

Янги программага мувофиқ тузилган ушбу қўлланмада мактабда физика ўқитишнинг I ва II босқичларида физикадан масалалар ечишнинг энг умумий усул ва методлари баён қилинган, ўқувчилар учун физикадан типавий масалалар минимуми танилаб берилган, мактаб физика курсининг ҳамма темалари бўйича масалалар ечиш тартиби кўрсатилган, масалаларнинг шартлари батафсил таҳлил қилинган ва масалаларнинг батафсил ечимлари берилган.

На узбекском языке

**Самуил Ефимович Каменецкий,
Виктор Петрович Орехов**

Методика решения задач по физике
в средней школе

Пособие для учителей

Перевод соответствует первому изданию
изд-ва „Просвещение“, М., 1971.

*Издательство „Ўқитувчи“
Ташкент — 1976*

Таржимонлар *М. Усмонов, Б. Мирзахмедов*
Редакторлар *Р. Сайдалиев (22—29- боблар), Р. Пирмухамедова*
Бадий редактор *Е. Соин*
Техредактор *О. Тигрєва*
Корректор *Ж. Нуритдинова*

Тиражга берилди 21/XI-1975 й. Босилга рухсат этилди 13-II-1976 й.
Қогоз № 3. 60×90¹₁₆. Физ. б. л. 29,25. Нашр л. 30,0.
Тиражи 15600

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент, Наной кўчаси, 30. Шартнома 79-74.
Баҳоси 8 т. Муқоваси 20 т.

ЎзССР Министрлар Советининг Нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат комитетининг 1- босмахонаси, Тошкент, Ҳамза кўчаси, 21. 1976 й. Зак. № 879.

Типография № 1 Государственного Комитета Совета Министров УзССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Ташкент, Ҳамза, 21.

© Ўзбек тилига таржима, „Ўқитувчи“ нашриёти, 1976 й.

К 60501 № 98 223 — 76
353 (06) 76

СЎЗ БОШИ

Ўрта мактаб физика курсининг илмий-назарий даражаси ортиши мундо-сабат билан физикадан масалалар ечишга тобора катта эътибор берил-моқда.

Ўрта мактаб физика курсида масалаларнинг умумтаълим, политехника-вий ва тарбиявий аҳамияти ниҳоятда каттадир. Физикадан масалалар ечмай туриб, физика курсини ўзлаштириш мумкин эмас. Кўпчилик мактабларда физикага оид масалалар ечишга катта аҳамият берилади. Шунга қарамай, кўпчилик ўқувчилар масалалар ечишда доим қийналадилар, бу ҳол мактабни битириш имтиҳонларида ва олий ўқув юртларига кириш имтиҳонларида яқ-қол сезилади. Бунга бу ҳилдаги машғулотларнинг ўқувчилар учун мурак-каблигигина эмас, балки мактаб физика курси бўйича масалалар танлаш ва уларни ечиш методикасида камчилик мавжудлиги ҳам сабаб бўлади.

Физикани ўрганишда масалалар ечиш муҳим эканлигини назарга олиб, кўпчилик ўқитувчилар, масалалар ва айниқса, қийин масалалар қанча кўп ечилса, шунча яхши деган принципда иш тутадилар. Бу ўқувчиларга оғир-лик қилади, натижада улар ўз кучларига ишонмай қўядилар ва уларнинг бу фанга бўлган қизиқишлари йўқолади. Шунинг учун ўрта мактабда физика-дан масалалар ечиш методикаси ҳозирги вақтда алоҳида аҳамият касб эта-ди. Қўлланмада ўқитувчини ўқувчиларнинг физикавий тафаккурини шакл-лантирадиган, уларга тегишли амалий ўқув ва малакалар берадиган, вақт-ларини тежайдиган типавий масалаларни ечишнинг энг муҳим умумий усул ва методлари билан таништириш мақсад қилиб қўйилган. Буларни амалга оширишда фундаментал физикавий принципларга асосланган янги программа қулайлик яратади. Ушбу қўлланмада ўқув программасининг ҳар бир бўли-мининг спецификаси ҳисобга олинган ҳолда турли ҳилдаги типавий маса-лаларни танлашга ҳаракат қилинган. Буида авторлар ўқувчиларни физика ўқитишнинг бутун беш йили давомида тайёрлашни кўзда тутадилар. Шу-нинг учун ўртача қийинликдаги масалалардан кейин мураккаброқ масалалар ҳам берилган, уларни ўқувчиларга такрорлаш ёки битириш имтиҳонларига тайёрланиш вақтида юқори синфларда бериш керак.

Қўлланмага ўқитувчилар учун қийинроқ масалалар ҳам киритилган, бу масалаларни киритишдан мақсад ўқитувчининг эътиборини уларни ечишнинг „нозик“ томонлари ёки қийинчиликларига жалб қилишдир, ўқитувчи бу масалалардан ўқувчилар билан индивидуал ишлашда ҳам фойдаланиши мумкин.

Масалалар кўплаб фактик материалларга асосланган бўлиб, китоб авторлари бу материаллардан ўқитиш ва тарбия мақсадларида максимал ва ҳар томонлама фойдаланишга катта аҳамият бердилар. Шу мақсадда кўп ҳолларда масалани бир неча усул билан ечиш тавсия қилинган, олинган патижаларни анализ қилиш ёки текшириш кўзда тутилган, саволлар шартларининг бир неча вариантлари ҳақида тавсиялар берилган. Ечилиши ҳаммага маълум бўлган масалалар анализ қилинмайди.

Қўлланмада ҳаммаси бўлиб 900 дан ортиқ масала кўрилган бўлиб, уларнинг кўп қисми авторлар томонидан тузилган. Ўқувчилар билан ишлашда бу масалаларни асос қилиб олиш мумкин. Ўқувчиларни машқ қилдириш учун зарур бўлган қўшимча масалаларни ўқитувчи дарслик ва масалалар тўпламидан олиши мумкин.

Авторлар китобхон диққатини қўлланманинг охирида келтирилган адабиёт рўйхатига жалб қиладилар. Ўқитувчи бу адабиётдан фойдаланиб кўп дидактик материал олади ва масалалар ечилишнинг баъзи, маълум сабабларга кўра бу китобда кўрилмайдиган махсус ечимлари ҳақида тўлароқ тасавнурлар ҳосил қиладилар. Янги программа билан амалий ишлаш тажрибаси яна янгиликлар қўшиши ва кўп нарсаларни аниқлаштириши шубҳасиздир.

Қўлланмадан фойдаланишда қуйидагиларни назарда тутиш керак. Масалаларнинг номерлари кетма-кет қўйилган. Масала номеридан кейинги „Э“ ҳарфи масаланинг экспериментал эканлигини билдиради. Қавс ичида (№ 75, 105) сингари эслатмалар ушбу қўлланмадаги тегишли масалаларга берилган изоҳдир. Қавслардаги рақам, масалан (60), қўлланманинг охиридаги адабиёт рўйхатидаги тегишли манбани билдиради. 2,1- боб сингари эслатмалар 2- бобнинг 1- бўлимини кўрсатади.

Мураккаб масалалар юлдузча билан белгиланган. Бундай масалаларда, одатда, ўқитувчига тегишли бирор маълумот берилган бўлади. Бу масалаларни такрорлаш вақтида таништириш маъносига ёки физикага алоҳида қизиқиш билан қарайдиган айрим ўқувчилар билан ечиш тавсия қилинади.

Қўлланманинг: 2-, 11—14-, 26—29-, 31—32-, 35—38- бобларининг С. Е. Камеицкий, сўз боши, 1-, 3—10-, 15—25-, 30-, 33—34- бобларининг ва адабиёт рўйхатининг В. И. Орехов ёзган.

Қўлланмани тайёрлашда Вячеслав Анатольевич Балаш ва Сергей Яковлевич Шамаш ўзларининг қимматли маслаҳатлари билан катта ёрдам бердилар, авторлар уларга ўз миннатдорчилигини билдирадилар.

I
ҒИСМ

ЎРТА МАКТАБ
ФИЗИКА КУРСИДА
МАСАЛАЛАР ЕЧИШ
МЕТОДИКАСИНИНГ
УМУМИЙ МАСАЛАЛАРИ

МАСАЛАЛАРНИНГ ТУРЛАРИ ВА УЛАРНИ ЕЧИШ МЕТОДИКАСИНИНГ УМУМИЙ МАСАЛАЛАРИ

1. Масалалар ўқувчиларга физика машғулотида таълим ва тарбия бериш воситасидир

Ўқув практикасида умумий ҳолда мантиқий ҳулосалар, математик амаллар ва физикадаги қонунлар ҳамда методларга асосланган ҳолда эксперимент ёрдамида ечиладиган кичик муаммо, одатда, физикавий масала деб юритилади. Аслида физика машғулотида ўқув материални ўрганиш билан боғлиқ ҳолда келиб чиқадиган ҳар бир жумбоқ ўқувчилар учун масала бўлади. Маълум мақсадни кўзлаб фаол фикр юритиш „масала ечишдан иборатдир“¹. Методик ва ўқув адабиётларида эса маълум мақсад учун танлаб олинган ва физикавий ҳодисаларни ўрганиш, тушунчаларнинг шаклланиши, ўқувчиларнинг физикавий тафаккурини ривожлантириш ва уларга олган билимларини қўллай олиш ўқувини беришни мақсад қилиб олган машқлар масала деб юритилади. Масалалар ечишнинг бошқа кўп мақсадлари ҳам бор, масалан, ўқувчиларни тарбиялаш, уларнинг билимларини ҳисобга олиш ва контроль қилиш, ўқув ва малакаларини аниқлаш ва ҳоказо.

Ўқувчиларга физикавий ҳодисаларнинг моҳиятини турли йўллар билан таништирилади: ҳикоя қилиб берилади, тажрибалар намойиш қилинади, лаборатория ишлари бажарилади, экскурсиялар ўтказилади ва ҳоказо. Бунда ўқувчиларнинг фаоллиги, демак, улар билимларининг чуқурлиги ва мустаҳкамлиги „муаммоли вазият“га боғлиқ равишда юзага келади. Қатор ҳолларда бундай муаммоли вазиятни масала шаклида бериш ва уни ечиш процессида ўқувчи физикавий қонуниятни ўзи учун „қайта очади“, лекин уни тайёр ҳолда олмайди. Бу ҳолда масала физикавий ҳодисани ўрганиш воситаси бўлади. Бу мақсадда сифатга оид масалалар ҳисоблаш масалалари,

¹ „Психология“, А. А. Смирнов ва бошқалар таҳрири остида, М., Учпедгиз, 1962, 241- бет.

экспериментал масалалар ва бошқа хил масалалардан фойдаланиш мумкин (№ 116, 208, 399 ва бошқалар).

Ўқувчилардаги бор билимларга таяниб, масалаларни ечиш жараёнида ўрганилаётган физикавий ҳодисаларни анализ қилиш, физикавий ҳодисалар ва катталиклар ҳақидаги тушунчаларни шакллантириш мумкин.

Экспериментал масалаларни ечишда физикавий эксперимент ҳақида ўқувчиларга эксперимент табиат ҳодисаларини тадбиқ қилиш методи бўлиб, унинг асосида ўлчашлар ва физикавий катталиклар орасидаги функционал боғланишни математик тадқиқ қилишлар ётиши ҳақида баъзи тушунчаларни бериш мумкин.

Масалан, VI синфдаёқ қуйидаги масалалар ечилиши мумкин:

1 (э). Пружинани даражалаг ва унинг узайишини қўйилган куч катталигига боғлиқлигини формула билан ифодаланг.

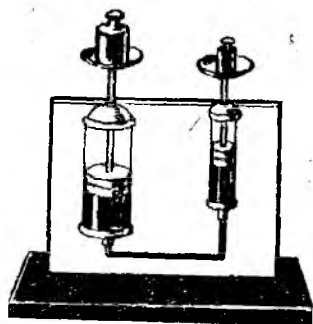
2 (э). Гидравлик пресс моделидан фойдаланиб (1- расм) поршенларнинг кўтарилиш катталиги билан уларнинг юзалари катталиги орасидаги боғланишни аниқланг.

Ўқувчиларга эмпирик формулалар тузишни ўргатишга доир қизиқ тажрибани Б. Р. Андрусенко баён қилиб берган [50].

Масалалар ўқувчиларга политехник таълим беришда ҳам катта аҳамиятга эга. Уларда саноат ва қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришга, транспорт, алоқа, замонавий техникага ва бошқаларга оид маълумотлар бўлиши мумкин. Бундай масалалар ўқувчилар учун назарияни амалиёт билан, ўқишни турмуш билан боғлайдиган енгил, тушунарли воситалардан бири бўлиши мумкин.

Техникавий мазмундаги масалалар қуйидаги асосий талабларни қаноатлантириши керак.

Масаланинг мазмуни ўрганилаётган программа материали билан чамбарчас боғланган бўлиши керак. Кўрилаётган техника объекти ёки ҳодиса халқ хўжалигида кенг қўлланадиган бўлиши керак. Масалада машиналар, процесслар ва ҳоказолар ҳақидаги реал маълумотлардан фойдаланилган бўлиши керак, амалда ҳақиқатан дуч келинадиган саволлар қўйилган бўлиши керак. Техникага оид масалалар фақат мазмуни жиҳатидан эмас, балки шакли жиҳатидан ҳам турмушда учрайдиган ҳолларга иложи борица яқин бўлиши керак, „ҳеч қайси катталик берилмаган“ масалаларда эса зарур маълумотларни схемалардан, чизмалардан топишга, справочниклардан олишга ёки тажриба маълумотларидан фойдаланишга тўғри келади. Техникавий мазмундаги масалаларга намуналар келтирамиз.



1- расм.

3. Агар токарлик станогининг кесиш тезлиги 80 м/мин, ишлов берилаётган деталнинг диаметри 40 мм бўлса, станок шпинделининг айланишлар сони аниқлансин.

Бу масалада ҳамма зарур маълумотлар берилган ва фақат ҳисоблаш керак.

4. Электродвигателга ток келтирувчи симни таппанг.

Бу масалани ечиш учун двигатель паспортидаги маълумотларга кўра унинг қувватини ва фойдали иш коэффициентини, шчитдаги кучланишни, симларнинг узунлигини ва уларда кучланишнинг тушишини аниқлаш зарур.

Ишлаб чиқариш мазмунидаги масалалар билан бир қаторда ўқитишни турмуш билан боғлаш учун турмушда учрайдиган физикавий ҳодисаларга бағишланган масалалар ҳам катта аҳамиятга эгадир. Бундай масалалар „атрофимиздаги“ физикавий ҳодисаларни кўришга ёрдам беради, ўқувчиларнинг кузатувчанлигини оширади.

Бундай масалаларга қуйидагилар мисол бўла олади:

5. Уйингиздаги кир ювадиган машинанинг 3 соат давомида сарф қиладиган электр энергияси нархини аниқланг.

6. Вертикал ўрнатилган кўзгуда ўз бўйингиз тўлиқ кўриниши учун кўзгунинг баландлиги камида қанча бўлиши керак? Уни қандай жойлаштириш керак?

Политехник ўқитиш мақсадларида масалалар қатор амалий малака ва ўқувларнинг шаклланиши учун ҳам муҳимдир. Масалалар ечиш жараёнида ўқувчилар табиат, техника ва турмушдаги турли физикавий ҳодисаларни анализ қилиш учун ўз билимларини қўллашга доир малака ва ўқувлар ҳосил қиладилар; чизмалар, расмлар, графиклар чизишга, ҳисоблашларни бажаришга; справочниклардан фойдаланишга; экспериментал масалаларни ечишда асбоб ва ускуналардан фойдаланишга доир ўқув ва малакалар ҳосил қиладилар ва ҳоказо. Бу жиҳатдан ўқувчиларнинг меҳнат ва ҳаётий тажрибалари, уларнинг экскурсиялар вақтида, мактаб устахоналарида иш қилиш вақтида, шунингдек турмушда учрайдиган кузатишларидан фойдаланиб ечиладиган масалалар жуда фойдалидир. Қишлоқ мактабларидаги ўқувчиларга, масалан, қуйидаги саволларни бериш мумкин.

7. Тракторнинг гидравлик кўтаргичининг схемасини чизинг. Гидросистемадаги босимни аниқланг, кўтаргич поршенининг диаметрини ўлчанг ва кўтаргич эришадиган кучнинг максимал катталигини аниқланг.

8. Шудринг тушишини кузатинг. Қуёш ботишидаги ва шудринг тушиш вақтларидаги температурани аниқланг. Қандай жойларда шудринг қалинроқ тушади? Нима учун?

Уй шароитларида олиб бориладиган кузатишлар ва физикавий тажрибалар материаллари асосида масалалар тузиш учун кўплаб мисолларни ўқитувчи С. Ф. Покровский китобидан топиши мумкин [133].

Масалалар ечишнинг тарбиявий аҳамияти катта. Масалалар ёрдамида ўқувчиларга янги прогрессив ғоя ва дунёқарашларнинг пайдо бўлиши билан (№ 515—517) Ватанимиз олимларининг кашфиётлари билан таништириш (№ 636, 797) уларнинг эътиборини совет (фран) ва техникасининг улкан ютуқларига жалб қилиш мумкин. Бу жиҳатдан жаҳонда биринчи совет космик кемаларининг парвозига доир, бизнинг дарёлари-миздаги улкан электр станцияларга доир, янги техник ихтироларга доир маълумотлар бўлган масалалар жуда қизиқарли бўлади. Масалан, қуйидаги масалаларнинг материаллари ўқувчиларда ҳақли равишда мағрурланиш туйғусини уйғотилади:

9. „Восток-1“ космик кемаси двигателининг қуввати 20 млн. о.к.га тенг. Бундай қувват ҳосил қилиш учун неча „Днепрогэс“ керак бўлади?

10. „Мечта“ совет космик ракетаси Қуёш системасининг биринчи сунъий йўлдоши бўлиб қолди, унинг Қуёшдан узоқлиги ўртача 170 млн. км. Унинг Қуёш атрофида айланиш даврини аниқланг [88, № 256].

Масалалар ўқувчиларда меҳнатсеварлик, журъатлилик, ирода ва характерни тарбиялашда ҳам катта тарбия воситаси бўлиб хизмат қилади. Масалалар ечиш осон иш эмас, бунда бутун кучни жалб қилиш керак бўлади, масала ечиш билан ютуқларнинг ижодий севишчига эга бўлиш, предметга муҳаббат орттириш, шунингдек, ихлосдан қайтиш, ўз кучига ишончсизлик, физикага қизиқишни йўқотиш ҳам мумкин. Масалалар ечиш ўқитувчи учун ўқувчиларнинг ютуқларини ва қайфиятларини, шунингдек ўзининг ўқув-тарбия ишларининг самарадорлигини доимо кузатиб бориши мумкин бўлган аниқ барометрдир.

2. Масалаларнинг классификацияси ✓

Физикага доир масалалар кўп белгиларига қараб, масалан, уларнинг мазмунига, қандай мақсадда берилганига, бирор масалани қандай даражада татбиқ қилинишига, ечиш усулларига, шартларининг берилиш усулларига, қийинлик даражасига ва бошқа белгиларига кўра классификациялаш мумкин.

Масалаларни мазмунига қараб улардаги физикавий материалларга кўра ажратиш мумкин. Механикага, молекуляр физикага, электрга доир ва ҳоказо масалалар бўлиши мумкин. Бундай турларга бўлиш шартли, чунки кўпинча, масаланинг шартида физиканинг бир неча бўлимларидаги маълумотлардан фойдаланилади.

Масалалар абстракт ва конкрет мазмунли бўлиши мумкин. Абстракт мазмунли масалаларга қуйидагилар мисол бўлади:

Агар қия текисликнинг узунлиги l , баландлиги h бўлса, ундан m массали жисмни кўтариш учун қандай куч қўйиш керак? Жисмнинг текисликка босим кучи қандай бўлади?

Агар масалада айнан қандай текисликдан фойдаланилаётгани, жисмнинг ўзи нима ва у текислик бўйлаб қандай кўтарилиши кўрсатилган бўлса, у ҳолда бу масала конкрет мазмунли масала бўлади.

Абстракт мазмунли масалаларнинг афзаллиги шундаки, унда физикавий моҳияти ажратилиб қайд қилинади ва унинг аниқланишига аҳамиятсиз деталлар тўққинлик қилмайди. Конкрет масалаларнинг афзаллиги шундаки, улар аниқ ва турмуш билан боғланган бўлади.

Техника, саноат ёки қишлоқ хўжалик ишлаб чиқариши, транспорт ва алоқага оид материаллар бўлган масалалар политехник мазмундаги масалалар деб аталади. Бундай масалалар физика масалаларининг катта қисmini ташкил қилиши керак.

Қатор масалаларда тарихий характердаги маълумотлар бўлади: классик физикага доир тажрибалар, кашфиётлар, ихтиролар ёки ҳатто тарихий афсоналар ҳақида маълумотлар бўлади (№ 133, 526).

Шунингдек, қизиқарли масалалар ҳам кенг тарқалган. Улар одатдан ташқари парадоксал ёки қизиқарли далилларнинг бўлиши билан ажралиб туради (№ 360, 383). Бундай масалаларни ечишда дарсларда жонланиш юзага келади, ўқувчиларни физикага қизиқтиради. Я. И. Перельман [131, 132], М. И. Ильин [128], Б. Ф. Билимович [122] китобларида бундай масалалар жуда кўп.

Физикага оид масалаларни, шунингдек, мураккаблик даражасига қараб ҳам классификациялаш мумкин. Мазмунан мураккаб бўлмаган, масалан, формулаларнинг маъносини таҳлил қилиб бериш, birlikлар системасини танлаш, тайёр формуладан бирор физикавий катталиكنи топиш сингариларни, одатда, темани ўрганиш процессида ечилади.

Мураккаброқ масалалар эса муаммоли вазиятни ва янгилик элементларини ўз ичига олади. Физика машғулотларида ана шундай масалаларга катта аҳамият берилади. Уларни ечиш учун махсус вақт, жумладан, масалалар ечишга доир алоҳида дарслар ажратилади.

Масалаларнинг бу кўрсатилган турлари орасида кескин чегара йўқ. Масалаларни тобора мураккаблаштира бориб, кўпинча турмушда бўладигандек, фақат муаммо қўйилган ва „ҳеч қайси катталик берилмаган“ масалаларга келинади. Бундай масалалар (№ 116, 396) ни методистлар „ижодий“ масалалар деб юритадилар. Кўп сондаги қизиқ ижодий масалаларни ўқитувчи В. Г. Разумовскийнинг [37] китобидан топишлари мумкин, автор уларни икки асосий турга: тадқиқий (нима учун? деган сўроққа жавоб бериш керак бўлган) ва конструкторлик (қандай қилиш керак? деган саволга жавоб бе-

риш керак бўлган) турларига ажратади. Ижодий масалалар сифатга оид, ҳисоблашга доир ёки ~~экспериментал~~ масалалар бўлиши мумкин.

Характери ва масалаларни тадқиқ қилиш методлари жиҳатидан масалаларни сифатга оид ва миқдорий масалаларга бўлинади. Физикавий катталиклар орасида фақат сифатга оид боғланишлар аниқланадиган масалаларни сифатга оид масалалар дейилади. Одатда бундай масалаларни ечишда ҳисоблашлар бажарилмайди (~~№ 52, 53~~). Баъзида бу масалаларни методик адабиётларда бошқача: саволли масалалар, мантиқий масалалар, сифатга оид саволлар деб аталади.

Изланаётган физикавий катталиклар орасидаги боғланишлар миқдорий аниқланадиган ва масаланинг жавоби формула ёки аниқ сон сифатида олинадиган масалалар миқдорий масалалар дейилади. Бундай масалаларни ечишда ҳисоблашлар олиб бориш зарур. Масаладаги саволга бериладиган охириги жавоб миқдорий ҳисоблашларсиз бўлмайди (~~№ 113, 114~~).

Ечиш усулларига кўра масалаларни оғзаки, экспериментал, ҳисоблаш ва график масалаларга бўлинади. Биргина масалани ечишда бир неча усулдан фойдаланилгани учун масалаларнинг бундай бўлиши шартлидир. Масалан, экспериментал масалани ечишда оғзаки мулоҳазалар, шунингдек, кўп ҳолларда ҳисоблаш ишлари ва графиклардан фойдаланиш керак бўлади.

Маълум даражада экспериментдан фойдаланиладиган масалалар экспериментал масалалар дейилади (~~№ 56, 77~~). Ўқитувчи бундай масалаларни С. С. Мошковнинг [35] ва В. А. Зибернинг [25] китобларидан кўплаб топishi мумкин.

Ечишда графиклардан фойдаланиладиган масалалар график масалалар дейилади (~~№ 323, 543~~). Бундай масалаларни ечиш методикаси Д. И. Резников томонидан батафсил баён қилинган [6].

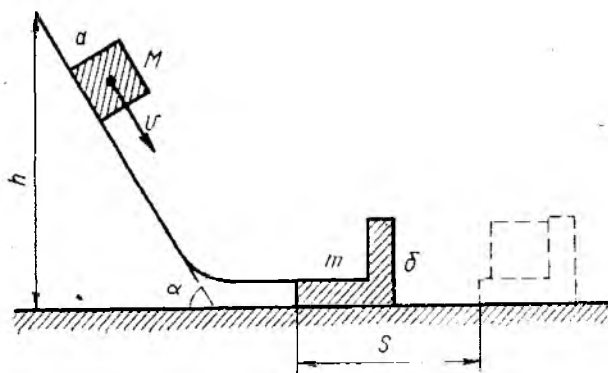
Турли типдаги масалаларни ечиш тартиби турлича бўлади ва кўп шароитларга боғлиқ. Баъзи ҳолларда дастлаб экспериментал масалалар, бошқа ҳолларда дастлаб ҳисоблаш масалалари ечилади ва ҳоказо. Бироқ кўп ҳолларда масаланинг физикавий моҳиятини аниқлаш учун дастлаб сифатга оид ёки экспериментал масалаларни ечиш, сўнгра ҳисоблаш ва график масалаларни ечиш мақсадга мувофиқдир. Шунга боғлиқ ҳолда турли хилдаги масалаларни ечиш методикаси ҳам 2- бобда худди шу тартибда қаралади.

3. Физикавий масалани ечиш методи

Масалани ечиш методикаси кўп шароитларга; унинг мазмунига, ўқувчиларнинг тайёргарлигига, ўқитувчининг қўйган мақсадига ва ҳоказоларга боғлиқ. Шунга қарамай кўпчилик

масалалар учун ўқувчилар билан масала ечишда назарга олиш керак бўлган қатор умумий қондалар бор. Физикавий масалани ечиш методикасининг бу умумий масалаларини қуйидаги мисолда кўрамиз, бу масаланинг маълумотлари тажрибадан олинган.

12. Баландлиги $h = 40$ см бўлган қия текисликдан массаси $M = 0,120$ кг бўлган a брусок сирганиб, горизонтал тахтада ётган ва массаси $m = 0,072$ кг бўлган b брусокка урилади. b брусок қандай масофага силжийди? b брусокнинг тахта билан ишқаланиш коэффициентини $0,37$ га тенг. Брусокнинг қия текисликка ишқаланишини ҳисобга олманг. Урилишни ноэластик деб ҳисобланг.



2- расм.

Масала ечишни уни диққат билан ўқишдан ва шартларини аниқлашдан бошланади. Сифда масаланинг шартини ўқигандан сўнг ўқувчилардан биридан уни ўз сўзи билан айтиб беришни сўраш фойдали. Шундай қилинганда ўқувчиларни диққат билан эшитишга ва масаланинг мазмунини ўйлаб кўришга чорлайди. Буида янги терминларнинг аҳамияти, тушунарсиз ифодаларнинг мазмуни аниқланади ва ҳоказо. Сўнггра стунларга масаланинг маълумотларини унинг шартида берилган тартибда ёзиб олинади. Пастроқдан бошлаб „ҳар эҳтимолга қарши“ жадвал маълумотлари учун бир неча қатор бўш жой ташлаб кетилади.

~~12~~ масала

$$h = 40 \text{ см}$$

$$M = 0,120 \text{ кг}$$

$$m = 0,072 \text{ кг}$$

$$k = 0,37$$

$$s = ?$$

Ечилиши

$$v^2 = 2as; S = \frac{v^2}{2a};$$

$$a = \frac{F_{\text{ишқ}}}{M + m};$$

$$F_{\text{ишқ}} = k (M + m) g;$$

$$Mv_0 = (M + m)v; v = \frac{Mv_0}{M+m}; v^2 = \frac{M^2v_0^2}{(M+m)^2};$$

$$\frac{Mv_0^2}{2} = Mgh; v_0^2 = 2gh;$$

$$s = \frac{M^2 2gh (M+m)}{2(M+m)^2 k (M+m) g} = \frac{M^2 h}{(M+m)^2 k}.$$

Ўнг томонга „Ечилиши“ деб ёзилади ва гарчи масаланинг чизмаси китобда берилган бўлса-да, тегишли чизмасини чизиб олинади. Чизмадан фойдаланиб, масаланинг шартини анализ қилинади, бунда деярли ҳар бир масалада бўладиган фаразларга алоҳида аҳамият берилади. Фаразлардан баъзилари масаланинг шартини берилади, бошқаларни ўқитувчининг қўйган мақсадига, ўқувчиларнинг тайёргарлигига ва бошқа шароитларга қараб масалани ечиш давомида ҳал қилишга тўғри келади.

Юқоридаги ҳолда масаланинг шартини зарбанинг ноэластик эканлигини ҳисобга олиш кераклиги айтилган. Бу билан масаланинг шартини конкретлаштирилган ва ечилиши осонлашган. Ўқувчиларнинг диққатини мутлақ ноэластик жисмлар бўлмаса-да, амалда кўп ҳолларда жисмларнинг урилишларини ноэластик деб олиш мумкин эканлигига жалб қилиш керак.

Бошқа ҳамма шароитлар бирдай бўлганда қия текисликдаги ишқалиш кучи горизонтал текисликдагидан кичик бўлади. α бурчак катта бўлганда нормал босим кучи жисмнинг оғирлигидан кам бўлади, шунинг учун ишқалиш кучи кичик бўлади ва уни ҳисобга олмаса бўлади.

Бундай фараз масалани ечишни анча соддалаштиради.

Бошқа қилинадиган фаразлар ҳақида масалани ечиш процессида гапириб ўтамиз.

Кўп масалалар аналитик-синтетик метод билан ечилади (2.3-боб, 21—25-бетлар). Лекин бунда ҳар ҳолда ўқувчиларни масаланинг „охиридан“ бошлаб ечишга, яъни иزلанаётган катталики кирган шифони аналитик қилишдан бошлаш керак. Бунинг юқоридаги 12- масалани ечиш мисолида батафсил кўрсатамиз.

Ечилиши (1-варианти). Брусокларга катталиги тенг бўлган ишқалиш кучи таъсир қилгани учун брусоклар текис секинланувчан ҳаракат қилади. Бунда брусокларнинг ўзаро урилиш вақтлари шунча кичикки, ўзаро урилган жисмларнинг силжишларини ҳисобга олмаса ҳам бўлади, деб оламиз. (Акс ҳолда б брусок дастлабки вақтда тезланма ҳаракат қилади деб олиннадиган мураккаброқ ҳаракатни ўрганишга тўғри келар эди.)

Биз кўраётган секинланувчан текис ҳаракат учун шундай формулани ёзиш мумкин: $v^2 = 2as$, бундан $s = \frac{v^2}{2a}$.

Тезланиш a ни Ньютоннинг иккинчи қонунидан фойдаланиб топамиз: $a = \frac{F_{ишқ}}{M+m}$.

Тезлик v ни топиш учун ҳаракат миқдорларининг сақланиш қонунидан фойдаланамиз: $Mv_0 = (M + m)v$, бундан $v = \frac{Mv_0}{M + m}$, бу ерда v_0 — a брусонинг b брусонка урилишидан олдинги тезлиги.

v_0 нинг қийматини энергиянинг сақланиш қонуни $\frac{Mv_0^2}{2} = Mgh$ дан топамиз, бундан $v_0^2 = 2gh$ (агар бу формулани ўқувчилар билса, уни тайёр ҳолда ёзиш ҳам мумкин).

Бироқ бу ҳолда биз a брусонинг урилишдан олдинги тезлиги унинг қия текислигининг пастки нуқтасидаги тезлигига тенг деб қабул қилишимиз керак. Бу фақат a брусонинг тезлиги қия текислик билан b брусон орасидаги кичик горизонтал қисмидаги ҳаракати давомида ўзгармайди деб олгандагина мумкиндир. Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ агар ҳаракатланиш вақти ва ишқалиш кучлари кичик бўлса, тезлигининг $\Delta v = \frac{F_{\text{ишқ}} t}{M}$ ўзгариши унча катта эмас.

Керакли барча ҳисоблашлар бажарилгандан кейин ечишни 12—13-бетда кўрсатилганидек қилиб ёзиб қўямиз.

Расмда горизонтал қисми бекорга кўрсатилмаган. Агар a брусон b брусонка бирор α бурчак остида урилган бўлса, масаланинг ечилиши анча мураккаблашар эди (№ 369 га қаранг).

Ечилиши (2-варианти). Ишқалиш кучларига қарши сарфланган иш ҳаракатланаётган брусонларнинг кинетик энергиялари ҳисобига бажарилгани учун

$$F_{\text{ишқ}} s = \frac{(M + m)v^2}{2}, \text{ бундан } s = \frac{(M + m)v^2}{2F_{\text{ишқ}}}.$$

Сўнгра $F_{\text{ишқ}}$ ва v ни худди биринчи вариантда қилганимиздек топамиз.

Кўнчилиқ масалаларни, айниқса юқори синфларда, даставвал умумий кўринишда ечиб олишга ҳаракат қилиш, сўнгра эса ҳисоблашларни бажариш керак. Бу вақтни тежайди, чунки оралиқда бажариладиган миқдорий ҳисоблашлар ортиқча бўлиши мумкин, бу шунингдек ечимни текширишни ва уни анализ қилишни ҳам осонлаштиради.

Солин ҳисоблашлар учун бирликларни танлаш катта аҳамиятга эга бўлади. Программда СГС ва СИ бирликлар системаларидан барабар фойдаланиш тавсия этилади. Алоҳида темаларни, масалан, иссиқлик ва молекуляр физикага доир темаларни ўрганишда, шунингдек системага кирмайдиган бирликлардан ҳам фойдаланиш мумкин. Бироқ бир неча бирликлар системасидан бирварақайига фойдаланиш мақсадга мувофиқ эмас. Шунинг учун масалаларни асосан СИ системасига ечишга ҳаракат қилиш керак. Қўлланмада келтирилган масалаларнинг кўпчилигининг ечими СИ системасида берилган.

Агар масаланинг шартда катталиклар турли бирликлар системасида берилган бўлса, у ҳолда масалани ечиндан аввал уларни бир системага СГС ёки СИ системасига келтириб олиш ва сўнгра масалани ечишга ўтиш керак. Бундай усул, айниқса VIII синфда механикадан биринчи масалаларни ечишда фойдали бўлади, уларда бирликлар системаси ҳақида тушунча киритилади. Бироқ келгусида ўқувчилар бирликлар системасини ўрганиб олганларидан сўнг бундай талаб ортиқча бўлади. Бирликлар системасини асосли равишда танлашни масалани умумий равишда ечиб олгандан сўнг амалга оширилиши маъқул. Чунки бунда катталикларни бирликлар системасидан бирига ўтказишнинг кераги йўқлиги кўриниб қолиши мумкин. Масалан, топилган катталиклар пропорционал эканлиги, ёки масаланинг қўйилишига кўра бир катталикнинг иккинчи катталикдан неча марта катта эканлигини топиш керак бўлганда шундай ҳол бўлади. Масалан, юқорида кўрган масаламизда охириги формулага массаларнинг нисбати киради, шунинг учун силжишнинг ўлчамлиги h баландлигининг ўлчамлигига мувофиқ келади. Бу ерда барча катталикларни бир системага ўтказиш шарт эмас. Бироқ фақат яхши тайёрланган синфларда ва ўқитишнинг маълум босқичидагина шундай қилиш мумкин эканлигини қайд қилиб ўтамиз.

Формулаларга катталикларнинг сон қийматларини уларнинг ўлчов бирликлари билан бирига қўйиш яхши. Бунда бирликларни қандай танлангани кузатиб борилади ва масаланинг ечилишини бирликлар устида олиб борилган амаллар билан бирига текширишга имкон беради.

Масалаларнинг берилганларини бир системага ўтказиш зарур бўлганда қуйидагича қилинади. Паст синфларда бундай ўтказиш аввал арифметик амаллар ёрдамида олиб борилади, сўнгра аста-секин ўқувчиларни умумий қоидадан фойдаланишга ўргатиб борилади (№ 70 масаланинг ечилишига қараң).

Юқори, IX—X синфларда ўқувчилар алгебраик алмаштиришларни яхши биладилар, шунинг учун бу синфларда бир системадан иккинчи системага ўтишда ҳисоблашларни охиригача олиб бориш шарт эмас. Янги бирликлардаги катталик каср ёки кўпайтма шаклида охириги формулага қўйилади ва тегишли қисқартиришлар, соддалаштиришлар бажарилади.

Келгуси босқич ҳисоблашларни бажаришдир. Кўпинча бунга кўп вақт сарф қилинади. Бунинг асосий сабаби ўқувчиларнинг математик билимларини амалда қўллай билмасликларига тегишли формализмнинг мавжудлигидир. Шунинг учун масалани ечишда унинг физикавий томонини биричи навбатга қўйиш, шундан сўнг эса рационал ҳисоблаш йўллари қидириш ва бажариш керак. Бунинг учун ўқувчиларни справочниклардан фойдаланиш, логарифмик линейкадан фойдаланиш, тақрибий сонлар устида амаллар бажариш қоидаларига тўла риоя қилишга ўргатиш керак.

25 см узунликдаги логарифмик линейка ёрдамида етарлича аниқликда бўлиш, кўпайтириш, даражага кўтариш, квадрат ва куб илдиз чиқариш, тригонометрик функцияларни ёки уларга тегишли бурчакларни аниқлаш мумкин. Бунинг учун 12,5 см ли қисқа логарифмик линейкадан ҳам фойдаланиш мумкин.

Логарифмик линейкалардан фойдаланиш масалалар ечишда вақтнинг муҳим резервидир.

Тахминий ҳисоблаш қоидалари билан ўқувчилар математика дарсларида физикани ўргангунарчи танишадилар. Бироқ бу қоидалар биринчи марта физика дарсларида қўлланилади ва шу дарсларда ҳисоблаш малакалари чинакамига шаклланади. Бу иш унчалик осон эмас, чунки ўқувчилар дастлаб „аниқ“ ҳисоблашларга ўргангани учун, биринчи даврларда бу қоидаларга унчалик сидқидилдан қарамайдилар.

Тахминий ҳисоблашларга доир қоидалар ҳақида В. П. Демкович [21] нинг китобида етарли маълумот берилган. Яна ҳам тўлароқ маълумотларни ўқитувчи В. П. Демкович ва Н. Я. Прайсман [2] китобидан топиши мумкин.

13- бетдаги формулага катталикларнинг сон қийматларини уларнинг ўлчов бирликлари билан бирга қўямиз ва юқоридаги сабабларга кўра уларни бир системага ўтказмай, барча арифметик амалларни бажарамиз:

$$s = \frac{0,120^2 \text{ кг}^2 \cdot 40 \text{ см}}{0,37 (0,072 \text{ кг} + 0,120 \text{ кг})^2} \approx 42 \text{ см.}$$

1. $0,120 \cdot 0,120 = 0,014400 \approx 0,0144$;
2. $0,0144 \cdot 40 = 0,576$;
3. $0,072 + 0,120 = 0,192$;
4. $0,192 \cdot 0,192 = 0,036864 \approx 0,0369$;
5. $0,0369 \cdot 0,37 = 0,013653 \approx 0,0137$;
6. $0,576 : 0,0137 \approx 42$.

Ниҳоят, масаланинг ечилиши текшириб кўрилади ва анализ қилинади.

Дастлаб олинган катталикнинг тартибни аниқланади, бунда сонларни тақрибий сонлар билан амаллар қоидаларига нисбатан қўполроқ ҳисоблашлар билан йириклаш ва шу йўл билан сонларни дилда бажаришни анча осонлаштириш мумкин. Бундай текширишни ўқитувчининг ўзи ўқувчиларни жалб қилган ҳолда бажариб, тахминий ҳисоблаш малакалари кам бўлгани учун ҳамма вақт „вергуллар“ни адаштирадиган ўқувчиларни ўргатиб бориши керак. Энг содда ҳолларда бундай ҳисоблашларни оғзаки бажариш, қийинроқ ҳолларда эса қисқагина ёзувлардан фойдаланиш керак, чунки қўллаб сондаги маълумотларни „дилда сақлаш“га мутлақо ҳожат йўқ.

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1. $0,12 \cdot 0,12 \approx 0,014$; | 4. $0,072 + 0,120 \approx 0,2$; |
| 2. $40 : 0,37 \approx 100$; | 5. $0,2 \cdot 0,2 = 0,04$; |
| 3. $0,014 \cdot 100 = 1,4$; | 6. $1,4 : 0,04 \approx 40$. |

Сўнгра ўлчов бирликлар устида амаллар бажарилади. Жавоб узунлик бирликларида — сантиметрларда чиқади, бу ҳам масаланинг ечилиши тўғри эканлигини тасдиқлайди.

Масаланинг тўғри ечилганини текшириш ва анализ қилиш учун кўп ҳолларда уни бир неча усулда ечиш ёки экспериментдан фойдаланиш маъқул.

Биз кўраётган ҳолда тажриба ғояси 2-расмдан равшан кўриниб турибди. 6 брусочки Г-симон шаклда қилинади, бунда қия текисликдан тушаётган жисм унда тутилиб қолади. Урилиш ноэластик бўлиши учун унга кичик пластилин бўлагини ёпиштириб қўйиш етарли.

а брусочки $h = 40$ см баландликдан сирпантириб, уни ҳисоблаб чиқарилган қийматга яқин масофага силжиганини кўрамиз.

Бунинг ҳисобланган қийматдан фарқли бўлишига сабаб шуки, биз а брусочкининг қия текисликка ишқаланишини, ҳавонинг қаршилигини енгилда унинг йўқотган энергиясини ҳисобга олмаганимиз ва брусочларнинг ўзаро урилиши ноэластик жисмларнинг урилиши сингари деб фараз қилганимиздир.

Сўнгра ўқувчиларга ишқаланишни енгилдаги энергия сарфини ва бу билан назарий ҳисоблар ва тажриба маълумотлари орасидаги фарқни камайтириш масаласини топшириш мумкин.

Ўқувчилар сирпаниш ишқаланишини юқоридан шарчани думалатиш йўли билан думалаш ишқаланишига айлантиришни таклиф қилишлари мумкин. Бунда ўқитувчи шарчанинг кинетик энергияси $W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ бўлишини назарда тутиши керак, бунда айланма ҳаракат энергияси $\frac{I\omega^2}{2} = \frac{2}{7} W_k$ бўлади.

Шунинг учун шарчанинг илгариланма ҳаракати тезлиги ишқаланишсиз сирпанаётган жисмникига нисбатан 1,18 марта кам бўлади. Ўқувчиларга бу формулаларни кўрсатмасдан, масаланинг моҳиятини сифат жиҳатидан тушунтиришнинг ўзи етарли.

Бу ҳолда яхшидан кичкина ғилдиракчали массив арава-чанинг ғилдирашини мисол қилиб тушунтирган маъқул, бунда ғилдиракчаларнинг айланма ҳаракат энергиясини назарга ол-маса ҳам бўлади.

Юқорида кўрсатилган умумий масалалардан ташқари, турли хилдаги масалаларни ечишда баъзи ўзига хос хусусиятлар бўлади. Улар кейинги 2-бобда батафсил қараб чиқилади.

ТУРЛИ ХИЛДАГИ МАСАЛАЛАРНИ ЕЧИШ МЕТОДИКАСИ

1. Сифатга оид масалалар

Сифатга оид масалаларни ҳаммадан аввал ўрганилган материални мустаҳкамлаш мақсадида берилади. Физиканинг шундай бўлимлари ҳам борки, сифатга оид масалалар унда асосий бўлиб хизмат қилади, бу бўлимларида миқдорий масалалар деярли ечилмайди. Гидродинамика бўлими ана шундай бўлимлардандир. Материалнинг ўзлаштириш даражасини сўраб билишда ҳам сифатга оид масалалар ниҳоятда катта аҳамиятга эга. Сифатга оид масалалар қисқа вақт ичида кўрилаётган масаланинг физикавий моҳиятини аниқлашга имкон беради, ҳолбуки бошқа турдаги масалалар бу соҳада самарасизроқ бўлиши мумкин. Шунинг учун ўқувчиларнинг сифатга оид масалаларни муваффақиятли еча билишлари билимларнинг сингганини, материални ўзлаштиришда расмийчилик бўлмаганини билдиради. Сифатга оид масалалар тематикаси, мазмуни ва мураккаблиги жиҳатдан хилма-хилдир.

Сифатга оид масалаларни ечиш, одатда индукция ва дедукция ёрдамида физика қонунларига асосланган мантикий хулосалар қила билишдан иборат бўлади. Бунда анализ ва синтез бир-бирига шундай чамбарчас боғланганки, бу ерда сифатга оид масалаларни аналитико-синтетик метод ҳақидагина гапириш мумкин.

Сифатга оид масалаларни ечиш схемаси тахминан қуйидагича:

Масаланинг шартини ўқиш, масаланинг шартдаги барча терминларни аниқлаш.

Масаланинг шартини анализ қилиш, физикавий ҳодисаларни аниқлаш, керак бўлса схема ёки чизмани чизиш.

Аналитик ва синтетик мулоҳазалар занжирини тузиш (сифатга оид масалаларни ечишда бу момент айниқса характерли ва муҳимдир).

Олинган натижани унинг физикавий маъносига кўра анализ қилиш масаланинг шартига ва воқеликка мувофиқ келишини аниқлаш.

Сўнгра сифатга оид масалаларни ечиш методикасини баён қилиб уларни икки асосий гурппага бўламиз:

а) Сифатга оид содда масалалар, ёки уларни баъзида масала-саволлар деб ҳам аталади. Улар одатда битта физикавий қонунга асосан ечилади ва бунда бир қатор мантикий хулосалар чиқариш анча осон бўлади.

б) Ўзида бир неча содда масалани мужассамлаштирган сифатга оид мураккаб масалалар. Уларни ечишда бир қатор

анча узоқ маптикаий хулосалар чиқариш, бир неча физикавий қонунларни анализ қилишга тўғри келади.

Солдароқ масалаларни ечишдан бошлаймиз.

13. Нима учун юриб кетаётган одам қоқилиб тушганда олдинга йиқилади?

14. Кийимни қоқиб уни чангдан тозалаш нимага асосланган?

15. Болтага даста ўрнатишнинг мумкин бўлган қандай усуллари бор? Бу усуллар нимага асосланган?

Бу масалаларни ечиш учун ҳар бир конкрет ҳолга Ньютоннинг биринчи қонуни қўлланади.

Бу масалаларни ечишда ўқувчилар биринчи навбатда масаланинг шартини аниқлашлари, нима устида гап кетаётганини тушунишлари керак. Биринчидан, берилган вазиятда қандай физикавий ҳодиса кузатилаётганини аниқлаш керак. Равшанки, бу ҳолда инерция ҳодисаси кузатилади, шунинг учун қилинадиган мулоҳазалар инерция ҳодисасини тушунтирувчи қонунга асосланган бўлиши керак. Бу ҳолларда бу қонун Ньютоннинг биринчи қонуни — инерция қонуни бўлиб, ўқувчилар масалалар ечишда унинг ифодаланишини такрорлаб ўтадилар.

Шундай қилиб, масалан, қоқилиб тушган одамнинг оёғи қандайдир тўсиқда ушланиб қолгани учун тўхтайти, унинг қолган қисмлари эса инерция бўйича олдинга ҳаракат қилгани учун, одам қоқилганда олдинга йиқилади деб хулоса қилинади.

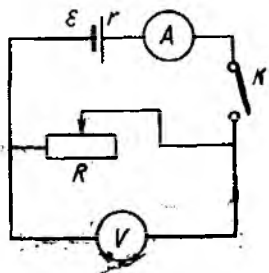
16. Қандай усул билан полда турган одам ўзининг полга босимини икки барабар орттириши мумкин?

Даставвал бўлаётган ҳодисанинг физикавий моҳияти аниқланади. Масалада босим сўралапти. Босим p эса куч F нинг ана шу куч таъсир қилаётган S юзга нисбати билан аниқланади, яъни $p = \frac{F}{S}$. Шундай қилиб, бериладиган босим босим кучи F га ҳам, у таъсир қилаётган S юзга ҳам боғлиқ бўлади.

Агар худди шу юзга таъсир қилувчи босим кучи икки марта ортса, босим ҳам икки марта ортади. Одам ўз қўлига ўз оғирлигига тенг бўлган юк олганда ана шундай бўлиши мумкин. Бироқ босимни икки марта орттиришнинг бошқа йўли ҳам бор, таянч юзини икки марта камайитириш мумкин. Бунинг учун одам битта оёқда туриши ва ўз мувозанатини йўқотмаслик учун ўз вазиятини бирмунча ўзгартириши етарлидир.

Энди сифатга оид мураккаброқ масалаларни кўрайлик.

17. Реостатнинг жилгичини ўнгга, чапга сурганда, занжирдаги асбобларнинг кўрсатишлари қандай ўзгаради (3- расм)?



3- расм.

Масала шартини анализ қиламиз. Амперметр занжирдаги токнинг кучини, вольтметр эса реостатдаги кучланиш тушувини кўрсатади. Реостат жилгичини чапга сурганда реостатнинг қаршилиги камаяди, ўнгга сурганда унинг қаршилиги ортади. Реостатдаги кучланиш тушуви қандай ўзгаради? Бу саволга занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни ёрдамида жавоб бериш мумкин эмас. Ҳақиқатан ҳам, $U = IR$, бироқ агар R ортса, у ҳолда I камаяди. IR кўпайтма нима бўлишини камайиши ёки ортишини айтиб бўлмайди. Бу ҳолда бутун занжир учун Ом қонуни $I = \frac{E}{R+r}$ дан фойдаланиш керак, буни қуйидаги кўринишда ҳам ёзиш мумкин: $IR + Ir = E$.

$IR = U$ реостатдаги кучланиш тушуви бўлгани учун, $E = \text{const}$ ва $r = \text{const}$ эканини назарга олиб қуйидагича хулоса чиқариш мумкин.

Реостатнинг жилгичи чапга сурилганда реостатнинг қаршилиги камайиб, ундаги ток кучи ортади. Амперметрнинг кўрсатиши ҳам ортади. Айни вақтда элементнинг ички қаршилигида кучланиш тушуви Ir ҳам ортади, реостатдаги кучланиш тушуви эса камаяди. Вольтметрнинг кўрсатиши ҳам камаяди.

Жилгичини ўнгга сурилганда реостатнинг қаршилиги R ортади, ток кучи I камаяди, U эса ортади. Амперметрнинг кўрсатиши пасайиб вольтметрнинг кўрсатиши ортади.

Жавобнинг тўғрилигини тажрибада текшириш осон. Экспериментдан фойдаланилганда бу масала сифатга оид экспериментал масала бўлиб хизмат қилади.

2. Экспериментал масалалар

Юқорида айтиб ўтганимиздек, бундай хил масалаларнинг характерли хусусияти уларни ечишда лаборатория ёки демонстрацион экспериментдан фойдаланишдир.

Демонстрацион экспериментал масалаларни ечишда тажрибалар мактаб демонстрацион экспериментнинг барча шартларига амал қилган ҳолда қўйилиши керак. Бунда асбоблар ва ҳодисаларнинг яхши кўринаётганига алоҳида эътибор бериш керак. Асбобларни ишлатишга қўлингча, демонстрация столи олдида чақирилган ўқувчилар жалб қилинади, бунда улар демонстрациянинг бу томонига эътибор бермайдилар, шунинг учун ўқитувчи бу нарсага албатта аҳамият бериб бориши керак.

Демонстрацион экспериментал масалаларга бир неча мисоллар келтирамиз.

18. Елкалари тенг бўлган рычагнинг икки учига массалари тенг, лекин ҳажмлари турлича бўлган жисмлар осилган.

Агар жисмларни сувга туширилса, мувозанат сақланадими?

Сухбат вақтида жисмларни сувга ботирилганда уларга итариб чиқарувчи куч таъсир қилиши аниқлаб олинади. Бу куч -

нинг катталиги жисмнинг ҳажмига ва суфқликнинг зичлигига пропорционал бўлади. Ҳажми кичикроқ жисмга камроқ итариб чиқарувчи куч таъсир қилади. Шунинг учун сувда кичикроқ ҳажмдаги жисм ричаг учини кўпроқ тортади. Жавобни тажрибада текшириб кўрилади.

Бу масалада экспериментнинг ёрдамчи роль ўйнаётгани кўриниб турибди. Масалани экспериментсиз ечиш ҳам мумкин, бироқ бунда кўпроқ нараса ютқазилади.

19 (9). Схемаси 4- расмда кўрсатилган қурилма йиғилган. R_1 ва R_2 демонстрацион қаршилик магазинлари. Шкаласи берkitилган вольтметр V_2 нинг кўрсатишларини аниқланг.

Ечилиши. Схемани анализ қилиб, R_1 ва R_2 қаршиликларнинг кетма-кет уланганлиги аниқланади. Вольтметр V_1 нинг кўрсатишлари ва R_1 ҳамда R_2 қаршиликларнинг қийматлари ёзиб олинади.

Кетма-кет уланганда кучланиш тушишлари қаршиликларнинг катталикларига пропорционал бўлади, шунинг учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$U_1 : U_2 = R_1 : R_2, \text{ бундан } U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1}.$$

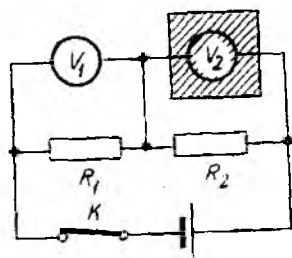
U_2 қиймат аниқлангандан кейин ўқитувчи вольтметрнинг шкаласини очади ва ўқувчилар ўзларининг топган ечимлари тўғри ёки нотўғри эканлигини аниқлайдилар.

Лаборатория экспериментал масалалари фронтал экспериментнинг кўринишларидан биридир (№ 162, 179, 187). Буларнинг фарқланувчи хусусиятлари шундаки, бунда ўқувчилар масаладаги зарур маълумотларни олиш учун тегишли тажрибалар ва кузатишларни ўзлари мустақил равишда олиб бордилар.

3. Ҳисоблаш масалалари

Ҳисоблаш масалаларини ечиш методлари уларнинг мураккаблигига, ўқувчиларнинг тайёргарлигига, ўқитувчининг қўйган мақсадига ва бошқа кўпгина сабабларга боғлиқ.

Ҳисоблаш масалаларининг ечиш методлари ёки усуллари уларда қўлланиладиган математик аппаратга кўра арифметик, алгебраик, геометрик ва график усулларга бўлинади. Ечиш процессида фойдаланиладиган мантиқий амаллар характерига қараб аналитик, синтетик ёки аналитико-синтетик методларга бўлинади.



4- расм.

Арифметик метод. Бу методда физикавий катталиклар устида фақат арифметик амаллар бажарилади. Физикавий масалаларни худди арифметика дарсларидаги сингари ечилади: формулаларни қўлламасдан саволлар ёзилади. Арифметик метод мактабда физика ўқитишнинг бошланғич давраида, ҳали ўқувчилар алгебрадан тегишли билимга эга бўлмаган ёки физикавий формулаларга кирган катталиклар орасидаги боғланишни чуқур тушулмаган пайтда қўлланилади.

Баъзан арифметик методнинг ўзига хос хусусияти унда ҳарфий ифодаларнинг бўлмаслиги деб тушунилади. Бироқ гап ҳарфий ифодаларда эмас, балки бунда тенгламалар тузилмаслигида ва тенглама ечилмаслигидадир. Масалани арифметик метод билан, бироқ ҳарфий ифодаларни қўллаб ечишга мисол келтирамиз. Архимед қонунига тегишли масала олайлик, бу қонундаги тегишли катталикларнинг ҳарфий ифодаларини ўқувчилар биладилар.

20. 25 дона қарағай ёғласидан ясалган сол чучук сувда энг кўпи билан қанча юк кўтара олади? Ҳар бир ёғланинг ҳажми ўртача $0,8 \text{ м}^3$.

Масаланинг шартини тушунгач, аввал чизма чизамиз (5- расм). Ечишни саволлар билан олиб борамиз.

1. Сол ёғлаларининг ҳажми қанча? $V = 0,8 \text{ м}^3 \cdot 25 = 20 \text{ м}^3$.

2. Солнинг массаси қанча? Жадвалдан 1 м^3 ёғочнинг массаси 500 кг эканини топамиз $m_{\text{сол}} = 500 \text{ кг} \cdot 20 = 10\,000 \text{ кг}$.

3. Солнинг оғирлиги қанча? $P = 9,8 \text{ н} \cdot 10\,000 = 98\,000 \text{ н}$.

4. Сол сувга бутунлай чўктирилганда сиқиб чиқарган сувнинг массаси қанча? Жадвалдан 1 м^3 сувнинг массаси 1000 кг эканини топамиз. $m_{\text{св}} = 1000 \text{ кг} \cdot 20 = 20\,000 \text{ кг}$.

5. Сиқиб чиқарилган сувнинг оғирлиги қанча? $P_{\text{св}} = 9,8 \text{ н} \cdot 20\,000 = 196\,000 \text{ н}$.

6. Юкиннинг оғирлиги қанча? $F = 196\,000 \text{ н} - 98\,000 \text{ н} = 98\,000 \text{ н}$.

Алгебраик метод. Бу методда ўқувчиларнинг алгебрадан олган билимларидан фойдаланилади, формулалар ишлатилади, тенгламалар тузилади ва ечилади.

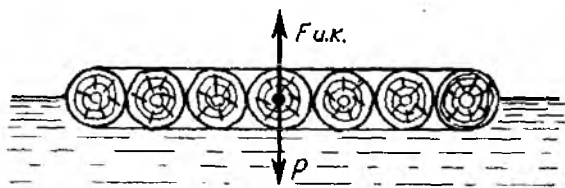
Алгебраик метод қўлланиладиган энг содда ҳол масалаларни ечишда тайёр формулалардан фойдаланишдир. Мисол тариқасида қуйидаги масалани кўрайлик.

21. Кесим юзи 10 мм^2 бўлган бир километр узунликдаги мис симнинг қаршилигини аниқланг.

Симнинг қаршилигини $R = \rho \frac{l}{S}$ формуладан аниқланади.

Солиштирма қаршилик мис учун $\rho = 0,017 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ эканлиги жадвалдан топилади.

$$R = 0,017 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{1000 \text{ м}}{10 \text{ мм}^2} = 1,7 \text{ ом}.$$



5- расм.

Мураккаброқ масалаларда изланаётган катталиқ ҳисобланадиган охириги муносабатни бир неча формулалар ёки тенгламалар системасидан фойдаланиб топилади.

Геометрик метод. Масалаларни геометрик метод билан ечишда изланаётган катталиқни ўқувчиларга маълум бўлган геометрик муносабатлардан топилади. Геометрик методдан статикада, геометрик оптикада, электростатикада ва ўрта мактаб физика курсининг бошқа бўлимларида кенг фойдаланилади.

Масалани геометрик метод билан ечишга мисол келтирамиз.

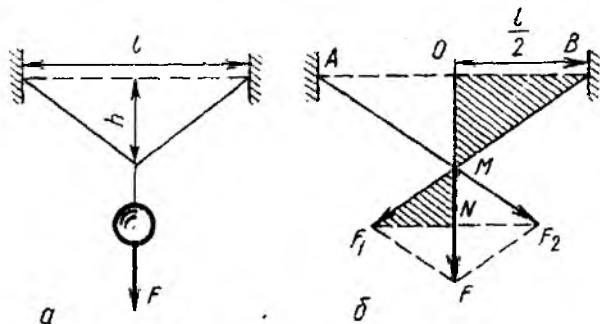
22. Узунлиги $l = 10$ м бўлган троснинг ўртасига $m = 10$ кг массали фонарь осилган. Агар эгилиш стреласи $h = 0,5$ м бўлса, троснинг таранглик кучини топинг.

Чизмасини чизамиз (6- расм). Оғирлик кучи F ни трос бўлаклари бўйлаб йўналган F_1 ва F_2 ташкил этувчиларга ажратамиз (6- б расм). $F_1 = F_2$, $MN = \frac{F}{2}$ ва $\triangle OMB \sim \triangle MNF_1$ эканлигини исбот қилиш қийин эмас. Учбурчакларнинг ўхшашлигидан: $\frac{BM}{OM} = \frac{F_1 M}{MN}$. Эгилиш стреласи унча катта бўлмагани учун $MB = \frac{l}{2}$ деб оламиз, у ҳолда $\frac{l}{2h} = \frac{2F_1}{F}$. Бундан

$$F_1 = \frac{Fl}{4h} = \frac{mgl}{4h} = \frac{10 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 10 \text{ м}}{4 \cdot 0,5 \text{ м}} = 490 \text{ н.}$$

Троснинг биз излаётган таранглиги F_1 кучга тенг ва унга қарама-қарши йўналган.

Масалаларни геометрик ечиш методидида фақат геометрик муносабатдан эмас, шунингдек тригонометрик формулалардан ҳам фойдаланилади (№ 411,905).



6- расм.

График метод. Геометрик метод билан масалаларни график ечиш методи чамбарчас боғланган. График методда изланаётган катталик графикдан фойдаланиб топилади. Бу хил масалалар ўзига хослиги туфайли уларни алоҳида қараб чиқамиз (25-бетга қаранг).

Масалалар ечишдаги мантикий амалларнинг характериға кўра ечишнинг аналитик ва синтетик мулоҳаза қилиш усуллари бўлади. Аналитик усулда мулоҳазалар изланаётган катталикни топишдан бошланади, бу катталик бошқа катталиклар билан қандай боғланганини аниқлаб, кетма-кет физикавий формулалардан фойдаланган ҳолда энг қисқа йўл билан изланаётган катталикка келилади (№ 12).

Мулоҳаза қилишнинг синтетик усулида изланаётган катталикни аниқлашга асос яратиш учун дастлаб берилган физикавий катталиклар орасида оралик муносабатлар аниқланади. Маълум қисми ортиқча иш бўлиши мумкин бўлган барча амалларни бажариш натижасида изланаётган катталик топиладиган ифодани ҳосил қилинади.

Ўқувчилар кўпинча синтетик метод билан ечишга мойил бўладилар: улар то исталган катталикни топишга имкон берадиган боғланишни топгунарча катталиклар орасидаги турли боғланишларни ёза берадилар. Бунда, албатта, исталган натижага олиб келмайдиган йўللарга ҳам кетиб қолиш мумкин. Ечишнинг синтетик усули энг содда, бироқ ҳамма вақт ҳам қисқа бўлавермайди.

Аналитик усул қийин, чунки амалларнинг қатъий мантикий тартибда бўлишини талаб қилади, бироқ бу усул охирги натижага тезроқ олиб келади.

Масалалар ечишда, айниқса юқори синфларда, аналитик усулдан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир, чунки бу усул мантикий фикрлашнинг ривожланишига ёрдам беради. Масалани аналитик ва синтетик усуллар билан ечишга мисоллар келтирамиз.

23. Массаси 280 кг бўлган бадья шахтага текис тезланувчан ҳаракат билан тушиб бормоқда. Биринчи 10 сек давомида у 35 м масофани ўтди. Канатнинг таранглигини топинг.

Аналитик усул

Бадья канатда тушиб бормоқда, бу ҳолда оғирлик кучи (mg) пастга, канатнинг таранглиги F_T эса юқорига йўналган. Бадья пастга ҳаракатланаётган бўлгани учун тенг таъсир этувчи куч $R = mg - F_T$ га тенг бўлади. Ньютоннинг II қонунига кўра

$$R = ma, \text{ яъни } mg - F_T = ma,$$

Синтетик усул

Бадья текис тезланувчан ҳаракат қилади, бинобарин, $s = \frac{at^2}{2}$. Текис тезланувчан ҳаракат тенгламасидан (агар s йўл ва ҳаракат вақти t маълум бўлса) тезланишни аниқлаш мумкин: $a = \frac{2s}{t^2}$.

бу ерда a — бадья ҳаракатининг тезланиши.

Канатнинг изланаётган таранглиги

$$F_T = mg - ma.$$

Бу ифодадан бизга фақат a номаълум. Биз уни $s = \frac{at^2}{2}$ формула

ёрдамида топамиз: яъни $a = \frac{2s}{t^2}$.

$$\text{Демак, } F_T = mg - \frac{m2s}{t^2} = m \left(g - \frac{2s}{t^2} \right).$$

$$F_T = 280 \text{ кг} \cdot \left(9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} - \frac{2 \cdot 35 \text{ м}}{10^2 \text{ сек}^2} \right) \approx 2500 \text{ н}.$$

Мулоҳазалар мантиқини стрелкалар ёрдамида қуйидагича ёзиб тушунтириш мумкин:

$$\begin{array}{c} \text{а} \\ \text{н} \\ \text{а} \\ \text{л} \\ \text{н} \\ \text{з} \end{array} \left| \begin{array}{l} mg - F_T = ma \\ \downarrow \\ F_T = mg - ma \\ \downarrow \\ a = \frac{2s}{t^2} \end{array} \right.$$

$$\text{Ниҳоят, } F_T = m \left(g - \frac{2s}{t^2} \right).$$

Бадья тенг таъсир этувчи куч R таъсирида шундай тезланишга эришади. Ньютоннинг II қонунига кўра шундай ёзиш мумкин:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}.$$

Бадья пастга қараб ҳаракатланмоқда, унга иккита куч таъсир қилади: оғирлик кучи $F = mg$ ва канатнинг таранглик кучи F_T . Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси $R = mg - F_T = ma$ бўлади.

Бундан

$$\begin{aligned} F_T &= mg - ma = m(g - a) = \\ &= m \left(g - \frac{2s}{t^2} \right). \end{aligned}$$

Кўриниб турибдики, биз бу йўл билан ҳам F_T нинг аналитик усулда топилган қийматига келдик.

Масалаларни ечишда анализ ёки синтезни бир-биридан ажратиш қийин, улар ҳамма вақт ўзаро боғланган ҳолда келади. Шунинг учун масалаларни ечишнинг аналитико-синтетик усул ҳақида гапирилади. Бироқ биринчи ҳолда, муҳокамани масаланинг саволидан бошлаганимизда, ҳар ҳолда анализ биринчи ўринда бўлади. Тўғри, масалани ечиш учун умумий формулани „йигаётганда“ синтез қилинади. Шунда ҳам масалани ечишнинг бу усулини аналитик усул дейиш мумкин.

Иккинчи усулда биринчи планда синтез туради, чунки бунда масаланинг маълумотлари ва шартига кўра аниқланиши мумкин бўлган турли муносабатлар синтез қилинади. Бунда, гарчи анализнинг айрим элементлари бўлса-да, бу усулни синтетик усул дейиш мумкин.

4. График масалалар V

Ўрганиш объекти физикавий катталикларнинг боғланиш графикларидан иборат бўлган масалалар график масалалар дейилади. Баъзи ҳолларда бу графиклар масаланинг шартиди берилади, баъзи ҳолларда эса уларни яшаш керак бўлади. Биринчи график масалалар графикларини „ўқиш“дан ва содда графиклар яшашдан иборат (№ 193, 323) бўлиши керак. Сўнг-

ра графиклар билан ишлашни тобора мураккаблаштириб, ўқувчиларга катталиклар орасидаги миқдорий боғланишларни топишни тавсия қилиш, то формулаларни тузишгача мураккаблаштириб бориш керак [50].

График масалалар ечишнинг асосий босқичлари қуйидагилардан иборат.

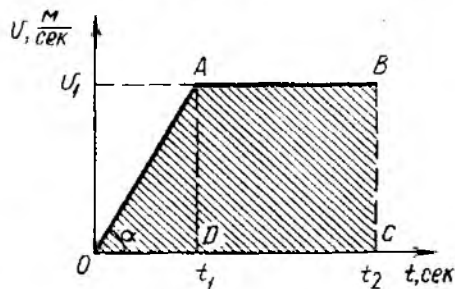
Агар катталиклар орасидаги боғланишлар графиги берилган бўлса, у ҳолда уни тушуниш, ҳар бир участкадаги боғланишнинг характерини ўрганиш керак. Масштабдан фойдаланиб, графикдан изланаётган катталикларни (абсцисса ва ордината ўқларидаги қийматларни, абсцисса ўқи билан тегишли ордината ва график орасидаги юзни ва ҳоказоларни) топиш керак.

Агар боғланиш графиги берилмаган бўлса, у ҳолда махсус жадваллардан ёки масаланинг шартидан олинган қийматларга кўра график ясалади. Бунинг учун координаталар ўқи чизилади, уларда маълум масштаб танланади, жадваллар тузилади, шундан кейин координата ўқлари бўлган текисликка тегишли ордината ва абсциссаларга мос нуқталар қўйилади. Бу нуқталарни бирлаштириб, физикавий катталиклар орасидаги боғланиш графиги ясалади, сўнгра юқорида айтиб ўтилган тартибда уни ўрганилади.

Мисол тариқасида қуйидаги масалани кўрайлик.

24. График бўйича (7- расм) жисмнинг ҳаракатини тавсифланг, йўлнинг айрим участкаларидаги вақт, тезлик ва тезланишни аниқланг.

Ўқувчилар графикни анализ қилиб, биринчидан, у тезликнинг вақтга боғланишини ифодаланиши аниқлашлари керак. Жисмнинг бошланғич тезлиги $v_0 = 0$. Вақтнинг $t = t_1$ пайтида жисм v_1 тезликка эришди. $t = 0$ дан $t = t_1$ гача тезлик ортди. Графикда v тезликнинг t вақтга чизигий боғланишда эканлиги кўрсатилган, бинобарин, жисм текис тезланувчан ҳаракат қилган. Вақтнинг $t_1 - t_2$ оралиғида тезлик ўзгармаган. Жисм текис ҳаракат қилган. $(0 - t_1)$ вақт оралиғи учун тезланишни аниқлаймиз, $v_1 = a_1 t_1$, бундан $a_1 = \frac{v_1}{t_1}$. Вақтнинг $t_1 - t_2$ оралиғи



7- расм.

учун тезланиш $a = 0$. Жисмнинг текис тезланувчан ҳаракатда t_1 вақт ичида ўтган s_1 йўли OAD учбурчакнинг юзига сон жиҳатидан тенг бўлади:

$$s_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2}.$$

Шундай қилиб, график ёрдамида бошланғич тезликни шартли равишда

нолга тенг деб текис тезланувчан ҳаракатда ўтилган йўл учун муҳим формулани аниқладик.

t_2 вақт ичида ўтилган йўл s сон жиҳатидан $OABC$ трапециянинг юзига тенг:

$$s = \frac{v_1 t_1}{2} + v_1 (t_2 - t_1) = \frac{v_1 (2t_2 - t_1)}{2}.$$

График берилмаган, балки уни ўқувчиларнинг ўзлари справочник маълумотлари орқали тузган жадваллар бўйича ясаш керак бўлган график масалаларга (№ 554, 561, 626) ларни мисол тариқасида олиш мумкин.

3- БОБ

МАСАЛАЛАР ЕЧИШГА ДОИР МАШҒУЛОТЛАРНИ ЎТКАЗИШ МЕТОДИКАСИ

1. Масалалар ечишга доир машғулотларнинг турлари ✓

Масалалар ечиш кўпгина физика дарсларининг таркибий қисмидир. Сўраш, янги материални баён қилиш, мустаҳкамлаш ва уйга вазифа бериш босқичларига бўлинган энг кўп тарқалган „тўрт босқичли“ дарсда масалалар ечишдан машғулотнинг бошида, ўқувчиларнинг билимларини синаш мақсадида ҳамда дарснинг охирида ўрганилган темани такрорлаш ва чуқурлаштириш мақсадида фойдаланилади. Масалалар ечиш ҳақида айрим тушунтиришларни ўқувчиларга уй вазифаси беришда ҳам берилади. Умуман, бу типдаги дарсларда масала ечиш учун ўқув вақтининг 30% ига яқини сарфланади. Масалалар ечиш такрорлаш дарсларида яна ҳам кўпроқ вақтин олади ва ниҳоят, дарсларнинг махсус бир қисмини масалалар ечишга бағишланади. Масалалар ечиш дарсликдаги назарий материални ўрганиш билан бирга физикадан бериладиган уй вазифаларининг ҳам муҳим қисмидир.

VI — X синфларда бутун ўқитиш даврида физика дарсларида ва уйда ечиладиган масалаларнинг умумий сонини тахминан кўрсатиш мумкин. Бироқ ҳар қандай ҳолда ҳам, ўртача 1000 та масала ечиш керак.

Физикадан масалалар ечиш ўқувчиларни ўзларининг мазмуни билан ҳам, ечиш методларининг „ғўзаллиги“ билан ҳам ўзига жалб қилади, бундай ечишлар табиат ҳодисалари ёки жисмлар хоссаларини аввалдан кўришга ёки кашф этишга имкон беради. Масалалар ечиш, бошқа ҳар қандай қийинчиликни енгишдаги сингарни „спорт“ характериға ҳам эга Шунинг учун

кўплаб мактабларда физикадан масалалар ечиш тўғараклари ташкил қилинади. Кейинги йилларда мактаб, район, область, республика миқёсидаги физика олимпиадалари ҳам кенг тарқалди. Бундан ташқари газета ва журналларда масалалар ечиш бўйича конкурслар ўтказилади.

Айтилганлардан, ҳозирги вақтда мактабда ҳам, мактабдан ташқарида ҳам қанчалик катта аҳамият берилаётгани ва ўқувчилар билан физикавий масалалар ечишнинг турли-туман шаклларда олиб борилаётганлиги кўриниб турибди.

2. Дарсларда масалалар ечиш

Янги материални тушунтириш дarsi. Бу хил дарснинг бошида масалалардан, одатда ўқувчиларнинг билимларини текшириш ва ўтилган материални мустаҳкамлаш мақсадида фойдаланилади. Бунда ўқитувчилар кўпроқ қуйидаги усулларни қўллайдилар:

доскага ўқувчилар чақирилади ва улар навбат билан берилган масалаларни ечадилар;

бир неча ўқувчи масалаларни дафтарларида ёки варақларда ечади;

янги материални тушунтиришдан аввал бутун синф ўқувчиларига 10—15 минутлик ёзма иш берилади.

Бу усуллар ўқувчиларнинг билимларини оператив равишда текшириб боришга имкон беради, ўқувчиларнинг ўз ишларига масъулият билан қарашини оширади, вақтни тежайди.

Бироқ бу усуллар ҳам камчиликлардан холи эмас. Улар дарс вақтининг энг маҳсулдор қисмини эгаллаб қўяди, бунинг устига бу вақт планлаштирилганидан анча ортиб кетади ва янги материални тушунтириш учун кам вақт қолади. Масалалар ечиш, айниқса синф бўйича ёзма равишда ечиш, ўқувчиларни жуда безовта қилиб қўяди, улар анча вақтгача ҳаяжонланиб юрадилар. Шу сабабли ёзма контрол ишларни дарснинг бошида бермаслик керак. Бу ҳолда масалани, асосан, ўтилган материални умумлаштириш, дарсда кўриш керак бўладиган муаммони ҳал қилиш мақсадида ечтириш керак.

Дарснинг бошида янги материални баён қилиш олдида бериладиган масалалар жуда катта бўлмаслиги керак. Физикавий ҳодисаларнинг моҳиятини аниқлашга имкон берадиган сифатга оид масалаларга катта аҳамият бериш керак.

Янги материални ўрганишда унинг мазмунига ва ўқитиш методларига боғлиқ ҳолда масалалар физикавий ҳодисаларни ўрганишнинг асосий воситаси бўлиши ёки иллюстрация ролини ўйнаши мумкин.

Масалан, маятник тебранишларини ўрганишда аввал ўқувчиларга $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ формулани тайёр ҳолда берилади, сўнгра маятник тебраниш даврининг маятник узунлиги ҳамда эркин

тушиш тезланишига боғлиқ эканлигини тушунтирувчи масалалар ечилади. Бироқ дарсни шундай ташкил қилиш ҳам мумкинки, бу формулани масалалар ечиш жараёнида келтириб чиқарилади, сўнгра уни турли хусусий ҳолларга қўлланади (№ 749, 750).

Янги материални мустаҳкамлашда ечиладиган масалаларни ўқитувчи бутун синф билан биргаликда ҳал қилади, бунда мустақил ёзма иш тарзида кўриш ҳам мумкин. Бунинг қийинчилиги тугдирадиган томони барча ўқувчиларни бу ишда фаол қатнашишга эришиш ва унинг натижалари ҳақида ўз вақтида информация ола билишдадир. Бунинг учун шундай усулдан фойдаланиш мумкин. Янги материални тушунтириб бўлгандан кейин дарс тугашига 10—12 минут қолганда ўқувчиларга уй вазифасини бериш, бунда олатдагидан 1—2 та масалани кўпроқ кўрсатиш ва уни ечишга киришишни таклиф қилиш керак. Бунда дарс тугашига 3—4 минут қолганда бир нечта дафтарни текширишга олинишини эълон қилиш керак. Ўқувчилар иложи борица уй вазифаларини камайтириш ва яхшироқ баҳо олиш учун масалаларни кўпроқ ва яхшироқ ечишга ҳаркат қиладилар.

Масалалар ечиш дарси. Ўқитувчи аввалдан тематик планлаштириш давридаёқ дарснинг мақсадини аниқлайди: тушунчаларни шакллантириш, ўрганилган материални мустаҳкамлаш ва чуқурлаштириш, ўқувлар ҳосил қилиш, ўқувчиларнинг билимларини текшириш ва шунга ўхшашлар. Ўқитувчининг дарсга тайёргарлиги, унинг мазмунини ва ўтказиш методларини аниқлаши кўп жиҳатдан бунга боғлиқ бўлади.

Шунингдек ўқувчиларнинг дарсга тайёргарлиги, аввало уларнинг назарий материални такрорлашлари ва ўрганишлари ҳам муҳим аҳамиятга эга. Бу материални энг қисқа ҳолда ўқувчилар билан дарснинг бошида ёки тегишли масалани ечиш олдидан бевосита такрорлаш фойдалидир (албатта, дарсда контрол иш ўтказиш ҳолларида бундай қилинмайди).

Масалалар ечиш дарсларида синф ишини ташкил қилишнинг икки асосий шаклидан фойдаланилади: масалаларни ўқитувчининг ўзи ўқувчиларнинг актив иштирокида доскада ишлаб кўрсатади (ёки ўқувчилардан бири доскада ўқитувчининг раҳбарлигида ишлаб чиқади) ва ўқувчилар масалаларни ўз дафтарларида мустақил ечадилар. Биринчи усулдан кўпинча, масалаларнинг янги хилларини тушунтиришда, ечиш методлари, ёзиш шакллари, birlikлар системалари ҳақида янги маълумот бериш лозим бўлганда ва бошқа шунга ўхшаш ҳолларда, иккинчи усулдан асосан ўқувчиларда амалий ўқув ва малакалар ҳосил қилиш, шунингдек уларнинг билимларини текширишда фойдаланилади.

Масалаларни доскада ечишда икки хил чекланишни назарга олиш керак. Баъзида ўқитувчи чақирилган ўқувчига масаланинг ҳамма амалларини айтиб беради ёки масалани ўзи ечади.

Иккинчи ҳолда эса ўқитувчи ўқувчилардан уларнинг кучлари етмайдиган жавобларни ҳам „тортиб“ олишга ҳаракат қилади. Бунинг натижасида вақт бекорга сарф бўлади ва ўқитувчи ҳам, ўқувчи ҳам масала ечишдан қаноат ҳосил қилмайди.

Ўқитувчи ўқувчиларга янги типдаги масаланинг шартларини ёзишни намуна қилиб кўрсатиб ечиш принципини, ҳисоблашларни ёки чизмаларини қандай чизилишини янги назарий материални ўтаётгандаги сингари тушунтириб бериши керак. Шу муносабат билан темаларга мос масалаларни уларнинг мураккаблигига қараб танлаш масаласи қолади. Илгари-дан амалда бўлган анъанага кўра янги назарий материал ўтишда ҳам, масалалар ечишда ҳам, кўпинча далиллар ва қондаларни тобора тўплаб бориб, сўнгра умумлаштириладиган индуктив методдан фойдаланилади. Бу ўқитишга кетадиган вақтни орттирар ва ўқувчиларнинг билиш қобилиятларини, уларнинг ўқув ва малакаларини бир томонлама ривожланишига олиб келар эди. Бироқ юқори синфларда масалалар қийинлигининг ҳаддан ташқари секин тарзда ўсиб боришидан керагидан кўп ҳолда фойдаланмаслик керак. Кўп ҳолларда вақтни тежашнинг бирдан-бир тежамли йўли дедуктив метод ҳисобланади. Бу метод мақсадга энг қисқа йўл билан олиб келади. Бироқ мактабда бу методдан ўз вақтида фойдаланиш керак.

Ўқувчилар асосий тушунчалар, бирликлар системаси ва формулаларни ўзлаштириб олганларидан кейин ўртача қийинликдаги масалаларни қараб чиқиш фойдали. Ўқувчилар темаларга онд типик масалаларни ечиш усулларини яхши билишлари ва улардан амалда фойдалана билишлари керак.

Юқорида айтганимиздек, масалани доскада ечишда иложи борица ҳамма ўқувчиларнинг билиш фаолиятини активлаштириш керак, акс ҳолда дарснинг кўп қисми улар учун ўқитувчи тушунтиришларини ва доскага чиқарилган ўртоқларининг жавобларини пассив эшитиб ўтиришларига сарф бўлади. Бунга йўл қўймаслик учун қуйидаги умумпедагогик воситалардан фойдаланилади.

а) Ўқувчиларга материални ўрганишда муҳим ва зарур бўлган ушбу масалани ечишнинг мақсадини аниқлаш. Масалан, айлана бўйлаб ҳаракатланаётган нуқтанинг чизиғий тезлигини топишга доир масалани ечиш олди-дан бундай ҳисоблашни металлни қирқиш тезлигини билиш учун ҳар бир токаръ, сунъий йўлдошнинг айлана бўйлаб ҳаракат тезлигини ҳисобловчи ҳар бир олим билиш зарур эканини айтиб ўтиш керак ва ҳоказо. У ёки бу масаланинг бундан кейинги материални тушуниш учун ҳам муҳим эканлигини уқтириб ўтиш керак.

б) Ўқувчиларни қизиқтириб қўйиш ва уларнинг ҳодисалардаги турли томонларни кўришга, тайёр шаблонга ўрганмасликларига ўргатиш учун бирор гипотеза, ҳатто бир-бирига

қарама-қарши фаразларни ўртага ташлаш. П. А. Знаменский „бир-бирига қарама-қарши маълумотларни таққослашда ҳайрон қилиб қўядиган. Ёки оддий йўл қўйиладиган хатоларни ва тушунмовчиликларни ҳал қилиб берадиган масалалар ўқувчиларда алоҳида қизиқиш уйғотади“¹ — деб айтган эди. Бунинг учун баъзан масалаларни икки ўқувчи ўртасидаги ёки ўқувчи ва ўқитувчи ўртасидаги диалог сифатида қўйиш ҳам фойдали бўлади. Бундай усулни айниқса А. Б. Цингер [43] усталик билан ва кенг қўллаган.

в) „Қизикарли“ масалалардан фойдаланиш. Ўқувчиларнинг физикадан қизикарли кечаларда, физикавий викториналар ва КВН ларда физика масалаларини қандай қизиқиш ва энтузиазм билан ечишлари ҳаммага маълум. Ўқувчилар ҳали болалар эканини ва шунинг учун дарсларда маълум даражада ўйин ва мусобақа элементлари бўлиши, айниқса қуйи синфларда жуда фойдали бўлади.

Ўқитувчи бундай масалалар намуналарини Я. И. Перельман [132—133], М. Ильин [128], В. С. Билимович [122] китобларидан топиши мумкин.

г) Кўрсатмавий қурооллар ва физикавий тажрибалардан фойдаланиш. Ўқувчилар масаланинг шартини яхши тушунишлари ва уни ечишда физикавий ҳодисалар ва асбоблар ҳақида кўпроқ қўшимча маълумотлар олишлари учун улардан кенг фойдаланиш керак. Баъзи ҳолларда кўрсатмавий қурооллар (картиналар, диапозитивлар, макетлар, коллекциялар) ва физикавий асбоблар масаланинг шартини тушунишни осонлаштирувчи ёрдамчи восита бўлиши, бошқа ҳолларда эса, экспериментал масалалар ҳақидаги бўлимда айтганимиз каби, ўрганиш объекти бўлиб хизмат қилиши мумкин.

д) Синфда мустақил ва коллектив ишлашни тўғри йўлга қўйиш. Юқорида айтиб ўтилганидек ўқувчилар масалани ўзларининг дафтарларида мустақил равишда ёки ўқитувчининг ёрдамида коллектив бўлиб ечишлари мумкин. Коллектив бўлиб масала ечиш пайтида, кўпинча масаланинг ечими доскага ёзилади. Бунда синфга бериладиган саволга қарамай, агар ўқувчилар масаланинг шартини етарлича сеза олмаган ёки доскадан тайёр ечимини кўчириб олишга ишонаётган бўлсалар, бир қатор ўқувчиларнинг фикрлаш фаолияти унча юқори бўлмаслиги мумкин. Шунинг учун ҳар бир масалани ўқувчилар дастлаб бир неча минут давомида ўйлаб олишлари ва мустақил ҳолда ечишга уринишларига йўл қўйиш ва шундан кейингина бутун синф бўйича масала ечишни бошлаш керак. Тайёр ечимларни ёки баъзи ўқувчиларда ҳали ечимнинг йўқлигини дарснинг охирида баҳо қўяётганда назарга олиш керак, бу нарса синфнинг ишини активлаштиришга сабаб бўлади.

¹ П. А. Знаменский. Методика преподавания физики. Л., Учпедгиз 1955. 87- бет.

е) Масалани ечиш учун қайси ўқувчини доскага чақириш кераклигини ҳал қилиш ҳам муҳимдир. Баъзи ўқитувчилар дарсада вақтни тежаш учун ҳадеб кучли ўқувчиларни чақириб-верадиладар. Бошқалари эса қолоқ ўқувчиларни доскага чақиришга ва улар билан ишлашга ҳаракат қиладилар. Албатта шароитга қараб доскага кучли ўқувчиларни ҳам, кучсиз ўқувчиларни ҳам чақирилиши керак. Бироқ янги масалани ечишда доскага ўртача ўқувчини чақириш фойдалидир. Кучли ўқувчининг доскада масала ечаётганда бошқа ўқувчилар, кўпинча улгура олмай қоладилар. Иккинчи томондан доска олдида қийинчиликларга дуч келиб қолингандаги мажбурий паузалар баъзан бирор масалани кўриб чиқиш учун фойдали бўлади. Бундай муҳокама вақтида кучли ўқувчилар ҳам жалб қилиниши ва шу йўл билан бутун синф билан актив ишлаш мумкин. Мураккаб масалаларни ечишда доскага навбат билан бир нечта ўқувчини чақирилиши ва улар алоҳида амалларни бажаришлари, ечиб бўлгандан кейин эса яна 1—2 ўқувчини чиқариб масалани батамом такрорлаш ҳам мумкин.

ж) Ўқувчиларнинг масалалар тузиши. Ўқувчиларнинг ўзларининг масала тузишлари фойдали педагогик усулдир. Бунинг учун баъзи ўқитувчилар ўқувчилардан дарсларда фақат ўртоқларининг жавобларини тўғрилашни ёки тўлдиришни эмас, балки берилган темалар бўйича саволлар бериш, соддароқ масалалар тузишни талаб қиладилар. Ўқувчиларнинг синфда ёки уйда ўрганилган қонуниятлар ва формулаларни ўрганишга доир масалалар тузишлари иккинчи қадам бўлиши мумкин. Ўқитувчи бу масалаларни текшириши, улардан энг қизиқарлилари бутун синфни жалб қилган ҳолда ечилиши ниҳоятда фойдалидир.

Ниҳоят, ўқитувчининг топширигига мувофиқ ўқувчиларнинг баъзи темаларини ўрганганларидан сўнг унга доир турмушдаги, мактаб устахоналаридаги ҳамда ишлаб чиқаришга қилинган экскурсияларидаги тажрибалар ва кузатишлар материалларидан тузган масалалари катта фойда келтиради. Ўқувчилар тузган шундай масалаларга намуналар келтирамыз.

25. „Ока“ кир ювиш машинасининг 5 соат ишлагандаги сарф қилган энергиясининг нарҳи ҳисобланг. Машинанинг қуввати 300 *вт*, 1 *квт·соат* энергиянинг тарифи 4 тийин.

26. Сирти 7 *дм*² бўлган детални никеллашда қалинлиги 0,1 *мм* никель қатлами қопланиши керак. Агар ток зичлиги 2 *а/дм*² бўлса, никеллаш жараёни қанча вақт давом этади? (Бу масала заводнинг гальваник цехига экскурсия қилиб борган ўқувчи томонидан олган маълумотлари асосида тузилган.)

Масалаларни мустақил ечиш учун алоҳида дарслар ёки уларнинг бир қисми бағишланади. Ўқувчиларнинг бундай машғулотлардаги мустақиллиги ва фаоллиги топшириқнинг мураккаблигига боғлиқ бўлади. Бериладиган топшириқ ўқувчининг кучи етадиган ва шу билан бирга етарлича мураккаб

ва қизиқарли бўлиши керак, бунинг учун шубҳасиз ҳар бир ўқувчига индивидуал ёндошишни талаб қилади.

Бунга турли йўл билан эришиш мумкин. Масалан, ҳар бир ўқувчига унинг тайёргарлигига боғлиқ ҳолда карточкада алоҳида топшириқ бериш мумкин ёки бутун синфга тобора мураккаблиги ортиб борувчи бир неча масала бериш мумкин, ўқувчи булардан ўз кучи етганини ечади.

Иккинчи усул афзалроқдир. Бунда ечилган масалаларни таҳлил қилиш осонлашади, ечиш жараёнига мусобақа элементини киритади, чунки ҳар бир ўқувчи кўпроқ ва қийинроқ масалаларни ечишга ҳаракат қилади. Бу усул ўқитувчи учун ҳам осон бўлади.

Мустақил ишлаш давомида ўқувчилар турли саволлар билан ўқитувчига мурожаат қилишлари мумкин, ўқитувчи бу саволларга ўз вақтида жавоб бериши, бироқ ўқувчиларнинг ўзлари қилиши мумкин бўлган нарсаларни қилиб кўрсатмаслиги керак. Ишдан сўнг уни анализ қилиш, масалалар ечишнинг турли усуллари ва ўқувчиларнинг жавобларини муҳокама қилиши керак.

Мустақил ишларнинг алоҳида тури контрол ишлардир. Улар ўқувчиларнинг мутлақо мустақил ишлашлари билан ажралиб туради. Контрол ишларида ўқувчиларга топшириқларнинг бир неча вариантлари берилади.

Икки вариантли масалаларни айтиб турилади ёки доскага ёзилади, 4--6 вариантли топшириқларни эса алоҳида карточкаларга ёзилади. Топшириқларнинг иккинчи тури ўқитувчидан анчагина тайёргарлик ишларини, текшириш бўйича кўп меҳнат талаб қилса-да, афзалроқдир.

Контрол ишлар катта темаларни ўтиб бўлингандан кейин якуловчи (улар бутун дарсга мўлжалланади) ва қисқа муддатли А. И. Штеренталь ибораси билан айтганда „учувчан“ [46] бўлиши мумкин. Қисқа муддатли контрол ишларда ўтилган материал бўйича саволлар ва масалалар берилади, контрол ишларга дарснинг бир қисми сарф қилинади. Бу тур контрол ишларга ўқувчиларнинг ўтилган материалнинг физикавий моҳиятини қандай тушушганликларини аниқлашга имкон берувчи масалалар, шунингдек содда ҳисоблаш масалалари киритилади.

Катта темалар бўйича бир нечта қисқа муддатли контрол ишлар ўтказиш мумкин, уларни дарснинг охирида ўтказган яхши. Агар ишни машғулотларнинг бошида ўтказилса, у ҳолда бу ишдан кейин ё ечилган масалаларни таҳлил қилиш, ё кино, фронтал эксперимент сингари „кучли“ воситалардан фойдаланиш керак. Акс ҳолда ўқувчилар узоқ вақт давомида қилинган иш таъсирида бўладилар ва янги материалга ўзларини жалб қила олмайдилар.

„Модданинг зичлиги“ (VI синф) темаси бўйича енгил контрол ишга мисол кўрамиз.

I вариант

27. Музнинг зичлиги 900 кг/м^3 ; водороднинг зичлиги (0°C да) $1,290 \text{ кг/м}^3$ дегани нимани билдиради?

28. Жадваллардан фойдаланиб, 1 м^3 симобнинг массаси каттами ёки 5 м^3 тоза сувнинг массаси каттами эканини аниқланг.

29. Формуладан фойдаланиб, 26 топнасининг ҳажми 10 м^3 бўлган модданинг зичлигини аниқланг.

Бундай контрол ишларни ўтказишда қатор ҳолларда программалаштирилган контрол воситаларидан фойдаланган яхши.

Масалан, „Иш, иш бирликлари“ темаси (VI синф) бўйича олинган билимларни текшириш учун ўқувчиларга карточкаларда қуйидаги мазмундаги топшириқ вариантларини бериш мумкин.

II вариант

№	Савол №	Саволлар	Жавоблар
30	I.	Лебёдка билан массаси 400 кг бўлган жисми кўтаришмоқда. Бажарилган иш катталигини билиш учун яна қандай катталикини билиш керак?	1. Жисмининг оғирлигини. 2. Жисмининг оғирлиги ва кўтариш баландлигини. 3. Кўтариш баландлигини.
31	II.	Елканли яхта қўлда сузмақда. Уни силжитишда қандай куч иш бажаради?	1. Оғирлик кучи. 2. Шамол кучи. 3. Сувнинг босим кучи.
32	III.	Иш қандай бирликларда ўлчанади?	1. Жоулларда. 2. Ньютонларда. 3. Киложоулларда.
33	IV.	Қайси ҳолда кўпроқ иш бажарилади: 1) 50 н куч билан 6 м масофадами? 2) 150 н куч билан 2 м масофадами? 3) 3 н куч билан 200 м масофадами?	1. Биринчи ҳолда. 2. Иккинчи ҳолда. 3. Учинчи ҳолда.

Ўқувчилар варақда қуйидаги кўринишда жавоб ёзадилар.

Алнев В. II вариант.

№ 1—2; № 3—1 ва 3;

№ 2—3; № 4—3.

Жавобларни кўргач, ўқитувчи шу ернинг ўзидаёқ ўқувчининг билимини (ўқувчи бу ерда иккинчидан бошқа ҳамма саволларга тўғри жавоб берган) баҳолаши мумкин.

Танланадиган жавоблардан фойдаланиладиган бундай типдаги ишларда перфокарталардан фойдаланиш ҳам қулайдир

(8- расм). Одатда перфокарталар ҳар бир қаторида 5 тадан тешиклари бўлган 5 қаторли тўғри бурчакли тунука ёки қаттиқ картондан қилинган жадваллардир. Перфокартани тоза қоғоз варағи устига қўйиб, ўқувчи ўзича қайси померли жавобни тўғри деб топса, ўша тешикни қалам билан белгилайди. Юқоридаги ҳолда ўқувчи биринчи қатордаги иккинчи тешикни, иккинчи қатордаги учинчи тешикни ва ҳоказо белгиллаган бўлар эди. Аввалдан тайёрланган тўғри жавобларга мосланган дешифратор—трафаретлар ёрдамида (9- расм) ўқитувчи кўпинча бир қарашдаёқ ўқувчининг ишини баҳолаши мумкин. Бу билан ўқитувчи ва ўқувчилар орасида „тескари алоқа“ амалга ошади.

	1	2	3	4	5
I	○	●	○	○	○
II	○	○	●	○	○
III	●	○	●	○	○
IV	○	○	●	○	○
V	○	○	○	○	○

8- расм.

	1	2	3	4	5
I		○			
II		○			
III	○		○		
IV			○		
V					

9- расм.

Якунловчи контрол ишларга кўпроқ ўйлашни талаб қиладиган мураккаброқ масалалар киритилади. Уларда „етмайдиган“ ёки „ортиқча“ маълумотлар ҳам, ўқувчилардан алоҳида эътибор беришни талаб қиладиган баъзи „нозик“ томонлари бўлиши ҳам мумкин, бу билан ўқувчиларнинг тегишли тушунчаларни ифодалани, тегишли **уқув** ва малакалар ҳосил қилиш, масаланинг шартини диққат билан анализ қилишни ўргатишга эришилади.

Бироқ барча ҳолларда ҳам иш ўқувчиларнинг кучи етадиган, улар ўтган, ўзлаштирган материалнигина ўз ичига олган бўлиши керак.

„Кинематика“ бўлими бўйича якунловчи контрол иш тариқасида қўйидагиларни мисол қилиб олиш мумкин:

34. Темир йўл изини текшираётган ишчи семафордан станцияга томон 150 м йўлни қараб чиқди, сўнгра орқага қайтиб, семафордан бошқа томондаги 300 м йўлни текширди. Ишчи қанча йўл босган ва у қанча „кўчган“?

35. Ҳаракатга келган бошланғич тезликсиз жисм биринчи секундда 2 м, иккинчи секундда 4 м, учинчи секундда 6 м,

тўртинчи секундда 8 м масофани ўтди ва ҳоказо. Бу ҳаракат текис тезланувчан ҳаракат бўладими?

36. Жисм бошланғич тезликсиз текис тезланувчан ҳаракат қилиб, бешинчи секундда 45 м масофани ўтди. Жисмнинг 3 секундда ўтган йўлини аниқланг.

Биринчи масалада атайлаб ҳаракат траекторияси ҳақида гапирилмаган. Ўқувчиларнинг ўзлари тегишли фаразни қилишлари керак.

Иккинчи масала эса текис тезланувчан ҳаракатда аynи бир вақт бирлиги ичида аynи бир катталиқка йўл эмас, тезлик ўзгаради деган фикрни уқтиришни мақсад қилиб қўйган.

Учинчи масала эса тегишли формулаларни билишдан ташқари, ўқувчиларнинг онгида „учинчи секундда ўтилган йўл“ ва „уч секундда ўтилган йўл“ тушунчаларининг фарқ қилишини тушуниб олишларига бағишланган.

Такрорлаш дарслари. Такрорлаш дарсларида ўқувчилар тегишлича ўзлаштириб олмаган масалалардан, бундан ташқари, физикавий ҳодисаларни чуқурроқ аниқлашга имкон берадиган масалалардан; теманинг материални умумлаштиришга имкон берадиган масалалардан; бир неча темалар материалларини бирлаштирувчи комбинацион масалалардан фойдаланилади.

Масалан, буғлар ҳақидаги темани такрорлашда қуйидаги масалаларни кўриб чиқиш фойдалидир.

37. Модданинг температураси унинг молекулаларининг ҳаракатига боғлиқ. Қайнаганда „энг тез“ молекулалар суюқликдан чиқиб кетади. Нима учун бу ҳолда қайнаётган суюқлик ва унинг буғларининг температураси бир хил бўлади?

38. Жадвалларда 0°C да буғланиш иссиқлиги $2,5 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$ га тенг эканлиги, 100°C да эса $2,25 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$ га тенг эканлиги кўрсатилади. Бу фарқни қандай тушунтириш мумкин?

Комбинацион масалаларни, одатда темаларнинг якунловчи бўлимларини, ўзининг хусусияти жиҳатидан умумлаштирувчи ва такрорловчи бўлимларини ўрганишда фойдаланилади. Масалан, механика бўйича „Иш ва энергия“ (VIII синф) иссиқлик темаси бўйича „Иссиқлик двигателлари“ (VII синф) ана шундай бўлимлардир.

3. Синфдан ташқари машғулотларда масалалар ечиш

Физикадан синфдан ташқари машғулотнинг энг кўп тарқалган турлардан бири масалалар ечиш бўйича ўтказиладиган тўғарақлардир. Бундай тўғарақлар ўқувчиларнинг ўзлаштиришларига бевосита ижобий таъсир кўрсатади, шунинг учун кўп ўқитувчилар бундай тўғарақларни жон-дили билан ташкил қиладилар.

Масалалар ечиш бўйича тўғарак ишини мазмунли ва қизиқарли уюштириш ўқитувчидан анчагина тажриба ва кашфиётчилик талаб қилади. Акс ҳолда тўғарак қолоқ ўқувчилар ёки яхши ўқувчилар билан ўтказиладиган одатдаги қўшимча дарснинг ўзи бўлиб қолади. Бундай машғулотларда яхшиси олимпиадаларда ёки олий ўқув юртларига кириш имтиҳонларида учрайдиган қийин масалаларни таҳлил қилинади.

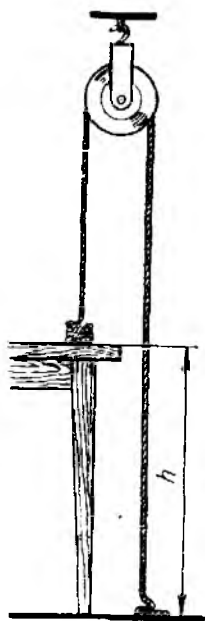
Ҳозирги вақтда бундай масалалар мавжуд бўлган кўплаб қўлланмалар бор [12, 13, 16, 24, 28, 44], шунинг учун тўғарак машғулотлари учун масалалар танлаш унчалик қийин эмас.

Тўғарак ишини мазмунли ва қизиқарли қилиш учун унинг олдига кенгроқ доирадаги вазифаларни қўйиш керак: ўқувчиларнинг дунёқарашларини ривожлантириш, уларни табиатни билишнинг илмий методлари билан таништириш, ўқувчиларни фақат математик малакалар билан эмас, шунингдек экспериментал методлар билан ҳам қуроллантириш ва ҳоказо.

Шунинг учун тўғарак машғулотларида фақат юқори қийинликдаги масалаларни ечишгина эмас, балки тарихий обзорлар, ўрганилаётган ҳодисаларнинг амалий аҳамияти ҳақидаги докладлар, физикавий эксперимент ва ҳоказолардан ҳам фойдаланиш керак. Бундай тўғарак машғулотларида масалалар ечиш энг муҳим бўлса-да, ҳар ҳолда бундай машғулот элементларидан бири бўлиши керак ҳолос.

Масалалар ечишга бағишланган синфдан ташқари тадбирлардан яна бир кенг тарқалгани физикавий олимпиадалардир. Олимпиадалар — сеҳн, топқирлик, илмий билимдонлик ва ўқувлар-соҳасидаги қизиқарли мусобақадир. Улар ўқувчиларнинг қизиқувчанлигини оширади ва улардан кўпларига ўз истеъдодини топишга имкон беради. Олимпиадаларни айрим мактабларда ҳам, алоҳида район, область, республика ва ҳатто бутун мамлакат масштабида ҳам ўтказилади. Шунингдек олий ўқув юртлари ҳам ўқувчилар олимпиадаларини ўтказишади. Олимпиадалар бевосита қатнашадиган ва сиртқи бўлиши ҳам мумкин. Уларни кўпинча уч турда ўтказилади. Одатда район, область миқёсида ўтказиладиган олимпиадалардан аввал мактабларда ўтказиладиган олимпиадалар биринчи тур ҳисобланади. Уларда асосан VIII—X синф ўқувчилари қатнашади. Лекин бир қатор мактабларда ўтказиладиган олимпиадаларда VI—VII синфларнинг ўқувчилари ҳам қатнашади (118).

Одатда дарсларда ечиладиган масалаларга нисбатан олимпиадаларда ечиладиган масалаларнинг ўзига хос хусусиятлари бўлади: улар анчагина қийинроқ бўлади; ҳар бир масала ўзида физикавий моҳияти биринчи планга чиқадиган кичик проблемадан иборат бўлади, шунинг учун кўплаб олимпиадаларда сифатга оид масалалар берилади, улар ўқувчиларнинг кўпроқ мантикий тафаккур қилишларини талаб қилади; кўпинча олимпиадаларда „одатдан ташқари“ ҳодисалар ёки кў-



10- расм.

пинча одатда нотўғри тасаввурлар тарқалган „ўз-ўзидан кўриниб турган“ далиллар келтирилган масалалардан фойдаланилади; олимпиада масалаларининг янгилик элементларига бой бўлиши зарурлиги ўз-ўзидан кўриниб турибди.

Олимпиада масалаларини асосан маълум синф ўқувчилари учун билимларига мос қилиб олинади, бироқ турли синфлар, масалан VIII—IX синфлар учун берилиши мумкин бўлган масалалар ҳам олинаверади. Мисол тариқасида 1967 йилда ўтказилган Бутуниттифоқ физика-математика олимпиадасида физикадан область турларига тавсия этилган масалалардан бир нечтасини келтирамиз.

39. (VI—IX синф.) Самолёт тоғ массиви устидан учмоқда. Ундан 6000 м баландликда икки парашютчи сакрайди. Парашютчилардан бири 4500 м баландликдаги чўққига, иккинчиси эса денгиз юзидан 1500 м баландликдаги ғорга қўнади. Қўниш вақтида улардан қайси бирининг тезлиги катта бўлади?

Жавоб. Парашютчи текис тушади. Унинг тушиш тезлиги ҳавонинг зичлиги қанча кичик бўлса, шунча катта бўлади, шунинг учун чўққига қўнган парашютчининг тезлиги катта бўлади.

40. (IX—X синф.) Блок орқали арқон тортилган, бунда арқоннинг бир бўлаги столда, бир бўлаги полда ётибди. Арқон қўйиб юборилганда у ҳаракатлана бошлади. Арқоннинг барқарор текис ҳаракати тезлигини топинг. Столнинг баландлиги h га тенг (10- расм).

Жавоб. Арқон текис ҳаракатланганда Δt вақт оралиғида арқоннинг $\Delta l = v\Delta t$ узунлиги ҳаракатда иштирок этади (v арқоннинг тезлиги), арқонга $F = \rho gh$ куч $\rho(v\Delta t)v = \rho v^2\Delta t$ ҳаракат миқдори беради (бу ерда ρ — арқоннинг бир бирлик узунлигининг массаси). Шунинг учун $\rho gh\Delta t = \rho v^2\Delta t$, бундан $v = \sqrt{hg}$.

41. (IX—X синф.) N_1 ва N_2 қувватли двигателлар ўрнатилган автомобилларнинг тезликлари мос равишда v_1 ва v_2 . Агар автомобилларни трос билан бир-бирига уланса, улар қандай тезлик билан юради?

Жавоб. Қаршилик кучларини F_1 ва F_2 билан белгилаймиз. У ҳолда

$$N_1 = F_1 v_1, N_2 = F_2 v_2 \text{ ва } N_1 + N_2 = (F_1 + F_2) v,$$

бундан

$$v = \frac{N_1 + N_2}{F_1 + F_2} = \frac{(N_1 + N_2) v_1 \cdot v_2}{N_1 v_2 + N_2 v_1}.$$

42. (VI—X синф.) Нима учун чақмоқ оний равишда бўлиб ўтади-ку, момақалдиروқ узоқ вақт давом этади?

Жавоб. Чақмоқнинг нури ҳавода ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлигига яқин тезлик билан тарқалади ва кузатувчига осмоннинг кўзга кўринадиган барча жойларидан аynи бир вақтда етиб келади.

Учқун разряднинг товушлари эса ёруғликдан кўплаб марта секин тарқалади ва бир-биридан узоқ масофаларда жойлашган объектлардан қайтиб, момақалдиروқ гumbурлашини ҳосил қилиб кузатувчига узоқ вақт эшитилади.

4. Турли синфларда масалалар ечишнинг баъзи хусусиятлари ҳақида

Ўрта мактаб физика курсида масалалар ечиш методикасининг биз юқорида кўриб ўтган умумий масалалари ўқувчиларнинг ёши, уларнинг тайёргарлиги ва ўрганилаётган материалнинг спецификасига қараб ўзининг хусусиятларига эга бўлади. VI—VII синфларда масалалар ечиш учун VIII—X синфлардигидан кам вақт ажратилган бўлади. Бунинг сабаби курснинг маълум даражада тавсифий, пропедевтик характериға ва шунингдек ўқувчиларнинг ёшиға боғлиқ ҳолда вақтнинг кам ажратилишидадир (ҳаммаси бўлиб ҳафтасига 2 соат физика дarsi бўлади). I- бобда айтганимиздек, масалаларнинг вази-фаларидан бири билимларни амалда қўллаш малакасини шакллантиришдир. Бироқ VI—VII синфларда бундай билимлар эндигина олина бошланмоқда. Янги программаға кўра бу синфларда қатор масалаларни ечиш ўқувчилар тайёргарлигининг, айниқса математикадан тайёргарлигининг камлиги туфайли ҳам кўзда тутилмайди. VI синфларда ўқувчиларни формуларни алгебраик ўзгартиришлар анча қийнайди, арифметик амаллар анча вақтни олади. Ҳозир бу камчиликлар ҳатто VII синфда ҳам билиниб қолмоқда, бундан ташқари бу синфда биринчи даражали тенгламаларни ечишда ва графикларни қўллашда қийинчиликлар юзаға келади. Бундан буён янги программаларға мувофиқ, ўқувчиларнинг математик тайёргарлиги анча ўсади.

Бироқ ана шу сабабларға кўра ўқитишнинг биринчи босқичида ҳисоблаш масалаларни юқори синфлардигидан кўра камроқ бўлади. VI—VII синфларда сифатға оид ва экспериментал масалаларға кўпроқ эътибор бериш керак бўлади. Улардан бир қисмини қизиқарли масалалар тарзида бериш

ҳам фойдали. Бироқ ҳисоблаш масалаларга ҳам етарлича аҳамият бермаслик тузатилмас хато бўлар эди, бундай масалаларсиз ўқувчилар VIII синфда ўқитишга тайёр бўла олмайдилар.

Бунда VI синфдан бошлаб формулаларни қўллашнинг муҳимлиги ва зарурлигини қайд қилиб ўтиш керак. Ҳарfli белгилашлар ўқувчиларнинг билимларига маълум даражада бўлса-да формализм киритишга йўл қўймаслик ҳақида ғамхўрлик қилиш керак. Бунинг учун дастлабки вақтларда масалаларнинг алгебраик ечимларини арифметик ечимлар билан қўшиб олиб бориш керак.

Ўрта мактаб физика курсининг қатор мураккаб бўлимлари VI—VII синфларда ўрганилади (атмосфера босими, Архимед кучи, жисмларнинг суюқлик ва газларда сузиши, иссиқлик двигателлари). Бу темалар анчагина мураккаб ҳисоблаш масалаларини ечишни талаб қиладики, уларнинг кўпи биринчи босқич ўқувчилари учун қийинлик қилади (масалан, иссиқлик баланси тенгласини тузишга доир масалалар). Бу масалаларнинг энг соддаларинигина ечиб, қолганларини юқори синфларда такрорлаш сифатида ечиш керак. Ушбу қўлланмада бундай масалалар „юлдузча“ билан белгиланган.

Энг қийини VIII синфдир. Бу синфда кўплаб ҳисоблаш масалалари билан тўлиб-тошган мураккаб систематик механика курси бошланади. Ўқитувчи бу ерда масалалар қийинлигининг тобора ортиб бориши ва ўқувчиларнинг математик ҳисоблашларга муҳаббатини ошириб бориш ҳақида ғамхўрлик қилиши керак. Бунда шу нарсадан фойдаланиш керакки, курснинг охирида „Ньютон ҳаракат қонунларининг қўлланиши“ деган махсус умумлаштирувчи бўлим бор, энг мураккаб масалаларни ана шу ерда ечиш керак. Баъзи комбинацион масалаларни охириги „Иш ва энергия“ темасида ҳам ечиш керак. Бу кўрсатилган тадбирларга қарамай, механикага оид қатор масалаларни IX—X синфларда такрорлашда, ўқувчилар математик жиҳатдан яхшироқ тайёргарликка эга бўлганда ечиш керак.

IX—X синфларда масалаларни умумий тарзда ечиш ва олинган фойдаларни анализ қилишга, шунингдек тенгламалар системасини тузишга катта эътибор бериш керак бўлади. Келгусида ўқувчиларнинг математикадан олган интеграл ва дифференциал ҳисобига доир билимларидан фойдаланиш керак.

IX—X синфларда ўқувчиларни битириш имтиҳонларига тайёрлаш муносабати билан VI—VII синф, айниқса VIII синф масалаларини ечиш муҳим аҳамият касб этади. Бу масалалар паст синфларда ўтилган материалларни такрорлашнинггина эмас, балки чуқурлаштиришни ҳам кўзда тутати. VI синфдан Архимед кучлари ва жисмларнинг сузишини ҳисоблашга, VII синфдан иссиқлик миқдорини, жумладан модданинг агре-

гат ҳолати ўзгаришларидаги иссиқлик миқдорини (иссиқлик баланси тенгламасини тузишга доир) ҳисоблашга доир масалаларни албатта ечиш керак. VIII синф масалаларини бутун бўлимлар бўйича такрорлаш керак. X синфда, шунингдек, IX синфдаги масалаларини ечишни, айниқса молекуляр физикага доир масалаларни такрорлаш керак. Ўтилган материалларга доир масалаларда янги ўтилган материалнинг мазмуни билан умумийлик бўлиши жуда мақсадга мувофиқ бўлади. Масалан, калориметрик ҳисоблашларга доир масалаларни молекуляр физикани ўрганиш муносабати билан, потенциал энергия ҳақидаги масалаларни электр майдоннинг потенциали темасини ўтганда такрорлаш керак ва ҳоказо.

II қисм

ФИЗИКА КУРСИНИНГ
БЎЛИМЛАРИ БЎЙИЧА
МАСАЛАЛАР ЕЧИШ
МЕТОДИКАСИ

МОДДА ТУЗИЛИШИ ҲАҚИДА ДАСТЛАБКИ МАЪЛУМОТЛАР

Ушбу тема бўйича масалалар ечиш ўқувчиларда моддаларнинг молекуляр тузилиши ҳақида дастлабки тушунчаларнинг шаклланишига ёрдам бериши керак.

Масалаларда аввало шундай далилларга аҳамият бериш керакки, уларни илмий тушунтириш жисмларнинг жўда майда зарралар — молекулалардан ташкил топганини кўрсатсин.

Кейин молекулаларнинг ўлчамлари, шунингдек, уларнинг ҳаракати ва ўзаро таъсири каби хоссалар тўғрисида тушунча берадиган қатор масалалар ечиш керак. Ўқувчиларнинг математик тайёргарлиги етарли бўлмагани учун масалаларнинг кўпчилиги сифатга оид масалалар бўлиши керак.

Шунингдек экспериментал масалаларга ҳам кўпроқ эътибор бериш керак. Ўқувчилар унча мураккаб бўлмаган экспериментал масалаларни уй шароитида ҳам ечишлари мумкин.

Моддаларнинг молекуляр тузилиши ҳақида олинган маълумотлар кейинчалик модданинг қаттиқ, суяқ ва газсимон ҳолатлари орасидаги фарқни тушунтириш учун фойдаланилади.

1. Молекулаларнинг мавжудлиги. Молекулаларнинг ўлчамлари

Молекулалар ва уларнинг ўлчамлари ҳақидаги дастлабки тушунчани молекуланинг электрон микроскопда олинган фотосурати берилган масалалар ёрдамида аниқлаштириш ва чуқурлаштириш фойдали бўлади.

Молекулаларнинг мураккаб тузилишини кўрсатувчи масалаларни ечиш шарт эмас. Бироқ мураккаб моддаларнинг молекулалари янада майдароқ заррачалар — атомлардан ташкил топганини кўрсатувчи 2—3 масалани ўзлаштириши юқори бўлган синфларда тушунтириш тарзида қараб чиқиш мумкин.

Сифатга оид масалалар билан бир қаторда молекулаларнинг абсолют ва нисбий ўлчамларини ҳисоблаш осон бўлган масалалар ҳам бериш мумкин.



0.00017 cm

11- расм.

43. 11- расмда қаттиқ жисм заррасининг электрон микроскоп ёрдамида олинган фотосурати¹ кўрсатилган. Бу фотосуратга асосан қаттиқ жисм тузилиши ҳақида қандай хулосага келиш мумкин? Фотосуратда келтирилган масштабдан фойдаланиб, бир заррачанинг — молекуланинг ўлчамларини аниқланг.

Ечилиши. Бу фотосуратда барча молекулаларнинг бир хил ҳамда қаттиқ жисмда муайян тартибда ва зич жойлашганлиги эътиборни жалб қилади. Молекулалар орасидаги оралиқ жуда кичик.

Молекулаларнинг диаметрини аниқлаш учун уларнинг кўрсатилган 0,00017 см масофадаги сони (50) ҳисобланади ва сўнгра молекуланинг диаметри тахминан 0,000003 см эканлиги топилади.

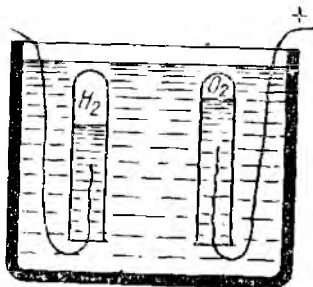
Ўқувчиларга бу жуда улкан молекула эканини айтиш керак. Сув молекуласининг кўндаланг ўлчами бундан юз марта кичик бўлади.

¹ Нобуд бўлган протени вирусининг фотосурати.

44. Оптик микроскоп ўлчамлари 0,000003 см га яқин бўлган объектларни ажрата олишга имкон беради. Бундай микроскоп ёрдамида диаметри бўйлаб юз, минг, миллионта молекула жойлашган сув томчисини кўриш мумкинми? Сув молекуласининг диаметри тахминан 0,00000003 см га тенг.

Ечилиши. $0,00000003 \text{ см} \cdot 100 = 0,000003 \text{ см};$
 $0,00000003 \text{ см} \cdot 1000 = 0,00003 \text{ см};$
 $0,00000003 \text{ см} \cdot 1000000 = 0,03 \text{ см}.$

Бинобарил, оптик микроскопда диаметри сув молекуласининг диаметридан 1000 марта катта бўлган сув томчисинигина кўриш мумкин. Сув молекулаларининг ўзини эса оптик микроскопда кўриб бўлмайди.



12- расм.

45.* Нормал босим ва 0°C температурада 1 см³ ҳаводаги молекулалар сони $27 \cdot 10^{18}$ га тенг. Газнинг бир молекуласининг диаметрини тахминан 0,00000003 см га тенг деб олиб, шунча молекулаларни бирор кўринмас илга зич терилганда қандай узунликдаги „мунчоқ тизими“ ҳосил бўлишини ҳисобланг.

Жавоби. 8 млн. км.

46 (э).* Сувга тубини-юқорига қилиб икки пробирка туширинг ва уларга батареяканинг қутбларига уланган яланғочланган симлар жойлаштиринг (12- расм). Газ пуфакчаларини кузатинг ва уларнинг таркибини ҳосил бўлган ёлқин нурланиш ёрдамида текширинг. Газлар қаердан пайдо бўлди?

Ечилиши. Нурнинг бир пробиркада равшан ёниши ва иккинчисида чақнашидан пробиркаларнинг бирида кислород, иккинчисида эса водород бор экан деб хулоса қилинади.

Газлар сув молекулалари парчаланганда юзага келди деб тушунирилади. Бинобарин, молекула ўзидан кичик зарраларга бўлинганда унинг хоссалари сақланмайди. Ўқувчиларга сувнинг водород ва кислородга ажралиши сув бугларини жуда юқори температураларда қизитганда ҳам рўй бериши мумкин эканлигини айтиб ўтиш керак.

2. Молекулаларнинг ҳаракати

Бу бўлимда диффузия ва Броун ҳаракати тўғрисидаги масалаларга катта эътибор берилади. Бунда молекулаларнинг ҳаракат тезлиги ва температура орасидаги боғланиш аниқланади.

Молекулаларнинг суюқлик ва газлардаги диффузияси ҳақида кўплаб қизиқ экспериментал масалалар ечиш мумкин.

47. Нима учун тинч ҳавода ҳам турли ҳидлар тарқалади?

48 (э). Стаканнинг тубига қанд чақмоғини ташланг ва сўнгра стаканга аста сув қуйинг. Бирмунча вақтдан кейин сувнинг фақат стакан тагидагина эмас, балки устки қисмида ҳам ширин бўлишини текшириб кўринг. Молекуляр нуқтаи назардан бу ҳодисани қандай тушунтириш мумкин?

49. 1827 йилда инглиз олими Броун суюқликдаги муаллақ зарраларнинг тартибсиз ҳаракатини микроскоп остида кузатган эди. Молекуляр назария нуқтаи назаридан бунини қандай тушунтириш мумкин?

Жавоби. Зарраларнинг ҳаракати микроскопда кўринмайдиган молекулаларнинг ўзаро тўқнашишидан юзага келади.

Зарралар ҳаракатининг характерини тушунтиришда Броун молекуляр ҳаракатининг модели намоён қилинадиган асбобдан, шунингдек, доскага чизилган расм ва деворий жадваллардан фойдаланиш яхши фойда беради.

50 (э). Икки стакан олинг, 'ундан бирини калий марганец оксидининг қуюқ эритмаси, иккинчисини эса тоза сув билан тўлдириг. Ў ҳарфи кўринишидаги шиша най олиб, уни сувга тўлдириг ва бармоқларингиз билан беркитиб туриб пайини тўнқаринг ҳамда унинг бир учини эритмага, иккинчи учини эса тоза сувга тушириг (13- расм). Диффузия ҳодисаси қандай бораётганини ҳар куни кузатиб бориш [133].

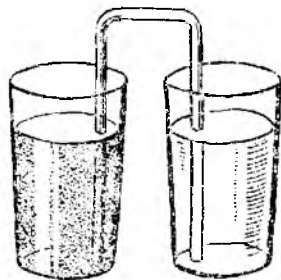
51 (э). Икки чақмоқ қанд олиб, улардан бирини совуқ сувли стаканга, иккинчисини эса иссиқ сувли стаканга солиг. Қайси чақмоқ қанд тез эриб тамом бўлади ва нима учун?

Ушбу масалани ўқувчиларга экспериментал масала сифатида уйга вазифа қилиб бериш мумкин. Масалани синфда ечганда тажриба яхши намоён қилиниши учун икки чақмоқ тез эрийдиган қанд олиб, уларнинг ҳар бирига сиёҳ томизинг. Қанд чақмоқлари пинцет ёрдамида кичик ёқли томони билан тиккасига қўйилади ва унинг иссиқ сувда совуқ сувдагига қараганда тезроқ эриб тамом бўлиши кузатилади.

52. Нима учун бодринг тезроқ тузланиши учун унга иситилган намакоб қўйилади?

53. Нима учун температура ортиши билан Броун ҳаракатининг интенсивлиги ортади?

Жавоби. Температура ортиши билан молекулаларнинг тезлиги ортади ва демак, уларнинг заррага урилиш кучи ҳамда сони ҳам ортади.



13- расм.

3. Молекуляр кучлар

Масалалар ёрдамида икки хил молекуляр куч — итаришиш кучлари ва тортишиш кучлари ҳақидаги тушунча аниқланади. Молекуляр кучларнинг таъсири молекулаларнинг ўлчамлари билан таққослаш мумкин бўлган жуда кичик масофалардагина намоён бўлади.

54. Нима учун жуда кўп сонли молекулалардан ташкил топган қаттиқ jismlap алоҳида зарраларга бўлиниб кетмай, ўз шаклини сақлаб туради.

Жавоби. Қаттиқ jismlapнинг мустаҳкамлиги молекуляр тортишиш кучлари орқали тушунтирилади.

55. Қўргошин ёки пластилиннинг икки бўлагини бирлаштиринг. Нима учун улар бир-бирига „ёпишиб“ қолишини тушунтиринг. Нима учун шундай тажрибани темир ёки синган ойна бўлаклари билан ўтказиб бўлмайди?

Жавоби. Масалан, синган ойна бўлаклари фақат бир нечта нуқталардагина бир-бирига тегишади, тортишиш кучлари парчаларни мустаҳкам улашга етарли бўлмайди.

56 (э). Суюқлик молекулалари орасида тортишиш кучлари мавжудми? Жавобингизни мисол ва тажрибалар билан тушунтириб беринг.

57. Агар сувни океanning 10 км чуқурлигига таъсир қилувчи куч билан сиқилса, унинг ҳажми дастлабки ҳажмининг 0,046 қисмига камаяди. Нима учун сувни сиқиб шунчалик қийин эканлигини ва нима учун сув кучлар таъсири тўхтагандан сўнг дастлабки ҳажмини эгаллашини тушунтириб беринг.

Жавоби. Молекулалар орасида итаришиш кучлари мавжуд бўлади.

4. Газлар, суюқликлар ва қаттиқ jismlap тузилишининг хусусиятлари

Бу бўлимдаги масалаларда асосан газ молекулаларининг суюқлик ёки қаттиқ jismlap молекулаларига нисбатан катта масофада жойлашганлиги, газ молекулалари орасидаги тортишиш кучлари жуда кичик бўлиши ва шунинг учун газларнинг катта ҳажм эгаллаши таъкидланади. (Суюқлик ва қаттиқ jismlap тўғрисида шунга ўхшаш муҳокама юритиш нотўғри. Қаттиқ jismlapда шунингдек молекулаларнинг жойлашиш тартиби ҳам жуда катта аҳамиятга эга.)

Ушбу бўлимга доир масалаларни ечишда VI синфда шаклландирган иккинчи тушунча—газларда, суюқликларда ва қаттиқ jismlapда молекулаларнинг ҳаракати характеридаги фарқдир.

58 (э). Тўппонча найидаги пўкакни таёқча ёрдамида суриб (14- расм), ҳаво ҳажмининг камайишини кузатинг. Найни сувга тўлдириб, шу тажрибани такрорланг. Сувнинг ва ҳавонинг сиқилишидаги фарқни молдаларнинг молекуляр тузилиши асосида тушунтиринг.



14- расм.

59. Сувнинг қайнашидан ҳосил бўлган буғнинг қайнаш температурасидаги сув ҳажмидан 1700 марта катта ҳажм эгаллашини қандай тушунтириш мумкин?

Жавоб и. Буғнинг молекулалари бир-биридан шунча узоқ масофада жойлашганки, уларнинг орасидаги тортишиш кучлари жуда кичик ва шунинг учун улар қайнаш температурасида (молекулаларнинг берилган ҳаракат тезлигида) буғнинг конденсацияланишини ҳосил қила олмайди.

60 (э). Бир метрли шиша найнинг ярмигача сув қуйинг ва унинг устига спирт қуйиб, сўнг аралаштиринг. Шундан кейин суюқликнинг ҳажми қандай ўзгарганини тушунтириб беринг.

Жавоб и. Молекулалар аввалгидан зичроқ жойлашиб олгани учун умумий ҳажм камайди.

61. Америкалик физик Брижмен пўлат цилиндрда мойни жуда катта куч билан сиқди. Цилиндрда ёриқлар бўлмаса ҳам мой зарраларининг цилиндр ташқарисига чиқиши қандай тушунтирилади?

62. Агар қўрғошин ва олтин пластинкаларини бир-бирига зич сиқиб қўйилса, бирмунча вақт ўтгандан кейин олтинда қўрғошин молекулалари, қўрғошида эса олтин молекулалари борлигини пайқаш мумкин. Буни қандай тушунтириш мумкин?

61- ва 62- масалалар ечими. Қаттиқ жисм ва суюқликларда молекулаларнинг зич жойлашганига қарамай, улар орасида кичик бўшлиқлар мавжуд. Молекулалар биринчи галда тебранма ҳаракат қилади. Бу худди одамлар билан лиқ тўла автобусда тиқилинч бўлишига қарамай одамларнинг бир-бирлари билан ўрин алмашинишлари ва тасодифан бўшаб қолган жойга ўтиб силжишларига ўхшаб манзарани эслатади.

63 (э). Слюда пластинкасини қараб чиқинг ва уни янада юпқароқ варақларга ажратинг. Катта ош тузи бўлагини майдаланг ва уни синчиклаб текширинг. Слюда ва тузнинг турли йўналишлар бўйича хоссалари турлича эканлигини модданинг молекуляр тузилиши асосида қандай тушунтириш мумкин?

64 (э). Қора мумни бўлақларга майдаланг ва нима учун ҳар гал бўлишган жойда силлиқ сирт ҳосил бўлишини тушунтиринг.

Жавобн. Қора мум қуюқлашган суюқлик бўлгани учун унинг молекулалари кристалл жисмдаги каби тўғри павбатлашувчи қатламлар ҳосил қилмайди.

Б- БОБ

ҲАРАКАТ ВА КУЧЛАР

Бу катта ва мураккаб темани ўрганишда асосий эътибор текис ҳаракатдаги тезлик, йўл ва вақтни ҳисоблашга; жисмнинг зичлиги, массаси ва ҳажмини ҳисоблашга; босим, куч ва таъин юзини аниқлашга доир масалаларга берилади.

Ўқувчилар ўрганилган қонунларнинг моҳиятини яхши ўзлаштиришлари учун биринчи ҳисоблаш масалаларини арифметик ечишлари ва фақат шундан кейингина тегишли формулалардан фойдаланишлари керак.

Юқорида кўрсатилган масалалардан ташқари, инерция, кучлар, тортишиш ва вазнсизликка доир масалалар ҳам ечилади. Бу масалаларнинг кўпчилиги сифатга оид масалалардир.

1. Механикавий ҳаракат. Тезлик

Бу бўлим бўйича аввал механикавий ҳаракатнинг нисбийлигини тушунишга имкон берувчи сифатга оид масалалар, сўнгра эса текис ҳаракат тезлигини ҳисоблашга оид масалалар ечилади. Бунда тезлик бирлигини бир системадан иккинчисига ўтказишга жиддий эътибор бериш керак (№ 70). Шундан кейин ҳаракатнинг йўли ва вақтини ҳисоблашга оид етарли миқдорда масалалар ечилади. Шунга ўхшаш масалаларни ўқувчилар математика дарсларида арифметик метод билан ечганлар, шунинг учун бундай масалалардан айниқса теманинг бошларида фойдаланиш керак. Бўлим ҳаракатнинг ўртача тезлиги тушунчасидан фойдаланиб ечиладиган масалаларни ечиш билан тугалланади.

65. Ҳаракатланаётган автобусдаги йўловчининг; дарё бўйлаб сузаётган қалқовичнинг; чархда чархланаётган исқананинг; орбитага чиқарилган йўлдош кабинасидаги космонавтнинг қандай жисмларга нисбатан тинчликда ёки нисбий ҳаракатда бўлишини кўрсатинг.

66. Писданинг тезлиги 5 км/соат ; ёруғликнинг тезлиги $300\,000 \text{ км/сек}$; товушнинг тезлиги 340 м/сек деган ёзувлар нимани билдиради?

67 (э). Сув билан тўлдирилган, вертикал қўйилган найда шарчанинг тушиш тезлигини аниқланг.

Ечилиши. Шарчанинг найдаги ҳаракати кузатилади ва тажрибанинг схемаси доскада ёки ўқувчиларнинг дафтарларида чизилади. Тезликнинг таърифи такрорланади ва масаланинг ечиш плани белгиланади. Сўнгра пайнинг узунлиги ва шарчанинг ҳаракат вақти аниқланиб, доскага қўйидаги ёзувлар ёзилади.

67- масала.

Ечилиши.

$$\begin{array}{l} \text{Йўл} = 120 \text{ см} \\ \text{Вақт} = 3 \text{ сек} \end{array} \quad \text{Тезлик} = \frac{\text{Йўл}}{\text{Вақт}} = \frac{120 \text{ см}}{3 \text{ сек}} = 40 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

Тезлик = ?

Иккинчи масаланинг шарти ҳарфий белгилар ёрдамида ёзилади.

68. Агар Ой Ер атрофида 1 минутда 60 км йўл босиб ўтса, унинг ҳаракат тезлигини м/сек ларда ҳисобланг.

68- масала.

Ечилиши.

$$\begin{array}{l} \text{Йўл } s = 60 \text{ км} \\ \text{Вақт } t = 1 \text{ мин} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Йўл } s = 60 \text{ км} = 60000 \text{ м;} \\ \text{Вақт } t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ сек.} \end{array}$$

Тезлик = ?

$$\text{Тезлик } v = \frac{\text{Йўл } s}{\text{Вақт } t} = \frac{60000 \text{ м}}{60 \text{ сек}} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

Кейинги масалаларни ечишда ўқувчиларнинг тайёргарлигига қараб тезликнинг формуласи одатдаги $v = \frac{s}{t}$ кўринишда ёзилаверади.

Шундан кейин тезлик бирлигини бир системадан иккинчисига ўтказишга оид бир нечта масалалар ечилади.

69. Нима тезроқ ҳаракатланади: 0°C да 1700 м/сек тезликка эга бўлган водород молекуласими ёки 8 км/соат тезлик билан учаётган Ернинг сунъий йўлдошими?

70. „Чайка“ автомобили 160 км/соат тезликка эга, почта кабутари эса — 16 м/сек. Кабутар автомобилни қувиб ўтиши мумкинми?

Ечилиши. 1- усул. Тезлик катталиги бирликларнинг бир системасидан иккинчисига аввал қўйидагича арифметик йўл билан ўтказилади.

1 соат давомида автомобиль 160 км = 160 000 м йўл босиб ўтади. 1 соат = 3600 сек. Бинобарин, 1 сек вақт давомида автомобиль $\frac{160\,000}{3600} \text{ м} = 44 \text{ м}$ йўл босиб ўтади, демак, автомобилнинг тезлиги 44 м/сек. Кабутар автомобилни қувиб ўта олмайди.

2- усул. Кейинчалик, ўқувчилар формулаларни яхши ўзлаштириб олганларидан кейин, катталикларнинг қийматлари

уларни бирликларнинг бир системасидан иккинчисига ўтказишда ҳисобланади. Бунда исмли сон олдида аввалги бирлик-лари янги бирликлар билан алмаштирилган ифода қўйилади;

$$160 \text{ км/соат} = 160 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 44 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

71. Дарсликда¹ келтирилган тезликлар жадвалидан фойдаланиб, товушнинг 0°C да 1 минутда қанча масофага тарқалишини аниқланг.

Ечилиши. Ўқувчилар жадвалдан товушнинг тезлик қийматини топадилар ва масаланинг шартини ёзиб оладилар. Сўнгра қуйидагича мулоҳаза юритадилар. 1 секундда товуш 332 м масофага тарқалади. 1 мин = 60 сек. Бинобарин, 1 минут давомида товуш 1 секунд давомида босиб ўтган масофасидан 60 марта узоқ масофани босиб ўтади, яъни

$$332 \text{ м} \cdot 60 = 19\,920 \text{ м} = 20 \text{ км}.$$

Кейин шу масаланинг ўзини формуладан фойдаланган ҳолда ечиш фойдали бўлади.

Йўл s = тезлик v · вақт t , ёки $s = vt = 332 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 60 \text{ сек} = 19\,920 \text{ м} \approx 20 \text{ км}.$

72. Агар конькида югурувчи 12 м/сек тезлик билан ҳаракатланса, у 100 м масофани қанча вақтда босиб ўтади?

Ечилиши. 1- усул. Конькида югурувчи секундига 12 м масофа босиб ўтади. Бинобарин, конькида югурувчи 100 да 12 сони неча марта бўлса, шунча секунд югуради.

$$100 : 12 = 8,3. \text{ Вақт } 8,3 \text{ сек га тенг.}$$

2- усул.

$$\text{Вақт } t = \frac{\text{йўл } s}{\text{тезлик } v} \text{ ёки } t = \frac{s}{v} = \frac{100 \text{ м}}{12 \frac{\text{м}}{\text{сек}}} = 8,3 \text{ сек}.$$

73. Ю. Гагарин „Восток“ космик кемасида биринчи марта Ер атрофини 2800 км соат тезлик билан 89,1 минутда парвоз қилиб ўтди. Бу вақт ичида космик кема ўтган йўлни аниқланг.

Ечилиши. Масалани алгебраик ечишда дастлаб $v_{\text{гр}} = \frac{s}{t}$ асосий формула ёзиб олинади ва ундан изланаётган катталиқ аниқланади:

$$s = v_{\text{гр}} \cdot t = 2800 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot 89,1 \cdot \frac{1}{60} \text{ соат} \approx 42\,000 \text{ км}.$$

Ўқувчилар ҳосилавий формулаларни ёдламасликлари, балки уларнинг физикавий маъносига кўра, шунингдек математикадан ўзларига маълум бўлган номаълум бўлинувчини, бўлув-

¹ А. В. Перишкин, Н. А. Родина. Физика, 6- сиф. Т., „Ўқитувчи“, 1972.

чини ёки бўлинмани топиш ҳақидаги маълумотлардан фойдаланиб уларни чиқара билишлари керак.

Жавобни текширишда Ер экваторининг узунлиги 40 000 км эканлигини назарга олиш мумкин. Космик кема унчалик баландда учмагани учун олинган натижа ҳақиқатга яқин келади.

74. Бир минут давомида автомобиль 50 км/соат тезлик билан, сўнгра 2 минут давомида 60 км/соат тезлик билан ҳаракатланди. Автомобилнинг ўртача ҳаракат тезлигини топинг.

Ечилиши.

$$v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t}; \quad t = t_1 + t_2 = 1 \text{ мин} + 2 \text{ мин} = 3 \text{ мин};$$

$$s = s_1 + s_2,$$

$$s_1 = v_{1\text{ўр}} \cdot t_1 = 50 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot \frac{1}{60} \text{ соат} \approx 0,83 \text{ км};$$

$$s_2 = v_{2\text{ўр}} \cdot t_2 = 60 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot \frac{2}{60} \text{ соат} = 2 \text{ км};$$

$$s = 0,83 \text{ км} + 2 \text{ км} = 2,83 \text{ км};$$

$$v_{\text{ўр}} = \frac{2,83 \text{ км}}{3} \approx 57 \frac{\text{км}}{\text{соат}}.$$

Бу масаланинг асосий мақсади ўқувчиларни ўртача тезлик катталигини берилган тезликларнинг ўртача арифметик қиймати сифатида нотўғри аниқлашдан огоҳ қилишдир.

75. Автомобиллар, троллейбуслар ва мотоциклларнинг кабиналарида ўтилган йўлнинг сўғатчиги ва тезлик кўрсаткичидан иборат асбоб — спидометр ўрнатилади (15- расм). Йўл сўғатчигининг кўрсаткичларидан фойдаланиб, ҳаракатнинг ўртача тезлигини қандай аниқлаш мумкин? Қандай ҳолларда ва қандай қилиб, асбобнинг кўрсатишларидан фойдаланган ҳолда ҳаракат вақтини аниқлаш мумкин?

Ечилиши. $v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t}$. Бу ҳолда s — йўл сўғатчиги кўрсатишларининг фарқи, t — ҳаракат вақти.

Йўлнинг берилган участкасида v тезлик ўзгармас бўлгандагина асбобнинг кўрсатишларидан фойдаланган ҳолда ҳаракат вақти t ни аниқлаш мумкин, у ҳолда

$$t = \frac{s}{v}.$$



15- расм.

76. Водород молекуласининг ўртача тезлиги 0°C да 1700 м/сек.

Молекула ҳавода 5 сек давомида қанча йўл босиб ўтади? Молекула ҳаракатининг тахминий траекториясини чизинг. Молекула ўзининг дастлабки турган жойидан ўтилган йўл катта-лигига тенг масофага кўчадими?

2. Масса. Модданинг зичлиги

VI синфда масса тўғрисидаги дастлабки тушунча икки жисмнинг тўқнашиши ёки итаришишига доир энг содда тажрибаларни қарашдан бошланади.

Шунга мувофиқ равишда сифатга оид масалалар, шунингдек жисмларнинг массаларини таққослаш учун асосан ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунидан фойдаланиладиган энг содда ҳисоблаш масалалари ечилади. Биз кўраётган ҳол учун $m_1 \Delta v_1 = m_2 \Delta v_2$, ёки $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1}$, яъни ўзаро таъсирлашаётган жисмларнинг массалари уларнинг тезликлари ўзгаришига тескари пропорционалдир.

Жисмларнинг зичлигини ёки унинг зичлигига кўра массаси ва ҳажмини ҳисоблашга доир масалалар кетма-кет қуйидаги кўринишларда қўлланиладиган формулалардан фойдаланиб ечилади: зичлик $= \frac{\text{масса}}{\text{ҳажм}}$; зичлик $\rho = \frac{\text{масса } m}{\text{ҳажм } v}$; $\rho = \frac{m}{v}$ (бу формуладан худди тезлик формулаларидан фойдаланилгани каби фойдаланилади).

Қатор масалалар молекулаларнинг массаларини аниқлашга ва жисмлар зичлигининг молекулалар массасига ва уларнинг бирлик ҳажмдаги сонига боғлиқлигини ойдинлаштиришга бағишланиши керак.

77 (э). Ўзун резинка ипдан фойдаланиб, икки ўйинчоқ аравачалардан қайси бирининг массаси катта эканини аниқланг. Ўз хулосавигизни аравачалар массаларини ричагли тарозидан тортиш йўли билан текширинг.

Ечилиши. Аравачаларни бир-бирига резинка ип билан боғланади ва уларни икки томонга узоқлаштирилиб, ипни тартанг тортган ҳолда қўйиб юборилади. Катта массали аравача секинроқ ҳаракатланади.

Аравачаларни ричагли тарози паллаларига қўйиб, катта массали аравачанинг тарози палласини кўпроқ босгани кузатилади.

78. Конькида югурувчи икки бола бир-бирларидан қўллари билан итаришиб, турли томонга 5 ва 3 м/сек тезлик билан кетдилар. Қайси боланинг массаси катта ва неча марта катта?

Ечилиши. Ўзаро таъсирлашаётган жисмларнинг массалари уларнинг тезликлари ўзгаришига тескари пропорционал. Шунинг учун 3 м/сек тезлик билан кетган боланинг оғирлиги иккинчисиникидан 5/3 марта катта.

79. Ҳар қандай газнинг 1 м^3 ида 0°C температура ва нормал босимда $27 \cdot 10^{24}$ та молекула бўлади. Агар битта водород молекуласининг массаси $33 \cdot 10^{-28} \text{ кг}$ бўлса, шу шароитда 1 м^3 водороднинг массаси қанча бўлади?

Ечилиши. Масса $= \frac{33 \cdot 27 \cdot 10^{24} \text{ г}}{10^{28}} \approx 0,09 \text{ кг}$.

Масалани доскада ўқитувчи ёрдамида ечиш керак, чунки ўқувчилар масала шартида келтирилган катта сонларни ёзиш тартиби билан таниш эмаслар.

80. Олмоснинг зичлиги $3,5 \text{ г/см}^3$; гранитнинг зичлиги 2600 кг/м^3 ; ҳавонинг зичлиги $1,29 \text{ кг/м}^3$ деган ёзувлар нимани билдиради? Гранитнинг зичлигини г/см^3 ларда, олмоснинг зичлигини эса кг/м^3 ларда ифодаланг.

Ечилиши. Ҳисоблашларни ҳам арифметик, ҳам бир ўлчов бирлигидан иккинчисига ўтишнинг умумий қоидаларига амал қилган ҳолда, бажаринг.

1) 1 м^3 гранитнинг массаси $2600 \text{ кг} = 2600000 \text{ г}$; аммо $1 \text{ м}^3 = 1000000 \text{ см}^3$, шунинг учун 1 см^3 гранитнинг массаси $\frac{2600000}{1000000} \text{ г}$ ни ташкил этади, бинобарин, гранитнинг зичлиги — $2,6 \text{ г/см}^3$.

2) $3,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 3,5 \cdot \frac{0,001 \text{ кг}}{0,000001 \text{ м}^3} = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

81. Қайнаётган сувнинг зичлиги каттами ёки унинг устида ҳосил бўлган буғнинг зичлиги каттами? Нима учун?

Жавоби. Буғ молекулалари сув молекулаларига қараганда бир-биридан катта масофада жойлашган (№ 59). Бинобарин, буғнинг ҳажм бирлигидаги молекулалар сони сувнинг ҳажм бирлигидаги молекулалар сонидан кам бўлади, шунинг учун буғнинг зичлиги сувнинг зичлигидан кичик бўлади.

82. Ҳар қандай газнинг 1 м^3 ида нормал босим ва 0°C да молекулалар сони бир хил бўлади. Нима учун кислороднинг зичлиги водороднинг зичлигидан 16 марта катта бўлади?

Ечилиши. Кислород молекуласининг массаси водород молекуласининг массасидан тахминан 16 марта катта, шунинг учун кислороднинг зичлиги катта бўлади?

83. 10 см^3 пўлатнинг массаси 78 г га тенг. Пўлатнинг зичлиги нимага тенг? 20 см^3 пўлатнинг массаси қандай бўлади?

84. 8 кг керосин сифадиган бидоннинг ҳажми қандай бўлади? Керосиннинг зичлиги 800 кг/м^3 .

83—84- масалаларга ўхшаш масалалар озгаки ечилади ва сўнгра тегишли формулалари ёзилади. Ўқувчилар формулаларнинг маъносини тушуниб олганларидан сўнг масалаларни бирмунча мураккаблаштириш мумкин.

85. Ўлчамлари $300 \times 20 \times 5 \text{ см}$ бўлган қарағай ёғочиинг массасини аниқланг.

Ечилиши. Шунга ўхшаш масалаларни ечишда одатда ўқувчилар масаланинг шартини тўла анализ қилиб ўтирмай, дарҳол ҳажмини топадилар, яъни масалани соф синтетик метод билан ечадилар. Масала ечишнинг бундай методи ради эмас, ҳолда ўқитувчи ўқувчиларни аста-секин аналитик методга ўргатиши керак. Шунинг учун шу типдаги масалалардан бирини қуйидагича мулоҳаза юритиб, „охиридан ечиш“ фойдали бўлади.

Масалада ёғочнинг m массасини аниқлаш талаб қилинади. Бу катталиكنи $\rho = \frac{m}{v}$ формуладан топиш мумкин, бундан $m = \rho v$. Формулани анализ қилиб, массани аниқлаш учун дастлаб ёғочнинг зичлигини билиш (жадвалдан) ва ёғочнинг ўлчамларига кўра унинг ҳажмини ҳисоблаш керак деган хулосага келамиз.

3. Инерция

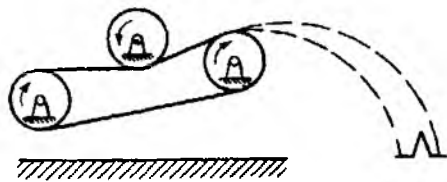
Бу темага онд масалалар ўқувчиларда ҳаракат жисмларнинг ажралмас хоссаси эканлиги ҳақидаги тушунчани мустаҳкамлаш керак. Шунинг учун энг аввал инерция қонунининг асосий мазмуни ҳисобланган жисмларнинг текис ва тўғри чизиқли ҳаракатининг сақланиши ҳақидаги масалаларга катта эътибор бериш керак. Сўнгра жисмлар нисбий тинчлик ҳолатининг сақланиши ҳақидаги масалалар ечилади. Масалалар ёрдамида, шунингдек жисмларнинг массаси ҳақидаги тушунча ҳам чуқурлаштирилади.

86. Автобус тормоз берганда, ўнгга бурилганда, чапга бурилганда йўловчилар қайққа қараб оғадилар ва нима учун?

87. Нима учун исканжа ва сандолар жуда массив қилиб ясалади?

88. 16- расмдаги схемадан фойдаланиб, галла ғарамида уруғларни енгил аралашмалардан тозалайдиган дон пультининг ишлаш принципини тушунтириб бering.

Ечилиши. Уруғ ва аралашмаларни дон пульти бирдай тезлик билан отади. Бироқ, ҳавонинг қаршилиги массаси кичик бўлган енгил аралашмаларнинг ҳаракатини кўпроқ секинлаштириб, дони тўқ бўлган уруғларнинг ҳаракатини эса камроқ секинлаштиради ва шунинг учун бу уруғлар узокроқ



16- расм.

масофага тушиб, енгил аралашмалардан ажралади. Масалани VIII синфда қайта ечишда аэродинамик кучларнинг таъсири батафсилроқ қаралади ва бу кучларнинг фақат аралашма зарраларининг массасига эмас, балки

уларнинг шакли ва ўлчамларига ҳам боғлиқ эканлиги назарга олинади.

(Шунингдек № 13—15 ва уларнинг ечимларини ҳам кўринг.)

4. Оғирлик кучи. Жисмларнинг оғирлиги

Ушбу темани ўрганишда дастлаб Ернинг маълум массали жисмга таъсир қилувчи оғирлик кучини ҳисоблашга доир масалалар ечилади. Кучларнинг катталиги асосан ньютонларда ифодаланади. Оғирлик кучини ҳисоблашга 1 кг массали жисм Ер сиртида таянчга тахминан 9,8 н куч билан таъсир қилади деб олинади. Жисмнинг ньютонларда ҳисобланган оғирлигини ҳисоблаш учун унинг килограммларда ифодаланган массасини 9,8 н/кг га кўпайтирилади. Ҳисоблашларни соддалаштириш учун кўпинча $9,8 \text{ н/кг} \approx 10 \text{ н/кг}$ деб олинади.

Кейинроқ жисм оғирлигининг унинг Ердаги ўрнига боғлиқ эканлиги, шунингдек шу жисмнинг бошқа планеталардаги оғирлиги қандай бўлиши кўриб чиқилади. Жисм оғирлигининг Ернинг айланишига ва Ер қобийининг геологик тузилишига боғлиқлиги VI синфда ечиладиган масалаларда эътиборга олинмайди.

89 (э). Энг содда динамометр конструкциясини ўйлаб топинг ва винтли пружина ёки резинка ил ва пўлат чизғичдан фойдаланиб уни ясанг. Динамометр ёрдамида турли буюмлар: танга, қалам ва ҳоказоларнинг оғирликларини таққосланг.

90. 45° кенглик ва денгиз сатҳида 1 м^3 сувнинг оғирлиги қандай бўлади? Сигими 200 м^3 бўлган бочкадаги керосиннинг оғирлиги-чи?

Ечилиши. 1 м^3 сувнинг массасини аниқлаймиз.

$$m_{\text{сув}} = \rho_{\text{сув}} V_{\text{сув}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \cdot \frac{1 \text{ м}^3}{1000} = 1 \text{ кг}.$$

$$\text{Сувнинг оғирлиги } P_{\text{сув}} = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} = 9,8 \text{ н}.$$

$$\text{Керосиннинг массаси } m_{\text{к}} = \rho_{\text{к}} V_{\text{к}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{200}{1000} \text{ м}^3 = 160 \text{ кг}.$$

$$\text{Керосиннинг оғирлиги } P_{\text{к}} = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot 160 \text{ кг} \approx 1600 \text{ н}.$$

91. Агар жисм экватордан қутбга кўчирилса, унинг оғирлиги қандай ўзгаради? Тоғ этагидан чўққига кўчирилса-чи? Кемада Ер шарининг ўша кенглигидаги бошқа жойга кўчирилса-чи? Ердан Ойга кўчирилса-чи?

Ечилиши. Жисм Ер марказидан қанча узоқда бўлса, оғирлик кучи шунча кам бўлади, шунинг учун жисмнинг оғирлиги Ернинг қутбида экватордагидан, тоғ этагида унинг чўққисидагидан катта бўлади ва Ернинг айни бир кенглиги-

даги турли жойларда эса денгиз сатҳида бирдай бўлади. Бошқа осмон жисмларида оғирлик кучи Ердагидек эмас, масалан, у Ойда Ердагидан тахминан 6 марта кичик.

92 (э).* Динамометрга (ёки резинка илга) юк осинг ва динамометрни кескин пастга туширинг. Бундай ҳаракатда жисмнинг оғирлиги ўзгарадими?

93 (э).* Эски резинка колтоқда чўгланган мих ёрдамида тешик очинг. Колтоқни сув билан тўлдириб, вертикал юқорига отинг ва ундан учиш вақтида сув отилиб чиқадими ёки йўқми, кузатинг. Тажриба натижаларини тушунтириб беринг.

94. Ернинг сунъий йўлдошида тошли соатлар юрадими?

5. Кучларни график тасвирлаш ва қўшиш

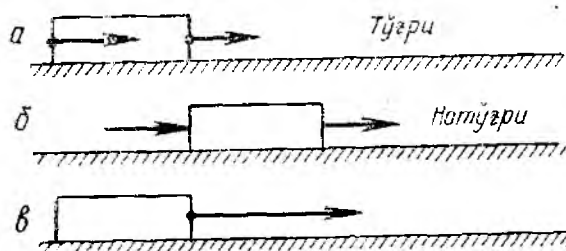
Ушбу темада дастлаб кучларнинг вектор катталиқ эканлиги ҳақидаги тушунча машқлар воситасида мустаҳкамланади, сўнгра эса бир тўғри чизик бўйлаб таъсир қилувчи кучларни қўшишга доир масалалар ечилади. Бунда векторларни тўғри тасвирлашга (масалан, масштаб танлаш кучларнинг йўналишини ва қўйилиш нуқталарини тўғри аниқлашга) катта эътибор бериш керак.

95. 1 кг ва 5 кг лик тарози тошларининг тагликка қандай куч билан таъсир қилишини график равишда тасвирланг.

96. Жисмнинг бир нуқтасига 45° бурчак остида таъсир қилаётган 5 н ва 20 н кучларни график равишда тасвирланг.

97. Бир бола чапани унинг орқасидан 10 н куч билан итармоқда, иккинчи бола эса унинг олдидан арқон билан 15 н куч билан тортмоқда. Кучлар горизонтал йўналган деб қабул қилинг ва уларни график тасвирлаб, тенг таъсир этувчисини топинг.

Масаланинг ечими 17-а расмдан равшан кўриниб турипти. (Кўпинча ўқувчилар орқадан итараётган кучни 17-б расмда кўрсатилгандек потўғри тасвирлайдилар.) Расмларнинг бирида (17-а расм) ташкил этувчи кучлар, иккинчисида (17-б расм) уларнинг тенг таъсир этувчиси тасвирланади. Агар ташкил этувчи кучлар ва уларнинг тенг таъсир этувчиси битта расмда тасвирланса, расм ифодали чиқмайди ва баъзи ўқув-



17- расм.

чиларда жисмга учта куч (иккита ташкил этувчи ва битта тенг таъсир этувчи куч) таъсир қилади деган тушунча ҳосил бўлиб қолади.

6. Босим кучи. Босим

Бир нечта масалалар арифметик, сўнгра эса қуйидаги: босим $p = \frac{\text{босим кучи } F}{\text{юза } S}$; $p = \frac{F}{S}$ формулалар ёрдамида ечилади. Босим н/м^2 ва н/см^2 ларда ҳисобланади.

98 (э). Турли вазиятдаги тўғри бурчакли брусокнинг столга босимини аниқланг.

Ечилиши. Динамометр ёрдамида брусокнинг оғирлиги ньютонларда аниқланади ва сўнгра унинг учта ёгининг юзи см^2 ларда топилади.

Ҳар бир ҳол учун босим $p = \frac{F}{S}$ формула бўйича аниқланади.

99. Агар тракторнинг тупроққа босими $40\,000 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}$, икки гусеничасининг таянч юзи эса $1,3 \text{ м}^2$ бўлса, тракторнинг оғирлиги қандай бўлади?

Ечилиши. 1- усул. 1 м^2 юзага $40\,000 \text{ н}$ куч таъсир қилади. Босим кучи ва демак, жисмнинг оғирлиги $40\,000 \text{ н} \cdot 1,3 = 52\,000 \text{ н}$ га тенг.

2- усул. $p = \frac{F}{S}$, бундан $F = pS = 40\,000 \frac{\text{н}}{\text{м}^2} \cdot 1,3 \text{ м}^2 = 52\,000 \text{ н}$.

100. Бармоғимизни 10 н куч билан босиб, $10\,000\,000 \text{ н/м}^2$ босим ҳосил қилиш мумкинми ва қандай қилиб?

Ечилиши. $p = \frac{F}{S}$. Бундай улкан босимни жуда кичик F куч билан ҳосил қилиш учун, равшанки, жуда кичик $S = \frac{F}{p} = \frac{10 \text{ н}}{10\,000\,000 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}} = 0,01 \text{ см}^2$ юзага таъсир қилиш керак. Бу юза

тахминан мих ёки иппа учининг юзасига тенг.

7. Ишқаланиш кучи. Молекулаларнинг ўзаро таъсир кучлари

Ушбу темага доир масалаларни ечишда ишқалиш кучларининг келиб чиқишининг икки сабаби: ишқаланувчи сиртларнинг текис эмаслиги ва улар орасидаги молекуляр тутиниш кучлари қаралади. Масалалар ишқаланишнинг турли хиллари ва уларни амалда қўллаш ҳақидаги тушунчани аниқлаштириши ва чуқурлаштириши керак. Материал шунингдек ишқаланиш кучларининг жисмларнинг ишқаланувчи сиртларига иш-

лов берилишига, нормал босим кучига ва материалларнинг турига боғлиқ эканини яққол кўрсатувчи кўп сонли экспериментал масалаларни ечишга имкон беради.

Ишқаланиш коэффициенти ҳақидаги тушунча киритилмайди, бироқ масаланинг шартда ишқаланиш кучи нормал босим кучининг қандай қисмини ташкил қилишини кўрсатиш мумкин.

Молекуляр кучлар ҳақидаги маълумотларни такрорлаш учун аввал № 54—57 ларга ўхшаш масалалар ечиш керак.

101. Нима учун оёқ кийимларнинг тагчармлари, велосипед ва автомобилларнинг покришқалари қиррали қилиб ясалади?

102. Икки сиртни яхшилаб силлиқлаб, улар орасидаги ишқаланишни йўқотиш мумкинми?

Жавоб. Мумкин эмас. Сиртлар қанча яхши силлиқланган бўлса, молекулаларнинг тортишиши натижасида юзага келадиган тутиниш кучлари шунча катта бўлади.

103 (э). Кўп тахланган китобларнинг тагидагисини суғуриб олиш осонми ёки кам тахланганиданми? Нима учун? Фикрингизни тажрибада текширинг.

104 (э). Илга юк осинг ва ипни қаламга счилиб кетмайдиган даражада етарли қилиб ўранг. Сўнгра қаламга мой томчисини томизиб, ипнинг қаламдан сурилишини кузатинг. Бу ҳодисани тушунтиринг. Техникада мойлашдан қачон ва қайси жойларда фойдаланишга мисоллар келтиринг.

105 (э). Китобни қия текисликка (тахтага ёки бошқа китоб устига) пастга сирпанмайдиган қилиб қўйинг. Сўнгра китоб остига иккита думалоқ қалам қўйинг ва китобнинг пастга қараб қандай думаланиши кузатинг. Бу тажрибадан сирпаниш ва думаланиш ишқаланиши ҳақида қандай хулоса қилиш мумкин? Техникада ва турмушда қандай жойларда сирпаниш ишқаланиши билан ва аксинча алмаштирилади.

106.* Ҳамма вақт ҳам сирпаниш ишқаланиши думаланиш ишқаланишидан катта бўладими?

Ечилиши. Агар думалагич ва у думалаётган сирт жула кам деформацияланса, думаланиш ишқаланиши айниқса кам бўлади, масалан, темир йўлда шундай бўлади. Агар деформацияланиш катта бўлса (масалан, юмшоқ ер, қор, қум), у ҳолда думаланиши ишқаланиши сирпаниш ишқаланишидан катта бўлиши мумкин (қорда аравани тортишдан кўра чанани тортиш осонроқ).

107 (э).* Совун билан тоза ювилган идишга эҳтиёткорлик билан сув томизинг ва унга мойланган пичоқ тиғини тегизинг. Тажрибанинг расмини чизинг ва натижани тушунтиринг.

108.* Нима учун мисни кавшарлашда қалай қўлланилади-ю, шишани улашда ундан фойдаланилмайди?

109 (э).* Совун билан ниҳоятда тоза ювилган иккита ойна парчасини бир-бирига бурчак остида V ҳарфи шаклида вертикал қўйинг ва уларнинг ярмини сувли идишга туширинг. Бурчакни ўзгартириб ойна парчалари орасида сувнинг кўта-

рилишини кузатинг. Тажрибанинг расмини чизинг ва тушунтиринг. Сувнинг кўтарилиш баландлиги ойналар орасидаги масофага қандай боғланган?

110.* Сувга босма қоғознинг бир четини туширинг ва сувнинг қоғоз бўйлаб қандай баландликка кўтарилишини аниқланг. Сувнинг қоғоз бўйлаб кўтарилиш баландлиги нимага боғлиқ? Табиатда бу ҳодисанинг қандай аҳамияти бор? Ми-соллар келтиринг.

6- БОБ

СУЮҚЛИКЛАР ВА ГАЗЛАРНИНГ БОСИМИ (ГИДРО- ВА АЭРОСТАТИКА)

Ушбу материал фақат VI синфда ўтилади, шунинг учун ўқувчилар уни мустаҳкам ва чуқур ўзлаштиришлари керак.

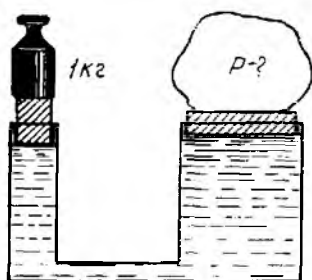
Дастлаб Паскаль қонунига оид масалалар ечилади. Сўнгра бу қонуннинг қўлланиши ва натижалари, шу жумладан Архи-мед кучи қаралади.

Кўп турли масалаларни, масалан, суюқликлар ва газларда жисмларнинг сузишига оид масалаларни ечишда ўқувчилар анча қийналишади. Шунинг учун VI синфда асосан сифатга оид масалалар ва содда миқдорий масалалар ечилиши керак. Мураккаброқ масалалар IX синфда суюқликлар ва газларнинг хоссаларини ўрганишда гидро- ва аэростатиканинг асосий қоидаларини такрорлаш тартибида ечилади ва шунингдек бундай масалалар X синфда битириш имтиҳонларига тайёр-ларлик кўришда ҳам қаралади.

1. Паскаль қонуни

Паскаль қонуни дастлаб „соф“ ҳолда, яъни унинг вазнсиз суюқликлар ва газларга қўлланиши қаралади. Масалалар ўқувчиларга босим нима учун тинч турган ёки газнинг ҳамма нуқталарида бир хил бўлишини ойдинлаштиришга ёрдам бериши ва Паскаль қонунининг баъзи техникавий қурилмаларда (насослар, гидравлик пресслар ва ҳоказоларда) қўлланиши ҳақида тушунча бериши керак. Бу масалаларни ечишда ўқувчилардаги суюқликлар ва газларнинг молекуляр тузилиши ҳақидаги билимлардан фойдаланилади.

111. Ҳавонинг насос поршени билан сиқилганда унинг босими қандай ва нима учун ўзгаради? Велосипед насосининг шлангидаги босим шлангнинг цилиндри билан улайдиган тешикнинг цилиндри ён томонидан ёки тубидан очилганига боғлиқ бўлади-ми?



18- расм.

Жавоби. Ҳаво ҳажмининг камайиши билан унинг зичлиги, бинобарин, ҳажм бирлигидаги молекулалар сони ортади. Молекулаларнинг деворга урилишлар сони ортиб, ҳаво босимининг ортишига сабаб бўлади. Ҳаво зичлиги насос цилиндрининг ҳамма қисмида бирдай бўлгани учун шлангдаги босим шлангнинг цилиндрига қаерда уланишига боғлиқ бўлмайди.

112. Ҳаво насоси ва гидравлик машина вазисизлик ҳолатида ишлайдими?

Жавоби. Ҳаво насоси ва гидравлик машина вазисизлик ҳолатида ишлайди. (Суюқликнинг босимни узатиши молекулаларнинг ўзаро яқинлашганларида ҳосил бўладиган итариш кучлари туфайли юзага келадиган эластиклик кучларининг таъсири билан тушунтирилади. Бу кучлар суюқликнинг огирлигига боғлиқ эмас.)

113. Идишнинг тешиклари (18- расм) поршенлар билан беркитилган. Кичик поршеннинг юзаси 10 см^2 , каттасиники эса 50 см^2 . Кичик поршенга 1 кг массали тош қўйилди. Суюқлик мувозанатда қолиши учун катта поршенга қандай P юк қўйиш керак?

Ечилиши. Кичик поршеннинг суюқликка берадиган босими:

$$p = \frac{F_1}{S_1} \approx \frac{10 \text{ н}}{10 \text{ см}^2} = 1 \frac{\text{н}}{\text{см}^2}.$$

Паскаль қонунига кўра бу босим ҳамма томонга, шу жумладан катта поршенга ҳам ўзгаришсиз узатилади. Катта поршенга таъсир қиладиган босим кучи:

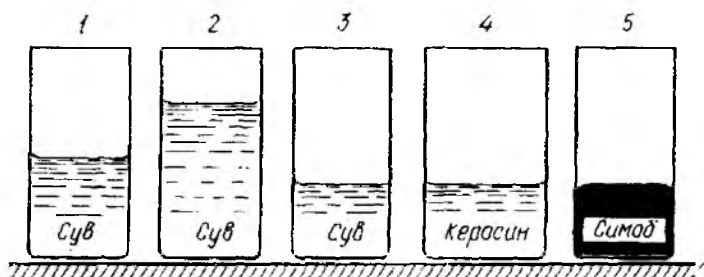
$$F_2 = pS_2 = 1 \frac{\text{н}}{\text{см}^2} \cdot 50 \text{ см}^2 = 50 \text{ н}. \quad P = 50 \text{ н}.$$

Агар кўндаланг кесими турлича бўлган иккита медицина шприцидан гидравлик машина модели ясалса, бу масалани экспериментал қўйиш ҳам мумкин (1- расм).

114 (э). Мактаб гидравлик пресси кучдан қандай ютук беришини ҳисоблап. Ричагларни қўллаш ҳисобига бўладиган ютук ва ишқалалишни ҳисобга олманг.

2. Суюқликнинг оғирлик босими

Суюқликнинг оғирлик босими аввал ўқувчиларга маълум бўлган $p = \frac{P}{S}$ формуладан, босим кучи эса $P = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} m$ формуладан аниқланади, бу ерда m — тўғри бурчакли идишга



19- расм.

қуйилган суюқликнинг килограммларда ифодаланган массаси. Сўнгра ўқувчиларни суюқлик босимини ҳисоблашнинг янада умумийроқ, яъни суюқликнинг зичлиги ва чуқурлигига кўра ҳисоблаш методи билан таништирилади. Биринчи масалалар арифметик ечилади. Сўнгра $p = 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot \rho h$ формуладан фойдаланишга ўтилади.

Ўқувчиларни атмосфера босими ҳақидаги темани ўрганишга тайёрлашда баландлиги 76 см бўлган симоб устунининг босимини ҳисоблаш фойдали бўлади.

115. Қандай идишларда (19- расм) идишнинг тубига босим катта ва нима учун?

Ечилиши. Тубларининг юзаси бир хил бўлган идишларнинг тубига бўладиган босим ҳақида гап борганда уларга солинган суюқликларнинг оғирлигига қараб мулоҳаза юритилади. Биринчи идишда босим иккинчисига қараганда кам, бешинчи идишда эса тўртинчисига қараганда катта ва ҳоказо. Суюқликнинг чуқурлиги ва унинг зичлиги қанча катта бўлса, босим шунча катта бўлади.

116. Суюқликнинг босими унинг чуқурлигига боғлиқлигини кўрсатувчи асбоб ўйлаб топинг.

117. Тубининг юзаси $S = 250 \text{ м}^2$ ва чуқурлиги $h = 4 \text{ м}$ бўлган тўғри бурчакли бассейн зичлиги $\rho = 1030 \frac{KZ}{M^3}$ бўлган денгиз суви билан тўлдирилган. Сувнинг бассейн тубига бўлган босими ва босим кучини аниқланг.

Ечилиши. 1- усул. Босим кучи сувнинг оғирлигига тенг:

$$P = 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot m; \quad m = \rho V; \quad V = Sh = 250 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 1000 \text{ м}^3;$$

$$m = 1030 \frac{KZ}{M^3} \cdot 1000 \text{ м}^3 = 1030 000 \text{ KZ}; \quad P = 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot 1 030 000 \text{ KZ} \approx 10 000 000 \text{ H}.$$

$$\text{Босим } p = \frac{P}{S} = \frac{10 000 000 \text{ H}}{250 \text{ м}^2} = 40 000 \frac{H}{M^2}.$$

2- усул. Агар сувнинг чуқурлиги 1 м га тенг бўлганда эди, 1 м² юзага 1 м³ сувнинг оғирлигига тенг куч таъсир қилган бўлар эди.

$$P_1 = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} m = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1030 \text{ кг} \approx 10\,000 \text{ Н}, p_1 = 10\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Бироқ сувнинг чуқурлиги 4 м га тенг, шунинг учун босим $p = 10\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 4 = 40\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ га тенг бўлади.

Босим кучи $P = pS = 40\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 250 \text{ м}^2 = 10\,000\,000 \text{ Н}$. Кейинчалик $p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \rho h$ формуладан фойдаланиб, ҳисобларни соддалаштириш мумкин.

118 (э). Иккита шиша ва битта резинка найдан фойдаланиб, туташ идишлар ясанг ва улар ёрдамида стол сиртини, дераза токчаларининг ва бошқаларнинг горизонталлигини текширинг.

119. Сув босими ҳосил қилувчи минора резервуарида сувнинг сатҳи сув ҳавзасидан 30 м баландда туради. 20 м баландликда жойлашган водопровод трубасидаги босимни аниқланг.

Ечилиши 1.1 м чуқурликдаги босим сон жиҳатдан 1 м³ сувнинг оғирлигига тенг эканлиги аниқланади:

$$P_1 = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \text{ кг} \approx 10\,000 \text{ Н}; p_1 = 10\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

10 м чуқурликдаги сувнинг босими $p = 10 \cdot p_1 = 100\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

$$\text{Ечилиши 2. } p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м} \approx 100\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

120. 76 см чуқурликдаги симобнинг босими қандай? Бу босимни Н/м²; Н/см² ларда ифодаланг.

Ечилиши 1. 1 м чуқурликдаги симобнинг босими сон жиҳатдан 1 м³ симобнинг оғирлигига тенглиги аниқланади:

$$P_1 = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600 \text{ кг} \approx 133\,000 \text{ Н}, p_1 = 133\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

76 см = 0,76 м чуқурликдаги босим $p = 133\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 0,76 = 101\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \approx 100\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ бўлади.

$$p = 100\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 100\,000 \cdot \frac{1 \text{ Н}}{10\,000 \text{ см}^2} = 10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Ечилиши 2. $p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \rho h = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,76 \text{ м} = 10\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$

121.* Туташ идишларда қандай баландликдаги керосин устуни 16 см баландликдаги симоб устунини мувозанатга келтириши мумкин?

$$\text{Ечилиши. } \frac{h_k}{h_{\text{сим}}} = \frac{\rho_{\text{сим}}}{\rho_k}; h_k = \frac{\rho_{\text{сим}} \cdot h_{\text{сим}}}{\rho_k} = \frac{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,16 \text{ м}}{800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 2,7 \text{ м}$$

3. Атмосфера босими

Ушбу тема бўйича асосан бирор сиртга бўлган атмосфера босимини аниқлашга доир содда ҳисоблаш ҳамда сифатга оид масалалар ечилади. Босим бирликларини бир системадан иккинчисига ўтказишда ўқувчилар анча қийналадилар. Аввал ўрганилган бирликларга қўшимча қилиб, ўқувчиларга физикавий атмосфера бирлиги (*атм*) ҳақида маълумот берилади: $1 \text{ атм} = 760 \text{ мм сим уст.} \approx 10 \text{ н/см}^2$.

Атмосфера босимини техникада ҳисобга олиш ва ундан фойдаланишга мисол сифатида насосларнинг ишлаши ва атмосфера босимининг баландликка қараб ўзгариши тўғрисида бир неча масала ечиш керак.

122 (э). Оғзингизга тоза қоғоз варағини келтириб нафас олинг. Бунда қандай ҳодиса кузатилади ва нима учун? Нафас олиш процессини физикавий нуқтан назардан тушунтириб беринг.

123. Китобнинг муқовасига таъсир қилувчи атмосфера босимини ҳисобланг. Нима учун китобни қўлингизда ушлаб турганингизда бу кучни сезмайсиз?

Ечилиши. Паскаль қонунига кўра китобнинг ҳамма томониغا бир хил босим таъсир қилади. Босим кучи $F = 10 \frac{\text{н}}{\text{см}^2} \cdot S$, бу ерда S — китоб муқовасининг юзаси (ўлчаб топилади).

124.* Полга таъсир қилаётган атмосфера босимининг кучи уйдаги ҳавонинг оғирлигига тенгми? Агар уй герметик беркитилса, унинг ичида босим ўзгарадими?

Ечилиши. Нормал атмосфера босимида ҳавонинг оғирлиги қуйидагига тенг:

$$P = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot m = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot \rho V = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot V = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \cdot 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot Sh,$$

бу ерда S — полнинг м^2 ларда ифодаланган юзаси. h — уйнинг метрларда ифодаланган баландлиги.

$$\text{Босим учун } F = 100000 \frac{\text{н}}{\text{м}^2} \cdot S.$$

Баландлик $h \approx 3 - 5 \text{ м}$ бўлгани учун $F \gg P$ бўлади.

Ҳаво босимининг вужудга келишига молекулаларнинг урилишлари сабаб бўлади. Ҳавонинг зичлиги ва температураси бирдай бўлганда унинг босими очиқ бинода ҳам, герметик ёпилган бинода ҳам бирдай бўлади.

125. Нормал атмосфера босимида насос поршени ортидаги сув 10 м дан юқорига кўтарилмайди. Сувни юқори баландликларга қандай чиқариш мумкин? Сувни 8 м баландликка кўтариш учун насоснинг цилиндри 8 м дан ортиқ бўлиши шартми? Жавобларингизни чизмалар билан тушунтириб беринг.

126. Насос учун мўлжалланган вакуум тарелкадаги қисқартирилган ёпиқ манометрни қараб чиқинг ва унинг ишлашини тушунтиринг. Бу манометр ва симобли барометр ўртасида қандай ўхшашлик ва қандай фарқ бор? Ҳаво насосининг қалпоғи остидаги босим нима учун очиқ симобли манометр билан ўлчанмайди?

127 (э). Барометр-анероид билан мактабнинг турли қаватларидаги босимни ўлчанг ва олинган маълумотларни тушунтириб беринг. Ер сатҳидан баландликни анероид ёрдамида қандай аниқлаш мумкин?

128. Нима учун самолётда учганингизда юқори баландликларда чўнтакка авторучка солмаслик тавсия қилинади?

129. Нима учун кўтарилиш олдида стратостат қобиғини водород билан батамом тўлдирилмайди?

4. Архимед кучи

Ушбу тема бўйича дастлаб суюқлик ёки газга ботирилган жисмга таъсир қилувчи, итариб чиқарувчи кучни топиш талаб қилинган содда ҳисоблаш ҳамда сифатга оид масалалар ечилади. Сўнгра ўқувчиларга жисмнинг оғирлигини сиқиб чиқарилган суюқлик ёки газнинг оғирлиги билан таққослаш тавсия қилиниб, масалалар бирмунча мураккаблаштириб борилади, бу эса жисмларнинг сузиши ҳақидаги масалаларни ечишни осонлаштиради. Дастлабки масалалар сиқиб чиқарилган суюқлик (газ) нинг массаси ва оғирлигини мос равишда $m = \rho V$, $P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot m$ формулалар бўйича кетма-кет аниқланиб, саволлар билан ечилади. Ўқувчилар архимед кучини аниқлашнинг бу усулини ўзлаштириб олганларидан сўнг уларни $F = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \times \rho V$ умумий формула билан таништириш мумкин, бу ерда — зичлик, V — жисм сиқиб чиқарган суюқликнинг ҳажми. Жисмларнинг суюқликларда сузиши ҳақидаги масалаларни ечишда суюқлик ҳажм бирлигининг итариб чиқарувчи кучи тушунчасини киритиш мумкин. Бу ушбу тушунчани газларга нисбатан қўллашни осонлаштиради, газларда эса бу тушунчанинг киритилиши мажбурийдир.

130 (э). Резинка илга картошка боғланг ва уни сувга туширинг, илнинг қанча сантиметрга қисқарганини белгиланг. Картошканинг бир қисмини, сўнгра каттароқ ҳажмдаги картош-

кани сувга ботириб, тажрибани такрорланг. Итариб чиқарувчи куч ботирилган жисмнинг ҳажмига қандай боғланган?

131 (э). Резинка ипга боғланган картошкани керосинга, тоза ва шўр сувга тушириб, итариб чиқарувчи кучнинг суюқлик зичлигига боғлиқлиги ҳақида хулоса чиқаринг.

132. Итариб чиқарувчи куч жисмнинг қандай моддадан қилинганига ва шаклига боғлиқ бўладими? Тегиншли тажриба бажаринг.

130—132- масалаларни ўқувчиларга уйга вазифа қилиб топшириш мумкин. 132- масалани ечишда картошка ва пластилиндан тенг ҳажмли қилиб тайёрланган жисмлардан фойдаланиш қулай. Синфда демонстрацион динамометрдан, фронтал масала-тажрибалар ўтказишда эса Бакушинский динамометридан фойдаланиш керак.

133 (э). Шўр намакоб тайёрланг ва картошкани юпка қилиб текис қирқинг. Нима учун картошка намакобда сузиб юради-ю, лекин ясси томони билан идиш тубига босиб қўйилса, сув юзига кўтарилмай идиш тубида қолади.

Жавоби. Ясси томонга юқорига қараб сувнинг босим кучи таъсир қилмайди ва картошка идиш тубида қолади.

134. Ҳажми 1 м^3 бўлган жисм сувдан, керосиндан ва симобдан қандай куч билан итарилади?

Ечилиши. Масала жисмларнинг зичликлар жадвалидан фойдаланган ҳолда оғзаки ечилади. Архимед кучи ботирилган жисм ҳажмидаги суюқликнинг оғирлигига тенг. Суюқлик оғирлигини аниқлашда даставвал унинг массаси топилади. Жисмнинг ҳажми 1 м^3 га тенг бўлгани учун суюқликнинг массаси сон жиҳатдан унинг зичлигига тенг. Сувнинг массаси $m_{\text{суб}} = 1000 \text{ кг}$, унинг оғирлиги эса $P_{\text{суб}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \text{ кг} \approx 10000 \text{ Н}$. Архимед кучи $F_{\text{суб}} = 10000 \text{ Н}$. Керосиндаги ва симобдаги итариб чиқарувчи кучлар ҳам шундай топилади: $F_{\text{к}} = 8000 \text{ Н}$, $F_{\text{сим}} = 136000 \text{ Н}$.

135. 40 дм^3 гранит парчасини сувда ушлаб туриш учун қандай куч талаб қилинади?

Ечилиши. Бундай масалалар мураккаб бўлганлиги сабабли, улардан биринчисини саволлар билан ечиш керак.

1. Гранит парчасининг оғирлиги қандай?

$$P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot m = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \rho V = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,040 \text{ м}^3 \approx 1000 \text{ Н}.$$

2. Архимед кучининг катталиги қандай?

$$F_{\text{а}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot m_{\text{суб}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \rho_{\text{суб}} V = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,040 \text{ м}^3 \approx 400 \text{ Н}.$$

3. Гранитни сувда ушлаб туриш учун қандай куч керак?

$$F = 1000 \text{ Н} - 400 \text{ Н} = 600 \text{ Н}.$$

136. Сувдаги ҳажми $V = 0,5 \text{ м}^3$ бўлган қарағай ёўласи $m = 70 \text{ кг}$ массали одамни кўтариб тура оладими? (Шунингдек № 20 ни ҳам қаранг.)

Ечилиши. 1- усул. Ёўланинг массаси $m_f = \rho_f V = 440 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 0,5 \text{ м}^3 = 220 \text{ кг}$; унинг оғирлиги $P_f = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 220 \text{ кг} \approx 2200 \text{ Н}$.

$$F_s = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \rho_{\text{суб}} V = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,5 \text{ м}^3 \approx 5000 \text{ Н}.$$

Ёўла $P = 5000 \text{ Н} - 2200 \text{ Н} = 2800 \text{ Н}$ юкни кўтара олади. Одамнинг оғирлиги $P_o = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 70 \text{ кг} \approx 700 \text{ Н}$.

Биобарин, ёўла одамни ҳатто сувга батамом ботмаган ҳолда кўтара олади.

2- усул. 1 м^3 қарағайнинг оғирлиги $P_{1\text{к}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 440 \text{ кг} \approx 4400 \text{ Н}$. 1 м^3 ёўлага таъсир қилувчи архимед кучи $F_{1\text{а}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \text{ кг} \approx 10\,000 \text{ Н}$.

1 м^3 ёўлага таъсир қилувчи кўтарувчи куч $F_1 = 10\,000 \text{ Н} - 4400 \text{ Н} = 5600 \text{ Н}$ га тенг. Ёўла кўтарувчи куч $F = 5600 \text{ Н} \cdot 0,5 = 2800 \text{ Н}$.

Кейинги масалаларда ўқувчиларнинг диққатини 1 м^3 суюқлик (газ) нинг кўтарувчи кучини ҳисоблашни бирмунча соддалаштириш мумкин эканлигига қаратиш фойдали:

$$F_{1\text{а}} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} (\rho_{\text{суюқ}} - \rho_{\text{ж}}),$$

бу ерда $\rho_{\text{суюқ}}$ — суюқликнинг (газнинг) зичлиги, $\rho_{\text{ж}}$ — ботирилган жисмнинг зичлиги.

Дастлаб бу турдаги масалаларнинг бир нечаси биринчи усул билан ечилади, сўнгра, айниқса ҳавода сузиш ҳақидаги масалаларни ечишда иккинчи усулга ўтилади.

137. Деңгиз сувида сув сиқими (сиқиб чиқарган сувининг оғирлиги) юксиз бўлганда 3000 Т , ёўла юк ортилганда эса 5000 Т бўлган кеманинг қанча юк кўтаришини аниқланг. Кеманинг юк кўтара олиш қобилияти чучук сувда ўзгарадими?

138. Қадимги юнон олими Аристотель чарм қопни ичида ҳавоси билан ва ҳавосиз тортиб кўрди. Иккала ҳолда ҳам чарм қопнинг оғирлиги бирдай чиққани сабабли Аристотель ҳаво вазисиз бўлади деган хулосага келди. Аристотелнинг хулосаси нотўғри эканини исбот қилинг.

139. Ўқувчи Аристотелнинг тажрибасини такрорлаш мақсадида, футбол тўпини аввал ҳавосиз, сўнгра унга насос билан ҳаво бериб тортиб кўрди. Ичида ҳавоси бўлганда тўп оғир бўлиб чиқди. Нима учун ўқувчи Аристотелдан бошқача натижа олди?

140. Ҳажми 1 м^3 бўлган шар водород билан тўлдирилганда қанча юк кўтара олади? Гелий билан тўлдирилганда-чи?

Массаси 70 кг бўлган одамни кўтариш учун водород билан тўлдирилган шарнинг ҳажми тахминан қандай бўлиши керак? (Шар қобиғининг оғирлиги بازارга олинмасин.)

Ечилиши. Архимед кучи 1 м³ ҳавонинг оғирлигига тенг.
 $F_a = 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot 1,29 \text{ кг} \approx 12,9 \text{ н.}$

1 м³ водороднинг оғирлиги $P_v = 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot 0,090 \text{ кг} \approx 0,9 \text{ н.}$
 Кўтариш кучи $F_v = 12,9 \text{ н} - 0,9 \text{ н} = 12 \text{ н.}$ Худди шунга ўхшаш гелий учун $F_g \approx 11 \text{ н.}$ Одамнинг оғирлиги $P_0 = 70 \text{ кг}$
 $= 9,8 \frac{H}{KZ} \cdot 70 \text{ кг} \approx 700 \text{ н.}$ Шарнинг ҳажми

$$V = \frac{700}{12} \approx 60 \text{ (м}^3\text{)}.$$

141. Улуғ Ватан уруши вақтида Москвани душман самолётларидан сақлаш учун ингичка пўлат тросларга боғланган аэростатлардан фойдаланилган эди. Фашист самолётлари уларга қўқисдан келиб урилиб, ҳалокатга учрар эди. Ҳажми 1000 м³ бўлган водород билан тўлдирилган аэростат қандай оғирликдаги тросни кўтара олишини ҳисобланг. Аэростат қобиғининг оғирлиги 2000 н га тенг.

Ечилиши. 1 м³ водороднинг кўтариш кучи $12 \frac{H}{M^3} \cdot 1000 \text{ м}^3$ водороднинг кўтариш кучи $F = 12 \frac{H}{M^3} \cdot 1000 \text{ м}^3 = 12000 \text{ н.}$ Троснинг оғирлиги $P = 12000 \text{ н} - 2000 \text{ н} = 10000 \text{ н.}$

Масаланинг ечилишини анализ қилишда аэростат 10000 н юкни фақат Ер сиртида кўтариши мумкинлигини, юқори баландликларда эса ҳавонинг зичлиги ва бинобарин, унинг кўтариш кучи ҳам кам бўлишини ўқувчиларга тушунтириб ўтиш фойдали бўлади.

7- БОБ

ИШ ВА ҚУВВАТ.

ЭНЕРГИЯ ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Ушбу тема бўйича механикавий ишни ва қувватни ҳисоблашга, содда механизмлар (ричаглар ва блоклар) га ҳамда кинетик ва потенциал энергияларнинг ўзаро айланишларига доир масалалар ечилади. Катта ҳисоблашлар талаб қиладиган мураккаб масалаларни ечиш керак эмас, чунки бу материалнинг кўп қисми VIII синфда такрорланади ва чуқурлаштирилади.

1. Механикавий иш

VI синфда иш ҳақидаги масалалар $A = Fs$ формуладан фойдаланган ҳолда, яъни куч доимий бўлиб, унинг йўналиши силжиш йўналиши билан бир хил бўлган ҳол учун ечилади. Кўпчилик масалалар F кучни ёки S йўлни топишга эмас, балки бевосита A ишни топишга мўлжалланган.

Бу бўлимда асосан ишнинг физикавий катталиқ эканлиги ҳақидаги тушунчани ва унинг ўлчов бирликларини мустаҳкамловчи ўрганиш (машқ қилиш) масалалари ечилади. Ишни ҳисоблашга оид мураккаброқ масалалар оддий механизмларни ўрганишда ечилади.

142. 1 n куч 1, 2 ва 10 m йўлда қандай иш бажаради?

143. Кўтариш кранининг 30 000 n юкни 7 m баландликка кўтаришда бажарган ишини аниқланг.

Ечилиши. 1- усул. Ишни ҳисоблашга доир бошланғич масалаларни қуйидагича мулоҳазалар юритиб ечган маъқул.

Юкни кўтариш учун унга 30 000 n куч қўйиш керак. 1 n куч 1 m йўлда 1 $ж$ иш бажаради. 30 000 n куч 1 m йўлда 30 000 $ж$ иш бажаради, 7 m йўлда эса 30 000 $ж \cdot 7 m = 210\,000 ж$ иш бажаради.

2- усул. $A = Fs = 30\,000 n \cdot 7 m = 210\,000 ж$.

144 (э). Брусокни стол бўйлаб 1 m силжитиш ёки уни шундай баландликка кўтариш учун бирдай иш бажариладими? Жавобингизни тажрибада текширинг.

Бу масаланинг мақсади кўпинча йўл қўйиладиган хато — жисмнинг сирт бўйлаб силжишида бажарилган ишни жисм оғирлигини йўл ўзунлигига кўпайтириб топишдан огоҳ қилишдир.

145. Тракторнинг ер ҳайдаш вақтидаги тортиш кучи 10 000 n , тезлиги эса 7 $км/соат$. Тракторнинг двигатели 8 $соат$ давомида қандай иш бажаради?

Ечилиши. $A = Fs$, $s = vt = 7 \frac{км}{соат} \cdot 8 соат = 56 км = 56\,000 m$.

$$A = 10\,000 n \cdot 56\,000 m = 560\,000 ж.$$

2. Қувват

Қувват кўпинча $N = \frac{A}{t}$ формула бўйича ҳисобланади.

Қувватнинг ўлчов бирликларига қатта эътибор бериш керак, чунки ўқувчилар кўпинча қувват бирликлари билан куч ва иш бирликларини аралаштириб юборадилар.

Бошланғич масалаларда масала шартдаги катталикларни битта СИ системасида бериш керак, бу асосий эътиборни масаланинг физикавий маъносига қаратишга имкон беради. Кейинроқ масалаларни ўқувчиларнинг ўзлари ўлчов бирликла-

рини танлайдиган қилиб, бирмунча мураккаблаштириш мумкин.

146. Одам 80 *н* куч таъсир қилиб, 10 *м* чуқурликдаги қудукдан сувли челакни 20 секундда кўтариб олади. Одамнинг қувватини толинг.

Ечилиши. Қувватнинг таърифини эсга олиб, $N = \frac{A}{t}$ формула ёзилади. Формулани анализ қилиб, қувватни аниқлаш учун аввал ишни топиш керак деган хулосага келинади. $A = Fs = 80 \text{ н} \cdot 10 \text{ м} = 800 \text{ ж}$.

$$N = \frac{800 \text{ ж}}{20 \text{ сек}} = 40 \frac{\text{ж}}{\text{сек}} = 40 \text{ вт}.$$

Келгусида ўқувчиларни бундай содда масалаларни аввал умумий кўринишда ечишга ўргатиш керак.

147. Троллейбус тортиш двигателининг қуввати 86 *квт*. Двигатель 2 *соат* давомида қандай иш бажариши мумкин?

148. Чуқурлиги 150 *м* бўлган шахтадан 200 *м³* сувни тортиб олиш учун қуввати 50 *квт* бўлган насос қандай иш бажариши керак?

147—148- масалалар ўқувчиларнинг қувват формуласидан *A* ва *t* катталикларни топишга ва бирликлар системасидан тўғри фойдаланишга ўргатишга мўлжалланган.

149.* Олимлар китнинг сув остида 27 *км/соат* тезлик билан сузиб, 180 *о.к.* қувватга эришишини ҳисоблаб чиққанлар. Сувнинг кит ҳаракатига қаршилик кучини аниқланг [34,631]. (1 *от кучи* = 736 *вт*.)

Ечилиши. $A = Fs$, шунинг учун изланаётган куч $F = \frac{A}{s}$ бўлади. *s* катталик учун 1 *соат* давомида ўтилган йўл, яъни 27 *км* = 27 000 *м* олинади. У ҳолда *A* катталик учун ҳам 1 соатда бажарилган иш олинishi керак.

Улчов бирликларини алмаштириш ўқувчилар учун бирмунча қийинлик туғдиришини ҳисобга олиб, уларни алоҳида амаллар сифатида бажартириш керак. $N = 736 \text{ вт} \cdot 180 \approx 133\,000 \text{ вт}$. Бинобарин, 1 *сек* да бажарилган иш 133 000 *ж* га тенг экан. 1 *соат* = 3600 *сек*. 1 *соат* да бажарилган иш:

$$A = 133\,000 \text{ ж} \cdot 3600 \approx 479\,000\,000 \text{ ж}.$$

$$F = \frac{479\,000\,000 \text{ ж}}{27\,000 \text{ м}} \approx 18\,000 \text{ н}.$$

3. Ричаглар. Блоклар

Ричаглар ҳақида масалалар ечишда, одатда фақат икки кучнинг мувозанати қаралгани учун, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ ёки $F_1 l_1 = F_2 l_2$ формуладан фойдаланилади. VI сифда ричагнинг мувозанат шартини пропорция шаклида ёзиш тавсия қилинади, чунки

бу кучлар ва елкаларнинг нисбати тўғрисида анча яққол тасаввур беради.

Аввал таянч нуқтаси кучлар қўйилган нуқталарнинг орасида бўлган тўғри чизиқли ричаглар ҳақидаги, кейин эса кучларнинг қўйилиш нуқталари таянч нуқтасининг бир томонида бўлган ричаглар ҳақидаги масалалар ечилади. Ундан сўнг эгри чизиқли ричаглар ҳақидаги масалаларга ўтилади.

Ричаглар ҳақидаги масалаларда одатда ричагнинг кучдан берган ютуғи аниқланади. Шу билан бирга қатор ҳолларда кучдан эмас, балки масофадан ютиш ҳам мақсадга мувофиқ бўлишини кўрсатиш керак, бу билан ўқувчиларнинг „механиканинг олтин қондаси“ни яхши ўзлаштиришларига эришилади.

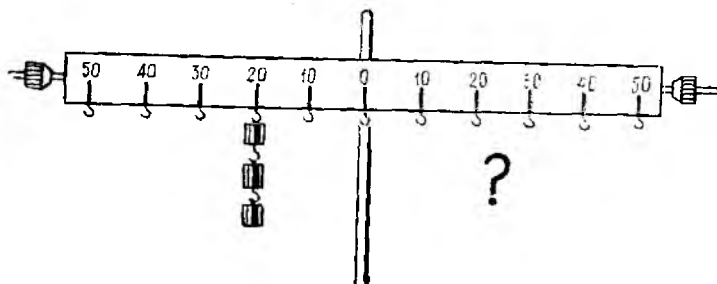
Ричагларнинг ишлаш принципи мисолида ўқувчилар шунингдек оддий механизмлар учун ишнинг тенглик принципи билан ҳам танишадилар.

150. Қўйидаги ричагларнинг чизмасини чизинг ва уларнинг ҳар бири учун таянч нуқтаси, елка ва кучларни кўрсатинг: 1) паллаларида юклар билан мувозанатлаштирилган ричагли тарози; 2) горизонтал турган темир йўл шлагбауми; 3) қудуқдан тортиб олинган сувни челақ осилган қудуқ ҳавозаси. Бу ричагларнинг умумий томони ва бир-биридан фарқини айтиб беринг.

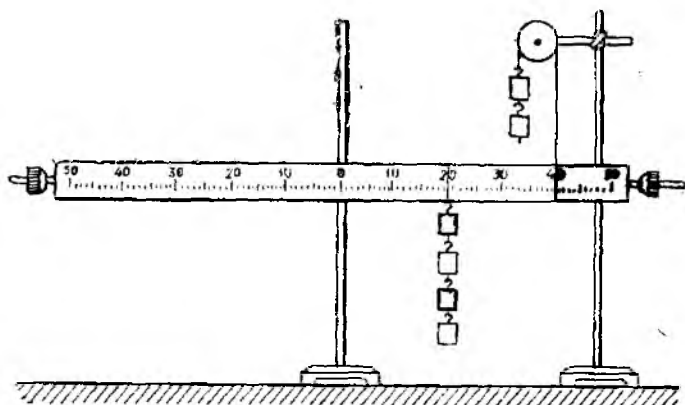
Масала ечишда ўқувчилар елка ва кучлар орасидаги нисбатни назарда тутган ҳолда ричагларнинг схемасини чизадилар. Ўқувчиларнинг эътиборини айниқса учинчи саволга тўғри жавоб беришга қаратиш керак. Қудуқ ҳавозасининг ричаги биз кўраётган ҳолда горизонтга қия туради. Бироқ ўқувчилар кўпинча елканинг узунлиги учун айланмиш ўқидан кучнинг қўйилиш нуқтасигача бўлган масофани олади, аслида эса кучнинг таъсир чизигигача бўлган масофани олиш керак.

151 (э). Ричаг мувозанатда бўлиши учун ўнг елканинг (20- расм) қаерига қандай юк осилиш керак?

Демонстрацион столда чап елкасига юклар осилган ричаг ўрнатилади ва ўқувчиларга ричаг мувозанатда бўлиши учун ўнг елканинг қаерига қандай юклар осилиш кераклигини ҳисоблаш топширилади. Жавоб тажрибада текшириб кўрилади.



20- расм.



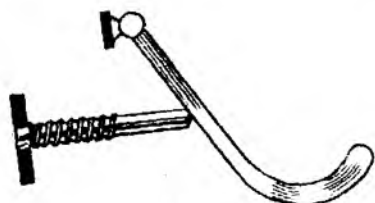
21- расм.

152 (э). 21- расмда кўрсатилган қурилманинг расмини чизинг ва сўнгра уни ясанг. Ричагга таъсир қилаётган кучларнинг йўналиши, таянч нуқтаси ва елкаларни кўрсатинг. Бу ҳол учун ричагларнинг мувозанат қондасини қўллаб бўладими, текшириб кўринг. Ушбу ричагнинг сиз бунгача ўрганган ричаглардан фарқи нима? Елка ва кучларнинг ричаг мувозанатда бўладиган бошқа қийматларини танланг.

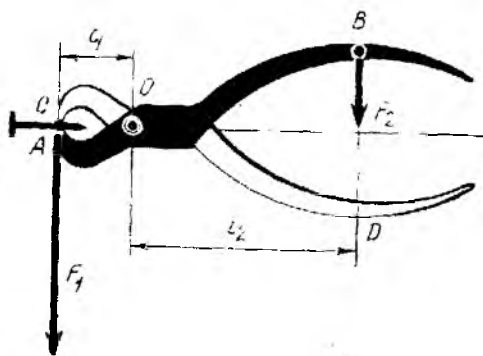
153. 22- расмда автосуғорғич педалининг схемаси кўрсатилган. Ричагнинг таянч нуқтаси, елкалари ва унга таъсир қилувчи кучларни кўрсатинг.

154. Омбур, кескич омбур ёки қанди майдалайдиган қисқичнинг расмини чизинг ва уларнинг кучдан қандай ютуқ беришини ҳисобланг.

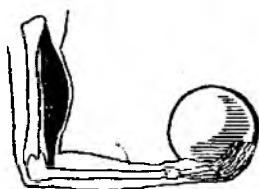
Ечилиши. Кескич омбурнинг COB ярми таянч, иккинчи AOB ярми O айланиш ўқиға эга бўлган ричаг деб қабул қилинади (23- расм). F_1 ва F_2 кучларнинг қўйилиш нуқталари ва таъсир йўналишлари кўрсатилади. F_1 кучни материалнинг босими, F_2 кучни эса қўлнинг босими юзага келтиради. L_1 ва L_2 елкаларнинг узунлиги ва омбурнинг кучдан қандай ютуқ беришини кўрсатувчи $\frac{L_2}{L_1}$ нисбат аниқланади.



22- расм.



23- расм.



24- расм.

155. 24- расмда одамнинг қўли тасвирланган. Ядронинг оғирлиги 80 н. Ядронинг марказидан тирсаккача бўлган масофа 32 см. Тирсакдан мускуллар бирлашган жойгача бўлган масофа 4 см. Мускуллар қандай куч билан тортилган [34, № 654].

Ечилиши. Схематик чизма чизилди (25- расм). Бу ерда $\frac{OB}{OA} = 8$. Бино-

барин, F_1 куч F_2 дан 8 марта катта.

$F_1 = 80 \text{ н} \cdot 8 = 640 \text{ н}$, яъни мускулларнинг тараңглик кучи ядронинг оғирлигидан 8 марта катта. Бироқ қўлнинг ядро турган бармоқлари мускулнинг кўч қўйилган нуқтасига қараганда каттароқ масофага кўчади. Қўл кучдан ютқазгани ҳолда масофа ва тезликдан ютади.

156. Чиғирнинг моделини қараб чиқинг ва расмини чизинг. Бу оддий механизм турмушда қасерда ва қандай мақсадларда қўлланилади? Чиғир модели кучдан қандай ютук беришини ҳисобланг ва тажрибада текширинг.

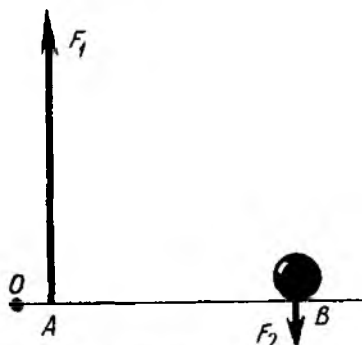
157. Қўзғалмас блок кучдан ютук берадими? Жавобингизни асосланг ва тажрибада текширинг.

Бу масалани ечишда қўзғалмас блок сифатида тенг елкали рычаг қаралади.

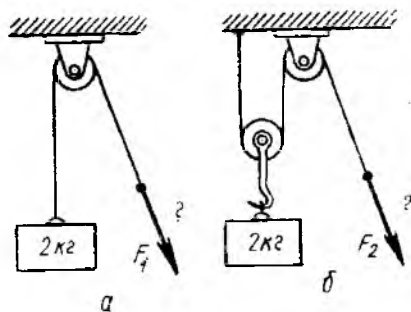
158. Полда турган оғирлиги 700 н бўлган одам қўзғалмас блок ёрдамида 500, 800 н юкни кўтара оладими?

159. Юкни кўтариш учун арқонни қандай куч билан тортиш керак (26- а расм). Агар блоклардан фойдаланилса, ишдан ютиш мумкинми? Блокларнинг оғирлиги ва ишқаланишни назарга олманг.

Бу турдаги масалаларда оддий механизм ишдан ютук бермаслиги ҳақидаги ҳулоса ўқувчиларни бир оз ўйлантириб қўяди. Бу ерда F_s кўпайтма билан аниқланадиган „иш“нинг физикавий тушунчаси билан инсоннинг меҳнат фаолияти-



25- расм.



26- расм.

даги „иш“ тушунчасининг фарқини уқтириб ўтиш керак. Оддий механизм, ушбу ҳолда блок, инсоннинг меҳнат операцияларини қулайлаштириши ва меҳнат унумдорлигини ошириши мумкин.

160. Ўқувчи динамометр ёрдамида арқоннинг таранглик кучини ўлчаб (26- б расм), унинг 12 н га тенг эканини аниқлади. Бу ўлчаш натижалари назарий ҳисобланган натижалар билан мос келадими ва агар мос келмаса, нима учун?

161. 160- масаладаги маълумотларга кўра блокларнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

$$\text{Ечилиши. } \Phi. \text{ и. к.} = \frac{A_{\text{фой}}}{A_{\text{сарф}}} \cdot 100\%; A_{\text{фой}} = Ps,$$

$$A_{\text{фой}} = 20 \text{ н} \cdot \text{с}; A_{\text{сарф}} = 12 \text{ н} \cdot 2\text{с};$$

$$\Phi. \text{ и. к.} = \frac{20 \text{ н} \cdot \text{с}}{12 \text{ н} \cdot 2\text{с}} \cdot 100\% \approx 83\%.$$

Бу масалани ечишда VI синф ўқувчисига дуч келадиган асосий қийинчилик — амалларни умумий кўринишда бажариш. Бунга алоҳида эътибор бериш ва ўқувчиларни тобора масалаларни умумий кўринишда ечишга ҳамда маълумотлари тўла бўлмаган масалаларни ечишга ўргатиб бориш керак.

4. Механикавий энергия

Ушбу темага оид масалалар ўқувчиларда энг муҳим физикавий тушунча — „энергия“нинг ҳаракатни характерловчи ва Ф. Энгельснинг таърифича, унинг меъёрини билдирувчи катталик сифатида шаклланишига ёрдам бериши керак. Шунинг учун дастлаб кинетик энергияга, сўнгра эса потенциал энергияга оид масалалар ечиш мақсадга мувофиқ. VI синф программасига ҳали $W_k = \frac{mv^2}{2}$ формула киритилмагани учун кинетик энергия ҳақида фақат сифатга оид масалалар ечилади. Бироқ ўқувчиларга жисмнинг массаси ва тезлиги қанча катта бўлса, унинг кинетик энергияси шунча катта бўлиши тўғрисида умумий тушунча бериш керак. Потенциал энергия ҳақидаги масалалар ҳам асосан сифатга оид масалалардир, аммо Ер сиртига нисбатан кўтарилган жисмнинг потенциал энергиясига доир масалалар ҳамда ҳисоблаш масалалари $W_n = Ph$ формулага мувофиқ ечилиши керак.

Жисм кинетик ёки потенциал энергияга эга ёки эга эмаслигининг умумий критерийси бўлиб, жисм энергияси ўзгаришининг ўлчови — унинг иш бажара олиш қобилияти хизмат қилиши керак. Ниҳоят, механикавий энергия бир турининг иккинчи турга ўтишига оид масалалар ечилади, бу масалалар ўқувчиларни энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни ҳақидаги тушунчага олиб келади.

162 (э). Турли массадаги бир неча шар, горизонтал жойлашган нов ва бу новда ётувчи кичик брусек ёрдамида қу-

йидагиларни исботланг: а) ҳаракатланаётган шар энергияга эга бўлади; б) ҳаракатланаётган шарларнинг массаси ва тезлиги қанча катта бўлса, уларнинг энергияси шунча катта бўлади.

Ечилиши. Шар нов бўйлаб қўйиб юборилади ва унинг брусокни қандай суриши кузатилади. Шар ишқаланиш кучларига қарши иш бажаради ($A = Fs$), бинобарин, у энергияга эга бўлган. Шарнинг ҳаракат тезлигини бир неча марта ўзгартириб ва массалари бир-биридан анча фарқ қилувчи шарлардан фойдаланиб, юқоридаги тажриба такрорланади. Бунда шарларнинг тезлиги ва массаси қанча катта бўлса, унинг энергияси шунча катта бўлиши кузатилади.

163 (э). Футбол тўпи ичига қамалган ҳаво энергияга эга эканлигини исботловчи тажриба ўйлаб топинг ва уни бажаринг.

Ечилиши. Тўп камераси ичидаги ҳаво оқимини столдаги енгил шарга ёки сувли идишдаги ўйинчоқ кемага йўналтирсак, улар силжийди. Ҳаво иш бажаряпти, демак, у энергияга эга.

164. Тоғдаги кўлнинг суви қандай турдаги механикавий энергияга эга? Дарёдаги сув-чи? Соатнинг буралган пружинаси-чи? Муз бўйлаб сирланаётган шайба-чи? Ҳавода учаётган шайба-чи?

165. Массаси 1 кг бўлган жисм Ер сиртидан 1 м кўтарилганда қандай потенциал энергияга эга бўлади? 100 м кўтарилганда-чи?

166. Массаси 2 кг ва 10 кг бўлган икки жисмнинг потенциал энергияси тенг бўлиши мумкинми? Жавобингизни мисоллар билан тушунтиринг.

167. Резинка тўл полга тушганда энергиянинг қандай айланишлари рўй беради? Сиқилган ҳаво футбол камерасидан чиқаётганда-чи (163- масала)?

168. Илга осилган жисмнинг ҳаводаги ва сувдаги тебранишларини кузатинг. Бу тебранишларнинг фарқи нимада ва бу фарқ тебранаётган жисм энергиясининг айланишлари билан қандай боғланган?

169. Гидравлик ва шомол двигателларида механикавий энергиянинг қандай турларидан фойдаланилади?

170. Красноярск ГЭСининг тўғони Енисей дарёсининг сатҳини 100 м га кўтарди. Бундай баландликдан тушишда ҳар куб метр сув қандай иш бажаради?

Ечилиши. $A = Ph = 9,8 \frac{H}{кг} \cdot m h = 9,8 \frac{H}{кг} \cdot 1000 кг \cdot 100 м \approx 1000 кж.$

171. Аввалги масаланинг ечилишидан фойдаланиб, Красноярск ГЭСи турбинасининг тахминий қувватини аниқланг. Турбина орқали сарфланган сув 600 м³/сек, унинг фойдали иш коэффициенти (η) = 94% деб олинг.

Ечилиши. Сув оқимининг қуввати $N = 1000 \cdot 600 км/сек = 600 минг кВт.$ Турбинанинг қуввати $N_t = N\eta = 600 минг кВт \cdot 0,94 \approx 560 минг кВт.$

ИССИҚЛИК УЗАТИШ ВА ИШ

синф

Бу бўлимда молекуляр физика элементлари энергетик нуқтаи назардан ўрганилади. Ички энергия ва уни ўлчаш усуллари ҳақидаги тушунчалар айниқса муҳимдир. Иссиқлик миқдорини ҳисоблаш малакаларини шакллантириш учун унчалик мураккаб бўлмаган ҳисоблаш масалалари ечиш керак.

Иссиқлик миқдорининг бирлиги сифатида асосан жоулдан фойдаланиш керак. Калориядан ҳам фойдаланиш мумкин, чунки бу бирлик ҳали амалда стабил дарсликларда қўлланилади. Масса унча катта бўлмай, граммларда ўлчанганда калориядан фойдаланиш ҳисобни соддалаштиради.

1. Ички энергия

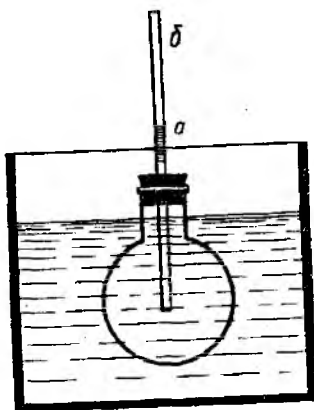
Ушбу бўлимга тегишли масалаларни ечишда ўқувчиларда ички энергия молекулаларнинг кинетик ва потенциал энергиясига боғлиқ бўлиши ва шунинг учун уни иш ва иссиқлик узатиш йўли билан ўзгартириш мумкин эканлиги ҳақида тасаввур ҳосил бўлиши керак; барча жисмлар ички энергияга эга бўлади, бу энергиядан маълум шароитлардагина фойдаланиш мумкин.

172 (э). Колбадаги ҳаво энергияга эгами? Буни тажрибада қандай исботлаш ва молекуляр назария асосида қандай тушунтириш мумкин?

Ечилиши. Колба пўкак билан ёпилади ва ҳаво насосининг қалпоғи остига қўйилади. Қалпоқ остидаги ҳаво бир оз сийраклаштирилганда, у колбадаги пўкакни итариб, молекулаларнинг кинетик энергияси ҳисобига иш бажаради.

173 (э). Уй температурасидаги сув энергияга эга эканлигини тажрибада исбот қилинг.

Ечилиши. Ҳаво тўлдирилган колбани пўкак билан ёпиб, пўкак орасидан бир томчи сув томизилган шиша найча ўтказамиз (27- расм). Колба аввал совуқ сувга, сўнгра уй температурасидаги сувга туширилади. Колбадаги ҳаво кенгаяди ва β найчадаги α сув устунини кўтаради. Сув устунини уй температурасидаги сувнинг энергияси ҳисобига бажарилган иш кўтаради.



27- расм.

174. Тоғдаги кўл суви ва ундан бошланувчи дарё суви сиз билган энергияларнинг қайси турига эга?

Ж а в о б и. Кўлдаги сув потенциал ва ички энергияга, дарёдаги сув эса потенциал, кинетик ва ички энергияга эга.

175. Нима учун броун ҳаракати температура кўтарилган сари интенсивлашади? Бундан жисмлар ички энергиясининг уларнинг температура-ларига боғлиқлиги ҳақида қандай хулоса чиқариш мумкин?

176. Қисилган ёки чўзилган резинка мисолида жисмнинг ички энергияси унинг зарраларининг ўзаро жойла-шишига боғлиқ эканини кўрсатинг.

177. Пўлат пластинканинг учини қум тошли чарх ёрдамида ёки печда қиздириш йўли билан қип-қизил қилиб чўғлатиш мумкин. Молекуляр назария ва энергиянинг сақланиш қонуни нуқтаи назаридан бу процесс-ларнинг қандай умумий томони ва қандай фарқи бор?

2. Иссиқлик узатиш усуллари

Дастлаб қаттиқ жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлигига доир масалалар ечилади. Бу масалалар одатда қийинчилик туғдирмайди. Суюқлик ва газларнинг иссиқлик ўтказувчанли-гига доир масалалар мураккаброқ, чунки бунда иссиқлик ўт-казувчанлик билан бирга конвекция ҳам кузатилади. Шунинг учун бу темага доир бошланғич масалаларни диққат билан танлаш ва ечишда конвекцияни назарга олиш керак бўлган масалаларни киритмаслик керак.

Конвекция ҳақидаги масалалар конвекциянинг келиб чиқиш сабаби, табиатдаги аҳамияти, техника ва турмушдаги хизма-тини тушунишга ёрдам бериши керак.

Нур чиқариш ва нур ютишга доир масалаларни ечишда кўзга кўринмайдиган инфрақизил нурларнинг мавжудлиги ўқувчиларга тўла ойдин эмаслигини назарда тутиш керак. Ўқувчилар нур энергияни кўп ютган жисмлар (масалан, қора жисмлар)нинг нур чиқариш қобилияти катта бўлиши ҳақидаги фикрни қийин ўзлаштирадилар. Шунинг учун бир қатор экс-периментал масалалар ечиш ва бунда тажриба ва кузатиш натижаларини тушунтиришга алоҳида эътибор бериш керак.

Ниҳоят иссиқлик узатишнинг бир вақтда иссиқлик ўт-казувчанликни, конвекцияни ва нур чиқаришни назарга олиш керак бўлган янада мураккаб ҳоллари кўрилади.

178. Агар стаканга қайноқ сув қуйилса, қўлингиз шишанинг исиганини дарҳол сезади. Молекуляр назария ёрдамида стакан деворларининг иссиқлик узатиш процессини тушунтиринг.

179 (э). Қўлингизга 5—6 см узунликдаги мих олиб, унинг учини гугурт алангасига тутинг. Тажриба асосида ёғоч ва темирнинг иссиқлик ўтказувчанлигини таққосланг. Гугурт ўчгандан сўнг қўлингиз нима учун михни айниқса иссиқ сезишини тушунтиринг.

180.* Тупроқнинг турли чуқурликларида сутка давомида температуранинг ўзгаришларини кўрсатувчи қуйидаги жадвалга қаранг ва ундаги маълумотларни тушунтириб беринг.

Тупроқ қатламининг чуқурлиги	Температуранинг максимумга кўтарилиш вақти	Температуранинг минимумга тушиш вақти
Тупроқ сиртида	соат 13,2	соат 3,4
20 см чуқурликда	• 18,2	• 8,1
40 см чуқурликда	• 23,7	• 12,8

181. Шимолда совуқдан сақланиш учун, жанубда эса (масалан, Туркменистонда) иссиқдан сақланиш учун мўйна қалпоқлар кийиб юрилади. Бунинг мақсадга мувофиқлигини тушунтириб беринг.

182. Кузги бугдой сингари қишлайдиган экинларни юмшоқ қор совуқдан яхши асрайдими ёки зич босилган қорми?

183. Нима учун гулхан устидаги тутун баландга кўтарилади?

184. Шам космик кемадаги вазнсизликда яхши ёнадиими ёки Ердами?

Жавоб и. Шам Ерда яхши ёнади, чунки бу ерда архимед кучига мувофиқ ёниш маҳсулотларини олиб кетувчи ва кислород келтирувчи конвекцион оқимлар ҳосил бўлади.

185. Маиший холодильникларда музлатгич қасрга ўрнатилади ва нима учун?

186. Чўғланган темир печь, кўмир ёки электр плитканинг „ҳовури баланд“ бўлиши ҳаммага маълум. Бу ҳолда одам энг аввал нурлар сифатида берилаётган иссиқликни сезишини исбот қилинг.

187 (э). Бир қора ва иккинчиси оқ рангга бўялган иккита бир хил идишга (масалан, иккита чуқур консерва банкига) қайнаган сув солинг ва термометрлар туширинг. Бир неча минутдан сўнг сувнинг температурасини ўлчанг ва термометрлар кўрсатишларидаги фарқни тушунтириб беринг.

188.* Бир ўқувчи ёз вақтида оқ кийимда юриш салқинроқ бўлади, чунки у нурларни яхши қайтариб, камроқ қизийди деб, иккинчи ўқувчи эса қора кийимда юриш салқинроқ, чунки у нурларни кўп нурлайди деб баҳс қилдилар. Уларнинг қайси бири ҳақ?

Ечилиши. Кийимнинг бирдай бошлангич температурасида уч ҳол бўлиши мумкин: а) ташқаридан кам иссиқлик келмоқда. Бу ҳолда аввалги масаладаги сингари қора кийим оқ кийимдан кўра кўпроқ совийди; б) ташқаридан кўп иссиқлик келмоқда. Бу ҳолда қора кийимда нур ютиш ва нур чиқариш мувозанати оқ кийимдан кўра баландроқ температурада юзага келади. Бу амалда ёзнинг Қуёш қиздираётган кулларида бўлади; в) шундай ўртача шароитлар ҳам бўлиши мумкинки, бунда икки фактор (нур чиқариш ва нур ютиш)нинг йиғиндиси оқ ва қора кийимнинг сиртидаги температуранинг бирдай бўлишига олиб келади.

189. Нима учун чуқур сув ҳавзалари тубигача музламайди?

Жавоби. а) сувнинг иссиқликдан кенгайиш хусусияти туфайли сув ҳавзаларида қишда конвекция бўлмайди: температураси 4°C га яқин бўлган энг зич қатламлар пастда жойлашади; б) сувнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ёмон; в) сув ҳавзасини қоплаган муз ва қор қатлами иссиқликни ёмон ўтказади; г) музнинг сирти ҳавзанинг тубидан келаётган иссиқлик нурларини қайтаради.

3. Иссиқлик миқдори.

Солиштирма иссиқлик сигими

Иссиқлик миқдорини ҳисоблашга доир масалалар $Q = cm(t_2 - t_1)$ формуладан фойдаланиб ечилади. Формулани фақат механик ёдлаб қолмаслик учун тема ўрганила бошлаётганда ўқувчилардан унинг маъносини сўраш ва улардан модданинг солиштирма иссиқлик сигими тушунчасидан фойдаланган ҳолда формулани чиқариб беришларини талаб қилиш керак. Дастлаб формулага мувофиқ фақат бевосита ҳисоблашлар бажарилади, яъни иссиқлик миқдори Q топилади. Бошқа катталиклар ва айниқса t_2 ва t_1 температураларни топиш ўқувчилар учун қийин масала. Бунда ҳамма вақт ўқувчиларнинг математикадан олган билимларига таяниш ва масаланинг моҳиятини оддий соғли мисоллар билан эринмасдан тушунтириш керак. Айни вақтда математика ўқитувчиси билан алгебра дарсларида унинг ўқувчилар билан $a = bc(d - x)$; $a = b(c - d)x$ каби тенгламаларни ечишга келтириладиган бир неча масалаларни таҳлил қилиш ҳақида келишиб олиш керак. Бу айниқса ўқувчилар иссиқлик баланси тенгламасидан фойдаланиб ечиладиган масалаларни ечишга киришганларида зарурдир.

$Q = cm(t_2 - t_1)$ формула бўйича масалалар ечаётганда ўқувчиларнинг диққатини жисмнинг олган ёки берган иссиқлигини аниқлашда температуралар фарқининг абсолют қийматини билиш зарур эканлигига қаратиш керак. Шунинг учун ҳисоблашларда абсолют қиймати жиҳатидан катта бўлган температурадан кичиги айирилади. Охириги температурадан бош-

лангич температураи айриш қатор ҳолларда иссиқлик миқдорининг маъфий бўлишига олиб келиши мумкин, бу эса қўшимча тушунтиришларни талаб қилади ёки иссиқлик баланси тенгласига доир масалаларни ечишда умуман нотўғри жавобга олиб келади.

190. 1 кг сув ва 1 кг темир 1°C қиздирилди. Уларнинг ички энергиялари қанча ўзгарган ва бу ўзгариш молекуляр назария асосида қандай тушунтирилади?

192 (э). Термометр ҳамда иссиқ ва совуқ сувли стаканлар ёрдамида иккита ҳажми унчалик катта бўлмаган (50—100 см³) жисмлардан қайси бирининг иссиқлик сиғими катта эканлигини аниқланг.

194. Плятада ичйда суви бўлган алюминий кастрюлька қиздирилди. Кастрюльканинг массаси 400 г, сувники — 3 кг. Вақт ўтиши билан сув ва кастрюлька олган иссиқликнинг ўртаб бориш графигини чизинг.

Ечилиши. Каст-
рюльканинг олган иссиқ-
лик миқдори:

28- расм.

$$Q_1 = c_a m_a (t_2 - t_1) = 880 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,400 \text{ кг} \cdot (60 - 10)^\circ = 17600 \text{ жс} \approx 18 \text{ кжс}.$$

Сувнинг олган иссиқлик миқдори:

$$Q_2 = c_m m_c (t_2 - t_1) = 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot (60 - 10)^\circ \approx 630 \text{ кжс}.$$

Кастрюлька ва сувнинг олган иссиқлик миқдори:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 18 \text{ кжс} + 630 \text{ кжс} = 648 \text{ кжс} \approx 650 \text{ кжс}.$$

196. Пўлатнинг солиштирма иссиқлик сигимини аниқлаш учун 500 г 13°C температурали сув солинган калориметрнинг ичига массаси 400 г бўлган ва 700°C температурага қиздирилган пўлат жисм солинди. Калориметрдаги сувнинг температураси 20°C гача кўтарилди. Пўлатнинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

Ечилиши. Масалани қаттиқ жисмнинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлашга доир лаборатория шипининг бажарилиши билан боғлаб ечган маъқул. Масалада иссиқлик баланси тенгласини тузиш ва ечиш талаб қилинади.

Ўқувчилар математик тайёргарлигининг етарли эмаслигини назарга олиб, изланаётган тенгламага дастлаб қатор оралиқ ҳисоблашлар бажариб аста-секин келинади. Яъни масалани умумий кўринишдаги тенгламани тўғридан-тўғри олмасдан иложи борича саволлар билан синтетик усулда ечиш мақсадга мувофиқдир.

Аралашманинг температурасини θ ҳарфи билан махсус белгилашни VII синфда киритмаслик керак.

1. Сув қанча иссиқлик миқдори олган?

$$Q_1 = c_m m_c (t_2 - t_1) = 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot (20 - 13)^\circ = 14700 \text{ жс}.$$

2. Жисм қанча иссиқлик миқдори берган?

$$Q_2 = c_n m_n (t_3 - t_2) = c \cdot 0,4 \text{ кг} \cdot (100 - 20)^\circ = c \cdot 32 \text{ кг} \cdot \text{град}.$$

Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ $Q_1 = Q_2$; $14700 \text{ жс} = c \cdot 32 \text{ кг} \cdot \text{град}.$

3. Пўлатнинг солиштирма иссиқлик сигими нимага тенг?

$$c = \frac{14700 \text{ жс}}{32 \text{ кг} \cdot \text{град}} = 460 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

Ечилишни анализ қилишда ўқувчилар диққатини биринчи яқинлашишда калориметр, ҳаво ва бошқаларни қиздиришга сарфланган иссиқлик назарга олинмаганига қаратиш керак. Ўқувчилар иссиқлик баланси тенгласи тузиш усуллари IX синфда тўла-тўқис ўзлаштириб олишлари керак. Бу типдаги масалалар ечиш методикасининг баъзи масалаларини 197, 198- масалалардаги мисолларда ойдинлаштирамиз.

197. Идишга дастлаб 10°C температурали 200 г сув қуйилди, сўнгра эса 50°C температурали 100 г сув қуйилди. Арашманинг температурасини аниқланг. Идишнинг қизишини ҳисобга олманг.

Ечилиши. 1- усул. Тенгламанинг чап томонига жисмлар берган иссиқликка тегишли ҳадларни, ўнг томонига эса жисмлар олган иссиқликка тегишли ҳадларни ёзишга шартлашамиз.

Берилган иссиқлик

Олинган иссиқлик

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - \theta)$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t)$$

$$4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{град}} \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot (50 - \theta)^{\circ} = 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{град}} \cdot 0,2 \text{ кг} (\theta - 10)^{\circ},$$

бундан

$$\theta = 23^{\circ}\text{C}.$$

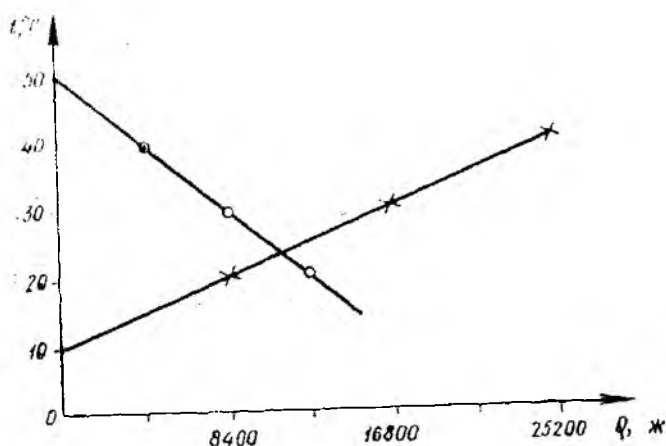
Агар бу масалани ечишда ўқувчи бошланғич ва охириги температуранинг фарқини топса, у ҳолда қуйидаги

$$4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{град}} \cdot 0,1 \text{ кг} (\theta - 50)^{\circ} = 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{град}} \cdot 0,2 \text{ кг} (\theta - 10)^{\circ}$$

тенгламани ва бундан эса $\theta = -30^{\circ}$ деган маъносиз жавобни олади.

2- усул.* Жадвал тузамиз ва ундаги маълумотлардан фойдаланиб, олинган миқдордаги сувнинг исини ва совиши графикларини чизамиз (29- расм).

Ўқувчи дафтариининг катак қоғозига чизилган график ўнлар хонасигача аниқлик билан иссиқлик баланси тенгламаси бўйича топилган қийматларни беради.



29- расм.

Температуранинг ўзгариши	$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t$	$Q_2 = c_2 m_2 \Delta t$
10°	4 200 ж	8 400 ж
20°	8 400 ж	16 800 ж
30°	12 600 ж	25 200 ж

198. 200 г массали 20° С температурадаги сувга 10°С ли 300 г темир ва 25°С ли 400 г мис солинди. Аралашманинг температурасини топинг.

Ечишлиши. Масаланинг қийинлиги шундаки, бу ерда сув иссиқлик оладими ёки берадими ноаниқ. Агар ечишда юқорида қабул қилинган қоидага амал қилинса, яъни жисмлар берган иссиқликни тенгламанинг чап томонига ёзилса ва фараз қилинган катта температурадан ласт температура айирилса, тўғри жавоб чиқади. Манфий ишорали ҳаднинг ҳосил бўлиши бу ҳадни тенгламанинг ўнг томонига плюс ишора билан кўчиришга тенг кучли (бу қоида агрегат ўзгаришлар бўлмаганда ўринли).

Сув

$$c_m m_m (t_m - \theta) = c_t m_t (\theta - t_t) + c_c m_c (\theta - t_c).$$

иссиқлик олади деб фараз қилайлик.

Агар сув совийди деб қарасак, у ҳолда тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$c_m m_m (t_m - \theta) + c_c m_c (t_c - \theta) = c_t m_t (\theta - t_t).$$

Иккала тенглама ҳам аynи бир жавобни беради. Бироқ иккинчи тенглама процессни тўғри баён қилади ($\theta = 19^\circ$), олинган натижани анализ қилишда ўқувчиларнинг диққатини шунга жалб қилиш керак.

4. Ёқилғининг ёниш иссиқлиги. Иссиқлик бериш

Бу тема бўйича асосан иссиқлик миқдорини, ёқилғи массасини, унинг иссиқлик бериш қобилиятини ёки қурилманинг иссиқлик самарадорлигини (фойдали иш коэффициентини) аниқлаш талаб қилинадиган масалалар ечилади.

VII синф ўқувчилари кўпинча фойдали иш коэффициенти ҳақидаги маълумотлардан тўғри фойдалана олмайдилар. Физика ўқитувчиси масалаларнинг физикавий моҳиятини аниқлаш билан бир қаторда ўқувчиларга сонни унинг бўлакларига кўра топниш ва сонга кўра унинг бўлакларини топниш ҳақидаги математикадан маълум бўлган маълумотларни эслатиши керак, уларнинг диққатини сонни тўғри касрга кўпайтиришда

унинг камайиши, тўғри касрга бўлишда эса катталаниши сингари формал белгиларга қаратиши керак.

199. Антрацитнинг ёниш иссиқлиги $3,4 \cdot 10^7$ ж/кг, мазутнинг ёниш иссиқлиги 42 Мж/кг деган ёзувлар нимани билдиради?

200. 10 кг антрацит ёнганда қанча иссиқлик миқдори беради?

201. $4,6 \cdot 10^9$ ж иссиқлик олиш учун қанча керосин ёқиш керак?

202. Қуруқ қайин ўтинларининг иссиқлик бериш қобилияти $1,4 \cdot 10^7$ ж/кг, қарағай ўтинлариники эса $1,3 \cdot 10^7$ ж/кг. Нима учун харидорлар қарағай ўтинларидан кўра қайин ўтинларини харид қилишни маъқул кўрадилар?

Ечилиши. Ўтинларни массасини тортиб эмас, балки ҳажминини ўлчаб сотилади. Қайин ўтинларининг зичлиги (700 кг/м^3) қарағайникига (600 кг/м^3) нисбатан катта. 1 м^3 қайин ўтини $1,4 \cdot 10^7 \frac{\text{ж}}{\text{кг}} \cdot 700 \text{ кг} = 9,8 \cdot 10^9$ ж иссиқлик беради, 1 м^3 қарағай ўтини эса $1,3 \cdot 10^7 \frac{\text{ж}}{\text{кг}} \cdot 600 \text{ кг} = 7,8 \cdot 10^9$ ж иссиқлик беради.

203. Нима учун иситиш қурилмасининг фойдали иш коэффиценти ҳамма вақт 100% дан кам бўлади?

204. Кормозапарникда (молларга бериладиган овқатларни буғлайдиган асбоб) 10°C температурали 100 кг сувни қайнатиш учун 6 кг торф сарф бўлган. Кормозапарникнинг фойдали иш коэффицентини топинг.

$$\begin{aligned} \text{Ечилиши. } \Phi. \text{ и. к. } (\eta) &= \frac{Q_{\Phi}}{Q_c} \cdot 100 \% = \frac{c m_c (t_2 - t_1) \cdot 100 \%}{q m_T} = \\ &= \frac{4200 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 100 \text{ кг} (100 - 10)^\circ \cdot 100 \%}{1,4 \cdot 10^7 \frac{\text{ж}}{\text{кг}} \cdot 6 \text{ кг}} = 45 \%. \end{aligned}$$

205. Спирт лампасига 100 г спирт қуйилди. Шу миқдордаги спирт 20°C температурали 0,5 кг сувни қайнатиш учун етадими? Спирт лампасининг фойдали иш коэффиценти $\eta = 25\%$.

Ечилиши. 1. Сувни иситиш учун қанча иссиқлик кетади?

$$Q_{\Phi} = c m_c (t_2 - t_1) = 4200 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot (100 - 20)^\circ = 1,7 \cdot 10^5 \text{ ж}.$$

2. Спирт лампаси ҳаммаси бўлиб қанча иссиқлик бериши керак?

$$\eta = \frac{Q_{\Phi} \cdot 100 \%}{Q_c}; \quad Q_c = \frac{Q_{\Phi} \cdot 100 \%}{\eta} = \frac{1,7 \cdot 10^5 \text{ ж} \cdot 100 \%}{25} = 6,8 \cdot 10^5 \text{ ж}.$$

3. 100 г спирт ёнганда қанча иссиқлик миқдори ажралади?

$$Q_{\text{сп}} = q_{\text{сп}} m_{\text{сп}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{ж}}{\text{кг}} \cdot 0,1 \text{ кг} = 2,7 \cdot 10^6 \text{ ж}.$$

Жавоби. Спирт сувни қиздириш учун етади.

МОДДА АГРЕГАТ ҲОЛАТЛАРИНИНГ ЎЗГАРИШИ

Бу бўлимга оид масалалар ечишда ўқувчилар диққатини энг аввал моддалар агрегат ҳолатлари ўзгариш процессининг хусусиятларига жалб қилиш керак:

а) қайнаш ва эришда жисмларга маълум иссиқлик миқдори берилишига қарамай жисмлар температураларининг ўзгармаслиги;

б) суюқликларнинг кристалланиши ва буғнинг конденсацияланишида жисмлар температураси пасаймагани ҳолда иссиқлик ҳосил бўлиши.

Бу мақсадларда кўпроқ моддалар агрегат ҳолатларининг бирор ўзгаришлари молекуляр-кинетик назария ва энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни асосида тушунтириш талаб қилинадиган сифатга оид масалалар ечиш керак. Шунингдек, график масалаларни ечиш ҳам катта роль ўйнайди, чунки модда агрегат ҳолатларининг ўзгариш графиклари бу процессларнинг ўзига хослигини яққол кўрсатади. Графиклар деярли ҳар бир масалада кутилган натижаларни „чамалаб кўриш“, кўрилатган ҳодисани аввалдан баён қилиш, олинган жавобни тушунтириш учун жуда фойдалидир.

1. Эриш ва қотиш

Бу бўлимга доир масалаларни ечишда ўқувчиларнинг суюқ ва қаттиқ жисмларнинг молекуляр тузилиши ҳамда ички энергия ҳақидаги билимларидан фойдаланиш керак. Қаттиқ жисмнинг эришида олган (суюқликнинг қотишида берган) иссиқлик миқдорини ҳисоблаш аввал жисм эриш (қотиш) температурасига эга бўлган ҳол учун бажарилади. Сўнгра бошланғич температураси эриш нуқтасидан паст бўлган жисмнинг қизиши ва кейинги эриши учун зарур бўлган иссиқлик миқдори ҳисобланади.

IX синфда иссиқлик баланси тенгламасини тузиш талаб қилинадиган мураккаброқ масалаларни қараш керак.

Тенгламанинг чап қисмига совиётган жисмларнинг берган иссиқлик миқдорини ёзиб, бу иссиқлик миқдори қизиётган жисмларда қандай ўзгаришлар юзага келтириши мумкинлигини тахминлаб кўриш керак. Агар қизиш агрегат ўзгаришлари юзага келтирмаса, у ҳолда тенглама 84-бетда берилган кўринишда бўлади. Агар жисмлар агрегат ҳолатларининг айланишлари рўй берса, умумий ҳолда тенглама $Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$ кўринишга келади, бу ерда Q_1 — совиётган жисм ёки иситгичнинг берган иссиқлик миқдори; $Q_2 = c_1 m (t_2 - t_1)$ — қаттиқ жисмни t_1 температурадан t_2 эриш

температурасигача қизитиш учун кетган иссиқлик миқдори; $Q_3 = \lambda m$ — жисмни эритиш учун кетган иссиқлик миқдори; $Q_4 = c_2 m (t_k - t_3)$ суюқликни t_3 эриш температурасидан t_k қайнаш температурасигача иситиш учун кетган иссиқлик миқдори; $Q_5 = r m$ — суюқликни қайнаш температурасида буғга айлантириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори; $Q_6 = c_3 m (t - t_k)$ — буғни қайнаш температурасидан $t^\circ\text{C}$ температурагача иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори.

Моддалар агрегат ҳолатларининг ўзгаришига доир масалаларни ечишда қизитилаётган жисмда содир бўлувчи процесс графигини қўлда чизиб фойдалидир (№ 212 га қаранг). Ўқувчиларга жисмларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари унинг суюқ ва қаттиқ ҳолатларида бирдай бўлмаслигини ўқтириш керак. Мактаб практикасида кўпинча бунга аҳамият берилмайди ва ҳатто жадвал ҳамда масалалар тўпламларида металларнинг қаттиқ ва суюқ ҳолатлари учун солиштирма иссиқлик сифимининг битта қиймати берилади. Аслида эса қўрғошин учун қаттиқ ҳолатда $c_1 = 130 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, суюқ ҳолатда эса

$$c_2 = 163 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

206. Бир хил массали муз ва сувнинг температураси ҳам бирдай — 0°C . Улар молекулаларининг потенциал ва кинетик энергияларини таққосланг.

Жавоб. Жисмларнинг температураси бирдай бўлгани учун молекулаларининг кинетик энергиялари ҳам бирдай бўлади. Сувнинг ички энергияси эса музникидан катта. Шунинг учун сув молекулаларининг потенциал энергияси муз молекулаларининг потенциал энергиясидан катта бўлади.

207. Ҳаво, сув ва муз кўчада 0°C температурага эга. Сувда муз парчаси сузиб юрибди. Бир ўқувчи сув 0°C да музлагани учун ҳозир у музлаб қолади деб, иккинчи ўқувчи эса муз 0°C да эригани учун муз парчаси ҳозир эриб кетади деб баҳслашмоқда. Ўқувчиларнинг қайси бири ҳақ?

Жавоб. Ҳар иккаласи ҳам ҳақ эмас. Сув музлаши учун унинг ҳар бир килограми атрофидаги жисмларга $3,4 \cdot 10^5$ ж иссиқлик миқдори бериши, муз парчаси эриб кетиши учун унинг ҳар бир килограми шунча энергия олиши керак. Бироқ ҳамма жисмлар бирдай температурада турибди, шунинг учун улар орасида иссиқлик алмашилиш бўлмайди ва жисмларнинг агрегат ҳолатлари ўзгаришсиз қолади.

208. Эриш температурасидаги 1 кг алюминийни эритиш учун қанча энергия сарфлаш керак? 10 кг темирни эритиш учун-чи? 2 кг қўрғошинни эритиш учун-чи?

Масала дарсликдаги солиштирма эриш иссиқлиги жадвалидан фойдаланган ҳолда оғзаки ечилади.

209. Нима учун иситилмайдиган сабзавот сақланадиган омборларга сабзавотлар музлаб қолмаслиги учун сувли катта

идишлар ўрнатилади? Массаси $1,5 \text{ т}$ бўлган ғишдан ясалган печь 70° дан 20°С гача совиганда кўп иссиқлик берадими ёки ичидаги $1,5 \text{ т}$ суви 0°С да музлаб қолган бак кўп иссиқлик берадими?

Ечилиши. Печнинг берадиган иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = c_f m_f (t_1 - t_2) = 0,75 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{град}} \cdot 1500 \text{ кг} (70 - 20)^\circ = 5,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}.$$

Сувнинг берадиган иссиқлик миқдори

$$Q_2 = \lambda_c m_c = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}} \cdot 1500 \text{ кг} = 5,1 \cdot 10^8 \text{ Ж}. \quad Q_2 > Q_1.$$

210. — 10°С температурали 10 кг музни эритиш учун қанча энергия керак?

Ечилиши. Музни эриш нуқтасигача иситиш учун керак бўлган энергия:

$$Q_1 = c_m m_m (0^\circ - t_m) = 1800 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{град}} \cdot 10 \text{ кг} \cdot 10^\circ = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Ж}.$$

Музни эритиш учун керак бўлган энергия:

$$Q_2 = \lambda_m m_m = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}} \cdot 10 \text{ кг} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Ж}.$$

Энергиянинг умумий миқдори:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Ж} + 3,4 \cdot 10^6 \text{ Ж} \approx 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}.$$

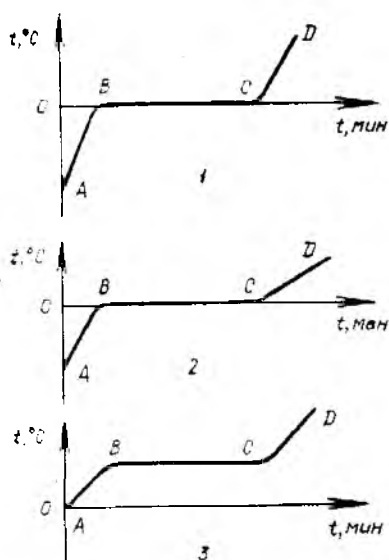
211. Идишда — 10°С температурали муз бор эди. Идиш тенг вақт ораликларида бирдай иссиқлик миқдори берувчи горелка устига қўйилган. 30- расмдаги графиклардан ушбу ҳол учун тўғри бўлган, яъни вақтнинг ўтиши билан температуранинг ўзгаришини кўрсатувчи графикни кўрсатиш ва бошқа графикларнинг хатоси нимада эканлигини айтиш.

Жавоб и. 2 график тўғри. 1 графикнинг нотўғрилиги шундаки, AB ва CD чизиқларнинг O ўқ билан қиялиги бирдай. Бироқ CD чизиқ сувнинг иссиқлиги кўрсатади, сувнинг иссиши эса музнинг иссиқлигидан секинроқ бўлиши керак, чунки музнинг солиштирма иссиқлик сифми сувнинг солиштирма иссиқлик сифмидан кичик.

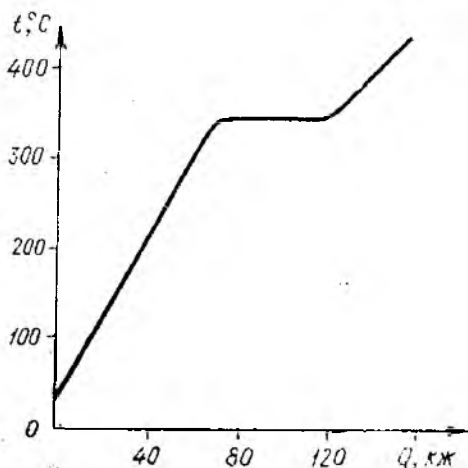
Бу айтилганлардан сўнг 3 графикнинг хато эканлиги ўз-ўзидан кўриниб турибди.

212. Агар 27°С температурали 2 кг қўрғошинга $2,1 \cdot 10^5 \text{ Ж}$ энергия берилса, у қандай температурагача исийди?

Ечилиши. Қўрғошиннинг эриши учун қанча иссиқлик кераклигини текшираамиз. 2 кг қўрғошинни эриш температура-сигача иситиш учун $130 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{град}} \cdot 2 \text{ кг} (327 - 27)^\circ = 7,8 \cdot 10^4 \text{ Ж}$, эритиш учун эса $0,25 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}} \cdot 2 \text{ кг} = 0,50 \cdot 10^5 \text{ Ж}$ энергия керак.



30- расм.



31- расм.

Бинобарин, қўрғошин суюқ ҳолатда бўлади. Қўрғошиннинг иссиқ процесси 31- расмда берилган графикка мос келади. Шунинг учун иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q = c_1 m_1 (t_3 - t_1) + \lambda m + c_2 m (t_2 - t_3).$$

Берилганларни тенгламага қўйиб, $t_2 = 580^\circ\text{C}$ эканини топамиз.

Агар агрегат ҳолатларнинг айланлиқларини назарга олмай, тенгламани қуйидаги $Q = cm(t_2 - t_1)$ кўринишда ёзсак, $t_2 = 860^\circ\text{C}$ жавобни оламиз, бунинг хато эканлиги аниқ, чунки бу температурада қўрғошин суюқ ҳолатда бўлади.

2 Бўғланиш

Одатда бўғланиш тўғрисида асосан молекуляр назария асосида бўғланишнинг суюқлик температурасига, унинг эркин сирти ва ҳавонинг ҳаракатига боғлиқлигини тушунтирувчи сифатга онд масалалар ечилар эди. Ҳозирги вақтда ўқувчилар ники энергия ҳақидаги тушунчага эга бўлганликлари туфайли бу темага доир масалалар ечишда бўғланиш процессига энергетик нуқтаи назардан ҳам катта аҳамият бериш керак. Ўқувчиларга иложи борича таништириш планида бўғланиш иссиқлиги ва унинг температурага боғлиқлиги ҳақида тушунча берган маъқул. Бу ўқувчиларни қайнаш ҳодисасини ўрганишга тайёрлайди.

213 (э). Буғлашиш интенсивлигининг суюқликнинг турига, унинг температурасига, эркин сиртининг ўлчамига ва ҳавонинг ҳаракатига боғлиқ эканини кўрсатувчи тажриба ўйланг ва уни бажаринг.

214 (э). Нафталин ва қорни ҳайдашга доир тажриба ўйланг ва уни бажаринг.

215 (э). Буғланишда суюқликнинг совишини кўрсатувчи тажриба ўйланг.

Ечилиши: Иккита стаканга иссиқ сув қуйилади. Сўнгра бир стакандаги сув сирти ёғ қатлами билан қопланади. Бирмунча вақт ўтгандан сўнг сирти ёғ билан қопланмаган стакандаги сувнинг температураси пасайганини кўриш мумкин. Шунингдек, С. Ф. Покровскийнинг китобига ҳам қаранг (133, 351—355- бетлар).

216.* Сувнинг солиштира буғланиш иссиқлиги учун қуйидаги тахминий формула тажриба йўли билан ҳосил қилинган:

$$r = 567 \frac{\text{кал}}{г} - 0,60 \frac{\text{кал}}{г \cdot \text{град}} t^{\circ}\text{C}.$$

1 г суви 0,50 ва 100°C температураларда буғга айлантириш учун қанча иссиқлик миқдори керак? Нима учун формулада 0,60 коэффициент олдига минус ишораси қўйилган?

Жавоби. $r_0 = 597 \text{ кал/г}$; $r_{50} = 567 \text{ кал/г}$; $r_{100} = 537 \frac{\text{кал}}{г}$.

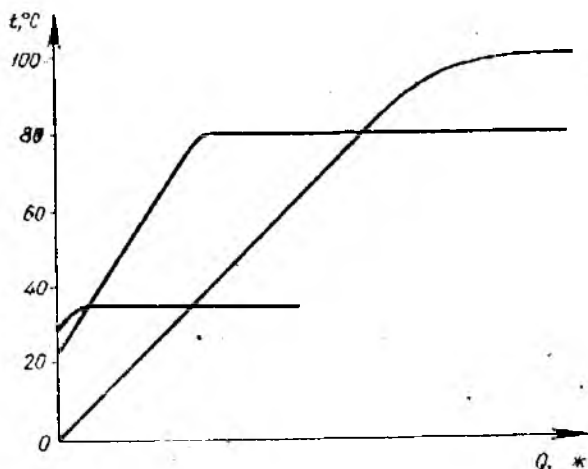
Температура ортиши билан буғнинг зичлиги ва буғ билан сиртқи қатлам молекулалари орасидаги тортишиш кучи ортади. Молекулаларнинг чиқиши енгиллашади, солиштира буғланиш иссиқлиги камаяди (шунингдек № 582 га ҳам қаранг).

3. Қайнаш ва конденсация

Қайнаш ва конденсацияга доир масалаларни ечиш кўп жиҳатдан эриш ва қотишга доир масалаларни ечишга ўхшаб кетади. Бу ўқувчиларда тегишли тушунчаларнинг шаклланиши ва малакалар пайдо бўлишига ёрдам беради. Шу билан бирга материал чуқур ва мустаҳкам ўзлаштирилмаса, яъни номлари қайд қилинган процесслар, масалан, буғланиш ва қайнашнинг ҳар бирининг ўзига хос бўлган характерли томонлари таъкидлаб ўтилмаса, ўқувчилар ўхшаш тушунчаларни аралаштириб ёки янглиштириб юборадилар ва уларда ўхшаш малакаларнинг „интерференцияси“ кузатилади.

Ўқитувчи бунга жиддий эътибор бериши керак. Бу камчиликни бартараф қилиш воситаларидан бири такрорлаш вақтида комбинацион масалалар ечишдир, бу масалаларда ўрғанилган модда агрегат ҳолатининг барча ўзгаришлари кўрилади (№ 222, 223).

Кўпчилик масалалар сифатга доир масалалар ёки ҳисоблаш осон бўлган масалалар бўлиб, уларда масалан, маълум



32- расм.

массали суюқликнинг қайнашда буғга айлантириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини аниқлаш талаб қилинади.

Энг қийини буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини ҳисоблашга доир масалалардир. Бундай масалаларни синфда ўқитувчи ёрдамида ечиш керак. Ҳисобларни соддалаштириш учун масаланинг шартига калориметр ҳақидаги маълумотларни киритмаса ҳам бўлади.

217. Сувнинг, спиртнинг ва эфирнинг қизиш ва қайнаш графиклари берилган (32- расм). Графикларнинг қайси бири қайси суюқликка тегишли эканини аниқланг.

218. Тенг миқдорларда 100°C да олинган сувнинг ички энергияси кўпми ёки буғнингми? Хулосаларингизни тажрибада текшириб кўринг.

Ечилиши. Сувни буғга айлантириш учун унга маълум иссиқлик миқдори бериш керак. Бинобарин, буғнинг ички энергияси катта. Буни текшириш учун қайнаган сув солинган стаканга бирмунча буғ ўтказамиз, сувнинг ҳажми ортганини ва температураси кўтарилганини кўрамиз. Шундай сатҳда сув солинган бошқа стаканга буғдан конденсация бўлган сув қуямиз. Сувнинг температураси биринчи ҳолдагидан камроқ ўзгаради.

219. Қайнаш температурасида ва нормал босимдаги 10 кг сувни буғга айлантириш учун қанча миқдорда энергия керак? 2 кг спиртни-чи? 5 кг эфирни-чи? Агар бу суюқликлар дастлаб 20°C дан қайнатиш температурасигача иситилган бўлса, уларни буғга айлантириш учун қанча энергия керак бўлади?

Ечилиши. Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги жадвалларидан фойдаланиб, ўқувчилар масаланинг биринчи қисмини оғзаки ечишлари керак. Бунинг учун шундай муҳокама

қилинади. Қайнаш температурасидаги 1 кг сувни буғга айлантириш учун $2,3 \cdot 10^6$ ж энергия керак. Бинобарин, 10 кг сувни буғга айлантириш учун 10 марта кўп, яъни $2,3 \cdot 10^7$ ж керак. Худди шунингдек, спирт ва эфир учун керак бўлган иссиқлик миқдори ҳам ҳисобланади. Сўнгра $Q = rm = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{ж}}{\text{кг}} \times 10 \text{ кг} = 2,3 \cdot 10^7$ ж формуладан фойдаланиш керак.

Масаланинг иккинчи қисми шундай ечилади. Сарфланган энергиянинг умумий миқдори $Q_0 = Q_1 + Q_2$. $Q_2 = 2,3 \cdot 10^7$ ж. $Q_1 = cm(t_2 - t_1) = 4200 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 10 \text{ кг} \cdot (100 - 20)^\circ = 3,36 \cdot 10^6$ ж.

$$Q_0 = 2,3 \cdot 10^7 \text{ ж} + 3,36 \cdot 10^6 \text{ ж} \approx 2,6 \cdot 10^7 \text{ ж}.$$

2 кг спирт ва 5 кг эфирни буғга айлантириш учун керак бўлган умумий иссиқлик миқдори ҳам худди шундай йўл билан топилади.

Масалани ечишда асосий эътиборни ўқувчиларнинг жадваллардан фойдаланишига ва берилган катталикларнинг физикавий маъносини билишларига қаратиш керак.

220.* Пробиркага сув қуйинг ва унинг температурасини ўлчанг. Пробиркани қиздириб, қайнагунча ва сув батамом буғга айлангунча ўтган вақтларни қайд қилинг. Тажриба маълумотларига қараб буғ ҳосил бўлиш солиштира иссиқлигини тахминий топинг, уни жадвалдаги қийматлар билан солиштиринг, натижанинг аниқлигини пасайтирувчи сабабларни кўрсатинг.

Ечилиши. Тажрибалардан бирида қуйидаги маълумотлар олинган. Бошланғич температура $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Қайнагунча қизган вақти 2,5 мин, қайнаш вақти 20 мин.

Сувни қиздириш учун кетган иссиқлик $Q_1 = cm(t_2 - t_1)$; буғ ҳосил бўлиши учун зарур бўлган иссиқлик $Q_2 = rm$.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{rm}{cm(t_2 - t_1)}, \text{ бундан } r = \frac{Q_2 c(t_2 - t_1)}{Q_1}.$$

Иситгич берган иссиқликнинг қизишга кетган вақтга пропорционал деб ҳисоблаб, қуйидагини оламиз:

$$r = \frac{20}{2,5} \cdot 4200 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 80^\circ \approx 2,7 \cdot 10^6 \frac{\text{ж}}{\text{кг}}.$$

Натижанинг аниқлигини бир қатор факторлар пасайтириб юборган: иссиқ сув атроф муҳитга совуқ сувга қараганда кўп иссиқлик беради, шунинг учун сувнинг олган иссиқлик миқдори вақтга қатъий пропорционал эмас. Пробиркада сув оз қолганда иссиқликнинг кўп қисми ҳавони ва пробирканинг ўзини қиздиришга сарф бўлади.

221.* Ўқувчи лаборатория ишини бажараётганда ичида 10°C температурали 350 г суви бўлган калориметрга 100°C температурали буғни киритди. Бунинг натижасида сувнинг температураси 42°C га кўтарилди. Агар сувнинг массаси 20 г

га кўпайган бўлса, бу тажриба маълумотлари асосида бу ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлик қандай бўлади?

Масалани доскада

$$Q = rm; Q = cm(t_2 - t_1)$$

формулаларни ёзган ҳолда саволлар билан ечиш керак. Агар ўқувчилар бу формулани яхши ўзлаштириб олган бўлса, у ҳолда ҳар бир конкрет ҳол учун уни қайта ёзиб ўтиришнинг ҳожати йўқ: формулага бирданига катталикларнинг сон қийматларини қўйиш мумкин. Юқори синфларда ҳам шундай қилиш керак, чунки калориметрик масалаларнинг умумий ечилиш формулалари жуда катта бўлиб кетади.

1. Буғ конденсация вақтида қанча иссиқлик берган?

$$Q_1 = r \cdot 0,020 \text{ кг.}$$

2. Буғдан ҳосил бўлган сув совиганда қанча иссиқлик миқдори берган?

$$Q_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,020 \text{ кг} \cdot (100 - 42)^\circ \approx 4870 \text{ жс.}$$

3. Сув қанча иссиқлик миқдори олган?

$$Q_3 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,350 \text{ кг} \cdot (42 - 10)^\circ = 47000 \text{ жс.}$$

Буғнинг берган иссиқлик миқдори ва сувнинг конденсация вақтида олган иссиқлик миқдори калориметрдаги сувнинг олган иссиқлик миқдорига тенг бўлгани учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$r \cdot 0,020 \text{ кг} + 4870 \text{ жс} = 47000 \text{ жс}$$

ёки

$$r \cdot 0,020 \text{ кг} = 42130 \text{ жс}; r = 21 \cdot 10^5 \frac{\text{жс}}{\text{кг}}.$$

222. 15°C да олинган 10 кг музни буғга айлантириш учун қанча иссиқлик миқдори керак? Процесснинг тахминий графигини ясанг.

223. 100°C да олинган 200 г буғнинг конденсацияланиши ва кейин сувнинг музга айланишида қанча иссиқлик миқдори ажралади? Процесснинг тахминий графигини чизинг.

10-БОБ

ИССИҚЛИК МАШИНАЛАРИ

VII синфда ички ёниш двигатели ва турбинанинг тузилиши ҳамда ишлатиши ҳақидаги сифатга оид масалалар ечилади, шунингдек, газ ва буғнинг кенгайишда бажарган ишини,

машиналарнинг фойдали иш коэффициентини, ёқилғи сарфи ва ҳоказоларни ҳисоблашга доир осон ҳисоблаш масалалари ечилади. Энергия ўзгаришларига алоҳида эътибор бериш керак, бунда иссиқлик двигателининг механикавий иш бажариши ишчи жисм (буғ, газ) ички энергиясининг камайиши билан боғлиқ эканини кўрсатиш керак. Юқори синфларда такрорлаш вақтида советгич машиналарнинг ишлаш принципини кўрсатувчи бир неча масалани таништириш планида ечиш фойдалидир.

Бу темаларга доир масалалардан, иссиқлик бўйича аввал ўрганилган қатор тушунчаларни такрорлаш ва мустаҳкамлаш ҳамда ўқувчиларни политехник ўқитиш мақсадларида ҳам кенг фойдаланиш керак.

224. Цилиндрдаги сиқилган газ оғир поршенни кўтаради. Бунда газнинг ички энергияси ва температураси қандай ўзгаради?

225. Ёниш маҳсулотларининг температураси қаерда баяндроқ бўлади: ички ёнув двигателининг цилиндрдаги ёки чиқиш трубасида? Нима учун?

226.* Ички ёнув двигатели цилиндрида ишчи юриш вақтида кенгаювчи газларнинг бажарган ишини аниқланг, поршеннинг юзи $S = 200 \text{ см}^2$, поршеннинг йўли $h = 300 \text{ см}$, ишчи цилиндрдаги ўртача босим $p = 50 \text{ ат}$ деб олинг.

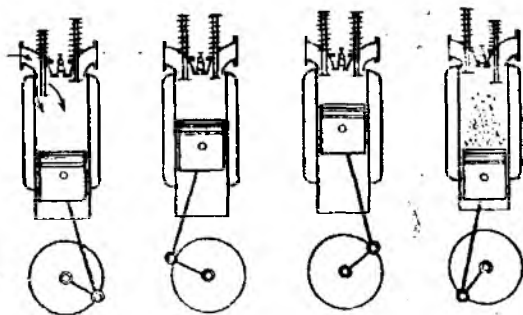
Ечилиши. $A = Fh$; $F = pS$; $A = pSh$.

$$p = 50 \text{ ат} = 5 \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2} = 5 \cdot \frac{9,8 \text{ н}}{0,0001 \text{ м}^2};$$

$$S = 200 \cdot 0,0001 \text{ м}^2; h = 0,30 \text{ м}.$$

$$A = \frac{5 \cdot 9,8 \text{ н} \cdot 200 \cdot 0,0001 \text{ м}^2 \cdot 0,30 \text{ м}}{0,0001 \text{ м}^2} \approx 3 \text{ кж}.$$

227. 33- расмдан фойдаланиб, агар биринчи цилиндрга ёнилғи аралашмасининг кириш процесси бораётган бўлса, бошқа цилиндрларнинг ҳар бирида қандай процесс бораётганини аниқланг.



33- расм.

228. Энг яхши ички ёнув двигателида ёнилғи сарфи соатига $0,18 \text{ кг.о.к.}$ га яқин бўлади. Бу қандай фойдали иш коэффициентига мос келади? Ёнилғининг ёниш иссиқлиги $q = 4 \cdot 10^7 \frac{\text{ж}}{\text{кг}}$.

Ечилиши. Қуввати 1 о. к. га тенг

бўлган двигателнинг 1 соатда бажарган иши

$$A_{\phi} = 736 \text{ вт} \cdot 3600 \text{ сек} \approx 2,64 \cdot 10^6 \text{ ж.}$$

$$\begin{aligned} \text{Сарф қилинган энергия } Q &= qm = 4 \cdot 10^7 \frac{\text{жс}}{\text{кг}} \cdot 0,18 \text{ кг} = \\ &= 7,2 \cdot 10^6 \text{ жс.} \text{ Фойдали иш коэффициенти } = \frac{A_{\text{фой}}}{A_{\text{сарф}}} \cdot 100 \% = \\ &= \frac{2,64 \cdot 10^6 \text{ жс}}{7,2 \cdot 10^6 \text{ жс}} \cdot 100 \% \approx 37 \%. \end{aligned}$$

229. Поршенли иссиқлик двигателидан турбинанинг қандай афзаллиги бор? Буг турбинасининг ишлашида бугнинг ички энергияси қандай ўзгаришини ўрганинг ва уни тушунтириб беринг.

11-БОБ

АТОМ.ТУЗИЛИШИ

Бу темага тегишли масалаларнинг кўпи сифатга оид масалалар бўлиши керак, чунки ўқувчилар атомлар тузилиши ҳақида фақат элементар маълумотлар оладилар, электростатикани ўрганишда эса улар Кулон қонунини ўрганмайдилар. Материалнинг бир қисмини умуман танишиш тариқасида ўрганилади. Атом тузилишига оид масалалар атомлар (водород, гелий, литий) моделларининг схемаларини чизишдан иборат бўлмоғи керак. Бу темада асосан электростатик масалалар ечилади, уларда электрон тасаввурлар ва электр майдони ҳақидаги тушунчадан фойдаланилади.

Шу нарсани таъкидлаб ўтиш керакки, бу ерда вазифа ечиладиган масалаларнинг сониди эмас, балки оз сонли масалаларни батафсил таҳлил қилиш, суҳбат шаклида масала шартларини тушунтиришдадир. Бу ўқувчиларнинг мантикий тафаккурини ривожлантириш учун ниҳоятда муҳимдир.

Масалаларнинг бир қисми электр майдони ҳақидаги тушунчани тасвирлашга бағишланган. Ўқувчиларга электр майдонининг аниқ илмий таърифи берилмайди, бироқ улар электр майдонининг асосий хоссаларини, унинг намоён бўлишини билишлари, энг асосийси электр майдонининг реал эканлигига ишонч ҳосил қилишлари керак.

Масалаларни таҳлил қилиш натижасида ўқувчилар жисмларнинг электрланиши, заряднинг бир жисмдан иккинчи жисмга ўзатилиши ва ҳоказоларни тушунтиришда электрон тасаввурлардан эркин фойдаланишлари керак.

Электростатик индукция ҳақидаги масалалар катта қизиқиш туғдиради. Уларни ечиш учун дастлаб зарядлар ўзаро таъсирининг улар орасидаги масофага боғлиқлиги ҳақидаги тушунча киритилади. Бу муносабатнинг характери сифат жиҳатдангина берилади: масофа қанча катта бўлса, куч шунча кам бўлади.

Ғузиев Шойимкул

Электр зарядининг бўлинишини кўрсатувчи Иоффе тажрибасига доир, шунингдек, атомларнинг ядро тузилишини исботловчи Резерфорднинг юлқа фольгада альфа зарраларнинг сочилишига доир масала ва машқлар берилмайди. Бу масалаларни ўқитувчининг ўзи ниҳоятда элементар равишда баён қилиб беради.

Электростатикадан қуйидаги мазмундаги масалалар ечилади.

230 (э). Эбонит таёқчани мовутга ишқаланг, сўнгра уни мовутга ўраб электрометрга маҳкамланган шар ичига солинг. Таёқчани мовутдан чиқариб олинг ва бунда стрелканинг нима учун оғаётганини тушунтиринг. Мовут ичига таёқчани қайта тиқиб, стрелканинг нима учун яна ноль вазиятга келганини тушунтиринг.

Бу масалаларнинг натижаларини муҳокама қилишда зарядлар йўқдан бор бўлмайди ҳам, йўқ бўлмайди ҳам, фақат бўлинадиган деган фикрни уқтириб ўтинг. Бунда ишқаланишда бир-бирига тегиб турган жисмларда катталиги жиҳатидан тенг, бироқ қарама-қарши ишорали зарядлар бўлади. Умумий заряд нолга тенг. Таёқчадаги заряд манфий, мовутдаги эса мусбат. Электрометр мовутдаги зарядни намоён қилади, бироқ табиийки мовут билан таёқча бирга турганида унинг кўрсатиши ноль бўлади.

Э с л а т м а. Тажириба учун шунингдек Главучтехпром томонидан шу мақсадда чиқариладиган икки электрлаштириш пластинкасида ҳам фойдаланиш мумкин.

231. Органик шишадан қилинган пластинкани жун матога ишқаланди. Пластинка қандай зарядга эга бўлади ва унинг пайдо бўлишини электрон назария асосида қандай тушунтириш мумкин?

Ж а в о б и. Юқорида шартлашилгандек, пластинканинг заряди мусбат бўлади. Бу демак, қисман электронлар пластинкадан мовутга ўтади, шунинг учун пластинкада электронлар етишмайди, мовутда эса улар ортиқча бўлади.

Электрон назария асосида олдинги масалада бўладиган ҳодисани тушунтириш фойдалидир. (Таёқчада электронлар ортиқча, мовутда эса етишмайди; таёқча ва мовут бирга қўйилганда электронларнинг етишмаслиги ҳам, ортиқчаллиги ҳам бўлмайди, таёқча ва мовутнинг умумий заряди нолга тенг бўлади.)

232. Электр майдонини биз кўрмаймиз, эшитмаймиз ва ҳоказо, чунки у бизнинг сезги органларимизга бевосита таъсир қилмайди. Электр майдонининг мавжудлигини қандай усуллар билан пайқаш мумкин? [23, №1162].

Ж а в о б и. Электр майдони шу майдонга киритилган электр зарядларига таъсир қилади. Электр майдони, масалан, зарядланган бузина шарчага ёки ипак ипга осиб қўйилган қоғоз гильзаларга таъсир қилганда уларнинг огишидан сезилади.

233. Ёшма-ён турган икки шгативда ипак ипларга енгил станиол гильзалар осилган. Бу гильзалардан бири манфий, иккинчиси мусбат зарядланди. Манфий зарядланган гильзада 3 млн. та электрон ортиқча, мусбат зарядланган гильзада эса 1 млн. та электрон етишмайди. Гильзалар қандай ўзаро таъсирда бўлади?

Жавоб и. Ҳар бир гильзанинг электр заряди бошқа гильза заряди ҳосил қилган электр майдони таъсирида бўлади. Электр майдонлари турли ишорали зарядлар томонидан ҳосил қилинган бўлгани учун гильзалар бир-бирига тортилади. Гильзалар бир-бирига тегса, зарядлар қисман нейтралланади. Бундан кейин умумий заряд манфий бўлади ва 2 млн. та электроннинг зарядига тенг бўлади. Гильзалар энди бир исмли зарядланган бўлиб, бир-бирини итаради.

Масаланинг счimini текшириб кўриш фойдалидир, бунинг учун иккала гильзани ишораси ва катталиги турлича бўлган зарядлар билан зарядлаб тажриба ўтказиш мумкин.

234 (э). Ингичка ипак ипда зарядланган қоғоз гильза осилган. Эбонит таёқча ва мовут парчасидан фойдаланиб, унинг зарядини аниқланг.

Ечилиши. Эбонит таёқчани мовутга ишқалаб, уни гильзага яқинлаштирилади. Эбонит таёқчанинг заряди манфий. Агар гильза таёқчага тортилса, у ҳолда унинг заряди мусбат, таёқчадан итарилса, унинг заряди манфий бўлади. Гильзанинг таёқчага тегишига йўл қўймаслик керак. Агар улар бир-бирига тегиб кетса, у ҳолда бўладиган ҳодисани ўқувчиларга тушутириш керак. Гильза билан таёқча бир-бирига текканда уларнинг зарядлари бир хил бўлиб қолади ва гильза ҳамма ҳолда ҳам таёқчадан итарилади. Ўқувчиларнинг электр майдони тушунчасини ишлатишлари жуда муҳим: таёқчанинг атрофида зарядланган гильзага таъсир қилиб, уни итарадиган ёки тортадиган электр майдони мавжуддир.

235 (э). Агар гильзага эбонит таёқчани эмас, балки таёқча ишқаланган матони яқин келтирилса, тажрибада нима ўзгаради (234- масаланинг шартига қаранг).

Жавоб и. Мато мусбат зарядланган. Агар гильза газламага тортилса, у ҳолда унинг заряди манфий, агар ундан итарилса, унинг заряди мусбат бўлади. Гильзага мусбат зарядланган мато атрофида мавжуд бўлган электр майдони таъсир қилади.

236 (э). Қўлингизга бирор металл предмет олинг ва уни мовутга ишқалаб, электрлашга ҳаракат қилинг. Электрланганлик сезилмайди. Металл предметларни умуман электрлаш мумкинми? Агар электрлаш мумкин бўлса, уни қандай амалга оширилади?

Жавоб и. Металл предметларни электрлаш мумкин. Бироқ бунинг учун бу предметлар Ердан яхшилаб изоляцияланган бўлиши керак. Бу ҳодисани изоляцияланган дастаси бўлган металл предметни мовутга ишқалаб кўрсатиш керак.

Агар электрланаётган металл предмет (изоляциясиз) қўлда ушланса, у ҳолда предмет одамнинг қўли ва танаси орқали Ерга улашиб қолади. Уни электрлаш, табиийки, мумкин эмас.

237 (э). Столга қоғоз бўлагини қўйинг ва уни мато билан ишқаланг. Қоғоз бўлаги электрланади. Унга юқоридан қўлингизни яқинлаштиринг. Қоғоз бўлагининг нима учун қўлингизга тортилишини тушунтиринг.

Жавоби. Электростатик индукция ҳодисаси рўй беради. Қўлнинг қоғоз бўлагига яқин томонида шу қоғоз зарядига тескари ишорали, ундан узоқ томонида эса қоғоз бўлаги заряди билан бир хил заряд ҳосил бўлади. Турли ишорали зарядлар бир хил ишорали зарядларга нисбатан бир-бирига яқинроқ бўлади ва шунинг учун тортишиш кучлари итаришиш кучларидан каттароқ бўлади ва қоғоз бўлаги қўлга тортилади.

Электростатик индукция ҳодисасини электрон назария нуқтаи назаридан тушунтиришни ўқувчилар билан муҳокама қилиш фойдалидир. Электрланувчи жисмда электр майдон кучлари таъсирида эркин электронларнинг силжиши рўй беради, бунинг натижасида жисмнинг бир учида электронлар етишмайди ва иккинчи учиде ортиқча бўлади.

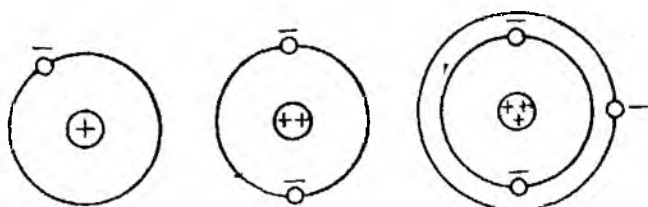
Охирида ўқувчилар билан атомларнинг ядро тузилиши муҳокама қилинади, энг содда атомларнинг схемалари чизилади.

238. Водород, гелий ва литийнинг мос равишда 1, 2 ва 3 электронга эга эканини назарга олиб, уларнинг атомлари схемасини чизинг.

Схемаларни чизишда (34- расм) ўқувчилар атомнинг ядроси шу ядро атрофида айланаётган барча электронларнинг манфий зарядига тенг мусбат зарядга эга эканлигини кўрсатишлари керак. Атомнинг умумий заряди нолга тенг.

Электронларнинг орбиталари доиравий қилиб тасвирланади. Орбиталарни эмас, балки электрон қатламларини тасвирлаш ҳам мумкин. У ҳолда водороднинг биринчи қатламида битта электрон, гелийникида иккита электрон бўлади. Биринчи қатламда максимум иккита электрон бўлиши мумкин. Шунинг учун литий атомида учинчи электрон иккинчи электрон қатламда бўлади.

Бундан мураккаброқ бўлган атомларнинг схемалари VII синфда қаралмайди.



Водород

Гелий

Литий

34- расм.

ТОҚ КУЧИ, КУЧЛАНИШ, ҚАРШИЛИҚ

Бу темага доир масалалар электр токи ва электр катталиклар (ток кучи I , кучланиш U ва қаршилиқ R) ҳақидаги тушунчаларнинг шаклланишига, шунингдек, ўқувчиларни мураккаб бўлмаган электр занжирларини ҳисоблашга ўргатиши керак. Асосий эътибор Ом қонунига тегишли ва ўтказгичлар қаршилигининг уларнинг материалига, геометрик ўлчамлари (узунлиги l ва кўндаланг кесим юзи S) га боғлиқлигини ҳисоблашга доир масалаларга, шунингдек, ўтказгичларнинг кетма-кет, параллел ва аралаш уланиш усулларини ўрганиб, уларга тегишли масалаларни ечишга қаратилади. Умумий қаршилиқни ҳисоблаш махсус усулларни талаб қиладиган мураккаб масалалар VII синфда кўрилмайди. Мураккаб занжирларга тегишли масалалар IX синфда ечилади.

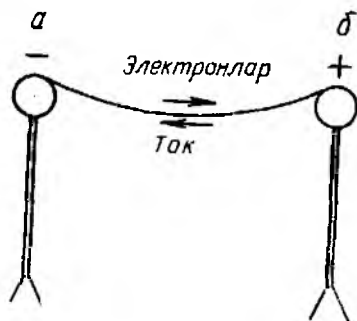
Политехник таълим бериш мақсадида электр схемаларини ўқиш, чизиш ва тузишга доир масалаларга ҳам катта эътибор берилади, бунда ГОСТ белгиларига амал қилишга алоҳида қаралади. Экспериментал масалалардан ўқувчиларда амалий, жумладан, ўлчаш малакалари ҳосил қилиш учун фойдаланилади.

1. Электр токи. Электр занжири

Электр токи электр зарядларининг электр майдонидаги ҳаракати деб таърифланади. Металл ўтказгичларда электр майдони кучлари таъсирида эркин электронлар ҳаракат қилишини уқтириб ўтиш жуда муҳим.

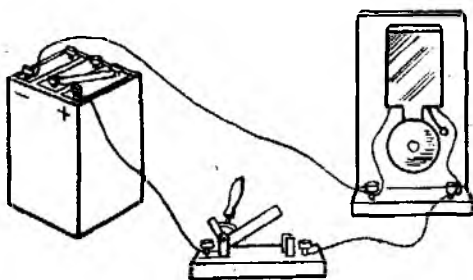
Фақат содда электр занжирларигина қаралади. Уларда электр манбаи сифатида электр токининг химиявий манбалари — гальваник элементлар ва аккумуляторлар олинади.

239 (э). Икки электроскопни турли исмли зарядлар билан зарядланг ва уларни МН-5 неон лампаси орқали металл ўтказгич билан уланг. Ўтказгич бўйлаб электронлар қайси йўналишда ҳаракатланади? Электр токининг йўналиши қандай? Нима учун лампочка фақат қисқа муддат чакнайдиган?



Таърибани муҳокама қилишда унинг чизмаси чизилади

35- расм.



36- расм.

(35- расм), электроскопнинг шарчалари орасида электр майдони мавжуд бўлиш ва унинг таъсирида металл ўтказгичда электронлар *a* дан *b* га ҳаракатланиши тушунтирилади. Токнинг йўналиши учун эса қарама-қарши йўналиш, яъни мусбат зарядлар ҳаракат қилиши керак бўлган йўналиш қабул қилинади,

бунда ток *b* дан *a* га томон оқади. Зарядларнинг ҳаракати узоқ давом этмайди, чунки улар электроскоплардаги зарядлар нейтраллашгунча ҳаракатланади.

240 (э). Неон лампасини электрофор машинанинг кондукторларига уланг ва машинани айлантиринг. Нима учун бу ҳолда лампа узоқ вақт ёнади?

Жавоби. Электрофор машина механикавий энергия ҳисобига ишлаётган вақтда зарядларнинг бўлиниши содир бўлади. Кондукторларда турли исмли зарядлар пайдо бўлади, шунинг учун лампадан ҳамма вақт ток ўтиб туради.

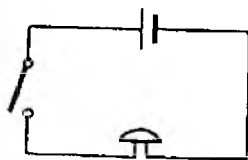
241. Дафтарингизга 36- расмда тасвирланган қурилманинг электр занжирини чизинг.

Қурилма демонстрация столида йиғилади ёки унинг тасвири ўқувчиларга алоҳида карточкаларда берилади, уларни эса фото тўғарагида ёки ҳаваскор фотограф ўқувчилар ёрдамида кўплаб тайёрлаш мумкин.

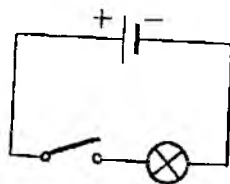
Электр занжирининг схемаси 37- расмда берилган.

242 (э). Схемага кўра (38- расм) электр занжирини йиғинг ва унда токнинг йўналишини кўрсатинг. Бу занжирда виключатель ва лампочканинг ўрнини алмаштириш мумкинми? Жавобингизни тажрибада текшириб кўринг.

Бу масаланинг ечилишини лаборатория ишига қўшимча фронтал эксперимент сифатида бериш мумкин. Занжирдаги ток ток манбаининг мусбат қутбидан манфий қутбига қараб йўналган. Ток манбаи клеммаларининг қутблилиги „+“ ва



37- расм.



38- расм.

ишоралар билан белгиланган. Бунда электронларнинг қарама-қарши томонга ҳаракатланишини таъкидлаб ўтиш керак.

Ўқувчилар элементлар электр занжирига кетма-кет уланганда бу элементларнинг уланиш тартибида фарқ бўлмаслигига ишонч ҳосил қилишлари керак. Включатель занжирнинг исталган жойида бўлиши мумкин.

243. Электр занжирининг ҳамма элементлари родини тушунтиринг: ток манбаи, истеъмолчи, уловчи симлар, включатель.

Занжирда қандай энергия айланишлари рўй беради?

Жавоби. Ток манбаи электр зарядларини иккига ажратади, бунинг натижасида ҳамма вақт электр токи мавжуд бўлади. Ток манбаида бирор энергия албатта электр энергиясига айланади. Токнинг химиявий манбаида химиявий энергия электр энергиясига айланади. Истеъмолчида электр энергияси ички энергияга (электр лампа) ёки механик энергияга (электр двигатель) айланади.

Симлар бўйлаб эркин электронлар ҳаракатланади ва включатель занжирни улайди ёки узайди.

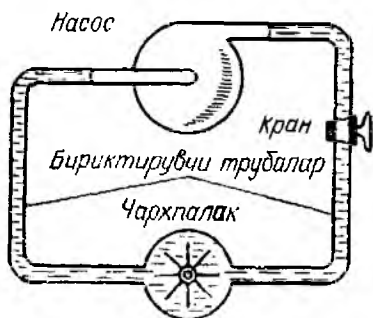
Ток манбаини зарядлар тўпланиб турган манба, ўтказгичларни эса „бўш труба“ бўлиб, улардан электронлар эркин оқади деб тасаввур қилишнинг нотўғри эканини ўқувчиларга тушунтириш керак. Бунда шундай берк система сифатидаги гидродинамик аналогияга ўрин бўлиши мумкин: ток манбаини насос билан, ўтказгичларни эса сув билан тўлган трубалар билан таққослаш мумкин (39- расм). Электр занжирдаги ток ҳаракатини тўхтатувчи включатель гидродинамик берк занжирдаги сув ҳаракатини тўхтата оладиган кран родини ўйнашини айтиш керак.

Ана шу гидродинамик аналогия ёрдамида электронларнинг бирор тезлик билан йўналишли ҳаракати ва электр токининг занжирдаги бир оқда тарқалиши орасидаги фарқни ҳам кўрсатиш мумкин.

Электр занжирини ўрганишда электр занжирлари билан ишлашда техника хавфсизлиги масалалари кўриладиган масалаларни ечиш фойдалидир. Биринчи навбатда изоляция қилишнинг зарурлиги масаласи кўрилиши керак.

244. Нима мақсадда электр симлари резинка, пластмасса, лак ва бошқа қатламлар билан қопланади, парафин суртилган қороз тўқималар билан ўралади?

Жавоби. Симларга тегилганда ток билан шикастланмаслик учун симлар изоляция қатламлари билан қопланади. Агар



39- расм.

симлар очик бўлса, қўл тегиб кетганда улардаги зарядлар одамнинг қўли ва танаси орқали ерга ўтади. Одам танаси орқали электр токи ўтиши маълум шароитларда одам ҳаёти учун ҳавфли оқибатларга олиб келиши мумкин.

Бундан ташқари устида изоляцияси бўлмаган симлардан амалда занжир тузиш ниҳоятда қийин, чунки бундай симлар бир-бирига тегиб кетиши ва қисқа туташув содир бўлиши мумкин. Натижада истеъмолчига ток бормай қолади.

245. Нима учун электромонтёрлар электр тармоқлари ва қурилмаларини ремонт қилаётганда қўлларига резинка қўлқоп, оёқларига резинка пойабзал кийиб оладилар ва резинкадан қилинган гиламчаларда туриб, дастаси пластмассада қилинган асбоблардан фойдаланадилар.

Жавоби. Электромонтёрлар электр тармоқлари ва қурилмаларини ремонт қилаётганларида симларнинг очик жойларига ва металл қисқичларга тегиб кетишлари мумкин. Шунинг учун улар электр токидан шикастланмаслик учун ё резинка қўлқоп кийиб ҳамда пластмасса дастали асбоблар ишлатиб сим ва қисқичлардан, ё резинка гиламчаларда туриб ердан изоляцияланган бўлишлари керак.

246. Эҳтиёсизлик натижасида изоляцияланмаган симга тегиб кетган ва электр токидан шикастланган одамни қутқариш учун нима қилиш керак (23, № 1230)?

Жавоби. Даставвал занжирни узиш керак. Бунинг учун рубильникни узиш, выключатели бураш зарур ва ҳоказо. Агар бирор сабабга кўра дарҳол бундай қилиш мумкин бўлмаса, шикастланган кишини очик сим ёки клеммадан ажратиб олиш керак. Бунда, албатта, ўзининг ҳавфсизлигини ҳам ўйлаш керак: сим ёки клеммага, унга тегиб турган кишига очик қўл билан тегиб бўлмайди. Бунинг учун ёп атрофида бўлган нарсалардан фойдаланиш мумкин: масалан, қўлни қуруқ ип газлама ёки жун газлама билан ўраб олиш мумкин. Шикастланган киши тоқдан ажратиб олингандан сўнг, унга медицина ёрдами кўрсатиш зарур.

2. Ток кучи

Маълумки, ток кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан 1 сек да ўтган электр миқдори билан аниқланади. Ўқувчилар ўтказгичнинг кўндаланг кесими тушунчасини қийинроқ ўзлаштирадилар. Бу тушунчаи чизмалар ёрдамида тушунтириш керак. Бу ерда ток кучи тушунчасининг моҳиятини тушунишга ёрдам берувчи гидродинамик аналогиядан фойдаланиш ҳам фойдали. Ўқувчиларнинг ток кучи ва кучланиш тушунчаларини аралаштириб юбормасликлари муҳимдир.

Ҳозирги вақтда ток кучининг „ампер“ бирлиги электр тоқининг магнит таъсиридан аниқланади. Бу таърифдан фойда-

ланиб, VII синфда масалалар ечиб бўлмайди, чунки токни ўтказгичларнинг ўзаро таъсирини ифодаловчи формула ҳали ўрганилмаган бўлади. Бу боғланиш фақат IX синфда ўрганилади. Ток кучи ва заряд бирликларини токнинг химиявий таъсирига кўра аниқлаш ҳозир амалда қўлланилмайди, шунинг учун электролит орқали электр заряди ўтганда ажралиб чиққан модда миқдорини ҳисоблашга доир масалаларни ечишга ўрин қолмайди. Бу масалаларга ҳам ўқувчилар IX синфда электролиз қонуниларини ўрганишда дуч келадилар.

Шундай қилиб, VII синфда ток кучи ва ток кучининг бирлиги тушунчаларини ўрганишда фақат $I = \frac{q}{t}$ ифода қўлланилган ҳисоблаш масалаларигина қолади.

Бу масалалар ўқувчилар учун қийинлик қилмайди. Буида фақат ҳисобларнинг тўғри бажарилиши ва ўқувчиларнинг I ва q нинг турли бирликлари (каррали ва улушли) орасидаги муносабатни тўғри ўзлаштиришларига аҳамият бериш зарур.

$I = \frac{q}{t}$ муносабатга доир ҳисоблаш масалалари даставвал маълум q ва t га кўра I ток кучини аниқлашдан иборат тўғри масалаларни ечишдан бошланади, сўнгра $q = It$ ва $t = \frac{q}{I}$ формулалар бўйича ҳам ечилади, лекин бу формулаларни ёдда сақлаш шарт эмас. Улар ҳар қандай конкрет ҳолларда асосий формуладан келтириб чиқарилади.

247. Кўндаланг кесимидан 1 минутда 48 к электр миқдори ўтадиган симдаги ток кучини ҳисобланг.

Ечилиши. Маълумки, $I = \frac{q}{t}$. Бу формулада q ни кулонларда, t ни эса секундларда олиш керак. Бинобарин, $I = \frac{48 \text{ к}}{60 \text{ сек}} = 0,8 \text{ а}$.

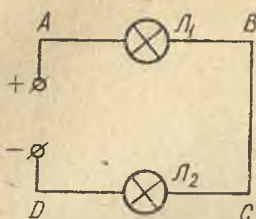
248. Асбоб орқали ўтаётган токнинг кучи 6 мка га тенг. Асбоб орқали 1 соатда қанча заряд ўтади?

Ечилиши. $I = \frac{q}{t}$ асосий формуладан: $q = It$. Зарядни кулонларда ҳисоблаш учун ток кучини амперларда, вақтни эса секундларда ифодалаш зарур. $I = 0,000006 \text{ а}$, $t = 3600 \text{ сек}$. Ҳисоблаймиз:

$$q = 0,000006 \text{ а} \cdot 3600 \text{ сек} \approx 0,022 \text{ к}.$$

249. Агар ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали 25 ма ток кучида 100 к электр заряди ўтган бўлса, ўтказгичда қанча вақт ток мавжуд бўлган?

Ечилиши. $I = \frac{q}{t}$ асосий формуладан: $t = \frac{q}{I}$. 25 ма токни амперларда ифодалаймиз, яъни $I = 0,025 \text{ а}$. Формулага $q = 100 \text{ к}$ ва $I = 0,025 \text{ а}$ қийматларни қўйиб, вақтни ҳисоблаймиз: $t = 4000 \text{ сек}$.



40- расм.

Ток кучи тушунчасини ўрганишда электр занжирларининг схемаларини чизиш ва „ўқиш“ машқларини давом эттириш керак. Амперметрнинг шартли равишда қандай фойдаланиши ва шунингдек, унинг электр занжирга қандай уланиши тушунтирилгандан сўнг, электр занжирларининг 40- расмда тасвирланган схемасига ўхшаш схемалар чизилади ва қуйида келтирилган типдаги бир-иккита масала ечилади.

250 (э). L_1 ва L_2 лампочкалардаги токни ўлчаш учун амперметрни қаерга улаш кераклигини схемада кўрсатинг (40- расм). Агар амперметр AB ва CD участкаларга уланса, у бир хил ток кучи кўрсатадими? Жавобингизни тажрибада текширинг.

Амперметр қайси истеъмолчидаги ток кучини ўлчаши керак бўлса, занжирга ўша истеъмолчи билан кетма-кет уланиши зарурлигини ўқувчилар мустақкам ўзлаштиришлари керак.

3. Кучланиш

Кучланиш тушунчаси VII синф ўқувчилари учун мураккаблик қилади. Масалалар ечиш уларга кучланиш энергетик таърифининг маъносини ўзлаштиришларига ёрдам бериши керак. Шу мақсадда дастлаб қуйидаги сифатга оид масалалар ечилади.

251. Иккита ўтказгичдан бирдай электр миқдори ўтди. Агар бир ўтказгичда бошқасига қараганда 3 марта кўп энергия ажралган бўлса, ўтказгичларнинг қайси бирида кучланиш катта бўлган?

Жавоб. Ўтказгичлардан айти бир заряд ўтганда қаерда кўп иш бажарилган бўлса, ўша ерда кучланиш катта бўлади.

Ушбу мулоҳазани кучланишнинг таърифи асосида ҳам, $U = \frac{A}{q}$ формуладан фойдаланиб ҳам юритиш мумкин. Ҳар ҳолда формуладан фойдаланмаган маъқул, чунки бу ҳолда формуладан дарҳол ва формал чиқариладиган жавобдан кўра масаланинг моҳиятини аниқлаш муҳимдир.

252. Занжирининг бир қисмида кучланиш 2 в. Бу нимани билдиришини тушунтиринг.

Жавоб. Занжирининг бу қисмида 1 к электр ўтганда 2 ж энергия ажралади.

Кучланишга доир ҳисоблаш масалалари $U = \frac{A}{q}$ формула бўйича ечилади. Биринчи навбатда маълум A ва q га кўра U ни топишга доир тўғри масалалар ечилади. Сўнгга бошқа маълум катталикларга кўра A ва q ни ҳисоблашга доир масалалар ҳам ечиш мумкин.

253. Занжирнинг бир қисмида 10 к заряд ҳаракатланиб, 1270 ж иш бажарган. Занжирнинг шу қисмидаги кучланишни аниқланг.

Ж а в о б и. $U = \frac{A}{q}$, яъни $U = \frac{1270 \text{ ж}}{10 \text{ к}} = 127 \text{ в.}$

254. Агар занжирнинг бир қисмида кучланиш 1000 в бўлиб, 25 к заряд ҳаракатланаётган бўлса, занжирнинг шу қисмида қанча иш бажарилади?

Ж а в о б и. Таърифга кўра $U = \frac{A}{q}$. Бундан $A = Uq$. Ҳисоблаймиз: $A = 1000 \text{ в} \cdot 25 \text{ к} = 25\,000 \text{ ж.}$

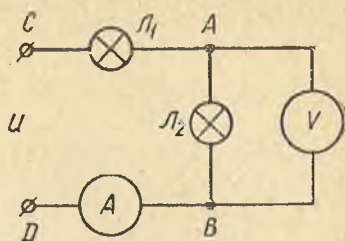
Шуни айтиб ўтиш керакки, $A = Uq$ ва $q = \frac{A}{U}$ формулаларни ўқувчилар ёдда сақлашлари шарт эмас. Бу формулаларни улар ҳар гал $U = \frac{A}{q}$ асосий формуладан топишлари керак, бу VII синф ўқувчилари учун яхши машқ бўлади.

Ўқувчиларни вольтметр билан таништиргандан сўнг қуйидагига ўхшаш масалалар ечилади.

255 (э). 41- расмда тасвирланган схема бўйича занжир тузинг.

- вольтметр қайси участкадаги кучланишни ўлчайди?
- L_1 лампадаги кучланиш қандай ўлчанади?
- агар вольтметр ток манбаининг қисқичларига уланса, унинг кўрсатишлари ортадими ёки камайдими?
- агар амперметр C ва A нуқталар орасига уланса, унинг кўрсатишлари ўзгарадими?

Ўқувчилар вольтметр занжирнинг қайси қисмидаги кучланишни ўлчаши керак бўлса, у ўша қисмнинг учларига улашиши зарурлигини билишлари керак. Бундан ташқари, келишилган шартга биноан, электр занжирларининг схемалари шундай тасвирланадики, унда уловчи симларда кучланиш тушиши рўй бермайди. Электр энергия ташқи занжирда фақат нагрузкадагина бошқа тур энергияга айланади. Кейинроқ электр занжирлари схемаларидаги уловчи симларнинг қаршилиги жуда кам бўлгани туфайли, уни назарга олинмаслигини айтиш мумкин.



41- расм.

4. Ўтказгичларнинг қаршилиги

VII синфда $R = \rho \frac{l}{S}$ муносабат ўрганилади. Қаршиликнинг температурага боғлиқлиги киритилмайди. Солиштирма қарши-

лик эса узунлиги 1 м ва кўндаланг кесим юзи 1 мм² бўлган материалнинг қаршилиги деб таърифланади:

$$[p] = \frac{0,1 \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Солиштира қаршилигининг СИ даги ўлчамлиги VII синфда қўлланилмайди.

Машқларни солиштира қаршилик тушунчасининг маъносини ойдинлаштиришга ёрдам берадиган масалаларни ҳал қилишдан бошлаш керак, сўнгра эса асосан ўтказгичларнинг қаршилиги ҳисобланадиган миқдорий ва сифатга оид масалаларга ўтилади.

256. $\rho_{\text{темир}} = 0,12 \frac{0,1 \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; $\rho_{\text{мис}} = 0,017 \frac{0,1 \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ деган ёзувлар нимани билдиради?

Ўқувчилар биринчи ҳолда узунлиги 1 м ва кўндаланг кесим юзи 1 мм² бўлган темир ўтказгичнинг қаршилиги 0,12 ом, иккинчи ҳолда эса худди шундай ўлчамли мис ўтказгичнинг қаршилиги 0,017 ом эканлигини тушунириб беришлари лозим.

ρ нинг моҳиятини тушунириб бўлгандан кейин сифатга оид масалалар ёрдамида ўтказгичнинг қаршилиги унинг узунлигига ва кўндаланг кесим юзига боғлиқ эканлиги, яъни $R \sim l$ ва $R \sim \frac{1}{S}$ боғланишлар аниқланади.

257. Материали ва кўндаланг кесим юзи бир хил бўлган иккита ўтказгичнинг қайси бирининг қаршилиги катта ва неча марта катта: узунлиги 10 м ва 15 м; 12 м ва 120 см; 15 км ва 150 м?

258. Материали ва узунлиги бир хил бўлган иккита ўтказгичнинг қайси бирининг қаршилиги катта ва неча марта катта: кўндаланг кесим юзи 5 см² ва 30 мм²; 10 мм² ва 25 см²?

259. Бир кесма симни иккига бўлиб, бу икки бўлак бири-бирига ўралди. Ўтказгичнинг қаршилиги қандай ўзгаради?

Жавоби. Ўтказгичнинг узунлиги 2 марта қисқарди, бунинг натижасида унинг қаршилиги 2 марта камайди. Бироқ, бундан ташқари унинг кўндаланг кесим юзи ҳам 2 марта ортди, бунинг натижасида унинг қаршилиги яна 2 марта камайди. Ўтказгичнинг умумий қаршилиги 4 марта камайди.

Сўнгра $R = \rho \frac{l}{S}$ муносабатга доир оддий ҳисоблаш масалаларини ечишга ўтилади.

260. Узунлиги 5 м ва кўндаланг кесим юзи 3 мм² бўлган темир ўтказгичнинг қаршилигини аниқланг.

Бу хилдаги биринчи масалани қўидагича мулоҳаза юритиб, арифметик ечиш керак: кўндаланг кесим юзи 1 мм² бўлган 1 м узунликдаги темир ўтказгичнинг қаршилиги 0,12 ом, 5 м узунликдаги симнинг қаршилиги бундан 5 марта кўп бўлади, яъни $0,12 \text{ ом} \cdot 5 = 0,6 \text{ ом}$; ўтказгич кўндаланг кесим юзи 3 мм² бўлганда, қаршилиги 3 марта камроқ бўлади, яъни $0,6 \text{ ом} : 3 = 0,2 \text{ ом}$.

сим юзининг 3 марта ортиши эса унинг қаршилигини 3 марта камайтиради, яъни $R = \frac{0,6}{3} \text{ ом} = 0,2 \text{ ом}$.

Ушбу мулоҳазани қисқа қилиб, жадвал кўринишида ёзиш фойдали:

$$1 \text{ м} - 1 \text{ мм}^2 - 0,12 \text{ ом};$$

$$5 \text{ м} - 1 \text{ мм}^2 - 0,12 \text{ ом} \cdot 5 = 0,6 \text{ ом};$$

$$5 \text{ м} - 3 \text{ мм}^2 - \frac{0,6}{3} \text{ ом} = 0,2 \text{ ом}.$$

Бу ерда сонлар билан арифметик амаллар бажарилади, уларнинг исмлари билан эса амаллар бажарилмайди.

Масала арифметик равишда ечилгандан кейингина унинг $R = \rho \frac{l}{S}$ формула бўйича счилиши кўрсатилади:

$$R = 0,12 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{5 \text{ м}}{3 \text{ мм}^2} = 0,2 \text{ ом}.$$

Бунда ўқувчиларнинг диққатини икки нарсага жалб қилиш керак. Биринчидан, масалаларни формулалардан фойдаланиб ечиш вақтни анча тежайди ҳамда қулай ва содда ёзилади.

Иккинчидан, бундай ечишда сонлар билан амаллар бажариш билан бирга исмлар билан ҳам амаллар бажарилади.

261. Кесим юзи $0,65 \text{ см}^2$ бўлган 5 км узунликдаги трамвай симининг қаршилиги топилсин.

Масала бундан аввалги масалага ўхшаш, бироқ бунини ечишда бирликларнинг тўғри танланишига аҳамият бериш керак. Симнинг узунлигини, албатта, метрларда, кўндаланг кесим юзини эса мм^2 ларда ҳисоблаш керак.

$$\text{Жавоби. } R = \frac{0,017 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{5000 \text{ м}}{65 \text{ мм}^2} \simeq 1,3 \text{ ом}.$$

Бу масалалар ўқувчилар учун унчалик қийин эмас, шунинг учун улардан бир нечтасинигина ечиш етарли. Берилган барча масалаларни ечавериш шарт эмас, чунки $R = \rho \frac{l}{S}$ муносабат занжирнинг бир қисми учун Ом қонунини ўрганилгандан кейин анча мураккаб комбинацион масалаларни ечишда яна ишлатилади.

Хар ҳолда ρ , l ва S га кўра R ни топишга оид тўғри масалаларни ечгандан кейин $R = \rho \frac{l}{S}$ муносабатдан ρ ёки l , S ни топишга оид масалалар ҳам ечиш керак.

262. Кўндаланг кесим юзи 10 мм^2 бўлган алюминий симининг қаршилиги $0,032 \text{ ом}$ га тенг бўлиши учун унда қандай узунликда олиш керак?

Бу хил масалаларнинг ечилишида бирликлар танлашни ҳисобга олмаганда, ўқувчилар дуч келадиган асосий қийинчилик $R = \rho \frac{l}{S}$ формула билан математик амаллар бажаришдир. Тегишли ўзгартиришларни доскада бажариб ва тушунтириб бунга

аҳамият бериш керак ҳамда ҳамма ўқувчиларнинг ўзгартиришларини мустақил бажаришларини кузатиб бориш керак.

Жавоб и. $l = \frac{RS}{\rho}$; $\rho = 0,032 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; $l = 10 \text{ м}$.

Олинган жавобларни мантиқий равишда тақрибий текширишга ҳам аҳамият бериш керак. Бундан шундай „қўпол“ текширишдан фойдаланиш мумкин. $\rho = 0,32 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ва $R = 0,032 \text{ ом}$ қийматлар 1 мм^2 дан катта кесимга тегишли бўлгани учун симнинг узунлиги 1 м дан ортиқ бўлиши керак, ҳақиқатан ҳам шундай.

Шунга ўхшаш ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзини $S = \frac{\rho l}{R}$ формуладан, солиштирма қаршилигини $\rho = \frac{RS}{l}$ формуладан аниқлаш мумкин. l, S ва ρ ни аниқлаш формулаларини ўқувчилар ёдда тутишлари шарт эмас.

Масалалар ечишда асбобларнинг, хусусан, реостатларнинг паспорт маълумотларидан фойдаланиш ҳам фойдалидир.

263. Реостат таблицасида 30 ом , 3 а деган ёзув бор. Бу нимани билдиради? Занжирга уланган чулғамнинг қаршилиги тахминан қандай? Қаршилиқни қандай кўпайтириш (камайтириш) мумкин? Занжирга уланган реостатнинг қаршилиги ортганини (камайтганини) қандай билиш мумкин? Бу масалани экспериментал масала сифатида ҳам қўйиш мумкин.

Ўқувчилар реостат 0 дан 30 ом гача қаршилиқка эга деб жавоб беришлари керак. Реостат қаршилигининг катталиги унинг сургичини силжитиб ўзгартирилади. Бунда занжирга уланган реостат чулғам симининг узунлиги ўзгаради. Кучланиш ўзгармас бўлганда ($U = \text{const}$) қаршилиқ орттирилса, занжирдаги ток кучи камаёди. Реостатнинг R қаршилиги камайганда эса I ток кучи ортади.

Ток кучи 3 а дан ортиқ бўлмаслигини уқтириб ўтиш керак. Акс ҳолда реостат чулғамлари қаттиқ қизиб, куйиб кетади.

5. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

$I = \frac{U}{R}$ муносабатга доир масалалар аввал машқ тарзида оғзаки ечилади.

264. Ўтказгичдаги ток кучини қандай қилиб икки марта камайтириш мумкин?

Жавоб и. Агар $R = \text{const}$ бўлса, у ҳолда ўтказгичдаги ток кучини 2 марта камайтириш учун U кучланишни 2 марта камайтириш керак. Агар $U = \text{const}$ бўлса, занжирнинг қаршилигини 2 марта орттириш керак.

265. Реостатдаги кучланиш икки баробар орттирилди, унинг қаршилиги эса 3 марта камайтирилди. Реостатдаги ток қандай ўзгарди?

Жавоби. Занжирдаги ток кучи 6 марта ортди.

266. Масалани оғзаки ечинг:

а) $U = 20 \text{ в,}$ $R = 10 \text{ ом,}$ $I = ?$

б) $I = 10 \text{ а,}$ $R = 5 \text{ ом,}$ $U = ?$

в) $I = 5 \text{ а,}$ $U = 15 \text{ в,}$ $R = ?$

Масаланинг шартда берилган I , U ва R нинг қийматларини доскага ёзиб қўйган маъқул, чунки уни хотирада сақлаб бўлмайди. Ўқувчилар биринчи ҳолда $I = \frac{U}{R}$ ток кучини, иккин-

чи ҳолда $U = IR$ кучланишни ва учинчи ҳолда $R = \frac{U}{I}$ қаршилиқни оғзаки аниқлашлари керак. Ўқувчилар фақат $I = \frac{U}{R}$ формулани ёдда сақлашлари керак, бошқаларини эса ана шу асосий формуладан чиқарадилар. Улар аста-секин U ва R ни аниқлаш формулаларини ҳам эсда сақлаб қоладилар.

Жавоби. а) $I = 2 \text{ а;}$ б) $U = 50 \text{ в;}$ в) $R = 3 \text{ ом.}$

Шундан кейин мураккаброқ ҳисоблаш масалалари ечилади.

267. Масалани ечинг:

а) $R = 2 \text{ Мом,}$ $U = 350 \text{ в,}$ $I = ?$

б) $I = 10 \text{ а,}$ $R = 10 \text{ ком,}$ $U = ?$

в) $I = 15 \text{ ма,}$ $U = 30 \text{ кв,}$ $R = ?$

Бу масалалар Ом қонуни формуласини мустаҳкамлаш ва ундан керакли катталикларни топиш малакаларини ҳосил қилишдан ташқари, ўқувчиларни ток кучи, кучланиш ва қаршилиқнинг турли бирликлари билан таништириш ҳамда уларни бир масштабдан иккинчи масштабга ўтказишни машқ қилдиришга хизмат қилади.

Жавоби. а) $I = 0,175 \text{ ма;}$ б) $U = 100 \text{ кв;}$ в) $R = 2 \text{ Мом.}$

Шунингдек, асбобларнинг паспорт маълумотларидан фойдаланишга оид масалалар ҳам фойдалидир.

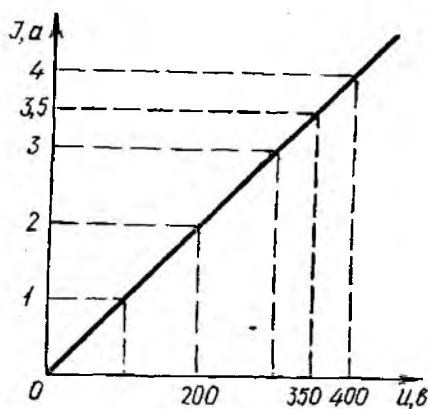
268 (э). Чўнтак фонари лампочкасининг цоколидаги ёзилган маълумотлардан фойдаланиб, лампочканинг қаршилигини топинг.

Ечилиши. Лампочка олиб, унинг цоколида 3,5 в; 0,28 а деган ёзувлар ўқилади.

Ом қонунига кўра $I = \frac{U}{R}$, бундан $R = \frac{U}{I}$. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$R = \frac{3,5 \text{ в}}{0,28 \text{ а}} = 12,5 \text{ ом.}$$

Агар масала синфда ечилса, ўқувчиларга керакли маълумотларни ўзлари топишлари учун лампочка улашиш керак.



42- расм.

Масаланинг биринчи қисмини ечиш учун U нинг бирор қиймати олинади ва графикдан бунга мос келувчи I нинг қиймати топилади. Ўтказгичнинг қаршилиги $R = \frac{U}{I}$ формуладан аниқланади. Ушбу ҳолда $R = 100$ ом. Масаланинг иккинчи саволига жавоб бериш учун графикдан $I = 3,5$ а қиймат олинади ва унга мос келувчи 350 в кучланиш топилади. Жавобни ҳисоблаб текшириш фойдалидир:

$$U = IR = 3,5 \text{ а} \cdot 100 \text{ ом} = 350 \text{ в}.$$

Охирида $I = \frac{U}{R}$ ва $R = \rho \frac{l}{S}$ муносабатлардан фойдаланиладиган комбинацион масалалар ечилади. Бу масалаларни иложи борица аналитик метод билан ечган маъқул, чунки бунда ўқувчилар улар билан аста-секин таниша борадилар.

270. Узунлиги 100 м, қўндаланг кесим юзи $0,5 \text{ мм}^2$ бўлган мис симнинг учларига 6,8 в кучланиш берилган. Ундан ўтаётган ток кучини аниқланг.

Ечилиши. $I = \frac{U}{R}$. U маълум. R қаршиликни $R = \rho \frac{l}{S}$ формуладан топамиз. Ҳисоблашларни босқичма-босқич олиб бориш мумкин: дастлаб R , сўнг I ҳисобланади. Умумий формулани чиқариш мумкин: $I = \frac{US}{\rho l}$. Агар ҳамма маълумотларни масаланинг шартидан миснинг солиштира қаршилигини эса жадвалдан $\rho = 0,017 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ олиб ҳисоблашни бажарсак, $I = 2$ а ни ҳосил қиламиз.

271. 110 в кучланиш ва 6 а ток кучига мўлжалланган электр плитканинг қиздиргич элементини тайёрлаш учун қўндаланг кесими $0,1 \text{ мм}^2$ бўлган никелин симдан қанча олиниши керак?

Ечилиши. $R = \rho \frac{l}{S}$, бундан $l = \frac{RS}{\rho}$. l ни аниқлаш учун R ни билиш зарур. Уни $R = \frac{U}{I}$ Ом қонунидан топамиз. Охирги формула $l = \frac{US}{I\rho}$ бўлади. Олдинги масалалаги сингари ҳисоблашларни ё босқичма-босқич, ё умумий формуладан фойдаланган ҳолда олиб бориш мумкин. Жадваллардан $\rho_{\text{шикелин}} = 0,4 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ эканини топамиз.

Ҳисоблашлар

$$l = \frac{110 \cdot 0,1 \frac{\text{мм}^2}{\text{мм}^2}}{6 \cdot 0,4 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}} \approx 4,6 \text{ м}$$

6. Ўтказгичларни улаш

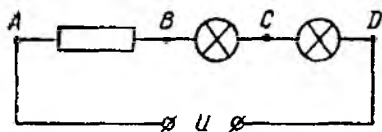
Ўтказгичларни улаш темаси энди VII синфда ўтилади. Шунинг учун бунда ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улашга доир кўплаб масалалар ечиш зарур. Юқори синфларда бу масалалар фақат такрорланади ва бирмунча мураккаб занжирларнинг қаршиликларини ҳисоблашга доир масалалар ечилади.

Ўқувчиларни электр занжирларининг схемаларини таҳлил қилишга ва параллел уланишлар бўлган ҳолда тармоқланиш нуқтасини топишга ўргатиш муҳимдир. Ўқувчилар эквивалент схемалар, яъни ўтказгичларнинг уланиши кўзга яққол ташланиб турадиган схемалар чизишга ўрганишлари керак. Бунинг учун занжирнинг бир қисқичидан иккинчисигача бўлган барча қисмларини синчиклаб қараб чиқиш ва схемани содaroқ кўринишда чизиш керак.

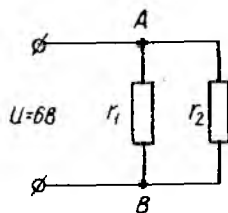
Масалалар ечиш ўтказгичларнинг кетма-кет уланишига доир масалаларни ечишдан бошланади, сўнгга ўтказгичларни параллел ва аралаш уланишига доир масалалар кўрилади.

Занжирдаги барча қаршиликларни R_1, R_2, R_3 ва ҳ. к. сон индекслари бўлган R ҳарфи билан ифодалаш мумкин. Ўтказгичлар уланган барча нуқталарни A, B, C, D ва ҳ. к. ҳарфлар билан ифодалаш мумкин, бунда занжир қисмларининг қаршиликлари мос равишда R_{AB}, R_{BC}, R_{CD} ва ҳ. к. билан белгиланади. Кўп ҳолларда ана шу кейинги усул қулайроқ бўлади. Шунинг учун масалалар ечишда ўтказгичларни уланган нуқталарини ҳарфлар билан белгилаш тавсия қилинади. Бунинг афзаллиги, айниқса, ўтказгичлар параллел ва аралаш уланган ҳолларда яхши сезилади.

272. Электр занжирига қаршилиги 5 ом бўлган резистор ва қаршиликлари 0,25 ом дан бўлган иккита лампа кетма-кет уланган. Занжирнинг умумий қаршилигини аниқланг.



43- расм.



44- расм.

Масалани ечиш схема чизишдан бошланади (43- расм). Резистор ва лампаларнинг уланиш нуқталари A, B, C, D ҳарфлар билан белгиланади. Занжирнинг умумий қаршилиги $R_{AD} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = 5 \text{ ом} + 0,25 \text{ ом} + 0,25 \text{ ом} = 5,5 \text{ ом}$.

273. Қаршиликлари $r_1 = 5 \text{ ом}$ ва $r_2 = 30 \text{ ом}$ бўлган иккита резистор 6 в кучланишли ток манбаининг қисқичларига 44- расмда кўрсатилгандек уланган. Занжирнинг барча қисмларидаги ток кучини аниқланг.

Ечилиши. Токнинг тармоқланиш нуқталарини A ва B ҳарфлар билан белгилаймиз. Занжирдаги умумий ток

$$I_0 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}.$$

Уловчи симлар, шартлашилганимиздек, қаршиликка эга эмас. R_{AB} нинг катталигини ўтказгичларни параллел улаш формуласи $\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$ дан толамиз. Ана шу формуланинг ўзига сон қийматларни қўйиш мумкин, чунки қаршиликлар сони иккитадан ортиқ бўлганда бу формуладан R_{AB} катталики яққол чиқариб олиш айниқса ўқувчилар учун қийинлик қилади. Қаршиликлардаги токларни I_1 ва I_2 билан белгилаймиз. Бу токларни занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни бўйича аниқлаймиз:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{r_1} \text{ ва } I_2 = \frac{U_{AB}}{r_2}.$$

Ҳисоблашлар қуйидаги қийматларни беради:

$$R_{AB} \approx 4,3 \text{ ом}, I_0 \approx 1,4 \text{ а}, I_1 \approx 1,2 \text{ а}, I_2 = 0,2 \text{ а}.$$

Ечимнинг тўғрилигини

$$I_0 = I_1 + I_2.$$

тенгликдан текшириш мумкин.

Бу масалада R_{AB} ни изламай, балки I_1 ва I_2 токларни

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{r_1}, \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{r_2}$$

формулалардан таъбиб, сўнгра умумий

$$I_0 = I_1 + I_2$$

токни топиш осонроқ бўлади.

Ўтказгичлар аралаш ёки анча мураккаб уланган ҳолларда $R_{\text{умум}}$ ни излаш керак. Шунинг учун бу масалани ҳам узоқроқ бўлсада, ана шу йўл билан ечган маъқул.

Натижада ўтказгичларнинг уланишига доир масалаларни ечишнинг маълум алгоритми ҳосил бўлади.

274. Агар ўтказгичлар 45- расмда кўрсатилгандек уланган бўлса, занжирнинг тўла қаршилиги ва ҳар бир ўтказгичдаги токни аниқланг. $r_1 = 1 \text{ ом}$, $r_2 = 2 \text{ ом}$, $r_3 = 3 \text{ ом}$, $U_{AC} = 11 \text{ в}$ деб олинг.

Ечилиши. Занжирнинг BC қисмида қаршиликлари r_2 ва r_3 бўлган иккита ўтказгич параллел уланган. Занжирнинг умумий қаршилиги

$$R_{AC} = R_{AB} + R_{BC}; R_{AB} = r_1, \frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

бўлади.

Занжирдаги ток кучи

$$I_0 = \frac{U_{AC}}{R_{AC}}$$

Бу ток r_1 қаршиликли ўтказгич орқали оқмоқда. BC параллел уланишнинг тармоқларидаги ток кучини топиш учун дастлаб $U_{BC} = I_0 R_{BC}$ кучланишни, кейин эса

$$I_2 = \frac{U_{BC}}{r_2}, \quad I_3 = \frac{U_{BC}}{r_3}$$

токларни ҳисоблаш керак.

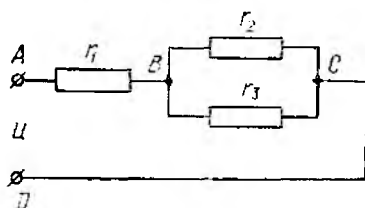
Ҳисоблашлар қуйидаги қийматларни беради: $R_{BC} = 1,2 \text{ ом}$, $R_{AC} = 2,2 \text{ ом}$, $I_0 = 5 \text{ а}$, $U_{BC} = 6 \text{ в}$, $I_2 = 3 \text{ а}$ ва $I_3 = 2 \text{ а}$.

Шу нарсани қайд қилиб ўтамызки, VII синфда бу масалани ечиш фақат занжирнинг бир қисми учун Ом қонунига асосланади. IX синфда I_2 ва I_3 токларни қуйидаги тенгламалардан топиш мумкин: $I_0 = I_1 + I_2$,

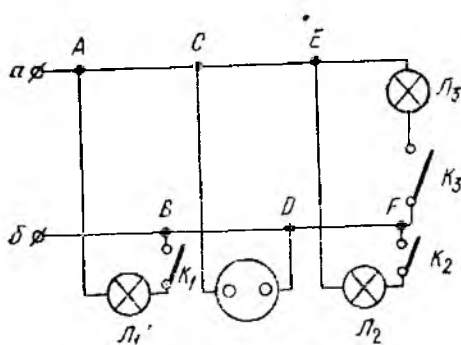
$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{r_3}{r_2}.$$

U_{BC} кучланишни топмаса ҳам бўлади.

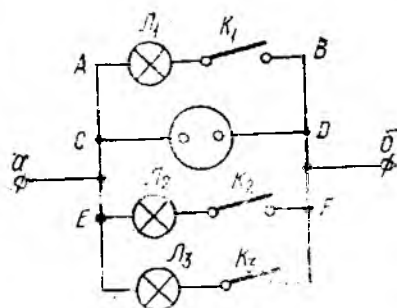
Ўтказгичларни аралаш улаш қараб чиқилгандан сўнг схемаларидан ўтказгичлар қандай уланганлиги равшан кўринмайдиган реал занжирларни анализ қилиш ва ҳисоблашга ўтиш



45- расм.



46- расм.



47- расм.

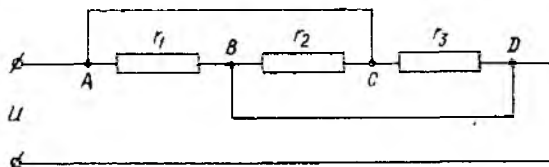
мумкин. Бундай ҳолларда эквивалент деб аталувчи схемалар чизилади.

275. Уйингизда ўтказилган электр симларининг схемасини чизинг. Истеъмолчилар қандай уланганини аниқланг ва шу занжирнинг эквивалент схемасини чизинг.

Ечилиши. Айтайлик, ўқувчи 46- расмда кўрсатилган схемани чизган бўлсин. Симларнинг уланиш нуқталарини A, B, C, D, E ва F ҳарфлар билан белгилаймиз. Уловчи симларнинг қаршилиги жуда кичик деб ҳисоблаб, уларни назарга олмаймиз ва истеъмолчиларнинг қандай уланганини аниқлаймиз. Ҳамма истеъмолчилар параллел уланган. Занжирнинг эквивалент схемасини чизамиз. Бунинг учун токнинг a нуқтадан b нуқтагача бўлган йўлини қараб чиқамиз. A, C ва E нуқталарни бир тармоқланиш нуқтаси билан, B, D, F нуқталарни эса бошқа тармоқланиш нуқтаси билан алмаштириш мумкин. Занжирда паралел тармоқлар тўртта. Эквивалент схемани одатдаги кўринишда чизамиз, бунда барча истеъмолчиларни равшан кўриниб турган параллел тармоқларда жойлаштирамиз (47- расм).

276*. Схемаси 48- расмда ифодаланган занжирдаги ҳар бир резистор орқали ўтаётган токни аниқланг. Қисқичлардаги кучланиш 6 в , резисторларнинг қаршилиги $r_1 = r_2 = r_3 = 6 \text{ ом}$.

Ечилиши. Резисторлар қандай уланганини дарҳол айтиб бўлмайди. Бироқ занжирнинг эквивалент схемаси тузилса (49- расм), резисторларнинг параллел уланганини кўриш мум-



48- расм.

кин. Энди масалани ечиш мураккаб эмас:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U}{r_1} = \frac{U}{r_2} = \frac{U}{r_3}, \quad \text{яъни}$$

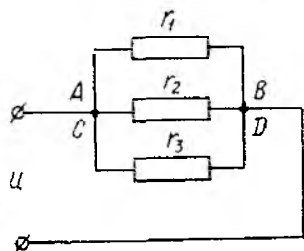
$$I_1 = I_2 = I_3 = 1a.$$

Занжирдаги умумий ток:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 = 3a.$$

Бу умумий токни Ом қонунига қўра ва $R_{\text{умум}} = \frac{r_1}{3}$ орқали аниқлаш мумкин. У ҳолда

$$I_0 = \frac{U}{R_{\text{умум}}}, \quad \text{яъни } I_0 = \frac{6\text{ в}}{2\text{ ом}} = 3a.$$



49- расм.

13- БОБ

ТОҚНИНГ ИШИ ВА ҚУВВАТИ

Бу темада асосан электр токининг иши ва қуввати, токнинг иссиқлик таъсири ва электр иситгич асбобларига доир масалалар қаралади. Бу масалаларнинг ҳаммаси энди фақат VII синфда ўрганилади, ўқитишнинг II босқичида эса такрорланади, холос. Бу нарсa ўқитувчидан анча куч талаб қилади.

Масалаларни СИ системасида ечган маъқул, чунки бунда иш, қувват ва иссиқлик миқдори бирликларида хато кам бўлади. Ўқувчилар жоуль, ватт, гектоватт ва киловатт каби бирликлар билан амаллар бажара олишлари керак. Кўпинча қувватнинг гектоватт-соат ва киловатт-соат бирликлари устида тушунмовчиликлар бўлади. Масалалар ечишда бунга аҳамият бериш керак.

Ишни электр майдони бажаради, бироқ кўпинча электр токининг бажарган иши деб гапирилади. Бунга ҳам аҳамият бериш керак.

Масалалар ечишда ўқувчилар токнинг иши ва қувватини, ўтказгичда ажралган иссиқлик миқдорини ҳисоблаш малакаларини ҳосил қилишлари ҳамда электр энергияси нархини ҳисоблашни ўрганишлари керак. Ўқувчилар токнинг бажарган ишини, қувватини ҳамда ўтказгичдан ток ўтганда унда ажраладиган иссиқлик миқдорини ҳисоблашнинг $A = IUt$, $P = IU$ ва $Q = I^2Rt$ (ж) асосий формулаларини мустаҳкам билиб олишлари керак.

Бошқа ҳамма формулалар занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни ёрдамида асосий формуладан чиқарилади. Бу ҳосилла-вий формулалар ўқувчилар ёдида қолиши шарт эмас.

Иссиқлик миқдорини калорияларда ҳисобламаслик керак.

„Токнинг иши ва қуввати“ темасида экспериментал масалалар қарашга ва ечишга имконият жуда катта. Бу ўз-ўзидан тушунарли: чўғланиш электр лампалари, майший рўзгор асбоблари, электр счётчикларни намойиш қилиш қийин эмас, уларнинг кўрсатишларини ёзиб олиб ҳамда паспортларидаги маълумотлардан фойдаланиб, керакли катталикларни топиш мумкин.

1. Токнинг иши ва қуввати

Дастлаб электр токининг иши ва қувватини ҳисоблаш формулаларини ўрганиш ҳамда ўлчов бирликларини эсда сақлаш учун машқ масалалари ечилади.

277. Чўнтак фонари лампочкасининг кучланиши 4,0 в, ток эса 250 ма бўлса, электр токи лампочкада 10 мин да қанча иш бажаради?

Ечилиши. Токнинг иши $A = IUt$, бу ерда I ток кучи амперларда, U кучланиш вольтларда, t вақт эса секундларда олинади. Ҳисоблашлар бажариб, токнинг иши учун $A = 0,250 \text{ а} \cdot 4 \text{ в} \cdot 600 \text{ сек} = 600 \text{ ж} = 0,6 \text{ кж}$ қиймат олинади.

278. Қаршилиги 24 ом бўлган электр асбоби 3 соат 110 в кучланишда ишлаган. Асбобнинг қувватини ва ишини аниқланг.

Ечилиши. Қувватнинг формуласи $P = IU$, бироқ масаланинг шартида I ток билан U кучланиш эмас, балки U кучланиш билан электр асбобиининг R қаршилиги берилган. Ом қонунига биноан занжирнинг бир қисми учун $I = \frac{U}{R}$ ни топа-миз, у ҳолда $P = \frac{U^2}{R}$. Ҳисоблашлар қуйидаги қийматни беради:

$$P = \frac{120 \text{ в} \cdot 120 \text{ в}}{24 \text{ ом}} = 600 \text{ вт} = 0,6 \text{ кВт}.$$

Токнинг иши: $A = IUt = Pt$, яъни $A = 600 \text{ вт} \cdot 3600 \text{ сек} = 6480000 \text{ ж} = 6480 \text{ кж}$.

Келгусида электр энергиясининг нархини ҳисоблаш учун токнинг ишини жоулларда эмас, балки киловатт-соатларда ($\text{квт} \cdot \text{соат}$) ифодалаш керак. Буни икки йўл билан қилиш мумкин:

а) $1 \text{ квт} \cdot \text{соат} = 3600000 \text{ ж}$ эканлиги маълум. Бундан $A = 6480000 \text{ ж} = 1,8 \text{ квт} \cdot \text{соат}$ эканини ҳисоблаб чиқариш осон;

б) токнинг киловатт-соатларда ҳисобланган A иши кило-ваттларда ҳисобланган P қувватнинг соатларда ҳисобланган t вақтга қўпайтмасига тенг. Бинобарин, $A = 0,6 \text{ квт} \cdot 3 \text{ соат} = 1,8 \text{ квт} \cdot \text{соат}$.

Масалалар ечишда, юқорида айтганимиздек, ўқувчиларни турли асбобларнинг (масалан, кавшарлагичлар, плиталар, дазмоллар, пилесослар, холодильниклар ва ҳоказоларнинг) пас-

портларидаги маълумотларини топиш ва улардан фойдаланишга ўргатиш керак. Амалий характердаги, масалан, электр асбобининг қуввати ва у мўлжалланган кучланишга кўра унинг қаршилигини топиш, гирлянддаги лампочкалар сонини аниқлаш ва шунга ўхшаш масалаларни киритиш ҳам фойдалидир. Бундай масалаларнинг намуналарини қуйида келтирамиз.

279. Лампочканинг баллонга ёки цоколида ёзилган қувват ва кучланиш ҳақидаги маълумотлардан фойдаланиб, лампочка тўла чўлганганда ток кучини ва унинг қаршилигини топинг.

Ечилиши. Лампанинг қуввати $P = 96 \text{ вт}$ бўлиб, $U = 127 \text{ в}$ кучланишга мўлжалланган бўлсин. Қувват $P = IU$, бундан $I = \frac{P}{U}$. Қаршилиқ $R = \frac{U}{I}$ формуладан аниқланади. Лампанинг қаршилигини аввал I ток кучини топмасдан ҳам биратўласи топиш мумкин. Ҳақиқатан ҳам: $P = IU$, $I = \frac{U}{R}$. Бундан $P = \frac{U^2}{R}$ ва $R = \frac{U^2}{P}$ ни ҳосил қиламиз. Бу масалада биринчи ечим соддароқ. Қийматларни қўйиб ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{96 \text{ вт}}{127 \text{ в}} \approx 0,76 \text{ а}, \quad R = \frac{127 \text{ в}}{0,756 \text{ а}} \approx 170 \text{ ом}.$$

280. Бир хил кучланишга мўлжалланган турли қувватли икки лампадан қайси бирининг қаршилиги катта бўлади?

Ечилиши. Аввалги масалада $P = \frac{U^2}{R}$ эканини кўрсатган эдик. Бинобарин, $R = \frac{U^2}{P}$. Кичик қувватли лампанинг қаршилиги катта экан.

Масалани сифатга оид оғзаки масала сифатида ҳам бериш мумкин, бироқ у ҳолда масалани $R = \frac{U^2}{P}$ формула бўйича ечиш жуда қийин бўлади. Бунда қуйидагича мулоҳаза юритиш мумкин.

Қувват U кучланишга ва I ток кучига пропорционал. Биринчи лампанинг қуввати иккинчи лампанинг қувватидан кичик бўлсин. Айни бир кучланишда биринчи лампадаги ток кучи иккинчи лампадаги ток кучидан кичик бўлиши керак. Табиий, биринчи лампанинг қаршилиги иккинчисиникидан катта. Демак, кам қувватли лампа катта қаршилиққа эга деган аниқ хулосага келамиз. Бу ерда ўқувчилар билишлари зарур бўлган $I = \frac{U}{R}$ ва $P = IU$ асосий муносабатлардангина фойдаланилган.

281. Янги йил арчасини безатиш учун қуввати 15 вт ҳамда 12 в кучланишга мўлжалланган лампочкалардан шода тайёрлаш керак. Тармоқнинг кучланиши 120 в бўлса, бундай лампочкалардан нечта олиш мумкин? Шоданинг қуввати қандай бўлади?

Ечилиши. Шода лампалари кетма-кет уланади. Барча лампалар бир хил бўлгани учун уларда кучланиш тушиши ҳам бир хил бўлади, яъни 12 в. Лампалар сони $n = \frac{120 \text{ в}}{12 \text{ в}} = 10$. Умумий қувват $P = 15 \text{ вт} \cdot 10 = 150 \text{ вт}$ га тенг.

Турли қувватли лампалар кетма-кет уланган ҳол бир оз қийинроқ. Бунда занжирда кучланиш қайта тақсимланади. Бундай масалаларни яхшиси IX синфда электр токининг иши ва қуввати ҳақидаги масалаларни қайтаришда ечган маъқул.

Электр энергияси нархини ҳисоблашга доир масалаларни ечиш амалий аҳамиятга эга.

282. Счётчик улангандан то у узилгунга қадар унинг кўрсатишлари мос равишда $A_1 = 401 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$ ва $A_2 = 421 \text{ кВт} \times \text{соат}$ бўлса, сарфланган электр энергиясининг s нархи неча пул бўлади? Тариф бўйича электр энергиясининг нархи $B = 4 \text{ тийин/кВт} \cdot \text{соат}$.

Ечилиши. Электр энергиясининг нархи $s = B(A_2 - A_1)$ га тенг, яъни тарифга ва бажарилган ишга боғлиқ. Ҳисоблаш жуда содда:

$$s = 4 \frac{\text{тийин}}{\text{кВт} \cdot \text{соат}} \cdot (421 \text{ кВт} \cdot \text{соат} - 401 \text{ кВт} \cdot \text{соат}) \cong 80 \text{ тийин}.$$

283 (э). Квартира счётчигининг кўрсатишларини ёзиб олинг ва бир суткада сарф бўлган электр энергиясининг нархини ҳисобланг. Ўқувчилар счётчик кўрсатишларини сутканинг бошида ва охирида ёзиб оладилар ва аввалги масаладагидек ҳисоблашлар бажарадилар. Агар сарф қилинган энергия учун ҳақ тўланадиган квитанция бланкасидаги ҳамма ҳисоблашлар ўрганилса, фойдали бўлади.

2. Токнинг иссиқлик таъсири

Ўтказгичда ажраладиган иссиқлик миқдорининг ток кучи, қаршилик ва вақтга боғлиқлиги дастлаб сифатга оид масалаларни ечишда аниқланади.

284. Қаршилиги 20 ва 40 ом бўлган икки ўтказгич кетма-кет уланган. Ўтказгичлардан ток ўтганда уларнинг қайси бирида кўп ва неча марта кўп иссиқлик миқдори ажралади?

Ечилиши. Кетма-кет улашда ўтказгичлардаги ток кучи бир хил бўлади. Иссиқлик миқдори ўтказгичнинг қаршилигига пропорционал бўлгани учун 40 ом қаршиликли ўтказгичда иссиқлик миқдори 20 ом қаршиликли ўтказгичдагига нисбатан икки марта кўп ажралиб чиқади.

285. 20 ва 40 ом қаршиликли ўтказгичлар параллел уланган. Уларнинг қайси бирида кўп ва неча марта кўп иссиқлик миқдори ажралади?

Ечилиши. Параллел уланганда ўтказгичлар бир хил U кучланиш остида бўлади. $Q = I^2 R t$ муносабатдан хулоса чиқариш қийин. Формулани бирмунча ўзгартириш керак. Зан-

жирнинг бир қисми учун Ом қонуни формуласидан фойдаланамиз $I = \frac{U}{R}$, у ҳолда Q учун ёзилган формула шундай кўринишга келади:

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t.$$

Бинобарин, ўтказгичнинг қаршилиги қанча катта бўлса, унда иссиқлик миқдори шунча кам ажралади. 40 ом қаршиликли ўтказгичда 20 ом қаршиликли ўтказгичдагига нисбатан икки марта кам иссиқлик миқдори ажралади.

Қуйида ҳамма ўқувчиларнинг ҳам мустақил ечишга кучи етмайдиган мураккаб сифатга оид масала келтирамиз. Бу масалани ҳар ҳолда синфда ечиш фойдали.

286. 220 в кучланишга мўлжалланган 600 ва 400 вт қувватли иккита плитка бор. Агар плиткалар тармоққа параллел уланса, уларнинг қайси бирида кўп ва неча марта кўп иссиқлик миқдори ажралади? Кетма-кет уланса-чи?

Ечилиши. Плиткалар параллел уланганда улардаги кучланиш бир хил 220 в га тенг бўлади. Плиткаларнинг қуввати масаланинг шартида кўрсатилганидек, $P_1 = 600$ вт ва $P_2 = 400$ вт. Иссиқлик миқдори қувватга пропорционал. Шундай ёзиш мумкин: $Q = Pt$ (ж). Бундан плиткаларнинг ишлаш вақти тенг бўлгани учун $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2}$ бўлади. Бинобарин, $Q_1 = Q_2 \frac{P_1}{P_2}$ ёки $Q = \frac{3}{2} Q_2$. Биринчи плитkada иккинчи плитkadaгига нисбатан 1,5 марта кўп иссиқлик ажралади.

Плиткалар кетма-кет уланганда улардаги кучланиш ҳар хил, бироқ ток кучи бир хил бўлади. Энди плиткаларнинг қуввати масала шартида берилгандек бўлмайди ҳамда P_1 ва P_2 нинг қийматларидан масалани таҳлил қилишда фойдаланиб бўлмайди. Плиткаларнинг бу P_1 ва P_2 қийматларидан ва U кучланишдан уларнинг R_1 ва R_2 қаршиликларини ҳисоблашда фойдаланиш мумкин.

Маълумки, $P = IU = \frac{U^2}{R}$, у ҳолда $R = \frac{U^2}{P}$; $R_1 = \frac{220^2 \text{ в}^2}{600 \text{ вт}} = 80 \text{ ом}$, $R_2 = \frac{220^2 \text{ в}^2}{400 \text{ вт}} = 120 \text{ ом}$.

Ўтказгичларда ажраланидиган иссиқлик миқдори $Q = I^2 R t$ формула билан ифодаланади. Бинобарин, I бирдай бўлганда Q иссиқлик миқдори R қаршиликка пропорционал бўлади. Қаршилиги катта бўлган, яъни қуввати кам бўлган плитkada иссиқлик кўп ажралади. $Q_2 = \frac{3}{2} Q_1$ бўлишини осон кўрсатиш мумкин.

Демак, параллел уланганда катта қувватга мўлжалланган плитка кўп энергия сарфлайди, кетма-кет уланганда эса, аксинча, кам қувватга мўлжалланган плитка кўп энергия сарфлайди.

Токнинг иссиқлик таъсирига доир ҳисоблаш масалаларини ечиш дастлаб $Q = I^2 R t$ формула бўйича иссиқлик миқдори ҳисобланадиган тўғри масалаларни ечишдан бошланади, сўнгра эса бошқа (I , R ва t) катталиклар аниқланадиган масалалар ечилади.

287. Қаршилиги 10 ом бўлган ўтказгичдан 2 а ток ўтганда 1 соат давомида қанча иссиқлик миқдори ажралади?

Ечилиши. Q иссиқлик миқдори $Q = I^2 R t$ формула бўйича жоулларда ҳисобланади. Ҳисоблашлар шундай натижаларга олиб келади: $Q = 4 \text{ а}^2 \cdot 10 \text{ ом} \cdot 3600 \text{ сек} = 144 000 \text{ ж} = 144 \text{ кж}$.

288. Ўтказгичдан 2 а ток 5 минут давомида ўтганда 1200 ж энергия ажралган бўлса, бу ўтказгичнинг қаршилигини аниқланг.

Ечилиши. $Q = I^2 R t$; бундан $R = \frac{Q}{I^2 t}$; $R = \frac{1200 \text{ ж}}{4 \text{ а}^2 \cdot 300 \text{ сек}} = 1 \text{ ом}$.

Бўлимнинг охирида жисмларнинг иссиқига кетган иссиқлик ҳам назарга олинадиган комбинацияланган масалалар ечилади.

289. Агар 100 г сувни иситиш учун 10 ом қаршиликли ўтказгичдан 5 а ток 2 минут давомида ўтганида ажралган иссиқликнинг ҳаммаси сарф бўлган бўлса, сувнинг температураси неча градусга кўтарилган?

Ечилиши. Электр токи $Q = I^2 R \cdot t = 25 \text{ а}^2 \cdot 10 \text{ ом} \cdot 120 \text{ сек} = 30 000 \text{ ж}$ иссиқлик миқдори ажратади. Бу Q иссиқлик миқдори сувни иситишга кетади, яъни $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$. Бундан $t_2^0 - t_1^0 = \frac{Q}{cm}$.

Сув учун $c = 4190 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$, сувнинг массаси эса $m = 0,1 \text{ кг}$. У ҳолда

$$t_2^0 - t_1^0 = \frac{30000 \text{ ж}}{4190 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,1 \text{ кг}} \approx 72^\circ \text{C}.$$

290. Электр чойнакда 220 в кучланиш ва 6 а ток кучида 15 минут давомида 3 кг сувнинг температураси 20 дан 80°C га кўтарилди. Электр чойнакнинг иссиқлик бериши қандай?

Ечилиши. Иситгичнинг иссиқлик бериши деб сувни иситиш учун кетган иссиқлик миқдорининг токнинг бажарган ишига нисбатига айтилади.

Сувни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$, токнинг бажарган иши эса $A = I U t$. Электр чойнакнинг иссиқлик бериши

$$\eta = \frac{Q}{A} = \frac{cm(t_2 - t_1)}{I U t}.$$

Ҳисоблашлар бажариб:

$$\eta = \frac{4190 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 3 \text{ кг} \cdot 60 \text{ град}}{6 \text{ а} \cdot 220 \text{ в} \cdot 15 \cdot 60 \text{ сек}} \approx 0,63 \text{ ёки } 63 \%$$

натижани оламиз.

Ҳисоблашларни шунингдек босқичма-босқич ҳам бажариш мумкин, яъни аввал Q ни, сўнгра A ни ва ундан кейин η ни ҳисоблаш мумкин.

14- БОБ

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ҲОДИСАЛАР

VII синфда электромагнит ҳодисалар сифат жиҳатидан ўрганилади ва шунинг учун фақат сифатга оид масалалар ечилади. Бу масалалардан кўпи экспериментал масалалар бўлиши керак.

Электромагнитларнинг қутбларини, магнит майдонидаги токли ўтказгичга таъсир қилувчи кучнинг йўналишини, индукцион токнинг йўналишини аниқлашга доир қўллаб турли қондалар мавжуд. Масалалар ечишда қуйидаги қондаларни қўллашга шартлашайлик:

а) тўғри токнинг, айланма токнинг, шунингдек, токли ғалтакнинг магнит майдонининг куч чизиқлари йўналишини аниқлаш учун парма қондасидан;

б) магнит майдонидаги токли ўтказгичга таъсир қилувчи кучнинг йўналишини аниқлаш учун — чап қўл қондасидан;

в) индукцион ток йўналишини аниқлаш учун ўнг қўл қондасидан фойдаланиш керак.

Ўнг қўл қондасини билиш программата кўра мажбурий эмас.

Электромагнитизмга оид масалаларни ечишда схемалар ва расмлар катта роль ўйнайди. Уларни айниқса диққат билан бажариш керак.

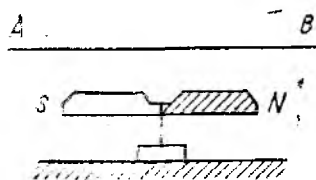
Политехник таълим бериш мақсадида электромагнитлар ишлатиладиган асбоблар (қўнғироқ, громкоговоритель, электромагнит реле, электромагнитлар ёрдамида донни аралашмалардан тозалайдиган машина ва ҳоказолар) нинг тузилиши ҳақидаги масалаларни ечиш керак бўлади.

1. Токнинг магнит майдони.

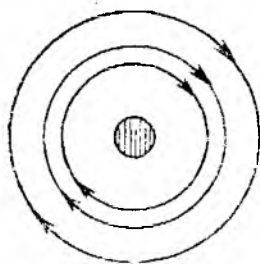
Электромагнитлар

291 (э). Ток A дан B га қараб йўналганда магнит стрелкаси бизга қайси қутби билан қараган бўлади (50- расм)? Жавобингизни тажрибада текширинг.

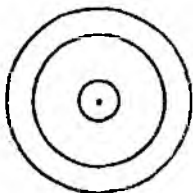
Жавоб и. Жанубий қутби билан. Магнит стрелкаси йўналишлари парма қондаси бўйича аниқланадиган магнит куч чизиқлари бўйлаб жойлашади: пармани ўтказгичдаги ток йўналиши бўйича (A дан



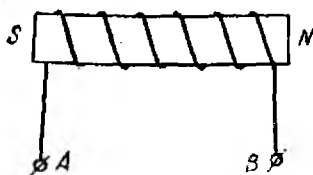
50- расм.



51- расм.



52- расм.



53- расм.

B га) бураймиз, парма дастасининг айланиш йўналиши токни ўтказгич атрофидаги куч чизиқларнинг йўналишига мос келади.

292. Ўтказгичдаги ток қайси томонга йўналган (51- расм)?

Жавоби. Токнинг биздан чизманинг орқа томонига йўналганини парма қондасига кўра аниқлаймиз.

293. 52- расмда кўрсатилган куч чизиқларнинг йўналишини аниқланг.

Жавоби. Магнит майдонининг куч чизиқлари соат стрелкасига қарама-қарши йўналган.

294. Ғалтакдаги токнинг йўналиши қандай (53- расм)?

Ечилиши. Ўнгдан энг чекка ўрамни қараймиз. Унинг атрофидаги концентрик куч чизиқлар шундай йўналишга эгаки, уларга кўра ток A дан B га йўналмоқда деб хулоса қилиш мумкин.

Электромагнитларнинг қутбларини аниқлаш учун иккинчи парма қондасини ҳам қўллаш мумкин. (Агар парма дастаси токнинг ғалтак ўрамларидаги йўналиши бўйича айлантирилса, у ҳолда парманинг кириш йўналиши ғалтак ичидаги

куч чизиқларнинг йўналиши билан мос тушади.) Масалани шу йўл билан ечиш осонроқ.

Электромагнитларнинг қўлланишини, масалан, қуйидаги масала ёрдамида кўрсатиш мумкин.

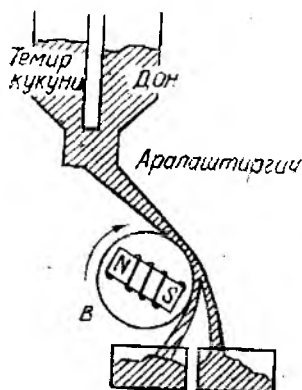
295. 54- расмда донни аралашмалардан тозалайдиган машинанинг соддалаштирилган схемаси берилган. Машинанинг ишлашини тушунтиринг.

Схемага қўшимча равишда қуйидагиларни билдирамиз. Темир кукунлари тоза доннинг силлиқ уруғларига ёпишмайди, бироқ турли аралашмаларнинг гадир-будур сиртларига яхши ёпишади (23, № 1455).

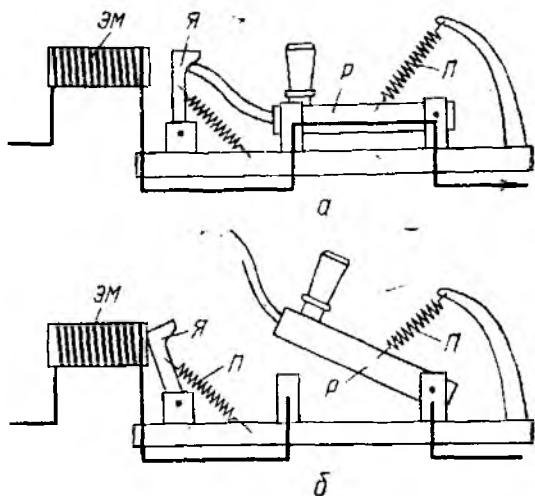
Жавоби. Ўқувчи шундай жавоб бериши керак. Аралашмаларнинг металл кукунга ёпишиб қолган уруғлари айланаётган электромагнитга тортилади ва оғиб, чапдаги яшикка тушади. Тоза дон эса ўнгдаги яшикка йиғилади.

Электромагнит релеининг ишлашини қўп сонли турли автоматик қурилмаларнинг бири мисолида тушунтириш мумкин.

296. 55- расмда автоматик электромагнит сақлагичнинг схе-



54- расм.



55- расм.

маси кўрсатилган. 55- а расмда эса автоматик сақлагичнинг ундан йўл қўйилган катталикдаги ток ўтаётган пайти кўрсатилган. 55- б расм сақлагич ҳамма деталлариининг ундан йўл қўйилганидан катта ток ўтгандан кейинги вазиятини кўрсатади. Автоматик сақлагичнинг ишлашини тушунтиринг.

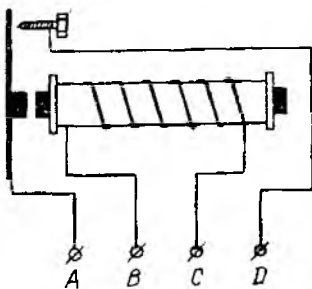
Схемадаги белгилар: ЭМ — электромагнит, Я — якорь, П — пружиналар, Р — рычаг (34, № 1492).

Жавоби. Ўқувчи шундай тушунтириши керак. Йўл қўйилганидан катта токда электромагнит якорни тортади. Якорь рычагни бўшатади ва рычаг пружина таъсирида юқорига кўтарилади. Занжир узилади. Сақлагич яна аввалги ишчи ҳолатга келиши учун рычагни аввалги вазиятига келтириши керак.

Шундан кейин бевосита электромагнит релега тегишли масалалар қаралади.

297. Электромагнит реле жуда заиф „бошқариш“ токи воситасида кучли ток занжирини („ишчи“ занжирни) улаш учун хизмат қилади. Қайси қисқичга ишчи занжирни ва қайси қисқичга бошқариш токи манбаини улаш кераклигини (56- расм) кўрсатинг [23, № 1439].

Жавоби. А ва D — ишчи занжир уланадиган қисқичлар, В ва С — бошқарувчи ток манбаи уланадиган қисқичлар.



56- расм.

2. Доимий магнитлар

Бу ерда асосан экспериментал сифатга енд масалалар ечилади.

298 (э). Кичик пўлат аррача ва тўғри магнит олиб, улар ёрдамида бир қутбли магнит бўлмаслигини кўрсатинг.

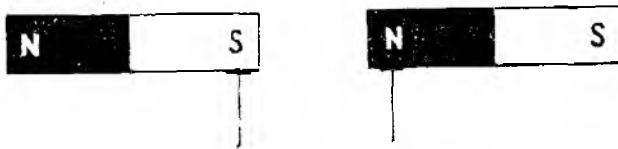
Ечилиши. Аррачани магнитлаб унда икки қутб бор эканлиги аниқланади ва уни иккига бўлинади. Ҳар қайси бўлак ҳам икки қутбга эга эканлиги қайтадан аниқланади ва ҳоказо.

299. Нима учун доимий магнит кучли зарбаларда ва қиздирилганда магнитсизланиб қолади?

Жавоби. Магнит гўё маълум тартибда жойлашган кичик элементар магнитчалардан иборат. Кучли зарба ва қиздиришда элементар магнитчаларнинг жойлашишидаги бу тартиб бузилади ва магнит ўз хоссасини йўқотади.

Зарба ва қиздиришда магнитнинг магнитсизланишини тажрибаларда магнитланган спица ёрдамида намоён қилиш мумкин.

300 (э). Иккита доимий магнит олинг ва уларни 57- расмда кўрсатилганидек жойлаштиринг. Магнитларнинг қўшни қутбларига биттадан мих яқинлаштиринг. Михлар магнитга тортилиб қолади. Агар магнитларни турли ишорали қутблари бири-бирига теккунча яқинлаштирсак, нима бўлади?



57- расм.

Жавоби. Икки магнитнинг қўшилишидан ҳосил бўлган катта магнитнинг ўртасида нейтрал чизиқ бўлгани учун михлар тушиб кетади. Қутблар темир буюмларни энг кучли тортиш қобилиятига эга. Нейтрал чизиқ эса бу буюмларни тортиш хоссасига эга эмас.

301 (э). Иккита бир хил стержень берилган бўлиб, улардан бири магнитланган. Бу стерженьлардан бошқа ҳеч нарсадан фойдаланмаган ҳолда уларнинг қайси бири магнитланган эканини аниқланг.

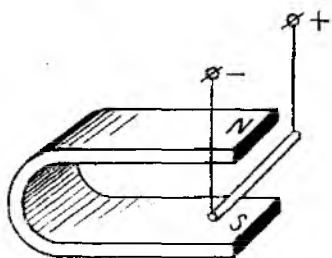
Ечилиши. Стерженьлардан ҳар бирининг учлари навбат билан иккинчисининг ўрта чизигига яқинлаштирилади. Агар стерженьлар тортишса, у ҳолда яқинлаштирилган стержень магнитланган бўлади.

3. Токли ўтказгичнинг магнит майдонидаги ҳаракати

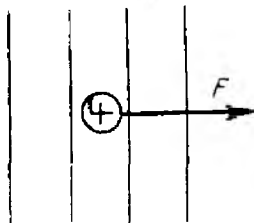
Бу бўлимдаги ҳамма масалаларни чап қўл қондасини қўлаб ечилади:

Чап қўл шундай қўйиладики, буида магнит майдонининг куч чизиқлари кафтга кирадиган, тўртга бармоқ эса ток йўналишини кўрсатадиган бўлсин; у ҳолда 90° га катта очилган бош бармоқ ўтказгичга таъсир қилувчи куч йўналишида жойлашади.

302 (э). 58- расмда тасвирланган қурилмани йиғинг. Токли ўтказгичга таъсир қилувчи кучнинг йўналишини аниқланг. Ёчимнинг тўғрилигини тажрибада текширинг.



58- расм.



59- расм

Жавоби. Ўтказгич ўнг томонга оғади.

303. 59- расмда тасвирланган магнит майдони куч чизиқларининг йўналишини кўрсатинг.

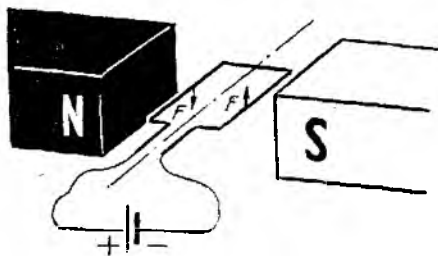
Жавоби. Куч чизиқлари пастдан юқорига қараб йўналган.

304. 60- расмда рамкага таъсир қилувчи кучларнинг йўналиши тўғри кўрсатилганми?

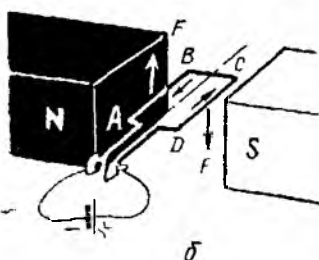
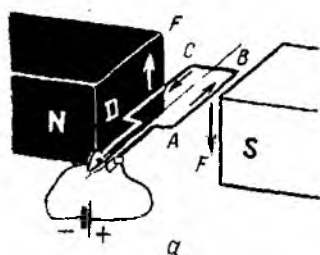
Ечилиши. Рамканинг ҳар икки томонига таъсир қилувчи кучнинг йўналиши чап қўл қондаси бўйича аниқланади. Ҳосил бўлган жуфт кучнинг йўналиши 60- расмда кўрсатилган йўналишга мос келади.

305. Рамканинг бурилиш йўналишини ўзгартириш учун нима қилиш керак (60- расм)? Рамка узлуксиз айланиши учун бу қурилмани қандай мукамаллаштириш керак?

Жавоби. Рамканинг бурилиш йўналиши ундаги токнинг йўналиши ёки магнит майдони куч чи-



60- расм.



61- расм.

зиқларининг йўналишини ўзгартириш (магнит қутбларини жойини алмаштириш) йўли билан ўзгартирилади.

Рамкани узлуксиз айланадиган қилиш учун коллектор деб аталувчи алоҳида қурилмадан фойдаланилади. Бу ҳолда рамканинг учларига ярим ҳалқалар уланади (61- расм) ва уларга сирпанувчи контактлар орқали ток берилади. Рамка айланаётган бўлса ҳам, магнитнинг шимолий ва жанубий қутблари олдида ҳамма вақт рамканинг ток йўналиши бирдай бўлган ўтказгичлари жойлашади.

VII синф физика курсининг охирида электромагнит индукция ҳодисаси ўрганилади. Индукцион ток йўналишини ўқувчилар аниқламайдилар, чунки ўнг қўл қоида қўшимча ўқиш учун ажратилган параграфда баён қилинган.

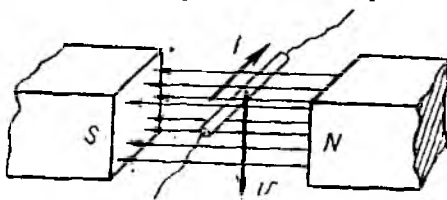
Агар зарурат бўлса, ўқитувчи индукцион токнинг йўналишини аниқлашга доир бир неча масала кўрсатиши мумкин, бироқ бу масалалар жуда осон, ўнг қўл қоида қўллашда ҳеч қандай қийинчиликларга дуч келмайдиган бўлиши керак.

Бундай оддий масалага мисол қилиб, қуйидагини келтириш мумкин. Масалани ечиш шарт эмас.

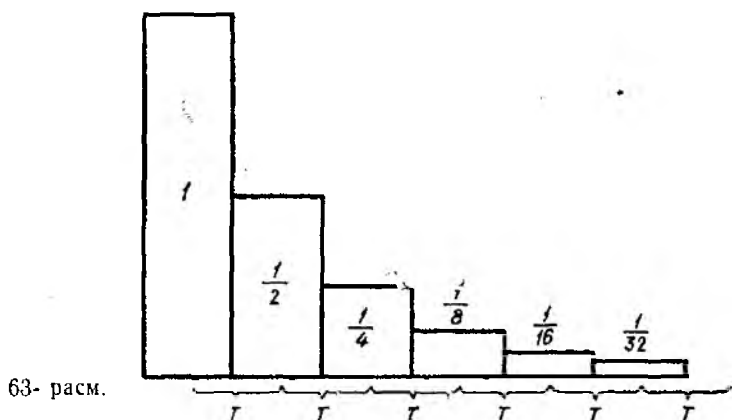
306. 62- расмда магнитнинг қутблари кўрсатилган. Магнит қутблари орасида магнит майдони куч чизиқларига перпендикуляр ҳолда юқоридан пастга ҳаракатланаётган берк ўтказгичда индукцион ток қандай йўналган бўлади?

Ечилиши. Ўнг қўлимизни қафтга магнит майдонининг куч чизиқлари кирадиган қилиб жойлаштирамиз. 90° га очилган бош бармоғимизни ўтказгичнинг ҳаракат йўналиши бўйлаб (пастга) йўналтирамиз. Қўлимизнинг тўрт бармоғи индукцион токнинг йўналишини кўрсатади. 62- расмда бу ток I ҳарфи билан белгиланган. Шунингдек, таништириш планида радиактив емирилиш ҳодисаси ҳам қаралади. Бунда кучли ўқувчиларга қуйидагига ўхшаш масалаларни тавсия қилиш мумкин.

Радиоактив емирилиш масаласини баён қилишда радиоактив модданинг емирилиш процессини харак-



62- расм.



терловчи диаграмма ясалса (63- расм), ўқувчилар ярим емирилиш даври тушунчасини яхши ўзлаштиришлари мумкин бўлади. Диаграммада устунчалар билан модданинг дастлабки миқдори ва унинг бир, икки, уч ва ҳоказо ярим емирилиш давларига тенг бўлган вақт ўтгандан кейинги миқдорлари кўрсатилган.

307*. Радийнинг ярим емирилиш даври 1590 йил. Ҳозирги вақтда мавжуд бўлган радий миқдори қанча вақтдан кейин 4 марта камаяди?

Ечилиши. 63- расмдаги диаграммадан фойдаланиб, радиоактив модда миқдори 2 ярим емирилиш давридан сўнг 4 марта камайишини аниқлаймиз. Демак, радий 1590 й. $\times 2 = 3180$ йилдан сўнг 4 марта камаяди.

Мавжуд ҳамма радиоактив модданинг емирилиб, тугаши учун кетадиган вақт чексиз катта эканини таъкидлаб ўтиш керак.

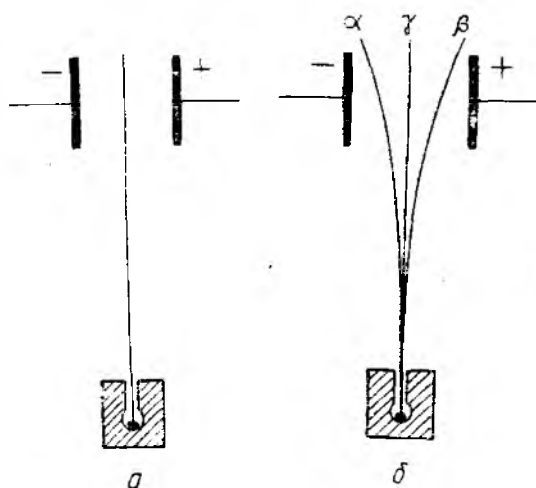
Шунингдек, тескари масалани, яъни емирилиш вақти ва емирилишдан сўнг қолган модда миқдори маълум бўлиб, ярим емирилиш даврини аниқлаш талаб қилинадиган масалани ҳам тавсия қилиш мумкин.

Дарсликда α - ва β -нурларнинг электр майдонида оғиш ҳоли кўрилади.

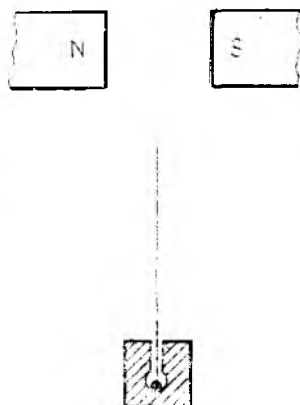
Бу ҳолини масала тарзида ҳам қараб чиқиш мумкин.

308* α - ва β -нурлар электр майдонида қандай оғади (64- а расм)?

Ечилиши. α -нурлар мусбат зарядланган, β -нурлар эса манфий зарядланган зарралар оқимидан иборатдир. Зарядланган зарраларга зарядланган пластинкалар орасида вужудга келган электр майдони таъсир қилади. α -зарралар чапга, β -зарралар ўнгга оғади. γ -нурлар электр майдонида оғмайди. Натижада ампуладан чиқаётган даста нур учта нурлар дастасига ажралади (64- б расм).



64- расм.



65- расм.

α - ва β - нурларнинг магнит майдонида оғишини аниқлашга доир масалалар яна ҳам катта қизиқиш туғдиради. Бу масалалар энг қийин сифатга онд масалаларга мисол бўлади. Бу масалани фақат кучли ўқувчиларгагина тавсия қилиш керак.

309*. Магнит қутблари 65- расмда кўрсатилгандек жойлашса, α -, β - нурлар магнит майдонида қандай оғади?

Ечилиши. α - ва β - нурлар оқимини қарама-қарши йўналишдаги токларга ўхшатиш мумкин. α - зарраларнинг ҳаракат йўналиши шу зарралар ҳаракатидан ҳосил бўлган токнинг йўналиши билан бир хил бўлади. β - зарраларнинг ҳаракат йўналиши эса шу зарралар ҳаракатидан ҳосил бўлган токнинг йўналишига қарама-қарши бўлади. Чап қўл қондасини қўллаб, зарраларнинг оғиш йўналиши аниқланади: α - зарралар биздан чизма орқасига, β - зарралар эса биз томонга қараб оғади.

Чап қўлни қафтимиз шимолий қутбга қараган ҳолда магнит қутблари орасига киритамиз, ёзилган тўртта бармоғимизни ток йўналишида (α - зарраларнинг ҳаракат йўналишида ва β - зарраларнинг ҳаракат йўналишига тескари йўналишда) жойлаштирамиз. Очилган бош бармоғимиз зарраларнинг қаёққа оғишини кўрсатади.

КИНЕМАТИКАНИНГ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ

1. Саноқ системаси. Механикавий ҳаракатнинг нисбийлиги. Кўчишларни қўшиш

Бу темага доир масалалар ечиш механикавий ҳаракатнинг нисбийлиги ҳақидаги тушунчани чуқурлаштиришга ва ўқувчиларда жисмларнинг ўрнини аниқлаш учун тўғри бурчакли координаталар системасидан фойдалана билиш малакасини ҳосил қилишга ёрдам бериши керак. Бунда, қоида бўйича, моддий нуқтанинг текисликда ёки тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатига доир масалалар ечилади.

Кўчишларни қўшишга доир ҳамда маълум фазовий тасаввурлар, янги тушунчаларни ўзлаштириш ва векторлар устида амаллар бажаришни талаб қиладиган масалалар энг қийин масалалардир.

Ўқувчилар „йўл“ ва „кўчиш“ тушунчаларини яхши ўзлаштириб олишлари, уларни аралаштириб юбормасликлари керак. „Йўлнинг узунлиги“ ёки қисқача „йўл“ — скаляр катталиқ. У нуқта ҳаракат қилган траекториянинг узунлигига тенг. „Кўчиш“ эса вектор катталиқ. У нуқтанинг кетма-кет икки вазиятини бирлаштирувчи тўғри чизиқ кесмасига тенг ва бошланғич вазиятдан охириги вазиятга қараб йўналган. Кўчишларни қўшиш мисолида ўқувчилар векторларни қўшишнинг умумий қондасини ўзлаштириб олишлари керак. Бу қоидада кўра векторларни қўшиш учун биринчи векторнинг охирини иккинчи векторнинг бошига, иккинчи векторнинг охирини учинчи векторнинг бошига тақаш керак ва ҳоказо. Биринчи векторнинг боши билан охириги векторнинг охирини бирлаштирувчи вектор барча векторларнинг йиғиндиси ёки натижавий вектор бўлади. Ўқувчилар шуингдек векторларни параллелограмм қондаси бўйича қўшишни билишлари керак.

Ўқувчиларнинг математик тайёргарликлари етарли бўлмагани учун кўчишларни қўшиш асосан график усулда бажарилади. Фақат бир-бирига тўғри бурчак остида йўналган икки кўчишнинг натижавий векторигина аналитик усулда — Пифагор теоремасига мувофиқ топилиши мумкин.

310. Поездда кетаётган одам нисбатан тинч турган ва нисбатан ҳаракатланаётган саноқ системаларини танланг.

311. Ерга нисбатан қўзғалмас ихтиёрий жисмнинг (масалан, дарахтлар, бинолар, тоғлар ва бошқа предметларнинг) тинч туриши абсолют эмаслигини исбот қилинг.

312. Деразадан қўшни поездга қараб бир бола „Бизнинг поездимиз орқага кетаяпти“ деди. Унга иккинчиси „Йўқ, қўшни поезд олдинга кетаяпти“, деб эътироз билдирди. Улардан қайси бири ҳақ эканлигини қандай биламиз? Бу масалани қайси санок системасида ечиш мумкин?

Жавоби. Темир йўл изига қараш керак. Масалани Ер билан боғланган қўзғалмас санок системасида ечиш мумкин.

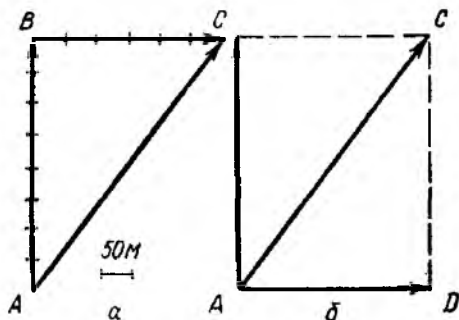
313*. Ҳаракат нисбий бўлгани учун Ер Қуёшга нисбатан, Қуёш Ерга нисбатан ҳаракатланади деб айтиш мумкин. Шу асосда черков руҳонийлари Коперникнинг оламнинг илмий асосланган системасини ўзлари қонунлаштириб олган Птолемей системаси билан келиштирмоқчи бўлган эдилар. Бу уринишнинг хато эканлигини физикавий нуқтаи назардан тушунтиринг.

Жавоби. Черков руҳонийлари онгли равишда бир масалани иккинчиси билан алмаштиришга ҳаракат қилар эдилар. Коперник ва черков қарашларининг бир-бирига зидлиги осмон жисмларининг ҳаракатини баён қилиш учун нимани шартли равишда қўзғалмас система деб қабул қилишда эмас, балки Қуёш системасининг ҳақиқий тузилиши қандай эканлигида, яъни Қуёш системасининг марказида Птолемей даъво қилганидек Ер эмас, балки Коперник исбот қилганидек Қуёш туришидадир.

Йўл ва кўчишлар тўғрисидаги тушунчаларнинг шаклланишида аввал жисмларнинг тўғри чизиқли (№ 34), кейин эса эгри чизиқли ҳаракатига (№ 314, 315) мисоллар қараш керак.

314. Автомобиль кўчадан 400 м юрди ва ўнгга бурилиб, бурилишдан яна 300 м юрди. Автомобилнинг кўчадаги ва бурилишдаги ҳаракатини тўғри чизиқли деб олиб, автомобилнинг ўтган йўлини ва кўчишини ҳисобланг.

Ечилиши. 1- усул. Дастлаб масала сифатга оид масала тарзида ечилади. Бунинг учун масштабга аниқ риоя қилмаган ҳолда 66- а расмга ўхшаш расм қўлда чизилади. Сўнгра масштаб танланади, масалан, 1 см—50 м. Танланган масштабда 400 м кесма жойлаштирилади, бунда кўчиш йўналиши А нуқтадан В нуқтага қараб стрелка билан кўрсатилади (66- а расм). Сўнгра тўғри бурчак остида ўнгга қараб 300 м кесма қўйилади. Автомобилнинг ўтган йўли $s = AB + BC =$



66- расм.

тирилади, бунда кўчиш йўналиши А нуқтадан В нуқтага қараб стрелка билан кўрсатилади (66- а расм). Сўнгра тўғри бурчак остида ўнгга қараб 300 м кесма қўйилади. Автомобилнинг ўтган йўли $s = AB + BC =$

$= 400 \text{ м} + 300 \text{ м} = 700 \text{ м}$, кўчиши эса $AC = 500 \text{ м}$.
2- усул. AC кўчиш параллелограмм қонидасидан топилади (66- б расм).

315. Кема орол қиргоғини айланиб ўтиш учун 10 км шимолга, 15 км шимоли-шарққа ва 8 км шарққа қараб юрди. Кеманинг ўтган йўлини ва унинг кўчишини аниқланг. Кема шимолга ва шарққа қараб неча километр кўчган?

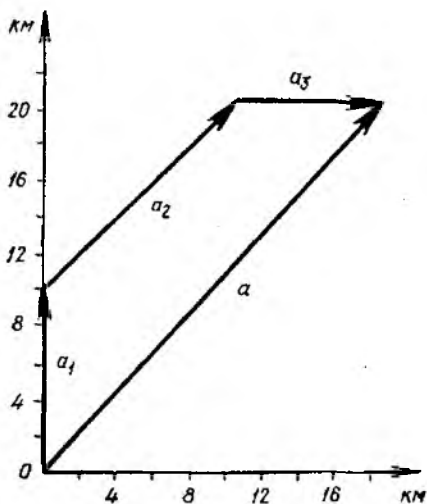
Ечилиши. Масштаб 1 см — 2 км. Вертикал ва горизонтал координаталар ўқларини ўтказамиз ҳамда $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$, $\vec{a}_3$ векторларни катталиклари ва йўналишларини назарга олиб, ўқларга қўямиз. $\vec{a}_1$ нинг бошини ва $\vec{a}_3$ нинг охирини бирлаштирамиз ва натижавий вектор — $\vec{a}$ кўчишини топамиз. Унинг сон қиймати 28 км га тенг бўлади.

Координата ўқлари ёрдамида кеманинг шимолга қараб 20,5 км, шарққа қараб 18,5 км кўчганини топамиз (67- расм).

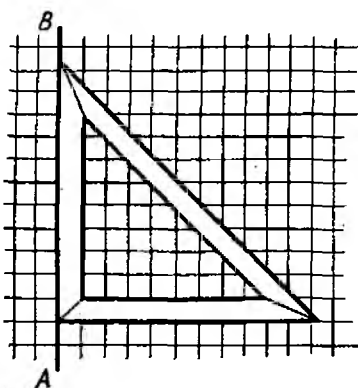
316. Катак қоғоз варағи устига гўния қўйинг ва уни АВ тўғри чизик бўйлаб бирор масофага силжитинг (68- расм). Айни вақтда қаламни гўния ҳаракати йўналишида, бу ҳаракатга қарама-қарши, унга перпендикуляр, гипотенуза бўйлаб ҳаракатлантиринг.

Гўниянинг кўчиши ва қаламнинг гўнияга нисбатан кўчишини ўлчаб, бу ҳолда кўчишларни қўшиш қондаси бажариладими, текширинг.

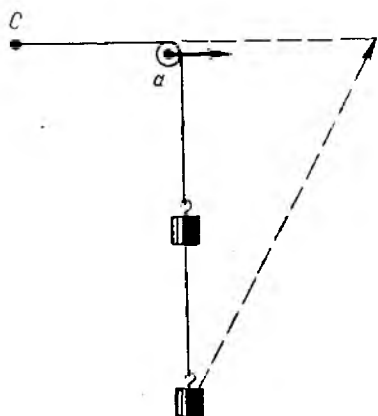
Ечилиши. Бу масалада ўқувчи мураккаб ҳаракатга дуч келади: қаламнинг қўзғалмас система (қоғоз) га нисбатан ҳаракати қўзғалувчан системадаги (гўния) нисбий ҳаракати билан қўзғалувчан системанинг (гўниянинг) қўзғалмас системага нисбатан кўчирма ҳаракатининг геометрик қўшилишидан иборат бўлади. Бу терминларни ўқувчиларга айтиш шарт эмас, бироқ улар мураккаб ҳаракат учун кўчишларни қўшиш



67- расм.



68- расм.



69- расм.

усулларини ўзлаштиришлари керак.

317. Вертикал қўйилган тахтачага катак қоғоз варағини ёпиштиринг ва C нуқтага илгасилган юкча илиб (69- расм), илгас a қалам орқали ўтказинг. Қаламни горизонтал йўналишда силжитинг ва юкнинг вазиятини аниқлаб бординг. Тажриба маълумотларидан фойдаланиб, юкчанинг горизонтал йўналишда, вертикал йўналишда кўчишини ва унинг тўла кўчишини аниқланг.

2. Тезлик. Тезликларни қўшиш

Ўқувчилар жисмларнинг ҳаракат тезлигини ҳисоблашга доир масалаларни VI синфдаёқ ечган эдилар. Шунинг учун VIII синфда мустақил иш учун 5- бобда баён қилинганга ўхшаш бир печа масала бериш мумкин. Шундан сўнг тўғри чиқиқли ва текис ҳаракатнинг $\vec{v}$ тезлиги тушунчаси моддий нуқ-

танинг вақт бирлиги ичида ўтган кўчиши ($\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$) билан аниқланадиган вектор катталиқ экани аниқлаштирилади ва асосий эътибор тезликларнинг вектор сифатида қўшилишига доир масалалар ечишга қаратилади.

Кўпчилик масалаларда қўзғалмас санок системаси деб Ер қабул қилинади. Бироқ бундай танлаш шартли эканини ўқувчилар тушунишлари ва Ерга нисбатан ҳаракатланувчи жисмларни ҳам санок системаси деб қабул қилиш мумкин бўлган бошқа системалардан ҳам фойдалана билишлари керак. Бу икки жисмнинг тўғри чиқиқли текис ҳаракатига доир масалаларни ечишни осонлаштириши мумкин (№ 319, 320).

Ўқитувчи бу усул Галилей координата алмаштиришларига асосланган эканини ёдда тутиши керак. Агар x' , y' , z' координаталар системаси x , y , z системага нисбатан x ўқи бўйлаб текис ҳаракатланаётган бўлса, y ҳолда вақтнинг ихтиёрий t

пайтида $x = x_0 + x'$ бўлади. Бинобарин, $\vec{v}_x = \vec{v}_{x_0} + \vec{v}'_x$, бундан $\vec{v}'_x = \vec{v}_x - \vec{v}_{x_0}$, яъни янги координаталар системасида $\vec{v}'_x$ нисбий тезликни топиш учун жисмнинг биринчи системадаги $\vec{v}_x$ аб-

солют тезлигига $\vec{v}_{x0}$ кўчма тезликни тескари ишора билан қўшиш керак.

Тенгламани скаляр шаклда ёзишда жисмларнинг ҳаракат йўналишларидан бирини мусбат, унга қарама-қарши йўналишини эса манфий деб қабул қилинади.

Бу усул ўқувчиларга масалалар ечин вақтида конкрет мисолларда кўрсатилади.

318. Сувости қанотлари бўлган теплоход дарё бўйлаб пастга 80 км/соат, юқорига эса 76 км/соат тезлик билан юрди. Теплоходнинг хусусий тезлиги ва оқим тезлигини аниқлаш.

Ечилиши. Саноқ системаси деб Ерни қабул қиламиз. Теплоходнинг оқим бўйлаб тезлиги $80 \text{ км/соат} = v_{\text{хус}} + v_{\text{оқим}}$, бу ерда $v_{\text{хус}}$ — теплоходнинг хусусий (турғун сувдаги ёки сувга нисбатан) тезлиги, $v_{\text{оқим}}$ эса оқим тезлиги. Теплоходнинг оқимга қарши тезлиги $76 \text{ км/соат} = v_{\text{хус}} - v_{\text{оқим}}$. Тенгламалар системасини ечиб, $v_{\text{оқим}} = 2 \text{ км/соат}$, $v_{\text{хус}} = 78 \text{ км/соат}$ эканини топамиз.

319. Овчи ит $s = 200 \text{ м}$ масофада қуённи кўриб қолди. Агар қуён 40 км/соат тезлик билан қочаётган ва ит уни 60 км/соат тезлик билан қуваётган бўлса, ит қуённи қанча вақтдан сўнг қувиб етади?

Ечилиши. 1- усул. Саноқ системаси деб Ерни қабул қиламиз. Қуён $s_{\text{қуён}} = v_{\text{қуён}} \cdot t$ масофани, ит эса $s_{\text{ит}} = v_{\text{ит}} \cdot t$; $s_{\text{ит}} = s_{\text{қуён}} + s$ масофани босиб ўтади. Тенгламалар системасини ечамиз:

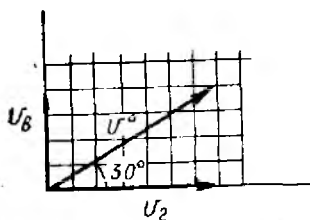
$$t = \frac{s}{v_{\text{ит}} - v_{\text{қуён}}} = 36 \text{ сек.}$$

2- усул. Саноқ системаси деб қуённи қабул қиламиз. Қуён ҳаракатланмайди деб олсак, Ер тескари йўналишда (қуёндан итга қараб) ҳаракатланаяпти дейишимиз керак $|v_{\text{қуён}}| = |v_{\text{ер}}|$. Бироқ бу ҳолда ҳаракатсиз ит ҳам қуёндан худди шундай тезлик билан узоқлашиши керак. Ит ҳаракатланаётгани учун унинг қуёнга нисбатан тезлиги:

$$v'_{\text{ит}} = v_{\text{ит}} - v_{\text{ер}} \cdot t = \frac{s}{v_{\text{ит}} - v_{\text{ер}}}.$$

Бу ечим математик жиҳатдан содда, бироқ ўқувчилардан узлуксиз мантиқий фикрлашни талаб қилади. Шунинг учун бу усулга материални такрорлаш ва мустаҳкамлашда катта эътибор бериш керак.

320. Кўлда $v_t = 30 \text{ км/соат}$ тезлик билан теплоход сузиб кетмоқда, унга қарама-қарши йўналишда эса баржаларининг умумий узунлиги $l = 250 \text{ м}$ бўлган карвонли буксир $v_b = 15 \text{ км/соат}$ тезлик билан келмоқда. Теплоход палубасидаги одам $v_{\text{одам}} = 5 \text{ км/соат}$ тезлик билан теплоход ҳаракатига тескари юрмоқда. Баржалар одамнинг ёнидан қанча вақт давомида сузиб ўтади?



70- расм.

Ечилиши. 1- усул. Саноқ жисми деб Ерни қабул қиламиз. t вақт ичида одам Ерга нисбатан $s_0 = (v_r - v_0) \cdot t$ масофага кўчади. Бу вақтда баржалар $s_6 = v_6 \cdot t \cdot s_0 + s_0 = l$; $(v_r - v_0) \cdot t + v_6 \cdot t = l$ масофани ўтади, бундан $t = \frac{l}{v_r - v_0 + v_6} = \frac{0,250 \text{ км}}{30 \frac{\text{км}}{\text{соат}} - 5 \frac{\text{км}}{\text{соат}} + 15 \frac{\text{км}}{\text{соат}}} = 0,00625 \text{ соат} \approx 23 \text{ сек.}$

2- усул.* Саноқ жисми деб баржаларни қабул қиламиз. У ҳолда Ер (сув) баржаларга қараб v_6 тезлик билан ҳаракатланади деб олиш мумкин. Шунинг учун теплоходнинг баржаларга нисбатан тезлиги $v' = v_r + v_6$ (ҳаракатланаётган жисм тезлигига саноқ системаси учун қабул қилинган жисмнинг тезлиги тескари ишора билан қўшилади).

Одамнинг баржаларга нисбатан тезлиги $v'_0 = v_r + v_6 - v_0$;

$$t = \frac{l}{v_r + v_6 - v_0}.$$

321. Кран юкни $20,0 \text{ м/мин}$ тезлик билан вертикал кўтарди. Кран аравачасининг тезлиги эса $10,0 \text{ м/мин}$. Юкнинг натижавий ҳаракат тезлигини аниқланг.

322. Транспортёр горизонтга 30° бурчак остида огган. Унинг лентасининг тезлиги $v_0 = 2 \text{ м/сек}$. Материалларнинг вертикал ва горизонтал йўналишда силжиш тезлиги ва улар 3 сек да кўтариладиган h баландликни аниқланг.

Ечилиши. Координата ўқларини ясаймиз ва горизонтал ўққа 30° бурчак остида $1 \text{ см} = 0,5 \text{ м/сек}$ масштабда v_0 тезлик векторини қўямиз. 70- расмдан кўриниб турганидек, $v_b = 1 \text{ м/сек}$;

$$v_r = 1,7 \text{ м/сек. } h = v_b \cdot t = 1 \text{ м/сек} \cdot 3 \text{ сек} = 3 \text{ м.}$$

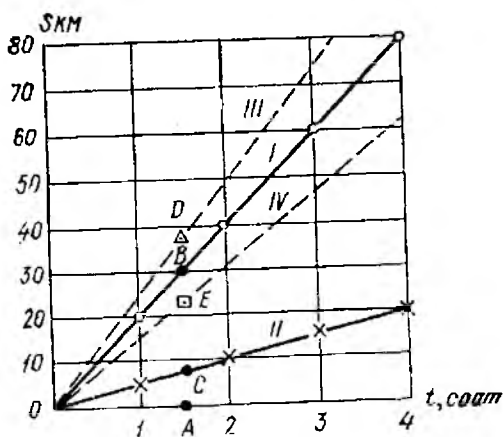
323. Катернинг хусусий тезлиги 20 км/соат . Оқим тезлиги 5 км/соат . Катернинг турғун сувдаги ҳаракати ва сувнинг ҳаракат графикларини чизинг.

Ечилиши. $s = vt$ формулага мувофиқ жадвал тузамиз.

$t, \text{ соат}$	0	1	2	3	4
$s_k = \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot t$	0	20	40	60	80
$s_{\text{суб}} = \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot t$	0	5	10	15	20

1 см — 10 км ва 1 см — 0,5 соат масштаб танлаймиз. Жадвал маълумотларига кўра I ва II графикларни чизамиз (71- расм).

324. 71- расмда тасвирланган графикларга қараб катернинг 1,5 соат давомида оқим бўйлаб қанча масофа ўтишини; оқимга қарши қанча масофа ўтишини аниқланг. Катернинг оқимга қарши ва оқим бўйлаб ҳаракатининг графикларини чизинг ва катернинг оқим бўйлаб ва оқимга қарши ҳаракат тезлигини аниқланг.



71-расм.

Ечилиши. I ва II графиклардан катернинг 1,5 соат ичида турғун сувда $AB = 30$ км масофа, сув эса $AC = 7$ км масофа ўтишини топамиз. Катер оқим бўйлаб $AD = 37$ км, оқимга қарши $AE = 23$ км йўлни босиб ўтади. Координаталар боши O ни D ва E нуқталар билан бирлаштириб, катернинг оқим бўйлаб ва оқимга қарши ҳаракат графиклари III ва IV ни топамиз.

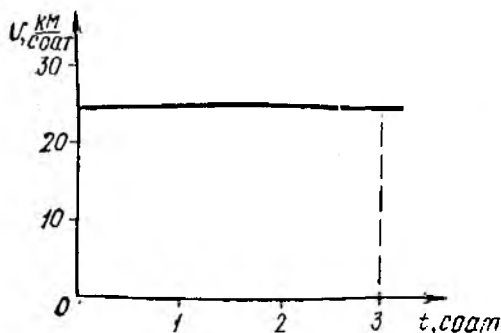
III графикдан катернинг 1 соат давомида оқим бўйлаб пастга 25 км йўл юришини топамиз. Бинобарин, изланаётган тезлик 25 км/соат га тенг бўлади. Ихтиёрий бошқа вақт ичида, масалан, 3 соатда ўтилган йўлни олишимиз ҳам мумкин. Графикдан бу йўлнинг 75 км га тенг экани кўришиб турибди.
$$v = \frac{s}{t} = \frac{75 \text{ км}}{3 \text{ соат}} = 25 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$$

Катернинг оқимга қарши тезлигини

шунга ўхшаш йўл билан топамиз: $v' = 15 \text{ км/соат}$.

325. v ва t координата ўқларида катернинг оқим бўйлаб (323- масала) ҳаракат тезлиги графиктини чизинг. Графикдан катернинг 3 соатда ўтган йўлини аниқланг.

Ечилиши. 1 см — 10 км/соат ва 1 см — 0,5 соат масштабларни танлаб, координата ўқлари ва график ясаймиз (72- расм). Бу ҳаракатда тез-



72- расм.

лик ўзгармас, шунинг учун график чизиги вақт ўқига параллел бўлган тўғри чизиқдан иборат бўлади.

Йўл эса $s = vt = 25 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot 3 \text{ соат} = 75 \text{ км}$ га тенг бўлади.

Ўқувчилар диққатини ўтилган йўл сон жиҳатдан бир томони вақтга, иккинчи томони ҳаракат тезлигига тенг бўлган тўғри тўртбурчакнинг юзига тенг бўлишига қаратиш керак.

Йўл графигидан ҳаракат тезлигини, тезлик графигидан жисмнинг ўтган йўлини топа билиш нотекис ҳаракат ҳақидаги келгуси бўлимни ўрганишда керак бўлади.

16- БОБ

НОТЕКИС ҲАРАКАТ

Ушбу тема бўйича нотекис ҳаракатни характерловчи траектория, йўл, кўчиш, тезлик ва тезланиш сингари қатталикларни излаш ёки топишга доир масалалар ечилади. Нотекис ҳаракатнинг турли хиллари ичида фақат текис ўзгарувчан ҳаракат батафсил ўрганилади.

Тема айлана бўйлаб ҳаракатга доир масалаларни ечиш билан якунланади. Бу ерда ўқувчилар учун янги бўлган бурчак тезлик ва нормал тезланиш ҳақидаги тушунчалар қийин ўзлаштирилади. Бу тушунчаларни шакллантириш учун дастлаб содда масалалардан фойдаланилади. Янада мураккаброқ масалалар динамика қонуналарини ўрганиш вақтида ечилади (20- боб).

1. Ўртача ва оний тезлик

Ўртача ва оний тезлик ҳақидаги дастлабки тушунча билан ўқувчилар VI синфда танишган эдилар. Шунинг учун даставвал 5,1- бобда келтирилган масалаларга ўхшаш масалаларни такрорлаш сифатида ечган маъқул. Сўнгра асосий эътибор ҳаракат тенгламаларини тузиш ва ечиш малакаларининг шаклланишига қаратилади.

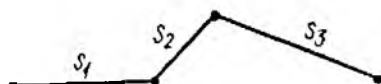
Ўртача тезликни топишга доир масалалар ечишда ўқувчилар орасида кенг тарқалган хатодан, яъни ўртача тезликни жисмнинг йўлнинг турли участкаларидаги тезликларининг ўртача арифметик қиймати сифатида топишга ҳаракат қилишдан уларни огоҳлантириш керак.

Ўртача тезлик ҳақидаги тушунчадан фойдаланиб, график масалалар ёрдамида оний тезлик тушунчасини $\Delta t \rightarrow 0$ бўлганда $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ нисбатнинг лимити сифатида чуқурлаштириш керак.

326. Автомашина текис йўл бўйлаб 90 км/соат тезлик билан 1 мин , сўнгра 60 км/соат тезлик билан юқорига қараб

2 мин ва 120 км/соат тезлик билан пастликка қараб 0,5 мин юрди. Бу вақт ичида автомашина ҳаракатининг ўртача тезлигини аниқланг.

Ечилиши. Масштабга риоя қилмаган ҳолда s_1 , s_2 ва s_3 йўл кесмаларини шартли равишда тасвирлаймиз (73- расм).



73- расм.

$$v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3};$$

$$s_1 = v_1 t_1 = 90 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot \frac{1}{60} \text{ соат} = 1,5 \text{ км};$$

$$s_2 = v_2 \cdot t_2 = 60 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot \frac{2}{60} \text{ соат} = 2 \text{ км};$$

$$s_3 = v_3 \cdot t_3 = 120 \frac{\text{км}}{\text{соат}} \cdot \frac{0,5 \text{ соат}}{60} = 1 \text{ км};$$

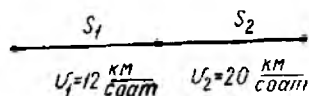
$$s = 1,5 \text{ км} + 2 \text{ км} + 1 \text{ км} = 4,5 \text{ км};$$

$$t = 1 \text{ мин} + 2 \text{ мин} + 0,5 \text{ мин} = 3,5 \text{ мин};$$

$$v_{\text{ўр}} = \frac{4,5 \text{ км}}{3,5 \frac{\text{мин}}{60} \text{ соат}} \approx 77 \frac{\text{км}}{\text{соат}}.$$

Тезликларнинг ўртача арифметик қиймати бошқа катталикини беради ва у ҳаракатнинг ўртача тезлигини билдирмайди:

$$\frac{90 \frac{\text{км}}{\text{соат}} + 60 \frac{\text{км}}{\text{соат}} + 120 \frac{\text{км}}{\text{соат}}}{3} = \frac{270 \frac{\text{км}}{\text{соат}}}{3} = 90 \frac{\text{км}}{\text{соат}}.$$



74- расм.

327*. Велосипедчи йўлнинг биринчи ярмини 12 км/соат, иккинчи ярмини эса 20 км/соат тезлик билан ўтди. Велосипедчининг ўртача ҳаракат тезлигини аниқланг.

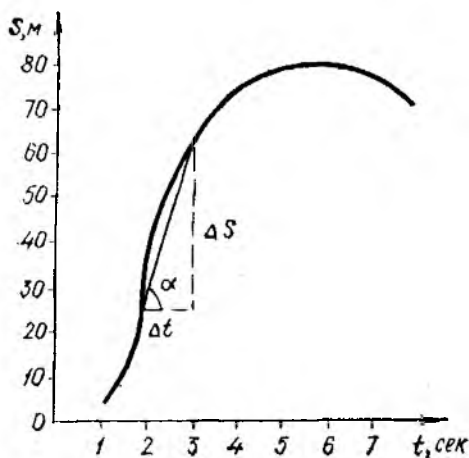
Ечилиши. Чизма чизамиз (74- расм). Чизмада s_1 ва s_2 йўл кесмаларини ва уларга тегишли $v_1 = 12 \text{ км/соат}$ ҳамда $v_2 = 20 \text{ км/соат}$ тезликларни кўрсатамиз.

$$v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t}; \quad s = s_1 + s_2; \quad s_1 = s_2 = \frac{s}{2}.$$

$$t = t_1 + t_2; \quad t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s}{2v_1}; \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{s}{2v_2}.$$

$$v_{\text{ўр}} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_2 + v_1} = 15 \frac{\text{км}}{\text{соат}}.$$

328. 75- расмда нотекис ҳаракатнинг йўл графиги тасвирланган. Вақтнинг $t_1 = 2 \text{ сек}$ ва $t_2 = 6 \text{ сек}$ пайтлари орасига мос келувчи йўл қисмидаги ўртача тезликни аниқланг.



75- расм.

Ечилиши.

$$v_{\text{ур}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}.$$

Вақтнинг $t_1 = 2$ сек пайтига графикка кўра $s_1 = 25$ м йўл, $t_2 = 6$ сек пайтига эса $s_2 = 80$ м йўл мос келади.

$$v_{\text{ур}} = \frac{80 \text{ м} - 25 \text{ м}}{6 \text{ сек} - 2 \text{ сек}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

329. 75- расмда тасвирланган графикдан 2 сек — 5 сек, 2 сек — 4 сек, 2 сек — 3 сек, 2 сек — 2,5 сек вақт оралиқларида жисм ҳаракатининг ўртача тезлигини аниқланг.

Тезликнинг бу топилган қийматлари ичида қайси бири жисмнинг $t = 2$ сек пайтдаги ҳаракатининг оний тезлик қийматига яқинроқ бўлади? Ўртача тезликнинг оний тезлик қийматига янада яқинроқ бўлган қийматини қандай топиш мумкин?

Ечилиши. Қуйидагиларни аввалги масаладаги сингари топамиз:

$$v_{\text{ур } 2-5} \approx 18 \text{ м/сек}, v_{\text{ур } 2-4} = 24 \text{ м/сек}; v_{\text{ур } 1-3} \approx 37 \text{ м/сек}, \\ v_{\text{ур } 2-2,5} \approx 50 \text{ м/сек}.$$

$v = 50$ км/соат тезлик $t = 2$ сек пайтдаги ҳаракатнинг оний тезлигига энг яқин қиймат. Δt вақт оралиғи қанча кичик бўлса, ўртача тезлик қиймати оний тезликка шунча яқин бўлади.

Йил охирида такрорлаш вақтида $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ нисбатнинг сон жиҳатдан эгри чизиқнинг мос нуқталарини вақт ўқи билан бирлаштирувчи ватар оғиш бурчагининг тангенсига тенг бўлишини айтиб ўтиш керак. Оний тезлик эса сон жиҳатдан йўл графиги эгри чизиғининг берилган нуқтасига ўтказилган уринма оғиш бурчагининг тангенсига тенг.

330. Қуйидаги ҳолларнинг қайси бирида ўртача тезлик ва қайси бирида оний тезлик ҳақида гапирилаётганини аниқланг: 1) мотоциклнинг спидометри 70 км/соат тезлиكنи кўрсатди; 2) довул 100 км/соат тезлик билан тарқалди; 3) шамолнинг тезлиги 30 км/соат га чиқди; 4) $t = -10,9^\circ\text{C}$ температурада қуруқ ҳавода товушнинг тезлиги 326 м/сек га тенг.

Жавоби. 1 ва 3- ҳолларда оний тезлик ҳақида, 2- ҳолда эса ўртача тезлик ҳақида гапирилмоқда. Товушнинг тезлиги эса берилган шароитда ўзгармас, шунинг учун ўртача ва оний тезликнинг қийматлари ўзаро мос келади.

2. Тезланиш

Дастлаб масалалар ёрдамида тўғри чизиqli ҳаракатнинг ўртача тезланиши $\vec{a}$ нинг Δt га нисбати билан аниқланадиган катталиқ эканлиги ҳақидаги тушунча чуқурлаштирилади:

$$\vec{a}_{\text{ор}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_0 - \vec{v}_6}{\Delta t},$$

бу ерда v_0 ва v_6 — мос равишда ҳаракатнинг охириги ва бошланғич тезликлари. Ўрта мактабда одатда бу вектор тенглик ўрнига $a_{\text{ор}} = \frac{v_0 - v_6}{\Delta t}$ скаляр тенглик ишлатилади. Бу келгусида масалалар ечишда бирмунча қийинчиликларга олиб келади ва тезланишнинг тезлик йўналиши билан мос келмаслиги мумкин бўлган вектор катталиқ эканлиги ҳақидаги тушунчанинг шаклланишини кейинга суради. Бу масалаларни ечишдан шунингдек содда ҳолларда, яъни векторлар бир тўғри чизиқ бўйлаб бир томонга йўналганда уларни айириш малакаларини шакллантириш учун ҳам фойдаланиш керак.

Векторларни айириш қондасини шундай асослаш мумкин: бирор катталиқни айириш, тескари ишорали худди шундай катталиқни қўшишга тенг кучлидир, вектор учун эса бирор векторни айириш худди шундай, бироқ тескари йўналган векторни қўшишга тенг кучлидир (76-а расм). Бунда айниқса $v_0 < v_6$ бўлган, бинобарин, Δv ва тезланиш тезлик йўналишига қарама-қарши (76-б ва в расм) бўлган ҳолга алоҳида аҳамият бериш керак.

Ҳисоблашларни бажариш учун вектор шаклдаги ёзувлардан скаляр шаклдаги ёзувларга ўтилади, бунда бир томонга, масалан, ўнгга йўналган векторларни мусбат, қарама-қарши томонга йўналган векторларни эса манфий деб олишга шартлашиб олинади.

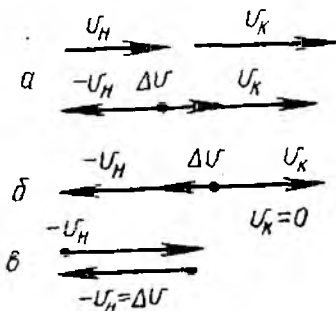
331. Спидометр автобуснинг тезлиги 1 минут ичида 18 км/соат дан 72 км/соат га ўзгарганини кўрсатди. Автобус қандай ўртача тезланиш билан ҳаракатланган?

Ечилиши. Бошланғич ва охириги тезлик векторларини 76- расмда кўрсатилгандек тасвирлаймиз. Векторларни айириб, Δv ни ва сўнгга тезланишни аниқлаймиз:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; \quad a = \frac{v_0 - v_6}{\Delta t}.$$

$$v_0 = 72 \text{ км/соат} = 20 \text{ м/сек.}$$

$$v_6 = 18 \text{ км/соат} = 5 \text{ м/сек.}$$



76- расм.

Ҳар икки вектор ўнга йўналган ва демак, мўсбат.

$$\Delta v = 20 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{сек}}. \quad a_{\text{ўр}} = \frac{15 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{60 \text{ сек}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Тезликнинг Δv ўзгариши ва бинобарин, $a_{\text{ўр}}$ ҳам ҳисоблашлардан ҳамда 76- а расмдан кўришиб турганидек, мусбат.

332. Агар „Москвич“ автомашинаси жойидан қўзғалиб, 20 сек давомида 20 м/сек тезликка эришган бўлса, унинг қандай ўртача тезланиш билан ҳаракатланганини аниқланг.

333. 27 км/соат тезлик билан келаётган мотоциклчи тўсиқни кўриб, тормоз берди ва 2 сек дан кейин тўхтади. Мотоциклчи қандай ўртача тезланиш билан ҳаракатланган?

Ечилиши. Чизма чизамиз (76- в расм). Чизмага кўра тезликнинг Δv ўзгариши ва бинобарин, a тезланиш манфий бўлиши керак:

$$v_0 = 0; \quad v_6 = 27 \text{ км/соат} = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

$$\Delta v = 0 \text{ м/сек} - 7,5 \text{ м/сек} = -7,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}};$$

$$a_{\text{ўр}} = \frac{-7,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{2 \text{ сек}} \approx -3,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

334*. Нотекис ҳаракатнинг тезлик графигидан (77- расм) 2 сек—6 сек; 2 сек—5 сек; 2 сек—4 сек; 2 сек—3 сек вақт оралиқларидаги ўртача тезланишни аниқланг. Ўртача тезланишнинг ушбу қийматларидан қайси бири вақтнинг $t = 2 \text{ сек}$ пайтидаги оний тезланишга энг яқин бўлади?

Ечилиши. 2 сек—6 сек вақт оралиғи учун қуйидагиларни топамиз:

$$\Delta t = 4 \text{ сек}, \quad v_6 = 85 \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

$$v_2 = 5 \text{ м/сек},$$

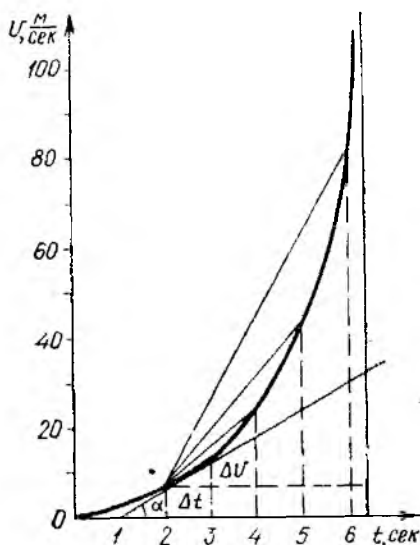
$$a_{\text{ўр} 2-6} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{85 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{4 \text{ сек}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Худди шунга ўхшаш

$$a_{\text{ўр} 2-5} = 13 \text{ м/сек}^2;$$

$$a_{\text{ўр} 2-4} = 10 \text{ м/сек}^2;$$

$$a_{\text{ўр} 2-3} = 8 \text{ м/сек}^2.$$



77- расм.

Топилган катталиклардан 8 м/сек^2 қиймат $t = 2 \text{ сек}$ пайтдаги оний тезланиш қийматига энг яқин бўлиши равшан.

3. Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезлик

Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезлик $\vec{v}_{\text{охир.}} = \vec{v}_{\text{бошл.}} + \vec{a}t$ ёки $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ формуладан аниқланади, бу ерда $\vec{v}_{\text{охир.}}$ ва $\vec{v}_{\text{бошл.}}$ ёки $\vec{v}$ ва $\vec{v}_0$ — мос равишда охириги ва бошланғич тезликлар, t — ҳаракат вақти, $\vec{a}$ — ўзгармас тезланиш бўлиб, у тезлик ўзгаришининг шу ўзгариш рўй берган вақтга нисбатига тенгдир: $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$. Одатда масалалар ечишда бу вектор тенгликлар ўрнига скаляр тенгликлардан фойдаланилади:

$$v = v_0 + at \text{ ва } a = \frac{v - v_0}{t},$$

бу ерда a тезланишнинг йўналиши v_0 бошланғич тезлик йўналиши билан мос бўлса, тезлашиш плюс ишора билан олинади (текис тезланувчан ҳаракат), агар a вектор йўналиш жиҳатидан v_0 бошланғич тезликка қарама-қарши бўлса, a тезланиш минус ишора билан олинади (текис секинлашувчан ҳаракат).

Ўқувчиларга текис тезланувчан ҳаракатнинг $v_0 = 0$ бўлган хусусий ҳолига оид масалаларни кўпроқ ечишга тўғри келади. Шунинг учун улар умумий формуладан эмас, балки натижавий $v = at$ формуладан фойдаланишга ўрганиб қоладилар. Материални яхши ўзлаштириш учун, айниқса, дастлабки вақтда ҳатто шартга кўра $v_0 = 0$ бўлгани ҳолда ҳам умумий формуладан фойдаланиш керак.

Қатор масалалар ечишда, шунингдек, $v_{\text{ур.}} = \frac{v + v_0}{2}$ муносабатдан ҳам фойдаланиш мумкин.

335 (э). Новга шарча қўйиб, новни шарча тезланиш билан 3 — 4 сек давомида думалаб тушадиган қилиб қиялатинг. Секундомердан фойдаланиб, шарчанинг тезлиги ва тезланишини аниқланг. Тезланишни ўзгармас деб олиб, шарчанинг 1 сек, 2 сек, 3 сек дан кейинги тезлигини ҳисобланг.

Ечилиши. Дастлаб $v_{\text{ур.}} = \frac{l}{t}$ ни топамиз, бу ерда l — новнинг узунлиги.

$$v_{\text{ур.}} = \frac{v_{\text{охир.}} + v_{\text{бошл.}}}{2}; v_{\text{охир.}} = v_{\text{бошл.}} + at.$$

$$v_{\text{бошл.}} = 0 \text{ бўлгани учун } v_{\text{охир.}} = 2v_{\text{ур.}}; v_{\text{охир.}} = at; a = \frac{2v_{\text{ур.}}}{t}.$$

Тажрибалардан бирида $l = 120$ см, $t = 4$ сек маълумотлар олинган эди. Бинобарин, $v_{\text{ур.}} = \frac{120 \text{ см}}{4 \text{ сек}} = 30 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$, $v_{\text{охир.}} = 60 \text{ см/сек}$,

$$a = \frac{60 \frac{\text{см}}{\text{сек}}}{4 \text{ сек}} = 15 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}.$$

1, 2, 3 сек дан кейинги тезликларни топиш учун қуйидагича мулоҳаза юритамиз.

Вақтнинг бошланғич пайтида $v_0 = 0$. 1 сек давомида тезлик 15 см/сек га ортади, $v_1 = 0 + 15 \text{ см/сек} = 15 \text{ см/сек}$.

Яна бир секунддан сўнг $v_2 = 15 \text{ см/сек} + 15 \text{ см/сек} = 30 \text{ см/сек}$ ва ҳоказо.

336. Агар 335- масаладаги шарчани нов бўйлаб юқорига 60 см/сек тезлик билан туртиб юборилса, шарча 1, 2, 3 сек дан кейин қандай тезликка эришади?

Ечилиши. Бир секундда тезлик 15 см/сек га камаяди. Шунинг учун

$$v_1 = 60 \text{ см/сек} - 15 \text{ см/сек} = 45 \text{ см/сек};$$

$$v_2 = 45 \text{ см/сек} - 15 \text{ см/сек} = 30 \text{ см/сек};$$

$$v_3 = 30 \text{ см/сек} - 15 \text{ см/сек} = 15 \text{ см/сек}.$$

335-, 336- масалаларга ўхшаш масалаларни арифметик метод билан ечиш ўқувчиларга тезликнинг тезланиш ва вақтга боғлиқлигини ойдинлаштиришга ёрдам беради ҳамда уларни текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлик формуласидан тушунган ҳолда фойдаланишга тайёрлайди.

337. 335- ва 336- масалаларнинг шартларида берилганлардан фойдаланиб, шарча ҳаракати тезлигининг формуласини ёзинг ва тезлик графикларини ясанг.

Ечилиши. Шарчанинг нов бўйлаб пастга $v = 15 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot t$ тезлик билан ва юқорига $v = 60 \frac{\text{см}}{\text{сек}} - 15 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot t$ тезлик билан ҳаракати учун жадвал тузамиз ва унинг маълумотларига кўра график ясаймиз.

t	$v = 15 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot t$	$v = 60 \frac{\text{см}}{\text{сек}} - 15 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot t$
0	0	60
1	15	45
2	30	30
3	45	15
4	60	0

338. 78- расмда тасвирланган графиклардан фойдаланиб, жисмларнинг қандай ҳаракатланганини айтиб беринг ва ҳар бир ҳаракат учун тезлик формуласини ёзинг.

Ечилиши. Графиклар қуйидаги схемага кўра анализ қилинади:

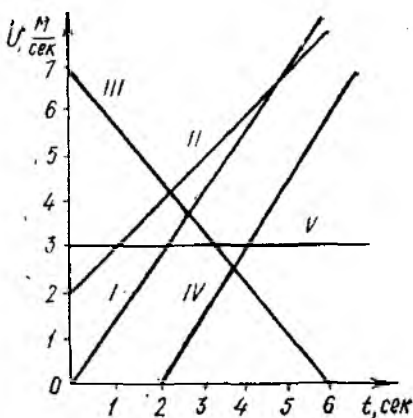
а) тезлиkning вақт бўйича қандай ўзгариши аниқланади. Агар тезлик ортса, у ҳолда ҳаракат тезланувчан, камайса — секинланувчан, доимий қолса, текис бўлади;

б) ўзгарувчан ҳаракат учун $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ тезланиш қандай ўзгариши аниқланади. Агар тезлик графиги вақт ўқига оған тўғри чизиқ бўлса, у ҳолда унинг ихтиёрий нуқтаси учун тезланиш ўзгармас катталиқ ва ҳаракатнинг ўзи текис ўзгарувчан ҳаракат бўлади;

в) текис ўзгарувчан ҳаракат учун тезлик формуласи умумий шаклда ёзилади:

$$v = v_0 + at;$$

г) графикдан доимий катталиқлар (тенглама коэффициентлари) аниқланади: тезлик ўқидан v_0 ва ҳисоблаш йўли билан $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ топилади. v_0 ва a нинг қиймати умумий формулага қўйилади.



78-рasm.

$$\text{I. } v_0=0; a=\frac{7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{5 \text{ сек}}=1,4 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; v=1,4 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t.$$

$$\text{II. } v_0=2 \frac{\text{м}}{\text{сек}}; a=\frac{7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}-2 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{5 \text{ сек}}=1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; v=2 \frac{\text{м}}{\text{сек}}+1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t.$$

$$\text{III. } v_0=7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}; a=\frac{0 \frac{\text{м}}{\text{сек}}-7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{6 \text{ сек}} \approx -1,2 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; v=7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}-1,2 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t.$$

$$\text{IV. } v_0=0, a=\frac{6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{6 \text{ сек}-2 \text{ сек}}=1,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; v=1,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} (t_2 - t_1),$$

бу ерда $t_2 \geq 2 \text{ сек}$ ва $t_1 = 2 \text{ сек}$.

V. $v_0=3 \frac{\text{м}}{\text{сек}}; a=0$. Текис ҳаракат. Уни тезланиши нолга тенг бўлган текис ўзгарувчан ҳаракатнинг хусусий ҳоли сифатида қараш мумкин:

$$v = v_0 + 0 \cdot t = v_0.$$

339. Поезд қияликдан пастга қараб 36 км/соат тезлик билан ҳаракатлана бошлади ва йўлнинг охирида 72 км/соат тезликка эришди. Агар поезднинг тезланиши 0,1 м/сек² га тенг бўлса, у пастга қанча вақт ҳаракатланган?

Ечилиши. Поезднинг ҳаракати текис тезланувчан. Бинобарин, $v = v_0 + at$, бундан

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{72 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} - 36 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}}}{0,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{0,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 100 \text{ сек.}$$

340. Пневматик милтиқ ўқининг бошланғич тезлиги 160 м/сек. Тик юқорига йўналтирилган ўқнинг тезлиги отилган вақтдан 20 сек ўтгач қандай бўлади? $g = 10 \text{ м/сек}^2$ деб олинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

Ечилиши. 1- усул. Масаланинг шартини анализ қилайлик. Энг юқори нуқтагача ўқ текис секинланувчан ҳаракат қилади: $v = v_0 - gt$. Пастга эса ўқ текис тезланувчан ҳаракат билан тушади: $v = v_0' + gt = gt$, чунки энг юқори нуқтада ўқнинг v_0 бошланғич тезлиги 0 га тенг. Ўқнинг юқорига қанча вақт учганини аниқлаймиз.

Юқори нуқтада $v = 0$. $0 = v_0 - gt$, бундан

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{160 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 16 \text{ сек.}$$

Бинобарин, $t_1 = 16 \text{ сек}$ дан $t_2 = 20 \text{ сек}$ гача бўлган вақт оралигида, яъни $20 \text{ сек} - 16 \text{ сек} = 4 \text{ сек}$ давомида ўқ пастга тушади ва $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 4 \text{ сек} = 40 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ тезликка эришади.

2- усул. Ихтиёрий вақтдаги, жумладан, 20- секунддаги тезликни ҳам бевосита формуладан топиш мумкин:

$$v = v_0 - gt = 160 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 20 \text{ сек} = -40 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Минус ишораси v тезлигининг йўналиши v_0 тезлигининг йўналишига қарама-қарши эканлини, яъни жисм энди кўтарилмаётганини, балки тушаётганини билдиради.

Биринчи ечим иккинчисига нисбатан узундан-узоқ бўлса ҳам, бу хил масалаларни ечишда ундан фойдаланиш керак, чунки у ҳодисанинг физикавий томонини батафсил кўришга имкон беради.

Ҳосил қилинган малакаларни мустақкамлаш учун жисмнинг Ойдаги ҳаракатига доир шунга ўхшаш масала ечиш фойдалидир. Ойда эркин тушиш тезланиши $1,6 \text{ м/сек}^2$ га тенг.

4. Текис ўзгарувчан ҳаракатда кўчиш ва йўл

Бу темада асосий формула

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

бўлиб, у жисмнинг эркин тушиш ҳоли учун

$$\vec{H} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

кўринишга келтирилади.

Скаляр шаклда бу муносабат

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

кўринишда бўлади, бу ерда a тезланиш текис тезланувчан ҳаракат учун плюс ишора билан, текис секинланувчан ҳаракат учун эса минус ишора билан олинади.

Ўқувчилар диққатини шу нарсага жалб қилиш керакки,

бу ерда $\vec{s}$ ёки $\vec{H}$ ўтилган йўл эмас, балки жисмнинг бошланғич ва охириги вазиятлари орасидаги кўчишдир. Текис секинланувчан ҳаракатда, масалан, вертикал юқорига отилган жисмнинг ҳаракатида $H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ формула билан аниқланадиган

H полга тенг бўлиши мумкин, ҳолбуки жисм юқори нуқтагача кўтарилиб ва яна Ерга қайтиб тушиб $2H$ га тенг йўлни босиб ўтади. Бирор вақт оралигида H манфий катталиқ бўлиши ҳам мумкин, масалан, агар жисм бошланғич вазиятидан дастлабки ҳаракат йўналишига қарама-қарши йўналишда тесқари томонга силжиса, шундай бўлади. Текис тезланувчан тўғри чизиқли ҳаракатда йўл ва кўчиш катталиклари тенг. $v_0 = 0$ бўлган ҳол учун формула $s = \frac{at^2}{2}$ кўринишга келади, ўқувчилар кўпинча формулани ана шу кўринишда эсда сақлаб қоладилар.

Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлигини топнига доир масалаларни ечгандаги сингари бу ерда ҳам дастлаб масалаларни v_0 нинг қиймати қандай бўлишидан қатъи назар, умумий формула бўйича ечилиш керак.

Бу умумий асосий формуладан ташқари масала ечишда қуйидаги муносабатларни ҳам билиш фойдалидир:

$$s = v_{sp} t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t;$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2as} \quad s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots \quad (\text{№ 343}).$$

341. 339- масаладаги маълумотлар бўйича поезднинг қиялик бўйлаб ҳаракатлангандаги йўлини топинг.

Ечилиши. 1- усул.

$$s = v_{sp} t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{10 \frac{м}{сек} + 20 \frac{м}{сек}}{2} \cdot 100 сек = 1500 м.$$

2- усул. $s = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 1500 \text{ м.}$

342. Жисм тинч ҳолатдан 10 м/сек^2 тезланиш билан ҳаракатга келса, у 1 сек, 2 сек ва 3 сек ичида қанча йўл ўтади? Агар ҳаракат вақти 2, 3, 4 марта ортса, жисмнинг ўтган йўли қандай ўзгаради?

343. Текис тезланувчан ҳаракатнинг конкрет мисолида бошланғич тезлик нолга тенг бўлганда жисмнинг биринчи, иккинчи, учинчи секундларда ўтган йўллари худди кетма-кет тоқ сонлар нисбати сингари (1:3:5:7) ... бўлишини исбот қилинг.

344. Текис тезланувчан ҳаракатда $v_0 = 0$ бўлганда жисм биринчи секундда 2 м йўл юрди. Жисм 2, 3, 5 секунд давомида қанча йўл ўтади? Иккинчи, учинчи, бешинчи секундда-чи?

342, 344- масалалар машқ учун масалалар бўлиб, текис ўзгарувчан ҳаракатнинг хусусиятларини ўрганишда оғзаки ечилади.

345. Станция ёнидан 18 км/соат тезлик билан товар поезда ўтаётган пайтда платформадан пассажир поезда йўлга чиқди. Агар пассажир поезда $0,30 \text{ м/сек}^2$ тезланиш билан ҳаракатланса, у товар поездини қанча вақтдан сўнг ва қандай тезликда қувиб етади? Масалани икки усулда: график ва ҳисоблашлар бажариш йўли билан ечинг.

Ечилиши. 1- усул. Товар поезда текис ҳаракат қилмоқда: $s_1 = vt$; пассажир поезда эса текис тезланувчан: $s_2 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \cdot v_0 = 0$ бўлгани учун $s_2 = \frac{at^2}{2}$ бўлади. Жадвал тузамиз. $v = 18 \frac{\text{км}}{\text{соат}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$.

Пассажир поездиниң t вақт ичида ўтган йўлини $0,15 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t^2$ кўпайтма шаклида топиш мумкин. Текис ҳаракатнинг йўл графигини ясаш учун икки нуқта етарли. Бироқ ушбу ҳолда текис ҳаракатнинг йўл қийматини вақтнинг тезланувчан ҳаракатнинг йўл қийматлари топилган пайтлари учун топиш фойдалидир. Бу текис ҳаракатнинг йўли тезланувчан ҳаракатнинг йўлига нисбатан секинроқ ўсиб боришини яққол кўрсатишга имкон беради.

$t, \text{сек}$	$s_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot t$	$s_2 = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t^2$
0	0	0
1	5	0,15
5	25	3,8
10	50	15
15	75	34
20	100	60
25	125	94
30	150	135
35	175	185

Жадвалдан пассажир поезда товар поездини 35 секунддан кейин қувиб ўтиши кўриниб турибди. Жадвал маълумотлари бўйича графиклар ясаймиз (79-расм). Масштаб: 1 см — 20 м; 1 см — 5 сек. Графиклардан пассажир поезда товар поездини тахминан 34 секунддан кейин станциядан 170 м масофада қувиб етишини аниқлаймиз.

Пассажир поездининг охириги 5 сек даги оний тезликка яқин бўлган ўртача тезлигини топамиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{50 \text{ м}}{5 \text{ сек}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

$$2\text{- усул. } s_1 = \frac{at^2}{2};$$

$$s_2 = vt; s_1 = s_2; vt = \frac{at^2}{2},$$

$$t = \frac{2v}{a} = \frac{2 \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{0,30 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} \approx 33,3 \text{ сек.}$$

$$s = vt = 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 33,3 \text{ сек} \approx 170 \text{ м}$$

Пассажир поездининг тезлиги

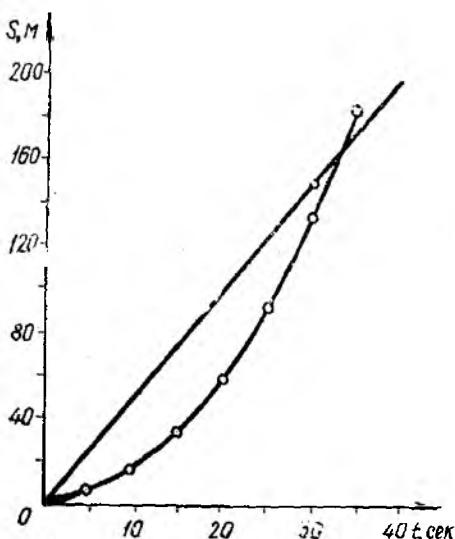
$$v = at = 0,30 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 33,3 \text{ сек} \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

3- усул. Саноқ системаси қилиб товар поездини қабул қиламиз. У ҳолда пассажир поезда икки ҳаракатда иштирок этаяпти деб фараз қилишга тўғри келади: а) Ер билан бирга $v = -0,50 \text{ м/сек}$ тезликли текис ҳаракат ва б) Ерга нисбатан $a = 0,30 \text{ м/сек}^2$ тезланишли текис тезланувчан ҳаракат.

Пассажир поездининг кўчиши $s = -vt + \frac{at^2}{2}$.

Пассажир поезда товар поездини қувиб етган t пайт учун $s = 0$ ва бинобарин, $vt = \frac{at^2}{2}$. Шундай эканини 2- ечимда ҳам кўрган эдик.

346. 340- масаланинг шарти ва ечимдаги маълумотларидан фойдаланиб, ўқнинг отилгандан кейин 5 ва 20 секунд вақт ўтгач, қандай баландликка кўтарилишини аниқланг. Ўқ 20 сек давомида қанча йўл ўтади?



79- расм.

Ечилиши. 1- усул. а) $H_5 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} =$
 $= 160 \text{ м/сек} \cdot 5 \text{ сек} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot (5 \text{ сек})^2}{2} = 675 \text{ м.}$

б) ўқнинг 16 секунд давомида кўтариладиган тўла баландлиги

$$H_{16} = 160 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 16 \text{ сек} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot (16 \text{ сек})^2}{2} = 1280 \text{ м.}$$

Ўқнинг тушиш вақти $t_2 = 20 \text{ сек} - 16 \text{ сек} = 4 \text{ сек.}$

в) ўқнинг тушиш вақтида 4 секунд давомида ўтган масофаси

$$h = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \frac{gt_2^2}{2}, \quad v_0 = 0;$$

$$h = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot (4 \text{ сек})^2}{2} = 80 \text{ м;}$$

г) $h_{20} = 1280 \text{ м} - 80 \text{ м} = 1200 \text{ м; } s_{20} = 1280 \text{ м} + 80 \text{ м} = 1360 \text{ м.}$

2- усул. Ўқнинг Ердан h баландлиги ва унинг t вақтнинг ихтиёрий пайтидаги кўчишини топишда $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ формуладан фойдаланилади.

Юқорида ҳисобланганидек: $h_5 = 675 \text{ м; } h_{16} = 1280 \text{ м;}$

$$h_{20} = 160 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 20 \text{ сек} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot (20 \text{ сек})^2}{2} = 1200 \text{ м.}$$

$$h_{16} - h_{20} = 80 \text{ м;}$$

$$s_{20} = 1280 \text{ м} + 80 \text{ м} = 1360 \text{ м.}$$

Жисмининг вақтнинг ихтиёрий пайтида Ердан қанча баландликда эканини бевосита $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ формуладан аниқлаш математик жиҳатдан анча содда. Бироқ бу ҳилдан масалаларнинг дастлабки бир-иккитасини биринчи усул билан ечиш керак, чунки бунда ўқувчилар тик юқорига отилган жисм ҳаракатининг хусусиятини яхши ўзлаштирадилар.

Сўнгра, албатта, иккинчи усулдан ҳам фойдаланилади, бунда ўқувчилар берилган формула ҳамма вақт жисмининг кўчишини аниқлашга имкон бериши ҳақидаги тушунишни ўзлаштирадилар.

347. Агар 1 км йўлда автомобилнинг тезлиги 36 км/соат дан 72 км/соат га кўтарилган бўлса, автомобиль қандай тезланиш билан ҳаракатланган?

Ечилиши. Бу турдаги масалаларнинг шуниси қизиқки, уларда вақт номаълум бўлгани ҳолда тезланишни топиш талаб қилинади. Масала икки тенглама системаси ёрдамида ечилади:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v = v_0 + at.$$

Бироқ қуйидаги тенгламадан фойдаланиш фойдалироқдир:

$$v^2 - v_0^2 = 2as, \text{ бундан } a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} \approx 0,15 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

348. Қоя чўққисидан тош тушиб кетди ва 6 сек ўтгандан сўнг унинг Ерга урилган товуш эшитилди. Товушнинг тезлиги 330 м/сек ва $g = 10 \text{ м/сек}^2$ деб олиб, қоянинг баландлигини аниқланг.

Ечилиши. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаган ҳолда тош $h = v_0 t_1 + \frac{gt_1^2}{2}$ баландликдан эркин тушади деб оламиз, бу ерда t_1 — тошнинг тушиш вақти. $v_0 = 0$ бўлгани учун $h = \frac{gt_1^2}{2}$ (1) бўлади.

Товуш текис тарқалади. Шунинг учун $h = vt_2$ (2), бу ерда v — товушнинг тезлиги, t_2 — эса унинг тарқалиш вақти.

$t_1 + t_2 = 6 \text{ сек}$ (3). Бу уч номаълумли учта тенглама системасини ечамиз.

$$\frac{gt_1^2}{2} = vt_2; \quad t_3 = 6 \text{ сек} - t_1;$$

$$5 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot t_1^2 + 330 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot t_1 - 1980 \text{ м} = 0.$$

$$t_1 = \frac{-330 \pm \sqrt{330^2 + 4 \cdot 5 \cdot 1980}}{2 \cdot 5};$$

$$t_1 \approx 5,54 \text{ сек.} \quad t_1' \approx 71,54 \text{ сек.}$$

Иккинчи илдиз масаланинг шартига тўғри келмайди ва шунинг учун биз уни ташлаб юборамиз.

$$t_2 \approx 6 \text{ сек} - 5,54 \text{ сек} = 0,46 \text{ сек.}$$

$$h = 330 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 0,46 \text{ сек} \approx 150 \text{ м.}$$

$$\text{Текшириш. } h = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} (5,54 \text{ сек})^2}{2} \approx 150 \text{ м.}$$

349*. $v_1 = 4 \text{ м/сек}$ тезлик билан текис кўтарилаётган аэростат гондоласидан Ердан $h_1 = 20 \text{ м}$ баландликда юқорига аэростатга нисбатан $v_2 = 6 \text{ м/сек}$ тезлик билан буюм отилди. Буюм қанча вақтдан кейин Ерга тушади? Бу пайтда аэростат қандай баландликда бўлади?

Ечилиши. 1- усул. Саноқ системаси деб Ерни қабул қиламиз. Буюмнинг Ерга нисбатан тезлиги

$$v_3 = 6 \frac{м}{сек} + 4 \frac{м}{сек} = 10 \frac{м}{сек}.$$

Буюм юқорига

$$t = \frac{v_3}{g} \approx \frac{10 \frac{м}{сек}}{10 \frac{сек^2}{м}} = 1 \text{ сек.}$$

вақт давомида кўтарилади.

Буюм дастлабки ўрнидан

$$h_2 = \frac{gt^2}{2} \approx \frac{10 \frac{м}{сек^2} \cdot (1 \text{ сек})^2}{2} = 5 \text{ м}$$

баландликка кўтарилади.

Буюмнинг Ердан максимал баландлиги $h_3 = 20 \text{ м} + 5 \text{ м} = 25 \text{ м}$. Буюмнинг 25 м баландликдан тушиш вақтини $h_3 = \frac{gt^2}{2}$ формуладан топамиз:

$$t = \sqrt{\frac{2h_3}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25}{10}} \approx 2,2 \text{ (сек).}$$

Буюмнинг тўлиқ ҳаракатланиш вақти $2,2 \text{ сек} + 1 \text{ сек} = 3,2 \text{ сек}$. Аэростатнинг Ердан баландлиги

$$h = 20 \text{ м} + 4 \frac{м}{сек} \cdot 3,2 \approx 33 \text{ м.}$$

2- усул. Саноқ боши қилиб гондолани қабул қиламиз. Векторларнинг пастга йўналишини мусбат, юқорига йўналишини эса манфий деб ҳисоблаймиз.

Буюмнинг гондолага нисбатан силжиши

$$s_6 = -v_2 t + \frac{gt^2}{2},$$

Ернинг силжиши эса

$$s_{Ер} = v_1 t, \quad s_6 = s_{Ер} + h_1;$$

$$-v_2 t + \frac{gt^2}{2} = v_1 t + h_1;$$

$$gt^2 - 2(v_1 + v_2)t - 2h_1 = 0;$$

$$10 \frac{м}{сек^2} t^2 - 20 \frac{м}{сек} t - 40 = 0.$$

Ҳисоблашлар аэростатнинг кўтарилиш вақти ва баландлиги учун юқоридаги қийматларни беради:

$$t \approx 3,2 \text{ сек}, \quad h \approx 33 \text{ м.}$$

3- усул. Вақтнинг ихтиёрий t пайтида буюмнинг Ердан s узоқлиги жисмнинг текис ўзгарувчан ҳаракатида кўчишнинг умумий

$$s = h_1 + (v_1 + v_2) t - \frac{gt^2}{2}$$

формуласидан топилиши мумкин.

Масаланинг шартига кўра буюмнинг Ерга тушган пайти учун $s = 0$.

Бинобарин,

$$\frac{gt^2}{2} - (v_1 + v_2) t - h_1 = 0.$$

Биз бу тенгламага 2- ечимда эга бўлган эдик.

5. Айлана бўйлаб ҳаракат

VIII синфда фақат айлана бўйлаб текис ҳаракатга доир масалалар ечилади. Бу масалаларда асосий эътибор бурилиш бурчаги, бурчак тезлик ёки айланиш даври, чизикли (айланма) тезлик ва нормал тезланишни ҳисоблашга қаратилади.

Бурчаклар ўқувчилар учун янги бўлган бирликлар — радианларда, бурчак тезлик эса *рад/сек* ларда ўлчанади.

Радиан ҳақидаги тушунчани мустаҳкамлаш учун радианларни градусларга ва аксинча, градусларни радианларга айлантиришга доир машқлар ўтказиш керак.

Бурчак тезлик $\omega = \frac{\varphi}{t}$ ёки $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ формула бўйича ҳисобланади, бу ерда φ ёки $\Delta\varphi$ катталики — t ёки Δt вақтдаги бурилиш бурчаги. Ўқувчиларнинг бу формулани ёдда сақлашларига ёрдам бериш учун унинг $v = \frac{s}{t}$ чизикли тезлик формуласи билан ўхшашлигига айниқса дастлабки вақтларда аҳамият бериш фойдали.

Масалалар ечиш учун ўқувчилар текис айланма ҳаракатнинг чизикли ва бурчак тезлиги орасидаги муносабатни мустаҳкам ўзлаштиришлари ва ундан фойдалана билишлари керак: $v = \omega R$.

Шунингдек, ўқувчиларнинг $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ва $\omega = 2\pi n$ формулаларни тушуниб олишларига ҳам аҳамият бериш керак, бунда T давр секундларда ўлчанганда ω нинг ўлчамлиги *рад/сек*; сек^{-1} бўлишини таъкидлаб ўтиш керак.

Нуқтанинг айлана бўйлаб „текис“ ҳаракати терминини фақат бу ҳаракатда чизикли тезлик катталиги ўзгаришсиз қолади деган маънодагина тушуниш керак. Умуман айтганда ҳар қандай айлана бўйлаб ҳаракат эгри чизикли ҳаракат бўлгани учун ўзгарувчан бўлади, чунки тезлиkning йўналиши ўзгаради.

Δv тезлик ўзгариши ва $\vec{a}$ тезланиш траекториянинг ичига томон йўналган. $\vec{a}$ вектор одатда $\vec{a}_n$ нормал ва $\vec{a}_\tau$ тангенциал ташкил этувчиларга бўлинади. Тезликнинг йўналиш бўйича ўзгаришини характерловчи $\vec{a}_n$ нормал тезланиш радиус бўйлаб марказга йўналган ва шунинг учун марказга интилма тезланиш деб юритилади. $\vec{a}_\tau = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ тангенциал ташкил этувчи эса тезликнинг катталик бўйича ўзгаришини характерлайди. Умумий тезланиш: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$. Айлана бўйлаб текис ҳаракатда $a = a_n = \frac{v^2}{R}$ бўлади.

350. Соатнинг минут стрелкаси 5 марта тўла айланди: а) стрелканинг бурилиш бурчагини градусларда, радианларда; б) ўртача тезлигини *град/сек*, *рад/сек*, *айл/сек*, *айл/мин* ларда ҳамда стрелканинг 1 секундда, 1 минутда ва 1 соатда айланишлар сонини топинг.

Ечилиши. а) $\varphi = 360^\circ \cdot 5 = 1800^\circ$; $\varphi = 6,28 \text{ рад} \cdot 5 = 31,40 \text{ рад}$;

$$\text{б) } \omega = \frac{\varphi}{t}, t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ сек}; \omega = \frac{1800^\circ}{300 \text{ сек}} = 6 \frac{\text{град}}{\text{сек}};$$

$$\omega = \frac{31,40 \text{ рад}}{300 \text{ сек}} = 0,105 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}; \omega = \frac{5 \text{ айл}}{300 \text{ сек}} = 0,0167 \frac{\text{айл}}{\text{сек}};$$

$$\omega = \frac{5 \text{ айл}}{5 \text{ мин}} = 1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}.$$

Бу масалада бурилиш бурчагини градусларда ва тезликни *град/сек* ларда ҳисоблаш фақат бурчак тезлик вақт бирлигидаги бурилиш бурчаги билан ўлчанувчи катталик эканлигини кўрсатиш ва унинг физикавий моҳиятини тушунтириш учунгина бажарилади, чунки ўқувчилар бурчакларни градусларда ўлчанга ўрганиб қолганлар. Бироқ шу ернинг ўзида физика ва техникада бурчак градусларда эмас, балки радианларда ўлчаниши уқтириб ўтилади. Шунга мос равишда бурчак тезлик ҳам *рад/сек* ларда ўлчанади;

в) стрелканинг айланишлар сонини ҳисоблашда ўқувчилар шундай мулоҳаза юритишлари керак: айланиш даври $T = 1 \text{ соат} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ сек}$. Минут стрелкасининг айланишлари: $1 \frac{\text{айл}}{\text{соат}} = \frac{1 \text{ айл}}{60 \text{ мин}} = \frac{1 \text{ айл}}{3600 \text{ сек}}$.

Бу турдаги машқ масалалари $T = \frac{1}{n}$ ёки $n = \frac{1}{T}$ муносабатлар ҳақидаги тушунчаларни мустаҳкамлаш учун оғзаки ечилади.

Вақт бирлиги ичидаги айланишлар сон n маълум бўлгани ҳолда T даврни топишга доир машқ масалалари ҳам худди шунга ўхшаш ечилади.

351. Агар чарх тошида заводнинг 35 м/сек ; $\varnothing 250 \text{ мм}$ деган штаппи бўлса, бу чархни 2850 айл/мин тезлик билан айландириш мумкинми? [21, № 330.]

Ечилиши. Масаладаги саволга жавоб бериш учун чарх тоши радиусининг учига жойлашган нуқтасининг чизиқли тезлиги қандай бўлишини аниқлаш керак.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rn = \pi Dn.$$

Дастлабки масалаларда иложи борица ўқувчилар формуланинг ва бирликлар системасининг маъносини ўзлаштирадиган ёзувдан фойдаланиш керак. Агар v тезлик м/сек ларда ифодаланган бўлса, у ҳолда R метрларда, $\frac{2\pi}{T} = 2\pi n = \omega$ эса рад/сек ёки сек^{-1} ларда олинади, бу ерда n — секунддаги айланишлар сони.

$$\text{Бу масалада } n = 2850 \frac{\text{айл}}{\text{мин}} = \frac{2850}{60} \frac{\text{айл}}{\text{сек}}.$$

$D = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$; $v = \frac{3,14 \cdot 0,25 \cdot 2850}{60 \text{ сек}} \approx 37 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. Чарх тошини бундай двигатель валига кийдириш мумкин эмас.

352. 351- масаланинг шартдаги маълумотлардан фойдаланиб, чарх тошининг ишчи сиртидаги нуқталарнинг марказга интилма тезланишини аниқланг ва уни эркин тушиш тезланиши билан солиштиринг.

$$\text{Ечилиши. } a = \frac{v^2}{R} = \frac{2 \left(37 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \right)^2}{0,25 \text{ м}} \approx 11000 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$ деб олиб, a нинг g дан 1100 марта катта эканини топамиз.

353. Ер атрофида орбита бўйлаб ҳаракатланаётган Ойнинг марказга интилма тезланишини топинг ва уни эркин тушиш тезланиши билан солиштиринг. Ер ва Ой марказлари орасидаги масофа 384000 км . Ойнинг Ер атрофида айланиш даври эса $27,3$ суткага тенг.

$$\text{Ечилиши. } a = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 384 \cdot 10^6 \text{ м}}{27,3 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ сек}^2} = 0,0027 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

$$\frac{g}{a} = \frac{9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}{0,0027 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 3600.$$

354. Ер сиртининг экватордаги нуқталарнинг тезлигини ва марказга интилма тезланишини аниқланг. Ернинг радиусини 6400 км га тенг деб олинг.

$$\text{Ечилиши. } v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 64 \cdot 10^6 \text{ м}}{24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ сек}} \approx 465 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

$$a = \frac{v^2}{R} = 0,034 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

353- ва 354- масалалардаги маълумотлар бутун олам тортишиш қонунига ва марказга интилма тезланишларни топишга доир масалаларни ечишда керак бўлади.

17- БОС

ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИ

1. Ньютоннинг биринчи қонуни (инерция қонуни).

Урта мактабда инерцияни ўрганишда одатда жисмларнинг ўлчамлари назарга олинмайдиган масалалар ечилади, яъни моддий нуқтанинг инерцияси қаралади. Масалалар ечишда, реал шароитларда бошқа жисмлар таъсир қилмайдиган жисмлар мавжуд эмаслигини назарга олган ҳолда, Ньютоннинг биринчи қонунининг қуйидаги таърифидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Агар жисмга таъсир қилувчи кучлар ўзаро мувозанатлашса, бу жисм ўзининг тинч ҳолати ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатини сақлайди.

Мувозанатлашувчи кучлар таъсир қилаётган реал жисм фақат тинч ҳолатда ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатдагина бўлмасдан, балки ўқ атрофида текис айланиши ҳам мумкин. Жисмларнинг инерцияси бўйича айланиши ҳақидаги маълумотлар жуда катта дунёқараш ва амалий аҳамиятга эга эканлигини назарга олиб, бу темага доир бир қанча сифатга оид масалалар ечиш керак.

Инерция қонуни ҳамма системаларда эмас, балки фақат инерциал системалардагина бажарилади, буни 359—361- масалаларга ўхшаш масалаларни ечишда кўрсатиш керак.

Инерция қонуни Қуёш системасида ва юлдузлар билан боғлиқ бўлган системаларда деярли аниқ бажарилади, лекин Ер шароитларида эса кўплаб амалий мақсадлар учун етарли бўлган аниқликда тақрибан бажарилади.

VIII синфда Ньютоннинг биринчи қонунига доир масалаларни ечишда ўқувчиларнинг VI синфда олган билимларини назарга олиш керак. Материални такрорлаш учун бир нечта 5- бобда келтирилган масалаларга ўхшаш мураккаб бўлмаган масалалар ечиш фойдали.

355. Қадимги юнон олими Аристотель куч бўлмаса, ҳаракат бўлмайди деган эди, француз олими Декарт эса: „Ҳаракатнинг табиати шундайки, агар бирор жисм ҳаракатга келган бўлса, шунинг ўзи жисмнинг худди шу тезлик билан шу тўғри чизиқ бўйича ҳаракатини давом эттириши учун етарлидир. Қандайдир бошқа бир сабабгина жисмни тўхтатиши ёки

тўғри йўлидан четлатиши мумкин“, — деган эди¹. Аристотель ҳақми ёки Декартми? Ўз ҳулосангизни мисоллар билан тасдиқланг. Инерция қонунининг Ньютон берган формулировкаси билан Декарт берган формулировкасининг фарқи нимада?

356. Парашютчи ўзгармас тезлик билан тушмоқда. Бу ҳаракатда ҳавонинг қаршилик кучини аниқланг.

357. 67- масала шартидан фойдаланиб, шарчага таъсир қилувчи кучларни аниқланг. Шарчанинг массасини 10 г деб олинг.

356-, 357- масалаларнинг мақсади тўғри чиқиқли текис ҳаракатда жисмга мувозанатлашувчи кучлар таъсир қилиши ҳақидаги тушунчани чуқурлаштиришдир.

358*. Нима учун шамол электродвигатели валига маховик ўрнатилади?

359. Қўйидаги автобус билан боғланган саноқ системаларида инерция қонуни ўринлими: а) тезлик олиб тўхташ жойидан қўзғалаётган автобус; б) тўхташ жойига келиб тормозланаётган автобус; в) йўлнинг тўғри чиқиқли қисмида ўзгармас тезлик билан ҳаракатланаётган автобус; г) йўлнинг эгри чиқиқли қисмида ҳаракатланаётган автобус.

Жавоб и. а, б, г ҳолларда инерция қонуни автобус билан боғланган саноқ системаси учун ўринли эмас. Бу ҳолларда система ноинерциал, чунки унда гарчи бошқа жисмлар таъсир қилмаса ҳам нотекис ва эгри чиқиқли ҳаракатларни кузатиш мумкин: масалан, йўловчилар автобус тўхтаганда олдинга оғадилар; йўлнинг эгри чиқиқли қисмида автобуснинг ён томонига оғадилар ва ҳоказо. в ҳолда система инерциалдир.

360. Я. И. Перельманиннг „Қизиқарли физика“ китобида „саёҳат қилишнинг энг арзон усули“ — ҳаво шарида кўтарилиб, Ернинг айланишини кузатиш муҳокама қилинади. Экватордаги нуқталарнинг чиқиқли тезлиги 465 м/сек (№ 354) ва ҳатто Ленинград кенглигида 232 м/сек бўлгани учун бу усул „энг тез саёҳат қилиш“ усули ҳамдир. Шундай саёҳат қилиш мумкинми? Жавобингизни асослаб беринг.

Жавоб и. Бундай саёҳатни амалга ошириб бўлмайди. Ҳаво шари инерцияси билан ўзи кўтарилган Ер сиртининг тезлигига тенг тезликда ҳаракат қилади.

Баъзида ўқувчилар шар атмосфера билан ҳаракатлангани учун бундай саёҳатни амалга ошириш мумкин эмас деб фикр юритадилар. Агар Ер атмосферасининг ташқарисига, масалан, ракета ёрдамида чиқилганда ҳам бундай саёҳатни юқорида кўрсатилган сабабга кўра амалга ошириш мумкин эмас.

361. Жисм эркин тушаётганда вертикалдан шарққа томон оғади. Нима учун? Шарча экваторда чуқурлиги 180 м бўлган шахтада шарққа қанча оғади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга

¹ П. С. Кудрявцев. История физики. т. 1. Учпедгиз, 1948, 156- бет.

олинмасин. Шу асосда Ернинг инерциал ёки нонинерциал система эканлиги ҳақида хулоса чиқаринг.

Ечилиши. Шарча инерцияси билан шарққа томон $s = \Delta v t$ масофага оғади, бу ерда Δv — ер сирти ва шахта тубидаги нуқтадар ҳаракати тезликларининг фарқи, t — шарчанинг тушиш вақти.

$$\Delta v = \frac{2\pi R}{T} - \frac{2\pi(R-h)}{T} = \frac{2\pi h}{T},$$

бу ерда R — Ернинг экваториал радиуси, T — Ернинг айланиш даври ва h — шахтанинг чуқурлиги.

$h = \frac{gt^2}{2}$ бўлгани учун $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ва $s = \frac{2\pi h \sqrt{2gh}}{Tg}$.
 $g \approx 10$ м/сек² деб олиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$s = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 180 \text{ м} \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 180 \text{ м}}}{24 \cdot 3600 \text{ сек} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} \approx 0,08 \text{ м}.$$

Жисмга шарққа томон йўналган кучлар таъсир қилмаса ҳам, унинг вертикал йўналишдан шу томонга оғиши, қатъий қилиб айтганда, Ер нонинерциал система эканлигини кўрсатади.

2. Импульс (ҳаракат миқдори) нинг сақланиш қонуни

Теманинг бошида ўқувчиларга VI синфдан маълум бўлган

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} \text{ ёки } \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2 - v_2'}{v_1 - v_1'}$$

муносабатдан фойдаланган ҳолда 77—78- масалаларга ўхшаш бир-иккита масала ечиш керак.

Сўнгра бу муносабатга шундай кўриниш берилади:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

Бу тенглама ҳаракат миқдори (импульс) нинг сақланиш қонуни — физиканинг жисмларнинг ҳар қандай берк системаси учун макродунёдаги сингари, микродунёда ҳам ўринли бўлган асосий қонуналаридан бирининг хусусий ҳолидир. Бу тенглама берк системадаги барча импульсларнинг вектор йиғиндиси ўзгармас катталиқ эканлини кўрсатади.

VIII синфда бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган, изоляцияланган икки жисмнинг узаро таъсирига доир мураккаб бўлмаган масалалар ечилади. Бунда сапоқ бони жисми қилиб Ер қабул қилинади.

Бироқ юқори синфларда материални такрорлашда иложи борича жисмларнинг тезликлари бир-бирига бурчак остида

йўналишига доир бир неча масалалар ечиш мақсадга мувофиқдир. IX—X синф ўқувчиларига импульс сақланиш қонунининг вектор тенгламаси учта скаляр тенгламага эквивалент эканини айтиш мумкин:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = m_1 v'_{1x} + m_2 v'_{2x};$$

$$m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = m_1 v'_{1y} + m_2 v'_{2y};$$

$$m_1 v_{1z} + m_2 v_{2z} = m_1 v'_{1z} + m_2 v'_{2z}.$$

x , y , z координата ўқлари ихтиёрий танланиши мумкин бўлгани учун импульснинг ихтиёрий йўналишдаги проекциясининг катталиги ўзгармас сақланади.

Ўрта мактабда жисмларнинг бир текисликдаги ҳаракати ўрганилади, шунинг учун масалалар ечишда импульснинг фақат битта ёки иккита мос равишда танланган йўналишдаги проекцияларидан фойдаланиш етарлидир. Бу йўналишлар бўйича системага ташқи кучлар таъсир қилмайди ёки таъсир қилса ҳам, уларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлади. Бунда Ернинг массаси жуда катта бўлгани учун унинг ҳаракат миқдори ўзгариши назарга олинмайди.

362. Инерцияси билан $v_k = 2$ м/сек тезликда ҳаракатланаётган қайиқдаги одам йўлда дуч келган ғўлани эшкак билан итариб юборди ва шундан сўнг ғўла қайиқ олдида $v_r = 1$ м/сек тезлик билан сузиб кетди. Бунда қайиқнинг тезлиги $v_k = 0,5$ м/сек гача камайди. Одамнинг қайиқ билан биргаликдаги массаси каттами ёки ғўланинг массаси каттами? Агар одамнинг қайиқ билан биргаликдаги массаси $m_k = 300$ кг бўлса, ғўланинг m_r массаси нимага тенг?

Ечилиши. 1- усул. Одамли қайиқнинг тезлиги

$$\Delta v_k = 2 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 1,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

катталикка камайди.

Ќўланинг тезлиги

$$\Delta v_r = 1 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 0 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

катталикка ортди. Қайиқнинг тезлиги камроқ ўзгарибди, демак, унинг массаси катта.

$$\frac{m_k}{m_r} = \frac{\Delta v_r}{\Delta v_k}; \quad m_r = \frac{m_k \Delta v_k}{\Delta v_r} = \frac{300 \text{ кг} \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}} = 150 \text{ кг}.$$

2- усул. Ўқувчилар импульснинг сақланиш қонунини ўрганганларидан кейин масалани $m_k \vec{v}_k + m_r \vec{v}_r = m_k \vec{v}'_k + m_r \vec{v}'_r$ тенгламадан фойдаланган ҳолда иккинчи марта ечиш фойда-

лидир. Жисмлар бир тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатлангани ва $\vec{v}_r = 0$ бўлгани учун тенгламани скаляр шаклда шундай ёзиш мумкин: $m_k v_k = m_k v'_k + m_r v'_r$, буидан

$$m_r = \frac{m_k (v_k - v'_k)}{v'_r} = \frac{300 \text{ кг} \left(2 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 1,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \right)}{1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}} = 150 \text{ кг}.$$

363. Двигатели ишламагани ҳолда инерцияси билан $0,5 \text{ м/сек}$ тезликда ҳаракатланаётган 180 т массали электровоз тинч турган вагонга келиб урилди ва у билан бирга ҳаракатлана бошлади. Агар электровознинг тезлиги $0,4 \text{ м/сек}$ гача қамайган бўлса, вагоннинг массаси нимага тенг? Электровоз ва вагоннинг рельсга ишқаланишини назарга олманг.

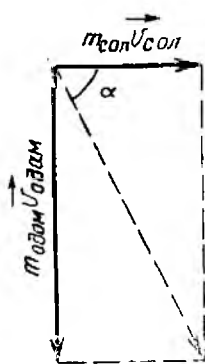
Ечилиши. Барча жисмларнинг (ушбу ҳолда локомотив ва вагоннинг) тўқнашгунча ва тўқнашгандан кейинги ҳаракат миқдорларини бир-бирига тенглаймиз: $m_a \vec{v}_a + m_b \vec{v}_b = m_a \vec{v}'_a + m_b \vec{v}'_b$. Шартга кўра $\vec{v}'_a = \vec{v}'_b = \vec{v}$, $\vec{v}_b = 0$ ва ҳамма векторларнинг йўналиши бир хил. Шунинг учун қуйидаги скаляр тенгликни ёзиш мумкин:

$$m_a v_a = (m_a + m_b) v; m_b = \frac{m_a (v_a - v)}{v} = 45 \text{ т}.$$

364*. $v_n = 2400 \text{ км/сек}$ тезлик билан учиб келаётган нейтрон кадмийнинг қўзғалмас ядросига ютилди. Ҳосил бўлган янги ядронинг тезлигини аниқланг. Нейтроннинг массаси $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, кадмий ядросининг массаси эса $m_k = 112 m_n$.

Ечилиши.

$$m_n v_n (m_n + m_k) v; v = \frac{m_n v_n}{m_n + m_k} \approx 2,12 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$



80- расм.

365*. Массаси 80 кг бўлган одам қирғоққа перпендикуляр йўналишда оқим бўйлаб ҳаракатланаётган 300 кг массали сояга сакради. Агар сувнинг қаршилиги бўлмаганда эди, сол қандай тезлик билан ва қайси йўналишда ҳаракатланган бўлар эди? Оқимнинг тезлиги $1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. Одамнинг ҳаракат

тезлиги эса $7 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$.

Ечилиши. 1- усул. Чизмада одам ва солнинг ҳаракат миқдори векторларини тасвирлаймиз (80- расм). Импульснинг сақланиш қонунига асосан

$$m_c \vec{v}_c + m_o \vec{v}_o = (m_c + m_o) \vec{v}.$$

Одам ва солнинг умумий ҳаракат миқдори сон жиҳатдан параллелограммнинг диагоналига тенг. Уни масштабга риоя қилган ҳолда чизма чизиб, график равишда ёки Пифагор теоремасидан толиш мумкин. Солнинг тезлиги абсолют катталиги жиҳатидан

$$v = \sqrt{\frac{(m_c v_c)^2 + (m_o v_o)^2}{(m_c + m_o)^2}} \approx 1,7 \frac{m}{сек}$$

га тенг.

Тезликнинг йўналишини қуйидаги муносабатдан аниқлаймиз:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_o \cdot v_o}{m_c \cdot v_c} \approx 1,87. \alpha \approx 62^\circ.$$

2- усул. Векторларни натижавий тезлик йўналишида проекциялаймиз. Бунда қуйидаги ҳосил бўлади:

$$m_o v_o \sin \alpha + m_c v_c \cos \alpha = (m_o + m_c) v,$$

бундан

$$v = \frac{m_o v_o \sin \alpha + m_c v_c \cos \alpha}{m_c + m_o}.$$

α нинг қийматини ҳам 1- ечимдаги йўл билан топамиз.

366 (э). Болаларнинг ўйинчоқ шарчасига пуфлаб дам беринг ва уни боғламасдан қўйиб юборинг. Шарча қандай ҳаракатланади ва нима учун?

Агар хонаси келиб қолса, пиначининг личинкасини сувли идишга солиб, унинг ҳаракатини кузатинг. Личинка қоринни кўтариб кўрсангиз, унинг сув оқими отаётганини кўрасиз. Бу личинканинг ҳаракатланиши учун қандай аҳамиятга эга? Қандай жониворлар тирик ракета-лар деб ном олган ва нима учун?

367. Агар ракетадан чиқувчи газларнинг ўртача тезлиги $v_r = 1 \text{ км/сек}$ ва ёқилғининг m массаси ракета бутун массасининг 80%и га тенг бўлса, ракета қандай тезлик билан ҳаракатланади?

Ечилиши. $m_{ym} \vec{v}_{ym} + m_r \vec{v}_r = m_{ym} \vec{v}'_{ym} + m_r \vec{v}'_r.$

Масаланинг шартига кўра $\vec{v}_{ym} = \vec{v}_r = 0$. $\vec{v}'_{ym}$ ва $\vec{v}'_r$ векторларининг йўналишлари қарама-қарши. Шунинг учун қуйидагича ёзиш мумкин: $0 = m_{ym} \vec{v}'_{ym} - m_r \vec{v}'_r$, бундан

$$v'_{ym} = \frac{m_r v'_r}{m_{ym}} = \frac{0,8}{0,2} \frac{m_r v'_r}{m_p} = 4 \frac{км}{сек}.$$

368. Ер атрофидан орбита бўйлаб $v_p = 8 \text{ км/сек}$ тезлик билан ҳаракатланаётган элтувчи ракетанинг учинчи босқичидан массаси $m_{бош} = 20 \text{ кг}$ бўлган бош қисми ажралиб кетди. Агар бош қисмининг тезлиги 5 м/сек га ортган бўлса, элтувчи ракетанинг ўзи энди қандай v'_p тезлик билан ҳаракатланади?

Элтувчи ракетанинг бош қисмисиз массаси $m_p = 1 \text{ т}$. (Ҳисоблашларда барча сонларни аниқ сонлар деб олинг.)

Ечилиши. 1- усул. $(m_p + m_{\text{бош}}) \vec{v}_p = m_p \vec{v}_p' + m_{\text{бош}} \vec{v}_{\text{бош}}'$.

Бош қисмининг массаси ракетанинг массасига нисбатан жу-
да кичик бўлгани ва тезлиги кам ўзгаргани учун $\vec{v}_p$ ва $\vec{v}_{\text{бош}}'$
векторларнинг йўналиши бир хил деб олиш мумкин. Шунинг
учун тенглама скаляр шаклда шундай кўринишга келиши
мумкин:

$$(m_p + m_{\text{бош}}) v_p = m_p v_p' + m_{\text{бош}} v_{\text{бош}}',$$

бундан

$$v_p' = \frac{m_p v_p + m_{\text{бош}} (v_p - v_{\text{бош}}')}{m_p} = 7999,9 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Агар элтувчи ракетанинг тезлик йўналиши тескари томонга
ўзгаради деб олинса, у ҳолда тенгламани қуйидаги кўринишда
ёзиш керак бўлади:

$$(m_p + m_{\text{бош}}) v_p = -m_p v_p' + m_{\text{бош}} v_{\text{бош}}',$$

бундан $v_p' = -7999,9 \text{ м/сек}$. Минус ишора тезликининг йўнали-
ши биз кўзда тутганимизга қарама-қарши эканлигини кўрса-
тади.

$$2\text{- усул. } \frac{m_p}{m_{\text{бош}}} = \frac{\Delta v_{\text{бош}}}{\Delta v_p}; \Delta v_p = \frac{m_{\text{бош}} \Delta v_{\text{бош}}}{m_p} = \frac{20 \text{ кг} \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{1000 \text{ кг}} = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

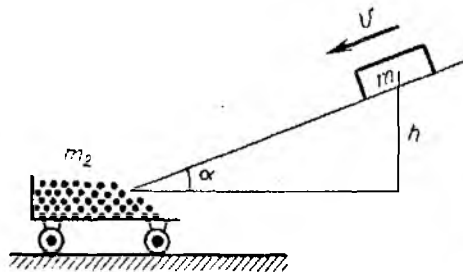
$$v_p' = 8000 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 0,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 7999,9 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

369*. m_1 массали брусек баландлиги h ва оғиш бурчаги α
бўлган қия текисликдан сирпаниб, массаси m_2 бўлган қумли
аравачага тушиди (81- расм). Аравачанинг шундан кейинги
тезлигини топинг. Жисмларнинг ҳаракатдаги ишқаланишини
ҳисобга олманг.

Ечилишти. m_1 ва m_2 жисмларнинг берк системаси учун
қуйидаги

$$m_1 \vec{v}_1 + (m_1 + m_2) \vec{v}_2$$

тенглама ўринлидир. Бироқ
жисмга таянчнинг мувоза-
натлашмаган реакция кучи
таъсир қилгани учун $m_1 \vec{v}_1 \neq$
 $\neq (m_1 + m_2) \vec{v}_2$ бўлади. Буни
 $\vec{v}_1$ ва $\vec{v}_2$ векторларнинг тур-
ли йўналишига эга эканлиги-



81- расм.

дан ҳам кўриш мумкин. Бироқ тенглама фақат горизонтал ўққа бўлган проекциядагина ўринлидир, чунки бу йўналишда ҳеч қандай ташқи куч таъсир қилмайди.

$$m_1 v_1 \cos \alpha = (m_1 + m_2) v_2.$$

$v_1 = \sqrt{2gh}$ бўлгани учун

$$v_2 = \frac{m_1 \sqrt{2gh} \cos \alpha}{m_1 + m_2} \text{ бўлади.}$$

370*. Сокии сувда турган узунлиги $l = 3$ м ва массаси $m_k = 150$ кг бўлган қайиқнинг қуйруғида массаси $m_0 = 75$ кг бўлган одам турибди. Агар одам қайиқнинг қуйруғидан учига ўтса, қайиқ қанча силжийди? Сувнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

Ечилиши. Одам қайиқда $\vec{v}_0$ тезлик билан текис ҳаракат қилмоқда, қайиқ эса унга қараб $\vec{v}_k$ тезлик билан текис ҳаракатланмоқда деб олайлик. Импульснинг сақланиш қонунига мувофиқ

$$0 = m_k v_k - m_0 v_0, \quad (1)$$

$v_k = \frac{x}{t}$ (2) ва $v_0 = \frac{y}{t}$ (3), бу ерда x ва y мос равишда қайиқ ва одамнинг t вақт ичида сувга нисбатан силжишлари (бу вақт ичида одам қуйруқдан қайиқнинг учига ўтди).

$x + y = l$ (4). 1—4 тенгламалар системасидан қуйидагини топамиз:

$$x = \frac{m_0 l}{m_1 + m_2} = 1 \text{ м.}$$

3. Ньютоннинг иккинчи қонуни

Бошланғич масалаларни ечишда Ньютоннинг иккинчи қонунини шундай кўринишда ёзиш мумкин: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ ёки $\vec{F} = m\vec{a}$.

Бу формулада m ва $\vec{a}$ айни бир жисмга ёки жисмлар системасига тегишли бўлиб, куч эса ташқи кучдир. Ички кучлар жисмга тезланиш бера олмайди ва уни силжита олмайди.

Бу темада асосан қийин бўлмаган машқ масалаларни ечилади, бу масалалар Ньютон иккинчи қонунининг физикавий моҳиятини аниқлашга имкон беради. Мураккаброқ масалалар „Ҳаракат қонунларининг қўлланилиши“ темасида (20-боб) ечилади.

Бошланғич машқ масалаларини ечинда асосий эътиборни $F = ma$ муносабатни билиш ва тушунишга ҳамда ўлчов бир-

ликлари устида бажариладиган амалларга қаратиш керак. Келгуси масалаларда асосий диққат Ньютоннинг иккинчи қонунига кирувчи катталикларнинг вектор характерда эканлиги ҳақидаги тушунчанинг шаклланишига қаратилади. Бунда ўқувчиларга вектор катталикларнинг, айниқса, тезланиш йўналишини аниқлашни ўргатиш керак, чунки тезлик ва кучнинг йўналишлари анча равшан. $\vec{F} = m\vec{a}$ тенгламага кўра тезланишнинг йўналиши ҳамма вақт куч йўналишида бўлади.

Шунингдек ўқувчилар билан тезланишнинг йўналишини $\vec{a} = \frac{\vec{v}_{охир} - \vec{v}_{бошл.}}{\Delta t}$, формуладан (16- боб) қандай аниқлашни ҳам такрорлаш керак, бу жисмга таъсир қилувчи кучларнинг йўналиши номаълум бўлган масалаларни ечишда зарур бўлади.

371. Керакли ҳисоблашларни бажариб, жадвални тўлдириш (39, № 106).

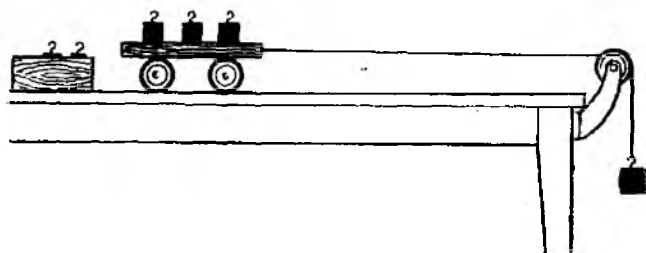
F	4 н	8 н	0,02 н	1 кгк	?	?	?	1 н	10 кгк
m	51 кг	4000 г	0,4 кг	2 кг	200 г	20 кг	0,5 т	?	?
a	?	?	?	?	$0,2 \frac{см}{сек^2}$	$40 \frac{см}{сек^2}$	$1 \frac{м}{сек^2}$	$0,4 \frac{м}{сек^2}$	$4 \frac{м}{сек^2}$

372. Жадвалда жисмининг массаси ўзгармас бўлганда унинг тезланишининг жисмга таъсир қилаётган куч катталигига боғлиқлигини ўрганишда олинган натижалар берилган. График ясанг. Ўрганилаётган боғланиш ҳақида хулоса чиқариш (21, № 110).

$F, н$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$a, м/сек^2$	0	0,16	0,30	0,44	0,60	0,75	0,90

373. Жадвалда жисмга таъсир қилаётган куч ўзгармас бўлганда жисм тезланишининг массага боғлиқлигини ўрганишда олинган маълумотлар келтирилган. График ясанг. Ўрганилаётган боғланиш ҳақида хулоса чиқариш (21, № 111).

$m, кг$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$a, м/сек^2$	1,80	0,90	0,60	0,45	0,36	0,30



82- расм.

374. Қуйида келтирилган тенгликлардан қайси бири нотўғри ёзилган? Уларда қандай хатога йўл қўйилган?

$$F = 2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} = 8 \text{ Н};$$

$$m = \frac{18 \text{ Н}}{9 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 2 \text{ кг}; \quad a = \frac{20 \text{ кгк}}{5 \text{ кг}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2};$$

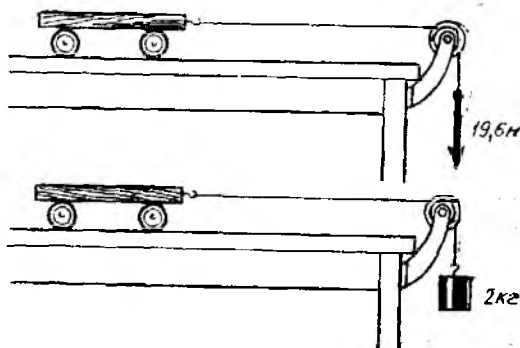
$$m = \frac{9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}{19,6 \text{ Н}} = 0,5 \text{ кг}.$$

$$F = 2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} = 20 \text{ Н}; \quad a = \frac{80 \text{ дН}}{5 \text{ г}} = 16 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}.$$

375. Ўқувчи 82- расмда кўрсатилган қурилма ёрдамида тезланишнинг кучга боғлиқлигини текширди. Бунинг учун ўқувчи аввал нипга 100 г, сўнгра эса 200 г тош осди. Ўқувчи тажрибани тўғри қўйганми?

Ж а в о б и. Нотўғри. Тажрибада фақат куч эмас, балки ҳаракатланувчи масса ҳам ўзгарди. 100 г лик тош биринчи тажрибада аравачада туриши керак эди.

376 (э). Икки аравачадан қайси бири столнинг чеккасига аввал етиб боради (83- расм)? Аравачаларнинг массалари бир хил. Жавобингизни тажрибада текширинг. Қаршиликни назарга олманг.



83- расм.

Жавоби. Таъсир қилувчи куч бир хил бўлганда биринчи навбатда кичик масса ҳаракатга келади. Биринчи араваچанинг тезланиши, бинобарин, охирги тезлиги катта ва ҳаракатланиш вақти кам бўлади.

377. Агар массаси 200 кг бўлган вагончага 20 Н куч таъсир қила бошласа, вагонча қандай тезланиш билан ҳаракатга келади? Чизмада тезлик, куч ва тезланишнинг йўналишини кўрсатинг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. Схематик чизма чизамиз ва унда $\vec{F}$ таъсир қилувчи кучни тасвирлаймиз. $\vec{a}$ тезланишнинг йўналиши $\vec{F}$ кучининг йўналиши билан мос тушади. Дастлабки вақтда аравача тинч тургани учун v тезликининг йўналиши $\vec{F}$ куч ва $\vec{a}$ тезланишнинг йўналишлари билан бир хил бўлади.

Бу шунингдек $\vec{a} = \frac{v_{\text{охир}} - v_{\text{бошл.}}}{t}$ формуладан ҳам кўриниб турибди. $v_{\text{бошл.}} = 0$ бўлгани учун $\vec{a} = \frac{v_{\text{охир}}}{t}$ бўлади.

378. Массаси 50 т бўлган Ту-104 реактив самолёт қўниш пайтида -6 м/сек^2 тезланиш билан ҳаракатланади. Тормозланиш кучини топинг (39, № 108). Чизмада тезлик, куч ва тезланиш йўналишини кўрсатинг.

Жавоби. $\vec{F}$ куч ва бинобарин, $\vec{a}$ тезланиш ҳам тезликининг йўналишига қарама-қарши йўналган, бу нарса секинланувчи ҳаракат характериини анализ қилишдан, шунингдек

$\vec{a} = \frac{v_{\text{охир}} - v_{\text{бошл.}}}{t}$ формуладан кўриниб турибди. $v_{\text{охир}} = 0$ бўл-

гани учун $\vec{a} = -\frac{v_{\text{бошл.}}}{t}$; $F = ma = -50\,000 \text{ кг} \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} = -300 \text{ кН}$.

4. Ньютоннинг учинчи қонуни

Ньютоннинг учинчи қонунига тегишли масалаларни ечишда жисмларнинг ўзаро таъсири ҳақида равишан берилган таърифдан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир: икки жисмнинг бири-бирига таъсир кучи ҳамма вақт катталиқ жиҳатидан тенг, йўналиш жиҳатидан қарама-қаршидир. Бунда қуйидаги тушунчаларнинг шаклланишига аҳамият бериш зарур.

1. Кучлар ҳамма вақт жуфт ҳолда юзага келади. Агар бир куч мавжуд бўлса, унга қарама-қарши бўлган иккинчи куч ҳам мавжуддир.

2. Кучлар ҳамма вақт турли жисмларга қўйилган бўлиб, уларнинг тенг таъсир этувчиси бўлмайди.

3. Ньютоннинг учинчи қонуни кучларнинг таъсир натижаси тўғрисида ҳеч нима демайди. Бу тўғрида Ньютоннинг иккинчи

қонунида гапирилади. Агар биз ўзаро таъсир қилувчи жисмларни бир система деб қарасак, у ҳолда ўзаро таъсир кучлари ички кучлар бўлади ва бутунича системанинг ҳолатини ўзгартира олмайди.

Масалалар ягона схема бўйича ечилади: жисмларнинг бири-бирига таъсир қилаётган тенг ва қарама-қарши йўналган кучлари топилади; ҳар бир жисм алоҳида қаралади ва унга таъсир қилувчи барча кучларни назарга олиб, кўрилатган жисмда нима юз бериши, яъни унинг ҳаракати ўзгардими, деформация ҳосил бўлдимиди ва ҳоказо қаралади.

Бу темада Ньютоннинг учинчи қонунига доир унча қийин бўлмаган сифатга оид масалалар ечилади. Реактив ҳаракат, бутун олам тортишиш қонуни ва бошқа темаларга тегишли мураккаброқ масалаларни ечганда Ньютоннинг учинчи қонунини фойдаланилади.

379. Қуйидаги ҳолларда: юк динамометрга осилганда; сувли челакни кўтариб турганда; газ двигателъ поршенига босаётганда таъсир қилувчи ва акс таъсир қилувчи кучларнинг йўналиши ва қўйилиш нуқталарини кўрсатинг.

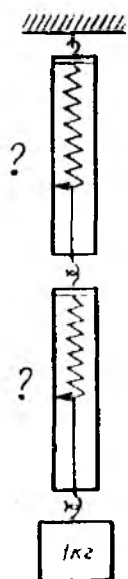
380 (э). Жисмларнинг бири-бирига таъсир қилувчи кучларнинг тенглигини тажрибада тасдиқлаш учун Ньютон темир ва магнитни турғун сувда ўзаро тегишиб сузиб юрган идишларга солиб тажриба ўтказди. Бунда идишлар ҳаракатга келадими? Тажрибани қилиб кўринг ва тушуштириб беринг.

Жавоби. Идишлар ҳаракатга келмайди, чунки магнит ҳамда темирнинг тортишиш кучлари ва идиш деворларининг деформацияланишидан ҳосил бўлган итаришиш кучлари шу жисмлар системаси учун ички кучлар ҳисобланади.

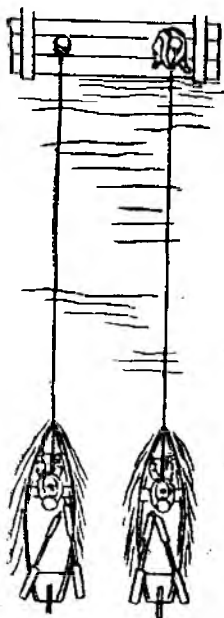
381 (э). 84- расмда тасвирланган динамометрлар нимани кўрсатади? Жавобингизни тажрибада текширинг. (Пастки динамометрнинг оғирлигини ҳисобга олманг.)

Жавоби. Пастки динамометр мувозанатда бўлгани учун унга пастга ва юқорига қараб $9,8 \text{ н}$ га тенг бўлган бир хил куч таъсир қилади, шунинг учун динамометр $9,8 \text{ н}$ ни кўрсатади. Юқорига таъсир қилувчи куч юқори динамометр пружинасининг тараנגланишидан вужудга келади. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра юқоридаги динамометрга пастга қараб худди шундай $9,8 \text{ н}$ га тенг куч таъсир қилади. Бинобарин, юқоридаги динамометр ҳам $9,8 \text{ н}$ ни кўрсатади.

382 (э). Тарозида сувли стакан мувозанатга келтирилган. Агар стакандаги сувга қаламни солиб, уни стаканга тегизмасдан қўлимизда ушлаб турсак, мувозанат бузиладими? Жавобин-



84- расм.



85- расм.

гизни тажрибада текширинг. (Сув стакан-дан тошиб кетмаслиги керак.)

Жавоби. Қаламга юқорига қараб суюқлик томонидан Архимед кучи таъсир қилади. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра қалам ҳам суюқликка ўша кучга тенг ва пастга қараб йўналган куч билан таъсир қилади. Тарозининг суви стакан турган палласи босиб кетади.

383. Кўлдаги пристанга иккита бир хил қайиқ яқинлашмоқда (85- расм). Ҳар икки қайиқчи қайиқни арқон ёрдамида тортмоқда. Биринчи қайиққа боғланган арқоннинг иккинчи учи пристандаги тумбага боғланган; иккинчи қайиққа боғланган арқоннинг иккинчи учидан эса пристандаги матрос тортмоқда. Ҳар учала одам бир хил куч сарф қилмоқда. Қайси қайиқ қирғоққа олдин келади (132, 26--27- бетлар)?

Жавоби. Ҳамма қайиқчилар арқонни бир хил куч билан тортаётгани учун арқон томонидан қайиқларга бирдай куч таъсир қилади. Қайиқлар бир хил тезлик билан ҳаракатланади ва қирғоққа баравар етиб келади.

18- БОБ

ТАБИАТДАГИ КУЧЛАР

Бу темани ўрганишда ўқувчилар кучларнинг уч хили: тортишиш кучлари, эластиклик кучлари ва ишқаланиш кучлари ҳақида тушунча олишлари керак. Шунга мувофиқ ҳолда бутун олам тортишиш қонуни, Гук қонуни ва ишқаланиш кучларига доир масалалар ечилади. Шунингдек, моментлар қондасига доир масалаларга ҳам катта эътибор бериш керак. Ўз ўзича муҳим бўлган бу маълумотлар ва малакалар келгуси материалларни, айниқса Ньютоннинг ҳаракат қонунларининг қўлланиши ҳақидаги материални ўрганишда жуда катта аҳамиятга эгадир.

Бу тема зўр оламшумул ва политехник аҳамиятга эга бўлган қатор муҳим масалаларни ечишда қўл келади ва ундан ўқитувчи албатта фойдаланиши керак.

1. Гравитацион кучлар

Модданинг ҳар қандай икки зарраси орасида таъсир қилувчи F гравитацион куч шу зарраларнинг массалари m_1 ва m_2 га тўғри пропорционал ҳамда улар орасидаги r масофанинг квадратига тескари пропорционал:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}; \quad \gamma = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \text{ н.м}^2 \text{ кг}^{-2}.$$

Бу формула бутун олам тортишиш қонунининг математик ифодасидан иборат бўлиб, нуқтавий жисмлар, яъни чизиқли ўлчамлари уларнинг орасидаги масофага нисбатан назарга олмаслик даражада кичик бўлган жисмлар учун ўринли эканлигини масалалар тузишда ва танлашда эътиборга олиш керак. Агар ихтиёрий шаклдаги бир-бирига яқин жойлашган икки жисм орасидаги тортишиш кучларини топиш керак бўлса, у ҳолда бу жисмларнинг айрим зарралари орасидаги ўзаро таъсир кучларини қараш ва сўнгра уларнинг йиғиндисини топиш керак. Шунинг учун, масалан, ёнма-ён турган одамлар, вагонлар ва шунга ўхшашларнинг ўзаро тортишиш кучларини аниқлашга доир масалаларни бу формулага кўра тегишли шартлар билангина ечиш мумкин. Бу формула фақат сферик шаклдаги бир жинсли жисмлар учунгина ўринли бўлиб, уларнинг ўлчамлари ва ўзаро жойлашишларига боғлиқ эмас.

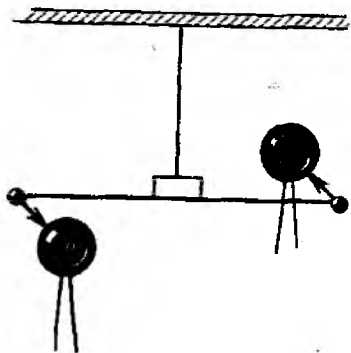
Бутун олам тортишиш қонунига тарихий характерга эга бўлган, масалан бу қонунни топиш ва текширишда олимларнинг қандай методлардан фойдаланганликларини кўрсатувчи қатор масалаларни ва шунингдек, оламшумул характердаги, шу билан бирга космосни забт этишга боғлиқ бўлган масалаларни ечиш мақсадга мувофиқдир (20- боб, 3—4).

384. Нима учун баланд тоғ қиррасидан туширилган шоқул вертикал йўналишдан бир оз оради?

385. Жисмнинг Ер сиртидан баландлигига боғлиқ равишда оғирлиги ўзгаришини қандай тажрибалар воситасида текшириш мумкин?

386. Ер ва Ой марказлари орасидаги масофа Ер радиусидан 60 марта катта. 353- масала шартда берилганлардан фойдаланиб ва Ойнинг марказга нисбатан тезланиши Ернинг тортиш кучига боғлиқ деб олиб, бу кучнинг масофага қараб қандай ўзгариши тўғрисида хулоса чиқаринг.

Ечилиши. 353- масала шартига кўра $\frac{a}{g} = \frac{ma}{mg} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{3600}$, бу ерда F_1 — m массали жисмга Ер радиусидан 60 марта катта бўлган масофадан таъсир қилувчи тортишиш кучи, F_2 эса жисмнинг Ерга унинг марказидан радиусига тенг масофадаги тортишиш кучи. Масофа 60 марта ортди, куч эса 60² марта камайди, бинобарин, $F \sim \frac{1}{r^2}$.



86- расм.

387. Бутун олам тортишиш қонуни текшириладиган бир тажрибавий қурилмада (86- расм) массаси 5 кг бўлган қўрғошнинг шар ва массаси 10 г бўлган шарча орасидаги тортишиш кучи 7 см масофада $6,13 \cdot 10^{-5}$ динага тенг бўлган. Бу берилганларга асосан гравитацион доимийнинг қиймати нимага тенг? (22, № 484).

Жавоби. $\gamma = 6 \cdot 10^{-8} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{сек}^2}$.

388. Бутун олам тортишиш қонунидан фойдаланиб, қуйидагиларни аниқланг: а) Ернинг массасини; б) Ер сиртида эркин ту-

шиш тезланишини; в) 3600 км баландликда эркин тушиш тезланишини.

Ечилиши. а) Ердаги ҳар қар қандай жисм учун тортишиш кучи $F = mg = \gamma \frac{mM_{\text{Ер}}}{r^2}$. Бундан $M_{\text{Ер}} = \frac{gr^2}{\gamma}$. $r = 6400$ км деб олсак, $M_{\text{Ер}} = 6 \cdot 10^{24}$ кг.

б) $F = \gamma \frac{mM_{\text{Ер}}}{r^2} = mg$, $g = \gamma \frac{M_{\text{Ер}}}{r^2}$, бу ерда $M_{\text{Ер}}$ — Ернинг массаси, r — унинг марказигача бўлган масофа.

в) $g = \frac{1 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}}{1,5 \cdot 10^{10}} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{(64 \cdot 10^3 \text{ м} + 36 \cdot 10^6 \text{ м})^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$.

389. 1959 йил 12 сентябрда иккинчи космик ракета Ойга Совет Иттифоқининг вимпелини олиб чиқди. Агар Ойнинг радиуси Ер радиусидан 3,8 марта кичик, унинг массаси Ернинг массасидан 81 марта кичик экани маълум бўлса, Ойда вимпелнинг тортишиш кучи қанча марта кам бўлади? [38, № 317].

Жавоби. 5,6 марта.

2. Эластиклик кучлари

Бу бўлимда ўқувчилар жисмларнинг деформацияланишида ҳосил бўладиган эластиклик кучлари ҳақида умумий тасаввур ҳосил қиладилар. Шу муносабат билан қаттиқ жисмларнинг, газлар ва суюқликларнинг сиқилишида пайдо бўладиган кучлар ҳақида сифатга оид масалалар ечадилар. Қаттиқ жисмлар учун чўзилиш ёки сиқилиш катталиги намунага қўйилган кучга боғлиқ эканлиги ўрганилади (Гук қонуни). VIII синфда Гук қонунини $F = -kx$ кўринишда ёзиш ва фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Гук қонунини IX синфда турли хил деформацияларни ўрганишда ва механик кучланиш тўғрисида тушунича

олганда (25,3- боб), шунингдек, X синфда эластик тебранишларни ўрганишда (30,3- боб) батафсил ўрганилади.

Масалалар ечишда эластиклик кучларининг табиатини тушунтириш учун ўқувчиларнинг моддаларнинг молекуляр тузилиши ҳамда Ньютоннинг учинчи қонуни ҳақидаги билимларидан фойдаланиш керак.

390. Ҳаво босими ёрдамида отадиган қурол ва ёй ўқини қандай кучлар ҳаракатга келтиради? Бу кучларнинг келиб чиқиш сабаби қандай?

391 (э). Резинка иш ва катталиклари тенг бўлган юкчалар (тангалар)дан фойдаланиб, резинканинг чўзилишини таъсир қилаётган кучга қандай боғлиқ эканини аниқланг.

392 (э). Тажрибада лаборатория ишларида ишлатиладиган динамометр пружинасининг қаттиқлигини аниқланг.

391 ва 392- масалалар бутун синф учун фронтал эксперимент сифатида берилиши мумкин.

393. Биқирлиги $k = 1000 \text{ н/м}$ бўлган пружинани 10 см чўзиш учун унга қандай юк осииш керак?

Ечилиши. $F = -kx$; $P = -F = 1000 \frac{\text{н}}{\text{м}} \cdot 0,1 \text{ м} = 100 \text{ н}$.

394. Юк автомобили массаси $m = 2,0 \text{ т}$ бўлган „Волга“ енгил машинани тортиб, текис тезланувчан ҳаракат билан 50 секундда 400 м йўл юрди. Агар автомобилларни уловчи троснинг қаттиқлиги $k = 2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{н}}{\text{м}}$ бўлса, бу ҳаракатда трос қанчага чўзилган? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. $F = -kx$. Абсолют катталиги жиҳатидан $x = \frac{F}{k}$. Троснинг эластиклик кучи „Волга“га тезланиш беради, шунинг учун $F = ma$; $s = \frac{at^2}{2}$ бўлгани учун $a = \frac{2s}{t^2}$. Бинобарин, $x = \frac{2ms}{kt^2}$.

$$x = \frac{2000 \text{ кг} \cdot 2 \cdot 400 \text{ м}}{2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{н}}{\text{м}} \cdot 50 \cdot 50 \text{ сек}^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,6 \text{ мм}.$$

3. Ишқаланиш кучлари

VIII синфда ўқувчилар қуруқ ишқаланиш кучлари ҳамда сууюқлик ва газсимон муҳитдаги ишқаланиш кучлари ҳақида тушунча оладилар. Қуруқ ишқаланиш сирпаниш ишқаланиши ва думалаш ишқаланишига бўлинади. Сирпаниш ишқаланишига ишқаланувчи сиртларнинг гадир-будурлиги ва бу сиртларнинг тегишиб турган жойларидаги молекуляр ўзаро таъсир кучлари сабаб бўлади. Думалаш ишқаланишининг асосий сабаби таянч билан думалаётган жисмнинг деформацияланиши бўлиб, бундай деформацияланиш натижасида жисм гўё ўз олида пайдо

бўлаётган дўнгликка кўтарилаётгандай бўлади. Жисм ва таянч қанча қаттиқ бўлса, уларнинг деформацияси шунча кам ва демак, думалаш ишқаланиши ҳам шунча кам бўлади.

Ишқаланиш кучлари, шунингдек, тинчликдаги ишқаланиш ва сирпаниш ишқаланиши кучларига бўлинади. Тинчликдаги ишқаланиш кучи полдан, сон жиҳатидан жисмни ҳаракатга келтирган тортиш кучига тенг бўлган бирор максимал катталиккача ҳар қандай қийматга эга бўлиши мумкин. Ана шу максимал қийматни одатда тинчликдаги ишқаланиш кучининг катталиги учун қабул қилинади. Сирпаниш ишқаланишига доир масалалар ечганда тажриба йўли билан аниқланган қуёйдаги тахминий қонуниятларга амал қилинади.

1. Тинчликдаги ишқаланиш сирпаниш ишқаланишидан катта. Бироқ, баъзи ҳолларда, масалан, металл жисмларнинг силлиқланган сиртга ишқаланишида сирпаниш ишқаланиши тахминан тинчликдаги ишқаланиш кучининг чегаравий қийматига тенг бўлиши мумкин.

2. Тинчликдаги ишқаланиш кучи ва $F_{\text{ишқ}}$ сирпаниш ишқаланиши кучи $F_{\text{ишқ}}$ босим кучига пропорционал, $F_{\text{ишқ}} = kF_{\text{ишқ}}$, бу ерда k — фақат ишқаланиш турига ва ишқалапувчи сиртларга боғлиқ бўлган доимий катталик ҳисобланади. (Қатъий қилиб айтганда k яна бошқа факторларга, масалан, босим, температура, тезлик ва ҳоказоларга ҳам боғлиқ.)

3. Ишқаланиш коэффиценти ишқаланувчи сиртларнинг катталигига боғлиқ бўлмайди (бу тасдиқ ишқаланиш коэффицентининг босимга боғлиқлигини назарга олмаган ҳоллар учун ўринлидир).

4. Сирпаниш ишқаланиши кучи, демак, сирпаниш ишқаланиши коэффиценти тезлик ортиши билан камаяди, бунга ишқаланувчи сиртларнинг ғадир-будурликлардан "сакраши" ва катта тезликда уларнинг камроқ илашиши сабаб бўлади.

5. Думалаш ишқаланиши кучлари сирпаниш ишқаланиши кучларидан анча кам бўлади (унча қаттиқ бўлмаган жисмлар учун бу муносабат тескари бўлиши ҳам мумкин).

Суюқ ишқаланиш ёки қозушоқ ишқаланиш молекуляр тутилиш кучлари, шунингдек, молекулаларнинг суюқлик ёки газнинг бир қатламдан тезлиги бошқача бўлган иккинчи қатламга ўтганида ўзаро ҳаракат миқдорларининг алмашилишидан юзага келади. Молекулалар орасида ўзаро ҳаракат миқдорларнинг алмашилиши газлардаги ички ишқаланишда айниқса катта роль ўйнайди.

Ўқувчиларнинг VI синфда олган билимларидан фойдаланиб, дастлаб 5,7- бобдаги келтирилган масалаларга ўхшаш сифатга оид масалалар ечилади. Сўнгра ишқаланиш коэффицентидан фойдаланиб ечиладиган масалаларга шунингдек, суюқликлардаги ва газлардаги ишқаланишга доир масалаларга асосий эътибор берилади.

VIII синф ўқувчилари учун янги бўлган бу масалаларнинг хиллари қуйида берилган.

395 (э). Столга брусок қўйинг ва аста-секин тортиш кучини кўпайтириб, уни динамометр ёрдамида ўлчанг. Тажриба вақтида тортиш кучи қандай ўзгаради?

396 (э). Ишқаланиш кучининг жисм оғирлигига боғлиқ бўлишига доир тажриба ўйланг ва уни қилиб кўринг.

397 (э). Брусокни унинг кичик ёғи ва катта ёғи билан тексикда сурилганда ишқаланиш кучи бир хил бўладими? Жавобингизни тажрибада текширинг.

398. Чаналарнинг ёғоч сирпангичларининг қорға ишқаланиш коэффициенти 0,035 га тенг. Умумий оғирлиги 350 кгк бўлган юкли чанани горизонтал йўлда текис тортаётган от чанага қанча куч қўйган бўлади? [34, № 477].

399 (э). Штатив туткичига металл цилиндрни маҳкам ўрнатинг ва у орқали учига тарози тоши осилган сим ўтказиб (87-расм), ишқаланиш кучини ўлчанг. Худди шундай диаметрдаги резинка пўкак билан тажрибани такрорланг ва ишқаланиш кучининг ишқаланаётган сиртлар хилига боғлиқлиги ҳақида хулоса чиқаринг.

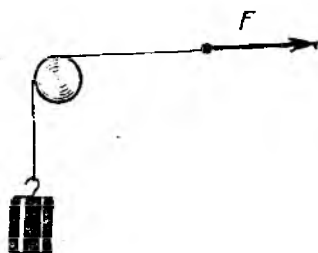
400. Нима учун пўлат ўқ подшилникларининг втулкаларини кўпинча мисдан ёки алоҳида қотишма — баббитдан қилинади?

401*. Ўқувчи массаси 132 т ва ҳамма ғилдираклари етакловчи бўлган электровоз йўлнинг горизонтал қисмида 2000 т лик составни торта оладими деган масалани ечаётиб, у электровоз составдан енгил ва шунинг учун $F_{\text{ишқ}} = kF_n$ формулага кўра у составни жойидан қўзғата олмайди деб жавоб берди. Ўқувчининг жавоби тўғрими?

Е ч и л и ш и. Электровознинг тортиш кучини $F_3 = k_1 P_1$ формуладан аниқланади, бу ерда $k_1 = 0,20 \div 0,22$ — тутиниш коэффициентини бўлиб, тинчликдаги электровоз ғилдиракларининг рельсга ишқаланиш коэффициентига мос келади. P_1 эса тутиниш оғирлиги, яъни электровознинг етакловчи ғилдиракларига тушувчи оғирлик. P_2 оғирликдаги составнинг ишқаланиш кучи эса $F_{\text{ишқ}} = k_2 P_2$ формуладан аниқланади, бу ерда k_2 — думалаш ишқаланиши коэффициенти, $k_2 \approx 0,005$, $F_3 = 2,6 \cdot 10^5$ н, $F_{\text{ишқ}} = 10^5$ н. Электровоз составни торта олади.

402*. Дарсда ишқаланиш фойдалими ёки зарарлими деган саволга ўқувчи: „Локомотив ғилдираклари учун ишқаланиш фойдали, состав ғилдираклари учун эса зарарли“, — деб жавоб берди. Ўқувчи жавоб бераётганда қандай хатога йўл қўйди?

Ж а в о б и. Етакловчи ғилдиракларга поездни ҳаракатлан-



87- расм.

тирувчи тинчликдаги ишқаланиши (сирпаниш ишқаланиши) кучи ва ҳаракатга тўсқинлик қилувчи думалаш ишқаланиши кучи таъсир қилади. Таянч ғилдиракларига эса фақат думалаш ишқаланиши кучи таъсир қилади. Бинобарин, локомотив ғилдираклари учун тинчликдаги ишқаланиш фойдали, думалаш ишқаланиши эса зарарлидир.

403. Дарёнинг тубида оқим кучлими ёки дарёнинг юзидами? Нима учун?

404. Нима учун жуда кучсиз шамол океандаги улкан айсбергларни ҳаракатлантиради-ю, бироқ қирғоқдаги муз парчасини фақат довулгина жойидан қўзғатади?

Жавоби. Суюқлик ва газда тинчликдаги ишқаланиш йўқ, шунинг учун озгина куч ҳам жисмни ҳаракатга келтириши мумкин, қуруқ ишқаланишда эса бундай эмас.

405. Нима учун кузови материал билан ёпилган енгил машинанинг тезлиги силлиқланган металл кузовли машинанинг тезлигидан кам бўлади?

Жавоби. Материалдан қилинган кузовга ҳавонинг ишқаланиш кучи силлиқланган металлга ишқаланиш кучидан кўп бўлади.

19- БОБ

ЖИСМЛАРНИНГ МУВОЗАНАТИ (СТАТИКА)

Бу темада ўқувчиларга кучларни қўшиш ва ажратиш маълумотларини ҳосил қилишга ёрдам берадиган, сўнгра жисмларнинг айланиш бўлмаган ҳолдаги мувозанатига ва ўқ атрофида айлана оладиган жисмларнинг мувозанатига доир масалалар ечилади. Жумладан оғирлик кучи таъсиридаги жисмларнинг мувозанатига доир масалалар ҳам ечилади.

1. Кучларни қўшиш ва ажратиш

Ўқувчиларнинг VI синфда олган билимларига таяниб, аввал бир тўғри чизиқ бўйлаб таъсир қилувчи кучларни қўшишга доир масалалар (5,4- боб) ечилади. Сўнгра асосий эътиборни бурчак остида йўналган кучларни қўшишга доир масалалар ечишга қаратилади. Бунда гарчи кучларни қўшишга доир амаллар муҳим бўлса-да, уни жисмларнинг мувозанатда ёки нисбий тинчликда бўлиш шартларини аниқлаш воситаси деб қараш керак. Кучларни ажратишга доир усулларни ўрганиш ҳам ана шу мақсадга қаратилган. Ньютоннинг биринчи ва иккинчи қонунларига кўра моддий нуқта мувозанатда бўлиши

учун унга қўйилган барча кучларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

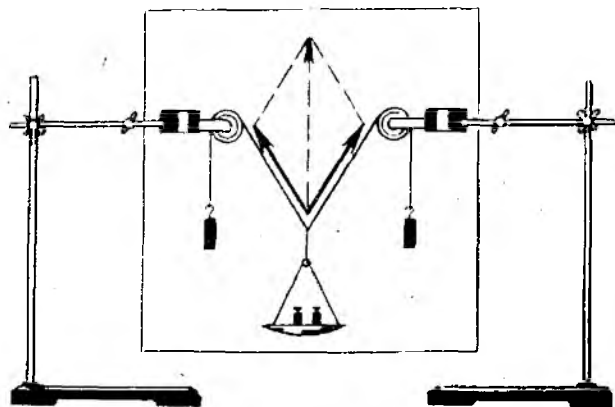
$$\Sigma \vec{F} = 0. \quad (1)$$

Бу тенгламани, шунингдек, $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_{k-1} + \vec{F}_{k+1} + \vec{F}_n = -\vec{F}_k$ (2) кўрилишда ёзиш мумкин, бу ерда $\vec{F}_k$ — (1) тенгламадаги кучлардан бири. Яъни моддий нуқтага қўйилган кучлардан бирини қолган кучларнинг мувозанатловчиси деб қараш мумкин.

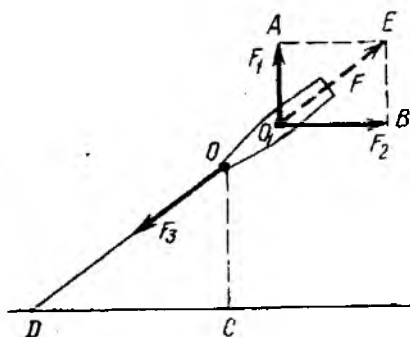
VIII синфда кўпинча икки ёки уч кучнинг, яъни бир текисликда ётувчи кучларнинг мувозанати қаралади. Масалалар ечишнинг умумий усули шундан иборатки, бунда жисмга (моддий нуқтага) қўйилган кучларнинг ҳаммаси кўрсатилади ва сўнгра уларни қўшиш ёки ажратиш йўли билан изланаётган катталиклар топилади. Тажрибанинг кўрсатишича, ўқувчилар кучларни ажратиш усулида кўпинча қийналадилар. Шунинг учун ўқувчиларга кучни бир қийматли икки ташкил ётувчига ажратиш учун ёки тенг таъсир ётувчи кучнинг катталиги ҳамда икки ташкил ётувчи кучнинг йўналишини билиш ёки тенг таъсир ётувчи кучнинг катталигини ва ташкил ётувчи кучлардан бирининг йўналиши ва катталигини билиш зарурлиги ҳақида уқтириш керак.

Трос (№ 22 га қаранг), кронштейн ва қия текисликдаги моддий нуқтанинг мувозанатига доир масалалар типик масалалар ҳисобланади. Бу масалаларни ўқувчилар ҳам график, ҳам аналитик еча билишлари керак.

406 (э). Блоклар орқали учларига юклар осилган арқон ўтказинг ва унинг ўртасига тарози тошини осинг (88- расм). Тошларнинг осилиш нуқтасига таъсир қилувчи кучларнинг тенг таъсир ётувчисининг бир қанча қийматларини график ра-



88- расм.



89- расм.

вишда топинг. Тенг таъсир этувчи кучни мувозанатловчи куч билан солиштиринг ва унинг ташкил этувчи кучлар орасидаги бурчаклар ўзгарганда қандай ўзгаришини аниқланг.

407. Пристанга боғлаб қўйилган катерга сувнинг $F_2 = 400$ н оқим кучи ва шамолнинг оқим йўналишига перпендикуляр бўлган $F_1 = 300$ н босим кучи таъсир қилмоқда. Катерни ушлаб турган трос қандай F_3 куч билан тарангланган?

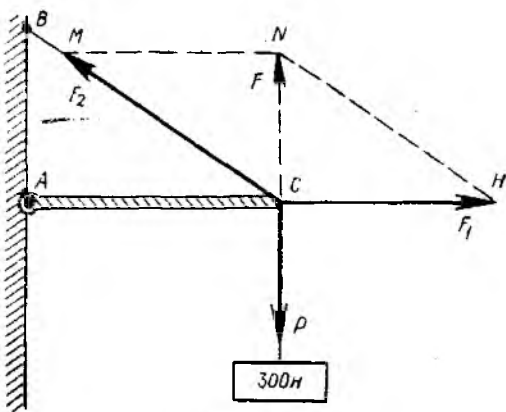
Ечилиши. Масаланинг шартига кўра катерга таъсир қилувчи F_1 , F_2 ва F_3 кучларни кўрсатган ҳолда 89- расмда тасвирланган чизмани чизамиз.

Мувозанатловчи куч сифатида изланаётган F_3 кучни қараш мақсадга мувофиқдир, бу куч катталиқ жиҳатидан F_1 ва F_2 кучларнинг тенг таъсир этувчиси F га тенг:

$$F_3 = F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 500 \text{ н.}$$

408. AC стержень ва BC тросга (90- расм) таъсир қилувчи кучларни топинг. $AC = 2$ м, $AB = 1,5$ м. Юкнинг оғирлиги $P = 300$ н. Стерженьнинг оғирлигини ҳисобга олманг.

Ечилиши. 1- усул. С нуқтага юкнинг P оғирлиги таъсир қилади. Натижада AC стержень қисилади ва С нуқтага F_1 куч билан таъсир қилади. BC трос чўзилади, шунинг учун С нуқтага F_2 куч билан таъсир қилади. F_1 ва F_2 кучларнинг тенг таъсир этувчиси P оғирликка катталиқ жиҳатидан тенг ва қарама-қарши йўналган. F_1 ва F_2 ни ясаш учун С нуқтадан тик юқорига сон жиҳатидан P га тенг бўлган F векторни қўямиз ва уни AC ва BC йўналишлар бўйича ташкил этувчиларга ажратамиз. ABC, CNH, CMN учбурчакларнинг ўхшашлигидан



90- расм.

$$\frac{F}{F_1} = \frac{AB}{AC}, F_1 = \frac{F \cdot AC}{AB} =$$

$$= \frac{300 \text{ н} \cdot 2 \text{ м}}{1,5 \text{ м}} = 400 \text{ н}.$$

$$F_2 = \sqrt{F^2 + F_1^2} = 500 \text{ н}.$$

Изланаётган кучлар катталиги жиҳатидан F_1 ва F_2 кучларга тенг, йўналиш жиҳатидан уларга қарама-қарши ва мос ҳолда стержень ва тросга қўйилган.

2- усул. Жисмнинг P огирлиги F_1 ва F_2 икки ташкил этувчига ажратамиз (91- расм) ва учбурчакларнинг ўхшашлигидан, 1- усулдаги сингари изланаётган F_1 ва F_2 кучларни топамиз.

Бу ечиш усулининг физикавий нуқтаи назардан камчилиги шундаки, C нуқтанинг мувозанат шarti асосланмайди. Бунда нима учун C нуқтага F куч таъсир қилса ҳам унинг мувозанатда қолиши тушунтирилмайди. Биринчи усулнинг методик жиҳатдан афзаллиги шундаки, бунда ўқувчилар масалалар ечишнинг статикада ҳам, динамикада ҳам қўллаш мумкин бўлган умумий усулларида бири билан танишадилар.

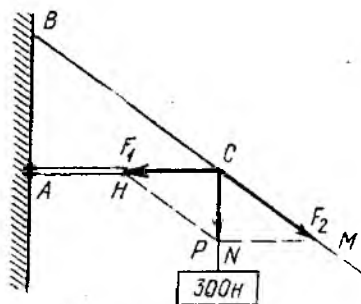
Бироқ иккинчи усулдан ҳам воз кечмаслик керак. Бундан ўқувчилар умумий ечиш усулини яхши ўзлаштирганиларидан ва яшашларнинг 91- расмда берилганларга ўхшаш маълум даражада шартли эканлигини тушуниб етганларидан кейин фойдаланиш мумкин.

Кронштейнга тегишли масалалар, айниқса экспериментал масалаларни ечишда қўйидагиларни назарда тутиш керак. Кронштейнда ҳамма стерженьлар шарнирли боғланган ва шнурлар (арқонлар) эса бирлашиш жойларида сирпанмасликлари керак. Агар AC стержень деворга маҳкамлаб киритилган ва трос C нуқтага маҳкамланмаган, балки блок орқали ўтказилган бўлса, у ҳолда ҳамма ҳолларда троснинг таранглиниши юкнинг огирлигига тенг бўлади. Агар трос C нуқтага маҳкамланган бўлса, у ҳолда AC стержень фақат сиқилмасдан, шу билан бирга эгилади ҳам. Бу ҳолда тросни чўзувчи кучни бундай ҳисоблаш нотўғри бўлади.

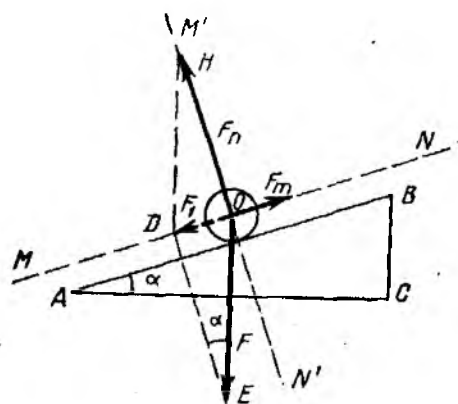
Кронштейнга тегишли масалаларни ечишда намойиш қилинадиган модель К. В. Любимов томонидан баён қилинган (79).

409. Автомашинига тахталар бўйлаб $m = 100 \text{ кг}$ массали бочкани текис думалатиб чиқариш учун қандай F_m тортиш кучи қўйиш керак? Автомашина бортининг баландлиги $h = 1,2 \text{ м}$, тахталарнинг узунлиги $l = 4,8 \text{ м}$. Бочканинг тахталарга босим кучи F_n қандай? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. 1- усул. Қия текислик ва бочкага таъсир



91- расм.



92- расм.

қилувчи кучларни тас-
вирлаймиз (92- расм).
Шартга кўра фақат битта
оғирлик кучи $F = mg$ бе-
рилган. Бу куч пастга қа-
раб йўналган. Бочкага,
шунингдек, AB га парал-
лел F_m тортиш кучи ва
таянчининг AB га перпен-
дикуляр реакция кучи F_n
таъсир қилади. F_m кучни
 F_n ва F кучларнинг му-
возанатловчи кучи деб
оламиз. F_m ва F_n вектор-
ларни ясаш учун O нуқ-
та орқали $MN \parallel AB$ ва
 $M'N' \perp AB$ тўғри чизик-
ларни ўтказамиз. F век-

торнинг охиридан MN билан кесишгунча тўғри чизик ўтказа-
миз. Кесишиш нуқтаси D бу ерда F_n ва F кучларнинг тенг
таъсир этувчиси F_1 векторнинг охири бўлади ($ED \perp MN$). D
нуқтадан F векторга параллел қилиб $M'N'$ билан кесишгунча
тўғри чизик ўтказамиз. Тўғри чизикларнинг H кесишиш нуқ-
таси F_n векторнинг охири бўлади. F_1 вектор F_1 векторга кат-
талиги жиҳатидан тенг ва йўналиш жиҳатидан қарама-қарши.
 ABC ва DOE учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{DO}{OE} = \frac{BC}{AB}$ ёки
 $\frac{F_1}{F} = \frac{h}{l}$ эканлиги келиб чиқади, бундан

$$F_m = F_1 = \frac{Fh}{l} = \frac{1000 \text{ н} \cdot 1,2 \text{ м}}{4,8 \text{ м}} = 250 \text{ н}.$$

$$F_n = \sqrt{F^2 - F_1^2} \approx 970 \text{ н}.$$

Бочканинг изланаётган босим кучи катталиқ жиҳатидан
 F_n га тенг ва йўналиши жиҳатидан қарама-қарши.

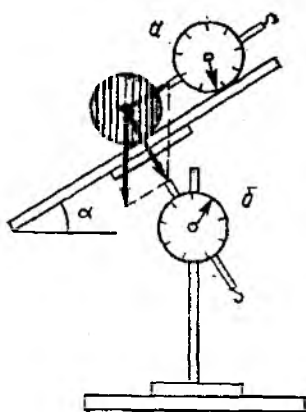
2- усул. $\vec{F}$ вектори $\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_2$ ташкил этувчиларга ажра-
тамиз (128- расм) ва ABC ва OEC учбурчакларнинг ўхшаш-
лигидан фойдаланиб, F_n ва F_m ларни топамиз.

410 (э). 409- масаланинг шarti ва ечилишидан қия текис-
ликнинг қиялик бурчаги α ортиши билан F_m тортиш кучи ва
 F_n босим кучи қандай ўзгаришини аниқланг. Хулосангизни
тажрибада текширинг.

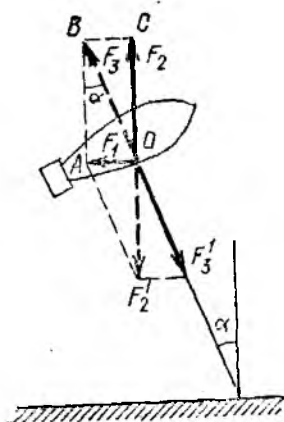
Ечилиши. $F_m = F \cdot \frac{h}{l}$, ёки $F_m = F \cdot \sin \alpha$.

$$F_n = \sqrt{F^2 - F_m^2}, \text{ ёки } F_n = F \cos \alpha.$$

α ортиши билан F_m ортади, F_n эса камаяди.



93- расм.



94- расм.

Тажриба ўтказиш варианты 93- расмда кўрсатилган. *a* динамометр тортиш кучини, *b* эса босим кучини кўрсатади.

411. Аэростатга горизонтал йўналишда 1000 н куч билан шамол таъсир қилмоқда. Троснинг таранглиги 2000 н. Трос вертикалдан қандай бурчакка оғган ва шамол бўлмаганда унинг таранглиги қандай бўлади?

Ечилиши. 1- усул. Чизма чизамиз (94- расм). Аэростатнинг *O* нуқтасига шамолнинг кучи F_1 , кўтариш кучи F_2 ва троснинг таранглик кучи F_3 таъсир қилади. F_3 кучини F_1 ва F_2 кучларнинг мувозанатловчи кучи деб ҳисоблаймиз. У ҳолда уларнинг тенг таъсир этувчи кучи $F_3 = -F_3' = 2000$ н бўлади.

Изланаётган куч $F_2 = \sqrt{F_3'^2 - F_1^2} \approx 1700$ н.

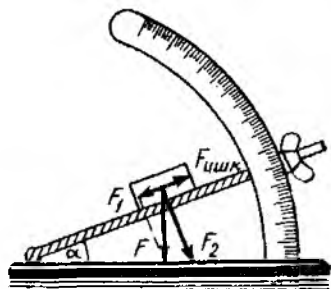
2- усул. Мувозанатловчи кучни F_2 деб ҳисоблаймиз. Катталик жиҳатдан бу куч F_1 ва F_3 кучларнинг тенг таъсир этувчиси F_2' га тенг.

$$F_2' = \sqrt{F_3'^2 - F_1^2} \approx 1700 \text{ н.}$$

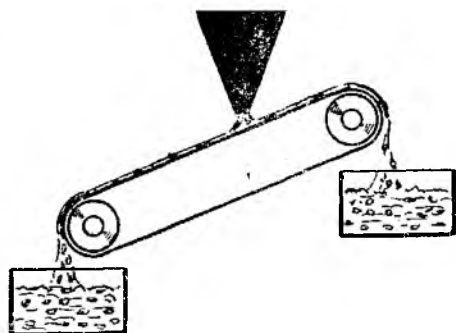
$$\sin \alpha = \frac{F_1}{F_3} = 0,5; \alpha = 30^\circ.$$

F_1 кучини ҳам мувозанатловчи куч деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда F_2 ва F_3' кучларнинг тенг таъсир этувчисини топиш керак бўлади.

412 (э). Қия текисликнинг горизонтга жисм текис ҳаракат билан пастга сирпана бошлайдиган бурчаги α чегаравий бурчак деб аталади. 95- расмда кўрсатилган асбоб ёки транспортрили тахтадан фойдаланиб, сирти турлича силлиқланган жисмлар учун чегаравий бурчакни аниқланг ва бу бурчакка кўра ишқаланиш коэффициентини топинг.



95- расм.



96- расм.

Ечилиши. Ишқаланиш кучи $F_{ишқ} = -F_1$; $F_{ишқ} = kF_2$; $F_1 = F \sin \alpha$; $F_2 = F \cos \alpha$; $k = \tan \alpha$, яъни ишқаланиш коэффициенти чегаравий бурчак тангенсига тенг.

413. 96- расмда тасвирланган газмолдан қилинган транспортёр зиғир уруғларини турли аралашмалардан тозалайди. Юқорига ҳаракатланаётган лентага аралашмали зиғир уруғи тўкилади ва бунда зиғир уруғлари пастга, аралашмалар юқорига қараб ҳаракатланади. Нима учун? Бу транспортёрда уруғларни аралашмалардан 0,60 ва 0,80 ишқаланиш коэффициенти билан ажратиш учун транспортёр лентасини қандай бурчак остида қўйиш керак? (21, № 239).

Ечилиши. $\tan \alpha_1 = 0,60$; $\alpha_1 = 32^\circ$; $\tan \alpha_2 = 0,80$; $\alpha_2 = 39^\circ$; $\alpha_{ур} \approx 35^\circ$.

2. Куч моменти. Айланиш ўқига эга бўлган жисмларнинг мувозанати

Айланиш ўқига эга бўлган жисмларнинг мувозанати ҳақидаги биринчи тушунча ўқувчиларга VI синфда ричаглар, чигир ва блоklar мувозанати мисолида берилган эди. 7- бобда айтиб ўтилганидек, бу хил масалаларни VI синфда $\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1}$ пропорция ёрдамида ечилади. VIII синфда ўқувчилар билан такрорлаш сифатида 7- бобнинг 3,4 параграфларидаги масалаларга ўхшаш масалаларни ечиб, бу билимлардан фойдаланиш керак. Иккита параллел кучлар қўйилган жисмларнинг мувозанати ҳақидаги масалалар мисолида бир томонга йўналган параллел кучларни қўйиш тушунчаси мустаҳкамланади. Шундан сўнг жисмга бир неча кучлар таъсир қилаётган мураккаброқ масалаларни ечишга ўтилади. Натижада ўқувчиларни қуйидаги, яъни қаттиқ жисм мувозанатда бўлиши учун унга таъсир қилувчи барча кучларнинг натижаловчиси ва барча кучлар моментларининг йиғиндиси нолга тенг бўлиши

керак деган умумий қондани тушуниш даражасига етказиш керак:

$$\sum \vec{F} = 0; \sum \vec{M} = 0.$$

Бу тенглик ҳар қандай нуқтага нисбатан ҳам ўринлидир.

VIII синфда қуйидаги масалалар, яъни шартида жисмга таъсир қилувчи кучлар битта текисликда ётади деган масалалар ечилади. Ясси система учун куч векторининг тенглиги $\sum \vec{F} = 0$ ни икки скаляр тенглик $\sum F_x = 0$ ва $\sum F_y = 0$ билан алмаштириш мумкин, бунда жисмга таъсир қилувчи кучлар танланган x ва y ўқларга проекцияланади.

Худди шундай йўл билан куч моментларининг вектор йиғиндисини скаляр тенгламалар билан алмаштириш мумкин. Бироқ VIII синфда куч моментининг вектор катталиги эканлиги ҳақидаги тушунча киритилмайди ва шунинг учун масалалар ечишда бирданига $\sum M = 0$ скаляр тенглама тузилади, бунда жисмни соат стрелкаси йўналишида айлантирувчи куч моментларини мусбат, қарама-қарши йўналишда айлантирувчи куч моментларини эса манфий деб олинади.

414. Оғирлиги 1400 н бўлган балка иккита сим арқонга осилган (97- расм). Агар $AC = 3$ м ва $CB = 1$ м бўлса, бу арқонларнинг таранглашиш кучини аниқланг (22, № 314).

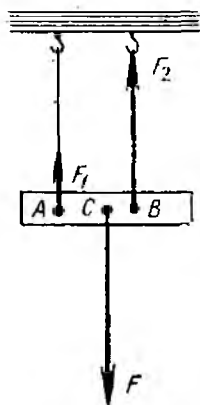
Ечилиши. 1- усул. Чизмада балкага таъсир қилувчи барча кучларни: оғирлик кучи F ва арқонларнинг таранглик кучи F_1 ҳамда F_2 ларни кўрсатамиз. F куч F_1 ва F_2 кучларнинг мувозанатловчи кучи бўлади. Демак, F_1 ва F_2 параллел кучларнинг тенг таъсир этувчиси C нуқтага қўйилган ва юқорига йўналган бўлиши керак. Параллел кучларни қўшиш қондасига кўра $F = F_1 + F_2 = 1400$ н, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{AC} \cdot F_1 = 1400$ н $- F_2$ бўлгани учун $\frac{1400 \text{ н} - F_2}{F_2} = \frac{1}{3}$ бўлади. Бундан $F_2 = 1050$ н, $F_1 = 350$ н.

2- усул. Балка мувозанатда бўлгани учун $\sum \vec{F} = 0$ ва $\sum M = 0$,

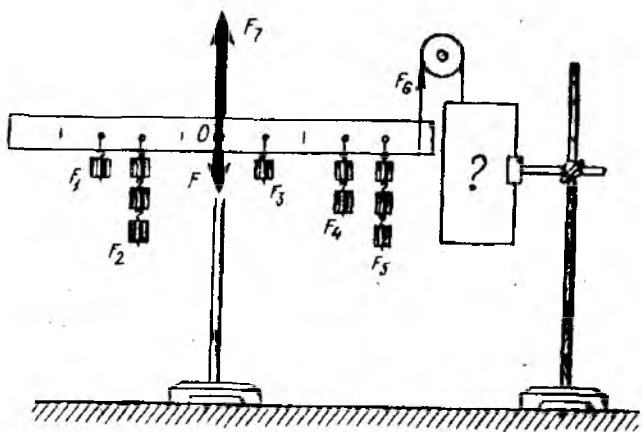
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F} = 0.$$

Кучлар бир текисликда ётгани ва параллел бўлгани учун векторларни вертикал йўналишга проекциялаб тенгламани скаляр шаклда ёзамиз:

$$F_1 + F_2 - F = 0.$$



97- расм.



98- расм.

Энди, масалан, кучларнинг A нуқтага нисбатан моментлари йиғиндисини толамиз, $F \cdot AC - F_2 \cdot AB = 0$. Формулага катталикларнинг сон қийматларини қўйиб, $F_1 = 350$ н ва $F_2 = 1050$ н эканини толамиз.

Агар моментлар тенгламасини C ($F_1 \cdot AC - F_2 \cdot CB = 0$) нуқтага нисбатан ёки бирор бошқа нуқтага нисбатан ёзсак ҳам шундай натижа келиб чиқади.

415 (9). 98- расмда кўрсатилган ричагга қўйилган бир юкнинг оғирлиги 1 н, чизгичнинг оғирлиги 2 н бўлса, ричагнинг ўнг учига қўйилган кучни ва таянчнинг босим кучини аниқланг.

Ечилиши. Бўлимлари 0,1 м дан бўлган демонстрация ричаги ва механикада ишлатиладиган юклар тўпламидан фойдаланиб, демонстрацион столда қурилма йиғилади. Ўқувчилар қурилманинг расмини чизиб, ричагга таъсир қилувчи кучларни белгилайдилар.

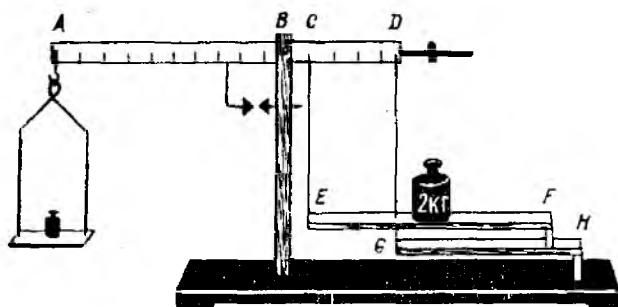
Ричагнинг мувозанат шартига кўра $\sum \vec{F} = 0$ ва $\sum M = 0$. Дастлаб ричагни O нуқтага нисбатан соат стрелкаси йўналишида айлантирувчи кучларнинг моментларини плюс ишора билан, соат стрелкасига тескари айлантирувчи кучларнинг моментларини эса минус ишора билан ёзамиз. Бунда таянчнинг босим кучлари F_1 ва чизгичнинг оғирлик кучи F нинг моментлари нолга тенг эканини назарга оламиз:

$$F_3 l_3 + F_4 l_4 + F_5 l_5 - F_1 l_1 - F_2 l_2 - F_6 l_6 = 0.$$

$$1 \text{ н} \cdot 0,1 \text{ м} + 2 \text{ н} \cdot 0,3 \text{ м} + 3 \text{ н} \cdot 0,4 \text{ м} - 1 \text{ н} \cdot 0,3 \text{ м} - 3 \text{ н} \cdot 0,2 \text{ м} - F_6 \cdot 0,5 \text{ м} = 0.$$

$$\text{Бундан } F_6 = 2 \text{ н}.$$

Экрани олиб, олинган жавобнинг тўғри эканлигига ишонч ҳосил қиламиз. Юқорига йўналган кучларни мусбат, пастга



99- расм.

йўналган кучларни манфий деб ҳисоблаб, биринчи тенгламани скаляр шаклда ёзамиз:

$$F_7 + F_8 - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5 = 0; F_7 = 10 \text{ н.}$$

Ричагни O нуқтадан динамометрга осиб, $F_7 = 10 \text{ н}$ эканига ишонч ҳосил қиламиз.

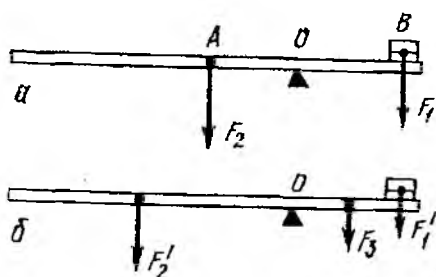
416*. Ўнли тарозиларнинг тузилиши ва ишлашини тушунтириб беринг (99- расм),

Ечилиши. Масалан, 20 н юкни EF платформанинг ўртасига жойлаштирганда F таянч нуқтасига 10 н куч таъсир қилади. Бу куч G ва H нуқталар орасида тақсимланади. $GH : FH = 5 : 1$ бўлгани учун G ва D нуқталарга 2 н куч таъсир қилади. Агар ричагдаги бир бўлимга тенг бўлган AD масофани бирлик учун қабул қилсак, у ҳолда шайиннинг ўнг елкасига таъсир қилувчи кучлар моментларининг йиғиндиси $M = 1 \cdot 10 + 5 \cdot 2 = 20$ бирликка тенг бўлади.

AB елканинг узунлиги 10 бўлимга тенг бўлгани учун, шайиннинг чап елкасида 20 бирликка тенг моментни 2 н куч ҳосил қилади, яъни тошларнинг оғирлиги тортилаётган юкдан 10 марта енгил бўлади.

3. Оғирлик маркази. Мувозанат турлари. Жисмларнинг турғунлиги

VIII синфда оғирлик маркази тажрибада, геометрик йўл билан ёки аналитик йўл билан топиладиган масалалар ечилади. Ўқувчиларга масалаларни бир неча усул билан ечиш мумкинлигини кўрсатиш учун бир қатор масалаларни ечиш фойдалидир. Оғирлик маркази ҳақидаги тушунчадан мувозанат турлари ва жисмларнинг турғунлиги ҳақидаги масалаларни ечишда фойдаланилади. Таянч юзига эга бўлган жисмнинг турғунлигини аниқлашда оғирлик марказидан туширилган шоқулнинг ҳолати ҳақидаги қоидадан фойдаланилади. Бу қоидани айланиш ўқига эга бўлган жисмнинг мувозанати ҳақидаги маълумотлардан фойдаланиб асослаш керак.



100- расм.

417. Тажрибада картондан қирқилган доира, тўғри тўртбурчак ва учбурчакнинг оғирлик марказини аниқланг ва назарий жиҳатдан асослаб бериш.

418. Қаламнинг, чамбаракнинг оғирлик маркази қаерда жойлашган? Оғирлик маркази ҳамма вақт жисмнинг ичида жойлашган бўладими?

419 (а). Спицалар ва иплар ёрдамида бир дона картошка ёки лавлагининг оғирлик марказини аниқланг.

Ечилиши. Картошкани уч-тўрт марта турли жойидан осилади ва ҳар гал ип йўналишида спица санчиб қўйилади. Картошкани кесиб, спицалар санчилган чизиқларнинг бир нуқтада — оғирлик марказида кесишгани аниқланилади.

420 (а). Мис тангалар ёрдамида чизғичнинг оғирлигини аниқланг.

Ечилиши. Чизғичнинг учига тангалар қўйилиб, 100 = а расмда кўрсатилганидек мувозанатга келтирилади. Расмдан $F_2 AO - F_1 BO = 0$ эканлиги кўриниб турибди. Чизғичнинг оғирлиги сон жиҳатдан $F_2 = \frac{F_1 BO}{AO}$ га тенг.

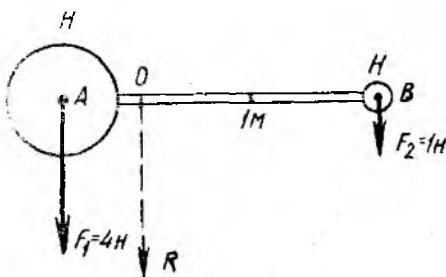
Бу хил масалаларга кўпинча ўқувчилар 100 = б расмда кўрсатилгандек чизмалар чизадилар ва масалаларни ечишда таянч нуқтасидан икки томондаги ричагининг оғирлигини назарга оладилар. Масалалар ечганда бундай қилишга ҳожат йўқ, чунки F_2 ва F_1 кучларнинг тенг таъсир этувчиси жисмнинг оғирлигига тенг ва унинг оғирлик марказига қўйилган.

421. Оғирлиги 4 ва 1 н бўлган икки юкнинг оғирлик марказини топинг (101- расм). Юклар марказлари орасидаги масофа 1 м га тенг. Уловчи стерженнинг оғирлигини назарга олманг.

Ечилиши. 1- усул. О оғирлик маркази — F_1 ва F_2 параллел кучларнинг тенг таъсир этувчиси қўйилган нуқта масофани кучларга тескари пропорционал бўлган кесмаларга ажратади. Шунинг учун

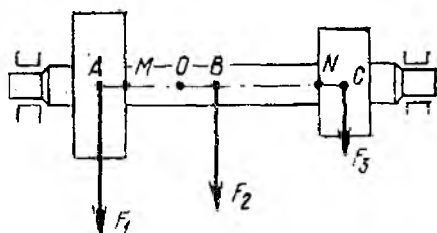
$$\frac{AO}{OB} = \frac{F_2}{F_1}, \quad \frac{AO}{1 \text{ м} - AO} = \frac{1 \text{ н}}{4 \text{ н}},$$

$$AO = 0,2 \text{ м.}$$



101- расм.

2- усул. Агар стер-
женнинг оғирлик маркази
О нуқтага тирговуч қў-
йилса, юклар мувозанат-
да қолади. $\sum M = 0$, бун-
дан $F_2 \cdot OB - F_1 \cdot OA = 0$ ёки
 $1\text{ м} (1\text{ м} - AO) = F_1 \cdot AO$;
 $AO = 0,2\text{ м}$.



102- расм.

Икки жисмининг оғир-
лик маркази топиладиган
масалаларга иккала ечинг
усули тенг кучлидир. Бироқ ушта ёки ундан кўп жисмларнинг
оғирлик марказини топиш талаб қилинса, у ҳолда биринчи усул
барча кучларни кетма-кет жуфт-жуфт қилиб қўйишни талаб
қилади, бу самарали эмас. Шунинг учун бу хил масалаларни
иккинчи усул билан ечган маъқул.

422. Иккита шкиви бўлган валнинг оғирлик маркази қаерда
жойлашган (102- расм). Шкивлар орасидаги валнинг узунлиги
380 мм, шкивларнинг йўғонлиги 60 мм дан, вал ва шкивлар-
нинг оғирлиги мос равишда 10, 12 ва 5 кгк га тенг. Жавобни
учинчи холағача аниқликда бering (21, № 270).

Ечилиши. Чизмада $F_1 = 12\text{ кгк}$, $F_2 = 10\text{ кгк}$, $F_3 = 5\text{ кгк}$
оғирлик кучларининг йўналиши ва қўйилиш нуқталарини кўр-
сатамиз. Оғирлик маркази А ва В нуқталар орасида ётади.
Система мувозанатда, демак $\sum M = 0$; $F_2 \cdot OB + F_3 \cdot OC - F_1 \cdot OA = 0$.
Шкивларнинг йўғонлигини назарга олиб ($MA = NC = 30\text{ мм}$),
қуйидагини ҳосил қиламиз. $10\text{ кгк} \cdot OB + 5\text{ кгк} (190\text{ мм} +$
 $+ 30\text{ мм} + OB) - 12\text{ кгк} (190\text{ мм} + 30\text{ мм} - OB) = 0$, бундан
 $OB = 57,0\text{ см}$.

423*. R радиусли бир жинсли доиравий пластинкадан радиуси
икки марта кичик бўлган r радиусли доира қирқиб олинган.
Кичик доира катта доира билан уриниб туради. Ҳосил бўлган
пластинканинг оғирлик марказини тодинг.

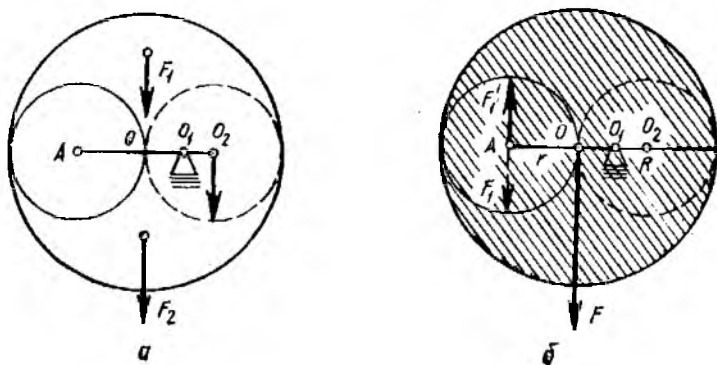
Ечилиши. 1- усул. Доирани 103- а расмда кўрсатилган-
дек пунктир билан ажратиб, шаклни қисмларга бўламиз ва бу
қисмларга таъсир қилаётган оғирлик кучлари уларнинг юзла-
рига пропорционал деб олиб, олдинги масалада қўлланилган
методдан фойдаланамиз. „Япроқчалар“нинг юзлари

$$\pi R^2 - 2\pi r^2 = \pi R^2 - 2\pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{\pi R^2}{2}$$

га тенг. O_1 оғирлик маркази катта доиранинг оғирлик маркази
О дан ўнгроқда ётади. Кичик доиранинг юзи $\frac{\pi R^2}{4}$ га тенг. Энди

$O_1O_2 = \frac{R}{2} - OO_1$ эканини назарга олиб, қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{\pi R^2}{4} \cdot \left(\frac{R}{2} - OO_1\right) - \frac{\pi R^2}{2} \cdot OO_1 = 0, \text{ бундан } OO_1 = \frac{R}{6}.$$



103- расм.

2- усул. Қирқиб олган қисмни фикран тўлдирамиз. Бу r радиусли доирага таъсир қилувчи оғирлик кучига тенг бўлган F_1 кучнинг A нуқтага қўйилганига тенг кучли бўлади. Шаклнинг мувозанати бузилмаслиги учун катталик жиҳатдан F_1 га тенг бўлган F'_1 кучни юқорига қўйиш керак. Энди яхлит доирага таъсир қилувчи оғирлик кучига тенг бўлган F'_1 ва F кучлар таъсир қилади (103- б расм):

$$F'_1 \cdot AO_1 - F \cdot OO_1 = 0; \pi R^2 (r + OO_1) - \pi R^2 \cdot OO_1 = 0; OO_1 = \frac{R}{6}.$$

2- усулдан кўриниб турибдики, ичида ковак бўлган бир жинсли жисмларнинг оғирлик марказини топиш учун бу жисмларни яхлит деб олиш мумкин, бироқ бунда ковакларнинг оғирлик марказига юқорига қараб шу ковакни тўлдирган моддага таъсир қилувчи оғирлик кучига катталик жиҳатдан тенг бўлган кучни қўйиш керак.

424. Қуйидаги жисмлардан қайси бири турғун вазиятда, турғунмас вазиятда ва фарқсиз вазиятда бўлади: вертикал ҳолатда осилган соат маятниги; қавариқ сиртда турган шар; ботиқ сиртда турган шар; горизонтал сиртда турган шар? Жавобингизни айланиш ўқиға эга бўлган жисмнинг мувозанат шартига асосланган ҳолда изоҳлаб беринг.

Ечилиши. Маятник ва ботиқ сиртда ётган шарни мувозанат вазиятидан оғдирамиз. 104- а расмдан кўриниб турибдики, бу жисмларга уларнинг мувозанат вазиятига қайтишга мажбур қилувчи $M = Fl$ айлантирувчи моментлар таъсир қилади. Демак, бу жисмлар турғун мувозанат вазиятида турибди.

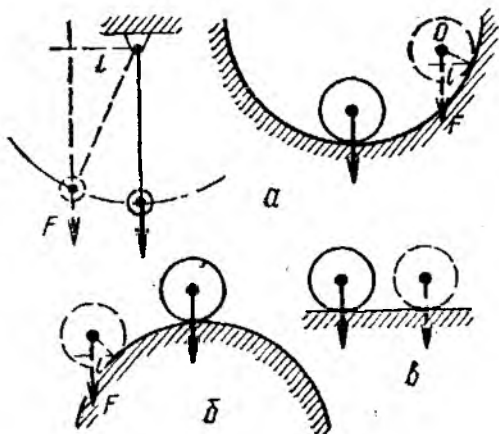
Қавариқ сиртда турган шарни мувозанат вазиятидан оғдирилганда унга ўзининг мувозанат вазиятидан узоқроқ думалашга мажбур қилувчи айлантирувчи момент таъсир қилади (104- б расм). Демак, бу шар турғунмас мувозанат вазиятда турибди.

Горизонтал сиртда ётган шарга ҳар қандай вазиятда ҳам мувозанатловчи кучлар таъсир қилади (104- в расм), шунинг учун бу шар фарқсиз мувозанат вазиятида бўлади.

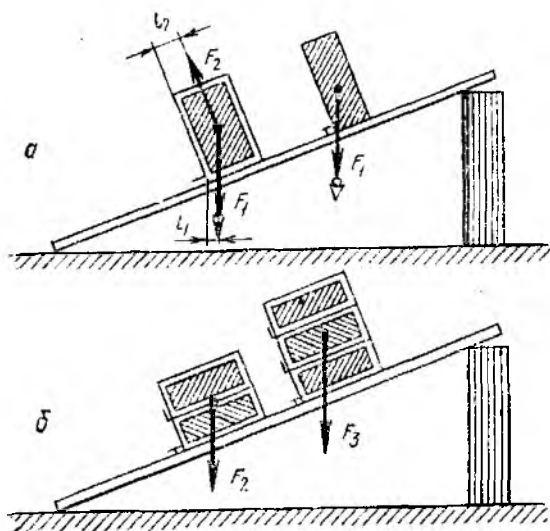
425. Вертикал қўйилган узун таёқ турғунмас мувозанат вазиятида бўлади. Уни жонглёр қандай тутиб туради?

Жавоби. Жонглёр таёқнинг таянч нуқтасини астагина силжитади, бунинг натижасида таёқнинг йиқилишига тўсқинлик қилувчи айлантирувчи момент юзага келади.

426. Ёғоч чизғични горизонтга бурчак остида маҳкамланг ва унга 105- а расмда кўрсатилгандек шоқуллар осилган гугурт қутичаларини қўйинг. (Гугурт қутичалари чизғичдан сирпанмаслиги учун унга киопкалар қадаб қўйинг.) Агар чизғичнинг қиялик бурчагини орттирсак гугурт қутичаларидан қайси бири ағдарилади? Нима учун? Қутичаларни ётқизиб қўйинг (105- б расм). Агар қиялик бурчагини катталаштирсак, гугурт қутиларидан қайси бири аввал йиқилади? Нима учун?



104- расм.



105- расм.

Ечилиши. Қутичага оғирлик кучи ва таянчнинг реакцияси кучи таъсир қилади. Агар $\sum M = 0$ ёки $F_1 l_1 - F_2 l_2 = 0$ бўлса, қутича мувозанатда бўлади. Шоқул таянч юзидан ташқарига чиқмагунча $F_1 l_1$ момент жисмни мувозанат вазиятига қайтаради ва аксинча, шоқул таянч юзидан ташқарига чиқиб кетганда бу момент қутичани ағдариб юборади.

427. Штативлар, стол лампалари, кўтариш крапларининг турғунлигини қандай усул билан орттирилади?

20- БОБ

НЬЮТОН ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИНИНГ ҚЎЛЛАНИШИ

Ўқувчиларнинг ҳаракатининг турли хиллари, Ньютон қонуни ва кучлар ҳақида олган билимлари динамиканинг асосий масалаларини ечишга: моддий нуқтанинг ҳаракатини ўрганиб, унга таъсир қилувчи кучларни аниқлашга; кучлар маълум бўлганда вақтнинг исталган пайтидаги тезланиши, тезликни ва нуқтанинг вазиятини топишга имкон беради.

Ўқувчиларнинг текис ўзгарувчан ҳаракат кинематикасига доир билимларига таяниб, дастлаб жисмларнинг ўзгармас куч таъсирида, жумладан оғирлик кучи таъсирида тўғри чизиқли ҳаракатига оид масалалар ечилади. Сўнгра эгри чизиқли ҳаракатга доир масалаларга ўтилади, буида асосий эътиборни жисмларнинг айлана бўйлаб текис ҳаракатига, жумладан планеталар ва сунъий йўлдошларнинг доиравий орбиталар бўйлаб ҳаракатига қаратилади.

Кўпчилик масалаларда жисмларнинг бир неча куч (оғирлик кучи, ишқаланиш кучи, эластиклик кучи) таъсиридаги ҳаракати қаралади. Шунинг учун Ньютоннинг иккинчи қонунидан 17- бобда қаралгандагидан умумийроқ кўринишда фойдаланиш керак.

$\sum \vec{F} = a \sum m$, бу ерда $\sum \vec{F}$ — ташқи кучларнинг вектор йиғиндиси, $\sum m$ эса a тезланиш билан ҳаракатланаётган барча жисмларнинг массаси.

Агар нуқтага бир неча куч таъсир қилаётган бўлса, уларнинг тенг таъсир этувчисини векторларни қўшиб қоидасига асосан топиш мумкин. Бироқ кўпинча вектор тенгликни унга эквивалент бўлган скаляр тенгликлар системаси билан алмаштириш қулайроқ бўлади:

$$\sum F_x = m a_x; \quad \sum F_y = m a_y; \quad \sum F_z = m a_z.$$

Ньютоннинг иккинчи қонунининг вектор кўринишдаги ифодасини скаляр кўринишда ёзиш учун векторларнинг координаталар ўқиға проекциясини топиш керак.

Ўрта мактабда, одатда жисмларнинг бир текисликдаги ҳаракати ҳақидаги масалалар ечилгани учун, бу ҳолда тезлик чизиғи бўйлаб ёки унга перпендикуляр йўналган координата ўқлари учун ёзилган бир ёки икки скаляр тенгламадан фойдаланиш етарлидир. Йўналишлардан бирини, одатда тезланиш вектори билан бир хил бўлган йўналишни мусбат, унга қарама-қарши йўналишни эса манфий деб қабул қилинади.

1. Ўзгармас куч таъсири остидаги тўғри чизиқли ҳаракат

Бу темага доир масалаларни ечишда асосан $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ кўринишда ёзилган Ньютон қонунидан фойдаланилади. Темани

такрорлашда, айниқса юқори синфларда $\vec{F}t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ формуласи қўллаган ҳолда бир неча масалалар ечиш керак.

Дастлаб, шартида жисмга таъсир қилувчи кучлар бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган, деб берилган масалалар ечилади. Жумладан жисмларнинг оғирлик кучи таъсири остидаги ҳаракати қаралади. Бу масалалар оғирлик кучи, оғирлик ва вазнсизлик тушунчаларини ойдинлаштиришга имкон беради. Натижада ўқувчилар оғирлик деб, жисмнинг тортилиш майдонида горизонтал таянчга босаётган ёки османи чўзаётган кучга айтилишини аниқ ўзлаштириб олишлари керак. Оғирлик кучи деб, жисмларнинг Ёрга тортилиш кучига айтилади. Ёрга нисбатан тинч турган жисмнинг оғирлиги оғирлик кучига сон жиҳатидан тенг бўлгани учун кўпинча бу тушунчалар орасидаги чегарага аҳамият берилмайди. Масалан, жисмнинг P оғирлигидан унинг $m = \frac{P}{g}$ массаси топилади, ҳолбуки масса-ни топиш учун тағлиққа эмас, жисмга таъсир қилувчи кучни билиш керак. Вазнсизлик ҳолатини кўришда бу хато равшан бўлиб қолади, чунки бунда $m \neq 0$ ва $g \neq 0$ бўлгани ҳолда $P=0$ бўлиб қолади (№ 432 га қаранг). Шунинг учун яхшиси жисмнинг оғирлиги ва оғирлик кучини турли ҳарфлар, масалан, P ва F ҳарфлар билан белгилаш керак.

Сўнгра жисмга бир-бирига бурчак остида йўналган кучлар таъсир қилган ҳол учун масалалар ечилади. Охирида жисмлар системасининг ҳаракати ўрганилади. Бундай масалаларни ечганда ўқувчилар учун янги ва қийин масалалардан бири икки кучларни ҳисоблашдир. Бу масалалар жисмларнинг сони, таъсир қилувчи кучлар ва ҳаракатнинг характериға қараб турли қийинликларда бўлиши мумкин. Дастлаб бир куч таъсирида бир хил тезланиш билан ҳаракатланаётган икки жисм қараладиган осонроқ масалалардан бошлаш керак. Сўнгра масалаларни аста-секин мураккаблаштириб бориш, яъни қаршилиқ кучларини назарга олиш, ҳаракатланувчи жисмлар сонини орт-

тириш керак ва ҳоказо. Шартларида системанинг турли қисмлари турлича тезланишга эга деб берилган масалалар айниқса мураккаб масала ҳисобланади.

Умумий ҳолда жисмлар системасининг ҳаракати ҳақида масалалар ечишда Ньютоннинг иккинчи қонуни турли жисмлар системасига қўлланилади, бунда нечта номаълум бўлса, шунча боғлиқмас тенгламалар ҳосил қилинади. Агар тенгламалар етарли бўлмаса, у ҳолда масаланинг шартига қараб бошқа қонулар: энергиянинг сақланиш қонуни, импульснинг сақланиш қонуни ва кинематика формулаларидан фойдаланилади.

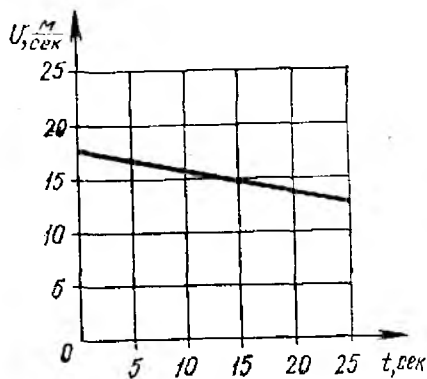
428. Юки билан биргаликдаги массаси 1200 кг бўлган „Москвич“ автомобили жойидан қўзғалиб, 20 сек ичида 200 м йўл босди. Ҳаракатни текис тезланувчан деб ҳисоблаб, автомобилнинг ўртача тортиш кучини аниқланг.

Ечилиши. $\vec{F} = m\vec{a}$. Жисмнинг массаси m маълум бўлгани учун $\vec{F}$ кучни топиш учун $\vec{a}$ тезланишни аниқлаш керак. Ҳаракат текис тезланувчан, шунинг учун $\vec{a}$ тезланишни $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ формуладан топамиз; $v_0 = 0$ бўлгани учун

$$s = \frac{at^2}{2}; a = \frac{2s}{t^2}; F = \frac{2sm}{t^2} = 1200 \text{ н.}$$

429. Мотоциклчи билан биргаликдаги массаси $m = 240$ кг бўлган „ИЖ“ мотоцикли 36 км/соат тезликда кетаётганда тормозланиб тўхтагунча 15 м йўл босди. Мотоциклга таъсир қилувчи ўртача ишқаланиш кучини топинг.

Ечилиши. $\vec{F} = m\vec{a}$. $\vec{a}$ тезланишни $v^2 - v_0^2 = 2as$ формуладан топамиз. $v = 0$ бўлгани учун $a = -\frac{v_0^2}{2s}$. Минус ишора тезланишнинг жисм тезлигига тескари йўналган эканини кўрсатади.



106- расм.

$$F = -\frac{mv_0^2}{2s}; v_0 = 36 \frac{\text{км}}{\text{соат}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}}; F = -800 \text{ н.}$$

Минус ишора кучнинг тезлик йўналишига қарама-қарши йўналганини билдиради.

430. Поезднинг массаси 2500 т, қаршилиқ коэффициенти 0,025 эканлиги маълум бўлса, 106- расмдаги графикдан фойдаланиб, поезднинг қандай ҳаракатланаётганини ва тортиш кучини аниқланг (21, № 138).

Ечилиши. Графикдан поезднинг секинлашувчи ҳаракатланаётганини кўрамиз: $a = \frac{v - v_0}{t} = -0,2 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$. Поездга таъсир қилувчи кучлар: F — локомотивнинг тортиш кучи, $F_{\text{ишқ}}$ — қаршилик кучи.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}; F - F_{\text{ишқ}} = -ma;$$

$$F_{\text{ишқ}} = kF_n = kmg; F = m(gk - a) = 110 \text{ кН}.$$

431. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра куч қанча катта бўлса, жисмнинг тезланиши ҳам шунча катта бўлади. Шундай экан, нима учун оғир жисмлар ҳам, енгил жисмлар ҳам (ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаганда) бирдай тезланиш билан тушади?

Ечилиши. $g = \frac{F}{m}$, бироқ оғирлик кучи F бутун олам тортишиш қонунига кўра жисмнинг массасига пропорционал, яъни $F = \gamma \frac{M_{\text{Ер}} m}{r^2}$, шунинг учун $g = \gamma \frac{M_{\text{Ер}}}{r^2}$ тезланиш айти бир жойда ҳамма жисмлар учун бир хил бўлади.

432. Ракетанинг қуйидаги вертикал учиш давларида унга ип билан осилган m массали маятникнинг оғирлигини тоинг: 1) ракетанинг юқорига тезланувчан ҳаракатида; 2) юқорига текис учишида; 3) двигателлари ўчирилган ҳолда юқорига кўтарилганда; 4) эркин тушишида; 5) тушиш тезлигини Ер сиртида нолга туширадиган тормоз қурилмасининг ишлаш вақтида.

Ечилиши. Маятникка (107- расм) $F = mg$ оғирлик кучи ва ипнинг F_t таранглик кучи таъсир қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\vec{F} + \vec{F}_t = m\vec{a}$, бундан $F_t = m(a + g)$.

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра оғирлик $P = -F_t$. Бинобарин, $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$. Пастга қараб йўналишни мусбат, юқорига йўналишни манфий деб ҳисоблашга шартлашамиз.

1. Юқорига қараб тезланма ҳаракатда оғирлик кучи ва двигателларнинг тортиш кучининг тенг таъсир этувчиси юқорига йўналган бўлади, шунинг учун тезланиш манфий бўлади, яъни $P = m[g - (-a)] = m(g + a)$, $P > mg$ (ортиқча юкланиш).

2. Текис учишда $a = 0$, $P = mg$.

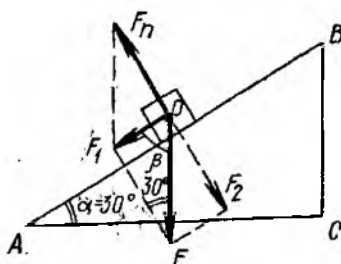
3,4. Оғирлик кучи таъсиридагина ҳаракатланганда $a = g$, $P = 0$ (вазисизлик).

5. Тормоз қурилмаси ишлаганда қуйидаги ҳоллар бўлиши мумкин:

а) Дастлаб двигателларнинг тортиш кучи оғирлик кучидан кам. Натижаловчи куч ва a тезланиш пастга йўналган, $P = m(g - a)$. $P < mg$ (қисман вазисизлик);



107- расм.



108- расм.

б) Тортиш кучи оғирлик кучига тенг бўлиб қолади: $a = 0$; $P = mg$;

в) Тортиш кучи оғирлик кучидан катта. Кучларнинг тенг таъсир этувчиси ва a тезланиш юқорига йўналган, $P = m(g + a)$ (ортиқча юкланиш).

433. Жюль Вернининг „Из пушки на луну“ романининг қаҳрамонлари тўп снарядида учадилар. „Колумбиада“ тўпи стволининг узунлиги 300 м. Ойга учиш

учун снаряднинг стволдан чиқиш тезлиги 11,1 км/сек дан кам бўлмаслигини назарга олиб, ствол ичида йўловчиларнинг „оғирлиги“ қанчага ортганини ҳисобланг. Ствол ичидаги ҳаракатни текис тезланувчан деб ҳисобланг (38, №121).

Ечилиши. Стволда юқорига йўналган тезланувчан ҳаракатда одам снаряднинг тубига $F = m(g + a)$ куч билан босади (432- масалага қаранг). a тезланишни $v^2 = 2as$ формуладан топамиз: $a = \frac{v^2}{2s} \cdot g = 10 \text{ м/сек}^2$ деб оламиз.

$$F = m \cdot \left[\frac{\left(\frac{11100 \text{ м}}{\text{сек}} \right)^2}{2 \cdot 300 \text{ м}} + 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \right] = [m \cdot 200\,000 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}]$$

яъни снарядда одамнинг оғирлиги тахминан 20 минг марта ортган бўлур эди. Қизиқарли бўлиши учун Я. И. Перельман (131) ҳисоблаганидек шуни ҳисоблаш мумкинки, бу ҳолда Ерда оғирлиги 150 гк бўлган шляпа одамнинг бошига 3 тк билан босган бўлур эди.

434. Горизонтга 30° бурчак билан оғган текислик бўйлаб брусок ҳаракатланмоқда (108- расм). Брусок 1 сек да қанча йўл ўтади? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. 1- усул. $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Векторларни қўшиш қондасидан жисмга таъсир қилувчи барча кучларнинг $\sum \vec{F}$ тенг таъсир этувчисини топамиз. Брусокка иккита куч таъсир қилади: пастга йўналган F оғирлик кучи ва қия текисликка перпендикуляр бўлган таянчнинг F_n реакция кучи. Жисм қия текислик бўйлаб ҳаракатланаётгани учун барча кучларнинг F_1 тенг таъсир этувчиси қия текислик бўйлаб пастга қараб йўналган. Тенг таъсир этувчи куч ҳаракат вақтида ўзгармайди, шунинг учун жисм текис тезланувчан ҳаракат қилади. Тезланиш $a = \frac{F_1}{m}$, $F_1 = F \sin \alpha = mg \sin \alpha$;

$$a = g \sin \alpha = 4,9 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; s = \frac{at^2}{2} = 2,45 \text{ м.}$$

2- усул. $\sum \vec{F} = m\vec{a}$; $\vec{F}_n + F = m\vec{a}$.

Ҳамма векторларни ҳаракат йўналишида проекциялаймиз.

$$F \cos \beta = ma, \text{ ёки } F \sin \alpha = ma;$$

$$a = \frac{F \cdot \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha; s = \frac{at^2}{2} = 2,45 \text{ м.}$$

3- усул. Чизмада жисмга таъсир қилувчи F_n га F кучларни кўрсатиб, F кучни икки йўналиш бўйлаб — текислик бўйлаб ва унга перпендикуляр йўналишда ажратамиз. F_2 ташкил этувчи таянч реакцияси F_n билан мувозанатлашади. F_1 куч жисмни ҳаракатга келтиради. $F_1 = ma = F \sin \alpha$ ва ҳоказо. F_1 кучни, шунингдек, ABC ва FOF_1 учбурчакларнинг ўхшашлигидан фойдаланиб топиш мумкин:

$$F_1 = F \cdot \frac{h}{l}.$$

Бу хилдаги биринчи масалаларни яхшиси учинчи ва биринчи усуллардан фойдаланиб ечган маъқул, чунки бу усулларда ўқувчилар Ньютон иккинчи қонунининг физикавий моҳиятини равшанроқ кўришлари мумкин. Иккинчи усулда VIII синф ўқувчиларини векторларни проекциялашнинг ўзи қийпаб қўяди, чунки бу нарсa ўқувчилар учун физикавий нуқтаи назардан унчалик равшан бўлмаслиги мумкин. Бироқ аста-секин бу ечиш усулига ўтиш керак, чунки бу усул энг умумий ва натижа берадиган усулдир.

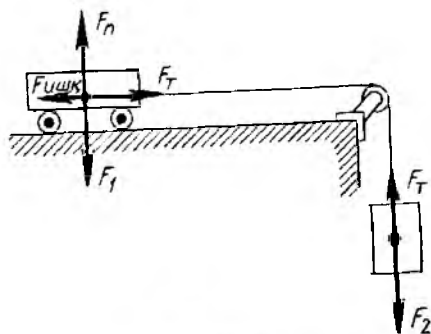
435. Массаси 5,0 кг бўлган аравача 2,0 кг массали тош таъсирида ҳаракатланмоқда. а) ишқаланишни ҳисобга олмаган ҳолда, б) ишқаланишни ҳисобга олган ҳолда ($k = 0,10$) ишнинг тарангганини топинг.

Ечилиши. а) ўзаро боғланган жисмлар системаси бир бутун жисмдек бирдай тезланиш билан ҳаракатлангани учун масалани $\sum \vec{F} = \vec{a} \sum m$ формуладан фойдаланиб ечган маъқул, бу ерда $\sum \vec{F}$ — ташқи кучларнинг йиғиндиси, $\sum m$ — барча ҳаракатланаётган жисмларнинг массаси. Система учун ташқи кучлар бўлиб $\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_2$ оғирлик кучлари ва таянчнинг реакция кучи $\vec{F}_n$ ҳисобланади (109- расм).

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_n + \vec{F}_2 = (m_1 + m_2) \vec{a}.$$

F_n ва F_1 кучлар катталик жиҳатдан тенг, йўналиш жиҳатдан қарама-қаршидир, шунинг учун $F_2 = (m_1 + m_2) a$,

$$\text{бундан } a = \frac{F_2}{m_1 + m_2}.$$



109- расм.

Ипнинг таранглинишни аниқлаш учун аравачининг ҳаракатини изоляцияланган системанинг ҳаракати сифатида қараймиз. Унда F_1 , F_n ва F_T кучлар ташқи кучлар бўлади. $F_1 = -F_n$ бўлгани учун,

$$F_T = m_1 a = \frac{m_1 F_2}{m_1 + m_2} = 14 \text{ Н} (F_T < F_2!).$$

Текшириш. F_T^1 таранглинишни тошнинг ҳаракатига қараб топамиз.

$$a) F_2 - F'_T = m_2 a;$$

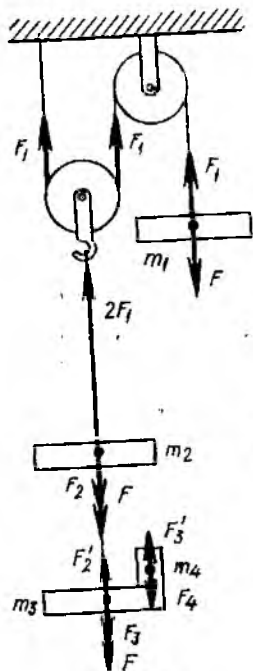
$$F'_T = F_2 - m_2 a = F_2 - \frac{m_2 F_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 F_2}{m_1 + m_2}.$$

$$б) F_{\text{ишқ}} = k F_1 = k m g = 4,9 \text{ Н}. F_2 - F_{\text{ишқ}} = (m_1 + m_2) a.$$

$$a = \frac{F_2 - F_{\text{ишқ}}}{m_1 + m_2} = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}; F_T - F_{\text{ишқ}} = m_1 a; F_T = 15 \text{ Н}.$$

Ишқаланиш ипнинг таранглигини орттирди.

436*. m_1 , m_2 ва m_3 массалари 10,0 кг дан бўлган учта жисм 110- расмда кўрсатилганидек блокларга осилган. m_3 жисмнинг устига $m_4 = 0,50$ кг қўшимча юк қўйилди. Ипларнинг таранглигини, блокларнинг ўқиға бўлган босим кучини ва қўшимча юкнинг m_3 жисмга босим кучини топинг. Блокларнинг ишқаланиши ва массаларини ҳисобга олманг.



110- расм.

Ечилиши. Қўзғалувчан блокка осилган жисмлар тезланиш билан пастга тушади. a_2 тезланиш m_1 массали жисмнинг a_1 тезланишидан икки марта кичик (t вақт ичида m_1 массали жисм $2h = \frac{a_1 t^2}{2}$ баландликка кўтарилади, қўзғалувчан блокдаги жисмлар эса $h = \frac{a_1 t^2}{2}$ масофада пастга тушади, шунинг учун $a_1 = 2a_2$).

Масала саволларига мос ҳолда чизмада жисмга таъсир қилувчи кучларни кўрсатамиз. Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ $F_2 = -F'_2$ ва $F_3 = -F'_3$, бу ерда F_2 ва F'_2 мос равишда m_2 ва m_3 массали жисмларга таъсир қилувчи ипнинг таранглик кучлари, F_3 ва F'_3 эса m_3 ва m_4 жисмларнинг ўзаро таъсир кучлари.

Системани ташкил қилган жисмлар ҳар хил тезланиш билан ҳаракатланганлиги ва барча ички кучларни топиш керак бўлганлиги учун Ньютоннинг иккинчи қонунини ҳар бир жисмга алоҳида қўллаймиз. Йў-

налишлари ҳаракат йўналиши билан бир хил бўлган кучлар ва тезланишларни мусбат деб, ҳаракатга тескари йўналган тезланиш ва кучларни манфий деб оламиз.

- 1) $F_1 - F = m_1 a_2$;
- 2) $F + F_2 - 2F_1 = m_2 a_2$;
- 3) $F + F_3 - F_2 = m_3 a_2$;
- 4) $F_4 - F_3 = m_4 a_2$.

Тенгламалар системасини ечиб, бу катталикларни топамиз:

$$a_2 = 0,0817 \frac{m}{сек^2}; F_1 = 99,7 \text{ н}; F_3 = 4,86 \text{ н};$$

$$F_2 = 102 \text{ н}.$$

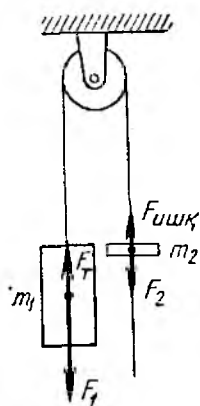
Блокларнинг ўқига босим кучи $F_6 = 2F_1 \approx 19,9 \text{ н}$.

437*. Енгил ва ишқаланишсиз айланаётган блок орқали шнур ўтказилган (111- расм). Шнурнинг бир учига m_1 массали жисм боғланган. Шнурнинг иккинчи учи бўйлаб m_2 массали ҳалқа шнурга нисбатан ўзгармас тезланиш a_2 билан сирпанмоқда. m_1 массали жисмнинг a_1 тезланишини ва ҳалқанинг шнурга ишқаланиш кучи $F_{ишқ}$ ни топинг. Шнурнинг массасини ҳисобга олмаг¹.

Ечилиши. Чизмада m_1 ва m_2 массали жисмларга қўйилган кучларни кўрсатамиз. m_1 массали жисмга пастга қараб F_1 оғирлик кучи ва юқорига қараб шнурнинг таранглиги F_T таъсир қилади. m_2 массали жисмга F_2 оғирлик кучи ва шнурнинг таранглигини ҳосил қилувчи $F_{ишқ}$ ишқаланиш кучи таъсир қилади. Шунинг учун $F_T = F_{ишқ}$. Жисмларнинг ҳар бирига Ньютоннинг иккинчи қонунини қўллаймиз. Жисмларнинг тезланишини ҳамма вақт қўзғалмас санок системасига нисбатан (айни ҳолда Ерга нисбатан) олиш кераклигини алоҳида таъкидлаб ўтиш керак (масаланинг моҳияти ҳам аша шундадир). m_2 массали жисмнинг Ерга нисбатан a'_2 тезланиши шнурнинг a_1 кўчма тезланиши ва шнурга нисбатан a_2 тезланиш йиғиндисидан иборат:

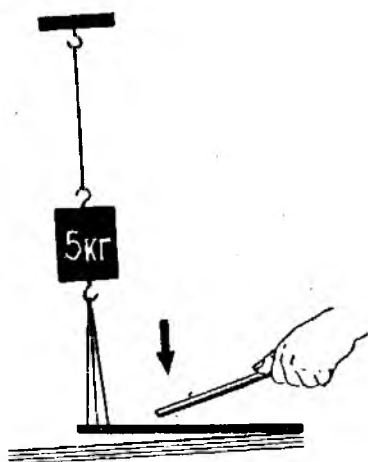
$$\vec{a}'_2 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2.$$

Масалада жисмларнинг қандай ҳаракатланиши айтилмаган, шунинг учун бу ерда турли ҳол бўлиши мумкин. m_1 массали жисм юқорига ҳам, пастга ҳам ҳаракатланиши мумкин. Айтайлик, жисм пастга томон ҳаракатланмоқда. Бу ҳолда m_2



111- расм.

¹ С. П. Стрелков ва бошқалар. Сборник задач по общему курсу физики, 1- қисм. М. - Л. ГИТТЛ, 1949, № 80.



112- расм.

массали жисмнинг a_1 ва a_2 тезланишлари қарама-қарши йўналган: a_1 — юқорига ва a_2 — пастга. Бироқ бунда ҳам бир неча ҳол бўлиши мумкин:

1) $a_1 > a_2$; a'_2 юқорига йўналган;

2) $a_1 < a_2$; a'_2 пастга йўналган;

3) $a_1 = a_2$; $a'_2 = 0$ (m_2 массали жисм Ерга нисбатан тинч турибди).

Масалани биринчи ҳол учун ечамиз ва қолганларини ўқувчиларга (китобхонларга) мустақил кўришга ҳавола қиламиз. Пастга қараб йўналишни мусбат деб қабул қиламиз.

1) $F_1 - F_T = m_1 a$, ёки $m_1 g - F_T = m_1 a_1$.

2) $F_2 - F_T = -m_2 (a_1 - a_2)$, ёки $m_2 g - F_T = m_2 (a_2 - a_1)$.

Системани ечиб, қуйидагини топамиз:

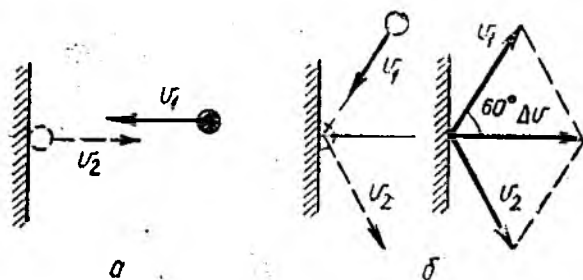
$$a_1 = \frac{m_1 g - m_2 (g - a)}{m_2 + m_1}; \quad F_T = \frac{m_1 m_2 (2g - a)}{m_1 + m_2}.$$

438. Ингичка ипга оғир тош осилган (112- расм). Паст томондан тошга шундай иплар билан стержень уч жойдан боғлаб қўйилган. Агар стерженьга қаттиқ урилса нима юз беради? Босим кучини аста-секин кўпайтириб, стерженьга қўл билан босилса-чи?

Ечилиши. $\vec{F}t = \Delta m \vec{v}$ формулага мувофиқ F куч катта бўлиши билан бирга бу кучнинг таъсир вақти t кичик бўлса, ҳаракат миқдорининг ўзгариши $\Delta m v$, бинобарин, жисмнинг тезлиги ва унинг ўрнининг ўзгариши сезиларсиз бўлиши мумкин. Жисм амалда ўз ўрнида қолади. Агар F куч пастки ипларнинг эластиклик кучларидан катта бўлса, у ҳолда пастки иплар узилиб кетади. Агар кучнинг катталиги тошнинг оғирлиги билан биргаликда юқориги ипларнинг мустаҳкамлигидан катта бўлиб, узоқ муддат таъсир этса, у ҳолда юқориги ип узилиб кетади.

439*. $m = 4,65 \cdot 10^{-26}$ кг массали молекула идиш деворига урилиб, ундан тезлигини йўқотмаган ҳолда эластик қочади. Молекула деворга: а) перпендикуляр урилган ва қочган, б) 30° бурчак остида урилган ва қочган ҳоллар учун девор олган куч импульсини аниқланг. Молекуланинг тезлиги 600 м/сек.

Ечилиши. а) Молекулага таъсир қилувчи куч импульси $\vec{F}t = \Delta m \vec{v} = m (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$ (113- а расм). $\vec{v}_2 = -\vec{v}_1$ бўлгани учун,



113- расм.

$\vec{F}t = -2m\vec{v}_1$. Минус ишора деворнинг молекулага таъсир қилувчи кучи йўналиш жиҳатдан $\vec{v}_1$ тезликка қарама-қарши эканини билдиради. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра молекула ҳам деворга катталиги худди шундай, бироқ қарама-қарши йўналган куч билан таъсир қилади. Бу кучнинг импульси

$$Ft = 2 \cdot 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot 600 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 5,6 \cdot 10^{-23} \text{ н} \cdot \text{сек.}$$

б) $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta\vec{v}$ (113- б расм), $\Delta v = v_2 = v_1$;

$$Ft = 2,8 \cdot 10^{-23} \text{ н} \cdot \text{сек.}$$

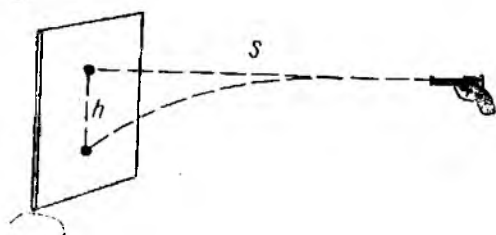
440*. 1 т массали болға 1,77 м баландликдан сандонга тушмоқда. Зарбнинг давомийлиги 0,01 сек. Зарбни эластикмас деб ҳисоблаб, зарб кучининг ўртача қийматини топинг. Зарб эластик бўлганда, унинг кучи қандай ўзгарар эди?

Ечилиши. $\vec{F} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = -\vec{v}_1$, $\vec{v}_2 = 0$ бўлгани учун, $v = \sqrt{2gh}$; $F = \frac{m\sqrt{2gh}}{\Delta t} \approx 6 \cdot 10^5 \text{ н.}$

Эластик зарбда $\Delta\vec{v} = -2\vec{v}_1$ ва демак, зарбнинг кучи икки марта ортган бўлар эди.

2. Горизонтал ва горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракати

Бу темага доир масалаларни ечишда кинематика ва динамиканинг бундан олдинги бўлимларини ўрганишда олинган билим ва малакалардан фойдаланилади ва у мустаҳкамланади. Бу масалаларда унча катта бўлмаган тезликдаги ва учиб масофаси катта бўлмаган, Ер сиртини текислик деб қабул қилиш мумкин бўлган ҳолдаги жисмларнинг ҳаракати ўрганилади. Бу ҳол учун горизонтал ёки горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракатини оғирлик кучи таъсири остидаги вертикал текис ўзгарувчан ҳаракат ҳамда горизонтал йўналишдаги текис ҳаракатдан иборат мураккаб ҳаракат деб қа-



114- расм.

ралади. Ҳисобларни содда-
далаштириш учун қай-
тувчанлик принциpidан
фойдаланиш керак. Бун-
да жисми вақтнинг би-
рор пайтида катталиги
худди шундай бўлган тез-
лик билан орқага ҳара-
катланишга мажбур қи-
линса, жисм ўз ҳаракати-
ни тескари йўналишда

худди шу траектория бўйлаб такрорлайди.

Материални такрорлашда Ер сиртининг сферик сиртга эга эканлигини назарга олиш керак бўлган тезлик билан ҳара-
катланувчи жисмлар ҳақидаги масалаларни ҳам ечиш керак
(№-447).

441 (э). Чизғичнинг икки учига гугурт қутичаси ёки тан-
гани қўйинг ва улардан биричинг орқасига кнопка қаданг.
Чизғични горизонтал йўналишда кескин ҳаракатлантирганда
қутичалардан бири бирор масофага учиб кетади, иккинчиси
эса пастга тушади. Қутичаларнинг полга урилишидан уларнинг
ҳаракатланиш вақтларини таққосланг ва қилган хулосангизни
асослаб беринг.

Жавоби. Қутичаларнинг учиш вақтлари бир хил $h =$
 $= \frac{gt^2}{2}$ формулага мувофиқ уларнинг h баландликдан эркин ту-
шиш вақтлари t га тенг.

442 (э). Ўйинчоқ пружинали милтиқ ёки ўйинчоқ пистолет-
дан чиқаётган „ўқ“нинг бошланғич тезлиги v_0 ни аниқланг.

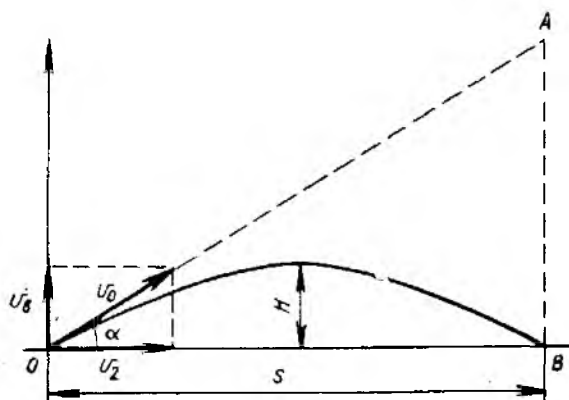
Ечилиши. Пистолетдан 114- расмда кўрсатилгандек го-
ризонтал йўналишда отамиз ва s ҳамда h катталикларни ўл-
чаймиз.

$$s = v_0 t; h = \frac{gt^2}{2}; t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; v_0 = \frac{s}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

Текшириш. Пистолетдан вертикал юқорига отамиз ва h'
учиш баландлигини ўлчаймиз. $v_0 = \sqrt{2gh'}$. Тажриба аниқли-
гига қараб v_0 катталиги v_0 билан бир хил бўлиши керак.

443. Тўпдан горизонтга $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида снаряд $v_0 =$
 $= 600$ м/сек тезлик билан отилиб чиқади. Снаряднинг учиш
узоқлиги, энг юқори баландлиги ва учиш вақтини аниқланг.
Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг. $g = 10$ м/сек² деб
олинг.

Ечилиши. 1- усул. Горизонтга 30° бурчак остида йў-
налган v_0 тезлик векторини ва жисмининг тахминий траекто-
риясини тасвирлаймиз (115- расм). $v_h = v_0 \sin \alpha$, $v_r = v_0 \cos \alpha$.



115- расм.

Жисм юқорига текис секинланувчан ҳаракатланади ва ўнгга текис силжийди.

$v_x = gt_1$ катталиқка кўра $t_1 = \frac{v_x}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = 30$ сек эканлигини топамиз.

$$h = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 4,5 \text{ км.}$$

Тўла учиш вақти $t = 2t_1 = 60$ сек.

$$s = v_x t = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot 2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 31 \text{ км.}$$

2- усул. Қайтувчанлик принциpidан фойдаланамиз. Агар траекториянинг юқори нуқтасидан снаряд шундай учсаки, бунда унинг Ер сиртидаги тезлиги v_0 га катталиқ жиҳатидан тенг, лекин йўналиши жиҳатидан қарама-қарши бўлса, у ўша траекториянинг ўзини (параболанинг ярмини) чизади. Бироқ бу хил масалани аввал ечган эдик (№ 242 га қаранг).

1. $s_1 = v_x t_1$; $v_x = v_0 \cos \alpha$; $s_1 = v_0 \cos \alpha t_1$. (1)

2. t нинг қийматини $h = \frac{gt_1^2}{2}$; $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2) формуладан топамиз:

3. h ни аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланамиз:

$$v_x^2 = 2gh; v_x = v_0 \sin \alpha, h = \frac{v_x^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad (3)$$

1—3 тенгламалар системасини ечиб ва учиш узоқлиги $s = 2s_1$ ва учиш вақти $t = 2t_1$ эканлигини назарга олиб, 1- усулда олинган натижанинг ўзига келамиз.

Бу ечинг усулининг афзаллиги шундаки, у янги масаланинг ечилишини аввалги типдаги масалаларнинг ечилишига олиб келади.

3- усул*. Учиш узоқлиги s ни икки кетма-кет силжишларнинг: v_0 тезлик билан OA текис ва AB эркин тушишининг йиғиндиси деб оламиз,

$$\text{яъни } OA = v_0 t; AB = \frac{gt^2}{2}; AB = AO \sin \alpha,$$

$$\text{ёки } v_0 t \sin \alpha = \frac{gt^2}{2}, \text{ бундан } t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$$

$$s = v_0 t \cos \alpha = \frac{v_0 2v_0 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g};$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

444. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг учиш вақтида тезликнинг вертикал ва горизонтал ташкил этувчилари қандай ўзгаради? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

Ечилиши. $v_y = v_{y0} - gt = v_0 \sin \alpha - gt$. Тезликнинг вертикал ташкил этувчиси g тезланишли текис ўзгарувчан ҳаракат қонуни бўйича ўзгаради. $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$, $v_y = \text{const}$ бўлгани учун, жисмнинг тезлиги $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$. Жисм тезлиги v нинг ўзгариши $\vec{v}_y$ кабидир, чунки $a = g$.

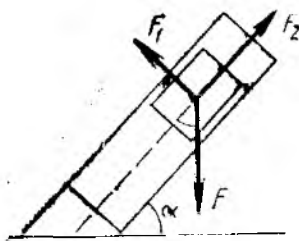
Ньютоннинг иккинчи қонунидан ҳам шундай хулоса келиб чиқади. Агар ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмаса, учаётган жисмга фақат оғирлик кучи $F = ma$ таъсир қилади. $F = mg$ бўлгани учун $a = g$. Бинобарин, парабола бўйлаб ҳаракатланиш — жисмларнинг оғирлик майдонида эркин тушиш турларидан бири экан. Шунинг учун жисм вазнсизлик ҳолатида бўлади.

445. 443- масаладаги берилганларга кўра 40 сек учгандан кейинги тезликнинг катталиги ва йўналишини аниқланг.

Ечилиши. $v_y = v_0 \sin \alpha - gt = -100 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. Минус ишора жисмнинг пастга учаётганини билдиради.

$$v_x = v_0 \cos \alpha = 520 \frac{\text{м}}{\text{сек}}. \quad \vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y;$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 530 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$



116- расм.

v тезлик вектори горизонтга α бурчак остида йўналган:

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} \approx 0,19.$$

446*. 116- расмда циркда „одам-снаряднинг“ учиш схемаси кўрсатилган. (131, 68-бет) Агар тўпнинг қиялиги 70° , учишнинг энг максимал баландлиги 19 м, тўп стволининг узунлиги

6 м бўлса, артистнинг тўпда оладиган ортиқча юкланишини, унинг қанча вақт давомида вазнсизлик ҳолатида бўлишини ҳисобланг. Одамнинг стволдаги ҳаракатини текис тезланувчан деб олинг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. Одам тўпдан учиб чиққан вақтда вазнсизлик ҳолатида бўлади. Учиш вақти ва бошланғич v тезликни қуйидаги формуладан топамиз:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sin \alpha} = 21 \frac{\text{м}}{\text{сек}};$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \approx 4 \text{ сек.}$$

Стволда одамга F оғирлик кучи, пружинанинг F_2 эластиклик кучи ва стволнинг F_1 реакция кучи таъсир қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунидан $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Барча векторларни ҳаракат йўналишига проекциялаймиз, $F_2 - F \sin \alpha = ma$. Одам тағлиққа сон жиҳатидан $F_2 = F \sin \alpha + ma$ га тенг бўлган куч билан босади. a тезланишни $a = \frac{v^2}{2l}$ формуладан топамиз,

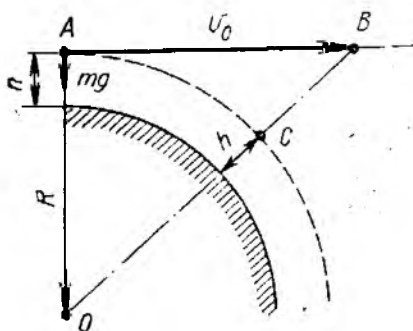
$$F_2 = mg \sin \alpha + \frac{mv^2}{2l} = m \ 46 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2};$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{m \ 46 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}{m \ 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} \approx 4,7$$

3. Айлана бўйлаб ҳаракат

Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракатига доир масалалар ечишда ўқувчилар эгри чиқиқли ҳаракатда оғирлик кучи таъсирида тезлик катталиқ жиҳатидан ҳам, йўналиш жиҳатидан ҳам ўзгариши мумкин эканини ва бунда тезланишнинг оғирлик кучи томонга йўналиши ҳақида тушунча олдилар. Бу тушунчалар жисмнинг фақат оғирлик кучи таъсирида айлана бўйлаб ҳаракатигина эмас, балки эластиклик кучлари таъсирида айлана бўйлаб ҳаракатига доир масалалар ечишда чуқурлаштирилади ва мустаҳкамланади, шунингдек, IX синф материалларини такрорлашда зарядларнинг электр ва магнит майдонларидаги ҳаракатини ҳам қараш керак.

Масалалар шундай план бўйича ечилади: айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган жисмга таъсир қилаётган кучларни чизмада кўрсатилади; Ньютоннинг иккинчи қонуни $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ ёзилади. Барча ташқи кучларнинг тенг таъсир этувчиси, бинобарин, марказга интилма тезланиш $a = \frac{v^2}{R}$ радиус бўйлаб марказга йўналган. Шунинг учун вектор шаклда ёзилган тенгламаларни



117- расм.

скаляр шаклда ёзишда кўпинча векторларни радиус йўналишида проекциялашдан фойдаланилади. Марказга интилма куч тушунчасини киритмаслик керак, чунки кўп ҳолларда бу куч бир неча кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлади. Ўқувчилар марказга интилма куч терминини кўпинча конкрет жисмларнинг ўзаро таъсири билан боғланмаган қандайдир мустақил куч деб тушунадилар.

Дастлаб айлана бўйлаб ҳаракатланаётган жисмга таъсир қилаётган кучлар бир тўғри чизик бўйлаб йўналган масалалар, сўнгра кучлар бир-бирига бурчак остида йўналган мураккаброқ масалалар ечилади.

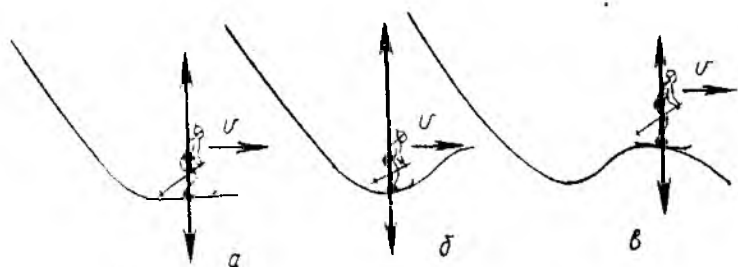
447. Агар ҳавонинг қаршилиги бўлмаса, жисмнинг Ер сиртидаги горизонтал тезлиги тахминан қандай бўлганда у Ернинг сунъий йўлдоши бўлиб қолиши мумкин эканлигини аниқланг.

Ечилиши. Фараз қилайлик, Ер сиртидан бирор h баландликда жисм v_0 тезлик олган бўлсин (117- расм). Агар Ернинг тортиш кучи бўлмаганда эди, жисм 1 сек дан кейин сон жиҳатидан v_0 га тенг бўлган масофадаги B нуқтада бўлар эди. Жисм A дан B га фақат учмайди, балки айни вақтда пастга ҳам тушади, шунинг учун амалда жисм ўша h баландликда C нуқтада бўлади. CB жисмнинг 1 сек да тушган масофасига тенг. $CB = \frac{gt^2}{2} \approx 5 \text{ м}$. OAB учбурчакдан $AB \approx \sqrt{(R + CB)^2 - R^2} \approx \sqrt{2RCB}$, бу ерда R —Ернинг радиуси бўлиб, тахминан 6400 км га тенг. $AB = 8 \text{ км}$. $v_0 = 8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$.

448. Чанғичининг қорга босим кучини: а) йўлнинг горизонтал қисмида; б) ботиқ қисмининг ўртасида; в) қавариқ қисмининг ўртасида аниқланг. Чанғичининг массаси 70 кг, тезлиги 20 м/сек, эгри чизикли қисмларининг эгрилик радиуси 80 м. Ишқаланиш кучини ҳисобга олманг.

Ечилиши. а) Йўлнинг горизонтал қисмида (118- а расм) чанғичига таянчининг реакция кучи $\vec{F}_n$ ва F оғирлик кучи таъсир қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\sum \vec{F} = m\vec{a}$; $F_n - F = ma$. $a = 0$ бўлгани учун, $F_n = F = mg \approx 686 \text{ н}$. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра чанғичи таянчга $F'_1 = -F_n$ куч билан таъсир қилади.

б) Йўлнинг ботиқ қисми учун (118- б расм) $F_n - F = ma$; $a = \frac{v^2}{R}$. Тезланиш радиус бўйлаб марказга йўналган бўлгани



118- расм.

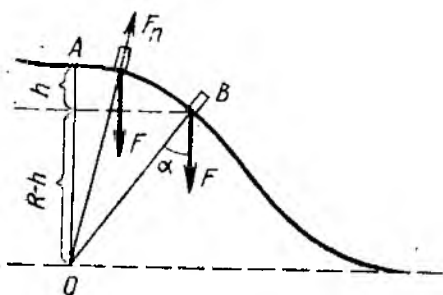
учун F_n ва F кучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳам ўша томонга йўналган, шунинг учун $F_n > F$; $F_n = F + ma = 690 \text{ н} + 70 \text{ кг} \cdot \frac{(20 \text{ м/сек})^2}{80 \text{ м}} \approx 1000 \text{ н}$. Бинобарин, чанғичининг қорға босим кучи 1000 н га тенг, яъни унинг йўлнинг горизонтал қисмидаги босим кучидан анча катта бўлади.

Ўқувчиларни кўпинча таажжублантирадиган бу далилни батафсилроқ таҳлил қилиш керак. 118- расмда фақат кучларни

эмас, шу билан бирга тезлик вектори v ни ҳам кўрсатиш керак. Бундай қилинмаса ўқувчилар орасида: „Агар $F_n > F$ бўлса, нима учун чанғичи юқорига учиб кетмайди“ деган савол туғилиши мумкин. Инерция бўйича чанғичи тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатланган бўлар эди Бироқ чанғичи йўлда тўсиққа—кўтарилишга дуч келади ва бу кўтарилиш унинг ҳаракат траекторияси ва тезлигини ўзгартириб, унга таъсир қилади. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра чанғичи йўлнинг қисмига катталик жиҳатидан шундай куч билан таъсир қилади. Демак, йўлнинг ботиқ қисмида босим кучи унинг горизонтал қисмидагидан катта бўлади. $a = \frac{v^2}{R}$ тезланиш жисмга таъсир қилаётган барча кучлар билан аниқланилади.

в) Йўлнинг қавариқ қисми учун $F - F_n = ma$ (118- в расм). Тезланиш радиус бўйлаб пастга йўналган, шунинг учун $F_n < F$. Шундай эканлиги қуйидаги тенгламадан ҳам кўришиб турибди: $F_n = F - \frac{mv^2}{R} = 690 \text{ н} - 350 \text{ н} = 340 \text{ н}$, яъни бу ҳолда

босим кучи йўлнинг горизонтал қисмидагига қараганда кам. Бунинг сабабини шундай тушунтириш мумкин: инерция бўйича v тезликка эга бўлган чанғичи йўлдан кўтарилган ҳолда тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатланишга „интилади“, шунинг учун унинг йўлнинг қавариқ қисмига босим кучи горизонтал қисмидагидан кам бўлади. Ўқувчиларга маълум бўлган шундай далилга таяниш мумкин: горизонтал ҳаракатланаётган жисм умуман Ер сиртидан ажралиши мумкин (масалан, йўлнинг



119- расм.

учун,

$$F = mg = \frac{mv^2}{R}; \quad v = \sqrt{Rg} = 28 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

450*. Чанғичи тоғнинг энг юқори нуқтасидан тушиб келмокда. Агар йўлнинг шу қисмида траекторияни радиуси $R = 80 \text{ м}$ бўлган айлана ёйи деб ҳисоблаш мумкин бўлса, ҳаракат бошланганидан қандай баландликда чанғичининг қорға босими нолга тенг бўлади. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

Ечилиши. Чанғичи AB траектория бўйлаб ҳаракатланганда унга $\vec{F}$ оғирлик кучи ва $\vec{F}_n$ таянч реакцияси кучи таъсир қилади (119- расм). Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\vec{F} + \vec{F}_n = m\vec{a}$. Векторларни радиус йўналишига проекциялаймиз: $F \cos \alpha - F_n = \frac{mv^2}{R}$. В нуқта учун $F_n = 0$, $F \cos \alpha = \frac{mv^2}{R}$,

ёки $g \cos \alpha = \frac{v^2}{R}$; $v^2 = 2gh$; $\cos \alpha = \frac{R-h}{R}$. Шунинг учун $g = \frac{R-h}{R} = \frac{2gh}{R}$, бундан $h = \frac{R}{3} \approx 27 \text{ м}$.

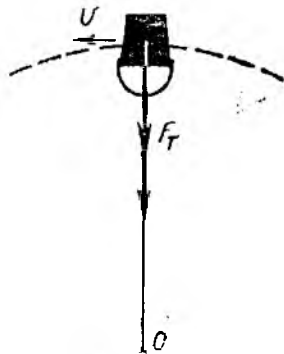
451 (э). Пақирчани сувга тўлдириг ва уни вертикал текисликда шундай айлантиригки, бунда унинг туби юқорида бўлганда ҳам суви тўкилмасин. Траекториянинг юқори нуқтасида сув пақирчанинг тубига босмаслиги учун, пақирчанинг айлана бўйлаб секундига энг кам айланишлар сони қандай бўлиши кераклигини ҳисобланг ва тажрибада текширинг.

Ечилиши. Траекториянинг юқори нуқтасида (120- расм) сув горизонтал йўналган v тезлик билан ҳаракатланади. $\vec{F}$ оғирлик кучи ва пақирча тубининг реакция кучи $\vec{F}_n$ сувга марказга интил-

қавариқ қисмига дуч келган чанғичи ёки мотоциклчининг сакрашлари ўқувчиларга маълум).

449. Траекториянинг энг юқори нуқтасида чанғичининг қорға босим кучи нолга тенг бўлиши учун чанғичи қандай тезлик билан юриши керак? (№ 448 га қаранг).

Ечилиши. $F - F_n = \frac{mv^2}{R} \cdot F_n = 0$ бўлгани



120-расм.

ма тезланиш беради ва уни айлана бўйлаб ҳаракатланишга мажбур қилади.

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{F} + \vec{F}_n = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R. \quad \text{Шартга кўра}$$

$$\vec{F}_n = 0, \text{ шунинг учун } F = mg = m\omega^2 R = 4\pi^2 mn^2 R; \quad n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}.$$

R — пақирчанинг елкасида ўртасигача бўлган масофа 70 см га тенг деб олайлик, у ҳолда $n \approx 0,59 \frac{1}{\text{сек}}$.

452 (э). $l = 60,0$ см узунликдаги илга осилган 100 г массали тошни горизонтал текисликда $R = 20,0$ см радиусли айлана бўйлаб айланишга мажбур қилувчи куч катталигини топинг. Натижани тажрибада текширинг. Тошнинг оғирлигини 1 н га тенг деб ҳисобланг.

Ечилиши. 1- усул. Тапланган масштабда конуссимон маятникни тас-

вирлаймиз (121- расм). Тошга $\vec{F}$ оғирлик кучи ва илгачнинг $\vec{F}_n$ таранглик кучи таъсир қилади. 1 см — 0,2 н масштабдан фойдаланиб $\vec{F}$ кучни тасвирлаймиз. Бу кучлар таъсирида тош айлана марказига йўналган тезланиш олади. Демак, $\vec{F}$ ва $\vec{F}_n$ кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\vec{F}_1$ ҳам радиус бўйлаб марказга йўналган. $\vec{F}_1$ тенг таъсир этувчини ва $\vec{F}_n$ таранглик кучини тасвирлаш учун $\vec{F}$ векторнинг охиридан илга параллел қилиб радиус билан кесишгунча тўғри чизик ўтказамиз. $F_1 = AC \approx 0,35$ н. Сўнгра A нуқтадан ил билан кесишгунча вертикал тўғри чизик ўтказамиз. $F_n = BC \approx 1,1$ н.

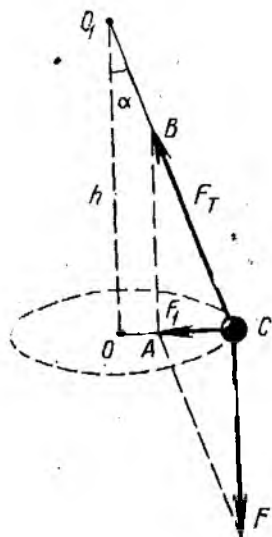
2- усул. OO_1C , ABC ва ACF учбурчакларнинг ўхшашлигидан

$$\frac{F_1}{F} = \frac{R}{h}; \quad F_1 = \frac{FR}{h}; \quad h = \sqrt{l^2 - R^2} \approx 57 \text{ см.}$$

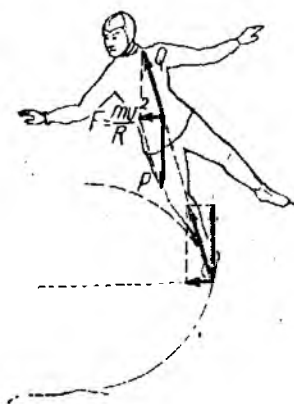
$$F_1 \approx 36 \text{ н}; \quad \frac{F_n}{F} = \frac{l}{h}; \quad F_n \approx 1,1 \text{ н.}$$

Текшириш. 1. Тошни динамометр ёрдамида вертикалдан 20 см га тортамиз. Динамометрнинг тортиш кучи сон жиҳатидан F_1 га тенг бўлади.

Текшириш. 2. Тошнинг секундига айланишлар сони n ни санаб, кучни $F_1 = 4\pi^2 n^2 mR$ формуладан топамиз.



121- расм.



122- расм.

453. $v = 10$ м/сек тезлик билан ҳаракатланаётган конькичининг музга нисбатан қиялиги $\alpha = 60^\circ$ бўлганда, унинг айланиш (вираж) радиуси қандай?

Ечилиши. Конькичини тасвирлаб (122- расм), унга таъсир қилувчи P оғирлик кучи ва музнинг Q реакция кучини кўрсатамиз. Бу кучларнинг F тенг таъсир этувчиси R радиус бўйлаб горизонтал йўналган марказга интилма тезланиш ҳосил қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{P} + \vec{Q} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{ёки} \quad F = \frac{mv^2}{R}, \quad \text{бундан} \\ R = \frac{mv^2}{F},$$

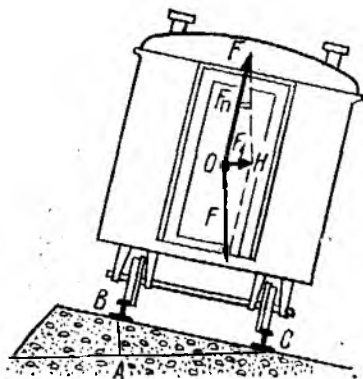
$$F = P \operatorname{ctg} \alpha = mg \operatorname{ctg} \alpha, \quad \text{бундан} \quad R = \frac{v^2}{g \operatorname{ctg} \alpha} \approx 18 \text{ м.}$$

Ўқувчилар таянч реакцияси кучининг сиртга перпендикуляр йўналишига ўрганиб қолганлар, шунинг учун масалани ечишда кўпинча уларда нима учун Q куч музга нисбатан бурчак остида йўналган, деган савол туғилиши мумкин. Бу ерда ўқитувчи Q кучининг конькига таъсир қилувчи $F_{\text{ишқ}}$ ишқаланиш кучи ва F_n нормал босим кучларининг тенг таъсир этувчиси эканлигини назарда тутишни керак (122- расмдаги қўшимча ясашига қаранг). $F_{\text{ишқ}}$ ишқаланиш кучи бу ерда марказга интилма тезланиш ҳосил қилади.

Шунингдек, $F_{\text{ишқ}}$ ни конькиларнинг музга сирпаниш ишқаланиши билан алмаштириб юбормаслик керак. $F_{\text{ишқ}}$ — тинчликдаги ишқаланиш кучи ёки конькиларнинг уларнинг тигига перпендикуляр йўналишда ҳаракатлангандаги сирпаниш ишқаланиш кучи.

454. Поезд радиуси 400 м бўлган бурилишда 54 км/соат тезлик билан кетаётганда поезднинг рельсларга босим кучи унга перпендикуляр бўлиши учун ташқи рельсни ички рельсдан қанча баланд кўтариш керак? Темир йўл колеяси (рельс оралиғи)нинг кенглиги 152,4 см га тенг (39, № 302).

Ечилиши. Баронга (123-



123- расм.

расм) F оғирлик кучи ва F_n таянч реакцияси кучи таъсир қилади. Уларнинг горизонтал йўналган F_1 тенг таъсир этувчиси марказга интилма тезланиш ҳосил қилади.

Изланаётган катталики AB ни ABC ва OEN учбурчакларнинг ўхшашлигидан топамиз:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{F_1}{F}; \quad AB = \frac{AC \cdot F_1}{F}, \quad (1)$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}. \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{mv^2}{R}. \quad (3)$$

1—3 тенгламалар системасини ечиб, $AB = 8,6$ см эканини топамиз.

4. Планеталар ва сунъий йўлдошларнинг ҳаракати

Планеталар ва сунъий йўлдошларнинг ҳаракатини VIII синфда айланалар бўйлаб текис ҳаракат деб қаралади.

Тақрорлаш ва аввал ўтилган материаллар билан боғлаш учун дастлаб осмон jismlarining тортишини кучини ҳисоблашга доир бир-икки масалани ечиш фойдалидир.

Қуёш системасига тегишли қатор маълумотларни ўқувчилар дафтарларига ёзиб олишлари ва масалалар ечишда улардан фойдаланишлари мақсадга мувофиқдир. Улардан баъзиларини ўқувчилар мустақил равишда топишлари мумкин.

Планеталар ва сунъий йўлдошларнинг ҳаракатига доир кўпгина масалаларни кинематика ёрдамида, шунингдек, динамика ёрдамида ечиш мумкин. Масалаларни бир неча усуллар билан ечиш ўтган материалларни тақрорлаш ва олинган натижаларни текшириш учун фойдалидир.

455. Ер орбитасини айлана деб ҳисоблаб, Ерни Қуёш атрофида айланишга мажбур қилувчи кучнинг катталигини ҳисоблаш.

Ечилиши. Изланаётган куч Қуёшнинг Ерни ўзига тортиш кучидир.

$$F = \gamma \frac{Mm}{R^2} = \frac{1 \cdot \text{н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}}{1,5 \cdot 10^{10}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{1,5^2 \cdot 10^{22} \text{ м}^2} \approx 3,5 \cdot 10^{22} \text{ н}.$$

456*. Ернинг Қуёшга тортилиш кучига бардош бериши учун пўлат троснинг кўндаланг кесим юзи қандай бўлиши керак? Кўндаланг кесими 1 см^2 бўлган трос $7 \cdot 10^4$ н юкни кўтаради.

Ечилиши. Аввалги масалада берилганлардан фойдаланиб, қуйидагини топамиз:

$$s_{\text{тр}} = \frac{3,5 \cdot 10^{22} \text{ н}}{7 \cdot 10^8 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}} = 5 \cdot 10^{13} \text{ м}^2 = 5 \cdot 10^7 \text{ км}^2.$$

Жавобни анализ қилиб, Ер шарининг катта доираси юзини ҳисоблаш қизиқарлидир: $s_{\text{Ер}} = \pi r^2 = 3,14 \cdot (6400 \text{ км})^2 \approx 1,3 \times 10^8 \text{ км}^2$. Бунининг олинган жавоб билан солиштириб кўринг: $\frac{s_{\text{Ер}}}{s_{\text{тр}}} = 2,6$. Шу муносабат билан, нима учун Ер Қуёшга шундай улкан куч билан тортилишига қарамай, унга қулаб тушмайди, деган масалани яна бир марта қараб чиқиш фойдалидир.

457. Ер Қуёшга қулаб тушмаслиги учун у қандай тезлик билан ҳаракатланиши керак?

Ечилиши. $F = \frac{mv^2}{R}$; $v = \sqrt{\frac{FR}{m}}$.

456- масала маълумотларидан фойдаланиб, қуйидагини топамиз:

$$v = \sqrt{\frac{3,5 \cdot 10^{22} \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}}{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}} \approx 3 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Текшириш. Ер орбитасининг радиуси ва Ернинг Қуёш атрофида айланиш даврини (1 йил) билган ҳолда, унинг тезлигини ҳисоблаймиз: $v = \frac{2\pi R}{T}$,

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ сек}} \approx 3,0 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

458. Ҳаво бўлмаганда Ернинг сунъий йўлдоши Ер сиртида қандай тезлик билан ҳаракатланган бўлар эди?

Ечилиши. Йўлдошни орбитада сақлаб туриш учун $F = \frac{mv^2}{R}$ куч керак, бу ерда R — Ернинг радиуси. Бу куч оғирлик кучи ҳисобланади

$$F = mg = \frac{mv^2}{R}, \quad v = \sqrt{Rg} \approx 8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}.$$

459. Йўлдош Ердан узоқлашган сари унинг тезлиги қандай ўзгаради?

Ечилиши. Ер сиртида $\frac{mv^2}{R_1} = \gamma \frac{Mm}{R_1^2}$; $v = \sqrt{\gamma \frac{M}{R_1}}$.

Ердан R_2 масофада $v_2 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R_2}}$, бинобарин, $v_2 = v_1 \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$.

Йўлдош Ердан узоқлашган сари унинг тезлиги камаяди.

460. „Восток-3“ кемасининг орбитаси Ер сиртидан 220 км узоқликда тахминан доиравий орбита эди. Бунда ҳавонинг қаршилиги жуда кам. Кеманинг v тезлиги ва T айланиш даврини аниқланг.

Жавоби. $v \approx 7,8 \text{ км/сек}$; $T \approx 90 \text{ мин}$.

461. Ер марказидан қандай R_1 масофада йўлдош Ер сиртининг айни бир нуқтаси устида „муаллақ“ туриши мумкин?

(Бундай йўлдошлар „синхрон [йўлдошлар“ дейилади.) $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$.

Ечилиши. $F = mg_1$, бунда g_1 — Ер марказидан R_1 масофадаги эркин тушиш тезланиши. $F = \frac{mv^2}{R_1} = m\omega^2 R_1$, шунинг учун $mg_1 = m\omega^2 R_1$, бундан $R_1 = \frac{g_1}{\omega^2}$, g_1 ни икки усул билан топиш мумкин:

$$\text{а) } \frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{R_1^2}; \quad g_1 = \frac{R^2 g}{R_1^2}. \text{ У ҳолда } R_1 = \sqrt[3]{\frac{gR^2}{\omega^2}} \approx 4,2 \cdot 10^7 \text{ м.}$$

$$\text{б) } g_1 = \gamma \frac{M}{R_1^2}; \quad R_1 = \sqrt[3]{\frac{\gamma M}{\omega}} \approx 4,2 \cdot 10^7 \text{ м.}$$

462. Ернинг Куёш атрофида айланиш тезлигини $v = 30 \text{ км/сек}$, Ер орбитасининг радиусини $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ деб ҳисоблаб, Куёшнинг массасини аниқланг.

Ечилиши. $\gamma \frac{M_K M_{\text{Ер}}}{R^2} = \frac{M_{\text{Ер}} v^2}{R}$, бунда M_K , $M_{\text{Ер}}$ мос равишда Куёш ва Ернинг массалари, R — Ер орбитасининг ўртача радиуси.

$$M_K = \frac{v^2 R}{\gamma} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг.}$$

463. Экваторда Ернинг айланиши жисмнинг оғирлигига қандай таъсир кўрсатади?

Ечилиши. Экваторда жисмга $\vec{F}$ тортишиш кучи ва $\vec{F}_a$ таянч реакцияси кучи таъсир қилади. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра жисм таянчга сон жиҳатидан $\vec{F}_a$ га тенг бўлган куч билан таъсир қилади, бу унинг P оғирлигидир. Жисм $a = \frac{v^2}{R}$ марказга интилма тезланиш билан ҳаракатланаётгани учун бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси марказга қараб йўналган. Шунинг учун $P < F$.

464*. Ерни радиуси $R = 6400 \text{ км}$ бўлган шар деб ҳисоблаб, 1 кг массали жисмнинг оғирлиги экваторда қанча келишини ҳисобланг.

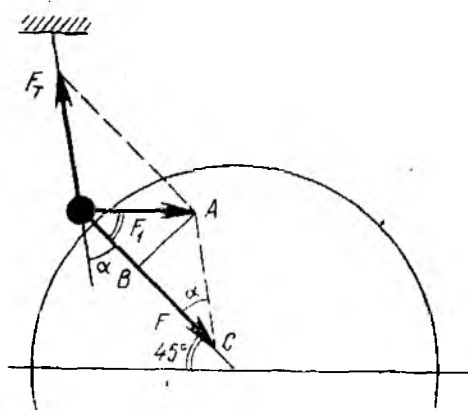
Ечилиши. Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ,

$$F - F_a = \frac{mv^2}{R};$$

$$F_a = F - \frac{mv^2}{R} = mg - \frac{mv^2}{R} = m(g - \omega^2 R), \text{ бу ерда}$$

$$g = \gamma \frac{M}{R^2} \approx 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}, \quad F_a = 1 \text{ кг} \cdot \left[9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} - \left(\frac{2\pi}{24 \cdot 3600 \text{ сек}} \right)^2 \times \right. \\ \left. \times 64 \cdot 10^5 \text{ м} \right] \approx 9,77 \text{ н} \approx 997 \text{ гк.}$$

Шундай қилиб, агар Ер радиуси $R = 6400 \text{ км}$ бўлган аниқ шар шаклида бўлганида эди, жисмнинг экватордаги оғирлиги



124- расм.

қутбдаги огирлигидан тахминан $1/300$ улушича кам бўлар эди). Амалда жисм ўз огирлигининг $1/190$ қисмини йўқотади).

465. Чизмада Ер сиртининг ўрта кенгликларида шоқулнинг қандай жойлашишини кўрсатинг.

Ечилиши. Шоқулга (124- расм) $\vec{F}$ тортилиш кучи ва ипнинг $\vec{F}_T$ тараңглик кучи таъсир қилади. Ньютоннинг иккинчи қо-

нунига кўра $\sum \vec{F} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$.

Тезланиш шоқулнинг берилган кенгликда Ер ўқи атрофида айланишида ҳосил қилган кичик айлананинг радиуси бўйлаб йўналган. Бинобарин, тортилиш кучи ва ипнинг реакция кучининг тенг таъсир этувчиси ҳам Ер ўқиға перпендикуляр ҳолда радиус бўйлаб йўналган. Бундан шу нарсга келиб чиқадикки, $\vec{F}$ ва $\vec{F}_T$ кучлар бир-бирига бурчак остида йўналган ва шоқулнинг ипи Ер радиусидан экваторга қараб бирор α бурчакка огган.

α унча катта бўлмай, бир неча минутга тенг бўлгани учун, биринчи яқинлашишда шоқул Ернинг марказига йўналган деб олинади. (Кучларнинг масштаби 124- расмда сақланмаган.)

466*. Ерни шар деб олиб, 45° кенгликда шоқулнинг қандай жойлашишини ҳисобланг.

Ечилиши. 124- расмдан кўриниб турибдики, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{BC}$; $AB = F_1 \sin 45^\circ$. $BC = F - F_1 \cos 45^\circ$. $F_1 = m\omega^2 R_1$, бу ерда $R_1 = R_0 \cos 45^\circ$, R_0 — Ернинг радиуси.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_1 \sin 45^\circ}{F - F_1 \cos 45^\circ} = \frac{m \omega^2 R_0 \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ}{mg - m\omega^2 R_0 \cos 45^\circ \cdot \cos 45^\circ} = \frac{\omega^2 R_0 \sin^2 45^\circ}{g - \omega^2 R_0 \sin^2 45^\circ}.$$

Бу катталикнинг тартибини баҳолаймиз. $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$. 464- масаладан маълумки,

$$\omega^2 R_0 \approx 0,03 \text{ м/сек}^2, \sin 45^\circ = 0,5.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,03 \cdot 0,5}{10 - 0,03 \cdot 0,5} = 0,0015; \alpha = 0,0015 \text{ рад} \approx 5'.$$

Иш ва энергия

Бу тема VIII синфда ўтиладиган механика бўлимининг якунловчиси ҳисобланади. Уни ўрганишда VI синфда олинган иш ва энергия ҳақидаги билимлардан, шунингдек, кинематика ва динамикадаги асосий маълумотлардан фойдаланилади, улар мустаҳкамланади ва чуқурлаштирилади. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни, унинг турли процесслар ва ҳодисаларга қўлланиши теманинг асосий масаласидир. Жумладан, суюқликлар ва газларнинг ҳаракати (Бернулли қонуни) энергетик нуқтаи назардан қаралади. Шунинг учун бу темага тегишли кўпгина масалалар аралаш (комбинацион) масалалардир. Бу масалалар ечилиши анча қийинлаштиради, бироқ уларни ечиш ўқитувчига ўтилганларни такрорлаш ва умумлаштиришда ажойиб восита бўлиб хизмат қилади ва ўқув йилининг охирида бундан тўла фойдаланиш керак.

1. Иш ва қувват

Ўқувчиларнинг билимларини такрорлаш ва мустаҳкамлаш учун $A = Fs$ формуладан фойдаланиб, VI синфда ечилган (7- боб) масалаларга ўхшаш масалалар ечилади. Сўнгра куч йўналиши кўчиш йўналиши билан мос тушмайдиган масалалар ечилади. Бу ҳол учун $A = Fs \cos \alpha$ бўлади, бу ерда α — куч йўналиши ва кўчиш йўналиши орасидаги бурчак. Бу формуладан фойдаланиб ечиладиган дастлабки бир неча масалаларда F кучни ҳаракат йўналиши бўйлаб ва унга перпендикуляр қилиб яки F_1 ва F_2 ташкил этувчиларга ажратилади. Бу масала ечилишини ўқувчиларга маълум бўлган $A = F_1 s$ формулага келтиради. F_1 нинг қиймати алоҳида амал билан топилади: $F_1 = F \cos \alpha$.

Сўнгра ўқувчилар диққатини $F \cdot \cos \alpha$ кўнайтма жисмга таъсир қилувчи кучнинг кўчиш йўналишига проекцияси эканлигига қаратилади. (F куч бир неча кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлиши мумкин.) Шунинг учун кучларни ажратиш ўрнига уларни ҳаракат йўналишида проекциялаш ҳам мумкин.

Масалалар ёрдамида, шунингдек, ўқувчилар учун янги бўлган тушунчалар, масала, гарчи F ва s нолга тенг бўлмаса ҳам A иш нолга тенг бўлиши ёки манфий катталиқ бўлиши ҳақидаги тушунчалар чуқурлаштирилади ва мустаҳкамланади. Масала, ишқаланиш кучлари манфий иш бажаради. Шунингдек, кучнинг қиймати ўзгарувчан катталиқ бўлган ҳолга доир ҳам бир неча масалалар ечиш керак. Бу масалалар мисолида ўқувчиларни ишни график усулда топиш билан таништириш ва баъзи бир ҳисоблашларда ўзгарувчан кучни

унинг ўртача қиймати билан алмаштириш мумкин эканлигини кўрсатиш керак.

Кучлар тўғрисидаги билимлардан фойдаланиб оғирлик кучининг, эластиклик кучининг ва ишқаланиш кучининг иши ҳақидаги масалалар ечилади.

Кувват $N = \frac{A}{t}$, $N = F \cdot v$ формулалардан аниқланади. VI синфдан фарқли ҳолда масалалар қуйидагича, яъни F , v , t ва бошқа катталиклар бевосита берилмай, балки ҳаракат тенгламаларидан, Ньютон қонуनларидан ва бошқа қонунлардан топиладиган қилиб бериш йўли билан мураккаблаштирилади.

467. Одам парашютда тушмоқда. Бунда қандай куч мусбат ва қандай кўч манфий иш бажаради?

468. От чанани баландликка тортиб чиқмоқда. Чизмада чанага таъсир қилувчи барча кучларни кўрсатинг, ҳар бир кучнинг бажарган иши ҳисобланадиган формулани ёзинг.

469. Массаси $m = 2$ т бўлган вагонеткани ишчи горизонтал йўлда бир текис тортиб бормоқда. Агар ишқаланиш коэффициентини $k = 0,01$ бўлса, ишчининг $s = 100$ м йўлда қанча иш бажаришини топинг.

Ечилиши. $A = Fs \cos \alpha$; $\alpha = 0$ бўлгани учун $\cos \alpha = 1$.

$$F = kmg; A = kmg s = 20 \text{ кж.}$$

470. Аввалги масала шартда берилганларга кўра ишқаланиш кучининг қандай иш бажаришини топинг.

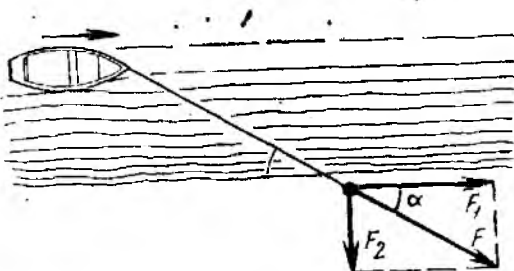
Ечилиши. $A_{\text{ишқ}} = F_{\text{ишқ}} s \cos \alpha = kmg s \cos 180^\circ = -20 \text{ кж.}$

471. $h = 1,5$ м баландликдаги полкадан $F = 500$ н юкни аста тушираётган ишчи қандай иш бажаради? Бунда оғирлик кучи қандай иш бажаради?

Ечилиши. а) $A_{\text{одам}} = Fh \cos \alpha = 500 \text{ н} \cdot 1,5 \text{ м} \cos 180^\circ = -750 \text{ ж.}$ б) $A = Fh \cos 0^\circ = 750 \text{ ж.}$

472. Соҳилдан бораётган одам арқон ёрдамида қайиқни оқимга қарши тортиб бормоқда. Арқоннинг таранглик кучи $F = 150$ н. Арқон билан соҳил орасидаги бурчак $\alpha = 30^\circ$. Одам $s = 1$ км йўлда қандай иш бажаради?

Ечилиши. F кучни ҳаракат йўналишида ва унга перпендикуляр бўлган йўналишда икки F_1 ва F_2 ташкил этувчиларга ажратиб, чизма чизамиз (125- расм). F_2 ташкил этувчи йўна-



125- расм.

лишида жисм кўчмайди ва шунинг учун F_2 куч иш бажармайди. F_1 куч қуйидаги ишни бажаради:

$$A = F_1 s, \quad F_1 = F \cos 30^\circ = 150 \text{ н} \cdot 0,87 \approx 130 \text{ н}.$$

$$A = 130 \text{ н} \cdot 1000 \text{ м} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Ж}.$$

473. Икки ишчи полда оғирлиги $F = 900 \text{ н}$ бўлган яшикни текис силжитмоқда. Ишчилардан бири яшикни орқасидан полга нисбатан пастга йўналган $\alpha_1 = 30^\circ$ бурчак остида $F_1 = 300 \text{ н}$ куч билан итармоқда, иккинчиси эса худди шундай катталиқдаги F_2 куч билан полга нисбатан $\alpha_2 = 45^\circ$ бурчак остида арқон билан тортмоқда. Ишчилар яшикни $s = 20 \text{ м}$ масофага кўчириб, қандай иш бажарадилар?

Ечилиши. Чизмада (126- расм) яшикка таъсир қилувчи оғирлик кучи F , таянчнинг реакция кучи F_n , ишқаланиш кучи $F_{\text{ишқ}}$ ва F_1 ва F_2 кучларни тасвирлаймиз. Кучларнинг кўчиш йўналишига проекцияларини топамиз.

$$F_1 \cos \alpha_1 = 300 \text{ н} \cdot \cos 30^\circ = 260 \text{ н};$$

$$F_2 \cos \alpha_2 = 300 \text{ н} \cdot \cos 45^\circ \approx 210 \text{ н}, \quad F_{\text{ишқ}} \cdot \cos 180^\circ = -F_{\text{ишқ}}$$

F_n ва F кучларнинг проекциялари нолга тенг. Плюс ишорали кучлар ҳаракатга тўсқинлик қилувчи, яъни кўчишга қарама-қарши йўналишдаги, демак, минус ишорали кучларга қарши иш бажаради.

$$A = 260 \text{ н} \cdot 20 \text{ м} + 210 \text{ н} \cdot 20 \text{ м} = 9400 \text{ Ж}.$$

474*. Аввалги масаланинг шартини ва ечилишидан фойдаланиб, яшикнинг полга ишқаланиш коэффициентини топинг.

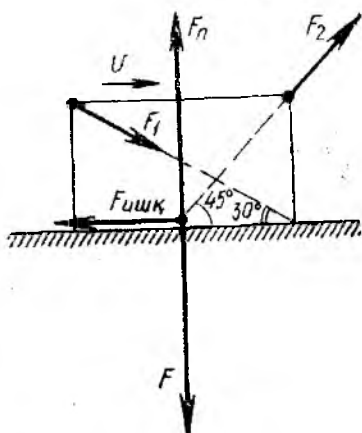
Ечилиши. Жисм текис ҳаракат қилгани учун

$$F_{\text{ишқ}} = 260 \text{ н} + 210 \text{ н} = 470 \text{ н}, \quad F_{\text{ишқ}} = k F_k, \quad k = \frac{F_{\text{ишқ}}}{F_k}$$

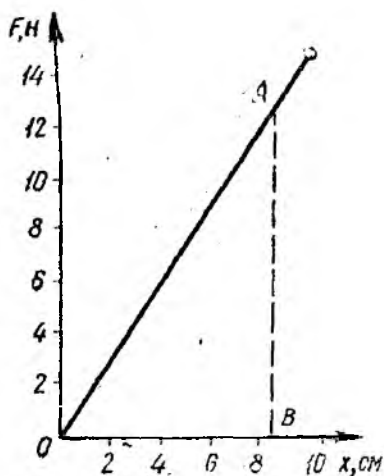
бу ерда F_k — яшикнинг полга босаётган кучи. F_k ни топиш учун яшикка таъсир қилаётган барча кучларнинг вертикал йўналишдаги проекциясини оламиз:

$$F_k = F + F_1 \cos 60^\circ - F_2 \cos 45^\circ = 900 \text{ н} + 150 \text{ н} - 210 \text{ н} = 840 \text{ н}.$$

$$k = \frac{470 \text{ н}}{840 \text{ н}} \approx 0,56.$$



126- расм.



127- расм.

475. Пружинанинг бикирлиги-ни $k = 1,5 \text{ Н/см}$ деб олиб, пружинанинг чўзилиши x нинг унга таъсир қилувчи кучга боғлиқлик графигини чизинг. Графикдан пружинанинг $8,5 \text{ см}$ чўзилиши учун зарур бўлган F куч ва A ишни аниқланг.

Ечилиши. F нинг x га боғлиқлиги тўғри пропорционал бўлгани учун, масалан, координаталари $0 \text{ см} - 0 \text{ Н}$ ва $10 \text{ см} - 15 \text{ Н}$ бўлган икки нуқтани олиш етарли (127- расм). Иш соҳжihatидан OAB учбурчакнинг юзига тенг.

$$A = \frac{1}{2} OB \cdot AB = \frac{1}{2} \cdot 0,085 \text{ м} \times 12,8 \text{ Н} \approx 0,54 \text{ Ж}.$$

476*. 127- расмда ифодаланган график ва 475- масалада берилганлардан фойдаланиб, $A = \frac{k(x_1^2 - x_0^2)}{2}$ формуланинг тўғрилигини текширинг.

477. 378- масала шартда берилганлардан ва унинг счимидан фойдаланиб, самолётнинг қўнишдаги ишқаланиш кучи бажарган ишни аниқланг. Самолётнинг қўниш тезлигини 30 м/сек деб олинг.

Ечилиши. $A = F_s \cos \alpha = -Fs$. Самолётнинг югуриш йўлини қуйидаги формуладан топамиз:

$$v^2 = 2as; \quad A = \frac{-Fv^2}{2a} = - \frac{300 \cdot 10^3 \text{ Н} \left(30 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \right)^2}{2 \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} \approx -2,2 \cdot 10^7 \text{ Ж}.$$

478 (э). Тахта, брусок ва динамометрдан фойдаланиб, қия текисликнинг фойдали иш коэффициентини унинг горизонтга қиялик бурчаги α га боғлиқ равишда қандай ўзгаришини аниқланг.

Ечилиши. 92- расмда тасвирланган қурилмага ўхшаш қурилма йиғамиз.

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{с}}} \cdot 100 \% = \frac{Fh}{F_m l} \cdot 100 \%.$$

Главучтехпром ишлаб чиқарган асбобларнинг бири билан ўтказилган тажрибада қуйидаги маълумотлар олинган эди:

1) $\alpha = 30^\circ$; $F = 2,0 \text{ Н}$; $h = 0,40 \text{ м}$; $F_m = 1,5 \text{ Н}$; $l = 0,80 \text{ м}$; $\eta = 67 \%$. 2) $\alpha = 60^\circ$; $h = 0,70 \text{ м}$; $F = 2,0 \text{ Н}$; $\eta = 85 \%$. α бурчак ортиши билан фойдали иш коэффициенти ортади.

479*. Аввалги масала шартидан фойдаланиб η нинг α га боғлиқлигини назарий жиҳатдан аниқланг.

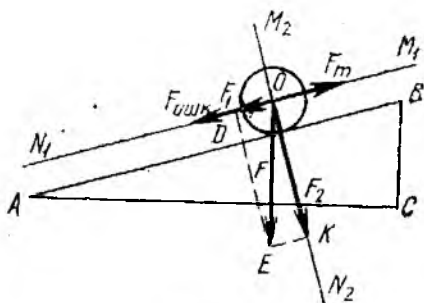
Ечилиши. F оғирлик кучини F_1 ва F_2 ташкил этувчиларга ажратамиз:

$$F_m = F_1 + F_{\text{ишқ}} = F \sin \alpha + kF \cos \alpha = F (\sin \alpha + k \cos \alpha).$$

$$\eta = \frac{Fh \cdot 100\%}{F (\sin \alpha + k \cos \alpha) \cdot l} = \frac{l}{1 + k \cot \alpha} \cdot 100\%.$$

α бурчак катталашган сари $\sin \alpha$ кичиклашади, у ҳолда фойдали иш коэффициентини ортади.

480. $N = 2000$ от кучи қувватига эга бўлган локомотив $m = 2500$ т массали поездни $v = 36$ км/соат тезлик билан баландликка қараб тортмоқда. Агар ишқаланиш коэффициенти $k = 0,005$ га тенг бўлса, локомотив қандай максимал қияликни енга олади?



128- расм.

Ечилиши. Схематик чизма чизамиз (128- расм). Тепло-вознинг F_m тортиш кучи текис ҳаракатда F_1 кучини ва $F_{\text{ишқ}}$ ишқаланиш кучини мувозанатлаши керак. α бурчак кичик бўлгани учун $\sin \alpha = \alpha$ (рад) деб қабул қилиш мумкин. Бинобарин,

$$F_m = F \alpha + kF; \quad \alpha = \frac{F_m - kF}{F}.$$

F_m нинг қийматини $N = F_m \cdot v$ формуладан топамиз:

$$\alpha = \frac{N}{Fv} - k = \frac{2000 \cdot 75 \cdot 9,8 \text{ см}}{2500000 \cdot 9,8 \cdot 10 \text{ см}} - 0,005 \text{ рад} \approx 0,006 \text{ рад} - 0,005 \text{ рад} \approx 0,001 \text{ рад} \approx 0,057^\circ.$$

481*. Агар ТУ-114 самолёти Ердан $v = 360$ км/соат тезлик билан кўтарилган бўлса, унинг двигателлари қандай ўртача қувватга (о. к. ҳисобида) эришади? Самолётнинг массаси $m = 170$ т, ўртача ишқаланиш коэффициенти $k = 0,05$, кўтарилгунга қадар югуриш йўлининг узунлиги $s = 3000$ м.

$$\text{Ечилиши. } N = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = \frac{(F_{\text{ишқ}} + F_a)s}{t} = (F_{\text{ишқ}} + F_a) v_{\text{ур}}.$$

Двигателлар $F_{\text{ишқ}}$ ишқаланиш кучини енгилшга қарши иш бажаради ва самолётни тезлаштирувчи F_a кучини ҳосил қилад. $F_{\text{ишқ}} = kmg$;

$$F_a = ma = m \frac{v^2}{2s} \cdot N = \left(kmg + m \frac{v^2}{2s} \right) \frac{v}{2} = [0,05 \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ кг} \times \\ \times 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} + 30 \cdot 10^3 \text{ кг} \left(\frac{100 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}{2 \cdot 3000 \text{ м}} \right)^2] \cdot \frac{100 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{2} \approx 10 \cdot 10^6 \text{ Вт} \approx 14 \text{ минт} \\ \text{от кучи.}$$

2. Механикавий энергия

Дастлаб ўқувчиларнинг VI синфда олган маълумотларини назарга олиб (7- боб, 6- параграф), жисмларнинг потенциал энергиясига доир масалалар, сўнгра кинетик энергияга оид масалалар ечилади. $W_k = \frac{mv^2}{2}$ формула ўқувчиларга биринчи марта берилаётгани учун бу масалаларга катта эътибор бериш керак.

Сўнгра асосий эътиборни механик процессларда энергиянинг сақланиш қонунига доир масалаларга, шунингдек, оддий механизмларнинг ишлашида энергиянинг сақланиш қонунига доир масалаларга берилади. Энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб ечиладиган аралаш (комбинацион) масалалар кинематика ва динамиканинг кўпгина бўлимларини такрорлашда ажойиб восита бўлади.

Механик процессларда энергия сақланиш қонунининг физикавий моҳиятини ойдилаштиришда дастлаб тушаётган жисмнинг энергияси мисолида қаршилик кучлари ҳисобга олинмайдиган идеал шаронглар учун $W = mgh + \frac{mv^2}{2}$ формуладан фойдаланиб масалалар ечилади. h ва v катталиклар жисмларнинг оғирлик кучи таъсирида текис ўзгарувчан ҳаракатини характерлайди. Сўнгра жисмнинг кинетик ёки потенциал энергия ҳисобига иш бажаришини назарга олиш керак бўлган масалалар ечилади. Ҳисоблашларни соддалаштириш учун муҳитнинг қаршилик кучининг ўртача қиймати $F_{\text{ўрт}}$ олинади. Масалалар $A = F_{\text{ўрт}} s$; $A = \Delta W$ формулага мувофиқ ечилади, бу ерда ΔW — жисмнинг кинетик ёки потенциал энергиясининг ўзгариши. Формулага кучнинг қиймати киргани учун бу типдаги масалаларни Ньютоннинг иккинчи қонунидан фойдаланиб ечиш мумкин (№ 481).

Потенциал энергияга доир масалаларни ечишда потенциал энергия катталигини потенциал энергияси шартли равишда ноль деб қабул қилинган сатҳга нисбатан аниқланишига асосий эътиборни қаратиш керак. Одатда бу сатҳ Ер сирти бўлади.

Ўқувчилар, шунингдек $W_n = mgh$ формуланинг тахминий эканлигини эсдан чиқармасликлари керак, чунки g баландлик ўзгариши билан ўзгариб боради. Фақат h нинг Ер радиусига

нисбатан кичик бўлган қийматлари учунгина g ни доимий катталиқ деб олиш мумкин.

$W_k = \frac{mv^2}{2}$ формула билан аниқланадиган кинетик энергия, шунингдек, тезлик ўлчанадиган ҳисоблаш системасига боғлиқ бўлади. Кўпинча ҳисоб системасини Ер билан боғлайдилар.

482. Одам биринчи қаватдан иккинчи қаватга кўтарилганида унинг потенциал энергияси қанчага ўзгаради?

483. Қуйидаги ҳолларнинг қайсинида жисмларнинг потенциал энергияси катта бўлади: а) болға сандон устида ва ундан 1 м баландликда турибди; б) ҳаво шари Ер сиртида ва ундан 1 км баландликда турибди; в) қутқариш доираси сув сиртида ва сув сиртидан 2 м чуқурликда турибди; г) деформацияланмаган, чўзилган ва худди шу катталиқка сиқилган пружина.

Жавоб и. а) Кўтарилган болға $W_n = mgh$ формулага мувофиқ катта потенциал энергияга эга бўлади. б) Ҳаво шарига кўтариш кучи таъсир қилади ва у юқорига кўтарилиб иш бажаради, бинобарин, шарнинг Ер сиртидаги потенциал энергияси 1 км баландликка кўтарилганиданик катта бўлади. в) Шарга ўхшаш, сувга ботирилган доиранинг потенциал энергияси сув сиртиданик катта бўлади. г) Чўзилган ва сиқилган пружиналарнинг энергияси бир хил ($W_n = \frac{kx^2}{2}$), яъни уларнинг деформацияланишда бажарган ишларига тенг бўлади. Деформацияланмаган пружина бундай энергияга эга бўлмайди.

484. Синфда шундай масала ечилди: „Массалари 500 кг дан бўлган икки юкнинг бири ердан учинчи қаватга, иккинчисини эса учинчи қаватдан тўртинчи қаватга кўтарилди. Юкларни кўтаришда қандай иш бажарилган? Агар қаватнинг баландлиги $h = 4$ м бўлса, юкларнинг потенциал энергиялари нимага тенг?“

Ўқувчилардан бири масалани қуйидаги усул билан ечди:

$$A_1 = mgh_1 = 5000 \text{ н} \cdot 12 \text{ м} = 60 \text{ кж}; \quad W_{n1} = 60 \text{ кж},$$

$$A_2 = mgh_2 = 5000 \text{ н} \cdot 4 \text{ м} = 20 \text{ кж}; \quad W_{n2} = 20 \text{ кж}.$$

Бундай ечиш тўғрими?

Жавоб и. Масалани ечишда хатога йўл қўйилган: $W_{n2} \neq A_2$.

Масаланинг маъносига кўра юкнинг потенциал энергияси деб, унинг Ер сиртига нисбатан энергияси тушунилади.

$$W_{n2} = 5000 \text{ н} \cdot 16 \text{ м} = 80 \text{ кж}.$$

485. Сувдан ҳажми $V_{\text{муз}} = 1 \text{ м}^3$ бўлган куб шаклидаги муз бўлагини кўтариш учун қандай иш бажариш керак?

Ечилиши. 1. Бажарилган иш сув сиртидаги муз парчасининг потенциал энергиясига нисбатан сувдан кўтарилган музнинг потенциал энергияси ортишига тенг.

$$A = \Delta W_{\text{п}} = W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}.$$

Музнинг сувдан ташқаридаги ҳажмини аниқтаймиз. Архимед кучи оғирлик кучини мувозанатлайди ($\rho_{\text{с}} V'_{\text{г}} = \rho_{\text{м}} V_{\text{мг}}$), бу ерда $\rho_{\text{с}}$ ва V' мос ҳолда сувнинг зичлиги ва музнинг ботиб турган қисмининг ҳажми, бундан

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{с}}}, \quad V' = \frac{1 \text{ м}^3 \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,9 \text{ м}^3.$$

Сувдан ташқарида массаси $m_1 = 90 \text{ кг}$ бўлган $0,1 \text{ м}^3$ муз парчаси чиқиб турибди. Муз парчасининг қалинлиги $0,1 \text{ м}$. Бинобарин, музни $0,9 \text{ м}$ га кўтариш керак. Оғирлик кучи Архимед кучи билан мувозанатлашгани учун, биринчи моментда кўтариш учун керак бўлган куч $F = 0$. Сўнгра бу куч муз кўтарилган сари ортиб боради, чунки итариш кучи камайиб боради. Охирги пайтда $F = 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 1000 \text{ кг} \approx 10000 \text{ н}$. $F_{\text{ўрт}} = 5000 \text{ н}$.

$$A = F_{\text{ўрт}} \cdot s = 5000 \text{ н} \cdot 0,9 \text{ м} = 4,5 \text{ кЖ}.$$

Қатъий қилиб айтганда, ҳисоблашларда $F_{\text{ўрт}}$ кучдан фойдаланиш учун дастлаб кучнинг музнинг кўтарилиш баландлигига чизиқли боғлиқлигини тахминан исбот қилиш керак эди. Бу топшириқ айрим ўқувчиларга қўшимча машқ сифатида берилиши мумкин.

486. Массаси $m_{\text{ўқ}} = 9,0 \text{ г}$ бўлган ва $v_{\text{ўқ}} = 600 \text{ м/сек}$ тезлик билан учаётган ўқ билан массаси $m_{\text{одам}} = 60 \text{ кг}$ бўлган ва $v_{\text{одам}} = 18 \text{ км/соат}$ тезлик билан югураётган одамнинг кинетик энергияларини таққосланг.

$$\text{Ечилиши. } W_{\text{ўқ}} = \frac{m_{\text{ўқ}} v_{\text{ўқ}}^2}{2} = \frac{0,009 \text{ кг} \left(600 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ Ж};$$

$$18 \text{ км/соат} = 5,0 \text{ м/сек}.$$

$$W_{\text{одам}} = \frac{m_{\text{одам}} v_{\text{одам}}^2}{2} = \frac{60 \text{ кг} \left(5,0 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2} = 7,5 \cdot 10^2 \text{ Ж}.$$

Бу ҳолда учаётган ўқнинг кинетик энергияси югураётган одамнинг кинетик энергиясидан катта бўлади.

487. Бомбардирмончи самолётнинг ўқчиси рўбарў учиб келаётган қирувчи самолётга қарата тўпдан ўт очди. m массали снаряднинг Ерга ва қирувчи самолётга нисбатан кинетик энергияси қандай? Қирувчи самолётнинг тезлиги $v_{\text{к}} = 1080 \text{ км/соат}$,

бомбардимончи самолётнинг тезлиги $v_6 = 720 \text{ км/соат}$ ва тўп снарядининг тезлиги $v_c = 800 \text{ км/сек}$.

Ечилиши. Снаряднинг Ерга нисбатан тезлиги $v_{c, \text{ер}} = v_c + v_6 = 800 \text{ м/сек} + 200 \text{ м/сек} = 1000 \text{ м/сек}$.

$$W_{k, \text{ер}} = \frac{mv_{c, \text{ер}}^2}{2} = 5 \cdot 10^5 \text{ Ж.}$$

Саноқ бошланадиган жисм сифатида қирувчи самолётни ола-миз. 15- бобнинг 2- параграфиди айтиб ўтганимиздек, жисм-нинг янги координаталар системасидаги ($v_{c, \kappa}$) нисбий тезли-гини топиш учун биринчи системадаги абсолют ($v_{c, \text{ер}}$) тезлик-ка тескари ишора билан олинган кўчирма тезликини, яъни би-ринчи саноқ системасига нисбатан иккинчи саноқ системаси-нинг тезлигини (v_{κ}) қўйиш керак. v_{κ} пинг йўналиши $v_{c, \text{ер}}$ га қарама-қарши бўлгани учун шундай ёзамиз:

$$v_{c, \kappa} = v_{c, \text{ер}} + v_{\kappa} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{сек}} + 300 \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 1300 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

$$W_{k, \kappa} = \frac{mv_{c, \kappa}^2}{2} = 8,4 \cdot 10^5 \text{ Ж.}$$

Яъни кинетик энергиянинг катталиги жисмнинг тезлиги қан-дай саноқ системасида ўлчанишига bogлиқ бўлар экан.

488. Массаси 0,10 кг бўлган тўп $h = 10 \text{ м}$ баландликдан эркин тушмоқда. Тўпнинг туша бошлаган ва тушган пайтдаги, шушунгдек, Ер сиртидан $h_1 = 4 \text{ м}$ баланддаги потенциал ва кинетик энергияларини тонинг. $g = 10 \text{ м/сек}^2$ деб олинг. Ҳа-вонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

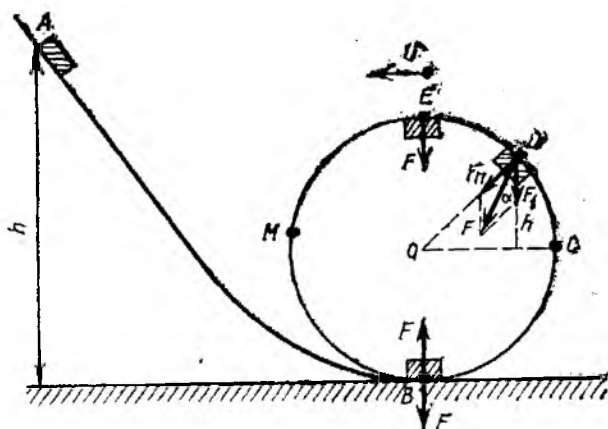
Ечилиши. h баландликда тўпнинг потенциал энергияси $W_p = mgh = 0,10 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 10 \text{ м} = 10 \text{ Ж}$ га тенг. h_1 балад-ликда тўп потенциал ва кинетик энергияга эга. $W'_p = 0,10 \text{ кг} \times 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 4 \text{ м} = 4 \text{ Ж}$. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан $W'_k = W_p - W'_p = 10 \text{ Ж} - 4 \text{ Ж} = 6 \text{ Ж}$.

Текшириш. $W'_k = \frac{mv^2}{2}$. Эркин тушиш қонунига кўра

$$v^2 = 2gh; \quad W'_k = \frac{0,10 \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 6 \text{ м}}{2} = 6 \text{ Ж.}$$

Қуйи нуқтада тўпнинг бутун энергияси кинетик энергия бўлади. $W_k = 10 \text{ Ж}$.

489. Брусok „ўлик сиртмоқ“ чизиб (129- расм) унинг энг юқори нуқтасига ҳеч қандай босим бермаслиги учун қандай минимал баландликдан тушиши керак? Сиртмоқнинг B ва E нуқталарида брусokнинг сиртмоққа босим кучини аниқланг.



129- расм.

Жисм „сиртмоққа“ оғирлик кучига тенг куч билан сиқилган D нуқтани топинг. Агар сиртмоқнинг EMB қисми бўлмаганда эди, брусок E нуқтани ўтгандан сўнг қандай ҳаракатланган бўлур эди?

Ечилиши. Жисмнинг E нуқтадаги вазияти учун Ньютоннинг иккинчи қонунини қўлаймиз. Бунинг учун радиус бўйлаб марказга йўналган векторларни мусбат, марказдан ташқарига йўналган векторларни манфий деб оламиз.

$$F + F_n = \frac{mv^2}{R}.$$

Шартга кўра $F_n = 0$, у ҳолда $F = \frac{mv^2}{R}$ (1). $F = mg = \frac{mv^2}{R}$; $v^2 = gR$. Энергиянинг сақланиш қонунига кўра жисмнинг E нуқтадаги вазияти учун

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + 2mgR; \quad (2)$$

$$h = \frac{v^2}{2g} + 2R.$$

Бинобарин, $h = \frac{R}{2} + 2R = 2,5R$. B нуқта учун $F_n - F = \frac{mv^2}{R}$. $v^2 = 2gh = 5gR$ бўлгани учун $F_n = 6mg$ (демак, юкланиш 6 марта ортиб кетар экан).

Жисм сиртмоқ бўйлаб B нуқтадан E нуқтага ҳаракатланганда юкланиш ва вазнсизликка дуч келади. Демак, шундай D нуқта ҳам борки, бу нуқтада сиртмоқ жисмга оғирлик кучига тенг куч билан таъсир қилади. Бу нуқтада Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\vec{F}_n + \vec{F} = m\vec{a}$. Векторларни радиус

йўналишида проекциялаймиз: $F_n + F \cos \alpha = \frac{mv^2}{R}$; $\cos \alpha = \frac{h'}{R}$;
шартга кўра $F_n = F = mg$;

$$v^2 = 2g(h - R - h') = g(3R - 2h'); \quad mg + mg \frac{h'}{R} = \frac{mg(3R - 2h')}{R},$$

бундан

$$h' = \frac{2}{3} R.$$

Агар сиртмоқнинг EMB қисми бўлмаганда эди, жисм E нуқтадан парабола бўйлаб ҳаракатланган бўлур эди. Учиш узоқлиги $s = v_e t = \sqrt{2gh_1} \cdot \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{2g \cdot 0,5R} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 2R}{g}} = 2R$.

490. Массаси 60 кг бўлган цирк артисти тортиб қўйилган тўрга 10 м баландликдан сакрамоқда. Агар тўр 1 м га эгилса, артист қандай ўртача куч билан тўрга босади? Агар тўр 0,1 м га эгилган бўлса, тўрга ўртача босим кучи қандай бўлур эди? (39, №-366).

Ечилиши. Масалада энергиянинг йўқолиши назарга олинмаётгани учун кўтарилган жисмнинг потенциал энергияси эластик деформацияланган тўрнинг потенциал энергиясига айланади деб ҳисоблаш мумкин.

$$mgh = \frac{kx^2}{2} = \frac{kx}{2} \cdot x = F_{\text{ўрт}} x.$$

$g = 10 \text{ м/сек}^2$ деб қабул қиламиз.

$$F_{\text{ўрт1}} = \frac{mgh}{x_1} = \frac{60 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 11 \text{ м}}{1 \text{ м}} \approx 6,6 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

$x_2 = 0,1 \text{ м}$ бўлганда $F_{\text{ўрт2}} \approx 6 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

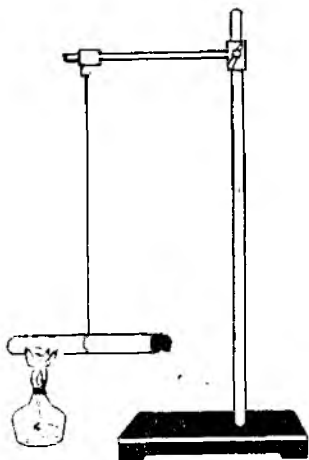
Бу масала мисолидан мўлжалланган зарба кучларини камайтириш учун „юмшоқ“ амортизаторларнинг аҳамияти катта эканлиги кўриниб турибди, буни $F_{\text{ўрт}} t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ формуладан ҳам тушунтириш фойдалидир. $m\vec{v}_2 = 0$ бўлгани учун $F_{\text{ўрт}} = \frac{mv_1}{t}$ бўлади. Эгилиш катталиги x қанча катта бўлса, t вақт шунча кўп ва $F_{\text{ўрт}}$ куч шунча кичик бўлади.

491. Агар тўпнинг тушиш охиридаги тезлиги 13 м/сек бўлса, 488- масаланинг шартига кўра, ҳаво қаршилигини енгитишга кетган ишни топинг.

Ечилиши. Тўпнинг тушиш охиридаги (энг пастки нуқтадаги) барча энергияси кинетик энергиядир.

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,10 \text{ кг} \left(13 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2} = 8,45 \text{ Ж}.$$

$$A = 10 \text{ Ж} - 8,45 \text{ Ж} \approx 1,6 \text{ Ж}.$$



130- расм.

492. Синаш вақтида массаси 1300 кг бўлган „Москвич“нинг қуруқ асфальт йўлда 30 км/соат бошланғич тезликдаги тормозланиш йўли 5 м, 50 км/соат тезликдаги тормозланиш йўли 12 м эканлиги аниқланди. Бу маълумотларга кўра, ҳар бир тезлик учун тормозланишдаги ўртача қаршилик кучини топинг.

Ечилиши. Қаршилик кучларига қарши иш кинетик энергия ҳисобига бажарилади, шунинг учун

$$F_{\text{ўрт1}} s = \frac{mv^2}{2}; F_{\text{ўрт1}} = \frac{mv^2}{2s};$$

$$30 \text{ км/соат} \approx 8,3 \text{ м/сек};$$

$$F_{\text{ўрт1}} = \frac{1300 \text{ кг} \cdot \left(8,3 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2 \cdot 5 \text{ м}} = 9,0 \text{ кН}.$$

Шунга ўхшаш $F_{\text{ўрт2}} = 25 \text{ кН}$ эканини топамиз.

Бу масала мисолида қаршилик (ишқаланиш) жисмларнинг ҳаракат тезлигига боғлиқ эканини тушунтириш керак. Газлар ва суюқликларда қаршилик тезлик ортиси билан ортади (№ 513). Биз кўраётган ҳолда қаршилик кучи шиналарнинг йўлга ишқаланишигагина эмас, балки ҳавонинг қаршилигига ҳам боғлиқ.

493. Ичида бир томчи эфири бўлган найча 1 м узунликдаги енгил стерженга осилган (130- расм). Найча вертикал текислик бўйлаб тўла айланиши учун эфир қизитилгандан сунг пўкак қандай тезлик билан отилиб чиқиши керак? Пўкакнинг массаси 20 г, найчанинг массаси 100 г (21, №442).

Ечилиши. Найча ва пўкак қарама-қарши томонга ҳаракатланади (реактив ҳаракат). Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига кўра эфир ва стерженнинг массаларини назарга олмай, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$(m_1 + m_2) \vec{v} = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2;$$

$$v = 0 \text{ бўлгани учун, } m_1 v'_1 = -m_2 v'_2 \quad (1)$$

Минус ибора жисмларнинг қарама-қарши йўналишида ҳаракатланишини кўрсатади. Бу тенгламада v'_1 ва v'_2 иккита номаълум катталиқ. Шунинг учун энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, яна битта тенглама тузамиз. Пастки вазиятда найча $\frac{m_1 v_1'^2}{2}$ кинетик энергияга, юқори вазиятда эса $m_1 g 2l$ потенциал энергияга эга, бу ерда l — османинг узунлиги.

$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} = 2m_1 g l \quad (2).$$

(1) тенгламадан $v_1' = \frac{m_2 v_2'}{m_1}$ эканини топамиз ва (2) тенгламага қўямиз. Бунда $\frac{m_1 v_2'^2 v_2'^2}{2m_1^2} = 2m_1 g l$ ҳосил қиламиз, бундан

$$v_2' = 2 \frac{m_1}{m_2} \sqrt{l g} \approx 31 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

494*. Массалари m_1 ва $m_2 = 2m_1$ бўлган икки эластик шарча бир таянч нуқтага эга бўлган $l = 125$ см узунликдаги ипларга осилди ва ипларни икки томонга горизонтал ҳолатга келгунча ажратиб, сўнг қўйиб юборилди. Шарчалар пастки нуқтада ўзаро тўқнашгандан сўнг уларнинг ҳар бири қандай баландликка кўтарилади?

Ечилиши. Масалани ечиш учун шарларнинг пастки нуқтада тўқнашгандан кейинги тезликларини билиш керак. У ҳолда баландлики $v^2 = 2gh$ формуладан топиш мумкин. Шарларнинг тезликларини импульснинг сақланиш қонунидан топамиз:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'.$$

Шарлар бирдай баландликдан тушади, бинобарин, $v_1 = v_2 = \sqrt{2gl} = 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$

m_2 массали шарнинг ҳаракат йўналишини мусбат йўналиш деб оламиз ва $m_2 = 2m_1$ эканини назарда тутамиз. У ҳолда скаляр тенгликнинг чап томонида мусбат катталиқ $-m_1 v + 2m_1 v = m_1 v$ туради. $m_1 v_1'$ импульс ҳам мусбат катталиқ бўлиши керак, акс ҳолда шар аввалги йўналишда m_2 массали шар билан биргаликда ҳаракатланар, яъни $m_1 v_1'$ ва $m_2 v_2'$ иккала катталиқ манфий бўлар эди, бундай бўлиши мумкин эмас.

v_2' векторнинг йўналиши бизга маълум эмас. Уни мусбат деб фараз қилайлик. У ҳолда скаляр шаклдаги (1) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$m_1 v = m_1 v_1' + 2m_1 v_2' \text{ ёки } v = v_1' + 2v_2'. \quad (2)$$

Тенгламада иккита v_1' ва v_2' номаълум катталиқ бўлгани учун шарларнинг тўқнашгунга ва тўқнашгандан кейинги кинетик энергияларини тенглаб, энергиянинг сақланиш қонунидан ҳам фойдаланамиз:

$$\frac{m_1 v^2}{2} + \frac{2m_1 v^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{2m_1 v_2'^2}{2}, \text{ ёки } 3v^2 = v_1'^2 + 2v_2'^2. \quad (3)$$

(3) тенгламага (2) тенгламадаги v_1' нинг қийматини қўямиз:

$$3v_2'^2 - 2vv_2' - v^2 = 0. \quad v_2' = \frac{2v \pm \sqrt{4v^2 + 4 \cdot 3v^2}}{6}.$$

$$v_{21}' = 5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}; \quad v_{22}' \approx -1,67 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Биринчи илдиз масаланинг шартига жавоб бермайди, чунки m_2 массали шарнинг тезлиги ўзгаришсиз қолиши мумкин эмас. Демак,

$$v_2' \approx -1,67 \frac{м}{сек}.$$

Минус ишора m_2 массали шарнинг тўқнашгандан сўнг қарама-қарши йўналишда ҳаракатланишини билдиради. $v_1' = v - 2v_2' \approx 8,33 \frac{м}{сек}$. Шарларнинг қандай баландликка кўтарилишини $v^2 = 2gh$ формуладан топамиз, $h_2 \approx 0,14 м$, $h_1 \approx 3,5 м$. Демак, m_1 массали шар ипнинг имкон берган масофасигача кўтарилади ва сўнгра бирор тезлик билан ҳаракатланади.

Ечилишни текшириш. Шарларнинг тушгунга қадар потенциал энергиялари

$$W_1 = 3mgl \approx 3,8 мг (ж).$$

Тушгандан кейинги потенциал энергиялари $W_2' = 2m_1gh_2 + m_1gh_1 \approx 2m_1g \cdot 0,14 (ж) + m_1g \cdot 3,5 (ж) \approx 3,8 мг (ж)$.

495. 494- масаланинг шартдан шарлар биргаликда ҳаракатлангандаги u тезлики ва вақтнинг шу пайти учун эластик ўзаро таъсирнинг W_0 потенциал энергиясини аниқланг.

Ечилиши. Энг катта деформацияланиш вақтида шарлар худди 3 m массали жисм сингари бирор u тезлик билан ҳаракатланади. Импульснинг сақланиш қонунидан $mv = 3mu$, бундан $u = \frac{v}{3} \approx 1,67 \frac{м}{сек}$.

Шуниси қизиқки, шарлар m_2 массали шарнинг ҳаракатланиш йўналишида ҳаракатланади. Бироқ сўнгра эластик ўзаро таъсир натижасида m_2 массали шар тескари йўналишда ҳаракатлана бошлайди. Шарлар энг пастки нуқтада турибди деб, энергиянинг сақланиш қонунига кўра қуйидагини ёзиш мумкин:

$$W_0 = W_{пг} - |W_k| = 3mgh - \frac{mu^2}{2} \approx 34 м (ж).$$

496. Оддий механизмнинг (чиғир, полиспаст, домкрат ва ҳоказо) тузилишини кўрмай туриб, кучдан ютишни қандай аниқлаш мумкин? Ишқаланишни назарга олманг.

Жавоби. Механизмнинг учларидаги куч қўйилган нуқталар босиб ўтган йўллarning нисбатини топиш керак.

497 (э). Бундан аввалги масаланинг ечимидан фойдаланиб, мактаб гидравлик прессининг кучдан қандай ютуқ беришини аниқланг. Пресс дастасининг рычаг сифатида таъсир қилишини назарда тутинг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

498. Блоклар ёрдамида 50 кг массали юк $h = 10 м$ баландликка кўтарилди. 300 н куч билан тортилаётган арқоннинг учи $s = 20 м$ масофага кўтарилади. Блокларнинг мумкин бўлган схемасини чизинг ва уларнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Ечилиши. Бу блоклардан фойдаланганда масофадан икки марта ютқазилади ($20 \text{ м} : 10 \text{ м} = 2$), бинобарин, битта қўзғалувчан блокдан фойдаланилади.

$$\eta = \frac{A_{\text{фой}}}{A_{\text{сарф}}} \cdot 100 \% = \frac{500 \text{ н} \cdot 10 \text{ м}}{300 \text{ н} \cdot 20 \text{ м}} \cdot 100 \% \approx 83 \%$$

499. Дастасининг узунлиги $R = 0,4 \text{ м}$ ва винт қадами $h = 0,5 \text{ см}$ бўлган домкратнинг дастасига $F_2 = 90 \text{ н}$ куч билан таъсир қилинса, у қандай F_1 кучга эришади? Домкратнинг фойдали иш коэффициенти $\eta = 55 \%$.

Ечилиши. Дастанинг бир марта айланиши учун

$$\eta = \frac{A_{\text{фой}}}{A_{\text{сарф}}} \cdot 100 \% = \frac{F_1 h}{2\pi \cdot R \cdot F_2} \cdot 100 \%,$$

бундан

$$F_1 = \frac{\eta \cdot 2\pi R F_2}{h \cdot 100 \%} = \frac{55 \% \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 90 \text{ н}}{0,005 \text{ м} \cdot 100 \%} = 25000 \text{ н}.$$

3. Суюқликлар ва газларнинг ҳаракати

Бу тема бўйича [гидростатикани (6- боб) қисқача такрорлагандан сўнг] дастлаб суюқлик ва газларнинг сиқилувчанлиги ва қовушоқлигини назарга олмай, уларнинг ҳаракатига доир масалаларни ечиш керак. Суюқликларнинг оз сиқилувчанлиги ўқувчиларга маълум. Сув, керосин, бензин, спирт сингари суюқликларнинг қовушоқлиги (ички ишқаланиши) кам бўлишини ўқувчилар турмуш тажрибаларидан биладилар. Газларнинг ички ишқаланиши суюқликларникидан ҳам оз. Газларнинг кичик босим фарқи туфайли юзага келадиган секундига ўнлаб метр тезлик билан ҳаракатланишларидаги сиқилувчанлигини назарга олмаса ҳам бўлади.

Масалалар ечишда қуйидаги тенгламалардан фойдаланилади: оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси $Sv = \text{const}$ ёки $\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$;

Бернулли тенгламаси

$$\rho g h + p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}, \text{ ёки}$$

$$\rho g h_1 + p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \rho g h_2 + p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}.$$

Бу тенгламани энергия сақланиш қонунининг хусусий ҳоли сифатида қаралади.

VIII синфда асосан суюқлик ёки газларнинг горизонтал оқиши ҳақидаги масалалар ечилади. Бернулли тенгламаси бу ҳол учун қуйидаги кўринишни олади:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const},$$

бу ерда p — статик босим, $\frac{\rho v^2}{2}$ — эса динамик босим.

Масалалар ечишда суюқликнинг $Q = \rho S v$ формула бўйича топиладиган ҳар секунддаги сарфи ҳақидаги тушунча, шунингдек, суюқлик ҳажми $V = S v$ ҳақидаги тушунчани кириш фойдалидир.

Охирида суюқлик ва газларнинг қатламлари орасидаги ички ишқаланишни назарга олиш зарур бўлган ҳодисаларга доир масалалар, шунингдек, уларнинг ўзлари оқашган жисмлар сиртига ишқаланишни назарга олинadиган масалалар ечилади.

Юқорида айтилганларга мувофиқ, типик масалаларга суюқликнинг оқим тезлиги ва сув сарфини аниқлаш; оқим қуввати, динамик, статик ва тўла босимни ҳисоблаш; сув оқимли насоснинг, самолёт тезлигини ўлчайдиган асбобнинг ишлашини тушунтириш; суюқликларнинг трубаларда ҳаракатланишида ва ҳаракатланаётган жисмни айланиб ўтишида ишқаланишнинг ролини аниқлаш; самолёт қанотининг кўтариш кучини тушунтириш ва ҳисоблашга доир масалалар киради.

500. Дарёнинг оқим тезлиги қаерда катта: дарёнинг кенг ва чуқур қисмидами ёки унинг тор ва саёз қисмидами?

501. Нима учун брандспойтнинг тешиги у уланган шланг диаметридан кичик диаметрли қилиб тайёрланади?

500- ва **501-** сифатга оид масалаларни ечишда $\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$ формуладан фойдаланилади ва бу формулага кўра оқимнинг кўндаланг кесим юзи қанча катта бўлса, унинг тезлиги шунча кичик бўлади деб хулоса қилинади. Оқим тезлигини орттириш учун унинг кўндаланг кесим юзини камайтириш керак. Масалан, сув оқимининг узоқ масофага бориб етишини таъминлаш мақсадида брандспойтда шундай қилинади.

502 (э). Тажрибада водопровод жўмраги тешиги олдидаги сув оқими тезлигини аниқлаш ва жўмрак уланган трубадаги сув оқими тезлигини ҳисоблаш. (Одатда жўмрак уланадиган „ярим дюмли“ трубанинг D диаметрини 1,27 см га тенг деб олинади.)

Ечилиши. Жўмрак тешиги олдидаги сув оқими тезлиги v_1 ни шундай аниқлаймиз: 1 сек ичида сув зарраси сои жихатидан v га тенг бўлган йўлни ўтади. Бир секундда оқиб чиқувчи сувнинг ҳажми $V_1 = v_1 S_1 = v_1 \frac{\pi D_1^2}{4}$, бу ерда D_1 — жўмрак тешигининг диаметри. Бирор маълум ҳажмли идишнинг сув билан тўлиши учун кетган t вақтни аниқлаб оламиз. У ҳолда $V = v_1 \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot t$, бунда $v_1 = \frac{4V}{\pi D_1^2 t}$.

Тажрибаларнинг бирида шундай натижа олинган:

$$V = 2\text{ л} = 2 \cdot 10^3 \text{ см}^3; D_1 = 9 \text{ мм} = 0,9 \text{ см}; t = 15 \text{ сек.}$$

$$v_1 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ см}^3}{3,14 \cdot (0,9 \text{ см})^2 \cdot 15 \text{ сек}} \approx 2 \cdot 10^2 \frac{\text{см}}{\text{сек.}}$$

Жўмракка келиб уланадиган трубадаги сувнинг оқим тезлиги v_2 ни қуйидаги пропорциядан топамиз:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}; \quad v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2} = \frac{v_1 \frac{\pi D_1^2}{4}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{v_1 D_1^2}{D^2} = 1 \cdot 10^2 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

503. Куйбишев ГЭС турбинасининг ишчи ғилдираги орқали 1 сек да 700 м^3 сув 25 мм сим. уст. босими остида ўтади. Турбинанинг фойдали иш коэффициенти 90% га тенг деб олиб, унинг қувватини аниқланг (39, № 400).

Ечилиши. Турбина ишлаганда сувнинг 90% потенциал энергияси электр энергияга айланади. Секундига сарф бўладиган энергияни $W_n = mgh$ формуладан аниқлаймиз, бу ерда $m = \rho V$ — турбинадан 1 сек да оқиб ўтадиган сувнинг массаси.

Турбинанинг қуввати

$$P = \rho V g h \cdot 0,9 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 700 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 25 \text{ м} \cdot 0,90 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ кВт}.$$

564* (э). Агар идишдаги сувнинг сатҳи ундаги тешикдан $h = 0 \text{ см}$ баландда бўлса, сув оқимининг тешикдан оқиб чиқиш тезлигини ҳисобланг ва тажрибада аниқланг.

Ечилиши. Юқори сатҳдаги ва тешик сатҳидаги суюқлик учун Бернулли тенгламасини ёзамиз. Бунда суюқликка $p_{\text{атм}}$ атмосфера босими таъсир қилишини назарга оламиз.

$$\rho g h_1 + p_{\text{атм}} + \frac{\rho v_1^2}{2} = \rho g h_2 + p_{\text{атм}} + \frac{\rho v_2^2}{2}.$$

Тешик сатҳини нолинчи сатҳ деб қабул қиламиз: $h_2 = 0$. Шунингдек, $v_1 \ll v_2$ эканини ҳам ҳисобга оламиз.

У ҳолда тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2}.$$

Бу формуланинг суюқлик масса бирлиги учун энергиянинг сақланиш қонунининг математик ифодаси эканига ўқувчилар диққатини жалб қилиш керак: h_1 баландликдаги потенциал энергия $h = 0$ сатҳдаги кинетик энергияга тенг,

$$v_2 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \cdot 980 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot 10 \text{ см}} \approx 140 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

Суюқликнинг тешикдан оқиб чиқиш тезлиги худди h_1 баландликдан эркин тушаётган жисмнинг тезлиги сингари бўлади (Торричелли теоремаси).

Тевшириш. v_2 нинг қийматини оқимнинг бориб етиш узоқлигидан топиш мумкин: $v_2 = \frac{s}{t} \cdot t$ вақтин $h = \frac{gt^2}{2}$ форму-

ладан аниқлаймиз, бу ерда h — оқимнинг бориб тушган нуқта-
тасидаги сатҳдан тешикнинг баландлиги:

$$v_2 = \frac{s}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

Тажрибалардан бирида $h = 7,5$ см бўлганда, $s = 17$ см экан-
лиги топилган эди. Бинобарин, тезликнинг қиймати

$$v_2 = \frac{17 \text{ см}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 7,5 \text{ см}}{980 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}}} \approx 140 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

бўлиши керак, бу қиймат юқорида олинган жавобга тўғри
келади.

505 (э). Бир варақ қоғознинг бир бурчагидан вертикал
вазиятда ушлаб туриб, найчадан аввал унга перпендикуляр,
сўнгра эса унинг сирти бўйлаб ҳаво оқимини йўналтиринг.
Ҳар бир ҳолда қоғоз варағи қайси томонга ва нима учун
оғади?

Ж а в о б и. Биринчи ҳолда ҳаво оқимини қоғоз варағи тўх-
тади ва Бернулли қонуни $p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$ га кўра p босим
 $\frac{\rho v^2}{2}$ катталиқка ортади. Варақ ҳавонинг ҳаракат йўналишида
оғади. Иккинчи ҳолда варақнинг бир томонида босим атмос-
фера босимидан $\frac{\rho v^2}{2}$ катталиқка кам ва шунинг учун варақ
ҳаво оқимига қараб тортилади.

506. $\frac{\rho v^2}{2}$ катталиқнинг ўлчамлиги босимнинг ўлчамлиги
сингари эканини кўрсатинг.

507. 505- масаланинг шартига кўра, агар ҳавонинг тезлиги
 $v = 50$ м/сек бўлса, ҳаво оқимидаги босимнинг атмосфера бо-
симидан қанча кам бўлишини ҳисобланг.

Е ч и л и ш и. Оқимдаги босим атмосфера босимидан қуйи-
даги катталиқка кам:

$$\frac{\rho v^2}{2} = \frac{1,29 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \left(50 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2} = 1,6 \cdot 10^3 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}$$

Олинган жавобдан, секундига ўнлаб метр тезликларда ҳаво
оқимидаги босим атмосфера босимидан унчалик фарқ қилмас-
лигини кўраимиз. Бироқ, агар юз катта бўлса, босим кучи катта
қийматларга эришиши мумкин.

Бу ҳолда ҳар 1 м^2 га 1690 н куч таъсир қилиши ечимдан
кўриниб турибди.

508. Учиш вақтида самолётнинг қаноти остидаги босим
 $9,78 \cdot 10^4 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}$, қанотнинг устида эса $9,67 \cdot 10^4 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}$. Қанотларнинг

юзи 20 м^2 . Агар атака бурчаги 0° га тенг бўлса, кўтариш кучини аниқланг.

Ечилиши. Босимлар фарқи $\Delta p = 1,1 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$. Қанотнинг пастки сирти горизонтал бўлгани учун (атака бурчаги 0°), босим кучи вертикал юқорига йўналган ва кўтариш кучига тенг дейиш мумкин.

$$F = \Delta p S = 1,1 \cdot 10^3 \frac{\text{н}}{\text{м}^2} \cdot 20 \text{ м}^2 = 2,2 \cdot 10^4 \text{ н.}$$

509. Ҳавонинг тезлигини 131-расмда кўрсатилган асбоб ёрдамида ўлчаш мумкин. Агар манометрдаги сув сатҳларининг фарқи $h = 65 \text{ см}$ бўлса, ҳавонинг тезлиги қандай?

Ечилиши. Манометрнинг Пито найи билан уланган ўнг тирсагидаги босим ҳаво оқимининг тўла босимига тенг, чап тирсагидаги босим эса у зонд билан уланган бўлгани учун статик босимга тенг. Бернулли қонунига мувофиқ

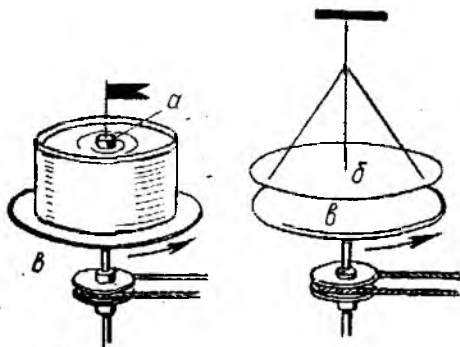
$$p_{\text{ст}} + \frac{\rho V^2}{2} = p_{\text{тўла}}, \quad p_{\text{тўла}} - p_{\text{ст}} = \frac{\rho v^2}{2},$$

бундан

$$v = \sqrt{\frac{2(p_{\text{тўла}} - p_{\text{ст}})}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\rho_1 g h}{\rho}} =$$

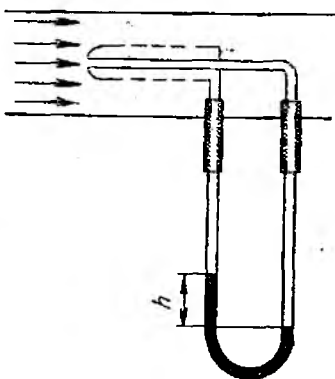
$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 0,65 \text{ м}}{1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = 110 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Масаланинг ечилишига асосланиб, бу асбобнинг ишлаш принципи самолётларнинг учиб тезликларини аниқлашда шлатилишини ўқувчиларга айтиб ўтиш керак.



132- расм.

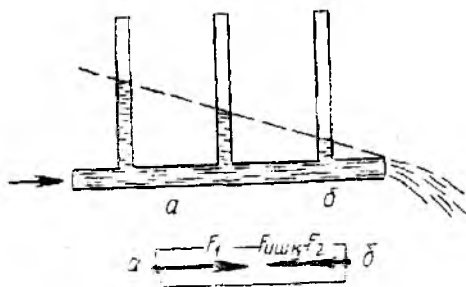
133- расм.



131- расм.

510. Агар 132- ва 133-расмдаги θ столча стрелка билан кўрсатилган йўналишда айлана бошласа, сувли идишдаги a пўкак (132- расм) ва b диск (133- расм) қайси томонга айлана бошлайди? Бу ҳодисани тушунтириб беринг.

Жавоби. Ишқаланиш кучи таъсирида пўкак ва диск столча айланган йўналишда айланади.



134- расм.

511. Кесим юзи бир хил бўлган узун горизонтал трубадан оқаётган сувда статик босим 134-расмда кўрсатилгандек камаяди. Трубанинг ҳамма жойида оқим тезлиги бир хил-ку, бу Бернулли қонунига зид эмасми?

Жавоби. Ички ишқаланиш қанча кам бўлса, Бернулли тенгламаси шунча аниқ бажарилади.

Бу ҳолда ишқаланишни назарга олмаслик мумкин эмас. Суюқликнинг ab ҳажмига, тажрибадан кўриниб турганидек, чап томондан ўнг томондан таъсир қиладиган F_2 босим кучидан катта бўлган F_1 босим кучи таъсир қилади. Бироқ суюқлик текис ҳаракатланмоқда, шунинг учун унга Ньютоннинг биринчи ва иккинчи қонунига мувофиқ мувозанатловчи кучлар таъсир қилиши керак, яъни чап томонга қараб ҳаракатга тескари таъсир қилувчи куч мавжуд бўлиши керак. Бу куч $F_{\text{ишқ}}$ ишқаланиш кучидир. $F_1 = -F_{\text{ишқ}} - F_2$.

512. Суюқликнинг зичлиги қанча катта бўлса, унинг қовушоқлиги шунча катта бўлади, деб тасдиқлаш мумкинми? Ярми сув, ярми машина мойи билан тўлдирилган шиша найга пўлат шарча тушириб, унинг ҳаракатини кузатинг ва жавобингизни текширинг (21, № 767).

Жавоби. Қовушоқлик (ишқаланиш кучи) суюқлик турига боғлиқ. Машина мойи, масалан, автолининг қовушоқлиги сувнинг қовушоқлигидан катта, зичлиги эса кичик.

513*. v тезлик билан ҳаракатланувчи жисмга таъсир қилувчи ҳавонинг қаршилик кучи $F = kSv^2$ формуладан ҳисобланади, бу ерда S — пешона қаршилик юзи, k — ҳавонинг суйрилик коэффициентини.

Нима учун F куч S ва v^2 га пропорционал бўлишини тусунтиринг. $v = 72 \text{ км/соат}$ тезлик билан ҳаракатланаётган суйри пойга автомобили, кажавали мотоциклга таъсир қилувчи ҳавонинг қаршилик кучини ҳисобланг. Мас ҳолда $k_a = 0,1 \text{ н} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^4$; $k_m = 0,8 \text{ н} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^4$; $S_a = 1,5 \text{ м}^2$; $S_m = 1 \text{ м}^2$ деб олинг.

Ечилиши. Ҳаракат вақтида автомобилга ҳавонинг кузовга ишқаланиш кучи $F_{\text{ишқ}}$ ва F пешона қаршилик кучи таъсир қилади. $F_{\text{ишқ}} \ll F$. Бернулли қонунига кўра пешона қаршилик кучи автомобиль тўхтаганда ёки тормозланганда унинг кузови олдида ҳосил бўладиган динамик босимга боғлиқ бўлади. Шунинг учун F куч тезлик квадратига ва S юзга пропорционал бўлади.

$$F_a = k_a S_a v^2 = 0,1 \frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4} \cdot 1,5 \text{ м}^2 \cdot \left(20 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 = 60 \text{ н}.$$

$$F_m = 0,8 \frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot \left(20 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 = 320 \text{ н}.$$

Бу масала мисолида ҳаво қаршилигининг камайиши учун жисмнинг суйри шаклда бўлиши қандай аҳамиятга эгаллиги кўриниб турибди. $S_a > S_m$ бўлишига қарамай, F_m куч F_a дан 5 мартадан кўпроқ катта.

514. Қанотининг юзи 20 м^2 бўлган самолётнинг кўтариш кучи ва пешона қаршилигини аниқланг. Самолёт қаноти остидаги босими 10 н/см^2 , қаноти устидаги босим $9,9 \text{ н/см}^2$, пешона қаршилиқ эса кўтариш кучидан 20 марта кам.

Ечилиши. Кўтариш кучи

$$F_1 = \Delta p S = \left(10 \frac{\text{н}}{\text{см}^2} - 9,9 \frac{\text{н}}{\text{см}^2}\right) \cdot 20 \cdot 10^4 \text{ см}^2 = 2,0 \cdot 10^4 \text{ н}.$$

Пешона қаршилиқ

$$F_2 = \frac{1}{20} F_1 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ н}.$$

Бу масала мисолида ҳозирги замон винтли самолётларининг атака бурчаги $3 - 8^\circ$, винтнинг тортиши эса самолёт оғирлигидан ёки кўтариш кучидан тахминан 10 марта кам эканини ўқувчиларга айтиш керак. Шунинг учун F_1 ва F_2 кучларининг F тенг таъсир этувчиси юқори йўналган бўлиб, вертикал билан катта бўлмаган α бурчак ташкил қилади.

Бу масалада $\text{tg } \alpha = \frac{1}{20} = 0,05 \cdot \alpha \approx 3^\circ$.

ГАЗЛАР КИНЕТИК
НАЗАРИЯСИНING АСОСЛАРИ

Модда тузилишининг молекуляр-кинетик назарияси бу бўлимнинг асоси ҳисобланади. Шунинг учун бошлаб атом ва молекулаларнинг хусусиятлари ҳақидаги масалалар ишланади.

Газлар кинетик назариясининг асосларига онд масалалар танлаш ва ечиш методикаси кўп жиҳатдан материални ўрганиш тартиби ва методига боғлиқ бўлади. Янги программага мувофиқ, бу материал асосан дедуктив метод билан ўрганилади: газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси марказий ўрин эгаллайди, ундан газларнинг ҳолат тенгламаси келтириб чиқарилади, газ қонунлари эса унинг хусусий ҳоллари сифатида қаралади.

Шунга мувофиқ, масала ечишда даставвал газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси ва Клапейрон—Менделеев тенгламасидан фойдаланиш керак. Бу тенгламалар IX синфда молекуляр физикани ўрганишда кенг қўлланилади, шунинг учун бу темага тегишли масалаларга алоҳида эътибор бериш керак бўлади.

1. Молекуляр-кинетик назария
асослари

Молекулалар ва уларнинг хусусиятлари ҳақида ўқувчилар билган маълумотларни қайтариш ва чуқурлаштириш учун аввало 4- бобда қараб чиқилган масалаларга ўхшаш масалалар ечилади, бунда ўқувчиларнинг VII—VIII синфларда олган билимларини ҳисобга олиш керак бўлади. Сўнгра асосий эътибор микродунёни ўрганиш методлари ва унинг қонуниятлари ҳақида тушунча берадиган масалаларга қаратилади.

Масала ишлашда ўқувчиларни Авогадро, Гей-Люссак, Дальтон, Ломоносов ишлари ва ғоялари билан, микродунё қонуниятларини ўрганиш учун броун ҳаракати билан, молекулалар тезлигини ҳозирги замон усулларида аниқлаш (Штерн тажрибаси) билан таништириш, молекулаларнинг массаси ва ўлчамларини аниқлаш усуллари ҳақида тушунча бериш мумкин ва ҳоказо.

Молекуляр-кинетик назарияга оид масалаларни ўқувчилар химия дарсларида ҳам ишлайдилар. Шу сабабли бу ерда модданинг молекуляр тузилиши ҳақида чуқур ва мустаҳкам тушунчалар ҳосил қилиш мақсадида химиявий қонунлардан жуда ҳам яхши фойдаланиш учун физика ва химия дарсларини жуда ҳам пухта қилиб боғлаш керак бўлади. Жумладан, физика дарсларида қатор „химиявий“ масалалар (№ 515–519) ишлаш, химия дарсларида эса „физика“ масалаларини ечиш фойдали ҳисобланади. Бундай ўзаро боғланиш ўқувчиларга айни бир фактга турли нуқтан назардан қарашга, демак уларни яхшироқ ўзлаштиришга имконият яратиб беради.

515. 1811 йилда Авогадро бир хил шаронгтаги (температура ва босим) ҳажми бир хил бўлган ҳар қандай газларда молекулалар сони бир хил бўлади, деган гипотезани айтди. Бу гипотезадан ва сув молекуласи формуласидан фойдаланиб, босими ва температураси шундай бўлган 2 л буғ (сув буғи) ҳосил қилиш учун олинadиган водород ва кислород ҳажми қанча бўлишини аниқланг.

Ечилиши. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$. Икки молекула сув ҳосил қилиш учун икки молекула водород ва бир молекула кислород кераклиги бу тенгламадан кўриниб туради. Авогадро гипотезасидан бир хил шаронгта газларнинг ҳажми молекулаларнинг сонига пропорционал эканлиги келиб чиқади. (Баравар ҳажмлардаги молекулалар сони бир хил бўлиб, масалан, икки марта катта бўлган ҳажмда икки марта кўп молекула бўлади.) Демак, 2 л сув буғи ҳосил қилиш учун 2 л водород ва 1 л кислород олиш керак.

Кейинги текширишлар Авогадро гипотезасининг тўғри эканлигини тасдиқланганлигини ўқувчиларга айтиш керак.

516. 1808 йилда Гей-Люссак химиявий реакцияга киришган газ ҳажмларининг нисбати оддий бутун сонлар билан ифодаланишини кашф этади. Авогадро гипотезасидан фойдаланиб, бу қонундан мураккаб модда молекуласининг тузилиши ҳақида қандай тахмин қилиш мумкин? Жавобингизни мисол билан тушунтиринг.

Жавоби. Авогадро гипотезасига асосан, молекулалар сони газларнинг ҳажмига пропорционал. Модомики шундай экан, мураккаб модда молекуласи ҳосил бўлиши учун ҳар доим оддий модда молекулаларидан (атомларидан) маълум сони керак бўлади, деб тахмин қилиш мумкин. Шундай қилиб, бир модданинг майда зарралари (молекулалари, атомлари) ҳар доим бошқа модда молекулалари (атомлари) билан маълум тарзда бирикишади (химиявий таркибининг ўзгармаслик қонуни). Масалан, 1 л H_2 водород билан 1 л хлор реакцияга киришади ($\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$). Олдинги масалада кўрганимиз каби, 2 л водород билан 1 л кислород реакцияга киришади ва ҳоказо.

517. Дальтон қаррали нисбатлар қонунини топди. Бу қо-

нунга мувофиқ, икки элемент бир неча бирикма ҳосил қилса, у ҳолда массасининг катталиги ўзгармас бўлган бир элемент иккинчисининг шундай миқдорлари билан бирикишадики, уларнинг ўзаро нисбатлари унча катта бўлмаган бутун сонларни ифодалайди. Бунга қараб мураккаб модданинг молекуляр тузилиши ҳақида қандай тахмин қилиш мумкин? Жавобни химиявий формулалар билан тушунтириб беринг.

Ж а в о б и. Бу ҳодисанинг сабаби шундаки, бир элементнинг аини бир миқдордаги атомлари бошқа элементнинг бутун сон орқали ифодаланган атомлари билан бирикишади.

Мисоллар: а) HO , H_2O ; б) C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 ; в) NO , N_2O_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 .

518. Газлар зичлиги жадвалидан фойдаланиб, H_2 водород молекуласининг массаси O_2 кислород молекуласининг массасидан қанча марта кичик эканлигини кўрсатиб беринг.

Е ч и л и ш и. Нормал шароитда водороднинг зичлиги $\rho_{\text{вд}} = 0,90 \text{ кг/м}^3$, кислородники $\rho_{\text{к}} = 1,43 \text{ кг/м}^3$.

Тенг ҳажмли газларда молекулалар сони бир бўлганлиги учун,

$$\frac{\rho_{\text{к}}}{\rho_{\text{вд}}} = \frac{1,43 \text{ кг/м}^3}{0,90 \text{ кг/м}^3} \approx 161.$$

519. Массанинг атом бирлиги (м. а. б.) сифатида углерод атоми массасининг $1/12$ қисмини қабул қилиб, фтор атоми-нинг массасини килограммларда ҳисоблаб чиқаринг.

Е ч и л и ш и. Массанинг атом бирлиги (м. а. б.) қийматини килограммда ҳисоблаймиз. $1 \text{ м. а. б.} = \frac{\nu_{\text{с}}}{12 N}$, буида $\nu_{\text{с}}$ — углерод килограмм-атомининг массаси, N — Авогадро сони. Ҳозирги вақтда $\nu_{\text{с}} \approx 12$ деб қабул қилингани учун

$$1 \text{ м. а. б.} = \frac{1 \text{ кг}}{6,2 \cdot 10^{26}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

М. а. б. нинг бу қиймати² ўқувчилар ўз жадвалларига ёзиб қўйишлари керак. Исталган элемент атомининг массасини топиш учун бу сонни элементнинг атом массасига кўпайтириш керак:

$$m_{\text{F}} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 18,9984 = 32 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

520 (э). Молекулалар бир қатлам бўлиб жойлашади деб фараз қилиб, сув юзига ёйилган ёғ доғидаги ёғ молекуласининг ўлчамини аниқланг.

¹ Одатда ўқув қўлланмаларида келтириладиган жадвалларда модда зичлигининг қийматлари табиатда учрайдиган изотоплар аралашмаси учун берилади. Бу масалани ўқувчилар билан X сифининг олиридаги қайтаришда аниқлаб олиш керак бўлади.

² Аниқроғи бу бирлик массанинг унификацияланган атом бирлиги (у. м. а. б.) бўлиб, у массанинг илгари қабул қилинган атом бирлиги, яъни O^{16} кислород изотоги атоми массасининг $1/16$ қисми ўрнига киритилган.

Ечилиши. Қатламнинг қалинлиги $h = \frac{V}{S} = \frac{m}{\rho S} = \frac{4m}{\rho \pi D^2}$,
 бунда V — ёғ томчисининг ҳажми, m — массаси ва ρ — зичли-
 ги, S ва D мос равишда доғнинг юзи ва диаметри.

Томчи массасининг ўртача қийматини олдиндан тарозида
 аниқлаб қўйишни бир гуруҳ ўқувчиларга топшириқ қилиб бе-
 риш мумкин. Доғнинг диаметри дарса осонгина ўлчаб топи-
 лади. Томчининг ҳажми $0,001 \text{ см}^3$ дан катта бўлмаслиги ке-
 рак, акс ҳолда доғнинг сирти жуда катта бўлиб кетади.
 Доғни яхши кўринадиган қилиш учун идишдаги (фотография
 кюветаси, аквариум, жомдаги) сув сиртига ликоподий ёки май-
 да пўкак қириндиси сепилади. Учига диаметри $0,2 \text{ мм}$ бўлган
 қармоқ ипининг бир бўлаги қўйилган пипетка¹ ёрдамида ки-
 чик ёғ томчиси ҳосил қилинади-да, бу томчи сув сиртига ту-
 ширилади; бунда ликоподий бирдан идишнинг четига қараб
 сурилади, ўртада эса деярли доира шаклида ёғ доғи ҳосил
 бўлади. Доғнинг диаметрини ўлчаб бўлиб, h ни ҳисоблашга
 киришилади.

Тажрибалардан бирининг натижасида қуйидаги маълумот-
 лар² олинган: томчи массасининг ўртача қиймати $m = 0,022 \text{ мг}$;
 доғнинг диаметри $D = 27 \text{ см}$; ёғнинг зичлиги $\rho = 0,90 \text{ г/см}^3$.

Бу миқдорларни формулага қўйиб, $h = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ экани
 топилади. $h = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ қийматини ҳали тўлиқ ишонч билан
 молекула диаметрининг катталиги сифатида қабул қилиш мум-
 кин эмас, чунки биз қатламда молекулалар қандай жойлаш-
 ганлигини аниқ билмаймиз. Лекин молекуланинг диаметри h
 дан катта эмас, деб ҳисоблаш мумкин.

521. Сув молекуласининг чизиқли ўлчамларини аниқланг.

Ечилиши. Сувнинг формуласи H_2O . Водороднинг атом
 оғирлиги $1,0080 \approx 1$, кислородники (O^{16} изотопи) эса $15,9949 \approx 16$.
 Шунинг учун бир киломоль сувнинг массаси тахминан $m_0 \approx$
 $\approx 18 \text{ кг}$, ҳажми эса $V_0 \approx 0,018 \text{ м}^3$. Молекуланинг ҳажми

$$V_1 = \frac{0,018 \text{ м}^3}{6,02 \cdot 10^{23}} \approx 3 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3.$$

Молекулалар зич жойлашганлиги туфайли, уларнинг бир-
 бири ўртасидаги оралиқларни ҳисобга олмай, молекуланинг
 чизиқли ўлчамини тахминан аниқлаймиз:

$$d \approx \sqrt[3]{3 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ см},$$

яъни сув молекуласининг чизиқли ўлчамлари ҳам ёғ молеку-
 ласининг (№ 520) ўлчамлари билан бир тартибда бўлиб, таж-
 рибага оид масалада бажарилган ҳисобларнинг тўғрилигини
 билвосита тасдиқлайди.

¹ В. Д. Шевелкин. Экспериментальная оценка размеров молекул,
 „Физика в школе“, 1962, № 4.

² Р. Гирке и Г. Шпрокхоф. Эксперимент по курсу элементар-
 ной физики, ч. 2, Учпедгиз, 1959, 189-бет.

522. Олтин¹ атоми (молекуласи)нинг тахминий ўлчамлари-ни ҳисоблаб топинг.

Ечилиши. $\rho = 197$. Килограмм-атом ҳажми $V_0 = \frac{\mu}{\rho}$. Атомнинг ҳажми $V_1 = \frac{\mu}{\rho N}$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{197 \text{ кг}}{19300 \text{ кг/м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{26}}} \approx 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ см.}$$

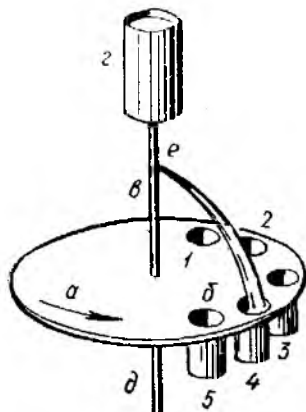
Шундай қилиб, олтин молекуласи ҳам сув молекуласи (№ 521) сингари, 10^{-8} см тартибдаги чизиқли ўлчамга эга экан.

523. Броун зарралари қанчалик катта бўлса, уларнинг ҳа-отик ҳаракати тезлиги шунчалик кичик бўлади. Нима учун шундай бўлади?

Жавоби. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан, массаси m бўлган зарранинг молекулалар тўқнашувидан олган тезла-ниши $a = \frac{F}{m}$ бўлади, бунда F — барча молекулалар тўқнашу-вининг натижаловчи кучи. Зарралар қанчалик йирик бўлса, уларга молекулаларнинг турли томондан кўрсатадиган таъсир кучи шунчалик кўпроқ ўзаро компенсациялашади. Бундан ташқари, зарраларнинг массаси катта бўлгани туфайли улар кам “қўзғалувчан” бўлиб қолади.

524. Денгиз сувида нисбатан кўп миқдорда олтин бўлади (1т сувга 5 мг олтин тўғри келади). Олтин энг оғир метал-лардан бири бўлса-да, нима учун $10^{-7} - 10^{-5}$ см ўлчамли олтин зарралари денгиз тубига чўкмайди?

Жавоби. $10^{-7} - 10^{-5}$ см ўлчамли олтин зарралари кат-талиги жиҳатидан сув молекулалари (№ 522) сингари бўлади. Сув молекулаларининг тўқнашувидан олтин зарралари катта тезланиш (№ 523) ва тезлик олади ва бир йўналишда пастга қараб ҳаракатланмай, балки турли йўналишларда тартибсиз ҳаракат қилади.



135- расм.

525 (э). 135- расмда a диск ва b найчадан иборат асбоб кўрсатилган; дискка b стаканчалар ўрнатилган бў-либ, c найча g идиш тубига кавшар-лаб қўйилган. Асбобни d шток ёрда-мида марказдан қочирма машинага маҳкамлаш мумкин. g идиш лиммо-лим қилиб сувга тўлдирилади, ундан сув e тешик орқали ўртадаги b_3 ста-канчага ингичка жараён тарзида оқиб тушади. Асбобни айлантириб, сув жа-раёнини, масалан, b_4 стаканга туша-

¹ Металларнинг, молекуласи бир атом-лидир.

диган қилиш мумкин. Сувнинг e тешикдан оқиб чиқиш тезлигини бу асбоб билан қандай қилиб аниқлаш мумкин?

Ечилиши. Сув жараёнининг R радиус бўйлаб қилган ҳаракатига кетган t_1 вақтни b_3 стаканчанинг b_4 стаканча ўрнига силжишига кетган t_2 вақтга тенглаштириб, жараён тезлигининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлаш мумкин:

$$t_1 = \frac{R}{v_2}; \quad t_2 = \frac{s}{v_0}; \quad \frac{R}{v_2} = \frac{s}{v_0}; \quad v_2 = \frac{Rv_0}{s} = \frac{2\pi R^2 n}{s}.$$

Тажрибалардан бирида қуйидаги маълумотлар олинган эди. $R = 17$ см, $s = 7$ см ва $n = 0,53$ $\frac{\text{айл}}{\text{сек}}$ бўлганда $v_2 = 140$ $\frac{\text{см}}{\text{сек}}$ эканлиги ҳисоблаб топилган.

Текшириш. 504- масалага қаранг.

Бу масала ўқувчиларни молекулаларнинг тезлигини аниқлашга оид Штерн тажрибасини тушунишга тайёрлаш учун ечилади. Моделнинг ғояси акад. Г. С. Ландсберг таҳрири остида чиққан „Элементар физика дарслиги“ дан олинган.

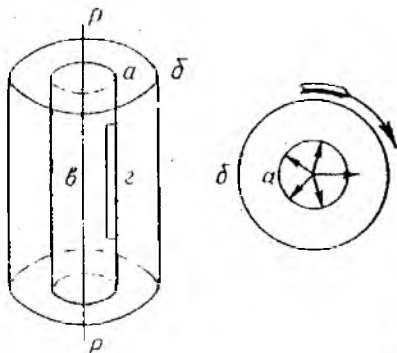
526. Молекулалар тезлигини аниқлаш мақсадида Штерн қуйидаги тажрибани ўтказди. Ичидан ҳавоси сўриб олинган (юқори вакуум ҳосил қилинган) a ва b цилиндрларнинг (136- расм) ўқи бўйлаб устига кумуш қатлами юритилган δ платина сим тортилган. Сим ток билан қиздирилганда буғланиб чиқаётган кумуш атомлари z тирқиш орқали ўтиб, b цилиндрга ўтириб қолади. Цилиндрларнинг радиусларини, уларнинг айланишидаги бурчак тезлиги ва молекуляр дастанинг силжишини билган ҳолда, кумуш молекулаларининг ўртача ҳаракат тезлигини қандай қилиб ҳисоблаш мумкин?

Ечилиши. Молекулаларнинг тирқишдан цилиндрга боришига кетган вақт цилиндрнинг Δs масофага силжишига кетган вақтга тенг:

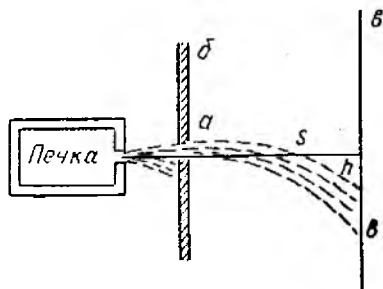
$$t = \frac{R-r}{c} = \frac{\Delta s}{\omega R}, \quad \text{бундан}$$

$$c = \frac{\omega R(R-r)}{\Delta s}.$$

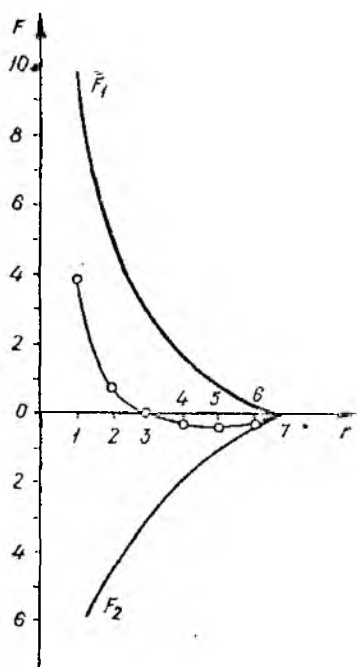
527. Штерн молекулаларнинг тезлигини аниқлаш учун ўтказган тажрибалардан бирида ҳавоси сўриб олинган (137- расм) идиш ичига жой-



136- расм.



137- расм.



138- расм.

лаштирилган печкада ҳосил қилинган цезий бугидан фойдаланди. б экрандаги а тирқиш бўғ жараёнидан горизонтал ҳолда учиб чиқувчи атомларнинг ингиичка дастасини ажратади. Тирқишдан атомлар қайд қилинган *ss* текисликкача бўлган *s* масофани ва оғирлик кучи таъсирида дастанинг *h* оғишини билган ҳолда, бу тажрибада цезий атомларининг ўртача тезлигини қандай қилиб ҳисоблаб чиқариш мумкин?

Ечилиши. Атомларнинг бошланғич тезлиги $v = \frac{s}{t}$. Ҳаракат вақти $h = \frac{gt^2}{2}$ тенгламадан топилади, демак $v = \frac{s}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$.

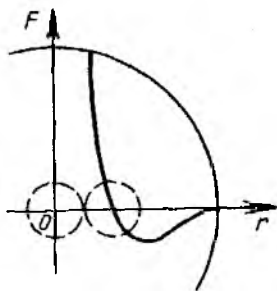
528. 138- расмда F_1 итариш кучи ва F_2 тортишиш кучининг молекулалар орасидаги *r* масофага боғланишининг тахминий графиги кўрсатилган. Молекулалар орасидаги масофа яқин бўлганда

кучлардан қайси бири устунлик қилади? Бу масофа катта бўлганда-чи? Тортишиш кучи билан итариш кучи мувозанатлашадиган ҳолдаги масофани *Or* ўқида кўрсатинг. F_1 ва F_2 кучлар тенг таъсир этувчисининг молекулалар орасидаги масофага (21, № 588) боғлиқ ҳолда ўзгариш графигини чизинг.

Ечилиши. Ўқувчилар графикларни диққат билан яхшилаб чизиб олишлари керак, бундаги масштабни чизмалар дафтар варағининг камида ярмини эгаллайдиган қилиб олиш лозим. Координата ўқларида куч ва масофанинг шартли birlikлари кўрсатилади. О1 масофада таъсир этувчи кучлар қараб чиқилади. Итариш кучи $F_1 = 10$ бирл., тортишиш кучи эса $F_2 = 6$ бирл. эканлиги графикдан кўришиб турибди. F_1 ва F_2 кучлар қарама-қарши томонларга йўналган. Уларнинг тенг таъсир этувчиси $F = 10$ бирл. — 6 бирл. = 4 бирл. ҳам F_1 куч билан бир хил йўналган. F_1 ва F_2 кучларининг тенг таъсир этувчиси графигининг биринчи нуқтаси шундай қилиб топилади. О2 ва О3 масофалар учун ҳам F тенг таъсир этувчи мос равишда тахминан 0,7 бирл. ва 0 га тенг эканлиги шу сингари топилади. Демак, О3 масофада тортишиш ва итариш кучлари тенг бўлади. Молекулалар орасидаги масофа О3 дан катта бўлганда итариш кучлари тортишиш кучларидан кам

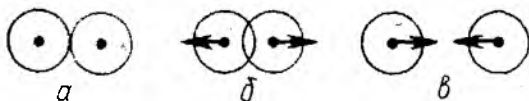
бўлади, шунинг учун график нуқталари Or ўқидан пастда жойлашади.

Масаланинг физик моҳиятини 139-расмга қараб тушунтириш мумкин, бу расмда молекулалар ўзаро таъсир кучининг масофага боғланиш графиги кўрсатилган. Масофа $OZ = d$ бўлганда (138-расм) тортишиш ватариш кучлари тенг. Молекулалар атрофига $d/2$ радиусли сфералар чизамиз (140-а расм). Молекулалар яқинлашиб орасидаги масофа d дан кичик бўлганда итариш кучи юзага келиб, молекулалар ўзларини худди $d/2$ радиусли эластик шарлар сингари тутади (140-б расм). Шунинг учун молекуланинг ҳақиқий ўлчамлари d дан анчагина кичик бўлсада, кинетик назарияда одатда d диаметр молекуланинг диаметри деб аталади.



139- расм.

Молекулалар d дан катгароқ масофага узоқлаштирилганда тортишиш кучи устунлик қилади, бу куч бошлаб ортиб бориб, сўнгра молекулалар орасидаги масофа Or бўлганда нолгача камайиб боради (140-в расм) ва молекулалар орасидаги боғланиш йўқолади. Or радиусли сфера молекуляр таъсир сфераси деб аталади.



140- расм.

2. Газларнинг хоссалари

Бундан олдинги бўлим материалига асосланиб туриб даставвал идеал газ хоссалари ҳақидаги тушунчаларни ойдинлаштирувчи ва чуқурлаштирувчи масалалар ечилади; идеал газда молекулаларнинг хусусий ҳажми ва ўзаро таъсири ҳисобга олинмайди. Сўнгра асосий эътибор газлар кинетик назариясининг

$$p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}; \quad pV = \frac{2}{3} N \frac{mv^2}{2}$$

кўринишида ёзиладиган асосий тенгламасига доир масалаларга қаратилади, бунда p ва V — мос равишда газнинг босими ва ҳажми, N — молекулалар сони, m — массаси ва v — ўртача тезлиги¹, n — бирлик ҳажмдаги молекулалар сони.

¹ Аниқроғи v — ўртача квадратик тезлик. Бироқ бу тушунча ўқувчиларга берилмайди.

Сўнгра Шарлнинг $p_t = p_0 \left(1 + \frac{t}{273^\circ}\right)$ қонуни ўрганилади.
Температураларнинг абсолют шкаласи учун

$$p_t = p_0 \frac{T}{T_0} \text{ бўлади. } T_0 = 273^\circ \text{ С.}$$

$$T = T_0 + t.$$

Масала ишлашда бир атомли газ молекуласининг ўртача кинетик энергияси билан температура ўртасидаги боғланишни кўрсатувчи $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ формуладан ҳам фойдаланилади. Больцман доимийси $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ ж/град}$. Бу муносабат бир атомли исталган газга тегишли бўлгани туфайли $\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2}$ бўлади. Демак, ҳар қандай газ молекуласи бир хил температурада ўрта ҳисобда бир хил кинетик энергияга эга.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасидаги E_k нинг ўрнига унинг қийматини қўйиб, $pV = NkT$ Клапейрон тенгламасини ҳосил қиламиз.

Бир киломоль идеал газ учун тенглама $pV = N_0 kT = RT$ кўринишни олади. Универсал газ доимийси $R = kN_0 = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ ж/град} \cdot 6,02 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1} = 8,31 \cdot 10^3 \text{ ж/кмоль} \cdot \text{град}$.

Идеал газнинг исталган m (кг) массаси учун тенглама $pV = \frac{m}{\mu} RT$ кўринишни олади, бунда μ — киломоллар сони (Клапейрон — Менделеев тенгламаси).

Кўп масалаларни ечишда иккита турли ҳолатдаги бир хил массали газ учун бу тенгламани $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ кўринишда ёзиш қулай бўлади (бирлашган газ қонуни).

Температура ўзгармас бўлганда $p_1 V_1 = p_2 V_2$ (Бойль—Мариотт қонуни).

Ҳажм ўзгармас бўлганда $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ (Шарль қонуни).

Босим ўзгармас бўлганда $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (Гей-Люссак қонуни).

Ўқувчилар Гей-Люссак қонунини $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$ кўринишда билишлари ва қўллай олишлари керак. Бунда Шарль ва Гей-Люссак қонунларига

$$p_t = p_0 (1 + \alpha t) \text{ ва } V_t = V_0 (1 + \alpha t)$$

формулар бўйича масалалар ечганда p_0 ва V_0 миқдорлар мос равишда 0°С даги босим ва ҳажм эканлигини қайд қилиб ўтиш керак. Ўқувчилар кўпинча V_t ва V_0 ёки p_t ва p_0 миқдорларни ҳажм ёки босимнинг охириги ва бошланғич қиймати деб, t ни эса газ температурасининг ўзгариши деб ҳисоблаб

нотўғри тушунадилар. Шунинг учун оқибатда нотўғри натижаларга (№ 545) олиб келадиган

$$V_2 = V_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \text{ ва } p_2 = p_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

формулаларни қўлайдилар.

529. Берк идишдаги газ молекулаларини эластик шарчалар деб ҳисоблаб, уларнинг тезлиги бир хил бўла олмаслигини исботланг.

Ечилиши. Бирор пайтда молекулаларнинг тезлиги бир хил бўлсин, деб фараз қилайлик. Тўқнашув натижасида манзара шу заҳотиёқ бузилади. Масалан, молекула ўзининг тезлиги йўналишига 90° бурчак остида (141-расм) йўналган зарб еса унинг тезлиги $\sqrt{2}$ марта ортади.

530. 0°C температура ва $p = 10 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$ босим шароитидаги водород молекулаларининг ўртача тезлигини ҳисобланг.

Ечилиши. Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламасини ёзамиз: $p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$, бунда n — бирлик ҳажмдаги молекулалар сони. 0°C да mn кўпайтма $p_0 = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ зичликни ифодалагани учун $p = \frac{1}{3} p_0 v^2$ ва $v = \sqrt{\frac{3p}{p_0}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2}{9,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2}} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ м/сек}$.

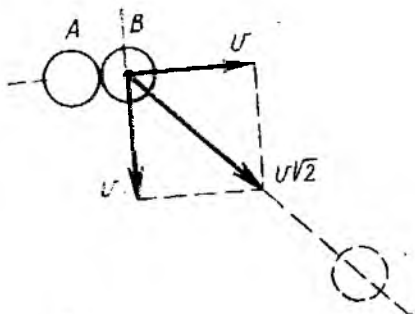
531. 0°C да баллондаги газнинг босими 10 атм га тенг. Агар газнинг температураси $27,3^\circ\text{C}$ га кўтарилса, унинг босими қандай бўлади?

Ечилиши. Ўқувчилар Шарль қонунининг моҳиятини яхши „сезишлари“ учун бундай типдаги биринчи масалани арифметик усулда ечиш фойдали бўлади.

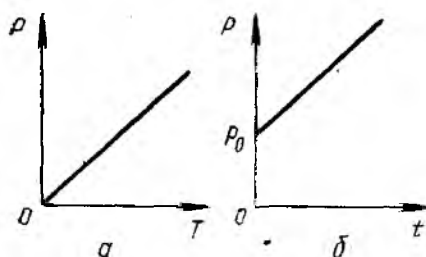
Газ ҳажмини ўзгартирмасдан температурасини 1°C оширганда босим $1/273$ қисмга, яъни бу ҳолда $\frac{10}{273} \text{ атм}$ ортади. Температурани $27,3^\circ$ сширганда босим $\frac{10 \cdot 27,3}{273} \text{ атм} = 1 \text{ атм}$ ортади ва демак, 11 атм бўлиб қолади.

532. p , T ва p , t координата ўқларида изохорик процесснинг графигини чизинг. Бу графикларнинг фарқи нимада?

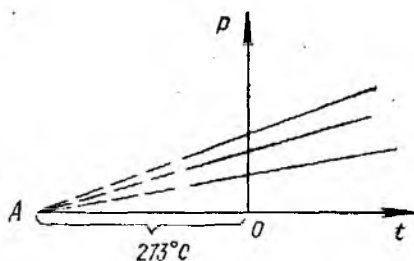
Ечилиши. Идеал газнинг изохорик процесси учун Шарль қонуни ўринлидир. Температураларнинг абсолют шкаласида $\frac{p}{T} = \text{const}$ ёки $p = cT$ бўлади. Цельсий шкаласи бўйича $p_t = p_0 \left(1 + \frac{t}{273^\circ}\right)$ бўлади. Иккала шкалада ҳам босим температу-



141- расм.



142- расм.



143- расм.

рага чизиқли боғлиқ. Бироқ $T = 0$ да $p = 0$; $t = 0$ да эса $p = p_0$ бўлади. Шунинг учун графиклар 142- а, б расмларда кўрсатилган кўринишда бўлиши керак.

533. 143- расмда изохорик процессларнинг графиклари берилган. Нима учун улар турли чизиқлар билан тасвирланган? Нима учун тўғри чизиқлар А нуқтагача пунктир билан давом эттирилган? [6. № 183].

Жавоби. Графикдаги тўғри чизиқлар турли массали газдаги изохорик процессни тасвирлайди. Паст температураларда реал газлар учун босим билан температура орасидаги тўғри пропорционал боғланиш (Шарль қонуни) тахминан тўғри бўлади. Пунктир чизиқлар билан қайд қилинган бу чизиққа қараб температуранинг абсолют шкаласини топиш мумкин.

534. Водород молекуласининг массаси $m = 3,4 \cdot 10^{-27}$ кг экани маълум. 0°C ва 1000°C да водород молекулаларининг ўртача тезлиги нимага тенг бўлишини топинг.

$$\text{Ечилиши. } \frac{mv_1^2}{2} = \frac{3}{2} kT_1;$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3kT_1}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ж}}{\text{град}} \cdot 273^\circ}{3,4 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ м/сек.}$$

1000°C да водород молекулаларининг ўртача тезлиги $v_2 = 3,9 \cdot 10^3$ м/сек эканлигини ҳам шунга ўхшаш йўл билан топамиз.

535. Температураси 87°C ва босими 624 мм с.м. уст. бўлганда 1,2 литрининг массаси 2,6 г бўлган бензолнинг молекуляр оғирлигини ҳисоблаб топинг.

536. Массаси 45 г, температураси эса 0°C бўлган 1,0 л неоннинг босимини топинг [21, № 674].

537. 17°C температурада 1450 мм с.м. уст. босим остида бўлган 20 л аммиакнинг массасини аниқланг [21, № 672].

Ечилиши. 1- усули. Бу масалада (535 ва 536- масалалардаги каби) газнинг бир ҳолати характерланади, шунинг учун

уни $pV = \frac{m}{\mu} RT$ Клапейрон — Менделеев формуласи билан ечиш яхши. Изланаётган миқдорни бу формуладан тезда топиш мумкин бўлади. Ҳисобни ўқувчиларга СИ системасида олиб боришни ўргатиш керак.

Аммиакнинг формуласи NH_3 . Азотнинг атом оғирлиги ≈ 14 , водородники ≈ 1 . Демак, $\mu \approx 17$ кг/кмоль.

Газнинг формуласи нomaълум бўлган ҳолларда μ нинг қийматини $\mu \approx \rho_0 V_0$ формуладан топиш мумкин, бунда $V_0 = 22,4$ м³/кмоль — 1 киломоль газнинг ҳажми, ρ_0 — унинг нормал босимдаги зичлиги.

Бу ҳолда $\mu \approx 0,77$ кг/м³ · 22,4 м³/кмоль ≈ 17 кг/кмоль. Газнинг массасини ҳисоблаганда 1 мм сим. уст. ≈ 133 Н/м² эканини ҳисобга оламиз.

$$m = \frac{pV\mu}{RT} = \frac{1450 \cdot 133 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{м}^3 \cdot 17 \text{ кг/кмоль}}{8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}} \cdot 290\text{К}} \approx 0,028 \text{ кг.}$$

2- усули. Масалада кўрсатилган шароитлар учун газ ҳолатининг тенгламасини ёзамиз:

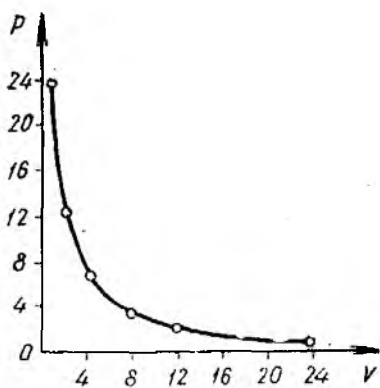
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_0 V_0}{T_0}; \quad V_0 = \frac{m}{\rho_0},$$

демак,

$$m = \frac{p_1 V_1 T_0 \rho_0}{T_1 p_0} = \frac{1450 \text{ мм сим. уст.} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{м}^3 \cdot 273\text{К} \cdot 0,77 \text{ кг/м}^3}{290\text{К} \cdot 750 \text{ мм сим. уст.}} = 0,028 \text{ кг.}$$

Ечимларни солиштириб, газ ҳолат тенгламасини қўллаганда тенгламага кирган катталиклар қийматини системага кирмаган бирликларда ифодалаш имконияти бор эканини таъкидлаб ўтиш керак бўлади. Чунки бу катталиклар тенгламанинг иккала қисмида ҳам бир-бирига пропорционалдир. Масалан, иккинчи ечимда зичлик СИ системасида, босим эса системага кирмаган бирликларда, яъни мм сим. уст. да ифодаланди.

Клапейрон — Менделеев формуласи бўйича масалалар ечиш бирликлар системасига қатъий риоя қилишни талаб қилади. Юқорида келтирилган мисолда R нинг қийматини СИ системасида олиб, қолган катталикларнинг ҳаммасини ҳам шу системада ифодаладик. Лекин бунинг эвазига Клапейрон — Менделеев формуласи бўйича бу типдаги масала ечилганда изланувчи p , V , T , m , μ катталиклар тезда топилади. Бу масала газ ҳолатининг тенгламаси ёрдамида ечилганда эса бирмунча мураккаб мулоҳазалар юритишга ва қўшимча формулалардан фойдаланишга, айниқса ҳолат тенгламасига бевосита қирмайдиган молекуляр оғирлик қийматини ёки газ массасини ҳисоблаб чиқариш керак бўлганда қўшимча формулалардан фойдаланишга тўғри келади.



144- расм.

538. Баллондаги газнинг температураси 27°C , босими 60 ат . Агар температура пасайиб, -73°C бўлиб қолса, унинг босими қандай бўлади?

Ечилиши. Шартда иккита турли хил ҳолат ҳақида гап боради, шунинг учун $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$;

$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{V_2 T_1}$ формуладан фойдаланамиз. $T_1 = 273\text{ К} + 27^{\circ}\text{C} = 300\text{ К}$. $T_2 = 273\text{ К} - 73^{\circ}\text{C} = 200\text{ К}$. Газнинг ҳажми ўзгармайди: $V_1 = V_2$, у ҳолда $p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{60\text{ ат} \cdot 200\text{ К}}{300\text{ К}} = 40\text{ ат}$.

539. Изотермик процесс формуласини (Бойль — Мариотт қонуни) ёзинг ва pV , TV , Tr координата ўқларида бу процесснинг графигини чизинг.

Жавоби. Изотермик процесснинг pV координата ўқларидаги графиги гиперболани ифодалайди (144- расм).

Изотермик процессда температура ўзгармайди.

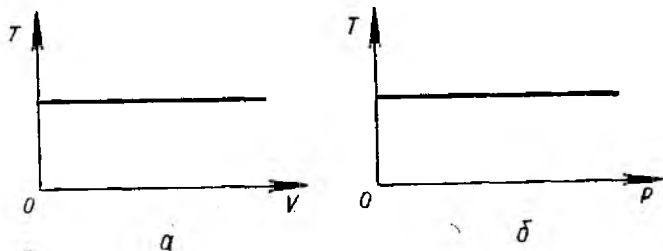
p ва V лар исталган мусбат сонлар билан ифодаланиши мумкин. Изотермик процесснинг TV ва Tr координата ўқларидаги графикалари мос ҳолда V ва p ўқларига параллел бўлган тўғри чизиқларни ифодалайди (145- а ва б расм).

540. Изотермик процесс иккита турли график билан ифодаланган (146- расм). Бу ерда хато йўқ эмасми? [6, № 175].

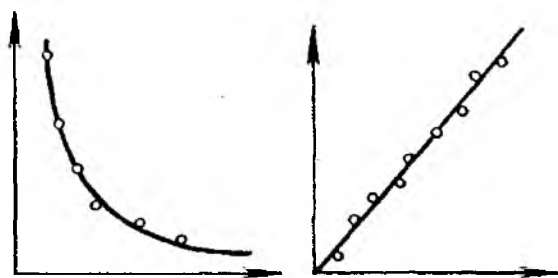
Жавоби. Хато йўқ. p ва p ўқларидаги б график газнинг p зичлиги p босимга тўғри пропорционал эканлигини кўрсатади.

541 (э). Шиша найча, чизғич ва сувли мензурка ёрдамида атмосфера босимини аниқланг.

Ечилиши. 1- усул. Найчанинг юқориги учини бекитамиз ва уни сувга туширамиз (147- а расм). Газнинг иккита ҳолати учун, яъни найчанинг сувга ботирилишдан олдинги ва



145- расм.



146- расм.

a

b

ботирилгандан кейинги ҳолатлари учун $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ тенглама ўринли; $T_1 = T_2$ бўлгани сабабли $p_1 V_1 = p_2 V_2$; $V_1 = S l_1$ ва $V_2 = S l_2$, шунинг учун $p_1 l_1 = p_2 l_2$; $p_2 = (p_1 + \rho g h)$; $p_1 l_1 = (p_1 + \rho g h) l_2$ бўлади, бундан $p_1 = \frac{\rho g h l_2}{(l_1 - l_2)}$.

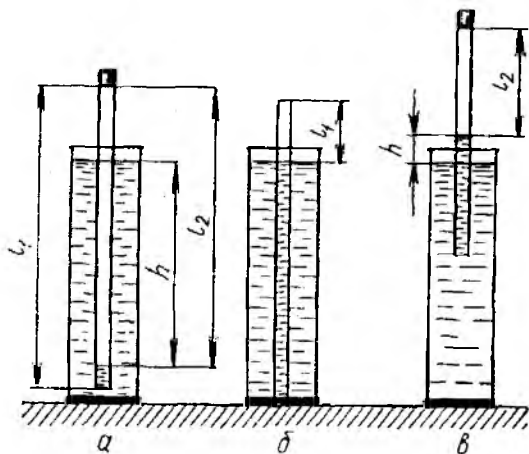
2- усул. Дастлаб найча сувга ботирилади (147- б расм), сўнгра эса юқориги учи бекитилган ҳолда найча юқори кўтарилади (147- в расм). Газнинг икки ҳолати учун $p_1 l_1 = (p_1 - \rho g h) l_2$ тенглама ўринлидир, бундан $p_1 = \frac{\rho g h l_2}{(l_2 - l_1)}$.

542. V/T ва V/t координата ўқларида изобарик процесс графигини чизинг. Бу графикларнинг фарқи нимада?

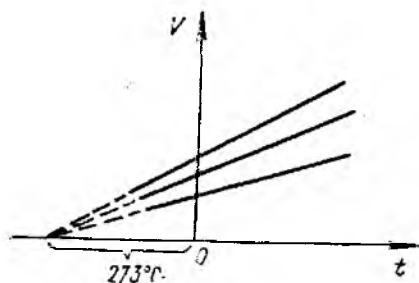
Масала 532- масалага ўхшаб ечилади.

543. 148- расмда изобарик процессларнинг графиклари берилган.

1. Нима учун улар турли хил чизиқлар билан тасвирланган? 2. Нима учун тўғри чизиқлар А нуқтагача пунктир билан давом эттирилган?



147- расм.



148- расм.

Жавоб и. 1. Графикдаги тўғри чизиқлардан ҳар бири маълум массали газ учун изобарик процессни тасвирлайди.

2. Ҳажм ва температура орасидаги боғланишнинг (Гей-Люссак қонунининг) 148- расмдаги графиги идеал газлар учун ўринлидир. Реал газлар учун эса бу боғланиш тахминан ўринли бўлиб, босим қанчалик паст

бўлса, график шунчалик тўғрироқ келади.

Жуда ҳам паст температураларда бу боғланишнинг газлар учун ўринли эмаслиги 148- расмда пунктир чизиқлар билан белгиланган [6, 283—284- бет].

544. Ҳажми 20 л бўлган газ ўзгармас босимда 0°C дан 100°C гача қиздирилади. Бунда унинг ҳажми қанча ортади?

Бу типдаги биринчи масалани 531- масаладаги каби арифметик усулда ечиш фойдали бўлади.

545. 273°C температурада газ 20 л ҳажм эгаллайди. Босимни ўзгартирмасдан температурани 546°C га етказганда унинг ҳажми қандай бўлади?

Ечилиши. 1- усул. Процесс изобарик процесс бўлгани учун $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$, бундан

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{20 \cdot 826^\circ}{273^\circ} = 60 \text{ л.}$$

2- усул.

$$V_2 = V_0 \left(1 + \frac{t_2}{273^\circ} \right);$$

0°C даги V_0 ҳажми $V_1 = V_0 \left(1 + \frac{t_1}{273^\circ} \right)$ тенгламадан топамиз:

$$V_0 = \frac{V_1}{1 + \frac{t_1}{273^\circ}}; \quad V_2 = \frac{V_1 \left(1 + \frac{t_2}{273^\circ} \right)}{1 + \frac{t_1}{273^\circ}} = 60 \text{ л.}$$

Агар ўқувчилар билмасдан

$$V_2 = V_1 (1 + \alpha \Delta t)$$

формулани қўлласа,

$$V_2 = 20 \left[1 + \frac{(546^\circ - 273^\circ)}{273^\circ} \right] = 60 \text{ л бўлган нотўғри жавоб}$$

олишлари турган гап.

ИДЕАЛ ГАЗНИНГ ИЧКИ ЭНЕРГИЯСИ

Бу темани ўрганишда аввало 8- ва 10- бобларда берилган масалаларга ўхшаш, ички энергияни иссиқлик узатиш ва иш бажариш йўли билан ўзгартиришнинг икки усулига оид масалалар ечилади.

Кейинчалик ўқувчиларнинг газлар кинетик назариясига оид билимларидан фойдаланиб, иссиқлик снгими билан молекулаларнинг кинетик энергияси орасидаги боғланишни аниқлашга оид бир қатор масалалар ечиш керак. Бунда ўзгармас босимдаги c_p иссиқлик снгими ва ўзгармас ҳажмдаги c_v иссиқлик снгими ҳақидаги тушунчаларни фарқ қила билиш керак.

Идеал газнинг ҳолатини ўзгартириш учун керак бўлган ишни ва газнинг кенгайишида бажарган ишини қараб чиқишда термодинамиканинг биринчи қонунидан фойдаланиш керак бўлади, бу қонунга асосан, система олган ΔQ иссиқлик миқдори унинг ΔE ички энергиясини оширишга ва ташқи жисмларга нисбатан бажарилган ΔA ишга сарф бўлади, яъни $\Delta Q = \Delta E + \Delta A$. Иссиқлик ҳодисалари ўрганилганда қараладиган идеал газнинг E ички энергияси унинг молекулалари ҳаракатининг $E = N \frac{mv^2}{2}$ кинетик энергиясини ифодалайди.

ΔQ катталиқ ўқувчиларга маълум бўлган $\Delta Q = cm(t_2 - t_1)$ формуладан топилади, бу ерда c — масаланинг шартига қараб c_p ёки c_v бўлиши мумкин. ΔA ишни аниқлаш учун газ қонунлари ҳақидаги маълумотлардан фойдаланилади. ΔA иш изобарик процесслар учун $\Delta A = p\Delta V$ тенгликдан аналитик усулда осон топилади. Агар босим ўзгарса, у ҳолда иш катталигини ўқувчилар умумий ҳолда фақат график усулда топишлари мумкин. Бундай ҳол изотермик ва адиабатик процессларда юз бериши мумкин; бу процессларга оид бир қатор график масалалар ечиш лозим.

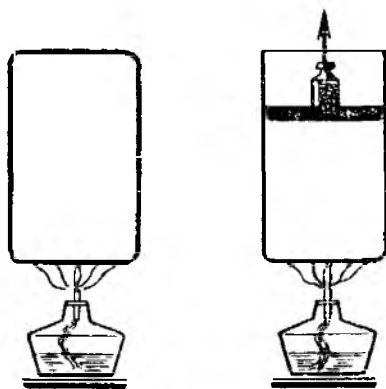
1. Ички энергиянинг ўзгариши

546. 149- расмда бир хил миқдордаги газларнинг айни бир температурагача иситилиши кўрсатилган. Бунинг учун бир хил иссиқлик миқдори керак бўлдим? Газнинг ўзгармас босим ва ўзгармас ҳажм шаронтидаги иссиқлик снгими катталигини солиштиришдан қандай хулоса қилиш мумкин?

Ечилиши. Биринчи ҳолда $\Delta Q_1 = \Delta E$, иккинчи ҳолда эса $\Delta Q_2 = \Delta E + \Delta A$;

$$\Delta Q_2 > \Delta Q_1; \Delta Q_1 = c_v m \Delta t; \Delta Q_2 = c_p m \Delta t;$$

$$c_v = \frac{\Delta E}{m \Delta t}; \quad c_p = \frac{\Delta Q_2}{m \Delta t} = \frac{\Delta E + \Delta A}{m \Delta t}; \quad c_p > c_v.$$



149- расм.

547. Бир атомли газнинг 1 киломолини ўзгармас ҳажмда 1°C иситиш учун қандай иссиқлик миқдори керак? Молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан бу энергия нимага сарф бўлади?

Ечилиши. $\Delta Q = \Delta E + \Delta A$. Газ кенгаймаганлиги учун $\Delta V = 0$, $\Delta A = 0$; $\Delta Q = \Delta E$. Бунда ΔQ иссиқлик миқдори газнинг ички энергиясини оширишга кетади, натижада газнинг температураси кўтарилади ва молекулаларнинг кинетик энергияси ортади.

$$\Delta E = N_0 \frac{mv_2^2}{2} - N_0 \frac{mv_1^2}{2}.$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT \text{ бўлгани учун,}$$

$$\Delta E = \frac{2}{3} N_0 kT_2 - \frac{3}{2} N_0 kT_1 = \frac{3}{2} N_0 k\Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T.$$

Молекуляр иссиқлик сифими

$$\mu_{C_v} = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} \frac{R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R.$$

$$\mu_{C_v} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}} = 12,4 \cdot 10^3 \frac{\text{ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}},$$

$$\mu_{C_v} \approx \frac{3 \text{ ккал}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}.$$

Ўзгармас ҳажмдаги моляр иссиқлик сифими гелий, неон, аргон ва бошқалар каби бир атомли ҳамма газлар учун бир хил эканлигини таъкидлаб ўтиш керак.

2. Газнинг кенгайишда бажарган иши

548. Бир атомли газнинг ўзгармас босимдаги моляр иссиқлик сифими қийматини ҳисоблаб топинг.

Ечилиши. Бир атомли 1 киломоль газни ўзгармас босимда иситиш учун $\Delta Q = \Delta E + \Delta A$ иссиқлик миқдори керак бўлади,

$$\Delta Q = \mu_{C_p}; \Delta E = \mu_{C_v} = \frac{3}{2} R; \Delta A = p \Delta V.$$

$p \Delta V$ нинг қийматини аниқлаш учун газнинг 1° иситилишдан олдинги ва кейинги иккита ҳолати учун Клапейрон — Мен-

делеев тенгламасини ёзамиз. $pV_1 = RT_1$; $pV_2 = RT_2$. Иккинчи тенгламадан биринчисини айирамиз:

$$p(V_2 - V_1) = R(T_2 - T_1) \text{ ёки } p\Delta V = R\Delta T, \Delta T = 1^\circ$$

$$\text{бўлгани учун } p\Delta V = R \cdot 1^\circ = 8,31 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль}} \left(p\Delta V \approx 2 \frac{\text{ккал}}{\text{кмоль}} \right).$$

Шундай қилиб, илгари киритилган R катталиққа — газ универсал доимийсига аниқ физик мазмун берилади. У сон жиҳатидан 1 киломоль газнинг изобарик кенгайишда 1° га қиздирилгандаги бажарган ишга тенг.

$$\mu_{c_p} = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R = 21 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}.$$

549. 548- масалада берилган маълумотлардан фойдаланиб, гелийнинг c_p солиштирма иссиқлик сифминини ҳисоблаб топинг ва уни жадваллардаги қиймати билан солиштиринг.

Ечилиши. Гелийнинг молекуляр оғирлиги 4 кг/кмоль .

$$c_p = \frac{21 \cdot 10^3 \frac{\text{ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}}{4 \text{ кг/кмоль}} = 5,2 \frac{\text{кж}}{\text{кг} \cdot \text{град}},$$

бу қиймат жадвалдаги қийматига тўғри келади.

Унча юқори бўлмаган температураларда икки атомли газлар учун $\mu_{c_v} = 21 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$ ва $\mu_{c_p} = 29,3 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$ эканини ўқувчиларга айтиб ўтиш фойдали ҳисобланади. Уларнинг $\mu_{c_p} - \mu_{c_v}$ фарқи ҳамма вақт $8,3 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$ га тенг бўлади, чунки бу катталиқ 1 киломоль газнинг табиати қандай бўлишидан қатъи назар унинг кенгайишида бажарган ишга сарф бўладиган энергияни билдиради.

Газнинг кенгайишда бажарган иши ҳақидаги масалаларни ечишда, шунингдек икки атомли газлар учун c_p ва c_v ни ҳисоблашда бу маълумотлардан фойдаланиш мумкин.

550. Икки атомли газларнинг моляр иссиқлик сифминини $\mu_{c_p} = 29,3 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}$ деб ҳисоблаб, кислород ва ҳавонинг солиштирма иссиқлик сифминини ҳисоблаб топинг ва уларни жадвалдаги қийматлари билан солиштиринг.

Ечилиши. Кислород учун $\mu_k = 32 \text{ кг/кмоль}$.

$$c_{p1} = \frac{29,3 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}}{32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 0,92 \frac{\text{кж}}{\text{кг} \cdot \text{град}};$$

$$\mu_{\text{хаво}} = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 22,4 \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}} = 29 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}.$$

$$c_{p2} = \frac{29,3 \frac{\text{кж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}}}{29 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 1,0 \frac{\text{кж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

Топилган қийматлар жадвалдагилар билан бир хил экан. 551. 10 м^3 ҳаво 0°C да $2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ босим остида туради. Уни изобарик равишда 10°C иситганда қандай иш бажарилади?

Ечилиши. 1- усул. $A = p\Delta V$; $\Delta V = V_2 - V_1$; $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$; $p_1 = p_2$ бўлгани учун $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$; $T_2 = 273\text{K} + 10^\circ\text{C} = 283\text{K}$;

$$V_2 = \frac{10 \text{ м}^3 \cdot 283^\circ}{273^\circ} = 10,366 \text{ м}^3; \Delta V = 0,366 \text{ м}^3;$$

$$A = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 \cdot 0,366 \text{ м}^3 = 7,3 \cdot 10^3 \text{ Ж}.$$

2- усул. $A = nR \cdot \Delta t$, бунда n — ҳавонинг киломоллари сон. n ни аниқлаш учун ҳавонинг нормал шароитда эгаллайдиган V_0 ҳажмини ҳисоблаймиз. Ҳавонинг температураси 0°C бўлгани учун

$$V_0 = \frac{10 \text{ м}^3 \cdot 2,0 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2}{10 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2} = 2 \text{ м}^3.$$

$$\text{Демак, } n = \frac{2 \text{ м}^3}{22,4 \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}}} = 0,0881 \text{ кмоль}.$$

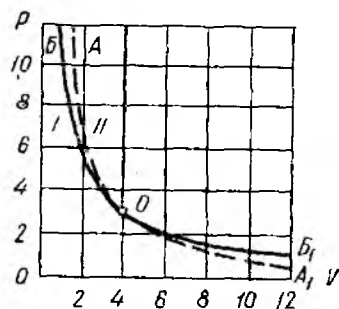
$$A = 0,0881 \text{ кмоль} \cdot 8,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж} \cdot 10^\circ}{\text{кмоль} \cdot \text{град}} = 7,3 \cdot 10^3 \text{ Ж}.$$

552. 150- расмда адиабатик ва изотермик процессларнинг графиклари келтирилган. Графиклардан қайси бири изотерма, қайси бири адиабата? Жавобингизни асослаб беринг [21, № 684]. Маълум бир ҳажмгача кенгайиб, газ қайси процессда кўпроқ иш бажаради? Бунинг сабаби нимада? Газни маълум бир ҳажмгача сиқиш учун қайси процессда кўпроқ иш бажариш керак бўлади?

Ечилиши. Адиабатик процессда газ ва уни ўраб турган муҳит орасида иссиқлик алмашиниш бўлмайди. $\Delta Q = \Delta E + \Delta A$;

Бунда $\Delta Q = 0$ бўлгани учун $\Delta A = -\Delta E$. Газнинг кенгайишидаги иш унинг ички энергияси камайиши ҳисобига бажарилади. Газ совиydi. Босим газ ҳажмининг ортиши ҳисобига ҳам, газнинг совиши ҳисобига ҳам камаydi. Агар газни сиқиш унга исбатан иш бажарилса ($-\Delta A = \Delta E$), газнинг ички энергияси ортади ва у исийди. Газ ҳажмининг камайиши ва газнинг исийиши ҳисобига босим ортади.

Демак, адиабатик процессда газнинг босими изотермик процесс-



150- расм.

дагига қараганда бирмунча кескироқ ўзгаради, чунки босим фақатгина ҳажмга боғлиқ бўлиб қолмай, балки температура-га ҳам боғлиқ. BB_1 чизиқ — изотерма, AA_1 чизиқ — адиабата.

OA_1 ва OB_1 эгри чизиқларни қараб чиқамиз. OA_1 адиабата OB_1 изотермага қараганда ҳамроқ юзни чегаралайди. Демак, газ маълум бир ҳажмга қадар изотермик кенгайганда адиабатик кенгайишдагига қараганда кўпроқ иш бажаради. Изотермик процессда $\Delta E = 0$ ва $\Delta A = \Delta Q$, яъни иш газ олган ис-сиқлик ҳисобига бажарилади.

Адиабатанинг OA қисмини ва изотерманинг OB қисмини қараб чиқамиз. Газни айни бир ҳажмга қадар адиабатик сиқ-қанда изотермик процессдагига қараганда кўпроқ иш бажариш керак эканлиги графиклардан кўриниб туради.

24-БОБ

БУҒЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

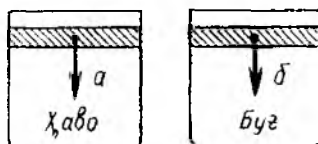
Одатдаги температура ва босим шароитида суюқ ҳолатда бўлган моддаларнинг (сув, эфир, спирт, симоб ва бошқалар-нинг) газ ҳолати буг деб аталади. Суюлтириш учун юқори босим ва паст температура талаб қиладиган моддалар (водо-род, кислород ва бошқалар) газ деб аталади.

Бундай классификациялаш шартлидир. Тўйинмаган буг хоссалари газ хоссалари билан бир хил. Шунинг учун тўйин-маган бугларга онд масалалар ечиш методикаси газларга онд масалаларни ечиш методикаси билан бир хил бўлади (22 ва 23-боблар). Тўйинган буглар эса газлардан анча фарқ қилади. Уларнинг ўзига хос хусусиятлари бу темага онд масалалар-нинг мазмуни ва уларни ечиш методикасида ўз аксини топи-ши керак. Бундай масалалар жумласига суюқлик билан буг орасидаги мувозанат шароитини молекуляр-кинетик ва энер-гетик нуқтан назардан аниқлаш; буглар бўйсунадиган қону-нияларни (газ қонунлари билан солиштириб) ўрганиш; қай-иш температурасининг босимга боғланишини анализ қилиш каби масалалар киради. Намликка онд масалалар таништириб ўтиш тариқасида ечилади.

1. Суюқлик билан буг орасидаги мувозанат

Буг ҳосил бўлиши ҳақида ўқувчиларга VII синф курсидан маълум бўлган маълумотларни қайтариш мақсадида 8-бобда келтирилган масалаларга ўхшаш қатор масалаларни ечиш ке-рак бўлади. Сўнгра тўйинган буг хоссаларини ва бугланиш процессининг энергетик томонини очиб берувчи масалалар

қараб чиқилади. Бунда тўйинган буғ босимининг ҳажмга боғлиқ эмаслигига ҳамда тўйинган буғ босими билан температура ўртасидаги боғланишнинг газларга оид бундай боғланишдан бошқача эканлигига алоҳида эътибор бериш керак. Шу мақсадда бир масаланинг ўзида (№ 553—554) газ ва тўйинган буғнинг хоссаларини солиштириш фойдали бўлади.



151- расм.

Масала ечишда кўпинча солиштира буғланиш иссиқлиги билан температура орасидаги боғланишни ва суюқликнинг қайнаш нуқтасида бу катталиқ билан солиштира буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги орасидаги боғланишни қараб чиқиш ва тушунтириш фойдали ҳисобланади, чунки бу боғланишларни ўқувчилар яхши англамай қоладилар (№ 555). Ўқувчиларга жадвал маълумотларини ва процессларнинг графикларини ўргатиш юқорида кўрсатилган боғланишларни аниқлаш учун катта аҳамиятга эга.

553. Бирида ҳаво ва бирида тўйинган сув буғи изотермик сиқиладиган *a* ва *б* цилиндрлар 151- расмда кўрсатилган. Ҳаво ва тўйинган буғ босимининг ҳажмга боғланиш графикларини чизинг ва тушунтириб беринг.

Жавоби. Ҳаво учун бу график гипербола бўлади (152- расм), тўйинган буғ учун эса *V* ўқига параллел бўлган тўғри чизик бўлади. Тўйинган буғ босими ҳажмга боғлиқ эмас.

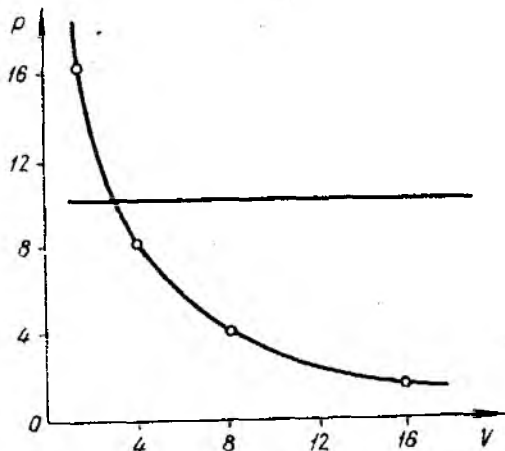
554. Ёпиқ идишдаги тўйинган спирт буғи босимининг температурага боғланиш графигини жадвалдан фойдаланиб чизинг. Ҳажм ўзгармас бўлганда газ босимининг температурага боғланиш графигини олдинги график билан солиштириш учун ўша координата ўқларида чизинг. Бу графикларнинг фарқини газларнинг кишетик назариясига асосланиб изоҳлаб беринг.

Ечилиши. Тўйинган спирт буғи босимининг жадвалидан, масалан, дарсликдаги (21, 214- бет) жадвалдан фойдаланиб АА' график чизамиз (153- расм).

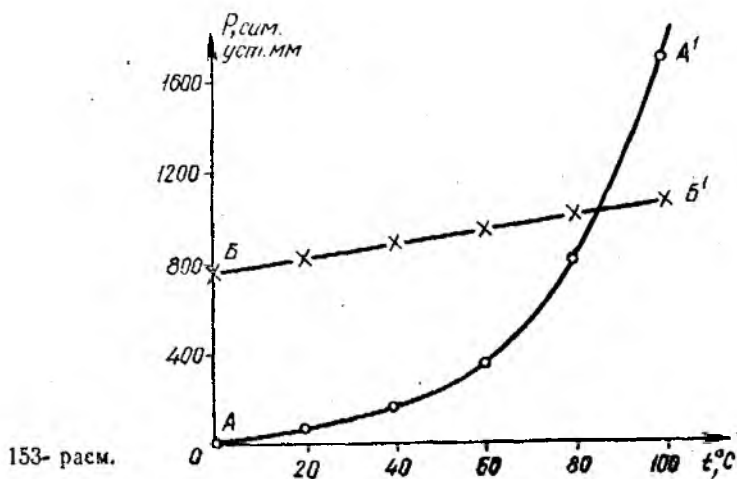
Изохорик процессда газ босими

$$p_t = p_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

қонунга бўйсунади.



152- расм.



Мисол учун $t = 0^\circ\text{C}$ ва $p_0 = 760$ мм. с.м. уст. деб фараз қиламиз. Босим температурага чизиқли боғлиқ бўлганидан график чизиш учун иккита нуқта топиш етарлидир. Нуқталардан бири, яъни p_0 нуқта берилган, иккинчисини эса масалан, $t = 100^\circ\text{C}$, $p_{100} = 1040$ мм. с.м. уст. деб фараз қилиб топамиз. Процесснинг графиги BB' тўғри чизиқ бўлади.

153- расмдан кўриниб турибдики, тўйинган буғ босимининг температурага боғланиши идеал газларникига қараганда бошқачароқ бўлади. Тўйинган буғ температураси кўтарилиши билан молекулаларнинг тезлиги ҳам, уларнинг бирлик ҳажмдаги сони ҳам орта боради. Газ исиганда эса молекулаларнинг тезлигигина ортади. Шунинг учун тўйинган буғнинг босими газникига қараганда тезроқ ортади.

555. Жадвал маълумотларидан фойдаланиб, сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги билан температура орасидаги боғланишнинг тахминий формуласини тузинг. Температура кўтарилганда солиштирма буғланиш иссиқлиги камайишининг сабаби нимада эканини тушунтириб беринг.

Температура, $^\circ\text{C}$	0	20	50	100
Солиштирма буғланиш иссиқлиги, $\lambda \frac{\text{кал}}{\text{г}}$	597	585	568	539

Ечилиши. Температураларнинг қуйидаги интервали учун:

$$0 - 20^{\circ}\text{C} \text{ да } \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \frac{597 - 585}{20} = 0,60;$$

$$0 - 50^{\circ}\text{C} \text{ да } \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \frac{597 - 568}{50} = 0,58.$$

$$0 - 100^{\circ}\text{C} \text{ да } \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \frac{597 - 539}{100} = 0,58.$$

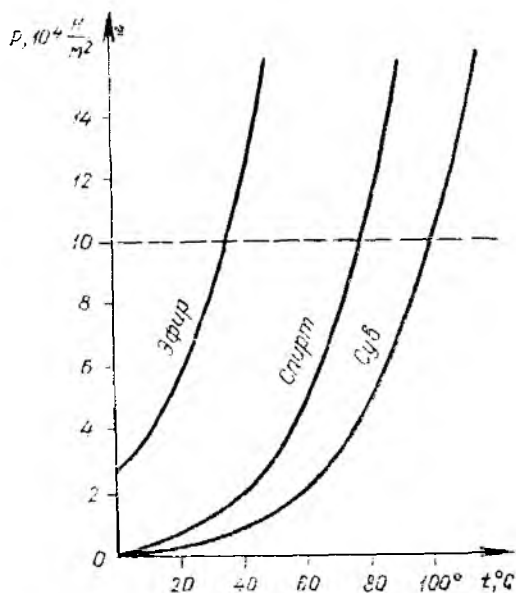
Температураларнинг $0 - 100^{\circ}\text{C}$ интервали учун тахминан $\lambda = 597 - 0,60 t$ деб ҳисоблаш мумкин.

Бу боғланишни тушуниш учун 216 ва 582- масалаларга қаранг.

2. Қайнаш

Ўқувчиларга VII синф курсидан маълум бўлган маълумотларни қайтариш учун дастлаб 9- бобда келтирилган масалаларга ўхшаш бир қанча масала ечиш керак. Сўнгра асосий эътиборни қайнаш процессининг физик маъносини тўйинган бугнинг босими тўғрисидаги маълумотларни ҳисобга олган ҳолда очиб берувчи масалаларга қаратиш керак. Бу процесс ички энергиянинг ўзгариши нуқтаи назаридан ҳам қаралади.

Шунинг учун қайнаш температурасининг босимга боғланиш графикларини ўрганиш (154- расм) ҳамда 560- масалани



154- расм.

ечиш анча қизиқарлидир. Сув нормал босим шароитида қайнаганда энергиянинг кўпгина қисми атмосферанинг босим кучларини енгишга қарши иш бажаришга сарфланиши ўша 560- масалада кўрсатилади.

556. 154- расмда сув, спирт ва эфирлар тўйинган буги босимининг температурага боғланиш графиклари кўрсатилган. $10 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}$ босимда бу моддаларнинг тўйинган буги температурасини графика қараб аниқлаш ва уни бу суюқликларнинг нормал босим шароитидаги қайнаш

температураси билан солиштиринг. Бу маълумотларни солиштиришдан қандай хулоса чиқариш мумкин?

Жавоби. Суюқликнинг тўйинган буғи босими атмосфера босимига тенг бўлган температурада суюқлик қайнайди.

557. 154- расмдаги графиклардан фойдаланиб, тоғнинг 5 км баландлигида бу суюқликлар қандай температурада қайнашини аниқланг. Бундай баландликда босим $5,3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ бўлади. Бу жойда овқат пишириб бўлмайди дейишади. Нега?

Жавоби. Бу ерда сув тахминан 80°C да қайнайди. Бу температура кўп маҳсулотларни пишириш учун етарли эмас.

558. Ҳам температура, ҳам атмосфера босимини ўлчаш учун термометр шкаласининг кўринишини қандай ўзгартириш мумкинлигини ўйлаб кўринг.

Жавоби. Термометр қўшалоқ шкалага эга бўлиши керак. Градусларни кўрсатувчи бўлимлар қаршисига шу температурада сув қайнайдиغانдаги атмосфера босимини ёзиб қўйиш керак. Термометрни қайнаётган сув бугига тутиб атмосфера босимини билиш мумкин.

559. Нима учун цилиндр ичида қайнаётган сув насос поршени кетидан кўтарилмайди?

Жавоби. Қайнаётган сув поршень кетидан кўтарилмайди, чунки сув буғининг босими атмосфера босимига тенг бўлади.

560. 1 кг буғнинг ички энергияси қайнаш температурасида олинган 1 кг сувнинг ички энергиясидан қанча катта?

Ечилиши. 1 кг сувни қайнаш температурасида буғга айлантирамиз. Бунинг учун керак бўлган иссиқлик миқдори

$$\Delta Q = \Delta E + \Delta A; \Delta E = \Delta Q - \Delta A; \Delta Q = 22,6 \cdot 10^5 \text{ Ж/кг};$$

ташқи босимга қарши бажарилган иш $\Delta A = p\Delta V$. Сувнинг ҳажми бу ҳажмига нисбатан ҳисобга олмай туриб, қуйидагини топамиз:

$$\Delta V = \frac{m}{\rho} = \frac{1 \text{ кг}}{5,97 \cdot 10^{-1} \text{ кг/м}^3} = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$\Delta A = 1,68 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Ж}.$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta Q} = \frac{1,68 \cdot 10^5 \text{ Ж} \cdot 100\%}{22,6 \cdot 10^5 \text{ Ж}} = 7,4\%.$$

Шундай қилиб, нормал босимда сувни буғга айлантиришда тахминан ташқи босим кучига қарши иш бажариш учун 7,4% энергия, буғнинг ички энергиясини ошириш учун эса 92,6% энергия сарфланади.

3. Газларни суюлтириш. Модданинг критик ҳолати

561. Жадвал маълумотларига қараб сув ва унинг тўйинган буғи зичлигининг температурага боғланиш графикларини чизинг.

Қуйидаги саволларга жавоб беринг:

а) сув ва унинг тўйинган буғи зичлиги температура ва босим ортиши билан қандай ўзгаради? Нима учун ўзгаради?

б) 374°C температура ва $2,20 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$ босим шароитида модда қандай ҳолатда бўлади?

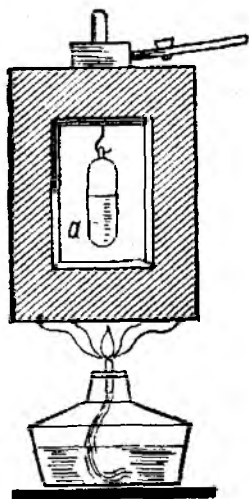
в) 400°C да сув суюқ ҳолатда бўла оладими?

г) 300°C да тўйинган буғ 10^7 н/м^2 босимга ва $0,80 \text{ кг/м}^3$, 40 кг/м^3 зичликка эга бўлиши мумкинми?

Темпера- тура, $^{\circ}\text{C}$	Тўйинган буғ босими, н/м^2	Сувнинг зичлиги, кг/м^3	Буғ зичли- ги, кг/м^3	Солиштирма буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, 10^6 Ж/кг
20	$2,33 \cdot 10^3$	1000	0,017	24,3
100	$1,02 \cdot 10^5$	960	0,597	22,6
150	$4,75 \cdot 10^5$	920	2,54	21,1
200	$1,55 \cdot 10^6$	860	7,84	19,5
300	$8,57 \cdot 10^6$	700	46,9	13,8
370	$2,10 \cdot 10^7$	440	208	4,12
374	$2,20 \cdot 10^7$	320	320	0

562. 155- расмда эфирнинг критик ҳолатини кузатиш учун мўлжалланган асбоб кўрсатилган. Унинг асосий қисми эфир солинган α ампуладир. Ампуладаги эфир ҳар қандай миқдорда бўлганда ҳам уни критик ҳолатга келтириш мумкинми? Бу тажрибада қандай эҳтиёткорлик чоралари кўрилиши керак?

Жавоби. Эфирнинг 197°C ва $359 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ босим шароитида критик ҳолатда бўлишини жадвалдан тонамиз. Эфир жуда оз миқдорда олинган бўлса, тўйинган буғ ҳосил бўлмайди. Эфир кўп миқдорда олинса, кенгаётган эфир критик температурага етмасданоқ ампулани бутунлай тўлдиради. Эфирнинг критик босими нисбатан катта бўлганлиги туфайли ампуланинг ёрилиб кетишидан эҳтиёт бўлиш керак. Шунинг учун асбобдаги дарчага қалин шиша қўйиш керак.



155- расм.

563. Бир кунн Фарадей қуруқ хлор гидратини кавшарланган шиша найчада қиздираётган экан. Ушанда лабораторияга Парис деган олим кириб, у найчалардан бирида „ёғ“ юқини кўриб қолади ва Фарадейга кир найчалар ишлаётганини таъна қилади. Лекин Фарадей ўша найчанинг учини кесиб ташлаши биланоқ ичидагилар портлаб, „ёғ“ йўқолиб кетади. Эртаси кун эрта билан Фарадей

Парисга: „Сиз ёғ деган нарса суюқ хлор экан“, — деб хат ёзди.

Юқорида баён этилган шароитда найчада суюқ хлор ҳосил бўлиши мумкинлигини справочниклардан фойдаланиб кўрсатиб беринг.

Ечилиши. Хлор учун критик температура 146°C , босим $7,8 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$. Уй температурасида (20°C) хлор суюқ ҳолатда бўлиши мумкин. Унинг тўйинган буғи босими $7,1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Найчадаги портлаш ўша босим туфайли юз берган.

564. Суюлтирилган газларни узоқ вақт сақлаш учун очик идишга солинади. Нима учун шундай қилинади?

Жавоби. Ёпиқ идиш мустаҳкам бўлмаса, ташқаридан келган иссиқлик ҳисобига ёрилиб кетади. Мустаҳкам идишда эса температура критик температурадан ортиб кетиб, суюқлик газ ҳолатга ўтади.

565. 561- масалага берилган жадвалдан фойдаланиб, тўйинган сув буғи 20, 100, 300°C температураларда Клапейрон — Менделеев тенгламасига мувофиқ қандай босимга эга бўлишини ҳисобланг. Сиз топган натижалар жадвалдагига тўғри келадими? Олинган натижани молекуляр-кинетик назария асосида қандай изоҳлаб бериш мумкин?

Ечилиши. $p_{20} = \frac{m_1 R T_1}{\mu V}$; $V = 1 \text{ м}^3$ деб оламиз.

$$p_{20} = \frac{0,017 \text{ кг/м}^3 \cdot 8,3 \cdot 10^3 \frac{\text{ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{град}} \cdot 293 \text{ град}}{18 \text{ кг/кмоль} \cdot 1 \text{ м}} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

$$p_{100} = 2,7 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2; p_{300} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$$

эканини ҳам шу сингари топамиз.

Босимнинг топилган қийматларини жадвалдаги қийматлари билан солиштиришдан шу нарса кўринадики, Клапейрон — Менделеев тенгламаси реал газ ва буғларга қўлланилганда тажриба билан аниқ мос келувчи натижалар олиш учун газ ва буғларнинг зичлиги унча катта бўлмаслиги лозим.

4. Намлик

Ҳаводаги сув буғи миқдорини характерлаш учун учта катталик ҳақида тушунча берилади: абсолют, максимал ва нисбий намлик. D абсолют намлик — 1 м^3 ҳаводаги сув буғининг граммлар ҳисобида олинган миқдори. D_0 максимал намлик — тайинли бир температурада 1 м^3 ҳавони тўйинтирувчи сув буғининг грамм ҳисобида олинган миқдори. Нисбий намлик

$f = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%$. Нисбий намликни ҳаводаги сув буғи p босимининг шу температурада ҳавони тўйинтирувчи буғнинг p_0 босимига нисбати орқали ҳам ифодалаш мумкин, $B = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$. f ва B катталикларнинг сон қийматлари бир-бирига яқин.

Бу бўлимда психрометрик жадваллар билан ишлашга ва намликни психрометр билан аниқлашга доир экспериментал масалаларга алоҳида эътибор бериш керак, акс ҳолда кўп ўқувчилар намликни ҳисоблашда қийналиб қоладилар.

566. Август психрометрида қуруқ термометрнинг кўрсатиши 20°C , ҳўл термометрики 10°C . Ҳавонинг нисбий намлигини аниқланг.

Ечилиши. Термометрлар кўрсатишининг фарқи 10°C . Психрометрик жадвалга қараб нисбий намликнинг 55% эканлигини топамиз.

567. Бино ичида ғир-ғир эсган шамолда ёки кўчадаги шамолда Август психрометрини ишлатиш тўғрими?

Жавоби. Йўқ, тўғри эмас. Бунда нам термометрнинг кўрсатиши камаяди ва намлик нотўғри ҳисоб қилинади.

568. 10°C температурада шудринг ҳосил бўлгани Ламбрехт гигрометри билан қайд қилинган. Агар ҳавонинг температура-си 18°C бўлса, унинг абсолют ва нисбий намлиги қандай бўлади?

Ечилиши. Шудринг нуқтасида буғ тўйиниб қолади. Абсолют намлик $D = 9,41 \text{ г/м}^3$ эканини жадвалдан топамиз. Максималь намлик $D_0 = 15,4 \text{ г/м}^3$.

$$f = \frac{9,41 \text{ г/м}^3 \cdot 100\%}{15,4 \text{ г/м}^3} = 61\%.$$

569*. Нима учун киши танасининг буғланиши ҳавонинг нисбий намлигига, ўпкасининг сиртидан бўладиган буғланиш эса ҳавонинг абсолют намлигига боғлиқ бўлади?

Жавоби. Одам атрофидаги ҳаво қанчалик тўйинган бўлса, унинг терисида буғладиган буғланиш шунчалик секин бо-лади. Ўпкадаги ҳаво эса буғга тўлиқ тўйинган бўлиб, унинг температураси ўзгармас (32°C) бўлади. Шунинг учун ўпкадан ҳавога чиқадиган буғ миқдори ўпкадаги ҳавонинг максимал намлиги билан нафас олинганда кирадиган ҳавонинг абсолют намлиги орасидаги фарққа тенг бўлади.

25-БОБ

СУЮҚЛИК ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

Бу темада ўқувчилар модданинг суюқ ҳолати хусусиятлари билан танишишлари керак. Бу ҳолат ўқувчиларга илгари-дан маълум бўлган газ ва қаттиқ жисм орасида туради. Бу маълумотлар ўзича муҳим бўлиши билан бирга кейинчалик қаттиқ жисмларнинг хоссаларини ўрганишда катта аҳамиятга эга бўлади. Бу темада асосий эътиборни суюқликнинг кўзга

ташланадиган хусусиятига, яъни суюқлик билан унинг буғи ўртасида кескин чегара борлигига қаратиш лозим. Шунга мувофиқ, масала ишлашда суюқлик сиртида бўладиган турли ҳодисалар, уларнинг табиатда намоён бўлиши ва улардан амалда фойдаланиш каби масалалар қараб чиқилади.

Қаттиқ жисм хоссалари ҳақида масала ишлашда аморф ва кристалл жисмларнинг хусусиятлари, анизотропия, модда кристалл тузилишининг хусусиятларига боғлиқ бўлган ички энергия қаралади. Кейинчалик масала ишлаш жараёнида деформациянинг турли кўринишлари ва қаттиқ жисм хоссаларини характерловчи эластиклик, пластиклик ва бошқа катталиклар қаралади. Ниҳоят, суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайишига оид масалалар ишланади.

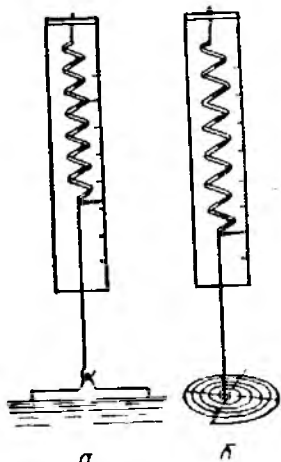
1. Сирт қатлам хоссалари

Бу ҳодисаларни тушуниш ва масала ишлаш учун керак бўладиган асосий тушунча „сирт таранглиги“ α^1 ҳисобланади. Элементар физикага оид кўпгина қўлланмаларда „сирт таранглиги“ пардани чегаралаб турган l чизиқнинг узунлик бирлигига таъсир этувчи F кучга сон жиҳатида тенг бўлган катталиқ сифатида таърифланади: $\alpha = \frac{F(\text{дин})}{l(\text{см})}$. Бунда суюқликнинг сирт пардаси билан эластик резинка парда ўртасидаги ўхшашликдан фойдаланилади. Агар бундай солиштиришда бу пардаларнинг ўхшаш хоссалари билан бирга уларнинг принциал фарқлари таъкидлаб ўтилмаса, ўқувчиларда сирт ҳодисаларни ҳақида нотўғри тушунчалар ҳосил бўлади.

Энергетик нуқтаи назардан, сирт таранглиги деганда, суюқликнинг эркин сиртини изотермик равишда 1 см^2 ёки 1 м^2 кенгайтиришда сарф бўлган иш билан ўлчанадиган катталиқ тушунилади: $\alpha = \frac{A(\text{эрг})}{S(\text{см}^2)}$ ёки $\frac{A(\text{ж})}{S(\text{м}^2)}$. Расман қараганда бу таъриф сирт тарангликнинг куч деб берилган таърифига зид келмайди, чунки $\left[\frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} \right] = \left[\frac{\text{дин}}{\text{см}} \right]$. Бироқ суюқлик сиртининг энг муҳим хусусияти унда эркин сирт энергиясининг борлиги ҳисобланади. Сирт тарангликнинг куч деб берилган таърифи сирт ҳодисаларининг физик маъносига ҳамма вақт ҳам мос келавермайди.

Суюқлик сирти қисқаришининг ҳақиқий сабаби сиртга перпендикуляр ҳолда унинг ичига йўналган кучлар таъсир қилиши ҳисобланади. Бунда сирт энергияси камаяди. Фақатгина уч фазали чегара (суюқлик — газ — қаттиқ жисм ёки суюқлик — суюқлик — газ) учун сирт таранглигининг ҳақиқатда таъсир этувчи тангенциал кучи ҳақида гапириш мумкин. Ўрта мактабда сирт таранглик фақат учта фаза чегарасида (капил-

¹ α катталиқ сирт таранглик коэффициентини деб ҳам аталади.



156- расм.

лярлар, совуи пардаси ва бошқалар) қаралгани учун масала ишлашда сирт тарангликнинг куч деб берилган таърифи қулай бўлади.

Ҳисоблашда физик катталиклар унча катта бўлмаган сонлар билан ифодаланган ҳолларда СИ системаси билан бирга СГС системасидан ҳам фойдаланиш мумкин.

570. Нима учун суюқликнинг сирт қатлами бутун суюқликка „молекуляр“ босим кўрсатади? Суюқлик молекулаларини „зицлаш“ учун бу босимнинг қандай аҳамияти бор?

Жавоб и. Қалинлиги молекуляр таъсир сферасининг диаметрига тенг бўлган сирт қатламда (қ. № 528) молекулага суюқликнинг ичкарисига қараб таъсир этадиган куч газ томо-

нидан ташқарига йўналган кучга қараганда катта бўлади. Шу асосда суюқлик қаттиқ сиқилгандек бўлади.

571. Молекуляр босим сув учун $10 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$, спирт учун $2,4 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$; эфир учун $1,4 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$. Нима учун бундай катта босим суюқлик ичидаги ҳаво пуфакчасини ҳам эза олмайди?

Жавоб и. Пуфакчанинг ўлчами молекуляр таъсир сферасига қараганда кўп марта катта. Пуфакчанинг қарама-қарши деворига ёпишган суюқлик молекулалари ўзаро таъсир этмайди, шунинг учун пуфакча ичидаги газ чегарасида суюқлик ичкарисига йўналган босим ҳосил бўлади.

572 (э). Ўқувчи суюқликнинг сирт таранглигини 156-а расмда кўрсатилган қурилма ёрдами билан аниқлаш мумкин эканлигини бир китобдан ўқиб қолади. Сувнинг сирт таранглигини аниқламоқчи бўлиб ўқувчи Бакушинский динамометри (ҳар бир бўлими 0,1 н) ва узунлиги 5 см сим олиб, тажриба қилмоқчи бўлади. Ўқувчи қаноатлантирарли натижа ололадими? Ўлчаш аниқлигини қандай қилиб ошириш мумкинлигини ўйлаб кўринг. Ўз тахминларингизни тажрибада текшириб кўринг.

Ечилиши. Сув ўз юзида ётган симга икки томондан тегиб туради. Шундай қилиб, ҳаракатланувчи сим орқасидан икки томондан сирт пардаси билан чегараланган сув устуни кўтарила боради. (Бу фактга ўқувчиларнинг эътиборини алоҳида жалб қилиш керак, чунки турли пардаларга оид масалалар ишлаганда ундан тез-тез фойдаланиб турилади.) Бир сирт парда учун $F_1 = \alpha l$ тенглама, иккитаси учун эса $F_2 = 2\alpha l = 2 \cdot 73 \frac{\text{дин}}{\text{см}} \cdot 5 \text{ см} = 730 \text{ дин} = 0,075 \text{ н}$ ўринлидир. Бундай

Ўлчашлар учун Бакушинский динамометри қўполлик қилиши кўриниб турибди. Тажрибанинг аниқлигини ошириш учун бирмунча сезгирроқ динамометр ва узунроқ сим олиш керак. Тажрибанинг бажарилиши ўнгай бўлиши учун симни квадрат рамка, ҳалқа ёки маълум узунликдаги спираль кўринишида букиш мумкин (156-б расм).

Симнинг узунлиги 100 см бўлганда $F = 2 \cdot 100 \text{ см} \cdot 73 \frac{\text{дин}}{\text{см}} = 14600 \text{ дин} \approx 1,5 \text{ н}$ бўлади.

Бу ҳолда тажрибадан α нинг қийматини тахминий баҳолаш учун фойдаланиш мумкин. Агар динамометр ўрнига сезгир шайинли тарози ишлатилса, ўлчаш аниқлиги янада юқори бўлади.

573. Тортмасининг узунлиги 5 см (157-расм) бўлган симли рамкадаги совуи пардасини $d = 10 \text{ см}$ чўзиш учун қанча иш бажариш керак?

Ечилиши. 1-усул. $A = F \cdot d = 2lad = 2 \cdot 5 \text{ см} \cdot 10 \text{ см} \times 40 \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} = 4000 \text{ эрг}$.

2-усул. A иш суюқликнинг эркин сирти энергиясининг орттормасига тенг: $A = \alpha \cdot S$. Сирт парданинг иккала томонидан ортгани ҳисобга олинади, шунинг учун

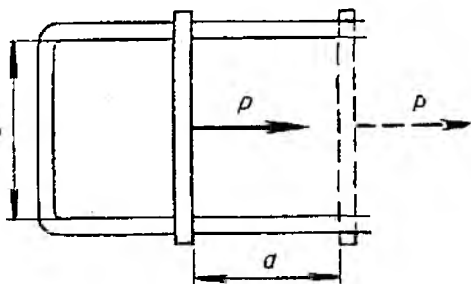
$$A = 2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ ж/м}^2 \cdot 0,05 \text{ м} \cdot 0,10 \text{ м} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ж}.$$

574. Олдинги масала асосида суюқликнинг сирт қатлами билан резинка парданинг қандай умумий ва фарқли хусусиятлари бор эканлиги ҳақида хулоса қилинг.

Жавоби. Иккала парданинг умумий томони уларнинг қисқаришидир. Бироқ резинка парда учун куч деформация катталигига (Гук қонуни) боғлиқ, хусусий ҳолда куч нолга тенг бўлиши мумкин. Суюқликнинг сирт пардаси эса ҳамма вақт бир хил тарангланган бўлади. Уни чўзиш иши ишқаланиш кучига қарши бажарилган иш ёки юкни кўтаришда бажарилган ишга ўхшаш бўлади.

575. Нима учун майда симоб ёки сув томчилари бир-бирига текканда осонгина қўшилиб катта томчи ҳосил бўлади-ю, лекин катта томчи ўз-ўзидан майда томчиларга бўлиниб кета олмайди?

Жавоби. Йирик томчининг сирти қўшилган майда томчиларнинг умумий сиртига қараганда кичик бўлади, демак, йирик томчининг сирт энергияси кичик бўлади. Томчини майдалаш учун иш бажариш керак. Ак-



157- расм.

сияча, майда томчилар қўшилганда энергия ажралади (томчининг температураси кўтарилади).

576*. Агар диаметри 1 мм бўлган томчилар қўшилганда ўша температурадаги 1 кг тоза сув ҳосил бўлса, атрофдаги муҳитга қандай миқдор иссиқлик чиқади? Атрофдаги муҳит билан иссиқлик алмашиш бўлмаганда сув неча градусгача исиган бўлур эди?

Ечилиши. Томчиларнинг сирт энергияси бир идишда турган сувнинг сирт энергиясидан катта бўлади. Бу ортиқча энергия $W = \alpha \Delta S$, бунда ΔS — идишдаги сув сирти билан барча томчилар сиртлари орасидаги фарқ. Идишдаги сувни фикран 2, 4, 8 ва ҳоказо қисмларга бўламиз. Бунда сирт шунчалик тез ортиб кетадики, сувдан ҳосил бўлган томчиларнинг сиртларига нисбатан сувнинг бошланғич сиртини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Шунинг учун $W = \alpha S \cdot n$, бунда S — битта томчининг сирти, n — томчилар сопи. $S = 4\pi R^2$, $n = \frac{V}{V_1}$, бунда V — 1 кг сувнинг ҳажми, V_1 — битта томчининг ҳажми.

$$n = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{\frac{4}{3} \pi R^3}; \quad W = \frac{4\pi R^2 \alpha \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{3\alpha \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{R} =$$

$$= \frac{3 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \text{ ккал} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ жс.}$$

Энди атрофдаги муҳит билан иссиқлик алмашилиши бўлмаганда сувнинг температураси қанчага кўтарилишини ҳисоблаймиз:

$$Q = cm \Delta t; \quad \Delta t = \frac{Q}{cm} = \frac{4,4 \cdot 10^2 \text{ жс}}{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 1 \text{ кг}} \approx 0,1^\circ \text{C.}$$

577 (э). Сув сиртига икки дона гугурт чўпи қўйинг ва улар орасида сувга совун бўлагини тегизинг. Тоза сув юзида турган икки гугурт чўпи орасида сувга қанд тегизинг. Тажриба натижаларини изоҳлаб беринг.

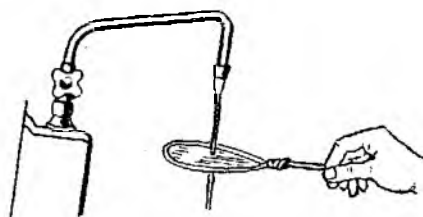
Жавоби. Совун тегизилганда гугурт чўплари бир-биридан узоқлашади, чунки совун эритмасининг сирт таранглиги тоза сувниқига қараганда кичик. Қанд сирт таранглигини оширади, шунинг учун қанд тегизилганда гугурт чўплари яқинлашади.

578. Совун эритмасининг сирт таранглиги тоза сувниқига қараганда кичик. Бироқ пуфак ҳосил қилишда ва парда билан ўтказиладиган бошқа тажрибаларда тоза сув эмас, балки совун эритмасидан фойдаланилади. Бунинг сабаби нимада?

Жавоби. Совун пардасининг сирт қатламида совун молекулалари ички қатламларидагига нисбатан кўпроқ бўлади. Агар парданинг бирор жойи юқалашиб қолса, унинг сиртида бирмунча тоза сув қатлами ҳосил бўлади, бу қатламнинг сирт

таранглиги катта бўлиб, у ўзига қўшни қисмлардан суюқлиқни тортиб олади ҳамда парда қалинлигини ҳамма жойда бир хил бўладиган қилади.

579. Симдан ишланган каркасда совун пардаси ҳосил қилинг ва ундан ингичка сув оқимини ўтказинг (158- расм). Нима учун сув пардани йиртиб юбормайди?



158- расм.

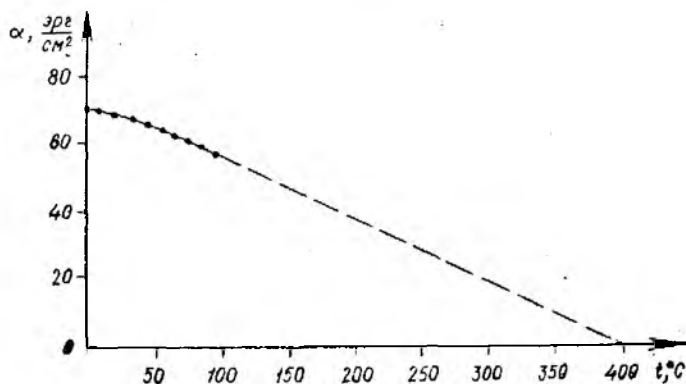
580. Қуйидаги жадвал маълумотларига қараб сирт тарангликнинг температурага боғланиш графигини чизинг, шунингдек $0 - 40^{\circ}\text{C}$ ва $40 - 100^{\circ}\text{C}$ температура интерваллари учун эмпирик формулалар тузинг.

Температура, $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сирт таранглик коэф-фициенти, $\text{эрг}\cdot\text{см}^2$	75	74	73	71	70	68	66	64	62	61	59

Бу боғланиш графиги 159- расмда кўрсатилган. Жадвал ва графикдан температураларнинг бу интервалларида α нинг t га тахминан тўғри пропорционал эканлиги кўриниб туради. Биринчи интервалда α нинг қийматлари 1°C га $0,1 \text{ эрг}/\text{см}^2$ камаяди, иккинчи интервалда эса $0,2$ га камаяди. Демак, эмпирик формулаларни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\alpha_{0-40} = 75 \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} - 0,1 \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot t$$

$$\text{ва } \alpha_{40-100} = 70 \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} - 0,2 \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} (t - 40^{\circ}).$$



159- расм.

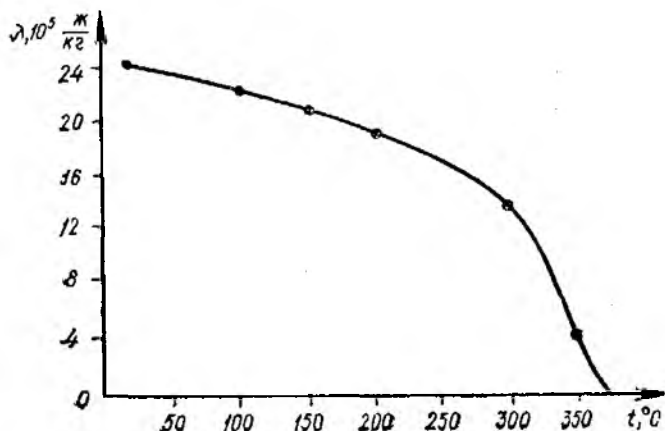
581. Олдинги масалада ҳосил қилинган $\alpha = 70 \text{ эрг/см}^2 - 0,2 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{град}$ ($t - 40$)°C формула юқорида температураларда ҳам тўғри бўлсин деб фараз қилайлик. Унда α қандай температурада нолга тенг бўлади?

Ечилиши. $0 = 70 \text{ эрг/см}^2 - 0,2 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{град } t + 8 \text{ эрг/см}^2$, бундан $t = 400^\circ\text{C}$. Бу температура критик температуранинг ҳақиқий (374°C) қийматига яқин. Албатта, бир шароит учун топилган боғланишнинг бошқа шароит учун ҳам тўғри бўлиши тўғрисидаги „дадил“ тахминларни ўша шароитда текшириб кўриш керак эканлигини ўқувчиларга тушунтириб ўтиш керак бўлади. Ҳатто $0 - 100^\circ\text{C}$ интервалда ҳам бу боғланишнинг бир хил бўлмаслиги масаладан кўриниб турибди. Шунга қарамай бу сингари ҳисоблар жуда қизиқарлидир, чунки улар ўқувчиларни ўлчаш натижаларини математик йўл билан ишлаб чиқиш методларидан бири билан таништиради.

Бу масалани ишлашда ўқувчиларни Д. И. Менделеев чиқарган хулоса билан таништириб ўтиш керак. Д. И. Менделеев сирт тарангликнинг температурага боғланишини ўргана туриб, „абсолют қайнаш температураси“ (ҳозир у „критик“ температура деб аталади) мавжуд бўлиши керак ва унда молекуляр тутиниш туфайли ҳосил бўлган сирт таранглиги нолга тенг бўлади деган хулосага келди.

582. 561- масаладаги жадвалдан фойдаланиб, буғ ҳосил бўлиш иссиқлигининг температурага боғланиш графигини ясанг ва уни 580- масаладаги график билан солиштиринг. Бу боғланишларнинг ўхшашлиги нимада? Температура кўтарилганда буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги камайишини суяқликнинг сирт таранглиги камайиши билан боғлашга уриниб кўринг.

Ечилиши. Жадвал маълумотларига қараб ясалган график 160- расмда кўрсатилган. Сирт таранглигининг камайиши сирт қатламдаги молекулаларнинг ортиқча потенциал энергиясининг камайишини билдиради. Бунинг натижасида молекулалар-



160- расм.

нинг чиқиш иши камаяди. Бу манзара худди ернинг тортиш кучи тўсатдан камайиб қолганда бўлиши мумкин бўлган манзарага ўхшайди. У ҳолда ракетанинг учиши учун, масалан, бошқа планеталарга учиши учун кам энергия керак бўлади.

2. Ҳўллаш ва ҳўлламаслик. Эгри сирт остидаги босим, напилляр ҳодисалар

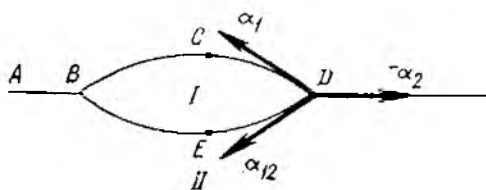
Ҳўллаш ва ҳўлламасликка оид масалаларни ечишдан олдин суюқлик томчисининг бошқа суюқлик ёки қаттиқ жисм бўйлаб ёйилиб кетиш сабабини қараб чиқиш керак. Бусиз бу ҳодисаларга оид масалалар ўзининг таълим бериш аҳамиятини йўқотди ва ўқувчиларнинг турмушдан олган тасаввурларига кам нарса қўшади.

I суюқликнинг II суюқлик сиртидаги томчисини текшириб чиқамиз (161- расм). Бунда BCD қисмда сирт таранглиги α_1 га тенг бўлган I суюқлик пардаси, сирт таранглиги α_2 га тенг бўлган II суюқлик пардаси ва иккала суюқликнинг BED умумий чегарасида сирт таранглиги α_{12} га тенг бўлган пардалари бор. Сиртлар камайишга интилиб, бунда уларнинг умумий сирт энергияси минимум бўлади. Масалан, агар α_{12} сирт таранглиги α_1 ва α_2 дан жуда ҳам кичик бўлса ва биринчи тақрибда уни ҳисобга олмаслик мумкин бўлса-ю, лекин, $\alpha_1 > \alpha_2$ бўлса, I суюқлик сирти камайди, иккинчисиники эса ортади. I суюқлик II суюқлик сиртида томчи бўлиб йиғилади. Агар $\alpha_2 > \alpha_1$ бўлса, у ҳолда I суюқлик II суюқлик сиртида ёйилиб кетади. α катталикини куч деб таърифлаганда ҳам худди шундай хулосага келиш мумкин. Агар $\alpha_2 < \alpha_1 + \alpha_{12}$ (1) бўлса, суюқлик томчи ҳосил қилади, агар $\alpha_2 > \alpha_1 + \alpha_{12}$ (2) бўлса, II суюқлик сиртида юпқа қатлам ҳосил қилади.

II суюқлик ўрнида сирт таранглигига эга бўлган қаттиқ жисм олинганда ҳам шунга ўхшаш манзара ҳосил бўлиши мумкин, чунки жисм сиртидаги зарралар ичидаги зарраларга нисбатан ортиқча энергияга эга. Қаттиқ жисмга татбиқ этилганда (1) муносабат ҳўлламасликка, (2) муносабат эса ҳўллашга мос келади.

Сирти эгриланган суюқликларнинг сирт таранглиги ҳақидаги масалаларни ечишда ўқувчиларга $p = \frac{2\sigma}{R}$ формула билан

аниқланадиган қўшимча (мусбат ёки манфий) босим ҳақида тушунча бериш керак. Қавариқ сирт учун p босим мусбат ишорага, ботиқ сирт учун эса манфий ишорага эга. Бу фор-



161- расм.

муланинг элементар исботини масала ишлаш (587, 593) йўли билан бериш мумкин.

583. Нима учун бидон ёки бутилкада сақланаётган керосин кўпинча идишнинг сиртига ўтириб қолади?

584. Нима учун симоб томчиси тахта устида шарча шаклида бўлади-ю, мис ёки рух устида ёйилиб кетади?

585. Нима учун темир ёки мисни кавшарлашда қалай ишлатилади-ю, алюминийни кавшарлашда эса ундан фойдаланилмайди?

586 (э). Бутилканинг бўғзига ёғ сурканг ва ундан сувни томчилатиб туширишга уриниб кўринг. Тажриба натижаларини изоҳлаб беринг.

Бу ва бунга ўхшаш сифатга оид масалалар 1 ва 2 муносабатлардан (263- бет) фойдаланиб изоҳланади.

587*. Радиуси $R = 5$ см бўлган совун пуфаги ичидаги ортиқча p босимни ҳисобланг, $\alpha = 40$ эрг/см² деб олинг.

Ечилиши. R радиусли пуфакни $R + \Delta R$ радиусли бўлгунча кенгайтириш юзасидан бажарилган A ишни ҳисоблаймиз; бунда $R \gg \Delta R$ деб ва кенгайишда p босим доимий деб ҳисоблаймиз. Иш

$$A = p \cdot \Delta V = p \left[\frac{4}{3} \pi (R + \Delta R)^3 - \frac{4}{3} \pi R^3 \right] = \\ = p \left[\frac{4}{3} \pi (R^3 + 3R^2 \Delta R + 3R (\Delta R)^2 + (\Delta R)^3) - \frac{4}{3} \pi R^3 \right].$$

$(\Delta R)^2$ ва $(\Delta R)^3$ қатнашган ҳадлар жуда кичик қийматга эга бўлганлиги туфайли уларни эътиборга олмай, ишнинг қуйидаги ифодасини ҳосил қиламиз: $A = 4\pi p R^2 \Delta R$. Иккинчи томондан, $A = 2\alpha \Delta S$, бунда ΔS — пуфак сиртининг ортиши. 2 га тенг бўлган коэффициент пуфакнинг радиуслари деярли бир хил бўлган иккита сирт қатламга эга бўлишини кўрсатади.

$$A = 2\alpha [4\pi (R + \Delta R)^2 - 4\pi R^2] = 16\alpha \pi R \Delta R.$$

$$4\pi p R^2 \Delta R = 16\alpha \pi R \Delta R,$$

$$\text{бундан } p = \frac{4\alpha}{R}, \quad p = \frac{4 \cdot 40 \text{ эрг/см}^2}{5 \text{ см}} = 32 \text{ дин/см}^2 \approx 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ н/см}^2.$$

Анча кичик радиусли совун пуфаги олинганда ҳам мактаб шаронтида бундай босимни ўлчаш қийинчилик туғдиради. Бироқ босимнинг радиусга тескари пропорционал боғланишда бўлишини сифат жиҳатидан кўрсатиш қийин эмас: тешиги бўлган пуфак катта ҳажмга эга бўлганда секин кичраяди, ҳажми кичик бўлганда эса тез кичраяди. Иккита сирт пардасига эга бўлган совун пуфаги учун қўшимча босим $p = \frac{4\alpha}{R}$ га тенг бўлиши масаладан келиб чиқади. Шунинг учун битта сферик сирт парда ҳосил қилган қўшимча босим $p' = \frac{2\alpha}{R}$ бўлади.

588. Иккита туташ найчада (162- расм) турли ўлчамли пуфаклар ҳосил қилинди. Агар a най бекитиб қўйилса пуфаклар ўзгарадими, агар ўзгарса, қандай ўзгаради?

Ечилиши. 1-усул. $p = \frac{4\alpha}{R}$
 формулага мувофиқ, кичик пу-
 факда босим катта ва 1-найча
 учдаги парданинг эгрилик ра-
 диуси катта пуфак радиусига
 тенглашгунга қадар кичик пу-
 факча кичрайиб боради.

2-усул. Энергетик нуқтаи
 назардан пуфаклар энг кичик
 сиртга эга бўлиши керак. Ҳаво-
 нинг ҳажми тахминан бир хил
 бўлганда бир пуфак сирти икки
 пуфак сиртига қараганда кичик
 бўлади. Бунда ҳаво кичик пу-
 факдан каттасига ўтади, лекин
 каттасидан кичигига ўтмайди, чунки бундай бўлганда пуфак-
 ларнинг ҳажмлари тенглашганда ҳавонинг оқиб ўтиши тўхтаган
 бўлур эди. Бироқ иккита бир хил пуфакнинг сирти ва демак,
 уларнинг сирт энергияси битта катта пуфакнинг сирти ва энер-
 гиясидан катта бўлади, демак, ҳаво катта пуфакдан кичигига
 оқиб ўтолмас экан.

589. Радиуси 1 мкм бўлган туман томчисида сирт таранг-
 лиги қандай p қўшимча босим ҳосил қилишини ҳисоблаб то-
 пинг.

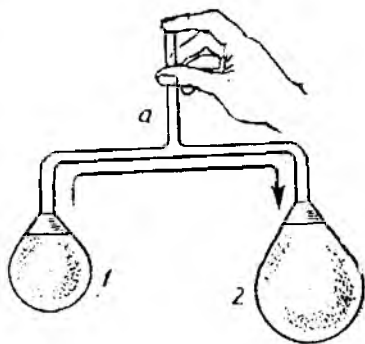
Ечилиши. Сфера шаклида бўлган туман томчисининг сирт
 пардаси битта бўлади, шунинг учун

$$p = \frac{2\alpha}{R} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}}{10^{-6} \text{ м}} \approx 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

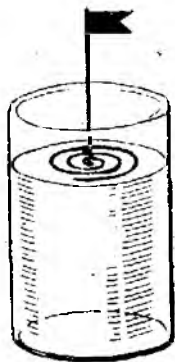
Бу масалани ечиш муносабати билан сув томчисининг эг-
 рилиги кичик бўлишига алоқадор бўлган баъзи ҳодисалар ҳа-
 қида, масалан, нолдан паст температурада
 музлаш, жадалроқ буғланиш, катта томчи-
 нинг майдалари ҳисобига ўсиши ва бошқа
 ҳодисалар ҳақида ўқувчиларга сўзлаб бериш
 мумкин.

590*. Қизиқарли физика кечасида бир
 ўқувчи сув юзида сузиб юрган нинна, хавф-
 сиз устара лезвиеси ва ҳатто сим ўрамлари-
 дан ясалган қайиқчани кўрсатди (163- расм).
 Бу тажрибалар кўрсатилгандан кейин бошқа
 бир ўқувчи: „Бу ерда фирибгарлик бор.
 Модомики темир сузар экан, унда нега рельс-
 лардан ясалган соллар дарёда оқизилмай-
 ди?“ — деди. Бунинг сабабини тушунтириб
 беринг.

Ечилиши. Агар жисм сувда ҳўллазма-



162- расм.



163- расм.

са, унинг остида мениск ҳосил бўлади. Бу мениск жисмнинг чизиқли ўлчамларига пропорционал бўлган ва юқорига йўналган босим кучини вужудга келтиради. Масалан, R радиусли шар шаклига эга бўлган жисм ярмига қадар сувга ботирилса, босим кучи

$$F_1 = pS = \frac{2\alpha}{R} \cdot \pi R^2 = 2\alpha R \cdot \pi, \text{ яъни } F_1 \sim R$$

бўлади. Ботиқ парданинг F_1 сирт таранглик кучи билан F_2 Архимед кучи F_3 оғирлик кучини мувозанатлайди: $F_1 = F_3 - F_2$. Юқорида кўрсатилганидек, F_1 сирт таранглик кучи жисмнинг чизиқли ўлчамларига, кучларнинг $F_3 - F_2$ айирмаси эса унинг ҳажмига, яъни чизиқли ўлчамларининг кубига пропорционал бўлгани учун ҳажмни оширганда F_1 куч $F_3 - F_2$ айирмадан кичик бўлган ҳол тезда юзага келади ва жисм чўкади.

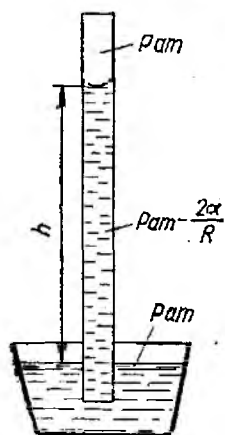
591. Нима учун сув пардасининг остига кириб қолган қумурсқалар сувдан ташқарига чиқолмайди?

Жавоб. Сирт парда қумурсқа таъсирида юқорига эгриланиб, пастга йўналган қўшимча босим ҳосил қилади. Бу босим қумурсқанинг ташқарига чиқишига тўсқинлик қилади.

592. Радиуси $R = 1$ мм бўлган шиша найчада спирт 20°C температурада қандай баландликка кўтарилади?

Ечилиши. 1- усул. Менискнинг четига вертикал йўналишда $F = 2\pi R \alpha$ куч таъсир қилади, бу куч оғирлиги $P = \rho g V = \rho g S h = \rho g \pi R^2 h$ бўлган спирт устунини ушлаб туради. Демак, $2\pi R \alpha = \rho g \pi R^2 h$, бундан

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g R} = \frac{2 \cdot 21 \frac{\text{дин}}{\text{см}}}{0,80 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 980 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot 0,1 \text{ см}} = 0,54 \text{ см.}$$



164- расм.

2- усул. Идишнинг кенг қисмидаги суюқликнинг ортиқча $p = \frac{2\alpha}{R}$ босими капиллярдаги суюқлик устунини ушлаб туради (164- расм). Мениск радиусини капилляр радиусига тенг деб ҳисоблаб, $\frac{2\alpha}{R} = \rho g h$ деб ёзамиз, бундан $h = \frac{2\alpha}{\rho g R} = 0,54 \text{ см.}$

593*. R радиусли капиллярдаги ботиқ мениск остидаги босим горизонтал сирт остидаги босимдан қанча кам эканлигини ҳисоблаб топинг. Бунда мениск айланасининг узунлик бирлигига капилляр ўқи бўйича α куч таъсир этади деб ҳисобланг.

Ечилиши. $2\pi R \alpha = \rho g h S$; $\rho g h = p$,

$$p = \frac{2\pi R \alpha}{S} = \frac{2\pi R \alpha}{\pi R^2} = \frac{2\alpha}{R}.$$

594. Симоб барометри пайчасининг диаметри 4 мм бўлса, барометр кўрсатишига қандай тузатма киритиш керак бўлади?

Ечилиши. Симоб қавариқ мениск ҳосил қилади, у эса $p = \frac{2\sigma}{R} = \rho gh$ ортиқча босим ҳосил қилади.

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R} = \frac{2 \cdot 540 \frac{\text{дин}}{\text{см}}}{13,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 980 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \cdot 0,2 \text{ см}} \approx 0,4 \text{ см.}$$

3. Қаттиқ жисмларнинг хоссалари

Бу темада қаттиқ жисмларнинг эластиклик, пластиклик, мўртлик, мустаҳкамлик каби механик хоссалари, шунингдек деформациянинг ҳар хил турлари ўрганилади. Қайтариш учун аввало $F = -kx$ формуладан фойдаланиб, 8-бобда келтирилган масалаларга, яъни эластик деформацияларга (Гук қонунига) оид масалалар ечилади; сўнгра $F = \frac{E\Delta l}{l}$ формула бўйича сиқилиш ва чўзилиш деформациясига оид бир неча масала ечиш керак. Гарчи баъзи бир материаллар учун E эластиклик модулининг сиқилиш ва чўзилиш деформациясидаги қийматлари бир хил бўлмаса-да, одатда ҳисоб ишида E нинг бу қийматлари бир хил деб олинади.

Деформацияларда юз берадиган ҳодисаларни изоҳлаш учун ўқувчиларнинг молекулалар ўзаро таъсир кучи ҳақидаги билимларидан фойдаланиш керак бўлади.

Бундан кейин асосий эътибор кристалл ва аморф жисмларнинг ички энергияси ва жисмларни бузилишгача олиб келадиган эластик бўлмаган деформацияларда жисмда бўладиган процесслар ҳақидаги масалаларга қаратилади. Бунда қўлланиладиган асосий тушунчалар қуйидагилардир.

σ кучланиш — брусочка берилаётган F нагруканинг брусочнинг S кўндаланг кесим юзига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ:

$$\sigma = \frac{F}{S}.$$

Чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси ёки узилишдаги вақтинчалик қаршилиқ $\sigma_{\text{муст}}$ — намунанинг узилишидан олдин юзига келадиган энг катта кучланиш. $k = \frac{\sigma_{\text{муст}}}{\Delta l}$ мустаҳкамлик запаси — йўл қўйилган кучланиш шу материалнинг мустаҳкамлик чегарасидан неча марта кичик эканлигини кўрсатадиган сондир.

Чўзилиш деформациясида кристалл жисмларда юз берадиган ва 167-расмдаги графикларда кўрсатилган характерли ўзгаришлардан қатор масалаларни ечишда фойдаланиш мумкин. Бунда диққатни графикнинг 2 — 3 қисмига жалб қилиш керак,

бу қисм бир кристалл доналарнинг бошқалари бўйлаб сир-
панишига мос келади, бу ҳол материални мустаҳкамлашга
олиб келади.

Қаттиқликни аниқлашга доир масалалар ечганда Бринелль
усули билан чегараланиш мумкин; қаттиқлик ўлчови сифатида
 $H_B = \frac{F}{S}$ катталиқ олинади, бунда F — шарчани материалнинг
сиртига ботирадиган куч, S — материалдаги сферик тамғанинг
юзи. Ўқувчиларга $S = \frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi d^2}{2} \sqrt{D^2 - d^2}$ эканлигини айтиш
мумкин. Бироқ бу формула қўпол бўлгани учун, масала ечиш-
да ундан фойдаланишга ортиқча берилиб кетиш ярамайди.
Ўқувчилар масаланинг моҳиятига тушунган ва қаттиқликни
 $H_B = \frac{F}{S}$ формуладан топа оладиган бўлсалар, шунинг ўзи ки-
фоя.

595 (э). Узунлиги 3 м ва диаметри 0,12 мм бўлган мис сим
оғирлиги 150 г бўлган тош таъсирида қанча узаяди? Жавобини
тажрибада текшириб кўринг.

Ечилиши.

$$\Delta l = \frac{Fl}{ES} = \frac{Fl}{E\pi R^2} = \frac{1,5 \cdot 3}{1,20 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 3,14 (0,06 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2} \approx \\ \approx 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,3 \text{ мм}.$$

Материалнинг E эластиклик модули қиймати кўлинча но-
маълум бўлгани учун, ҳисобнинг натижасини тажрибада фа-
қат тахмилан текшириб чиқиш мумкин.

Масала, диаметри 0,12 мм бўлган ПЭВ маркали сим олиб,
уш шипга боғлаймиз ва тўғрилаш учун унга оғирлиги 2 г тош
осиб қўямиз. Сўнгра симнинг оғирлиги 150 г юк таъсири о-
стида узайишини кузатамиз. Симнинг узайишини бутун синфга
кўринадиган қилиш учун унинг учини узун стрелка-ричакка
боғлаш ёки экранга проекциялаш мумкин. Δl ни штангенцир-
куль билан ўлчаган маъқул.

596. Нима учун обакидандон вақт ўтиши билан шакар боғ-
лаб қолади, шиша хиралашиб қолади?

Жавоб. Бошқа шароитлар бир хил бўлганда аморф ҳо-
латдаги жисмнинг ички энергияси унинг кристалл ҳолатда бўл-
ганидаги ички энергиясидан катта бўлади.

597. Нима учун пўлат ва чўян вақт ўтиши билан майда
донадорликдан йирик донадор бўлиб қолади?

Жавоб. Кристалл сирт энергияси шу ҳажмда энг кичик
бўлган шаклни эгаллайди. Иккита кичкина кристаллнинг сирт
энергияси ҳажми уларнинг икковининг ҳажмлари йигиндисига
тенг бўлган битта катта кристаллнинг сирт энергиясидан катта-
дир. (Бу ҳол худди томчиларнинг сирт энергияси улар қўшил-
ганда ҳосил бўлган битта томчиининг сирт энергиясидан катта
бўлишига ўхшашдир.) Жисмда катта кристаллар ҳосил бўлган-
да атрофдаги муҳит билан иссиқлик алмашинуви бўлмаса,

жисмнинг температураси кўтарилади.

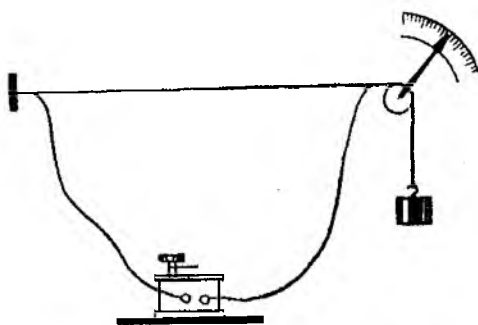
598. Агар темир сим (165- расм) қизаргунча ток билан қиздирилса, у сим узаяди ва стрелка шкала бўйлаб ўнг томонга ҳаракатланади. Соби- ганда эса стрелка чапга қараб кетади. Бироқ бир пайт келганда стрелка кескин равишда ўнгга силжиб, сўнгра яна чапга қараб ҳаракатланади. Бу пайтда симда қандай ҳо- диса рўй беради?

Ж а в о б и. Темир бир кристалл ҳолатдан ички энергияси кичик бўлган бошқа ҳолатга ўтади, ортиқча энергия симни қиздиришга сарфланиб, ўша пайтда сим яна узая- ди.

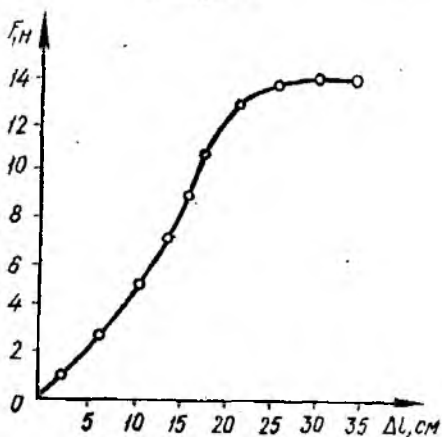
599 (э). Динамометр ёки тарози тоши ва син- тетик материалдан иш- ланган қармоқ ипи билан тажриба ўтказиб, ип уза- йишининг унга қўйилган кучга боғланиш жадва- лини тузинг. Жадвал маълумотларига қараб график тузинг ва кучланишнинг қандай қийматида материалнинг бўшашишини кўрсатинг. Сиз ўлчаб топган кучланиш қармоқ ипининг пас- портида кўрсатилган мустаҳкамлик чегарасига тўғри келадими?

У қувчилардан бирининг диаметри 0,2 мм ва узунлиги 1 м бўл- ган қармоқ ипи билан ўт- казган тажрибаси маълумот- ларига қараб чизилган гра- фик 166-расмда кўрсатилган. Қармоқ ипи паспортида кўрсатилган 14 Н таранглик кучига чидайди.

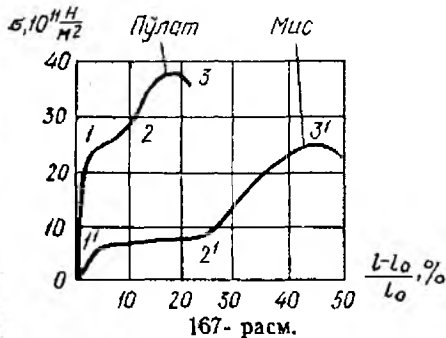
600. 167- расмда пўлат ва миснинг чўзилиш графиги кўрсатилган. Бу графиклар- га қараб ўша моддаларнинг хоссаларини солиштиринг.



165- расм.



166- расм.



167- расм.

Жавоби. 0—1 ва 0—1' соҳаларни солиштиришдан пўлат бирмунча эластик материал эканлиги кўринади. Пўлат мисга қараганда мўртроқ, чунки пўлатнинг 1—2 оқиш соҳаси қисқароқдир. Мисни пўлатга қараганда кўпроқ мустаҳкамлаш мумкин, чунки унинг 2'—3' соҳаси катта. Пўлат анча мустаҳкам, чунки у катта кучланишда узилади.

601 (э). Мактабда ишлатиладиган симлар наборидан олинган 0,3 мм диаметрли мис симнинг узилиши учун қанча куч кераклигини ҳисобланг. Топилган маълумотни тажрибада синаб кўринг.

Ечилиши. Жадвал ёки графикдан фойдаланиб (167- расм), миснинг $\sigma = 2,1 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$ кучланишда узилишини топамиз. Симнинг кўндаланг кесим юзи

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2 \text{ мм}^2}{4} = 0,071 \text{ мм}^2 = 7,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2.$$

Узувчи куч

$$F = \sigma \cdot S = 2,1 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2 \cdot 7,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 \approx 15 \text{ н.}$$

602. Агар ғишт тахнинг йўл қўйилган кучланиши $\sigma_{\text{н}} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ бўлса, ғишт уйнинг баландлиги энг кўпи билан қанча бўлиши мумкин?

Ечилиши. Девор оғирлиги ҳосил қилган босим $p = \sigma_{\text{н}} = \rho g h$, бунда ρ — ғиштнинг зичлиги, h — ғишт девор баландлиги.

$$h = \frac{\sigma_{\text{н}}}{\rho g} = \frac{0,9 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2}{180 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2} \approx 50 \text{ м.}$$

603. Пўлат симнинг мустаҳкамлик чегараси $\sigma_{\text{м}} = 7,8 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$, мустаҳкамлик запаси $k = 10$. Беш тонна юк кўтарадиган краннинг пўлат симлардан эшилган тросидаги барча симларнинг умумий кўндаланг кесим юзи нимага тенг бўлиши керак?

$$\begin{aligned} \text{Ечилиши. } F &= \sigma_{\text{н}} \cdot S; \quad S = \frac{F}{\sigma_{\text{н}}}; \quad k = \frac{\sigma_{\text{м}}}{\sigma_{\text{н}}}; \quad \sigma_{\text{н}} = \frac{\sigma_{\text{м}}}{k}; \quad S = \frac{Fk}{\sigma_{\text{м}}} = \\ &= \frac{5 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 10}{7,8 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2} \approx 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 6,3 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

604. Қаттиқликни ўлчайдиган ТШ- I асбоб ёрдамида алюминий қотишмаси синалди. Бунда $F = 2500 \text{ н}$ нагрузкада диаметри $D = 5 \text{ мм}$ бўлган шарча 60 сек давомида диаметри $d = 1,8 \text{ мм}$ бўлган из қолдирди. Қотишманинг қаттиқлиги нимага тенг?

Ечилиши.

$$H_B = \frac{F}{S}; \quad S = \frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi d^2}{2} \sqrt{D^2 - d^2} = 2,8 \text{ мм}^2; \quad H_B = 900 \text{ н/мм}^2.$$

605. Алюминий қуймасининг зичлиги $\rho_1 = 2560 \text{ кг/м}^3$, қаттиқлиги $H_B = 160 \text{ н/мм}^2 + 250 \text{ н/мм}^2$. Прокат қилинган (ёйилган) алюминийнинг зичлиги ва қаттиқлиги мос равишда $\rho_2 =$

$= 2600 \text{ кг/м}^3$ ва $H_B = 390 \text{ н/мм}^2$ гача. Бундай фарқнинг сабаби нимада?

Ж а в о б и. Прокат қилинганда алюминий молекулалари зичроқ жойлашади, шунинг учун тахта алюминий мустаҳкам бўлади (қ. 167- расм, 2 — 3 соҳа).

4. Суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши

Бу темада суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайишининг температурага боғланиши миқдор жиҳатидан ўрганилади. Масала ишлашда $l = l_0(1 + \alpha t)$ ва $V = V_0(1 + \beta t)$ муносабатлардан фойдаланилади. Қаттиқ жисм учун $\beta = 3\alpha$. Ўрта мактабда жисмларнинг иссиқликдан кенгайишига оид масала ечганда α ва β коэффициентлар одатда ўзгармас миқдорлар деб ҳисобланади. Ҳақиқатда эса бу катталиклар турли температура интервалларида турлича бўлиши мумкин, шундай эканлигини ўқувчиларга айтиб ўтиш керак.

Қаттиқ жисмларнинг кенгайишига оид масалалар ечганда амалда $l_2 = l_1(1 + \alpha \Delta t)$ ва $V_2 = V_1(1 + \beta \Delta t)$ формулалардан фойдаланиш мумкин, бунда $\Delta t = t_2 - t_1$. Суюқликлар учун ҳам соддалаштирилган бундай формулалардан фойдаланиш мумкин, лекин бу ерда хато сезиларли бўлади, шундай эканини қуйида 606- масалани ишлаш мисолида кўрсатамиз. Бу формулалар бўйича ҳисоблаш одатда унча қийин бўлмайди; суюқлиқнинг фақат ўзининг кенгайишигина эмас, балки у турган идишнинг кенгайиши ҳам ҳисобга олиниши керак бўлган ҳолларда бироз қийин бўлади. Бу типдаги масалани синфда албатта муҳокама қилиш керак бўлади. Юқорида келтирилган формулалар яхлит жисмлар учун ҳам, ичи ковак жисмлар учун ҳам тўғри бўлишини ўқувчиларга тушунтириб ўтиш керак.

Иситилганда жисм зичлигининг ўзгаришига оид ҳам бир қанча масала ишлаш керак бўлади. Бунинг учун аввало ўқувчиларга маълум бўлган $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$ формуладан фойдаланиш яхши бўлади (бунда V_2 — жисмнинг t_2 температурадаги ҳажми), сўнгра эса $\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta t}$ формулани киритиш керак бўлади.

$\beta \Delta t$ катталиқ одатда бирдан жуда кичик бўлгани учун

$$\rho_2 = \frac{\rho_1(1 - \beta \Delta t)}{(1 + \beta \Delta t)(1 - \beta \Delta t)} \approx \rho_1(1 - \beta \Delta t).$$

Калориметрик ҳисоблар ҳақидаги ўқув материалини қайта-риш учун бу темада жисм ҳажмининг маълум миқдорда орттириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини аниқлашга оид бир неча масала ечиш мақсадга мувофиқдир. Бу масалаларни жисмларнинг ички энергиясини ошириш ва жисмларнинг $A = \frac{kx^2}{2}$

тенгламага мувофиқ равишда бажарган иши нуқтан назаридан қараб чиқиш фойдали ҳисобланади. Бу типдаги масалаларга жисмларнинг эластик деформацияси ҳақидаги материални киритиб, шу асосда бу темадаги турли масалаларни бирга боғлаш мумкин.

Дастлаб бу формулаларни татбиқ этишга машқ қилиш учун бир неча масала ечилади. Бунда ўқувчилар бир метр мис ёки алюминий сим маълум даражада, масалан, $\Delta t = 100^\circ\text{C}$ қиздирилганда қанчага узайиши ҳақида тасаввур олишлари керак. Ушанда симларнинг узайиши яхши эсда қоладиган сонлар билан ифодаланади: мис учун — 1,7 мм, алюминий учун — 2,6 мм ва ҳоказо.

606. Сигими 10 л бўлган алюминий идишга 20°C ли керосин лиммо-лим қилиб қуйилди. Агар керосин температураси 40°C га кўтарилгунча иситилса, қандай миқдор керосин тошиб тўкилади? Идишнинг кенгайишини ҳисобга олманг. Сонларни аниқ ҳисобланг.

Ечилиш и. 1-усул.

$$V_2 = V_1(1 + \beta\Delta t); \Delta V = V_1\beta\cdot\Delta t.$$

$$\Delta V = 10 \text{ л} \cdot 0,001 \text{ град}^{-1} \cdot 20^\circ = 0,2 \text{ л} = 200 \text{ см}^3.$$

Идишга лиммо-лим қилиб керосин қуйган кишининг янглишиши орқасида бир стакан керосин тошиб тўкилиши мумкин экан.

2-усул. Бирмунча аниқроқ бўлган $V_2 = V_0(1 + \beta t_2)$ формуладан фойдаланиб ҳисоблаймиз. Аввало $V_1 = V_0(1 + \beta t_1)$ формуладан $V_0 = \frac{V_1}{1 + \beta t_1}$ эканини, яъни

$$V_0 = \frac{10}{1 + 0,001 \cdot 20} \approx 9,804 \text{ (л)}$$

эканини топамиз.

$$V_2 = 9,804(1 + 0,001 \cdot 40) \approx 10,196 \text{ (л)}.$$

Бунинг биринчи жавобдан фарқи (4 см³) катта эмас, шунинг учун амалий мақсадларда тахминий формулалардан ҳам фойдаланиш мумкин экан. Бироқ бу фарқ сезиларли ва ўлчанishi мумкин. Сигими 60 м³ бўлган темир йўл цистернаси учун бундай шароитдаги фарқ $\frac{60 \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^3} \cdot 4 \text{ см}^3 = 24000 \text{ см}^3 = 24 \text{ л}$ бўлади.

607. Бундан олдинги масалани идишнинг кенгайишини ҳисобга олиб ечинг.

Ечилиш и. 1-усул, 40°C да идиш ҳажмининг кенгайишини топамиз:

$$V_2 = V_1(1 + 3\alpha\cdot\Delta t).$$

$$\Delta V = 10 \cdot 3 \cdot 0,000026 \cdot 3 = 0,0156 \text{ (л)} = 15,6 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Демак, идишдан $200 \text{ см}^3 - 15,6 \text{ см}^3 = 184,4 \text{ см}^3$ керосин тошиб тўкилади, агар олдинги масаланинг аниқроқ бўлган иккинчи ечимини ҳисобга олсак, идишдан $180,4 \text{ см}^3$ керосин тошиб тўкилади.

2-усул. Агар идишдаги суюқликнинг кенгайиш коэффициенти унинг ҳақиқий кенгайиш коэффициенти билан идиш материалининг кенгайиш коэффициенти фарқига тенг деб қабул қилинса, бундай масалалар енгил ҳал қилинади. Ўша шароитда

$\Delta V = V(\beta_{\text{кер}} - \beta_{\text{ал}}) \Delta t = 10(0,001 - 0,000078) \cdot 20 = 184,4 \text{ (см}^3\text{)}$ бўлади. Шундай эканини биз юқорида кўрган эдик.

608. Зичлиги $\rho \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$, солиштирма иссиқлик сифими $c \left(\frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right)$ ва ҳажм кенгайиш коэффициенти $\beta \text{ (град}^{-1}\text{)}$ бўлган суюқлик ёки қаттиқ жисмга $Q \text{ (ж)}$ иссиқлик миқдори берилганда унинг ҳажми (бошланғич ҳажмига боғлиқ бўлмаган ҳолда) $\Delta V = \frac{Q\beta}{\rho c}$ га ортишини исботланг.

Ечилиши. $\Delta V = V_0 \beta \Delta t$ ва $Q = cm \Delta t = c \rho V_0 \Delta t$ формулалардан Δt аниқланиб, унинг иккала ифодаси тенглаштирилади, буида изланаётган формула ҳосил бўлади [39, № 676].

609. Кўндаланг кесими 2 мм^2 бўлган пўлат сим 30°C да горизонтал тортилиб, учлари қўзғалмас таянчларга маҳкамлаб қўйилган. Температура — 10°C гача пасайтирилганда сим таянчларга маҳкамланган нуқталарида қандай куч билан таъсир қилади? [39, № 678].

Ечилиши. Сим таянчларга шундай куч билан таъсир қиладики, бу куч симни — 10°C да эркин ҳолдаги l_1 узунликдан 30°C даги l_2 узунликкача чўзиш учун керак бўлган кучга тенг бўлади.

Симни эластик равишда чўзилди деб ҳисоблаб, Гук қонунига асосан кучни топамиз:

$$F = \frac{\Delta l ES}{l}.$$

Иккинчи томондан, $\Delta l = \alpha l \Delta t$, шунинг учун $F = \frac{\alpha \Delta t ES}{l} = \alpha \Delta t ES = 0,000012 \text{ град}^{-1} \cdot 40^\circ \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \text{ н/м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \approx 200 \text{ н}$.

Кучнинг сим узунлигига боғлиқ эмаслигини қайд қилиб ўтиш керак. Кўндаланг кесими анча катта бўлган жисмлар, масалан ғўлалар учун иссиқликдан кенгайиш ҳисобига юзага келган кучлар жуда катта бўлиши мумкин. Қурилиш ишида буни ҳисобга олиш керак бўлади.

ЭЛЕКТР МАЙДОНИ

Бу темада асосан электростатикадан масала ечилади. Бу масалаларда электр зарядларининг ўзаро таъсир кучи Кулон қонунига мувофиқ ҳисобланади, электр майдонининг кучланганлиги, потенциали ва зарядни кўчиришда электр майдони кучларининг бажарган иши, конденсаторларнинг электр сифми топилади.

Бу тема бўйича электр кучлари таъсири остидаги жисмларнинг мувозанатига оид қўлғина аралаш масалалар ечилади. Бу масалалар электр майдони қонуналарининггина эмас, балки механика қонуналарини қайтариш ва қўлланганинг яхшигина воқитаси ҳам ҳисобланади.

Электростатика масалаларини нуқтавий зарядга оид масалаларга ва ўлчамларини ҳисобга олмаслик мумкин бўлмаган зарядли жисмлар ҳақидаги масалаларга ажратиш мумкин.

Ўрта мактабда асосан нуқтавий зарядлар ёки сферик жисмлардаги зарядлар текширилади. Шакли мураккаб бўлган жисмлардан фақат ясси конденсаторлар қаралади.

Масалаларда бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган электр майдонларининг хоссалари кўриб чиқилади: биринчиси нуқтавий заряд майдони мисолида, иккинчиси эса ясси конденсатор майдони мисолида ўрганилади.

1. Кулон қонуни

Иккита нуқтавий электр заряди ўзаро таъсир кучининг улар орасидаги масофага боғлиқлиги аввало вакуум учун $F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2}$ кўринишда, диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon \neq 1$ бўлган муҳит учун $F \sim \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ кўринишда ёзилади ва ундан фойдаланилади. F нинг ифодасидаги пропорционалликдан тенгликка ўтиш учун k пропорционаллик коэффиценти киритилади. Бунда Кулон қонуни

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$$

кўринишга эга бўлади.

k коэффицентнинг қиймати бирликлар системасига боғлиқ бўлади. СГСЭ системасида $k=1$, диэлектрик сингдирувчанлик ϵ эса ўлчовсиз катталиқдир. СИ системасида $k \neq 1$ ва ϵ нинг ўлчамлиги $\left(\frac{К^2}{Н \cdot М^2} \right)$ ёки $\frac{Ф}{М}$ бўлади. $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ кўринишда ёзишга шартлашиб олинган, бунда ϵ_0 — электр доимийси деб аталган ўлчовли катталиқ, ϵ_r эса муҳитнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги деб аталадиган ўлчовсиз катталиқдир.

Вакуумнинг диэлектрик сингдирувчанлиги, яъни электр дон-мийси $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2} \left(\frac{\Phi}{\text{М}} \right)$. Бирор муҳит учун ϵ , нинг қий-мати жадвалдан олинади.

СИ системасида Кулон қонуни $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$ кўринишда бў-лади.

Кулон қонуни формуласидан фойдаланиб, даставвал икки заряднинг ўзаро таъсирига оид масалалар ечилади, буларда F куч, q_1 ва q_2 заряд катталиги, улар орасидаги r масофани топишга машқ қилинади. Сўнгра масалалар бирмунча мурак-каблаштирилиб, бир қанча зарядларнинг ўзаро таъсири текши-рилади. Тема статика ва динамика қонунларидан фойдаланиб ечиладиган аралаш масалаларни ечиш билан якунланади. Ара-лаш масалаларда, масалан, ипга осилган зарядли жисмларнинг мувозанат шартини қараб чиқиш ва бунда оғирлик кучи ва ипнинг реакция кучини ҳисобга олиш мумкин.

Бу масалаларнинг ҳаммасида зарядлар нуқтавий заряд деб қабул қилинади, чунки Кулон қонуни фақат нуқтавий заряд-лар учун ўринлидир. Масала ечишда нуқтавий заряд сифатида ўлчами улар орасидаги масофага қараганда жуда кичик бўл-ган зарядли жисмлар қабул қилинади. Сферик жисм заряди сферанинг марказида жойлашади деб ҳисобланади.

Иккита нуқтавий заряд ўзаро таъсир кучининг улар ора-сидаги масофага ва муҳитга боғланиши характери аввал си-фатга оид масалаларни ҳал қилиш йўли билан аниқланади.

610. Агар зарядлар орасидаги масофа 3 марта камайтирил-са, улар орасидаги ўзаро таъсир кучи қандай ўзгаради?

Жавоби. 9 марта ортади, чунки $F \sim \frac{1}{r^2}$.

611. Вакуумда зарядлар бир-бирига F куч билан таъсир қила-ди. Керосинда уларнинг ўзаро таъсир кучи нимага тенг бўлади?

Жавоби. 2 марта камаяди, чунки $F \sim \frac{1}{\epsilon_r}$, керосин учун $\epsilon_r = 2$.

Ҳисоблашга оид масалалардан даставвал қуйидаги мазмун-дагилари ечилади.

612. Ҳар бири 1 К дан бўлган иккита заряд ҳавода бир-бири-дан 1 км масофада қандай куч билан ўзаро таъсирда бўлади?

Ечилиши. Ўзаро таъсир кучи

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r r^2},$$

бунда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2}$, $q_1 = q_2 = 1 \text{ К}$ ва $r = 1000 \text{ м}$. Ҳаво учун ϵ_r ни 1 га тенг деб олиш мумкин. У ҳолда ўзаро таъсир кучи:

$$F = \frac{1 \cdot 1 \text{ К} \cdot 1 \text{ К}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2} \cdot 1000^2 \text{ м}^2} \approx 0,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Бу масала 1 к заряднинг ниҳоятда катта эканлиги ҳақида тасаввур беради. Бу ерда сонлар устидагина эмас, балки ўлчамликлар устида амаллар бажариш ҳам муҳим аҳамиятга эга.

613. Ҳар бири $3 \cdot 10^{-8}$ к дан бўлган ва керосинда бир-биридан $r = 2$ см масофада жойлашган иккита нуқтавий заряднинг ўзаро таъсир кучини топинг.

Бундан олдинги масалага ўхшаб ечилади.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Жадвалдан $\epsilon_r = 2$ экани топилади.

$$F = \frac{3 \cdot 10^{-8} \text{ к} \cdot 3 \cdot 10^{-8} \text{ к}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2} \cdot 2 \cdot 0,02^2 \text{ М}^2} \approx 0,01 \text{ Н}.$$

614. Агар электрон орбитасининг радиуси $0,5 \cdot 10^{-10}$ м бўлса, водород атомининг ядроси электронни қандай куч билан тортади?

Ечилиши. Электрон зарядини билиш керак: $-e = -1,6 \times 10^{-19}$ к. Бу қийматни справочникдан олиш ҳам мумкин, бироқ буни эсда сақлаш яхши. Протон зарядининг миқдори ҳам шундай бўлиб, лекин мусбатдир. Электрон билан протоннинг ўзаро таъсир кучи

$$F = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2} (0,5 \cdot 10^{-10})^2 \text{ М}^2} \approx 9 \cdot 10^{-8} \text{ Н}.$$

Агар масалада иккитадан ортиқ заряд берилган бўлиб, зарядлардан бирига таъсир этувчи кучни аниқлаш керак бўлса, масала икки босқичда ечилади:

а) Зарядлардан бирининг қолган икки заряддан ҳар бири билан бўладиган ўзаро таъсир кучлари бирин-кетин топилади.

б) Топилган кучларни қўшиб, уларнинг тенг таъсир этувчиси аниқланади.

615. Ҳавода турган $q_1 = 1 \cdot 10^{-7}$ к ва $q_3 = 2 \cdot 10^{-7}$ к зарядларининг $q_2 = -1 \cdot 10^{-6}$ к зарядга (168- расм) қандай куч билан таъсир қилишини топинг. $AB = BC = 10$ см.

Ечилиши. q_2 зарядга q_1 ва q_3 зарядлар $\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_3$ кучлар билан таъсир қилади (168- расм). q_2 заряднинг q_1 ва q_3 зарядларга тортишини кучлари бўлган



168- расм.

$\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_2$ кучлар АС тўғри чизик бўйлаб қарама-қарши томонларга йўналган. Уларнинг тенг таъсир этувчиси бўлган $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3$ куч катта $\vec{F}_3$ куч томонга йўналган

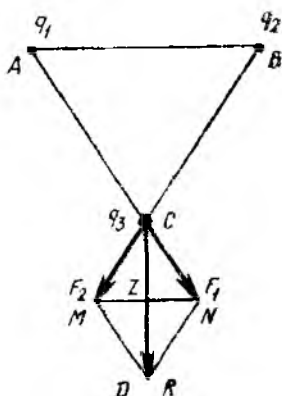
бўлиб, унинг миқдори бу кучлар айирмасига тенг. Кулон қонунига асосан,

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot AB^2} \text{ ва } F_2 = \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot BC^2}.$$

Ҳаво учун $\epsilon_r = 1$. $AB = BC = 0,1$ м. Ҳисоблаб $F_1 \approx 0,1$ н, $F_2 \approx 0,2$ н, $R \approx 0,1$ н эканини топамиз.

616. Томони 20 см бўлган тенг томонли учбурчакнинг учларига ҳавода $q_1 = q_2 = q_3 = 1 \cdot 10^{-6}$ к зарядлар жойлашган. Зарядлардан бирига қолган иккитасининг кўрсатадиган таъсир кучини топинг.

Ечилиши. Чизма ясаймиз (169-расм). С нуктага жойлашган q_3 зарядга таъсир этувчи кучни аниқлаймиз. А нуктадаги q_1 заряд ва В нуктадаги



169- расм.

q_2 заряд q_3 зарядга мос равишда $\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_2$ кучлар билан таъсир этади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси ($\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$) параллелограмм қонидаси бўйича топилади.

Кейинчалик масалани ечишда векторлар билан иш кўрмасдан, балки чизмадаги $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{R}$ векторларга (169-расм) мос келувчи кесмаларнинг узунлигини ҳисоблаймиз. Барча ҳисобларда бу кесмаларни устига чиқиқча қўйилмаган $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ва $\vec{R}$ ҳарфлари билан белгилаймиз, яъни векторларнинг миқдорининг аниқлаймиз, уларнинг йўналиши чизмада кўрсатилган бўлиб, ечишда эътиборга олинади. $F_1 = F_2$, $\angle DCM = 30^\circ$ эканини исботлаш осон, чунки $\angle MCN = \angle ACB = 60^\circ$ (тенг томонли учбурчакда барча ички бурчаклар 60° дан бўлади). У ҳолда $\frac{R}{2} = F_1 \cos 30^\circ$ ($\triangle CNZ$ да $CZ = \frac{R}{2}$).

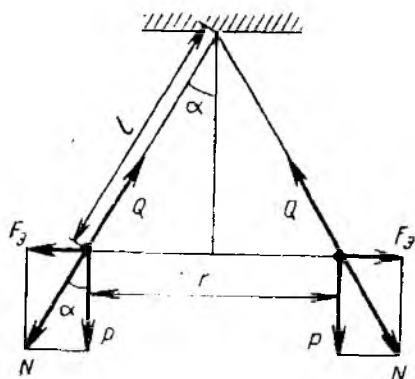
Кулон қонунига асосан, $F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot AC^2}$,

$$F_1 = \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ к} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ к}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{М}^2} \cdot (0,2)^2 \cdot \text{М}^2} \approx 0,02 \text{ н}.$$

$$R \approx 0,02 \text{ н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 \approx 0,034 \text{ н}.$$

Бундан сўнг аралаш масалаларни ечишга ўтилади.

617. Массаси 0,01 г дан бўлган иккита кичкина шарча узунлиги 50 см дан бўлган илгичка ипак ипларга ёнма-ён осиб қўйилган. Шарчалар бир хил ишорали тенг заряд билан зар-



170- расм.

ядланганда бир-биридан 7 см масофага итарилади. Шарчаларнинг зарядини аниқланг.

Ечиши. Масаланинг шартини анализ қилиб, шарчалардаги зарядлар нуқтавий заряд деб қабул қилинади. Ҳавонинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon_r = 1$. Дастлаб чизма тайёрланади (170- расм).

Шарчалардан ҳар бирига учта куч таъсир қилади: $\vec{F}_3$, электр ўзаро таъсир кучи, $\vec{P} = m\vec{g}$ оғирлик кучи ва

ипнинг $\vec{Q}$ таранглик кучи. Ҳар бир шарчага таъсир қилувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлганда, яъни $\vec{P} + \vec{F}_3 + \vec{Q} = 0$ бўлганда шарчалар мувозонатда бўлади. 170- расмда $\vec{F}_3$ ва $\vec{P}$ кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\vec{N}$ ҳарфи билан белгиланади. $\vec{N}$ ва $\vec{Q}$ кучлар миқдор жиҳатидан тенг, айни бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонларга йўналган бўлиши керак. У ҳолда $\vec{N}$ билан $\vec{P}$ орасидаги бурчак α га тенг бўлади. Кейинчалик векторлар билан иш олиб бормай, уларнинг миқдорини ҳисоблаб чиқамиз, холос.

Кулон қонунига асосан, $F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$, F_3 ва P кучлар параллелограмдан $F_3 = P \operatorname{tg} \alpha = mg \operatorname{tg} \alpha$ эканини топамиз. α нинг қиймати жуда кичик бўлганда $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha \approx \frac{r}{2l}$ бўлади.

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2} = mg \frac{r}{2l}$ тенгламадан q ни топамиз: $q = \sqrt{\frac{mgr^3 \cdot 4\pi \cdot \epsilon_0}{2l}}$

$$= \sqrt{\frac{10^{-5} \text{ Кг} \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 (0,07)^3 \text{ м}^3 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}}{2 \cdot 0,5 \text{ м}}} \approx 2 \cdot 10^{-9} \text{ К}.$$

Барча birlikлар СИ системасида олингани учун, заряд кулон ҳисобида ифодаланади. Бу ерда birlikлар устида амал бажариш осон эмас:

$$\left(\frac{\text{Кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{К}^2}{\text{м} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сек}^2} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\text{Кг} \cdot \text{м} \cdot \text{К}^2}{\text{сек}^2 \cdot \text{Н}} \right)^{\frac{1}{2}} = \text{К}.$$

Бу масалани ечишда юқорида $\vec{F}_3$ ва $\vec{P}$ кучларни қўшган эдик. Унинг ўрнига $\vec{Q}$ ва $\vec{P}$ кучларни қўшиш ҳам мумкин: уларнинг тенг таъсир этувчиси



171- расм.

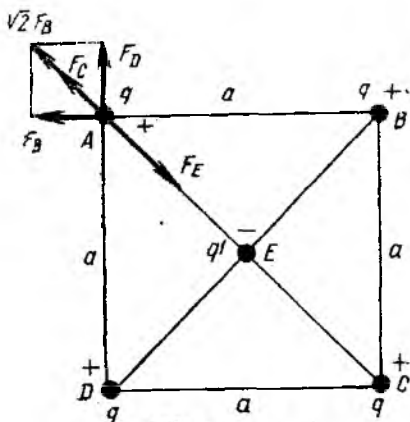
миқдор жиҳатидан F_3 га тенг бўлиб, унга қарши томонга йўналган.

Масалани иккала йўл билан ечиш мумкин, натижа бир хил бўлади; қайси кучларни қўшишни ($\vec{F}$ ва $\vec{P}$ ёки $\vec{Q}$ ва $\vec{P}$) ўқитувчининг ўзи танлайди.

618. Радиуси $R = 8,22 \cdot 10^{-3}$ см бўлган ва бир хил электр заряди билан зарядланган иккита кичкина ёғ томчиси бир-биридан r масофада жойлашган ($r \gg R$). Агар Кулон итаришиш кучи томчиларнинг тортишиш кучлари билан мувозанатда бўлса, томчида қанча ортиқча электрон борлигини (ёки унга қанча электрон етишмаслигини) аниқланг.

Ечилиши. 171- расмда $\vec{F}_K$ Кулон кучи ва $\vec{F}$ гравитацион тортишиш кучи кўрсатилган. Бу кучлар бир тўғри чирик бўйлаб қарама-қарши томонларга йўналган. Масаланинг шартига кўра, $\vec{F}_K + \vec{F} = 0$ ёки $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = \gamma \frac{m^2}{r^2}$ ($\epsilon_r \approx 1$), буида $\gamma =$

$= \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$, шарчаларнинг массаси $m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ (ρ — ёғнинг зичлиги бўлиб, 800 кг/м^3 га тенг). Ҳисоблашда $q \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ к эканини топамиз. Ортиқча (ёки етишмай турган) электронлар сони (n) ни топиш учун томчи зарядини e электрон зарядига бўлиш керак ($n = \frac{q}{e}$). Бу масалада томчида битта электрон ортиқ (ёки етишмайди), чунки $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ к. Томчи заряди мусбат бўлганда ҳам, манфий бўлганда ҳам Кулон кучи итариш кучи бўлгани туфайли q заряд исталган ишорали заряд бўлиши мумкин.



172- расм.

619*. Томонлари a бўлган квадрат учларига $q = 1,0 \cdot 10^{-8}$ к мусбат зарядли майда шарчалар қўйилган. Бутун система мувозанатда бўлиши учун квадрат диагоналлариининг кесишган нуқтасига қандай заряд қўйиш керак?

Ечилиши. Квадратнинг учларидаги барча зарядлар (172- расм) бир хил шароитда

бўлади. A нуқтадаги зарядга қарайлик. Уни B, D ва C нуқталарда турган зарядлар $\vec{F}_B, \vec{F}_D$ ва $\vec{F}_C$ кучлар билан итаради. Бу кучларнинг таъсирини E нуқтада жойлашган ва $\vec{F}_E$ куч билан таъсир этувчи q' манфий заряд мувозанатлаб туриши мумкин. $\vec{F}_B + \vec{F}_D + \vec{F}_C + \vec{F}_E = 0$ тенглама мувозанат шартини ифодалайди. $\vec{F}_B$ ва $\vec{F}_D$ кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\sqrt{2} \cdot \vec{F}_B$ га тенг бўлиб, $\vec{F}_C$ ва $\vec{F}_E$ кучлар билан бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналади.

Агар $\vec{F}_B, \vec{F}_C$ ва $\vec{F}_E$ кучлар Кулон қонуни билан ифодаланса, мувозанат шarti

$$\sqrt{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{2a^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{a^2} = 0$$

кўринишда ёзилади, чунки $AC^2 = 2a^2$; $AE^2 = \frac{a^2}{2}$ (векторларни эмас, балки уларнинг сон қийматларини оламиз. Векторларнинг йўналиши 172-расмда ҳисобга олинган). Ҳисоблаб $q' = 0,95q = 0,95 \cdot 10^{-8}$ к эканини толамиз. $\epsilon_r = 1$ деб олинган.

620*. Водород атомида радиуси $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$ м бўлган орбитада ҳаракатланаётган электроннинг чизиқли тезлигини топинг.

Ечилиши. Водород атомида электроннинг ядрога тортилиш кучи (Кулон кучи) $F_k = \frac{e \cdot e}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r \cdot r^2}$, бунда e — электрон ва протон зарядлари бўлиб, улар бир-бирдан фақат ишораси билан фарқ қилади. ϵ_r ни 1 га тенг деб олиш мумкин. Агар гравитацион ўзаро таъсир ҳисобга олинмаса, электронга таъсир этувчи ягона куч Кулон кучи бўлади. Бу куч марказга томон йўналган бўлиб, фақат шу кучнинг (марказга интилма кучнинг) таъсири остида электрон айлана бўйлаб ҳаракатланади. Марказга интилма F_m кучни электроннинг v чизиқли тезлиги, m массаси ва электрон орбитасининг r радиуси орқали ифодалаб, $F_m = \frac{mv^2}{r}$ ифодани ҳосил қиламиз.

F_k ва F_m ларнинг ифодаларини тенглаштириб, $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r^2} = \frac{mv^2}{r}$ тенглама тузамиз ва ундан $v = \frac{e}{2\sqrt{\pi\epsilon_0 \epsilon_r \cdot r \cdot m}}$ ни аниқлаймиз. Бу ифодага $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ к, $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $\epsilon_r = 1$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ к²/н·м², $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$ м ларни қўйиб, $v \approx 0,2 \cdot 10^7$ м/сек эканини толамиз.

2. Электр майдонининг кучланганлиги

Электр майдонининг маълум бир нуқтадаги $\vec{E}$ кучланганлиги деб бу нуқтада жойлашган нуқтавий мусбат зарядга таъсир этувчи $\vec{F}$ кучнинг шу заряднинг q миқдорига нисбатига айтилади ($\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$).

Электр майдони ҳосил қилувчи Q нуқтавий заряд учун A нуқтадаги кучланганлик миқдори $E_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}$ бўлади, r — A нуқтадан Q зарядгача бўлган масофа.

Электр майдонининг кучланганлиги $\vec{F}$ куч йўналиши билан бир хил бўлган вектордир. Агар майдон бир неча зарядлардан ҳосил бўлган бўлса, у ҳолда унинг кучланганлиги ҳар бир заряд майдони кучланганликларининг геометрик йиғиндисига тенг.

Юқорида айтилган қонуниятлар биринчи галда сифатга оид масалаларни ечишда муҳокама қилинади.

621. q нуқтавий заряд ҳосил қилган майдоннинг заряддан r масофада бўлган нуқталардаги кучланганлиги E га тенг. Бу заряддан $2r$, $3r$, $10r$ масофада жойлашган нуқталарда кучланганлик қандай бўлади?

Жавоб и. $E \sim \frac{1}{r^2}$, шунинг учун кучланганлик қийматлари мос ҳолда $\frac{E}{4}$, $\frac{E}{9}$ ва $\frac{E}{100}$ га тенг бўлади.

622. Электр майдонини иккита бир хил нуқтавий мусбат заряд ҳосил қилган. Бу зарядларни туташтирувчи тўғри чизиқнинг ўртасидаги нуқтада кучланганлик қандай бўлади?

Жавоб и. Ўртадаги нуқтада кучланганлик нолга тенг бўлади, чунки бу нуқтада иккала заряддан ҳосил бўлган кучланганликлар миқдори тенг бўлиб, йўналиши қарама-қаршидир. Кучланганликлар геометрик равишда қўшилади, шунинг учун $E_{\text{ум}} = 0$. Бу масалани муҳокама қилганда зарядларни туташтирувчи тўғри чизиқнинг бошқа нуқталаридаги кучланганлик миқдори ва йўналишини қараб чиқиш ҳам фойдали ҳисобланади.

623. Бир текис зарядланган сим ҳалқанинг марказидаги майдон кучланганлиги нимага тенг?

Жавоб и. Ҳалқанинг марказидаги кучланганлик зарядли ҳалқанинг ҳар бир элементи ҳосил қилган кучланганликларнинг геометрик йиғиндисига тенг. Ҳалқанинг бир томонидаги ҳар бир элементга бошқа томондан худди шундай элементни қарши қилиб қўйиш мумкин. Бу элементларнинг ҳалқа марказида ҳосил қилган кучланганлик ўзаро тенг ва қарама-қарши йўнал-

ган. Шунинг учун ҳалқа марказидаги умумий кучланганлик нолга тенг бўлади.

Дастлаб битта нуқтавий заряд ҳосил қилган электр майдони кучланганлигини ҳисоблашга онд масалалар ечилади.

624. Электр майдониининг бирор нуқтасига киритилган нуқтавий $q = 0,33 \cdot 10^{-7}$ К зарядга $F = 1,0 \cdot 10^{-5}$ Н куч таъсир қилади. Майдонининг бу нуқтадаги кучланганлиги нимага тенг?

Жавоби. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$, кучланганлик катталиги $E \approx 3 \cdot 10^2$ Н/К.

625. Парафинга жойлаштирилган нуқтавий $q = 2,5 \cdot 10^{-8}$ К заряддан $r = 0,05$ м масофада узоқлашган нуқталарда майдон кучланганлиги нимага тенг бўлади?

Жавоби. Кучланганликнинг қиймати $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}$, яъни $E = \frac{2,5 \cdot 10^{-8} \text{ К}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{К}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \cdot 2,1 \cdot (0,05)^2 \text{ м}^2} \approx 4 \cdot 10^4$ Н/К. Парафин учун

$\epsilon_r = 2,1$ эканлиги жадвалдан олинади.

Нуқтавий заряд учун E миқдорининг r масофага боғланишини график орқали кўрсатиш жуда фойдали ҳисобланади.

626. Берилган q_1 ва q_2 нуқтавий зарядлар электр майдонининг E кучланганликлари миқдорининг r масофага боғланиш графикларини чизинг: а) $q_1 = 1,0 \cdot 10^{-9}$ К ва б) $q_2 = -1,0 \cdot 10^{-9}$ К.

Ечилиши. Графиклар E ва r координата ўқларида чизилади. $\epsilon_r = 1$ бўлганда $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}$ формуладан фойдаланиб, r нинг турли қийматлари учун E қийматларининг жадвали тузилади. Ҳисобни осонлаштириш учун дастлаб $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{К}}$ ҳисоблаб чиқарилади, у ҳолда $E \approx 9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{К}} \cdot \frac{1}{r^2}$ бўлади.

q_1 заряд учун E қийматларининг жадвали қуйидаги кўринишда бўлади:

$r, \text{ м}$	1/8	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
$E, \text{ Н/К}$	225	144	81	36	9	9/4	1	9/16	9/25

Танланган масштаб бўйича координата ўқларида E ва r ларнинг қийматлари қўйилади ва уларга мос келадиган нуқталар ясалади. Нуқталарни силлиқ эгри чизик билан бирлаштириб, график ҳосил қилинади (173- расм).

Манфий q_2 заряд учун E нинг қийматлари фақат ишорасини ўзгартиради ва E нинг r га боғланиш графиги r ўқдан пастга жойлашади (174- расм).

Бир неча заряддан ҳосил бўлган электр майдони кучланганлигини аниқлашга доир масалалар қийинроқдир.

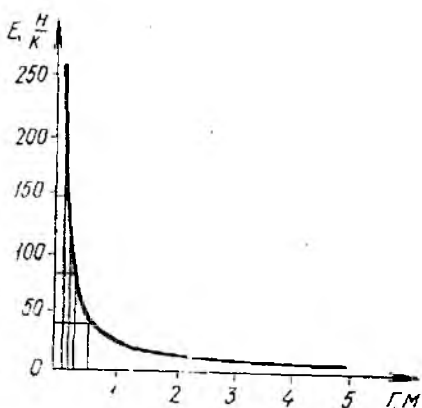
627. Ҳар бири $1,0 \cdot 10^{-8}$ К дан бўлган икки заряд ҳавода бир-биридан 8 м масофада туради. Иккала заряддан 5 м масофада жойлашган нуқталардаги кучланганликни топинг.

Ечилиши. Бундай нуқталар иккита (D ва E) эканлиги 175-расмдан кўриниб турибди. Масала улардан бири учун, масалан, D учун ечилади. A ва B нуқталардаги зарядлар мос равишда q_A ва q_B билан белгиланади. Шартга кўра,

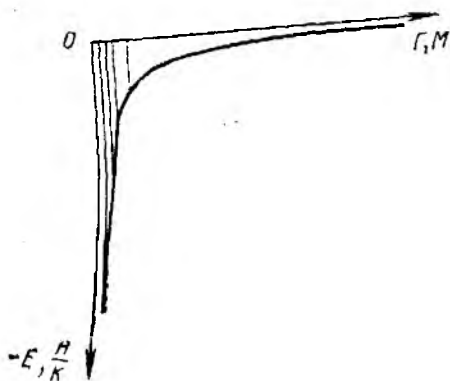
$q_A = q_B$. $\vec{E}_A$ ва $\vec{E}_B$ кучланганликлар — q_A ва q_B зарядларнинг D нуқтада ҳосил қилган кучланганликлардир. Электр майдонининг D нуқтадаги умумий кучланганлиги $\vec{E}_A$ ва $\vec{E}_B$ ларнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлиб, у томонлари E_A ва E_B бўлган параллелограммнинг диагонали сифатида топилади.

E_A ва E_B нинг қийматлари $E_A = E_B = \frac{q_A}{4\pi\epsilon_0 AD^2}$; E_D нинг қиймати эса AED ва DMF учбурчакларнинг ўхшашлигидан аниқланади ($\frac{DF}{DM} = \frac{ED}{AD}$, бундан $DF = DM \cdot \frac{ED}{AD}$). $E_D \approx 4,3$ н/К эканлиги ҳисоблаб топилади.

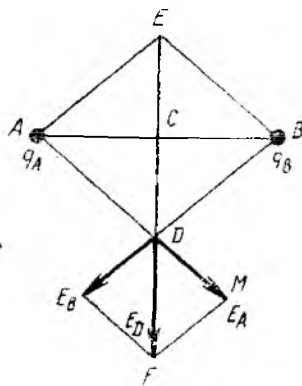
q_A ва q_B зарядларни ўзгартириб, масаланинг q_A ва q_B зарядлар манфий бўлгандаги, шунингдек q_A ва q_B лар турли ишорали бўлган-



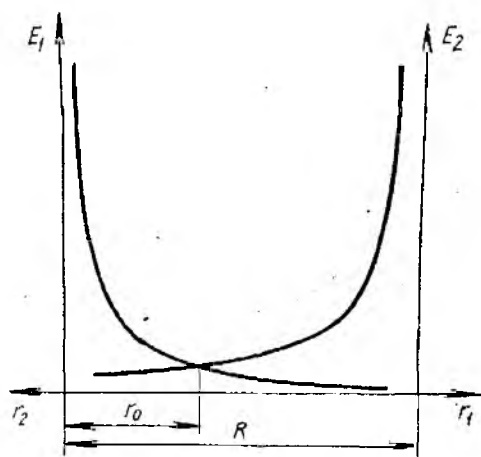
173- расм.



174- расм.



175- расм.



176- расм.

га тенг бўлишини график усулда $q_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ К}$.

Ечилиши. q_1 ва q_2 зарядлар учун E нинг r га боғланишини кўрсатувчи иккита график ясалади, бироқ бу графикларни шундай жойлаштириладики, уларнинг координаталар боши бир-биридан R масофада туради, r ўқлари эса бир-бирига қаратиб йўналтирилади (176- расм). q_1 дан ҳисобланган масофанинг графиклар кесишган нуқтага тегишли r_0 қийматида $E = 0$ бўлади (q_2 дан ҳисобланган масофа $R - r_0$ га тенг). Бу нуқтада q_1 ва q_2 зарядлар ҳосил қилган кучланганликларнинг миқдори тенг, йўналиши қарама-қаршидир. Графикларни ясаш учун E_1 катталигининг r_1 га ва E_2 катталигининг r_2 га боғланиш жадваллари тузилади (626- масалага қаранг).

Пировардида қийинроқ масалалар ечиш мумкин.

629*. Электр майдони график равишда кучланганлик чизиклари билан тасвирланади. Кучланганлик чизикларига перпендикуляр ҳолда қўйилган юз бирлигидан (1 м^2) ўтувчи чизиклар сони майдоннинг ўша нуқтадаги кучланганлигига сон жиҳатидан тенг деб қабул қилинган. Нуқтавий q заряддан чиқувчи кучланганлик чизикларининг умумий сони нимага тенг?

Ечилиши. q заряддан r масофадаги 1 м^2 юз орқали $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}$ донa кучланганлик чизиклари ўтади. q заряд атрофидаги r радиусли сферик сиртни қараб чиқайлик. Бу сферанинг сирти $4\pi r^2$ га тенг. Заряддан чиқувчи чизикларнинг умумий сони E дан $4\pi r^2$ марта катта бўлади, яъни $N = \frac{q4\pi r^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon_r}$.

даги бошқа вариантларини ҳам ишлаш мумкин. $q_A \neq q_B$ бўлган ҳол анча мураккабдир. Бундай масалалар график усулда осон ечилади.

С нуқтадаги кучланганлиқни аниқлаш масаласи ҳам қўйилиши мумкин. $q_A = q_B$ бўлган ҳолдаги бу масала олдин кўриб ўтилган эди (№ 622). $q_A \neq q_B$ бўлгандаги ҳол қуйида кўриб ўтилади.

628*. q_1 ва q_2 зарядларни тугаштирувчи тўғри чизиқнинг қайси нуқтасида кучланганлик нолнинг: $q_1 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ К}$ ва

Олинган натижани нуқтавий бўлмаган зарядлар учун ҳам умумлаштириш мумкин.

630*. Математик маятникнинг шарчаси m массага эга бўлиб, узунлиги l бўлган илга осиб қўйилган. Агар маятникни E кучланганлиги юқорига тик йўналган бир жинсли электр майдонига жойлаштириб, шарчасига манфий q заряд берсак, унинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

Ечилиши. Оғирлик кучи майдонида математик маятникнинг тебраниш даври $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Электр майдонида зарядли шарчага (унинг вазияти қандай бўлишидан қатъи назар) оғирлик кучидан ташқари, пастга вертикал йўналган ва қўшимча $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$ тезланиш ҳосил қилувчи қўшимча $\vec{F} = q\vec{E}$ куч таъсир этади. Тезланишнинг умумий

$$g' = g + a = g + \frac{qE}{m} = \frac{gm + qE}{m}$$

қиймати g дан ортиқ бўлиб қолиб, тебраниш даври камаяди, яъни $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} = 2\pi \sqrt{\frac{lm}{gm + qE}}$.

Конденсаторнинг бир жинсли майдонидаги зарядли зарраларнинг ҳаракатига оид масалаларни вакуумда электр токини ўрганишда ечиш мақсадга мувофиқдир, бунда электростатикани такрорлаш лозим.

3. Электр майдонининг потенциали

Электр майдонининг бирор нуқтасидаги потенциали $\varphi = \frac{W}{q}$, бунда W — q заряднинг майдондаги шу нуқтада эга бўлган потенциал энергиясидир.

Нуқтавий заряд ҳосил қилган электр майдонининг потенциали $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

q зарядни майдоннинг φ_1 потенциалли нуқтасидан φ_2 потенциалли нуқтасига кўчиришда бажарилган A иш йўлнинг шаклига боғлиқ бўлмай, $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ формула билан аниқланади.

(1)

Бир жинсли электр майдони учун $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ муносабат ўриналиди, бундаги d — потенциаллари φ_1 ва φ_2 бўлган нуқталар орасида кучланганлик чизиқлари бўйлаб ҳисобланган масофа. Бу формуладан кучланганлик бирлигининг 1 в/м экани келиб чиқади.

Бир неча нуқтавий зарядлар ҳосил қилган электр майдонининг бирор нуқтадаги потенциални алоҳида олинган ҳар бир заряд ҳосил қилган майдонларнинг шу нуқтадаги потенциалларининг алгебраик (кучланганлик сингари геометрик эмас) йиғиндисига тенг эканлигини ҳисобга олиш муҳимдир.

Сифатга оид масалалар потенциал ҳақидаги барча бу асосий қонуниятларни муҳокама қилиш имкониятини беради.

631. Майдонни бир-биридан r масофада турган иккита бир хил мусбат q_1 ва q_2 зарядлар ҳосил қилган. Бу зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизиқнинг ўрта нуқтасидаги потенциал нимага тенг?

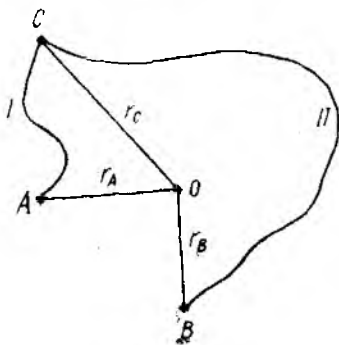
Ечилиши. Ўрта нуқтада кучланганлик $\vec{E} = 0$. Потенциал эса $\varphi \neq 0$, чунки умумий φ потенциал q_1 ва q_2 зарядларнинг бу нуқтада ҳосил қилган $\varphi_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \frac{r}{2}}$ ва $\varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \frac{r}{2}}$ потен-

циалларнинг геометрик йиғиндисига эмас, балки алгебраик йиғиндисига тенг ($\epsilon_r = 1$ деб ҳисоблаймиз). $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 r}$, бунда $Q = q_1 + q_2$.

632. Q заряд электр майдонининг A ва C , B ва C нуқталар орасида q зарядни 177-расмда кўрсатилгандек (I ва II) икки йўл бўйлаб кўчирганда бажарилган ишни солиштиринг, бунда $r_A = r_B$, $r_C > r_A$. Q заряд O нуқтага жойлашган.

Ечилиши. Электр зарядларининг кўрсатилган йўллар бўйлаб бажарган ишлари бир хил, чунки иш йўлининг шаклига боғлиқ бўлмасдан, фақат майдоннинг йўлнинг боши ва охирига мос келувчи нуқталарининг потенциаллари фарқи билан аниқланади: $A_I = q(\varphi_C - \varphi_A)$ ва $A_{II} = q(\varphi_C - \varphi_B)$, бироқ $\varphi_A = \varphi_B$.

Ҳисоблашга оид масалалар бу ерда анча содда бўлади. Уларда $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ ва $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r}$ формулалардан фойдала-



177- расм.

нилади. СИ системасида энергия жоулларда ўлчанади. Баъзан масала ишлаганда энергия эрг ва электронвольт каби бошқа birlikларда ҳам ифодаланади.

633. $q = 1,3 \cdot 10^{-7}$ К зарядни чексизликдан электр майдонининг бирор нуқтасига кўчирганда бажарилган A иш $6,5 \cdot 10^{-5}$ Ж га тенг. Майдоннинг бу нуқтадаги потенциални топинг.

Ечилиши. Зарядни чексизликдан майдоннинг маълум бир нуқтасига кўчирганда бажарил-

ган иш заряднинг бу нуқтадаги потенциал энергиясига тенг, таърифга кўра,

$$\varphi = \frac{W}{q} = \frac{6,5 \cdot 10^{-5} \text{ ж}}{1,3 \cdot 10^{-7} \text{ к}} = 5,0 \cdot 10^2 \text{ в.}$$

634. Электр майдонини $Q = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ к}$ бўлган нуқтавий заряд ҳосил қилган.

Мусбат $q = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ к}$ зарядни Q дан 2 м масофадаги A нуқтадан Q дан $0,5 \text{ м}$ масофадаги B нуқтага (178- расм) кўчириш учун қандай иш бажариш керак бўлади?

Ечилиши. Исталган йўл бўйича бажарилган иш $A = -q(\varphi_B - \varphi_A)$. Ҳаводаги нуқтавий заряд учун $\varepsilon_r = 1$ бўлгани туфайли $\varphi_B = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_B}$ ва $\varphi_A = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_A}$. Ҳисоблаб $A \approx 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ ж}$

эканини тонамиз.

635. Электрон тезлатгич электр майдонининг φ_1 потенциалли нуқтасидан φ_2 потенциалли нуқтасига учиб ўтганда қандай энергияга ва қандай тезликка эга бўлади? Бунда $\varphi_1 - \varphi_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ в}$ га тенг.

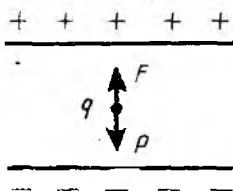
Ечилиши. Кинетик энергия $\frac{mv^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$, бунда $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. Бундан $v = \sqrt{\frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}}$ бўлади. Электроннинг $e(\varphi_1 - \varphi_2)$ энергияси электронвольтларда осон ифодаланади ($2 \cdot 10^6 \text{ эв} = 2 \text{ Мэв}$). Агар электрон заряди кулон ҳисобида, потенциаллар фарқи $(\varphi_1 - \varphi_2)$ вольт ҳисобида олинса, энергия жоуль ҳисобида ифодаланади. Бу ҳолда $\frac{mv^2}{2} = 3,2 \cdot 10^{-13} \text{ ж}$, $v = 0,83 \cdot 10^9 \text{ м/сек}$ бўлади.

Конденсатор пластинкалари орасида ҳосил бўлган бир жинсли электр майдони қараладиган масалалар анча қизиқарлидир.

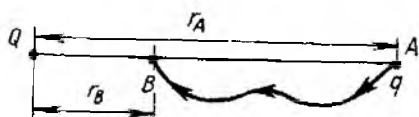
636. Иоффе тажрибасида турли ишорали зарядланган параллел пластинкалар орасидаги бир жинсли электр майдонидаги чанг заррасининг массаси $m = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ г}$ (179- расм). Пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи $\varphi_1 - \varphi_2 = 500 \text{ в}$, масофа эса $d = 10 \text{ см}$. Агар чанг зарраси электр майдонида мувозанатда бўлса, унинг q заряди нимага тенг?

Ечилиши. 179- расмда заррага таъсир этувчи $\vec{P}$ ва $\vec{F}$ кучлар тасвирланган.

Оғирлик кучи майдони $\vec{P}$ куч билан, электр майдони эса $\vec{F}$ куч билан таъсир этади. $\vec{P}$ кучни мувозанатлаш учун $\vec{F}$ куч тик юқорига йўналган бўлиши, яъни чанг заррасининг заряди манфий бўлиши керак. Бир жинсли майдон учун



179- расм.



178- расм.

$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$, куч катталиги эса $F = qE$, яъни $F = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{d}$. Мувозанат шарти $F = P$ (кучлар миқдор жиҳатидан тенг, йўналиш жиҳатидан қарама-қаршидир) ёки $\frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{d} = mg$, бундан $q = \frac{mgd}{\varphi_1 - \varphi_2}$. Ҳисоблаб $q \approx 2,0 \cdot 10^{-11}$ к эканини топамиз.

Пировардида қийинроқ масалалар ечилади. Қуйида бундай масалаларга намуна келтирилган.

637*. Симобнинг N донга бир хил шарсимон томчилари бир хил φ потенциалгача зарядланган. Бу томчиларнинг қўшилиши натижасида ҳосил бўлган катта симоб томчисининг φ_1 потенциали қандай бўлади?

Ечилиши. Ҳар бир кичик томчининг радиуси r ва заряди q бўлсин. Бир текис зарядланган шарнинг электр майдони шардан ташқарида шар марказига жойлашган худди шундай миқдордаги нуқтавий заряднинг электр майдони билан бир хил бўлгани учун ҳавода ($\varepsilon_r = 1$) шарсимон томчи сиртидаги потенциал $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ бўлади, заряди эса $q = 4\pi\varepsilon_0 r\varphi$ га тенг бўлади.

Катта томчининг заряди $Q = Nq$, радиуси эса R . Катта томчининг сиртидаги потенциал $\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{Nq}{4\pi\varepsilon_0 R}$. Кичик томчининг ҳажми $\frac{4}{3}\pi r^3$, каттасиники эса $\frac{4}{3}\pi R^3$. Бироқ катта томчининг ҳажми N та кичик томчи ҳажмларининг йиғиндисига тенг, яъни $\frac{4}{3}\pi R^3 = N \frac{4}{3}\pi r^3$. Томчиларнинг радиуси $r/R = \frac{1}{\sqrt[3]{N}}$ муносабат орқали боғланган. Охириги натижада $\varphi_1 = \frac{Nq}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{N \cdot 4\pi\varepsilon_0 r \varphi}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{N\varphi}{\sqrt[3]{N}}$.

4. Электр сифим

Бу ерда яккаланган жисм сифимини, конденсатор сифимини, шунингдек сифимларнинг маълум қийматларига қараб жисмларнинг потенциали, конденсатор пластинкалари орасидаги масофани аниқлашга оид ва шу каби масалалар ишланади.

Яккаланган жисмнинг электр сифими $C = \frac{q}{\varphi}$, буида q — бу жисмнинг заряди, φ — унинг потенциали.

Ясси конденсаторнинг сифими $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$, буида S — битта пластинканинг иккинчиси қоплаб турган юзи, d — пластинкалар орасидаги масофа.

Диэлектрик сингдирувчанлиги $\varepsilon_0 \varepsilon_r$ бўлган муҳитдаги R радиусли яккаланган шарнинг сифими $C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon_r R$ формула билан ҳисоблаб чиқиши мумкин.

Потенциаллар фарқи $U = \varphi_1 - \varphi_2$ ва заряди q бўлганда C сифимли конденсатор $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}$ энергияга эга бўлади.

Конденсаторларнинг уланishiга оид масалалар ишланганда параллел уланган конденсаторлар учун $C_{\text{ум}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ формула, кетма-кет уланган конденсаторлар учун $\frac{1}{C_{\text{ум}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ формула қўлланилади.

Жисмлар уланганда зарядларнинг оқиби ўтишига оид бўлган масалаларни ҳам ишлаш лозим.

Сифатга оид масалалар муҳокама қилинганда сифим жисмнинг шакли ва ўлчамигагина боғлиқ бўлиб, унинг ковак ёки яхлитлигига ва ўтказгичнинг (жисмнинг) материалига боғлиқ эмаслиги қайд қилиб ўтилади. Жисмнинг сифими унинг атрофида бошқа жисмлар бор-йўқлигига ва уларнинг қандай жойлашганига ҳам боғлиқ бўлади. Жисмга бошқа жисмлар яқинлаштирилганда унинг сифими ошади. Жисмнинг заряди ўзгармас бўлса, унга бошқа жисм яқинлаштирилганда унинг потенциали камаяди.

Бундай масалаларга намуналар келтираимиз.

638. Иккита ўтказгичнинг шакли ва ўлчамлари бир хил, бироқ улардан бирининг ичи ковак бўлиб, иккинчиси яхлит. Жисмлардан қайси бирининг сифими катта?

Жавоби. Иккаласининг сифими бир хил бўлади.

639. Ўтказгичга тегмасдан, унинг зарядини ўзгартирмасдан туриб, унинг потенциалини ўзгартириш мумкинми?

Жавоби. Ҳа, мумкин. Бунинг учун жисмга бошқа бир жисмни яқинлаштириш ёки ундан узоқлаштириш керак.

Пластикалари яқинлаштириладиган ёки узоқлаштириладиган конденсаторга бағишланган сифатга оид масалаларни ечиш сифим ҳақидаги масалани бирмунча чуқурроқ тушуниб олишга ёрдам қилади.

Пластикалар орасидаги d масофани оширганда электр майдонининг кучларига қарши иш бажарилади, чунки конденсатор пластиналари қарама-қарши ишорали заряд билан зарядланган бўлиб, бир-бирига тортилади. d ортганда конденсаторнинг $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$ сифими камайиб боради. q заряд, U кучланиш ва W энергиянинг ўзгариши конденсаторнинг ток манбаига уланган-уланмаганлигига боғлиқ бўлади.

640. Конденсатор зарядланиб, ток манбаидан узиб қўйилган. Конденсатор пластиналари орасидаги d масофа ортирилганда конденсаторнинг C сифими, $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ потенциаллар фарқи, W энергияси қандай ўзгаради?

Ечилиши. d нинг ортиши билан конденсаторнинг сифими камайиб боради. Заряд ўзгармас бўлганда ($q = \text{const}$) C сифим

камайсa потенциаллар фарқи $(\varphi_1 - \varphi_2 = U = \frac{q}{C})$ ортади. W ҳақида эса энергиянинг сақланиш қонунига асосан хулоса қилиш мумкин бўлади. Электр майдони кучларига қарши иш бажарилганда конденсаторнинг W энергияси ортади. Бу ҳолда энергиянинг ҳеч қандай бошқа айланишлари (ўзгаришлари) бўлмайди.

W энергиянинг ортиши ҳақидаги хулоса $W = \frac{q^2}{2C}$ ва $W = \frac{qU}{2}$ формулаларни анализ қилиш натижасида ҳам олинган бўлиши мумкин. Заряд $q = \text{const}$ бўлганда C камаяди, U эса ортади. Бунда W ҳам ортади.

Бу масалани экспериментал масала тарзида ҳам қўйиш мумкин. Қўзғалувчан пластинкали конденсатор пластинкаларига неон лампа уланади. Агар конденсатор кенотрон тўғрилагичдан ($U \approx 300$ в) зарядланган бўлса, неон лампа ёнади. Пластинкалар узоқлаштирилса, неон лампа ёруғроқ ёнади. Бу ҳодисанинг сабаби нимада эканлиги ўқувчилардан сўралади.

641. Конденсатор ток манбаига уланди ва унинг пластинкалари бир-биридан узоқлаштирилди. Бунда C , U ва W лар қандай ўзгаради?

Ечилиши. $U = \text{const}$, лекин $q \neq \text{const}$. C сизим камайгани учун $q = C(\varphi_1 - \varphi_2) = CU$ заряд ҳам камаяди. Заряднинг бир қисми занжирда конденсатор зарядининг токига тескари ток ҳосил қилиб конденсатор пластинкаларидан оқиб кетади. Конденсаторнинг энергияси камаяди, чунки $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$ формулада C ва q лар камайиб, $U = \text{const}$ бўлади. Бу масалани ечиш учун энергиянинг сақланиш қонунини қўллаш мураккаброқ, чунки занжирдан ток ўтганда энергиянинг айланишларини ҳисобга олиш керак бўлади.

Машқ тариқасида ишланадиган масалаларда

$$C = \frac{q}{U}, C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \text{ ва } W = \frac{qU}{2}$$

формулалардан фойдаланилади.

642. Ўтказгичга $q = 1,0 \cdot 10^{-8}$ к заряд бериб, унинг потенциали $\varphi = 100$ в оширилди. Ўтказгичнинг электр сизимини аниқланг.

Ечилиши. $C = \frac{q}{U}$, $C = \frac{1,0 \cdot 10^{-8} \text{ к}}{100 \text{ в}} = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ ф} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ мкф} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ пф}$.

643. Сизими $C = 1400 \text{ пф}$ ва пластинкаларининг бир-бирини қоплаш юзи $S = 14 \text{ см}^2$ бўлган конденсатор диэлектригининг қалинлигини аниқланг. Диэлектрик сифатида ($\epsilon_r = 6$) слюда олинган.

Ечилиши. $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$, $d = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{C}$, $d = 53 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,053 \text{ мм}$.

644. Конденсаторнинг заряди $q = 4,0 \cdot 10^{-4}$ к бўлиб, унинг пластинкаларидаги потенциаллар фарқи $U = 500$ в. Конденсаторнинг энергиясини аниқланг.

Ечилиши. $W = \frac{qU}{2}$; $W \approx 0,1$ ж.

$W = \frac{qU}{2}$ формулани бу масалани ечиш процессида келтириб чиқариш мумкин. Конденсаторнинг энергияси уни разрядлашдаги ишга тенг, бироқ бунда кучланиш U дан нолгача ўзгаради. U нинг ўзгариш қонуни чизиқлидир, шунинг учун $U_{\text{ур}} = \frac{U}{2}$ бўлади, бундан $W = A = qU_{\text{ур}} = \frac{qU}{2}$.

Зарядланган жисмларнинг уланишига ва зарядларнинг бир жисмдан бошқа жисмга оқиб ўтишига бағишланган масалаларда:

а) заряднинг сақланиш қонуни (умумий заряд ўзгармайди, яъни $\sum q = \text{const}$) қўлланилади;

б) статик зарядларнинг мувозанатлик шартлари қўлланилади. Зарядларнинг ҳаракати тўхтагандан сўнг уланган занжирнинг барча қисмида потенциаллар бир хил бўлади ($\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \dots$).

645. Сиғимлари $C_1 = 2$ нф ва $C_2 = 3$ нф бўлган иккита шар мос равишда $q_1 = 20 \cdot 10^{-8}$ к ва $q_2 = 10 \cdot 10^{-8}$ к заряд билан зарядланиб, бир-бирига тегизилган. Туташтирилгандан сўнг шарлардаги зарядлар нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Шарлар бир-бирига тегизилгандан сўнг улардаги зарядлар q'_1 ва q'_2 , потенциаллари эса φ'_1 ва φ'_2 бўлсин. Заряднинг сақланиш қонунига асосан, $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ (1).

Шарлар потенциалларининг тенглигини $\frac{q'_1}{C_1} = \frac{q'_2}{C_2}$ (2) кўринишда ёзиш мумкин. (1) ва (2) тенгламалар системасидан q'_1 ва q'_2 номаълумларни аниқлаймиз. (1) тенгламадан q'_2 ни $q'_2 = q_1 + q_2 - q'_1$ орқали ифодалаб, (2) тенгламага қўямиз:

$$\frac{C_1}{q'_1} = \frac{C_2}{q_1 + q_2 - q'_1},$$

$$\text{бундан } q'_1 = \frac{C_1(q_1 + q_2)}{C_1 + C_2}.$$

q'_2 заряд қуйидагига тенг: $q'_2 = q_1 + q_2 - \frac{C_1(q_1 + q_2)}{C_1 + C_2}$. Ҳисоблаб $q'_1 = 12 \cdot 10^{-8}$ к ва $q'_2 = 18 \cdot 10^{-8}$ к эканини топамиз.

Бундай масалаларда C_1 ва C_2 сиғимлар эмас, балки шарларнинг R_1 ва R_2 радиуслари берилиши мумкин. У ҳолда уларнинг сиғимлари $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon_r R$ формула билан аниқланади. Агар

қайси шардан қайсисига заряд оқиб ўтишини аниқлаш керак бўлса, шарларнинг уланишдан олдинги потенциаллари

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{C_1} \text{ ва } \varphi_2 = \frac{q_2}{C_2}$$

формулалар билан ҳисоблаб чиқарилади.

Конденсаторлар батареясининг сғимини ҳисоблашга оид масалалар оддий бўлиб, бунда зарядланган конденсаторларнинг уланишидек бирмунча мураккаброқ ҳоллар текширилади.

646. Сигими $C_1 = 6 \text{ мкф}$ бўлган ва $U_1 = 127 \text{ в}$ кучланишгача зарядланган конденсатор сғими $C_2 = 4 \text{ мкф}$ бўлган ва $U_2 = 220 \text{ в}$ кучланишгача зарядланган конденсаторга параллел уланди (бир хил ишорали зарядли пластинкалари ўзаро уланади). Батареянинг сғими ва унинг клеммаларидаги кучланиш аниқлансин.

Ечилиши. Батареянинг умумий сғими $C_{\text{ум}} = C_1 + C_2 = 10 \text{ мкф}$. Унинг клеммаларидаги кучланиш $U = \frac{q}{C_{\text{ум}}}$, заряд $q = q_1 + q_2$, бундаги q_1 ва q_2 — биринчи ва иккинчи конденсаторнинг уланишдан олдинги зарядлари. $q_1 = C_1 U_1$ ва $q_2 = C_2 U_2$ бўлгани учун $U = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2}$ бўлади. Ҳисоблаб $U = 164 \text{ в}$ эканини топамиз. Сғимнинг сон қийматларини фарада ҳисобида қўйиш керак: $C_1 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$, $C_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$.

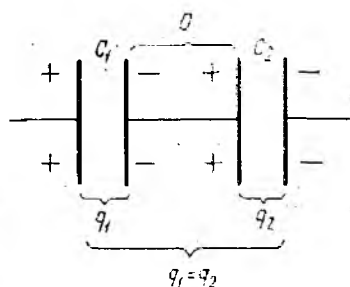
647. Сғимлари 2 ва 3 мкф бўлган ва кетма-кет уланган иккита конденсатордан тузилган батарея 400 в кучланишгача зарядланган. Батареянинг сғимини ва ҳар бир конденсатор клеммаларидаги кучланишни аниқланг.

Ечилиши. Батареянинг $C_{\text{ум}}$ сғими $\frac{1}{C_{\text{ум}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ формуладан аниқланади, бундан

$$C_{\text{ум}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 1,2 \text{ мкф}.$$

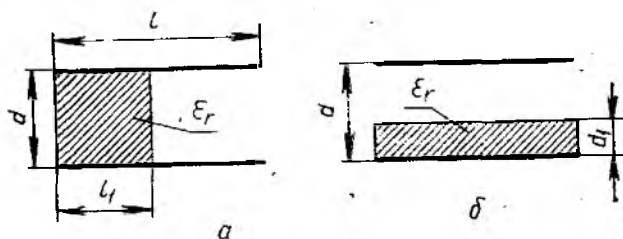
Батареядаги умумий заряд

$$q = C_{\text{ум}} \cdot U = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ ф} \cdot 400 \text{ в} = 480 \cdot 10^{-6} \text{ к}.$$



180- расм.

Конденсаторлар кетма-кет уланганда ҳар бир конденсатордаги заряд батареядаги умумий зарядга тенг: $q = q_1 = q_2$. Конденсаторларнинг уланган пластинкаларидаги зарядлар текширилганда бунга осон тушуниш мумкин (180- расм). Бу зарядлар ўзаро тенг бўлиб, ишоралари турличадир. Бу пластинкалардаги умумий заряд нолга тенг. Умумий q заряд q_1 ва q_2 зарядларга тенг бўлар экан.



181- расм.

Конденсаторлардаги кучланиш

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{480 \cdot 10^{-6} \text{ К}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 240 \text{ в} \text{ ва } U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{480 \cdot 10^{-6} \text{ К}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 160 \text{ в.}$$

Қуйида қийинроқ масалалар берилади. Буларни таҳлил қилиш электр ситим тушунчасининг ойдинлашувига жуда кўп ёрдам қилади.

648*. Конденсатор пластинкаларининг юзи S , улар орасидаги масофа d . Пластинкалар орасига 181- расмда кўрсатилгандек қилиб диэлектрик қўйилган. Унинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ_r . Конденсаторларнинг ситимини аниқланг.

Ечилиши. Биринчи ҳолда (181- а расм) конденсаторни диэлектрикли ва диэлектриксиз иккита параллел уланган конденсаторлардан ташкил топган деб тасаввур қилиш мумкин.

Бутун пластинканинг юзи S , унинг диэлектрикли қисмининг юзи $\frac{S l_1}{l}$, диэлектриксиз қисмининг юзи эса $\frac{S(l-l_1)}{l}$ га тенг. У ҳолда бу конденсаторларнинг ситими

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S l_1}{d l} \text{ ва } C_2 = \frac{\epsilon_0 S (l-l_1)}{d l}.$$

$$\text{Умумий ситим } C_{\text{ум}} = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d l} [l - l_1 (\epsilon_r - 1)].$$

Иккинчи ҳолда (181- б расм) диэлектрикнинг юқориги сирти жуда ҳам юпқа ўтказгич қатлами билан қопланган бўлса, электр майдони ва, демак, ситим ўзгармайди. Шунинг учун умумий ситим кетма-кет уланган иккита

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d - d_1}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_1}$$

конденсаторларнинг ситимига тенг:

$$C_{\text{ум}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_1 + \epsilon_r (d - d_1)}.$$

649*. Конденсатор энергиясини электр майдонининг кучланишлиги орқали ифодаланг.

Ечилиши. Конденсаторнинг энергияси $W = \frac{CU^2}{2}$. Конденсаторнинг ситими $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$, бир жинсли электр майдони

учун эса $U = E \cdot d$ тенглик ўринлидир. C ва U ниш бу ифода-
ларини W га қўямиз:

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r E^2 S d}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r E^2}{2} \cdot V,$$

бунда $V = S \cdot d$ — конденсатор пластинкалари орасида электр
майдони эгаллаган ҳажм. $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r E^2}{2}$ катталиқ электр майдони энер-
гиясининг зичлиги деб аталади. ✓

650*. 629*- масалада берилган маълумотлардан фойдаланиб,
ясси конденсатор сизимининг формуласини келтириб чиқаринг.

Ечилиши. Таърифга кўра, $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$. Бироқ бир жинсли
майдон учун $\varphi_1 - \varphi_2 = Ed$, $E = \frac{N}{S}$, бунда $N - S$ юздан ўтувчи
кучланганлик чизиқларининг умумий сони. Кучланганлик чи-
зиқларининг сони заряд орқали ифодаланади (№ 629* га қа-
ранг): $N = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_r}$. Ниҳоят,

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{Ed} = \frac{N}{\frac{N}{S} d} = \frac{q}{\frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_r} \cdot \frac{d}{S}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot S}{d}.$$

27-БОБ

МЕТАЛЛАРДА ЭЛЕКТР ТОКИ. ЎЗГАРМАС ТОҚ ҚОНУНЛАРИ

Ўзгармас ток қонунларига оид масалаларни ўқувчилар VII
синфда ечган эдилар. IX синфда бу темага бериладиган маса-
лалар мураккаблаштирилади, уларга илгари ўрганилмаган ма-
териалларга оид янги масалалар (тўлиқ занжир учун Ом қо-
нуни, э. ю. к. мавжуд бўлган мураккаб занжирлар) қўшилади.
Бунда дастлаб VII синфда ўтилган ўқув материални қайтариш
мақсадида 12 ва 13- бобларда келтирилган масалаларга ўхшаш
масалаларни ечиш керак.

1. Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни. Ўтказгич қаршилигининг температурага боғланиши

IX синфда занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни элек-
трон тасаввурлар асосида келтириб чиқарилади ва очиб бери-
лади. Ток кучи ток ташувчиларнинг заряди билан боғланади:
 $I = e \cdot n \cdot v_{\text{ур}} \cdot S$, бунда — e электрон заряди (газ, электролит ва
ярим ўтказгичлардаги токда электр заряди ташувчи бошқа

зарралар заряди), n — заряд ташувчиларнинг концентрацияси (ҳажм бирлигидаги сони), $v_{ур}$ — улар ҳаракатининг ўртача тезлиги, S — ўтказгич кўндаланг кесимининг юзи.

Ўтказгичларнинг қаршилиги $R = \rho \frac{l}{S}$ формула билан ҳисобланади, бунда ρ солиштирама қаршилиқ $ом \cdot м$ ҳисобида, l узунлик $м$ ҳисобида, S кўндаланг кесим юзи эса $м^2$ ҳисобида ўлчанади. Температураларнинг унча катта бўлмаган интервалларида ўтказгичнинг R қаршилиги t температурага амалда чиқиқли боғлиқ бўлади: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$, бунда R_0 — ўтказгичнинг $0^\circ C$ даги қаршилиги, α — қаршилиқнинг температура коэффициентидир.

Бу боғланишларнинг ҳаммаси даставвал сифатга оид масалалар ечилганда муҳокама қилинади.

651. Мис сим чўзиб икки марта узайтирилди. Бунда симнинг қаршилиги қандай ўзгарди?

Жавоби. l узунлик икки марта ортгани ва S кўндаланг кесим икки марта камайгани учун қаршилиқ тўрт марта ортади.

652. Қаршилиги R бўлган сим уч қисмга қирқилади ва учала қисм узунлиги бўйича бирга эшиб қўйилади. Бунда симнинг қаршилиги қандай бўлади?

Жавоби. Қаршилиқ $\frac{R}{9}$ бўлади, чунки l узунлик уч марта қисқарди, S кўндаланг кесим юзи эса уч марта ошди.

653. Занжирга чўлланма лампа ва амперметр кетма-кет қилиб уланган. Нима учун занжир уланган пайтда дастлаб амперметрнинг кўрсатиши бир оз ортиқроқ бўлиб, бир оз вақт ўтгач кам бўлади?

Жавоби. Чўлланма лампа толасининг ток ўтишидан қизиши натижасида қаршилиги ортади. Шунинг учун амперметрнинг кўрсатиши камаяди.

Ўқувчилар металлларда электронларнинг n концентрацияси миқдорини ва ўртача $v_{ур}$ тезлигини тасаввур қила олишлари учун $I = nev_{ур}S$ боғланишга оид масала ечиш фойдалидир.

654. Кўндаланг кесим юзи $S = 0,5 \text{ см}^2$ бўлган ўтказгичдан $I = 3 \text{ а}$ ток ўтади. Агар бу металлнинг ҳар бир 1 см^3 да $n = 4 \cdot 10^{23}$ дона эркин электрон бўлса, электр майдони таъсири остида электронлар ҳаракатининг $v_{ур}$ ўртача тезлиги қандай бўлади?

Ечилиши. Электронларнинг ўртача тезлиги $v_{ур} = \frac{I}{enS}$. Бу ифодага $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к}$, $n = 10^{23} \text{ м}^{-3}$, $S = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ларни қўйиб, $v_{ур} \approx 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ м/сек}$ эканини топамиз.

Бирликлар устида бажариладиган амаллар:

$$\frac{а}{к \cdot м^{-3} \cdot м^2} = \frac{а \cdot м}{а \cdot сек} = \frac{м}{сек}.$$

$R = \rho \frac{l}{S}$ формуладан фойдаланиб ечиладиган масалалар VII синфдагига қараганда бирмунча мураккаб бўлади. Бу формуладан тўғридан-тўғри фойдаланиб ечиладиган масалалар ишлаш мақсадга мувофиқ эмас. Занжирнинг бир қисмига онд Ом қонунидан ҳам фойдаланиб ечиладиган аралаш масалалар ечиш лозим.

655. Агар ўтказгичнинг диаметри $d = 1,5$ мм, узунлиги $l = 14,2$ м эканлиги, $U = 18$ в кучланишда ундан $I = 2,25$ а ток ўтиб туриши маълум бўлса, симнинг солиштирма қаршилиги нимага тенг бўлади?

Ечилиши. $R = \rho \frac{l}{S}$, $I = \frac{U}{R}$. Бундан $\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{U \cdot S}{I \cdot l}$. СИ да $d = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м, $l = 14,2$ м, кўндаланг кесим юзи $S = \frac{\pi d^2}{4} \approx \approx 1,8 \cdot 10^{-6}$ м². Ҳисоблаб $\rho = 1,0 \cdot 10^{-6}$ ом·м эканини топамиз.

Текшириш ва электр бирликларига онд амаллар устида машқ қилиш учун қуйидаги ҳисобни қилиб кўриш фойдалидир:

$$\frac{\text{в} \cdot \text{м}^2}{\text{а} \cdot \text{м}} = \text{ом} \cdot \text{м}.$$

656. Агар алюминий симнинг қаршилиги $R = 0,1$ ом, массаси $m = 54$ г бўлса, унинг кўндаланг кесими ва узунлиги нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Қуйидаги тенгламалар системасини ёзамиз:

1) $R = \rho \frac{l}{S}$; 2) $m = D l S$; бунда D — зичлик.

Одатда зичлик ρ билан белгиланар эди, бироқ бу ерда солиштирма қаршилик билан аралаштириб юбормаслик учун зичлиكنи D билан белгилашга тўғри келди.

Тенгламалардан $l = \frac{RS}{\rho}$; $S = \frac{m}{Dl}$; $l = \frac{Rm}{\rho Dl}$ ёки $l^2 = \frac{Rm}{\rho D}$ ва $l = \sqrt{\frac{Rm}{\rho D}}$. Жадвалдан: $\rho = 0,029 \cdot 10^{-6}$ ом·м, $D = 2,7 \cdot 10^3$ кг/м³ эканини топамиз. Ҳисоблаб $l \approx 8,3$ м ва $S = 2,4 \cdot 10^{-6}$ м² эканини топамиз.

Қаршиликнинг температурага боғланишини ҳисобга олишга онд масалаларда $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ формуладаги R_0 катталик ўтказгичнинг бирор бошланғич температурадаги қаршилиги эмас, балки 0°С даги қаршилиги эканлигини таъкидлаб ўтиш жуда муҳимдир.

Агар масаланинг шартида ўтказгичнинг бирор t_1 температурадаги қаршилиги берилган бўлиб, ўтказгичнинг t_2 температурадаги қаршилигини топиш талаб этилса, у ҳолда қаршиликни тўғдан-тўғри $R_{t_2} = R_{t_1} [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ формула билан ҳисоблаш ярамайди. Олдин $R_0 = \frac{R_{t_1}}{1 + \alpha t_1}$ ни ҳисоблаб топиш, сўнгра эса

$R_{t_2} = R_0 (1 + \alpha t_2) = \frac{R_{t_1}}{1 + \alpha t_1} (1 + \alpha t_2)$ формула билан ҳисоблаш керак.

657. Мис симнинг 10°C даги қаршилиги 60 ом . Унинг -40°C даги қаршилигини топинг.

Ечилиши. $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$. Бу формулада бизга R_0 номаълум. Уни топиш учун бу формулани олдин $t_1 = 10^\circ\text{C}$ бўлган ҳолга татбиқ этамиз. Ундан $R_0 = \frac{R_{t_1}}{1 + \alpha t_1}$ эканини топамиз. $\alpha = 0,004\text{ град}^{-1}$ бўлганда $R_0 = 57,7\text{ ом}$, $R_{t_2} = R_0 (1 + \alpha t_2) = 57,7\text{ ом} [1 + 0,004\text{ град}^{-1} (-40^\circ\text{C})] \approx 49\text{ ом}$.

Бундан олдин ўрганилган ўқув материалига боғлаш учун E кучланганлик ва $\varphi_1 - \varphi_2$ потенциаллар фарқи тушунчаларига алоқадор бўлган масалалар ечиш фойдали бўлади. Қуйида ўшандай мазмундаги масала келтирамиз.

658. Чўғланма лампанинг вольфрам толасидаги ток кучи $I = 0,2\text{ а}$. Толанинг диаметри $d = 0,02\text{ мм}$. Лампа ёниб турганда толанинг температураси 2000°C . Лампа толасидаги электр майдониинг кучланганлигини топинг.

Ечилиши. Қизиган толанинг қаршилиги $R_t = \rho_0 \frac{l}{S} (1 + \alpha t)$. Вольфрам учун $\rho_0 = 0,055 \cdot 10^{-6}\text{ ом} \cdot \text{м}$, $\alpha = 0,005\text{ град}^{-1}$. Лампа ишлаб турганда толадаги кучланиш $U = IR_t$, электр майдониинг кучланганлиги

$$E = \frac{U}{l} = \frac{I \rho_0 l (1 + \alpha t)}{l \cdot S} = \frac{4 I \rho_0 (1 + \alpha t)}{\pi d^2} \approx 400\text{ в/м}.$$

Бирликлар устида бажариладиган амаллар: $\frac{\text{а} \cdot \text{ом} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} = \frac{\text{в}}{\text{м}}$.

2. Ўтказгичларни улаш

Дастлаб ўтказгич ва резисторларни кетма-кет ва параллел улашдаги умумий қаршилиқнинг ўқувчиларга VII синфдан маълум бўлган формулаларини (12-боб) ишлатиш юзасидан машқ қилиш тариқасида бир неча масала ечилади.

Сўнгра бирмунча мураккаб масалалар, жумладан, аралаш уланишга оид масалалар ечилади. Резисторларнинг мураккаб аралаш уланишга оид масалалар ечилганда қуйидагича иш кўриш фойдали ҳисобланади. Занжирларнинг тармоқланган ёки бириктирилган жойларидаги барча нуқталар схемада ҳарфлар билан, қисмларнинг қаршилиқлари эса ҳарфий индекслар билан, масалан, R_{AB} , R_{CD} ва шунга ўхшашлар билан белгиланиши керак.

Мураккаб уланиш схемаси ўрнига барча тармоқланиш нуқталари ва занжирдаги айрим қисмларнинг уланиш характери кўриниб турадиган эквивалент схемалар чизиш керак.

Кўпчилик ҳолларда умумий кўринишдаги ҳисобларни бажариш шарт эмас. Аввало занжирнинг ҳар бир қисми қаршилигини аниқлаш, сўнгра эса бутун занжир қаршилигини аниқлаш қулай.

Резисторларнинг эквивалент схемаларни бирданига чизиш мумкин бўлмаган (184- расм) мураккаб уланишига оид масалалар жуда қийин бўлади.

Умумий ҳолда бундай занжирларнинг қаршилиги Кирхгоф қонунлари ёрдамида аниқланади, бироқ бу қонулар ўрта мактабда тўлиқ ўрганилмайди. Ўрта мактабда ўқувчилар бир хил потенциалли нуқталари бўлган фақат симметрик контурлар қаршилигини ҳисоблашга ўрганиб олишлари керак. Занжирга ҳеч қандай ўзгариш киритмасдан туриб, тенг потенциалли нуқталарни бирлаштириш ёки уларни бир-биридан ажратиш мумкин (бу нуқталар орасида ток бўлмайди). Шундан сўнггина занжирларнинг эквивалент схемаларини чизиш ва қаршиликларни ҳисоблаш мумкин бўлади.

$R_{\text{ш}}$ шунт қаршилиги ва $R_{\text{қўш}}$ қўшимча қаршиликни аниқлашга оид масалалар бошлаб резисторларни кетма-кет ва параллел улашга оид оддий масалалар сифатида ишланиши мумкин ва шундай бўлиши ҳам керак. $R_{\text{ш}}$ ва $R_{\text{қўш}}$ нинг

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_a}{n-1}, R_{\text{қўш}} = R_a(n-1)$$

формулаларини келтириб чиқаргандан сўнг улардан кўпгина масалаларни ечишда фойдаланиш мумкин, бунда R_a ва R_b — амперметр ва вольтметр қаршиликлари, n — уларнинг ўлчов чегараси неча марта кенгайганлигини кўрсатадиган сон.

Уитстон кўпригига оид масалаларда олдин келтириб чиқарилган $R = R_{\text{эт}} \cdot \frac{l_1}{l_2}$ формулани қўллаш мумкин, бунда $R_{\text{эт}}$ — кўприкнинг елкаларидан бирига уланган резисторнинг маълум қаршилиги, l_1 ва l_2 — реохорд елкаларининг узунлиги.

Сифатга оид масалаларга намуналар келтирамыз.

659. Қаршилиги $R = 100$ ом бўлган ўтказгични бир қанча тенг бўлақларга бўлиб, бу бўлақларни параллел улаганда умумий қаршилик $r = 1$ ом бўлиши учун, ўтказгични неча тенг бўлақка бўлиш керак?

Ечилиши. Ўтказгични 10 бўлақка бўлиш ва бу бўлақларни ўзаро параллел улаш керак. Ҳақиқатан ҳам, ҳар бир бўлақнинг қаршилиги $R_1 = \frac{R}{10} = 10$ ом. Барча бу бўлақларни параллел уласак, қаршилик $\frac{R}{100} = 1$ ом бўлади.

660. Ҳар бирининг қаршилиги 2 ом бўлган учта резистор ёрдамида қандай катталиқдаги қаршиликлар олиш мумкин?

Ечилиши. Учта резистордан турли улаш схемаларини тузамиз: кетма-кет, параллел ва аралаш. Резисторлардан ик-

китасини, ҳаттоки биттасини ҳам олиш мумкин, ҳаммасини улаш шарт эмас. Кетма-кет уланганда 2, 4 ва 6 ом қаршиликка, параллел уланганда 1 ом ва $2/3$ ом, аралаш уланганда эса 3 ом қаршилик ҳосил қилиш мумкин.

661 (э). Амперметрға параллел қилиб резистор уланса, унинг кўрсатиши қандай ўзгаради?

Жавоби. Резистор ҳар қандай бўлганда ҳам амперметр занжирида ток камаяди.

662 (э). Вольтметрға кетма-кет қилиб резистор уланса, унинг кўрсатиши қандай ўзгаради?

Жавоби: Резистор вольтметрға кетма-кет қилиб уланганда кучланиш пасаюви ва вольтметр кўрсатиши камаяди.

661 ва 662- масалаларнинг жавоблари тажрибада текширилади.

Ўтказгичларни параллел ва аралаш улашга онд ҳисоб масалаларидан дастлаб тахминан қуйидаги масалалар ечилади.

663. Қаршилиги 10 ом бўлган симдан ҳалқа ясалган (182-расм). Ҳосил бўлган занжирнинг қаршилиги 1 ом бўлиши учун ток келтирувчи ўтказгичларни қаерларга улаш керак?

Ечилиши. ACB тармоқнинг қаршилигини r билан белгилаймиз, у ҳолда ADB тармоқнинг қаршилиги 10 ом — r бўлади. Тармоқлар ўзаро параллел уланган, бунда умумий қаршилик қуйидагига тенг бўлади:

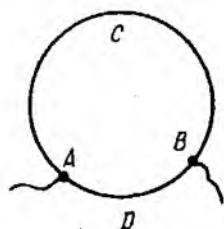
$$R_{AB} = \frac{R_{ACB} \cdot R_{ADB}}{R_{ACB} + R_{ADB}}, \quad R_{AB} = \frac{r(10-r)}{10} = 1 \text{ (ом)}.$$

$$r^2 - 10r + 10 = 0, \text{ бундан } r \approx (5 \pm 3,9) \text{ ом}.$$

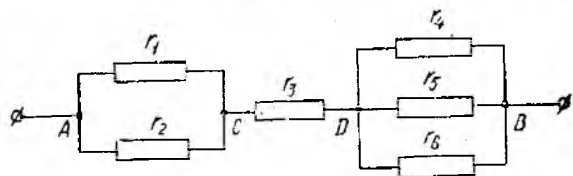
Ток келтирувчи ўтказгичларни сим ҳалқадаги бўлақлар 8,9 ва 1,1 ом қаршиликларга эга бўладиган қилиб улаш керак.

664. Агар кучланиш $U=48$ в, $r_1=r_3=3$ ом, $r_2=6$ ом, $r_4=5$ ом, $r_5=10$ ом ва $r_6=3$ ом бўлса (183- расм), занжирдаги ток ва кучланиш тақсимланишини тоинг.

Ечилиши. Тармоқларни нуқталарини A, C, D ва B билан белгилаймиз. AC, CD, DB қисмлар кетма-кет улангани туфайли занжирнинг умумий қаршилиги $R_{AB} = R_{AC} + R_{CD} + R_{DB}$ бў-



182- расм.



183- расм.

лади. AC ва DB қисмларда резисторлар параллел уланган. Шунинг учун

$$R_{AC} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} = 2 \text{ ом}; R_{CD} = r_3 = 3 \text{ ом},$$

$$\frac{1}{R_{DB}} = \frac{1}{r_4} + \frac{1}{r_5} + \frac{1}{r_6}, \text{ бундан } R_{DB} = 3 \text{ ом. Ниҳоят, } R_{AB} = 8 \text{ ом},$$

$$I_0 = \frac{48 \text{ в}}{8 \text{ ом}} = 6 \text{ а.}$$

Бу ток r_3 резистор орқали ўтади; бошқа резисторлардаги тоқларни занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни бўйича топамиз, лекин бундан олдин U_{AC} ва U_{DB} ларни аниқлаб олиш керак:

$$U_{AC} = I_0 R_{AC}; I_1 = \frac{U_{AC}}{r_1} \text{ ва } I_2 = \frac{U_{AC}}{r_2}.$$

$$U_{DB} = I_0 R_{DB}; I_4 = \frac{U_{DB}}{r_4};$$

$$I_5 = \frac{U_{DB}}{r_5} \text{ ва } I_6 = \frac{U_{DB}}{r_6}.$$

Ҳисоблаб қуйидагиларни топамиз:

$$U_{AB} = 12 \text{ в}; U_{DB} = 18 \text{ в}; I_1 = 4 \text{ а}; I_2 = 2 \text{ а};$$

$$I_4 = 3,6 \text{ а}; I_5 = 1,8 \text{ а} \text{ ва } I_6 = 0,6 \text{ а.}$$

VII синфда ҳам ўтказгичларни аралаш улашга оид масалаларни худди шундай ечар эдик. Лекин унда улаш схемалари соддароқ эди. IX синфда масала ишлашда бу синфда олинган $I_{\text{ум}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ ва параллел уланган иккита ўтказгичга оид $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ қўшимча маълумотлардан фойдаланиш муҳимдир.

Юқорида қаралган масала типик масала ҳисобланади. Шунга ўхшаш масалаларни еча билиш ўқувчилар билимини ижобий баҳолаш учун зарурий шарт ҳисобланади.

Шундан сўнг мураккаб занжирлар қаршилигини ҳисоблашга ўтилади. Юқорида айтиб ўтилганидек, ўрта мактабда ўтказгичларнинг уланиш схемалари мураккаб, бироқ симметрик бўлган ҳолларга оид масалалар ечилади. Бунда ўқувчиларга масала ишлашнинг сунъий усуллари тушунтирилади. Схемада ораларида ток бўлмаган бир хил потенциалли нуқталар қидирилади. Бу нуқталарнинг туташтирилиши ёки ажратирилиши схемага ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди, бунда схема содда кўринишга келади, холос.

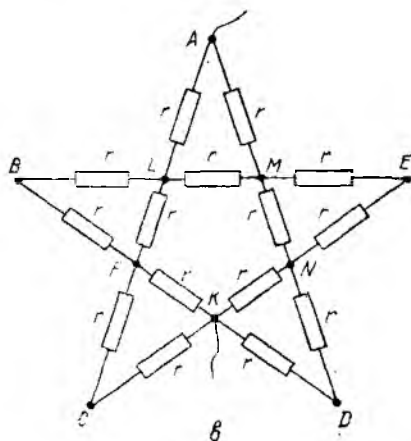
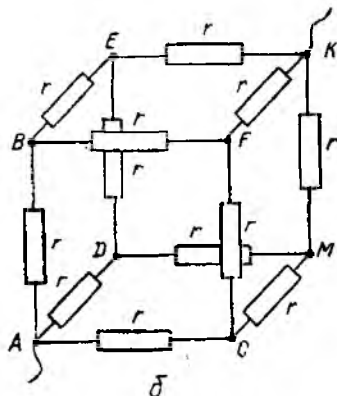
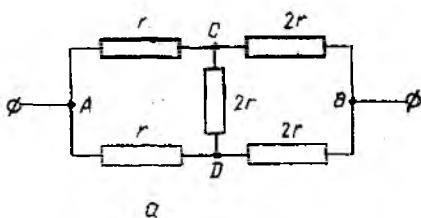
665. 184- расмда кўрсатилган схемаларнинг умумий қаршилигини топинг. Бунда ҳамма қисмларнинг r қаршилиги бир хил деб ҳисобланг.

Ечилиши. Бир хил потенциалли нуқталарни топамиз: а) занжирда (184-а расм) C ва D нуқталарнинг потенциали бир

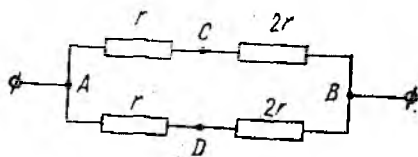
хил, чунки схемадаги тармоқлар симметрикдир. Уларни ажратиб, ўзидан ток ўтмай турган $2r$ қаршиликли резисторни занжирдан чиқарамиз. Соддалаштирилган схемада (185- расм) қаршиликлари r ва $2r$ бўлган резисторларнинг кетма-кет улашишидан иборат бўлган иккита параллел шахобча аниқ кўриниб туради, шунинг учун $R_{AB} = \frac{8}{3}r$ бўлади. б) Куб кўринишига эга бўлган занжирда (184- расм) B , D ва C нуқталар ўзаро бир хил потенциалга эга. Шунингдек, E , M ва F нуқталарнинг потенциаллари ҳам ўзаро бир хилдир. Бир хил потенциалли нуқталарни бирлаштириб, эквивалент схемага (186- расм) эга бўламиз, бунда $R_{AK} = \frac{5}{6}r$. в) Схемаси беш қиррали юлдуз кўринишига эга бўлган занжир (184- в расм) юлдузнинг A учидан ўтказилган ўқига нисбатан симметрикдир. L ва M нуқталарнинг потенциали бир хил. Агар бу нуқталар бири-биридан ажратилса, эквивалент схема (187- расм) ҳосил бўлади, бунинг умумий қаршилиги $R_{AK} = \frac{7}{6}r$ бўлади.

Юқорида айтиб ўтилганидек, шунт ва қўшимча қаршиликни ҳисоблашга оид бўлган масалалар олдиндан келтириб чиқарилган формулалар билан ечилиши мумкин.

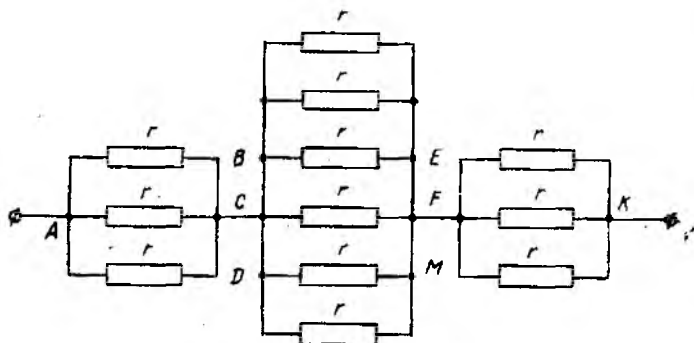
666. Қаршилиги 3 ом бўлган амперметрнинг ўл-



184- расм.



185- расм.



186- расм.

чаш чегараси 25 *ма* гача боради. Унинг ўлчаш чегарасини 2,5 *а* гача кенгайтириш учун амперметрга шунт тайёрлаш керак. Бунинг учун диаметри 1 *мм* бўлган манганин симдан қанча узунликда олиш керак?

Ечилиши. $R_{ш} = \frac{R_a}{n-1}$; $n = \frac{2,5a}{0,025a} = 100$, $R_{ш} = 0,03 \text{ ом}$;
 $R_{ш} = \rho_2 \frac{l}{S}$.

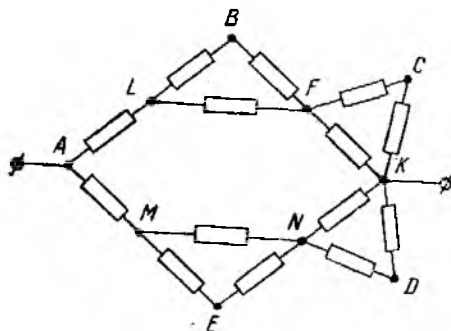
Манганин учун $\rho = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ ом} \cdot \text{м}$, $S = \frac{\pi d^2}{4}$. Ҳисоблаб $l \approx 0,055 \text{ м} \approx 5,5 \text{ см}$ эканини топамиз.

667. Вольтметрнинг ички қаршилиги 50 *ом*, у ўлчаётгани энг катта кучланиш 0,25 *в*. Бу асбобдан 200 *в* гача кучланиш ўлчайдиган вольтметрни қандай қилиб ясаш мумкин?

Ечилиши. $R_{кўш} = R_v(n-1)$, $n = \frac{200 \text{ в}}{0,25 \text{ в}} = 800$, шунинг учун $R_{кўш} \approx 40 \cdot 10^3 \text{ ом}$.

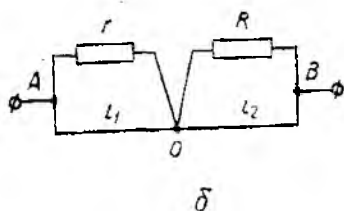
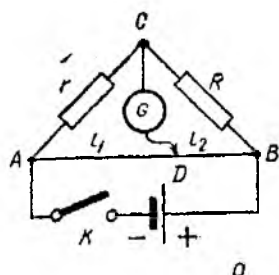
Масалани ишлашда кўприк схемасидаги номаълум қаршиликни топиш формуласи келтириб чиқарилади.

668. Ўлчов кўприги елкаларидан биридаги эталон резисторнинг (188-*а* расм) қаршилиги $R = 20 \text{ ом}$. Гальванометр стрелкаси нолда турганда реохорд елкаларининг $l_1:l_2$ нисбати 2:3 кабидир. Кўприкнинг иккинчи елкасига уланган r қаршиликни аниқланг.



187 расм.

Ечилиши. *С* ва *Д* нуқталарни битта умумий *О* нуқтага туташтириб, эквивалент схема (188-*б* расм) тузамиз. Занжир-



188- расм.

нинг юқори қисмидаги токни I_1 билан, пастки қисмидаги токни I_2 билан белгилаймиз.

$$U_{AO} = I_1 r = \rho \frac{l_1}{S} I_2, \quad U_{OB} = I_1 R = \rho \frac{l_2}{S} I_2.$$

Бу тенгликларни ҳадма-ҳад бўлиб, $\frac{r}{R} = \frac{l_1}{l_2}$ нисбатни топамиз, ундан $r = \frac{R l_1}{l_2} \approx 13 \text{ ом}$.

Қуйида анча қийин битта масаланинг ечимини келтираемиз. Унда соддалаштириш мумкин бўлмаган схема кўриб чиқилган.

669*. Схемаси 189-расмда тасвирланган занжирнинг R_0 умумий қаршичилигини топинг.

Ечилиши. Схемани соддалаштириш мумкин эмас, чунки бир хил потенциалли нуқталарни топиб бўлмайди. Масалани ишлаш учун ток ва кучланишлар тенгламаси ёзилади.

Номаълум тоklar олтига: $I_0, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$, бундан ташқари, R_0 ҳам номаълум. Масалани ечиш учун еттига тенглама системасини тузиш керак бўлади.

Биринчидан, тармоқланиш нуқтасига „келувчи“ тоklarнинг йиғиндиси бу нуқтадан „кетувчи“ тоklarнинг йиғиндисига тенг эканлигидан фойдаланамиз. У ҳолда

$$I_0 = I_1 + I_2, \quad (1) \quad I_5 = I_2 + I_3, \quad (3)$$

$$I_1 = I_3 + I_4, \quad (2) \quad I_0 = I_4 + I_5. \quad (4)$$

Иккинчидан, бирлик зарядни A нуқтадан C нуқтага кўчиришда бажарилган иш йўлнинг шаклига боғлиқ эмас. Бу иш $I_0 R_0$ кучланишга сон жиҳатда тенг ва $ABC, ADC, ABDC$ ёки $ADBC$ қисмлардаги кучланиш пасайишларининг йиғиндиси сифатида топилиши мумкин.

$$ABC \text{ контур учун } I_0 R_0 = I_1 3r + I_4 r, \quad (5)$$

$$ADC \text{ — “ — } I_0 R_0 = I_2 r + I_5 3r, \quad (6)$$

$$ABDC \text{ — “ — } I_0 R_0 = I_1 3r + I_3 2r + I_5 3r. \quad (7)$$

$ADBC$ контур учун саккизинчи тенглама тузилиши ҳам мумкин эди, лекин у эркин тенглама бўлмайди.

(1—7) тенгламалар системасини ечиб, изланаётган миқдорни топамиз:

$$R_0 = \frac{14}{5} r.$$

3. Бутун занжирга оид Ом қонуни

Берк электр занжирида ток кучи бутун занжирга оид Ом қонунидан $I = \frac{E}{R+r}$ формула билан аниқланади, буида E — ток манбаининг электр юритувчи кучи, R ва r — занжирнинг ташқи ва ички қисмларининг қаршилигидир. Масалаларда одатда ток манбаларида $E = \text{const}$, $r = \text{const}$ деб ҳисобланади.

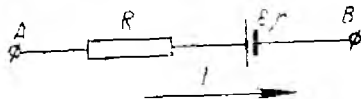
Ток манбаининг клеммаларидаги кучланиш $U = E - Ir$.

Занжирнинг э. ю. к. эга бўлган (190- расм) қисмидаги кучланишни топишга оид масалалар алоҳида ўрин эгаллайди. Э. ю. к. га эга бўлган бундай бир жинсли бўлмаган занжир учун Ом қонуни $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + E}{R'}$ ёки $IR' = \varphi_1 - \varphi_2 + E$ кўринишда ёзилади. Бунда ток йўналишида потенциални оширадиган э. ю. к. (манба ичида ток манфий қутбдан мусбат қутбга томон оқади) мусбат э. ю. к. деб ҳисобланади. R' — занжирнинг тўлиқ қаршилиги.

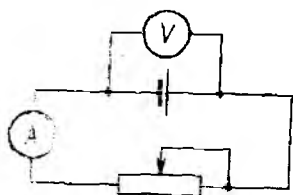
Кўп ҳолларда биз занжирнинг қисмларидаги тоқлар йўналишини олдиндан била олмаганлигимиз туфайли ток йўналишини ихтиёрий қилиб олиш мумкин. Агар масалани ечганда токнинг қиймати манфий нисорали бўлиб чиқса, бу ҳол токнинг ҳақиқий йўналиши олдин тахмин қилинган йўналишга қарши эканлигини билдиради.

Агар занжирдаги ток манбаи сифатида элементлар батареяси ишлатилса, бутун занжирга оид Ом қонуни $I_0 = \frac{E_0}{R+r_0}$ кўринишда ёзилади, бунда E_0 ва r_0 — мос ҳолда батареянинг электр юритувчи кучи ва ички қаршилигидир. Электр юритувчи кучлари $E_1, E_2, E_3, \dots$ ва ички қаршиликлари $r_1, r_2, r_3, \dots$ бўлган элементлар кетма-кет уланганда батареяда $E_0 = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$, $r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$ бўлади.

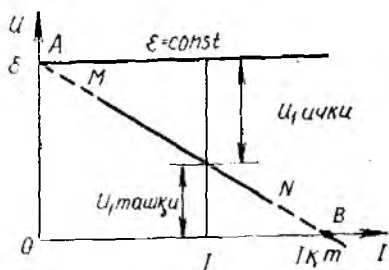
Элементларни бир-бирига қарама-қарши қилиб, кетма-кет улаш ҳоллари ҳам бўлади. У ҳолда $E_0 = E_1 - E_2$ ва $r_0 = r_1 + r_2$



190- расм.



191- расм.



192- расм.

бўлади. n та бир хил элемент кетма-кет уланганда $E_0 = n \cdot E_{\text{эл}}$ ва $r_0 = n \cdot r_{\text{эл}}$ бўлади. n та бир хил элемент параллел уланганда $E_0 = E_{\text{эл}}$ ва $r_0 = \frac{r_{\text{эл}}}{n}$ бўлади.

Турли элементларни параллел улаб, батарея тузиш ҳоли мураккаброқ бўлиб, махсус ҳисобни талаб қилади.

Элементларни аралаш улаб батарея ҳосил қилиш ҳоллари ҳам бўлади. Масала ишлаганда $I = \frac{E_0}{R + r_0}$ формула ёзилади ва ҳар бир тайинли ҳолда E_0 ва r_0 лар аниқланади.

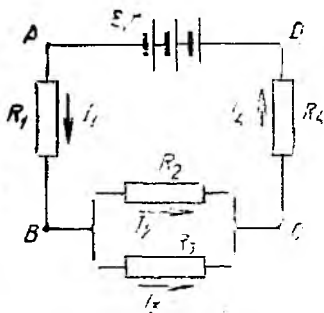
670 (э). 191- расмга қараб занжир йиғинг. Реостат жилғичи сурилганда вольтметр кўрсатишлари қандай ўзгаради? Занжирнинг ташқи қисмидаги U кучланишнинг ундаги I ток катталигига боғланиш графигини чизинг.

Ечилиши. Занжирнинг ташқи қисмининг R қаршилиги ортирилганда I ток камаяди, U кучланиш эса ортади. U нинг I га боғланиш чизиқли боғланишдир (192-расм). $U_{\text{таш}}$ ташқи кучланиш MN тўғри чизиқ остидаги ординатага тенг бўлиб, манба ичидаги $U_{\text{ичк}}$ кучланиш пасаюви эса MN дан $E = \text{const}$ тўғри-чизиқкача бўлган масофага тенг. I ток кучи ортса, $U_{\text{таш}}$ ташқи кучланиш пасаюви камаяди, $U_{\text{таш}} + U_{\text{ичк}} = E = \text{const}$ бўлади.

Агар ташқи занжир узук бўлса ($R = \infty$), у ҳолда $I = 0$ ва $U = E$ (A нуқта) бўлади. Қисқа туташувда $R = 0$, $U = 0$, $I = \frac{E}{r}$ (B нуқта) бўлади.

671. Агар қаршилиги $R = 3 \text{ ом}$ бўлган резистор ташқи занжирга уланганда занжирдаги ток кучи $I = 0,4 \text{ а}$ бўлса, электр юритувчи кучи $E = 1,3 \text{ в}$ бўлган манбали занжирдаги қисқа туташув токи нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Ом қонунининг $I = \frac{E}{R + r}$ формуласидан дастлаб $r = \frac{E - IR}{I}$ ни, сўнгра $I_{\text{к.т}} = \frac{E}{r}$ ни топамиз (қисқа туташувда $R = 0$). Ҳисоблаб $I_{\text{к.т}} = 5,2 \text{ а}$ эканини топамиз.



193- расм.

672. Занжирдаги ток манбаи $E = 30$ в ли батарея. Батарея қисқичларидаги кучланиш $U = 18$ в, занжирдаги ток кучи эса $I = 3$ а. Занжирнинг ташқи R ва ички r қаршиликларини аниқлаш.

Ечилиши. Бу ерда бутун занжирга онд Ом қонуни $E = IR + Ir = U + Ir$ кўринишда татбиқ этиш яхши, у ҳолда $r = \frac{E - U}{I}$; занжирнинг бир қисмига онд Ом қонунига асосан, $R = \frac{U}{I}$. Сои қийматларни қўйиб, $R = 6$ ом, $r = 4$ ом эканини топамиз.

673. Ток манбаи қаршилиги $R_1 = 1,8$ ом бўлган ўтказгич билан туташтирилганда ундаги ток кучи $I = 0,7$ а бўлган. Агар ток манбаи қаршилиги $R_2 = 2,3$ ом бўлган ўтказгич билан туташтирилса, унда ток кучи камайиб $I_2 = 0,56$ а бўлиб қолади. Манбаининг э. ю. к. ва ички қаршилигини топинг.

Ечилиши. $E = \text{const}$ ва $r = \text{const}$ эканлигидан фойдаланамиз. Бутун занжирга онд Ом қонунига асосан иккита тенглама тузамиз: $E = I_1 R_1 + I_1 r$ ва $E = I_2 R_2 + I_2 r$, булардан $I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r$, демак, $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$. Берилган қийматларни ўрнига қўйиб, $r \approx 0,2$ ом ва $E \approx 1,4$ в эканлигини топамиз.

674. Ташқи занжирнинг қисмларидаги ток ва кучланишларни топинг. Бунда занжирдаги (193- расм) ҳар бир элементнинг э. ю. к. $E_{\text{эл}} = 1,5$ в, ички қаршилик $r_{\text{эл}} = 0,5$ ом. Ташқи занжирга $R_1 = 0,75$ ом, $R_2 = 4$ ом, $R_3 = 0,8$ ом ва $R_4 = 1,58$ ом қаршиликлар уланган.

Ечилиши. $I_1 = I_4 = I_{\text{ум}}$ ва $I_{\text{ум}} = I_2 + I_3$. Бутун занжирга онд Ом қонунига асосан, $I_{\text{ум}} = \frac{E_6}{R_{\text{ум}} + r_6}$; $R_{\text{ум}} = R_{AD} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD}$. BC қисмда резисторлар параллел уланган, шунинг учун

$$R_{BC} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}; R_{BC} \approx 0,67 \text{ ом},$$

$$R_{\text{ум}} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4; R_{\text{ум}} \approx 3 \text{ ом}.$$

$E_6 = n \cdot E_{\text{эл}} = 3 \cdot 1,5 \text{ в} = 4,5 \text{ в}$, $r_6 = n \cdot r_{\text{эл}} = 3 \cdot 0,5 \text{ ом} = 1,5 \text{ ом}$. У ҳолда

$$I_{\text{ум}} = \frac{4,5 \text{ в}}{3 \text{ ом} + 1,5 \text{ ом}} = 1 \text{ а}.$$

AB, BC, CD қисмлардаги кучланишларни занжирнинг бир қисмига онд Ом қонунидан аниқлаймиз: $U_{AB} = I_{\text{ум}} \cdot R_{AB} = 1 \text{ а} \times$

$\times 0,75 \text{ ом} = 0,75 \text{ в}$, шунга ўхшаш
 $U_{BC} \approx 0,67 \text{ в}$, $U_{CD} \approx 1,58 \text{ в}$. BC қисм-
 даги тоқлар $I_2 = \frac{U_{BC}}{R_2} \approx 0,17 \text{ а}$, $I_3 =$
 $= \frac{U_{BC}}{R_3} \approx 0,83 \text{ а}$.

Текшириш: $I_2 + I_3 = I_{\text{ум}}$, ҳақиқатан:
 $0,17 \text{ а} + 0,83 \text{ а} = 1 \text{ а}$.

Бутун занжир бўйлаб кучланиш
 пасайишлари йиғиндиси электр юр-
 тувчи кучга тенг. $U_{DA} = I_{\text{ум}} \cdot r_0 =$
 $= 1 \text{ а} \cdot 1,5 \text{ ом} = 1,5 \text{ в}$ эканини ҳисобга ола-
 миз. $E = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} =$
 $= 0,75 \text{ в} + 0,67 \text{ в} + 1,58 \text{ в} + 1,5 \text{ в} = 4,5 \text{ в}$.

675. R_1 резистордаги ток кучини
 топинг (194- расм), буида ҳар бир
 элементнинг э. ю. к. $E_{\text{эл}} = 1,4 \text{ в}$, ички
 қаршилиги $r_{\text{эл}} = 0,5 \text{ ом}$ бўлиб, ташқи занжирга қаршилиги
 $R_1 = R_4 = 2 \text{ ом}$, $R_2 = 1 \text{ ом}$ ва $R_3 = 3 \text{ ом}$ бўлган резисторлар
 уланган.

Ечилиши. Масала олдингига ўхшатиб ечилади: $I_{\text{ум}} =$
 $= \frac{E_0}{R_{\text{ум}} + r_0}$. Батареядаги бир хил элементлар параллел уланган,
 шунинг учун $E_0 = E_{\text{эл}}$, $r_0 = \frac{r_{\text{эл}}}{2}$. Ташқи занжир қаршилиги $R_{AC} =$
 $= R_{\text{ум}} = R_{AB} + R_{BC}$. BC қисмда резисторлар параллел уланган,
 демак, $\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$. Ҳисоблаб $R_{BC} \approx 0,55 \text{ ом}$, $R_{AC} \approx$
 $\approx 2,55 \text{ ом}$, $r_0 \approx 0,25 \text{ ом}$, $I_{\text{ум}} = 0,5 \text{ а}$ эканини топамиз. Излана-
 ётган ток кучи $I_3 = \frac{U_{BC}}{R_3}$, $U_{BC} = I_{\text{ум}} R_{BC}$, яъни $U_{BC} = 0,28 \text{ в}$.
 Бундан $I_3 \approx 0,09 \text{ а}$.

676. Қаршилиги $R = 0,3 \text{ ом}$ бўлган ташқи занжирга ток ҳар
 бирининг э. ю. к. $E_{\text{эл}} = 2 \text{ в}$, ички қаршилиги $r_{\text{эл}} = 0,3 \text{ ом}$ бўл-
 ган олти та аккумулятордан берилади. Аккумуляторлар учта
 параллел группа бўлиб, уларнинг ҳар бири кетма-кет уланган
 икки элементдан иборат. Занжирдаги ток кучи нимага тенг?

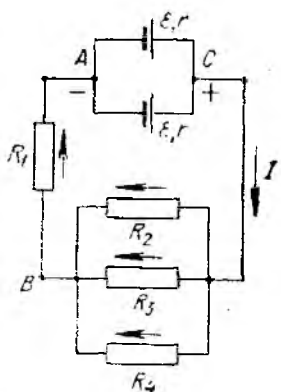
Ечилиши. Занжирнинг схемасини чизамиз (195- расм).

Занжирдаги ток кучи $I = \frac{E_{\text{бат}}}{R + r_{\text{бат}}}$,

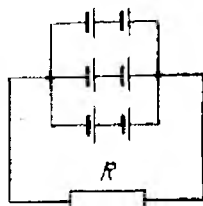
$E_{\text{бат}} = 2E_{\text{эл}} = 4 \text{ в}$.

$r_{\text{бат}} = \frac{2r_{\text{эл}}}{3} = \frac{0,3 \text{ ом} \cdot 2}{3} = 0,2 \text{ ом}$. $I \approx 8 \text{ а}$.

677. Иккита бир хил элемент бир-бири-
 га 196-а ва б расмда кўрсатилгандек қи-
 либ уланган. А ва В нуқталар орасидаги
 кучланишни аниқланг.



194- расм.



195- расм.

Ечилиши. Биринчи ҳолда (196-а расм) бир хил элементлар параллел уланган, шунинг учун $E_{\text{бат}} = E_{\text{эл}}$. Занжирда ток йўқ. Ташқи занжир узилганда $U = E_{\text{эл}}$ бўлади.

Иккинчи ҳолда (196-б расм) элементлар кетма-кет уланган ва бу элементлардан тузилган ёпиқ занжир бўйича $I = \frac{2E_{\text{эл}}}{2r_{\text{эл}}} =$

$= \frac{E_{\text{эл}}}{r_{\text{эл}}}$ ток ўтади. Занжирнинг

э. ю. к. га эга бўлган бир қисмига оид Ом қонунига асосан, кучланиш

$$U_{AB} = E_{\text{эл}} - Ir_{\text{эл}} \text{ ёки } U_{BA} = E_{\text{эл}} - Ir_{\text{эл}}.$$

Кутилмаган натижалар чиқди:

$$U_{BA} = U_{AB} = E_{\text{эл}} - Ir_{\text{эл}} = E_{\text{эл}} - \frac{E_{\text{эл}}}{r_{\text{эл}}} \cdot r_{\text{эл}} = 0.$$

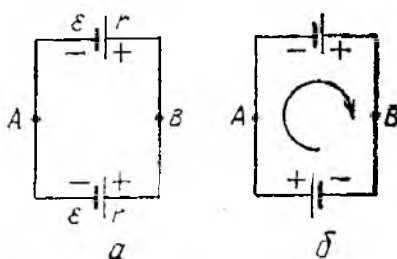
Бир элемент ичида иккинчиси ҳосил қилган кучланиш пасайиши унинг токка қарши йўналган электр юритувчи кучи билан компенсацияланади.

678. Икки элемент параллел улашиб батарея тузилган. Биринчи элементнинг э. ю. к. 2 в ва ички қаршилиги 0,6 ом; иккинчисининг э. ю. к. 1,5 в ва ички қаршилиги 0,4 ом. Элементларнинг қисқичларидаги кучланишни аниқланг [22, № 916].

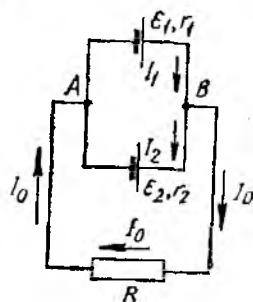
Ечилиши. Элементлар 196-а расмдаги схемага ўхшаш қилиб уланган. $E_1 = 2$ в ва $E_2 = 1,5$ в бўлсин, деб фарз қилайлик. Ёпиқ занжирга оид Ом қонунига асосан, $I = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2} = 0,5$ а. Занжирнинг э. ю. к. га эга бўлган бир қисмига оид Ом қонунига асосан $U_{BA} = E_2 + Ir_2 = 1,5 \text{ в} + 0,5 \text{ а} \cdot 0,4 \text{ ом} = 1,7 \text{ в}$. Кучланиш ҳам $U_{BA} = E_1 - Ir_1 = 2 \text{ в} - 0,5 \text{ а} \cdot 0,6 \text{ ом} = 1,7 \text{ в}$.

679. Э. ю. к. $E_1 = 2$ в ва $E_2 = 1,5$ в ва ички қаршилиги $r_1 = r_2 = 0,5$ ом бўлган икки элемент параллел уланган. Занжирнинг ташқи қисмининг қаршилиги $R = 2$ ом (197- расм). Ҳар бир элементдаги, занжирнинг ташқи қисмидаги токни топинг [22, № 917].

Ечилиши. $E_1 > E_2$ ва ток BRA йўналиш бўйича оқади. Бу ерда I_0 , I_1 ва I_2 лар номаълум. Масалани ечиш учун тенгламалар системаси тузамиз.



196- расм.



197- расм.

Кирхгоф қондасига асосан, $I_1 = I_0 + I_2$. (1)
Бир жинсли бўлмаган занжирга онд Ом қонунига асосан,

$$I_1 r_1 = U_{AB} + E_1, \quad (2)$$

$$I_2 r_2 = U_{BA} - E_2. \quad (3)$$

Занжирнинг BRA қисми учун $I_0 R = U_{BA}$. (4)

(2) ва (3) тенгламаларни ҳадма-ҳад қўшиб, (3) тенгламадан (4) ни айирамиз:

$$I_1 r_1 + I_2 r_2 = E_1 - E_2, \quad (5)$$

$$I_2 r_2 - I_0 R = -E_2. \quad (6)$$

(6) тенгламадаги I_0 га унинг (1) дан топиладиган қийматини қўямиз:

$$I_2 r_2 - R(I_1 - I_2) = -E_2, \quad (7)$$

бундан

$$I_2 = \frac{RI_1 - E_2}{r_2 + R}.$$

I_2 нинг қийматини (5) тенгламага қўямиз:

$$I_1 r_1 + \left(\frac{RI_1 + E_2}{r_2 + R} \right) r_2 = E_1 - E_2,$$

бундан

$$I_1 = \frac{E_1 r_2 - E_2 R - E_1 R}{r_1 r_2 + r_1 R + R r_2}.$$

Ҳисоблаб $I_1 \approx 0,89$ а эканини топамиз. $I_2 \approx 0,11$ а ва $I_0 \approx 0,78$ а, шунингдек, $U_{BA} = 1,56$ в эканини топамиз.

4. Токнинг иши, қуввати ва иссиқлик таъсири

Электр занжирининг бир қисмидаги токнинг иши ва қуввати

$$A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t; P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

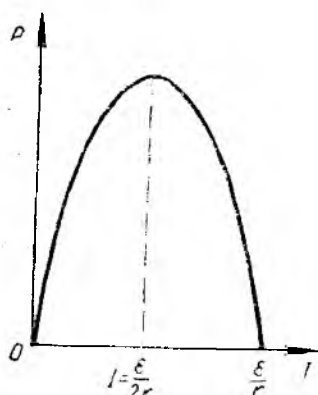
формулар билан ҳисоблаб топилади.

Э. ю. к. E ва ички қаршилиги r бўлган ток манбаининг ташқи занжирга қаршилиги R бўлган нагрузка уланганда берадиган тўла қуввати

$$P_0 = I^2 (R + r) = I^2 R + I^2 r = I \cdot I (R + r) = IE = \frac{E^2}{R + r}$$

формула билан топилади. Бунда нагрузканинг қуввати

$$P = P_0 - I^2 r = IE - I^2 r = I(E - Ir) = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}.$$



198- расм.

$P = I(E - Ir)$ формула $I = 0$ (занжир узук) ва $E - Ir = 0$, яъни $I = \frac{E}{r}$ (қисқа туташув) бўлганда қувват $P = 0$ бўлишини кўрсатади. P қувват I токнинг квадратига боғлиқдир (198-расм). $I = \frac{E}{2r}$ ёки $R = r$ бўлганда қувват максимум бўлади. Ҳосила тушунчаси ўрганилгандан сўнг I нинг $P = IE - I^2 r$ функция максимумга эришадиган қийматини ўқувчиларнинг ўзлари топишлари мумкин ($\frac{dP}{dI} = E - 2Ir = 0$, бундан $I = \frac{E}{2r}$).

Ўтказгичдан ток ўтганда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори Жоуль — Ленц қонунига асосан аниқланади:

$$Q = I^2 R t.$$

Агар занжирнинг қисмида ток манбаи бўлмаса, Q иссиқлик миқдорини $Q = I U t = \frac{U^2}{R} \cdot t$ формулалар билан ҳам аниқлаш мумкин.

Электр занжирларида ўтказгичларнинг қизишидан ташқари A механик иш бажарилиши ҳам мумкин, у ҳолда энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ, $I E t = Q + A$.

Баъзан масалаларда ток манбаининг фойдали иш коэффициенти топиш талаб қилинади. Уни

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{ум}}} \cdot 100\% = \frac{I U}{I E} \cdot 100\% = \frac{U}{E} \cdot 100\% = \frac{R}{R + r} \cdot 100\%$$

формулалар билан топиш мумкин.

Электр энергиясига тўланадиган S пулни ҳисоблаб топиш учун *тийин/квт·соат* ҳисобидаги B тарифни ($S = B \cdot A$), шунингдек A иш ва P қувват бирликлари орасидаги муносабатни билиш керак.

Юқорида кўриб ўтилган қонуниятларга мувофиқ масалаларнинг қуйидаги асосий турлари ечилади:

1. Электр токининг иши ва қувватини топишга оид (13-бобдагига ўхшаш) масалаларни ечишни машқ қилиш.

2. Кетма-кет ёки параллел уланган ўтказгичларда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори ҳисобга олинadиган ёки аниқланадиган масалалар.

3. Электр двигателларининг ф. и. к. ларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг механик иши ёки қуввати ҳисобга олинadиган ёки аниқланадиган масалалар.

4. Ток манбаларининг истеъмол қилинаётган қувватга, ички ёки ташқи қаршиликларга ва шу каби факторларга боғлиқ равишда иш режимини текширишга оид масалалар.

IX синф учун мўлжалланган типик масалаларнинг намуналари қуйида берилган.

680. $U = 127$ в ли иккита лампа бўлиб, улардан бири $P_1 = 60$ вт, иккинчиси $P_2 = 90$ вт қувватга мўлжалланган. Қайси лампанинг қаршилиги катта ва печка марта катта?

Ечилиши. Масаланинг шартига кўра кучланиш $U = \text{const}$, шунинг учун қувватни солиштириш мақсадида $P = \frac{U^2}{R}$ форму-

лани қўллаш қулай, бундан $R = \frac{U^2}{P}$, яъни кучланиш ўзгармас бўлганда қаршилик қувватга тескари пропорционалдир. Демак, қуввати $P_1 = 60$ вт бўлган лампа чўғлаиш толасининг қаршилиги қуввати $P_2 = 90$ вт бўлган лампа толасининг қарши-лигидан (бир ярим марта) катта бўлади.

681. Гирляндада n та бир хил лампа кетма-кет уланган. Гирляндадаги лампалар сони иккига камайтирилса, занжирдаги қувват қандай ўзгаради?

Ечилиши. Занжирдаги ток $I = \frac{U}{nR}$, бунда R — лампа-нинг қаршилиги, қувват эса $P = IU$. Агар лампалар сони $(n-2)$ гача камайтирилса, ток ортади ва $I = \frac{U}{(n-2)R}$ га тенг бўлиб қолади. Бунда қувват ҳам ортади: $P_1 = I_1 U > IU$.

682. Электр илиткасининг иккита бир хил спиралини кетма-кет ёки параллел улаш мумкин. Ҳар бир спиралнинг қаршилиги R га тенг. Спиралларни кетма-кет ва параллел улаганда бир хил вақт ичида ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорларини солиштиринг.

Ечилиши. Спираллар кетма-кет уланганда умумий қаршилик $R_1 = 2R$, параллел уланганда $R_2 = \frac{R}{2}$ бўлади. Шунинг учун U кучланиш ўзгармас бўлганда ажралган иссиқлик миқдорлари $Q_1 = \frac{U^2}{2R} t$ ва $Q_2 = \frac{2U^2}{R} t$. Нисбат $\frac{Q_2}{Q_1} = 4$. Демак, спираллар параллел уланганда уларни кетма-кет улагандагидан 4 марта кўп иссиқлик чиқар экан.

683. Нима учун хонада тармоққа иситгич асбоблар, масалан, дазмол уланганда ёниб турган лампаларнинг ёруғи бошда бир оз пасайиб, салдан кейин яна аввалгича чарақлаб ёнаверади?

Жавоб. Катта қувватли асбоб уланганда занжирда I ток кучи ортади (асбобнинг қаршилиги кам), ток келтирувчи ўтказгич ва ток манбаи ичидаги $I r$ кучланиш пасаси ортади. $U = E - I r$ кучланиш камаяди. Асбобнинг иситгич элементида ток ўтганда унинг температураси кўтарилиб, асбобнинг қаршилиги ортади. Занжирда ток кучи аста-секин камая боради,

кучланиш асбоб уланишдан олдинги қийматидан бир оз камроқ бўлиб қолса-да, деярли аввалги қийматини тиклайди.

684. $U = 127$ в кучланишда $I = 10$ а ток кучи олиб ишлайдиган электр двигателининг қуввати $P = 1,1$ кВт. Двигателининг ф. и. к. (η) ва 7 соат давомида истеъмол қилган электр энергиясига тўланадиган пулни (S) аниқланг, тариф $B = 4$ тийин/кВт·соат.

Ечилиши. Бу типдаги масалаларни ечишни ф. и. к. формуласини ёзиндан бошлаш қулайдир:

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{сарф}}} = \frac{P}{IU}; S = BA_{\text{сарф}} = BIUt.$$

Буларга сон қийматларни қўйиб, қуйидагиларни топамиз:

$$\eta = \frac{1100 \text{ вт}}{10 \text{ а} \cdot 127 \text{ в}} \approx 0,87 \text{ ёки } 87 \%.$$

$A_{\text{сарф}} = 10 \text{ а} \cdot 127 \text{ в} \cdot 7 \text{ с} = 1,27 \text{ кВт} \cdot 7 \text{ соат} \approx 8,9 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$, $S = B \cdot A_{\text{сарф}} \approx 4 \text{ тийин/кВт} \cdot \text{соат} \cdot 8,9 \text{ кВт} \cdot \text{соат} \approx 36 \text{ тийин}$.

685. Электр чойнагида 1 л сув 20 дан 100°C гача иситилади. Чойнакнинг ф. и. к. $\eta = 80 \%$ ва тариф $B = 4$ тийин/кВт·соат бўлган ҳолда сувни иситиш учун сарф бўлган электр энергиясига қанча тўланади?

Ечилиши. $\eta = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{сарф}}}$, $Q_{\text{ф}} = cm(t_2 - t_1)$.

$$Q_{\text{сарф}} = A_{\text{сарф}}. \text{ Шунинг учун } A_{\text{сарф}} = \frac{1}{\eta} Q_{\text{ф}} = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\eta}.$$

Электр энергиясига тўланадиган пул $S = B \frac{cm(t_2 - t_1)}{\eta}$.

$c = 4190 \text{ ж/кг} \cdot \text{град}$, $m = 1 \text{ (кг)}$, $t_2 - t_1 = 80^\circ \text{ C}$ қийматларни ўрнига қўйиб, $A_{\text{сарф}} \approx 419000 \text{ ж} \approx 0,116 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$ ва $S \approx 0,5$ тийин эканини топамиз.

686. Массаси $m = 2,4 \text{ т}$ бўлган лифт $t = 40 \text{ сек}$ давомида $h = 45 \text{ м}$ баландликка кўтарилади. Лифтни ҳаракатга келтирувчи электр двигателининг ф. и. к. $\eta = 60 \%$ бўлса, у қандай қувват билан ишлайди? Лифтнинг бир марта кўтарилиши қанча туради? Агар кучланиш 380 в бўлса, электр двигатели ўрамларидаги ток кучи нимага тенг бўлади?

Ечилиши. $A_{\text{ф}} = mgh$, $N_{\text{ф}} = \frac{A_{\text{ф}}}{t} = \frac{mgh}{t}$. Двигателининг қуввати $N_{\text{сарф}} = \frac{N_{\text{ф}}}{\eta} = \frac{mgt}{t \cdot \eta}$.

Бир марта кўтарилгандаги иш $A_{\text{сарф}} = N_{\text{сарф}} \cdot t$, лифтнинг бир марта кўтарилишига тўланадиган пул $S = B \cdot A_{\text{сарф}}$. Ток кучи эса $I = \frac{N_{\text{сарф}}}{U}$.

Сон қийматларни қўямиз:

$$N_{\text{сарф}} = \frac{2400 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 25 \text{ м}}{40 \text{ сек} \cdot 0,6} \approx 24,5 \text{ кВт}.$$

$$A_{\text{сарф}} \approx 0,272 \text{ кВт} \cdot \text{соат}, S = 1,1 \text{ тийин.}$$

$$I \approx 64,5 \text{ а.}$$

- ✓ 687. Ички қаршилиги $r = 2 \text{ ом}$ бўлган ток манбаига қаршилиги $R = 4 \text{ ом}$ бўлган резистор уланганда ток манбаи қисқичларидаги кучланиш $U = 6 \text{ в}$ гача пасаяди. Манбаининг тўла қуввати қанча? Бу ток манбаи нагруккага энг кўпи билан қандай қувват беради?

Ечилиши. Тўла қувват $P_0 = IE$; $I = \frac{U}{R} = 1,5 \text{ а.}$ Манба ичида кучланиш пасайиши $U_{\text{иқк}} = I \cdot r = 3 \text{ в, э. ю. к. эса } E = U_{\text{иқк}} + U = 9 \text{ в.}$ Тўла қувват $P_0 = 1,5 \text{ а} \cdot 9 \text{ в} = 13,5 \text{ вт,}$ нагруккадаги қувват эса, $P = I^2 R = 9 \text{ вт.}$ $R = r = 2 \text{ ом}$ бўлганда нагруккада энг катта қувват ҳосил бўлади, у ҳолда $I = \frac{E}{R + r} \approx 2,25 \text{ а,}$ қувват эса $P = I^2 R \approx 10,1 \text{ вт.}$

- ✓ 688*. Элемент бир гал қаршилиги $R_1 = 4 \text{ ом}$ бўлган резисторга, иккинчи гал қаршилиги $R_2 = 9 \text{ ом}$ бўлган резисторга уланади. Электр токининг ташқи занжирдаги қуввати иккала ҳолда ҳам бир хил. Ташқи қаршилиқнинг қиймати қандай бўлганда қувват энг катта бўлади?

Ечилиши. Ташқи қаршилиқ $R = r$ бўлганда қувват энг катта бўлади. Ички қаршилиқни P_1 ва P_2 қувватларнинг тенглигидан топиш мумкин.

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{E^2 R_1}{(R_1 + r)^2} \text{ ва } P_2 = I_2^2 R_2 = \frac{E^2 R_2}{(R_2 + r)^2};$$

$$\frac{E^2 R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{E^2 R_2}{(R_2 + r)^2} \text{ ёки } \frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2};$$

$R_1 = 4 \text{ ом}$ ва $R_2 = 9 \text{ ом}$ бўлганда тенгламадан $r = 6 \text{ ом}$ эканини топамиз. $R = r = 6 \text{ ом}$ бўлганда нагруккадаги қувват максимум бўлади.

689. Электр чойнагидаги иситгич иккита бир хил секциядан ташкил топган. Битта секция уланганда сув 25 минутда қайнайди. Агар иккала секция кетма-кет уланса, сув қанча вақтда қайнайди? Параллел уланганда-чи?

Ечилиши. 682- масала ечимидан фойдаланиб, спираллар параллел уланганда иссиқлик 2 марта кўп ажралади, деган хулосага келамиз. Шунинг учун иситиш вақти 12,5 мин бўлади. Кетма-кет уланганда эса параллел улангандагига қараганда 4 марта кам иссиқлик чиқади, демак, иситишга 50 мин кетади.

- 690*. Двигателнинг радиуси r бўлган горизонтал валига учига M массали юк осилган ип бир текис ўралади. Двигателга ток э. ю. к. E бўлган ўзгармас ток манбаидан берилади; занжирнинг тўла қаршилиги R ; занжирдаги ток I га тенг. Валининг 1 секунддаги айланишлари сони нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Валининг 1 секунддаги айланишлари сони n бўлсин деб фараз қилайлик, у ҳолда валининг тўлиқ айланиш

даври $T = \frac{1}{n}$ бўлади. Валнинг бир айланишида $A = F \cdot s =$
 $= Mg2\pi r$ иш бажарилади, валдаги қувват эса $N = \frac{A}{t} =$
 $= Mg2\pi rn$, чунки $t = T = \frac{1}{n}$.

Энергиянинг сақланиш қонунига асосан, $IE = I^2R + N$ ёки
 $N = IE - I^2R = I(E - IR) = Mg2\pi rn$. Бундан $n = \frac{I(E - IR)}{2\pi r Mg}$.

5. Термоток

Термоэлектр юритувчи куч катталигини ҳисоблашга оид жуда оддий масалалар ечилади. Бу масалаларда температураларнинг чекли интервалида термо э. ю. к. (E) билан кавшарлар температурасининг $t_2 - t_1$ фарқи орасидаги чизиқли боғланишдан, аналитик равишда $E = \alpha(t_2 - t_1)$ формула билан ифодаланган боғланишдан фойдаланилади. Бу боғланишдаги α пропорционаллик коэффициенти термоэлектр юритувчи куч коэффициенти дейилади. Бу коэффициент мазкур термопарада металллар кавшарланган нуқталар температурасининг фарқи 1°C бўлганда ҳосил бўлган термо э. ю. к. га тенг.

Агар термоэлемент кавшарларидан бирининг температураси 0°C бўлса, у ҳолда термо э. ю. к. формуласида $t_2 - t_1$ ни $\Delta t = t$ билан алмаштириш мумкин (t — термопарадаги иссиқ қисмнинг температураси). У ҳолда $E = \alpha t$.

Термоэлементлар улашиб, термобатареялар тузилади. Термобатареяларнинг э. ю. к. ини аниқлашда химиявий элемент ёки аккумуляторлар батареяларини ўрганишда олган билимлардан фойдаланилади. Агар n та термоэлемент кетма-кет улашиб, батарея тузилган бўлса, у ҳолда $E_{\text{бат}} = nE$.

$E = \alpha(t_2 - t_1)$ боғланиш ҳар қандай $t_2 - t_1$ фарқ учун эмас, балки температураларнинг чегараланган интервалларидагина чизиқли эканлигини қайд қилиб ўтиш муҳим ҳисобланади. Ўқувчилар термо э. ю. к. ни $E = \alpha(t_2 - t_1)$ формула билан ҳисоблашга қийналмайдилар. Уларнинг бу боғланиш характерини тушунишлари, E термо э. ю. к. нинг $t_2 - t_1$ температуралар фарқига боғланиш графигини чиза олишлари ёки тайёр графикка қараб E , α , $t_2 - t_1$ катталикларни топа олишлари муҳимдир.

691. Кетма-кет уланган $n = 20$ термопарадан тузилган термогенераторнинг э. ю. к. ни тошинг. Кавшарларнинг температураси 500 ва 0°C , термо э. ю. к. коэффициенти $\alpha = 1000 \text{ мкВ/град}$.

Ечилиши. Ҳар бир термопара кавшарларининг температураси фарқи $t_2 - t_1 = 500^\circ\text{C}$ бўлганда $E = \alpha(t_2 - t_1) = 1000 \frac{\text{мкВ}}{\text{град}} \cdot 500^\circ = 0,5 \text{ в}$ термо э. ю. к. га эга бўлади.

Термопаралар кетма-кет уланганда э. ю. к. термо э. ю. к. лар йиғиндисига тенг бўлади. Шунинг учун бир хил термопаралар кетма-кет уланганда $E_0 = n \cdot E_{эл} = 20 \cdot 0,5 \text{ в} = 10 \text{ в}$.

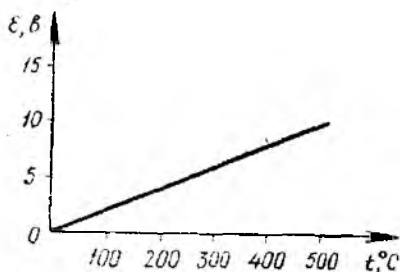
692. 691- масаланинг шартидан фойдаланиб, термогенератор батареяси электр юритувчи кучининг батареядаги термоэлементлар кавшарлари температураси фарқига боғланиш графигини чизинг. Совуқ кавшар температурасини 0°C деб олинг.

Масаланинг ечими 199- расмда тасвирланган графикда берилган.

693*. Керосин сарфи соатига $m_k = 60 \text{ г}$, термотокнинг қуввати эса $P = 5 \text{ вт}$ бўлса, ТК-3 термогенераторининг ф. и. к. нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Керосиннинг бир соат давомида ёнишидан $Q = qm_k$ иссиқлик миқдори чиқади, бунда $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ жс/кг}$ — керосиннинг иссиқлик бериш қobiliяти. Термотокнинг 1 соат давомида бажарган иши $A = Pt$. Термогенераторнинг фойдали иш коэффициенти $\eta = \frac{A_{ф}}{Q_{сарф}} \cdot 100 \% = \frac{P \cdot t \cdot 100 \%}{qm_k}$.

$$\eta = \frac{5 \text{ вт} \cdot 3600 \text{ сек} \cdot 100 \%}{4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{жс}}{\text{кг}} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} \approx 0,6 \%$$



199- расм.

28- БОБ

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Ўрта мактабда электромагнетизмдан тоқларнинг ўзаро таъсири, магнит майдонининг ҳаракатдаги зарядларга таъсири, электромагнитик индукция ва ўзиндукцияга оид масалалар ишланади. Бунда сифатга оид ҳамда унча мураккаб бўлмаган ҳисоблаш масалалари қаралади. Ҳисоблаш масалалари ишланганда ўлчов бирликлари устида бажариладиган амалларга алоҳида эътибор бериш керак бўлади. Бу ҳол электромагнетизмни ўрганишда қараладиган физик катталикларнинг ўлчов бирликлари ва кўпгина боғланишларни бирмунча оңли ўзлаштириш имкониятини беради. Бунда фақат СИ системасидан фойдаланилади.

Сифатга оид масалалар ишланганда тоқли ўтказгичнинг ва электромагнитнинг магнит майдони учун парма қондасидан,

магнит майдонидаги тоқли ўтказгичга таъсир этувчи куч ёки Лоренц кучи йўналишини аниқлаш учун чап қўл қондасидан, индукцион ток йўналишини аниқлаш учун Ленц ва ўнг қўл қондасидан фойдаланилади. Ўқитишнинг II босқичида ўқувчилар бу қондаларни қўллаш юзасидан кўникмаларга эга бўлишлари шарт.

1. Токнинг магнит майдони

Узулиги l ва ўзидан I ток ўтаётган ўтказгичга индукцияси B бўлган магнит майдони F куч билан таъсир қилади. Бу куч Ампер формуласи билан аниқланади: $F = BIl \sin \alpha$, бунда α — B ва I йўналишлари орасидаги бурчак. F нинг йўналиши чап қўл қондаси билан аниқланади.

Ўрта мактабда асосан $\alpha = 90^\circ$ бўлган ҳолга онд масалалар ечилади, демак, бу ерда $F = BI$ формуладан фойдаланилади.

Магнит майдони индукциясининг B вектори $\alpha = 90^\circ$ бўлган ҳолда ньютонларда ифодаланган F нинг амперларда ифода-ланган I ва метрларда ифодаланган l га нисбати сифатида аниқланади. B нинг ўлчов бирлиги тесла (тл) ёки $\text{н/а} \cdot \text{м}$.

Магнит майдони ҳаракатланувчи зарядга Лоренц кучи деб аталган куч билан таъсир этади. Ток ташувчи зарядини q би-лан, заряд ташувчилар концентрациясини n билан, уларнинг тезликларини v билан белгилаймиз, у ҳолда кўндаланг кесим юзи S бўлган ўтказгичда ток кучи $I = nqvS$ бўлади. Ампер қонунига асосан, $F = qv n S B \sin \alpha$. Агар F ни nSl га, яъни Sl ҳажмидаги ток ташувчиларнинг сонига бўлсак, у ҳолда битта ток ташувчига таъсир этувчи кучни, яъни Лоренц кучини топган бўламиз: $F_1 = qvB \sin \alpha$. Бу формулани соддароқ йўл билан ҳам ҳосил қилиш мумкин. $F_1 = \frac{F}{N}$, бунда N — зарралар сони, $F = BIl \sin \alpha$. I ни $I = \frac{Q}{t}$ кўринишида ифодалаш ҳам мум-кин, у ҳолда $F_1 = \frac{BQl \sin \alpha}{Nt}$ бўлади. Бироқ $\frac{Q}{N} = q$, $\frac{l}{t} = v$, яъни $F_1 = Bqv \sin \alpha$.

Зарядли зарра траекториясининг исталган нуқтасида F нинг йўналиши $\vec{v}$ ва $\vec{B}$ векторларга перпендикулярдир. Агар мус-бат заряд ҳаракатланаётган бўлса, куч йўналишини чап қўл қондасидан фойдаланиб топиш мумкин; манфий заряд ҳара-катланаётган ҳолда чап қўл қондасини қўллаб, I ток йўнали-шини зарраларнинг ҳаракат йўналишига тескари йўналишда олини керак бўлади.

Тоқларнинг магнит майдони $\vec{H}$ кучланганлик вектори би-лан характерланади. $\vec{H}$ кучланганлик билан магнит майдони-нинг $\vec{B}$ индукцияси ўзаро $\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$ кўринишда боғланган,

бунда μ_0 — вакуумнинг магнит доимийси бўлиб, $12,6 \cdot 10^{-7}$ в·сек/а·м ёки н/а² га тенг, μ_r — муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги (исмсиз катталик).

Узун тўғри ўтказгичдан I ток ўтганда магнит майдонининг кучланганлиги $H = \frac{I}{2\pi r}$ бўлади, бунда r — ўтказгичдан кучланганлик аниқланадиган нуқтагача бўлган энг қисқа масофа.

H векторнинг йўналиши парма қондаси билан аниқланади.

Ток кучи I бўлганда узунлиги l ва радиуси r бўлган ($r \ll l$) бир қатламли цилиндрик ғалтакнинг марказидаги магнит майдони кучланганлиги $H = NI$ формула билан аниқланади, бунда N — ғалтак узунлигининг ҳар метридаги ўрамлари сони.

H вектор йўналиши парма қондаси билан ҳам аниқланади.

Ўтказгич узун бўлганда индукция $B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r}$ бўлади. Ғалтак магнит майдонининг индукцияси $B = \mu_0 \mu_r NI$.

Иккита параллел токнинг ўзаро таъсир кучи $F_{12} = \mu_0 \mu_r \frac{I_1 I_2 l}{2\pi r}$ формула билан аниқланади, бунда I_1 ва I_2 — ўтказгичлардаги ток кучи, l эса F_{12} куч таъсир этадиган ўтказгичнинг узунлиги, r — ўтказгичлар орасидаги масофа.

Бир жиссли магнит майдони бўлган ҳолда индукция векторининг оқими $\Phi = BS \cos \alpha$, бунда S — ясси сиртнинг юзи, α бурчак — B индукция вектори билан S юзга ўтказилган нормал орасидаги бурчак.

Бошлаб VII синфдаги (14- боб) масалаларга ўхшаш сифатга оид оддий масалалар ишланади.

694. Агар ток A дан B га томон йўналган бўлса, ўтказгич остига қўйилган магнит стрелкаси (қ. 50- расм) қаёққа бурилади?

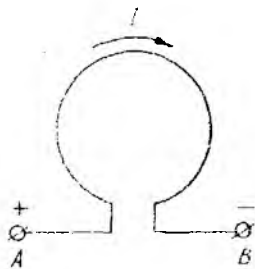
695. 200- расмда тасвирланган донравий токнинг магнит қутбларини аниқланг.

696. 201- расмда тасвирланган ток-ли ғалтакнинг шимолий ва жанубий қутбларини аниқланг.

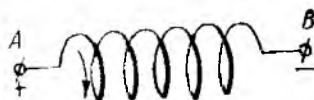
697. 202- расмдаги а, б, в, г ҳолларда кўрсатилган магнит майдонидаги ток-ли ўтказгичга таъсир этувчи куч йўналишини аниқланг.

698. Магнит майдонида (203- расм) ҳаракатланаётган протонга таъсир этувчи Лоренц кучи қандай йўналади? Электронга таъсир этувчи Лоренц кучи қандай йўналади?

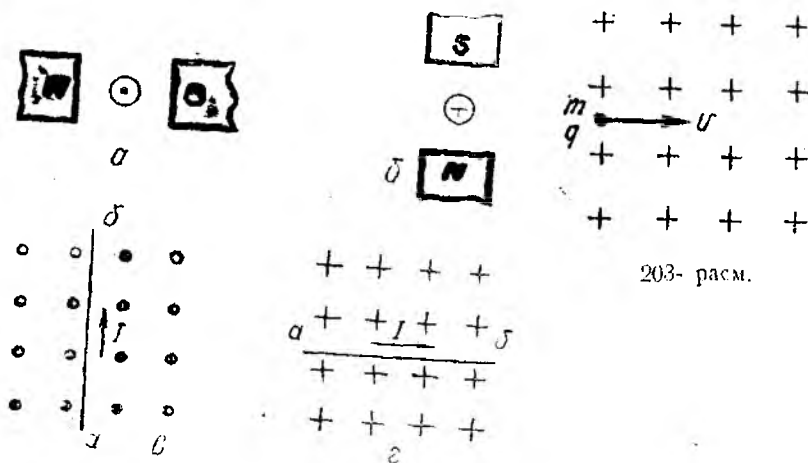
Сифатга оид 694–696- масалаларда парма қондаси қўлланилади. Маг-



200- расм.



201- расм.



202- расм.

нит стрелкаси (694- масала) H вектор йўналишида жойлашади, яъни жанубий қутби бизга қараб бурилади. 605- масалада токли ғалтак ичидаги куч чизиқлари биздан расм томонга боради, яъни шимолий қутб расм текислигининг орқасида бўлади. 696- масалада шимолий қутб ғалтакнинг ўнг томоннда, жанубий қутб эса чап томоннда жойланади.

697- ва 698- масалаларни ечганда чап қўл қондаси қўлланилади.

204- расмдаги a , b , $в$, $г$ ҳолларда 697- масалада эслатишган барча ҳолларга онд куч йўналиши кўрсатилган.

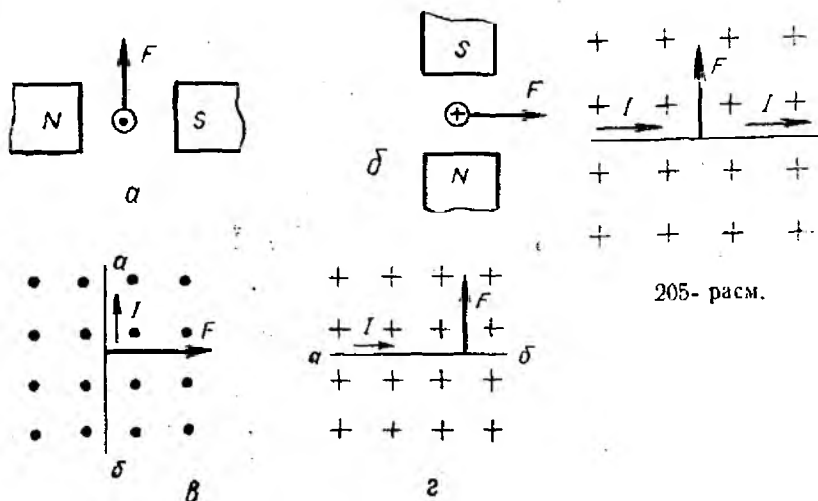
Ҳаракатланувчи протонга (698- масала) тик юқорига йўналган Лоренц кучи таъсир қилади. Бунда чап қўлнинг тўрт панжаси протон ҳаракати йўналишида ёйилади. Ҳаракатланувчи электронга тик пастга йўналган Лоренц кучи таъсир қилади. Чап қўлнинг тўрт панжаси энди электрон ҳаракатига қарама-қарши йўналишида ёйилади, чунки электрон заряди манфий бўлиб, унинг ҳаракати туфайли ҳосил бўлган ток тескари томонга йўналган.

Бундан кейин ҳисоблашга онд масалалар ечилади.

699. B индукция билан I ток орасидаги α бурчак: а) 90° ; б) 30° бўлганда индукцияси $B=1,3$ тл бўлган магнит майдонининг узунлиги $l=0,2$ м бўлган ва ўзидан $I=10$ а ток ўтаётган ўтказгичга таъсир этувчи F кучининг йўналиши ва миқдорини аниқланг.

Ечилиши. F кучининг йўналишини чап қўл қондаси билан (205- расм) топамиз. Куч катталигини Ампер формуласи билан аниқлаймиз: $F=BIl \sin \alpha$.

а) $\sin 90^\circ = 1$ бўлганда $F_a = BIl$ бўлади, ҳисоблаб $F_a \approx 2,6$ н эканини топамиз.



205- расм.

204- расм.

б) $F_0 = BIl \sin \alpha$. Бу формулага B, I ва l нинг сон қийматларини қўйиб ва $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ эканини ҳисобга олиб, $F_0 \approx 1,3 \text{ н}$ эканини топамиз.

✓ **700.** Ҳавода ўзидан $I = 20 \text{ а}$ ток ўтаётган тўғри ўтказгичдан $r = 0,1 \text{ м}$ масофада магнит майдони индукцияси нимага тенг бўлишини аниқланг.

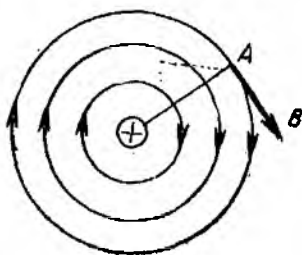
Ечилиши. Ҳаво учун тахминан $\mu_r = 1$ деб оламиз. B вектор йўналишини парма қондаси (206- расм) билан аниқлаймиз.

Индукция катталигини $B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{I}{2\pi r}$ формуладан топамиз. Бу формулага $\mu_0 = 12,6 \cdot 10^{-7} \frac{\text{вб} \cdot \text{сек}}{\text{а} \cdot \text{м}}$ (ёки $\text{н} \cdot \text{а}^2$), $\mu_r = 1$, $I = 20 \text{ а}$ ва $r = 0,1 \text{ м}$ қийматларни қўйиб, $B \approx 4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{н}}{\text{а} \cdot \text{м}}$ (тл) эканини топамиз.

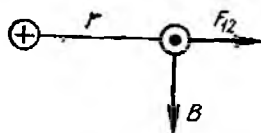
Агар μ_0 ни $\frac{\text{н}}{\text{а}^2}$ ҳисобида ўлчасак, бирликлар устида бажариладиган амаллардан $\frac{\text{н} \cdot \text{а}}{\text{а}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{н}}{\text{а} \cdot \text{м}}$ бў-

лади; μ_0 ни $\frac{\text{вб} \cdot \text{сек}}{\text{а} \cdot \text{м}}$ ҳисобида ўлчасак, $\frac{\text{вб} \cdot \text{сек} \cdot \text{а}}{\text{а} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{ж}}{\text{а} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{н} \cdot \text{м}}{\text{а} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{н}}{\text{а} \cdot \text{м}}$ ҳосил бўлади.

701. Агар ўтказгичлардаги ток $I = 100 \text{ а}$, улар орасидаги масофа $r = 2 \text{ м}$ бўлса, икки симли электр узатиш линиясининг ҳар бир метрига



206- расм.



207- расм.

тўғри келадиган ўзаро таъсир кучини (F_{12}) топинг.

Ечилиши. Электр узатиш линияси ҳавода бўлади, демак, $\mu_r \approx 1$. Параллел тоқларнинг ўзаро таъсир кучи $F_{12} = \mu_0 \mu_r \frac{I_1 I_2 l}{2\pi r}$.

Бироқ тоқлар қарама-қарши томонга йўналган. Симлардан бирига оид $\vec{B}$ нинг

йўналишини худди 700- масаладаги каби парма қондаси билан аниқлаймиз. F нинг йўналишини чап қўл қондаси билан аниқлаймиз. Бундай тоқларнинг ўзаро таъсири, 207- расмда кўрсатилгандек, уларнинг бир-биридан итарилишига олиб келади.

Кучнинг катталиги $F_{12} \approx 1 \cdot 10^{-3}$ Н.

Агар μ_0 ни $\frac{H}{A^2}$ ҳисобида ўлчасак, бирликлар устида бажариладиган амаллар $\frac{H \cdot A^2 \cdot M}{A^2 \cdot M} = H$ бўлади, агар μ_0 ни $\frac{B \cdot сек}{A \cdot M}$ ҳисобида ўлчасак, $\frac{B \cdot сек \cdot A^2 \cdot M}{A \cdot M \cdot M} = \frac{A \cdot B \cdot сек}{M} = \frac{Ж}{M} = \frac{H \cdot M}{M} = H$ бўлади.

702. Ўрамнинг кўидаланг кесим юзи $S = 200 \text{ см}^2$, узунлиги $L = 40 \text{ см}$ бўлган ғалтакда $n = 4000$ ўрам бор. Агар ғалтакдаги ток $I = 0,5 \text{ А}$ бўлса, унинг магнит майдони индукцияси нимага тенг бўлади? Ғалтакнинг ўзаги бўлмаган ва ғалтакка $\mu_r = 5500$ бўлган пўлат стержень киритилган ҳолларни кўриб чиқинг. Бу ҳолларда магнит оқими қандай бўлади?

Ечилиши. Ғалтак ичида магнит майдони ғалтакнинг ўқи бўйича йўналади. Бу майдоннинг $\vec{B}$ вектори йўналиши парма қондаси билан аниқланади (агар парма дастаси ғалтак ўрамларидаги ток йўналишида айлантирилса, парманинг нагарилама ҳаракати $\vec{B}$ нинг йўналишини кўрсатади).

Ғалтак ичидаги майдонни маълум аниқликда бир жиёсли майдон деб ҳисоблаш мумкин.

Магнит майдони индукциясининг катталиги $B = \mu_0 \mu_r N$ формула билан аниқланади, бунда N — ғалтакнинг узунлик бирлигига тўғри келган ўрамлари сони ($N = \frac{n}{L}$). Индукция векторининг оқими (Φ магнит оқими) эса $\Phi = B \cdot S \cos \alpha$ формула билан аниқланади. Бунда $\alpha = 0$ ва $\cos \alpha = 1$. Шунинг учун магнит оқимининг ифодаси соддалашади: $\Phi = B \cdot S$.

Ғалтакда магнит ўзаги бўлмаган биринчи ҳолда B ва Φ нинг юқорида кўрсатилган формулаларига қуйидаги сон қийматларни қўйиш керак: $\mu_0 = 12,6 \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$, $\mu_r \approx 1$, $N = \frac{n}{L} = \frac{4000}{0,4 \text{ м}} = 10000 \frac{1}{\text{м}}$, $I = 0,5 \text{ А}$ ва $S = 0,2 \text{ м}^2$.

Ҳисоблаб $B_1 \approx 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ тл}$, $\Phi_1 \approx 12,6 \cdot 10^{-5} \text{ вб}$ эканини топамиз. Бирликлар устида амаллар бажаришда $1 \text{ тл} = \frac{вб}{\text{м}^2}$ эканини ҳисобга олиш лозим.

Ғалтакка нисбий магнит сингдирувчанлиги $\mu_r = 5500$ бўлган ўзак киритилганда B индукция ва Φ магнит оқими биринчи ҳолдагига қараганда 5500 марта ортади. Ғалтакда магнит ўзаги бўлганда $B_2 \approx 34,6$ тл ва $\Phi \approx 0,7$ вб бўлади.

703. Пўлат ғўлада магнит индукцияси $B = 0,75$ тл. Тоқлар ҳосил қилган магнит майдонининг кучланганлиги $H = 1500$ а м. Пўлатнинг магнит сингдирувчанлигини аниқланг.

Ечилиши. $B = \mu_0 \mu_r H$. Нисбий магнит сингдирувчанлик $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} \approx 4 \cdot 10^2$. Ўлчов бирликлари устида амаллар бажариб, μ_r нинг исмсиз миқдор эканлигига осонгина ишонч ҳосил қилиш мумкин. B нинг ўлчов бирлиги н/а·м, H ники а/м, μ_0 ники $\frac{H}{a^2}$ эканини ҳисобга оламиз. У ҳолда μ_r нинг ўлчов бирлиги $\frac{H \cdot a^2 \cdot M}{a \cdot M \cdot H \cdot a}$ нисбатга, яъни 1 га тенг бўлади.

704. Электрон вакуумда индукцияси $B = 2$ тл бўлган бир жинсли магнит майдонига индукция чизиқларига перпендикуляр йўналишда $v = 10^5$ м/сек тезлик билан учиб киради. Электронга таъсир этувчи кучни ҳисоблаб топинг.

Ечилиши. Заряди e бўлган электронга таъсир этувчи Лоренц кучини $F_d = evB \sin \alpha$ формула билан аниқлаймиз. Масаланинг шартига кўра, $\alpha = 90^\circ$ ва $\sin \alpha = 1$. F_d нинг йўналишини чап қўл қондаси билан аниқлаймиз. Электрон заряди манфий бўлгани учун чап қўлни ёйилган тўрт панжа электрон ҳаракати йўналишига қарши бўладиган қилиб тутиш керак. $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ к, $B = 2$ тл (н/а·м) ва $v = 10^5$ м/сек ларни ўрнига қўйиб, $F_d = 3,2 \cdot 10^{-14}$ н эканини толамиз.

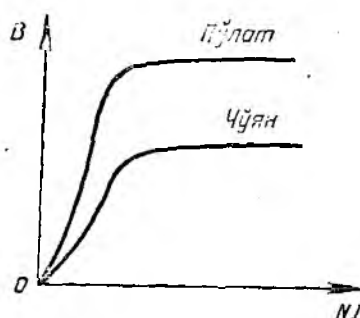
Бирликлар устидаги амаллар: $\frac{K \cdot H \cdot M}{сек \cdot a \cdot M} = \frac{a \cdot сек \cdot H \cdot M}{сек \cdot a \cdot M} = H$.

705. 208- расмда B индукциянинг ғалтак ичига пўлат ва чўян ўзақлар қўйилган ҳолда ғалтакнинг ампер-ўрамлар сонига боғланиш графиги кўрсатилган.

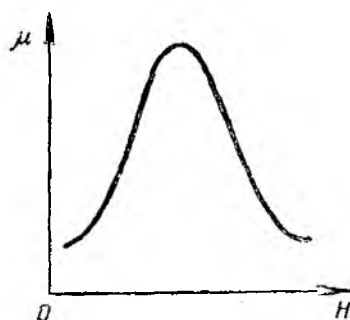
Ечилиши. Ғалтакда кучланганлик $H = NI$. Шундай қилиб, B нинг NI ампер-ўрамлар сонига боғланиш графиги аслида B нинг H га боғланиш графигидир. $\mu = \mu_0 \mu_r = \frac{B}{H}$. H нинг бирор қийматини ва B нинг пўлат ва чўянга онд унга мос қийматларини олиб, пўлатнинг μ си чўянинг μ сидан катта экан деган хулосага келамиз.

✓ **706.** Ферромагнетик учун B индукциянинг H кучланганликка боғланиш графигига қараб μ нинг H га боғланиш графигини чизинг.

Ечилиши. Агар $\mu = \text{const}$ бўлганда эди, у ҳолда B нинг H га ($B = \mu H$) боғланиш графиги тўғри чизиқ бўлар эди. 208- расмдан кўринишича, B нинг H га боғланиши чизиқли боғланиш эмас. Демак, $\mu \neq \text{const}$. μ нинг ўзгариш характерини аниқлаймиз. Бошлаб H нинг ортиши билан B анча тез ортади. Магнит сингдирувчанлик бу соҳада ортади. Бироқ бундан ке-



208- расм.



209- расм.

йин B нинг ортиши камаядиган соҳа келади ва бу соҳада B нинг графиги деярли H ўққа параллел кетади. Бу соҳада B ни тахминан $B = \text{const}$ деб ҳисоблаш мумкин. Бироқ H нинг ортиб боришида B ўзгармас бўлиши учун μ камаядиган бўлиши керак ($B = \mu H$). μ нинг H га боғланишининг умумий характери аниқ: бошлаб μ ортади, максимумга эришади, сўнгра камайиб боради (209- расм).

μ нинг H га боғланиш графигини аниқроқ чизиш учун B нинг H га боғланиш графигида (208- расм) H нинг баъзи қийматларини олиб, B нинг уларга мувофиқ келувчи қийматларини топиш, ундан сўнг $\mu = \frac{B}{H}$ нисбатини ҳисоблаб топиш керак. μ ва H ўқларида H нинг танлаб олинган қийматларига ва μ нинг ҳисоблаб топилган қийматларига мос келувчи нуқталар яшаш керак бўлади. Агар бу нуқталар силлиқ эгри чизиқ билан туташтирилса график ҳосил бўлади.

707*. Потенциаллар фарқи 1000 в бўлган электр майдонида ҳаракатланиши натижасида тезлик олган электрон вакуумда индукцияси $B = 0,2$ тл бўлган бир жинсли магнит майдонига индукция чизиқларига перпендикуляр ҳолда учиб киради. Электрон ҳаракатланадиган айлананинг радиусини аниқланг.

Ечилиши. Магнит майдонида v тезлик билан ҳаракатланувчи электронга $F_d = evB \sin \alpha$ Лоренц кучи таъсир қилади. $\alpha = 90^\circ$ бўлганда $\sin \alpha = 1$. F_d куч v га тик йўналгани учун F_d куч марказга ниятилма куч бўлади. Демак, электрон радиуси R бўлган айлана бўйлаб ҳаракатланади, $F_d = \frac{mv^2}{R}$ бўлади. Электр майдонида электрон тезлигини 0 дан бошлаб v гача ортирганда v тезликка эришади. v тезлиkning охириги қийматини энергиянинг сақланиш қонунидан топамиз, бунда электроннинг бошланғич тезлиги нолга тенг деб ҳисоблаймиз. Энергиянинг сақланиш қонунига му-

вофик, электрон кинетик энергиясининг $\frac{mv^2}{2}$ ўзгаришини электр майдони кучларининг бажарган eU ишига тенглаштирамиз. $\frac{mv^2}{2} = eU$ тенгламадан $v = \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot U}$ ни аниқлаймиз. Бундан ташқари, $\frac{mv^2}{R} = eVB$ деб ҳам ёза оламиз. Бу тенгламага v нинг $v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U}$ қийматини қўйиб, уни R га нисбатан ечиб, $R = \frac{1}{B} \cdot 2 \cdot \frac{m}{e} \cdot U$ эканини топамиз. $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ к эканлиги маълум. Ҳисоблаб $R \approx 5 \cdot 10^{-4}$ м эканини топамиз.

2. Электромагнитик индукция

VII синфда электромагнитик индукция ҳодисаси ҳақида бошланғич маълумотлар берилади, лекин уларнинг барчаси сифат томондан қаралади. IX синфда бу ҳодиса миқдор жиҳатидан ўрганилади: индукция э. ю. к. нинг магнит оқими ўзгаришининг тезлигига боғлиқлиги ўрганилади, магнит майдонида ҳаракатланадиган тўғри ўтказгичда ҳосил бўладиган индукцион э. ю. к. магнит оқими ҳисобланади ва ҳоказо. Бунда юқорида кўрсатиб ўтилган боғланишларга оид масалалар ечилиши табиийдир. Бироқ бу масалалар — бирор формулалар билан ифодаланган боғланишларнинг физик маъносини ўқувчиларга тушунишга ёрдам берувчи соддагина масалалардир.

Агар VII синфда ўқувчилар индукцион ток йўналишини аниқлаш учун фақат ўнг қўл қондасини ишлатган бўлсалар, IX синфда эса улар Ленц қондаси билан ишлашни ҳам ўрганишлари керак.

Бундан олдинги мавзудаги сингари, бунда ҳам физик катталикларнинг ўлчов бирликлари устида бажариладиган амалларга катта эътибор бериш керак.

Бирор контур билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқими ўзгартирилганда бу контурда E индукция электр юритувчи кучи ҳосил бўлади, ёпиқ контурда эса, индукцион ток ҳосил бўлади. Индукцион э. ю. к. катталиги $E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ формуладан топилади, бунда $\Delta \Phi$ — магнит оқимининг ўзгариши, Δt — бу ўзгаришга кетган вақт ораллиги. Формуладаги минус ишора математик жиҳатдан индукцион ток йўналишини ҳисобга олади. Формулага сонларни қўйиб ҳисоблашда ундаги минус ишора одатда тушириб қолдирилади.

n ўрамдан иборат бўлган ғалтакдаги индукцион э. ю. к. $E = - n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ бўлади. Φ магнит оқими вебер ҳисобида, E

электромагнитик индукция э. ю. к. эса вольт ҳисобида ўлчанади.

Φ магнит оқими B магнит индукцияси ўзгариши натижа-сида ҳам, контурнинг S юзи ва B вектор билан S юзага ўтказилган нормал орасидаги α бурчак ўзгариши натижасида ҳам ўзгариши мумкин. Оқим $\Phi = BS \cos \alpha$ формула билан ифодаланади.

S юз ва B индукция ўзгармас бўлиб, α бурчак ўзгарганда Φ оқим ўзгаради.

Масала ишлангандаги асосий қийинчилик магнит оқими ўзгаришини аниқлашдан, унинг ўзгариш сабабини билишдан, магнит оқими ўрганилаётган контурни аниқлашдан иборат. Буларнинг барчаси конкрет масалалар ишланганда тушунтириб берилади.

Ўзгармас B индукцияли магнит майдонида v тезлик билан текис ҳаракатланувчи l узунликдаги тўғри ўтказгичда ҳосил бўладиган индукцион э. ю. к. ни ҳисоблашга оид масалалар ҳам ишланади (210- расм). Бунда магнит оқимининг ўзгариши сифатида $S = lv \Delta t$ юздан ўтувчи оқим олинади. Оқим $\Phi = BS \cdot \cos \alpha = Blv \cdot \Delta t \cos \alpha$, лекин $E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - Blv \cos \alpha$, бунда α бурчак B вектор билан S юзга ўтказилган нормал орасидаги бурчак. Шунингдек, B ва v векторлар орасидаги β бурчакдан ҳам фойдаланиш мумкин. Бу ҳолда формула $E = - Blv \sin \beta$ кўринишини олади.

Баъзи масалаларда индукцион ток йўналишини ўнг қўл қондаси билан аниқлаш мумкин. Ленц қондаси умумийроқ бўлиб, унинг мазмунини қуйидагича: индукцион ток шундай йўналадик, унинг магнит майдони бу токни юзага келтирувчи магнит оқимининг ўзгаришига тўсқинлик қилади. Ўнг қўл қондасини қўллаш қийин бўлган ҳолларда Ленц қондасидан фойдаланилади.

Контурдаги ток ўзгартирилганда бу контур билан боғлиқ бўлган магнит оқими ўзгаради ва ўзиндукция э. ю. к. ҳосил бўлади. Ўрамларидан I ток ўтаётган ғалтакни кесиб ўтаётган Φ магнит оқими $\Phi = LI$ формула билан аниқланади, бунда L — ғалтакнинг ўрамлари сонига, шаклига, ўлчамларига, шунингдек унинг ичидаги муҳитга боғлиқ бўлган ўзиндукция коэффициентидир.

Агар ғалтакнинг контури ва ундаги муҳит ўзгармасдан, фақатгина ток ўзгарса, у ҳолда ғалтакдаги ўзиндукция э. ю. к. $E_L = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ бўлади, бунда ΔI — ток ўзгариши, Δt — бу ўзгаришга кетган вақт оралиғи. Мактабда фақат бу формула қўлланилади ва $L \neq \text{const}$ бўлган ҳолга оид миқдорий масалалар ишланмайди. Ўзиндукция э. ю. к. вольт ҳисобида, L ўзиндукция коэффициенти генри ($\frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{а}}$ ёки $\text{о.м} \cdot \text{сек}$) ҳисобида ўлчанади.

Ўзидан I ток ўтаётган Δ индуктивлик ғалтагининг магнит майдони энергияси исботсиз берилиши мумкин бўлган $W = \frac{LI^2}{2}$ формула билан аниқланади.

Аввало сифатга оид масалалар ечиш керак, буларда ўнг қўл ва Ленц қоидаларини қўлаш юзасидан малака оширилади.

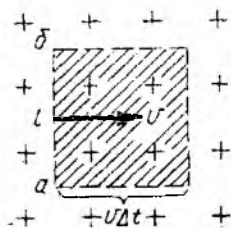
708. Магнит майдонининг индукция чизиқларига перпендикуляр йўналишда (қ. 210- расм) ва индукция чизиги бўйлаб ҳаракатланганда ab тўғри ўтказгичдаги индукцион токнинг йўналишини ва э. ю. к. катталигини аниқланг.

Ечилиши. Биринчи ҳолда ўнг қўл қоидаcига асосан, индукцион ток a дан b га йўналган бўлиб, энг катта қийматга эга, чунки $E = -Blv \sin \beta$, $\beta = \frac{\pi}{2}$, яъни $\sin \beta = 1$. Занжир уланганда ток ҳосил бўлади. Иккинчи ҳолда $\beta = 0$, $\sin \beta = 0$ ва $E = 0$. Бунда индукцион ток бўлмайди.

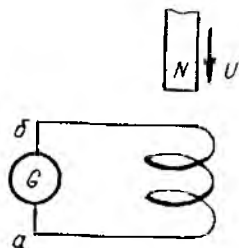
709 (э). Гальванометрга уланган ғалтакка 211- расмда кўрсатилгандек қилиб доимий магнит яқинлаштирилади. Ғалтакда ҳосил бўлган индукцион ток йўналишини аниқланг. Жавобини тажрибада текшириб кўринг.

Ечилиши. Ленц қоидаcига мувофиқ, ғалтакдаги индукцион ток шундай йўналадики, унинг магнит майдони магнитни яқинлаштиришга тўсқинлик қилади. Демак, ғалтакнинг юқориги учида шимолий магнит қутби ҳосил бўлиши керак. Ғалтакка остидан қаралганда ғалтак ўрамларида ток соат стрелкаси бўйича йўналишини парма қоидаcидан фойдаланиб аниқлаймиз. Жавобнинг тўғрилигига гальванометрнинг кўрсатишига қараб ишонч ҳосил қиламиз. Ток a дан b га томон ўтганда бу гальванометр стрелкасининг қаёққа қараб огиши олдин аниқлаб қўйилган.

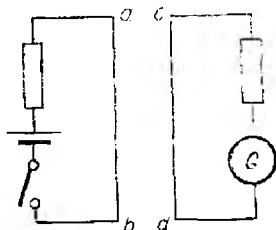
710. Агар ab ўтказгичли занжир берк бўлса (212- расм),



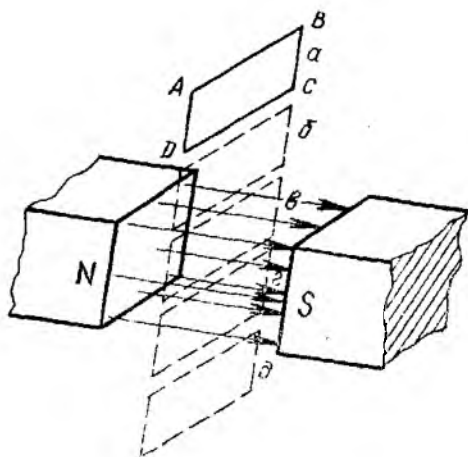
210- расм.



211- расм.



212- расм.



213- расм.

cd ўтказгичдаги ток қандай йўналишга эга бўлади? Занжир узилса-чи? Агар *ab* ўтказгичдаги ток орттирилса-чи? Камайтирилса-чи?

Ечилиши. *ab* ўтказгичли занжир берк бўлганда *a* дан *b* га йўналган ток ҳосил бўлади ва ўтказгич атрофида магнит майдони ҳосил бўлади. Ленц қондасига асосан, қўшни ўтказгичда индукция вектори тескари йўналган магнит майдони ҳосил бўлиши учун ток *d* дан *c* га томон ўтиши керак. *ab* ўтказгичли

занжирда токни оширган ҳолда ҳам худди шундай бўлади. *ab* ўтказгичли занжир узилганда ёки ундан ўтувчи ток камайтирилганда *cd* ўтказгичда *c* дан *d* га йўналган индукцион ток ҳосил бўлади.

711. Тўғри бурчакли *ABCD* сим рамка (213- расм) доимий магнитнинг қутблари орасида вертикал ҳолда пастга ҳаракатланади. Рамка ҳаракатланиб, *a*, *b*, *c*, *e* ва *d* ҳолатларни эгаллаганда унда ҳосил бўладиган индукцион токнинг йўналишини аниқланг.

Ечилиши. Магнитнинг қутблари орасидаги магнит майдонини бир жинсли майдон ($B = \text{const}$) деб ҳисоблаймиз. Агар Ернинг магнит майдони ҳисобга олинмаса, магнит қутблари орасидаги жойдан ташқарида $B = 0$ бўлади. Юзи $S = \text{const}$ бўлган рамканинг *a* ва *d* ҳолатида рамкада индукцион ток йўқ, чунки $B = 0$. *B* ҳолатда ҳам ток йўқ, чунки $\Phi = BS = \text{const}$, $\Delta\Phi = 0$. Φ магнит оқими ўзгаришидагина, яъни рамка магнит майдонига кирганда ва ундан чиққанда (*b* ва *e* ҳолатлар) индукцион ток ҳосил бўлади.

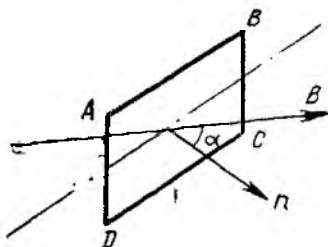
b ҳолатнинг яқинида рамка контурини кесиб ўтувчи магнит оқими ортиб боради, шунинг учун рамкада ҳосил бўлган ток *A* дан *B* га ва *C* дан *D* га қараб оқиши керак. Бунда рамкадаги индукцион ток ҳосил қилган магнит оқими рамка орқали ўтувчи асосий магнит оқимининг ортишига тўсқинлик қилади. Бундай хулосага ўнг қўл қондасини қўллаш орқали ҳам эришиш мумкин эди, у ҳолда бу қондани магнит қутблари орасига ҳали кирмаган *AB* ўтказгичга эмас, балки *DC* ўтказгичга қўллаш керак.

e ҳолат яқинида ток контурда *B* дан *A* га ва *D* дан *C* га қараб оқишини шу йўл билан топамиз.

712. Узунлиги $l = 0,5$ м бўлган тўғри ўтказгич магнит майдонида B индукция векторига $\beta = 30^\circ$ бурчак остида $v = 6$ м/сек тезлик билан ҳаракатланади. Агар ўтказгичда $E = 3$ в электромагнитик индукция э. ю. к. ҳосил бўлса, магнит майдонининг индукцияси нимага тенг бўлади?

Ечилиши. $E = -Blv \sin \beta$. Ҳисоблашда минус ишорани тушириб қолдириш мумкин. Изланаётган кат-

талиқ $B = \frac{E}{lv \sin \beta}$, яъни $B = \frac{3 \text{ в}}{0,5 \text{ м} \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot \frac{1}{2}} = 2 \frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2} (\text{тл})$.



214- расм.

713. Томони $a = 10$ см бўлган квадрат рамка индукцияси $B = 0,1$ тл бўлган бир жишли магнит майдонида қарама-қарши томонларининг ўртасидан ўтувчи ўқ атрофида 60 сек^{-1} бурчак тезлик билан айланади. Агар B вектор рамка ўқига перпендикуляр бўлса, рамкадаги индукция э. ю. к. нинг максимал қиймати қандай бўлади (214- расм)?

Ечилиши. 1- усул. Рамкани кесиб ўтувчи магнит оқими $\Phi = BS \cos \alpha$ формула билан аниқланади. Бир текис айлан-тирилганда рамканинг бурилиш бурчаги $\alpha = \omega t$. Кичик Δt вақт оралиғида рамка $\Delta \alpha = \omega \Delta t$ бурчакка бурилади.

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ ва } \Delta \Phi = \Phi_1 - \Phi_2,$$

бунда Φ_1 оқим $-t_1 = t$ пайтдаги оқим, Φ_2 эса $t_2 = t + \Delta t$ пайтдаги оқим.

Бироқ $\Phi_1 = BS \cos \alpha = BS \cos \omega t$ ва $\Phi_2 = BS \cdot \cos(\alpha + \Delta \alpha) = BS \cdot \cos \omega(t + \Delta t)$; У ҳолда

$$E = - \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Delta t} = - \frac{BS \cdot \cos \omega t - BS \cos \omega(t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{BS [\cos \omega t - \cos \omega(t + \Delta t)]}{\Delta t}.$$

$\cos \omega t - \cos \omega(t + \Delta t)$ айирмани $2 \sin \omega \left(t + \frac{\Delta t}{2} \right) \cdot \sin \frac{\omega \Delta t}{2}$ кўпайт-мага айлантирамиз. Жуда кичик бурчаклар учун $\sin \omega \frac{\Delta t}{2} \approx \omega \frac{\Delta t}{2}$; $\Delta t \rightarrow 0$ ҳол учун эса $\sin \omega \left(t + \frac{\Delta t}{2} \right) \approx \sin \omega t$. Илҳоят,

$$E = - \frac{2BS \omega \Delta t \sin \omega t}{2\Delta t} = -BS \omega \sin \omega t.$$

Аслида бу ерда элементар йўл билан дифференциаллаш амали бажарилган. Агар масалани тригонометрик функциялардан ҳосила олишга таниш бўлган ўқувчилар ечадиган бўл-са, у ҳолда тўғридан-тўғри

$$\Phi = BS \cos \omega t \text{ ва } E = -\frac{d\Phi}{dt} = -BS \omega \sin \omega t$$

деб ёзиш керак. $\sin \omega t = 1$ бўлганда E максимал бўлади, яъни $E_{\text{макс}} = -BS \omega$.

$E_{\text{макс}} = 0,1 \text{ тл} \cdot 0,01 \text{ м}^2 \cdot 60 \frac{1}{\text{сек}} = 0,06 \text{ в}$ эканини осон ҳисоблаб топиш мумкин.

Бирликлар устида амаллар бажаришда

$$1 \text{ тл} = 1 \frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$$

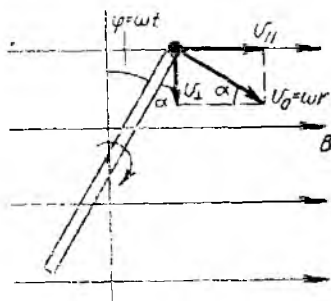
эканини ҳисобга олиш керак.

$\alpha = \omega t = 0, \pi, 2\pi, \dots$ бўлганда, яъни $\alpha = 2n \frac{\pi}{2}$ бўлганда $E = 0$ бўлади.

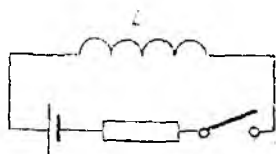
$\alpha = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi$ бўлганда, яъни $\alpha = (2n+1) \frac{\pi}{2}$ бўлганда $E = E_{\text{макс}}$ бўлади. $\alpha = 2n \frac{\pi}{2}$ бўлганда Φ оқимнинг қиймати максимум бўлади, $\alpha = (2n+1) \frac{\pi}{2}$ бўлганда эса нолга тенг бўлади.

2- усул. Рамка айлантирилганда э. ю. к. фақатгина AB ва CD томонларда ҳосил бўлади. Рамканинг бу томонларида ҳосил бўлаётган э. ю. к. ларнинг бир-бири билан қўшилиши муҳим ҳисобланади. $E = Blv \sin \beta$ экани маълум. Бу ҳолда $l = 2a$, $v = \omega \frac{a}{2}$, $\beta = \omega t$. Натижада

$$E = 2aB \omega \frac{a}{2} \sin \omega t = Ba^2 \omega \sin \omega t = B \cdot S \cdot \sin \omega t,$$



215- расм.



216- расм.

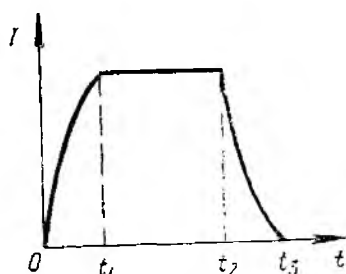
чунки

$$S = a^2.$$

3- усул. 215- расмда айланувчи рамка ён томондан кўрсатилган. $E = 2E_1$, бунда E_1 — рамканинг $l = a$ узунликдаги томонида ҳосил бўлган э. ю. к.; E_1 ни $v_{\perp}$ орқали ифодалаймиз, $v_{\perp} = v_0 \cdot \sin \omega t$, $v_0 = \omega r$, бунда $r = \frac{a}{2}$. Шунинг учун $E_1 = Blv_{\perp} = Bl \omega r \sin \omega t$. $E = 2E_1 = 2B \omega l r \sin \omega t = B \omega S \sin \omega t$, чунки $2lr = S$. $S = 2lr = 2a \cdot \frac{a}{2} = a^2$ эканини текшириб кўриш осон.

714. Схемаси 216- расмда тасвирланган занжир уланган ва узилганида ундаги ток қандай ўзгаради?

Ечилиши. Агар занжирда индуктивлик бўлмаганда эди, ток ўзининг максимал $I = \frac{E}{R+r}$ қийматигача ортиб бориб, бир онда нолгача камайган бўлар эди. Ҳақиқатда эса ток максимумга t_1 вақт давомида (217- расм) аста-секин эришади ва аста-секин камайиб бориб, t_2 дан t_3 гача бўлган вақт оралигида нолгача камайди. Бундай бўлишига ғалтакда $E_L = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$ ўзиндукция э. ю. к.



217- расм.

нинг ҳосил бўлиши сабаб бўлади. Натижада ток манбанинг э. ю. к. гагина эмас, балки индукция э. ю. к. га ҳам борлиқ бўлади. E_L ҳосил қилган индукцион ток занжир уланганда манба ҳосил қилган токка қарама-қарши, занжир узилганда эса манба ҳосил қилган ток билан бир хил йўналишда бўлади.

715. Агар занжирдаги ток 0,1 сек давомида 5 а дан 10 а гача аста-секин ўзгартирилганда 20 в га тенг ўзиндукция э. ю. к. ҳосил бўлган бўлса, ғалтакнинг индуктивлиги қандай бўлган?

Ечилиши. Ўзиндукция э. ю. к. $E = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$. Масалани ечишда минус ишорани ҳисобга олмаса ҳам бўлади. $L = \frac{E\Delta t}{\Delta I}$. Масаланинг шарида берилган сон қийматларни ўрнига қўйиб, $L = \frac{20 \text{ в} \cdot 0,1 \text{ сек}}{5 \text{ а}} = 0,4 \frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{а}}$ (гн) эканини топамиз.

716. Индуктивлиги $L = 0,5 \text{ гн}$ бўлган ғалтакдан $I = 2\text{ а}$ ток ўтганда ҳосил бўлган магнит майдони энергиясини ҳисоблаб тонинг.

Ечилиши. Токли ғалтакнинг магнит майдони энергияси

$$W = \frac{LI^2}{2}, \text{ яъни } W = \frac{0,5 \text{ гн} \cdot 4 \text{ а}^2}{2} = 1 \text{ жс.}$$

Бирликлар устида бажариладиган амаллар:

$$1 \text{ гн} \cdot \text{а}^2 = 1 \text{ ом} \cdot \text{сек} \cdot \text{а}^2 = 1 \frac{\text{в} \cdot \text{сек} \cdot \text{а}^2}{\text{а}} = 1 \text{ а} \cdot \text{в} \cdot \text{сек} = 1 \text{ жс.}$$

29- БОБ

ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

Бу бобда вакуумда бўладиган электрон ҳодисалар, электролит ва газларда ток, шунингдек, ярим ўтказгичларнинг электр хоссалари ҳақидаги масалалар тўпланган. Газларда электр токи ва ярим ўтказгичларнинг электр хоссалари ўрта мактабда сифат томонидан ўрганилади. Бу соҳа юзасидан фақатгина сифатга оид масалалар ечилиши табиийдир. Электролиз ва заряд-

ли зарраларнинг вакуумдаги ҳаракатига оид ҳисоблаш масалалари ҳам ишланади. Электр ва магнит майдонларида зарядли зарраларнинг ҳаракатига оид масалалар ечилганда моддий нуқта кинематикаси ва динамикаси қонуниларидан фойдаланилади.

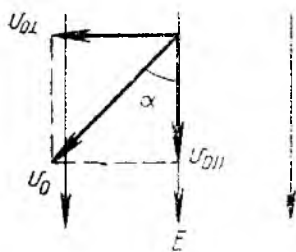
1. Вакуумда электр токи

Тайинли бир металл учун электроннинг $A_{\text{чик}}$ чиқиш ишини билган ҳолда тезлигининг металлдан электронлар чиқиб кетишини таъминловчи v_n нормал ташкил этувчиси қийматини аниқлаш мумкин. Бу ҳолда электроннинг кинетик энергияси $\frac{mv_n^2}{2} > A_{\text{чик}}$, бундан $v_n = \sqrt{\frac{2A_{\text{чик}}}{m}}$, бунда m — электроннинг массаси.

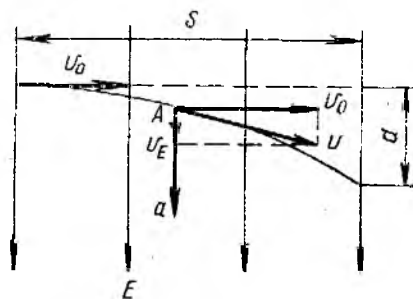
t вақт ичида катоддан кетувчи q зарядни $q = e n t$ формуладан топиш мумкин, n — бир секундда кетувчи электронлар сони, e — электрон заряди.

Бир жинсли электр майдонида электрон ҳаракатини умумий ҳолда қараб чиқамиз.

Электроннинг бошланғич тезлиги $\vec{v}_0$ бўлиб (218- расм), бу тезлик $\vec{E}$ кучланганлик билан α бурчак ҳосил қилсин, деб фараз қилайлик. $\vec{v}_0$ ни иккита ташкил этувчига ажратамиз: $\vec{v}_{0\perp}$ — $\vec{E}$ га тик, $\vec{v}_{0\parallel}$ — $\vec{E}$ билан бир хил йўналишда бўлсин. $\vec{E}$ га тик бўлган тезлик ўзгармайди, яъни бу йўналишда электрон $\vec{v}_{0\perp}$ тезлик билан текис (инерцияси бўйича) ҳаракатланади. Электроннинг тезлиги $\vec{E}$ йўналиш бўйича ўзгаради, чунки электрон $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e\vec{E}}{m}$ тезланиш олади. Электроннинг тезлиги $\vec{v}_{\parallel} = \vec{v}_{0\parallel} + \vec{a}t = \vec{v}_{0\parallel} + \frac{e\vec{E}}{m}t$, бунда t — электроннинг электр



218- расм.



219- расм.

майдонида ҳаракатланиш вақти. Исталган пайтда электрон тезлигининг вектори $\vec{v} = \vec{v}_{0\perp} + \vec{v}_{\parallel}$ геометрик йиғиндини ифодалайди.

IX сифда асосан икки ҳол қаралади.

а) Электроннинг бошланғич тезлиги $\vec{v}_0$ тезлиги $\vec{E}$ кучланганлик вектори бўйлаб йўналган, яъни $\alpha = 0$. У ҳолда электрон электр майдонининг кучланганлик чизиқлари бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат қилади, унинг $\vec{v}$ тезлиги ва $W = \frac{mv^2}{2}$ энергияси доимо ортиб боради. v_0 тезлик полга тенг бўлиши ҳам мумкин.

б) Электроннинг бошланғич тезлиги $\vec{E}$ векторга перпендикуляр, яъни $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Бу ҳолда электрон мураккаб ҳаракат қилади:

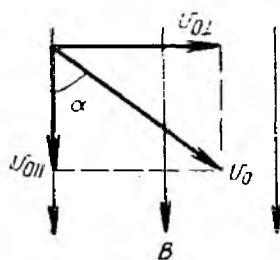
$\vec{v}_0$ йўналишида инерция бўйича текис ҳаракат ва $\vec{E}$ йўналишида бошланғич тезликсиз текис тезланувчан ҳаракат қилади. Бу ҳаракат траекторияси парабола бўлади (219- расм).

Масалан, А нуқтада электрон $\vec{v}_0$ ва $\vec{v}_E$ тезликларга эга. $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_E$ тезлик вектори траекторияга ўтказилган уринма бўйича йўналган.

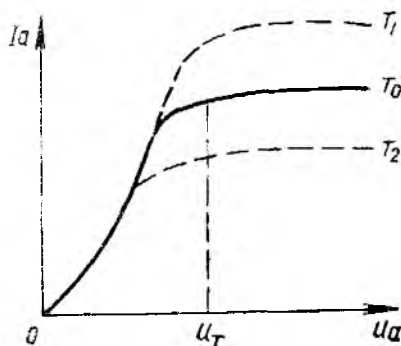
$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e\vec{E}}{m}$ тезланиш вектори $\vec{E}$ вектор билан бир хил йўналади.

Электроннинг ҳаракат вақти $t = \frac{s}{v_0}$, бунда s — электроннинг $\vec{E}$ га перпендикуляр йўналишда босган йўли. Ўша t вақт ичида $\vec{E}$ йўналишдаги кўчиш қуйидагига тенг:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{eEs^2}{2mv_0^2}.$$



220- расм.



221- расм.

Бу ҳолда электроннинг ҳаракати оғирлик кучи майдонида горизонтал ташланган жисмнинг ҳаракатига ўхшайди. Биз электроннинг оғирлик кучи таъсирини ҳисобга олмаганлигимизнинг ҳеч аҳамияти йўқлигини қайд қилиб ўтамиз, чунки одатда $mg \ll eE$ бўлади.

Магнит майдонида электрон ҳаракатланганда F_L Лоренц кучининг таъсирини ҳисобга олиш керак. Бир жинсли магнит майдонининг индукцияси $\vec{B}$ бўлсин, электрон эса $\vec{B}$ билан α бурчак ҳосил қилувчи $\vec{v}_0$ тезликка эга бўлсин (220- расм), деб фараз қилайлик. У ҳолда $F_L = eBv_0 \sin \alpha$ бўлиб, унинг йўналиши чап қўл қондаси билан аниқланади. Бунда электронлар оқимиغا эквивалент бўлган ток йўналиши электронлар ҳаракати йўналишига қарама-қарши эканлигини ҳисобга олиш керак.

Агар $\alpha = \frac{\pi}{2}$ бўлса, электрон айлана бўйлаб ҳаракатланади, чунки Лоренц кучи доимо $\vec{v}_0$ га перпендикуляр бўлиб, марказга интилма куч бўлади. Агар $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ бўлса, электрон винт чизиги бўйлаб ҳаракатланади. Бу ҳаракатни $\vec{B}$ га нормал бўлган текисликдаги айлана бўйлаб бўлаётган текис ҳаракатдан ва $\vec{B}$ вектор йўналишида $\vec{v}_{0\parallel}$ тезлик билан бўлаётган текис ҳаракатдан иборат деб қараш мумкин.

Ўрта мактабда масала ечишда $\alpha = \frac{\pi}{2}$ бўлган ҳол, яъни электроннинг (ёки зарядли бошқа зарранинг) айлана бўйлаб қиладиган ҳаракати билан чегараланиш мумкин. Бир вақтда таъсир этувчи электр ва магнит майдонларидаги зарраларнинг ҳаракати масалаларда кўрилмайди.

Бу темага оид масалаларни қуйидаги тартибда ишлаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади:

1) Термоэлектрон эмиссияси ҳодисаси. Электроннинг чиқиш иши. Диод.

2) $\vec{v}_0 = 0$ ёки $\vec{v}_0 \neq 0$ бўлиб, ҳаракат $\vec{E}$ вектор йўналиши билан бир хил бўлган ҳолда бир жинсли электр майдонидаги зарраларнинг ҳаракати.

3) Электростатик усулда бошқариладиган электрон-нур трубкаси. $\vec{E}$ га нормал бўлган $\vec{v}_0$ бошланғич тезликли зарядли зарраларнинг электр майдонида ҳаракати. Магнит усулида бошқариладиган электрон-нур трубкаси.

$\vec{v}_0$ тезлик $\vec{E}$ ва $\vec{B}$ векторлар билан бирор $\alpha \neq 0$ ёки $\frac{\pi}{2}$ бурчак ташкил қилган масалалар қийин масалалар ҳисобланади.

717. Вольфрам толадан электроннинг чиқиш иши $A_{\text{чик}} =$

— 4,5 эв. Катоддан учиб чиқаётган электронлар қандай минимал тезликка эга бўлиши керак?

Ечилиши. Катод сиртига нормал бўйлаб йўналган минимал тезлики v_n деб белгилаб, қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{mv_n^2}{2} = A_{\text{чик}}; \quad v_n = \sqrt{\frac{2A_{\text{чик}}}{m}}.$$

СИ системасида $1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}$, электроннинг массаси $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Сон қийматларни қўйиб, v_n ни топамиз:

$$v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 1,3 \cdot 10^6 \text{ м/сек.}$$

Бирликлар устида амаллар бажаришда $1 \text{ ж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м}$, $1 \text{ н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}^2}$ эканини ҳисобга олиш керак.

718. Чўғланиш толасининг T_0 температураси ўзгармас бўлган ҳолда диоддаги I_a анод токининг анод билан катод ўртасидаги U_a кучланишга боғланиши 221- расмда туташи эгри чизиқ билан тасвирланган. Қуйидаги саволларга жавоб беринг: а) Бу ҳол учун Ом қонуни ўринлими? б) Нима учун U_a нинг бирор $U_a > U_T$ қийматида график U_a ўққа параллел бўлади? в) Чўғланиш толасининг температураси юқорироқ (пастроқ) бўлганда диод характеристикаси қандай ўзгаради?

Ечилиши. а) I_a анод токининг U_a га боғланиши чизиқли эмас. Демак, бу ерда Ом қонуни ўринли эмас.

б) $U_a > U_T$ да ток тўйиниш ҳолатига эришади: $I_T = \text{const}$. Бунда катоддан ажралган барча электронлар электр майдони таъсири остида анодга етиб келади. Лампадаги ток катталиги катод эмиссияси туфайли чегараланган.

в) Катод температураси ўзгарганда электронларнинг эмиссияси ҳам ўзгаради. Катод температураси кўтарилганда ($T_1 > T_0$) электронлар эмиссияси ортади ва тўйиниш токи катталанади. Катод температураси пасайтирилганда ($T_2 < T_0$) эмиссия ва тўйиниш токи камаяди. 221- расмда $T_1 > T_0$ ва $T_2 < T_0$ ҳоллар учун диод характеристикаси нуқтир чизиқлар билан тасвирланган.

719. Тўйиниш токи $I_T = 10 \text{ ма}$ бўлганда катод ўзидан ҳар секундда қанча электрон чиқаради?

Ечилиши. Ток кучи $I = \frac{q}{t}$, бунда q — катоддан t вақт ичида чиққан заряддир. Бу заряд $q = ent$, бунда e — электрон заряди, 1 секундда ажралиб чиққан электронлар сони n орқали ифодаланади.

У ҳолда тўйиниш токида бирлик вақт ичида катоддан чиққан барча электронлар шу вақт ичида анодга тушади. $I_T =$

$$= \frac{q}{t} = \frac{en}{t} = en. \text{ Бундан изланаётган катталикни топамиз: } n = \frac{I_7}{e}. \text{ Бунга } I_7 \text{ ва } e \text{ нинг сон қийматини қўямиз:}$$

$$n = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ а}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к}} \approx 6,3 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{сек}}.$$

Ўқувчиларга масалада анод токининг бирор қийматини эмас, балки тўйиниш токи олиниши зарур эканлигини албатта тушунтириб ўтиш керак. Тўйиниш ҳолатида катоддан учиб чиққан электронларнинг ҳаммаси анодга томон ҳаракатланади. Бошқа токда $I = en't$ бўлади, бунда n' — бирлик вақт ичида чиққан электронлар сони эмас, балки анодга 1 сек давомида тушган электронлар сонидир.

✓ 720. Агар электронларнинг катод яқинидаги тезлиги нолга тенг, катод билан анод орасидаги потенциаллар фарқи $\varphi_1 - \varphi_2 = U = 300 \text{ в}$, улар орасидаги масофа $l = 1 \text{ см}$ бўлса, уларнинг анодга томон ҳаракатидаги тезланиши, ҳаракат вақти ва охириги (анод олдидаги) тезлиги нимага тенг бўлади? Электр майдонини бир жинсли майдон деб олинг.

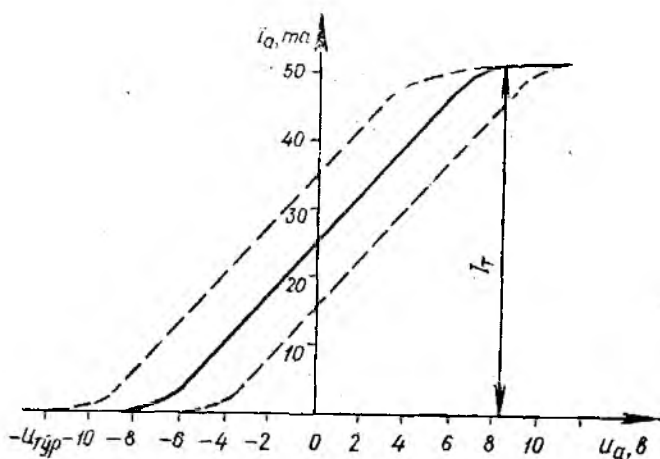
Ечилиши. 1- усул. Электр майдони таъсирида электронлар $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e\vec{E}}{m}$ тезланиш олади, электронларнинг анод олдидаги охириги тезлиги $\vec{v} = \vec{a}t$. Ҳаракат вақти t ҳаракат теңгламасида, яъни $l = \frac{at^2}{2} = \frac{eE}{2m} t^2$ теңгламадан топилади, бундан

$$t = \sqrt{\frac{2ml}{eE}}.$$

$E = \frac{U}{e}$ эканини ҳисобга олиб, $t = \sqrt{\frac{2ml^2}{eU}} = l \sqrt{\frac{2m}{eU}}$ эканини топамиз. Ниҳоят, $a = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{ml}$;

$$v = at = \frac{eU}{lm} \cdot l \cdot \sqrt{\frac{2m}{eU}} = \frac{eU}{m} \sqrt{\frac{2m}{eU}} = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

2- усул. Электронлар кишетик энергиясининг $\frac{mv^2}{2}$ ўзгариши электр майдонининг бажарган eU ишига тенг. $\frac{mv^2}{2} = eU$ теңгламадан охириги $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ тезликни топамиз. Электронлар текис тезланувчан ҳаракат қилади, шунинг учун йўл $l = \frac{at^2}{2} = v_{\text{ср}} \cdot t = \frac{v}{2} t$ бўлади, чунки $v_0 = 0$ бўлганда $v_{\text{ср}} = \frac{v}{2}$.



222- расм.

бўлади. Бундан $t = \frac{2l}{v} = \frac{2l}{\sqrt{\frac{2eU}{m}}} = l \sqrt{\frac{2m}{eU}}$. Тезланиш $a = \frac{v}{t} = \frac{eU}{lm}$. Ҳисоблаб изланаётган миқдорларни толамиз:

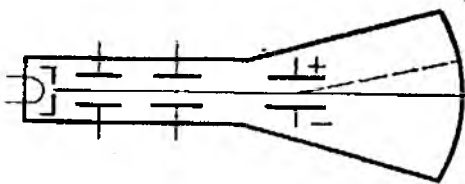
$$v \approx 1,0 \cdot 10^7 \text{ м/сек}; t \approx 2 \cdot 10^{-9} \text{ сек ва } a \approx 5 \cdot 10^{15} \text{ м/сек}^2.$$

721. 222- расмда уч электродли электрон лампанинг тўр характеристикаси тасвирланган. Бу характеристикага қараб қуйидагиларни аниқланг: а) триодни бекитувчи тўр кучланишининг катталиги; б) тўйиниш токининг катталиги; в) агар аноддаги кучланишни оширсак, триод характеристикаси қандай ўзгаради? Камайтсак-чи?

Ечилиши. $U_{\text{тўр}} = -8$ в бўлганда $I_a = 0$ бўлади. Бу кучланиш лампани „бекитади“. Тўйиниш токи $I_T = 50 \text{ ма}$.

Анод кучланиши ўзгартирилганда характеристика чапга ёки ўнгга силжийди. U_a кучланиш камайган бўлсин, деб фарз қилайлик: $U_{a1} < U_{a0}$. $U_{\text{тўр}} = 0$ бўлганда анод токи камаяди. Тўрдаги кучланиш $U_{\text{тўр}} = -6$ в дан кам бўлганда I_a ток нолга тенг бўлиб қолади. Демак, характеристика ўнгга сурилади. $U_{a2} > U_{a0}$ бўлганда характеристика чапга сурилади (222- расмда бу характеристикалар пунктир билан тасвирланган). Тўйиниш токининг ўзгармаслигини қайд қилиб ўтиш муҳимдир, чунки тўйиниш токи катоднинг ўзгармайдиган эмиссиясига боғлиқ. Ўрта мактабда фақат статик характеристикалар ($U_a = \text{const}$) ўрганилади.

722. Агар электростатик усулда бошқариладиган электрон-нур трубкасида бошқарувчи пластинкаларга ишораси 223- расмда кўрсатилган кучланиш берилган бўлса, электронлар дас-



223- расм.

таси ўз ҳаракати йўналишини қандай ўзгартиради?

Ечилиши. Электр майдони таъсирида электронлар дастаси юқорига қараб оғишади (223- расмда бу ҳол пунктир билан кўрсатилган). Конденсатор ичида электронлар траекторияси

парабола бўлади, конденсатор пластинкаларидан ташқарида эса траектория тўғри чизик бўлади, чунки электронлар инерцияси бўйича ҳаракатланади.

✓ **723.** Электронларининг энергияси $W = 3000$ эв бўлган электронлар дастаси вакуумда зарядланмаган конденсатор пластинкаларига параллел ҳолда ҳаракатланади. Агар конденсаторга $U = 600$ в кучланиш берилса, электронлар дастасининг конденсатордан чиқишида вертикал бўйлаб силжиш катталиги h ни топинг. Конденсатор пластинкаларининг узунлиги $l = 6$ см, улар орасидаги масофа $d = 3$ см.

Ечилиши. 224- расмда электронларнинг зарядланмаган (а) ва зарядланган (б) конденсатордаги ҳаракат траекторияси тасвирланган. Электронларнинг инерцияси бўйича қиладиган ҳаракати тезлигининг v_r катталиги уларнинг энергияси орқали

аниқланади: $W = \frac{mv_r^2}{2}$; $v_r = \sqrt{\frac{2W}{m}}$. Электронларнинг

конденсатор пластинкалари орасидаги ҳаракат вақти

$$t = \frac{l}{v_r} = \frac{l}{\sqrt{\frac{2W}{m}}} = \frac{lm}{W} \cdot \sqrt{\frac{W}{2m}}.$$

Одатда $mg \ll eE$ бўлгани туфайли оғирлик кучини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Вертикал бўйича электрон фақат электр майдони таъсирида силжийди, деб ҳисоблаймиз. Электронга

$\vec{F} = e\vec{E}$ куч таъсир этади, электрон $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e\vec{E}}{m}$ тезланиш олади.

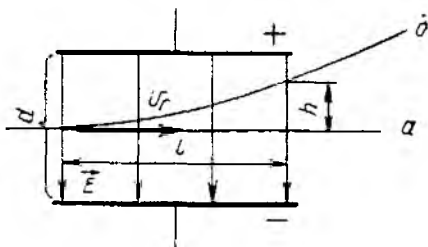
Бироқ майдон кучланганлигининг катталиги $E =$

$= \frac{U}{d}$ га тенг, шунинг учун

$a = \frac{eU}{md}$ бўлади. t вақт ичида

электрон вертикал бўйича $h = \frac{at^2}{2} = \frac{eUt^2 m^2 W}{2mdW^2 2m} = \frac{eUt^2}{4dW}$ га

силжийди. Бу ифодага e , U , d ва W ларнинг сон қийматларини қўйиб, h ни топамиз:



224- расм.

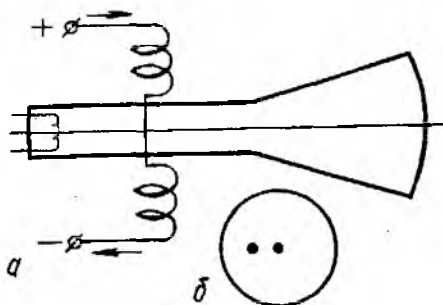
$$h = \frac{1,5 \cdot 10^{-19} \kappa \cdot 600 \text{ в} \cdot 36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{4 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot 3000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ жс}} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

(электронлар энергияси жоуллар билан ифодаланган: $1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ жс}$). Бирликлар устида амаллар бажаришда $1 \text{ жс} = 1 \text{ в} \cdot 1 \kappa$ эканини ҳисобга олиш керак.

724. Агар электромагнит чулғамларидаги ток 225- а расмда кўрсатилгандек йўналган бўлса, магнит бошқаришга эга бўлган электрон-нур трубкасида электронлар дастаси ҳаракат йўналишини қандай ўзгартади?

Ечилиши. Электромагнит қутбларини парма қондаси билан аниқлаймиз. $\vec{B}$ индукция векто-

ри ёки $\vec{H}$ кучланганлик вектори вертикал пастга қараб йўналган. Электронга таъсир этувчи Лоренц кучининг йўналишини чап қўл қондаси билан аниқлаймиз. Даста горизонтал текисликда бизга томон силжийди. Трубка экранда (225- б расм) ёруғ нуқта чапга қараб силжийди.



225- расм.

2. Электродитларда электр токи

Электродит орқали ток ўтганда электродларда $m = kIt$ масса-ли модда ажралади (Фарадейнинг биринчи қонуни), бунда I — ток кучи, t — токнинг ўтиб туриш вақти, k — модданинг электрохимиявий эквиваленти деб аталган пропорционаллик коэффициент.

Электролиз сабаби шундан иборатки, электродит электродлар орасидаги электр майдони таъсири остида ҳаракатланувчи ионларга диссоциацияланади ва ионлар бу электродларга ўтириб қолади.

Фарадейнинг биринчи қонунини ифодаловчи формулада I — электродитдаги тўлиқ ток бўлиб, у мусбат ва манфий ионлар ҳосил қилган тоқларнинг йиғиндисига тенг. Одатда бу ҳол ўқувчиларда маълум даражада қийинчилик туғдиради, чунки улар катодга томон мусбат ионлар ҳаракатланади ва шунинг учун фақатгина мусбат ионлар ҳосил қилган токка тенг бўлган токни олиш керак, деб ҳисоблайдилар.

Фарадейнинг иккинчи қонуни модданинг электрохимиявий (k) ва химиявий (x) эквивалентларининг пропорционал эканини, яъни $\frac{k}{x} = \text{const} = C$ эканини тасдиқлайди. Бунда $C =$

$= \frac{1}{F}$, F — Фарадей сони бўлиб, у электролит орқали ўтганда ундан массаси сон жиҳатидан химиявий эквивалентга тенг бўлган модда ажратиш учун керак бўлган зарядга тенгдир. Модданинг химиявий эквиваленти $x = \frac{A}{n}$, бунда A — атом оғирлик, n — модданинг валентлиги.

Фарадейнинг бирлашган қонуни $m = C \frac{A}{n} It$ кўринишга эга.

Электролизга оид масалаларда асосан бу формулага кирувчи катталиклар аниқланади.

Электродларда модда ажралганда $E_{\text{квт}}$ қутбланиш э. ю. к юзага келади. Занжирда ток камаяди ва $I = \frac{U - E_{\text{квт}}}{R}$ га тенг бўлиб қолади, бунда U — электролитик ваннадаги электродлар орасидаги кучланиш, R — занжирнинг қаршилиги. Ўрта мактабдаги кўпчилик масалаларда $E_{\text{квт}}$ ҳисобга олинмайди, чунки $U \gg E_{\text{квт}}$ бўлган ҳол текширилади.

Дастлаб машқ тариқасида 725,726- масалаларга ўхшаш масалалар, сўнгга мураккаброқ масалалар ишланади.

725. Буюмларга кумуш ялатишда 3 соат давомида катодда 4,55 г кумуш тўпланди. Электролиздаги ток кучини аниқланг.

Ечилиши. Электролизнинг биринчи қонунига асосан, $m = kIt$, бундан $I = \frac{m}{kt} \cdot k_{\text{кум}} = 1,118 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ эканини жадвалдан оламиз.

$$I = \frac{4,55 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{1,118 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot 3 \cdot 3600 \text{ сек}} \approx 0,38 \text{ а.}$$

Барча металллар сингари, кумуш ҳам катодда йиғилади, чунки металл ионлари мусбат ҳисобланади.

726. Электролизда $t = 1$ соат давомида $I = 10 \text{ а}$ ток ўтиб турса, қанча никель ажралади? Никелнинг атом оғирлиги $A = 58,71$, валентлиги $n = 2$.

Ечилиши. Никелнинг массасини Фарадейнинг бирлашган $m = C \frac{A}{n} It$ қонунидан аниқлаймиз: $m = 1,036 \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг} \cdot \text{эКв}}{\text{с}} \cdot \frac{58,71}{2} \times \times \frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{эКв}} \cdot 10 \text{ а} \cdot 3300 \text{ сек} \approx 11 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

727. ZnSO_4 эритмасини электролиз қилиш учун $W = 20 \text{ гвт} \cdot \text{соат}$ энергия сарфланди. Агар ванна клеммаларидаги кучланиш $U = 4 \text{ в}$ бўлса, ажралиб чиққан рух массаси m нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Фарадейнинг биринчи қонунига асосан, $m = kIt$. Номалум катталик ҳисобланган It ни токнинг A иши ва U кучланиш орқали ифодалаймиз: $A = IUt$, бундан $It = \frac{A}{U}$ ёки

$It = \frac{W}{U}$. У ҳолда $m = k \frac{W}{U}$. Рух учун, $k = 0,34 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}}$, $A = 20 \text{ вт} \cdot \text{соат} = 20 \cdot 100 \text{ вт} \cdot 3600 \text{ сек} = 7,2 \cdot 10^6 \text{ ж}$. $1 \text{ ж} = 1 \text{ к} \times 1 \text{ в}$ эканини ҳисобга оламиз. У ҳолда

$$m = \frac{0,34 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}} \cdot 7,2 \cdot 10^6 \text{ ж}}{4 \text{ в}} \approx 0,61 \text{ кг}.$$

728. Электролитдаги ток зичлиги $j = 0,5 \frac{\text{а}}{\text{дм}^2}$ бўлганда CuSO_4 эритмасидан қанча вақт давомида $0,01 \text{ мм}$ қалинликдаги мис қатлами ҳосил бўлади? Қутбланиш э. ю. к. ни ҳисобга олманг.

Ечилиши. Масаланинг шартида электролиз CuSO_4 эритмасида бўлади деб бекорга айтилган эмас. Бу ҳолда миснинг валентлиги $n = 2$ ва миснинг электрохимиявий эквиваленти $k = 0,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}}$. Электролиз миснинг бир валентли ионларида ҳам бўлиши мумкин.

Электролиз қонунларининг формулаларига j ток зичлиги эмас, балки I ток кучи киради, бироқ $I = jS$, бунда S — ўтказгичнинг, яъни электродлар орасидаги электролит қўндаланг кесимининг юзидир.

Фарадейнинг биринчи қонунига асосан, $m = kIt$. Бундан изланувчи катталиқ $t = \frac{m}{kIS}$ бўлади. m массани миснинг зичлиги $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ва $V = hS$ ҳажми орқали ифодаalayмиз, бунда h — мис қатламининг қалинлиги, S — электрод сиртининг юзи: $m = \rho hS$. У ҳолда $t = \frac{\rho hS}{kIS} = \frac{\rho h}{kj}$ бўлади. Бунга ρ , h , k ва j ларнинг сон қийматларини қўйиб, t ни топамиз:

$$t = \frac{8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{0,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}} \cdot 50 \frac{\text{а}}{\text{м}^2}} \approx 5,4 \cdot 10^3 \text{ сек} \approx 1,5 \text{ соат}.$$

729. Кумуш нитрат тузини электролиз қилишда $t = 2$ соат давомида катодда ажралган кумуш массасини топинг. Бунда ваннанинг қаршилиги $R = 5 \text{ ом}$ бўлиб, унга $U = 2 \text{ в}$ кучланиш берилган, қутбланиш э. ю. к. $E_{\text{квт}} = 0,8 \text{ в}$.

Ечилиши. Фарадейнинг биринчи қонунига асосан, $m = kIt$. Қутбланиш э. ю. к. ни ҳисобга олганда занжирдаги ток $I = \frac{U - E_{\text{квт}}}{R}$, $m = k \frac{U - E_{\text{квт}}}{R} t$ бўлади. Ҳисоблаб m ни топамиз:

$$m = 1,118 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}} \cdot \frac{2 \text{ в} - 0,8 \text{ в}}{2 \text{ ом}} \cdot 2 \cdot 3600 \text{ сек} \approx 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

✓ 730. Агар электролиз вақтида ванна клеммаларида кучланиш $U = 10$ в, қурилманинг ф. и. к. $\eta = 75\%$, тариф $B = 4 \frac{\text{тийин}}{\text{квт} \cdot \text{соат}}$ бўлса, рафинланган 10 кг миснинг баҳоси қанча туришини аниқланг. Қутбланиш э. ю. к. ни ҳисобга олманг.

Ечилиши. Рафинланган мис CuSO_4 ни электролиз қилишдан ҳосил бўлади, яъни бунда мис икки валентлидир. Бу ҳолда $k = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ кг/к}$. Тариф $B = 4 \frac{\text{тийин}}{\text{квт} \cdot \text{соат}} = 1,11 \cdot 10^{-6} \frac{\text{тийин}}{\text{ж}}$.

Электр энергиясининг баҳоси:

$$S = BW_{\text{сарф}}, \text{ бироқ } \frac{W_{\Phi}}{W_{\text{сарф}}} = \eta,$$

шунинг учун $S = \frac{BW_{\Phi}}{\eta}$, $W_{\Phi} = IUt$.

Ит катталикни Фарадейнинг биринчи қонунидан топамиз:

$$It = \frac{m}{k},$$

$$S = \frac{BU \cdot m}{\eta k}.$$

S ни ҳисоблаб топамиз:

$$S = \frac{1,11 \cdot 10^{-6} \frac{\text{тийин}}{\text{ж}} \cdot 10 \text{ в} \cdot 10 \text{ кг}}{0,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}} \cdot 0,75} \approx 4 \text{ сўм } 44 \text{ тийин}.$$

731. Темир хлорид эритмасидан 1 соат давомида $I = 1$ а ток ўтказиб турилганда эритмадан хлор ва темирнинг қанчадан атоми ажралиб чиқади?

Ечилиши. Хлор бир валентлидир ($n = 1$). Ажралиб чиққан хлорнинг массаси $m = Nm_0$, бунда N — хлор атомлари сони, m_0 — битта хлор атомининг массаси. m масса Фарадейнинг биринчи қонунидан топилади: $m = kIt$. Жадвалдан хлор учун $k = 0,367 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{к}}$ эканини топамиз. Битта хлор атоми (иони)

нинг массаси $m_0 = \frac{A}{N_0}$, бунда A — килограмм-атом массаси, N_0 — килограмм-атомдаги атомлар сони, $N_0 = 6,025 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{кг} \cdot \text{атом}}$ (Авогадро сони) эканлиги маълум. Хлорнинг атом оғирлиги $A = 35,5$.

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{kItN_0}{A} \approx 2,2 \cdot 10^{23}.$$

Темир икки валентлидир ($n = 2$), демак, эритма орқали ўтган темир ионларининг сони ва ажралиб чиққан атомлари сони хлор ионлари сонидан 2 марта кам.

Хлор анодда, темир эса катодда ажралади.

3. Газларда электр токи

Газларда эркин заряд ташувчилар нейтрал молекулалар билан бир тўқнашгандан иккинчи тўқнашгунгача эркин чопиш йўли деб аталувчи λ масофани босиб ўтади.

Бу масофада электр майдони таъсири остида зарядли зарралар қиладиган ҳаракатни текис тезланувчан ҳаракат деб ҳисоблаш мумкин.

Газлардан ток ўтишига оид масалалар ишлаганда асосан I токнинг газ оралиқдаги U кучланишга боғланишидан (226- расм) фойдаланилади. Ҳисоб масалаларида майдон кучланганлиги ёки зарралар тезлигининг ионланиш юз берадигандаги қийматлари ҳисоблаб топилади.

Ионланиш энергияси $W_{\text{ион}}$ бўлсин, деб фараз қилайлик. Заряди e бўлган электрон кучланганлиги E бўлган бир жинсли электр майдонида λ масофада $\frac{mv^2}{2} = eE\lambda$ энергияга эга бўлади.

Агар $\frac{mv^2}{2} \geq W_{\text{ион}}$ бўлса, ионланиш юз бериши мумкин. E нинг ионланиш юз берадигандаги минимум қиймати $E_{\text{мин}} = \frac{W_{\text{ион}}}{e\lambda}$ формуладан топилади. Ионланишни юзга келтирувчи зарранинг минимал тезлиги $v_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{2W_{\text{ион}}}{m}}$.

732. Агар ионизатор анча интенсивроқ таъсир этадиган бўлса (226- расм), I ток кучининг газ оралиқдаги U кучланишга боғланиш графиги қандай ўзгаради?

Жавоби. Ионизатор таъсири кучайтирилганда тўйиниш токи ортади (ab соҳа), I нинг U га боғланишининг умумий характери ўзгармайди.

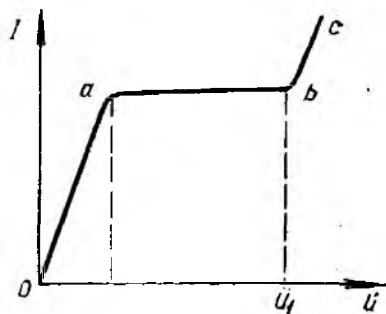
733. Газ босими камайтирилганда зарб орқали ионлашиш процесси конденсатор қопламалари орасидаги U кучланиш кичик бўлганда юз беришини исботланг.

Ечилиши. Электроннинг энергияси $\frac{mv^2}{2} = eE\lambda = e \frac{U}{d} \lambda$, бунда d — конденсатор пластинкалари орасидаги масофа.

$\frac{mv^2}{2} \geq W_{\text{ион}}$ бўлганда ионланиш юз берсин, деб фараз қилайлик. Ионланиш учун етарли бўлган минимум кучланиш $U_{\text{мин}} = \frac{W_{\text{ион}} d}{e\lambda}$,

яъни бу кучланиш эркин чопиш йўлининг λ узунлигига боғлиқ. Газ босими камайтирилганда λ эркин чопиш йўли ортади, дэмек U кучланиш камаяди.

734. Нормал босимда ҳаво молекулалари ионланадиган ҳолда электр майдони кучланганлиги



226- расм.

нимага тенг бўлишини аниқланг. Ионланиш энергияси $W_{\text{ион}} = 15 \text{ эВ}$, электроннинг эркин чопиш йўли узунлиги $\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$.

Ечилиши. 733- масалада $U_{\text{мин}} = \frac{W_{\text{ион}} d}{e \lambda}$ эканлиги кўрсатилган эди. Бироқ $U = Ed$, у ҳолда $E_{\text{мин}} = \frac{W_{\text{ион}}}{e \lambda}$. Барча қийматларни СИ системасида оламиз: $W_{\text{ион}} = 15 \cdot 1,66 \cdot 10^{-19} \text{ Ж}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$ ва $\lambda = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. У ҳолда $E_{\text{мин}} \approx 3 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

735. Симоб атомларини ионлаш энергияси 10,4 эВ. Симоб атомини зарб орқали ионлаштириш учун электрон энг камида қандай тезликка эга бўлиши керак?

Ечилиши. Электр майдонида ҳаракатланганида электрон $\frac{mv^2}{2}$ кинетик энергияга эга бўлади. Электроннинг ионланишни вужудга келтирувчи минимал тезлиги $\frac{mv_{\text{мин}}^2}{2} = W_{\text{ион}}$ тенгламадан топилади, яъни $v_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{2W_{\text{ион}}}{m}}$.

W ва m ларнинг СИ системасидаги қийматларини қўйиб,

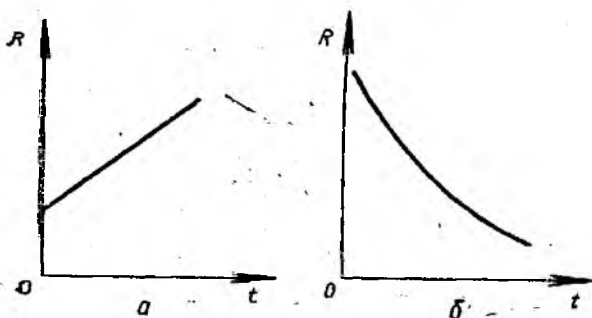
$$v_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ж}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 1,9 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$$
 эканини топамиз.

4. Ярим ўтказгичларнинг электр хоссалари

Бу тема-юзасидан асосан сифатга оид масалалар ечилади. Бунда ярим ўтказгичларнинг турли соҳаларда қўлланилиши, шунингдек ярим ўтказгичларнинг электр хоссаларини характерловчи физик катталиклар орасидаги боғланишларнинг анализ қилинишига оид масалалар катта ўрин эгаллайди.

736. 227- расмда металл (а) ва ярим ўтказгич (б) қаршиликларининг температурага боғланиш графиклари кўрсатилган. Бу боғланишларда бундай фарқ бўлишининг сабаби нимада?

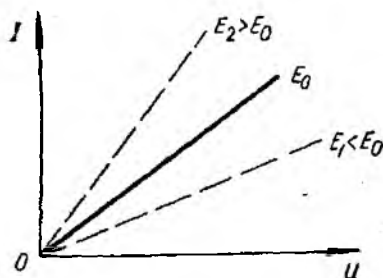
Ечилиши. Температура кўтарилганда металл ўтказгичнинг қаршилиги ортади, чунки ток ташувчиларнинг сони металлларда амалда ўзгармайди, электронларнинг металл кристалл



227- расм.

панжараларидаги ионлар билан бўладиган тўқнашувлари сони эса ортади. Ярим ўтказгичларнинг қаршилиги температура кўтарилиши билан камаяди, чунки бунда ток ташувчиларнинг сони кескин ортади. Бунда бошқа сабабларнинг таъсири кам бўлади.

737. Маълум E_0 ёритилганликда фотоқаршилиқ учун I ток кучининг U кучланишга боғланиш графиги 228- расмда кўрсатилган. Ёритилганлик ўзгарганда бу боғланиш қандай ўзгаради?



228- расм.

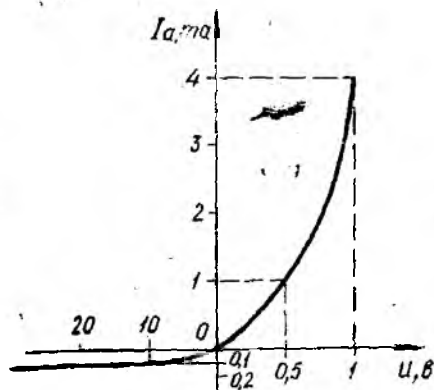
Ечилиши. Фотоқаршилиқнинг ўтказувчанлиги E ёритилганликка боғлиқ. Ёритилганлик ортганда ўтказувчанлик ортади, яъни қаршилиқ камаяди. Фотоқаршилиқда I ток кучи U кучланишга чизиқли боғлиқдир (Ом қонуни ўринли). Ёритилганлик ўзгарганда I нинг U га боғланиш характери ўзгармайди, фақатгина график U ўқи билан бошқа бурчак ҳосил қилади.

$E_1 < E_0$ бўлганда қаршилиқ ортади ва график U ўқида кичик бурчак остида йўналган бўлади. $E_2 > E_0$ бўлганда график U ўқи билан ёритилганлик E_0 бўлгандагига нисбатан каттароқ бурчак ҳосил қилади.

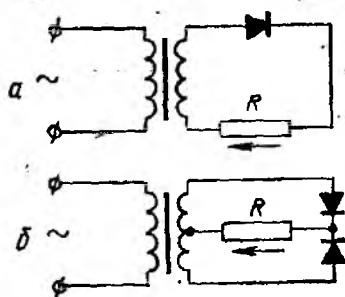
738. 229- расмда германийли диоднинг вольтампер характеристики кўрсатилган. $U = 0,5$ в бўлгандаги тўғри токни ва $U = -10$ в бўлгандаги тескари токни аниқланг.

Жавоби. Тўғри ток $I_{\text{тўғ}} = 1 \cdot 10^{-3}$ а, тескари ток $I_{\text{тес}} = 0,1 \cdot 10^{-3}$ а.

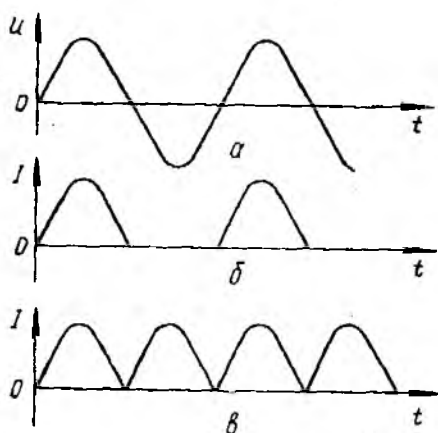
739. Ярим ўтказгичли диоди бўлган бир ярим даврли тўғрилагич ва ярим ўтказгичли диодлари бўлган икки ярим даврли тўғрилагич схемаларини чизинг.



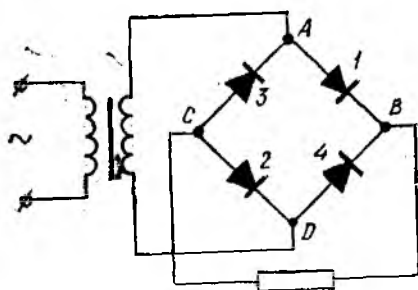
229- расм.



230- расм.



231- расм.



232- расм.

Ечилиши. Схемалар 230- а ва б расмда кўрсатилган. Мана шу схемалар бўйича тузилган занжирлардаги трансформаторнинг бирламчи чулғамида кучланиш ўзгарувчан бўлганда ток R нагрузка орқали фақат бир томонга ўтишини кўрсатиш керак. Диод токни „найза“ йўналишида ўтказиши, деб шартлашиб оламиз. Ўзгарувчан кучланиш графиги ва бир ярим даврли тўғрилагичда тўғрилانган ток графиклари 231- расмда (а, б ва в) кўрсатилган.

740. 232- расмда кўрсатилган схема бўйича йиғилган тўғрилагичнинг ишлашини тушунтириб беринг.

Ечилиши. Ўзгарувчан кучланиш A ва D нуқталарга берилади, тўғрилانган кучланиш эса C ва B нуқталар орасидан олинади. Бирор пайтда A нуқта потенциали мусбат, D нуқта потенциали манфий бўлсин, деб фараз қилайлик. Ток

фақатгина A^* нуқтадан кўприкнинг AB тармоғи бўйлаб R нагрузка орқали ўтиб, ундан CD тармоқ бўйлаб D нуқтага бориши мумкин. Кучланиш қутблари (ишораси) ўзгартирилганда ток D нуқтадан DB тармоқ бўйлаб R нагрузка орқали ўтади, ундан CA тармоқ бўйлаб A нуқтага боради. Нагрузка орқали ток ҳар доим бир йўналишда ўтади. Тўғрилагич икки ярим даврлидир. Биринчи ярим даврда токни 1, 2 диодлар, иккинчи ярим даврда эса токни 3 ва 4 диодлар ўтказиши.

МЕХАНИК ТЕБРАНИШЛАР ВА
ТЎЛҚИНЛАР. ТОВУШ

Тебраниш ва тўлқин процесслар бир бўлимда ўрганилади. Шу билан ҳозирги замон фани ва техникасида тебранишлар ҳақидаги таълимотнинг катта аҳамиятга эга эканлиги ҳамда уларнинг табиатига боғлиқ бўлмаган ҳолда ушбу ҳаракатга хос бўлган умумий хусусиятлари таъкидлаб ўтилади.

Дастлаб механик тебранишлар ўрганилади, сўнгра унинг тимсолида асосий тушунчалар киритилади ва тебранма ҳаракатларнинг муҳим қонуниятлари қараб чиқилади. Фурье теоремасига мувофиқ ҳар қандай даврий тебраниш гармоник тебранишлар йиғиндиси кўринишида берилиши мумкинлиги туфайли жуда катта аҳамиятга эга бўлган энг содда, гармоник тебранишлар батафсил қараб чиқилади. Масала ечиш жараёнида ўқувчилар тегишли формулалардан фойдаланишни ўрганишлари, тебранма ҳаракатларни текис ва текис ўзгарувчан ҳаракатларга нисбатан ўзига хос фарқли томонларини тушунишлари керак бўлади. Шу мақсадда дастлаб кинематикада моддий нуқтанинг тебранма ҳаракати бўйича масалалар ечилади. Бу ҳаракатнинг хусусий, лекин муҳим ҳоли сифатида математик маятникнинг ҳаракати қаралади.

Тебранма ҳаракат динамикаси ва энергиянинг айланиши масалалари эластик тебранишлар ҳақидаги масалалар ва „огир“ маятник ҳақидаги масалалар ёрдамида чуқурлаштирилади. Шундан сўнг тебранишларни қўшиш ҳақидаги масалалар ечилади.

Тебранишларни эластик муҳитда тарқалиши асосан товуш тўлқинлари мисолида ўрганилади, шу жумладан ультратовуш ҳақида қатор масалалар ечиш фойдали ҳисобланади.

1. Гармоник тебранишлар

Бу тема бўйича масалалар ечганда ўқувчиларнинг математикадан олган билимларини ҳисобга олиш керак. Янги программа бўйича тригонометрик функцияларнинг ҳосилалари ва уларнинг хоссалари ўрганилади. Ўқувчилар энг аввал нуқта силжишининг вақтга боғлиқлигини эсда яхши сақлай олишлари керак

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Тебранма ҳаракат тезлиги v ва тезланиш a мос ҳолда бу функциянинг биринчи ва иккинчи тартибли ҳосиласи бўлгани учун:

$$v = \frac{dx}{dt} = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0) = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0);$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = a_0 \sin(\omega t + \varphi_0) = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Масаланинг математик ечимидан формал ҳолда қутулиш учун тажриба ва графиклардан кенгроқ фойдаланиш керак.

Шунингдек, кинематика ва динамика (12, V боб) қонунларидан фойдаланиб, юқорида кўрсатиб ўтилган боғланишларни дифференциаллашсиз қандай ҳосил қилиш мумкин эканлигини масалалар ёрдамида кўрсатиб бериш фойдалидир.

Бошланғич фаза φ_0 ўрганилмаган ва охириги натижаларга таъсир этмаган ҳолларда ёзувни осонлаштириш ва вақтни тежаш учун энг яхшиси масала шартида уни нолга тенг деб олиш керак. Бироқ ўқувчилар барча ҳолларда аввал формулани умумий ҳолда ёзишлари, сўнгра эса аниқ берилганларга боғлиқ ҳолда уни соддалаштиришлари керак.

Тажрибанинг кўрсатишича, ўқувчилар доиравий частота ω ҳақидаги тушунчани осон ўзлаштира олмайдилар. Тригонометрик функция ишораси остида ҳар доим $\varphi = \omega t = \frac{2\pi}{T} t$ бурчак қиймати туришини таъкидлаб, бунга алоҳида эътибор бериш керак. Агар тригонометрик функция ишораси остидаги π ни 180° деб қабул қилинса, у ҳолда бурчак қиймати градусларда олинади. Агар $\pi = 3,14$ деб қабул қилинса, у ҳолда бурчак радианларда олинади. Бу маълумотларни мустаҳкамлаш учун гармоник тебранишлар формуласига кирувчи катталиклар ўлчамлиги устида бажариладиган амаллар ёрдамида қатор масалалар ечимини текшириб кўриш фойдали ҳисобланади. Силжиш x , тезлик v ва тезланиш a турли бурчак ёки t вақтда бир хил қийматга эга бўлиши мумкин, чунки улар циклик функциялар билан ифодаланади. Масалалар ечганда, агарда махсус зарурият бўлмаса, φ бурчак катталиги учун унинг энг кичик қийматини қабул қилиш мумкин.

741. Пружинали маятникнинг тебранма ҳаракатида Гук қонунига мувофиқ унга $F = -kx$ куч таъсир қилади. Бу формулани эътиборга олиб, қуйидаги саволларга жавоб беринг:

а) Маятник ҳаракати билан текис ҳаракат ўртасида қандай фарқ бор?

б) Маятник ҳаракати билан текис ўзгарувчан ҳаракат ўртасида қандай фарқ бор?

в) Маятник қандай ҳолатда энг катта ва қандай ҳолатда энг кичик тезланиш a ва тезлик v га эга?

Жавоб и. а) Текис ҳаракатдан фарқли ҳолда жисм тезлиги ўзгариб туради. Бу жисмга мувозанатланмаган куч таъ-

сир этишидан келиб чиқади; демак, жисм тезланиш билан ҳаракатланади.

б) Текис ўзгарувчан ҳаракатдан фарқли ҳолда тебранувчи жисм тезланиши ўзгариб туради. Бу $a = \frac{F}{m} = -\frac{kx}{m}$ формуладан келиб чиқади. Тезланиш a ўзгаради, чунки F куч ҳам ўзгаради. Жисм миқдор жиҳатидан энг катта тезланишга x максимум силжишнинг четки (ўнг ва чап) ҳолатларида эришади. $x=0$, яъни мувозанат ҳолатида энг кам, нолга тенг тезланишга эга бўлади. Четки ҳолатларда жисмнинг тезлиги $v=0$. Жисм тезланишга эга бўлганлиги сабабли тезлик орта бориб, мувозанат ҳолатда максимум қийматга эришади.

742. x силжиш t ёки t^2 вақтга пропорционал деб айтиш мумкинми?

Жавоби. Йўқ. $x=kt$ боғланиш фақат текис ҳаракат учун, $x=kt^2$ эса текис ўзгарувчан ҳаракат учун ўринлидир.

743. Амплитудаси $A=10$ см, тебраниш даври $T=0,5$ сек, $\varphi_0=0$ бўлган гармоник тебраниш тенгламасини ёзинг.

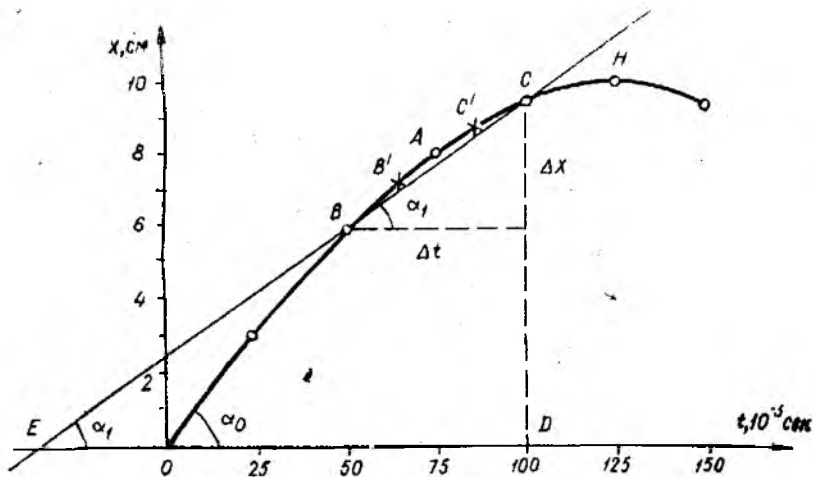
Жавоби. Умумий ҳолда $x=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi_0\right)$.

Берилган шароит учун $x=10\sin\frac{2\pi}{0,5}t$ (см) $=10\sin 4\pi t$ (см).

744. Бундан олдинги масалада берилганларга асосан гармоник тебраниш графигини тузинг ва график бўйича мувозанат ҳолатд., мувозанат ҳолатидан 0,75 ва 0,125 сек ўтгандан кейин нуқтанинг тезлигини аниқланг.

Кўрсатма. Вақт учун 1 см — 0,010 сек; силжиш учун 1 см — 1 см масштаб олинг. 0 сек — 0,150 сек вақт оралигида етгита нуқта бўйича график чизинг.

Ўчирилиши. Жадвал тузамиз ва график чизамиз (233- расм).



233- расм.

Вақт, $t = 10^{-3}$ сек	0	25	50	75	100	125	150
Оғиш, $x = 10 \sin 4 \cdot 180 t$ (см)	0	3,1	5,8	8,1	9,5	10	9,5

Жисмнинг графикнинг A нуқтасига мос келувчи тезлиги v_A сон жиҳатида A нуқтага ўтказилган уринманинг вақт ўқига нисбатан оғиш бурчаги тангенсига тенг. Синусоиданинг A нуқтасига уринмани кўз билан чамалаб ўтказиш мумкин, бироқ унча катта бўлмаган Δt вақт интервали учун тезлигининг бирор бир ўртача қиймати $v_{\text{ор}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha_1 \approx v_A$ ни топиш қулай.

$$v_A = \frac{9,5 \text{ см}}{0,132 \text{ сек}} \approx 72 \text{ см/сек.}$$

O нуқта учун

$$v_0 \approx \operatorname{tg} \alpha_0 \approx \frac{3,1}{0,025} \approx 124 \left(\frac{\text{см}}{\text{сек}} \right).$$

H нуқта учун $v_H = \operatorname{tg} 0^\circ = 0$.

745. Олдинги масала ечимини гармоник тебранма ҳаракат тезлиги формуласи бўйича текшириб кўринг.

Ечилиши. $v = A\omega \cos \omega t = 40\pi \cdot \cos 4\pi t$;

$$v_0 \approx 125,6 \frac{\text{см}}{\text{сек}} \approx 126 \frac{\text{см}}{\text{сек}}; v_A \approx 74 \frac{\text{см}}{\text{сек}}; v_H = 0.$$

Ҳисоблашларнинг график асосида топилган натижаларга мос келиши кўриниб турибди. Бунда, агар графикда A нуқтага бирмунча яқинроқ B' , C' нуқталар олинса, у ҳолда v_A ни топиш аниқлиги ортиб боришини ўқувчиларга айтиш керак.

Шу каби график масалаларнинг қийинлигига қарамасдан, уларни ечишни қатъий талаб қилиш керак, чунки бусиз ўқувчилар гармоник тебранишларнинг ўзига хос томонларини „сезмайдилар“ ва графиклар чизишда ожизлик қилиб қоладилар.

Бу типдаги битта масалани синфда батафсил муҳокама қилиш ва етарлича катта масштабларда жуда ҳам аниқ чизишни талаб қилган битта ёки иккита масалани уйга бериш керак.

746. Гармоник тебраниш графикини қўлда чизинг ва ундан фойдаланиб, ҳаракатда тезланишнинг қандай ўзгаришини кўрсатинг.

Ечилиши. Тезланиш $a = \frac{dv}{dt}$ берилган нуқтага ўтказилган уринманинг (234- расм) тезлик графиги эгрилигига оғиш бурчаги тангенсига сон жиҳатидан тенг. Тезлик графиги косинусоидадан иборат бўлгани учун, кўчиш графигига нисбатан чорак даврга силжиган. Нуқтанинг тезлиги энг катта бўлганда

тезланиш 0 га тенг (урин-
ма вақт ўқига параллел)
ва, аксинча, тезлик нолга
тенг бўлганда тебранувчи
нуқта тезланиши макси-
мум бўлади.

747*. Моддий нуқта
тебраниши $x = 15 \cos \pi$
 $(t + 1)$ см қонун бўйича
бажарилади. Тебранувчи
нуқтанинг амплитудаси,
даври, бошланғич фаза-
си, максимал тезлиги ва
максимал тезланишини
топинг.

Ечилиши. Тенгламани $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ см кўринишга
келтирамиз ва уни масалада берилган

$$x = 15 \cos \pi(t + 1) \text{ см} = 15 \sin \left[\frac{\pi}{2} - \pi(t + 1) \right] \text{ см} = -$$

$$-15 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ см} \quad (1)$$

тенглама билан таққослаймиз. Минус ишора берилган синусоиданинг графиги синусоидадаги вақт ўқига нисбатан симметрик эканини билдиради

$$x' = 15 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ см}. \quad (2)$$

Бироқ (1) тебраниш (2) тебранишдан фаза бўйича π га ол-
динга кетади. Демак, $x = 15 \sin \left(\pi t + \frac{3\pi}{2} \right)$ см деб ёзиш мумкин.

$$\text{Амплитуда } A = 15 \text{ см}; \quad \varphi_0 = \frac{3\pi}{2}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi;$$

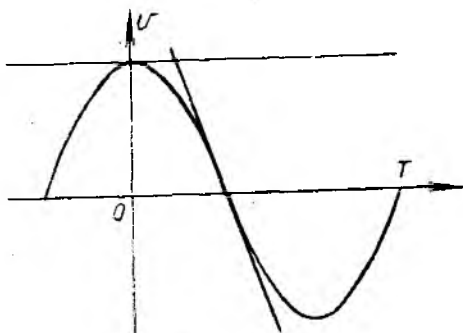
$$T = 2 \text{ сек}; \quad v = 15 \pi \cos \left(\pi t + \frac{3\pi}{2} \right) \cdot v_{\max} \approx 47 \frac{\text{см}}{\text{сек}};$$

$$a = -15 \pi^2 \sin \left(\pi t + \frac{3\pi}{2} \right) \cdot a_{\max} \approx 150 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}.$$

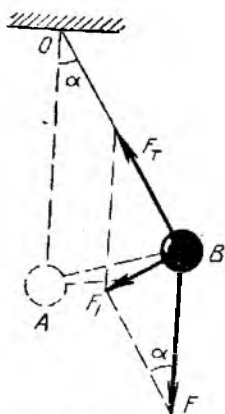
Бу мисолда $x = \cos(\omega t + \varphi_0)$ қонун бўйича бўладиган ҳа-
ракат $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ тенглама билан баён этилган гармо-
ник тебранма ҳаракатдан фақатгина фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ га олдин-
да кетиши билан фарқ қилиши тушунтирилади.

2. Математик маятникнинг тебраниши

Бу темага доир масалаларни ечишда гармоник тебраниш-
лардаги силжиш, тезлик ва тезланиш учун юқорида қаралган
формулалардан, масалалар ечишда келтириб чиқариш мақсадга



234- расм.



235- расм.

мувофиқ бўлган математик маятникнинг $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ тебраниш даври формуласидан фойдаланилади. Математик маятникнинг тебраниш даври формуласи амалий мақсадлар учун, фақат ипнинг вертикалдан унча катта бўлмаган оғиш бурчаклари ($\approx 3^\circ$) учун ўринлидир.

748. Математик маятникнинг гармоник тебранма ҳаракат қилишини исботланг.

Ечилиши. 235- расмдан $F_1 = \frac{F}{l}x = kx$ экани келиб чиқади, бунда $k = \frac{F}{l} = \frac{mg}{l}$. Тебранаётган нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжишини мусбат деб ҳисоблаб, формулани $F_1 = -\frac{mg}{l}x$ кўринишда ёзиш

керак.

749. Ньютоннинг иккинчи қонунидан ва олдинги масалада берилганлардан фойдаланиб, математик маятникнинг тебраниш даври формуласини келтириб чиқаринг.

Ечилиши. $F_1 = -\frac{mg}{l}x$. Гармоник тебранишларда

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t. \text{ Демак, } F_1 = -\frac{mg}{l} A \sin \frac{2\pi}{T} t; F_1 = ma;$$

$$a = -A \frac{4\pi^2}{T^2} \sin \frac{2\pi}{T} t;$$

$$\frac{mg}{l} A \sin \frac{2\pi}{T} t = mA \frac{4\pi^2}{T^2} \sin \frac{2\pi}{T} t;$$

$$\text{бундан } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

750 (э). Узунликлари бир хил бўлган ясси (235- расм) ва конуссимон (121- расм) маятникларнинг тебраниш давлари ўзаро тенг эканини тажрибада текширинг. Бундан фойдаланиб конуссимон ва ясси математик маятникларнинг тебраниш давлари формулаларини келтириб чиқаринг.

Ечилиши. m массали маятник айлана бўйлаб ҳаракат қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Маятникка оғирлик кучи $\vec{F}$ ва ипнинг таранглик кучи F_T таъсир қилади. Бу кучлар таъсирида маятник марказга интилма $a = \omega^2 R$ тезланиш олади; $\vec{F} + \vec{F}_T = m\omega^2 \vec{R}$ ёки радиус йўналишига проекцияси

$$F_T \sin \alpha = m \omega^2 R; F_T = \frac{F}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha}.$$

$$\text{Демак, } \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = m \omega^2 R, \text{ бундан } g \operatorname{tg} \alpha = \omega^2 R; \operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{h}.$$

Кичик бурчаклар учун $\frac{R}{h} \approx \frac{R}{l}$. Шунинг учун

$$\frac{gR}{l} = \omega^2 R; \quad \frac{g}{l} = \frac{4\pi^2}{T^2},$$

бундан

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

751. Ўқувчи қуйидаги формуланинг қандай ёзилишини эсдан чиқарди: $T = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}}$ ёки $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

У ёки бу формуланинг тўғрилигини тасдиқловчи далилларни келтиринг.

Ечилиши. 1- усул. Тажрибадан маълумки, узун маятник қалта маятникка нисбатан катта тебраниш даврига эга; демак, l катталиқ илдиз остидаги касрнинг суратида туриши керак. Тезланиш g қанча катта бўлса, тезлик шунча катта ва тебраниш даври эса шунча кичик бўлади. Демак, g катталиқ касрнинг махражида туриши керак.

2- усул. Ушбу ифодаларнинг СИ системасидаги ўлчамлигини аниқлаймиз:

$$1) \sqrt{\frac{\frac{м}{сек^2}}{\frac{м}{м}}} = \frac{1}{сек}; \quad 2) \sqrt{\frac{\frac{м}{м}}{\frac{м}{сек^2}}} = сек.$$

Давр вақт бирлигида ифодалангани учун иккинчи формула тўғри.

752. Оғир маятникли соатнинг юришини тоғ чўққисида ва этагида; қутбда ва экваторда; Ойда ва Ерда; Ерда ва Ернинг сунъий йўлдошларида солиштириб кўринг.

Жавоби. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. g кам бўлган ерда (тоғ чўққисида, экваторда ва Ойда) маятник тебраниш даврининг катта бўлиши туфайли соат орқада қолади. Вазнсизликда $g = 0$ ва $T = \infty$. Бунда соат юрмайди.

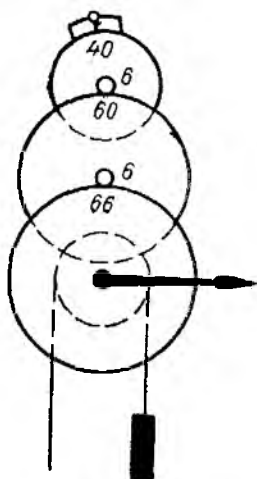
753. Оғир маятникли иккита бир хил соатлардан бирини баландлиги $h = 5$ км бўлган тоғ чўққисига, иккинчисини денгиз сатҳига ўрнатилса, бир суткада уларнинг кўрсатишида қандай фарқ пайдо бўлади?

Ечилиши. Ҳар иккала соат маятникларининг тебраниш давларини солиштирамиз:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}; \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_1}},$$

бунда g_1 — тоғ чўққисидаги оғирлик куч тезланиши.

$$\frac{T_1}{T_0} = \sqrt{\frac{g_0}{g_1}}.$$



236- расм.

Бутун олам тортишиш қонунига кўра
 $g_0 = \gamma \frac{M}{R^2}$ ва

$g_1 = \frac{\gamma M}{(R+h)^2}$, бунда R — Ер радиуси.

$$\frac{T_1}{T_0} = \sqrt{\frac{(R+h)^2}{R^2}} = \sqrt{\frac{R^2 + 2Rh + h^2}{R^2}}$$

h^2 катталикини ҳисобга олмай, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} \frac{T_1}{T_0} &= \sqrt{\frac{R^2 + 2Rh}{R^2}} = \sqrt{\frac{6400^2 + 2 \cdot 6400 \cdot 5}{6400^2}} \\ &= \sqrt{\frac{6404,2}{6400}} = 1,00066. \end{aligned}$$

Демак, тоғ чўққисида маятникнинг тебраниш даври 0,00066 қисмга ортади, бу эса ҳар суткада $24 \cdot 3600 \text{ сек} \cdot 0,00066 = 57 \text{ сек}$ ни ташкил қилади. Тоғ чўққисига ўрнатилган соат 57 сек га орқада қолади.

754 (э). Даври 2 сек бўлган маятникнинг узунлигини ҳисобланг ва уни қўлда ясанг. Соат ёрдамида маятникнинг тебраниш даврини ўлчанг ва уни маятникнинг массасига ва амплитудасига боғлиқми ёки йўқ эканлигини текшириб кўринг.

Жавоби. $l \approx 1 \text{ м}$.

755. Минут стрелкасининг узатиш механизми 236- расмда кўрсатилган девор соат „ходик“ маятникнинг узунлигини¹ ва тебранишлар даврини ҳисоблаб топинг.

Ечилиши. Минут стрелкаси 1 соат = 3600 сек да бир марта айланади. Оралиқ шестерня бу вақтда $\frac{66}{6} = 11$ марта айланади. Оралиқ шестерня бир марта айланганда юқориги шестерня $\frac{60}{6} = 10$ марта айланади. Демак, юқориги шестерня ҳаммаси бўлиб 110 марта айланади. Маятник тўлиқ бир тебранганда бир тишга бурилади, шунинг учун маятник бир соатда $110 \cdot 40 = 4400$ марта тебранади.

$$T = \frac{3600 \text{ сек}}{4400} = 0,82 \text{ сек};$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{0,82^2 \text{ сек}^2 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,17 \text{ м}.$$

¹ Физик маятникнинг келтирилган узунлиги назарда тутилади.

3. Эластик тебранишлар. Тебранма ҳаракатда энергиянинг бир турдан бошқа турга айланиши

Бу темани ўрганишда эластик тебранишлар кинематикаси ва динамикаси бўйича масалалар ечилади. Бунда тебранишларнинг умумий ва ўзига хос томонларини аниқлаш учун эластик тебранишларни юқорида қаралган маятник тебранишлари билан солиштириш фойдалидир.

Масалаларни ечишда Ньютоннинг иккинчи қонунини, Гук қонунини ва гармоник тебранма ҳаракат кинематикаси формуласини қўллаш талаб қилинади.

Массаси m бўлган жисмнинг эластик гармоник тебранишлар даври $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ формула бўйича аниқланади (№758). Агар k нинг қиймати маълум бўлса, бу формуладан турли гармоник тебранишлар даврини аниқлаш мумкин. Эластик тебранишлар учун k — бикрлик коэффиценти, математик маятник тебранишлари учун эса $k = \frac{mg}{l}$ (№ 748).

Тебранма ҳаракатда энергиянинг бир турдан бошқа турга айланиши ҳақидаги масалаларда асосан кинетик энергиянинг потенциал энергияга айланиши қаралади. Бироқ сўзувчи тебранишларда эса механик энергиянинг ички энергияга айланиши ҳисобга олинади.

Эластик тебранишларнинг кинетик энергияси

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}.$$

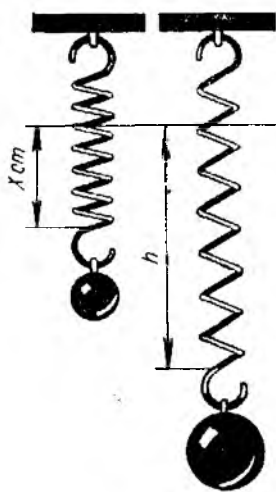
$$\text{Потенциал энергия } W_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}.$$

756 (э). Битта пружинага осилган турли массали жисмларнинг тебраниши фарқ қиладими? Қандай? Жавобни тажрибада текширинг.

Жавоби. Жисмнинг массаси катта бўлса, унинг тебраниш даври ҳам катта бўлади. $a = \frac{F}{m}$ формуладан, бир хил эластиклик кучи таъсирида катта массали жисм кичик тезланишга эга бўлади ва, бинобарин, у секин ҳаракат қилади. Буни динамометрга осилган турли массали жисмларни ҳаракатга келтириб текшириш мумкин.

757 (э). Пружинага юк осиб, уни чўзилмайдиган қилиб ушлаб турилди. Агар пружинадан таянч олиб ташланса, юкнинг қандай ҳаракатланишини тушунтириб беринг. Жавобингизни тажрибада текширинг.

Ечилиши. Юкни ластга эркин тушадиган қилиб қўйиб юборамиз. У ҳолда юк пружинани h катталиқка чўзади, буни $\frac{kx^2}{2} = mgh$; $h = \frac{2mg}{k}$ муносабатдан аниқлаш мумкин.



237- рasm.

Энергиянинг сақланиш қонунига кўра юк юқорига ҳаракатланиб h баландликка кўтарилади, яъни амплитудаси h га тенг бўлган тебранма ҳаракат қилади. Агар юк пружинага осиб қўйилса, у пружинани $x_{ст}$ (237-рasm) катталиikka чўзади. $mg = kx_{ст}$ бўлгани учун $k = \frac{mg}{x_{ст}}$ ва $h = 2x_{ст}$. Демак, юкнинг тинч осилиб турган ҳолати унинг маркази бўлиб, бу тебранишлар маркази бўлади. Бу хулосани „юмшоқ“ узун пружинада, масалан, „Архимед челакчаси“ деб аталган асбобда ишлатиладиган пружина ёрдамида текшириб кўриш мумкин.

758. Массаси $m = 1,00$ кг бўлган жисм бикрлиги $k = 400$ н/м бўлган пружина таъсирида горизонтал текисликда a стержень бўйлаб (238-рasm) ишқаланишсиз тебранади. Энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, жисмининг тебраниш даврини аниқланг.

Ечилиши. Четки ҳолатларда жисмининг барча энергияси потенциал энергия, ўртада эса кинетик энергия ҳисобланади. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан

$$W_{п макс} = W_{к макс};$$

$$W_{п макс} = \frac{kA^2}{2}; \quad W_{к} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2 \cdot \cos^2 \omega t}{2}.$$

Мувозанат ҳолати учун $\omega t = 0$. Демак,

$$W_{к макс} = \frac{mA^2\omega^2}{2} = \frac{mA^2 2\pi^2}{T^2} x. \quad \frac{kA^2}{2} = \frac{mA^2 2\pi^2}{T^2},$$

бундан

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{1,00 \text{ кг}}{400 \text{ н/м}}} = 0,314 \text{ сек.}$$

759 (э). Резинка иппинг бикрлик коэффиценти k ни топинг ва унга осилган массаси $m = 100$ г бўлган юкнинг тебраниш даврини ҳисобланг. Жавобни тажрибада текширинг.

Ечилиши. Масалада берилган саволларга жавоб бериш учун ўқувчиларда резинка ип, массаси 100 г бўлган юкча,



238- рasm.

чиғиш ва секундомер бўлиши керак. Юкни илга осиб аввал k катталиқ ҳисоблаб топилади. k катталиқ сон жиҳатидан илги узунлиқ бирлигига чўзадиган кучга тенг. Тажрибалардан бирида қуйидаги натижалар олинган. Илгиринг дастлабки узунлиги $l_0 = 37$ см, кейинги узунлиги $l_1 = 90$ см. Бундан $\Delta l = 90$ см — 37 см = 53 см.

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{1 \text{ н}}{0,53 \text{ м}} \approx 0,019 \frac{\text{н}}{\text{м}}.$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{0,1 \text{ кг}}{0,019 \text{ н/м}}} \approx 2,4 \text{ сек.}$$

Юкнинг 10—20 марта тўла тебраниши учун кетган вақтни секундомер ёрдамида аниқлаб, ҳисоблаб топилган даврнинг тажрибадан олинган натижага мос тушишига ишонч ҳосил қилинади.

760*. 757- ва 758- масалаларнинг ечимларидан фойдаланиб, вагоннинг рессорларда тебранишлари даврини аниқланг. Вагоннинг статик ўтириши 250 мм га тенг.

$$\text{Ечилиши. } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \quad k = \frac{mg}{x_{\text{ст}}}.$$

$$\text{Демак, } T = 2\pi \sqrt{\frac{mx_{\text{ст}}}{mg}} \approx 2 \sqrt{x_{\text{ст}}}.$$

$x_{\text{ст}}$ ни билган ҳолда жисмнинг эластик тебраниш даврини осон аниқлаш мумкин бўлган формулани топдик.

$$T = 2 \cdot \sqrt{0,25} = 1 \text{ сек.}$$

761 (э). Массалари 100, 300, 400 г юк солинган „Архимед челакчаси“ таъсиридан пружинанинг тебраниш даврини $T = 2\pi \sqrt{x_{\text{ст}}}$ формуладан фойдаланиб ҳисобланг, сўнгра тажрибада текшириб кўринг.

762. $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ формуладан фойдаланиб, математик маятникнинг тебранишлар даври формуласини чиқаринг.

Ечилиши. Математик маятник учун $k = \frac{mg}{l}$, шунинг учун

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{l}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

763. 758- масаланинг шартини ва ечимидан фойдаланиб, пружинанинг эластиклик кучи ўзгарадиган қонунини топинг ва агар четки ҳолатларда жисм 2 ж энергияга эга бўлса, мавжуд гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг.

Ечилиши. $F = -mA\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$.

$\varphi_0 = 0$ деб қабул қиламиз. Тебраниш амплитудаси A ни $W_n = \frac{kA^2}{2}$ формуладан топамиз.

$$A = \sqrt{\frac{2W_{\pi}}{k}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \text{ ж}}{400 \text{ н/м}}} = 0,1 \text{ м};$$

$$F = -1 \text{ кг} \cdot 0,1 \text{ м} \frac{4\pi^2}{(0,314)^2 \cdot \text{сек}^2} \sin \frac{2\pi}{0,314 \text{ сек}} t = -40 \sin 20 t (\text{н}).$$

Шунга ўхшаш, масса, амплитуда ва даврнинг қийматларини силжиш, тезлик ва тезланишларнинг умумий формуласига қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$x = 0,1 \sin 20 t; v = 2 \cos 20 t; a = 40 \sin 20 t.$$

Шунингдек тезланиш формуласини куч формуласи $a = \frac{F}{m}$ дан фойдаланиб ҳосил қилиш мумкин.

764. Массаси $m = 0,1 \text{ кг}$ ва узунлиги $l = 1 \text{ м}$ бўлган математик маятник 5 см га четлатилди. Мувозанат ҳолатидан $x = 2 \text{ см}$ масофада у қандай тезлик v , тезланиш a ва потенциал энергия W_{π} га эга бўлади?

Ечилиши. Даставвал тебраниш даври T , бурчак частотаси ω ва маятникнинг мувозанат ҳолатидан бошлаб қилган ҳаракат вақти t ни топамиз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \approx 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1 \text{ м}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}}} \approx 2 \text{ сек}; \omega = \frac{2\pi}{2 \text{ сек}} = \pi \frac{1}{\text{сек}},$$

t ни топини учун $x = A \sin \omega t$; $2 \text{ см} = 5 \text{ см} \cdot \sin \pi t$ формуладан фойдаланамиз, бундан

$$t \approx 0,13 \text{ сек}; v = A \omega \cos \omega t = 5 \text{ см} \cdot \pi \frac{1}{\text{сек}} \cos \pi t = 8,5 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

$$\text{Абсолют қиймат бўйича } a = A \omega^2 \sin \omega t \approx 20 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}.$$

$$W_{\pi} = \frac{kx^2}{2} = \frac{mgx^2}{2l} \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ ж}.$$

765 (э). Маятник ясанг ва тебранма ҳаракатнинг сўниши ортганда унинг тебранишлар даври қандай ўзгаришини тажрибада текшириб кўринг. Сўнувчи тебранишларда энергия нималарга сарф бўлади?

Ечилиши. Тажриба учун столга суркалувчи чўткага эга бўлган маятник тебранишларининг сўнишидан, сувга қисман ёки тўлиқ ботирилган (шу жумладан пружинали) маятник тебранишларининг сўнишидан фойдаланиш мумкин.

Тажрибалардан бирида қуйидаги маълумотлар олинган эди. Маятникнинг узунлиги $l = 90 \text{ см}$, массаси $m = 100 \text{ г}$ (механикада берилган тарози тошлари наборидан олинган). Ҳавода маятникнинг тебраниш даври $T = 1,9 \text{ сек}$. Тош сувда бўлганда маятникнинг тебраниш даври $T = 2,3 \text{ сек}$. Сўнувчи тебранишлар қанча кучли бўлса, унинг даври ҳам шунча катта бўлиши тажрибадан кўриниб турибди. Буни маятникка таъсир

этувчи ишқаланиш кучлари унинг ҳаракатини секинлаштиришидан ҳам билиш мумкин. Маятникнинг механик энергияси жисмнинг (ҳаво, сув, ип ва бошқалар) ички энергиясига айланади, бунда жисм қизийди.

4. Фаза силжиши. Тебранишларни қўшиш

Фаза ҳақидаги, айниқса фаза силжиши ҳақидаги тушунчаларни ўқувчилар яхши ўзлаштира олмайдилар. Фаза — бу маълум бир вақтдаги тебранишни характерловчи физикавий катталикидир. $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ формулага мувофиқ тебранишнинг ҳолатини, масалаи, нуқтани мувозанат ҳолатидан четга олиши билан характерлаш мумкин. А, ω ва φ_0 ларнинг берилган қийматларида x нинг қиймати $\varphi = \omega t + \varphi_0$ бурчак катталигидан бир қийматли топилгани учун тебранма ҳаракат тенгламаларидаги φ бурчак қийматини одатда фаза деб атайдилар.

t вақт давр улушлари билан ўлчаниши мумкин. Демак, фаза тебраниш бошлангандан ўтган давр улушига пропорционалдир. Шунинг учун тебраниш фазаси деб, тебраниш бошлангандан ўтган давр улушлари билан ўлчанадиган катталикка айтилади.

Гармоник тебранма ҳаракатларни қўшишга онд масалаларни кўпинча шартларни аста-секин қийинлаштира бориб график усулда ечилади. Дастлаб фақат амплитуда жиҳатидан фарқ қилувчи тебранишлар, сўнгра амплитуда ва бошлангич фаза жиҳатидан фарқ қилувчи тебранишлар ва ниҳоят амплитудаси, фазаси ва даврлари турлича бўлган тебранишлар қўшилади.

Бу масалаларнинг ҳаммаси бир типдаги масалалар бўлиб, ечини методикаси бўйича мураккаб эмас, бироқ чизмаларни синчиклаб аниқ бажаришни талаб қилади. Жадваллар тузишни ва синусоидалар чизишни енгиллаштириш учун уларнинг шаблонларини картон ёки тунокадан қирқиб тайёрлаш мақсадга мувофиқдир. Бир трафаретда уч-тўртта синусоида ясаш мумкин. Бу мослама ўқувчилар диққатини синусоидаларнинг чизилишига эмас, балки тебранишларни қўшишга ва синусоидаларнинг ўзаро жойлашишига қаратиш имкониятини тугдиради. Бироқ ўқитувчи бундай ёрдамчи усулларни қўлланида ўқувчиларнинг синусоида ва косинусоида графикларини чиза олишларига ишончи комил бўлиши керак. Ўқувчиларнинг асосий диққатини бир хил даврли ва фазали тебранишларни қўшишга қаратиш керак, бу уларнинг резонанс ҳодисасини тушунишларига имкон беради.

Ўқувчиларнинг математикадан олган билимларидан фойдаланиб, гармоник тебранишларни аналитик усулда қўшишга онд қатор масалаларни ечиш мумкин. Бунда қуйидаги ҳоллар катта қизиқиш тугдиради:

1) Даврлари ва фазалари бир хил бўлган икки тебранишни қўшиш:

$$x = A_1 \sin \omega t + A_2 \sin \omega t = (A_1 + A_2) \sin \omega t.$$

Тебраниш амплитудалари бир хил ва турлича бўлиши мумкин.

2) Даврлари бир хил, бироқ амплитудалари ва фазалари ҳар хил бўлган икки тебранишни қўшиш. Умумий кўринишда бундай тебранишларни қўшиш натижаловчи силжишни беради.

$$x = A_1 \sin (\omega t_1 + \varphi_1) + A_2 (\omega t_2 + \varphi_2) = A \sin (\omega t + \varphi),$$

бунда

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos (\varphi_1 - \varphi_2)},$$

φ нинг қиймати эса

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}.$$

формуладан топилади.

Урта мактабда бу масалани бундай умумий кўринишда барча ўқувчилар билан бирга ечишга эҳтиёж йўқ. $A_1 = A_2$ ва фазалар фарқи $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi$ ёки $\frac{\pi}{2}$ бўлганда хусусий ҳолни қараб чиқиш kifoya. Бу ҳол масалани (771- масалага қаранг) ўқувчиларга тулиқ тушунарли бўлишига имконият яратади ва ундан даврлари бир хил, лекин фазалари турлича бўлган иккита гармоник тебранишларнинг қўшилишидан ҳосил бўладиган тебранишлар ҳақида муҳим хулосалар чиқаришга тўққонлик қилмайди.

766. Учаётган қушнинг қаноти бир хил фазада бўладими ёки турличами? Юриб бораётган одамнинг қўллари-чи? Теплоход тўлқинининг чуқур ва дўнг қисмига тушиб қолган иккита пайраха-чи?

Ечилиши. Саноқ боши, шунингдек ҳаракатнинг мусбат ва манфий йўналиши (масалан, чапга ва пастга) ҳақида шартлашиб олиниб, учиб бораётган қушнинг қаноти бир томонга ва бир хил ҳаракатланади, улар бир хил фазада бўлади; одамнинг қўли ва шунингдек пайраҳалар мувозанат ҳолатдан бир хил масофага четлашган бўлиб, қарама-қарши томонларга ҳаракатланади — турли, яъни „қарама-қарши“ фазаларда бўлади.

767 (э). Иккита бир хил маятникни осиб, уларни турли томонга бир хил масофага оғдириб, тебранма ҳаракатга келтиринг. Юзага келган тебранишларнинг фазалар фарқи қандай? Вақт ўтиши билан фазалар фарқи камайдими?

Ечилиши. Маятникларнинг ҳаракати $x_1 = A \sin \omega t$; $x_2 = -A \sin \omega t = A \sin (\omega t + \pi)$ тенгламалар ёки умумий ҳолда $x_2 = A \sin (\omega t + 2k\pi)$ тенглама билан баён этилади, бунда k —

бутун сон. Берилган ҳаракатлар учун фазалар фарқи

$$\omega t + 2k\pi - \omega t = 2k\pi$$

вақт ўтиши билан ўзгармайди.

768 (э). Узунликлари ҳар хил бўлган маятниклар олиб, аввалгига ўхшаш тажриба қилинг. Маятниклар бир хил йўналишда ҳаракатланадиган момент юзага келадими? Олинган маятниклар учун қанча вақт ўтгандан кейин бу ҳол содир бўлишини ҳисобланг.

Ечилиши. Ҳаракатлар тебраниш давлари ва фазалари билан фарқ қиладилар:

$$x_1 = A \sin \omega_1 t;$$

$$x_2 = A \sin (\omega_2 t + \pi).$$

Маятникларнинг тебраниш фазалари бир хил бўлганда, улар бир йўналишда ҳаракатланадилар:

$$\omega_1 t = \omega_2 t + \pi, \text{ бундан } t = \frac{\pi}{\omega_1 - \omega_2}.$$

769. 239- расмда тўртта тебранма ҳаракатнинг графиги берилган. Ҳар бир тебранма ҳаракатнинг бошланғич фазасини ва I ва II, I ва III, I ва IV; II ва III, II ва IV; III ва IV (21, № 528) тебранишлар учун фазалар силжишини аниқланг.

Ечилиши. 1- усул. Графикларда $t=0$ да тўртта маятникнинг тебранишлари кўрсатилган деб фараз қиламиз. I маятник тебрана бошлаганда II маятник энг четки ҳолатига четлашган, III маятник мувозанат ҳолатига қайтган, IV маятник эса қарама-қарши томонда энг четки ҳолатига четлашган бўлади. Бу мулоҳазалардан фазалар фарқи

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi_{21} = \frac{\pi}{2}; \Delta\varphi_{31} = \pi; \Delta\varphi_{41} = \frac{3}{2}\pi;$$

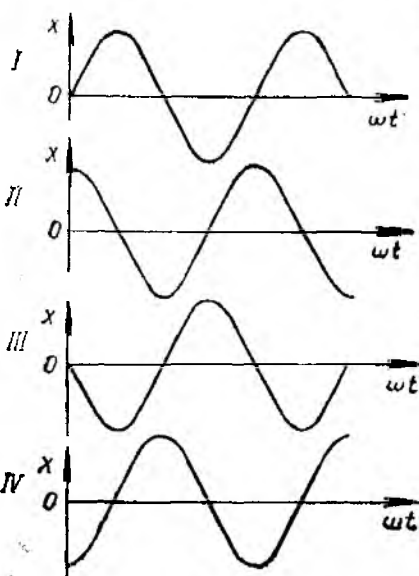
$$\Delta\varphi_{32} = \frac{\pi}{2}; \Delta\varphi_{42} = \pi \text{ ва } \Delta\varphi_{43} = \frac{\pi}{2}$$

эгани келиб чиқади.

2- усул. Барча тебранишлар гармоник бўлгани учун уларни

$$x = A \sin (\omega t + \varphi_0) \quad A \sin \varphi$$

тенглама кўринишида ёзиш мумкин.



239- расм.

Барча тебранишларни бирор аниқ вақтда, масалан, $t=0$ да қараб чиқамиз. Бунда x нинг ишораси тригонометрик функциянинг ишораси билан аниқланишини эътиборга оламиз. А нинг қиймати абсолют қиймат бўйича, яъни мусбат ишорада олинади.

I. $x_1=0$; $0=A \sin \varphi_1$; чунки бундан кейинги вақт моментларида $x > 0$, бинобарин, $\varphi > 0$, шунинг учун $\varphi_1=0$.

II. $x_2=A$; $A=A \sin \varphi_2$; $\sin \varphi_2=1$; $\varphi_2=\frac{\pi}{2}$.

III. $x_3=0$; $0=A \sin \varphi_3$; чунки кейинги вақт моментларида $x < 0$, бинобарин, $\varphi > \pi$, $\varphi_3=\pi$.

IV. $x_4=-A$; $-A=A \sin \varphi_4$; $\sin \varphi_4=-1$; $\varphi_4=\frac{3}{2}\pi$.

Тегишли ҳисоблашларни бажариб, биринчи ечимда олган $\Delta\varphi_{21}=\frac{\pi}{2}$, $\Delta\varphi_{31}=\pi$ ва ҳоказо натижани оламиз.

Иккинчи ечимнинг узундан-узоқ бўлишига қарамай, ундан ўқувчиларда гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини қўллаш малакасини шакллантиришда фойдаланиш керак.

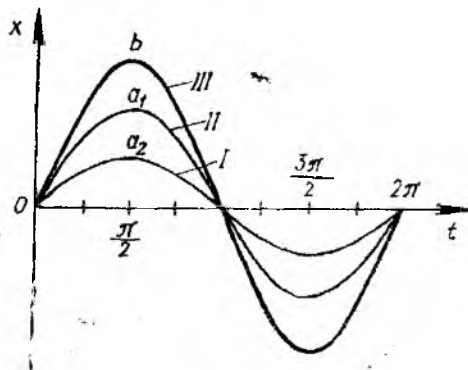
770. Даврлари ва фазалари бир хил, бирининг амплитудаси $A_1=2,5$ см, иккинчисиники $A_2=5$ см бўлган иккита тебранма ҳаракатни қўшинг. Натижаловчи тебранма ҳаракат қандай амплитудага эга бўлади?

Ечилиши. 1. усул. I ва II тебранишларнинг синусоидаси, чизилади (240- расм).

Жадвал бўйича синусоида чизганда фазанинг; $0, 45^\circ, 90^\circ$ ва бошқа 9 та характерли қийматларини олиш кифоя. Натижаловчи тебраниш амплитудаси, биринчи ва иккинчи тебранишлар амплитудалари йиғиндиси каби ўша фазалар учунгина топилади (III график).

2- усул.

$$A_1 \sin \omega t + A_2 \sin \omega t = (A_1 + A_2) \sin \omega t = A \sin \omega t.$$



240- расм.

Демак, натижаловчи тебраниш амплитудаси $A=2,5$ см + 5 см = $7,5$ см ва тебраниш $x=7,5 \sin \omega t$ қонуни бўйича бажарилади. Тригонометрик жадваллардан фойдаланиб, берилган формула бўйича натижаловчи тебраниш синусоидаси чизилади.

771. Даврлари ва амплитудалари бир хил бўлган иккита тебранишни қўшинг. Бунда қуйидаги ҳолларни кўринг: тебра-

нишлар бир-биридан фаза бўйича фарқ қилмайди; фазалар фарқи $\pi/2$ га тенг; фазалари π га фарқ қилади.

Ечилиши. 1- усул. Биринчи ҳол ($\Delta\varphi=0$) бундан аввалги масалада берилган ҳолга ўхшаш бўлиб, алоҳида тушунтиришларни талаб қилмайди.

Иккинчи ҳол учун ($\Delta\varphi=$
 $=\frac{\pi}{2}$) тебранишларни қўшиш 241-а расмда кўрсатилган.

Фаза бўйича π га фарқ этувчи тебранишларни қўшиш 241-б расмда кўрсатилган.

2- усул. Ҳар бир ҳол учун натижаловчи тебраниш тенгламасини келтириб чиқарамиз: $x = A \sin \omega t + A \sin \omega t = 2A \sin \omega t$. Натижаловчи тебраниш аввалгидек частотага ва икки марта катта амплитудага эга.

Иккинчи ва учинчи ҳол учун қуйидаги тенгламаларни ёзиш мумкин:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) + A \sin \omega t = 2A \sin\left(\frac{\omega t + \varphi_0 + \omega t}{2}\right) \times \\ \times \cos\left(\frac{\omega t - \varphi_0 - \omega t}{2}\right) = 2A \sin\left(\omega t + \frac{\varphi_0}{2}\right) \cos \frac{\varphi_0}{2},$$

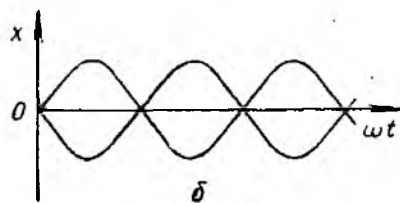
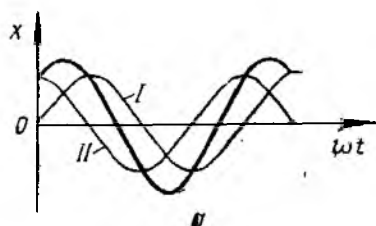
бунда φ_0 — икки тебраниш орасидаги фазалар фарқи.

$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ да тенглама $x = 2A \cos \frac{\pi}{4} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) =$
 $= \sqrt{2} A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) \approx 1,41 A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$ кўринишни олади.

Бу формуладан фазалар бўйича фарқ қилувчи бир хил даврли икки гармоник тебранишларни қўшганда шундай даврли, бироқ амплитуда ва бошланғич фазаси қўшилувчи тебранишларникига қараганда бошқачароқ бўлган гармоник тебранишлар ҳосил бўлиши кўриниб турибди.

$\varphi_0 = \pi$ да $x = 0$. Демак, қўшиш натижаси фазалар фарқига боғлиқ. Фазалар фарқи $\Delta\varphi = \pi$ ва амплитудалар тенг бўлганда бир тебраниш иккинчисини бутунлай „сўндиради“.

Ечимларни анализ қилиб, қўшилувчи тебранишларнинг фазалар фарқи ноль (резонанс) бўлган ҳолда натижаловчи тебранишнинг энг катта амплитудага эга бўлишига алоҳида эътибор бериш керак.



241- расм.

772. Кеманинг чайқалиши тўлқиннинг тебраниш даврига қандай боғланган?

Жавоби. Тўлқиннинг тебраниш даври кеманинг хусусий тебраниши даврига мос келганда чайқалиш энг катта бўлади.

773. Нима учун карьердан тош, қум ва ҳоказолар ташийдиган самосваллар юрадиган йўлларда вақт ўтиши билан даврий такрорланиб турувчи чуқурчалар ҳосил бўлади?

Жавоби. Сезиларсиз нотекисликнинг бўлиши маълум тебраниш даврига эга бўлган кузовнинг ҳаракатга келишига сабаб бўлади, натижада самосвал ҳаракатланганда тупроқда даврий равишда кучли ва кучсиз юклашиш юзага келади, бу эса йўлда чуқурчалар ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

774. 760- масала ечимидан фойдаланиб, ҳаракат тезлиги v қандай бўлганда вагоннинг энг катта вертикал тебраниши юзага келишини аниқланг. Рельснинг узунлиги l м.

Ечилиши. Вагоннинг тебраниш даври $T=1$ сек.

Агар шу тебраниш частотаси билан гилдиракнинг рельс туташмаларига урилиши мос тушса, у ҳолда резонанс юз беради.

$$v = \frac{l}{T} = l \frac{1}{1 \text{ сек}} \quad (775\text{- масалага қаранг}).$$

775. Тебранувчи жисмнинг хусусий частотаси мажбурий куч частотасига тенг бўлгандагина мажбурий тебраниш энг катта ўлчамга эга бўлади деб айтилган даъво тўғрими? Даъвони тасдиқлашга мисоллар келтиринг.

Жавоби. Гармоник қонун бўйича ўзгармасдан балки даврий қонун бўйича ўзгарадиган куч даври, жисмнинг хусусий давридан бутун сон марта кичик бўлган ҳолда ҳам резонанс содир бўлиши мумкин.

Аргимчоқни тебратганда унга айрим тебранишларда таъсир этувчи даврий турткилар мисол бўлиши мумкин. Шунга мувофиқ олдинги масаланинг жавобини ойдинлаштириш керак. Резонанс, поезднинг тезлиги $v=1$ м/сек бўлгандагина эмас, балки ундан n марта катта бўлган тезликда ҳам содир бўлиши мумкин, бунда n — бутун сон.

5. Тебранишларнинг эластик муҳитда тарқалиши. Тўлқинлар

Бу темада асосан турли муҳитларда товуш тўлқинларининг тарқалиши ҳақидаги масалалар ечилади. Масалаларнинг асосий типлари қуйидаги формулалар бўйича ечилади.

1. $s=at$. Бу формулага мувофиқ тўлқин босиб ўтган s масофа, t вақт ва у ёки бу муҳитда тебранишнинг тарқалиш тезлиги a топиладиган масалалар тузилади ва ечилади. Бунда a тезлик тушунчасининг нуқтанинг гармоник тебраниш тезлиги

v дан кескин фарқ қилишнинг ўқувчилар онгига сингдириш керак. a тезлик берилган муҳит учун ўзгармас катталиқдир. Бу тезлик фазода тўлқиннинг бирор-бир фазаларининг тарқалиш тезлигини характерлагани учун уни фазавий тезлик ҳам деб юрғитилади.

Гармоник тебранма ҳаракат тезлиги v эса ўзгарувчан катталиқдир. У $v = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ қонун бўйича ўзгаради. Бу t вақтдаги нуқта тебранишининг оний тезлиги.

2. $\lambda = aT$; $T = \frac{1}{f}$, бунда f — тебраниш частотаси (гц да).

Бу тема бўйича масалалар ечганда даставвал асосий формула сифатида $\lambda = aT$ формуладан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир (бу формуладан кейинчалик керакли ҳосилавий ифодалар олинади: $\lambda = \frac{a}{f}$; $f = \frac{a}{\lambda}$ ва бошқалар), чунки бу боғланиш аёний талқин этишга имкон беради: λ тўлқин узунлиги a тезлиги тўлқин жараёнининг T вақтдаги тарқалган масофасига тенг.

3. $x = A \sin \omega \left(t - \frac{l}{a} \right)$ тўлқин тенглама, бунда A — тебраниш амплитудаси, t — санок бошланган вақт, l — тебраниш марказидан нуқтагача бўлган масофа, a — тўлқиннинг тарқалиш тезлиги.

Ўқувчилар тўлқин тенгламасини гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ билан чалкаштирмаслиқлари керак, чунки гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси бир нуқтанинг мувозанат ҳолатдан четга силжишини характерласа, шу вақтда тўлқин тенгламаси турли нуқталарнинг тўлқиннинг тарқалиши йўналишида мувозанат ҳолатдан четланишини ифодалайди. Тўлқин тенгламаси кўп ҳолларда табиатда яққол қўриш мумкин бўлган (шнурдаги тўлқин, сувдаги тўлқин ва ҳоказо) манзарани чизса, гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси эса x силжишининг t вақтга боғлиқлигининг математик ифодасини характерлайди.

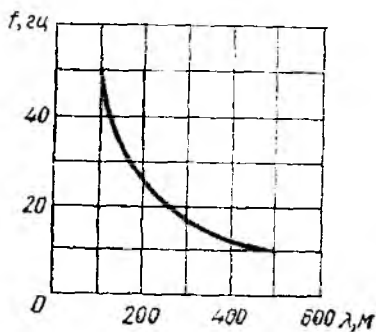
Товуш ҳақида масалалар ечганда рояль интерваллари мисолида музика интерваллари ҳақидаги тушунчани киритиш мақсадга мувофиқдир.

Икки хил мусикий тон тебранишларининг нисбати улар орасидаги интервал деб аталади. Агар бу нисбат 2 га тенг бўлса, у ҳолда тонлар октавага фарқ қилади дейилади.

776. Ҳовузнинг ўртасида копток сузиб юрибди. Бола коптокни қирғоққа ҳайдаш учун ёғоч билан тўлқин ҳосил қилди. У шу йўл билан коптокни четга чиқара оладими?

Жавобий. Йўқ. Қўндаланг тўлқиннинг тарқалиш йўналишида моддий нуқта силжимади.

777. Чўянда товушнинг тарқалиш тезлигини биринчи марта француз олими Био қўйидагича аниқлаган эди. Чўян труба-нинг бир учига занг урилди, бунда трубанинг иккинчи учи-



242- расм.

даги кузатувчига иккита товуш: дастлаб чўян бўйлаб келган бир товуш, бир оз вақт ўтгандан сўнг ҳаво бўйлаб келган иккинчи товуш эшитилди. Трубанинг узунлиги 930 м, етиб келган товушлар орасидаги вақт оралиғи эса 2,5 сек бўлган. Берилган маълумотларга кўра товушнинг чўянда тарқалиш тезлигини топинг. Ҳавода товушнинг тарқалиш тезлигини 340 м/сек деб олинг¹.

Ечилиши. Товуш бир жинсли муҳитда $s = at$ формулага мувофиқ текис тарқалади. Товушнинг ҳавода тарқалиш вақти $t_x = \frac{s}{a_x}$; чўянда тарқалиш вақти эса $t_y = \frac{s}{a_y}$. Шартга кўра $t_x - t_y = \frac{s}{a_x} - \frac{s}{a_y} = 2,5 \text{ сек}$. Бу формулага катталикларнинг сон қийматларини қўйиб, қуйидагини топамиз: $a_y = 3950 \text{ м/сек}$.

778. Ўқувчи, $a = \frac{\lambda}{T}$ бўлгани учун узун тўлқинлар катта тезлик билан тарқалади деб жавоб беради. Ўқувчининг бу жавоби тўғрими? Ўзингизнинг жавобингизни мисоллар билан асосланг.

Жавоби. Нотўғри, бирор муҳитда тебранаётган тўлқиннинг узунлиги қанча катта бўлса, даври ҳам шунча марта катта бўлади. Шунинг учун частотаси ҳар хил бўлган тебранишларнинг тарқалиш тезлиги бир хил бўлади. Акс ҳолда биз концерт залида дастлаб паст, сўнггра баланд товушларни эшитган бўлуver эдик.

779. 242- расмда тасвирланган эгри чизиқ темирда товушнинг тўлқин узунлиги тебраниш частотасига боғлиқ ҳолда қандай ўзгаришини кўрсатади ($t = 20^\circ\text{C}$ да). Графикдан товушнинг темирда тарқалиш тезлигини аниқланг. Товуш тезлигининг катталиги тўлқин узунликка боғлиқми?

Ечилиши. 100, 200 ва 600 м тўлқин узунлик учун товуш тезлигини аниқлаймиз.

$$a_1 = 100 \text{ м} \cdot \frac{1}{50 \text{ сек}} = 5000 \text{ м/сек. } a_2 = 200 \text{ м} \cdot \frac{1}{25 \text{ сек}} = 5000 \text{ м/сек.}$$

$$a_3 = 500 \text{ м} \cdot \frac{1}{10 \text{ сек}} = 5000 \text{ м/сек.}$$

Товуш тезлиги тўлқин узунликка боғлиқ эмас.

¹ А. Б. Перишкин ва бошқалар. Физика, VIII синф учун дарслик. М., Просвещение, 1965, 17- бет.

780. Ҳавода тарқалган товушни сув, ер ва пўлат орқали ўзгаришсиз эшитиш мумкин. Буни қандай тушунтириш мумкин, ахир частота $f = \frac{a}{\lambda}$, товушнинг сувдаги, айниқса пўлатдаги тезлиги ҳаводаги тезлигидан бир неча марта катта-ку?

Жавоби. Тўлқин узунлик неча марта ортса, тебранишнинг тарқалиш тезлиги шунча марта ортади. Шунинг учун тебраниш частотаси ўзгармайди.

781. Стержендаги бўйлама тўлқин тезлигини $a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ формуладан топиш мумкин, бунда E — эластиклик модули (Юнг модули), ρ — муҳит зичлиги. Бу формулани ундаги катталикларнинг ўлчамлиги ёрдамида текшириб кўринг. Формула бўйича алюминийда товушнинг тарқалиш тезлигини ҳисобланг. Ечилиши. Формуланинг чап томонидаги ўлчамлик $м/сек$, ўнг томонидагиси эса

$$\sqrt{\frac{\frac{Н}{М^2}}{\frac{Кг}{М^3}}} = \sqrt{\frac{Н \cdot М^3}{М^2 \cdot Кг}} = \sqrt{\frac{Кг \cdot М \cdot М}{сек^2 \cdot Кг}} = \frac{М}{сек},$$

яъни формуланинг ҳар икки қисмидаги ўлчамлик бир хил бўлиб, бу формуланинг тўғрилигини (гарчи тўлиқ бўлмаса-да) характерловчи етарли шарт ҳисобланади.

Алюминий учун

$$a = \sqrt{\frac{0,70 \cdot 10^{11} \frac{Н}{М^2}}{9,7 \cdot 10^3 \frac{Кг}{М^3}}} = 5,2 \cdot 10^3 \text{ м/сек}$$

бўлиб, жадвалда кўрсатилгандек товушнинг алюминийдаги тезлиги қиймати билан мос тушади.

782. Частотаси $f = 500 \text{ гц}$ ва амплитудаси $A = 0,25 \text{ мм}$ бўлган товуш тебраниши ҳавода тарқалади. Тўлқин узунлиги $\lambda = 70 \text{ см}$. Ҳавода тебранишларнинг тарқалиш тезлигини ва зарраларнинг максимум тезлигини топинг (18, № 12, 57).

Ечилиши. Тебранишларнинг тарқалиш тезлиги $a = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = 0,70 \text{ м} \cdot \frac{1}{50 \text{ сек}} = 350 \text{ м/сек}$. Зарра тебрама ҳаракатининг максимум тезлиги

$$v = \omega A = 2\pi f \cdot A = 2 \cdot 3,14 \cdot 500 \text{ сек}^{-1} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,785 \frac{М}{сек}.$$

Олинган маълумотларни анализ қилиб, ўқувчилар диққатини a ва v катталикларнинг турли қийматга эга эканлигига жалб қилиш керак. Ушбу ҳолда фазавий тезлик тебранувчи ҳаво заррасининг силжишидаги максимум тезлигидан юзлаб марта каттадир.

783. Тўлқин резина шнур бўйлаб 2 гц частотада 3 м/сек тезлик билан тарқалади. Бир-биридан 75 см масофада турган нуқталар қандай фазада бўлади? (22, № 525)

Ечилиши. 1- усул. Тўлқин узунлигини аниқлаймиз:
 $\lambda = \frac{a}{f} = \frac{3 \text{ м/сек}}{2 \text{ сек}^{-1}} = 1,5 \text{ м.}$ Нуқталарнинг қарама-қарши фазаларда тебраниши тушунарли, чунки $0,75 \text{ м} = \frac{\lambda}{2}$;

2- усул. $x_1 = A \sin \omega t$; $x_2 = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega l}{a} \right)$. Фазалар фарқи

$$\Delta \varphi = \frac{\omega l}{a} = \frac{2\pi l}{T a} = \frac{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,75 \text{ м}}{\frac{1}{2} \text{ сек} \cdot 3 \text{ м/сек}} = 180^\circ.$$

Демак, нуқталар қарама-қарши фазаларда тебранади.

784*. Рояль 7 та октавага эга. Энг паст топи $la_{-1} \sim 27 \text{ гц}$; Бошқа октаваларда la тонга қандай частота мос келади?

Ечилиши. $la_0 = 27 \text{ гц} \cdot 2 = 54 \text{ гц}$; $la_1 = 54 \text{ гц} \cdot 2 = 108 \text{ гц}$;

$$la_2 = 108 \text{ гц} \cdot 2 = 217 \text{ гц}; la_3 = 217 \text{ гц} \cdot 2 = 435 \text{ гц};$$

$$la_4 = 435 \text{ гц} \cdot 2 = 870 \text{ гц}; la_5 = 870 \text{ гц} \cdot 2 = 1740 \text{ гц};$$

$$la_6 = 1740 \text{ гц} \cdot 2 = 3480 \text{ гц}.$$

785*. Агар la_3 нотага 435 гц частота мос келса, 3- октаванинг асосий ноталарига мос келувчи тебранишлар сонини ҳисобланг, октава топлари орасида қуйидаги муносабат мавжуд:

do_3 1	re_3 9/8	mi_3 5/4	fa_3 4/3	sol_3 3/2	la_3 5/3	si_3 15/8	do_4 2
-------------	---------------	---------------	---------------	----------------	---------------	----------------	-------------

Ечилиши. $do_3 = \frac{435 \text{ гц}}{5/3} = 261 \text{ гц}$. Шунга ўхшаш қуйидагиларни топамиз: $re_3 = 294 \text{ гц}$; $mi_3 = 326 \text{ гц}$; $fa_3 = 348 \text{ гц}$; $sol_3 = 392 \text{ гц}$; $si_3 = 489 \text{ гц}$ ва $do_4 = 522 \text{ гц}$.

786*. Одам қулоғи эшитадиган товуш нечта октавадан иборат?

Ечилиши. 1- усул. Одам қулоғи 16 дан 20000 гц гача бўлган товушларни эшитади. Биринчи октава 32 гц гача, иккинчиси 64 гц гача ва ҳоказо частоталарга эга эканини ҳисоблаш қийин эмас. Ҳаммаси бўлиб тахминан 10 та октава.

2- усул. Октавалар сонини бевосита ҳисоблаш ўрнига қуйидаги боғланишдан фойдаланиш мумкин: $16 \text{ гц} \cdot 2^n = 20000 \text{ гц}$. Мавжуд ифодаларни логарифмлаймиз:

$$\lg 16 + n \lg 2 = \lg 20000; n = \frac{\lg 20000 - \lg 16}{\lg 2} = 10,3 \text{ (октава)}.$$

787*. Зўрга эшитиладиган шарпа товуши 1000 гц да $I_0 = 10^{-9} \text{ эрг} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{сек}$ товуш кучига эга, кучли момақалди роқ эса товуш кучи $I = 10^{-3} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}$ бўлган тўлқинини юзага келти-

ради. Бу ҳоллар учун нормал шаронгда товуш тўлқинида ҳаво заррасининг максимум тезлиги ва силжини амплитудасини аниқланг.

Ечилиши. Тўлқинда зарранинг тебранма ҳаракат энергияси $\frac{mv^2}{2}$ га тенг, буида v — зарранинг мувозанат ҳолатдаги максимал тезлиги. Агар товуш тезлиги a см/сек бўлса, у ҳолда 1 см³ юз орқали ўтувчи тўлқин 1 сек даи кейин a см масофага тарқалади ва a см³ ҳажмдаги барча зарралар $\frac{mv^2}{2}$ энергияга эга бўлади. Фараз қилайлик, 1 см³ ҳажмда n зарра бўлсин, у ҳолда 1 сек даги энергия оқими ёки товуш кучи $I = \frac{nmv^2}{2} \cdot a$ бўлади. Бироқ nm — ҳавонинг ρ зичлигини ифода-лайди, шунинг учун товуш кучи $I = \frac{\rho v^2}{2} \cdot a$ га тенг. Бу формулани унга кирувчи катталикларининг ўлчамликлари ёрдамида текширамиз. Товуш кучи $\frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}$ ларда ўлчанади. Формуланинг ўнг қисмининг ўлчамлиги

$$\frac{2}{\text{см}^3} \cdot \frac{\text{см}^3}{\text{сек}^2} \times \frac{\text{см}}{\text{сек}} = \frac{\text{дин} \cdot \text{см}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}} = \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}.$$

Шундай қилиб, формуланинг ўнг ва чап қисмининг ўлчамликлари мос тушади, бу формуланинг тўғрилигини исботлашда етарли шарт бўлмаса-да, жуда муҳим ҳисобланади.

Биринчи ҳолда зарра тебранма ҳаракатининг максимал тезлиги

$$v_1 = \sqrt{\frac{2I}{\rho a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}}{0,00129 \frac{2}{\text{см}^3} \cdot 332 \cdot 10^3 \frac{\text{см}}{\text{сек}}}} = 6,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

Тебраниш амплитудаси

$$A_1 = \frac{v_1}{\omega} = \frac{v_1}{2\pi f} = \frac{6,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{см}}{\text{сек}}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \frac{1}{\text{сек}}} = 10^{-9} \text{ см}.$$

Шунга ўхшаш иккинчи ҳол учун қуйидагиларни топамиз:

$$v_2 = 6,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{см}}{\text{сек}} \text{ ва } A_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ см}.$$

782-масаладаги сингарини, ўқувчилар диққатини товуш тебранишларида ҳаво зарраларининг жуда кичик масофаларга, яъни молекулаларнинг ўлчамига яқин бўлган масофаларга силжини, уларнинг тебранма ҳаракатининг максимум тезлиги эса, товушнинг тарқалиш тезлигидан юз ва ҳатто милдион марта кам бўлиши мумкин эканлигига қаратиш керак.

6. Тўлқинлар интерференцияси ва дифракцияси

Интерференцияга оид масалалар ечилганда ўзгармас фазалар фарқига эга бўлган бир хил частотали ва бир хил йўналишдаги тебранишлар берувчи „когерент“ манбалар томонидан яратиладиган тўлқин интерференциясининг баъзи бир хусусий, лекин муҳим бўлган ҳоллари қаралади.

Тўлқинлар интерференциясида тўлқинлар фаза бўйича мос тушса тебраниш кучаяди, фазалар π ёки $(2n+1)\pi$ га фарқ қилса тўлқинлар бир-бирини сўндиради, бунда n — бутун сон (№ 789).

Агар тебранишлар муҳитнинг бирор нуқтасига l_1 ва l_2 масофаларда жойлашган иккита когерент манбалардан келса, у ҳолда қуйидаги тўлқин тенгламаларини ёзиш мумкин:

$$x_1 = A_1 \sin \omega \left(t - \frac{l_1}{a} \right); \quad x_2 = A_2 \sin \omega \left(t - \frac{l_2}{a} \right).$$

Фазалар фарқи $\Delta\varphi = \frac{\omega l_2}{a} - \frac{\omega l_1}{a} = \frac{2\pi}{\lambda a} (l_2 - l_1)$; $a = \frac{\lambda}{T}$; шунинг учун $\Delta\varphi = \frac{2\pi T}{\lambda} (l_2 - l_1) = \frac{2\pi (l_2 - l_1)}{\lambda}$ катталиқка тўлқинларнинг йўл айирмаси дейилади.

Агар $\Delta\varphi = \frac{2\pi (l_2 - l_1)}{\lambda} = 2n\pi$ бўлса, у ҳолда тебранишларнинг максимум кучайиши содир бўлади. Бу ҳол учун $l_2 - l_1 = n\lambda$, яъни йўл айирмаси тўлқин узунлигининг бутун сонига тенг.

Агар $\Delta\varphi = \frac{2\pi (l_2 - l_1)}{\lambda} = (2n+1)\pi$ бўлса, у ҳолда тебранишлар кўпинча бир-бирини сўндиради. Бу ҳол учун $l_2 - l_1 = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$, яъни йўллар айирмаси ярим тўлқин узунлигининг тоқ сонига тенг.

Частоталари бир хил бўлган, бир-бирига қарама-қарши йўналган иккита тўлқиннинг қўшилишидан ҳосил бўлган интерференция катта қизиқиш туғдиради. Бу ҳолда турғун тўлқинлар ҳосил бўлади. Демак, турғун тўлқинлар бирор-бир тўсиққа тушувчи ва қайтувчи тўлқинларнинг қўшилиши натижасида ҳосил бўлади. Турғун тўлқинлар ҳосил бўлишининг бундай ҳоли торларда, эластик стерженларда ва ҳаво устунларида турғун тўлқинлар ҳосил бўлиши мисолида масалалар ечганда бирмунча батафсилроқ қараб чиқилади.

Тўлқин қўзғалмас девордан қайтганда фаза жиҳатидан π бурчакка орқада қолади (ярим тўлқин йўқотади). Бу ҳодисани юзага келтириш ва сўнгра масала ечганда ундан фойдаланиш мумкин.

Агар ясси тўлқин ўзининг тўлқин узунлигига қараганда катта бўлган ясси сиртга тушса, у ҳолда тушиш бурчаги қайтиш

бурчагига тенг бўлади, буни катта сиртлардан қисқа импульсларнинг қайтишини кузатиш ёрдамида текшириш мақсадга мувофиқдир.

Тўлқинлар дифракцияси ҳодисаси сифат жиҳатидан қаралади.

788. Эластик пластинка — вибратор ёрдамида (243-расм) сув сиртида иккита

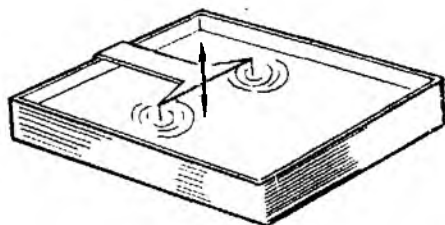
тўлқин ҳосил қилинади. Тўлқинлар интерференцияси натижасида ҳосил бўлган чуқурлик ва дўнгликлар ҳолатини чизма орқали аниқланг. Когерент манбалар орасидаги масофа 10 см, тўлқин узунлик 5 см.

Ечилиши. Дафтарнинг тўлиқ бетига a ва b когерент манбаларни белгилаймиз (244-расм) ва уларнинг ҳар бирининг атрофига радиуслари $R_1 = \frac{\lambda}{2}$; $R_2 = \lambda$; $R_3 = \frac{3}{2}\lambda$ ва ҳоказо бўлган

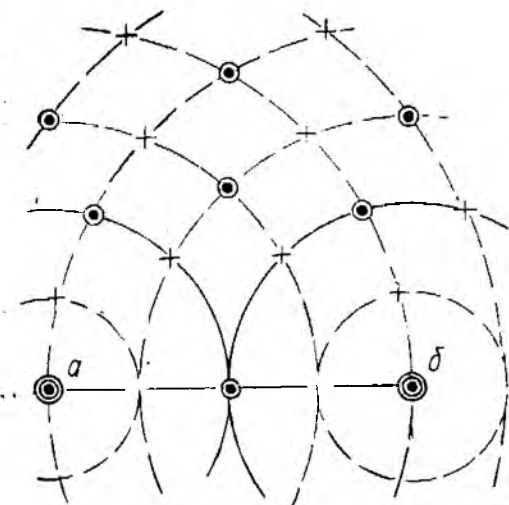
концентрик айланалар чизамиз. Радиуси тоқ ярим сонли тўлқинларга тенг бўлган айланани пунктир, жуфт ярим сонли тўлқинларга тенг бўлган айланани эса туташ чизик билан чизамиз. Айланаларнинг ab чизиқда ва ундан юқорида кесишган нуқталарини кетма-кет қараб чиқамиз. Йўллар айирмаси жуфт ярим сонли тўлқинларга тенг бўлган (дўнглик) нуқтани, масалан, доирачалар билан, тоқ ярим сонли тўлқинларга тенг бўлган (чуқурлик) нуқтани эса, крест билан белгилаймиз. Натижада 244-расмда кўрсатилган манзарани ҳосил қиламиз. ab чизиқдан

пастга жойлашган соҳалар учун ечимни симметриялар мулоҳазасидан топамиз.

789. 788-масаланинг шarti бўйича a ва b тебраниш манбаларидан мос ҳолда: а) $l_1 = 50$ ва $l_2 = 40$ см; б) $l_3 = 50$ ва $l_1 = 32,5$ см ва в) $l_3 = 45$ ва $l_6 = 61,25$ см масофаларда жойлашган нуқталардаги тўлқин интерференцияларидан ҳосил бўлган тебраниш амплитудаларини аниқланг. Кўрсатилган нуқталардаги қўшилувчи тебранишларнинг амплитудаларини бир хил деб ҳисобланг.



243- расм.



244- расм.

Ечилиши. Тўлқин узунлигининг йўл айирмасини аниқлаймиз ва уни тўлқин узунлиги билан солиштирамиз. а) $\frac{l_1 - l_2}{\lambda} = \frac{50 \text{ см} - 40 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 2$. Йўллар айирмаси бутун сонли тўлқинга тенг, демак, натижаловчи тебраниш амплитудаси интерференцияланувчи тўлқин амплитудасидан икки марта катта.

б) $\frac{l_3 - l_4}{\lambda} = \frac{50 \text{ см} - 32,5 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 3,5$. Йўл айирмаси тоқ ярим сонли тўлқинга тенг, бунда тебраниш бир-бирини сўндиради. Амплитуда 0 га тенг. в) $\frac{l_5 - l_6}{\lambda} = 3,25$. Фазалар фарқи $\Delta\varphi = 6\pi + \frac{\pi}{2}$.

Ҳисоблашларнинг осон бўлиши учун $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ деб ҳисоблаб, ушбу тебранишларни қўшиб чиқамиз. $x_1 = A_0 \sin \omega t$, $x_2 = A_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$; $x = x_1 + x_2 = 1,41 A_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{4} \right)$;

$A = 1,41 A_0$ (771- масалага қаранг).

790*. С нуқта (245- расм) А ва В тебраниш манбаларидан $AC \gg AB$ масофага узоқлаштирилган. Бу ҳолда тўлқиннинг нуқтагача йўл айирмаси $AB = d$ масофага ва φ бурчакка қандай боғланган бўлади?

Ечилиши. С нуқтадан $CB' = CB$ кесмани ажратамиз. $d \ll AC$ бўлгани учун $\angle C$ кичик, $\angle 1 \approx \angle 2 \approx 90^\circ$; $\angle \varphi = \angle B'BA$. Тўлқиннинг йўл айирмаси $AB' = d \sin \varphi$.

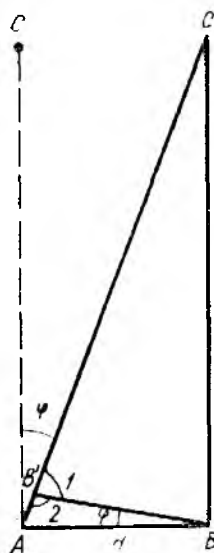
Тебранишларнинг максимум ва минимумлари учун формула мос ҳолда $n\lambda = d \sin \varphi$; $n\lambda + \frac{\lambda}{2} = d \sin \varphi$ кўринишга олади.

791. Одам қулоғи товушни $3 \cdot 10^{-5}$ сек да эшитади. Одам анча узоқда турган товуш манбаининг силжишини сезиши учун манбаи қандай φ бурчакка кўчириш керак? Қулоқлар орасидаги масофа $d = 20 \text{ см}$.

Ечилиши. Агар товуш манбаи C' нуқтадан С нуқтага силжиган бўлса (245- расм), у ҳолда $\sin \varphi = \frac{AB'}{d}$; $AB' = at = 340 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \cdot 3 \cdot 10^{-5} \text{ сек} = 0,01 \text{ м}$; $\sin \varphi = \frac{0,01}{0,20} = 0,05$. $\varphi \approx 3^\circ$.

792. Камертон резонатор яшигининг l узунлиги бўйича унинг тебраниш частотасини аниқланг.

Ечилиши. Яшикнинг остида тугун, тешик оғзида эса турғун тўлқинлар дўнглиги ҳосил бўлади, шунга кўра $l = \frac{1}{4} \lambda$, $\lambda = \frac{a}{f}$; $f = \frac{a}{4l}$.



245- расм.

793. (э). Водопровод жўмрагидан чуқур идишга сув тўлдирилганда ҳосил бўлган товуш баландлигининг қандай ўзгаришини кузатиш ва тушунтиринг.

Жавоби. Идиш сувга тўлган сари резонанс натижасида (№ 792) товуш баландлиги кучайиб боради.

794. Сувдаги тўсиқ — қозик оёқ, қайиқ ва ҳоказоларни қайси тўлқин яхши айланиб ўтади: узун тўлқинми ёки қисқа тўлқинми?

795. Нима учун биз уй муюшидан, девор орқасидан ва ҳатто ўрмон ёки тоғ орқасидан тарқалган товушни эшитамиз?

796. Акс-садога қулоқ солинг. Унинг товуши уни ҳосил қилган товушдан баландми ёки пастми?

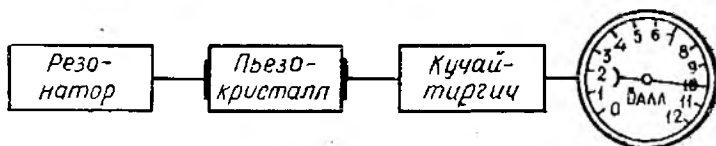
Жавоби. Узун тўлқинлар тўсиқни яхши айланиб ўтади. Қулоқ яхши эшитадиган 2000 гц частотали товуш тўлқинлари $\lambda = \frac{340 \text{ м/сек}}{2000 \text{ гц}} = 17 \text{ см}$ тўлқин узунлигига эга бўлиб, ўлчами жиҳатидан унга бир хил бўлган тўсиқдан яхши айланиб ўтади. Қисқа тўлқинлар яхши қайтади, шунга кўра акс-садо товушлар тони жиҳатидан уни ҳосил қилган товушдан баланд бўлади.

7. Инфратовуш ва ультратовуш

797. Медузалар, академик Шулейкиннинг қайд қилишича, довул пайтида тўлқинларнинг ҳавога ишқаланишидан ҳосил бўлган, одам қулоғи эшитмайдиган 8 — 13 гц частотали инфратовушларни „эшитади“. Медузанинг эшитиш органини имитация қиладиган асбобда (246- расм) керакли тебраниш частоталарини ўтказувчи резонатор, шу тебранишларни электр ток импульсига айлантириб берувчи пьезодатчик мавжуд. Кейинчалик бу импульслар кучайтирилиб ўлчанади. Асбоб довул бўлишини 15 соат илгари аниқлаш имконини беради. Агар температураси 0°С бўлган денгиз сувида товуш тезлиги 1550 м/сек бўлса, 10 гц частотага эга бўлган инфратовуш тўлқинининг узунлиги қанча? Агар резонаторнинг ишлаши комертон резонатори яшигининг ишлаш принципига ўхшаш бўлса, унинг ўлчами тахминан қандай бўлиши керак?

Ечилиши. Тўлқин узунлиги $\lambda = \frac{1550 \text{ м/сек}}{10 \text{ сек}^{-1}} = 15,5 \text{ м}$. Агар резонаторнинг узунлиги $1/4 \lambda$ бўлса, у ҳолда $l = \frac{15,5 \text{ м}}{4} \approx 4 \text{ м}$. Агар резонатор бирмунча юқори частоталарга мўлжалланган бўлса, у ҳолда унинг ўлчами кичик бўлади.

246-расм.



798. Товуш тебранишларининг частотаси қанча юқори бўлса, у масофа ортиши билан шунча тез сўнади. Шундай экан, нима учун айрим жониворлар (кўршапалак, дельфин, денгиз чўчкалари ва бошқалар) эхолокация учун ультратовушдан фойдаланадилар?

799. Дельфинлар ўзаро алоқа боғлаш учун 10 дан 400 гц гача бўлган товуш тарқатадилар, товуш тутиш учун эса 750—300 000 гц частотали товуш чиқарадилар. Турли мақсадлар учун чиқарилган бундай товуш фарқини қандай тушунтириш мумкин?

Жавоби. Катта частотали (қисқа тўлқин узунликли) товуш тебранишлари локация аниқлигини орттиради, чунки тўлқиннинг кўзгусимон қайтиши ўлчамлари товуш тўлқин узунлигидан катта бўлган буюмларда содир бўлади. Ўлчамлари товуш тўлқинидан кичик бўлган предметлар эса кучсиз акс-садо ҳосил қилади. Алоқа учун эса кам сўнувчи товушлардан фойдаланилади. Паст частотали товушлар бу талабни қаноатлантиради.

800. Тебраниш амплитудалари бир хил, частоталари эса мос ҳолда 1 кгц ва 1 Мгц бўлган товуш ва ультратовуш тўлқини энергиясини солиштиринг (21, № 573).

Ечилиши. Биринчи ҳолда тебранма ҳаракат энергияси

$$W_1 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m\omega_1^2 A^2}{2} = \frac{m4\pi^2 f_1^2 \cdot A^2}{2}.$$

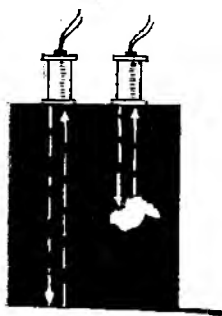
Иккинчи ҳолда

$$W_2 = \frac{m4\pi^2 f_2^2 A^2}{2}; \quad \frac{W_2}{W_1} = \frac{f_2^2}{f_1^2} = \frac{10^{12} \text{ гц}^2}{10^8 \text{ гц}^2} = 10^6.$$

801. Ультратовушлар, шу жумладан айрим тахминларга кўра кашалот (сувда яшовчи тишли ҳайвон) лар томонидан тарқаладиган товушлар балиқларни ҳалок этиши мумкин. 800- масалада берилганлардан фойдаланиб, бу масалани қандай тушунтириш мумкин?

Жавоби. Ультратовуш генераторлари оддий товуш манбаларига қараганда ўша тебраниш амплитудасида катта энергия тарқатади. Бу энергия унча катта бўлмаган ҳайвонларни ҳалок бўлиши учун кифоя қилар экан.

802. Пўлат детални (247- расм) 1 Мгц частотада ишловчи ультратовуш дефектоскопи билан текширилади. Биринчи қайтган сигнал, юборилгандан 8 мксек ўтгач қабул қилинди, иккинчиси эса 20 мксек ўтгандан сўнг қабул қилинди. Деталнинг нуқсони қандай чуқурликда қайд қилинган? Деталнинг баландлиги



247- расм.

қандай? Ультратовушнинг пўлатдаги тезлиги 5000 м/сек [21, № 571].

Ечилиши. Асбоб сигнални деталдаги нуқсонга бориб ундан қайтиб келгунигача кетган вақтни қайд қилади. Демак, деталь нуқсонигача бўлган масофа $h_1 = a \frac{t}{2} = 5000 \text{ м/сек} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ сек} = 20 \text{ мм}$. Деталнинг баландлиги

$$h_2 = 5000 \text{ м/сек} \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ мм}.$$

31-БОБ

ЎЗГАРУВЧАН ТОҚ

Ўзгарувчан электр токи мактаб программасида мажбурий электр тебранишлари сифатида талқин этилади. Шунинг учун ўзгарувчан токка доир масалалар ечганда мажбурий механик тебранишларда қўлланилган усуллардан фойдаланилади (тригонометрияда олган билимлардан, тебранишлар графикларидан ва бошқалардан фойдаланиш).

Ўрта мактабда фақат техник (синусоидал) ўзгарувчан ток ўрганилади, бунда кучланиш $U = U_{\text{макс}} \sin \omega t$ қонуни бўйича ўзгаради. Шунинг учун кейинчалик ўзгарувчан ток тўғрисида гапирилганда синусоидал токни назарда тутамиз. Занжирдаги ток $I = I_{\text{макс}} \sin(\omega t + \varphi)$, бунда φ ток ва кучланиш тебранишлари орасидаги фаза силжиши.

Кейинчалик „ўзгарувчан ток кучи“ термини остида ток кучи I_t нинг таъсир этувчи қиймати, яъни шундай ўзгармас ток кучи тушуниладики, бунда ўзгарувчан токнинг битта даврида ўзгарувчан ток ўтказгичда қанча иссиқлик миқдори ажратган бўлса, ўзгармас ток ҳам шунча иссиқлик миқдори ажратади. Синусоидал ток бўлганда эса $I_t = \frac{I_{\text{макс}}}{\sqrt{2}}$. Шунга ўхшаш кучланишнинг таъсир этувчи қийматини қисқалик учун кейинчалик „ўзгарувчан ток кучланиши“ деб атаймиз, яъни $U_t = \frac{U_{\text{макс}}}{\sqrt{2}}$.

Ўзгарувчан ток занжиридаги C сигим туфайли юзага келадиган X_C қаршиликни сигим қаршилик деб аталади, ўзгарувчан ток занжирида ўзиндукция ҳодисаси туфайли содир бўлган X_L қаршиликни индуктив қаршилик деб аталади. Сигим ва индуктив қаршиликлар ҳам актив қаршилик сингари *ом* ларда ўлчанади ва $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ ва $X_L = \omega L = 2\pi f L$ формулалар бўйича ҳисобланади, бунда ω — доиравий частота, f — ўзгарувчан ток частотаси, C ва L — занжирнинг сигими ва индуктивлиги.

Соф сигимий нагрузкада ($R=0$) ток тебраниши кучланиш тебранишидан $\varphi = \frac{\pi}{2}$ бурчакка олдинга кетади, соф индуктив

нагрузкада эса ток тебраниши кучланиш тебранишидан $\varphi = \frac{\pi}{2}$ га орқада қолади. Аралаш нагрузкада эса ток ва кучланиш орасидаги φ фаза силжиши $-\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}$ оралиқда бўлади. Соф актив нагрузкада $\varphi = 0$ бўлади.

Ўзгарувчан ток занжирида ток кучи ва кучланишларнинг амплитудавий (максимал) қийматлари орасида Ом қонунига ўхшаш боғланиш мавжуд:

$$I_{\text{макс}} = \frac{U_{\text{макс}}}{Z}, \text{ бунда } Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

занжирнинг тўлиқ қаршилиги дейилади.

Ўзгарувчан токнинг ўртача қуввати $P = \frac{I_{\text{макс}} U_{\text{макс}}}{2} \cos \varphi = I_t U_t \cos \varphi$, бунда $\cos \varphi$ — қувват коэффициентини бўлиб $\frac{R}{Z}$ га тенг. Соф реактив қаршилик бўлган ҳолда ($R = 0$) $\cos \varphi = 0$, соф актив нагрузкада эса ($X_L = 0$ ва $X_C = 0$) $\cos \varphi = 1$. Ўртача қувват вақт бирлиги ичида занжирнинг маълум қисмига электр токи қанча энергия узатишини кўрсатади. Актив қаршилик энергияни истеъмол қилиши туфайли бу қувватни одатда актив қувват ҳам дейилади:

$$P_{\text{акт}} = I_t U_t \cos \varphi = I^2 R.$$

$I_t U_t = S$ кўпайтма туюлма қувват деб ном олган. $P_{\text{акт}} = S \cos \varphi$ деб ёзиш мумкин, бунда $\cos \varphi = \frac{P_{\text{акт}}}{S}$.

Ўзгарувчан ток занжиридаги амперметр ва вольтметр¹ ток ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматини ўлчагини билиш мумимдир. Ваттметр эса ўртача ёки актив қувват $P_{\text{акт}} = I_t U_t \cos \varphi$ ни ўлчайди, яъни қувват коэффициентини ҳисобга олади.

R актив қаршиликли ўтказгичдан ўзгарувчан ток ўтганда $Q = I_t^2 R t$ иссиқлик миқдори ажралади. Индуктив ва сифимий қаршиликларда иссиқлик ажралмайди. Шунинг учун ўзгарувчан токда Жоуль — Ленц қонунини фақат $Q = I_t^2 R t$ кўринишида қўллаш керак. $Q = \frac{U_t}{R} \cdot t$ ва $Q = I_t U_t t$ формулалар бўйича соф актив нагрузка бўлган ҳолдагина ҳисоблаш мумкин.

Ўзгарувчан ток бўйича масалалар ечганда катталикларнинг аналитик боғланишигина эмас, балки график ва осциллограммалар ҳам катта аҳамиятга эга.

Ўзгарувчан ток бўйича масалалар ечишни энг яхшиси график, осциллограммаларнинг анализ қилишдан ва $I = I_{\text{макс}} \sin \omega t$

¹ Бу ҳол амплитудали (чуққили) катод вольтметрдан бошқа барча системаларга та аллуқлидир.

боғланиш мазмунини аниқлашдан бошлаш керак. Сўнгра амплитуда қийматлари бўйича ток, кучланишнинг таъсир этувчи қийматларини ҳисоблашга оид ёки аксинча масалалар ечилади. Сигимий ва индуктив қаршилиқ катталикларини аниқлашга оид масалалар ҳам муҳим масалалар ҳисобланади. Ўрта мактабда занжирининг тўлиқ қаршилиги Z , ўзгарувчан токнинг қуввати P ва қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ҳақидаги тушунчалар таништириб ўтиш мақсадида баён этилиб, буларга масалалар ечиш шарт эмас.

Ўзгарувчан ток занжиридаги резонанс ҳақида фақат сифатга оид масалалар ечиш билан чегараланиш мумкин. Ўқувчилар ўзгарувчан ток занжирида $f_{\text{мажб}} = f_{\text{хусусий}}$ ҳолда резонанс ҳо-дисаси юз беришини билишлари керак. Бунда $X_L = X_C$ ва занжирдаги ток фақат R актив қаршилиқ билан аниқланади. R нинг қиймати кичик бўлганда ток катта қийматларга эри-шиши мумкин.

Электр энергияни узоқ масофаларга узатишда ўзгарувчан ток кучланишини ўзгартиришга тўғри келиб, буни трансфор-матор ёрдамида амалга ошириш мумкин. Ток трансформацияси ҳақида масалалар ечганда қуйидаги катталиклар ва боғла-нишлардан фойдаланилади.

Трансформация коэффициенти $k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$, бунда N_1 , N_2 , U_1 ва U_2 лар мос ҳолда трансформаторнинг бирламчи ва икки-ламчи чулғамларидаги ўрамлар сони ва кучланиш.

Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти $\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}$. Ҳисоблашларда η ни одатда 100 % га яқин деб олиш ва транс-форматор чулғамларидаги кучланиш тушувини ҳисобга олмас-лик мумкин. Шунингдек, қайта магнитланишдаги энергия исро-фини ҳам ҳисобга олмаслик мумкин.

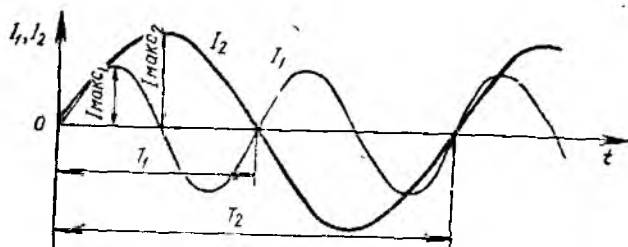
Занжир ва чулғамнинг тўла истеъмол қуввати $N = I(U + IR)$, бунда U — қисқичлардаги кучланиш, R — трансформатор чул-ғамининг қаршилиги.

803. Таъсир этувчи қийматлари мос ҳолда 4 а ва 5 а, давр-лари 0,01 сек ва 0,02 сек га тенг бўлган иккита ўзгарувчан ток графигини чизинг.

Ечилиши. Ўзгарувчан токларнинг графиклари 248- расмда келтирилган. Графикларни чизиш учун даставвал $I_{\text{макс}} = I_T \sqrt{2}$ ни топиш, сўнгра $I = I_{\text{макс}} \cdot \sin \omega t$ боғланишдан фойдаланиб, график чизиш керак.

804. 249- расмда иккита токнинг осциллограммаси келти-рилган. Улар орасида қандай умумийлик ва қандай фарқ бор?

Ечилиши. Бу токлар бир хил частотага, лекин турли амплитуда ва фазага эга. 2 ток 1 токка қараганда катта $I_{\text{макс}}$ амплитудага эга, 1 ток тебраниши фаза бўйича 2 ток тебра-нишидан $\varphi = \omega \Delta t = \frac{2\pi}{T} \Delta t$ га олдин кетади.



248- расм.

Агар осциллограмманинг устига маълум бирликларда даражаланган координата қўйилса, у ҳолда $I_{\max}$, T ларни аниқлаш ва φ ни ҳисоблаш мумкин бўлади.

805. $\frac{\pi}{6}$ фаза учун ток кучининг оний қиймати 6 а га тенг. Ток кучининг амплитуда ва таъсир этувчи қийматларини аниқланг.

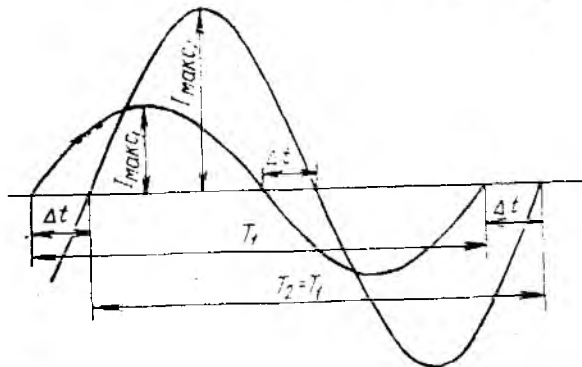
Ечилиши. Токнинг оний қиймати $I = I_{\max} \cdot \sin \omega t$. Масала шартига кўра $\omega t = \frac{\pi}{6}$, яъни $\sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$, $I = I_{\max} \cdot \frac{1}{2}$ ёки $I_{\max} = 2I = 12a$. Токнинг таъсир этувчи қиймати

$$I_r = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{12a}{\sqrt{2}} \approx 8,6 a.$$

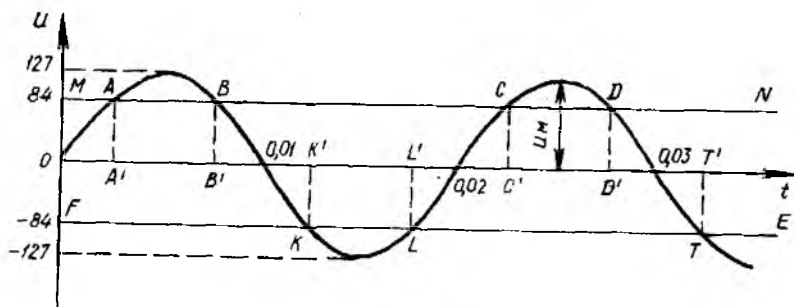
806. Конденсаторнинг тешилиш кучланиши $U_{\text{теп}} = 450$ в га тенг. Конденсаторни кучланиши $U = 380$ в бўлган занжирга улаш мумкинми?

Ечилиши. Вольтметр кучланишнинг таъсир этувчи қиймати U_r ни ўлчайди. Кучланишнинг $U_{\max}$ амплитуда қийматини аниқлаймиз:

$$U_r = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}, \text{ бунда } U_{\max} = \sqrt{2} U_r \cdot U_{\max} = \\ = 380 \text{ в} \cdot \sqrt{2} \approx 500 \text{ в}.$$



249- расм.



250- расм.

Максимал кучланиш тешилиш кучланишидан катта экан. Конденсаторни $U_T = 380$ в ли занжирга улаш мумкин эмас.

807*. Неон лампа саноат частотасига эга бўлган 127 в кучланишли ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампанинг ёниш кучланиши $U_{ен} = 84$ в. Неон лампасининг чақнаш муддати ва ҳар бир чақнаш орасидаги вақтни топинг.

Ечилиши. 1- усул. $U \geq U_{ен}$ га эришилганда неон лампа ёнади ва $U_{уч} = U_{ен}$ дан камаймагунга қадар ёруғлик сочиб туради. Шундай қилиб, лампа чақнаб биринчи ярим даврда маълум вақт ёниб туради, сўнгра ўчади ва неон лампанинг ёруғлик сочиши учун электродларнинг қутблари роль ўйнамаганлиги туфайли иккинчи ярим даврнинг маълум қисмида яна чақнайди. Частотаси $f = 50$ гц бўлган ўзгарувчан токда неон лампа бир секунд давомида 100 марта ўчиб ёнади.

Кучланишнинг таъсир этувчи қиймати $U_T = 127$ в га асосан $U_{макс} = \sqrt{2} U_T \approx 178$ в ни топамиз. Давр $T = 0,02$ сек. 250-расмда бу ўзгарувчан кучланишнинг графиги ифодаланган. 84 ва -84 в га мос келувчи MN ва FE тўғри чизиқларни ўтказамиз. Лампанинг ёниш вақти $A'B'$, $K'L'$, $C'D'$ кесмаларга мос келади, чақнашлар орасидаги вақт эса $B'K'$, $L'C'$ ва $D'T'$ кесмаларга мос келади.

2- усул. $U_{ен} = U_{макс} \sin \frac{2\pi}{T} t_1$, буида t_1 — лампанинг ёнишигача ўтган вақт momenti. Масала шартда берилганларни ўрнига қўямиз: $84 = 178 \sin \frac{2\pi}{T} t_1$, буида $\sin \frac{2\pi}{T} t_1 \approx 0,47$. Бундай қийматга функция 28° бурчакда эришади, яъни $\frac{360^\circ}{0,02} t_1 = 28^\circ$, бундан $t_1 = 0,002$ сек. Функция $180^\circ - 28^\circ = 152^\circ$ бурчакда ҳам шу қийматга эга бўлади. Кучланиш пасайганда лампа ўчади.

Ўчиш вақтини $\frac{360^\circ}{0,02} \cdot t_2 = 180^\circ - 28^\circ$ шартдан топамиз. $t_2 \approx 0,008$ сек. Лампанинг ёруғлик сочиб туриш вақти $t_{чак} =$

$= t_2 - t_1 = 0,008 - 0,002 = 0,006$ сек. Лампанинг чақнаш оралиғи $t_{\text{оралиқ}} \approx 0,004$ сек.

Масала ечимини текшириб кўриш мумкин. $0,02$ сек га тенг давр ичида иккита чақнаш содир бўлиши керак ва мос ҳолда чақнашлар ўртасида иккита оралиқ ҳам бўлади. Ҳақиқатан ҳам, $2 \cdot 0,006$ сек $+ 2 \cdot 0,004$ сек $= 0,02$ сек.

808. Техник ўзгарувчан ток занжиридаги конденсатор $X_C = 1000$ ом қаршиликка эга. Конденсатор $f_2 = 5$ кгц частотали ўзгарувчан ток занжирига уланганда унинг қаршилиғи нимага тенг? Конденсаторнинг сифими қандай?

Ечилиши. Техник ўзгарувчан токнинг частотаси $f_1 = 50$ гц, f_1 частотада конденсаторнинг сифим қаршилиғи $X_{C_1} = \frac{1}{\omega_1 C_1} = \frac{1}{2\pi f_1 C_1}$, бундан конденсаторнинг сифими $C_1 = \frac{1}{2\pi f_1 X_{C_1}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1000} = 3 \cdot 10^{-6}$ (ф) $= 3$ (мкф).

f_2 частотада конденсаторнинг сифим қаршилиғини $X_{C_2} = \frac{1}{2\pi f_2 C_2}$ формуладан ёки $\frac{X_{C_1}}{X_{C_2}} = \frac{f_2}{f_1}$ муносабатдан аниқлаймиз. Ҳисоблашлардан $X_{C_2} = 10$ ом экани келиб чиқади.

809. Ғалтак учларига уланган электромагнит системадаги вольтметр $U = 110$ в кучланишни, амперметр эса $I = 10$ а токни кўрсатса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг. Ток частотаси $f = 50$ гц. Ғалтакнинг актив қаршилиғини ҳисобга олманг.

Ечилиши. $Z = X_L = \omega L$. Ом қонунига асосан амплитуда қийматлар учун $I_{\text{макс}} = \frac{U_{\text{макс}}}{Z}$, бундан $Z = \frac{U_{\text{макс}}}{I_{\text{макс}}}$. Амплитуда қийматларнинг нисбати ўрнига, вольтметр ва амперметрнинг кўрсатган таъсир этувчи қийматларнинг нисбатини олиш мумкин:

$$\frac{U_T}{I_T} = 11. \text{ У ҳолда } \omega L = 2\pi f L = Z = 11,$$

$$L = \frac{Z}{2\pi f} = \frac{11}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \approx 0,035 \text{ (гн)}.$$

810. Кундузги ёруғлик лампаси занжирига паст частотали дроссель уланади, бунда ташқи занжир кучланишининг қисман тушуви содир бўлади. Нима учун реостат эмас, балки дроссель улаш мақсадга мувофиқдир?

Ечилиши. Дроссель ва реостат занжирга уланганда токни чегаралайди, бироқ бунда реостатда маълум миқдорда иссиқлик ажралади ($Q = I^2 R t$). Занжирга дросселнинг ўзи уланганда унинг исиши учун сарф бўлган энергия минимал бўлади, чунки амалда дроссель актив қаршиликка эга эмас деб ҳисоблаш мумкин, реактив қаршиликка эса иссиқлик ажраламайди.

811. Резистор, ғалтак ва конденсаторлар кетма-кет уланган занжирдан $0,8$ а ток оқмоқда. Занжирнинг актив қаршилиғи

50 ом, бутун занжирга келтирилган кучланиш 200 в. Занжирнинг тўлиқ қаршилиги, қувват коэффициенти ва актив қувватни топинг.

Ечилиши. Занжирнинг тўлиқ қаршилиги $Z = \frac{U_T}{I_T} = \frac{200 \text{ в}}{0,8 \text{ а}} = 250 \text{ ом}$. Актив қувват $P_{\text{акт}} = I^2 R$, туюлма қувват $S = I_T \cdot U_T$. Иккинчи томондан актив қувват $P_{\text{акт}} = I_T \cdot U_T \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$. Бу муносабатлардан $P_{\text{акт}}$, S ва $\cos \varphi$ ларни топамиз.

$$P_{\text{акт}} = I_T^2 R = (0,8 \text{ а})^2 \cdot 50 \text{ ом} = 32 \text{ вт}, \quad S = I_T \cdot U_T = 0,8 \text{ а} \times 200 \text{ в} = 160 \text{ вт},$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{акт}}}{S} = \frac{32 \text{ вт}}{160 \text{ вт}} = 0,2.$$

812. Ўзгарувчан ток занжиридаги амперметр 6 а токни, вольтметр 220 в кучланишни, ваттметр эса 600 вт қувватни кўрсатади. Қувват коэффициенти ва ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини аниқланг.

Ечилиши. Амперметр ва вольтметр токнинг $I_T = 6 \text{ а}$ ва кучланишнинг $U_T = 220 \text{ в}$ таъсир этувчи қийматларини кўрсатади. Ваттметр ўзгарувчан токнинг актив қуввати $P = I_T U_T \cos \varphi$ ни кўрсатади. Ваттметр, амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишини билган ҳолда, қувват коэффициенти аниқлаймиз.

$$\cos \varphi = \frac{P}{I_T U_T} = \frac{600 \text{ вт}}{60 \cdot 220 \text{ в}} \approx 0,45.$$

Ток ва кучланиш тебранишлари орасидаги фаза силжиш бурчаги

$$\varphi = \arccos \frac{P}{I_T U_T} = \arccos 0,45 \approx 63^\circ.$$

813. Ўзгарувчан техник ток занжирга электродвигатель уланган. Ваттметр 600 вт қувватни кўрсатади, вольтметр ва амперметр эса мос ҳолда 200 в ва 4 а ни кўрсатади. Электродвигатель қандай қувват коэффициенти билан ишлашини аниқланг.

Ечилиши. 812- масалага ўхшаш $P = I_T \cdot U_T \cos \varphi$ ни топамиз, бундан $\cos \varphi = \frac{P}{I_T U_T} = \frac{600 \text{ вт}}{200 \text{ в} \cdot 4 \text{ а}} = 0,75$.

814. Трансформаторнинг бирламчи чулғаида ток 0,5 а. Қисқичлардаги кучланиш 220 в. Трансформациялаш коэффициенти $k = 22$. Иккиламчи чулғамдаги кучланишни топинг.

Ечилиши. Агар исрофни ҳисобга олмасак, у ҳолда $k = \frac{U_1}{U_2}$, бундан $U_2 = \frac{U_1}{k} = \frac{220 \text{ в}}{22} = 10 \text{ в}$.

815. Трансформациялаш коэффициенти $k = 10$ бўлган пассивлашувчи трансформатор кучланиши $U_1 = 127 \text{ в}$ бўлган тармоққа уланган. Иккиламчи чулғамнинг қаршилиги $R_2 = 2 \text{ ом}$, ток кучи $I_2 = 3 \text{ а}$. Иккиламчи чулғам қисқичларидаги кучла-

нишни аниқланг. Бирламчи чулғамдаги энергия исрофини ҳисобга олманг.

Ечилиши. Пасайтирувчи трансформатор учун бирламчи чулғамдаги энергия исрофини ҳисобга олмаслик мумкин бўлиб, иккиламчи чулғамдаги энергия исрофини ҳисобга олмаслик мумкин бўлмаган ҳол учун

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2 + I_2 R_2}$$

ифодани ёза оламиз. Бундан

$$U_2 = \frac{U_1 - k I_2 R_2}{k} = \frac{127 \text{ в} - 10 \cdot 3 \text{ а} \cdot 2 \text{ ом}}{10} = 6,7 \text{ в}.$$

816. Узулиги 100 км бўлган электр узатиш линияси 200 000 в кучланишда ишлайди. Линиянинг ф. и. к. ни, яъни нагрузкадаги кучланишнинг линияга келтирилган кучланишга нисбатини аниқланг. Линия кўндаланг кесим юзи 150 мм² бўлган алюминий кабелдан ишланган. Узатилувчи қувват 30 000 кВт га тенг.

Ечилиши. Линиядаги ток кучи $I = \frac{P}{U} = \frac{30000000 \text{ вт}}{200000 \text{ в}} = 150 \text{ а}.$

Линиянинг иккита симдан иборатлигини ҳисобга олганда, узатиш линиясининг қаршилиги $R = \rho \frac{2l}{S} = 0,028 \cdot 10^{-6} \text{ ом} \cdot \text{м} \times \times \frac{2 \cdot 100000 \text{ м}}{150 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \approx 37,3 \text{ ом}.$

Узатиш линиясида кучланиш тушуви:

$$U_{\text{туш}} = I \cdot R = 150 \text{ а} \cdot 37,3 \text{ ом} \approx 6000 \text{ в} \text{ га тенг}.$$

Нагрузкадаги кучланиш $U_{\text{нагр}} = U - U_{\text{туш}} = 200000 \text{ в} - 6000 \text{ в} = 194000 \text{ в},$ линиянинг ф. и. к. н

$$\eta = \frac{U_{\text{нагр}}}{U} \approx \frac{194000 \text{ в}}{200000 \text{ в}} \approx 0,97 \text{ ёки } 97 \text{ \%}.$$

32- Б О Б

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

Ўқувчилар тебраниш частотаси ва даври тушунчалари билан механик тебранишларни ўрганганларида, тўлқин узунлиги билан эса эластик муҳитдаги тўлқинларни ўрганганларида танишган эдилар. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинларни ўрганишда асосан, тебраниш контурида электромагнит тебранишлар даври T ни аниқлашга, шунингдек электромагнит тўлқин узунлигини ҳисоблашга доир масалалар ечилади. Мавжуд темада сифатга оид масалалар катта ўрни эгаллайди.

Масала ечганда ўқувчилар вакуумда тўлқин узунлик бўйича тебранишлар частотасини ва аксинча частота бўйича тўлқин узунлигини аниқлаш бўйича малака ҳосил қилишлари керак.

Тебраниш контурининг актив қаршилиги R реактив қаршиликка нисбатан жуда кичик бўлгани учун мактабда уни ҳисобга олмаган ҳолда қараб чиқилади.

Бундай контурда электромагнитнинг тебранишлар даври T фақат конденсаторнинг сизими C га ва ғалтак индуктивлиги L га боғлиқ. Даврни секундларда ўлчаб, Томсон формуласи $T = 2\pi\sqrt{LC}$ бўйича ҳисобланади, бунда C сизим фарадаларда, индуктивлик L эса генриларда ўлчанади.

Электромагнит тўлқин узунлиги $\lambda = c_0 T = \frac{c_0}{f}$, бунда c_0 электромагнит тўлқинларнинг вакуумдаги тарқалиш тезлиги бўлиб, вакуумдаги ёруғлик тезлигига тенг. Тебранишларни бирор-бир бошқа муҳитда тарқалишида v тўлқин тезлиги ўзгаради ва $\lambda = v \cdot T$ бўлади. Атмосферада электромагнит тўлқин тезлигини амалда вакуумдаги ёруғлик тезлигига тенг деб қабул қилиш мумкин.

Тебранишларнинг асосий характеристикаси f частота (ёки T давр) эканига ўқувчиларнинг диққатини жалб қилиш ва масала ечганда ундан фойдаланиш керак. Бир муҳитдан иккинчисига ўтганда λ тўлқин узунлиги ўзгаради, частота эса ўзгармасдан қолади.

Ҳисоб масалалар, шунингдек радиолокацияда сигналларнинг тарқалиш вақтини аниқлаш юзасидан ҳам ечилиши мумкин.

817. Агар вақтни конденсаторнинг разрядланишидан бошлаб ҳисобланса, $t = 0, \frac{T}{4}, \frac{T}{2}$ ва $\frac{T}{8}$ вақт моментида энергия берк тебраниш контурининг қайси элементида (конденсатор ёки ғалтакда) тўпланади?

Ечилиши. Контурни даставвал идеал деб қабул қиламиз ($R = 0$). Бу ҳолда энергия исрофи юз бермайди ва фақатгина электр майдон энергиясининг магнит майдон энергиясига айланиши содир бўлади ва аксинча. Биринчи ғалда энергия конденсаторда тўпланади. Бу электростатик майдон энергиясидир. $T/4$ вақтдан кейин (чорак давр) электростатик майдон энергияси магнит майдон энергиясига айланади, яъни энергия индуктивлик ғалтағида тўпланади. $T/8$ вақтдан сўнг конденсаторнинг қисман разрядланиши содир бўлади. Конденсатор ҳам, ғалтак ҳам энергияга эга, бироқ энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига мувофиқ бу энергияларнинг йиғиндиси конденсатордаги бошланғич энергия запасига тенг. $t = \frac{T}{2}$ да энергия конденсаторда тўпланади.

Агар $R \neq 0$ бўлса, у ҳолда контурдаги тебраниш сўнувчи бўлади, бунда энергиянинг бир қисми қайтимсиз ҳолда иссиқликка айланади.

818. Контурдаги конденсатор пластинкалари орасидаги масофа орттирилганда унинг тебраниш даври ва частотаси қандай ўзгаради? Контурдаги индуктивлик ғалтагининг ичига темир ўзак киритилганда-чи?

Ечилиши. Тебраниш даври $T = 2\pi \sqrt{LC}$.

Конденсаторнинг сифими $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_f S}{d}$, бунда S — пластинканинг юзи; d — улар орасидаги масофа. Масофа d ортганда C сифим ва T давр камаяди, тебраниш частотаси $f = \frac{1}{T}$ ортади.

Ғалтак индуктивлиги L темир ўзак киритилиши билан ортади, демак T тебраниш даври ҳам ортади.

819. Индуктивлиги $L = 1,5$ мГн ли ғалтақдан ва сифими $C = 450$ пФ ли конденсатордан иборат бўлган контурнинг тебраниш частотасини аниқланг.

Ечилиши. $T = 2\pi \sqrt{LC}$ ёки $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$. C ва L нинг қийматларини қўйиб,

$$f = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 450 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ Гц} = 200 \text{ кГц} = 0,2 \text{ МГц}$$

ни ҳосил қиламиз.

Бирликлар устида қуйидаги амалларни бажарамиз: $1 \text{ Гн} = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{сек}}{\text{А}}$, $1 \text{ Ф} = 1 \frac{\text{К}}{\text{В}}$, у ҳолда илдиз остидаги ифода:

$$\frac{\text{В} \cdot \text{сек} \cdot \text{К}}{\text{А} \cdot \text{В}} = \frac{\text{В} \cdot \text{сек} \cdot \text{А} \cdot \text{сек}}{\text{А} \cdot \text{В}} = \text{сек}^2 \text{ ўлчамликка эга бўлади.}$$

820. Радиолокация станцияси 10 сантиметрли тўлқин таркатади. Бунда тебранишлар частотаси қандай?

Ечилиши. Масаланинг шартига кўра радиотўлқин узунлиги $\lambda = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ га тенг. Маълумки, $\lambda = \frac{c}{f}$, бундан $f = \frac{c}{\lambda}$. Вакуумда радиотўлқинларнинг тарқалиш тезлиги $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$. У ҳолда $f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{0,1 \text{ м}} = 3 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{сек}} (\text{Гц}) = 3 \text{ ГГц}$.

821. Радиостанция передатчиги ҳосил қилган электромагнит тебранишлар частотаси 6 МГц. Станция таркатаётган электромагнит тўлқинининг узунлиги қандай?

Ечилиши. Тўлқин узунлиги $\lambda = \frac{c}{f}$, яъни

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} / 6 \cdot 10^6 \text{ 1/сек} = 50 \text{ м.}$$

822. Радиоприёмник контуридаги ўзгарувчан сифимли конденсаторнинг сифими 50 дан 450 пФ гача ўзгариши мумкин. Бунда ғалтакнинг индуктивлиги ўзгармас бўлиб, $L = 0,6$ мГн га тенг. Радиоприёмник қандай тўлқин узунликларда ишлайди?

Ечилиши. Тўлқин узунлиги $\lambda = c \cdot T$, $T = 2\pi \sqrt{LC}$. Тўлқин узунлиги $\lambda_1 = cT_1$ дан ($C_1 = 50$ пф сифимда) $\lambda_2 = c \cdot T_2$ гача ($C_2 = 450$ пф сифимда) оралиқда ётади.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{LC_1} = 6,28 \sqrt{0,6 \cdot 10^{-3} \text{ гн} \cdot 50 \cdot 10^{-12} \text{ ф}} \approx 1 \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{LC_2} = 6,28 \sqrt{0,6 \cdot 10^{-3} \text{ гн} \cdot 450 \cdot 10^{-12} \text{ ф}} \approx 3 \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$$

$$\lambda_1 = cT_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} \cdot 10^{-6} \text{ сек} = 300 \text{ м.}$$

$$\lambda_2 = cT_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ сек} = 900 \text{ м.}$$

$$300 \text{ м} \leq \lambda \leq 900 \text{ м.}$$

823. Частотаси $f = 1$ Мгц бўлган электромагнит тебранишлар бир жинсли муҳитда тўлқин узунлиги $\lambda = 200$ м бўлган электромагнит тўлқинларни ҳосил қилади. Бу муҳитда тўлқин тезлиги нимага тенг? Бу манбадан чиқувчи электромагнит тўлқинларнинг вакуумдаги тўлқин узунлигини аниқланг.

Ечилиши. Берилган муҳитда $\lambda = \frac{v}{f}$, бундан

$$v = f\lambda = 200 \text{ м} \cdot 10^6 \text{ гц} = 2 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

Вакуумда $\lambda_v = \frac{c}{f}$; яъни

$$\lambda_v = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{10^6 \frac{1}{\text{сек}}} = 300 \text{ м.}$$

824. Радиолокатордан тарқалган сигнал нишондан $3,3 \times 10^{-4}$ сек ўтгач қайтди. Нишон қандай масофада жойлашган?

Ечилиши. Радиолокацион станцияда тарқатувчи ва қабул қилувчи (приёмник) орасидаги масофа ўзгармайди. Шунинг учун электромагнит тўлқинлар тарқалиш вақтидан бошлаб қабул қилингунга қадар ўтган $t = 3,3 \cdot 10^{-4}$ сек да радиолокатордан тўлқинни қайтарувчи предмет (нишон) оралиғигача бўлган масофанинг икки барабарини босиб ўтди. Изланаётган масофа $R = \frac{c \cdot T}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} \cdot 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ сек}}{2} = 50000 \text{ м} \approx 50 \text{ км.}$

825*. Контурдаги конденсатор кучланишининг таъсир этувчи қиймати $U_T = 100$ в. Агар конденсаторнинг сифими $C = 10$ пф бўлса, контурдаги ғалтак ва конденсатор энергиясининг максимал қийматини аниқланг.

Ечилиши. Зарядланган конденсаторнинг энергияси $W = \frac{CU_T^2}{2}$. Максимал энергия $W_{\text{макс}} = \frac{CU_{\text{макс}}^2}{2} = \frac{2CU_T^2}{2} = 10 \cdot 10^{-12} \text{ ф.}$

$\cdot 100^2 \text{ в}^2 \approx 10^{-7} \text{ ж.}$ $1 \text{ ф} = \frac{1 \text{ к}}{1 \text{ в}}$, $1 \text{ ж} = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ к}$ эканини ҳисобга оламиз.

Агар контурда энергия исрофи бўлмаса, ғалтакнинг магнит майдони $T/4$ даврдан кейин шундай энергияга эга бўлади.

826*. Узунлиги $l = 0,5$ м бўлган диполь керосинли идишга туширилган. Керосиндаги вибратор тарқатган электромагнит

тўлқинининг узунлигини, шунингдек идишдан чиққан электромагнит тўлқинининг ҳаводаги узунлигини аниқланг.

Ечилиши. Узунлиги l бўлган симметрик вибратор тўлқин узунлиги $\lambda = 2l$ бўлган электромагнит тўлқин тарқатади, чунки диполда турғун тўлқин ҳосил бўлиб, бунда ток тугунлари унинг учида, дўнгликлари эса, унинг ўртасида жойлашади.

Диполь бўшлиқда бўлганида $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2l} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ частотали тебранишлар тарқатган бўлур эди. Керосинда диполнинг сиғими ϵ марта ортади. Бунда частота $f' = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\epsilon C}}$ га тенг бўлиб қолади. Демак, $\frac{f'}{f} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$ ёки $f' = \frac{f}{\sqrt{\epsilon}} = \frac{c}{2l\sqrt{\epsilon}}$. Керосиндаги ушбу частотага $\lambda = 2l$ тўлқин узунлиги, бўшлиқда эса $\lambda = \frac{c}{f'} = \frac{c \cdot 2l\sqrt{\epsilon}}{c} = 2l\sqrt{\epsilon}$ тўлқин узунлиги мос келади.

33- БОБ

ЁРУҒЛИКНИНГ ТЎЛҚИН ХОССАЛАРИ

Бу тема бўйича асосан икки тилдаги, яъни: ёруғлик тезлигини, масофани ва ёруғлик тўлқинларининг тарқалиш вақтини аниқлашга ҳамда ёруғликнинг интерференция ва дифракциясига доир масалалар ечилади.

Бу масалалар кўп жиҳатдан товуш тўлқинлари ҳақидаги (30- боб, 5 ва 6) масалаларга ўхшаш бўлгани учун уларни қайтариш ёки бирмунча бошқа вариантларда ечиш фойдали ҳисобланади.

Таништириш мақсадида, шунингдек ёруғликнинг қутбланиши ҳақида бирмунча сифатга оид ва экспериментал масалалар ечиш керак.

1. Ёруғлик тезлиги

Ушбу тема бўйича бериладиган масалалар муҳит хусусиятига боғлиқ бўлган ёруғлик тўлқинларининг тарқалиш тезлиги улкан, шу билан бир қаторда чекли эканлиги ҳақидаги тушунишнинг шаклланишига, уни аниқлаш методи билан таништиришга ёрдам бериши керак.

Ёруғлик тезлигини Майкельсон методи бўйича аниқлаш ҳақида кўпинча физика ўқитувчисининг ўзи гапириб бергани, Рёмер методи ҳақида эса, астрономия ўқитувчиси сўзлаб бергани туфайли масала ечганда бошқа методлардан, масалан Физо методи (тишли диска билан тажриба) ва Фуко методи

(айланувчи кўзгуни қўллаш) дан фойдаланиш керак. Охирги тажриба турли муҳитларда ёруғлик тезлигини бевосита аниқлаш имконини бергани учун ўқувчиларда алоҳида қизиқиш уйғотади. Тегишли ҳисоблашлар $s = ct$ ва $c_1 = \frac{c}{n}$ формулаларни қўллаш билан бажарилади, бунда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги, s — ёруғликнинг t вақт ичида ўтган масофаси, c_1 — ёруғликнинг муҳитдаги тезлиги бўлиб, бунда ёруғлик тўлқини вакуумдагига қараганда n марта секинроқ тарқалади.

Ҳисоблашларда ёруғликнинг вакуумдаги тезлигини $3 \cdot 10^5$ км/сек $= 3 \cdot 10^8$ м/сек га тенг деб қабул қиламиз.

827. 251- расмда Галилейнинг ёруғлик тезлигини ўлчашга уриниб кўрган тажрибасининг схемаси келтирилган. Галилей фонарь заслонкасини очиб, кўзгудан қайтган ёруғликнинг қанча вақт ўтгандан кейин қайтиб келишини аниқлашга уриниб кўрган. Бунда $s = 1,5$ км деб олиб, бу тажрибанинг асосий техникавий қийинчилиги нимада эканлигини ҳисоблашлар орқали кўрсатинг.

Ечилиши. $t = \frac{2s}{c} = \frac{3 \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \text{ км/сек}} = 1 \cdot 10^{-5}$ сек вақтда ёруғлик $2s$ га тенг масофани ўтади. Бундай тажриба йўли билан бунчалик қисқа бўлган вақт оралигини қайд қилиш мумкин эмас.

828. Бундан олдинги тажрибада видержкаси $1/500$ сек бўлган чақнайдиган лампали фотоаппаратдан фойдаланилган деб фараз қиламиз. Кўзгудан қайтган ёруғлик фотоплёнкага тушмаслиги учун кўзгу энг камида қандай s масофада жойлашиши керак? Фотоаппарат затвори очилган заҳоти лампа ёруғлик тарқатади деган шарт қабул қилинади.

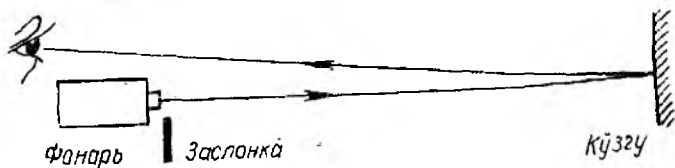
Ечилиши. Агар ёруғлик $1/500$ секунддан кейин қайтса, у фотоплёнкага тушмайди.

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ км/сек} \cdot 1 \text{ сек}}{2 \cdot 500} = 300 \text{ км.}$$

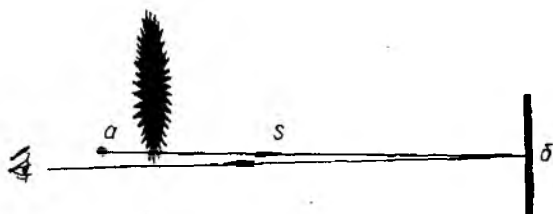
s масофанинг катталиги туфайли тажрибани бундай кўринишда бажариш мумкин эмас.

829. 828- масалада баён этилган тажрибани $s = 0,3$ км масофада бажариш мумкин бўлсин учун фотоаппарат қандай видержкага эга бўлиши керак?

Жавоб: $\frac{1}{250000}$ сек.



251- расм.

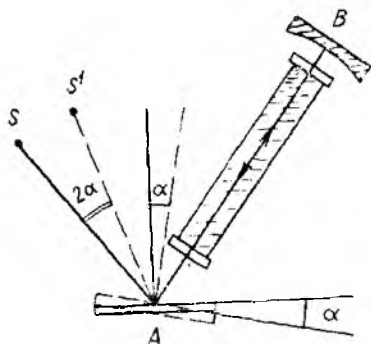


252- расм.

830. Француз физиги Физо 1849 йили қуйидаги тажрибани бажарди. Ёруғлик a манбадан (252- расм) $s = 3,733$ км масофада жойлашган b кўзгуга тушган ва ундан қайтиб кузатувчининг кўзига тушган. Тез айланувчи тишли диск ёруғлик порциясини ўтказиб, ёруғликнинг кўзгугача ва ундан қайтиб келгунча ўтган t вақт ичида бурилиб ўзининг энг яқин турган тиши билан қайтган ёруғлик йўлини тўсади ва кузатувчи бунда ёруғликни кўрмайди. Агар $N = 720$ та тишдан иборат бўлган диск $n = 29,2$ айл/сек тезлик билан айланган бўлса, бу тажрибада ёруғлик тезлиги қандай қийматга эга бўлган?

Ечилиши. $c = \frac{2s}{t}$. t вақт давомида диск битта тишга, яъни $\frac{1}{2N}$ га бурилган (тишларнинг кенглиги ва уларнинг оралиқлари бир хил деб олинган). Бир айланиш вақти $T = \frac{1}{n}$. Демак, $t =$

$$= \frac{1}{2Nn}; c = 4Nsn = 4 \cdot 720 \cdot 3,733 \text{ км} \times \\ \times 29,2 \frac{1}{\text{сек}} \approx 315000 \text{ км/сек.}$$



253- расм.

831*. Француз физиги Фуко 1862 йили қуйидаги тажрибани қилди¹. Ёруғлик S манбадан чиқиб (253- расм) айланувчи кўзгу A дан маркази A кўзгу билан мос тушувчи кўзгалмас B сферик кўзгуга қайтади. Ёруғлик йўлига сувли труба қўйилади. Ёруғликнинг сувда $AB = 4$ м икки барабар катта масофани ўтиши учун кетган t вақт мобайнида A кўзгу α бурчакка бурилди ва қайтувчи нур S' нуқтада оқ доғ ҳосил қилди. $\angle SAS' = 72,8''$. Кўзгунинг бурилиш тезлиги $n = 800$ айл/сек. Бу маълумотлар бўйича ёруғликнинг сувдаги c тезлигини ҳисобланг.

¹ Элементар физика дарслиги, Г. С. Ландсберг таҳрири остида, III т. М., „Наука“ нашриёти, 1966 й. 340- бет. Кейинчалик бу китобга берилган изоҳ қуйидагича қисқартирилиб берилади: Лидб, III т.

Ечилиши. $c = \frac{2AB}{t}$; $t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\alpha}{2\pi n}$; $\alpha = \frac{\angle SAS'}{2}$ (№ 856 га қара-
 ранг) $\alpha = \frac{72,8''}{2 \cdot 3600 \cdot 57,3}$ рад,

$$c = \frac{2AB \cdot 2\pi n}{\alpha} = \frac{2,4 \text{ м} \cdot 2 \cdot 3,14 \text{ рад} \cdot 800 \frac{1}{\text{сек}} \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 57,3}{72,8 \text{ рад}} \approx$$

$$\approx 2,27 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Масалани геометрик оптикани ўргангандан кейин қайтариш жараёнида ечиш мақсадга мувофиқдир.

832. Қуёшдан Ерга ёруғлик қанча вақтда етиб келади?

Жавоби. 8 мин 16 сек.

833. Ёруғлик Қуёшдан Ерга 8 мин 16 сек да етиб келгани учун, ўқувчи Қуёшни зенитда кўрган вақтимизда Қуёш аслида у ерда бўлмайди, деган хулосага келди. Бу хулоса тўғрими?

Жавоби. Нотўғри. Қуёш зенитда бўлган вақтда биз 8 мин 16 сек илгари юборилган нурни кўрамыз. Биз қуёшни осмоннинг қаерида кўрсак¹, у ўша ерда бўлади, бироқ у 8 мин 16 сек илгари қандай бўлса, шундай бўлиб кўринади. Агар Қуёш чиққан вақтда унда бирор ҳодиса содир бўлган бўлса, масалан, янги қуёш доғи ҳосил бўла бошлаган бўлса, у ҳолда биз бу ҳақда 8 мин 16 сек ўтгач, яъни Қуёш горизонтдан кўтарилгандан кейин биламыз.

Бу масалани ечиш муносабати билан ўқувчиларга кўпчилик юлдузларни биз юз ва миллион йиллар илгари қандай бўлган бўлса шундайлигича кўрамыз деб баён этиш мумкин.

2. Ёруғлик интерференцияси ва дифракцияси

Механик ва ёруғлик тўлқинларининг интерференцияси орасидаги ўхшашликдан фойдаланиб, дастлаб икки, сўнгра эса учта ва ундан кўп когерент манбалардан келган ёруғликнинг интерференцияси ҳақида масалалар ечилади. Бу ҳол ўқувчиларни дифракцион панжаранинг ишлаш принципи ва ёруғлик тўлқин узунлигини ҳисоблаш билан таништириш имконини беради. Сўнгра юлқа пардаларда ёруғлик тўлқинининг интерференцияси қаралади.

Ёруғлик дифракцияси ҳақидаги масалаларда асосий эътиборни кичик тирқишдан ҳосил бўладиган дифракцияга қаратилади. Бу ҳодисани тушунтириш учун ўқувчиларни, тўлқин етиб келган ҳар бир нуқтани ўзаро интерференцияланувчи иккиламчи тўлқинлар манба сифатида қараш мумкин бўлган Гюйгенс—Френел принципи билан таништирилади.

¹ Ёруғликнинг атмосферадаги синиши ҳисобга олинмайди.

834 (э). Қаттиқ қоғоздан (фотоматериалларни жойлаштириш учун ишлатиладиган қора қоғоз яхши бўлади) иккита экран ясанг. Улардан бирида лезвия билан узунлиги 2—3 см ва кенглиги 0,5—1 мм, иккинчисида эса шу узунликда, лекин бир-биридан 0,1—0,2 мм ораликда бўлган иккита тор тирқиш кесинг. Катта тирқишни Қуёш ёки электр нури билан ёритинг ва унга бошқа икки тор тирқиш орқали қаранг. Тирқишнинг ён томонларида ёруғ ва қора полосаларнинг пайдо бўлишини қандай тушунтириш керак?

Ечилиши. Ҳодиса когерент манбалар ролини ўйновчи иккита тирқишдан келувчи ёруғликнинг интерференцияси билан тушунтирилади. Тушунтиришда 244- расмда тасвирланганга ўхшаш чизмага мурожаат қилинади.

Агар масала синфда ечилса, у ҳолда иккита тирқишли экранлар олдиндан тайёрланган ва ўқувчиларга тарқатилган бўлиши керак. Жуда яхши ёритилган тирқишни (бутун синфга битта) проекцион фонарь конденсорини тирқишли қора қоғоз билан қоплаб ҳосил қилиш мумкин. Тўғри чўгланиш толали лампадан фойдаланилса яна ҳам яхшироқ бўлади.

835. Нима учун бир-бирига боғлиқ бўлмаган иккита ёруғлик манбаларида, масалан, иккита юлдуз ёки электр лампочкаларида ёруғлик интерференцияси кузатилмайди?

Жавоб. Бир-бирига боғлиқ бўлмаган ёруғлик манбалари когерент бўлмайди.

836. Дифракцион полосаларнинг рангларга бўйлиб кўринишини қандай тушунтириш мумкин (834- масала)? Рангли полосаларнинг жойланиш тартибини чизинг ва тушунтириб бering.

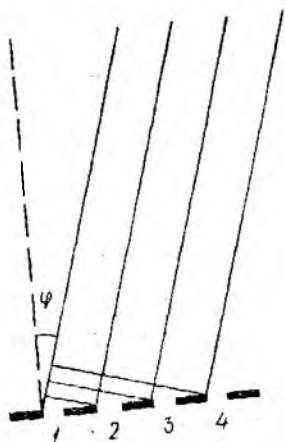
Ечилиши. Рангли бўёқларнинг кўринишига сабаб оқ ёруғликнинг турли узунликдаги ёруғлик тўлқинларига эга бўлиши билан тушунтирилади. 245- расм ва $\lambda = d \sin \varphi$ формуладан λ тўлқин узунлиги қанча узун бўлса, биринчи максимумнинг шунча катта бурчак остида кузатилиши кўриниб турибди.

Қизил нурлар катта бурчакка оғади, бинобарин, улар энг катта тўлқин узунлигига эга бўлади.

837. Бир-биридан 0,02 см ораликда жойлашган иккита ингичка тирқишдан ҳосил бўлган интерференцион манзарадан фойдаланиб, оқ ёруғлик тўлқин узунлигининг ўртача қийматини топинг. Экрандаги қора полосалар орасидаги масофа 0,49 см, тирқишдан экрангача бўлган масофа эса 200 см га тенг.

Ечилиши. Ёруғликнинг қора полосалари (минимумлар) орасидаги масофа ёруғ полосалар (максимумлар) орасидаги масофага тенг. Шунинг учун

$$\lambda = d \sin \varphi = 0,02 \text{ см} \cdot \frac{0,49 \text{ см}}{200 \text{ см}} = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ см}.$$



254- расм.

838. Агар: а) тирқишлар сонини орттирсак; б) улар орасидаги масофа ни камайтирсак интерференцион манзара қандай ўзгаради (834- масалага қаранг)?

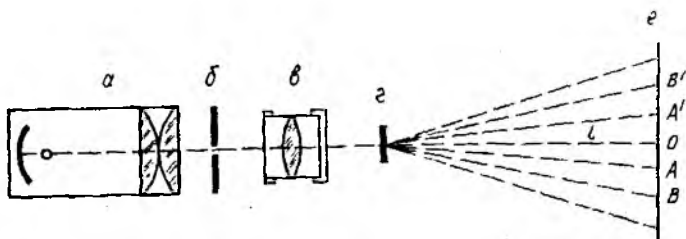
Ечилиши. Иккита эмас, балки тўртта тирқишли экран оламинз (254-расм). Агар 1 ва 2 тирқишдаги тўлқинлар фарқи масалан, λ га тенг бўлса, у ҳолда исталган бошқа икки тирқиш орасида бутун сонли тўлқинлар ҳосил бўлади, демак, $l \gg d$ масофада φ бурчак остида ёруғликнинг максимуми кузатилади, лекин 4 та тирқиш 2 тага нисбатан кўпроқ ёруғлик ўтказганлиги туфайли интерференцион полосалар бирмунча равшанроқ бўлади.

б) $\lambda = d \sin \varphi$ ёки $\frac{\lambda}{d} = \sin \varphi$ формуладан бир хил тўлқин узунлик λ учун тирқишлар орасидаги масофа d камайиши билан φ бурчакнинг ортиши, демак, дифракцион манзаранинг бирмунча аниқроқ бўлиши кўринади.

Бу масалани ечгандан сўнг ўқувчиларга, 834- масаладагига ўхшаш интерференцион манзараларни кузатиш учун турли даврли дифракцион панжаралар тарқатиш фойдали бўлади. Панжаралар ўрнига ёки уларга қўшимча қилиб пат ёки капрон парчаси ва шунга ўхшашларни тарқатиб чиқиш ҳам мумкин.

839 (э). Схемаси 255- расмда кўрсатилган қурилмани йиғинг ва экранда дифракцион манзарани ҳосил қилиб, қизил нурнинг тўлқин узунлигини аниқланг.

Ечилиши. Тирқиш b иложи борича фонарнинг a конденсоридан йиғилиб чиқувчи нур билан ёруғ қилиб ёритилади. Объектив e ёрдамида экранда тирқишнинг тасвири ҳосил қилинади. Сўнгра экран ва объектив орасига z дифракцион панжара жойлаштирилади ва e экранда интерференцион манзара кузатилади.



255- расм.

Тажрибалардан бирида қуйидаги маълумотлар олинган. Панжарадан экрангача бўлган l масофа 200 см. Тирқишнинг марказий тасвир ўртасидан биринчи A ва иккинчи B максимумларнинг танланган нуқталаригача бўлган масофа мос ҳолда 13 ва 26 см. Панжара доимийлиги $d = 0,001$ см.

$n\lambda = d \sin \varphi = d \frac{AO}{l}$ формуладан қуйидагини топамиз:

$$\lambda_1 = d \sin \varphi_1 = \frac{0,001 \text{ см} \cdot 13 \text{ см}}{200 \text{ см}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 6,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$\lambda_2 = \frac{d \sin \varphi_2}{2} = \frac{d \cdot BO}{l} = \frac{0,001 \text{ см} \cdot 26 \text{ см}}{2 \cdot 200 \text{ см}} = 6,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

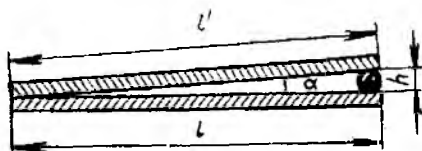
Агар AO ва BO масофаларни спектрнинг қизил қисмидаги бошқа нуқталаргача бўлган масофа деб қарасак, у ҳолда λ нинг бошқа қийматлари олинади, чунки қизил нур $7,6 \cdot 10^{-7} - 6,2 \times 10^{-7}$ м оралиқдаги тўлқин узунлигига эга.

840. Бундан аввалги масалада қаралган тўлқин узунлик учун ν тебраниш частотасини ҳисобланг.

Ечилиши. $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{6,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 4,6 \cdot 10^{14} \text{ 1/сек.}$

841. Патефон пластинкасини кўз олдингизга шундай жойлаштирингки, буида лампочкадан пластинка текислигига деярли параллел ҳолда қайтган нурлар кўринсин. Кузатиладиган ҳодисани қандай тушунтириш мумкин?

Жавоби. Пластинканинг жўяклари орасида ётган қисмидан қайтган ёруғлик интерференцияланади. Бу қисмлар дифракцион панжарадаги тирқишларга ўхшаб, ёруғлик манбалари вазифасини ўтайди.



256- расм.

842. Иккита l ва l' шиша пластинкалар орасида $\alpha = 10^\circ$ бурчакли понасимон ҳаво қатлами ҳосил бўлди (256- расм). Понасимон ҳаво қатламини тик тушувчи $\lambda = 5,8 \cdot 10^{-7}$ м тўлқин узунликли ёруғлик дастаси билан ёритилса, интерференцион манзара қандай кўринишга эга бўлади? α бурчак катталашганда интерференцион манзара қандай ўзгаради?

Ечилиши. Ўтувчи нурда ёруғликнинг максимум шarti $2h_n = n\lambda$. Ёруғликнинг биринчи максимуми $h_1 = \frac{\lambda}{2}$, сўнгра $h_2 = \frac{2\lambda}{2}$ ва ҳоказо ерларда кузатилади;

$$l_n = \frac{h_n}{\sin \alpha} = \frac{n\lambda}{2 \sin \alpha}; \Delta l = l_2 - l_1 = \frac{2\lambda - \lambda}{2 \sin \alpha} = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$$

Δl — ўзгармас катталиқ. Кичик бурчак синуси радианларда олинган бурчакка тенг бўлгани учун,

$$\Delta l = \frac{5,8 \cdot 10^7 \cdot \pi \cdot 3600 \cdot 57,3}{2 \cdot 10} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \text{ мм.}$$

Монохроматик ёруғликда пластинкада унинг қирраларига параллел бўлган ёруғ ва қоронғи полосалар кўринади. $\Delta l = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$, у ҳолда α бурчак катталашиши билан полосалар орасидаги масофа камайиб боради.

843. Энг яхши кўриш масофасида (25 см) нормал кўз биридан 0,07 мм узоқликда турган иккита нуқтани ажратиб кўради. Кўз интерференцион полосаларни ва узунлиги $l = 10$ см бўлган ҳаво қатламининг энг катта қалинлигини ажрата олмагандаги пластинкалар орасидаги α бурчакни аниқланг (842- масала).

Ечилиши. $\Delta l = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$; $\sin \alpha = \frac{\lambda}{2 \Delta l} = \frac{80 \cdot 10^{-6} \text{ мм}}{2 \cdot 0,07 \text{ мм}} = 4 \cdot 10^{-3}$.
 $\alpha \approx 4 \cdot 10^{-3} \text{ рад} \approx 10'$.

$$h = l \alpha \approx 10 \text{ см} \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ см} = 0,4 \text{ мм.}$$

Масала нима учун интерференцион полосалар фақатгина юпқа пардаларда кузатилиши маълум бир меъёрда тушунтиришга имкон беради¹.

844. Вертикал жойлаштирилган сим рамкада совун пардасини ҳосил қилинг. Парданинг қайси ерида, қандай кетма-кетликда ва нима учун биринчи камалак полосалари ҳосил бўлади? Қайтган ёруғликдан ҳосил бўлган полосаларни ёруғлик фильтри орқали қаранг. Полосаларнинг кенглиги ва улар орасидаги масофа нима учун фарқ қилади?

Ечилиши. Суюқликнинг оқиб тушиши натижасида совун пардаси пона ҳосил қилади. Полосалар даставвал парданинг юпқа бўлган юқори қисмида ҳосил бўлади. $L_n = \frac{n \lambda}{2 \sin \alpha}$ (№842). Тўлқин узунлиқ λ қанча узун бўлса, понанинг қиррасидан шунча узоқликда интерференцион полосада тегишли ранг кузатилади. Кўз юқоридан пастга томон спектрнинг бинафша, кўк, ҳаво ранг, яшил ва бошқа рангларини кўради.

Полосаларнинг кенглиги ва улар орасидаги масофанинг фарқи парда сиртининг нотекис эканлиги билан тушунтирилади.

¹) Монохроматик ёруғликда интерференцион полосаларни 0,5 мм гача бўлган пардаларда ажратиш мумкин. Оқ ёруғлик учун парда тахминан юз марта юпқа бўлиши керак.

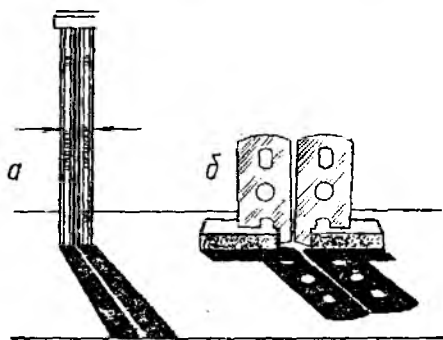
ГЕОМЕТРИҚ ОПТИКА

Ушбу бўлимда ёруғлик тўлқинининг физикавий тушунчаси ўрнига ёруғлик нурининг геометрик тушунчаси (ёруғликнинг тарқалиш йўналишини кўрсатувчи чизиқ) қўлланиладиган масалалар ечилади. Маълум типдаги масалаларни ечишга бундай ёндашиш, ўқувчилардан ҳодисаларнинг ҳақиқий физикавий манзарасини ва „нур оптикاسининг“ қўлланиш чегарасини тушунишни талаб қилади. Шу мақсадда мавжуд бўлимда илгари ўрганилган ёруғликнинг тўлқиний хоссалари ҳақидаги маълумотларнинг қўлланилишини талаб қилувчи масалалар бўлиши керак. Қуйидаги темаларга оид берилган масалалар типик ҳисобланади: бир жинсли муҳитда ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалиши; ёруғликнинг ясси ва сферик кўзгулардан қайтиши; ёруғликнинг синиши; юпқа линзаларда ёруғликнинг йўли; оптик системаларда ёруғликнинг йўли; оптик асбобларнинг тузилиши ва ишлаши.

1. Ёруғликнинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиши

Мавжуд тема бўйича берилган масалалар ёрдамида ёруғлик нури ва „нур оптикаси“нинг қўлланилиш чегараси ҳақидаги тушунчалар ойдинлаштирилади, шунингдек баъзи амалий билимлар (тўғри чизиқларни „ўлчаш“, масофани аниқлаш ва ҳоказо) шакллантирилади.

845 (9). Ёруғ нур йўлига, иложи бўлса қуёш нури йўлига бир-бирига параллел бўлган иккита бир хил қалам қўйинг ва уларни суриб ясси экранда турли кенгликдаги ёруғлик дасталарини ҳосил қилинг. Иложи борица ингичка даста ҳосил қилинг ва у бўйича чизиқ ўтказинг. Бу тажриба асосида ёруғлик дастасининг тарқалиши ҳақида қандай хулоса қилиш мумкин?



257- расм.

лиш мумкин?

846. а) Қаламларнинг икки четидан бармоқлар билан сиқиб (257- а расм) ёруғлик дастасининг бирмунча хира, бироқ кенгроқ бўлишига эришинг. Ёруғлик дастасининг бундай ўзгаришига сабаб нима?

б) Аввалгига ўхшаш тажрибани иккита лезвия ёрдамида бажаринг (257- б расм). Лезвияни тирқиши ўткир

пона ҳосил қилади-
ган қилиб жойлаш-
тиринг. Нима учун
понасимон тирқиш-
нинг учида бирмун-
ча кенг ва „суйкал-
ган“ ёруғлик дастаси
ҳосил бўлади?

Ж а в о б и. Кичик
тирқишларда диф-
ракция ҳодисаси таъ-
сир қилади. Бунда
ёруғлик соя соҳаси-
га ўта бошлайди.

847 (э). Стол лам-
паси билан экран
(девор) орасига ки-
тоб, қўл ва бошқа-
ларни жойлаштиринг. Экранда соя ва ярим соя ҳосил қилинг
ва уларнинг қандай ҳосил бўлишини чизма ёрдамида тушун-
тиринг.

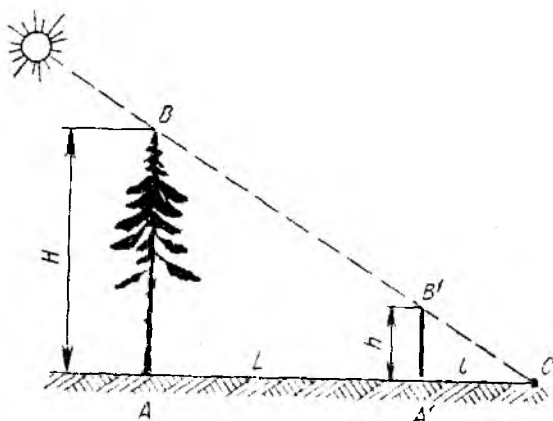
848. Қуёшли кунларда сояга қараб дарахтлар, миноралар
ва шунга ўхшашларнинг баландлиги қандай аниқланади?

Е ч и л и ш и. Даставвал узунлиги $A'B' = h$ бўлган бирор
хода ёки рейка соясининг узунлиги $A'C = l$ (258- расм) аниқ-
ланади. Сўнгра дарахт соясининг узунлиги $AC = h$ ўлчанади
ва ABC ва $A'B'C'$ учбурчакларнинг ўхшашлигидан дарахтнинг
баландлиги $H = \frac{Lh}{l}$ эканлиги топилади.

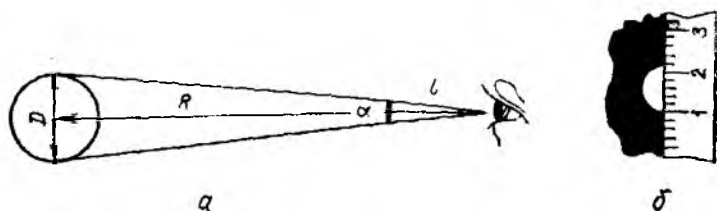
849 (э). Масштаб линейкаси ва қорайтирилган шишадан фой-
даланиб, Қуёш диаметри D нинг тахминий катталигини баҳо-
ланг. Қуёшгача бўлган оралиқ R ни 150 млн. км деб олинг.

Е ч и л и ш и. Қорайтирилган шишага линейка қўйилади ва
уни қўлда ушлаб 259- а расмда кўрсатилгандек, шиша ор-
қали Қуёшга қаралади. Линейка орқали Қуёшнинг кўринма
диаметри d миллиметрларда ўлчанади (259- б расм).

Қуёш диаметри $D = \frac{Rd}{l}$, бунда l — кўздан қорайтирилган
шишагача бўлган масофа.



258- расм.



259-расм.

Тажрибалардан бирида қуйидаги натижалар олинган: $d = 6 \text{ мм}$; $l = 60 \text{ см}$, $D = 1,5 \text{ млн. км}$. Қуёшнинг диаметри ер орбитаси радиусидан тахминан 100 марта кичик.

Шунга ўхшаш Ойнинг диаметри ёки ўлчамлари маълум бўлган узоқдаги предметга асосан унгача бўлган масофани аниқлаш мумкин.

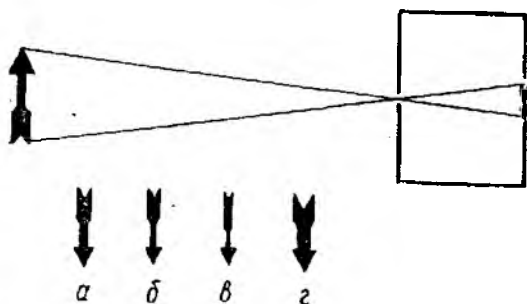
850 (э). Картон ёки қалин қоғозда диаметрлари турлича (5, 2, 1 ва 0,1 мм) бўлган бир нечта тешиклар тешинг ва улар ёрдамида экранда лампочка толаси ёки шам алангасининг тасвирини ҳосил қилинг. Нурлар йўлини чизинг ва тасвирларнинг қандай ҳосил бўлишини тушунтиринг. Бу тасвирларнинг фарқи нимада?

851 (э). Агар думалоқ тешик ўрнига тахминан шундай ўлчамдаги учбурчак ёки квадрат шаклидаги тешик олинса, тасвирнинг сифати ўзгарадими? Жавобингизни тажрибада текшириб кўринг.

Жавоби. Буюмнинг ҳар қандай шуълаланувчи нуқтаси экранда шакли тешикнинг шаклига мос келган ёруғ доғ ҳосил қилади. Бундай доғларнинг тўплами тешикларнинг шаклига боғлиқ бўлмаган ҳолда буюмнинг тўнтарилган тасвирини беради.

852*. 260- расмда „тешикли камера“ нинг схемаси ва тешикларнинг ўлчамлари: а) 3 мм; б) 1 мм; в) 0,5 мм; г) 0,03 мм бўлганда „стрелка“ тасвирининг кўриниши берилган (Лндб, III т., 198- бет). Тасвирлар фарқини қандай тушунтириш керак? Бу маълумотлар 850 ва 851- масалаларда баён этилган тажриба натижаларига зид эмасми?

Жавоби. а, б, в ва г тасвирларнинг характери 850—851- масалалардан олинган натижаларни тасдиқлайди. Тешик ўлчамининг маълум чегарагача камайиши билан тасвирнинг аниқлиги ортиб боради. Катта ўлчамдаги ёруғ доғлар шуълаланувчи буюм деталлари ва контурларини ноаниқ кўрсатади. Кичик ўлчамдаги ёруғ доғ эса аниқроқ кўрсатади. Бироқ ёруғлик тўлқини узунлигига яқин бўлган жуда ҳам кичик



260- расм.

тешикда ёруғлик дифракцияси туфайли тасвирнинг равшанлиги камаёди.

853. Нима учун паркининг соя йўлкаларида „қуёш шуъласи“ думалоқ шаклга эга бўлади?

Жавоби. „Шуълалар“ қуёш нурларининг дарахт барглари орасидан ўтиши натижасида ҳо-

сил бўлган Қуёш тасвири ҳисобланади. Шу муносабат билан ўқувчиларга Қуёш тутилган вақтда, унинг бир қисми кўриганди „шуъла“ ўроқ шаклини олишини айтиб ўтиш қизиқарли бўлади. Ойдан ҳосил бўлган „шуъла“, шунингдек ўроқ ёки ярим ой шаклини олиши мумкин.

2. Ёруғликнинг қайтиши

Ушбу темада ёруғликнинг ғадир-будурлик ўлчамлари ёруғлик тўлқини узунлигига яқин бўлган оптик силлиқ кўзгусимон сиртлардан қайтишга оид масалалар ечилади.

Ёруғликнинг қайтиш қонунини қуйидагича таърифлаш мумкин: тушувчи нур, қайтувчи нур ва нурнинг тушиш нуқтасида қайтарувчи текисликка ўтказилган перпендикуляр бир текисликда ётади, тушиш бурчаги эса қайтиш бурчагига тенг. Ўқувчиларнинг кўпинча тушиш ёки қайтиш бурчаги сифатида янглишиб нур билан текислик орасидаги бурчакни олишларига алоҳида эътибор бериш керак.

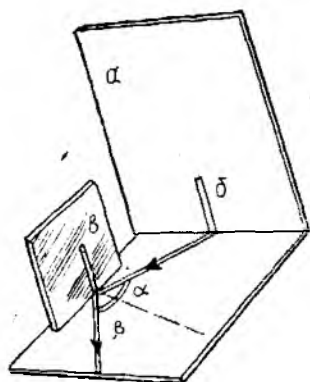
Даставвал, ёруғликнинг ясси, сўнгра, асосан ботиқ сферик кўзгулардан қайтиши ҳақидаги масалалар ечилади. Бу масалалар мазмунига кўра ҳам, ечилиш методларига кўра ҳам турличадир. Турли типдаги масалаларни ёруғлик йўлларини аниқ ясаб ечиш керак.

Сферик кўзгуларга оид ҳисоб масалаларда иккита, яъни $n = \frac{h}{h'} = \frac{f}{d}$ чизиқли катталаштириш формуласидан, бунда h' ва h —тасвир ва буюмларнинг мос ҳолда чизиқли ўлчамлари, f ва d —тасвир ва буюмдан кўзгугача бўлган масофалар ва $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ сферик кўзгу формуласидан фойдаланилади, бунда $F = \frac{1}{2}r$ бўлиб, r —сферик сирт радиуси.

Кўзгудан ҳақиқий тасвир ёки нуқтагача бўлган масофани «+» ишора билан, мавҳум тасвиргача бўлган масофани эса «-» ишора билан олиш керак.

Кўзгу формуласи тақрибий бўлиб, буюмдан келаётган нур билан кўзгунинг оптик ўқи орасидаги бурчак қанча кичик бўлса, у шунча аниқ бўлади.

Сферик кўзгулардан қайтган дастлабки нур йўллари қайтиш қонуналаридан фойдаланилган ҳолда, яъни тушиш ва қайтиш бурчакларини ясаш йўли билан чизилади. Ўқувчилар бунинг мазмунини ўрганиб олганларидан кейин йўллари маълум бўлган нурлар, яъни: қайтгандан сўнг кўзгунинг фокуси орқали ўтган, оптик ўққа параллел бўлган нурлар; фокус орқали ўтган, оптик ўққа параллел қайтган нурлар; кўзгунинг маркази орқали ўтиб, ўша йўналишда қайтувчи нурлар; кўзгунинг қутбига тушиб, бош оптик ўққа симметрик ҳолда қайтган нурлар ёрдамида ясашга ўтилади. Кўзгунинг эгрилик



261- расм.

радиуси қанча катта бўлса, юқорида айтиб ўтилган қоидалар шунчалик аниқ бажарилади. Шунингдек ёруғликнинг биргина йўлини тўғри ва тескари йўналишда ўта олиши, яъни ёруғлик нурининг қайтувчанлик хусусиятини ҳисобга олиш керак.

854 (э). Картон ёки a қалин қозони тўғри бурчак остида букнинг ва унда 261- расмда кўрсатилгандек b қирқим ҳосил қилинг. Бирон-бир манбадан келаётган ёруғлик дастасининг йўлига v кўзгу қўйиб, қайтиш қонунининг тўғрилигига ишонч ҳосил қилинг.

Масаланинг ечими 261- расмдан

яққол кўриниб турибди.

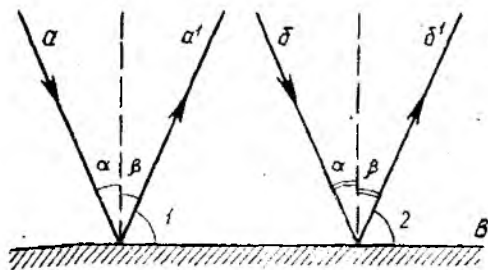
855. Яси кўзгуга тушган параллел нурларнинг параллеллигича қилишини исботланг.

Ечилиши. AB кўзгуга тушувчи (262- расм) иккита a ва b параллел нурларнинг йўллари қараймиз. Қайтувчи a' ва b' нурларнинг AB тўғри чизиқ билан кесилишидан ҳосил бўлган 1 ва 2 мос бурчаклар тенг. Демак, a' ва b' нурлар параллел.

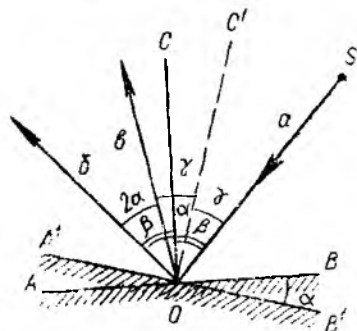
856. Агар кўзгу $\alpha = 15^\circ$ бурчакка бурилса, кўзгудан қайтган нур қанча градусга бурилади?

Ечилиши. S манбадан AB кўзгуга тушувчи a нурни ясаймиз (263- расм). Тушиш ва қайтиш бурчаги β га тенг. Агар кўзгу α бурчакка бурилса, у ҳолда OC перпендикуляр ҳам α бурчакка бурилади. Янги тушиш бурчаги $\gamma = \beta - \alpha$ бўлади. Кўзгунинг бурилишигача ва бурилгандан кейин кўзгудан қайтган нурлар орасидаги бурчак

$$2\beta - 2\gamma = 2\beta - 2(\beta - \alpha) = 2\alpha = 30^\circ.$$



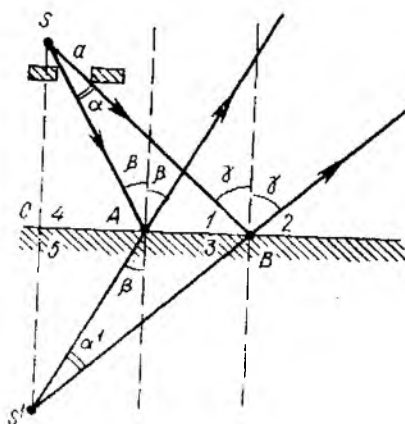
262- расм.



263- расм.

857. S майдан a тирқиш орқали ясси кўзгуга a бурчак остида тарқалувчи ёруғлик дастаси тушмоқда (264- расм). Кўзгудан қайтган нурлар орасидаги бурчакни топинг.

Ечилиши. Ёруғлик дастасини чегараловчи икки четки нурлар йўлини ясаймиз ва уларни кўзгунинг орқасига S' нуқтада кесишгунча давом эттираемиз. α' топилиши керак бўлган бурчакнинг ўзгинасидир. SAB ва $S'AB$ учбурчакларни қараб чиқамиз. $\angle 1 = \angle 3$, чунки уларнинг ҳар иккаласи $\angle 2$ га тенг. $\angle SAB = \angle S'AB$, чунки улар $90^\circ + \beta$ га тенг. Демак, $\alpha = \alpha'$.



264- расм.

Олинган натижадан, ясси кўзгу фақат нурларнинг тарқалиш йўналишини ўзгартириб, улар орасидаги бурчак эса ўзгармасдан қилишини ўқувчиларга тушунтиришда фойдаланиш керак. Қаралаётган буюмнинг исталган нуқтасидан кўзга донмо тарқалувчи нурлар тушади ва биз бу нуқтани (шуълаланувчи нуқта ёки кичик ўлчамдаги ёритилган буюм) нурларнинг кесишган жойида кўраемиз. Бу ҳоюда кўзгудан тарқалувчи нурлар учун ҳам ўрнқилидир. Нурларнинг давомида кўз S нуқтанинг тасвири ҳисобланган S' нуқтани кўради.

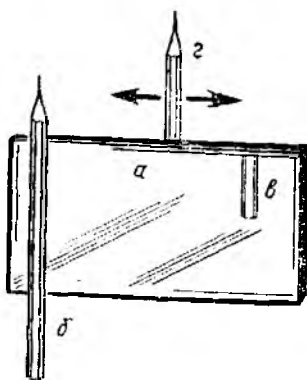
858. Аввалги масаланинг ечимидан фойдаланиб S' нуқтанинг тасвири қаерда ҳосил бўлишини аниқланг.

Ечилиши. S ва S' нуқталарни тўғри чизик билан бирлаштирамиз ва $\triangle SAB = \triangle S'AB$ эканини топамиз.

$\triangle SBC = \triangle S'BC$, чунки улар тенг томонлар орасига жойлашган 1 ва 3 тенг бурчакларга эга. Шунга кўра $SC = S'C$; $\angle 4 = \angle 5 = 90^\circ$. Демак, S ва S' нуқталар кўзгу сиртига нисбатан симметрик жойлашган.

859 (э). а) Картон варағига иккита тўғнағич қаданг ёки кўздан турли масофаларда иккита қаламни тик ҳолда яқиндагиси узоқдагисини беркитиб турадиган қилиб ушланг. Кўзни чапга ва ўнгга салгина силжитиб, узоқдаги буюм яқиндагига нисбатан қайси томонга силжишини аниқланг.

б) a кўзгу олдида b қалам ўрнатиш ва унинг b тасвири кўзгу орқасида қаерда бўлишини аниқланг. Бунинг учун иккинчи g қаламни кўзгунинг орқасига ўрнатиш (265- расм) ва биринчи топшириқдаги синғари кўзни ўнг ёки чапга силжитиб ва g қаламни суриб унинг b тасвирга нисбатан силжидиган ҳолатини топинг. Тажриба асосида b тасвирнинг қаерда бўлиши ҳақида хулоса чиқаринг.



265- расм.

Жавоби а) Кўз қайси томонга силжиса, узоқдаги буюм ҳам яқиндагига нисбатан ўша томонга силжийди. б) Қаламнинг кўзгу олиндаги тасвири қандай масофада бўлса, унинг кўзгу орқасидаги тасвири ҳам шундай масофада бўлишини ўлчаш орқали топамиз. Бу 858- масалада чиқарилган хулосани тасдиқлайди.

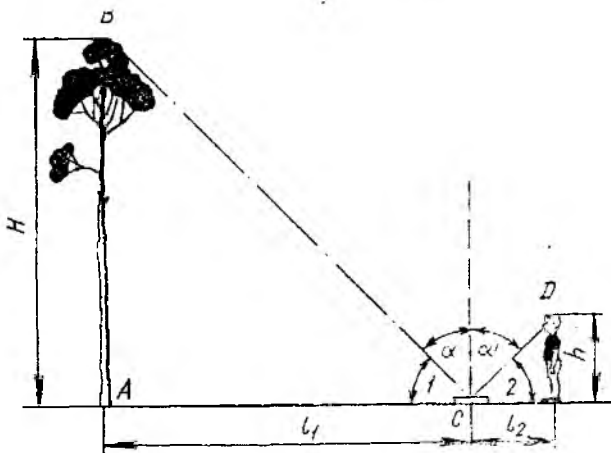
860 (э). Оёғингиздан унча узоқ бўлмаган масофага кўзгуни қўйиб, унда дарахт, столба ёки бошқа баланд буюм учларининг тасвирини топинг ва тегишли ўлчаш ва ҳисоблаш ишларини бажариб, уларнинг

баландлигини аниқланг.

Ечилиши. 266- расмдагига ўхшаш чизма чизамиз. Ёруғликнинг қайтиш қонунига мувофиқ $\alpha = \alpha'$, Шунга кўра $\angle 1 = \angle 2, \triangle ABC \sim \triangle CDE$. Демак, $\frac{H}{l_1} = \frac{h}{l_2}$ бўлиб, бундан дарахтнинг баландлиги $H = \frac{l_1 h}{l_2}$ га тенг, бунда h — киши кўзидан ергача бўлган масофа. l_1 ва l_2 эса мос ҳолда кўзгудан дарахтгача ва кишининг оёғигача бўлган масофа.

861*. Яйловдаги дарахт учига қуш қўниб турибди. Қуш яйловнинг иккинчи томонидаги дарахтга энг қисқа масофа орқали учиб ўтиши учун у ер сиргининг қаеридаги мевани чўқиб кетиши керак?

Ечилиши. Фараз қилайлик, қуш дарахтнинг A учидан B учига учиб ўтиши керак бўлсин (267- расм). Ер сиртига нисбатан B нуқтага симметрик бўлган B' нуқтани ясаймиз



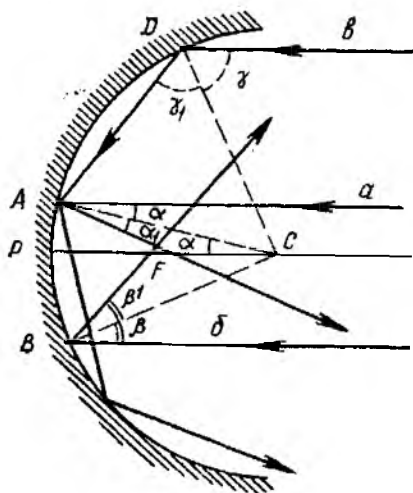
266- расм.

ва AB' ва OB тўғри
чизиқни ўтказамиз.
 A ва B' нуқталар
орасидаги энг қис-
қа йўл AB' , бироқ
 $OB' = OB$, шунинг
учун AOB йўл маса-
ла шартларига кўра
энг қисқа йўл ҳи-
собланади. Исталган
бошқа йўл, масалан
 $AO_1B' > AOB$, чунки
 $AO_1B' > AOB'$.

267- расмдан $\alpha =$
 $= \alpha'$ экани кўрина-
ди, демак, AOB энг
қисқа масофа O нуқ-
тадан қайтган ёруғликнинг йўлига мос келади.

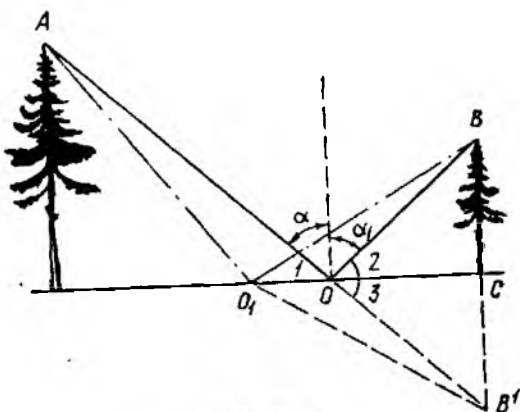
Қадимги грек олими Герон (бизнинг эрадан 120 йил олдин)
нинг ёруғликнинг ясси кўзгудан қайтганда энг қисқа йўл бо-
сиб ўтишини исботлаганлиги ҳақида ўқувчиларга сўзлаб бериш
мумкин. Олим Ферма эса (1601—1665) ёруғликнинг минимум
вақт талаб қиладиган энг қисқа йўлда тарқалишини кўрсатди
(Ферма принципи).

862. Эгрилик радиуси 5 см бўлган кўзгусимон ботиқ ярим
сферани тасвирланг ва чизма орқали нурларнинг бош оптик
ўқ билан кесишган нуқтасини топинг. Нурлар кўзгуга унинг
бош оптик ўқиға параллел ҳолда ундан 1,2 ва 4,5 см масо-
фаларда тушади. Нурнинг бош
оптик ўқдан 1 см масофада у
билан кесишган нуқтасини,
шунингдек ҳисоблаш орқали
топинг.

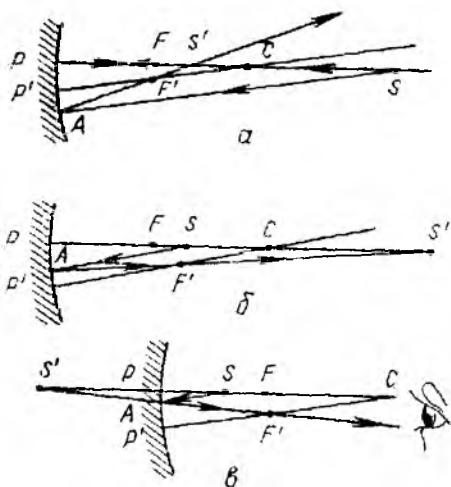


268- расм.

Ечилиши. Бош оптик ўқ-
дан мос ҳолда 1, 2 ва 4,5 см
масофаларда турган ва кўзгу-
га параллел ҳолда тушувчи
нурларни a , b , v орқали тас-
вирлаймиз. Ҳар бир нурнинг
тушиш нуқтасини кўзгу сир-
тининг маркази билан туташ-
тирамиз ва a , b ва v тушиш
бурчаклари бўйича транспор-
тир ёки циркуль ёрдамида
уларга тенг бўлган α' , β' ва γ'
қайтиш бурчакларини чизамиз
(268- расм). a нур қайтгандан
сўнг бош оптик ўқ билан тах-



267- расм.



269- расм.

минан P кўзгу қутби ва C сферик сирт маркази орасидаги F нуқтада кесишади.

Нур b бош оптик ўқ билан P қутбга бирмунча яқинроқ масофада кесишади.

Нур $в$ эса F нуқта соҳасига мутлақо тушмайди ва кўзгудан кўп марта қайтади.

Чизмадан шундай хулоса қилиш мумкин: бош оптик ўққа яқин бўлган параллел нурлар тахминан кўзгунинг фокуси деб аталувчи бир нуқтада кесишади.

„Оптик ўққа яқин бўлган нурлар“ дейилган

ифода, ушбу мисолда $2AP$ га тенг бўлган кўзгунинг тирқиш ўлчами эгрилик радиуси $R = PC$ дан бирмунча кичик эканини билдиради.

F нуқтанинг ҳолатини қуйидагича ҳисоблаш мумкин.

$\angle ACP = \angle \alpha$. $\triangle ACF$ — тенг ёнли, $AF = FC$. $\angle AFP$ кичик бўлгани учун $AF \approx PF$ бўлади, демак, $PF = FC = \frac{R}{2}$.

863. Ёруғлик нурининг қайтувчанлик хоссасида фойдаланиб, 862- масала ечимига кўра, ботиқ сферик кўзгудан қайтган, F фокус орқали ўтувчи нурларнинг қандай йўналишда кетиши ҳақида хулоса чиқаринг.

Жавоби. Бош оптик ўқ билан кичик бурчак ташкил қилиб фокус орқали ўтувчи нурлар¹ бош оптик ўққа параллел ҳолда қайтади.

864. Бош оптик ўқда ётувчи шуълаланувчи нуқтанинг тасвири қаерда, яъни: а) ботиқ кўзгу марказининг орқасида; б) фокус билан марказ орасида; в) фокус билан қутб орасида ётишини чизма ва ҳисоблашлар ёрдамида аниқланг.

Ечилиши. 1- усул. а) Кўзгунинг C маркази орқали CP ўққа тенгдош, ажратилиши деярли шартли бўлган қўшимча CP' ўқ ўтказамиз (269- расм). Сўнгга S нуқтадан CP' га параллел бўлган SA нурни ўтказамиз. Нур кўзгудан қайтганда $P'C$ кесманинг ўртасида ётувчи F' фокус орқали ўтиши керак. SA ва SP нурларнинг кесишишидан ҳосил бўлган S' нуқта S

¹ Бундан кейин фақат бош оптик ўқ билан кичик бурчак ташкил этган нурларгина қаралади.

нуқтанинг тасвири бўлади. Бу нуқта кўзгунинг фокуси билан унинг оптик маркази орасида жойлашган.

б) Нурларнинг қайтувчанлик хоссасидан фойдаланиб, қуйидагиларни тасдиқлаш мумкин: агар S' шуълаланувчи нуқта кўзгу фокуси билан маркази орасида жойлашган бўлса, у ҳолда унинг тасвири бўлган қўшма нуқта кўзгу марказининг орқасида жойланади. Бу даъвои олдингига ўхшаш ясаш йўли билан текшириб кўриш мумкин: CP' ёрдамчи ўқ ўтказамиз ва унга параллел бўлган SA нурининг йўлини қараб чиқамиз. Бу нур кўзгудан қайтиб ёрдамчи ўқ фокуси орқали ўтади ва бош оптик ўқ билан S нуқтанинг тасвири ҳисобланган S' нуқтада кесинади (269- б расм);

в) CP' ёрдамчи ўқ ўтказамиз ва унга параллел бўлган SA нурининг йўлини қараб чиқамиз. Нур кўзгудан қайтиб F' фокусдан ўтади ва бош оптик ўқ бўйлаб ўтувчи нур билан кесинмайди. Тасвир ҳосил бўлмайди. Агар тарқалувчи нурлар кўзга тушса, у ҳолда кўз кўзгунинг орқасида нур давомида S' нуқтада мавҳум тасвири кўради (269- в расм).

2- усул. $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$ кўзгу формуласини ёзамиз ва ундан бизни қизиқтирувчи $f = \frac{F}{1 - \frac{d}{F}}$ катталикини аниқлаймиз. Агар $d = 2F$ бўлса, у ҳолда $f = 2F$ бўлади.

а) $d > 2F$ да махраж $1/2$ дан катта, бироқ 1 дан кичик қийматга эга, шунга кўра $F < f < 2F$ бўлади.

б) $F < d < 2F$; $f > 2F$ (а ва б ҳолларни солиштириб, d ва f масофаларда ётган нуқталар қўшма нуқталар эканини кўрамиз).

в) $d < F$. Бунда махраж манфий катталиқдир. Мавҳум тасвир кўзгу орқасида ётади.

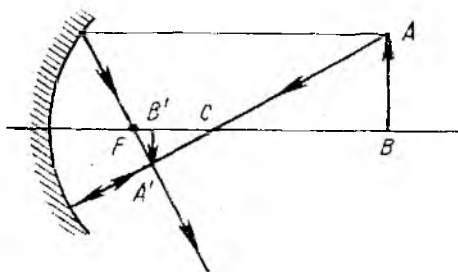
865 (э). Ботиқ сферик кўзгу ёрдамида экранда одам башарасининг тасвирини ҳосил қилиш мумкинми? Қандай қилиб? Жавобингизни тажрибада текширинг.

Жавоб. Экрандаги тасвир ҳақиқий, шунга кўра одам башараси кўзгудан фокус масофадан каттароқ масофада жойлашган бўлиши керак. Мавжуд қурилма 270- расмда кўрсатилган. Тажрибадан сферик кўзгу фақат шуълаланувчи нуқта тасвиригизина эмас, балки ёритилган жисмларнинг ҳам тасвирини беришни кўриш мумкин.

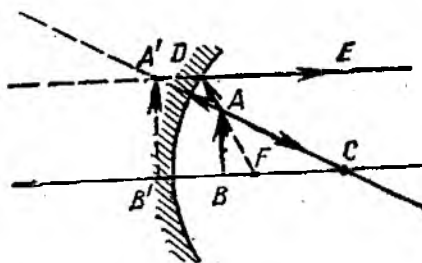
866. Ботиқ сферик кўзгу ёрдамида қандай қилиб буюмнинг: а) кичрайган; б) катталашган тасвирини ҳосил қилиш мумкин?



270- расм.



271- расм.



272- расм.

Жавобни чизма ва тажрибалар ёрдамида текшириб кўринг.

Ечилиши. а) Агар буюм кўзгунинг марказидан (иккиланган фокус масофадан) узоқда жойлашган бўлса, кичрайган тасвир ҳосил бўлади. Чизмани соддалаштириш учун буюмнинг („стрелканинг“) бир учи бош оптик ўқда жойлашади деб тасвирлаймиз (271- расм). Бу ҳолда B нуқтанинг тасвири 864- масалада кўрсатилганидек бош оптик ўқда бўлганлиги туфайли биргина A нуқтанинг тасвирини топиш кифоя. Тасвирни яшада масалан, бош оптик ўққа параллел бўлган нурдан ва C марказ орқали ўтувчи нурдан фойдаланамиз. Ҳақиқий, кичрайтирилган ва

тўнтарилган тасвир кўзгунинг фокуси билан маркази орасида жойлашади (271- расм);

б) Ёруғлик нурларининг қайтувчанлигига асосан, агар буюм кўзгу фокуси билан маркази орасида жойлашган бўлса, у ҳолда унинг ҳақиқий, катталашган ва тўнтарилган тасвири кўзгунинг маркази орқасида жойлашган бўлади деб хулоса қила оламиз.

Масала шартида, катталашган тасвирнинг ҳақиқий ёки мавҳум бўлиши кераклиги ҳақида гапирилмаганлиги туфайли, бу саволга бошқача жавоб бериш мумкин. Агар буюм кўзгу билан унинг фокуси орасида жойлаштирилган бўлса, буюмнинг катталашган (мавҳум) тасвир ҳосил бўлади (272- расм).

Кўзгудан қайтган нурларнинг тарқалиб кетиши 272- расмдан кўриниб турибди. Шунинг учун ҳақиқий тасвир ҳосил бўлмайди. Бироқ кўз, масалан A нуқтанинг мавҳум тасвирини кўзгунинг орқасида DE ва AC нурларнинг давомида кўради. Буюмнинг мавҳум тасвири катталашган бўлади, бундан масалан, соқол олишда қўлланиладиган кўзгуларда фойдаланилади.

Бу масалани ечганда кўзгуларда тўғри тасвирнинг ҳамма вақт мавҳум, тескари тасвирнинг эса ҳақиқий бўлишига ўқувчилар диққатини қаратиш керак.

867 (э). Ҳисоблашлардан фойдаланмасдан, қандай қилиб ботиқ кўзгунинг эгрилик радиусини топиш мумкин? Жавобин-

гизини тажрибада текширинг.

Ечилиши. 866- масалада кўрсатилганидек, агар буюм кўзгу марказидан узоқда турган бўлса, тасвир кичрайган бўлади, агар яқин бўлса катталашган бўлади. Агар буюм кўзгунинг радиусига тенг масофада турган бўлса, у ҳолда тасвир катталиқ жиҳатидан буюмга тенг бўлади, бундан кўзгуларнинг радиусини аниқлашда фойдаланиш мумкин.

Бу хулосани кўзгунинг катталаштириш формуласи

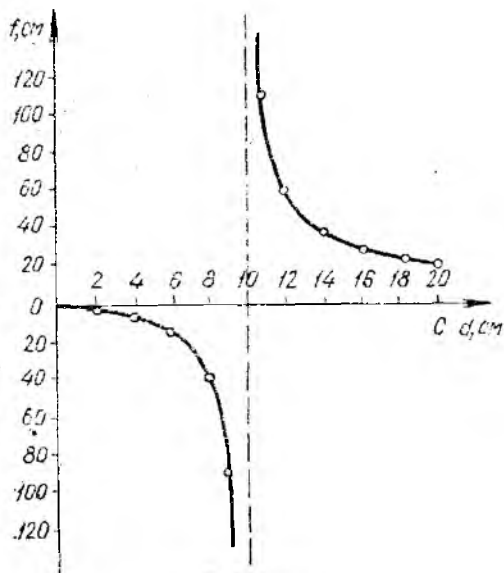
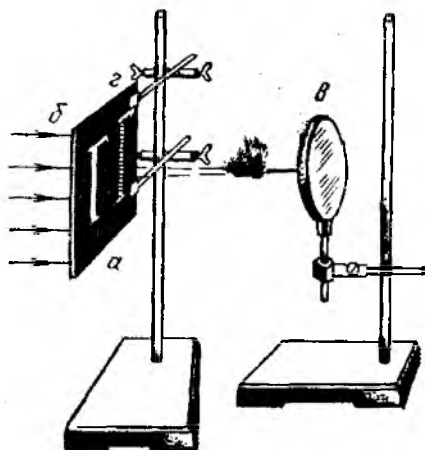
$$n = \frac{f}{d} \text{ асосида тасдиқлаш}$$

мумкин. $n=1$ да $f=d$ бў-

лади. У ҳолда $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ кўзгу формуласидан $d=2F$ эканлиги келиб чиқади.

Тажрибани қўйишда 6 қирқимли a картон бўлаги ва 8 кўзгу штативга маҳкамланади (273- расм). Қирқим ёруғлиқнинг параллел дастаси билан ёритилади (проекцион фонарь билан). Картонни кўзгунинг бош оптик ўқи бўйлаб силжитиб,

273- расм.



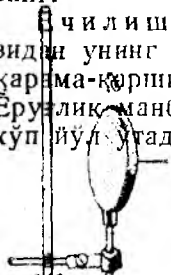
274- расм.

унда катталиги „қирқим“ ўлчамига тенг бўлган 2 тескари тасвир ҳосил қилинади. Тасвир кўзгу радиусига тенг бўлган иккиланган фокус масофада ҳосил бўлади.

868. Ёруғлик манбаи эгрилик радиуси $R=20$ см бўлган кўзгу марказидан унинг қутбига томон 2 м сек тезлик билан текис силжитилмоқда. Бунда ёруғлик манбаининг тасвири қандай силжийди ва унинг тезлиги қандай ўзгаради? Тасвиргача бўлган масофанинг ёруғлик ман-

бадан кўзгугача бўлган масофага боғлиқлик графигини чизинг.

Чилиши. 1- усул. Ёруғлик манбаи кўзгунинг марказидан унинг фокусига томон силжийди, унинг тасвири эса қарма-қарши томонга марказдан исталганча узоққа силжийди. Ёруғлик манбаининг ўртача силжиш тезлиги, бир хил вақтда куп йўл ўтадиган тасвирнинг тезлигига қараганда кичикдир.



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}, \text{ буида } f = \frac{Fd}{d-F}$$

Жадвал тузамиз ва шу асосда график ясаймиз (274- расм).

$d, \text{ см}$	20	18	16	14	12	11	10	9	8	6	4	2	0
$f = \frac{Fd}{d-F}, \text{ см}$	20	27	36	59	110	∞	-90	-40	-15	-6,7	-2,5	0	

274-р.

Жадвал ва графикдан, тасвирдан кўзгугача бўлган f масофа манбагача бўлган d масофага қараганда тезроқ ўзгариши кўриниб турибди. $d = F = 10 \text{ см}$ нуқта—махсус нуқта. Бу нуқта учун $f = \infty$ ва функция узилган бўлади. f нинг манфий қийматига манбаининг кўзгу орқасида ҳосил бўлган мавҳум тасвиргача бўлган масофа мос келади. Ёруғлик манбаи кўзгу марказидан кўзгуга томон яқинлашиб борган сари ҳақиқий тасвир ортиб борувчи тезлик билан кўзгудан узоқлашадиган, мавҳум тасвир эса камайиб борувчи тезлик билан унга яқинлашади.

2- усул. Ўқувчиларнинг математик анализдан олган билимларини ҳисобга олиб, тасвирнинг силжиш тезлигини ҳосил тариқасида топамиз:

$$v_{\text{тасвир}} = \frac{df}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{Fd}{d-F} \right).$$

Формулаи ёзиш осон бўлсин учун d катталикини l ҳарфи билан белгилаймиз. F — ўзгармас катталик. Агар $y = \frac{u}{v}$ бўл-

са, у ҳолда ҳосил $\frac{dy}{dt} = \frac{\frac{du}{dt}v - u \frac{dv}{dt}}{v^2}$ бўлишини ўқувчиларга эслатиб ўтамиз. Шунга кўра

$$\frac{df}{dt} = \frac{\frac{d}{dt}(Fl)(l-F) - \frac{d}{dt}(l-F)Fl}{(l-F)^2} = -\frac{F^2 \frac{dl}{dt}}{(l-F)^2}.$$

Масаланинг шартига кўра $\frac{dl}{dt} = v_{\text{манба}}$ манбанинг силжиш тезлиги ўзгармас катталиқ бўлиб, $2 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ га тенг ва $F = 10 \text{ см}$. Шунинг учун тасвирнинг оний силжиш тезлиги

$$v_{\text{тасвир}} = - \frac{F v_{\text{манба}}}{(l - F)^2} = - \frac{200}{(10)^2} \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

Минус ишора тасвирнинг ёруғлик манбанинг силжиши йўналишига қарама-қарши йўналишда силжишини кўрсатади.

Ҳаракатланувчи манба фокусга яқин бўлганда ($l \approx 10 \text{ см}$), тасвир энг катта тезлик қийматига эришади. $l = F$ бўлганда $v_{\text{тасвир}} = \infty$ эканлиги сифат жиҳатдан график ёрдамида кўрсатилган эди (274- расм).

3. Ёруғликнинг синиши

Мазкур темада $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ қонунга асосан икки муҳит чегарасида синувчи нурларнинг йўли топиладиган масалалар ечилади, бунда α — тушиш бурчаги, γ — синиш бурчаги, n эса иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичи бўлиб, ёруғлик нури биринчи муҳитдан бу муҳит чегарасига тушади. Берилган модданинг вакуумга нисбатан (амалда ҳавога нисбатан) синдириш кўрсаткичи, абсолют синдириш кўрсаткичи дейилади. Иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичи $n = \frac{n_2}{n_1}$, бунда n_2 ва n_1 — берилган муҳитларнинг абсолют синдириш кўрсаткичлари.

Масалалар ёрдамида, шунингдек синдириш кўрсаткичининг физик моҳияти, яъни унинг берилган муҳитда ёруғлик тезликларининг (c_1 ва c_2) нисбатига тенг катталиқ — $n = \frac{c_1}{c_2}$ эканлиги ҳақидаги тушунча чуқурлаштирилади.

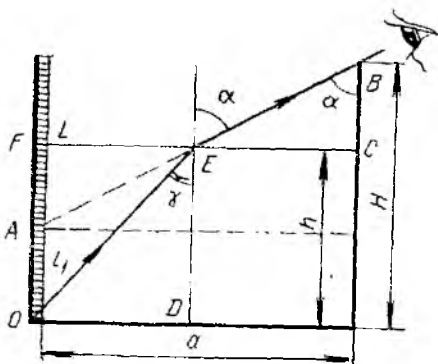
Ёруғликнинг ясси-параллел пластинкада, сув сиртида ва уч ёқли призмада синишига доир масалалар типавий масалалар ҳисобланади.

Масалаларда, шунингдек синдириш кўрсаткичининг частотага боғлиқлиги ва тўла ички қайтиш ҳодисалари ҳам қаралади.

869. Шинишдан ясалган эшикнинг икки томонида бир-бирига қараб турган икки киши бир вақтда уйнинг ичини кўриши мумкин. Нима учун шундай бўлишини тушунтиринг. Улардан қайси бирига ва нима учун кузатилаётган манзара равшанроқ кўринади?

Жавоб. Улардан бири уйнинг ички қисминини келаётган нурлар ёрдамида, иккинчиси эса қайтувчи нурлар ёрдамида кўради. Қайтган нур учун қайтиш бурчаги кичик бўлган ҳолларда қайтган ёруғлик энергиясининг миқдори унча катта

872 (э). Идиш деворига линейкани вертикал жойлаштиринг (277- расм) ва қарама-қарши девордаги B нуқтадан кўзга ташланувчи A нуқтани белгиланг. Сўнг-ра кўзни силжитмасдан шкаланинг ноль бўлинимаси кўрингунга қадар идишга сув қуйинг. Тегишли ўлчаш ва ҳисоблашларни бажариб, тажриба натижалари асосида сувнинг ҳавога нисбатан синдириш кўрсаткичини аниқланг.



277- расм.

Ечилиши. Бу масаланинг олдинги масаладан асосий фарқи ёруғлик нурининг оптик зичлиги катта бўлган муҳитдан оптик зичлиги кичик бўлган муҳитга ўтишидадир. Агар кўз шкаланинг ноль бўлинимасини кўрса, у ҳолда нур сувда OE йўналиш бўйича ҳаракатланади ва E нуқтада синиб EB йўналиш бўйича кетади. Одам шкаланинг ноль бўлимини BE тўғри чизигининг давомида, яъни идишда сув бўлмаган вақтда белгиланган жойда кўради.

Бу ҳолатда тушиш бурчаги γ , синиш бурчаги эса α бўлади. Ёруғлик оптик зичлиги катта бўлган муҳитдан оптик зичлиги кичик бўлган муҳитга ўтади ва шунинг учун тушиш нуқтасига туширилган перпендикулярдан оғади. $\gamma < \alpha$. Лекин масалада сувнинг ҳавога нисбатан синдириш кўрсаткичини аниқлаш талаб қилинади, шунинг учун ёруғлик нурларининг қайтувчанлик хусусиятини ҳисобга олиб, қарама-қарши йўналган нур учун $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ деб, ёзини мумкин, α ва γ бурчакларни уларнинг тангенс бўйича топамиз: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{H-l}$, бунда a — идишнинг кенглиги, $\operatorname{tg} \gamma = \frac{OD}{h}$;

$$OD = a - EC = a - (H - h) \operatorname{tg} \alpha; \operatorname{tg} \gamma = \frac{a - (H - h) \operatorname{tg} \alpha}{h}.$$

Тажрибаларнинг бирида қуйидаги маълумотлар олинган: $H = 117$ мм; $a = 155$ мм; $h = 80$ мм; $l = 40$ мм. Берилганларни формулага қўйиб, қуйидагиларни топамиз: $\operatorname{tg} \alpha = 2$; $\sin \alpha = 0,90$; $\operatorname{tg} \gamma = 1$; $\sin \gamma = 0,71$; $n = 1,3$.

Масаланинг ечимини анализ қилиб, одам сувга қараганда унда ётган нарсаларнинг кўтарилгандек туюлишига ва идиш тубининг саздек бўлиб кўринишига, бунда ташқари буюмларининг вертикал йўналиш бўйича сиқилгандек бўлиб туюлишига ўқувчилар диққатини қаратиш керак. Масалан, мазкур

ҳолда линейканинг O ва F орасидаги бўлимлари AF кесма узунлигига „сиқилгандек“ туюлади.

873. Жадвал маълумотларидан фойдаланиб, муздан сувга ва аксинча, сувдан музга келаётган нур учун нисбий синдириш кўрсаткичини аниқланг.

Ечилиши. $n_{мс} = \frac{n_c}{n_m}$ („мс“ индекс муздан сувга бўлган нур йўлини кўрсатади)

Жадвалдан сувнинг абсолют синдириш кўрсаткичи $n_c = 1,33$ ва музнинг абсолют синдириш кўрсаткичи $n_m = 1,31$ эканини топамиз.

$$n_{мс} = \frac{1,33}{1,31} = 1,02.$$

Музнинг сувга нисбатан синдириш кўрсаткичи

$$n_{см} = \frac{1}{n_{мс}} = 0,982.$$

Ечимни анализ қилишда ўқувчиларнинг диққатини қуйидагиларга қаратиш керак: а) бир хил модданинг синдириш кўрсаткичи турли ҳолатларда (масалан, сув, муз) турлича бўлиши мумкин; б) нисбий синдириш кўрсаткичи бирдан кичик бўлиши мумкин; в) абсолют синдириш кўрсаткичи ҳамма вақт бирдан катта бўлади.

874. Ёруғликнинг сувдаги ва олмосдаги тезлигини ҳисобланг.

Ечилиши. $\frac{n_c}{n} = \frac{c}{c_c}$, буида c_c — ёруғликнинг сувдаги тезлиги, $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек эса ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги. Сувнинг абсолют синдириш кўрсаткичи $n_c = 1,33$. Вакуумнинг абсолют синдириш кўрсаткичи $n = 1$.

$$c_c = \frac{c}{n_c} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{1,33} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ м/сек}.$$

Олинган натижа Фуко методи билан ёруғлик тезлигини аниқлашга доир масалани ечишда олинган натижани тасдиқлашга ўқувчилар диққатини қаратамиз (№ 831).

Ёруғликнинг олмосдаги тезлиги

$$c_o = \frac{c}{n_o} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{2,42} = 1,24 \cdot 10^8 \text{ м/сек}.$$

875. Сув—ҳаво чегарасига 30° ва 60° бурчак остида тушаётган нурларнинг йўлини чизинг.

Ечилиши. Фараз қилайлик, α нур муҳит чегарасидаги O нуқтага $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида тушаётган бўлсин (278- расм).

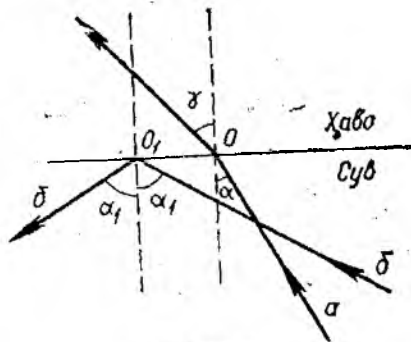
Синиш қонунига кўра $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_{\text{ҳаво}}}{n_{\text{сув}}}.$

Бу формулани ўқувчилар механик тарзда ёзиб олмаслиги ва хато қилмаслиги учун тахминан қуйидагича мулоҳаза юритиш лозим.

Нур оптик зичлиги катта бўлган муҳитдан оптик зичлиги кичик бўлган муҳитга ўтади ва, бинобарин, перпендикулярдан четга оғади, $\alpha < \gamma$, $\sin \alpha < \sin \gamma$. Шунинг учун синдириш кўрсаткичлари нисбатининг махражида катта миқдор туриши керак, яъни

$$n_{\text{сув}} = 1,33, n_{\text{ҳаво}} \approx 1.$$

$$\sin \gamma = \sin \alpha \cdot n_{\text{сув}} = 0,5 \cdot 1,33 \approx 0,67, \gamma \approx 42^\circ.$$



278- расм.

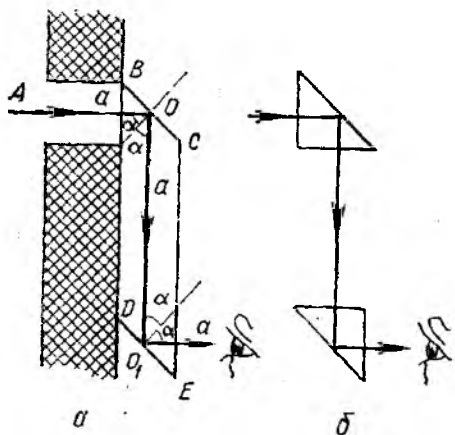
Худди шунингдек иккинчи б нур учун $\sin \gamma_1 = \sin \alpha_1 n_{\text{сув}} = 0,87 \cdot 1,33 \approx 1,2$ эканини топамиз. Синус бирдан катта бўлолмайди, демак, нур ҳавога чиқмайди, балки кўзгудан қайтганидек сув сиртидан тўла қайтади.

876. Сув, шиша ва олмос, шунингдек сув—шиша (енгил флинт) чегараси учун тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчагини топинг.

Ечилиши. Тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчагида синиш бурчаги $\gamma = 90^\circ$ ва $\sin \gamma = 1$. Муҳит—ҳаво чегараси учун $\sin \alpha = \frac{1}{n}$, бу ерда n — мазкур муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи. Сув учун $\sin \alpha_0 = \frac{1}{1,33} \approx 0,75$; $\alpha_0 \approx 49^\circ$. Худди шунингдек, шиша учун $\alpha_{\text{шиша}} = 42^\circ$ ва олмос учун $\alpha_{\text{олмос}} = 24,5^\circ$ эканини топамиз.

877. Нима учун сувдаги ҳаво пуфакчалари ялтирайди?

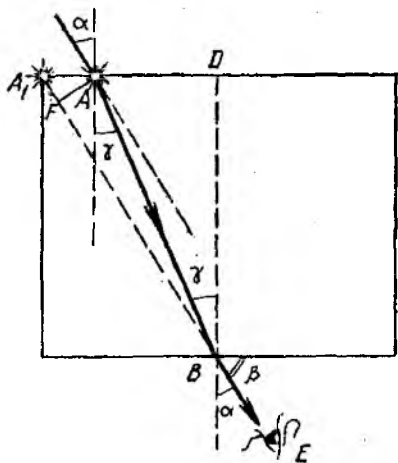
Жавоби. Пуфакчаларга тушаётган қуёш нурлари кўзгудан қайтгандек, унинг ичига ўтмай сиртидан тўла қайтади.



279- расм.

878. Улуғ Ватан уруши йилларида танклар башнясига призматик перископлар (279- расм) қўйишган. Бундай перископларнинг вазифаси ва ишлаш принципини тушунтиринг.

Жавоби. Перископдан кузатиш вақтида танкчининг боши А тирқишдан насабда бўлади, шунинг учун, масалан, ўқнинг бошга тегиш хавфи бўлмайди. BC ва DE ёқлар BD ва CE ёқларга



280- расм.

нисбатан 45° бурчак остида жойлашган. Бу ҳолда α горизонтал нурнинг α тушиш бурчаги 45° га тенг, яъни тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчагидан катта. Нур BC ва DE ёқлардан тўла қайтиб кузатувчининг кўзига тушади ва кузатувчи танк ташқарисидagi жисмларни яхши кўради.

Бу масалани ечишда ўқувчиларга призматик перископ моделини йиғиш имконини бериш учун уларга уч бурчакли призмаларни тарқатиш мақсадга мувофиқдир (279- б расм).

879. Аквариумнинг ўрта-сига маълум бурчак остида қараган киши аквариумнинг қарама-қарши деворига яқин жойлаштирилган иситувчи ва ёритувчи лампани A бурчак қаршисидa кўради (280- расм). Агар аквариумнинг эни 30, бўйи 40 см бўлса, лампа қаерда жойлашган? Аквариумдан ўтувчи нур қандай масофага силжитган?

Ечилиши. Бу масалани дарсда нурларнинг ясси-параллел пластинкадаги йўли ўтилгандан кейин ечин керак. Аквариум деворининг қалнчилиги юпқа бўлгани учун унда нурларнинг силжишини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Ёруғлик нурларининг қайтувчанлигидан фойдаланиб, B нуқтадан чиқиб, E кўзга тушувчи нур йўлини чизамиз.

Агар нур EB йўналиш бўйича кетса, у ҳолда нур B нуқтада сиғади ва перпендикуляр томон ўнгга оғади. α — тушиш бурчаги, γ — сиғиш бурчаги, $\alpha = 90^\circ - \beta$. Бурчак β ни унинг тангенси бўйича топамиз:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{AC}{CB} = \frac{30}{20} = 1.5; \beta \approx 56^\circ, \alpha = 34^\circ.$$

Энди сиғиш қонунидан фойдаланиб γ бурчакни топамиз:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n = 1.33; \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{1.33} = \frac{0.56}{1.33} = 0.42; \gamma = 25^\circ.$$

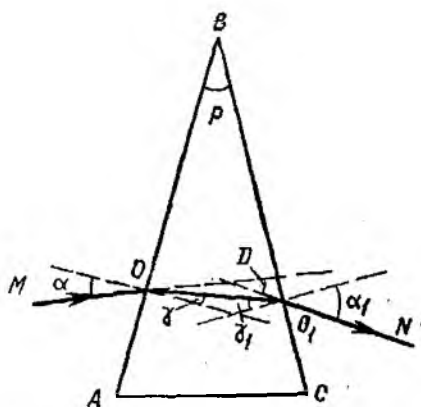
$BA D$ учбурчакдан $AD = DB \cdot \operatorname{tg} \gamma = 30 \text{ см} \cdot 0.47 = 14 \text{ см}$ ни топамиз. Демак, лампа кўзга кўринган жойига қараганда аквариумнинг қарама-қарши девори томонидан $A_1 A = 20 \text{ см} - 14 \text{ см} = 6 \text{ см}$ чеккароқда жойлашган экан. Нурнинг дастлабки ҳолатдан силжиши AF ни тўғри бурчакли учбурчак $A_1 A F$ дан топамиз: $\angle A_1 A F = \alpha$ (томонлари ўзаро перпен-

дикуляр бурчакларга ўхшаш).

$$FA = A_1A \cos \alpha = 6 \text{ см} \times 0,83 \approx 5 \text{ см.}$$

880. Синдириш бурчаги $P = 30^\circ$ бўлган оғир кронда (ойнадан) ясалган уч ёқли призмага $\alpha = 20^\circ$ бурчак остида тушаётган нурнинг оғиш бурчагини ясаш ва ҳисоблаш орқали топинг.

Ечилиши. Призманинг (281- расм) AB ёғида ихтиёр O нуқтани танлаб оламиз ва бу нуқтага (транспортёр ёрдамида) тушиш бурчаги — $\alpha = 20^\circ$ остида нур ўтказамиз. Синиш бурчаги γ ни тонамиз:



281- расм.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = 1,80, \quad \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{1,80} = \frac{0,34}{1,80} = 0,19. \quad \gamma = 11^\circ.$$

Нурнинг BC ёққа тушиш бурчаги $\gamma_1 = 10^\circ$. Синиш бурчаги α_1 ни ҳисоблаймиз, $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = 1,80, \sin \alpha_1 = 1,80 \cdot 0,31 = 0,56, \alpha_1 = 34^\circ$. Нур MO бўйлаб йўналиштирилган бўлиб, призмадан O_1N йўналиш бўйича чиққан. Оғиш бурчаги $D \approx 25^\circ$ эканини транспортёр ёрдамида тонамиз.

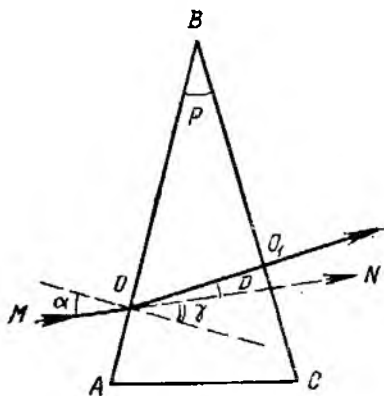
881. Агар призманинг P синдириш бурчаги кичик ва нурнинг α тушиш бурчаги унча катта бўлмаса, у ҳолда D оғиш бурчагини $D = (n - 1) P$ формула ёрдамида ҳисоблаб топинг мумкин. Бунда n — призманинг нисбий синдириш кўрсаткичи. Бу формула 880- масала шартини қаноатлантирадими, текшириб кўринг.

Текшириш. $D = (1,80 - 1) \cdot 30^\circ = 24^\circ$.

Формула ёрдамида топилган жавоб ясашлар ёрдамида топилган жавобга кичик хатоликлар чегарасида мос келади.

$D = (n - 1) P$ формуладан нурнинг юққа призмадан оғиш бурчаги ва нурнинг кичик бурчак остида призма ёғига тушиши тушиш бурчагига боғлиқ эмаслиги келиб чиқади. Қизиқувчи ўқувчилар бу фактни мустақил текшириб кўришлари мумкин.

882. Ҳаво билан тўлдирилган ва сувга жойлаштирилган ғовак шиша призмада нурнинг оғиш бурчагини топинг. Призма ёғига нурнинг тушиш бурчаги $\alpha = 22^\circ$, призманинг синдириш бурчаги $P = 30^\circ$.



282- расм.

Ечилиши. 1- усул. $D = (n - 1) P$ формуладан фойдаланамиз. Сувдан ҳавога ўтувчи нур учун $n = \frac{1}{1.33} = 0.75$. $D = (0.75 - 1) \cdot 30^\circ = -7.5^\circ$. Минус ишора нурнинг призма асосидан оғишини билдиради.

2- усул. Нурнинг O нуқтада оптик зичлиги катта бўлган муҳитдан оптик зичлиги кичик бўлган муҳитга ўтиши ва шунинг учун унинг перпендикулярдан четга оғишига ўқувчилар диққатини жалб қилувчи чизма чизамиз (282- расм). $\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = n$ формуладан

фойдаланиб γ силжиш бурчагини топамиз.

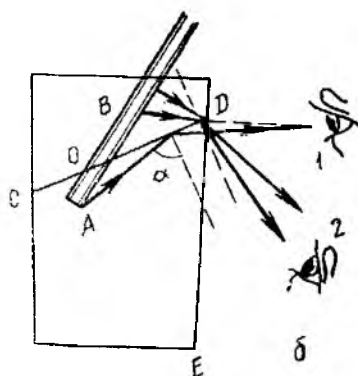
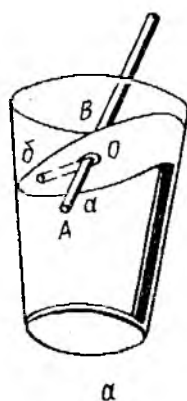
$$\sin \gamma = \sin \alpha \cdot n = 0.37 \cdot 1.33 = 0.49; \gamma = 29^\circ.$$

Чизмадан призманинг BC ёғига тушувчи нурнинг тушиш бурчаги нолга тенглиги кўришиб турибди. Шунинг учун BC ёқда нур снмайди.

Оғиш бурчаги $D \approx 8^\circ$ бўлиб, бу формула ёрдамида олинган қийматга мос келади. Нурнинг призма асосидан оғишига ўқувчилар диққатини жалб қиламиз. (Кўпинча ўқувчилар нур уч ёқли призмада доимо призма асосига оғадн деб хато ўйлайдилар.)

883* (э). Стаканининг ярмигача сув қуйинг ва уни қийшайтириб пастдан сув сиртига қаранг. Сўнгра сув сиртига қаламни яқинлаштиринг. Қалам сув орқали кўзнинг қандай ҳолатида кўринади ва қандай ҳолатида кўринмайди ва нима учун? Қалам кўринмайдиган ҳолатда, унинг учини сувга ботиринг (283- а расм). Нима учун пастдан қараганда сувнинг сирти симобга ўхшайди? Қаламнинг сувга ботирилган a қисмининг кўзгусимон b тасвири қандай ҳосил бўлади ва нима учун?

Ечилиши. Агар кўз 1- ҳолатда турса (283- б расм), сув сиртидан қайтаётган ва шу жумладан, қаламнинг сувга ботирилган қисмидан келаётган нурлар сиртга ички тўла қайтиш бурчагидан катта бурчак остида тушади. Сувнинг сирти кўзгусимон бўлиб қолади ва унда қаламнинг сувга ботган OA қисмининг тасвири яққол кўринади. Қаламнинг OB қисмидан келаётган нурлар CDE сув призмада синади ва 1- ҳолатда улар кўзга тушмайди. Шунинг учун ҳам қаламнинг бу қисми кўринмайди (283- а расм). Агар кўзни пастроқ, 2- ҳолатда жойлаштирилса, у ҳолда кўз қаламни бутунлай кўради.



283-рasm.

884. Қуйидаги жадвалда турли тўлқин узунликли кўзга кўринадиган нурлар учун икки хил шишанинг нур синдириш кўрсаткичи кўрсатилган.

Тўлқин узунлиги, 10^{-7} м	Ранги	Синдириш кўрсаткичи	
		оғир флинт	енгил крон (шиша)
6,563	қизил	1,6444	1,5145
5,893	сарик	1,6199	1,5170
5,461	яшил	1,6546	1,5191
4,800	кўк	1,6648	1,5235
4,047	бинафша	1,6852	1,5318

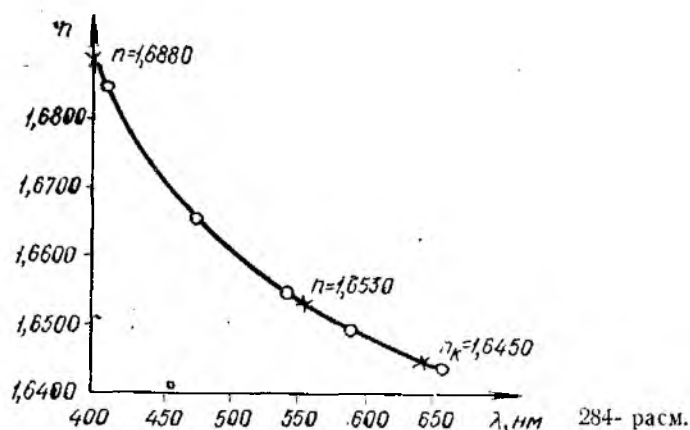
Жадвалда берилганлардан фойдаланиб, оғир флинт нур синдириш кўрсаткичининг тўлқин узунлигига боғланиш графикни чизинг.

Графикдан фойдаланиб: а) $\lambda_c = 5,550 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ тўлқин узунлигига эга бўлган, киши кўзи яхши сезадиган сарик-яшил ёруғлик нурининг синдириш кўрсаткичини; $\lambda_k = 6,500 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ тўлқин узунлигига эга бўлган қизил нурининг ва $\lambda_o = 4,000 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ тўлқин узунлигига эга бўлган бинафша нурининг тезлигини топинг.

Ечилиши. Масштабни қуйидагича танлаб, график чизамиз (графикни миллиметрли қоғозга чизган маъқул): тўлқин узунлики нанометрларда ифодалаймиз ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Жадвалдаги энг узун тўлқин қиймати $\lambda_k = 656,3 \text{ нм}$, энг қисқасиники эса $\lambda_o = 404,7 \text{ нм}$; $656,3 \text{ нм} - 404,7 \text{ нм} \approx 250 \text{ нм}$.

Масштаб: $10 \text{ см} - 250 \text{ нм}$ ёки $1 \text{ см} - 25 \text{ нм}$.



Шунга ўхшаш синдириш кўрсаткичлари учун: $1,6852 - 1,6444 = 0,0408 \approx 0,0400$.

Масштаб: 8 см — 0,0400 ёки 1 мм — 0,005.

Графикдан (284- расм) тўлқин узунлиги $\lambda = 555$ нм бўлган ёруғлик учун синдириш кўрсаткичи $n = 1,6530$ эканини топамиз (бунга мос нуқта графикда крест билан белгиланган).

Қизил нурнинг тезлиги $c_K = \frac{c}{n_K}$.

Графикдан $n_K = 1,6450$ эканини топамиз.

$$c_K = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{1,6450} \approx 1,82 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

Тўлқин узунлиги $\lambda = 400$ нм бўлган бинафша ёруғлигининг синдириш кўрсаткичини топиш учун график чизигини n ўқ- қача давом эттирамиз ва $n_0 = 1,6880$ эканини топамиз.

$$c_0 = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{1,6880} \approx 1,78 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

Келтирилган ҳисоблашлардан муҳим хулоса келиб чиқа- ди. Ёруғлиқнинг тўлқин узунлиги қанча катта бўлса, унинг муҳитда тарқалиш тезлиги ҳам шунча катта бўлади. Шу му- носабат билан 831- масаланинг ечимига аниқлик киритиш ло- зим: ёруғлиқнинг сувдаги тезлигини Фуко методи билан таж- риба орқали аниқлаш барча ёруғлик тўлқинларида таркиб топган оқ ёруғлик тезлигининг ўртача қийматини топишга имкон беради.

885. Аквалагист сувда оқ ёруғлик ёрдамида 20 м оралиқ- даги шеригига сигнал беради. Бу масофада қизил нур бинаф- ша нурдан қанча масофага ва қанча вақтга ўзиб кетади? Қи- зил нурнинг синдириш кўрсаткичи $n_K = 1,329$; бинафшаники эса $n_0 = 1,344$.

415

$$\frac{\sin \alpha_6}{\sin \gamma_6} = 1,690; \sin \alpha_6 = 1,1736 \cdot 1,690 = 0,2934.$$

$\alpha_6 = 17^\circ 4'$. Нурлар орасидаги бурчак $\beta = 17^\circ 4' - 16^\circ 32' = 32'$.
Экрангача бўлган масофа $l = \frac{10 \text{ см}}{\sin 32'} = \frac{10 \text{ см}}{0,0093} \approx 1,1 \cdot 10^3 \text{ см} = 11 \text{ м}$.

2*- у с у л. $D_k = (n - 1) \cdot P$ тақрибий формуладан фойдаланиб, бурчак β нинг тахминий қийматини аниқлаймиз. Қизил нурнинг оғиш бурчаги $D_k = (1,64 - 1) \cdot 10^\circ = 6,4^\circ$. Бинафша нур учун $D_6 = (1,69 - 1) \cdot 10^\circ = 6,9^\circ$. $\beta = 6,9^\circ - 6,4^\circ = 0,5^\circ = 30'$ бўлиб, биринчи усулда топилган жавобга мос келади.

4. Линзалар

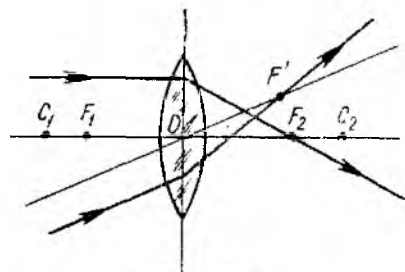
Ўрта мактабда ушбу тема юзасидан қалинлиги сферик сиртларининг радиусига нисбатан кичик бўлган юққа сферик линзаларга доир масалалар ечилади.

Дастлабки масалаларда нурларнинг уч ёқли призмада синиши ҳақидаги маълумотлардан фойдаланган ҳолда асосий эътиборни нурни сферик сиртларнинг иккала томонида синишига қаратиб, линзаларнинг иш принципини қараб чиқиш керак. Бусиз нурларнинг линзадаги йўлини чизиш қондасини ўқувчилар юзаки ўзлаштиришлари мумкин.

Дастлабки масалаларни ечганда ўқувчилар диққатини қуйидаги тушунчаларни мустаҳкамлашга қаратиш керак (286-рasm).

Икки синдирувчи сферик сиртларнинг марказидан ўтувчи тўғри чизик — бош оптик ўқ (C_1C_2) ёки бундан кейин қисқалик учун бош ўқ деб юритилади. Оптик марказ (O) — нурлар синмасдан ўтувчи нуқта; фокус¹ — линзага унинг бош оптик ўқига параллел ҳолда келиб тушган нурлар кесишишидан ҳосил бўлган нуқта. OF — фокус масофа. Оптик марказдан ўтувчи ҳар қандай тўғри чизик ёрдамчи ўқ бўлади. F' — ёрдамчи фокус ҳисобланади.

Линзанинг нур тушадиган томонида жойлашган фокус F_1 ни олд фокус, F_2 ни эса орқа фокус деб аталади. Линзанинг оптик ўқдан юқори қисмининг нур синдириш таъсири худди уч ёқли призманикига ўхшаш бўлади, шунинг учун нурнинг оғиш бурчаги ва бинобарин, F_1 нуқтанинг вазияти линзанинг



286- рasm.

¹ Кўпгина ўқув қўлланмаларда бу нуқтани ёрдамчи ўқларга параллел бўлган нурлар кесишадиган ёрдамчи нуқтадан фарқ қилсин учун бош фокус деб аталади.

шаклига ва у ясалган моддага боғлиқ бўлади. F нинг қийматини $\frac{1}{F} = \left(\frac{n_d}{n_m} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ формуладан топиш мумкин, бунда n_d, n_m — мос ҳолда линза ясалган модданинг ва муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи; R_1 ва R_2 — сферик сиртларнинг радиуси.

Ўрта мактабда асосан ҳавода жойлашган, эгрилик радиуси тенг бўлган сферик сиртлар билан чегараланган линзалар қаралади. Бундай ҳол учун формула $\frac{1}{F} = \frac{2(n-1)}{R}$ кўринишни олади.

Масалалар ечишда ўқувчилар диққати асосан юпқа линза формуласи $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ бўйича ҳисоблашларга ва линза ёрдамида тасвирнинг ҳосил қилинишига қаратилади.

Йиғувчи линза учун F — мусбат катталиқ, сочувчи линза учун эса манфий катталиқ бўлади. d катталиқ ҳамма вақт мусбат. Бундан қуйидаги қоида келиб чиқади. Сочувчи линза учун f катталиқ ҳамма вақт манфий бўлиши керак. Йиғувчи линза учун f катталиқ ҳам манфий, ҳам мусбат бўлиши мумкин. Агар тасвир ҳақиқий бўлса, у ҳолда f мусбат, тасвир мавҳум бўлса f манфий бўлади. Юпқа линза формуласи тақрибийдир. Ёруғлик нури кўзгуга қанчалик кичик даста ва оптик ўқ билан кичик бурчак ҳосил қилиб тушса, бу формула кўзгудан нурларнинг йўлини аниқ ўлчашга имкон беради.

Линзанинг қалинлашуви, ёруғлик дастасининг кенгайиши ва уларнинг оптик ўққа нусбатан тушиш бурчагининг ортиши тасвирнинг хиралашишига олиб келади. Буни бошқача қилиб сферик, хроматик ва ҳ. к. абберрация дейилади. Булар ҳақида ўқувчиларга қисқача маълумот бериш керак. Чунки кўпинча бу ҳақда ўқувчиларнинг ўзлари савол берадилар ёки проекцион фонардан фойдаланилганда нима учун экранда камалак рангли ҳошиялар ҳосил бўлиши ёки тасвирнинг яққол бўлмаслиги каби ҳолларнинг бўлиши ҳақидаги таҳминларни ўзлари айтиб қоладилар.

Ўрта мактабда чизмаларни бажаришда ва ҳисоблашларга доир масалаларни ечишда юпқа линза формуласини қўллашдаги чекланишлар ва мумкин бўлган хатоликлар ҳисобга олинмайди, лекин ўқувчилар уларни билишлари ва эсда сақлашлари лозим.

Кўргазмали бўлиши учун чизмаларни чизишда предметлар („стрелкалар“) бирмунча йирик ўлчамда, шу жумладан линза ўлчамидан катта қилиб олинади (№ 891 га қаранг).

Бу теманинг охирида чизиқий ва бурчакий катталаштиришларга доир масалалар ечилади.

Сферик кўзгуларга ўхшаш, чизиқий катталаштириш $k = \frac{f}{d}$ формула бўйича аниқланади.

Шунингдек, линза ва кўзгулар системасига онд икки-учта масала ечиш мақсадга мувофиқдир. Бу ерда яхши эслаб қоллиниши мумкин бўлган битта қонда ўқувчилар учун янгилик бўлади. Жипс жойлаштирилган бир печта линзадан ташкил топган системанинг оптик кучи $D = \frac{1}{F}$ барча линзалар оптик кучларининг йиғиндисига тенг $D = \pm D_1 \pm D_2 \pm \dots$ ёки $\frac{1}{F} = \pm \frac{1}{F_1} \pm \frac{1}{F_2} \pm \dots$

887 (э). Линза қалинлигини билмай туриб, йиғувчи линзани сочувчи линзадан қандай фарқлаш мумкин? Жавобни тажрибада текширинг.

Ечилиши. а) Йиғувчи линза экранда ҳақиқий тасвир, масалан, Қуёш ёки лампочканинг тасвирини ҳосил қилади. Сочувчи линза эса экранда ёруғ ҳалқали ҳошия билан ўралган доғравий соя ҳосил қилади.

б) Йиғувчи линза орқали предметларнинг, масалан, китобдаги ҳарфларнинг катталашган тўғри тасвирини, сочувчи линза орқали эса кичиклашган тасвирини кўриш мумкин.

888 (э). Проекцион фонарь конденсордаги ясси-қавариқ линза берилган. Шишанинг синдириш кўрсаткичини $n=1,5$ деб ҳисоблаб, ясаш йўли билан унинг фокус масофасини аниқланг. Жавобни ўзингизга маълум бўлган формула ёрдамида ва тажрибада текширинг.

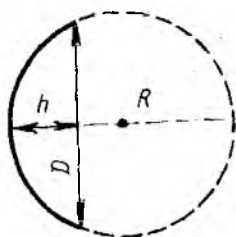
Ечилиши. Линзани чизиш учун унинг сферик сиртини радиусини билиш лозим. Бунинг учун линза тешигининг диаметрини, $D=11,5$ см ва унинг қалинлигини $h=22$ см ўлчаймиз (287-расм). Геометриянинг маълум теоремасидан $h(2R -$

$-h) = \left(\frac{D}{2}\right)^2$, бундан $R = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + h^2}{2h} = \frac{\left(\frac{11,5}{2}\right)^2 + 2,2^2}{2 \cdot 2,2} = 8,6$ см эканини топамиз.

Линзанинг ҳақиқий катталиқдаги ёки 1:2 масштабдаги тасвирини чизамиз. Бош оптик ўқ CO ни ўтказамиз ва ундан унча узоқ бўлмаган жойдан унга параллел нур ўтказамиз (288-расм).

AB сиртдан нур синмасдан ўтади ва сферик сиртнинг A_1 нуқтасига тушади.

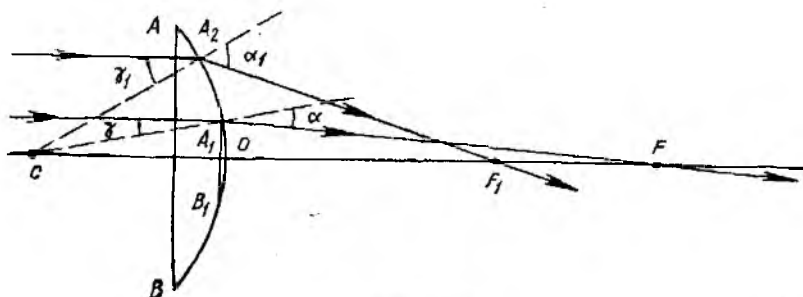
Нурнинг A_1 нуқтада сингандан кейинги йўлини топиш учун



287- расм.

CA_1 радиус ўтказамиз ва нурнинг γ тушиш бурчагини топамиз. Берилган ҳолда $\gamma=10^\circ$. Силжиш бурчаги α ни синиш қонунидан топамиз: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$. $\sin \alpha = n \times \sin \gamma = 1,5 \cdot 0,174 = 0,2610$. $\alpha = 15^\circ$. Нур бош оптик ўқ билан F нуқтада кесишади. Фокус масофа $FO \approx 20$ см.

Ясси-қавариқ (шунингдек, ясси-ботиқ) линзада оптик марказ сферик сирт-



288- расм.

нинг бош оптик ўқ билан кесишган нуқтасида бўлади, чунки бош оптик ўққа параллел бўлган нурлар дастаси фақат сферик сиртда синади. Бунга ўқувчилар диққатини жалб қилиш керак.

Текшириш 1.

$$\frac{n}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right); R_1 = \infty;$$

$$F = \frac{R}{n - 1} = \frac{18,6 \text{ см}}{1,5 - 1} = 17,2 \approx 17 \text{ см.}$$

Текшириш 2 (э). Линза ёрдамида экранда лампочканинг бир неча метр наридаги тасвирини ҳосил қиламиз. Тажрибадан $F \approx 18 \text{ см}$ эканини топамиз.

Учала жавоб бир-бирига мос келади.

Биринчи жавобнинг бошқа жавоблардан фарқ қилишига асосий сабаб бурчакни транспортир билан ўлчашда катта хатоликларга йўл қўйилиши натижасида чизманинг аниқ бажарилмаганлигидир. Шишанинг синдириш кўрсаткичини аниқ билмаслик ҳам хатоликка олиб келади.

Масала шартини анализ қилиб, ўқувчиларга юпқа линза формуласи ёрдамида олинган натижанинг бошқа усуллар билан олинган натижаларга мос келиши нурнинг оптик ўққа яқин деб қаралиши билан тушунтирилади ва шунинг учун тасвир A_1B_1O юпқа линза ёрдамида ҳосил бўлди деб ҳисоблаш мумкинлиги айтилади.

Ўқдан узоқда бўлган нур йўлини чизиш ҳам мақсадга мувофиқдир. Нурнинг бу йўли ўқ билан линзага яқинроқ масофада жойлашган бошқа F_1 нуқтада кесишади. Ўқдан узоқдаги нурлар экранда тасвир атрофида ёруғ шуъла ҳосил қилади.

Айрим ўқувчиларга картондан диаметри тахминан AB га тенг бўлган тешикли (диафрагмали) экран ва диаметри AB дан бир оз кичик бўлган доира тайёрлаб келишни топшириш мумкин.

Тешикли экрандан фойдаланиб, лампочка толасининг F масофада экран бўлмагандагига қараганда аниқроқ тасвирини

ҳосил қиламиз. Тасвир атрофида ёруғ шуъла бўлмайди. Линза ўртасини доира билан берkitиб, F дан 3—4 см қисқароқ масофада лампочка толасининг тасвирини ҳосил қиламиз (сферик абберрация). Бунда тасвир линзадан узоқроқ масофада кўпроқ қизил, қисқароқ масофада эса кўк рангга бўялади (хроматик абберрация).

Лампочка толасининг катталашган тасвирини деворда ёки шипда ҳосил қилиб, ҳодисани бутун синфга намоиш қилиш мумкин. Тажриба натижаларидан фотоаппаратни ўрганишда фойдаланиш мумкин.

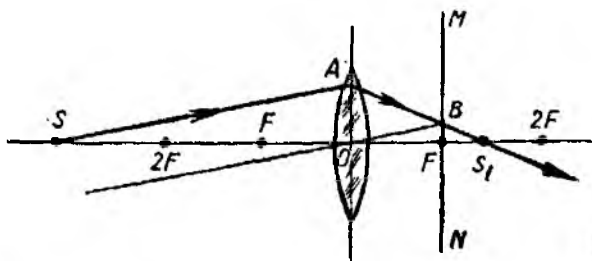
889. Қавариқ линза ҳамма вақт йиғувчи линза ҳисобланадими?

Жавоби. Сувга жойлаштирилган ҳаво призма ҳақидаги масаланинг ечимидан фойдаланиб (№ 882), агар қавариқ линза ўзи ясалган материал зичлигига қараганда оптик зичроқ муҳитга жойлаштирилган бўлса, у ҳолда линза сочувчи бўлади деб хулоса қилиш мумкин. Бу хулосани чизмада ҳар бир сферик сиртда нурларнинг синишини сифат жиҳатдан қараб ва иккита соат шишасидан клейлаб тайёрланган қавариқ линзани сувга жойлаштириб, тажриба асосида тушунтириш фойдалидир.

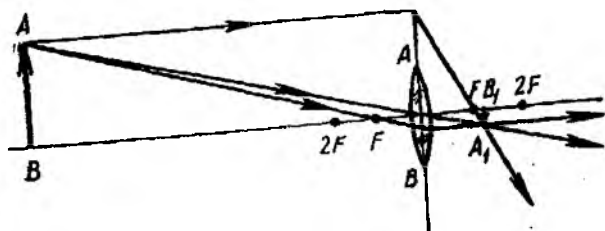
890. Оптик ўқда ётган S нуқтанинг тасвирини ясанг.

Ечилиши. Линза чизиб, оптик ўқ ўтказамиз ва фокусларнинг ўрнини кўрсатамиз (289- расм). Тасвири ясалиши лозим бўлган S нуқтадан линза ўртасидаги A нуқтага бирор бурчак остида нур ўтказамиз.

Бу усулдан биз кейинчалик чизмаларни чизишда ҳам фойдаланамиз: нурнинг синишини линзанинг ҳар бир сиртида кўрсатмай, фақат унинг ўрта чизиғида бир марта кўрсатамиз. Орқа фокус F дан ўққа перпендикуляр бўлган орқа фокал текислигини ифодаловчи MN тўғри чизиқни ўтказамиз. Сўнгра O оптик марказдан SA нурга параллел қилиб ёрдамчи ўқ ўтказамиз. Ўқ фокал текислик билан бирор B нуқтада кесишади. Чунки бу нуқтада мазкур ёрдамчи ўққа параллел бўлган барча нурлар йиғилади. У ҳолда SA нур линзада сингандан кейин B нуқтадан ўтади ва ўқни бирор S' нуқтада кесади. S' нуқта S нуқтанинг тасвири бўлиб, S нуқтадан чиққан SA ва SO нурларнинг кесишган ерида ётади.



289- расм.



290- расм.

891. Линза тешигидан катта бўлган ва иккиламчи фокус масофасидан ташқарида жойлашган буюмнинг тасвирини ясанг.

Ечилиши. Буюмни бир учи бош оптик ўқда жойлашган стрелка шаклида ифодалаймиз (290- расм). Бу ҳол чизмани бирмунча енгиллаштиради, чунки 890- масалада кўрганимиздек B нуқтанинг тасвири линза ўқида ётади. (Бу усулдан биз кейинчалик ҳам фойдаланамиз.) Агар кичик линза ўрнига фокус масофаси худди шундай бўлган катта линза қўйсак, у ҳолда тасвирнинг ҳолати ўзгармайди. Катта линзани чизишнинг ҳолати йўқ. Ўрта текислик AB нинг ўлчамини катталаштириш ва унда умумий қонда бўйича нурларни сиңдириш лозим: бош оптик ўққа параллел бўлган нурлар орқа фокусдан ўтади, оптик марказдан ўтувчи нурлар эса синмасдан ўтади. Нурларнинг кесишган A_1 нуқтаси A нуқтанинг тасвири бўлади. Бу нуқтадан ўққа перпендикуляр ўтказиб B_1 нуқтанинг ўрнини аниқлаймиз. Дастлабки бир неча масалаларда учинчи нурни ўтказиш ҳам мақсадга мувофиқдир. Олдинги фокусдан ўтган нур сиңгандан сўнг бош оптик ўққа параллел кетади ва A_1 нуқтага тушади.

A нуқтадан чиқиб линзага тушувчи ҳар қандай нурнинг A_1 нуқтага келиб тушишини алоҳида уқтириб ўтиш керак, чунки кўпинча ўқувчилар бунни эътибордан четда қолдирдилар.

Кўриб ўтилган ҳол учун фотоаппаратда тасвир ҳосил қилинишини амалий мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

892 (э). Линза ёрдамида шам алангасининг деворда катталашган тасвири ҳосил қилинди. Агар линзанинг пастки ярми беркитилса, тасвирнинг бир қисми йўқоладими? Жавобингизни тажрибада текширинг.

Жавоби. Тасвирнинг ҳеч бир қисми йўқолмайди, фақат у хирароқ бўлиб қолади.

Бирор нуқтадан линзага тушувчи барча нурлар линзанинг инсталланган қисми ёрдамида ҳосил қилиниши мумкин бўлган тасвирнинг бирор нуқтасида кесишувини тажриба яна бир қарра исбот қилиши керак.

893. Йиғувчи линза формуласи ёрдамида ечиладиган масала тузинг ва чизмалардан фойдаланиб ечинг. Агар ихтиёрийгизда

кўзойнак шишаси, дупа ва шу кабилар бўлса, ечимни тажрибада текшириб кўринг.

Бу масалани уйда ечишга топшириш мумкин. Масалани синфда текшираётган вақтда ҳақиқий тасвир чизилишининг характерли ҳоллари қараладиган мисоллар танлаш ва уларни анализ қилиш керак:

1. $d \rightarrow \infty$; 2) $d > 2F$; 3) $d = 2F$; 4) $2F > d > F$; 5) $d = F$.

Агар вақт етарли бўлса, бу ҳолларни умумлаштириб, 868- масалага ўхшаш масала ечиш мумкин. Бунда f нинг d га боғлиқ равишда қандай ўзгариши қаралади ва d, f координаталар ўқида график чизилади.

Чизмаларни чизишда 289—290- расмлардан маълум бўлган чизилиш методикасидан фойдаланиш билан бирга ботиқ кўзгуда тасвир яшаш аналогиясидан ҳам фойдаланиш лозим.

894. Экрандан буюмгача бўлган масофа 4 м бўлса, оптик кучи $D_1 = 2 \text{ дптр}$ ва $D_2 = 5 \text{ дптр}$ бўлган иккита линзадан қайси бири катта тасвир ҳосил қилади ва неча марта? Жавобингизни тажрибада текшириб кўринг.

Ечилиши. Чизиқли катталаштириш $k = \frac{f}{d}$. $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ линза формуласидан $\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{f-F}{fF}$; $k = \frac{1}{F} \cdot f - 1 = Df - 1$ ни топамиз. Юқоридаги формуладан кўришиб турибдики, f ўзгармас бўлганда линзанинг фокус масофаси қанча қисқа бўлса ($\frac{1}{F}$ катта), катталаштириш шунча катта бўлади. (Шунинг учун ҳам $\frac{1}{F}$ ни линзанинг оптик кучи дейилади.)

Оптик кучи ҳар хил бўлган иккита линза ёрдамида экранда лампа толасининг тасвирини бир вақтда ҳосил қилиб, натижани осонгина текшириш мумкин.

895. Шамни линзадан 20 см узоқда жойлаштириб, экранда унинг тасвири ҳосил қилинди. Катталаштириш $k = 10$. Агар мазкур линзага оптик кучи $D_2 = 2,5 \text{ дптр}$ бўлган линза маҳкам бирлаштирилса, қандай катталаштириш ҳосил бўлади? Оптик кучи $D_3 = -2,5 \text{ дптр}$ бўлган линза бирлаштирилса-чи?

Ечилиши. Агар мусбат (йиғувчи) линзани бирлаштирадиган линзалар системасининг оптик кучи ва катталаштириши ортади. Агар манфий (сочувчи) линзани бирлаштирадиган системанинг катталаштириши камаяди.

Миқдорий жиҳатдан ҳисоблаш учун мазкур линзанинг оптик кучини қуйидаги тенгликдан топамиз:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad k = \frac{f}{d}; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{kd};$$

$$D_1 = \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{k_1 d} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{10 \cdot 0,2} = 5,5 \text{ (дптр)}.$$

Линзадан экрангача бўлган масофани топамиз. $f = k, d = 10 \times 0,2 \text{ м} = 2 \text{ м}$. Бирлаштирилган линзаларнинг оптик кучини топамиз.

$$D_4 = D_1 + D_2 = 5,5 \text{ дптр} + 2,5 \text{ дптр} = 8 \text{ дптр}.$$

$$D_5 = 5,5 \text{ дптр} - 2,5 \text{ дптр} = 3 \text{ дптр}.$$

$$k_2 = D_4 \cdot f - 1 = 8 \cdot 2 - 1 = 15; k = 3 \cdot 2 - 1 = 5.$$

896. Баландлиги 10 см бўлган жисм оптик кучи $D = -3 \text{ дптр}$ бўлган кўзойнак шипасидан 50 см нарида жойлашган бўлса, тасвир қандай ва қаерда ҳосил бўлади? Масалани чизма чизилиш ва ҳисоблашлар ёрдамида ечинг.

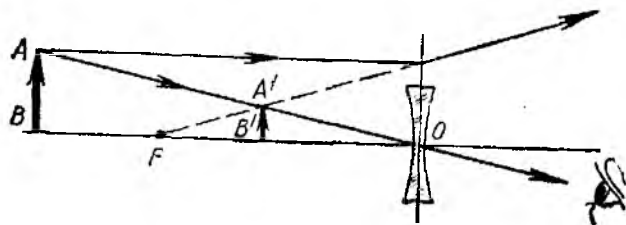
Ечилиши. 1- усул. $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ юққа линза формуласидан фойдаланиб, тасвиргача бўлган f масофани топамиз. Агар формулани $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ кўринишда қўлласак, у ҳолда F ва f ни формулага манфий ишора билан қўйиш керак. Агар формулани $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ кўринишда ёзадиган бўлсак, у ҳолда барча сонларни формулага мусбат ишора билан қўйиш керак. Формуланинг барча юққа линзалар учун умумий бўлган олдинги кўринишидан фойдаланиш мақсадга мувофиқроқдир.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}; \quad \frac{1}{f} = -3 \text{ м}^{-1} - \frac{1}{0,5} \text{ м}^{-1} = -5 \text{ м}^{-1};$$

$$f = \frac{1}{-5} = 0,2 \text{ м}.$$

Катталаштириш $k = -\frac{f}{d} = -\frac{20}{50} = -\frac{2}{5}$. Тасвир жисмдан 2,5 марта кичик. Минус ишораси тасвир мавҳум эканлигини билдиради.

2- усул. Тасвирни ясаш учун F нишг қиймати $F = \frac{1}{-3} = -33 \text{ см}$ га тенг эканлини аниқлаймиз ва 1 см — 5 см масштаб танлаймиз. Линзанинг, жисмнинг ва фокуснинг ўзаро жойлашиши 291- расмда кўрсатилган. Нуқталарнинг тасвирини йўллари маълум бўлган икки нурдан фойдаланиб, умумий қонда бўйича ясаймиз.



291- расм.

Бош оптик ўққа параллел бўлган нур линзада синиб, унинг давоми ўқ билан F фокусда кесишади. Линзанинг O марказидан ўтувчи нур ундан синмасдан ўтади. Линзадан ўнг томонда жойлашган кўз A нуқтанинг тасвиричи нурларнинг кесишган A_1 нуқтасида кўради. Чизмадан топилган катталиклар формула ёрдамида ҳисоблаб топилган катталикларга мос келади. Жавобни тажрибада текшириб кўриш ҳам мақсадга мувофиқдир. Бунинг учун бир кўз билан буюмга, масалан, чизгичга, иккинчиси билан унинг тасвирига қаралади. Бунда тасвир кичрайган ва тўғри (демак, тасвир мавҳум) эканлиги кўриниб туради. Маълум малакага эга бўлганда тасвир ўлчамининг тахминан қанча кичрайганини кўз билан баҳолаш мумкин.

5. Оптик асбоблар

Масалалар ечишда оптик асбобларнинг тузилиши ва ишлаш принципини қуйидаги тартибда қараш мумкин: проекцион аппаратлар, фотоаппарат, кўз оптик асбоб сифатида, лупа, микроскоп, телескоп. (Лупа ҳақидаги масалаларни олдин, линзаларни ўрганишда ҳам ечиш мумкин.)

Санаб ўтилган асбоблардан олдинги тўрттаси геометрик оптика нуқтаи назаридан йиғувчи линзанинг ишлатилиши ҳақида олдин олинган маълумотларни ойдинлаштиради. Микроскоп ва телескопга доир масалалар эса бир неча линзалардан ташкил топган оптик системалар ҳақидаги янги тушунчаларни киритиш билан боғлиқ.

Шунга мувофиқ ҳолда проекцион аппарат ва фотоаппаратга доир масалалар ечганда улар конструкциясининг алоҳида хусусиятларига эътибор бериш керак. Шу жумладан фотоаппаратга доир масалалар ечганда диафрагманинг аҳамияти ва вазифасини кўриб ўтиш ва линза тешик диаметри D нинг линза фокус масофаси F га нисбати билан ўлчанадиган нисбий тешик катталиги ҳақидаги тушунчадан ҳамда объективнинг ёруғлик кучи $\frac{D^2}{F^2}$ дан фойдаланиш керак.

Проекцион аппарат ва фотоаппаратларга доир масалалар ечишни уларга тегишли демонстрацион тажрибаларни бажариш билан биргаликда олиб бориш керак.

Кўз ҳақидаги масалалар тасвирлар чизишни ва редукцияланган кўзга қўлланиладиган формулалар ёрдамида ҳисоблашларни ўз ичига олиши керак. Бунда кўзнинг оптик марказига буюмнинг икки чеккасидан келаётган нур ҳосил қилган бурчак, яъни кўриш бурчаги ҳақидаги тушунчадан фойдаланиш лозим¹. Редукцияланган кўзнинг оптик маркази гавҳарнинг орқа сирти яқинида шох парда чўққисидан 7,1 мм узоқликда

¹ Баъзан кўриш бурчаги деб юқорида айтилган бурчакнинг ярми тушунилади, бу мазкур тушунчанинг туб мазмунини ўзгартирмайди.

жойлашган. Энг яхши аккомодацияда нормал кўз билан ажратиш мумкин бўлган „яқин“ нуқта кишининг ёшига боғлиқ бўлиб, 10—20 см масофада ётади. Одатда, энг яхши кўриш масофаси 25 см га тенг бўлиб, бунда кишининг кўзи буюмларни зўриқмасдан кўради. Узоқни кўрувчи кўз учун бу масофа катта, яқинни кўрувчи кўз учун бу масофа кичикдир. Кўриш нуқсонларини йўқотиш усуллари кўзойнакни қўлланилиши ҳақидаги сифатга оид масалаларни ечиш ёрдамида тушунтирилади.

Лупа ҳақидаги масалаларни, айниқса экспериментал масалаларни ечганда қуйидагиларни эътиборга олиш керак. Агар лупани кўзга яқин тутилса, у ҳолда унинг катталаштириши $k_1 = \frac{S_1}{F} + 1$ (1) бўлади, бунда кўз энг яхши кўриш масофаси S_1 да аккомодацияланади ва кўз чексизликда аккомодацияланганда $k_1 = \frac{S_1}{F}$ бўлади. Агар лупа кўз ва қаралаётган буюм ора-

сидаги бирор масофага жойлаштирилса, у ҳолда $k_2 = \frac{S_2}{F}$ (2) бўлади, бунда S_2 — буюмдан кўзгача бўлган масофа. 1 ва 2 формулалар тақрибий бўлиб, линзанинг фокус масофаси S_1 ва S_2 ларга нисбатан қанча кичик бўлса, улар шунчалик аниқроқ бажарилади. Агар буюм энг яхши кўриш масофасида турса, у ҳолда $S_2 = 25$ см ва $k_1 \approx k_2$ бўлади. Ҳар икки формула лупа катталаштиришининг бир хил қийматини бергани учун, ўқувчиларнинг $k = \frac{25}{F}$ эканини билишлари кифоя. Бироқ лупа қўлланилишининг баёни этилган ҳар бир усули оптика нуқтаи назаридан ўзига хос муҳим хусусиятга эга бўлиб, масалалар ечишда буларга ўқувчилар диққатини жалб қилиш керак (№ 910—911 га қараиң.)

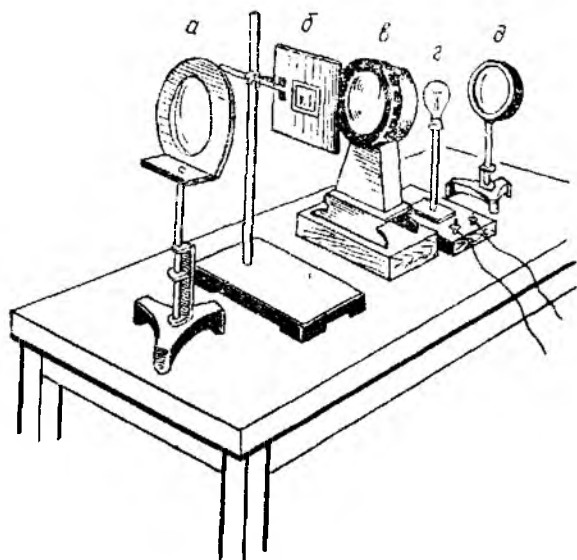
Микроскоп ҳақидаги масалаларни ечганда асосий эътиборни тасвирларнинг ясалишига ва катталаштиришни $k = k_{об} \cdot k_{ок}$ ёки

$k = \frac{LS}{F_1 F_2}$ формулалар бўйича топишга қаратиш керак, бунда $k_{об}$ ва $k_{ок}$ — мос ҳолда объектив ва окулярнинг катталаштиришлари; L — тубуснинг оптик узунлиги (объективнинг орқа фокуси билан окулярнинг олд фокуси орасидаги масофа); S — энг яхши кўриш масофаси; F_1 ва F_2 — объектив ва окулярнинг фокус масофаси.

Масалалар ечганда турли хил телескоплардан фақат рефрактор (Кеплер трубаси) ни қараш керак бўлади.

Телескоп-рефрактор, Галилей трубаси, бинокль ҳақидаги масалалар фақатгина айрим ўқувчиларга берилиш мумкин.

Рефрактор ҳақидаги масалаларда асосан $k = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$ формула бўйича унинг катталаштириши топилади ва нурларнинг йўли чизилади.



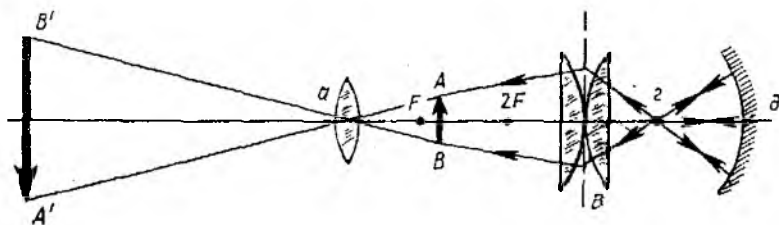
292- расм.

Микроскоп ва телескоп ҳақидаги масалалар ечишни лабораторияда қўлланиладиган линзалардан шу асбоблар моделларини йиғиш бўйича фронтал эксперимент бажариш билан, уй шаронтида эса кўзойнак, лупа ва бошқалар ёрдамида эксперимент бажариш билан бирга олиб бориш мақсадга мувофиқдир.

897 (э). 292- расмда проекцион фонарнинг модели кўрсатилган. Аппарат барча қисмларининг вазифасини ва улар орасидаги тегишли масофаларни кўрсатинг. Нурларнинг йўлини схемада кўрсатинг. Экранда 90×120 см ўлчамдаги тасвир ҳосил қилиш учун диапозитивни фокус масофаси $F = 13,6$ см бўлган объективдан (универсал проекцион аппарат учун „Перископ“ типдаги объектив) қандай d масофада жойлаштириш керак? (Шишадаги диапозитив ўлчами 45×60 мм.)

Е ч и л и ш и. Аввало проекцион фонарнинг асосий қисми — a объектив ва b диапозитивни (AB) қараб чизамиз (292- ва 293- расм). Катталашган тасвир ҳосил бўлиши учун диапозитив F ва $2F$ нуқталар орасида бўлиши керак.

Диапозитивни яхши ёритиш керак. Конденсор тешиги c одатда ёритилувчи AB буюмга тенг ёки ундан бирмунча катта бўлганлиги сабабли нур дастаси параллел ёки йиғилувчи бўлиши керак. Бунинг учун g лампа конденсор фокусидан озгина узоқда бўлиши керак. Рефлектор d дан қайтган нурлар лампадан келган нурлар сингари кетиши керак. Бунинг



233- расм.

учун лампани тахминан d кўзгунинг оптик марказига жойлаштириш керак.

d масофани тенгламалар системасини счиб топамиз:

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}; \quad 2) \quad k = \frac{f}{d}; \quad d = F \left(1 + \frac{1}{k}\right); \quad k = \frac{90 \text{ см}}{4,5 \text{ см}} = 20.$$

$d = 13,6 \text{ см} \left(1 + \frac{1}{20}\right) \approx 14,3 \text{ см}$. Диапозитивни объектив фокусидан бериқоқ жойлаштириш керак.

898 (э). Линза ёрдамида экранда қандай қилиб киши юзининг: а) катталашган; б) кичиклашган тасвирини ҳосил қилиш мумкин?

Жавоби. Кишининг юзи: а) линзанинг F ва $2F$ нуқталари орасида жойлашиши керак; б) иккиланган фокусдан орқанда жойлашиши керак.

Ҳодисани намоиши қилиш учун 294- расмда кўрсатилган қурилма йиғилади. Демонстрацион стол орқасига бирор ўқувчини ўтказиб, унинг юзи проекцион аппарат ёки рефлектори бўлган лампадан келатган нур билан ёритилади. Катта ўлчамдаги линза кишининг ёни томонига қўйилиб, шуълаланувчи экранда юзнинг тўнқарилган тасвири ҳосил қилинади. Масала ва тажриба фотоаппаратнинг ишлаш принципини тушунтиради.

899. „Киев“ фотоаппаратининг фокус масофаси 5 см. Агар буюм фотоаппаратдан 6 м узоқда бўлса, 3×5 см ўлчамли плёнкада буюмнинг тўла тасвири ҳосил бўладими?

900. Фотограф аппаратни созлагунча, объект ундан маълум масофага узоқлашди. Шу муносабат билан фотограф фотоаппарат объективини қандай жойлаштириши керак?

Жавоби. Агар буюм объективдан узоқлашган бўлса, у ҳолда унинг тасвири фокусга яқинлашади. Линза билан тасвир орасидаги масофа камаяди. Демак, объективни плёнкага яқинроқ жойлаштириш керак.

901. Фокус масофаси 5 см бўлган фотоаппарат билан узоқдаги буюмларнинг, сўнгра фотоаппарат учун энг яқин масофа ҳисобланган



294- расм.

65 см масофадаги буюмнинг расми олишди. Бунда фотоаппарат объективи қанча олдинга сурилган? Ечимни бирор фотоаппаратда текшириб кўринг.

Ечилиши. Линза формуласини ёзамиз: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. Биринчи ҳолда $F \approx f_1 \approx 5$ см. Иккинчи ҳолда $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{5} - \frac{1}{65} = \frac{12}{65}$; $f_2 = 5,42$ см. $f_2 - f_1 = 0,42$ см = 4,2 мм.

902. 901- масалада баён этилган фотоаппарат билан расмга олишда 24×32 мм ўлчамли кадрни тўлиқ эгалловчи буюмнинг минимал ўлчамини топинг.

Ечилиши. Фотоаппаратнинг схематик чизмасини чизамиз (295- расм). Фараз қилайлик, $A_1B_1 = 24$ мм. АОС ва A_1OC_1 учбурчакларнинг ўхшашлигидан $AC = \frac{A_1C_1 \cdot CO}{C_1O}$ ни топамиз.

Линза формуласидан $\frac{1}{C_1O} = \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{12}{65}$.

$$AC = \frac{1,2 \text{ см} \cdot 65 \text{ см} \cdot 12 \text{ см}}{65 \text{ см}} = 14,4 \text{ см. } AB = 28,8 \text{ см}$$

эканини топамиз. Жисмнинг иккинчи ўлчами $\frac{28,8 \cdot 32 \text{ см}}{24} = 38,4$ см.

903. 901- масалада баён этилган фотоаппарат ёрдамида ўлчамлари $28,8 \times 38,4$ см дан кичик бўлган буюмларни тўлиқ кадрда расмга олиш учун нима қилиш керак?

Ечилиши. Кичик ўлчамли буюмларни объективга яқин жойлаштириш керак. У ҳолда буюмларнинг тасвири объективдан узоқлашади. Демак, объективни янада кўпроқ суриш керак. (Бунинг учун турли ўлчамдаги узайтирувчи ҳалқалар ишлатилади.)

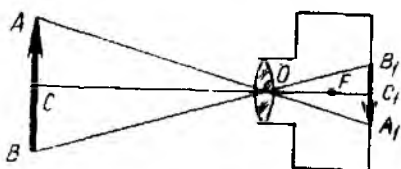
904¹. Объективли фотоаппаратлар „тирқишли“ камерага эга бўлган фотоаппаратга (№ 852) қараганда қандай афзаллик ва қандай камчиликларга эга?

Жавоби. Тирқишли камерада нурлар конуси буюмнинг ҳар бир нуқтасининг „тасвирини“ доира шаклида ҳосил қилади. Натижада тасвирнинг равшанлиги етарли бўлмайди. Объектив шуълаланувчи нуқталарнинг нурларини деярли бир нуқтага тўплайди. Тасвирнинг равшанлиги ортади. Тирқишли камеранинг тешиги ёруғликни жуда кам ўтказиши. Натижада фотосуратга олишда видержка катта бўлиши керак. Объективли фотоаппаратнинг камчилиги шундаки; бунда фокуслаш талаб қилинади.

905*. Экспозиция фотоаппарат объективи тешигининг диаметри ва унинг фокус масофасига қандай боғланган?

¹ 904—906- масалаларни фотометрияга доир материалларни ўтиб бўлгандан сўнг, қайтариш вақтида ечиш мақсадга мувофиқдир.

Жавоби. Буюм объективдан узоқда жойлашгани учун унинг тасвири деярли фокал текисликда ҳосил бўлади. 295-расмдан (учбурчак $OB'A'$), агар фокус масофаси, масалан 2,3 ва ҳоказо марта қисқартирилса, у ҳолда тасвирнинг чиқиқли ўлчами ҳам шунча марта қисқаришини кўриш мумкин. Негативнинг юзи эса 4, 6 ва ҳоказо марта камаяди. Плёнканинг ёритилганлиги эса худди шунча марта ортади.

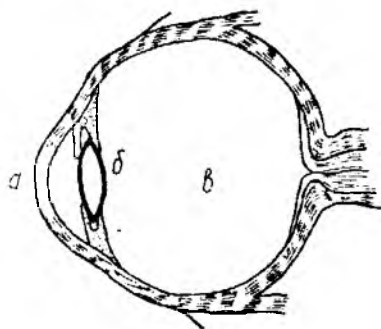


295- расм.

Объектив тешигининг юзи қанча катта бўлса, у буюмнинг ҳар бир нуқтасидан шунча кўп ёруғлик олади. Демак, плёнканинг ёритилганлиги объектив тешигининг юзига ёки унинг диаметрининг квадратига пропорционал бўлади. Юқорида қилинган мулоҳазалардан, видержка объективнинг ёруғлик кучи $-\frac{D^2}{F^2}$ га тескари пропорционал эканлиги кўриниб турибди.

906*. Фотоаппарат объективининг оправасида диафрагманинг маълум ҳолатини белгилаш учун нисбий тешик катталиги $\left(\frac{D}{F}\right)$ кўрсатилган. Бунда фақат каср махражидаги сонни ёзиш қабул қилинган, чунки сурат бирга тенг деб олинади. Объективда нима учун 4; 5; 6; 8; 11; 16 нисбий тешик катталиклари кўрсатилишини тушунтириш.

Жавоби. Кўрсатилган ёзувлар $\frac{D}{F}$ нисбий тешик $\frac{1}{4}; \frac{1}{5,6}; \frac{1}{8}; \frac{1}{11}; \frac{1}{16}$ га тенг эканини билдиради. Бу сонларнинг квадрати $\frac{D^2}{F^2}$ ёруғлик кучининг қуйидаги катталикларини беради: $\frac{1}{16}; \frac{1}{31,36}; \frac{1}{64}; \frac{1}{121}; \frac{1}{256}$. Диафрагма босқичлари иккиланиш принципи асосида тузилганлигини кўриш қийин эмас. Тешикни бир бўлимга ўзгартириш плёнка ёритилганлигининг 2 марта ошганлиги ёки камайганлигини билдиради ва бу ўз навбатида видержканинг икки марта ортиши ёки камайишини тақозо қилади.



296- расм.

907. Киши кўзига тушган ёруғликнинг синишида шох парда (296- расм) a ($D=40$ дптр) ва гавҳар b ($D=20$ дптр) асосий роль ўйнайди. Келтирилган маълумотлардан фойдаланиб, редуцирланган кўзнинг фокус масофасининг тахминий катталигини аниқланг.

Ечилиши. Кўзнинг оптик кучи $D = D_1 + D_2 = 40 \text{ дптр} + 20 \text{ дптр} = 60 \text{ дптр}$. $F = \frac{1 \text{ м}}{60} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}$. Ёруғликнинг кўздаги бошқа муҳитларда ҳам сингани туфайли, кўзнинг ўртача фокус масофаси $F = 15,5 \text{ мм}$ га тенг.

908. Кўзойнакли кишидан кўзойнакли олиб, ушнинг кўзи олисни кўрар кўзми ёки яқинни кўрар кўзми эканлигини қандай аниқлаш мумкин?

Жавоби. Кўзойнак шишаси йиғувчи ёки сочувчи линза эканлигини аниқлаш лозим (№ 887). Агар шиша йиғувчи бўлса узоқни кўрар кўз, агар шиша сочувчи бўлса яқинни кўрар кўз бўлади.

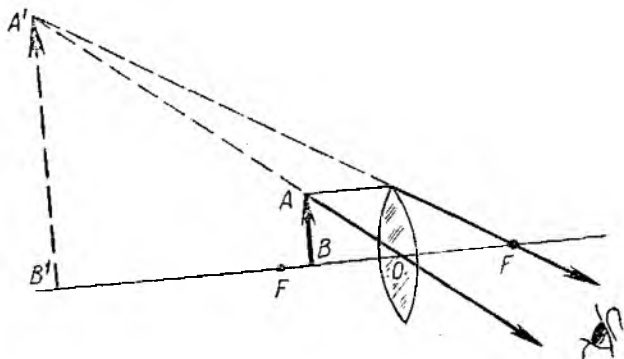
909. Киши кўзининг чегаравий кўриш бурчаги тахминан $1'$ га тенг. Энг яхши кўриш масофасида (25 см) турган икки нуқтанинг алоҳида-алоҳида кўриниши учун улар орасидаги масофа қандай бўлиши керак?

Ечилиши. Кўриш бурчагининг кичиклиги туфайли икки нуқта орасидаги масофа $l = 25 \text{ см} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 25 \text{ см} \alpha$, буида α — радианларда ўлчанган бурчак. $l = 25 \text{ см} \cdot \frac{1}{60 \cdot 57,3} \approx 0,073 \text{ мм}$.

Қуrolланмаган кўз билан кўришга мўлжалланган шкалалар бўлинмасини миллиметрдан кам қилинмаслик сабабини жавобни анализ қилиш вақтида тушунтириб кетиш фойдалидир.

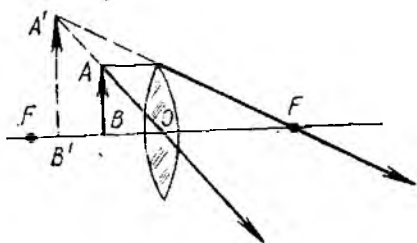
910 (э). Фокус масофаси $5\text{--}10 \text{ см}$ бўлган йиғувчи линзани кўзнинг энг яхши кўриш масофасида китоб варағи устига қўйинг. Китоб варағидан линзани узоқлаштирганимизда ҳарфларнинг мавҳум тасвири қандай ва нима учун ўзгаради? Тасвирнинг кўринма ўлчами кўз билан лупа орасидаги масофага боғлиқми? Энг катта тўғри тасвирни ҳосил қилиб, лупа катталаштиришини $k = \frac{25}{F}$ формула ёрдамида ва кўз билан чамалаб аниқланг.

Ечилиши. AB буюмининг икки ҳолатида линза ҳосил қилган тасвирни чизамиз (297- ва 298-расм). Фокусдан ўтувчи



297- расм.

$A'F$ нурунинг йўналиши AB жисмнинг исталган ҳолатида ҳам ўзгармайди. Жисм линзанинг фокусига қанча яқин жойлашган бўлса, A' нуқта оптик ўқдан шунча юқори жойлашади, ўз пав-
батада $A'B'$ тасвир эса шунча катта бўлади. $k = \frac{25}{F}$ кат-
талаштириш $F = 5$ см да
 $k = 5$ бўлади.



298- расм.

Кўзнинг исталган ҳолатида тасвир бир хил кўриш бурчаги остида кўринади. Бинобарин, тасвирнинг кўринма ўлчами кўз билан лупа орасидаги масофага боғлиқ эмас.

Кўзни лунага яқинлаштирганимизда фақат кўриш майдони катталашади, чунки кўзга кенгроқ нурлар дастаси келиб тушади. Кўзчи лупадан узоқ тутганимизда масалан, лупа орқали фақат битта ҳарфни, яқин тутганимизда эса бутун сўзни кўришимиз мумкин.

911 (э). Лупани кўзга жуда яқин келтиринг ва текстдаги бирор ҳарфнинг яққол тасвирини ҳосил қилинг. Тасвирнинг равшанлиги ҳарфдан лупагача бўлган масофага қандай боғланган? Нима учун? Китоб варағи билан кўз орасидаги масофани ўзгартирмаган ҳолда лупани олинг. Энди кўз текстини кўриши мумкинми ва нима учун?

Ечилиши. Кўз ва лупа фокус масофаси кўзникига қараганда қисқа бўлган оптик система ҳосил қилади. Кўзнинг аккомодацияси ҳисобига бу фокус масофанинг ўзгариши жуда кам. Қаралаётган буюмнинг тасвири тўр пардада ҳосил бўлиши учун, у лупадан маълум масофада жойлашиши керак. Кўзнинг аккомодацияси энг катта бўлганида буюм шундай масофада жойлашиши керакки, бунда унинг тасвири кўзга яқин нуқтада, яъни кўздан 15—20 см да ҳосил бўлиши керак. Кўз чексизликка аккомодацияланганда буюм лупанинг фокал текислигида бўлиши керак. Агар лупани олсак, буюмнинг тасвири тўр парданинг орқасида ҳосил бўлади ва шунинг учун у хира бўлиб кўринади.

912 (э). Иккита қисқа фокусли линза олинг ва улардан бири билан китобдаги ҳарфларнинг катталашган ҳақиқий тасвирини ҳосил қилинг. Сўнгра кўз билан линза орасига иккинчи линзани жойлаштириб, ундан лупа сифатида фойдаланинг ва у орқали ҳарфларнинг тасвирига қарапг. Микроскопнинг модели бўлган бу оптик системада нурларнинг йўлини тажриба асосида чизинг.

Ечилиши. Объектив ҳосил қилган тасвир проекцион фонарь учун чизилган 293-расмдаги чизмага ўхшайди. Окуляр лупа хизматини ўтайди, шунинг учун нурларнинг йўли

298- расмда кўрсатилган нурлар йўлига ўхшаш. Бунда объектив ҳосил қилган тасвир окуляр орқали қаралаётган буюм ҳисобланади.

913. Микроскоп объективида 40, окулярида эса 10X белги турибди. Бу объектив ва окуляр ёрдамида микроскоп қандай катталаштириш ҳосил қилади? Шу объективнинг ўзи билан 600 марта катталаштириш ҳосил қилиш учун қандай окуляр олиш керак?

$$\text{Жавобни. } k_m = k_{ок} \cdot k_{об} = 40 \cdot 10 = 400 \cdot k_{ок} = \frac{600}{40} = 15X.$$

914. Энг кучли микроскоплар объективларининг фокус масофаси 1,25 мм га тенг бўлади. Тубусининг узунлиги 16 см, окулярининг фокус масофаси 1,0 см бўлган микроскопнинг катталаштиришини ҳисобланг [21, № 1427].

$$\text{Ечилиши. } k_m = \frac{SL}{F_{об} F_{ок}} = \frac{25 \text{ см} \cdot 16 \text{ см}}{0,125 \text{ см} \cdot 1 \text{ см}} = 3200.$$

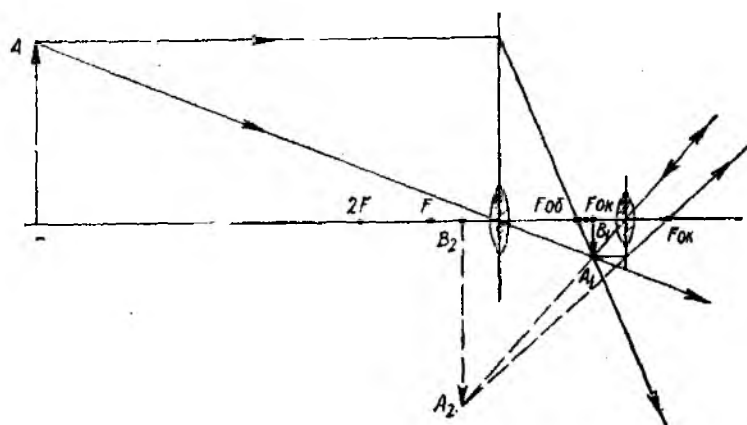
915 (э). Кўз олдингизга узун фокусли ($F = 15-20 \text{ см}$) линза қўйиб, ўзингиздан бир неча метр¹ масофада жойлаштирилган буюмларнинг ҳақиқий кичрайтирилган тасвирини ҳосил қилинг ва кузатинг. Паралакс методи билан тасвирнинг тахминан қаерда бўлишини аниқланг. Сўнгра тасвирни лупада кўринг. Бир вақтда буюм ва тасвирга қараб, ўзингиз йиққан кўриш трубаси моделининг катталаштиришини чамалаб баҳоланг. Кўриш трубасидаги нурларнинг йўлини чизинг ва тажрибада олинган катталаштиришини $k = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$ формула бўйича ҳисоблаб топилган катталаштиришга мос тушиши-тушмаслигини текшинг.

Ечилиши. Тажриба қилиб ва $k_{тр}$ ни кўз билан чамалаб, $F_{об}$ ва $F_{ок}$ ни тажриба йўли билан топилади ва $k_{тр}$ ҳисобланади. Ўлчов аниқлиги чегарасида бу катталиклар мос тушади. Тасвирни ясашда қуйидагиларга эътибор берамиз (299- расм).

Буюм иккиламчи фокус масофадан тапқарида жойлашган. Шунинг учун унинг ҳақиқий кичрайган ва тескари тасвири орқа фокал текисликдан унча узоқда бўлмаган орқа фокус билан иккиламчи фокус масофаси орасида ҳосил бўлади. Одатда, буюм ўлчамига кўра объектив тешигидан анча катта бўлади. Тасвир фотоаппаратда ҳосил қилинадиган тасвирга айнан ўхшаш. Окуляр лупа ҳисобланади, шунинг учун тасвир лупанинг фокусига яқинроқ жойлашиши керак бўлади.

916*. Агар кўриш трубасида иккиламчи фокус масофаси объективнинг орқа фокуси билан мос тушадиган учинчи линза қўлланилса, у ҳолда труба объектининг катталиги жиҳатидан ўзгармас, бироқ тўғри тасвирини беради. Шунинг исботланг.

¹ Бу масалани синфда фронтал эксперимент методи билан ечганда синф доскасига бўлинмаси яққол кўринадиган демонстрацион метрни қўйиш мумкин ёки ўқувчиларга кўриниши мумкин бўлган йирик шкалани осиб қўйиш керак бўлади.



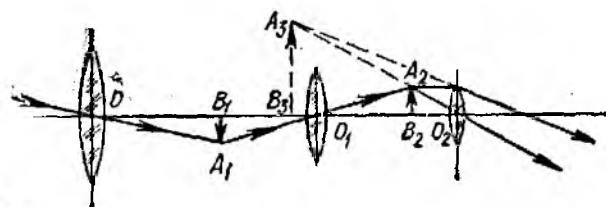
299- расм.

Ечилиши. Фараз қилайлик, объектив ҳосил қилган тасвир A_1B_1 бўлсин (300- расм). Агар B_1O_1 — қўшимча (тўнқарувчи) линзанинг иккиламчи фокус масофаси бўлса, у ҳолда A_2B_2 тасвир ҳам ушбу линзанинг ўнг томонида иккиламчи фокус масофада ҳосил бўлади. A_1B_1 тасвир катталиги жиҳатидан A_2B_2 тасвирга тенг. A_2B_2 тасвир одатдагича окулярдан кўрилади. Окуляр эса объективга нисбатан маъхум ва тўғри A_3B_3 тасвирни беради.

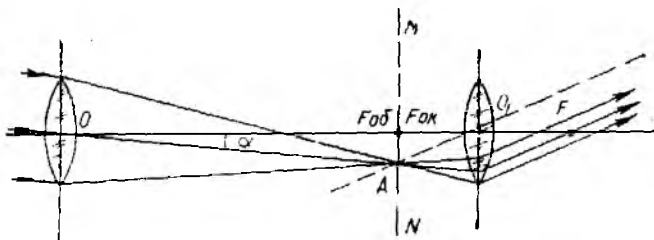
Тўнқарувчи линзанинг ердаги кўриш трубаларида қўлланилиши уларнинг узунлигини янада орттиришига ўқувчилар диққатиини жалб қилиш мумкин. Шунинг учун тасвирни тўнқаришда кўриш трубагининг узунлигини камайтириш имкониин берувчи призмалардан фойдаланилади (призматик биноклар).

Призматик биноклардаги нурларнинг йўлини ўрганишни айрим ўқувчиларга топшириш мумкин.

917. Ой қуrolланмаган кўз билан $0,5^\circ$ кўриш бурчаги остида кўрилади. Обьективининг фокус масофаси 200 см, окуляриники эса 10 см бўлган телескопда Ойни қандай бурчак остида кузатиш мумкин? [21, № 1436]. Масала ечимини чизмада тушунтиринг.



300- расм.



301- расм.

Ечилиши. Энг аввал чизма чизамиз (301-рasm). Агар трубанинг оптик ўқини Ой гардишининг пастки чегарасига йўналтирилса, у ҳолда юқори нуқтадан келувчи нур ўқ билан $\alpha = 0,5^\circ$ бурчак ҳосил қилади. Объективга гардишнинг юқори нуқтасидан тушувчи бошқа барча нурлар Ойгача бўлган масофанинг амалда жуда катта эканлиги ва объектив диаметрининг шу масофага нисбатан кичиклиги сабабли марказ орқали ўтувчи нурга параллел бўлади. Шунга кўра Ойдаги муайян ва бошқа барча нуқталарнинг тасвири бош фокал текисликда бўлади. Объектив ва окулярнинг фокал текисликлари мос тушганлиги сабабли окулярдан нурлар параллел даста кўри-нишида чиқади. Бурчакий катталаштириш

$$k_{\text{тел}} = \frac{F_{\text{об}}}{F_{\text{ок}}} = \frac{200^* \text{ см}}{20 \text{ см}} = 10.$$

Кўз ой гардишини $\alpha_1 = 0,5^\circ \cdot 10 = 5^\circ$ бурчак остида кўради.

35- БОБ

НУРЛАНИШ ВА СПЕКТРЛАР

Бу темада аввал ёруғлик дисперсияси ҳодисаси, чиқариш ва ютилиш спектрлари, инфрақизил, ультрабинафша ва рентген нурланишлари, электромагнит тўлқин шкаласи ўрганилади. Ушбу масалалар юзасидан асосан сифатга оид масалалар ечилиб, улар қўйида келтирилган. Масалаларни муваффақиятли ечиш учун ўрганилаётган ҳодисаларнинг физикавий моҳиятини чуқур билиш керак. Миқдорий масалалар тўлқин узунликини ҳисоблаш, шунингдек турли муҳитларда ёруғлик тезлигини аниқлашга келтирилади. Бунда қўйидаги формулалардан фойдаланилади:

а) $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$, бунда v — тўлқин узунлиги λ аниқланадиган муҳитдаги ёруғлик тезлиги, T ва ν — электромагнит тебранишларнинг даври ва частотаси.

б) $v = \frac{c}{n}$, бунда $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек (вакуумдаги ёруғлик тезлиги), n — ёруғлик тарқалувчи муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи.

Биринчи формула ($\lambda = v \cdot T$) ўқувчиларга „Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар“ темасидан таниш бўлиб, бу боғланишга оид кўплаб масалалар ечилган. Оптикада частотани электромагнит тебранишлардаги сингари f билан эмас, балки ν билан белгилаш қабул қилинган. Шунга кўра $\lambda = \frac{v}{f}$ ва

$\lambda = \frac{v}{\nu}$ формулаларнинг бир-биридан электромагнит тебранишлари частотасини белгилашдан ташқари ҳеч қандай фарқи йўқлигини ўқувчиларга тушунтириш керак.

Оптикада λ тўлқин узунликини системадан ташқари махсус бирлик — 1 ангстрем (Å) билан ўлчаш мумкин бўлиб, у $1 \cdot 10^{-10}$ м = $1 \cdot 10^{-8}$ см га мос келади.

Тема фотометрия ва ёритилганлик қонуларини ўрганиш билан якунланади, бироқ бу материалларнинг барчаси қисқача таништириб ўтиш ланида берилади. Шунинг учун фотометрия ва ёритилганлик қонулари бўйича берилган масалалар ҳам таништириб ўтиш ланида ечилади. Бунда қуйидаги қонун ва формулалардан фойдаланилади.

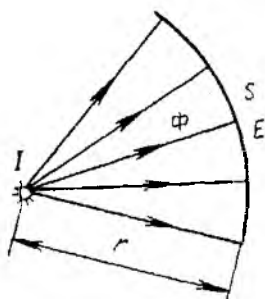
Ҳар бир ёруғлик манбаи манбанинг I ёруғлик кучи ва унинг нурланишидаги Φ ёруғлик оқими катталиклари билан характерланади. Манба томонидан нурланувчи ёруғлик оқими $\Phi = \frac{W}{t}$ формула билан аниқланади, бунда W — нурланишнинг тўлиқ энергияси, t — ёруғлик манбанинг энергия нурлаш вақти.

Нуқтавий манбанинг ёруғлик кучи $I = \frac{\Phi}{\omega}$ боғланишдан аниқланади, бунда ω — фазовий бурчак бўлиб, стерадианларда ўлчанади. СИ системасида ёруғлик кучининг бирлиги шам (*шам*) ҳисобланади.

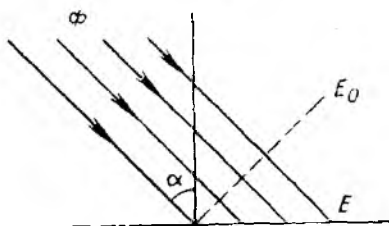
Ўрта мактабда, ўлчамлари ёритилган сиртгача бўлган масофага нисбатан кичик бўлган нуқтавий ёруғлик манбалари қаралади.

Ёруғлик оқими люменларда (*лм*) ўлчанади. Ёруғлик кучи I бўлган нуқтавий ёруғлик манбанинг тўла ёруғлик оқими $\Phi_0 = 4\pi I$ га тенг.

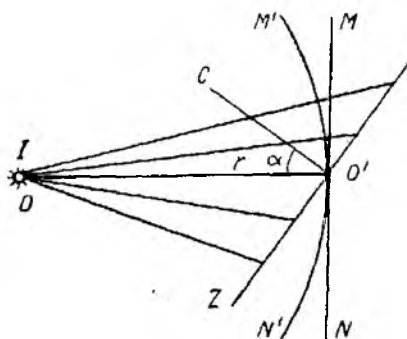
Сиртнинг ёритилганлиги $E = \frac{\Phi}{S}$, бунда Φ ёруғлик оқими бўлиб, S юз бўйича текис тақсимланган. S юз ёруғлик оқимига нормал. Агар ёруғлик манбаи нуқтавий бўлса, у ҳолда маркази ёруғлик манбаи жойлашган нуқтада бўлган сферик сиртгина ёруғлик оқимига нормал бўлади. Ёритилганлик люксларда (*лк*) ўлчанади.



302- расм.



303- расм.



304- расм.

Масалаларда кўпинча сферик сиртларнинг эмас, балки ясси сиртларнинг ёритилганлиги ҳисобланади. Ёруғлик манбаидан узоқ масофада жойлашган ясси сирт бўлагининг кичик қисмини тахминан сферанинг қисми сифатида қабул қилиш ва ёритилганликни сферик сиртлардагига ўхшаш $E = \frac{\Phi}{S}$ формула бўйича аниқлаш мумкин.

Ёритилганликларни ҳисоблашда ёритилганликнинг иккита қонунидан фойдаланилади. Биринчи қонун нуқтавий ёруғлик манбалари учун, яъни сочилувчи ёруғлик оқими ва шу оқим билан ёритилувчи сферик сиртлар учун тўғридир. Бу ҳолда сиртнинг E ёритилганлиги манбанинг I ёруғлик кучига тўғри пропорционал ва ёруғлик манбаидан ёритилувчи сиртгача бўлган масофанинг квадратига тескари пропорционал, яъни $E = \frac{I}{r^2}$ (302- расм).

Иккинчи қонунда параллел ёруғлик дастасининг ясси сиртга маълум α бурчак остида тушган ҳоли қаралади. Юзнинг ёритилганлиги $E = E_0 \cos \alpha$, бунда E_0 — ёруғлик нормал тушгандаги сиртнинг ёритилганлиги (303- расм).

Масалалар ечганда кўпинча ёритилганликнинг $E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$

бирлашган қонунидан фойдаланилади (304- расм).

Ёритилувчи сирт I ёруғлик манбаидан шу сиртнинг O' марказигача бўлган r масофага қараганда бирмунча кичик бўлган чизиқий ўлчамга эга бўлгандагина бу формулани қўллаш мумкин.

Фотометрия ва ёритилганлик қонунлари бўйича қуйидаги типдаги масалалар ечилади:

а) сиртнинг ёритилганлиги битта нуқтавий ёруғлик манбаи билан ҳосил қилинади. Масала шартда ёки манбанинг I ёруғ-

лик кучи, ёки Φ ёруғлик оқими берилади. Сиртнинг ёритилганлиги аниқланади;

б) сиртнинг ёритилганлиги бир нечта нуқтавий ёруғлик манбалари орқали ҳосил қилинади. Бу ҳолда умумий ёритилганлик ҳар бир ёруғлик манбаи ёритилганликларининг йиғиндисига тенг;

в) манба ёруғлик кучини фотометр ёрдамида аниқлашга оид масала;

г) ёруғлик манбаидан ташқари сиртнинг ёритилганлигини ўзгартирувчи кўзгу ва линзалар ҳам мавжуддир. Бунда ёритилганлик I ёруғлик манбаи ёритилганлиги билан унинг кўзгу ёки линзадаги I' тасвиридан ҳосил бўлган ёритилганликнинг йиғиндисига тенг. Идеал ясси кўзгу қўлланилганда $I' = I$. Қолган барча ҳолларда I' ни I ва I' лардан ёруғлик оқими тарқалувчи фазовий бурчакларни назарда тутган ҳолда ҳисоблаб топиш керак.

Охириги типдаги масалалар юқори қийинликдаги масалалар ҳисобланади.

1. Дисперсия ҳодисаси ва спектрлар

918 (э). Дифракцион ва призматик спектрларни намоён қилинг. Уларнинг фарқи нимада?

Жавоби. Дифракцион спектрда рангли полосалар кенглиги деярли бир хил, призматик спектрда эса бу полосалар бир хил эмас, бунда спектрнинг бинафша қисми кенг ёйилган; қизил қисми эса энг тор ёйилган бўлади.

Бундан ташқари, нормал дисперсияда призматик спектрнинг бинафша қисми кўпроқ, қизил қисми эса камроқ оғади. Дифракцион спектрда эса аксинча, қизил нурнинг оғиш бурчаги бинафша нурникидан катта бўлади.

919 (э). Кронглас ва флинтгласдан ясалган призма ёрдамида спектр ҳосил қилинг ва ёруғлик қайси шишада тезроқ тарқалиши тўғрисида хулоса чиқаринг.

Жавоби. Спектрлар ҳар хил кенгликка эга бўлиб, флинтгласдан ясалган призма ёрдамида олинган спектр кронгласдан ясалган призма ҳосил қилган спектрдан кенгдир. Призманинг синдириш кўрсаткичи қанча катта бўлса, нурнинг призмада оғиш бурчаги шунча катта бўлади, демак, флинтгласнинг n_{Φ} синдириш кўрсаткичи кронгласникига қараганда катта экан деган хулосага келиш мумкин. Маълумки, ёруғликнинг модалада тарқалиш тезлиги $v = \frac{c}{n}$, бу ерда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги. Бинобарин, флинтгласда ёруғлик кронгласга қараганда секинроқ тарқалар экан.

920 (э). Чўғлантирилган темир парчаси қандай спектр беради?

Жавоби. Қиздирилган қаттиқ жисмлар туташ спектр беради. Шунинг учун чўглантирилган темир парчаси туташ спектр беради.

921 (э). Газ разряди юз бериб шуълаланаётган найча қандай спектр беради?

Жавоби. Газ разряди чизиқий спектр бергани учун шуълаланувчи пайча спектри ҳам чизиқий бўлади.

920- ва 921- масалаларнинг жавобларини тўғри кўриш мумкин бўлган спектроскопда текшириб кўриш мақсадга мувофиқдир.

922 (э). Агар спектроскоп коллиматрининг олдига спирт лампа алангасини жойлаштириб, унинг пилигига ош тузининг бир неча йирик донасини ташласак, у ҳолда туташ спектр фонида сариқ чизиқларни кўрамиз. Чизиқий спектрнинг пайдо бўлишини қандай тушунтириш мумкин?

Жавоби. Булар чизиқий спектр беради. Сариқ чизиқ (тўғрироғи, бир-бирига жуда яқин жойлашган икки чизиқ — дублет) NaCl ош тузи таркибига кирувчи натрийга хосдир.

923. Қуёш спектрида фраунгофер чизиқларининг қандай ҳосил бўлишини тушунтиринг.

Жавоби. Булар ютилиш чизиқларидир. Қуёш (атмосферасиз) туташ спектр беради, турли моддаларнинг буғларидан ташкил топган Қуёш атмосфераси эса мос частотадаги нурланишларни ютади. Туташ спектрда қора ютилиш чизиқлари пайдо бўлади.

924. Кундузги ёруғликда материал қизил рангда кўринади. Агар қоронғида шу материал ҳаво ранг нур билан ёритилса, у қандай рангда кўринади?

Жавоби. Материалнинг қизил ранги унинг қизил нурни қайтариб, бошқаларини ютиши билан тушунтирилади. Материал ҳаво ранг билан ёритилганда қора бўлиб кўринади.

925 (э). Бир варақ қогозга кўк ва сариқ бўёқ билан икки-та ёзув ёзилган. Ёзувларни кўк шиша (ёруғлик фильтри) орқали ўқинг.

Жавоби. Кўк бўёқ билан ёзилган ёзув яхши кўринади ва у осон ўқилади. Сариқ бўёқ билан ёзилган ёзув кўринмайди (ёки кўк ёруғлик фильтрининг сифатига боғлиқ равишда жуда хира кўриниши мумкин). Ёруғлик фильтри фақат кўк нурни ўтказиб, қолган нурларни ютиши керак.

926. Кўзга кўринмайдиган ультрабинафша ва инфрақизил нурларни қандай пайқашади?

Жавоби. Инфрақизил ёки ультрабинафша нурларни уларнинг бирон-бир таъсиридан пайқалади. Масалан, ультрабинафша нурлар фотоэмульсияга таъсир қилади, люминесценцияни юзага келтиради. Инфрақизил нурлар иссиқлик таъсирига эга (уларни болометр ёки термоэлемент ёрдамида пайқашади), шунингдек, махсус фотопластинкаларга таъсир этади.

927. Қуёш нури билан ёритилган, деразаси берк бўлган хонада қуёшдан қорайиш мумкинми?

Ж а в о б и. Йўқ. Қуёшдан қорайиш ультрабинафша нурлар таъсирида бўлади, одатдаги дераза ойнаси ультрабинафша нурларни ўтказмайди.

928. Нима учун симобли лампаларнинг колбалари кварц шишадан ясалади?

Ж а в о б и. Симобли лампалар ультрабинафша нурларга бой бўлган нурлар олиш мақсадида ишлатилади. Кварц шишалар ультрабинафша нурлар учун шаффоф ҳисобланади.

929. Тормозловчи рентген нурларининг спектри қандай?

Ж а в о б и. Тормозловчи рентген нурлари рентген трубкида электронлар оқимининг тормозланиши натижасида вужудга келади. Электронлар турли энергияга эга бўлиб, улар тормозланганда турли тўлқин узунликдаги рентген нурлари вужудга келади. Демак, тормозловчи рентген нурларининг спектри тугаш спектр экан.

930. Кўзга кўринадиган ёруғлик $4 \cdot 10^{14}$ дан $7,5 \cdot 10^{14}$ гц гача частотага эга. Кўзга кўринадиган ёруғлик тўлқини узунлигининг интервали қандай?

Е ч и л и ш и. Тўлқин узунлик $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

$$\lambda_k = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{4 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{сек}}} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$\lambda_6 = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{7,5 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{сек}}} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

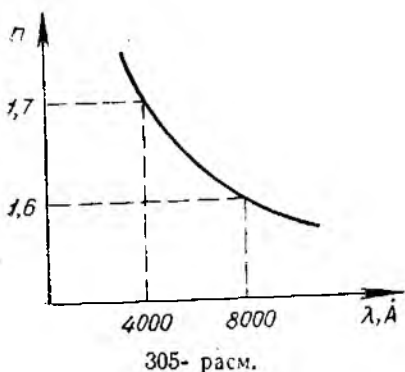
931. Рентген нурлари $6 \cdot 10^{16}$ — $7,5 \cdot 10^{19}$ гц частотага эга. Бу нурларнинг тўлқин узунлигини ангстремларда аниқланг.

Е ч и л и ш и.

$$\lambda_1 = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{6 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{сек}}} = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 50 \text{ \AA};$$

$$\lambda_2 = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{1}{\text{сек}}}{7,5 \cdot 10^{19} \frac{1}{\text{сек}}} = 0,4 \cdot 10^{-11} \text{ м} = 0,04 \text{ \AA}.$$

932. Шиша синдириш кўрсаткичининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлик графиги 305-расмда берилган. Агар $\lambda = 8000 \text{ \AA}$ бўлса, ёруғлик тўлқинининг шишадаги тезлигини топинг.



Ечилиши. Графикдан (305- расм) $\lambda = 8000 \text{ Å}$ нинг $n = 1,6$ синдириш кўрсаткичига мос келишини топамиз.

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{1,6} = 1,9 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

933*. Сув сиртига тўлқин узунлиги $\lambda = 7000 \text{ Å}$ бўлган қизил нурлар тушмоқда. Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,33$ бўлса, бу нурларнинг сувдаги тўлқин узунлигини то-

пинг. Сув тубида турган киши қандай рангли нурни кўради?

Ечилиши. Вакуумда тўлқин узунлиги $\lambda = \frac{c}{v}$, бу ерда v — электр омагнит тебранишлар частотаси. Бундан $v = \frac{c}{\lambda}$. Нур бир муҳитдан бошқа муҳитга ўтганда унинг тебранишлар частотаси ўзгармайди, балки тўлқиннинг тарқалиш тезлиги ва узунлиги ўзгаради. Нурнинг сувдаги тўлқин узунлиги $\lambda_c = \frac{v}{v}$, бу ерда v — тўлқиннинг сувдаги тезлиги — $v = \frac{c}{n}$. Ифодага v ва v ларнинг қийматини қўйиб, λ_c нинг қийматини топамиз.

$$\lambda_c = \frac{c\lambda}{nc} = \frac{\lambda}{n} = \frac{7000 \text{ Å}}{1,33} \approx 5300 \text{ Å}.$$

Вак уумда бундай тўлқин узунликка қизил нур эмас, балки яшил нур эга бўлади. Сув тубидаги киши қизил нурни кўради, чунки кишининг рангни сезиши ёруғликнинг тўлқин узунлигига қараб эмас, балки электромагнит тўлқинларининг частотасига қараб белгиланади.

2. Фотометрия ва ёритилганлик қонунлари

934. Нуқтавий ёруғлик манбаининг кучи $I = 100 \text{ шам}$. Бу манба сочаётган тўла ёруғлик оқими Φ_0 нимага тенг? Манбадан $R = 10 \text{ м}$ масофада жойлашган, ёруғлик нурларига перпенди куляр бўлган S юзнинг E ёритилганлигини топинг.

Ечилиши. Нуқтавий ёруғлик манбаи учун $I = \frac{\Phi}{\omega}$. Ёруғликнинг тўла оқими $\Phi_0 = 4\pi I = 4 \cdot 3,14 \cdot 100 = 1256 \text{ (лм)}$. Ёритилганликнинг I қонунига асосан

$$E = \frac{I}{R^2} = \frac{100 \text{ шам}}{100 \text{ м}^2} = 1 \text{ лк}.$$

935. Радиуси $R = 0,5$ м бўлган тўғарак стол марказида $h = 1,2$ м баландликда ёруғлик кучи $I = 150$ шам бўлган электр лампочка осилган. Стол маркази ва чеккаларининг ёритилганлигини топинг.

Ечилиши. Стол марказининг ёритилганлиги (306- расм) ёритилганликнинг I қонунидан топилади:

$$E_0 = \frac{I}{h^2}, \text{ яъни } E_0 = \frac{150 \text{ шам}}{1,44 \text{ м}^2} \approx 104 \text{ лк.}$$

Стол чеккаларининг ёритилганлигини топиш учун ёритилганликнинг бирлашган қонунидан фойдаланилади:

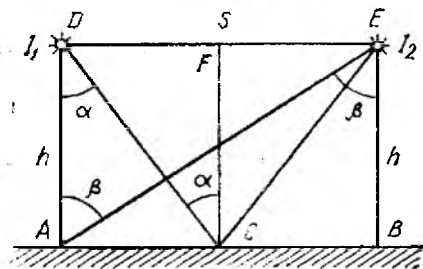
$$E_A = \frac{I}{AS^2} \cos \alpha.$$

Қуйидагилар тахминан ҳисоблаб топилади:

$$AS^2 = h^2 + R^2 = 1,44 \text{ м}^2 + 0,25 \text{ м}^2 = 1,69 \text{ м}^2, \quad AC = 1,3 \text{ м};$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{AS} = \frac{1,2 \text{ м}}{1,3 \text{ м}} \approx 0,92.$$

$$E_A = \frac{150 \text{ шам}}{1,69 \text{ м}^2} \cdot 0,92 \approx 81 \text{ лк.}$$



307- расм.

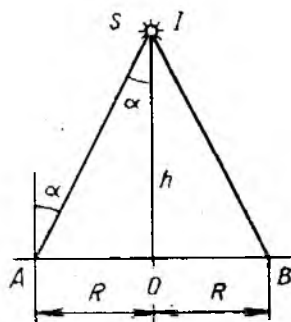
936. Уzunлиги 4 м бўлган вертикал ўрнатилган икки столбага ёруғлик кучлари $I_1 = I_2 = 200$ шам бўлган лампалар осилган. Столбалар ўзаро 6 м масофада жойлашган. Ҳар бир лампа остидаги ва столбалар ўртасидаги ер юзининг ёритилганлигини топинг (307- расм).

Ечилиши. Икки манбадан юзнинг ёритилганлиги ҳар бир манба ёритилганликларининг йиғиндисига тенг. Ёруғлик манбаларини нуқтавий манба деб ҳисоблаймиз. Ҳар бир лампа тагидаги ер юзининг ёритилганлиги бир хил, чунки $I_1 = I_2$ ва лампалар бир хил баландликка осилган.

Ҳисоблашларни битта, масалан, I_1 лампа тагидаги юз учун бажарамиз.

$$I_1 \text{ лампа берадиган ёритилганлик } E_{A_1} = \frac{I_1}{h^2};$$

I_2 лампа берадиган ёритилганлик эса $E_{A_2} = \frac{I_2}{AE^2} \cdot \cos \beta$. [Юзнинг умумий ёритилганлиги



306- расм.

$$E_A = E_{A_1} + E_{A_2} = \frac{I_1}{h^2} = \frac{I_2}{AE^2} \cdot \cos \beta.$$

$$AE = \sqrt{h^2 + S^2} = \sqrt{36 \text{ м}^2 + 16 \text{ м}^2} = \sqrt{52} \text{ м} \approx 7,2 \text{ м};$$

$$\cos \beta = \frac{BE}{AE} \approx \frac{4 \text{ м}}{7,2 \text{ м}} \approx 0,55;$$

$$E_A = \frac{200 \text{ шам}}{16 \text{ м}^2} + \frac{200 \text{ шам}}{52 \text{ м}^2} \cdot 0,55 \approx 14,6 \text{ лк}.$$

Ер юзининг C нуқтасидаги ёритилганлик шунингдек I_1 ва I_2 лампалар берадиган ёритилганликлар йиғиндисига тенг. Симметрия шартига мувофиқ қуйидагини ёзиш мумкин:

$$E_C = E_{C_1} + E_{C_2} = 2E_{C_1} = 2 \frac{I_1}{CD^2} \cdot \cos \alpha,$$

$$CD = \sqrt{h^2 + \frac{S^2}{4}} = \sqrt{16 \text{ м}^2 + 9 \text{ м}^2} = 5 \text{ м},$$

$$\cos \alpha = \frac{CF}{CD} = \frac{4 \text{ м}}{5 \text{ м}} = 0,8, \quad E_C = 2 \frac{200 \text{ шам}}{25 \text{ м}^2} \cdot 0,8 \approx 12,8 \text{ лк}.$$



308- расм.

937. Фотометр бир томондан 70 см нарида турган, кучи $I_1 = 20$ шам бўлган лампа билан ёритилмоқда. Агар фотометрнинг иккинчи томонига 50 см масофада лампа жойлаштирилган-

да фотометрнинг қисмлари бир хил ёритилса, иккинчи лампанинг ёруғлик кучини топинг.

Е чи ли ш и. Масалани фотометрик формула ёрдамида ечиш мумкин. Лекин бу формулани масала ечиш вақтида келтириб чиқариш мақсадга мувофиқдир. Фотометр ярмининг ёритилганлиги (308- расм):

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2} \text{ ва } E_2 = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

Масаланинг шартига мувофиқ

$$E_1 = E_2, \text{ яъни } \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

Изланаётган катталиқ $I_2 = I_1 \frac{r_1^2}{r_2^2}$, яъни $I_2 = \frac{200 \text{ шам} (0,7)^2 \text{ м}^2}{(0,5)^2 \text{ м}^2} \approx 40 \text{ шам}.$

938. Ёруғликнинг нуқтавий манбаи экрандан d масофада жойлашган бўлиб, экран марказида $E_1 = 1$ лк ёритилганлик ҳосил қилади. Манбанинг бошқа томонига худди шундай масофада идеал қайтарувчи ясси кўзгу ўрнатсак, экраннинг ёри-

тилганлиги қандай ўзгаради? Кўзгу ва экран текисликлари ўзаро параллел (309-рasm).

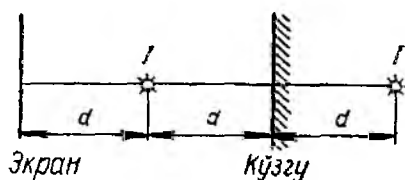
Ечилиши. Ёритилганлик I манба ва унинг ясси кўзгудаги мавҳум тасвири I' томонидан ҳосил қилинади. Манбанинг тасвири экрандан $3d$ узоқликда.

Идеал қайтарувчи кўзгу бўлган ҳол учун $I' = I$. Агар экрандан d масофада турган I манба $E = 1$ лк ёритилганлик ҳосил қилса, у ҳолда $3d$ масофада турган I' манба $E_2 = \frac{1}{9}$ лк ($E \sim \frac{1}{r^2}$) ёритилганлик ҳосил қилади. Иккинчи ҳолатда экраннинг ёритилганлиги $E = 1 \frac{1}{9}$ лк.

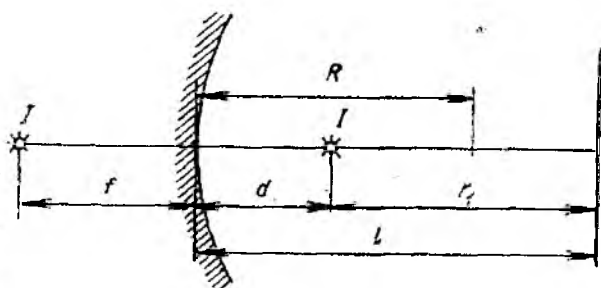
939. Ёруғлик кучи $I = 100$ шам бўлган нуқтавий ёруғлик манбаи радиуси $R = 100$ см бўлган ботик кўзгудан $d = 30$ см масофада жойлашган. Кўзгу чўққисидан $l = 120$ см масофада бош оптик ўққа перпендикуляр жойлашган экран марказининг ёритилганлигини аниқланг. Кўзгунини идеал қайтарувчи деб олинг.

Ечилиши. Ёруғлик манбаи, экран ва кўзгунинг жойланиши 310-расмда кўрсатилган. Экран марказининг ёритилганлиги I ёруғлик манбаи ва унинг кўзгудаги I' мавҳум тасвири томонидан ҳосил қилинади. Тасвир мавҳум, чунки I манба кўзгу чўққисидан $F = \frac{R}{2} = 50$ см масофада жойлашган фокус билан кўзгу чўққиси орасида жойлашган.

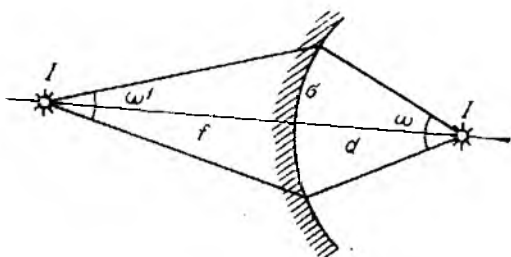
Ёритилганликни ҳисоблаб топиш учун I' манбанинг жойлашишини (экрандан манбагача бўлган масофани) ва I' манба ёруғлик кучининг катталигини аниқлаш керак.



309-рasm.



310-рasm.



311- расм.

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ кўзгу формуласидан фойдаланиб қуйидагини топамиз:

$$f = \frac{dF}{F-d} = \frac{0,3 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м}}{0,5 \text{ м} - 0,3 \text{ м}} = 0,75 \text{ м}.$$

Экрандан I' манбагача бўлган масофа $r_2 = l + f = 1,95 \text{ м}$, экрандан I манбагача бўлган масофа эса $r_1 = l - d = 0,9 \text{ м}$.

I' мавҳум ёруғлик манбаининг ёруғлик кучини аниқлаш учун кўзгу сиртидаги σ юзни қараш керак (311- расм). Кўзгудан қайтгандаги ёруғлик исрофини ҳисобга олмаймиз.

Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ, I манбадан ω фазовий бурчак остида тарқалаётган Φ оқим ω' фазовий бурчак остида тарқалаётган Φ' оқимга тенг бўлиши керак.

$$\omega = \frac{\sigma}{d^2}, \quad \omega' = \frac{\sigma}{f^2}, \quad \Phi = I\omega = I \frac{\sigma}{d^2} \text{ ва } \Phi' = I'\omega' = I' \frac{\sigma}{f^2}$$

деб ёзиш мумкин. Лекин $\Phi = \Phi'$, яъни $I \frac{\sigma}{d^2} = I' \frac{\sigma}{f^2}$. Бундан

$$I' = I \frac{f^2}{d^2},$$

$$I' = \frac{100 \text{ шам} \cdot 0,75^2 \text{ м}^2}{(0,3)^2 \text{ м}^2} \approx 622 \text{ шам}.$$

Экран ўртасининг ёритилганлиги I ва I' лардан ҳосил бўлган ёритилганликлар йиғиндисига тенг, яъни $E = E_I + E_{I'}$.

бунда $E_I = \frac{I}{r_1^2}$, $E_{I'}$ эса $E_{I'} = \frac{I'}{r_2^2}$. Ҳисоблашдан

$$E = \frac{100 \text{ шам}}{(0,9 \text{ м})^2} + \frac{622 \text{ шам}}{(1,95 \text{ м})^2} \approx 287 \text{ лк}$$

экранини топамиз.

ЁРУҒЛИКНИНГ ТАЪСИРИ. ЁРУҒЛИҚ КВАНТЛАРИ

Ушбу тема бўйича берилган масалалар асосан атомларнинг ёруғлик нурлашида ёруғлик частотаси ва тўлқин узунлигини ҳисоблашга, фотонлар энергияси, импульси ва массасини аниқлашга, шунингдек, фотоэффект қонуларини фотоэффектнинг узун тўлқин чегарасини ва фотоэлектронлар тезлигини аниқлашга қўллашга олиб келади.

Люминесценция ва ёруғликнинг химиявий таъсирига доир фақат сифатга оид масалалар ечилиши мумкин.

Темаларни ўрганиш ва масалалар ечиш натижасида ўқувчилар бир қатор муносабатларнинг, биринчи навбатда фотон энергияси $\epsilon = h\nu$ нинг физикавий маъносини тушунишлари ва эслаб қолишлари керак. Бу ерда h —Планк доимийси ($h=6,625 \times 10^{-34}$ жс·сек), ν —герцларда ўлчанадиган нурланиш частотаси.

Ўрта мактабда атом тузилиши ва ундаги процесслар ўқишнинг мазкур босқичида тўлиқ берилиши мумкин бўлган Бор назарияси асосида тушунтирилади. Квант-механикавий тасаввурларни кўпчилик ўқувчилар яхши тушунмайдилар. Бироқ ўрта мактабда атомнинг энергия сатҳлари ҳақида тушунча берилади. Бу эса атом бирор E_1 энергиявий ҳолатдан E_2 энергиявий ҳолатга ўтганда энергияси $h\nu = E_1 - E_2$ га тенг бўлган фотон нурланиши ҳақида тушунча беришга имкон беради. Мазкур нурланишнинг частотаси $\nu = \frac{E_1 - E_2}{h}$, вакуумдаги тўлқин узунлиги $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{ch}{E_1 - E_2}$, бу ерда c —ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги.

Ўқувчилар фотоннинг массага ва импульсга эга эканлигини билишлари ҳамда фотон массаси $m = \frac{\epsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$ ни ва фотон импульси $p = mc = \frac{h}{\lambda}$ ни ҳисоблай билишлари керак.

Ўқувчилар фотоннинг массаси, энергияси ва импульсини ҳисоблашга оид масалаларни ечишда айтарли қийинчиликларга дуч келмайдилар. Лекин ҳисоблашлар ва бирликлар устидаги амаллар жуда узундан-узоққа чўзилади.

Ўрта мактабда ташқи фотоэффект қонуларни ўрганилади. Масалалар ечишда Эйнштейннинг $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ тенгламасидан фойдаланилади. Бу тенгламага мувофиқ квант энергияси $h\nu$ металл сиртидан электронни уриб чиқариш иши A ва фотоэлектроннинг $\frac{mv^2}{2}$ кинетик энергияси йиғиндисига тенг.

Ўқувчилар Эйнштейн тенгламасини механик равишда эсда сақламасдан, балки уни энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланган ҳолда ёза олишлари керак (квант энергияси чиқиши билан фотоэлектрон энергиясига тенг).

Тенглама фотоэлектронлар тезлигини ҳисоблашга имкон беради.

Эйнштейн тенгламасидан мазкур моддада фотоэффект ҳодисаси кузатилиши мумкин бўлган энг катта $\lambda_{\text{макс}}$ тўлқин узунлигини аниқлаш мумкин (фотоэффектнинг узун тўлқин чегараси). Фотоэлектронлар тезлигини ва $\lambda_{\text{макс}}$ ни аниқлаш формулалари масалалар ечиш вақтида чиқарилади.

1. Ёруғлик квантлари

940. Спектр кўзга кўринадиган қисмининг энг узун ва энг қисқа тўлқин узунлигига мос келадиган фотонларнинг энергияси, массаси ва импульсини аниқланг.

Ечилиши. Жадвалдан кўзга кўринадиган ёруғликнинг чегаравий тўлқин узунликларини топамиз: $\lambda_1 = 760 \cdot 10^{-9} \text{ м}$.

$\lambda_2 = 400 \cdot 10^{-9} \text{ м}$. Фотон энергияси $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, яъни

$$\varepsilon_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{760 \cdot 10^{-9} \text{ м}} \approx 2,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}.$$

$$\varepsilon_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{400 \cdot 10^{-9} \text{ м}} \approx 5 \cdot 10^{-19} \text{ ж}.$$

Фотонлар массаси $m = \frac{\varepsilon}{c^2}$, яъни

$$m_1 = \frac{\varepsilon_1}{c^2} \approx \frac{2,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}} \approx 0,29 \cdot 10^{-35} \text{ кг}.$$

$$m_2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2} \approx \frac{5,0 \cdot 10^{-19} \text{ ж}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}} \approx 0,55 \cdot 10^{-35} \text{ кг}.$$

Фотонлар импульси $p = mc$, яъни

$$p_1 = m_1 c = 0,29 \cdot 10^{-35} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 0,87 \cdot 10^{-27} \text{ н} \cdot \text{сек},$$

$$p_2 = m_2 c \approx 0,55 \cdot 10^{-35} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 1,65 \cdot 10^{-27} \text{ н} \cdot \text{сек}.$$

941. Водород атомиининг бир энергиявий ҳолатдан бошқасига ўтганида нурланиш тўлқин узунлиги λ ни аниқланг. Бу ҳолатларнинг энергия фарқи $E = 1,892 \text{ эВ}$.

Ечилиши. Атом бир энергиявий ҳолатдан бошқасига ўтганида энергияси $h\nu = E_1 - E_2 = \Delta E$ бўлган фотон нурлайди. Нурланишнинг тўлқин узунлиги

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{ch}{\Delta E},$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек}}{1,892 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}} \approx 6,625 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 6625 \text{ Å}.$$

942. Водород атомининг чиқариш спектрида $\nu = 4,57 \cdot 10^{14}$ гц частотали чизиқ бор. Водород атоми мазкур спектрал чизиққа мос ёруғлик нурлаганда, унинг энергия ўзгаришини аниқланг.

Ечилиши. Атом энергиясининг ўзгариши $E_n - E_m$ нурланувчи фотон энергиясига тенг: $h\nu = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек} \cdot 4,57 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{сек}} \approx 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ ж}.$

943. Фотон электроннинг тинчлик массасига тенг массага эга бўлиши учун қандай энергияга эга бўлиши керак?

Ечилиши. Фотон массаси $m = \frac{\epsilon}{c^2}$. Электроннинг тинчлик массаси $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. $m = m_0$ да фотон энергияси $\epsilon = m_0 c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} (3 \cdot 10^8)^2 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2} \approx 82 \cdot 10^{-15} \text{ ж}$ бўлиши керак.

944*. Стационар орбиталар учун $mr_n v_n = \frac{nh}{2\pi}$ шарт бажарилади деб ҳисоблаб, водород атомининг биринчи стационар орбитаси радиусини аниқланг (Бор назарияси бўйича), бунда m — электрон массаси, r_n эса водород атомининг n -орбита радиуси, v_n — электроннинг r_n радиусли орбитадаги тезлиги.

Ечилиши. Бор назариясига биноан электронлар водород атомида стационар доиравий орбита бўйлаб ҳаракат қилади деб ҳисоблаймиз. Нурланиш электроннинг бир орбитадан бошқасига ўтганида рўй беради.

Электроннинг n -орбита бўйлаб ядро атрофида айланиши учун электроннинг ядрога кулон тортишиш кучи $F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}$ томонидан вужудга келтириладиган $F_M = \frac{mv_n^2}{r_n}$ марказга интилма куч мавжуд бўлиши керак. Бу ерда e — электрон заряди, ϵ_0 эса вакуумнинг электр доимийси.

F_M ва F_k ни тенглаштириб, $\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}$ ёки $mv_n r_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 v_n}$ ни ҳосил қиламиз. Лекин квантлаш шартига кўра $mv_n r_n = \frac{nh}{2\pi}$, яъни $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 v_n} = \frac{nh}{2\pi}$ деб ёзиш мумкин. Охириги тенгламадан тезликни толамиз $v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hn}$.

Квантлаш шартидан $r_n = \frac{nh}{2\pi v_n m}$. Агар бу ифодага v_n нинг қийматини қўйсак, изланаётган $r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi e^2 m}$ ифодани оламиз. Биринчи орбитанинг радиусини $n = 1$ деб олиб, иккинчиси ни-

кини эса $n=2$ деб олиб ҳисоблаймиз ва ҳ. к. Электрон массаси m ни унинг типчилик массасига тенг деб оламиз. Электронларнинг биринчи орбита бўйлаб ҳаракатлангандаги тезлигида ($\approx 10^6 \frac{м}{сек}$) шундай деб олиш мўмкин.

$$r_1 = \frac{\hbar^2 \epsilon_0}{\pi e^2 m} = \frac{(6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек})^2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К})^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \approx 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

2. Фотоэффект

945. Цезий тўлқин узунлиги $\lambda = 0,589 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ бўлган монокроматик сариқ нур билан ёритилмоқда. Электроннинг чиқиш иши $A = 1,7 \cdot 10^{-19} \text{ ж}$. Цезийдан учиб чиқаётган фотоэлектронларнинг кинетик энергиясини аниқланг.

Ечилиши. Эйнштейн тенгламасига мувофиқ

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A.$$

Ҳисоблашлар кинетик энергиянинг қийматини беради:

$$W_k = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{0,589 \cdot 10^{-6} \text{ м}} - 1,7 \cdot 10^{-19} \text{ ж} \approx 1,8 \cdot 10^{-19} \text{ ж}.$$

946. Калий тўлқин узунлиги 4200 Å бўлган бинафша ёруғлик нури билан ёритилганда унинг сиртидан чиққан фотоэлектронларнинг тезлигини топинг. Калий сиртидан электронларнинг чиқиш иши $A = 1,92 \text{ эВ}$ га тенг.

Ечилиши. Эйнштейн тенгламасига мувофиқ $\frac{mv^2}{2} = h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A$. Бундан фотоэлектронларнинг тезлиги $v =$

$$= \sqrt{\frac{2 \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}{m}}.$$

Бу ифодага $\lambda = 4200 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек}$ ва $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$ қийматларни қўйиб, $v \approx 6 \cdot 10^5 \text{ м/сек}$ ни ҳосил қиламиз.

947. Калий учун фотоэффектнинг узун тўлқин чегарасини аниқланг. Калий учун чиқиш иши $A = 1,92 \text{ эВ}$ га тенг.

Ечилиши. $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ Эйнштейн тенгламасидан фотоэффектнинг узун тўлқин чегараси учун $\frac{mv^2}{2} = 0$. У ҳолда

$(h\nu)_{\text{чег}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{макс}}} = A$. Изланаётган тўлқин узунлиги $\lambda_{\text{макс}} = \frac{hc}{A}$, яъни

$$\lambda_{\text{макс}} \approx \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж} \cdot \text{сек} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{1,92 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж}} \approx 6,47 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 6470 \text{ Å}.$$

948*. Ёруғлик частотаси $6 \cdot 10^{14}$ гц бўлганда металлда фотоэффект ҳодисаси юз беради. Металлдан учиб чиқаётган электронлар потенциали 3 в бўлган тўр томонидан тўлиқ ушланаётган бўлса, металлнинг нурланиш частотасини топинг.

Ечилиши. Ушбу металл учун фотоэффектнинг узун тўлқин чегарасини билган ҳолда унинг чиқиш ишини топамиз.

947- масалада кўрсатилгандек, $A = h\nu_{\text{чег}}$, бу ерда $\nu_{\text{чег}} = 6 \cdot 10^{14}$ гц. Агар потенциали 3 в бўлган тўр ҳамма фотоэлектронларни ушлаб қолса, у ҳолда уларнинг кинетик энергияси $\frac{mv^2}{2} \leq eU = 3$ эв бўлади. Эйнштейн тенгламасига мувофиқ

$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$, лекин $A = h\nu_{\text{чег}}$ ва $\frac{mv^2}{2} = eU$ бўлганидан $h\nu = h\nu_{\text{чег}} + eU$ ни ҳосил қиламиз.

Металл нурлаётган ёруғликнинг частотаси $\nu = \frac{h\nu_{\text{чег}} + eU}{h}$. h , $\nu_{\text{чег}}$, e ва U ларнинг қийматини қўйиб,

$$\nu = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж.сек.} \cdot 6 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{сек}} + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К.} \cdot 3 \text{ в}}{6,625 \cdot 10^{-34} \text{ ж.сек.}} \approx 13,2 \cdot 10^{14} \text{ гц}$$

ни ҳосил қиламиз.

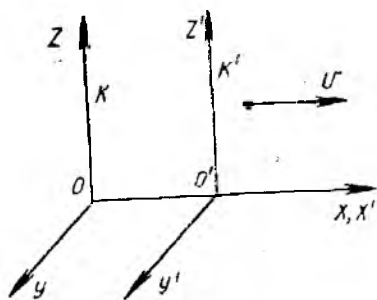
37. БОБ

НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ

Нисбийлик назарияси асослари темасининг кўпгина масалалари таништириш юзасидан берилади. Жисм массасининг тезликка боғлиқлиги, масса ва энергиянинг ўзаро боғланиш қонуни, шунингдек, ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги сигнал узатишнинг чегаравий тезлигидир деган масала бундан мустаснодир.

Тема бўйича асосан узунликнинг қисқаришини, соат юршининг секинлашувини, жисм массасининг ўзгаришини ва шу кабиларни сонли мисолларда намоиш қилувчи масалалар ечилади. Ўқувчилар махсус нисбийлик назарияси формулаларидан фойдаланаётганларида кўпинча у ёки бу катталиқнинг қайси санок системасига тегишли эканлигини аниқлашда қийналадилар. Шунинг учун турли санок системаларига тегишли катталиқларни аниқ ажратиш, кўргазмали бўлиши учун координаталар системасини ҳар доим чизиш керак бўлади.

Бу теманинг кўпгина масалалари таништириш юзасидан баён этилади. Шунинг учун айрим масалаларни ўқитувчининг ўзи темани тушунтириш вақтида олинган муносабатларни кўр-



312- расм.

сатиб ечиши керак. Масса ва энергиянинг ўзаро боғланиш қонуни ва жисм массасининг унинг тезлигига боғлиқлиги ҳақидаги масалаларни ўқувчиларнинг ўзлари ечишлари керак.

Масалалар счишда ишлатиладиган боғланиш вв белгилашларни киритамиз. 312- расмда иккита координаталар системаси (K ва K') ифодаланган. K система x, y, z координаталар билан характерланади, K системага нисбатан Ox ўқи бўйлаб v ўзгармас тезлик билан ҳаракатланувчи K' система эса $x'y'z'$ координаталар билан характерланади.

Классик механикада бир воқеанинг K ва K' системалардаги координатлари ўзаро Галилей алмаштиришлари билан боғланган:

$$x' = x - vt; \quad y' = y; \quad z' = z \quad \text{ва} \quad t' = t.$$

Агарда жисмнинг K системадаги тезлигини $\vec{u}$ ҳарфи билан, K' системадаги тезлигини $\vec{u}'$ ҳарфи билан белгиласак, у ҳолда тезликларни қўшишнинг классик қонунини $\vec{u} = \vec{u}' + \vec{v}$ ёки $\vec{u}' = \vec{u} - \vec{v}$ кўринишда ёзиш мумкин.

Нисбийлик назариясига мувофиқ v нинг катта қийматларида Лоренц алмаштиришларини қўллаш керак:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad y' = y; \quad z' = z \quad \text{ва} \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

бу ерда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги.

Жисм K' системада Ox ўқи бўйлаб u' тезлик билан, K система эса K системага нисбатан Ox ўқи бўйлаб v тезлик билан ҳаракатланаётган содда ҳолларда, жисмнинг K системадаги тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{uv}{c^2}},$$

бу тезликларни қўшишнинг релятивистик қонунидир.

Махсус нисбийлик назариясида жисмлар узунликларининг қисқариши ва юриб турган соатлар юришининг секиллашуви ҳисобга олинади. Бир стерженнинг ўзи турли системаларда

турли узунликка эга бўлади. Стержень тинч турган санок системасида унинг узунлиги l_0 максимал бўлади. Стерженьга нисбатан v тезлик билан ҳаракатланаётган санок системасида унинг узунлиги $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ га тенг бўлади. Стержень кўндаланг кесимининг ўлчамлари ўзгармайди.

Агар фазонинг бирор нуқтасида содир бўлган икки ҳодиса орасидаги вақтни T_0 билан белгиласак, у ҳолда биринчи системага нисбатан v тезлик билан ҳаракатланаётган исталган система учун мазкур ҳодисалар орасидаги вақт $T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ га тенг бўлади.

Классик физикада жисм массаси ўзгармас катталиқ сифатида қабул қилинади. Нисбийлик назариясида m массанинг v тезликка боғланиши $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ кўринишда берилган. Бу

ерда m_0 — жисмнинг тинчликдаги массаси.

Бундан ташқари Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласига мувофиқ m масса жисм E тўла энергия запасининг ўлчови ҳисобланади. Жисм энергиясининг ҳар қандай ΔE ўзгариши жисм массасининг Δm га ўзгаришига олиб келади, яъни $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.

Ўқувчилар $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ ва $E = mc^2$ формулаларни эслаб

қолишлари ва уларни оддий масалаларга қўллай билишлари керак. Бундай масалалар қуйида келтирилган.

Лоренц алмаштиришларини, тезликларни қўшишнинг релятивистик қонунини, $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ва $T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ боғ-

ланишларни v тезлик ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги c га яқин бўлган ҳолларда қўллаш мумкинлигини ўқувчилар яхши ўзлаштириб олишлари жуда муҳимдир. $v \ll c$ бўлган ҳолларда классик тасаввурларни қўллаш мумкин бўлади.

949. Лоренц алмаштиришларини ёзинг ва $v \ll c$ бўлганда у қандай кўриниш олишини кўрсатинг.

Ечилиши. Лоренц алмаштиришлари қуйидаги кўринишга эга:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z \quad \text{ва} \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Бу ҳолда K' система K системага нисбатан Ox ўқ бўйлаб v ўзгармас тезлик билан ҳаракатланади. Агар $v \ll c$ бўлса, у

ҳолда $\frac{v^2}{c^2}$ ва $\frac{v}{c}$ ларни ҳисобга олмаслик мумкин. Координаталар алмаштиришлари қуйидаги кўринишни олади:

$$x' = x - vt; \quad y' = y; \quad z' = z \quad \text{ва} \quad t' = t.$$

Бу Галилейнинг классик алмаштиришларини ифодалайди.

950. Космик кема хонасида соат ва чизғич турибди. Космонавт чизғичнинг l_0 узунлигини ва икки воқеа орасидаги T_0 вақтни ўлчади. Ерда турган кузатувчига чизғичнинг узунлиги ва икки воқеа орасидаги вақт қандай?

$$\text{Ечилиши. } l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \text{ва} \quad T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Формулалардан $l < l_0$; $T > T_0$ эканлиги кўриниб турибди. Ердаги кузатувчига ҳаракатланувчи жисмларнинг узунлиги қисқаради, воқеалар орасидаги вақт эса ортади.

951. Кузатувчига жисмнинг бўйлама ўлчамлари 3 марта қисқа бўлиб кўриниши учун у қандай тезлик билан ҳаракатланиши керак? Бунгача жисм мазкур кузатувчига нисбатан тинч турган.

Ечилиши. Масала шартига кўра $\frac{l}{l_0} = \frac{1}{3}$, лекин $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Бундан $\left(\frac{l}{l_0}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$ ва $v = c \sqrt{1 - \left(\frac{l}{l_0}\right)^2} = c \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2} \approx 0,94 c \approx 2,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. Жисмнинг кўндаланг ўлчамлари ўзгармайди.

952. Тинчликдаги массаси $m_0 = 1$ г бўлган зарра қуйидаги тезликлар билан ҳаракатланмоқда:

а) $v_1 = 0,1 c$; б) $v_2 = 0,9 c$.

Ҳаракатланаётган жисмнинг m массасини аниқланг (кузатувчига нисбатан зарра v_1 ва v_2 тезлик билан ҳаракатланади).

Ечилиши. а)

$$m_1 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} = \frac{1 \text{ г}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,1 c}{c}\right)^2}} \approx \frac{1 \text{ г}}{0,99} \approx 1 \text{ г}.$$

Зарранинг тезлиги $v_1 = 0,1 c$ бўлганда, унинг ҳаракатдаги m массаси тинчликдаги массаси m_0 дан жуда кам фарқ қиладди. б) $m_2 = \frac{1 \text{ г}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,9 c}{c}\right)^2}} \approx 22 \text{ г}$. Шундай қилиб, v тезлик ёруғ-

лиқнинг вакуумдаги тезлиги c га яқин бўлган ҳолларда, массанинг тезликка боғлиқлигини ҳисобга олиш керак.

953. Жисм массасининг тезликка боғлиқлигини $\frac{m}{m_0}$ ва v координаталар ўқида кўрсатинг.

Ечилиши. Жадвал тузамиз.

v	0,1 c	0,2 c	0,3 c	0,4 c	0,5 c	0,6 c	0,7 c	0,8 c	0,9 c	0,95 c	0,98 c
$\frac{m}{m_0}$	1	1,02	1,05	1,09	1,15	1,25	1,42	1,66	2,2	3,1	5,0

Жадвал маълумотларига асосан 313-расмда ифодаланган графигини чизамиз.

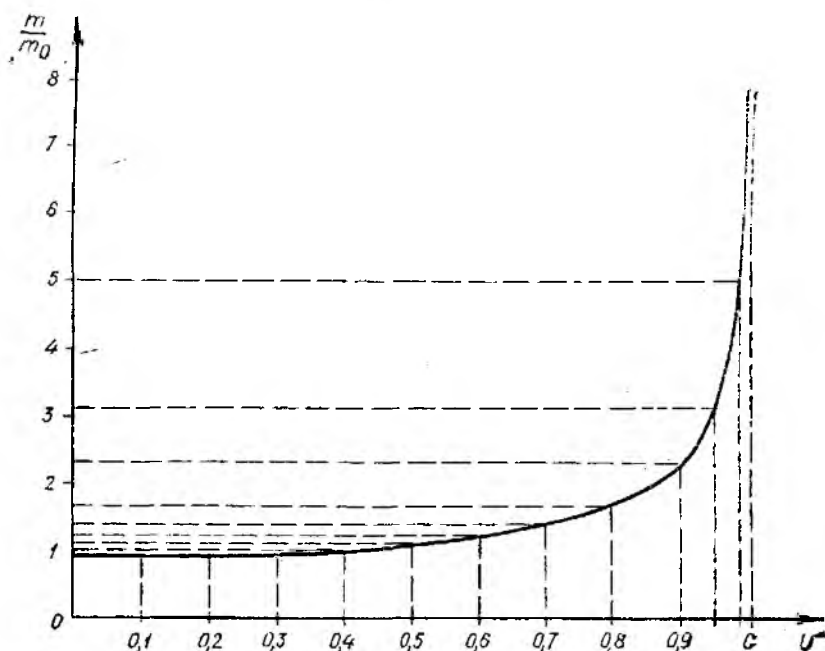
954. Қандай тезликда ҳаракатланаётган электроннинг массаси унинг тинчликдаги массасидан 4 марта катта бўлади?

Ечилиши. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Масала шартига кўра

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 4.$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{4}, \text{ бундан } v \approx 0,968 c.$$

955. Массаси $m = 1$ кг бўлган жисмнинг тўла энергиясини аниқланг.



313- расм.

Ечилиши. Жисмининг тўла энергияси $E = mc^2$, яъни $E = 1 \text{ кг} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ ж}$. Бу ерда m — тўла релятивистик масса.

Қўзғалмас санок системасига нисбатан жисмининг тўла энергияси жисмининг тинчликдаги энергияси дейилади ва $E_0 = m_0 c^2$ формула ёрдамида аниқланади.

956. Электроннинг тинчликдаги массаси қадар масса ўзгаришига мос келадиган энергия ўзгаришини топинг.

Ечилиши. $\Delta E = \Delta mc^2$. Масаланинг шартига мувофиқ Δm электрон массасига тенг, яъни $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$. У ҳолда $\Delta E = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 \approx 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ ж}$.

957*. K' система K системага нисбатан $v = \frac{2}{3}c$ тезлик билан ҳаракатланмоқда. Зарра K' системага нисбатан $u' = \frac{2}{3}c$ тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Зарранинг K системадаги u тезлигини аниқланг.

Ечилиши. Тезликларни қўшишнинг релятивистик қонунига биноан

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}} = \frac{\frac{2}{3}c + \frac{2}{3}c}{1 + \frac{\frac{2}{3}c \cdot \frac{2}{3}c}{c^2}} = \frac{4c}{3 \left(1 + \frac{4}{9}\right)} = \frac{12}{13}c,$$

яъни $u < c$.

Олинган натижани анализ қилиб, шунингдек тезликларни қўшишнинг классик қонунига мувофиқ $u = u' + v$, яъни $u = \frac{2}{3}c + \frac{2}{3}c = \frac{4}{3}c$, яъни $u > c$ бўлиши кераклигини, аммо ёруғликнинг вакуумдаги c тезлиги сигнал узатишнинг чегаравий тезлиги бўлгани учун бунинг мумкин эмаслигини кўрсатиш керак.

958*. Тезликларни қўшишнинг релятивистик қонуни қандай шароитда классик қонунга ўтишини кўрсатинг.

Ечилиши. Тезликларни қўшишнинг релятивистик қонуни $u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}}$, классик қонуни эса $u = u' + v$. Бу формулаларни

солиштириб, $v \ll c$ ва $u' \ll c$ шартлар бажарилганда $\frac{vu'}{c^2} \rightarrow 0$ да релятивистик қонун классик қонунга ўтишини кўриш мумкин.

АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

Атом ядроси физикаси ўрта мактаб программасининг якунловчи бўлимига бағишланган бўлиб, бунда „Атом ядроси“, „Элементар зарралар“ ва „Ядро энергияси“ темалари ўрганилади.

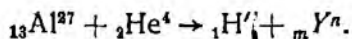
Ўрта мактабда фақат фундаментал экспериментал маълумотларгина ўрганилиб, бунда ядро энергиясидан фойдаланишнинг асосий принципларини элементар асосда тушунтириш мумкин. Ўрта мактабда атом ядроси физикаси бўйича масалалар ечиш характери ҳам шу билан белгиланади. Кўпгина масалалар сифатий характерга эга.

Ядро реакцияларини ёзишда атомларнинг кўрсатувчи белгиларидан фойдаланилади: элементларнинг химиявий символида ядро зарядини ва масса сонини билдирувчи шартли сонлар қўйилади. Масалан, ${}_{15}^{30}\text{P}$ — тартиб номери (ядро заряди) 15 ва масса сони 30 бўлган фосфор.

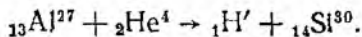
Ядро реакцияларини символик ёзишда заряд ва масса сонларининг сақланиш қонунилари асос қилиб олинади.

Масалан, ${}_{13}^{27}\text{Al}$ алюминий изотопи α -зарралар билан бомбардимон қилинганда ${}_1^1\text{H}$ протон ва қапдайдир ${}_m^Y$ элементнинг ядроси ҳосил қилганлиги аниқланган. Бу қандай элемент эканлигини аниқлаш керак.

Бу ҳолда ядро реакцияси қуйидагича ёзилади:



Заряднинг сақланиш қонунига кўра $13 + 2 = 1 + m$, яъни $m = 14$, масса сонларининг сақланиш қонунига кўра $27 + 4 = 1 + n$, бундан $n = 30$. Ҳосил қилинган ядро ${}_{14}^{30}\text{Si}$ кремний ядроси эканлиги Д. И. Менделеевнинг элементлар даврий системаси ёрдамида топилган. Охирида ядро реакциясини қуйидагича ёзиш мумкин:



Атом ядроларининг ΔE боғланиш энергиясини $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ Эйнштейн муносабати ёрдамида аниқлаш мумкин, бунда Δm ядрони ташкил қилувчи зарралар массаси билан ядронинг ўз массаси фарқидан иборат.

Агар элементнинг тартиб номерини — Z , масса сонини — M , протон массасини — M_p , нейтрон массасини — M_n , элемент ядроси массасини — M_a билан белгиласак, у ҳолда

$$\Delta m = ZM_p + (M - Z)M_n - M_a$$

бўлади.

Бироқ одатда экспериментал ҳолда ядро массаси эмас, балки атом массаси M_a аниқланади. Бу ҳолда Δm ни етарлича

аниқлик билан ҳисоблашда протонлар ва элемент ядроси массасини эмас, балки ${}^1_1\text{H}$ водород атоми ва элемент атоми массаси олинади ҳамда мос ҳолда M_p ва M_a билан белгиланади. У вақтда

$$\Delta m = ZM_p + (M - Z)M_n - M_a.$$

Оғир ядроларнинг бўлинишида ва енгил ядроларнинг синтезида ажралиб чиқадиган энергия ҳам $\Delta E = \Delta mc^2$ муносабат ёрдамида ҳисобланади.

Атом физикасидаги ҳисоблашларда қуйидагилар қабул қилинишини ўқувчилар ҳисобга олишлари керак: заряд бирлиги қилиб $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ К бўлган электрон заряди; масса бирлиги қилиб $1/12$ углерод атоми массаси: 1 м. а.б. $\approx 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг (№ 519 га қаранг); энергия бирлиги қилиб электронвольт — $1_{эв} = 16 \cdot 10^{-20}$ Ж олинган.

Элементлар изотопларининг, протон, нейтрон, водород атомининг массалари махсус жадваллардан олинади.

Рентген ёки γ -нурланиш дозаси *рентген* бирлигида ўлча-нади.

Рентген — нормал шароитда 1 см^3 қуруқ ҳавода $2,082 \cdot 10^9$ ионлар жуфтини ҳосил қилувчи нурланиш дозасидир.

Мактабда радиоактив емирилиш фақат сифат жиҳатидан ўрганилади. Модданинг массаси 2, 4, 8... марта, яъни 2^n марта камайиб борадиган ҳолларда масалалар ярим емирилиш даври ҳақидаги тушунчадан фойдаланиб ечилади.

Биринчи навбатда 307- масалани такрорлаш, шунингдек, радиоактив модданинг емирилиш процессини характерловчи диаграмма қўлланиладиган (63- расм) оддий масалаларни қараб чиқиш керак.

959. Маълум миқдорда радиоактив радон бўлган. Радон миқдори 11,4 кунда 8 марта камайган. Радоннинг ярим емирилиш даври қандай?



314- расм.

Ечилиши. Диаграммадан (63- расм) модда миқдорини 8 марта камайиши учун учта T ярим емирилиш даврига тенг вақт кераклиги кўриниб турибди. Бинобарин $3T = 11,4$ кун, $T = \frac{11,4 \text{ кун}}{3} = 3,8$ кун экани келиб чиқади.

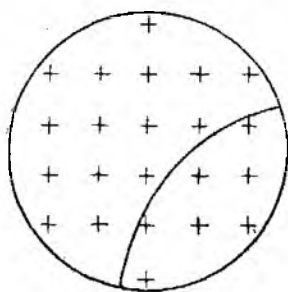
α - ва β - зарраларнинг электр ва магнит майдонларида оғишини 308, 309- масалаларда кўрган эдик. Бу ерда шу масалаларни қайтариш ва шунга ўхшаш ёки улардан мураккаброқ масалаларни ечиш керак.

960. α - ва β - зарралар 314- расмда кўрсатилгандек оғиши учун магнит майдонининг индукция-вектори $\vec{B}$ нинг йўналишини аниқланг.

Жавоби. α - зарралар оқимини шу йўналишдаги электр токка, β - зарралар оқимини эса

қарама-қарши йўналишдаги электр токка ўхшатиш мумкин. Чап қўл қондасини қўллаб, $\vec{B}$ вектор биздан чизма текислигига перпендикуляр ҳолда йўналгани аниқланган.

961. 315- расмда магнит майдонига ўрнатилган Вильсон камерасидаги зарраларнинг изи (трек) кўрсатилган. $\vec{B}$ магнит майдонининг индукция вектори биздан чизма орқасига йўналган (крестчалар билан белгиланган). Зарралар пастдан юқорига ҳаракатланмоқда. Зарралар қандай ишорали зарядга эга?



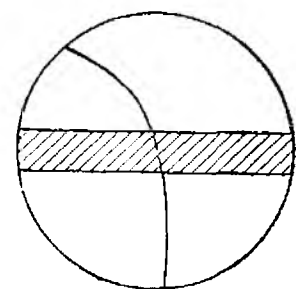
315- расм.

Жавоби. Чап қўл қондасини қўллаб, зарранинг манфий зарядга эга экани топилади.

962. Мезонлар ҳаракати йўналишини аниқлаш учун уларнинг йўлига қўйилган Вильсон камерасига қўрғошин пластинкалар жойлаштирилади. Бунда зарранинг ҳаракат йўналиши қандай аниқланишини тушуштиришг.

Жавоби. Катта энергияли мезонлар қалинлиги 1 м гача бўлган қўрғошин филтрдан ўтиш қобилиятига эга. Мезон қўрғошин пластинка орқали ўтганда ўз энергиясининг бир қисmini йўқотади ва унинг тезлиги камаяди. Магнит майдонда $\vec{B}$ ва $\vec{v}$ орасидаги бурчак $\alpha = \frac{\pi}{2}$ бўлганда мезон Вильсон камерасида радиуси R бўлган айлана ёйи бўйлаб ҳаракатланади, бунда зарранинг тезлиги қанча катта бўлса, айлана радиуси шунча катта бўлади.

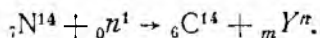
Агар Вильсон камерасида учувчи мезон йўлида қўрғошин пластинка бўлса, у ҳолда мезон пластинкадан ўтгандан сўнг унинг тезлиги камаяди ва мезоннинг барча изи турлича радиусли айланаларнинг иккита ёйи кўринишида ҳосил бўлади. 316- расмда тасвирланишича, зарра пастдан юқорига ҳаракатланади, чунки қўрғошин пластинкага қадар унинг изи жуда катта радиусли ёйни ифодалайди. Пластинкадан ўтгандан кейин эса ёйнинг радиуси кичраяди, чунки зарранинг тезлиги ҳам камайган бўлади.



316- расм.

963. ${}^7\text{N}^{14}$ изотопни нейтронлар билан бомбардимон қилганда β^- радиоактив нурланишга эга бўлган ${}^6\text{C}^{14}$ изотоп ҳосил бўлади. Ядровий реакциялар тенгламасини ёзинг.

Ечилиши. Биринчи ядровий реакция



Заряднинг сақланиш қонунига мувофиқ $7 + 0 = 6 + m$, яъни $m = 1$. Масса сонининг сақланиш қонунига мувофиқ $14 + 1 = 14 + n$, яъни $n = 1$. Демак, ${}_1Y^1$, бу эса ${}_1H^1$ протондир.

Қуйидагини ёзамиз: ${}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$.

Иккинчи ядровий реакция ${}_6C^{14} \rightarrow {}_mY^{n'} + {}_{-1}e^0$.

Заряд ва масса сонининг сақланиш қонунига мувофиқ $m' = 7$ ва $n' = 14$, яъни ${}_7Y^{14}$. Элементлар даврий системасидан унинг азот изотопи эканини аниқлаймиз. Ниҳоят, ${}_6C^{14} \rightarrow {}_7N^{14} + {}_{-1}e^0$ эканини узил-кёсил ёзамиз.

964. Гелий ядросининг боғланиш энергиясини ҳисобланг.

Ечилиши. Масса ва энергиянинг ўзаро боғланиш қонунига мувофиқ $\Delta E = \Delta mc^2$. Масса ўзгариши $\Delta m = ZM_p + (M - Z) \times M_n - M_\alpha$.

Жадвалдан гелий учун M_p , M_n ва M_α ларнинг қийматини оламиз. Гелий ядроси α -заррача экан. $\Delta m = 2 \cdot 1,00785 \text{ м. а. б.} + (4 - 2) \cdot 1,00898 \text{ м. а. б.} - 4,00274 \text{ м. а. б.} = 0,03038 \text{ м. а. б.}$

Гелий атомининг ядроси ҳосил бўлганда $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,03038 \text{ м. а. б.} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг}}{\text{м. а. б.}} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 \approx 0,45 \cdot 10^{-11} \text{ ж} \approx 28 \text{ Мэв}$ боғланиш энергияси ажралиб чиқади. Жуда катта энергия ажралиб чиқади, бу ерда ҳисоблашлар фақат битта ядро учун олиб борилганлигини ҳисобга олиш керак. (966-масалага қаранг.)

965. ${}_3\text{Li}^7$ литий изотопининг боғланиш энергиясини топинг.

Ечилиши. Жадвалларда литий изотопи ядросининг M_α массаси берилмасдан, литий изотопи атомининг M_a массаси берилган. Шунинг учун литий изотопи ядросининг массасини $\Delta m = ZM_p + (M - Z)M_n - M_a$ формула ёрдамида аниқлаш лозим, бу ерда M_p — водород атомининг массаси.

$$\Delta m = 3 \cdot 1,00813 \text{ м. а. б.} + (7 - 3) \cdot 1,00898 \text{ м. а. б.} - 7,01822 \text{ м. а. б.} = 0,04209 \text{ м. а. б.}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,04209 \text{ м. а. б.} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг}}{\text{м. а. б.}} \times$$

$$\times \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2 \approx 0,6 \cdot 10^{-11} \text{ ж} \approx 38 \cdot 10^6 \text{ эв} \approx 38 \text{ Мэв.}$$

Бир масса атом бирлигига мос келувчи $\Delta E_{\text{м. а. б.}} = 931,8 \times 10^6 \text{ эв}$ энергия олдиндан аниқланган бўлса, ҳисоблашларни бошқачароқ олиб бориш ҳам мумкин. У ҳолда ${}_3\text{Li}^7$ ядросининг боғланиш энергияси қуйидагича бўлади:

$$931,8 \cdot 10^6 \frac{\text{эв}}{\text{м. а. б.}} \cdot 0,04209 \text{ м. а. б.} \approx 38 \cdot 10^6 \text{ эв} \approx 38 \text{ Мэв.}$$

966. Уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ изотопи ядроси бир марта бўлинганда 200 Мэв энергия ажралиб чиқади. 1 г уран бўлинганида қанча миқдор энергия олиш мумкин?

Ечилиши. 1 г уран бўлинганида қанча миқдор энергия ажралганини топиш учун мазкур модда массасидаги атомлар сонини аниқлаш керак. Модданинг бир грамм-атомидаги атом-

лар сони $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ (Авогадро сони) га тенг. Масалада кўрсатилган уран изотопининг атом оғирлиги $A = 235$. У ҳолда $1 \text{ г } {}_{92}\text{U}^{235}$ даги атомлар сони

$$n = \frac{N}{A} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{235},$$

ажралаётган энергия эса

$$W = 200 \text{ Мэв} \cdot \frac{N}{A} \quad W = 200 \text{ Мэв} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{235} \approx \\ \approx 5,1 \cdot 10^{23} \text{ Мэв} \approx 2,3 \cdot 10^4 \text{ квт} \cdot \text{соат}.$$

Сўнгги алмаштиришларда қуйидаги:

$1 \text{ квт} \cdot \text{соат} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ ж}$ ва $1 \text{ Мэв} = 10^6 \text{ эв} = 10^6 (16 \times 10^{-20} \text{ ж}) = 16 \cdot 10^{-14} \text{ ж}$ муносабатлардан фойдаланилган,

967. Атом реакторининг суткасига $200 \text{ г } {}_{92}\text{U}^{235}$ уран изотопини истеъмол қилгандаги қуввати 32000 квт . Уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ изотопининг бўлинишидан ҳосил бўлган энергиянинг қанча қисми фойдали ишга сарф бўлади?

Ечилиши. 966-масалада $1 \text{ г } {}_{92}\text{U}^{235}$ бўлинганда $2,3 \cdot 10^4 \text{ квт} \cdot \text{соат}$ энергия ажралиши аниқланган эди. Бир суткада $200 \text{ г } {}_{92}\text{U}^{235}$ бўлганида $W \approx 200 \cdot 2,3 \cdot 10^4 \text{ квт} \cdot \text{соат} \approx 4,6 \cdot 10^6 \text{ квт} \cdot \text{соат}$ энергия ажралади.

Атом реакторининг t вақт ичида бажарган фойдали A ишини реакторнинг P қуввати орқали топамиз:

$$A = Pt = 32000 \text{ квт} \cdot 24 \text{ соат} = 7,68 \cdot 10^5 \text{ квт} \cdot \text{соат}.$$

Демак, бутун энергиянинг фақат $\frac{7,68 \cdot 10^5}{4,6 \cdot 10^6} \cdot 100 \% \approx 16,7 \%$ қисми фойдали ишга сарф бўлади.

968. Сигими $C = 3 \text{ нф}$ бўлган кичкина типдаги (авторучка типдаги) ионизацион камерада иборат чўнтаки радиоактив нурланиш дозиметри $U_1 = 180 \text{ в}$ потенциалгача зарядланган. Нурланиш таъсирида потенциал $U_2 = 160 \text{ в}$ гача пасайган. Дозиметрнинг электр заряди қанчага камайган? Дозиметр камерасидаги ҳавонинг ҳажми $V = 1,8 \text{ м}^3$. Нурланиш дозасини аниқланг.

Ечилиши. Нурланиш вақтида дозиметр камерасидаги ҳаво ионлашади ва дозиметр зарядининг бир қисми ҳосил бўлган ионлар билан нейтралланади. Кучланиш $\Delta U = U_1 - U_2$ га ўзгаради, $\Delta q = C \Delta U$ заряд нейтралланади. V ҳажмли камерада ҳосил бўлган N ионлар жуфтини Δq зарядни e ион зарядига бўлиб топиш мумкин. Соддалик учун ҳосил бўлган барча ионларни бир валентли деб қабул қиламиз.

1 см^3 ҳажмдаги N' ионлар сони V марта кам бўлади, яъни

$$N' = \frac{C(U_1 - U_2)}{Ve}.$$

Нурланиш дозасини N' ни $2,082 \cdot 10^9 \frac{\text{ионлар жуфти}}{\text{см}^3}$ сонига солиштириб аниқлаймиз.

$$\text{Нурланиш дозаси} = \frac{N'}{2,082 \cdot 10^9} (p) = \frac{C(U_1 - U_2)}{2,082 \cdot 10^9 eV} (p) \approx 0,1 (p).$$

АДАБИЁТ

I. Масалалар ечиш методинасидан қўлланма

1. Александров П. А., Швайченко И. М. Методика решения задач по физике в средней школе. Л., Учпедгиз, 1948.
2. Демкович В. П., Прайсман И. Я. Приближенные вычисления в школьном курсе физики. М., „Просвещение“, 1967.
3. Жемчужный С. М. Формирование физических понятий в решении задач. Минск. Изд-во М-ва высш. и сред. спец. образования БССР, 1963.
4. Казаченко К. И. Основные вопросы методики решения физических задач в средней школе. М., Учпедгиз, 1945.
5. Очагов Ф. М. Решение задач по механике. М., „Просвещение“, 1965.
6. Резников Л. И. Графический метод в преподавании физики. М., Учпедгиз, 1966.
7. Смоллов Е. И. Решение задач по физике в средней школе (на укр. языке). Киев, „Радянська школа“, 1964.
8. Соколов А. Н. Процессы мысления при решении физических задач учащимися. М., Изд-во АПН РСФСР, 1954.
9. Франковский В. Н. Методика решения задач по физике (на укр. языке). Киев, „Радянська школа“, 1947.
10. Сперанский Н. М. Физикадан масалалар қандай ечиладн, Тошкент, „Ўқитувчи“, 1971.
11. Яворский А. Н. Методика решения задач без вычислений по физике (на укр. языке). Киев, „Радянська школа“, 1961.

II. Масалалар тўплами

12. Балаш В. А. Физика масалалари. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1966.
13. Белдриков Г. А. и др. Задачи по физике для поступающих в вузы. Изд-во МГУ, 1966.
14. Берлеев Г. И. Сборник вопросов и задач по физике для средней школы. М., Учпедгиз, 1955.
15. Боровой А. А. и др. Механика. Теория и задачи. М., „Наука“, 1967.
16. Буховцев Б. Б. ва бошқалар. Элементар физикадан масалалар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1973.
17. Берлеев Г. И. Сборник задач и вопросов по физике для техникумов. М., „Высшая школа“, 1964.
18. Волькенштейн В. С. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1969.
19. Гольдфарб Н. И. Физикадан масалалар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1973.
20. Демкович В. П. Сборник вопросов и задач по физике для восьмилетней школы. М., „Просвещение“, 1967.
21. Демкович В. П. Физикадан савол ва масалалар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1973.
22. Зиямисский А. А. ва бошқалар. Физикадан савол ва масалалар тўплами (8—10- синфлар учун). Тошкент, „Ўқитувчи“, ...

23. Золотов В. А. Вопросы и задачи по физике для восьмилетней школы. М., Учпедгиз, 1960.
24. Зубов В. Г., Шальнов В. П. Задачи по физике. М., Физматгиз, 1963.
25. Зиббер В. А. Задачи-опыты по физике. М., Учпедгиз, 1953.
26. Иванов А. С. Задачи по физике с использованием техники железнодорожного транспорта. М., Учпедгиз, 1950.
27. Карпович А. Б. Сборник задач-вопросов по физике. М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
28. Козел С. М. и др. Сборник задач по физике. М., „Наука“, 1965.
29. Коган Б. Ю. Сто задач по физике. М., „Наука“, 1965.
30. Куприн М. Я. Задачи и вопросы из области сельского хозяйства (VI—VII кл.). М., Учпедгиз, 1955.
31. Качинский А. М. и др. Сборник подготовительных задач к олимпиадам по физике. Минск, „Народная асвета“, 1965.
32. Кимбар Б. А. ва бошқалар. Физикадан мустақил ва контрол ишлар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1968.
33. Катускин В. И. и др. Сборник задач по физике. В помощь поступающему в вузы. Изд-во ЛГУ, 1965.
34. Лукашик В. И. Физикадан савол ва масалалар тўплами. Тошкент, „Ўқитувчи“, 1974.
35. Мошков С. С. Экспериментальные задачи по физике. М., Учпедгиз, 1955.
36. Низамов И. М. Задачи по физике с техническим содержанием. М., „Просвещение“, 1967.
37. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике. М., „Просвещение“, 1966.
38. Ротарь А. В. Задачи для юного космонавта. М., „Просвещение“, 1965.
39. Рымкевич П. А. и др. Сборник вопросов и задач по физике. М., „Просвещение“, 1964.
40. Тарасов Л. В., Тарасова А. И. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок поступающих во ВТУЗы). М., „Высшая школа“, 1968.
41. Тульчинский М. Е., Зеленов В. С. Программированные контрольные работы по физике. Калуга, Приокское книжное изд-во, 1968.
42. Тульчинский М. Е. Сборник качественных задач по физике. М., „Просвещение“, 1965.
43. Цингер А. В. Задачи и вопросы по физике. М., Учпедгиз, 1951.
44. Шаскольская М. П., Эльцин И. А. Сборник избранных задач по физике. М., „Наука“, 1969.
45. Шутов И. С., Гурнирович К. М. Сборник практических задач по физике, VI—VIII классы. Минск, „Народная асвета“, 1965.
46. Штернталь А. И., Гейнбихнер И. И. Контрольные работы по физике в одиннадцатилетней школе. М., Учпедгиз, 1962.
47. Яковлев Ф. И. Сборник задач по физике. М., Изд-во АПН РСФСР, 1960—1962.
48. Эвенчик Э. Е. и др. Контрольные работы по физике в средней школе. М., „Просвещение“, 1969.

III. „Физика в школе“ журналида масалалар ечиш бўйича берилган мақолалар

A. Масалалар ечиш методикасининг умумий масалалари

49. Авербух И. И. О задачах с неполными данными, 1965, № 4.
50. Андрусенко Б. Р. От эксперимента к эмпирическим формулам. 1965, № 4.

51. Белозеров А. В. О записи условий задач. 1960, № 2.
52. Демкович В. П. Решение задач из нового задачника по физике. 1964, № 1.
53. Егоров А. Л. Об анализе хода явлений при решении задач. 1962, № 4.
54. Золотов В. А. Решение качественных задач в VI—VIII классах, 1961, № 3.
55. Казаченко А. С. Составление физических задач. 1948, № 3.
56. Казаченко А. С. О подборе задач по физике, 1953, № 4.
57. Кириллова Г. И. Прием комментирования с места при решении задач. 1966, № 2.
58. Ковалев П. Г. Оформление записи условия и решения задачи. 1954, № 3.
59. Костерева Т. Н. Устные задачи по физике. 1961, № 5.
60. Лысихин С. С. Использование эксперимента при решении задач по физике. 1950, № 4.
61. Михайлик А. Я. и Бурлаченко В. П. Об использовании понятия среднего при решении задач по физике. 1965, № 6.
62. Мерзликов З. С. Использование задач-рисунков при учете знаний учащихся. 1962, № 5.
63. Подковырин И. А. О проверке решений задач. 1953, № 2.
64. Пресман А. А. О проверке решения физической задачи. 1964, № 4.
65. Рымкевич П. А. О решении задач по физике. 1957, № 2.
66. Светицкий А. Н. О составлении учащимися задач по физике. 1962, № 6.
67. Сорокин Г. П. Об уроках решения задач по физике. 1963, № 2.
68. Степанищев А. М. К методике решения задач по физике. 1948, № 6.
69. Сословская А. Т., Полонская Е. Ф. Задачи-рисунки по физике в диакопической проекции. 1967, № 2.
70. Турышев И. К. Решение задач по физике с исследованием, 1966, № 1.
71. Фитингоф А. Графический анализ при решении задач по физике. 1948, № 4.

Б. Механика

72. Белесков Р. И. Задачи на тяговые расчеты поездов. 1954, № 2.
73. Бугаенко А. Г. Задачи о маятнике Галилея. 1961, № 4.
74. Грабовский М. А. Замечания к задаче о „мертвой петле“, 1959, № 3.
75. Дьячук Д. Н. Задачи по механике с практическим содержанием. 1954, № 4.
76. Коган Б. Ю. Задачи по механике, 1954, № 3.
77. Кипнис И. М. О задачах на вычисление дальности полета тела, брошенного под углом к горизонту. 1963, № 4.
78. Карпович А. Б. Задачи-вопросы по механике. 1954, № 2.
79. Любимов К. В. О задачах на кронштейн и экспериментальная проверка их решений, 1959, № 5.
80. Малобродский Д. Л. Решение задач на второй закон Ньютона. 1957, № 5.
81. Меньших М. П. Некоторые замечания по поводу задач на закон всемирного тяготения. 1966, № 5.
82. Розенблат Г. И. Методика решения задач по закону сохранения количества движения. 1966, № 2.
83. Сиротин Ю. И. Решение задач по динамике. 1955, № 3.
84. Сосновский В. И. Применение графиков при решении задач на движение тела, брошенного под углом к горизонту. 1964, № 4.

В. Иссиқлик ва молекуляр физика

85. Европин Ю. П. Задачи-вопросы по курсу теплоты в 7-м и 9-м классах. 1946, № 5—6.
86. Иванов С. И. Замечания по решению задач на пары и влажность. 1961, № 1.
87. Каменецкий С. Е. Об использовании графиков плотности насыщающих паров при решении задач на влажность воздуха. 1961, № 4.
88. Лонгинов Д. Н. К изучению темы „Свойства твердых тел“. 1967, № 1.
89. Поспелов П. Н. Решение задач на уравнение теплового баланса. 1956, № 5.
90. Попов И. П. Задачи по теме „Тепловые двигатели“, 1955, № 6.
91. Штеренталь А. И. Еще раз о решении задач на составление калориметрических уравнений теплового баланса. 1948, № 6.
92. Фомищенко И. В. Задачи-вопросы по теме „Свойства жидкостей“. 1956, № 6.

Г. Электр

93. Золотов В. А. Система решения задач по темам: „Ток, сопротивление и напряжение“ и „Работа и мощность тока“ в VIII классе. 1965, № 5.
94. Мельниченко Н. И. Практические задачи по электричеству. 1952, № 5.
95. Ратбиль Э. Л. Использование чертежей при решении задач по электричеству. 1959, № 3.
96. Резников Л. И. Несколько задач по электричеству и оптике. 1950, № 3.
97. Шубников А. В. Вопросы по электростатике. 1956, № 2.
98. Шубников А. В. Вопросы, относящиеся к закону Ома (для читателей журнала). 1957, № 2.

Д. Колебания и волны

99. Богма К. К., Зубов В. В. Вывод формулы периода гармонических колебаний. 1967, № 2.
100. Шишов Г. П. Задачи и вопросы по акустике. 1952, № 5.
101. Брадис А. В. Как объяснить кажущееся поднятие дна водоемов и всегда ли оно одинаково? 1953, № 6.

Е. Оптика

102. Дик П. А. Решение некоторых задач геометрической оптики с помощью графиков. 1967, № 2.
103. Демкович В. П. Качественные задачи по оптике. 1957, № 1.
104. Мейльман М. Л. Графические задачи по электричеству и оптике. 1958, № 1.
105. Трахтенберг Л. И. Задачи по оптике. 1966, № 1.

Ж. Политехникавий мазмундаги масалалар

106. Афанасьев П. И. Вопросы и задачи для учащихся сельских школ. 1965, № 3.
107. Бескорвайный И. И. О составлении задач с производственным и техническим содержанием. 1961, № 3.
108. Благойравов И. П. Задачи из области военной техники. 1948, № 2.
109. Жиянова О. П. К методике решения задач с техническим содержанием. 1987, № 4.
110. Иванов А. С. Задачи и вопросы по физике с использованием железнодорожной тематики. 1952, № 4; 1958, № 4.

111. Костил Г. П. Задачи из области сельскохозяйственной техники. 1948, № 2.
112. Костерева Т. И. Решение задач по физике с производственным содержанием. 1953, № 5.
113. Газетдинов Ш. Т. Задачи и вопросы по физике с техническим содержанием. 1959, № 3.
114. Шилов В. Ф. Задачи с производственным содержанием, составленные учащимися. 1965, № 6.

3. Синфдан ташқи ишлар учун масалалар

115. Асламазов Л. Г., Слободецкий И. Ш. Всесоюзная заочная олимпиада по физике. 1967, № 2, 3.
116. Лукашик В. И. Задачи-опыты для вечера занимательной физики. 1964, № 2.
117. Лукьянов Ю. И. Физическая эстафета. 1965, № 3.
118. Лукашик В. И. Внутрешкольная олимпиада по физике учащихся VI—VIII классов. 1964, № 4.
119. Слободецкий И. Ш. Задачи физико-математической олимпиады Московского физико-технического института. 1964, № 3.
120. Слободецкий И. Ш. Всесоюзная олимпиада по физике. 1966, № 5.
121. Шальнов В. П. Несколько задач, предлагавшихся на олимпиаде по физике в МГУ. 1955, № 6.

IV. Методик ва илмий-оммабоп адабиёт

122. Билимович Б. Ф. Физические викторины. М., „Просвещение“, 1964.
123. Власова К. Н. Мир научной фантастики на уроках физики. М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
124. Вальдгард С. Л. Элементы техники в преподавании физики. М., Учпедгиз, 1950.
125. Внуков В. П. Физика и оборона страны. М., Гостехиздат, 1943.
126. Дерябин В. М. Международная система единиц в курсе физики средней школы. М., Учпедгиз, 1963.
127. Епихович А. С. Физика, техника, производство; краткий справочник. М., Учпедгиз, 1962.
128. Ильин М. Сто тысяч почему. Избранные произведения, ч. I. М., Гослитиздат., 1962.
129. Крылов К. Р. Элементы сельскохозяйственной техники в преподавании физики. М., Учпедгиз, 1955.
130. Кожеуров И. В. Элементы космонавтики в курсе физики и астрономии. М., „Просвещение“, 1965.
131. Перельман Я. И. Занимательная физика, т. I и II. М., Физматгиз, 1959.
132. Перельман Я. И. Занимательная механика. М.—Л., Гостехиздат, 1951.
133. Покровский С. Ф. Опыт и наблюдения в домашних заданиях по физике. М., „Просвещение“, 1965.
134. Резников Л. И. Международная система единиц в курсе физики средней школы. М., „Просвещение“, 1964.
135. Степанов А. И. Вопросы метеорологии в курсе физики средней школы. М., Учпедгиз, 1963.
136. Седов А. А. Связь преподавания физики с производственным обучением. М., Учпедгиз, 1962.
137. Усова А. В., Антропова Н. С. Связь преподавания физики в школе с сельскохозяйственным производством. М., „Просвещение“, 1965.

МУНДАРИЖА

Сўз боши 3

I ҚИСМ ЎРТА МАҚТАБДА ФИЗИКА КУРСИДА МАСАЛАЛАР ЕЧИШ МЕТОДИКАСИНING УМУМИЙ МАСАЛА- ЛАРИ

1- боб. Масалаларнинг турлари ва улар-
ни ечиш методикасининг умумий маса-
лалари 6

1. Масалалар ўқувчиларга физика машгу-
лотларида таълим бериш воситасидир . . . 6
2. Масалаларнинг классификацияси 9
3. Физикавий масалани ечиш методи . . . 11

2- боб. Турли хилдаги масалаларни ечиш
методикаси 16

1. Сифатга оид масалалар 16
2. Экспериментал масалалар 20
3. Ҳисоблаш масалалари 21
4. График масалалар 25

3- боб. Масалалар ечишга доир машгу-
лотларни ўтказиш методикаси 27

1. Масалалар ечишга доир машгулотлар-
нинг турлари 27
2. Дарсларда масалалар ечиш 28
3. Синфдан ташқари машгулотларда маса-
лалар ечиш 33
4. Турли синфларда масалалар ечишнинг
баъзи хусусиятлари ҳақида 39

4- боб. Модда тузилиши ҳақида дастлаб-
ки маълумотлар 44

1. Молекулаларнинг мавжудлиги. Молеку-
лаларнинг ўлчамлари 44
2. Молекулаларнинг ҳаракати 46
3. Молекуляр кучлар 48
4. Газлар, суюқликлар ва қаттиқ jismlar
тузилишининг хусусиятлари 48

5- боб. Ҳаракат ва кучлар 50

1. Механикавий ҳаракат. Тезлик 50
2. Масса. Модданинг зичлиги 54
3. Инерция 56
4. Оғирлик кучи. Jismlarнинг оғирлиги . . . 57
5. Кучларни график тасвирлаш ва кўшиш . 58
6. Босим кучи. Босим 59
7. Ишқаланиш кучи. Молекулаларнинг ўз-
aro таъсир кучлари 59

6- боб. Суюқликлар ва газларнинг боси-
ми (гидро- ва аэростатика) 61

1. Паскаль қонуни 61
2. Суюқликларнинг оғирлик босими 62
3. Атмосфера босими 65
4. Архимед кучи 66

✱

II ҚИСМ ФИЗИКА КУРСИ- NING БЎЛИМЛАРИ БЎЙИЧА МАСАЛА- ЛАР ЕЧИШ МЕТО- ДИКАСИ

6- синф

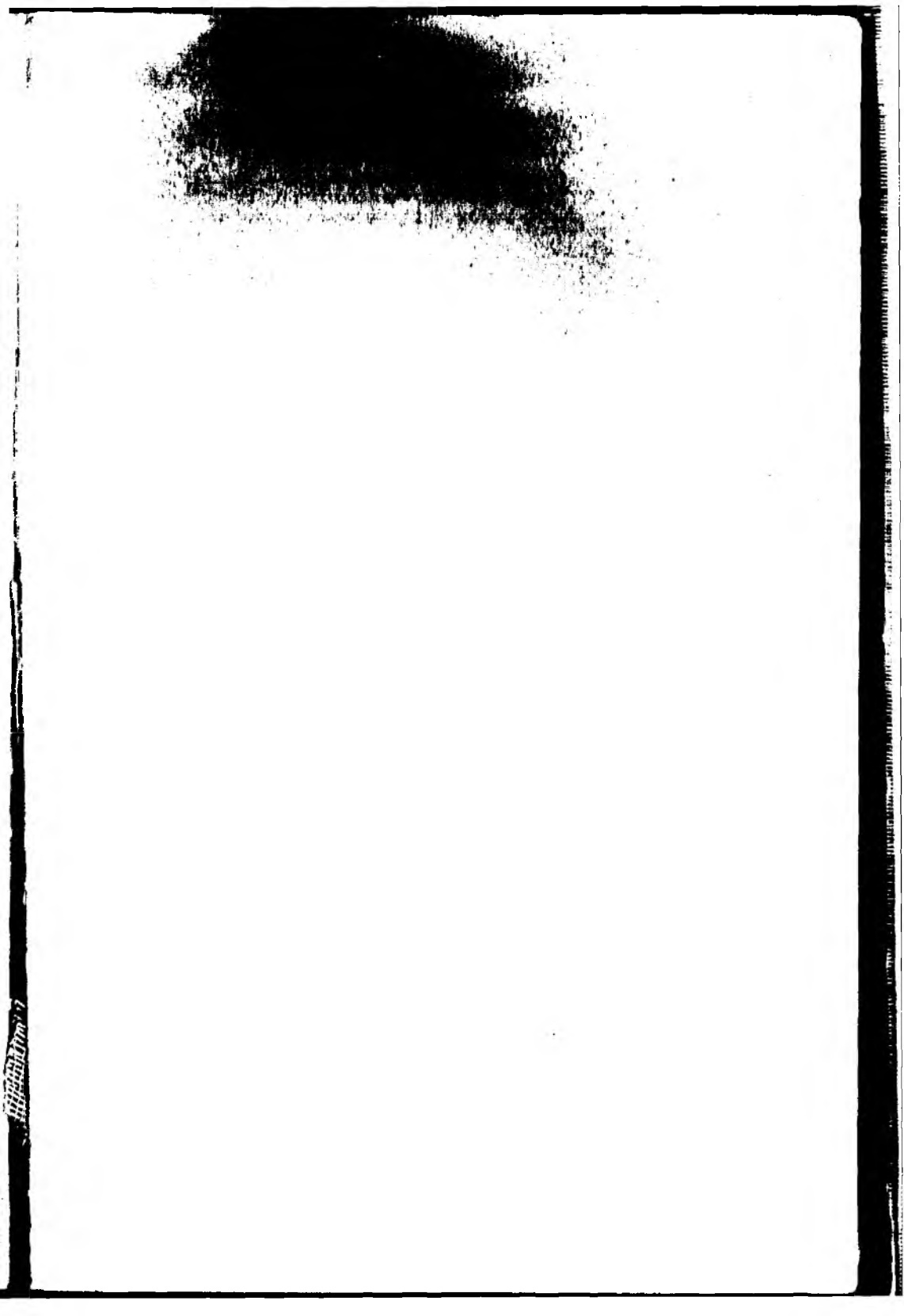
7- сиф

7- боб. Иш ва қувват. Энергия ҳақида тушунча	69
1. Механикавий иш	70
2. Қувват	70
3. Ричаглар. Блоклар	71
4. Механикавий энергия	75
8- боб. Иссиқлик узатиш ва иш	77
1. Ички энергия	77
2. Иссиқлик узатиш усуллари	78
3. Иссиқлик миқдори. Солиштирма иссиқлик сифими	80
4. Ёқилғининг ёниш иссиқлиги. Иссиқлик бериш	84
9- боб. Модда агрегат ҳолатларининг ўзгариши	86
1. Эриш ва қотиш	86
2. Буғланиш	89
3. Қайнаш ва конденсация	90
10- боб. Иссиқлик машиналари	93
11- боб. Атом тузилиши	95
12- боб. Ток кучи, кучланиш, қаршилик	99
1. Электр токи. Электр занжири	99
2. Ток кучи	102
3. Кучланиш	104
4. Ўтказгичларнинг қаршилиги	105
5. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни	108
6. Ўтказгичларни улаш	111
13- боб. Токнинг иши ва қуввати	115
1. Токнинг иши ва қуввати	116
2. Токнинг иссиқлик таъсири	118
14- боб. Электромагнит ҳодисалар	121
1. Токнинг магнит майдони. Электромагнитлар	121
2. Доимий магнитлар	124
3. Тоқли ўтказгичнинг магнит майдонидаги ҳаракати	125
15- боб. Кинематиканинг асосий тушунчалари	129
1. Саноқ системаси. Механикавий ҳаракатнинг нисбийлиги. Кўчишларни қўшиш	129
2. Тезлик. Тезликларни қўшиш	132
16- боб. Нотекис ҳаракат	136
1. Ўртача ва оний тезлик	136
2. Тезланиш	139
3. Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезлик	141
4. Текис ўзгарувчан ҳаракатда кўчиш ва йўл	145
5. Айлана бўйлаб ҳаракат	151
17- боб. Ҳаракат қонунлари	154
1. Ньютоннинг биринчи қонуни (Инерция қонуни)	154

8- сиф

2. Импульс (ҳаракат миқдори) нинг сақла- ниш қонуни	156
3. Ньютоннинг иккинчи қонуни	161
4. Ньютоннинг учинчи қонуни	164
18- боб. Табиатдаги кучлар	166
1. Гравитацион кучлар	167
2. Эластиклик кучлари	168
3. Ишқаланиш кучлари	169
19- боб. Жисмларнинг мувозанати (ста- тика)	172
1. Кучларни қўшиш ва ажратиш	172
2. Куч моменти. Айланиш ўқиға эға бўл- ган жисмларнинг мувозанати	178
3. Оғирлик маркази. Мувозанат турлари. Жисмларнинг турғунлиғи	181
20- боб. Ньютон ҳаракат қонунларининг қўлланиши	186
1. Ўзгармас куч таъсири остидаги тўғри чиқиқли ҳаракат	187
2. Горизонтал ва горизонтга бурчак ости- да отилган жисмнинг ҳаракати	195
3. Айлана бўйлаб ҳаракат	199
4. Планеталар ва сунъий йўлдошларнинг ҳаракати	205
21- боб. Иш ва энергия	209
1. Иш ва қувват	209
2. Механикавий энергия	214
3. Суюқликлар ва газларнинг ҳаракати	223
22- боб. Газлар кинетик назариясининг асослари	230
1. Молекуляр-кинетик назария асослари	230
2. Газларнинг хоссалари	237
23- боб. Идеал газнинг ички энергияси	245
1. Ички энергиянинг ўзгариши	245
2. Газнинг кенгайишида бажарган иши	246
24- боб. Бугларнинг хоссалари	249
1. Суюқлик билан буг орасидаги муво- занат	249
2. Қайнаш	252
3. Газларни суюлтириш. Модданинг кри- тик ҳолати	253
4. Намлик	255
25- боб. Суюқлик ва қаттиқ жисмлар- нинг хоссалари	256
1. Сирт қатлам хоссалари	257
2. Ҳўллаш ва ҳўлламаслик. Эғри сирт ос- тидаги босим, капилляр ҳодисалар	263
3. Қаттиқ жисмларнинг хоссалари	267
4. Суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг иссиқ- ликдан кенгайиши	271
26- боб. Электр майдони	274
1. Кулон қонуни	274
2. Электр майдонининг кучланганлиғи	281

3. Электр майдонининг потенциалли	285
4. Электр сизим	288
27- боб. Занжирнинг электр токи. Ўзгармас ток қонуни	294
1. Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни	294
2. Ўтказгичларни улаш	297
3. Ёутун занжирга оид Ом қонуни	304
4. Токнинг иши, қуввати ва иссиқлик таъсири	309
5. Термоток	314
28- боб. Электромагнетизм	315
1. Токнинг магнит майдоши	316
2. Электромагнитик индукция	323
29- боб. Электроника асослари	329
1. Вакуумда электр токи	330
2. Электродитларда электр токи	337
3. Газларда электр токи	341
4. Ярим ўтказгичларнинг электр хоссалари	342
30- боб. Механик тебранишлар ва тўлқинлар. Товуш	345
1. Гармоник тебранишлар	345
2. Математик маятникнинг тебраниши	349
3. Эластик тебранишлар. Тебранма ҳаракатда энергиянинг бир турдан бошқа турга айланиши	353
4. Фаза силжиши. Тебранишларни қўшиш	357
5. Тебранишларнинг эластик муҳида тарқалиши. Тўлқинлар	362
6. Тўлқинлар интерференцияси ва дифракцияси	363
7. Инфратовуш ва ультратовуш	371
31- боб. Ўзгарувчан ток	373
32- боб. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар	380
33- боб. Ёруғликнинг тўлқин хоссалари	384
1. Ёруғлик тезлиги	384
2. Ёруғлик интерференцияси ва дифракцияси	387
34- боб. Геометрик оптика	392
1. Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши	392
2. Ёруғликнинг қайташи	395
3. Ёруғликнинг сийиши	405
4. Линзалар	416
5. Оптик асбоблар	424
35- боб. Нурланиш ва спектрлар	434
1. Дисперсия ҳолисаси ва спектрлар	437
2. Фотометрия ва ёритилганлик қонунилари	440
36- боб. Ёруғликнинг таъсири. Ёруғлик квантлари	445
1. Ёруғлик квантлари	446
2. Фотоэффект	448
37- боб. Нисбийлик назарияси асослари	449
38- боб. Атом ядроси физикаси	455
Адабиёт	461



u 292

С. Е. КАМЕНЕЦКИЙ,
В. П. ОРЕХОВ

ЎРТА МАКТАБДА
ФИЗИКАДАН
МАСАЛАЛАР ЕЧИШ
МЕТОДИКАСИ

Ўқитувчилар учун қўлланма

„ЎҚИТУВЧИ“ НАШРИЁТИ
ТОШКЕНТ — 1976