

«O'zbekiston temir yo'llari» AJ
Toshkent temir yo'l muhandislari instituti

B.A. Mirsalixov, M.Yu. Mansurova

**MEXANIKA, MOLEKULYAR FIZIKA VA
ELEKTR DINAMIKA**

barcha texnika ta'lim yo'nalishlari 1-bosqich bakalavriat
talabalari va professor-o'qituvchilar uchun
amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir
uslubiy qo'llanma

1-qism

Toshkent – 2015

UDK 53

Mexanika, molekulyar fizika va elektr dinamika. Uslubiy qo'llanma. 1-qism. **B.A. Mirsalixov, M.Yu. Mansurova.** ToshTYMI, T.: 2015 y., 90 bet

Ushbu uslubiy qo'llanma texnika yo'nalishidagi bakalavriat talabalari uchun tayyorlangan.

Uslubiy qo'llanma instituti O'quv-uslubiy komissiyasi qarori bilan nashrga tavsiya etilgan.

Taqrizchilar: X.X.Tojiboyeva – dots., p.f.n. (TDPU)
B.M.Saidov – f.-m.f.n.

Kirish

Fizika qonunlarini bilish – nafaqat ularni ta’riflash, balki ularni aniq masalalarni yechishga tatbiq qilishni bilmoq demakdir. Masala yechishni bilish, talabalarga mustaqil ijodiy ishlashga yordam beradi, o’rganilayotgan hodisani tahlil qilishga o’rgatadi, ularni keltirib chiqargan sabablarni ajratib olishga imkon beradi.

Mustaqil ravishda masala yechish eng ko’p foyda keltiradigan jarayon bo’lib, mazkur uslubiy qo’llanma buni amalga oshirishga qaratilgan. U umumiy fizika kursi dasturi asosida tuzilgan bo’lib, birinchi semestrda yechish uchun ajratilgan masalalarni va metodik ko’rsatmalarni o’z ichiga oladi.

Har bir mavzu oldidan masala yechish bo’yicha qisqacha nazariy ma’lumotlar va uslubiy ko’rsatmalar hamda tavsiyalar berilgan, har bir mavzu ichida masalalarni turli tiplarga bo’linishi bilan ularni yechish misollari ko’rilgan.

Masalalarni tushungan holda yechish faqat shunga tegishli nazariy materialni to’liq o’zlashtirgan holdagina mumkindir. Buning uchun har bir mavzu bo’yicha darsga tayyorlanishda mavzu muammolarini yaxshi tushunishda va ularni to’g’ri talqin qilishda talabalarning e’tiborini jalb qilishga qaratilgan masalalar tanlangan.

Ushbu qo’llanmadan foydalangan holda talaba:

1. Nazariy materiallar va ko’rsatilgan adabiyot yordamida berilgan bo’limni sinchiklab o’rganishi kerak.
2. O’qib o’rganilgan nazariyaga, uslubiy ko’rsatma va misollarga tayangan holda o’qituvchi tomonidan ko’rsatilgan masalalar bo’yicha uy vazifasini mustaqil bajarishi kerak.
3. Shu bilan uyga berilgan masalalarga nisbatan murakkabroq masalalarni auditoriyada yechishda talabalarni faol va ijodkor ishga tayorlashi lozim.

Masalalarni yechishda quyidagi qoidalarga amal qilish maqsadga muvofiq bo’ladi:

1. Eng avvalo, masalani sinchiklab o’qib, uning mazmunini tushunib olish zarur. Zarur hollarda uni tushuntiruvchi rasm chizish kerak.
2. Masalani tahlil qilib, qanday ob’yektlar yoki jarayonlar haqida so’z ketayo’tganligini, qanday kattaliklar ularni aniqlayotganligini, ko’rilayotgan hodisalar qanday fizik qonuniyatlarga bo’ysunishini aniqlash kerak.
3. Masalani yechishda optimal metodni tanlab olish kerak.

4. Avval masalani umumiy ko‘rinishda yechib, bunda qidirilayo‘tgan kattalik masalada berilgan kattaliklar orqali ifodalanishi kerak.
5. Berilgan kattalaiklarni son qiymatlari bir sistemada – SI sistemasida qo‘yilishi kerak.
6. Masala yechishning oxirida o‘lchov birligining mosligi tekshirilishi zarur.
7. Uy vazifasini tayyorlashda, ishlatilayotgan qonunlar va formulalar qisqa, ammo batafsil tushuntirilishi kerak.
8. Olingan javobning son qiymati to‘g‘ri ekanligini baholang.

1-§. MEXANIKA

Asosiy formulalar

To'g'ri chiziqli tekis harakat:

$$\mathcal{G} = \frac{S}{t}; \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$S_x = \mathcal{G}_x t = x - x_0; S = \mathcal{G} t; x = x_0 + \mathcal{G}_x t$$

bu yerda: t – harakat vaqti;

S – t vaqt davomidagi ko'chish;

\mathcal{G} – tezlik;

S_x va \mathcal{G}_x – ko'chishning va tezlikning x o'qidagi proyeksiyalari;

x_0 – harakatlanayotgan nuqtaning boshlang'ich ($t=0$) paytdagi, x esa oxirgi (t) paytdagi koordinatalari.

Notekis harakat:

$$\mathcal{G} = \frac{S}{t}; (\mathcal{G}_{o'rt})_x = \frac{S_x}{t} = \frac{x - x_0}{t}$$

Tekis tezlanuvchan harakat ($a=const$):

$$a = \frac{\mathcal{G} - \mathcal{G}_0}{t}, \quad \mathcal{G}_{o'rt} = \frac{\mathcal{G}_0 + \mathcal{G}}{2}, \quad S = \mathcal{G}_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

Aylana bo'ylab tekis harakat ($\mathcal{G}=const$)

$$T = \frac{t}{N} = \frac{l}{v}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu, \quad \mathcal{G} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi\nu R$$

$$a = \omega\mathcal{G} = \omega^2 R = \frac{\mathcal{G}^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 \nu^2 R$$

bu yerda: N – t vaqtdagi aylanishlar soni;

T – aylanishlar davri;

ν – aylanishlar chastotasi;

ω – burchakli tezlik;

\mathcal{G} – chiziqli tezlik;

R – aylananing radiusi;

a – markazga intilma tezlanish moduli.

Aylana bo'ylab notekis harakat

Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda burilish burchagining vaqtga bog'lanish tenglamasi:

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$$

bu yerda ω , ω_0 – boshlang‘ich va oxirgi burchak tezliklar.

$$\text{Egri chizikli harakatdagi burchakli tezlik: } \omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

$$\text{Burchak tezlanish: } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

$$\text{Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat uchun: } \varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}, \quad \omega = \omega_0 + \varepsilon t.$$

$$\text{Tangensial yoki urinma tezlanish: } a_t = \frac{d\mathcal{G}}{dt}, \quad a_t = \varepsilon R.$$

$$\text{Normal yoki markazga intiluvchan tezlanish: } a_n = a_{mi} = \frac{\mathcal{G}^2}{R}.$$

$$\text{To‘la tezlanish: } a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}.$$

Jismning vertikal bo‘ylab harakati

Jism yuqoridan pastga harakatlenganda balandlik va tezlik formulalari quyidagicha: $h = \mathcal{G}_0 t + \frac{gt^2}{2}$, $\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 + gt$.

Pastdan yuqoriga harakatlenganda esa quyidagicha bo‘ladi:

$$h = \mathcal{G}_0 t - \frac{gt^2}{2}, \quad \mathcal{G} = \mathcal{G}_0 - gt.$$

bu yerda $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – erkin tushish tezlanishi, $h = \frac{\mathcal{G}^2 - \mathcal{G}_0^2}{2g}$.

Gorizontaal otilgan jism harakati

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad l = \mathcal{G}_0 t$$

Jismning har qanday balandlikdagi va vaqtdagi tezligi quyidagicha bo‘ladi: $\mathcal{G} = \sqrt{\mathcal{G}_0^2 + 2gh} = \sqrt{\mathcal{G}_0^2 + g^2 t^2}$.

Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati

$$t = \frac{2\mathcal{G}_0 \sin \alpha}{g} \text{ – uchish vaqti;}$$

$$s = \frac{\mathcal{G}_0^2 \sin 2\alpha}{g} \text{ – maksimal uchish uzoqligi;}$$

$$h = \frac{\mathcal{G}_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \text{ – maksimal ko‘tarilish balandligi.}$$

Nyutonning ikkinchi qonuni (ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy qonuni):

$$F = ma$$

bu yerda a - m massali jismning F kuch ta'siri ostida olgan tezlanishi.

Nyutonning uchinchi qonuni:

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$

bu yerda: \vec{F}_2 – birinchi jism tomonidan ikkinchi jismga ta'sir etuvchi kuch;

\vec{F}_1 – ikkinchi jism tomonidan birinchi jismga ta'sir etuvchi kuch.

Guk qonuni:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$\sigma = \frac{F}{S}$ – mexanik kuchlanish, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ – nisbiy uzayish,

$k = \frac{ES}{l}$ – jism birligi, $(F_{el})_x = -kx$, $F_{el} = k \Delta l$

bu yerda: F_{el} va $(F_{el})_x$ – elastiklik kuchining moduli va proyeksiyasi;

k – jismning bikrligi;

Δl – jismning mutlaq deformatsiyasi (cho'zilishi yoki siqilishi);

x – jismning tashqi kuch qo'yilgan nuqtasi koordinatasining o'zgarishi.

Butun olam tortishish qonuni:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

bu yerda: F – oralaridagi masofa R ga teng bo'lgan m_1 va m_2 massali moddiy nuqtalarning tortishish kuchi;

$G = 6,6720 \cdot 10^{-11}$ – butun olam tortishish doimiysi (gravitatsiya doimiysi), $N \cdot m^2 / kg^2$.

Erkin tushish tezlanishi:

a) sayyora sirtidan ($h=0$) $g = G \frac{M}{R^2}$;

b) h balandlikda $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$.

bu yerda: M – sayyoraning massasi;

R – sayyoraning radiusi.

Jismning og'irlik kuchi

$$P = mg$$

bu yerda g – erkin tushish tezlanishi.

Ishqalanish kuchi (sirpanish ishqalanish va tinchlikdagi ishqalanish kuchlarining eng katta qiymati):

$$F_{ishq} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

bu yerda: N – tayanchning reaksiya kuchi;
 μ – ishqalanish koeffitsiyenti.

Dumalashdagi ishqalanish:

$$F = \mu \frac{N}{R},$$

bu yerda R – dumalayotgan jism radiusi.

Birinchi kosmik tezlik:

$$g_1 = \sqrt{gR_{yer}} = 7,9 \frac{km}{s}$$

Ikkinchi kosmik tezlik:

$$g_2 = \sqrt{2gR_{yer}} = 11,2 \frac{km}{s}$$

Kepler qonuni:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}.$$

Sayyora sirtidan h balandlikda doiraviy orbita bo‘ylab aylanayotgan yo‘ldoshning tezligi:

$$g_1 = \sqrt{G \frac{M}{R+h}} = \sqrt{g_h (R+h)} = R \sqrt{\frac{g}{R+h}} = g_1 \sqrt{\frac{R}{R+h}}.$$

Tormozlanish masofasi – L va tormozlanish vaqti – t :

$$L = \frac{m g_0^2}{2 F_{ishq}} = \frac{g_0^2}{2 \mu \cdot g}; \quad t = \frac{m g_0}{F_{ishq}} = \frac{g_0}{\mu \cdot g}.$$

Tebranishlar chastotasi – ν va davri – T :

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}; \quad \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T};$$

bu yerda ω – doiraviy (siklik) chastota.

Garmonik tebranishlar:

a) nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishi:

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0); \quad \text{yoki} \quad x = x_0 \cos(\omega t + \varphi_0);$$

b) nuqta tezligining proyeksiyasi: $v_x = \frac{dx}{dt} = -x_0 \omega \sin(\omega t + \varphi_0);$

c) nuqta tezlanishining proyeksiyasi: $a_x = \frac{dv_x}{dt} = -x_0 \omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x.$

bu yerda: x_0 – amplituda (eng katta siljish);

t – vaqt;

φ_0 – boshlang‘ich faza.

Mamavzutik mayatnikning tebranish davri va chastotasi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad v = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

bu yerda: l – mayatnikning uzunligi;
 g – erkin tushish tezlanishi.

Prujinali mayatnikning tebranish davri va chastotasi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad v = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

bu yerda: m – mayatnikning massasi;
 k – prujinaning bikrligi (prujina massaga ega emas deb faraz qilinadi).

Matematik mayatnikning soʻnish logarifmik dekrementi:

$$\chi = \delta \cdot T$$

bu yerda: $\delta = r/2m$ – soʻnish koeffitsiyenti;
 r – ishqalanish koeffitsiyenti.

Ilgarilanma harakat qilib, garmonik tebranayotgan jismning toʻliq mexanik energiyasi:

$$W = \frac{m}{2} x_0^2 \omega^2.$$

Toʻlqin uzunligi – λ , chastotasi – ν , tebranish davri – T va tarqalish tezligi – \mathcal{G} lar orasidagi bogʻlanish:

$$\lambda = \mathcal{G}T, \quad \nu = \frac{\mathcal{G}}{\lambda}, \quad \mathcal{G} = \lambda\nu = \frac{\lambda}{T}$$

Yassi toʻlqin tenglamasi: $x = x_0 \sin \omega \left(t - \frac{y}{\mathcal{G}} \right)$.

Markazga intilma kuch: $F_{mi} = ma_{mi} = m \frac{\mathcal{G}^2}{R}$.

Moddiy nuqtaning biror aylanish oʻqiga nisbatan inersiya momenti: $J = mr^2$.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni: $Mdt = d(I\omega)$.

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi: $W_k = \frac{J\omega^2}{2}$.

Aylanma harakatda bajarilgan ish:

$$A = M\varphi = \frac{J\omega_2^2}{2} - \frac{J\omega_1^2}{2}.$$

Impuls. Jism impulsining oʻzgarishi:

$$P = m\mathcal{G}, \quad m\mathcal{G} - m\mathcal{G}_0 = Ft.$$

Impulsning saqlanish qonuni:

$$m_1 \vec{\mathcal{G}}_1 + m_2 \vec{\mathcal{G}}_2 = m_1 \vec{\mathcal{G}}_1^i + m_2 \vec{\mathcal{G}}_2^i.$$

Mexanik ish:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

bu yerda: F – jismga ta'sir etuvchi kuchning moduli;

s – to'g'ri chiziqli ko'chishning moduli;

α – kuch va ko'chish orasidagi burchak.

Quvvat:

$$N = A/t = F \cdot g \cdot \cos\alpha$$

bu yerda: t – A ish bajarishda sarflangan vaqt;

F – ish bajarayotgan kuchning moduli;

g – kuch qo'yilgan nuqta tezligi;

α – kuch va tezlik orasidagi burchak;

m – massali va g – tezlikli jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{m g^2}{2}$$

Potensial energiya:

a) $E_p = mgh$, $h \ll R$ balandlikdagi m massali jism uchun;

b) $E_p = kx^2 / 2$ – mutlaq deformatsiyasi x ga, bikrligi esa k ga teng bo'lgan jismning elastik deformatsiya potensial energiyasi.

Jism yoki jismlar sistemasining potensial energiyasi ΔE_p ga o'zgargan vaqtda bajarilgan ish:

$$A = -\Delta E_p, \quad A = \frac{kx^2}{2}$$

Kinetik energiya haqidagi teorema:

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = A$$

Mexanik jarayonlarda energiyaning saqlanish qonuni:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

Har qanday balandlikdagi jism tezligi:

$$g = \sqrt{2g(h_{\max} - h)}$$

Mexanizmlarning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{A_f}{A_s}, \quad \eta = \frac{N_f}{N_s}, \quad \eta = \frac{W_f}{W_s}$$

1-mavzu. Ilgarilanma harakat kinematikasi va dinamikasi

Masalalar yechishga oid uslubiy ko'rsatmalar

1. Kinematikaga oid masalalarda harakat qonunini, ya'ni birorta sistemada jism koordinatasini vaqt funksiyasi sifatida aniqlab, bu harakat qo-

nunini harakatning boshqa kinematik xarakteristikalarini (tezlik va tezlanish) bilan bog'lash zarur.

2. Egri chiziqli harakatga oid masala yechishda bu harakat doimo tezlanuvchan ekanligini esda saqlash kerak, chunki tezlik vektorining moduli o'zgarmagan holda ham, uning yo'nalishi o'zgaradi.

Egri chiziqli trayektoriyali haraktni hisoblashda ikki o'qli to'rt burchakli kordinatalar sistemasidan foydalanish qulaydir. Bunda o'qlarning birini tezlanishga parallel ravishda, ikkinchisini esa unga perpendikulyar ravishda yo'naltiriladi.

3. Dinamik masalalarda ko'rilayotgan sistemadagi har bir jismning qanday o'zaro ta'sirlarda qatnashayotganligini aniqlash, ya'ni kuchlarning tabiatini, kattaligi va yo'nalishini e'tiborga olish kerak.

Har bir jism uchun harakat tenglamasini alohida yozish kerak. Nyuton qonunlarining vektor ko'rinishdagi tezlanish va ta'sir etuvchi kuchlarning koordinatalar o'qlariga proyeksiyalarini bog'lovchi skalyar tengliklarga o'tish zarur.

Masala yechish namunalari

1-masala. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat qonuni $x=A+Bt+Ct^2$ ko'rinishga ega, bu yerda, $A=4\text{m}$, $B=2\text{m/s}$, $C=-0.5\text{ m/s}^2$. Vaqtning $t_1=2\text{s}$ momenti uchun oniy tezligi v_1 va oniy tezlanish a_1 topilsin.

Yechish.

a) Harakat qonunini bilgan holda, koordinata x ning vaqt bo'yicha differensiallab, vaqtni istalgan momenti uchun oniy tezligini aniqlash mumkin:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Bu holda vaqtning berilgan momenti t_1 da oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$v_1 = B + 3Ct_1^2.$$

Bu ifodaga B , S , t_1 larni qo'yib, hisoblab topamiz:

$$v_1 = 2 + 3 \cdot (-0.5) \cdot 4 = -4 \text{ m/s}.$$

Manfiy ishora vaqtning $t_1=2$ momentida nuqta x o'qini manfiy yo'nalishi bo'ylab harakatlanayotganini ko'rsatadi.

b) Vaqtning istalgan momentidagi oniy tezlanishni x koordinatadan vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli hosila olib topish mumkin:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = 6Ct.$$

Vaqtning t_1 momentidagi oniy tezlanish

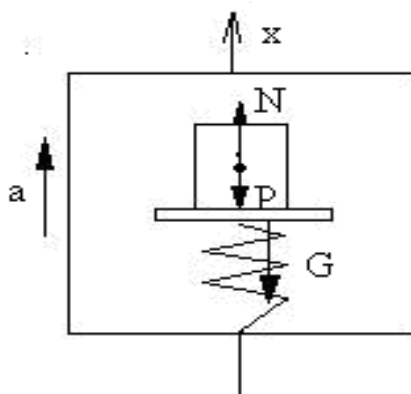
$$a_1 = 6Ct_1$$

ga teng. Bu ifodaga C va t_1 larni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$a_1 = 6 \cdot (-0.5) \cdot 2 = -6 \text{ m/s}^2.$$

Manfiy ishora tezlanish vektorini yo'nalishi koordinata o'qining manfiy yonalishi bilan mos kelishini ko'rsatadi.

2-masala. Liftda, prujinali tarozida $m = 10 \text{ kg}$ massali jism joylashgan. Lift $a = 2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar liftning tezlanishi vertikal yuqori tomon yo'nalgan bo'lsa, tarozini ko'rsatishini aniqlang.



1-rasm

Yechish. Tarozining ko'rsatishini topmoq – bu jism og'irligi \vec{G} ni topish demakdir, ya'ni jismni prujinaga ta'sir etuvchi kuchini aniqlash kerak (1-rasm). Lekin bu kuch Nyutonning uchinchi qonuniga binoan elastiklik kuchi (tayanchni reaksiya kuchi) \vec{N} ga absolyut qiymati jihatidan teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan, yani $G = -N$ yoki $G = N$. Demak, tarozini ko'rsatishni aniqlash masalasi bu tayanch reaksiyasi kuchi N ni aniqlash demakdir.

Jismga ikkita kuch ta'sir etadi: og'irlik kuchi \vec{P} va tayanchining reaksiya kuchi \vec{N} . Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasi quyidagicha yoziladi:

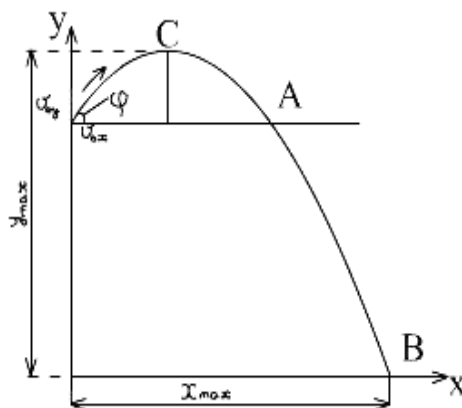
$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{N}.$$

x o'qini vertikal yo'naltirib, unga jismga ta'sir etayotgan hamma kuchlarni proyeksiyalaymiz. Jismga ta'sir etuvchi ikki kuch ham x o'qiga parallel bo'lgani sababli, ularni kattaligi bilan ularni proyeksiyalari kattaligi bir-biriga tengdir. Proyeksiyalarning ishorasini e'tiborga olgan holda skalyar tenglama quyidagicha yoziladi: $ma = N - P$, bundan $N = P + ma = m(g + a)$. $G = N$ bo'lgani uchun, $G = m(g + a)$.

Bu ifodaga m , g , a larni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

3-masala. Jism 12 m balandlikdan gorizontga 30° burchak ostida 12 m/s boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga otilgan. Jismni ko'tarilgan maksimal balandligini, jismni uchgan masofasini toping. Havо qarshiligi e'tiborga olinmasin. Ber.: $N = 12 \text{ m}$; $\varphi = 30^\circ$; $v_0 = 12 \text{ m/s}$.

$$t_A - ? \quad t_B - ? \quad N_{\text{maks}} = y_{\text{maks}} - ? \quad x_{\text{maks}} - ?$$



2-rasm

Yechish. 2-rasmda ko'rsatilgan koordinatalar sistemasida tezlikni tashkil etuvchilari

$$v_x = v_0 \cos \varphi, \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi - gt, \quad (2)$$

jismning koordinatalari vaqt o'tishi bilan tekis o'zgaruvchan harakat tenglamasiga binoan o'zgaradi:

$$y = H + v_0 t \sin \varphi - gt^2 / 2, \quad (3)$$

$$x = v_0 t \cos \varphi. \quad (4)$$

Eng yuqori nuqtada jismning tezligi $v_y=0$ shartidan uning ko'tarilish vaqtini aniqlash mumkin (2) dan:

$$t_n = v_0 \frac{\sin \varphi}{g}. \quad (5)$$

Jismni C nuqtadan A nuqttagacha tushish vaqti uning 0 nuqtadan C nuqttagacha ko'tarilish vaqtiga teng bo'ladi. Shu sababli jismni 0 nuqtadan A nuqttagacha uchishga ketgan vaqt

$$t_A = 2t_n = 2v_0 \frac{\sin \varphi}{g}. \quad (6)$$

(5) tenglamadan ko'tarilish vaqtini (3) tenglamaga qo'yib, undan maksimal balandlikni aniqlash mumkin:

$$y_{\max} = H + v_0^2 \frac{\sin^2 \varphi}{2g}. \quad (7)$$

(3) tenglamadan y koordinatasini nolga tenglab ($y = 0$), jismning B nuqtagacha uchish vaqtini topish mumkin:

$$t_B = \frac{v_0 \sin \varphi}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \varphi}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}. \quad (8)$$

(8) tenglamadan harakat vaqtini (4) ifodaga qo'yib, undan uchish masofasini aniqlaymiz:

$$x_{\max} = v_0 \cos \varphi \cdot t_B,$$

shunday qilib

$$t_A = \frac{2 \cdot 12 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 1.22 \text{ s},$$

$$t_B = \frac{12 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} + \sqrt{\frac{(12 \cdot 0.5)^2}{(9.81)^2} + \frac{2 \cdot 12}{9.81}} = 2.29 \text{ s},$$

$$y_{\max} = 12 + \frac{12^2 \cdot 0.5^2}{2 \cdot 9.81} = 13.84 \text{ m},$$

$$x_{\max} = 12 \cdot 0.867 \cdot 2.29 = 23.8 \text{ m}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Jism yo'lining to'rtidan uch qismini $v_1=60$ km/soat tezlik bilan, yo'lining qolgan qismini esa $v_2 = 80$ km/soat tezlik bilan bosib o'tdi. Harakatning o'rtacha tezligini toping.
2. Jism yo'lining birinchi yarmini $t_1=2$ s, ikkinchi yarmini esa $t_2=8$ s da bosib o'tdi. Agar bosib o'tilgan yo'ning hammasi $s = 20$ m bo'lsa, harakatning o'rtacha tezligi topilsin.
3. Jismning to'g'ri chiziqli harakati $s = C-3t+2t^2$ tenglama bilan ifodalanadi. Jismning $t_1=1$ s dan $t_2=4$ s gacha bo'lgan vaqt intervalida o'rtacha tezlik topilsin.
4. Nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanganda uning koordinatalari $x=9t+0.09t^3$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Nuqta harakatining 5 s dagi o'rtacha tezligi topilsin.

5. Jism bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'liqligi $s = 3 + 2t + t^2$ tenglama bo'yicha berilgan. Harakatning 3 soniyadagi o'rtacha tezligini aniqlang.
6. Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati $x = 2t + 0.5t^2$ tenglama asosida yuz beradi. Nuqtaning harakatini 1-soniyadan 3-soniyagacha bo'lgan vaqt intervalida o'rtacha tezligi topilsin.
7. τ vaqt ichida jismning tezligi $v = at^2 + bt(0 \leq t \leq \tau)$ qonun bo'yicha o'zgargan. τ vaqt oralig'ida jismning o'rtacha tezligi qanday?
8. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati $x = 6t + 0.126t^3$ tenglama bilan ifodalanadi. Jismning 2-soniyadan 6-soniyagacha bo'lgan vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligini toping.
9. Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat tenglamasi $x = -1 + 3t^2 - 2t$ ko'rinishda. Nuqta to'xtaguncha ketgan vaqt ichidagi o'rtacha tezlikni toping.
10. Nuqta 15 s davomida $v_1 = 5$ m/s tezlik bilan, 10 s davomida 8 m/s tezlik bilan va 6 s davomida 20 m/s tezlik bilan harakatlandi. Nuqtaning o'rtacha harakat tezligi qanday?
11. Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatida uning koordinatasi $x = 9t + 0.09t^3$ qonuni bilan o'zgaradi. Harakatning birinchi 4 s davomidagi o'rtacha tezlanishi topilsin.
12. Jism balkondan 10 m/s tezlik bilan vertikal ravishda yuqoriga otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi 12.5 m jismni harakat tenglamasini yozing va uning otilgan momentdan to yerga tushgunga qadar o'rtacha tezligini toping.
13. Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi $x = 3t + 0.06t^3$ ko'rinishga ega. Harakatning birinchi 3 s davomidagi o'rtacha tezlik va tezlanishni toping.
14. Jism to'g'ri chiziq bo'ylab $s = 6 - 3t + 2t^3$ tenglama asosida harakat qiladi. Jism harakatining 1-soniyadan 4-soniyagacha o'rtacha tezlanishini toping.
15. Bir joydan ikki nuqta bir yo'nalishda tekis tezlanuvchan harakat boshladi. Ikkinchi nuqta o'z harakatini birinchiga qaraganda 2 s kech boshladi. Birinchi nuqta 1 m/s boshlang'ich tezlik bilan va 2 m/s² tezlanish bilan, ikkinchi nuqta esa 10 m/s boshlang'ich tezlik va 1 m/s² tezlanish bilan harakat qilmoqdalar. Qancha vaqtdan so'ng ikkinchi nuqta bi-rinчисiga yetib oladi?
16. Bir vaqtning o'zida, bir nuqtadan ikkita jism bir yo'nalishda harakat boshladilar. Biri 980 m/s tezlik bilan tekis, ikkinchisi esa boshlang'ich tezliksiz 9.8 m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Qancha vaqtdan so'ng ikkinchi jism birinчисiga yetib oladi?

17. A jism v_0 boshlang'ich tezlik bilan harakat boshlab, a_1 tezlanish bilan harakatlanmoqda. A jism bilan bir vaqtning o'zida V jism ham v_0 boshlang'ich tezlik bilan va a_2 manfiy tezlanish bilan harakat boshlaydi. Harakat boshlanishidan qancha vaqtdan so'ng ikkala jism ham bir xil tezlikka erishdi?
18. Bir punktdan, bir vaqtning o'zida, bir xil yo'nalishga to'g'ri chiziq bo'ylab ikki avtomashina harakat boshlaydi. Avtomobillarni vaqtga bog'liq ravishda bosib o'tgan yo'llari $S_1 = at + bt^2$ va $S_2 = ct + dt^2 + rt^3$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Avtomobillarning nisbiy tezliklari topilsin.
19. Jismning to'g'ri chizikli harakat tezligini vaqtga bog'liqligi $v = 2 - 6t + 12t^2$ tenglama bilan berilgan. Agar boshlang'ich momentda koordinatalar boshida bo'lgan bo'lsa, jism bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi topilsin.
20. Jism bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi $S = 2t - 3t^2 + 4t^3$ tenglama bilan berilgan. Tezlikni vaqtga bog'liqligi va harakat boshlangandan so'ng 2 s o'tgach uning qiymati aniqlansin.
21. Moddiy nuqtaning tezligini vaqtga bog'liqligi $v = 6t$ tenglama bilan berilgan. Agar boshlang'ich momentda harakatlanuvchi nuqta koordinatlar boshida bo'lgan bo'lsa, $x = f(t)$ bog'lanishni yozing.
22. To'g'ri chizikli harakat $x = -1 + 3t^2 - 2t^3$ tenglama bilan ifodalanadi (SI birliklarda). Tezlik va tezlanish tenglamalari yozilsin.
23. Moddiy nuqtaning harakat qonuni $S = 2t + 0.04t^3$ ko'rinishga ega. Nuqtaning vaqtning boshlang'ich momentidagi tezligi va tezlanishi topilsin.
24. Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati $x = 2t - 0.5t^2$ tenglama bilan berilgan. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng nuqta to'xtaydi?
25. Jismning bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi $S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenglama bilan beriladi, bu yerda $S = 0.14 \text{ m/s}^2$ va $D = 0.01 \text{ m/s}^3$. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng jismning tezlanishi 1 m/s^2 ga teng bo'ladi?
26. Ikki moddiy nuqtalar harakati $x_1 = 20 + 2t - 4t^2$ va $x_2 = 2 + 2t + 0.5t^3$ tenglamalar bilan ifodalanadi (uzunlik – metrlarda, vaqt – soniyalarda). Vaqtning qanday momentida bu nuqtalarning tezliklari tenglashadi?
27. Liftning harakat tenglamasi $S = 15t + 2t^2$ ga asosan, uning tezligini vaqtga bog'lanishini toping.
28. Jismni to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qonuni $x = 8t - 2t^3$ tenglama bilan berilgan. Vaqtning qanday momentida jismning tezligi nolga tenglashadi?

29. Jismni to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qonuni $x = 2t - 3t^2 + 4t^3$ formula ko'rinishida yoziladi. Tezlanishni vaqtga bog'lanishi va uning harakat boshidan 2 s o'tgach qiymati topilsin.
30. Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati $x = 4t - 0.05t^2$ tenglama bilan berilgan. Vaqtni qanday momentida nuqta tezligi no'lga teng bo'ladi.
31. Moddiy nuqtaning harakati $x = 4t - 0.05t^2$ tenglama bilan berilgan. Nuqtaning tezligi no'lga teng bo'lgan momentda, uning koordinatasi topilsin.
32. Ikki moddiy nuqtalar $x_1 = 10 + 32t - 3t^2$ va $x_2 = 5 + 5t^2$ tenglamalar bilan harakatlanmoqda. Vaqtning qaysi momentida ularning tezligi tenglashadi?
33. Nuqtaning to'g'ri chizikli harakati $x = -1 + 3t^2 - 2t^3$ tenglama bilan ifodalanadi. Nuqta to'xtagunga qadar qancha harakat qiladi?
34. Ikki jismni to'g'ri chizikli harakati $x_1 = 4t + 8t^2 - 16t^3$ va $x_2 = 2t - 4t^2 + t^3$ tenglamalarga binoan bo'lmoqda. Vaqtning qanday momentida bu jismlarni tezlanishlari tenglashadi?
35. Ikki moddiy nuqtalarni tezliklari $v_1 = 2 + 4t$ va $v_2 = 2t + 2t^2$ qonun asosida o'zgaryapti. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng nuqtalarning tezlanishi tenglashadi?
36. Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi $x = 3t + 0.06t^3$ ko'rinishga ega. Harakat boshlangandan so'ng qanday vaqt oralig'ida nuqtaning o'rtacha tezlanishi 0.54 m/s^2 ga teng bo'ladi?
37. Jismni bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'lanishi $S = A + Bt + Ct^2 + -2Dt^3$ tenglama bilan berilgan, bu yerda $S=0.14 \text{ m/s}^2$ va $D=0.01 \text{ m/s}^2$. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng jismning tezlanishi 1 m/s^2 ga teng bo'ladi?
38. Nuqtaning to'g'ri chizikli harakati $S = 2t^3 - 10t^2 + 8$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning $t=4$ s momentidagi jismni tezlik va tezlanishi topilsin.
39. Jismning harakati $S = At^4 + Bt^2 + 72$ tenglama bilan ifodalanadi. Agar $A = 0.25 \text{ m/s}^4$ va $V = 3 \text{ m/s}^2$ bo'lsa, jismning maksimal tezligi topilsin.
40. Nuqta $x = 7 + 4t; y = 2 + 3t$ tenglamalar asosida harakatlanmoqda. Nuqtaning harakat tezligi qanday?
41. Nuqtaning to'g'ri chizikli harakati $S = 4t^4 + 2t^2 + 1$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning $t = 2$ s momentdagi nuqtani tezlik va tezlanishi hamda harakatning 2 s dagi o'rtacha tezligi topilsin.

42. Jismning bosib o'tgan yo'lini berilgan tenglamasi $S = 4 + 2t + 5t^2$ ga asosan birinchi 3 s dagi tezlikni vaqtga bog'lanishi grafigini chizing.
43. Nuqtaning egri chiziq bo'ylab harakati $x = t^3$ va $y = 2t$ tenglamalar bilan berilgan. Nuqta trayektoriyasining tenglamasi topilsin.
44. Moddiy nuqtaning harakati $y = 1 + 2t; x = 2 + t$ tenglamalar bilan berilgan. Trayektoriyaning $y = y(x)$ tenglamasi tuzilsin va trayektoriyani XOY tekislikda chizing. $t = 0$ dagi nuqtaning o'rni, yo'nalishi va harakat tezligi ko'rsatilsin.
45. Tosh $h = 1200$ m balandlikdan tushadi. O'z harakatining oxirgi soniyasida u qanday yo'l bosadi?
46. Jism $h = 45$ m balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tushadi. Yo'lining ikkinchi yarmidagi o'rtacha tezligini toping.
47. Jism biror balandlikdan $v_0 = 30$ m/s boshlang'ich tezlik bilan tik ravishda yuqoriga otilgan. $t = 10$ s o'tgach jismning koordinatasi h va tezligi v , hamda shu vaqt oraligida bosib o'tilgan yo'l topilsin.
48. Tik ravishda yuqoriga otilgan jism $h = 8.6$ m balandlikda $\Delta t = 3$ s vaqt oralab ikki marta bo'lgan. Havoning qarshiligini e'tiborga olmasdan, otilgan jismning boshlang'ich tezligi topilsin.
49. Jism balkondan tik ravishda $v_0 = 10$ m/s tezlik bilan otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi $h = 12.5$ m. Harakat tenglamasi yozilsin va otilgan momentdan to yerga yetgunga qadar o'rtacha yo'l tezligi aniqlansin.
50. Jism qiya tekislikdan ishqalanishsiz sirpanib tushadi. Agar jismning birinchi 0.5 s dagi o'rtacha tezligi 1.5 s dagidan 2.45 m/s ga kichik bo'lsa, tekislikni gorizontga qiyaligi topilsin.

2-mavzu. Qattiq jism harakati kinematikasi va dinamikasi

Masalalarni yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

Qattiq jismning aylanma harakat mexanikasi bo'yicha masalalar yechish metodikasi ilgarilanma harakat mexanikasi bo'yicha masalalar yechish metodikasidan prinsipial farq qilmaydi.

Jismning massalar markazi harakat dinamikasi uchun $\sum F_i = ma$ va aylanma harakat dinamikasi uchun $\sum M_i = I\beta$ asosiy tenglamalari – qattiq jism harakat tenglamalaridir. Ular qattiq jism tekis o'zgaruvchan harakat qilganda kuch va tezlanishni hisoblashda qo'llaniladi. Harakat tenglamasi sistemaning har bir jisimi uchun alohida tuziladi.

Masala yechish namunalari

1-masala. Radiusi $R=20$ sm bo'lgan disk $\varphi = A + Bt + Ct^3$ tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda $B=-1 \text{ s}^{-1}$, $C=0.1 \text{ s}^{-3}$. Disk aylanasi nuqtalarining vaqtni $t=10$ s momentidagi normal, tangensial va to'liq tezlanishlarini aniqlang.

Yechish. Aylana bo'ylab aylanayotgan nuqtaning to'liq tezlanishini aylana markazi tomon yo'nalgan normal tezlanish a_n va unga urinma ravishda yo'nalgan tangensial tezlanish a_τ larning vektor yig'indisi sifatida aniqlash mumkin $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, yoki skalyar ko'rinishda

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} . \quad (1)$$

Tangensial tezlanish burchakli tezlanish bilan quyidagi munosabat asosida bog'langan $a_\tau = \beta R$, shuningdek $a_n = \omega^2 R$ bo'lgani sababli (1)-tenglamani

$$a = \sqrt{\beta^2 R^2 + \omega^4 R^2} = R\sqrt{\beta^2 + \omega^4} \quad (2)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

a_n , a_τ , a larni aniqlash uchun ω va β larni bilish kerak; burchakli tezlik ω burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 3Ct^2 ,$$

β burchakli tezlanish esa burchakli tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir.

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = 6Ct .$$

Koeffitsiyentlar va vaqtning qiymatlarini qo'yib, burchakli tezlik va tezlanishlarni aniqlaymiz:

$$\omega = (-1 + 3 \cdot 0.1 \cdot 100) \text{ s}^{-1} = 29 \text{ s}^{-1} ,$$

$$\beta = (6 \cdot 0.1 \cdot 10) \text{ s}^{-2} = 6 \text{ s}^{-2} ,$$

$$a_\tau = \beta R = (6 \cdot 0.2) \text{ m/s}^2 = 1.2 \text{ m/s}^2 ,$$

$$a = 0.2 \sqrt{36 + 29^2} = 168 \text{ m/s}^2 .$$

2-masala. Gorizontal o'qqa radiusi R bo'lgan shkiv o'rnatilgan. Shkivga shnur o'rnatilgan bo'lib, uning bo'sh uchiga $m_1=2$ kg massali tosh osilgan. $M_2=10$ kg shkiv massasining gardish bo'ylab tekis taqsimlangan deb hisoblab toshni tushish tezlanishi a ni, shurning taranglik kuchi T ni va shkivning o'qqa ko'rsatadigan bosim kuchi N ni aniqlang.

Yechish. Shkiv inersiya markazining tezlanishi $a_0=0$ bo'lgani va shkiv

faqat aylanayotgani sababli harakat tenglamalari quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\text{a) } F_i = 0. \quad \text{b) } M_i = I\beta. \quad (1)$$

Shkivga og‘irlik kuchi mg , shnurning taranglik kuchi T va uning reaksiya kuchi N ta‘sir etadi. O‘qning reaksiya kuchi N son jihatdan shkivni o‘qqa ko‘rsatayotgan bosim kuchiga teng (Nyutonning uchinchi qonuniga binoan). N kuch vertikal ravishda yuqoriga yo‘nalgan, chunki faqat shu holdagina (1) tenglik bajarilishi mumkin. Skalyar ko‘rinishda u quyidagicha yoziladi:

$$mg + T - N = 0. \quad (2)$$

Shkivni aylantiruvchi taranglik kuchning momenti $M = T \cdot R$ formula yordamida aniqlanishi mumkin bo‘lgani uchun, (1b) tenglik quyidagi ko‘rinishga keladi (bunda $R =$ kuch yelkasi)

$$TR = I\beta. \quad (3)$$

Massasi gardish bo‘ylab taqsimlangan shkivni inersiya momenti

$$I = mR^2 \quad (4)$$

formula bilan aniqlangan.

Tushayotgan tosh uchun ham Nyutonning ikkinchi qonunini skalyar ko‘rinishda qo‘llaymiz:

$$m_1g - T = m_1a. \quad (5)$$

Toshning tezlanishi shkiv gardishidagi nuqtalarning chiziqli tezlanishiga teng bo‘lgani sababli

$$\beta = \frac{a}{R} \quad (6)$$

teng bo‘ladi. (2), (3), (5) tenglamalarga (4) va (6) ni qo‘yib, sistemasi hosil

$$\text{qilamiz: } \begin{cases} mg + T - N = 0 \\ m_1g - T = m_1a \\ TR = mR^2 \cdot \frac{a}{R} \end{cases}$$

Buni yechib, noma‘lum kattaliklarni topamiz:

$$a = \frac{m_1}{m_1 + m} g = 1.67 \text{ m/s}^2;$$

$$T = \frac{mm_1}{m_1 + m} g = 16.67 \text{ H};$$

$$N = \frac{m(m + 2m_1)}{m \cdot m_1} g = 116 \text{ H}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Radiusi 1 m bo‘lgan g‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini burilish burchagini vaqtga bog‘liq tenglamasi $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ ko‘rinish-

- ga ega. Uchinchi soniyaning oxirida to'liq tezlanish vektorini g'ildirak radiusi bilan hosil qiluvchi burchakni toping.
2. Radiusi 1 m bo'lgan g'ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini burilish burchagini vaqtga bog'liq tenglamasi $\varphi = 20 + 10t - 4t^2$ ko'rinishga ega. Harakat boshlanishidan 1 s o'tgach g'ildirak gardishidagi nuqtalarning to'liq tezlanishini aniqlang.
 3. Nuqtaning radiusi $R=4\text{m}$ aylana bo'ylab harakati $\varphi = 10 - 2t + t^2$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning $t=2$ s momentidagi nuqtani a_τ , normal a_n va to'liq tezlanishlarini toping.
 4. Radiusi 1 m bo'lgan g'ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini burilish burchagining vaqtga bog'liq tenglamasi $\varphi = 4t + 0.05t^2$ ko'rinishga ega. Harakat boshlanishidan to'rtinchi soniyani oxiridagi to'liq tezlanishni aniqlang.
 5. Aylanayotgan g'ildirakni burchakli tezlanishi $\varepsilon = 3.14 \text{ rad/s}^2$. Harakat tekis tezlanuvchan bo'lsa, harakat boshlanishidan so'ng o'n marta aylanganda u qanday burchakli tezlikka erishadi?
 6. Avtomobil egrilik radiusi $R=50$ m bo'lgan yo'lining burilishida harakatlanmoqda. Avtomobilning harakat tenglamasi $S = 10 + 10t - 0.5t^2$. Vaqtni $t = 5$ s momentdagi to'liq tezlanishini toping.
 7. G'ildirak shunday aylanmoqdaki, uning vaqtga bog'liq ravishda burilish burchagi $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, tenglama bilan beriladi, bunda $B=1 \text{ rad/s}$, $S = 1 \text{ rad/s}^2$ va $D = 1 \text{ rad/s}^3$. Agar harakatning ikkinchi soniyasi oxirida g'ildirak gardishida yotgan nuqtalarning normal tezlanishi $a_n = 3.45 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$ bo'lsa, g'ildirak radiusini toping.
 8. Qattiq jism qo'zg'almas o'q atrofida $\varphi = At - Bt^3$ qonun bo'yicha aylanmoqda, bunda $A = 6 \text{ rad/s}$, $B = 2 \text{ rad/s}^3$. $t = 0$ dan qattiq jism to'xtagunga qadar o'tgan vaqt oralig'idagi burchakli tezlik va burchakli tezlanishlarning o'rtacha qiymatlarini toping.
 9. Radiusi 1 m aylana bo'ylab $S = At + Bt^3$ qonun bo'yicha aylanayotgan nuqtaning tezligi v ni va to'liq tezlanishi a ni toping, bunda $A = 8 \text{ m/s}$, $B = -1 \text{ m/s}^2$. S – aylana bo'ylab boshlang'ich deb olingan nuqtadan o'lchangan egri chiziqli koordinatadir.
 10. Nuqta radiusi $R = 4\text{m}$ bo'lgan aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Uning harakatining qonuni $x = A + Bt^2$, bunda $A = 8 \text{ m}$, $B = -2 \text{ m/s}^2$. Vaqtni $t=1,5$ s momentdagi nuqtaning tezligini, tangensial va to'liq tezlanishlarini toping.
 11. Nuqta radiusi $R=2$ m aylana bo'ylab $\xi = At^3$ tenglama asosida harakatlanmoqda, bunda $A=2\text{m/s}^3$. Nuqtaning normal tezlanishi tangensial

tezlanishiga teng bo'lgan momentda uning to'liq tezlanishi a ni toping. ξ – aylana bo'ylab boshlang'ich nuqtadan o'lchangan egri chiziqli koordinatadir.

12. Radiusi $R=0,3$ m bo'lgan g'ildirak $\varphi = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda $A=1$ rad/s, $B=0.1$ rad/s³. Vaqtning $t=2$ s momentida g'ildirak aylanasidagi nuqtalarni to'liq tezlanishini aniqlang.
13. Radiusi $r=20$ sm bo'lgan disk $\varphi = At + Bt^2 + Ct^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda $A=3$ rad, $B = -1$ rad/s, $S =0.1$ rad/s³. Vaqtning $t=10$ s momenti uchun disk aylanasidagi nuqtalarni tangensial a_τ , normal a_n va to'liq tezlanishlarini aniqlang.
14. Radiusi 1 m bo'lgan g'ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini vaqtga bog'liq ravishda burilish burchagi $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ tenglama ko'rinishda. G'ildirak gardishidagi nuqtalar uchun uchinchi soniya oxiridagi to'liq tezlanishi topilsin.
15. Avtomobil tinch holatdan radiusi $R=75$ m bo'lgan aylana bo'ylab harakat boshlab, $t = 10$ s da $S = 25$ m yo'l bosadi. O'ninchi soniyaning oxiridagi tangensial a_τ va normal a_n tezlanishlarni toping.
16. Jism qo'zg'almas o'q atrofida $\varphi = A + Bt + Ct^2$ qonun bo'yicha aylanmoqda, bunda $A =10$ rad, $B=20$ rad/s, $S = -2$ rad/s². Vaqtning qaysi momentida aylanish o'qidan $r=0.1$ m uzoqlikda yotgan nuqtaning to'liq tezlanishi 1.65 m/s² ga teng bo'ladi?
17. Nuqtaning radiusi $R=4$ m bo'lgan aylana bo'ylab harakatining tenglamasi $\xi = A + Bt + Ct^2$ ko'rinishda, bunda $A=10$ m, $V = -2$ m/s, $S=1$ m/s². Vaqtning $t = 2$ s momentidagi nuqtani tangensial a_τ , normal a_n va to'liq a tezlanishlarini toping.
18. Nuqta radiusi $R=1.2$ m bo'lgan aylana bo'ylab aylanmoqda. Nuqtaning harakat tenglamasi $\varphi = At + Bt^3$ bo'lib, bunda $A=0.5$ rad/s, $V=0.2$ rad/s³. Vaqtning $t = 4$ s momentidagi nuqtani tangensial a_τ , normal a_n va to'liq a tezlanishlarini toping.
19. $\varepsilon = 8.33$ rad/s² tezlanish bilan gorizontol o'q atrofida aylana oladigan silindrga ip o'ralgan. Ipning bo'sh uchiga yukcha osilib, u qo'yib yuborildi. Qancha vaqt ichida yukcha tekis tezlanuvchan harakat qilib, $h = 1.5$ m pastga tushadi?
20. Radiusi $R=0.4$ m bo'lgan g'ildirak $\varphi = 5 + 4t^2 - t^3$ tenglama asosida aylanmoqda. Vaqtning $t=1$ s momentida g'ildirak gardishidagi nuqtalarni to'liq tezlanishini toping.
21. Radiusi $R=0.5$ m bo'lgan g'ildirak $\varphi = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda $A = 2$ rad/s, $V = 0.2$ rad/s³. G'ildirak gardishida yotgan

- nuqtani vaqtning $t = 3$ s momentidagi to'liq tezlanishini toping.
22. Moddiy nuqta radiusi $R = 20$ sm bo'lgan aylana bo'ylab $a_{\tau} = 5$ sm/s² tangensial tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakatlanmoqda. Harakat boshidan qancha vaqt o'tgach normal tezlanish tangensial tezlanishdan $n = 2$ marta ortiq bo'ladi?
 23. Qattiq jismning aylanish tenglamasi $\varphi = 3t^2 + t$. Harakat boshidan o'tgach jismning aylanish sonini, burchakli tezlik va burchakli tezlanishini toping.
 24. Tinch holatda turgan moddiy nuqta 0.6 m/s² o'zgarmas tangensial tezlanish bilan aylana bo'ylab harakatlana boshlaydi. Harakat boshidan beshinchi soniyaning oxirida normal va to'liq tezlanishlari nimaga teng bo'ladi? Agar aylananing radiusi 5 sm bo'lsa, nuqta shu vaqt davomida necha marta aylanadi?
 25. Disk, uning o'rtasidan o'tuvchi o'q atrofida 180 min⁻¹ chastota bilan aylanmoqda. Diskning tashqi aylanasida yotgan nuqtalarni aylanish chiziqli tezligini toping, agar aylanish o'qiga 8 sm yaqinroq joylashgan nuqtalarni tezligi 8 sm/s bo'lsachi.
 26. Maxovik g'ildirakni aylanishida uning burchakli tezlanishi $\beta = a - \epsilon\omega$ qonun bo'yicha o'zgarar edi. Agar tormozlanishdan oldin maxovikni burchakli tezligi ω_0 bo'lgan bo'lsa, tormozlanishdan keyin t , s o'tgach u nimaga teng bo'ladi?
 27. Agar turbina lopatkasini chiziqli tezligini vaqtga bog'liq o'zgarishi $v = at + bt^3$ tenglama bo'yicha bo'lsa, turbina ishga tushgandan $t = 15$ s o'tgach aylanish o'qidan 1 m uzoqlikda joylashgan lopatkaning burchakli tezlanishini toping.
 28. Moddiy nuqta diametri 40 m bo'lgan aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Vaqtga bog'liq ravishda bosib o'tilgan yo'lining tenglamasi $S = t^3 + 4t^2 - t + 8$ ko'rinishda. Harakat boshlangandan so'ng 4 s o'tgach bosib o'tilgan yo'lni, tezlikni, normal, tangensial va to'liq tezlanishlarni toping.
 29. Qattiq jismni harakat tenglamasi $\varphi = 3t^2 + t$ ko'rinishda. Harakat boshlangandan so'ng 10 s o'tgach jismni aylanish sonini, burchakli tezlik va burchakli tezlanishni aniqlang.
 30. Radiusi 20 sm aylana bo'ylab moddiy nuqta harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $S = 2t^2 + t$. Vaqtini $t = 10$ s momentida nuqtaning tangensial, normal va to'liq tezlanishlari nimaga teng bo'ladi?
 31. Radiusi 20 sm bo'lgan g'ildirak qo'zg'almas o'q atrofida tekis tezlanuvchan aylana boshlab, 2 s dan so'ng 5 ayl/daq burchakli tezlikka erishadi. Harakat boshlangandan so'ng 2 s o'tgach tangensial, normal va

- to'liq tezlanishlarni aniqlang.
32. Tormozlanuvchi kuchlar ta'sirida maxovik 20 marta aylanishda burchakli tezligini shunchalik kamaytirdiki, uning bir soniyada aylanishlar soni 100 dan 10 tagacha kamaydi. Shu tormozlanishda maxovikning burchakli tezlanishi topilsin. Tormozlanishda maxovikning aylanishi tekis sekinlanuvchan deb hisoblansin.
 33. Bir o'qqa diametrlari 16 va 4 sm bo'lgan ikki g'ildirak o'rnatilgan. Ular 4 s^{-2} o'zgarmas burchakli tezlanish bilan aylanmoqdalar. Harakat boshlanishidan ikkinchi soniyani oxirida g'ildiraklar gardishini chiziqli tezliklarini va aylanish burchakli tezligini toping.
 34. 360 daq^{-1} chastota bilan aylanayotgan maxovikka tormoz kolodkasini bosishdi. Shu momentdan boshlab u 20 s^{-2} tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qiladi. Uning to'xtashigacha qancha vaqt kerak bo'ladi? To'xtaguncha u necha marta aylandi?
 35. Nuqta radiusi $R = 10 \text{ sm}$ bo'lgan aylana bo'ylab o'zgarmas tangensial a_τ bilan harakatlanmoqda. Agar harakat boshlangandan so'ng beshinchi aylanishni oxirida nuqtaning chiziqli tezligi $v = 10 \text{ sm/s}$ bo'lsa, harakat boshlangandan so'ng $t = 20 \text{ s}$ vaqt o'tgach nuqtaning normal tezlanishi a_n ni toping.
 36. Agar g'ildirak gardishida yotgan nuqtaning chiziqli tezligi undan g'ildirak o'qiga $\Delta R = 5 \text{ sm}$ yaqinroq joylashgan nuqtaning chiziqli tezligidan $n = 2.5$ marta katta bo'lsa, aylanayotgan g'ildirakni radiusi R ni toping.
 37. Disk tekis tezlanuvchan aylanib, $t = 5 \text{ s}$ davomida $n = 600 \text{ ayl/daq}$ aylanish chastotasiga erishdi. Shu vaqt davomida u qanday burchakli tezlanish bilan necha marta aylangan?
 38. $n = 240 \text{ ayl/daq}$ chastota bilan aylanayotgan maxovik g'ildiragi $t = 0.5 \text{ daq}$ vaqt davomida to'xtaydi. Uning harakatini tekis o'zgaruvchan deb hisoblab, u to'xtagunga qadar bajargan aylanishlar soni N ni toping.
 39. Val aylanishni tinch holatdan boshlab, birinchi $t=10 \text{ s}$ vaqt ichida $N=50$ marta aylanadi. Val aylanishini tekis tezlanuvchan deb hisoblab burchakli tezlanishini va oxirgi burchakli tezligini toping.
 40. Jismni aylana bo'ylab aylanishida to'liq tezlanishi a bilan chiziqli tezligi v orasidagi burchak $\alpha = 30^\circ$. $\frac{a_n}{a_\tau}$ nisbatni son qiymati nimaga teng?
 41. Ventilyator $n_0 = 900 \text{ ayl/daq}$ chastota bilan aylanmoqda. O'chirilgandan so'ng ventilyator tekis sekinlanuvchan aylanib, to'xtaguncha $N = 75$ marta aylandi. Ventilyatorni o'chirilishidan uning to'xtashigacha o'tgan vaqtni aniqlang.
 42. Qo'zg'almas o'qdagi g'ildirak 0.1 rad/s^2 burchakli tezlanish bilan tekis

- tezlanuvchan aylana boshlaydi. Harakat boshlangandan so'ng 2 s o'tgach aylanish o'qidan 50 sm masofada joylashgan g'ildirak nuqtalarini tangensial, normal va to'liq tezlanishlarini aniqlang.
43. Jism 5 s^{-1} boshlang'ich burchakli tezlik bilan va burchakli 1 s^{-2} tezlanish bilan tekis tezlanishda aylanmoqda. Jism 10 s davomida necha marta aylanadi?
 44. Nuqta radiusi 60 sm bo'lgan aylana bo'ylab 10 m/s^2 tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan so'ng uchinchi soniyaning oxirida normal va to'liq tezlanishlar nimaga teng bo'ladi? Shu momentda to'liq va normal tezlanish vektorlarini orasidagi burchak nimaga teng bo'ladi?
 45. Qattiq jismning aylanish tenglamasi $\varphi = 4t^3 + 3t$. Aylanish boshlangandan so'ng 2 s o'tgach burchakli tezlik va burchakli tezlanishni toping.
 46. G'ildirak tekis tezlanuvchan aylanib harakat boshlagandan so'ng 10 marta aylanib $\omega = 20 \text{ rad/s}$ burchakli tezlikka erishdi. G'ildirakni burchakli tezlanishini aniqlang.
 47. Ventilator $n=900$ ayl/daq. chastota bilan aylanadi. Ventilator o'chirilgandan so'ng tekis sekinlashuvchan aylanib, 10 s o'tgach u to'xtaydi. U to'xtagunga qadar necha marta aylanadi?
 48. Nuqta 0.2 rad/s^2 o'zgarimas burchakli tezlanish bilan aylana bo'ylab harakatlanadi. Harakat boshlangandan song qancha vaqt o'tgach nuqtaning normal tezlanishi tangensial tezlanishidan besh marta ortiq bo'ladi?
 49. Radiusi 30 sm bo'lgan g'ildirak qo'zgalmas o'q atrofida daqiqasiga 10 marta aylanadi. Vujudga kelgan tormozlovchi moment ta'sirida g'ildirak to'xtaydi, shu vaqt ichida, g'ildirak 30° ga burilib to'xtaydi. Tormozlanishni boshlang'ich momentida g'ildirak gardishida yotgan nuqtalarni tangensial, normal va to'liq tezlanishlarini aniqlang. Tormozlanishdagi aylanishni tekis sekinlanuvchan deb hisoblansin.
 50. Moddiy nuqta radiusi $R=1 \text{ m}$ bo'lgan aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakat boshlab $t_1=10 \text{ s}$ davomida $S=50 \text{ m}$ yo'l bosdi. Harakat boshlangandan so'ng qancha t_2 vaqt o'tgach nuqta $a_n = 0.25 \text{ m/s}^2$ normal tezlanish bilan harakatlangan?

3-mavzu. Mexanikada saqlanish qonunlari

Masala yechish uchun uslubiy ko'rsatma

Mexanikadagi masalalarni ko'p hollarda dinamika qonunlaridan emas, balki impulsning, impuls momenti va energiyaning saqlanish qonunlaridan foydalanib yechish qulaydir, chunki bu qonunlarda sistemaning boshlan-

g'ich va oxirgi holatlari bilan impulsni, impuls momentini va energiyalarni xarakterlash mumkin. Bu hodisa ta'sirlarining o'zini ko'rmasdan turib bu kattaliklarning o'zgarishini, ayniqsa, o'zgaruvchan kuch momenti ta'sir etganda aylanma harakat notekis o'zgargan hollarini kuzatish imkonini beradi. Bunda to'la energiya aylanma va ilgarilanma harakat energiyalari yig'indisidan iborat bo'ladi.

Masala yechish namunalari

1-masala. Ikkita shar parallel iplarga bir-biriga tegadigan qilib osib qo'yilgan. Birinchi sharning massasi $m_1 = 0.2$ kg, ikkinchisniki $m_2 = 0.1$ kg. Birinchi sharni og'irlik markazi $h = 4.5$ sm balandlikka ko'tariladigan qilib og'dirilgan va qo'yib yuborilgan. To'qnashuvlar: 1) elastik, 2) noelastik bo'lganda sharlar qanday balandlikka ko'tariladi?

Yechish: 1-hol. Absolyut elastik urilish uchun impulsni va energiyani saqlanish qonunlarini shu sharlar sistemasiga tatbiq etamiz:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2, \quad (1)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}, \quad (2)$$

bu yerda: v_1, v_2 – sharlarning urilishgacha bo'lgan tezliklari (masala shartiga ko'ra $v_2 = 0$);

u_1, u_2 – sharlarning urilishdan keyingi tezliklari.

Sharlarni tezliklarini ularni ko'tarilish balandligi h_1 va h_2 orqali ifodalab olamiz. Mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan sharlarni eng pastki nuqtadagi kinetik energiyasi sharlarni eng yuqori ko'tarilgan-dagi potensial energiyasiga tengdir.

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h; \quad \frac{m_1 u_1^2}{2} = m_1 g h_1; \quad \frac{m_2 u_2^2}{2} = m_2 g h_2,$$

bundan $v_1 = \sqrt{2gh}$; $u_1 = \sqrt{2gh_1}$; $u_2 = \sqrt{2gh_2}$.

Bu ifodalarni (1) va (2) formulaga qo'yib quyidagilarni yozamiz:

$$m_1 \sqrt{2gh} = m_1 \sqrt{2gh_1} + m_2 \sqrt{2gh_2} \quad (1')$$

$$m_1 g h = m_1 g h_1 + m_2 g h_2, \quad (2')$$

bularni quyidagicha o'zgartirib yo'zib olamiz:

$$m_1 \sqrt{2h}(\sqrt{h} - \sqrt{h_1}) = m_2 \sqrt{2gh_2}, \quad (1'')$$

$$m_1 g(h - h_1) = m_2 g h_2, \quad (2'')$$

Bundan (2'') ni (1'') ga bo'lamiz

$$\sqrt{h_2} = \sqrt{h_1} + \sqrt{h}. \quad (3)$$

(3) ni (1") ga qo'yamiz:

$$h_1 = h \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 \quad (4)$$

(2") va (4) lardan foydalanib:

$$h_2 = 4h \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2. \quad (5)$$

(4) va (5) formulalarga berilgan son qiymatlarni qo'yib hisoblab quyidagilarni topamiz:

$$h_1 = 0.005 \text{ m} \quad \text{va} \quad h_2 = 0.08 \text{ m}.$$

2-hol. Absolyut noelastik urilish uchun sharlarning urilishdan keyingi birgalikdagi tezligini impulsning saqlanish qonunidan topamiz:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u. \quad (1)$$

Mexanik energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib, sharlarning umumiy tezligini va ularning ko'tarilish balandligini topish mumkin:

$$\frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} = (m_1 + m_2) g H, \quad (2)$$

ikkinchi tomondan:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h. \quad (3)$$

(2) va (3) dan foydalanib:

$$u = \sqrt{2gH} \quad \text{va} \quad v_1 = \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

(1) va (4) tenglamalarni birgalikda yechib:

$$H = h \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) = 0.02 \text{ m}.$$

2-masala. Vertikal o'q atrofida aylana oladigan gorizontal platforma chekkasida odam turibdi. Agarda odam platforma chekkasidan $v = 2 \text{ m/s}$ tezlik bilan yursa platforma qanday ω burchakli tezlik bilan aylanadi? Odamning massasi 80 kg , platformaning inersiya momenti $I = 100 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, uning radiusi 2 m . Odamni masala shartida moddiy nuqta deb qarash kerak.

Berilgan:

$$v = 2 \text{ m/s};$$

$$m = 80 \text{ kg};$$

$$I = 100 \text{ kg}\cdot\text{m}^2;$$

$$R = 2 \text{ m}$$

$$\omega - ?$$

Yechish. Odam bilan platforma yopiq sistemasini tashkil qiladi, shuning uchun impuls momentini saqlanish qonunini qo‘llash mumkin:

$$I\omega = \text{const.}$$

Harakat boshlangunga qadar $L=0$ (yerga nisbatan). Harakat boshlangandan keyin sistemasini impuls momenti odamning impuls momenti $L_1=mvR$ va platforma bilan odamni impuls momentlari $L_2=(I+I_1)\omega$ yig‘indisidan iborat, bu yerda I – platformani inersiya momenti, $I_1 = mR^2$ – odamni platformaning markazidan o‘tuvchi vertikal o‘qqa nisbatan inersiya momenti, $L = L_2$ dan

$$0 = m v R + (I + I_1) \omega ,$$

$$m v r = -(I + I_1) \omega ,$$

$$\omega = -\frac{m v R}{I + m R^2} .$$

Ushbu formulaga sonlarni qo‘yib:

$$\omega = \frac{80 \cdot 2 \cdot 2}{100 + 80} = \frac{320}{420} = 0.8 \text{ s}^{-1} .$$

Yuqoridagi formuladagi minus ishora odam harakati qarama-qarshi tomonga ekanligidan dalolat beradi.

3-masala. Silindr harkati murakkab bo‘lib, uning massa markazi v – tezlik bilan ilgarilanma harakat qiladi va massa markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida ω – burchakli tezlik bilan aylanma harakat qiladi. Shuning uchun silindrning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} ,$$

ya’ni ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalarini yig‘indisidan iboratdir.

Silindrni og‘irlik markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti

$$I = \frac{1}{2} m R^2 , \quad (1)$$

bu yerda R – silindrning radiusi.

Silindrga mexanik energiyani saqlanish qonunini qo‘llab, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$W_{II} = W_K , \quad (2)$$

$$mgh = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} . \quad (3)$$

Ilgarilanma harakat tezligini burchakli tezlik bilan bog‘lanishini

$$v = \omega R \quad (4)$$

e'tiborga olsak va uni (3) formulaga qo'yib quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{mR^2v^2}{2 \cdot 2 \cdot R^2}; \quad mgh = \frac{3}{4}mv^2; \quad v = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Massasi 10 kg, tezligi $v_1 = 4$ m/s bo'lgan shar massasi 4 kg va tezligi $v_2 = 12$ m/s bo'lgan shar bilan to'qnashadi. Toqnashishini to'g'ri chiziq bo'ylab va noelastik deb ikki hol uchun to'qnashishdan keyingi tezliklarni toping: a) bir xil yo'nalishda harakatlanayotgan kichik shar kattasiga yetib oladi va to'qnashadi; b) sharlar bir-biriga qarama-qarshi harakatlanganda.
2. $m_1 = 240$ kg massaga ega bo'lgan lodkada $m_2 = 60$ kg bo'lgan odam turibdi. Lodkaning tezligi $v_1 = 2$ m/s. Odam lodkadan gorizontol holda $v = 4$ m/s tezlik bilan sakradi (lodkaga nisbatan). Lodkaning harakatini va tezligini odam sakragandan keyin 2 holat uchun toping: 1) odam qayiqning harakati bo'yicha sakradi, 2) unga qarama-qarshi tomonga sakradi.
3. Temir yo'l platformasida to'p o'rnatilgan. To'p bilan platforma massasi $m_1 = 15$ t. To'p yuqoriga yo'l yo'nalishga $\alpha = 60^\circ$ burchak ostida o'q otadi. Agar o'qning massasi $m_2 = 20$ kg va tezligi $v_2 = 600$ m/s bo'lsa, platforma qanday v_1 tezlik bilan harakatlanadi?
4. Massasi $m = 10$ kg bo'lgan snaradning trayektoriyasini eng yuqori nuqtasini $v = 200$ m/s tezlik bilan egalladi. Bu nuqtada u ikki qismga bo'linib ketdi. Massasi $m_1 = 3$ kg bo'lgan kichik qismi tezligi $v_1 = 400$ m/s bo'lib, oldingi yo'nalishda harakatni davom ettirdi. Ikkinchi, katta qismni ajralishdan keyingi v_2 tezligi topilsin.
5. Ikkita chang'i uchuvchilar massalari $m_1 = 80$ kg va $m_2 = 50$ kg, bir-biriga qarama-qarshi turib, uzun shnurni o'ziga tomon tortadi, uning tezligi $v = 1$ m/s. Ular qanday U_1 va U_2 tezliklar bilan harakat qiladi? Qarshilik kuchini e'tiborga olmang.
6. O't o'chiruvchi suvni olovga to'g'rilydi. Suvning tezligi $v = 16$ m/s. Shlang yuzasi $S = 5$ sm². Brandspoitni ushlab turuvchi o't uchiruvchini kuchini toping.
7. Relslarda platforma turibdi, unga gorizontol holda siljimaydigan qurilma qo'yilgan. To'pdan o'q otiladi. O'qning massasi $m_1 = 10$ kg. Uning tezligi $v = 1$ km/s. Platformani o'q bilan birga massasi $M = 2 \cdot 10^4$ kg. Agar ishqalanish koeffitsiyenti $\mu = 0,002$ bo'lsa platforma qancha ma-

- sofaga siljiydi?
8. Stvolining massasi $m_1=500$ kg bo'lgan to'p gorizontol yo'nalishda otadi. Snaradning massasi $m_2=5$ kg va uning boshlang'ich tezligi $v_0=460$ m/s. O'q otilgandan keyin stvol orqaga $S=40$ sm masofaga siljiydi. O'rtacha tormozlanish kuchi F topilsin.
 9. Harakatlanuvchi m_1 massali jism m_2 massali tinch turgan jismga uriladi. Markaziy elastik urilishda 1-jismning tezligi 1.5 marta kamayishi uchun, m_1/m_2 nisbati nimaga teng bo'lishi kerak?
 10. Tinch turgan vodorod atomi bilan geliy atomi elastik urilganda geliy atomining tezligi qanchaga kamayadi? Vodorod atomining massasi geliy atomining massasidan 4 marta kam.
 11. Sharcha devorga $m = 200$ g tezlik bilan urildi va shu tezlik bilan qaytdi. Sharchaning tezligi $v = 10$ m/s. Agar sharcha devor tekisligiga $\alpha = 30^\circ$ ostida urilgan bo'lsa, devordan olingan impuls hisoblansin.
 12. $m_1 = 2$ kg bo'lgan gorizontol uchayotgan o'q massasi $m_2 = 10^3$ kg bo'lgan platformadagi qumga kelib tushadi va botib qoladi. Agar platforma $v = 1$ m/s bilan harakat qilgan bo'lsa, o'q qanday tezlik bilan uchib kelgan?
 13. Massasi $m = 250$ g, tezligi $v= 50$ m/s bo'lgan koptok vertikal devorga elastik urilib orqaga qaytadi. Devor $\rho = 2.2$ kg·m/s impuls qabul qiladi. Tushish burchagi va koptokka berilgan kuch topilsin. Urilish vaqti $\Delta t = 0.02$ s deb olinsin.
 14. Molekula $\alpha=60^\circ$ burchak ostida $v=400$ m/s tezlik bilan devorga elastik urilib qaytadi. Devordan olingan kuch impulsini aniqlang. Molekula massasi $m = 3 \cdot 10^{-23}$ g.
 15. O'q massasi $m_1=2$ kg, $v_1= 300$ m/s tezlik bilan nishonga tushadi. Uning massasi $m_2 = 100$ kg. O'q tushgandan keyin nishon qaysi yo'nalishda va qanday v tezlik bilan harakatlanadi? 2 xil hol uchun: 1) nishon tinch holatda, 2) nishon o'q bilan bir xil yo'nalishda $v_2 = 72$ km/soat tezlik bilan harakatlanadi.
 16. O'q massasi $m_1=2$ kg, $v_1= 300$ m/s tezlik bilan qumli nishonga tushadi. Uning massasi $m_2 = 100$ kg. Agar nishon o'qqa yuzma-yuz $v_2=72$ km/soat tezlik bilan harakatlanib kelayotgan bo'lsa, o'q tushgandan keyin nishon qanday tezlik bilan va qaysi yo'nalishda harakatlanadi?
 17. Gorizontol $v = 600$ m/s tezlik bilan uchib ketayotgan o'q 2 ta zarraga ajralib ketadi. Zarralardan birining massasi ikkinchisidan 2 marta katta. M katta bo'lgan zarracha vertikal yerga tushadi, m kichigi esa gorizontga $\alpha=60^\circ$ ostida tushadi. Ikkinchi zarrachaning v_2 tezligi topilsin.
 18. Massasi $m = 20$ kg, boshlang'ich tezligi $v_0 = 200$ m/s va gorizont bilan

- $\alpha = 60^\circ$ burchakni tashkil qilgan (snaryad) o'q uchib bormoqda. U eng baland cho'qqiga ko'tarilganda nishonga tegdi va $t = 0.02$ s da tezligini to'la yo'qotdi. O'rtacha to'qnashuv kuchi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
19. Massasi 10 g bo'lgan po'lat sharcha 1 m balandlikdan po'lat plita ustiga tushib, 0.8 m masofaga sakrab ketdi. Shar impulsining o'zgarishini toping.
 20. Massasi 250 g bo'lgan raketani 50 g portlovchi moddasi bor. Agar portlovchi modda birdaniga portlaydi deb faraz qilsak, bu holda hosil bo'lgan gazning tezligi 300 m/s bo'ladi. Raketaning eng yuqori ko'tarilgan holatdagi potensial energiyasi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
 21. Gorizontal tekislikda $v_1 = 3$ m/s tezlik bilan harakatlanayo'tgan aravacha ustida odam turibdi. Odam aravacha harakati yo'nalishiga teskari bo'lgan tomonga sakradi. Bu holda aravachaning tezligi ortib $v_1 = 4$ m/s bo'lib qoladi. Odamning aravachaga nisbatan sakrashdagi tezlikni gorizontal tashkil etuvchisi v_2 ni toping. Aravachaning massasi $m_1 = 210$ kg, snaryadning massasi $m_2 = 70$ kg.
 22. Temir yo'l platformasiga qattiq o'rnatilgan pushkadan temir yo'l bilan $\alpha = 30^\circ$ hosil qiladigan qilib o'q uzildi. Agarda snarad $v_1 = 430$ m/s tezlik bilan otilib chiqsa, platformani orqaga qaytib yurish tezligi v_2 topilsin. Platformani pushka va snarad bilan birgalikdagi massasi $m_1 = 18$ kg, snaryadning massasi $m_2 = 60$ kg.
 23. Massalari bir xil $m = 200$ kg dan (qayiq, yuk va odamlarni massalari kiradi) bo'lgan ikkita qayiq bir-biriga qarab bir xil tezlik bilan harakatlanmoqda. Qayiqlar tenglashganda biridan ikkinchisiga va ikkinchisidan birinchisiga bir xil massali $m_1 = 20$ kg yuk irg'itilgan. Yuk qo'yilgandan keyingi qayiqning tezligi v_1 va v_2 topilsin.
 24. Massasi $m = 300$ g va tezligi $v = 8$ m/s bo'lgan sharcha devorga 30° burchak ostida kelib urilganda devorning olgan impulsi hisoblansin. Devorga bo'lgan urilish elastik deb hisoblansin.
 25. Uzun taxtaga yengil g'ildiraklar o'rnatilib aravacha qilingan. Taxtaning bir uchida odam turibdi. Uning massasi $m_1 = 60$ kg. Agar odam taxtada (taxtaga nisbatan) $v = 1$ m/s tezlik bilan harakat qilsa, taxta polga nisbatan qanday tezlik bilan harakatlanadi? Ishqalanish kuchi va g'ildirakning massasi e'tiborga olinmasin.
 26. $v = 400$ m/s tezlik bilan harakatlanayo'tgan snaryad ikkiga bo'linib ketdi. Snarad massasini 40% tashkil qiladigan kichik massali bo'lakcha tezligi $u_1 = 150$ m/s bo'lgan tezlik bilan harakat yo'nalishiga teskari tomon harakatlandi. Katta massali burchakning tezligi u_2 topilsin.

27. Qayiq uchida turgan odam qayiqning oxiri tamon yuradi. Agarda qayiqning massasi $m = 120$ kg, odamning massasi $m = 60$ kg, qayiqning uzunligi 3 m bo'lsa, qayiq qanday masofaga siljiydi? Suvning qarshiligi e'tiborga olinmasin.
28. Yoqilg'isiz massasi $m_1 = 400$ g bo'lgan raketa yoqilg'i yonishi natijasida $h = 125$ m balandlikka ko'tarilgan. Yoqilg'ining massasi $m_2 = 50$ g. Raketani yonilg'isi birdaniga hammasi yonadi deb hisoblab, raketadan chiqayotgan gazning tezligini hisoblang.
29. m massali havoda muallaq turgan aerostatga uzunligi k bo'lgan arqonli narvon ulangan. Narvonning eng pastida turgan odam arqonni eng tepasiga chiqqanida uning yerga nisbatan siljishi $S = 0.9$ m bo'lsa, odamning og'irligi qancha bo'ladi?
30. Uzunligi $l = 10$ m va massasi $m = 400$ kg bo'lgan plot suvda muallaq turibdi. Plot uchlarida turgan va massalari $m_1 = 60$ kg, $m_2 = 40$ kg ikkita bola bir xil tezlik bilan bir-biriga qarab yuradi va plotni biror yerida uchrashadi. Plotni qanday masofaga surilgani topilsin.
31. Ikkita jism bir-biriga qarab bir xil tezlik $v = 3$ m/s bilan harakatlanadi. To'qnashishdan keyin esa birgalikda harakatlanadi. $v = 1.5$ m/s. Bu jismlar massalarining nisbati topilsin. Ishqalanish e'tiborga olinmasin.
32. Massasi $m_1 = 20$ t bo'lgan temir yo'l platformasi $v_1 = 9$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Platforma ustiga o'rnatilgan pushkadan, pushkaga nisbatan massasi $m_2 = 25$ kg, tezligi $v_2 = 700$ m/s bo'lgan snarad otilgan. O'q otilgandan keyin platformaning tezligi: 1) o'q platforma harakatlanayotgan yo'nalishda; 2) o'q platforma harakatiga teskari yo'nalishda topilsin.
33. Moddiy nuqtaning harakati $x = 5 - 8t + 4t^2$ tenglama bilan berilgan. Uning massasi $m = 2$ kg bo'lsa, $t = 2$ s dan $t = 4$ s o'zgarganda moddiy nuqtaning impulsini va bu o'zgarishni yuzaga keltiruvchi kuchni toping.
34. Massasi $m = 1$ kg bo'lgan moddiy nuqta aylana bo'ylab $v = 10$ m/s tezlik bilan tekis harakat qilmoqda. Davrning to'rtidan bir qismida, yarim davrda va to'la bir davr mobaynida impulsni o'zgarishini toping.
35. Avtomatning massasi $m_1 = 3.8$ kg, o'qning massasi $m_2 = 7.9$ g. O'q uchun ishlatilgan poroxning massasi $m_3 = 16$ g, o'qning avtomatdan uchib chiqish tezligi 715 m/s. Porox gazining tezligi o'qning uchish tezligining yarmiga teng deb hisoblab, avtomatni orqaga tepkili harakat tezligi topilsin.
36. Massasi $m_1 = 750$ t bo'lgan kema ustidagi pushkadan harakat yo'nalishiga teskari, lekin gorizont bilan $\alpha = 60^\circ$ burchak ostida o'q uzilgan. Massasi $m = 30$ kg bo'lgan snarad $v = 10^3$ m/s tezlik bilan otilgan bo'l-

- sa, kemaning tezligi qanchaga o'zgargan?
37. Gorizontga nisbatan biror burchak ostida uchirilgan raketa trayektoriyasining eng yuqori nuqtasi $h = 400$ m da ikki qismga ajralib ketdi. Portlashdan $t=2$ s o'tganda parchaning bir bo'lagi raketa uchirilgan yerdan $S=1$ km masofaga tushgan bo'lsa, ikkinchi bo'lagi qanday masofaga tushadi?
 38. Massasi $M=1000$ kg harakat tezligi $v_1 = 171$ m/s bo'lgan ikki bosqichli raketadan massasi $m=400$ kg bo'lgan ikkinchi bosqichi ajralganda uning tezligi $v_2 = 185$ m/s ga o'zgargan. Raketaning birinchi bosqich tezligini toping.
 39. Ko'lda muallaq holda qayiq turibdi. Qayiqning uchida va oxirida baliqchilar o'tiribdi. Ular orasidagi masofa $\ell=5$ m. Qayiqning massasi $m=50$ kg, baliqchining massasi $m_1=90$ kg va $m_2=60$ kg. Agarda baliqchilar o'rinlarini almashsalar qayiq qanday masofaga siljiydi, suvning qarshiligi hisobga olinmasin.
 40. Massasi $m_1 = 120$ kg bo'lgan telejka gorizont tekislikda inersiya bo'yicha $v = 6$ m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Gorizont tekislikda harakat yo'nalishi bilan $\alpha = 30^\circ$ burchak hosil qiluvchi yo'nalishda massasi $m_2 = 80$ kg bo'lgan odam sakrab tushib qolgan. Bu holda telejkaning tezligi $v_1 = 5$ m/s gacha kamaygan. Yerga nisbatan sakragan odamning tezligi qanday bo'lgan?
 41. Daryoning ustidagi silliq muz ustida turgan konkilik odam tosh otadi. Tosh $t = 2$ s da $S = 20$ m masofani o'tib narigi qirg'og'iga etadi. Agar odamning massasi $M=60$ kg bo'lsa, konkichi qanday tezlik bilan harakat qiladi? Ishqalanish e'tiborga olinmasin.
 42. Massalari $m_1 = 70$ kg va $m_2 = 80$ kg bo'lgan odamlar g'ildirakli konkida bir-birini ro'parasida turibdi. Birinchi odam ikkinchisiga tezligining gorizont tashkil etuvchisi $v = 5$ m/s va massasi 10 kg bo'lgan yuk otadi. Yukni otgandan keyin birinchi odamni tezligini va ikkinchi odam yukni qabul qilgandan keyingi tezliklari topilsin. Ishqalanish e'tiborga olinmasin.
 43. Massasi $m_1 = 9$ kg qum solingan yashik $v = 6$ m/s tezlik bilan absolyut silliq tekislikda harakat qilmoqda. Boshlang'ich tezligi nolga teng va massasi $m_2 = 1$ kg bo'lgan tosh $h = 10$ m balandlikdan qum ustiga tushadi. Tosh tushgandan keyin yashikning tezligini toping.
 44. Massasi $M=350$ kg bo'lgan va havoda muallaq turgan aerostatdan osma arqon yordamida odam tushishi kerak. Odamning massasi 70 kg. Yerdan aerostatgacha bo'lgan masofa $S = 10$ m. Odam narvonni oxirgi pog'onasidan yerga qadam qo'yish uchun aerostatga qanday minimal uzunlikdagi arqon ulashi kerak?

45. Silliq relsda telejka turibdi. Odam telejkani bir uchidan ikkinchi uchiga o'tsa, telejka qanday masofaga siljiydi? Odamning massasi $m_1 = 60$ kg. Telejkaning massasi $m_2 = 120$ kg, uzunligi $\ell = 3$ m.
46. Asosidagi burchagi $\alpha = 45^\circ$ bo'lgan qiya tekislikdan massasi $m_1 = 10$ kg va tezligi $v = 1$ m/s bo'lgan qum solingan yashik tushib kelmoqda. Yashikning massasi $m_2 = 10$ g bo'lgan, gorizontol uchib kelayotgan o'q tegsa u to'xtab qoladi. O'qning uchish tezligini toping.
47. Asosi bilan hosil qilgan burchagi $\alpha = 45^\circ$ ponadan $h = 20$ m balandlikdan massasi $m_1 = 0.5$ kg bo'lgan jism tushmoqda. Pona absolyut silliq sirtida yotibdi. Jism pona asosiga tushganda pona qanday masofaga siljiydi? Ponaning massasi $m_2 = 1.5$ kg.
48. Massasi $m_1 = 300$ g bo'lgan jism $N = 10$ m balandlikdan erkin tushadi $h = N/2$ balandlikda jismga massasi $m = 10$ g, tezligi 400 m/s bo'lgan gorizontol uchib ketayotgan o'q tegib jism ichida qolib ketadi. To'qnashishdan keyin jism tezligini va tezlikning gorizontol tashkil etuvchisi hosil qilgan burchakni toping.
49. Ikkita qayiq bir-biriga qarab inersiya bo'yicha parallel yo'nalishlar bo'yicha harakatlanmoqda. Qayiqlar tenglashganda biridan ikkinchisiga massasi $m = 25$ kg yuk olib qo'yilgan. Shundan keyin yuk qo'yilgan qayiq to'xtab qolgan. Yuksiz qayiq esa $v = 8$ m/s tezlik bilan harakatni davom ettirgan. Agarda yuk qo'yilgan qayiyning massasi $M = 1$ t bo'lsa, qayiqlar uchrashguncha qanday v_1 va v_2 tezliklar bilan harakatlangan?
50. Massasi $m_1 = 500$ t bo'lgan poyezd gorizontol yo'nalish bo'ylab tekis harakat qiladi. Poyezddan massasi $m = 20$ t bo'lgan vagon ajralib qoldi. Poyezdlar to'xtaganda ular orasidagi masofa $S = 500$ m bo'lgan. Agarda harakatga qarshilik qiluvchi kuch og'irlik kuchiga proporsional bo'lsa, va u harakat tezligiga bog'liq bo'lmasa, vagon to'xtaguncha qancha yo'l yurgan?

2-§. MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

Asosiy formulalar

Modda miqdori, molekulalar soni:

$$v = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}; \quad N = vN_A = \frac{m}{m_0}$$

bu yerda: v – modda miqdori (mollar soni);

μ – molyar massa;

m – moddaning massasi;

m_0 – bitta molekulaning massasi;

N – moddada molekulalar soni;
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ – Avogadro soni;
 $n = \frac{N}{V}$ – zarrachalar konsentratsiyasi;
 V – modda egallagan hajm.

Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi:

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \overline{V^2} = \frac{1}{3} \rho \overline{V^2} = \frac{2}{3} n \overline{E}$$

Mutlaq harorat T (Kelvin shkalasi bo'yicha o'lchangan) va Selsiy shkalasi bo'yicha o'lchangan harorat t orasidagi bog'lanish:

$$T = t + 273,15; \quad t = T - 273,15$$

Ideal gaz molekulalarining o'rtacha arifmetik tezligi $V_{o'rt}$, o'rtacha kvadratik tezligi V_{kv} va ilgarlanma harakatning o'rtacha kinetik energiyasi:

$$V_{o'rt} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}, \quad V_{kv} = \sqrt{\overline{V^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}, \quad \overline{E} = \frac{3}{2} kT$$

bu yerda: $R = 8,3144 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ – universal gaz doimiysi;

$k = R/N_A = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ – Bolsman doimiysi.

Bosim:

$$p = \frac{F}{S}$$

Ideal gazning mutlaq harorati, molekulalarining konsentratsiyasi va bosimi orasidagi bog'lanish:

$$p = nkT .$$

Dalton qonuni: o'zaro reaksiyaga kirishmaydigan gazlar aralashmasining bosimi gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng:

$$p = \sum_{i=1}^x p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_x$$

Ideal gazning holat tenglamasi (Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad \text{yoki} \quad pV = \nu RT$$

Bu tenglamani muayyan massali gaz uchun $\frac{pV}{T} = \text{const}$ ko'rinishda yozish mumkin. Muayyan massali gaz ($m = \text{const}$) uchun izotermik $T = \text{const}$ ja-rayonda Boyle-Mariott qonuni o'rinalidir: $pV = \text{const}$.

Muayyan massali gaz tenglamasi ($m=\text{const}$) uchun izobarik ($p=\text{const}$) jarayonida Gey-Lyussak qonuni o‘rinlidir: $\frac{V}{T} = \text{const}$ yoki $V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,15}\right)$.

Muayyan gaz massasi ($m=\text{const}$) uchun izoxorik ($V = \text{const}$) jarayonda Sharl qonuni o‘rinlidir: $\frac{P}{T} = \text{const}$ yoki $p = p_0 \left(1 + \frac{t}{273,15}\right)$.

Real gazlar holat tenglamasi (Van-der-Vaals tenglamasi):

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT.$$

Bir atomli gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3m}{2\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} kTN.$$

Bir atomli gazning harorati ΔT ga o‘zgarganda uning ichki energiyasining o‘zgarishi:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3m}{2\mu} R \Delta T = \frac{3}{2} kN \Delta T.$$

Solishtirma issiqlik sig‘imi c bo‘lgan m massali modda haroratini T_1 dan T_2 gacha o‘zgartirish uchun talab qilinadigan issiqlik miqdori:

$$Q = cm(T_1 - T_2) = cm\Delta T$$

Massasi m bo‘lgan suyuqlikni bug‘ga aylantirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdori:

$$Q_B = rm$$

m massali kristall moddani eritish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdori: $Q_E = \lambda m$.

m massali yoqilg‘ining to‘la yonishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori: $Q_{yon} = qm$.

Issiqlik balansi tenglamasi – issiqlik jarayonlari uchun energiyaning saqlanish qonuni:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

Termodinamikaning 1-qonuni:

$$\Delta U = Q + A, \quad \Delta U = Q - A, \quad \Delta U = Q + A, \quad A = A'$$

Gazning hajmi V_1 va V_2 gacha o‘zgarganda bajaradigan ishi:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV$$

Izoxorik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$A = 0, \quad \Delta U = Q$$

Izobarik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V = \nu R\Delta T = \frac{m}{\mu} R\Delta T, \quad \Delta U = Q - A$$

Izotermik jarayonda gazning bajargan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$Q = A; \quad A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{p_1}{p_2}; \quad \Delta U = 0$$

Adiabatik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$\Delta U = -A, \quad A = \frac{3m}{2\mu} R(T_1 - T_2) = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_2 V_2)$$

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Issiqlik mashinasining maksimal FIKi:

$$\eta_{MAX} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Ushbu ifoda Karno sikli bo'yicha ishlaydigan issiqlik mashinasi uchun o'rinli. Real issiqlik mashinasi uchun: $\eta \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

Suyuqlik sirt pardasining yuzi ΔS ga o'zgargandagi ish: $\Delta A = \sigma \cdot \Delta S$.

Havoning nisbiy namligi: $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\% = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$.

Sirt taranglik koeffitsiyenti: $\sigma = \frac{F}{l} = \frac{mg}{2\pi r}$.

Kapillyar nayda suyuqlikning ko'tarilish balandligi: $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\rho g}$.

bu yerda: r – kapillyarning radiusi;
 ρ – suyuqlikning zichligi;

g – erkin tushishi tezlanishi;
 θ – chegaraviy burchak.

1-mavzu. Ideal gaz qonunlari. termodinamikaning 1-qonuni

Masalalar yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

Mendeleyev-Klapeyron qonunining holat tenglamasi, gaz holatini aniqlovchi beshta – P , V , T , m , μ fizik kattaliklarni o'zaro bog'laydi va ulardan to'rttasi berilgan bo'lsa, beshinchisini aniqlashga imkon beradi.

Masalani yechishda ideal gazlarning holat tenglamasi ($PV = \frac{m}{\mu}RT$) dan foydalaniishda shuni e'tiborda tutish kerakki, gazning holati uning massasi m bilan emas, balki mollar soni $\nu = \frac{m}{\mu}$ bilan belgilanadi. Gazlar aralashmasi ko'rilayotganda, bu ayniqsa muhimdir. Bu holda aralashmaning to'liq bosimi umumiy mollar miqdori bilan aniqlanadi:

$$P = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} + \dots \right) \frac{RT}{V}$$

Termodinamika masalalarini yechishda eng avvalo jarayonning xususiyati aniqlanishi lozim. Izoxorik va izobarik jarayonlarni ajrata olish aytarli qiyin emas. Qolgan hollarda shuni esda tutish kerakki izotermik jarayon yuz berishi uchun gaz bilan uning atrofidagi muhit orasida issiqlik almashinishi bo'lishi shart, ya'ni jarayon juda sekin o'tishi lozim. Aksincha, adiabatik jarayon yuz berishi uchun gaz va uning atrofidagi muhit orasida issiqlik almashinishi umuman bo'lmasligi kerak, bu esa jarayon juda tez o'tsagina bo'lishi mumkin. Shuni esda tutish kerakki, ichki energiyaning o'zgarishi gazning boshlang'ich va oxirgi holati bilan aniqlanadi, issiqlik miqdori va ish esa gazning bir holatdan boshqa holatga qaysi usul bilan o'tishiga bog'liqdir. Hisoblashlarda ishlatiladigan hamma formulalar tizimning bir holatdan boshqa holatga o'tish jarayoniga kvazistatistik jarayon deb qarashga asoslangandir. Issiqlik sig'imlarini hisoblashda jadvallardan foydalanish mumkin yoki issiqlik sig'imlarini erkinlik darajalari orqali ifodalash mumkin va shuni e'tiborga olish kerakki, issiqlik sig'imlarining klassik nazariyasida, issiqlik sig'imi uning molekulasidagi atomlar soni bilan aniqlanadi.

Masalalar yechish namunalari

1-masala. Havoni massa jihatdan bir bo'lak kisloroddan va uch bo'lak azotdan tashkil topgan deb hisoblab, uning molyar massasi topilsin.

Yechish. Aralashma massasi m kilogrammlarda ifodalangan bo'lib, son

jihatidan molekulyar massaga tengdir va aralashmaning molyar massasi μ_{ap} ni ifodalaydi. Havoni ideal gaz deb qarab, ideal gaz holatining tenglamasidan foydalanamiz:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

Masalani yechish uchun V hajmda joylashgan gazni tashkil etuvchilarini alohida-alohida qarab chiqib, ular uchun holat tenglamasini yozamiz

$$P_1V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \quad (2)$$

$$P_2V = \frac{m_2}{\mu_2} RT \quad (3)$$

bu yerda P_1 va P_2 har bir tashkil etuvchining partsial bosimidir. Aralashma uchun Dalton qonuni o'rinlidir

$$P = P_1 + P_2 \quad (4)$$

(2) va (3) larni hadma-had qo'shib, va (4) ni e'tiborga olib, quyidagini hosil qilamiz

$$PV = \left(\frac{m_1 + m_2}{\mu} \right) RT \quad (5)$$

(1) va (5) larni solishtirib hamda aralashma massasi $m = m_1 + m_2$ ekanligini bilgan holda, quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{m_1 + m_2}{\mu} = \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}$$

bundan

$$\mu_{ap} = \frac{\mu_1 \mu_2 (m_1 + m_2)}{\mu_1 m_2 + \mu_2 m_1}$$

Kattaliklarning son qiymatlarini SI o'lcho'v birliklarida qo'yamiz

$$\mu_1 = 0.032 \text{ kg/mol}; \quad \mu_2 = 0.028 \text{ kg/mol}; \quad m_2 = 3m_1$$

$$m_{ap} = \frac{4\mu\mu_2}{3\mu_1 + \mu_2} = 0.029 \text{ kg/mol}$$

2-masala. Azot o'zgaras $P=100$ Pa bosimda qizdirilmoqda. Azotning hajmi $\Delta V = 1.5m^3$ ga o'zgaradi. Aniqlansin:

- kengayishidagi ish;
- gazga berilgan issiqlik miqdori;
- gaz ichki energiyasining o'zgarishi.

Yechish: 1. O'zgaras bosimda gaz kengayishidagi ish quyidagi for-

mula bilan ifodalanadi

$$A = P(V_2 - V_1) = P\Delta V$$

$$A = 10^5 \cdot 1.5 \frac{M^1}{M^2} = 1.5 \cdot 10^5 \text{ Ж} \quad (1)$$

2. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz

$$Q = C_p m \Delta T = \frac{C_{p\mu}}{\mu} m \Delta T \quad (2)$$

bu yerda: C_p – o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi;

$C_{p\mu}$ – o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi;

m – gaz massasi;

μ – molyar massa.

Gazning ikki holati uchun Klapeyron-Mendeleyev tenglamalari

$$PV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (3)$$

$$PV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \quad (4)$$

(4) va (3) ni ayiramiz.

$$\frac{P\Delta V}{R} = \frac{m}{\mu} \Delta T \quad \text{yoki} \quad \frac{m}{\mu} \Delta T = \frac{A}{R}$$

chunki $P\Delta V = A$ ga teng. $R = 8,31 \frac{\text{Ж}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ – universal gaz doimiysi, u holda

$$Q = C_{p\mu} \frac{A}{R} \text{ ga ega bo'lamiz. } Q = 29,1 \frac{\text{Ж}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Ж}}{8,31 \frac{\text{Ж}}{\text{mol}\cdot\text{K}}} = 5,25 \cdot 10^5 \text{ Ж}.$$

3-masala. Silindrda porshen ostida $T=300 \text{ K}$ haroratda massasi $m=0,02 \text{ kg}$ bo'lgan vodorod bor. Vodorod avval adiabatik ravishda kengayib o'z hajmini $n_1=5$ marta orttirdi, so'ngra esa, izometrik ravishda siqildi, bunda uning hajmi $n_1=5$ marta kamaydi. Adiabatik kengayishi oxirida haroratni va gazning bu jarayonlarda bajargan ishini toping.

Yechish. Adiabatik jarayonda ish bajarayotgan gazning haroratlari va hajmlari quyidagicha bog'langan:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \quad \text{yoki} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{n^{\gamma-1}}$$

bu yerda γ – gazning o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'implarining nisbati (vodorod ikki atomli gaz bo'lgani uchun $\gamma=1,4$).

$$n = \frac{V_2}{V_1} = 5$$

Bundan oxirgi T harorat uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$T_2 = \frac{T_1}{n^{r-1}}$$

Berilgan kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, T ni topamiz

$$T_2 = \frac{300}{5^{1.4-1}} K = \frac{300}{5^{0.4}} K,$$

$5^{0.4} = 1.91$ bo'lgani sababli

$$T_2 = \frac{300}{1.91} = 157^0 K$$

Gazning adiabatik kengayishidagi ish A_1 quyidagi formuladan topiladi

$$A_1 = \frac{m}{\mu} c_{vv} (T_1 - T_2) = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R (T_1 - T_2)$$

bu yerda c_{vv} o'zgarmas bosimdagi gazning molyar issiqlik sig'imi.

Kattaliklarning son qiymatlarini qo'yamiz. $R = 8.3 \frac{\text{JK}}{\text{mol}} K$; $i = 5$ (vodorod ikki atomli gaz bo'lgani sababli); $\mu = 2 \cdot 10^3 \text{ kg/mol}$; $m = 0.02$; $T_1 = 300 \text{ K}$; $T_2 = 157 \text{ K}$, $A_1 = \frac{0.02 \cdot 5 \cdot 8.31}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2} (300 - 157) \text{ JK} = 2.98 \cdot 10^4 \text{ JK}$

Gazning izometrik jarayondagi ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$A_2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = \frac{m}{\mu} R T_2 \ln \frac{1}{n_2}$$

bu yerda $n_2 = \frac{V_2}{V_3} = 5$, $A_2 = \frac{0.02}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8.31 \cdot 157 \ln \frac{1}{5} \text{ JK} = 2.1 \cdot 10^4 \text{ JK}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. $P = 0.2 \text{ MPa}$ bosimda $V = 320 \text{ sm}^3$ hajm egallab turgan 2 g azotning harorati qanchaga teng?
2. $m = 10 \text{ g}$ kislorod $P = 100 \text{ kPa}$ bosimda va $t = 20^\circ \text{C}$ haroratda qanday hajm egallaydi?
3. Hajmi $V = 12 \text{ l}$ ballon $P = 8.1 \text{ MPa}$ bosimda va $t = 17^\circ \text{C}$ haroratda azot bilan to'ldirilgan. Ballonda qanday miqdorda azot joylashgan?
4. $t = 7^\circ \text{C}$ haroratda og'zi mahkam berkitilgan shishadagi havoning bosimi $P = 100 \text{ kPa}$. Shisha qizdirilganda, uning og'zidagi tiqin uchib chiqdi. Agar tiqin shishadagi havoning bosimi $P = 130 \text{ kPa}$ ga teng bo'lganda uchib chiqqan bo'lsa, shisha qanday haroratgacha qizdirilgan?
5. Ballonda $t_1 = 27^\circ \text{C}$ haroratda joylashgan $m_1 = 0,007 \text{ kg}$ massali noma'lum gazning bosimi $P_1 = 50 \text{ kPa}$. Shunday hajmda $m_2 = 0,004 \text{ kg}$ massali va $t_2 = 60^\circ \text{C}$ haroratdagi vodorod $P_2 = 444 \text{ kPa}$ bosimga ega bo'ladi. Noma'lum gazning molyar massasi μ qanchaga teng?

6. Idishda vodorod va azotning aralashmasi joylashgan. Azot to'liq atomlarga dissotsiatsiyalanganda harorat T ga teng bo'lgan bo'lsa, bosim P bo'lgan. Harorat $2T$ ga ko'tarilganda ikkala gaz ham to'liq dissotsiatsiyalangan bo'lib, bosim $3P$ ga teng bo'lgan. Aralashmadagi azot va vodorod massalarining nisbati qanday bo'lgan?
7. Hajmi $V=30$ l bo'lgan ballonda $T=300$ K haroratda va $P=8.2 \cdot 10^5$ Pa bosimda vodorod va geliy aralashmasi joylashgan. Aralashmaning massasi $m=24$ g. Vodorod massasi – m_1 va geliy massasi m_2 aniq-lansin.
8. Torrichelli tajribasi o'tkazilayotganda barometrik naychanning tubida hajmi $V=2$ mm³ ga teng havo pufagi hosil bo'lgan. Agar havo pufagi naycha bo'ylab ko'tarilib simob sathidan $l=1$ sm masofada muallaq holda turgan bo'lsa, uning hajmi qanday bo'lib qolgan?
9. Ko'lning tubida uning sirtiga ko'tarilayotgan havo pufagining hajmi 3 marta ortadi. Ko'lning chuqurligi qanday?
10. Diametri $D=20$ sm bo'lgan shar ichida $m=7$ kg havo bor. Agar shar devorlari $P=0.3$ MPa bosimga chidash berolsa, sharni qanday haroratgacha qizdirish mumkin.
11. Biror bir massadagi gazni o'zgarmas bosimda 1 K ga qizdirilsa, uning hajmi boshlang'ich hajmining $1/300$ qismiga ortadi. Gazning boshlang'ich harorati aniqlansin.
12. Og'zi ochiq va hajmi $V=0,4$ dm³ bo'lgan kolba ichidagi havo $t_1=127^\circ C$ haroratgacha qizdirilgan. Kolba harorati $t_2=27^\circ C$ gacha pasaytirilsa, uning ichiga qanday hajmdagi suv sig'adi?
13. Siqilgan havo $V=5$ m³ hajmdagi ballonga kiritilgan. Agar kompressor har minutda $V_0=4$ m³ hajmdagi havoni so'ra olsa, ballondagi bosim $P=0.8$ MPa bo'lishi uchun qancha vaqt kerak? Boshlang'ich bosim normal, harorat o'zgarmas.
14. Porshenli qo'l nasosi har bir damlashda atmosferadan $V_0=60$ sm³ havoni so'radi. Hajmi $V=2$ dm³ bo'lgan velosiped shinasidagi bosim $\Delta P=0.15$ MPa ga ortishi uchun nasos bilan necha marta damlash zarur? Atmosferadagi havo bosimi $P=0.1$ MPa. Siqilganda havoning qizishi e'tiborga olinmasin.
15. Hajmi $V=15$ dm³ bo'lgan bir ballonfagi gazning bosimi $P=0.2$ MPa, ikkinchi ballondagi huddi shu gazning bosimi $P=1$ MPa haroratlari bir hil bo'lgan ballonlar o'zaro kranli trubka bilan ulangan. Agar kran ochilsa, ikkala ballonning ham bosimi $P=0.4$ MPa ga teng bo'lib qoladi. Ikkinchi ballonning hajmi qanday?
16. Hajmi $V=20$ dm³ bo'lgan bug' mashinasining tsilindirdagi bosim klapan ochilgandan so'ng $\Delta P=0.81$ MPa ga kamaygan. Tsilindrdan qanday miqdorlagi bug' chiqib ketgan? Bug' haroratini $t=100^\circ C$ deb hisoblang.

17. Gaz o'lchagich (gazometr) normal sharoitda $m=0.5$ kg karbonat angidrid gazini o'z ichiga sig'ira oladi. Agar termometr $t=17^{\circ}\text{C}$ ni, manometr esa $-93,3$ kPa ni ko'rsatib turgan bo'lsa, gazometr ichidagi karbonat angidrid gazining massasi topilsin.
18. Bosimi $P = 0.2$ MPa va harorat $T=7^{\circ}\text{C}$ bo'lgan gazning zichligi $\rho=2.41$ ga teng. 1 kmol bunday gazning massasi qanchaga teng?
19. Normal sharoitda barometrik naychaga havo kirib qolgani sababli barometr $P=0.1$ MPa bosimni ko'rsatdi. Simob ustidagi havoning zichligi qanday?
20. Gazning harorati $t = 20^{\circ}\text{C}$ va bosimi $P= 0.5$ MPa. Agar gazning harorati $t_2=80^{\circ}\text{C}$ ga ko'tarilsa, uning zichligini 2 marta oshirish uchun qanday bosim yuzaga keltirish zarur?
21. 8 g kislorod va 22 g karbonat angidrid gazidan tashkil topgan aralashma 1 molining massasi topilsin.
22. $t_2=17^{\circ}\text{C}$ haroratda va $P=0.4$ MPa bosimda $m_2=2,8$ kg azotdan va $m_2=3,2$ kg kisloroddan hosil bo'lgan aralashmaning egallagan hajmi topilsin.
23. Hajmi $V=14$ dm³ bo'lgan ballonda $t=7^{\circ}\text{C}$ haroratli va $P=0.12$ MPa bosimli $m_0=64$ g geliy bilan kislorodning aralashmasi joylashgan. Aralashmadagi geliy massasi m_1 va kislorod massasi m_2 topilsin.
24. $m_1=8$ g geliy va $m_2=4$ g argondan tashkil topgan aralashmaning $t=7^{\circ}\text{C}$ haroratda va $P=0.1$ MPa bosimdagi zichligi aniqlansin.
25. Ballonda $P_0=10$ MPa bosimda $m=10$ kg gaz joylashgan. Ballondan qanday m_1 massadagi gaz olinsa, undagi bosim $P=2.5$ MPa bo'lib qoladi? Gazning harorati o'zgarmas deb hisoblang.
26. $t =27^{\circ}\text{C}$ haroratda va $P=100$ KPa bosimda $V=25$ l hajmni egallab turgan oltin gugurt gazi (SO_2) ning massasi m topilsin.
27. Balandligi $h= 5$ m va va pol yuzasi $S=200$ m² bo'lgan auditoriyadagi havo massasi m topilsin. Havo bosimi $P=100$ Kpa, xona harorati esa $t=17^{\circ}\text{C}$. Havoning molyar massasi $g = 0.029$ kg/mol ga teng.
28. Qishda ($t_1=7^{\circ}\text{C}$) xonani to'ldirib turgan havoning zichligi ρ yozda ($t_2=37^{\circ}\text{C}$) dagi havoning zichligi ρ_2 dan necha marta katta? Bosim o'zgarmas.
29. $V=10$ m³ hajmli ballonda $P=25$ KPa va $t=17^{\circ}\text{C}$ haroratda gazning modda miqdori V aniqlansin.
30. Hajmi $V=41$ yopiq idishda $t = 20^{\circ}\text{C}$ haroratda turgan $m=5$ g azot 40°C gacha qizdirilgan. Gazning boshlang'ich va oxirgi bosimi topilsin.
31. $t=50^{\circ}\text{C}$ haroratda to'yingan suv bug'ining elastikligi $P=12.3$ KPa. Suv bugining zichligi ρ nimaga teng?
32. $t=15^{\circ}\text{C}$ haroratda va $P = 97$ KPa bosimdagi vodorod gazining zichligi ρ

topilsin.

33. Biror bir gazning $t=10^0\text{C}$ haroratda va $P=0.2\text{ MPa}$ bosimdagi zichligi $\rho=0,34\text{ kg/m}^3$. Shu gazning molyar massasi nimaga teng?
34. $m=12\text{ g}$ gaz $t=7^0\text{C}$ haroratda $V=4\cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ hajmni egallaydi. O'zgarmas bosimda u qizdirilganda, uning zichligi $\rho=6\cdot 10^{-4}\text{ g/sm}^3$ ga yetadi. Gaz qanday haroratgacha qizdirilgan?
35. $m=10\text{ g}$ miqdordagi kislorod $t=10^0\text{C}$ haroratda $P=300\text{ KPa}$ bosimga ega. Qizdirish hisobiga u kengayib, $V=10\text{ l}$ hajmga ega bo'ldi. Gazning kengayishidan oldingi hajmi V_0 hamda kengayishidan oldingi va keyingi zichliklari ρ_1 va ρ_2 lar aniqlansin.
36. Kavsharlangan idishda uning hajmining yarmiga teng bulgan suv bor. Agar bu haroratda suvning bug'ga aylanishi ma'lum bo'lsa, $t=400^0\text{C}$ haroratda suv bug'larining bosimi va zichligi aniqlansin.
37. Hajmi $V=1\text{ m}^3$ bo'lgan yopiq idishda $m_1=0.9\text{ kg}$ suv va $m_2=1.6\text{ g}$ kislorod bor. $t=500^0\text{C}$ haroratda idishlagi hamma suv bug'ga aylanishini bilgan holda, idishdagi bosim P aniqlansin.
38. Idishda $t=10^0\text{C}$ haroratda va $P=1\text{ MPa}$ bosimda $m_1=14\text{ g}$ azot va $m=9\text{ g}$ vodorod joylashgan. Idishning hajmi va aralashmaning molyar massasi μ topilsin.
39. Idishda $m_1=6\text{ g}$ karbonat angidrid (CO_2) va $m_2=5\text{ g}$ azotning (I) oksidi (N_2O) $t=127^0\text{C}$ haroratda turibdi. Idishning hajmi $V=2\cdot 10^{-3}$. Idishdagi gazlar aralashmasining umumiy bosimi qanday?
40. Ballonda kislorod (O_2) va azot (N_2O) dan tashkil topgan gaz aralashmasi $P=1\text{ MPa}$ bosimga ega. Kislorod massasi aralashma massasining 20 ni tashkil etadi deb hisoblab, gazlarning alohida-alohida parsial bosimlari P_1 va P_2 aniqlansin.
41. O'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmda quyidagi gazlarning solishtirma issiqlik sig'irlarini aniqlang. 1. Kislorod (O_2); 2. Ammiak (H_3).
42. Biror bir gazning o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi $C_p=978\text{ J/kg}$. Uning molyar massasi $\mu=34\text{ kg/kmol}$. Shu gaz molekulalarining erkinlik darajalari nechiga teng?
43. Biror bir gazning o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'irlarining ayirmasi 260 J/kg . K ga teng. Shu gazning molyar massasi aniqlansin.
44. Normal sharoitda gazning zichligi $\rho=1,25\text{ kg/m}^3$ ga teng. Solishtirma issiqlik sig'irlarining nisbati $\gamma=1,4$. Shu gazning solishtirma issiqlik sig'irlari C_p va C_v aniqlansin.
45. $m_1=4\text{ g}$ vodorod va $m_2=22\text{ g}$ karbonad angidrididan tashkil topgan gazlar aralashmasi uchun γ topilsin.

46. Bir necha kilomol azot va 5 kilomol ammiakdan tashkil topgan aralashmaning solishtirma issiqlik sig'irlarining nisbati $\left(\frac{C_p}{C_v}\right)=1.35$.
- Arashmadagi azotning miqdori necha kilomol ekanligi aniqlansin.
47. Havoning tarkibida 25% suv bug'i bor. Quruq havoning molyar massasi $\mu=0,029$ kg/mol ga teng bo'lgan ikki atomli gaz deb hisoblab, o'zgarmas P bosimda nam havoning solishtirma issiqlik sig'irini aniqlansin.
48. Issiqlik sig'irining klassik nazariyasi bo'yicha quyidagi kristallarning solishtirma issiqlik sig'irlari C ni hisoblang: 1) alyuminiy; 2) mis; 3) platina.
49. Biror bir gaz normal sharoitda $\rho=0,0894$ kg/m³ zichlikka ega. Bu qanday gaz ekanligi va solishtirma issiqlik sig'irlari C_p va C_v nimaga teng ekanligi aniqlansin.
50. Biror bir gaz $P=10^6$ Pa bosimda va $T=100$ K haroratda $v = 0.104$ m³/kg solishtirma hajmga ega. Agar solishtirma issiqlik sig'irini $C_p=912.8$ J/kg ga teng bo'lsa, $\gamma=C_p/C_v$ aniqlansin. Bu qanday gaz?

2-mavzu. Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi. Statistik taqsimot

Masalalar yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi va undan kelib chiqadigan xulosalar faqat ideal gazlar uchun o'rinlidir, chunki uni keltirib chiqarishda molekullarning o'zaro ta'siri hisobga olinmagan; molekullarning o'zaro to'qnashishi elastik sharhlarning urilishi kabi qaraladi.

Issiqlik hodisalarining statistik nuqtai nazariga bog'liq masalalarni yechishda taqsimot funksiyalarini to'g'ri tanlash va matematik hisoblash juda muhimdir.

Masalalar yechish namunalari

1-masala. Hajmi $V=1\text{mm}^3$ bo'lgan suvdagi molekullar soni N ni va suv molekulasining massasi m ni aniqlang.

Shartli ravishda, suv molekullarini shar shaklida deb, o'zaro bir-biriga tegib turganda, molekula diametri d ni toping.

Yechish: m -massaga ega bo'lgan biror tizimda molekullar soni N Avogadro doimiysi N_A ning modda miqdori V ga ko'paytmasiga teng:

$N=vN_A$ chunki $v = \frac{m}{\mu}$, bunda μ molyar massa, unda $N = \frac{m}{\mu} N_A$. Bu formu-

lada massa zichligini hajm V ga ko'paytmasi orqali ifodalab quyidagini hosil qilamiz

$$N = \frac{\rho V N_A}{\mu} \quad (1)$$

Hisoblash vaqtida $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$ kg/mol deb olib, $N = 3,64 \cdot 10^{19}$ ta molekulanani topamiz.

Bitta molekula massasi quyidagi formula bilan topiladi:

$$m_1 = \frac{\mu}{N_A} \quad (2)$$

μ va N_A ning qiymatlarini qo'yib, suvning m_1 massasini topamiz

$$m_1 = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

Agar suvning molekulari o'zaro zich joylashgan bo'lsa, unda har bir molekula $V = d^3$ hajm (kub yacheykasi) to'g'ri keladi; Bunda d -molekula diametridir. Bundan

$$d = \sqrt[3]{V_1} \quad (3)$$

V_1 hajmni molyar hajmi V_m ni molekular soni N_A ga bo'lish bilan topiladi.

$$V_1 = \frac{V_m}{N_A} \quad (4)$$

(4)-ifodani (3)-ifodaga qo'ysak $d = \sqrt[3]{\frac{V_m}{N_A}}$ bunda $V_m = \frac{M}{\rho}$ ni hisobga olib natijada

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}} \quad \text{ni hosil qilamiz} \quad (5)$$

Endi (5) ifodaning o'ng tomoni uzlunlik birligini ifodalashni tekshiramiz:

$$\left\{ \frac{[M]}{[\rho][N_A]} \right\} = \left\{ \frac{1 \text{ kg} / \text{mol}}{1 \text{ kg} / \text{m}^3 * 1 / \text{mol}} \right\} = 1 \text{ m} \quad (6)$$

Hisoblashni yakunlaymiz: $d = \sqrt[3]{\frac{18 \cdot 10^{-3}}{10^3 * 6,02 \cdot 10^{23}}}$. $M = 3,11 \cdot 10^{-10}$ m $M = 311$ nm.

2-masala. Harorati $T = 286$ K bo'lgan kislorodning aylanma harakatdagi bitta molekulasini o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E \rangle$ ni hamda massasi $m = 4$ g bo'lgan kislorod barcha molekularning aylanma harakat kinetik energiyasi W ni toping.

Yechimi: ma'lumki gaz molekularining har bir erkinlik darajasiga bir xil o'rtcha energiya to'g'ri keladi va u shunday ifodalanadi

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT$$

Kislorod molekulasi ikki atomli bo'lgani uchun u ikkita aylanma harakat erkinlik darajasiga ega, shu tufayli kislorodning aylanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi 2 marta katta bo'ladi va quyidagicha aniqlanali:

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT = kT$$

bunda $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/k ga teng, demak $\langle \varepsilon_1 \rangle = 3,94 \cdot 10^{-21}$ J ni topamiz.

Hamma molekulalarning aylanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi

$$W = N \langle \varepsilon \rangle \quad (1)$$

ifoda bilan topiladi, agar tizimdagi molekulalar soni Avagadro doimiysining moddalar soni ν ga ko'paytmasiga teng deb olsak (1) tenglik quyidagini ifodalaydi

$$W = \nu N_A \langle \varepsilon \rangle = \frac{m}{\mu} N_A \langle \varepsilon \rangle \quad (2)$$

bu yerda: m – gazning massasi;

μ – uning molyar massasi (2) ga tegishli kattaliklarni qo'yib, $W=296$ J ni topamiz

3-masala. Biror hajmdagi gaz molekulalarining soni Avagadro doimiysi N_A ga teng. Ushbu gazni ideal deb, V tezligi ehtimollik tezligi v_{eh} dan 0,001 ga kichik bo'lganda molekulalar soni ΔN aniqlansin.

Yechish: masala yechimida molekulalar nisbiy tezliklarining U bo'yicha taqsimotidan foydalanish qulaydir $\left| U = \frac{v}{v_h} \right|$. Nisbiy tezliklari U dan $U+dU$ oralig'ida bo'lgan molekulalar soni $dN(U)$ quyidagi formula bilan topiladi

$$dN(U) = -\frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} e^{-U^2} U dU \quad (1)$$

bu yerda N -ko'rilayotgan hajmdagi hamma molekulalar soni; Masala shartiga ko'ra molekulalarning maksimal tezligi

$$V_{maz} = 0,001V_b \quad \text{yoki} \quad U_{max} = \frac{v_{max}}{v_h} = 0,001$$

Bunday qiymatlar uchun (1) ifodani soddalashtirib, $U \ll 1$ uchun $e^{-U^2} = 1 - U^2$ deb olib, U^2 - ifodani ushbu ko'rinishda yozish mumkin

$$dN(U) = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} U^2 dU \quad (2)$$

2-ifodani u bo'yicha 0 dan U_{max} gacha integrallash natijasida quyidagini hosil qilamiz

$$\Delta N = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} \int_0^{max} U dU = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} \left| \frac{U^2}{2} \right|_0^{U_{max}} = \frac{4N_A}{3\sqrt{\pi}} U_{max} \quad (3)$$

Bu formulaga $N_A \pi$ ni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz

$$\Delta N = \frac{4 * 6,02 * 10^{23}}{3 * \sqrt{3,14}} * 0,001^3 = 4,63 * 10^4 \quad \text{ta molekula}$$

4-masala. Massalari $m=10^{-18}$ g bo'lgan chang zarrachalari havoda muallaq holda turibdi. Chang zarrachalari konsentratsiyasining farqi 1% dan oshmaydigan havo qatlamini aniqlang. Havoning harorati butun hajm bo'yicha bir xil va $T=300$ K ni tashkil etadi.

Yechish: muvozanat holatda chang zarrachalarining taqsimlanishidan konsentratsiya farqat vertikal yo'nalishdagi o'q bo'yicha koordinataga bog'liq. Bu holatda chang zarrachalarini taqsimoti uchun Bolsman formulasidan foydalanish mumkin

$$n = n_0 e^{-\frac{W}{kT}}$$

Chunki bir jinsli maydonda og'irlik kuchi $W_p = mgh$

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

Masalaning shartiga ko'ra balandlikka qarab konsentratsiyaning o'zgarishi $n \left| \frac{\Delta n}{n} \right| = 0,01$ ga nisbatan juda kichikdir. Shu sababli konsentratsiya o'zgarishi Δn ni differensial dn bilan almashtirish mumkin. (2)- ifodani z bo'yicha differensiallab, quyidagini hosil qilamiz

$$dn = -n_0 \frac{mg}{kT} e^{-\frac{mgZ}{kT}} dZ$$

bu yerda $n_0 e^{-\frac{mgZ}{kT}} = n$ bo'lgani uchun $dn = -\frac{mg}{kT} n dZ$. Ushbu tenglamadan bizni qiziqtirayotgan koordinatalar o'zgarishini topamiz

$$dZ = \frac{kT \Delta n}{mgn}$$

Bu yerdagi manfiy ishora koordinatalarning musbat tomonga o'zgarishi ($dZ > 0$) konsentratsiyaning kamayishiga olib kelishini ifodalaydi. Bu masalada manfiy ishora ahamiyatsiz bo'lgani uchun, dZ va dn differensiallarni ΔZ va Δn tugallangan orttirma bilan almashtirib

$$\Delta Z = -\frac{kT}{mg} * \frac{\Delta n}{n}$$

ni topamiz. Kattaliklarning qiymatini qo'yamiz: $\frac{\Delta n}{n} = 0,001$; $k = 1,38 * 10^{-23}$

J/K; $T = 300$ K; $m = 10^{-21}$ kg; $g = 9,8$ m/s²; $\Delta Z = 4,23$ mm bo'ladi.

Hosil bo'lgan natijalarga ko'ra, quyilagini aytish mumkin. Juda kichik chang zarrachalarining ($m = 10^{-18}$ kg) konsentratsiyasi ham balandlik bo'yi-

cha juda tez o'zgaradi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Quyidagi gazlarning molyar massasi μ ni va bitta molekula massasi m_1 ni toping.
 - kislorod;
 - azot;
 - azot oksidi (NO).
2. Harorati $T=300$ K, bosimi $P=1$ mPA bo'lgan ideal gaz molekularining konsentratsiyasini aniqlang.
3. Normal sharoitda hajmi $V=0,5$ l bo'lgan kolbada joylashgan ideal gaz molekularining sonini toping.
4. Massasi $m=1$ g bo'lgan quyidagi gazlarda nechtadan atom bor?
 - a) geliy; b) uglerod; v) ftor.
5. Hajmi $V=3$ litrli ballonda massasi $m=4$ g bo'lgan kislorod bor. Gazning miqdorini va molekular konsentratsiyasi n ni aniqlang.
6. Harorat $T=300$ K va bosim $P=5$ MPa bo'ganda, hajmi $V=30$ l balonida nechta gaz molekulasini bo'ladi?
7. Massasi $m=10$ g bo'lgan azot molekularining uchdan bir qismi atomlarga parchalandi. Shunday gazdagi hamma zarrachalar soni N ni aniqlang.
8. Harorat $T=290$ K, bosim $P=5$ kPa bo'lganda hajmi (sig'imi) $V=240$ sm³ kolbadagi moddaning miqdori V va gazning molekular soni N ni aniqlang.
9. Suyuqlikning molekulari shar shaklida, o'zaro bir-biriga yopishgan sharoitda uglerod sulfati CS₂ ning molekula idametrini aniqlang. Suyuqlikning zichligi ma'lum, deb kabul kiling.
10. Hajmi $V=100$ sm³ bo'lgan kolbada harorati $T=300$ K ga teng gaz bor. Agar kolbada to'kilish natijasida $N=10^{20}$ molekula chiqib ketse, gazning bosimi P qanchaga o'zgaradi?
11. Normal sharoitdagi suv bug'i molekulari markazlari orasidagi o'rtacha masofani toping va uni molekulaning diametri bilan taqqoslang ($d=0,31$ nm).
12. Idishda kislorod va vodorod aralashmasi bor. Aralashmaning massasi $m=3,6$ g ga teng. Kislorodning massa ulushi 0,6. Aralashmadagi modda miqdori V va v_1 ; v_2 har bir gaz uchun alohida topilsin.
13. $V=4$ l bo'lgan idishda massasi $m=1$ g vodorod bor. Idishning 1 sm³ hajmidagi molekular soni aniqlansin.
14. Hajmi $V=80$ m³ harorat $t=17^{\circ}\text{C}$ va bosimi $P=750$ mm. sim. ust. bo'lgan xonada qancha molekula bor?

15. Sig'imi(hajmi) 2,24 l bo'gan idishda normal sharoitda kislorod bor. Idishdagi kislorod modda miqdori V ni massasini va molekular konsentratsiyasini aniqlang?
16. Massasi 0.5 kg bo'lgan kislorod modda miqdori V ni va molekular soni N ni aniqlang.
17. Massasi m=1 g, modda miqdori P=0,2 mol bo'lgan simobda qancha atom bor?
18. Hajmi 1 sm³ bo'lgan suvning harorati t=4°C, suvdagi modda miqdori V va molekular soni N ni aniqlang.
19. Ish tutuzilgan molyar massa μ ni va bitta molekula massasi m ni toping.
20. Modda miqdori V=0,2 mol bo'lib, 2 l hajmni egallagan kislorod molekularining konsentratsiyasini toping?
21. 3 l idishni egallagan vodorod modda miqdorini aniqlang. Bunda gaz molekularining konsentratsiyasini $2 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3}$ ga teng deb oling.
22. Sig'imi 3 l li idishda bosimi P=540 kPa gazning hamma molekulari ilgarilanma harakatni umumiy kinetik energiyasi $\langle E_k \rangle$ toping .
23. Geliyning miqdori $\nu = 1.5$ mol, harorati T=120 K. Gazning hamma molekulari ilgarilanma harakatining umumiy kinetik energiyasini toping.
24. Harorati T=500 K bo'lgan bug'ning bitta molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E_{o,r} \rangle$ ni toping.
25. Gazning bosimi P=1 mPa, molekular konsentratsiyasi $n=10^{10} \text{ sm}^{-3}$ bo'lganda gaz harorati T ni molekular ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E \rangle$ ni toping.
26. Harorati T=600 K bo'lgan suv bug'i molekulasining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E_k \rangle$ ning va to'liq kinetik energiyasi $\langle E \rangle$ ning o'rtacha qiymatini hamda $\nu=1$ kmol modda miqdoriga ega bo'lgan suv bug'ining hamma molekulari ilgarilanma harakat energiyasi W ni aniqlang.
27. Harorat T=400 K bo'lganda geliy, kislorod va suv bug'ning bitta molekulari to'liq kinetik energiyasi o'rtacha qiymati $\langle E \rangle$ ni toping.
28. Havosi simob bug'i bilan ifloslangan xonaning V=1 m³ hajmida t=20°C da bo'lgan, agar shu haroratda to'yingan simob bugining bosimi P=0,13 Pa bo'lsa, simob molekularining N soni aniqlansin.
29. Harorat t=27°C bo'lganda ammiyak (NH₃) bitta molekulasining to'liq kinetik energiyasini va aylanma harakat kinetik energiyasini toping.
30. Modda miqdori 1 mol bo'lgan vodorod gazning hamma molekularini dissotsiatsialashi uchun zarur bo'lgan energiya $W_m = 419 \text{ kJ mol}$ ga teng. Gazning harorati qanday bo'lganda, uning molekulari ilgarilanma

- harakatining o'rtacha kinetik energiyasi ularni parchalash uchun yetarli bo'ladi?
31. Qanday haroratda gaz molekulasi ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E_{ilg} \rangle = 4,14 \cdot 10^{-21}$ J gat eng bo'ladi.
 32. Massasi $m=20$ g bo'lgan kislorodni $t=10^0$ C haroratdagi ichki energiyasi U ni toping. Bu energiyaning qanday qismi molekulaning ilgarilanma harakatiga, qanday qismi aylanma harakatga to'g'ri keladi?
 33. Massasi $m=1$ kg azotdagi molekulalarning $t=7^0$ C haroratdagi aylanma harakat energiyasi $\langle E_{ayl} \rangle$ ni toping.
 34. Hajmi $V=2$ l bo'lgan idshda 150 kPa bosim ostida turgan ikki atomli gazning ichki energiyasi U ni toping.
 35. Tezliklari o'rtacha arifmetik tezlikdan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydigan molekulalarning nisbiy soni topilsin.
 36. T_1 va $T_2 = 2 T_1$ haroratlarda Maksvell taqsimoti egri chiziqlari tezlik v ning qanday qiymatlarida o'zaro kesishadi?
 37. Hajmi $V=2$ m³ ga, bosimi $P=200$ kPa ga teng bo'lgan gaz molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v_{kv} \rangle$ ni toping, gaz massasi $m=0,3$ g.
 38. Oltinugurt anhidridi (SO_2) ning harorati $T=473$ K. Molekulalarining qanday qismining tezliklari $v_1=420$ m/s bilan $V_2= 430$ m/s oralig'ida yotadi?
 39. Muvozanat holatda turgan azotning harorati $T=421$ K. Tezliklari $V_1=499.9$ m/s dan $V_2=500$ m/s gacha bo'lgan oraliqda yotgan molekulalarning nisbiy soni $\Delta N/N$ topilsin.
 40. Havoning qanday T haroratida azot va kislorod molekulalarining o'rtacha arifmetik tezliklari $\Delta V=20$ m/s ga farq qiladi?
 41. Harorati $T=300$ K ga teng bo'lganda molekulasi ehtimolligi eng katta bo'lgan tezlik qanday bo'ladi?
 42. Tezliklari o'rtacha kvadratik tezlikdan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydigan gaz molekulalarining nisbiy soni topilsin.
 43. Azot oksidi NO ning harorati $T=300$ K. Tezliklari $V_1=820$ m/s dan $V_2=830$ m/s gacha bo'lgan oraliqda bo'lgan molekulalarning ulushi aniqlansin
 44. Vodorod harorati $t=7^0$ C bo'lganda azot molekulalari sonining qanday qismi $v_1= 500$ m/s dan $V_2= 510$ m/s gacha oraliqdagi tezlikka ega?
 45. Normal sharoitda vodorod $V=1$ sm³ hajmni egallab turibdi. Shu hajmda $V_{max} = 1$ m/s tezlikdan kichik tezliklarga ega bo'lgan molekulalar soni n topilsin.
 46. Agar $P=133$ Pa bosimda gaz zichligi $\rho=1,475 \cdot 10^{-5}$ kg/m³ bo'lsa, azot molekulalarining o'rtach arifmetik tezligi va ularning ilgarilanma harakat energiyasi aniqlansin.

47. Hajmi $V=10,5$ l bo'lgan ballondagi vodorod harorati $t=0^{\circ}\text{C}$ va bosimi $P=750$ mm.sim.ust.ga teng. Tezliklari $V_1=1,19 \cdot 10^3$ m/s dan $V_2=1,21 \cdot 10^3$ m/s gacha oraliqda bo'lgan vodorod molekularining soni topilsin.
48. Gaz molekularining qanday qismi tezliklari ehtimolligi eng katta bo'lgan tezlidan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydi?
49. Qanday haroratda 200m/s oraliqdagi tezlikka ega bo'lgan vodorod molekularining soni tezliklari $2000\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$ oraliqda bo'lgan molekular soniga teng bo'ladi?
50. Gaz molekulari qanday qismining ilgarilanma harakat kinerik energiyalari ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyadan 1% dan ko'pga farq qilmaydi?

3-mavzu. Ko'chish hodisalari. Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Masalalar yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

1. Ko'chish hodisalariga oid bo'lgan masalalarni yechganda bunday hodisalar termodinamik muvozanat buzilganda yuzaga keladi. Muvozanat o'rnatilishi jarayonida molekularning o'zaro to'qnashuvlarida nima muhim rol o'ynaydi. Ko'chish molekularining erkin yugurish uzunligi va o'rtacha tezlik orqali aniqlanishi mumkin, demak, ular biri ikkinchisi orqali ifodalanishi mumkin.
2. Issiqlik mashinalarida aylanma jarayonlar ko'rilayotganda quyidagi-ni aniqlash kerak: qaysi jarayonlar davomida ishchi modda (gaz) issiqlik-ni isitkichidan oladi va qaysi jarayonlarda gaz issiqlik-ni sovutgichga beradi.
Sikl davomida bajariladigan ish shu issiqlik miqdorlari farqiga teng. Karno sikli FIK isitgich va sovutgichlarning absolyut harakatlari orqali ifodalanishi mumkin.
3. Termodinamik tizimning entropiyasi o'zgarishi doim keltirilgan issiqlik miqdori orqali aniqlanadi:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

bu yerda tizimga berilgan yoki tizimdan olingan issiqlik miqdori qaralayotgan jarayonning xususiyati bilan aniqlanadi.

Masalalar yechish namunalari

1-masala. Agar $T=273$ K da kislorod uchun ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\eta=18,8 \cdot 10^{-6}$ Pa.s ga teng bo'lsa, kislorod molekulasining effektiv diametri topilsin.

Yechish. Ichki ishqalanish koeffitsiyentining molekula tezligi va erkin yugurish uzunligi orasidagi o'zaro bog'lanishidan foydalanib, kislorod molekulasini diametrini topish mumkin

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho \quad (1)$$

bu yerda: $\langle v \rangle$ – molekularning o'rtacha arifmetik tezligi;

$\langle \lambda \rangle$ – o'rtacha erkin yugurish uzunligi;

ρ – gazning berilgan sharoitdagi zichligi. O'rtacha arifmetik tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi

$$v = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \quad (2)$$

bu yerda: R – universal gaz doimiysi;

T – absolyut harorat;

μ – bir mol gaz massasi.

O'rtacha erkin yugurish uzunligi quyidagi formula bilan ifodalanadi

$$\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2\pi}d^2P} \quad (3)$$

bu yerda: k – Bolsman doimiysi;

d – molekulaning effektiv diametri;

P – gaz bosimi.

Gaz zichligini ideal gaz holat tenglamasidan aniqlash mumkin

$$\rho = \frac{\mu P}{RT} \quad (4)$$

(2), (3) va (4) ifodalarni (1) formulaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz

$$\eta = \frac{2k}{3\pi d^2} \sqrt{\frac{\mu T}{\pi R}} \quad (5)$$

Bundan molekulaning diametri

$$d = \sqrt{\frac{2 * 1,38 * 10^{-23}}{3 * 3,14 * 18,8 * 10^{-6}}} \sqrt{\frac{0,032 * 273}{3,14 * 8,31}} = 3 * 10^{-10} m$$

2-masala. $\nu=1$ mol modda miqdoridagi ikki atomli ideal gaz bosimi $P=250$ kPa va $V=10$ l hajimni egallaydi. Avval gaz izoxorik ravishda $T=400^0K$ gacha qizdirilgan, so'ngra izotermik ravishda kengaytirilib, boshlang'ich bosimgacha keltirilgan. Undan keyin gaz izobarik ravishda siqilib, u boshlang'ich holatiga keltiriladi. Siklning FIK aniqlansin.

Yechish. Sikl 1-2 izoxora, 2-3 izoterma va 3-1 izobaradan tashkil topgan. Har qanday siklning FIK quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (1)$$

bu yerda: Q_1 – sikl davomida gazning isitgichdan olgan issiqlik miqdori;

Q_2 – sikl davomida gazning sovutgichga bergan issiqlik miqdori.

Issiqlik miqdorlar farqi $Q_1 - Q_2$ sikl davomida gaz bajargan ish A ga teng. Ishchi modda (gaz) Q_1 issiqlik miqdorini siklning ikki qismida: yani $Q_{1,2}$ ni 1-2 davomida izoxorik jarayonda va $Q_{2,3}$ ni 2-3 izotermik jarayon davomida oladi.

Demak,

$$Q_1 = Q_{1,2} + Q_{2,3} \quad (2)$$

Izoxorik jarayon davomida gazning olgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q_{1,2} = C_v \nu (T_2 - T_1) \quad (3)$$

bu yerda: C_v – o'zgarmas hajmdagi gazning molyar issiqlik sig'imi;
 ν – modda miqdori. Mendeleyev- Klapeyron tenglamasidan foydalanib, boshlang'ich holat harorati T_1 ni aniqlash mumkin

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R} \quad (4)$$

Izotermik jarayon davomida gazning olgan issiqlik miqdori quyidagiga teng

$$Q_{2,3} = \nu R T_2 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (5)$$

bu yerda V_2 – harorati T_2 va bosimi P_1 bo'lgan gazning egallagan hajmi.
 2-1 izobarik jarayon davomida Q_2 issiqlik miqdorini beradi

$$Q_2 = Q_{3,1} = C_p \nu (T_2 - T_1) \quad (6)$$

bu yerda C_p – izobarik jarayonda gazning molyar issiqlik sig'imi.

Q_1 va Q_2 uchun chiqarilgan ifodalarni (1) formulaga qo'yamiz

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\nu C_p (T_2 - T_1)}{\nu C_p (T_2 - T_1) + \nu R T_2 \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (7)$$

Chiqarilgan ifodadan hajmlar nisbatini Gey-Lyussak qonuniga binoan haroratlar nisbati bilan almashtirsak bo'ladi: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$. Molyar issiqlik sig'imlar C_v va C_p ni molekulaning erkinlik darajasi orqali ifodalash mumkin

$$C_v = \frac{i}{2} R; \quad C_p = \frac{i+2}{2} R \quad (8)$$

U holda bu ifodalarni (7) formulaga qo'ysak, quyidagiga ega bo'lamiz

$$\eta = 1 - \frac{(i+2)(T_2 - T_1)}{i(T_2 - T_1) + 2T_2 \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)} \quad (9)$$

Hisoblashlarni bajarib, quyidagini topamiz: $\eta = 0,041 = 4,1\%$.

3-masala. Harorati $t_1=100^{\circ}\text{C}$ va massasi $m_1=1,11$ kg bo'lgan suv bug'i oqimi, harorati $t_2=0^{\circ}\text{C}$ va masasi $m_2=5$ kg ga teng muz bo'lagiga yo'naltirilib, uni eritgan va hosil bo'lgan suvni $t_3=50^{\circ}\text{C}$ haroratgacha isitgan. Tavsiflangan jarayonlardagi entropiya o'zgarishi topilsin.

Yechish. Tizim 1-holatga o'tishdagi entropiya o'zgarishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Tavsiflangan jarayonlarning har biridagi entropiya o'zgarishini topamiz.

1) muz eriganda harorat T_2 doimiy qoladi va $T=273\text{K}$ ga teng. Doimiy haroratni integral belgisidan tashqariga chiqarsak, quyidagini hosil qilamiz

$$\Delta S = \frac{1}{T_2} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T_2}$$

bu yerda Q – muz erishi uchun kerakli issiqlik miqdori

$$Q = \lambda m_2 = 3,35 * 10^5 * 5 = 1,67 * 10^6 \text{J}$$

Demak,

$$\Delta S_1 = \frac{1,67 * 10^6 \text{J}}{273\text{K}} = 6,12 * 10^3 \text{J/K}$$

2) suvni dT ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$dQ = C m_2 dT$$

Binobarin, suvni isitganda entropiya o'zgarishi shunday ifodalanadi:

$$\Delta S_2 = \int_1^2 \frac{C m_2 dT}{T} = C m_2 \ln \frac{T_3}{T_2}$$

Berilgan son qiymatlarini qo'yib topamiz:

$$\Delta S = 4,19 * 10^3 * 5 * \frac{323\text{J}}{273\text{K}} = 3,52 * 10^3 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

bug'ning shu haroratdagi suvga aylanishida entropiya o'zgarishini muzning erishidagi mulohazalarga asoslangan holda aniqlash mumkin, yani

$$\Delta S_3 = \frac{1}{T_1} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T} = -\frac{\eta m_1}{T_1} = -\frac{2,25 * 10^6 * 1,1}{373} \approx 6,7 * 10^3 \text{J/K}$$

3) entropiya o'zgarishiga <<minus>> ishora qo'yiladi, chunki issiqlik ajralib chiqadi.

4) nihoyat, hosil bo'lgan issiq suvning sovushida sodir bo'ladigan entropiya o'zgarishini suv isitishda ishlatilgan mulohazalarga asoslanib to-

pamiz, yani

$$\Delta S_4 = \int_1^3 \frac{cm_1 dT}{T} = cm_1 \ln \frac{T_3}{T_2} = 4,19 * 10^3 * 1,1 * \ln \frac{323}{373} = -670 J / K$$

To'liq entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = (6,12 * 10^3 + 3,52 * 10^3 - 6,67 * 10^3 - 0,67 * 10^3) = 2,27 * 10^3 J / K$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Harorat $T=27^\circ\text{C}$ va bosimi $P=53,2$ kPa bo'lgan azot molekularining 1s dagi o'rtacha to'qnashish soni z topilsin. Azot molekulasining effektiv diametri $d=0,3$ nm.
2. Bosim $P=0,1$ Pa va harorat $T=100$ K bo'lganda, vodorod molekulari erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle$ topilsin. Vodorod molekulasining effektiv diametri $d=0,23$ nm.
3. Izoxorik jarayonda ideal gaz molekulasining 1 s da to'qnashuv soni z ning bosim P va harorat T ga bog'lanishi topilsin.
4. $V=10$ l hajmli ballonda $m=1$ g massali vodorod bor. Molekularning erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi aniqlansin. Vodorod molekulasining effektiv diametri $d=0,23$ nm.
5. Agar molekula erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle = 1$ sm ga teng bo'lsa, siyraklashgan vodorod zichligini aniqlang. Vodorod molekulasining effektiv diametrik $d=0,23$ nm.
6. Izobarik jarayonda ideal gaz molekulasining erkin yugurish yo'li uzunligi $\langle\lambda\rangle$ ning harorat T ga bog'lanishi topilsin.
7. Harorat $T=250^\circ\text{C}$ va bosim $P=100$ kPa bo'lganda, kislorod molekulasini erkin yugurishining o'rtacha davomiyligi $\langle\tau\rangle$ ni toping. Kislorod molekulasining effektiv diametri $d=0,27$ nm.
8. Izoxorik jarayonda ideal gaz molekulasining erkin yugurish yo'li o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle$ ning bosimi P va harorati T topilsin.
9. Izotermik jarayonda ideal gaz molekulasining erkin yugurish yo'li o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle$ ning bosim P ga bog'lanishi topilsin.
10. Izotermik jarayonda ideal gaz molekulasini 1 s da o'rtacha to'qnashuvlar soni z ning bosim P ga bog'lanishi topilsin.
11. Normal sharoitda kislorod molekulari erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle=10^{-3}$ sm. Molekularning o'rtacha arifmetik tezligi $\langle v \rangle$ va molekularning 1 s dagi to'qnashuvlar soni z hisoblansin.
12. Agar vodorod molekulari uchun normal sharoitda erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle\lambda\rangle=1,12*10^{-5}$ sm bo'lsa, vodorod molekulasining diametri d topilsin.
13. Agar $T = 0^\circ\text{C}$ haroratli azot joylashgan $D=10$ sm diametrli idishda

$P=1,33$ mkPa hosil qilsak, u holda shu vakuumni yuqori deb hisoblash mumkin. Azot molekulasi diametri $d=3,1 \cdot 10^{-8}$ sm. Ma'lumki, agar molekularning erkin yugurish o'rtacha uzunligi idishning chiziqli o'lchamlaridan ancha katta bo'lsa, vakuum yuqori deb hisoblanadi.

14. Idishda karbonat angidrid (CO_2) bor. Uning zichligi $\rho=1,7$ kg/m^3 va molekularning erkin yugurish yo'li uzunligi $\langle \lambda \rangle = 0,79 \cdot 10^{-5}$ sm. Karbonat angidrid molekulasi diametri topilsin.
15. $P_1=10^3$ Pa bosimda molekula 1 s da o'rtacha $z_1=3 \cdot 10^9$ marta to'qnashadi. $P_2=0,133$ Pa bosimda u necha marta to'qnashishi mumkin? $T=\text{const}$.
16. Bir xil bosim va haroratda ikki turdagi gazlar mavjud. Agar gaz atomlarining diametrlari 1:4 va massalari 1:5 mos nisbatda bo'lsa, shu gaz atomlari uchun vaqt birligidan to'qnashuvlar soni necha martaga farqlanishini aniqlang.
17. Yerning sun'iy yo'ldoshida o'rnatilgan ionizatsion monometr yordamida yer sirtidan $h=300$ km balandlikda atmosferaning $V=1$ sm^3 hajmida gaz molekularining soni $n=10^9$ ta ga yaqin ekanligi aniqlandi. Shu balandlikda molekularning erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle$ topilsin. Molekularning effektiv diametri $d=0,2$ nm.
18. $T=0^\circ\text{C}$ zaroratda va biror bir bosimda kislorod molekulasi erkin yugurish yo'li o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle = 95$ nm ga teng. Agar idishdagi havoni boshlang'ich bosimning 0,01 gacha so'rib olsak, 1 s dagi kislorod molekularining o'rtacha to'qnashuvlar soni nimaga teng? $T=\text{const}$.
19. $D=15$ sm diametrli sferik idishda molekular bir biri bilan to'qnashmasligi uchun $V=1$ sm^3 hajmida eng ko'pi bilan nech molekula bo'lishi kerak? Gaz molekulasi effektiv diametrini $d=0,3$ nm deb qabul qiling.
20. Biror bir gaz molekularining 1 s da, agar shu sharoitda molekulaning erkin yugurish yo'li o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle = 0,5$ mm ga va o'rtacha kvadratik tezligi $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = 500$ m/s ga teng bo'lsa, o'rtacha to'qnashuvlar soni z topilsin.
21. Agar gazning bosimi izoxorik jarayon natijasida $n=4$ marta ortsa, bir atomli gaz molekularining $S=1$ m^2 yuzali ballonning devoriga 1 s dagi urilishlar soni z qanchaga o'zgaradi.
22. Adiabatik jarayonda o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligi $\langle \lambda \rangle$ ning bosim P va harorat T ga bog'liqligi topilsin.
23. Adiabatik jarayonda ideal gaz molekulasi 1 s da o'rtacha to'qnashuvlar soni z ning bosim P va harorat T ga bog'liqligi topilsin.
24. Normal sharoitda geliy atomi erkin yugurish yo'lining uzunligi

- $\langle \lambda \rangle = 180$ mm. Diffuziya koeffitsiyenti D aniqlansin.
25. 0°C haroratda kislorodning diffuziya koeffitsiyenti $D=0,19$ sm^2/s ga teng. Gaz molekulasining erkin yugurish yo'li $\langle \lambda \rangle$ aniqlansin.
 26. Normal sharoitda azotning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\eta=17$ mkPa ga teng. Erkin yugurish yo'li $\langle \lambda \rangle$ topilsin.
 27. Normal sharoitda vodorodning diffuziya koeffitsiyenti $D=0,91$ sm^2/s ga teng. Vodorodning issiqlik o'tkazuvchanligi koeffitsiyenti aniqlansin.
 28. Azotning harorati $T=27^{\circ}\text{C}$ va erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle = 10^{-5}$ sm . $S=100$ sm^2 yuzasidan agar yuzagacha perpendikulyar yo'nalishda zichlik gradienti $\frac{dp}{dx} = 1,26$ kg/m^4 ga teng bo'lsa, $t=10$ s vaqtda diffuziya tufayli o'tgan azot miqdorini toping.
 29. Biror gazning bosimi qanday bo'lganda, shu gazning ichki ishqalanish koeffitsiyenti diffuziya koeffitsiyentiga nisbatan $n/D=0,3$ kg/m^3 ga teng va uning molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = 632$ m/s ga teng bo'la oladi?
 30. Harorat $T=0^{\circ}\text{C}$ va bosim $P=10^5$ Pa ga teng bo'lganda, agar shu sharoitlarda uning ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\eta=1,3 \cdot 10$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ga teng bo'lsa, geliy molekularining erkin yugurish yo'li topilsin.
 31. Bosimi $P=100$ kPa va harorati $T=10^{\circ}\text{C}$ bo'lgan havo molekularining diffuziya koeffitsiyenti topilsin. Havo molekulasining diametri $d=3 \cdot 10^{-10}$ m deb qabul qilinsin.
 32. Bosimi $P=100$ kPa va harorati $T=10^{\circ}\text{C}$ bo'lgan havoning ichki ishqalanish koeffitsiyenti topilsin. Havo molekulasining diametri $d=3 \cdot 10^{-10}$ m deb qabul qilinsin.
 33. Kislorodning ichki ishqalanish koeffitsiyenti azotning ichki ishqalanish koeffitsiyentidan necha marta ortiq? Gazlarning harorati va molekularining diametrlari bir xil.
 34. Kislorodning diffuziya koeffitsiyenti $D=1,22 \cdot 10^5$ m^2/s va ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\eta=1,95 \cdot 10^{-5}$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ga teng. Shu sharoitda gazning zichligi ρ topilsin.
 35. Kislorodning diffuziya va ichki ishqalanish koeffitsientlari $D=1,22 \cdot 10^{-5}$ m^2/s va $\eta=1,95 \cdot 10^{-5}$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ga teng. Gaz molekularining erkin yugurish yo'li $\langle \lambda \rangle$ topilsin. Kislorod molekulasining diametri $d=3 \cdot 10^{-10}$ m .
 36. Kislorodning diffuziya koeffitsiyenti $D=1,22 \cdot 10^{-5}$ m^2/s . Agar shu sharoitda kislorod molekularining erkin yugurish yo'li $\langle \lambda \rangle = 8,4 \cdot 10^{-8}$ m ga teng bo'lsa, gaz molekularining o'rtacha arifmetik tezligi $\langle v \rangle$ topilsin.
 37. Agar vodorodning ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\eta=8,6 \cdot 10^{-6}$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ga teng ekanligi ma'lum bo'lsa, uning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

- yenti \mathfrak{R} topilsin.
38. Harorat $T=10^0\text{C}$ ga teng bo'lgan havoning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti topilsin. Havо molekulasining diametrik $d=3\cdot 10^{-8}\text{sm}$ ga teng deb qabul qilinsin.
 39. Hajmi $V=2\text{ l}$ idishda $N=4\cdot 10^{22}$ ta ikki atomli gazning molekulari joylashgan. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\mathfrak{R}=0,014\text{ Vt/m.K}$. Shu sharoitda gazning diffuziya koeffitsiyenti D topilsin.
 40. Izotermik jarayonda diffuziya koeffitsiyenti D qovushqoqlik koeffitsiyenti η va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti \mathfrak{R} ning bosim P ga bog'liqligi topilsin.
 41. Izobarik jarayonda diffuziya koeffitsiyenti D qovushqoqlik koeffitsiyenti η ning harorat T ga bog'liqligi topilsin.
 42. Izobarik jarayonda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti \mathfrak{R} ning harorat T ga bog'liqligi topilsin.
 43. Qalinligi $d=49\text{ sm}$ g'ishtdan qilingan devor kabi issiqlik yo'qotish uchun yog'ochdan yasalgan devorning qalinligi qanday bo'lishi kerak? Ikki holda ham binoning ichki va tashqi haroratlari farqi bir hil. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari: g'ishtniki $\mathfrak{R}_1=0,7\text{ Vt/m.K}$, yog'ochniki $\mathfrak{R}_2=0,175\text{ Vt/m.K}$.
 44. Bug' qog'ozning shifti ikki qatlam issiqlik izolatsiyasidan iborat. Agar shiftning tashqi sirtlarining harorati $T=800^0\text{C}$ va $T_3=60^0\text{C}$, har qatlamning qalinligi va issiqlik o'tkazuvchanligi esa mos ravishda $d_1=500\text{ mm}$, $\mathfrak{R}_1=1,3\text{ Vt/m.K}$ $d_2=200\text{ mm}$, $\mathfrak{R}_2=0,16\text{ Vt/m.K}$.
 45. Vodorod plazmasidagi ionlarning diffuziya koeffitsiyenti D topilsin, plazmaning harorati $T=10\text{ K}$, $V=1\text{ m}^3$ hajimdagi ionlar soni $n=10^{15}$ ga teng. Ko'rsatilgan haroratda vodorod ionlarining effektiv kesim yuzi $\sigma=4\cdot 10^{-20}\text{ sm}^2$ ga teng deb hisoblang.
 46. Samolyot $v=360\text{ km/soat}$ tezlik bilan uchib bormoqda, samolyot qanotining qovushqoqligi tufayli ergashtirib ketayotgan havо qatlamining qalinligi $\Delta X=4\text{sm}$ ga teng deb hisoblab, qanotining har bir kvadrat metr yuzasiga ta'sir qiluvchi urinma kuch topilsin. Havо molekulasining diametri $d=3\cdot 10^{-8}\text{ sm}$ gat eng deb qabul qilinsin. Havо harorati $T=0^0\text{C}$.
 47. Ikki atomli gaz adiabatik ravishda boshlang'ich hajmdan ikki marta katta hajimgacha kengaydi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti \mathfrak{R} qanday o'zgarishi topilsin. Molekulaning effektiv diametrini o'zgarimas deb hisoblang.
 48. Radiusi $R_1=10\text{ sm}$ va uzunligi $l=30$ bo'lgan silindr, radiusi $R_2=10,5\text{ sm}$ ga teng boshqa silindr ichiga shunday joylashganki, ularning o'qlari

ustma-ust tushgan kichik silindr qo'zg'almas, kattasi esa geometrik o'qqa nisbatan $v=15s^{-1}$ chastota bilan aylanayapti. Silindr atrofidagi gazning qovushqoqlik koeffitsiyenti $\eta=8,5$ mkPa.s. Ichki silindrning sirtiga urinma ravishda tasir etuvchi kuch aniqlansin.

49. Radiuslari $R=20$ sm bo'lgan ikki gorizontal disklar biri ikkinchisi ustida shunday joylashganki, ularning o'qlari ustma-ust tushgan. Disklarning tekisliklari orasidagi masofa $d=0,5$ sm. Ustki disk qo'zg'almas, pastki disk esa geometrik o'qqa nisbatan $v=10 s^{-1}$ chastota bilan aylanayapti. Ustki diskka ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment topilsin. Disklar atrofidagi havoning qovushqoqlik koeffitsiyenti $\eta=17,6$ mkPa.s.
50. Harorati $T=300^0K$ va bosimi $P=1$ mPa bo'lgan ultra siyraklashgan azot gazida ikkita o'zaro parallel plastinkalar bir-biriga nisbatan $v=1$ m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Plastinkalar orasidagi masofa o'zgarmas bo'lib, u molekullarning erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligidan ko'p marta kichik. Plastinkalarning $S=1$ m² sirtiga ta'sir etuvchi ichki ishqalanish kuchi F aniqlansin.

3-§. ELEKTROSTATIKA

Asosiy formulalar

Zaryadlar saqlanish qonuni: $\sum_{i=1}^n q_i = const$ bunda, n – zaryadlar soni. Ikki nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi uchun Kulon qonuni:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}$$

yoki vektor ko'rinishida:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

bu yerda: ϵ – muhitning dielektrik singdiruvchanligi, $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$;

$|q_1|$ va $|q_2|$ – nuqtaviy zaryad kattaliklari;

r – zaryadlar orasidagi masofa;

$\frac{Kl^2}{(N \cdot m^2)}$ – elektr doimiysi deyiladi;

r – bir zaryaddan ikkinchi zaryadga o'tkazilgan radius-vektor.

Elektr maydon kuchlanganligi son jihatdan bir birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch bilan xarakterlanadi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

bu yerda \vec{F} – maydonning berilgan nuqtasiga joylashtirilgan nuqtaviy musbat q zaryadga ta'sir etuvchi kuch.

Elektr maydonga joylashtirilgan nuqtaviy q zaryadga ta'sir etuvchi kuch

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Elektr maydon kuchlanganlik vektori \vec{E} ning oqimi:

a) bir jinsli bo'lmagan maydonga joylashtirilgan ixtiyoriy S sirt orqali

$$\Phi_E = \int_S E \cos \alpha dS \quad \text{yoki} \quad \Phi_E = \int_S E_n dS$$

bu yerda: dS – sirt elementining yuzasi;

$E \cos \alpha = E_n$, α – kuchlanganlik vektori E va sirt elementiga o'tkazilgan normal \vec{n} orasidagi burchak;

E_n – kuchlanganlik vektorining normalga proyeksiyasi.

b) bir jinsli elektr maydonga joylashtirilgan yassi sirt orqali oqim quyidagiga teng:

$$\Phi_E = E \cdot S \cos \alpha$$

Kuchlanganlik vektori \vec{E} ning yopiq sirt orqali oqimi $\Phi_E = \oint_S E_n dS$

Bunda, integrallash butun sirt bo'ylab bajariladi.

Ostrogradskiy-Gaus teoremasi: $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ – zaryadlarni o'z ichiga olgan ixtiyoriy yopiq sirt orqali kuchlanganlik vektori \vec{E} ning oqimi:

$$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon} \sum_{i=1}^n q_i$$

bu yerda: n – zaryadlar soni;

$\sum_{i=1}^n q_i$ – yopiq sirt ichida joylashgan zaryadlarning algebraik yig'indisi.

q nuqtaviy zaryadning r masofada hosil qiladigan elektr maydon

kuchlanganligi: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\epsilon r^2}$.

Radiusi R ga teng bo'lgan q zaryadli metall sferaning sfera markazidan r masofada hosil qiladigan elektr maydon kuchlanganligi:

a) sferaning ichida ($r < R$): $E = 0$;

b) sferaning sirtida ($r = R$): $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\epsilon r^2}$;

c) sferadan tashqarida ($r > R$): $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\epsilon r^2}$.

Elektr maydonning superpozitsiya (qo'shilish) prinsipiga binoan ikki (va undan ko'p) nuqtaviy zaryadlar hosil qilgan maydonning natijaviy

kuchlanganligi \vec{E} qo'shiluvchi maydonlar kuchlanganliklarining vektor (geometrik) yig'indisiga teng:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

\vec{E}_1 va \vec{E}_2 kuchlanganlikli ikkita elektr maydon bo'lgan holda kuchlanganlik vektorining moduli:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \alpha}$$

bu yerda α – \vec{E}_1 va \vec{E}_2 vektorlar orasidagi burchak.

Bir tekis zaryadlangan cheksiz uzun tola (yoki silindr) o'z o'qidan r masofada hosil qiladigan maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\tau}{\epsilon r}$$

bu yerda τ – zaryadning chiziqli zichligi.

Zaryadning chiziqli zichligi to'la taqsimlangan zaryadning to'la (silindr) uzunligi nisbatiga teng kattalikdir:

$$\tau = \frac{\Delta q}{\Delta l}$$

Bir tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qiladigan maydon kuchlanganlik:

$$E = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$$

bu yerda σ – zaryadning sirt zichligi.

Zaryadning sirt zichligi sirt bo'ylab taqsimlangan zaryadning shu sirt yuzasiga nisbatiga teng bo'lgan kattalikdir: $\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}$.

Zaryadlar sirt zichliklarining modullari teng bo'lgan qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan bir tekis zaryadlangan ikkita parallel cheksiz tekislik hosil qiladigan maydon (yassi kondensator maydoni)

kuchlanganligi: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$.

Elektrostatik maydonning biror nuqtadagi potentsiali:

$$\varphi = \frac{W}{q} \text{ yoki } \varphi = \frac{A}{q}$$

bu yerda A – elektr maydon bajargan ish.

Zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning potentsiali:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$

Nuqtaviy zaryad maydonining zaryaddan r masofadagi potentsiali:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R}$$

Elektr zaryadi q bo'lgan R radiusli sferik sirt potentsiali:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R}$$

Sirtidan tashqarida markazdan r masofadagi nuqta uchun:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r},$$

bu yerda ε – sfera tashqarisidagi muhitning nisbiy dielektrik doimiysi dipol elektr maydonining potentsiali:

$$\varphi = \frac{p}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} \cos \alpha$$

bu yerda $p = ql$ – dipol momenti α – radius-vektor r bilan dipol yelkasi l orasidagi burchak. $\alpha = 0$ uchun $\varphi = \frac{p}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$. Agar $\alpha=90^\circ$ bo'lsa, $\varphi=0$ bo'ladi.

Elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali orasidagi bog'lanish:

$$E = - \text{grad } \varphi \text{ yoki } E = - \frac{d\varphi}{dr}$$

Bir jinsli maydon uchun:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{r} = \frac{\varphi}{r}.$$

bu yerda: $d\varphi/dr$ – hosila ekvipotensial sirtga o'tkazilgan normal bo'yicha olinadi;

φ_1 va φ_2 – ekvipotensial sirtlarda yotgan nuqtalarning potentsiallari;
 r – ular orasidagi masofa.

Biror q zaradni potentsiali φ_1 bo'lgan nuqtadan potentsiali φ_2 bo'lgan nuqtaga ko'chirishda elektr maydonning bajargan ishi:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\varphi$$

bu yerda: $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ – maydon ikki nuqta orasidagi potentsiallar ayirmasi yoki kuchlanish;

q – ko'chirilayotgan zaryad kattaligi. Bir jinsli elektr maydon uchun:
 $A = qEl \cos \alpha$.

Agar elektr maydon bir jinsli bo'lmasa: $A = \int_1^2 E dl \cos(E, dl)$.

O'tkazgichning elektr sig'imi: $C = \frac{q}{U}$.

Sharning elektr sig'imi: $C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R$. Bu yerda R – sharning radiusi.

Yassi kondensator sig'imi:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}.$$

bu yerda: S – bitta plastinka yuzi;

d – plastinkalar orasidagi masofa.

Silindrik kondensator sig‘imi:

$$C = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}.$$

bu yerda: R₁ va R₂ – ichki va tashqi silindrning radiuslari;

l – silindr uzunligi.

Sferik kondensator sig‘imi:

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

bu yerda: R₁ va R₂ – ichki va tashqi sirtlar radiuslari. Parallel ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig‘imi:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig‘imi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Kondensatorlarning plastinkalar orasidagi o‘zaro tortishish kuchi:

$$F = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S E^2}{2}; F = \frac{S \tau^2}{2\varepsilon_0}; F = \frac{C U^2}{2d}; F = \frac{qU}{2d}$$

bu yerda: E – elektr maydon kuchlanganligi;

S – bitta plastinkaning yuzi;

τ – zaryadning sirt zichligi;

d – plastinkalar orasidagi masofa;

S – kondensator sig‘imi;

U – kuchlanish;

q – zaryad.

Kuchning yuzaga nisbati esa kondensator plastinkalari orasida joylashgan dielektrikka ta’sir etuvchi bosimni beradi:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}, \quad P = \frac{\tau^2}{2\varepsilon_0}, \quad P = \frac{C U^2}{2dS}$$

Kondensator elektr maydonining energiyasi:

$$W = \frac{C U^2}{2}, \quad W = \frac{q^2}{2C}, \quad W = \frac{qU}{2}.$$

Elektr maydon energiyasi:

$$W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S d}{2} \cdot E^2, \quad W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon V}{2} \cdot E^2, \quad W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{2d} \cdot U^2.$$

bu yerda: C – elektr sig‘imi;

U – kuchlanish;
 q – zaryad kattaligi;
 S – plastinka yuzi;
 d – plastinkalar orasidagi masofa;
 V – kondensator hajmi;
 E – elektr maydon kuchlanganligi.

1-mavzu. Elektrostatika

Masalalar yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

Ma'lumki, qo'zg'almas elektr zaryadlarning o'zaro ta'siri statistik masala bo'lib, tizimning elektr va mexanik kuchlari quyidagi shartga bo'ysunishi kerak $\sum \vec{F}_i = 0$.

Nuqtaviy zaryad uchun Kulon kuchi

$$\vec{F}_i = Q_i \vec{E}.$$

bu yerda: \vec{E} – maydon kuchlanganligi;

Q_i – maydonga kiritilgan zaryad.

Sirt bo'ylab tekis taqsimlangan zaryadlar hosil qilgan maydon kuchlanganligi va potentsiali Ostragradskiy-Gauss teoremasi yordamida topiladi. Agar maydonni bir nechta zaryadlar hosil qilsa, natijaviy kuchlanganlik maydon superpozitsiya prinsipiga binoan har bir zaryadning hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisi bilan aniqlanadi.

Elektr maydon potentsiali – energetik tavsif bo'lib, skalyar kattalikdir. Natijaviy maydon potentsiali har qaysi zaryad yaratgan maydon potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng $\varphi = \sum \varphi_i$. Potentsiallar farqini aniqlashda maydon potentsiali va kuchlanganligi orasidagi o'zaro bog'lanishdan foydalaniladi: $\Delta\varphi = E\Delta l$. Lekin bir jinsli bo'lmagan maydon uchun, bu ifodani qo'llab bo'lmaydi. Bunday hol uchun quyidagi formuladan foydalaniladi

$$\Delta\varphi = \int_1^2 E dl = U.$$

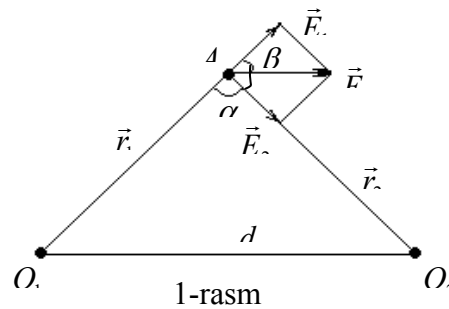
Elektrostatik maydon doimiysi: $\varepsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11} F/m$.

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{m}{F}.$$

Masala yechish namunalari

1-masala. Ikkita nuqtaviy zaryad $Q_1 = 10^{-9}$ Kl va $Q_2 = 2 \cdot 10^{-9}$ Kl havoda bir-biridan $d = 10$ sm masofada joylashtirilgan. Zaryadlardan $r_1 = 9$ sm va $r_2 = 7$ sm masofadagi A nuqtada maydon kuchlanganligi va potentsiali aniq-

lansin.



Yechish. A nuqtadagi natijalovchi maydon kuchlanganligi vektori \vec{E} Q_1 va Q_2 zaryadlar hosil qilgan elektr maydon kuchlanganliklarining superpozitsiyasi bilan topiladi: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, bu yerda, \vec{E}_1 va \vec{E}_2 lar mos ravishda Q_1 va Q_2 zaryadlar yaratgan maydon kuchlanganliklari. 1-rasmda \vec{E}_1 -vektor Q_1 – dan chiqadi, chunki bu zaryad musbat. \vec{E}_2 -vektor Q_2 tomonga yo‘nalgan, chunki Q_2 manfiy zaryad. Natijalovchi \vec{E} vektorning yo‘nalishi va qiymati paralellogramning diagonaliga mos keladi.

\vec{E} vektorning absolyut qiymati quyidagicha topiladi:

$$\vec{E} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \beta}, \quad (1)$$

$\beta = \pi - \alpha$ bo‘lgani uchun

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha}. \quad (2)$$

Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi: $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

Kosinuslar teoremasidan $\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2}$. Berilganlarni SI birliklar sistemasida formulaga qo‘yib hisoblaymiz

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(0.09)^2} = 1.11 \cdot 10^3 \frac{V}{m},$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(0.07)^2} = 3.68 \cdot 10^3 \frac{V}{m},$$

$$\cos \alpha = \frac{(0.09)^2 + (0.07)^2 - (0.1)^2}{2 \cdot 0.09 \cdot 0.07} = 0.238,$$

$$E = \sqrt{(1.11 \cdot 10^3)^2 + (3.66 \cdot 10^3)^2 + 2 \cdot 1.11 \cdot 10^3 \cdot 3.68 \cdot 10^3 \cdot 0.238} = 3.58 \cdot 10^3 \frac{V}{m}.$$

Natijalovchi maydonning potentsiali (φ) zaryadlar (Q_1 va Q_2) hosil qilgan maydon potentsiallarining algebraik yig‘indisiga teng

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2. \quad (5)$$

bu yerda: Q_1 – musbat zaryad bo‘lgani uchun, uning maydonining potentsiali musbatdir;

Q_2 – manfiy zaryad, shu sababli uning maydonining potentsiali manfiydir.

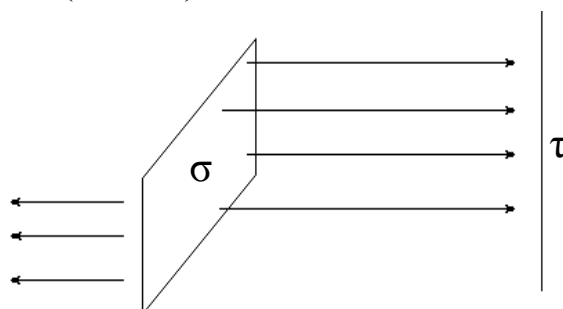
Nuqtaviy zaryadni maydon potentsiali quyidagi formuladan topiladi

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = k \frac{Q}{r}$$

Berilganlarni o‘rniga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz

$$\varphi_1 = 100V, \quad \varphi_2 = -257V, \quad \varphi = 100 + (-257) = -157V.$$

2-masala. Zaryadining sirt zichligi $\sigma = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Kl}{m^2}$ bo‘lgan cheksiz tekislik hosil qilgan elektr maydon ichiga joylashtirilgan (chiziqli zaryad zichligi $\tau = 10^{-7} \cdot \frac{Kl}{m}$) cheksiz uzun ipning har bir uzunlik birligiga ta’sir etuvchi kuch topilsin (2-rasm).



2-rasm

Yechish: ta’sir etuvchi kuch

$$F = QE. \quad (1)$$

E – zaryadlangan tekislikning bir jinsli elektr maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}, \quad (2)$$

bu yerda: σ – tekislikning sirt zaryad zichligi;

ϵ_0 – elektr doimiysi.

Maydon ichiga joylashtirilgan ipning zaryadi:

$$Q = \tau \cdot l, \quad (3)$$

bu yerda τ – bir tekis zaryadlangan ipning chiziqli zaryad zichligi.

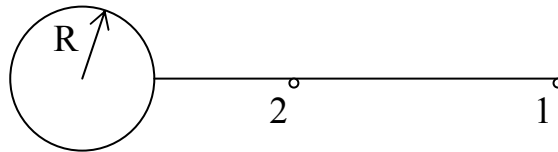
(2) va (3) formulalarni (1) ga qo‘yamiz:

$$F = \frac{\tau \cdot l \cdot \sigma}{2\epsilon_0}. \quad (4)$$

Ipning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuchni topish uchun F ni l ga bo'lamiz

$$\frac{F}{l} = \frac{\tau\sigma}{2\varepsilon_0}; \quad \frac{F}{l} = \frac{10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 2.25 \cdot 10^{-3} \cdot N/m.$$

3-masala. Radiusi $R=0.1$ m bo'lgan zaryadlangan sferani sirtidan $l_1=0.5$ m masofada zaryad miqdori $Q=10^{-8}$ Kl bo'lgan nuqtaviy zaryad joylashtirilgan (3-rasm). Nuqtaviy zaryadni zaryadlangan sfera tomon $l_2=0.2$ m masofagacha yaqinlashtirish uchun qanday ish bajarish kerak? Sfera $\varphi=25$ kB gacha zaryadlangan.



3 -rasm

Yechish: elektr maydonida zaryadni siljitish uchun bajarilgan ish:

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (1)$$

Sferaning hosil qilgan maydoni $r \gg R$ bo'lganda ham zaryadni markazga joylashtirgandagi kabi bo'ladi. 1 va 2 nuqtalarning potentsiallari

$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1}, \quad (2)$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_2}. \quad (3)$$

$r_1 = R + l_1$ va $r_2 = R + l_2$ lar mos ravishda 1 va 2 nuqtalardan sferaning markazigacha bo'lgan masofalar. Sferaning zaryadi (Q) ni $\varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ dan topamiz:

$$Q = 4\pi\varepsilon_0 R \varphi. \quad (4)$$

$\varepsilon = 1$ deb olib, (4) ni (2) va (3) ga qo'yamiz

$$\varphi_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varphi R}{4\pi\varepsilon_0 (R + l_1)} = \frac{R\varphi}{R + l_1}, \quad \varphi_2 = \frac{R\varphi}{R + l_2}.$$

φ_1 , φ_2 ning qiymatlarini (1) ga qo'yamiz

$$A_{1,2} = Q_0 \left(\frac{R\varphi}{R + l_1} - \frac{R\varphi}{R + l_2} \right) = Q_0 R \varphi \frac{l_2 - l_1}{(R + l_1)(R + l_2)},$$

$$A_{1,2} = 10^{-8} \cdot 0.1 \cdot 25 \cdot 10^3 \frac{0.3}{0.6 \cdot 0.9} = 8.2 \cdot 10^{-5} J.$$

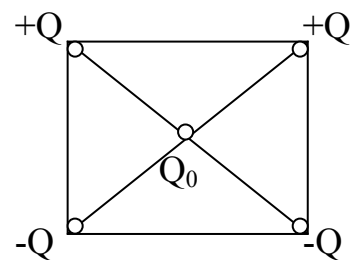
$$[A] = Kl \cdot m \cdot V \cdot \frac{m}{m^2} = Kl \cdot V = J.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Elektron R radiusli orbita bo'ylab yadro atrofida aylanmoqda. Yadro zaryadi Z_e . Elektronning tezligi va aylanish davri topilsin.
2. Vakuumba bir-biridan $r=1$ sm masofada joylashgan va $q_1= q_2= 1$ Kl bo'lgan nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.
3. Massalari $m_1= m_2=1$ g bo'lgan sharlarning o'zaro bir-birini itarish kuchi bilan gravitatsion tortishuv kuchi bir-biriga teng bo'lishi uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak?
4. Ikkita bir xil kattalikdagi suv tomchilarining har biriga bittadan ortiqcha elektron joylashgan. Elektrostatik itarish kuchi gravitatsion kuchga teng bo'lishi uchun tomchilarning radiusi r qancha bo'lishi kerak?
5. Qo'zg'almay turgan natriy Na yadrosi α -zarracha bilan bombardimon qilishda o'zaro itarish kuchi $F=140$ N ga teng bo'lsa, α zarrachasi natriy yadrosiga qanday r masofagacha yaqinlashishi mumkin?
6. Radiusi $R=2$ sm, zaryadining sirt zichligi $\sigma = 2 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{Kl}{sm^2}$ bo'lgan zaryadlangan sharni uning sirtidan $r=2$ sm masofada joylashtirilgan nuqtaviy zaryad ($Q= 6.7 \cdot 10^{-9}$ Kl) ga ta'sir etuvchi kuch topilsin.
7. O'zaro tortishuv kuchi ta'sirida manfiy zaryadlangan kichik sharcha nuqtaviy musbat zaryad $Q = 1.1 \cdot 10^{-9}$ Kl atrofida tekis aylanmoqda. Manfiy zaryadlangan sharchaning aylanish radiusi $r=1.5$ sm, aylanish tezligi $\vartheta = 20$ sm/s. Sharcha zaryadini uning massasiga nisbati aniqlansin.
8. Agar vodorod atomining diametri $D=2 \cdot 10^{-8}$ sm deb olinsa, uning elektronini yadro qanday kuch bilan tortadi?
9. Ikkita protonni elektrostatik itarish kuchini gravitatsion tortishish kuchiga nisbati topilsin. Shunday hisoblarni ikkita elektron uchun ham bajaring.
10. Metall sharga $Q=3.3 \cdot 10^{-9}$ Kl zaryad berilgan. Shunchalik zaryadga ega bo'lishi uchun shardan qancha elektron olish kerak?
11. Bir elektron $r = 1$ sm masofada turgan ikkinchi elektronga bera oladigan tezlanish a hisoblansin.
12. Vakuumba bir-biridan $r = 6$ sm masofada va o'zaro $F = 0.1$ N kuch bilan ta'sir etayotgan nuqtaviy zaryadlarning zaryad miqdori topilsin.
13. Ikkita zaryad havoda $r = 5$ sm masofada $D = 120$ mkN kuch bilan o'zaro ta'sir ko'rsatad. Agar ularni suyuqlik ichida $r_1=10$ sm ga joylashtirilsa, ta'sir kuchi $F=15$ mkN bo'ladi. Suyuqli dielektrik singdruvchangligi topilsin.
14. Dielektrik singdruvchangligi $\epsilon=3$ ga teng bo'lgan yog' ichida joylashtirilgan zaryadlar orasidagi masofa r topilsin, agarda vakuumba $r_1=30$ sm masofada joylashtirilgan zaryadlar orasidagi ta'sir kuchi yog' ichi-

dagi bilan teng bo'lsa.

15. Elektronidan tashkil topgan va umumiy massasi $m=1$ g ga teng bo'lgan ikkita zaryad $r=10^{-11}$ m masofada joylashgan. Ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.
16. Ikkita nuqtaviy Q_1 va Q_2 zaryadlar r masofada joylashtirilgan. Agar ular orasidagi masofa $\Delta r = 50$ sm ga kamaytirilsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi 2 marta ortadi. r masofani aniqlansin.
17. Metall sharchaga $N=5 \cdot 10^5$ ta ortiqcha elektron berilgan. Bu sharchadan $r=1$ m masofada joylashtirilgan boshqa sharchada $Q=13.2 \cdot 10^{-14}$ Kl zaryad bo'lsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi qanday? Agar sharchalarni bir-biriga tekkizilsa, birinchi sharchada nechta ortiqcha elektron qoladi?
18. Vakuumda bir-biridan $r=30$ sm masofada joylashtirilgan zaryadlarni biri ikkinchisidan 3 marta ortiq bo'lib, o'zaro 30 N kuch bilan ta'sir etadi. Zaryadlar miqdori topilsin.
19. Ikkita nuqtaviy zaryadlarni zaryad miqdori 4 martaga va oraliq masofasi 2 martaga kamaytirilsa, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi qanchaga o'zgaradi? Zaryadlardan birining miqdori 4 marta ortirilsa?
20. Zaryadlardan biri 4 marta ortsa, zaryadlarni o'zaro ta'sir kuchi o'zgarish qolishi uchun ular orasidagi masofani necha marta oshirish kerak?
21. Ikkita manfiy $Q_1 = -1.8 \cdot 10^{-7}$ Kl va $Q_2 = -0.72 \cdot 10^{-6}$ Kl zaryadlarning orasidagi masofa $r=3$ sm. Ulardan ma'lum uzoqlikda Q^3 zaryad joylashtirilsa, zaryadlar muvozanatlashadi. Uchinchi zaryad va uning joylashga masofasi aniqlansin.
22. Kvadratning uchlariga 4 ta $Q=10^{-8}$ Kl zaryad joylashtirilgan. Zaryadlar tizimi muvozanatda saqlanishi uchun kvadratning markaziga qanday nuqtaviy zaryad joylashtirish kerak?
23. Tomonlari $d=10$ sm bo'lgan kvadratning uchlariga 4 ta absolyut qiymatlari bir xil bo'lgan $Q=4 \cdot 10^{-8}$ Kl zaryad joylashtirilgan bo'lib, ularning ikkitasi musbat, ikkitasi esa manfiy, lekin bir jinsli zaryadlar yonma-yon joylashgan. Kvadratning markazida joylashgan nuqtaviy $Q_0=5 \cdot 10^{-8}$ Kl musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.
24. 4 ta bir xil qiymatli $Q=4$ nKl zaryad, tomonlari $d=10$ sm bo'lgan kvadratning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlarning biriga qolgan 3 ta zaryadlarni ta'sir etuvchi kuchi topilsin.
25. Massalari $m_1=m_2=m_3=5$ g bo'lgan shar bitta ilgakka uzunliklari $l=1$ m bo'lgan iplar bilan osilgan. Hamma sharga bir xil miqdorda Q zaryad berilgan, iplar orasidagi burchaklar $\alpha=40^\circ$ bo'ldi. Sharlarga berilgan za-

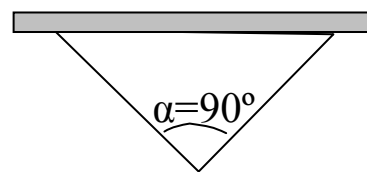


- ryad miqdori Q topilsin.
26. Kvadrat markazida $Q=250$ nKl zaryad joylashtirilgan. Kvadratning uchlariga qo'yilgan qanday bir xil zaryadlar tizimi muvozanatda bo'la oladi?
 27. Ikkita zaryadlangan bir xil kattalikdagi metall sharlar bir-biridan $r=60$ sm masofada turibdi. Ular orasidagi itarishish kuchi $F=70$ mkN. Sharlarni bir-biriga tegizib, qaytadan o'z o'rniga qo'yilganda ular orasidagi itarishish kuchi $F=160$ mkN ga yetgan. Sharlarning diametri D ular orasidagi masofa r dan juda kichik deb hisoblanib, sharlarni to'qnashgunga qadar bo'lgan zaryadi q_1 va q_2 lar topilsin.
 28. Massalari $m_1=m_2=0.1$ g bo'lgan ikkita shar uzunligi $l=0.2$ m iplar bilan bitta nuqtaga osilgan. Sharlardan birini chetga tortib, unga zaryad berildi. Sharlar to'qnashgandan so'ng ular bir-biridan qochib, iplar orasida $\alpha=60^\circ$ burchak hosil bo'lgan. Sharga berilgan Q zaryad topilsin.
 29. Massasi 4 g va zaryadi $Q_1=278$ nKl bo'lgan shar havoda ipak ipga osilgan. Agar Q_1 ga teskari ishorali Q_2 zaryadini yaqinlashtirsak, ip vertikal holatdan $\alpha=45^\circ$ burchakka og'adi va Q_1 , Q_2 lar orasidagi masofa $R=6$ sm ga teng bo'ladi. Q_2 zaryadi topilsin.
 30. Ikkita bir xil shar bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan. Ularga zaryad berilsa iplar orasidagi burchak $\alpha_1=90^\circ$ bo'lgan. Lekin biroz vaqtdan so'ng iplar orasidagi burchak $\alpha_2=60^\circ$ ga teng bolib qolgan. Sharlarga berilgan boshlang'ich zaryad miqdorini qanday qismi sharda qolgan?
 31. Berilgan zaryadlar $q_1=q$ va $q_2=-2q$ bir-biridan l masofada joylashgan. l masofani teng o'rtasida $q_3=3q$ zaryad joylashtirilgan. Agar $q=2\cdot 10^{-8}$ Kl, $l=20$ sm bo'lsa, q_1 va q_2 zaryadlarning q_3 zaryadga teng ta'sir etuvchi kuchi aniqlansin.
 32. Ikkita bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan va zaryadlari teng sharchalar zichligi $\rho=800$ kg/m³ bo'lgan suyuq dielektrikka tushirilgan. Sharchalar osilgan iplarning bir-biridan og'ish burchaklari havoda va suyuqlikda teng bo'lishi uchun sharchalarning zichliklari qanday bo'lishi kerak? Muhitning dielektrik singdiruvchangligi $\epsilon=2.2$.
 33. Radiuslari $r_1=r_2$ va massalari $m_1=m_2$ bo'lgan sharchalar shunday osib qo'yilganki, ularning sirlari bir-biriga tegib turibdi. Iplarning taranglik kuchlarini 0.098 N ga teng qilish uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak? Ip osilgan nuqtadan sharchaning markazigacha bo'lgan masofa $l=10$ sm, sharcha massasi $m=5\cdot 10^{-3}$ kg.
 34. O'tkazgichdan yasalgan ikkita sharchalarning zaryadlari $Q_1=2\cdot 10^{-9}$ va $Q_2=-10^{-9}$ Kl. Ular tortishish tufayli bir-birlari bilan to'qnashib, yana bir-biridan $r=4$ sm masofaga uzoqlashgan. Sharchalarda qolgan zaryad miqdori va ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

35. Massalari va o'lchamlari bir xil bo'lgan ikkita shar shunday osilganki, ularning sirlari tegib turibdi. Ularga $Q=5 \cdot 10^{-8}$ Kl zaryad berilgandan so'ng, ular bir-biridan qochib, iplar orasidagi burchak $2\alpha=60^\circ$ ga teng bo'ldi. Iplar osilgan nuqtadan sharlarning markazigacha bo'lgan masofa $l=20$ sm bo'lsa, sharlarning massalari topilsin. Sharlarning diametri ($D \ll l$) iplarning uzunligiga nisbatan juda kichik.
36. Ikkita musbat zaryad q va $4q$ bir-biridan $r=60$ sm masofada joylashgan. Ular orasidagi to'g'ri chiziqning qaysi nuqtasiga ishorasi va miqdori qanday bo'lgan uchinchi zaryad joylashtirilganda zaryadlar orasidsagi muvozanat saqlanadi.
37. Zaryadlari $Q_1=1$ mkKl va $Q_2=2$ mkKl bo'lgan zaryadlar orasidagi masofa $r=10$ sm. Birinchi zaryaddan $r_1=6$ sm, ikkinchi zaryaddan $r_2=8$ sm masofada joylashtirilgan $Q_3=0.1$ mkKl zaryadga Q_1 va Q_2 lar qanday kuch bilan ta'sir etadilar?
38. Zaryadlari $Q_1=Q_2$ bo'lgan sharlar uzunligi $l=10$ sm iplar bilan bir nuqtada osilganda, iplar bir-biridan α burchakka og'gan. Sharlar zichligi $\rho=800$ kg/m³ bo'lgan suyuqlikka tushirilganda α burchak o'zgaragan. Sharlar yasalgan moddaning zichligi $\rho=1600$ kg/m³. Suyuqlikning dielektrik singdiruvchngligi ϵ topilsin.
39. Zaryadlari $Q_1=Q_2=Q_3=2$ nKl ga teng nuqtaviy zaryadlar tomonlari $a=10$ sm bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlardan biriga qolgan ikkita zaryadlar ta'sir etuvchi kuchining kattaligi va yo'nalishi topilsin.
40. Teng tomonli uchburchakning uchlariga uchta nuqtaviy zaryadlar $Q_1=Q_2=Q_3=1$ nKl joylashtirilgan. Zaryadlar tizimini muvozanatda saqlash uchun uchburchakning markaziga qanday Q_4 zaryad joylashtirish kerak?
41. Ingichka ipak ip $T=9.8 \cdot 10^{-3}$ N taranglik kuchiga chidaydi. Unga osilgan massasi $m=0.6$ g sharcha $Q_1=1$ nKl zaryadga ega. Uning tagidan osilish chizig'i yo'nalishi bo'yicha zaryad miqdori $Q_2=-1.3$ nKl bo'lgan sharchani birinchi sharchaga qanday r masofaga yaqinlashtirsak ip uziladi?
42. Miqdorlari teng $Q_1=Q_2=Q_3=7$ nKl zaryadlar teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Har bir zaryadga ta'sir etuvchi kuch $F=0.01$ N bo'lsa, uchburchakning tomonlari a aniqlansin.
43. Absolyut qiymati $Q=7$ nKl nuqtaviy zaryad tomonlari $a=20$ sm bo'lgan kvadratni uchlariga joylashtirilgan. Ulardan ikkitasi musbat, ikkitasi manfiy ishorali. Kvadratning markaziga joylashtirilgan $Q=7$ nKl zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.
44. Ikkita kichik sharchalar musbat zaryadlangan. Zaryadlarning umumiy miqdori $Q=5 \cdot 10^{-5}$ Kl. Ular orasidagi masofa $r=2$ m bo'lganda ularning

o‘zaro ta‘sir kuchi $F=1$ N ga teng bo‘lsa, zaryadlar sharchalarda qanday taqsimlanadi?

45. Massasi $m=9.8$ g bo‘lgan sharchaga $Q=1$ mkKl zaryad berildi. Shu sharchaning tagiga xuddi shunday massa va zaryadga ega bo‘lgan ikkinchi sharcha yaqinlashtirilganda, ipga ta‘sir etuvchi taranglik kuchi T to‘rt marta kamaygan. Sharchalar bir-biriga qanchalik r masofaga yaqinlashtirilgan?
46. Massasi m va zaryadi Q bo‘lgan sharcha uzunligi l ipga osilgan. U xuddi shunday boshqa qo‘zg‘almas sharcha atrofida aylanma harakat qilsa, aylanayotgan sharchaning ipi vertikalidan α -burchakka og‘gan. Sharchaning burchakli tezligi va ipning taranglik kuchi topilsin.
47. Massasi $m=150$ mg bo‘lgan sharcha dielektrikdan yasalgan ipga osilgan va $Q= -10^{-2}$ Kl zaryadga ega. Uning tagidan $r=32$ sm masofaga yaqinlashtirilgan sharchani zaryad miqdori va ishorasi qanday bo‘lganda, ipning taranglik kuchi ikki marta ortadi.
48. Massasi $m=588$ mg bo‘lgan zaryadlangan sharcha ipak iplarga osilgan (4-rasm), iplar sharcha osilgan nuqtada hosil qilayotgan burchak $\alpha=90^\circ$ ga teng. Shu sharchadan vertikal yo‘nalish bo‘yicha pastdan $r=4.2$ sm masofagacha massasi va zaryadi birinchi sharchanikidek bo‘lgan ikkinchi sharchani yaqinlashtirsak iplarning taranglik kuchlari ikki marta ortgan, sharchalarning o‘zaro ta‘sir Kulon kuchini, zaryad miqdorini va ipning taranglik kuchini toping.
49. Ipga osilgan va $Q_1=7$ nKl zaryadga ega bo‘lgan sharcha tagiga hajmi $V=9$ mm³, zichligi $\rho=7.8 \cdot 10^3$ kg/m³ va zaryadi $Q_2= -2.1$ nKl ga teng bo‘lgan po‘lat zarrachani qanchalik masofada joylashtirsak, ular orasida muvozanat saqlanadi?
50. $r =2.4$ sm masofada joylashgan va zaryadlari $Q_1=25$ nKl va $Q_2= -25$ nKl bo‘lgan zaryadlar ularning har biridan $r=15$ sm masofada joylashgan $Q_3=2$ nKl zaryadga qanday kuch bilan ta‘sir etadilar?



4 -rasm

4-§. O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI

Asosiy formulalar

O‘tkazgich ko‘ndalang kesim yuzasidan vaqt birligida o‘tgan elektr miqdor tok kuchi deyiladi va $I = \frac{dq}{dt}$ bilan ifodalanadi, $I=const$ bo‘lsa,

$J = \frac{q}{t}$ bo‘ladi. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni: $I = \frac{U}{R}$.

Tok manbaiga ega bo'lgan zanjirning bir qismi uchun Om qonuni:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon}{R} \quad \text{yoki} \quad I = \frac{U + \varepsilon}{R}$$

bu yerda ε – tok manbaining E.Yu.K.

Berk zanjir uchun Om qonuni: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$.

bu yerda: r, R – ichki (tok manbaining) va tashqi (zanjirning) qarshiliklari.

$U = \varphi_1 - \varphi_2$ – zanjir uchlaridagi potentsiallar ayirmasi yoki kuchlanish, R – o'tkazgichning qarshiligi bo'lib, u o'tkazgich materiali, uzunligi va kesim yuzasiga bog'liq:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

bu yerda ρ – o'tkazgichning solishtirma qarshiligi bo'lib, uning son qiymati fizik kattaliklar jadvalidan olinadi.

O'tkazgich qarshiligi uning temperaturasiga ham bog'liqdir:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t^\circ)$$

bu yerda: α – o'tkazgich qarshiligining termik koeffitsiyenti;

R_0 – 0°C dagi o'tkazgich qarshiligi.

O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash formulalari:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Solishtirma qarshilik haroratga bog'liqlik formulasi:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t^0),$$

bu yerda ρ_0 – 0°C dagi solishtirma qarshilik. Kelvin shkalasi bo'yicha:

$$\rho_t = \rho_0 \cdot \frac{T}{273}$$

Tarmoqlangan elektr zanjiri uchun Kirxgof qonunlari.

Birinchi qonun: zanjir tuguniga kelgan barcha tok kuchlarining algebraik yig'indisi nolga teng: $\sum_{i=1}^n I_i = 0$.

Kirxgofning birinchi qonunini qo'llashda tugunga kirib keluvchi toklarni musbat, undan chiqib ketayotgan toklarni esa manfiy ishora bilan olish qulaydir.

Ikkinchi qonun: Istalgan yopiq konturdagi barcha toklarni tegishli qarshiliklari ko'paytmalarining (ya'ni kuchlanishlarning) algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n E_i$$

O'zgarmas tokning ishi va quvvati: $A=IUt$, $N=IU$.

O'tkazgichdan o'tgan tok ajralib chiqqan issiqlik miqdori uchun Joule-Lens qonuni: $Q = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$.

Tok manbaining FIK: $\eta = \frac{A_f}{A_{um}} = \frac{R}{R+r}$. Tok zichligi $j = \frac{I}{S}$. Bu yerda S – o'tkazgichning kesim yuzi, tok zichligi j elektronlarning o'tkazgich bo'ylab maydon ta'sirida o'rtacha ko'chish tezligi \bar{v} va hajm birligidagi elektronlar soni n ga to'g'ri proporsionaldir: $j = en\bar{v}$.

Elektroliz uchun Faradeyning birinchi qonuni: elektroliz vaqtida elektrodlardan ajralib chiqqan modda massasi m elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdori q ga to'g'ri proporsionaldir:

$$m = kq = kIt$$

bu yerda: $q=It$ – ionlarning t vaqtda olib o'tgan zaryad miqdori;

k – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, unga moddaning elektro-kimyoviy ekvivalenti deyiladi.

Elektroliz uchun Faradeyning ikkinchi qonuni: barcha moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari k ularning kimyoviy ekvivalenti $\frac{A}{Z}$ ga proporsionaldir:

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z}$$

bu yerda: A – 1 kg atom massasi;

Z – valentlik,

$\frac{A}{Z}$ – kg- ekvivalent massasi;

F – Faradey soni: $F = 96500 \frac{Kl}{kg \cdot ekv} = 96500 \frac{Kl}{mol}$.

1-mavzu. O'zgarmas elektr toki

Masalalar yechish uchun uslubiy ko'rsatmalar

1. Umumlashgan Om qonunini integral ko'rinishda qo'llanganda elektr toki bajargan ishini va quvvatini aniqlashda manbaning E.Yu.Ki, kuchlanish va potentsiallar ayirmasi orasidagi farqlarga e'tibor bering. Bu kattaliklarning har biri bilan birlik zaryadni ko'chirishda bajarilgan ishni aniqlash mumkin. Lekin potentsiallar farqi bu Kulon kuchlarining bajargan ishi, E.Yu.K – bu tashqi kuchlarning bajargan ishi, kuchlanish esa, bu Kulon va tashqi kuchlarning birgalikda bajargan ishi bo'lib, u tok kuchining zanjir to'la qarshiligiga ko'paytmasiga teng.

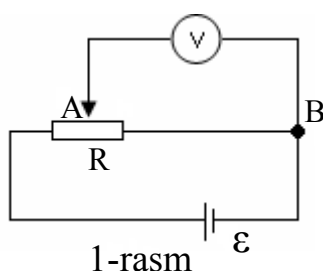
2. O'tkazgichlari ketma-ket va parallel ulangan zanjirdan o'tayotgan tok (ya'ni zaryad) faqat ketma-ket ulangandagina zanjirning hamma qismida bir hil bo'ladi. Kuchlanish esa har hil bo'lib, ularning yig'indisi zanjirdagi umumiy kuchlanishni beradi.

Zanjirning har xil nuqtalarini, qarshiligini e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan o'tkazgichlar bilan ulab, ularni potentsiallarini tenglashtirish mumkin. O'tkazgichlarni parallel ulanganda zanjirdagi kuchlanish umumiy bo'ladi, lekin zanjiridagi tok o'tkazgich qarshiliklariga proporsional ravishda taqsimlanadi.

3. Tarmoqlangan zaryadlar uchun Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar tuzishda zanjirdagi toklarni yo'nalishlarini strelkalar bilan ko'rsatish qulaylik tug'diradi. Zanjirni aylanishda odatda soat strelkasi yo'nalishi "+" musbat yo'nalish qilib qabul qilingan. Bu yo'nalishda kelayotgan tok kuchi va uning IR ko'paytmasi "+" musbat deb olinadi, manbadan o'tilayotganda manfiy qutbdan musbatga o'tilsa, E.Yu.K. musbat "+" deb olinadi.

Masala yechish namunalari

1-masala. Qarshiligi $R=100$ Om bo'lgan potentsiallar tok manbaiga ulangan. Uning E.Yu.K. $\varepsilon = 150$ V va ichki qarshiligi $r = 50$ Om (I-rasm). Qarshiligi $R=500$ Om bo'lgan potentsiometrni qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan klemmlarini o'rtasiga ulangan voltmetrni ko'rsatishi nimaga teng bo'ladi? Shu nuqtalar orasida voltmetr bo'lmaganda kuchlanish nimaga teng bo'ladi?



Yechish: A va B nuqtalarga ulangan voltmetrdagi kuchlanish quyidagi formula bilan topiladi

$$U_1 = I_1 R_1 \quad (1)$$

bu yerda: I_1 – zanjirni tarmoqlangan qismidagi tok kuchi;

R_1 – bir-biriga parallel ulangan voltmeter qarshiligi R_v bilan potentsiometr qarshiligi yarmisini natijaviy qarshiligi

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R/2}, \quad \text{yoki} \quad R_1 = \frac{R \cdot R_v}{R + 2R_v}. \quad (2)$$

Zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchi

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_3 + r}, \quad (3)$$

bu yerda R_3 – tashqi zanjirning qarshiligi va u

$$R_3 = \frac{R}{2} + R_1 \quad (4)$$

ga teng. Endi (2), (3) va (4) lardan foydalanib,

$$U_1 = \frac{\varepsilon}{\left(\frac{R}{2} + \frac{RR_v}{R + 2R_v} + r\right)} \cdot \frac{RR_v}{R + 2R_v} \quad (5)$$

ni topamiz. Bu hisoblash formulamizga son qiymatlarini qo‘yamiz: A va B nuqtalar orasida voltmeter ulanmagandagi kuchlanish U_2 , kuyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = I_2 \frac{R}{2}, \quad (6)$$

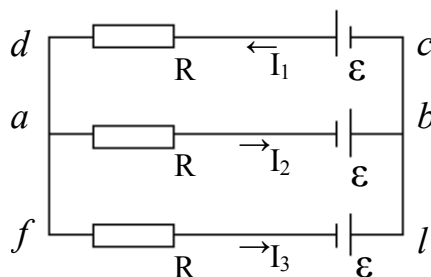
bu yerda U_2 – yopiq zanjir uchun Om qonunidan topiladi. Demak,

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad U_2 = \frac{\varepsilon}{R + r} \cdot \frac{R}{2}. \quad (7)$$

Hisoblaymiz:

$$U_2 = \frac{150}{100 + 50} \cdot 50 = 50 \text{ V}. \quad (8)$$

2-masala. E.Yu.K.lari bir hil bo‘lgan uchta manbaga bir hil qarshiliklar ulanib, (2-rasm) zanjir hosil qilingan. Hamma qarshiliklarda ajraladigan umumiy quvvat topilsin. Manbalarining ichki qarshiliklari e‘tiborga olinmasin.



2-rasm

Yechish: zanjirning har bir qismida ajraladigan quvvat

$$P_i = I_i^2 R \quad (1)$$

ga teng. Bu yerda i -qaralayotgan zanjir bo‘lagining tartib raqami, I_i -undagi tok tok kuchi, R_i -uning qarshiligi. Butun zanjirda ajraladigan quvvat

$$P = \sum_{i=1}^3 P_i = \sum_{i=1}^3 I_i^2 R_i. \quad (2)$$

Masalani yechish uchun zanjirning har bir qismidagi I_1 , I_2 na I_3 tok kuchlarini bilish kerak. Buning uchun Kirxgof qonunidan foydalanamiz. Konturni soat strelkasiga teskari yo‘nalishda aylanib o‘tishga kelishib, $abcd$ va $cdfl$ yo‘nalishlarini 2-rasmda ko‘rsatilgandek olamiz. U holda ”b” tugun uchun tenglama Kirxgofni I-qonuni asosida quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0, \quad (3)$$

$abcd$ va $cdfe$ konturlar uchun Kirxgofni 2-qonunidan foydalanamiz, quyidagi tenglamalarni tuzamiz

$$I_1R + I_2R = \varepsilon + \varepsilon = 2\varepsilon, \quad (4)$$

$$I_1R + I_3R = \varepsilon + \varepsilon = 2\varepsilon. \quad (5)$$

(3), (4) va (5) tenglamalarni birgalikda echib, tok qiymatlarini topamiz:

$$I_1 = \frac{4\varepsilon}{3R}, \quad I_2 = I_3 = \frac{2\varepsilon}{R}.$$

Bu ifodalarni (2)ga qo‘yamiz:

$$P = I_1^2R + I_2^2R + I_3^2R = \frac{16\varepsilon^2}{9R} + \frac{4\varepsilon^2}{9R} + \frac{4\varepsilon^2}{9R} = \frac{8\varepsilon^2}{3R}.$$

Demak,

$$P = \frac{8\varepsilon^2}{3R}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Tok zichligi $j=2 \text{ A/mm}^2$ dan oshmasligi uchun o‘ramlar soni 1000 ta va diametri 6 sm bo‘lgan mis simli g‘altakka qanday kuchlanish berish mumkin?
2. Ko‘ndalang kesimi yuzasi $S=0.1 \text{ mm}^2$ bo‘lgan mis sim to‘pi berilgan. Hamma simning massasi $m=0.3 \text{ kg}$. Simning qarshili topilsin.
3. Kuchlanish manbai klemmlariga uzunligi $l=2 \text{ m}$ bo‘lgan mis sim ulangan. Simdan o‘tayotgan tok zichligi $j=10 \text{ A/m}^2$. Klemmalardagi kuchlanish U topilsin.
4. Ko‘ndalang kesimining yuzasi $S=0.5 \text{ sm}^2$ bo‘lgan metall simdan tok o‘tyapti. Agarda har kub santimetrda $n=5 \cdot 10^{21}$ erkin elektron bo‘lsa, elektronlarning o‘rtacha tartibli harakat tezligi topilsin.
5. Tok manbaini E.Yu.K. $\varepsilon = 2 \text{ V}$ va ichki qarshiligi $r = 0.5 \text{ Om}$. Agarda tok kuchi $I = 0.25 \text{ A}$ va tashqi qarshilik R bo‘lsa, manba ichidagi kuchlanish tushuvi topilsin.
6. Tashqi qarshiligi $R = 3 \text{ Om}$ bo‘lgan zanjirdagi tok $I=0.3 \text{ A}$ bo‘lgan, $R=5 \text{ Om}$ da esa $I=2 \text{ A}$ bo‘lgan. Qisqa tutashuv tok topilsin.

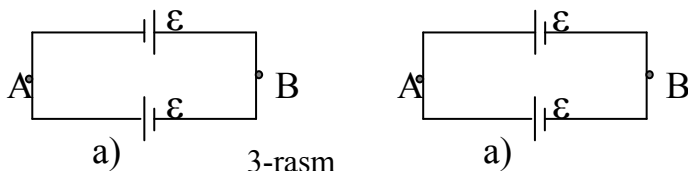
7. $U_1=120$ V kuchlanishda va $I=4$ A tok kuchida normal yonadigan lampochkani $U_2=220$ V kuchlanishga ulash uchun qandan qo'shimcha qarshilik olish kerak?
8. Ikkita lampochka va qo'shimcha qarshilik R ketma-ket ulangan va ular $U=110$ V kuchlanishga ega bo'lgan elektr tarmog'iga ulangan. Agarda har bir lampochkada kuchlanish tushuvi $U_1=40$ V va zanjirdagi tok kuchi $I=12$ A bo'lsa, qo'shimcha qarshilikning qiymati nimaga teng bo'ladi?
9. E.Yu.K. $\varepsilon=1.1$ V va ichki qarshiligi $r=10$ Om ga teng manba $R=9$ Om bo'lgan tashqi qarshilikka ulangan. Zanjirdagi tok kuchi I va tashqi zanjirdagi kuchlanish tushuvi U topilsin.
10. E.Yu.K.lari $\varepsilon=2$ V dan bo'lgan ikkita manbalar parallel ulangan va ular $R=1.4$ Om bo'lgan tashqi qarshilikka ulangan. Manbalarning ichki qarshiligi $r_1=1$ Om va $r_2=1.5$ Om ga teng. Har bir manbadagi tok kuchi I_1, I_2 va tashqi zanjirdagi tok kuchi I topilsin.
11. E.Yu.K. $\varepsilon=2$ V bo'lgan ikkita tok manbalari $R=0.5$ Om qarshilikka ketma-ket ulangan manbalarning ichki qarshiliklari $r_1=1$ Om va $r_2=1.5$ Om. Har bir manba klemmalaridagi kuchlanish tushuvi U_1 va U_2 lar topilsin.
12. Tok manbai, ampermetr va biror bir qarshilik o'zaro ketma-ket ulanganlar. Qarshilik uzunligi $\ell=100$ m va ko'ndalang kesim yuzasi $S=2$ mm² bo'lgan mis simdan yasalgan. Ampermetrning qarshiligi $R_A=0.05$ Om bo'lib, u $I_1=1.43$ A tok kuchini ko'rsatayapti. Qarshilikni uzunligi $\ell_2=57.3$ m va ko'ndalang kesim yuzasi $S_2=1$ mm bo'lgan alyumin simdan bo'lsa, ampermetr $I=1$ A tok ko'rsatadi. Manbaning E.Yu.K. ε va ichki qarshiligi aniqlansin. Misning solishtirma qarshiligi $\rho_1=1.7 \cdot 10^{-8}$ Om·m, alyuminniki esa $\rho_2=2.53 \cdot 10^{-8}$ Om·m ga teng.
13. Qarshiligi $R_a=0.16$ Om bo'lgan ampermetr $R_f=0.04$ Om qarshilik bilan shuntlangan. Ampermetr $I=6$ A tok ko'rsatmoqda. Tarmoqdagi tok kuchi I nimaga teng?
14. $I_a=10$ A gacha tok kuchini o'lchaydigan, qarshiligi $R=0.18$ Om ga teng va shkalasi $N=100$ bo'limga bo'lingan ampermetr berilgan. $I=100$ A tok kuchini o'lchash uchun ampermetrni qanday R qarshilikka qaysi usulda ulash kerak? Bunda ampermetr shkalasining bir bo'limini qiymati qanchaga o'zgaradi?
15. $U_1=30$ V gacha kuchlanishni o'lchaydigan, qarshiligi $R=2000$ Om ga teng va shkalasi $N=150$ bo'limga bo'lingan voltmetr berilgan. Shu voltmetr bilan $U_2=75$ V kuchlanishni o'lchash uchun qanday qarshilik olib, uni voltmetrga qanday ulashimiz kerak. Voltmetr shkalasining bir bo'limini qiymati qanchaga o'zgaradi?

16. Generatoridan $I=100$ m masofada joylashgan laboratoriyada $I=10$ A tok sarf qiladigan isitish asbobi ulandi. Laboratoriyada yonib turgan lampochkalar klemmalarda kuchlanish qancha pasayadi? Mis simning ko'ndalang kesimini yuzasi $S=5 \text{ mm}^2$, solishtirma qarshiligi $r=1.7 \cdot 10^{-5}$ teng.
17. Uzunligi $l=10$ m temirdan yasalgan sim $U=6$ V kuchlashlarga ulangan. Agar temirning solishtirma qarshiligi $r=9.8 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$ bo'lsa, simdagi tokning zichligi j topilsin?
18. E.Yu.K. $\varepsilon = 1.5$ V bo'lgan tok manbaiga qarshiligi $R=0.1$ Om ga teng g'altak ulanganda ampermetr $I=0.5$ A tokni ko'rsatadi. Tok manbaiga ketma-ket yana bir shunday E.Yu.K.ga ega bo'lgan manba ulanganda g'altakdagi tok $I=0.4$ A bo'ladi. Manbalarning ichki r_1 va r_2 qarshiliklari topilsin.
19. E.Yu.K. lari $\varepsilon_1=1.2$ V va $\varepsilon_2=0.9$ V va ichki qarshiliklari $r=0.1$ Om, $r_1=0.3$ Om bo'lgan tok manbalari bir hil ishorali klemmalari bilan o'zaro ulangan. Ulovchi simlarning qarshilikgi $R=0.2$ Om bo'lsa, zanjirdagi tok I topilsin.
20. Mis simidan o'tayotgan tokning zichligi $j=3$ A/mm ga teng. O'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi topilsin, agar simning solishtirma qarshiligi $\rho=1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$ bo'lsa.
21. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi noldan $I=3$ A gacha davomida bir tekis oshadi. O'tkazgichdan o'tgan zaryadning miqdori Q aniqlansin.
22. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi $I=4+2t$ qonun bo'yicha o'zgaradi, bunda I -Amperlarda va t -soniyalarda ifodalangan. O'tkazgichning ko'ndalang kesimidan $t=2$ s dan $t=6$ s gacha qancha miqdorda zaryad o'tgan. Shunday vaqt ichida qanday o'zgaras tok o'tganda o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan xuddi yuqoridagicha zaryad Q o'tadi.
23. Elektrostansiyaning uzatish klemma shinalarida kuchlanish $U=6.6$ kV ga teng. Istemolchi undan $l=10$ km masofada joylashgan. Agar ikki simli uzatish liniyasidan $I=20$ A tok o'tsa, va o'tkazgichlardagi yo'qotish 3% dan oshmasa, bu liniya uchun ishlatiladigan mis simning ko'ndalang kesim yuzasi S topilsin. Mis R_v sim uchun $\rho=1.7^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$.
24. G'altak va ampermetr o'zaro ketma-ket ulangan bo'lib, ular tok manbaiga ulangan. G'altak klemmalariga ulangan va qarshiligi $R=2000$ Om bo'lgan voltmetr $U=100$ V ni ko'rsatadi. G'altakning qarshiligi topilsin. Agarda g'altakni qarshiligini aniqlashda voltmetrni o'tkazuvchanligi e'tiborga olinmasa, hatolik qancha foizni tashkil qiladi.
25. Kuchlanishi $U=120$ V bo'lgan tarmoqqa, qarshiligi $R=5000$ Om bo'lgan g'altak va voltmetr o'zaro ketma-ket ulangan. Voltmetr $U=80$ V ko'rsatmoqda. G'altakni boshqasi bilan almashtirilganda voltmetr $U=50$

V ni ko'rsatgan. Ikkinchi g'altakning qarshiligi topilsin.

26. Akkumulyatorlar batareyasining ichki qarshiligi $r=3$ Om. Agarda batareya klemmlaridagi kuchlanish, qarshiligi $R=200$ Om bo'lgan voltmetr bilan o'lchanganda, voltmetr ko'rsatishini E.Yu.K.ga teng bo'lsa, hatolik E.Yu.K.ni aniq qiymatini necha foizini tashkil etadi?

27. E.Yu.K. $\varepsilon=1.2$ V va ichki qarshiligi $r=0.4$ Om bo'lgan ikkita tok manbai 3-rasmda ko'rsatilganidek ulangan. A va B nuqtalar orasida birin-



chi va ikkinchi hol uchun potentsiallar ayirmasi va zanjirdagi tok kuchi topilsin.

28. Alyumin simdan tok o'tmoqda, simning ko'ndalang kesim yuzasi $S=2 \cdot 10^{-6}$ m². O'tkazgichdagi erkin elektronlar sonini atomlarning soniga teng deb olib, elektronlarning tartibli harakat tezligi topilsin.

29. Ko'ndalang kesim yuzasi $S=1$ mm² bo'lgan simdan $I=11$ A tokdan katta bo'lmagan tok o'tadi. Agarda har bir mis atomga bittadan o'tkazuvchanlik elektroni mos kelsa, o'tkazgichdan o'tayotgan elektronlarning o'rtacha tartibli harakat tezligi topilsin.

30. n ta bir hil tok elementlari ketma-ket va parallel ulanganda qisqa tutashuv toklarini taqqoslang.

31. Zanjirning biror qismidan o'tayotgan tok kuchi $I=0.5$ A bo'lganda kuchlanish $U=8$ V bo'lgan, $I=1.5$ A bo'lganda esa kuchlanish $U=20$ V bo'lgan. Zanjirning shu qismida E.Yu.K. qanday bo'lgan.

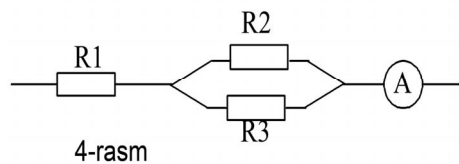
32. Uzunligi $\ell=15$ km va ko'ndalang kesim yuzasi $S=1$ mm² bo'lgan mis simning har bir mis atomiga bittadan elektron mos keladigan deb hisoblab, shu simdan $U=7$ V kuchlanish ostida tok o'tsa, simning bir uchidan ikkinchi uchigacha elektronlarni o'tish vaqti hisoblansin.

33. Shkalasi $U_v=I00$ V ga mo'ljallangan voltmetrdan $I=0.1$ A tok o'tganda voltmetrning ko'rsatishi $U=1$ V ga teng. Agarda voltmetrga qo'shimcha $R=90$ kOm qarshilik ulansa, shu voltmetr bilan eng katta qanday potentsiallar ayirmasi U ni o'lchash mumkin.

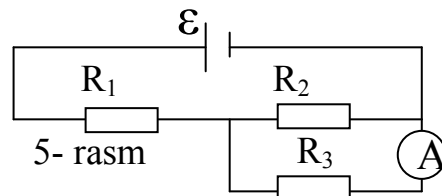
34. E.Yu.K. $\varepsilon=6$ V bo'lgan batareyasiga qarshiliklari $R_0=5$ kOm dan bo'lgan ikkita reostat ketma-ket ulangan. Agarda reostatlarni biriga qarshiligi $R=10$ kOm bo'lgan voltmetr ulansa, u qancha kuchlanishni ko'rsatadi. Batareyalarni ichki qarshiligi etiborga olinmasin.

35. Shkalasining bir bo'limi qiymati I amper va ichki qarshiligi r bo'lgan elektromagnit asbob qo'shimcha qarshiligi R bo'lgan voltmetr sifatida foydalanilayapti. Shkalaning har bir bo'limini qiymati voltlarda qanchaga teng bo'ladi?

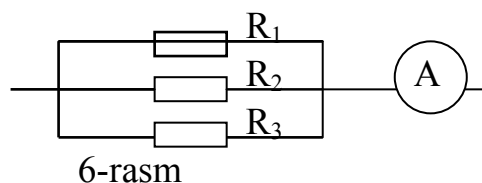
36. 4-rasmda ko'rsatilgandek ampermetr $I_1=3$ A ga teng tokni ko'rsatsa, qarshiliklar esa $R_1=40$ Om, $R_2=2$ Om va $R_3=4$ Om bo'lsa, shu qarshiliklardagi kuchlanish tushuvi topilsin. R_2 va R_3 qarshiliklardagi tok kuchlari I_2 va I_3 lar aniqlansin.



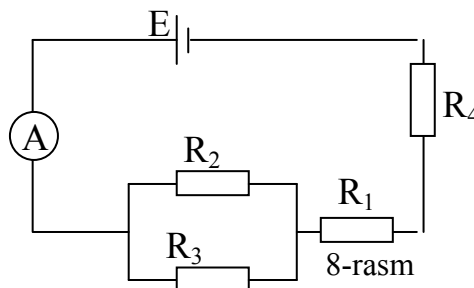
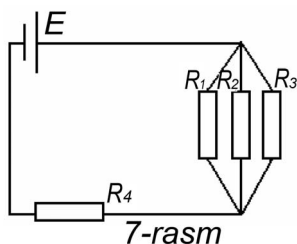
37. 5-rasmda ko'rsatilgan sxemadagi ampermetr ko'rsatayotgan tok kuchi topilsin. Bunda tok manbaini klemmlaridagi kuchlanish $U=2.1$ V, $R_1=5$ Om, $R_2=6$ Om, $R_3=3$ Om ga teng. Ampermetr qarshiligi etiborga olinmasin.



38. 6-rasmda $R_2=20$ Om va $R_3=15$ Om. R_2 qarshilikdan o'tuvchi tok kuchi $I=0.3$ A ga teng. Ampermetrni ko'rsatishi $I_{ra}=0.8$ A ga teng. R qarshilikni toping.

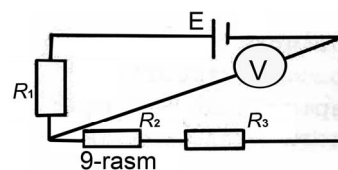


39. 7-rasmda $E=100$ V, $R_1=R_3=40$ Om, $R_2=80$ Om, $R_4=34$ Om. R_2 qarshilikdan o'tuvchi tok kuchini I_2 toping. Tok manbai qarshiligini etiborga olinmasin. $R_4=34$ Om.

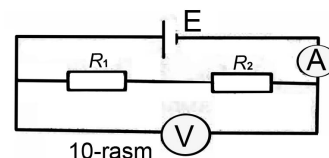


40. 8-rasmda E.Yu.K. $\varepsilon=120$ V, $R_3=20$ Om, $R_4=25$ Om, R_1 qarshilikda kuchlanish tushuvi $U_1=40$ V. Ampermetr $I=2$ A tokni ko'rsatmoqda. R_2 qarshilik aniqlansin.

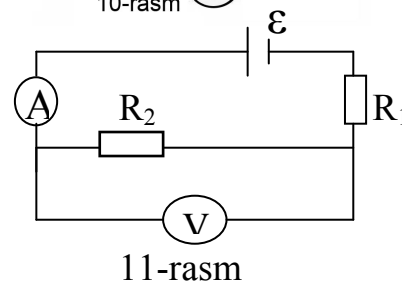
41. 9-rasmda E.Yu.K. $E=100$ V, $R_1=100$ Om, $R_2=200$ Om va $R_3=300$ Om. Agarda voltmetrni qarshiligi $R_v=2000$ Om bo'lsa, u qancha kuchlanishni ko'rsatadi. Batareya qarshiligi etiborga olinmasin.



42. 9-rasmda $R_1=R_2=R_3=200$ Om. Voltmetr $U=100$ V kuchlanishni ko'rsatmoqda. Voltmetrning qarshiligi $R_v=1$ kOm. Tok manbaini E.Yu.K. E topilsin. Uning ichki qarshiligi etiborga olinmasin.

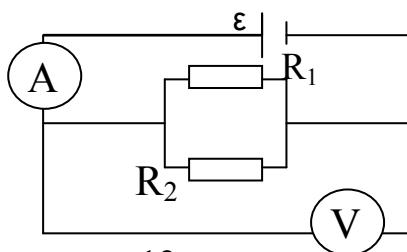


43. 10-rasmda voltmetrni qarshiligi $R_v=1$ kOm, batareyani E.Yu.K. $E=110$ V va qarshiliklar $R_1=400$ Om $R_4=600$ Om bo'lsa, ampermetr va

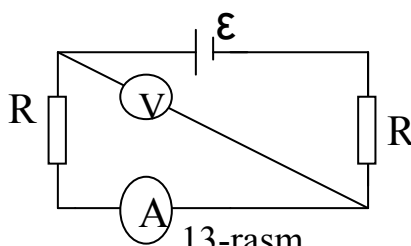


voltmetrni ko'rsatishi I va U topilsin. Batareya va ampermetrni qarshiligi etiborga olinmasin.

44. 11-rasmda tok manbai E.Yu.K. $E=200$ V, voltmeter qarshiligi $R_V=1$ kOm, $R_1=R_2=600$ Om bo'lsa, ampermetr ko'rsatayotgan tok kuchi va voltmeter ko'rsatayotgan kuchlanishni toping. Batareya va ampermetrlarning qarshiliklari etiborga olinmasin.
45. 12-rasmda voltmetrning qarshiligi $R_V=2$ kOm tok manbaini E.Yu.K. $\varepsilon=110$ V, qarshiliklar $R_1=R_2=400$ Om bo'l-sa, ampermetr va voltmetrni ko'rsatishlarini toping.
46. 13-rasmda voltmetrning qarshiligi $R_V=1$ kOm, tok manbaining E.Yu.K. $\varepsilon=110$ B, qarshiliklar $R_1=500$ Om, $R_2=300$ Om bo'lsa, ampermetr va voltmeter ko'rsatishlari topilsin.

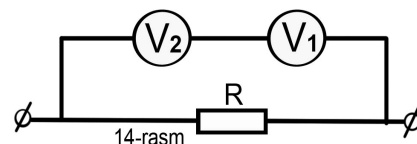


12-rasm



13-rasm

47. O'zaro parallel ulangan $R_1=4$ Om va $R_2=6$ Om qarshiliklar E.Yu.K. $\varepsilon=5$ V va ichki qarshiligi $r=0.1$ Om bo'lgan manbaga ulangan. Qarshiliklardan o'tuvchi I_1 va I_2 tok kuchlari topilsin.
48. Zanjirdagi kuchlanishni o'lchash uchun ketma-ket ikkita voltmeter ulangan (14-rasm). Qarshiligi $R_1=5000$ Om bo'lgan birinchi voltmeter $U_1=20$ V ko'rsatmoqda, ikkinchisi esa $U_2=2$ V ko'rsatmoqda. Ikkinchi voltmetrning qarshiligi R_2 topilsin.
49. Kuchlanishi $U=120$ V bo'lgan tarmoqqa qarshiligi $R=200$ Om bo'lgan ikkita lampochka ulangan. Lampochkalar parallel va ketma-ket ulandanda, ulardan o'tuvchi tok I topilsin.
50. Qarshiligi $R=36$ Om bo'lgan bir jinsli o'tkazgichni necha teng bo'lakka bo'lganda va bu bo'laklarni o'zaro parallel ulaganimizda ularning natijaviy qarshiligi $R_1=1$ Om bo'ladi?



14-rasm

ILOVALAR

Asosiy fizik kattaliklar

1-jadval

Fizik kattaliklar	Son qiymati
Tortishish kuchi doimiysi, G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$
1 kmol dagi molekular soni (Avagdro soni), N_0	$6,025 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$
Normal sharoitlarda 1 kmol ideal gaz hajmi, V_0	$22,4 \text{ m}^3$
Universal gaz doimiysi, R	$8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot ^\circ\text{C}$
Bolsman doimiysi, k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ j/}^\circ\text{C}$
Faradey soni, F	$9,65 \cdot 10^7 \text{ k/kg-ekv}$
Stefan Bolsman doimiysi, δ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ vt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^4$
Plank doimiysi, h	$6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Elektron zaryadi, e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ k}$
Elektronning tinch holatdagi massasi, m_e	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Protonning tinch holatdagi massasi, m_n	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neytronning tinch holatdagi massasi, mm	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi	$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Ba'zi astronomik kattaliklar

2-jadval

Yerning o'rtacha radiusi	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Yerning o'rtacha zichligi	5500 kg/m^3
Yerning massasi	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Quyoshning radiusi	$6,95 \cdot 10^8 \text{ m}$
Quyoshning massasi	$1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Oyning radiusi	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$
Oyning massasi	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Oy va yer markazlari orasidagi o'rtacha masofa	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$
Yer va quyosh orasidagi o'rtacha masofa	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Oyning yer atrofida aylanish davri	$27 \text{ sutka } 7 \text{ soat } 43 \text{ min}$
Quyoshning o'rtacha zichligi	1400 kg/m^3

T_k va p_k kritik qiymatlari

3-jadval

Modda	$T_k, ^\circ\text{K}$	$p_k, \text{ atm}$	$p_k, 10^{-6} \text{ N/m}^2$
Suv bug'i	647	217	22,0
Karbonat angidrid	304	73	7,4
Kislorod	154	50	5,07
Argon	151	48	4,87
Azot	126	33,6	3,4
Vodorod	33	12,8	1,3
Geliy	5,2	2,25	0,23

Turli haroratda fazoni to'yintiruvchi suv bug'larining elastikligi

4-jadval

$t, ^\circ\text{C}$	$r_k, \text{ mm simob ustuni}$	$t, ^\circ\text{C}$	$r_k, \text{ mm simob ustuni}$
-5	3,01	16	13,6
0	4,58	18	15,5
1	4,93	20	17,5
2	5,29	25	23,8
3	5,69	30	31,8
4	6,10	40	55,3
5	6,54	50	92,5
6	7,01	60	149
7	7,71	70	234
8	8,05	80	355
9	8,61	90	526
10	9,21	100	760
12	10,5	150	4,8 atm
14	12,0	200	15,3 atm

Turli haroratda suv bug'lanishining solishtirma issiqligi

5-jadval

$t, ^\circ\text{C}$	0	50	100	200
$r, \text{ kal/g}$	595	568	539	464
$r \cdot 10^{-5}, \text{ J/kg}$	24,9	23,8	22,6	19,4

Ba'zi bir suyuqliklarning xossalari

6-jadval

Suyuqlik	Zichlik, kg/m^3	20°C dagi solishtirma issiqlik sig'imi		20°C dagi sirt taranglik koeffitsiyenti
		$\text{j/kg}\cdot^\circ\text{C}$	$\text{kal/g}\cdot^\circ\text{C}$	
Benzol	880	1720	0,41	0,03
Suv	1000	4190	1,0	0,073
Glitsirin	1200	2430	0,58	0,064
Kanakunjut				
moyi	900	1800	0,43	0,035
Kerosin	800	2140	0,051	0,03
Simob	13600	138	0,033	0,5
Spirt	790	2510	0,6	0,02

Ba'zi bir qattiq jismlarning xossalari

7-jadval

Modda	Zichlik, kg/m^3	Erish harorat, $^{\circ}C$	Solishtirma issiqlik sig'imi		Erish solishtirma issiqligi, J/kg	Chiziqli issiqlik kengayish koeffi- tsiyenti, $^{\circ}C^{-1}$
			$j/kg \cdot ^{\circ}C$	$kal/g \cdot ^{\circ}C$		
Alyuminiy	2600	659	896	0,214	$3,22 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Temir	7900	1530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Jez	8400	900	386	0,092	--	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Muz	900	0	2100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	-
Mis	8600	1100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Qalay	7200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Platina	21400	1770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^{-5}$
Po'kak	200	--	2050	0,49	--	--
Qo'rg'oshin	11300	327	126	0,030	$2,26 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Kumush	10500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Po'lat	7700	1300	460	0,11	--	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Rux	7000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

Ba'zi bir qattiq jismlarning elastiklik xossalari

8-jadval

Modda	Mustahkamlik chegarasi, N/m	Yung moduli, N/m^2
Alyuminiy	$1,1 \cdot 10^8$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Temir	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Mis	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Qo'rg'oshin	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$
Kumush	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Po'lat	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$

**0-90⁰ burchaklar uchun sinuslar va tangenslarning qiymatlari
jadvali**

Gradus- lar	Sinuslar	Tangens- lar	Gradus- lar	Sinuslar	Tangens- lar	Gradus- lar	Sinuslar	Tangens- lar
0	0.0000	0.0000			0.6009			
1	0.0175	0.0175	31	0.5150	0.6249	61	0.8746	1.804
2	0.0349	0.0349	32	0.5299	0.6494	62	0.8829	1.881
3	0.0523	0.0524	33	0.5446	0.6745	63	0.8910	1.963
4	0.0698	0.0699	34	0.5592	0.7002	64	0.8988	2.050
5	0.0872	0.0875	35	0.5736	0.7265	65	0.9063	2.145
6	0.1045	0.1051	36	0.5878	0.7536	66	0.9135	2.246
7	0.1219	0.1228	37	0.6018	0.7813	67	0.9205	2.356
8	0.1392	0.1405	38	0.6157	0.8098	68	0.9272	2.475
9	0.1564	0.1584	39	0.6293	0.8391	69	0.9336	2.605
10	0.1736	0.1763	40	0.6428	0.8693	70	0.9397	2.747
11	0.1908	0.1944	41	0.6561	0.9004	71	0.9455	2.904
12	0.2079	0.2126	42	0.6691	0.9325	72	0.9511	3.078
13	0.2250	0.2309	43	0.6820	0.9657	73	0.9563	3.271
14	0.2419	0.2493	44	0.6947	1.0000	74	0.9613	3.487
15	0.2588	0.2679	45	0.7071	1.036	75	0.9659	3.732
16	0.2756	0.2867	46	0.7193	1.072	76	0.9703	4.011
17	0.2924	0.3057	47	0.7314	1.111	77	0.9744	4.331
18	0.3090	0.3249	48	0.7431	1.150	78	0.9781	4.705
19	0.3256	0.3443	49	0.7547	1.192	79	0.9816	5.145
20	0.3420	0.3640	50	0.7660	1.235	80	0.9848	5.671
21	0.3584	0.3839	51	0.7771	1.280	81	0.9877	6.314
22	0.3746	0.4040	52	0.7880	1.327	82	0.9903	7.115
23	0.3907	0.4245	53	0.7986	1.376	83	0.9925	8.144
24	0.4067	0.4452	54	0.8090	1.428	84	0.9945	9.514
25	0.4226	0.4663	55	0.8192	1.483	85	0.9962	11.43
26	0.4384	0.4877	56	0.8290	1.540	86	0.9976	14.30
27	0.4540	0.5095	57	0.8387	1.600	87	0.9976	19.08
28	0.4695	0.5317	58	0.8480	1.664	88	0.9986	28.64
29	0.4848	0.5543	59	0.8572	1.732	89	0.9994	57.29
30	0.5000	0.5774	60	0.8660		90	1.0000	∞

Adabiyotlar:

1. O.Qodirov. Fizika kursi. 1-qism. Toshkent 2005 y.
2. O.Ahmadjonov. Fizika kursi. 1, 2, 3-қисмлар. Тошкент 1987 й.
3. И.В.Савельев. Умумий физика курси. 1,2,3-қисмлар. Тошкент 1973 й.
4. Г.Абдуллаев. Физика курси. Тошкент. 1989 й.
5. В.С. Волькенштейн. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Тошкент. 1978 й.
6. А.Чертов. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Тошкент. 1997 й.

Mundarija

Kirish	3
1-§. Mexanika	5
1-mavzu. Ilgarilanma harakat kinematikasi va dinamikasi.....	10
2-mavzu. Qattiq jism harakati kinematikasi va dinamikasi	18
3-mavzu. Mexanikada saqlanish qonunlari	25
2-§. Molekulyar fizika va termodinamika.....	34
1-mavzu. Ideal gaz qonunlari. termodinamikaning 1-qonuni	38
2-mavzu. Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi. Statistik taqsimot.....	45
3-mavzu. Ko'chish hodisalari. Termodinamikaning ikkinchi qonuni	52
3-§. Elektrostatika	60
1-mavzu. Elektrostatika	65
4-§. O'zgarmas tok qonunlari	73
Ilovalar	84
Adabiyotlar:	88

**Bahodir Abdusamatovich Mirsalixov,
Mavjuda Yuldashevna Mansurova**

**MEXANIKA, MOLEKULYAR FIZIKA VA
ELEKTR DINAMIKA**

1-qism

Muharrir: Qurbonova Z.Q.
Texnik muharrir va sahifalovchi: Tashbayeva M.X.

Nashrga ruxsat etildi: 18.12.2015 y.
Qog`oz bichimi: 60×84/16. Hajmi 5,7 b.t.
Adadi 30 nusxa. Buyurtma №23-1/2015
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent sh., Odilxo`jayev ko`chasi, 1uy

Toshkent temir yo`l muhandislari instituti, 2015 y.