

# ЕДИННЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН



Н.С. ПУРЫШЕВА, Е.Э. РАТБИЛЬ

# ФИЗИКА

## БОЛЬШОЙ СБОРНИК ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

для подготовки  
к единому  
государственному экзамену



ЕГЭ – ШКОЛЬНИКАМ  
И УЧИТЕЛЯМ

**100**  
БАЛЛОВ

Н.С. Пурешева, Е.Э. Ратбиль

# **ФИЗИКА**

## **БОЛЬШОЙ СБОРНИК ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ**

**ДЛЯ ПОДГОТОВКИ  
К ЕДИНОМУ  
ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ**

УДК 373:53  
ББК 22.3я721  
П88

**Пурышева, Наталия Сергеевна.**  
П88      Физика : Большой сборник тематических заданий для подготовки к единому государственному экзамену / Пурышева Н.С., Ратбиль Е.Э. — Москва : Издательство АСТ, 2018. — 157 [3] с. — (ЕГЭ. Большой сборник тематических заданий).

ISBN 978-5-17-103883-0

Внимание школьников и абитуриентов впервые предлагается учебное пособие для подготовки к ЕГЭ по физике, которое содержит тренировочные задания, собранные по темам. В книге представлены задания разных типов и уровней сложности по всем разделам и темам, проверяемым на едином государственном экзамене. Пособие дополнено двумя тренировочными вариантами экзаменационных работ по физике для подготовки к ЕГЭ. В конце пособия приводятся ответы на все задания. Выполнение предлагаемых тренировочных заданий по темам позволит качественно подготовиться к сдаче ЕГЭ по физике.

УДК 373:53  
ББК 22.3я721

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	4	Изменение величин, соответствие графиков и формул, физических величин и формул . . . . .	36
Справочные материалы . . . . .	5	Задания с кратким ответом . . . . .	41
<b>МЕХАНИКА . . . . .</b>	<b>7</b>	Задания с развёрнутым ответом . . . . .	42
Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение . . . . .	7	<b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>	
Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Сила трения . . .	8	Электрическое поле . . . . .	46
Закон сохранения импульса.		Законы постоянного тока . . . . .	54
Кинетическая и потенциальная энергия.		Магнитное поле . . . . .	63
Работа и мощность силы. Закон сохранения механической энергии . . . .	10	Электромагнитная индукция . . . . .	69
Условие равновесия твёрдого тела.		Электромагнитные колебания . . . . .	74
Закон Паскаля. Сила Архимеда.		Геометрическая оптика . . . . .	82
Математический и пружинный маятники. Механические волны, звук . . . . .	11	Волновая оптика . . . . .	87
Изменение физических величин . . . . .	11	<b>СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ . . . . .</b>	<b>91</b>
Установление соответствия . . . . .	14	<b>КВАНТОВАЯ ОПТИКА . . . . .</b>	<b>93</b>
Объяснение явлений . . . . .	18	Корпускулярно-волновой дуализм.	
Задания с кратким ответом . . . . .	22	Физика атома . . . . .	93
Задания с развёрнутым ответом . . . . .	24	Физика атомного ядра . . . . .	99
<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.</b>		<b>МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ . .</b>	<b>104</b>
<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>		<b>ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ . . . . .</b>	<b>110</b>
Основное уравнение МКТ, средняя кинетическая энергия, уравнение Менделеева-Клапейрона, изопродессы . . . . .	27	Вариант 1 . . . . .	110
Работа в термодинамике, первый закон термодинамики . . . . .	28	Вариант 2 . . . . .	119
Влажность воздуха. КПД теплового двигателя . . . . .	30	<b>ОТВЕТЫ . . . . .</b>	<b>129</b>
Объяснение тепловых явлений . . . . .	31		

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Вниманию школьников и абитуриентов предлагается новое учебное пособие для подготовки к ЕГЭ по физике, которое содержит тренировочные задания, сгруппированные по темам. Задания соответствуют современному образовательному стандарту и кодификатору единого государственного экзамена по физике.

В пособие включены тренировочные задания разных типов и уровней сложности по всем проверяемым на ЕГЭ разделам школьного курса физики: «Механика», «Молекулярная физика. Термодинамика», «Электродинамика», «Оптика», «Специальная теория относительности», «Физика атома. Физика атомного ядра», «Методы научного познания».

Каждый из разделов пособия включает задания, различающиеся по содержанию и степени сложности. Это задания базового уровня сложности с кратким ответом, задания повышенного уровня сложности с кратким ответом, а также задания высокого уровня сложности с развёрнутым ответом.

Данная методика подготовки поможет учащимся научиться правильно оформлять работу, выявлять критерии оценивания, акцентировать внимание на формулировках заданий и избегать ошибок, связанных с невнимательностью и рассеянностью на экзамене.

Приступая к выполнению задания, необходимо внимательно прочитать его условие. Если возникли затруднения, следует обратиться к учебнику или справочнику, повторить сложную для понимания тему, а потом попробовать ещё раз решить задание.

В конце пособия приведены два полных варианта экзаменационной работы по физике в том формате, в котором она представлена на ЕГЭ. В неё входят все типы тематических заданий. Их выполнение будет полезно в качестве закрепления полученных навыков.

Завершают книгу ответы и подробный анализ расчётных задач, которые предназначены для самоконтроля и самооценки знаний.

Пособие позволит в кратчайшие сроки выявить пробелы в знаниях учащихся и отработать задания, в которых допускается больше всего ошибок, непосредственно за несколько дней до экзамена.

**В связи с возможными изменениями в структуре заданий рекомендуем в процессе подготовки к экзамену обращаться к материалам сайта официального разработчика экзаменационных заданий — Федерального института педагогических измерений [www/fipi.ru](http://www/fipi.ru).**

# СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Справочные данные, которые могут понадобиться при выполнении работы.

Десятичные приставки		
Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$
мега	М	$10^6$
кило	к	$10^3$
гекто	г	$10^2$
санти	с	$10^{-2}$
милли	м	$10^{-3}$
микро	мк	$10^{-6}$
нано	н	$10^{-9}$

Константы	
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \frac{\text{М}}{\text{С}^2}$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^2}{\text{КГ}^2}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{С}^2}$
элементарный электрический заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Плотность			
бензин	$710 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	древесина (сосна)	$400 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
спирт	$800 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	парафин	$900 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
керосин	$800 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	алюминий	$2700 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
масло машинное	$900 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	мрамор	$2700 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
вода	$1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	цинк	$7100 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
молоко цельное	$1030 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	сталь, железо	$7800 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
вода морская	$1030 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	медь	$8900 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
ртуть	$13\ 600 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	свинец	$11\ 350 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$

Удельная теплоёмкость и теплота			
теплоёмкость воды	$4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость спирта	$2400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота парообразования спирта	$9,0 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость льда	$2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость алюминия	$920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота плавления стали	$7,8 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость стали	$500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота плавления олова	$5,9 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость цинка	$400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость меди	$400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота сгорания спирта	$2,9 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость олова	$230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота сгорания керосина	$4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость свинца	$130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	теплота сгорания бензина	$4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
теплоёмкость бронзы	$420 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$		

Температура плавления		Температура кипения	
свинца	327 °C	воды	100 °C
олова	232 °C	спирта	78 °C
льда	0 °C		

Удельное электрическое сопротивление, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{м}}$ (при 20 °C)			
серебро	0,016	никелин	0,4
медь	0,017	нихром (сплав)	1,1
алюминий	0,028	фехраль	1,2
железо	0,10		

Нормальные условия: давление  $10^5$  Па, температура 0 °C.

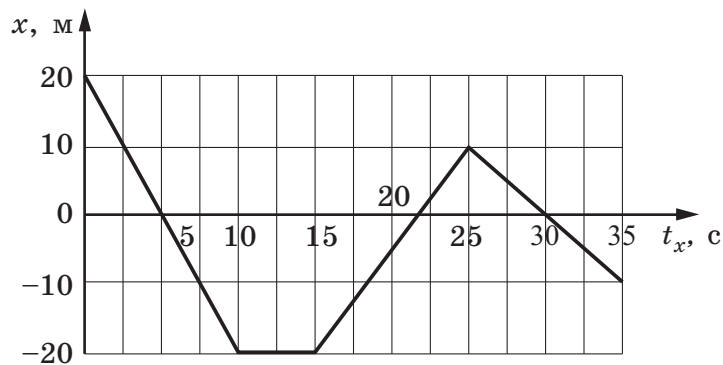
# МЕХАНИКА

## Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение

Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости координаты тела от времени при его прямолинейном движении по оси  $x$ .

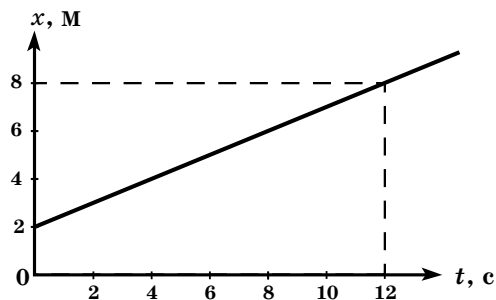


Проекция скорости тела  $v_x$  в промежутке времени от 5 до 10 с равна

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2

На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени при прямолинейном движении тела вдоль оси  $Ox$ . Чему равна проекция его скорости?

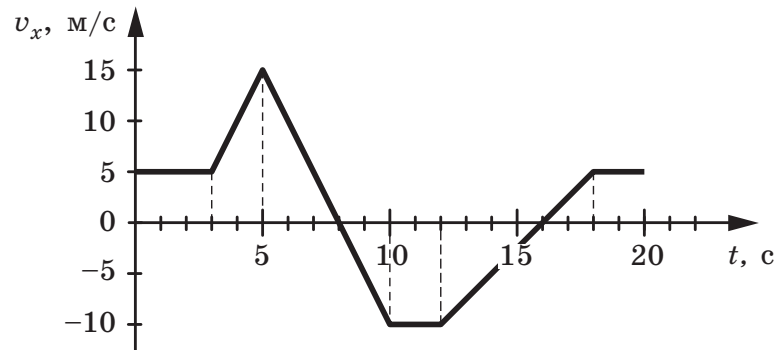


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



3

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела от времени.

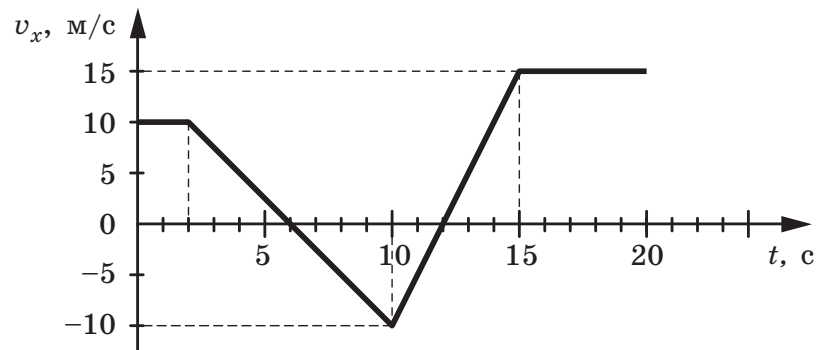


Чему равна проекция ускорения в промежуток времени от 12 до 16 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

4

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела от времени.



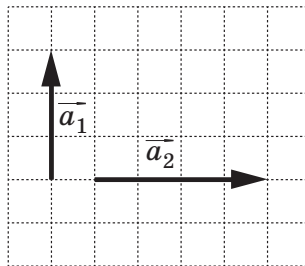
Чему равна проекция ускорения в промежуток времени от 10 до 15 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

### Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Сила трения

5

Под действием силы  $F_1 = 3$  Н тело движется с ускорением  $a_1 = 0,3$  м/с<sup>2</sup>. Под действием силы  $F_2 = 4$  Н тело движется с ускорением  $a_2 = 0,4$  м/с<sup>2</sup> (см. рисунок). Чему равна сила  $F_0$ , под действием которой тело движется с ускорением  $\vec{a}_n = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$ ?



Ответ:

6 В инерциальной системе отсчёта сила  $F$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $a$ . Ускорение тела массой  $2m$  под действием силы  $12F$  в этой системе отсчёта равно

Ответ:

7 В инерциальной системе отсчёта сила  $F$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $a$ . Под действием какой силы тело вдвое меньшей массы приобретёт в этой системе отсчёта ускорение  $4a$ ?

Ответ:

8 Космонавт на Земле притягивается к ней с силой 700 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности, если радиус Марса в 2 раза, а масса — в 10 раз меньше, чем у Земли?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

9 Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

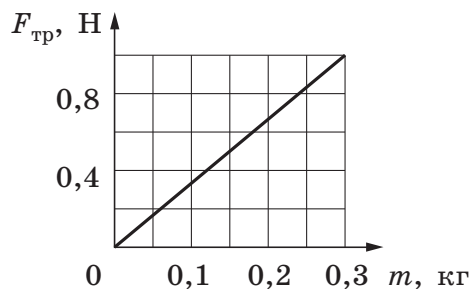
10 При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

11 На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, и он остаётся в покое. Какова сила трения между ящиком и полом?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

12 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  стального бруска по поверхности стола от массы  $m$  бруска на брусок помещали дополнительные грузы. По результатам исследования получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения.

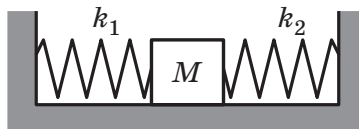


Ответ: \_\_\_\_\_

- 13** К пружине школьного динамометра длиной 5 см подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Каким будет удлинение пружины при добавлении ещё двух грузов по 0,1 кг?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 14** Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Вторая пружина действует на кубик силой 12 Н. Чему равна жёсткость первой пружины  $k_1$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

### Закон сохранения импульса. Кинетическая и потенциальная энергия. Работа и мощность силы. Закон сохранения механической энергии

- 15** Чему равен импульс тела массой 200 г, брошенного под углом  $60^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 16 м/с, в верхней точке траектории?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

- 16** Шарик массой 300 г падает с некоторой высоты с начальной скоростью, равной нулю. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 40 Дж, а потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 5 Дж. С какой высоты упал шарик?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**17** Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх. В начальный момент его энергия равна 200 Дж. На какую максимальную высоту поднимется камень? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**18** Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх с поверхности земли, достигло максимальной высоты 5 м. Какой кинетической энергией обладало тело сразу же после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**19** Тело массой 0,1 кг брошено горизонтально со скоростью 4 м/с с высоты 2 м относительно поверхности земли. Какова кинетическая энергия тела в момент его приземления? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

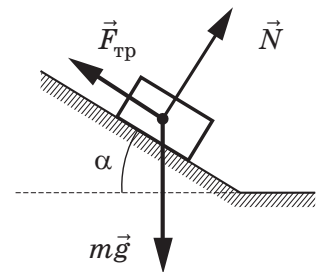
**20** Первая пружина имеет жёсткость 20 Н/м, вторая — 40 Н/м. Обе пружины растянуты на 1 см. Отношение потенциальных энергий пружин  $E_2/E_1$  равно

Ответ: \_\_\_\_\_ .

### Условие равновесия твёрдого тела. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Математический и пружинный маятники. Механические волны, звук

**21** Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют 3 силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила упругости опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Если брусок покоится, то модуль равнодействующей сил  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}$  равен

Ответ: \_\_\_\_\_ .



### Изменение физических величин

**22** С балкона бросают мячик вниз под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются в процессе движения модуль ускорения мячика и его кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

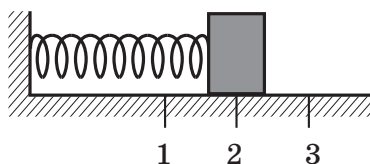
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Модуль ускорения мячика	Кинетическая энергия мячика

23

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

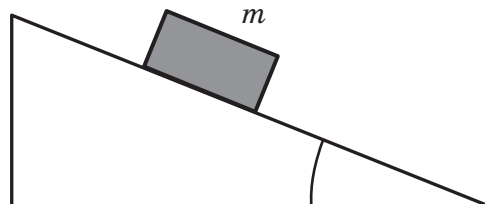
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Кинетическая энергия груза маятника	Жёсткость пружины

24

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся ускорение и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $2m$ ?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Ускорение	Модуль работы силы трения

25

На шероховатой наклонной плоскости покоится деревянный брусок. Угол наклона плоскости увеличили, но брусок относительно плоскости остался в покое. Как изменились при этом сила трения покоя, действующая на брусок, и коэффициент трения бруска о плоскость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Сила трения покоя, действующая на брусок	Коэффициент трения бруска о плоскость

26

В результате перехода с одной круговой орбиты на другую центростремительное ускорение спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Радиус орбиты	Скорость движения по орбите

27

В школьном опыте брусок, лежащий на горизонтальном диске, вращается вместе с ним с некоторой угловой скоростью. В ходе опыта период вращения диска уменьшили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как изменились при этом следующие две величины: центростремительное ускорение бруска и сила нормального давления бруска на опору?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Центростремительное ускорение бруска	Сила нормального давления бруска на опору

28

Медный кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на нижнюю грань кубика, а также модуль силы Архимеда, действующей на кубик, если опустить кубик глубже, но так, чтобы он не касался дна сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Давление воды на нижнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда

29

На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но бóльшей массы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

### Установление соответствия

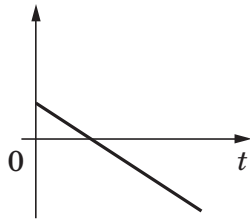
30

В момент  $t=0$  мячик бросают с начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$ . Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .

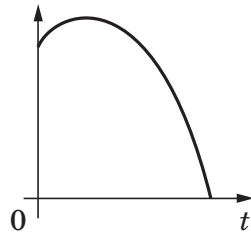
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Соппротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y=0$ .)

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



А)



Б)

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости мячика на ось  $y$
- 2) координата  $x$  мячика
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) потенциальная энергия мячика

Ответ:

А	Б

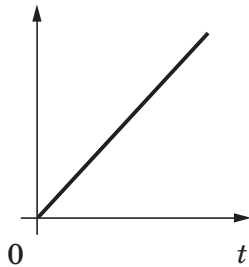
31

В момент  $t=0$  мячик бросают с начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$ . Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .

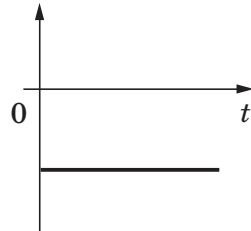
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y=0$ .)

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



А)



Б)

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция импульса мячика на ось  $x$
- 2) координата  $x$  мячика
- 3) проекция ускорения мячика на ось  $y$
- 4) потенциальная энергия мячика

Ответ:

А	Б

32

Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени (все величины выражены в СИ) и значениями проекций его начальной скорости и ускорения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## КООРДИНАТА

- А)  $x = t^2$   
 Б)  $x = 4 - t$

## НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЕ

- 1)  $v_{0x} = 0, a_x = 1 \text{ м/с}^2$   
 2)  $v_{0x} = 0, a_x = 2 \text{ м/с}^2$   
 3)  $v_{0x} = -1 \text{ м/с}, a_x = 0$   
 4)  $v_{0x} = 1 \text{ м/с}, a_x = 1 \text{ м/с}^2$

Ответ:

А	Б

33

Тело, брошенное со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту, в течение времени  $t$  поднимается на максимальную высоту  $h$  над горизонтом. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) время  $t$  подъёма на максимальную высоту  
 Б) максимальная высота  $h$  над горизонтом

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $v^2 \sin^2 \alpha / 2g$   
 2)  $v \cos^2 \alpha g$   
 3)  $v^2 \sin^2 \alpha / 2g$   
 4)  $v \sin \alpha / g$

Ответ:

А	Б

34

Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью проекции скорости от времени для того же тела.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## СКОРОСТЬ

- А)  $x = 10 - 5t + 2t^2$   
 Б)  $x = 5 - 4t^2$

## КООРДИНАТА

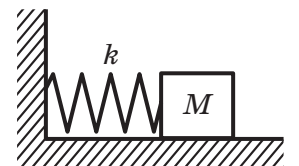
- 1)  $v_x = 5 + 4t$   
 2)  $v_x = 4t - 5$   
 3)  $v_x = -4t^2$   
 4)  $v_x = -8t$

Ответ:

А	Б

35

На гладком горизонтальном столе брусок массой  $M$ , прикреплённый к вертикальной стене пружиной жёсткостью  $k$ , совершает гармонические колебания с амплитудой  $A$  (см. рисунок). Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) максимальная сила, действующая на груз

Б) максимальная кинетическая энергия груза

## ФОРМУЛЫ

1)  $kA$

2)  $\frac{kA^2}{2}$

3)  $2\sqrt{\frac{m}{k}}$

4)  $\sqrt{\frac{k}{m}}$

Ответ:

А	Б

36

Шайба съезжает без трения из состояния покоя с горки высотой  $H$ . Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Чему равны масса шайбы и модуль её импульса у подножия горки?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) масса шайбы

Б) модуль импульса шайбы у подножия горы

## ФОРМУЛЫ

1)  $2E_k gh$

2)  $\frac{E_k}{gh}$

3)  $\frac{E_k}{2gh}$

4)  $E_k \sqrt{\frac{2}{gh}}$

Ответ:

А	Б

37

Два пластилиновых шарика массами  $2m$  и  $m$  находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью  $\vec{v}$ , а второй покоится относительно стола. Укажите формулы, по которым можно рассчитать модули изменения скоростей шариков в результате их абсолютно неупругого удара.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) кинетическая энергия шаров после соударения
- Б) изменение кинетической энергии первого шарика

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{2}{3}mv^2$
- 2)  $\frac{3mv^2}{2}$
- 3)  $\frac{mv^2}{2}$
- 4)  $\frac{1}{3}mv^2$

Ответ:

А	Б

## Объяснение явлений

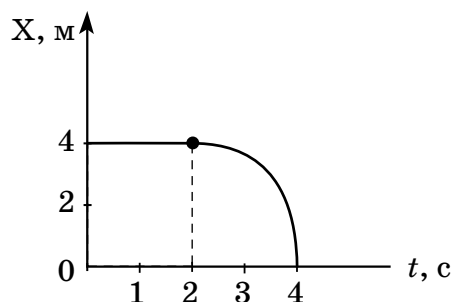
38

На графике показано изменение координаты тела с течением в инерциальной системе отсчёта. На основании этого графика выберите **ДВА** верных утверждения о движении тела.

- 1) Первые 2 с скорость тела не менялась, а затем её модуль постепенно увеличивался.
- 2) Скорость тела всё время увеличивалась.
- 3) Первые 2 с сумма сил, действовавших на тело, была равна 0.
- 4) За первые 4 с тело переместилось на 3 мм.
- 5) Скорость тела постоянно уменьшалась.

Ответ:

--	--



39

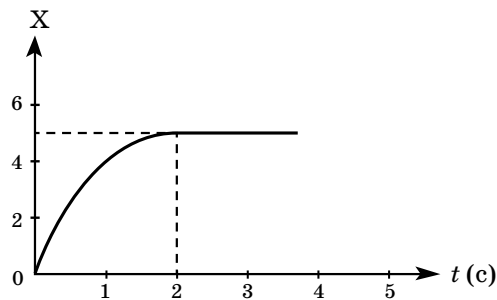
Шарик катится по желобу. Измерение координаты с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике.

Выберите **ДВА** верных утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) Проекция скорости шарика постоянно увеличивалась и оставалась отрицательной на всём пути.
- 2) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
- 3) Первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.
- 4) На шарик действовала всё увеличивающаяся сила.
- 5) Первые 2 с проекция ускорения не изменялась, а затем стала равной нулю.

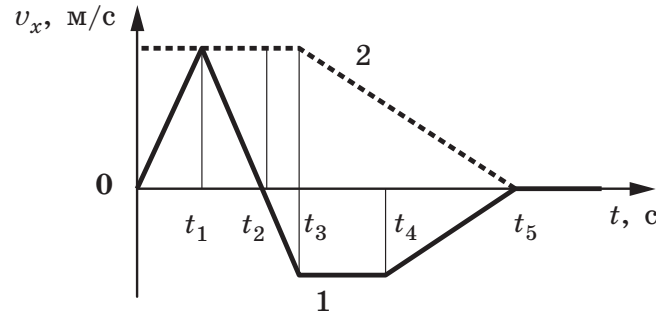
Ответ:

--	--



40

Два тела движутся по оси  $Ox$ . На рисунке представлены графики зависимости проекции скорости движения тел 1 и 2 от времени. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения. Укажите их номера.

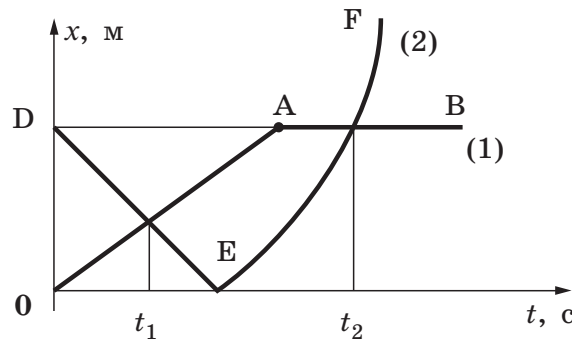


- 1) В промежутке времени  $t_3 - t_5$  тело 2 движется равноускоренно.
- 2) К моменту времени  $t_2$  от начала движения тела прошли одинаковые пути.
- 3) В промежутке времени  $0 - t_3$  тело 2 находится в покое.
- 4) В момент времени  $t_5$  тело 1 останавливается.
- 5) В промежутке времени  $t_3 - t_4$  ускорение  $a_x$  тела 1 отрицательно.

Ответ:

41

На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух тел, движущихся вдоль оси  $Ox$ .



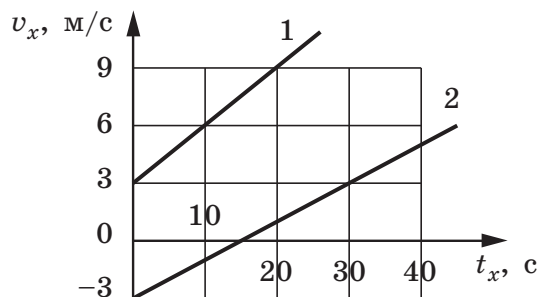
Используя данные графики, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) В момент времени  $t_2$  тела встретились.
- 2) В момент времени  $t_1$  тела имели одинаковые по модулю скорости.
- 3) Участок графика  $AB$  соответствует равномерному движению тела 1.
- 4) Участок графика  $EF$  соответствует ускоренному движению тела 2.
- 5) К моменту времени  $t_1$  тело (1) прошло больший путь.

Ответ:

42

Два тела движутся по оси  $Ox$ . На рисунке приведены графики зависимости проекций их скоростей  $v_x$  от времени  $t$ . На основании графиков выберите **ДВА** верных утверждения о движении тел.



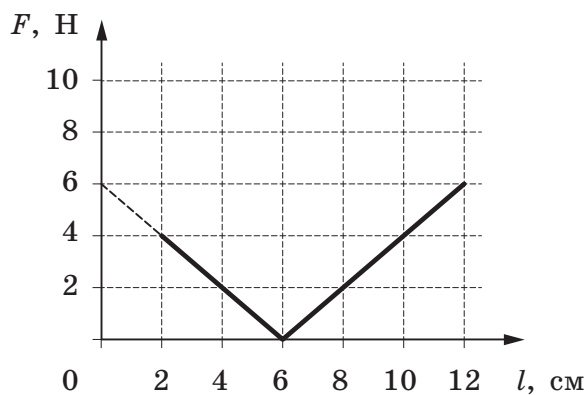
- 1) Проекция  $a_x$  ускорения тела 1 меньше проекции  $a_x$  ускорения тела 2.
- 2) Проекция  $a_x$  ускорения тела 1 равна  $0,3 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Тело 2 в момент времени  $15 \text{ с}$  находилось в начале отсчёта.
- 4) Первые  $15 \text{ с}$  тела двигались в разные стороны.
- 5) Проекция  $a_x$  ускорения тела 2 равна  $0,1 \text{ м/с}^2$ .

Ответ:

--	--

43

Ученик проводит опыт, исследуя зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины. Эта зависимость выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите **ДВА** утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

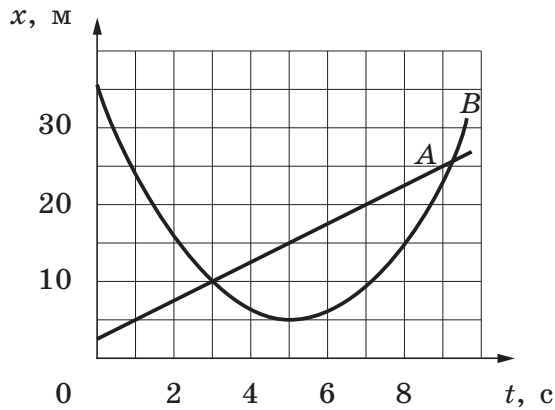
- 1) Под действием силы, равной  $6 \text{ Н}$ , пружина разрушается.
- 2) Жёсткость пружины равна  $200 \text{ Н/м}$ .
- 3) Длина пружины в недеформированном состоянии равна  $6 \text{ см}$ .
- 4) При деформации, равной  $2 \text{ см}$ , в пружине возникает сила упругости  $2 \text{ Н}$ .
- 5) В процессе опыта жёсткость пружины сначала уменьшается, а затем увеличивается.

Ответ:

--	--

44

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $Ox$ . Выберите **ДВА** верных утверждения о движении тел.

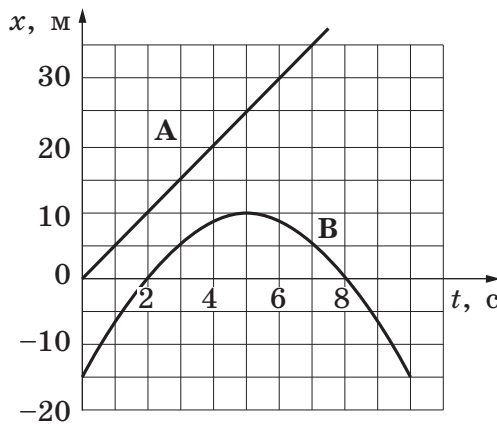


- 1) Тело А движется равноускоренно.
- 2) Временной интервал между встречами тел А и В составляет 6 с.
- 3) В течение первых пяти секунд тела двигались в одном направлении.
- 4) За первые 5 с тело А прошло 15 м.
- 5) Тело В движется с постоянным ускорением.

Ответ:

45

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $Ox$ . Выберите **ДВА** верных утверждения о характере движения тел.



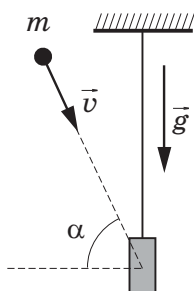
- 1) Интервал между моментами прохождения телом В начала координат составляет 6 с.
- 2) Тело А движется равноускоренно, а тело В — равнозамедленно.
- 3) Проекция ускорения тела В на ось  $Ox$  положительна.
- 4) Тело В меняет направление движения в момент времени  $t = 5$  с.
- 5) Скорость тела А в момент времени  $t = 5$  с равна 20 м/с.

Ответ:

### Задания с кратким ответом

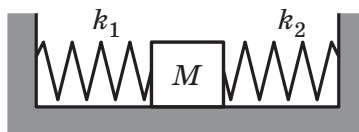
*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 46** Доска массой  $0,5$  кг шарнирно подвешена к потолку на лёгком стержне. На доску со скоростью  $10$  м/с налетает пластилиновый шарик массой  $0,2$  кг и прилипает к ней. Скорость шарика перед ударом направлена под углом  $60^\circ$  к нормали доски (см. рисунок). Чему равна высота подъёма доски относительно положения равновесия после соударения?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 47** Кубик массой  $1$  кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на  $4$  см, а вторая сжата на  $3$  см. Вторая пружина действует на кубик силой  $12$  Н. Чему равна жёсткость первой пружины  $k_1$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 48** Груз массой  $2$  кг, закреплённый на пружине жёсткостью  $200$  Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой  $10$  см. Какова максимальная скорость груза?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 49** Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в  $20$  м от места броска. Сколько времени прошло от броска до того момента, когда его скорость была направлена горизонтально и равна  $10$  м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

50

Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. Какова кинетическая энергия груза на высоте 6 м относительно поверхности земли? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

51

Мальчик на санках спустился с ледяной горы высотой 10 м и проехал по горизонтали до остановки 50 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 80 Н. Чему равна общая масса мальчика с санками? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

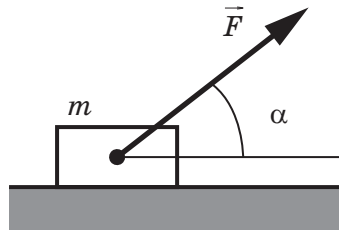
52

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. Скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда, равна 900 м/с. Чему равна скорость второго осколка?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

53

Брусок массой  $m=2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы  $F=12$  Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu=0,2$ . Чему равен модуль силы трения  $F_{\text{тр}}$ , действующей на брусок?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

54

Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности радиуса 81 м. Какова максимальная скорость автомобиля при коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

55

Автомобиль массой 1000 кг подъезжает со скоростью 20 м/с к подъёму высотой 5 м. В конце подъёма его скорость уменьшается до 6 м/с. Каково по модулю изменение механической энергии автомобиля? Ответ выразите в килоджоулях (кДж).

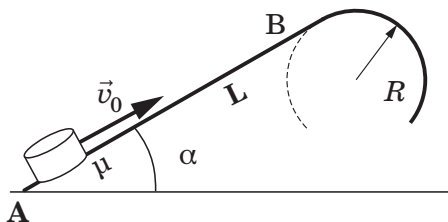
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



### Задания с развёрнутым ответом

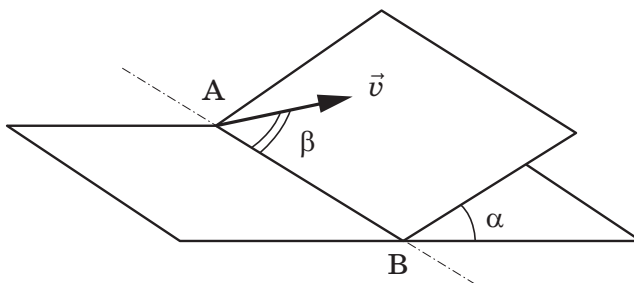
*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

- 56** Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки А (см. рисунок). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом  $R$ . Если в точке А скорость шайбы превосходит  $\vec{v}_0 = 4$  м/с, то в точке В шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости  $AB = L = 1$  м, угол  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой  $\mu = 0,2$ . Найдите внешний радиус трубы  $R$ .



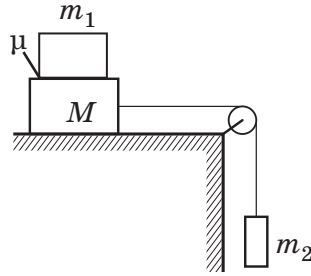
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 57** Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой АВ. Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки А с начальной скоростью  $v_0 = 2$  м/с под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой АВ. В ходе движения шайба съезжает на прямую АВ в точке В. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние АВ.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

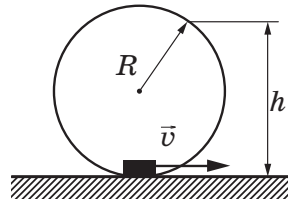
- 58** Система грузов  $M$ ,  $m_1$  и  $m_2$ , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола — горизонтальная и гладкая. Коэффициент трения между грузами  $M$  и  $m_1$  равен  $\mu = 0,2$ . Грузы  $M$  и  $m_2$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть  $M = 1,2$  кг,  $m_1 = m_2 = m$ . При каких значениях  $m$  грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**59**

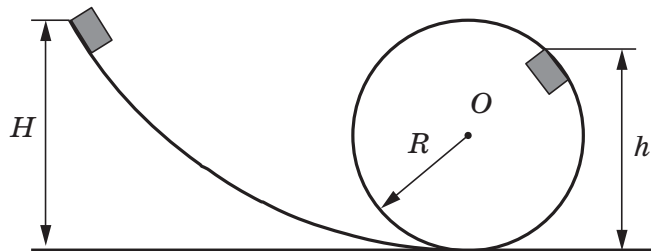
Небольшая шайба после толчка приобретает скорость  $v=2$  м/с и скользит по внутренней поверхности закреплённого вертикально гладкого кольца радиусом  $R = 0,14$  м. На какой высоте  $h$  шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**60**

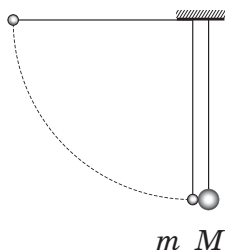
Небольшой кубик массой  $m=1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H=3$  м по гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли  $R$ , если на высоте  $h=2,5$  м от нижней точки петли кубик давит на её стенку с силой  $F=4$  Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**61**

Два шарика висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол  $90^\circ$  и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Каким должно быть отношение масс шариков  $M/m$ , чтобы в результате их абсолютно неупругого удара половина кинетической энергии левого шарика, которой шарик обладал непосредственно перед ударом, перешла во внутреннюю энергию?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 62** На космическом корабле, находящемся далеко от Земли, начал работать реактивный двигатель. Из сопла ракеты ежесекундно выбрасывается 2 кг газа ( $\Delta m/\Delta t = 2$  кг) со скоростью  $v = 500$  м/с. Какова масса аппарата, если через  $t = 8$  с после старта пройденное им расстояние составило 64 м? Начальную скорость аппарата принять равной нулю. Изменением массы аппарата за время движения пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 63** Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 64** Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 100 м/с. В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 1:2. Осколок меньшей массы упал на землю со скоростью 200 м/с. Определите скорость большего осколка при падении на землю. Считать поверхность земли плоской и горизонтальной.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 65** Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 200 м/с. В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка одинаковой массы. Первый упал на землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза больше начальной скорости снаряда. На какую максимальную высоту поднялся второй осколок? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

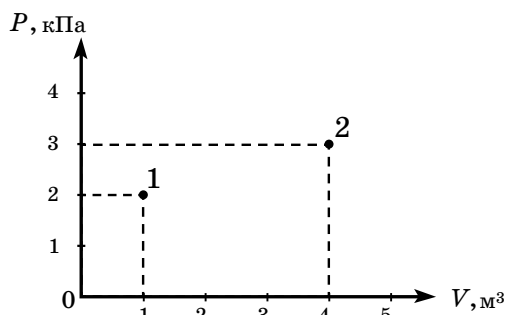
## Основное уравнение МКТ, средняя кинетическая энергия, уравнение Менделеева-Клапейрона, изопрцессы

Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 При сжатии идеального газа его объём и абсолютная температура уменьшились в 4 раза. Каким стало конечное давление, если начальное давление газа равно 120 кПа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 2 В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите отношение температур газа в состояниях 2 и 1 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 3 Идеальный газ изотермически сжали из состояния с объёмом 6 л так, что давление газа изменилось в  $n = 3$  раза. На сколько уменьшился объём газа в этом процессе?

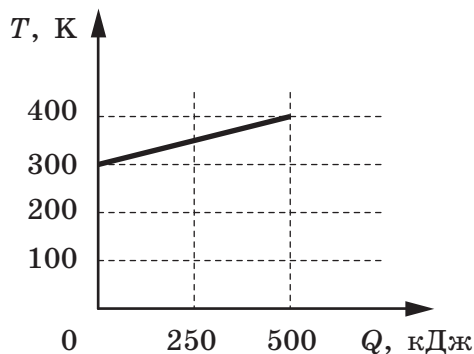
Ответ: \_\_\_\_\_ л.

## Работа в термодинамике, первый закон термодинамики

Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

4

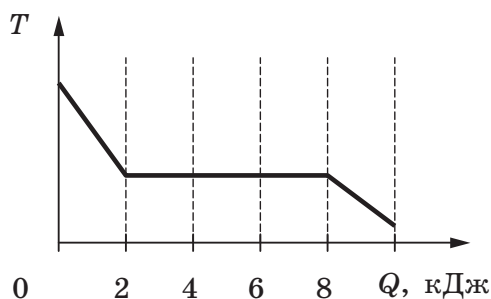
На рисунке приведена зависимость температуры твёрдого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоёмкость вещества этого тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг·К).

5

Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты представлена на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

6

Медный и свинцовый цилиндры одинаковой массы нагрели, что привело к одинаковому изменению температуры каждого цилиндра. Воспользовавшись таблицами, приведёнными в начале варианта, определите отношение количества теплоты, сообщённого медному цилиндру, к количеству теплоты, сообщённого свинцовому цилиндру,  $Q_{Cu}/Q_{Pb}$ . Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

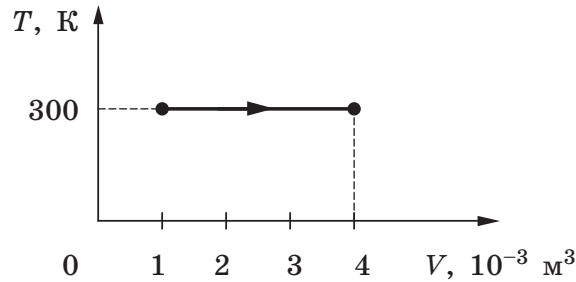
7

Газ совершил работу 10 Дж и получил количество теплоты 6 Дж. На сколько изменилась внутренняя энергия?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

8

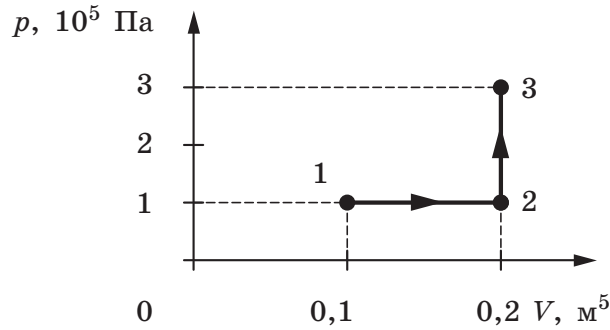
На рисунке показан график изотермического расширения идеального одноатомного газа. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

9

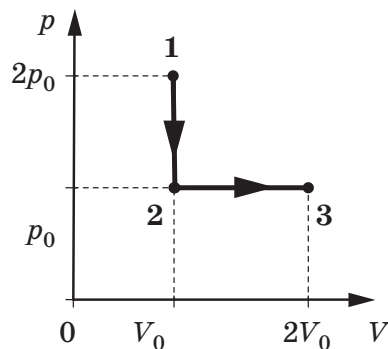
Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10

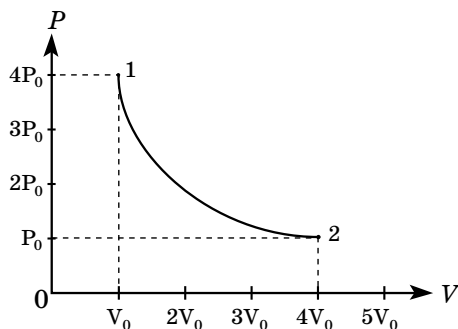
Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на диаграмме  $p-V$ . Известно, что  $p_0 = 10^5$  Па,  $V_0 = 300 \text{ см}^3$ . Чему равна работа на участке 1-2-3?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11

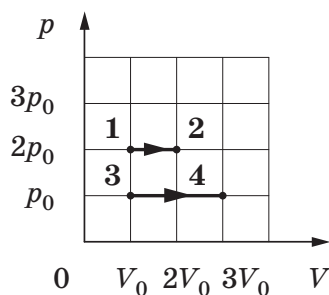
На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объёма. При переходе газа из состояния 2 в состояние 1 была совершена работа, равная 10 кДж. Какое количество теплоты отдано газом при этом переходе?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

12

На  $p$ — $V$ -диаграмме показано нагревание некоторого количества аргона в двух процессах (см. рисунок). Чему равно отношение работы газа  $A_{12}$  к работе газа  $A_{34}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_

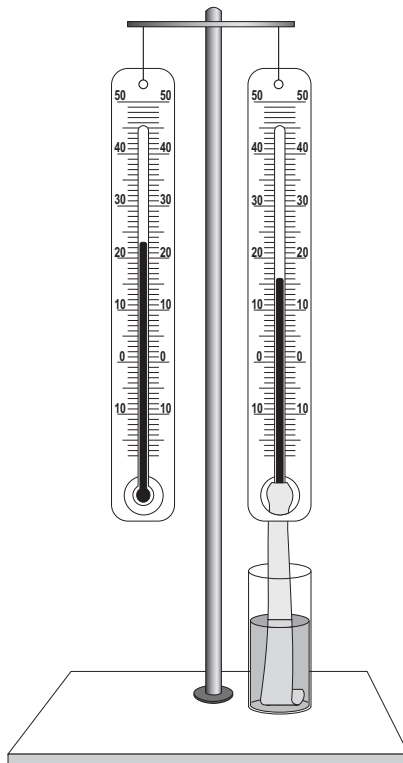
### Влажность воздуха. КПД теплового двигателя

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

13

Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра (двух термометров, колбочка одного из которых обёрнута влажной тканью: см. фотографию). Абсолютная погрешность измерения температуры равна цене деления термометра.

Запишите в ответ величину показаний сухого термометра с учётом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

- 14** Тепловая машина с КПД 60% за цикл получает от нагревателя 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 15** За один цикл работы идеальный тепловой двигатель Карно получает от нагревателя количество теплоты 35 кДж и совершает работу 15 кДж. Какова температура холодильника, если температура нагревателя равна 560 К?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

### Объяснение тепловых явлений

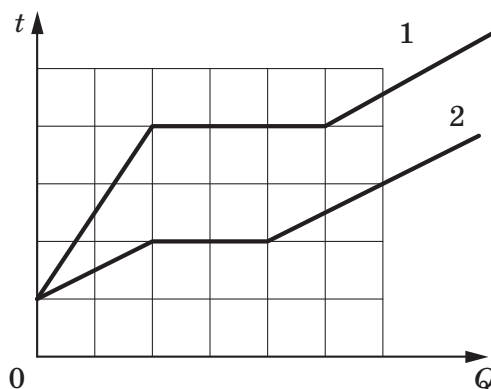
*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 16** На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения и укажите их номера.

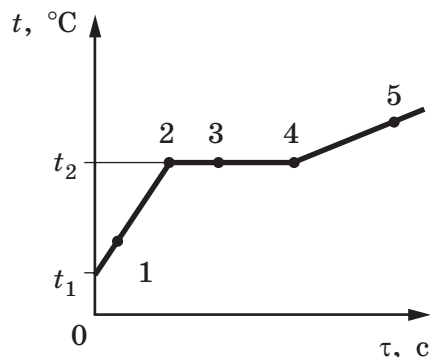
- 1) Температура плавления первого тела в 4 раза больше, чем второго.
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость второго тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого.
- 4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 5) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.



Ответ:

17

На рисунке представлен график зависимости температуры  $t$  от времени  $\tau$ , полученный при равномерном нагревании вещества нагревателем постоянной мощности. Первоначально вещество находилось в твёрдом состоянии.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Точка 2 на графике соответствует жидкому состоянию вещества.
- 2) Внутренняя энергия вещества при переходе из состояния 3 в состояние 4 увеличивается.
- 3) Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии равна удельной теплоёмкости этого вещества в жидком состоянии.
- 4) Испарение вещества происходит только в состояниях, соответствующих горизонтальному участку графика.
- 5) Температура  $t_2$  равна температуре плавления данного вещества.

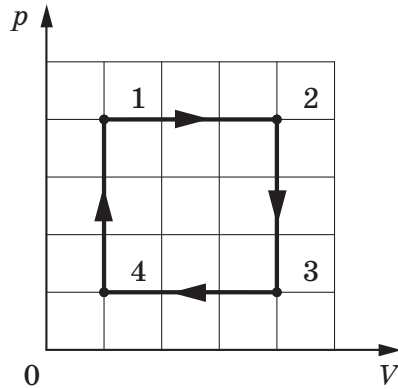
Ответ:

18

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах  $p$ – $V$ .

Из предложенного перечня выберите **ДВА** верных утверждения и укажите их номера.

- 1) В процессе 1–2 внутренняя энергия газа не изменяется
- 2) В процессе 4–1 газ совершает положительную работу.
- 3) В процессе 3–4 газу сообщают некоторое количество теплоты.
- 4) В процессе 1–2 температура газа увеличивается в 4 раза.
- 5) Работа, совершённая над газом в процессе 3–4, в 4 раза меньше работы, совершённой газом в процессе 1–2.

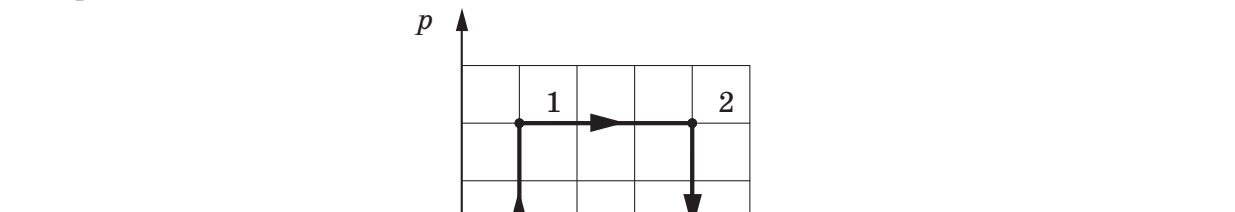


Ответ:

19

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах  $p$ – $V$ .

Из предложенного перечня выберите **ДВА** верных утверждения и укажите их номера.



- 1) В процессе 1–2 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 2) В процессе 2–3 газ совершает положительную работу.
- 3) В процессе 3–4 газу сообщают некоторое количество теплоты.
- 4) В процессе 4–1 температура газа увеличивается в 4 раза.
- 5) Работа, совершённая газом в процессе 1–2, в 3 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3–4.

Ответ:

20

Температуру холодильника тепловой машины уменьшили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

21

Температуру холодильника тепловой машины увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

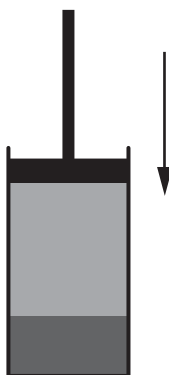
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы

22

В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре, пока поршень не коснётся поверхности жидкости?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Давление пара	Масса жидкости

23

В калориметр с водой, имеющей комнатную температуру, положили кусок льда при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Как изменятся в результате установления теплового равновесия следующие две величины: удельная теплоёмкость льда и масса воды?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

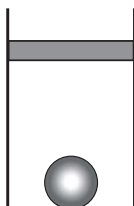
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Удельная теплоёмкость льда	Масса воды

24

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ нагревают.



Из приведённого списка выберите **ДВА** верных утверждения.

- 1) Объём и давление газа увеличиваются.
- 2) Объём газа увеличивается, а давление уменьшается.
- 3) Объём газа увеличивается, а давление остаётся неизменным.
- 4) Сила Архимеда, действующая на шарик, уменьшается.
- 5) Сила Архимеда не меняется.

Ответ: 

--	--

25

В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его объём? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Температура гелия	Объём гелия

26

Координата тела массой 10 кг меняется по закону  $x = 3 + 2t - 6t^2$ . Чему равна проекция на ось  $Ox$  равнодействующей всех сил, действующих на это тело?

Ответ: \_\_\_\_\_ н.

### Изменение величин, соответствие графиков и формул, физических величин и формул

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

27

Установите соответствие между газовым законом и разновидностью изопроцесса в разреженном газе, к которому можно применить данный закон. Считаем, что в ходе процесса количество вещества газа не меняется.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

- А) закон Шарля
- Б) закон Бойля—Мариотта

ИЗОПРОЦЕССЫ

- 1) изобарное нагревание
- 2) изотермическое расширение
- 3) изохорное охлаждение
- 4) адиабатное сжатие

Ответ:	А	Б

28

В цилиндре под поршнем находится идеальный газ. Газ сжимают, один раз передвигая поршень в цилиндре медленно, а другой раз — при резком движении поршня.

Установите соответствие между характером изменения состояния газа в цилиндре и названием процесса изменения состояния газа.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ГАЗА**

- А) медленное сжатие газа
- Б) быстрое сжатие газа

**НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА**

- 1) изобарный
- 2) изохорный
- 3) адиабатный
- 4) изотермический

Ответ:

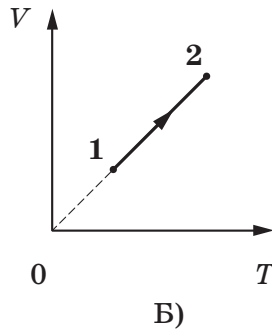
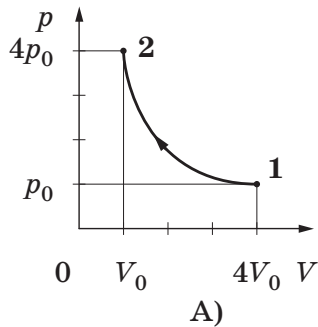
А	Б

**29**

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль идеального газа, и значениями физических величин, характеризующих эти процессы ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

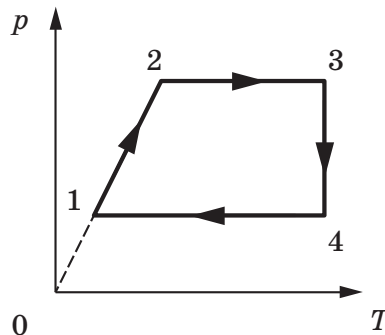
- 1)  $\Delta U = 0$ ;  $A < 0$
- 2)  $\Delta U = 0$ ;  $A > 0$
- 3)  $\Delta U > 0$ ;  $A > 0$
- 4)  $\Delta U > 0$ ;  $A = 0$

Ответ:

А	Б

**30**

Изменение состояния фиксированного количества одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке.



Из приведённого списка выберите **ДВА** верных утверждения, характеризующие процессы на графике, и укажите их номера.

- 1) В процессе 1–2 газ не совершает работу.
- 2) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа уменьшается.
- 3) В процессе 3–4 внутренняя энергия газа не меняется.
- 4) В процессе 4–1 работа газа больше, чем в процессе 2–3.
- 5) В ходе процесса 1–2–3–4–1 газ совершил отрицательную работу.

Ответ: 

--	--

**31**

Изменение состояния фиксированного количества одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке.

Установите соответствие между процессами и физическими величинами ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии,  $Q$  — количество теплоты). К каждой позиции из первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами, которые их характеризуют.

ПРОЦЕССЫ

- А) переход 1 → 2
- Б) переход 2 → 3

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1)  $\Delta U > 0$ ;  $Q > 0$
- 2)  $\Delta U < 0$ ;  $Q = 0$
- 3)  $\Delta U = 0$ ;  $Q < 0$
- 4)  $\Delta U = 0$ ;  $Q > 0$

Ответ:

А	Б

**32**

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна  $T_1$ , а температура холодильника равна  $T_2$ . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИ ВЕЛИЧИНЫ

- А) количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл холодильнику
- Б) КПД двигателя

ФОРМУЛЫ

- 1)  $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 2)  $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3)  $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 4)  $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

33

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна  $T_1$ , а температура холодильника равна  $T_2$ . За цикл двигатель отдаёт холодильнику количество теплоты  $Q_2$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) КПД двигателя

Б) количество теплоты, получаемое за цикл от нагревателя

ФОРМУЛЫ

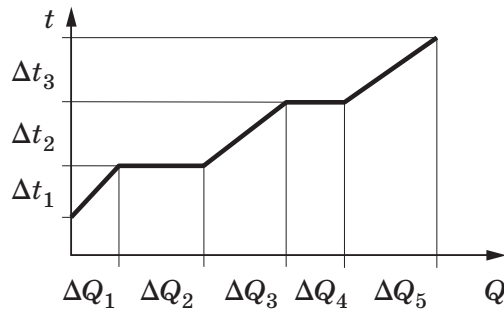
- 1)  $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 2)  $\frac{(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3)  $\frac{Q_2}{T_2} T_1$
- 4)  $\left(\frac{T_1}{T_1 - T_2}\right) Q_2$

Ответ:

А	Б

34

В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество массой  $m$ . Цилиндр поместили в печь. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Формулы А) и Б) позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значения которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

- А)  $\frac{\Delta Q_3}{m \Delta t_2}$
- Б)  $\frac{\Delta Q_4}{m}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) удельная теплота плавления
- 2) удельная теплота парообразования
- 3) удельная теплоёмкость пара
- 4) удельная теплоёмкость жидкости

Ответ:

А	Б



35

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А) и Б) позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Используются обозначения:  $p$  — давление;  $V$  — объём;  $\overline{E_k}$  — средняя кинетическая энергия молекул;  $\nu$  — количество вещества. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

$$\text{А) } \frac{2}{3} \nu N_a \overline{E_k}$$

$$\text{Б) } \frac{3p}{2N_a \overline{E_k}}$$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) средняя кинетическая энергия молекул газа

2) количество вещества

3) давление

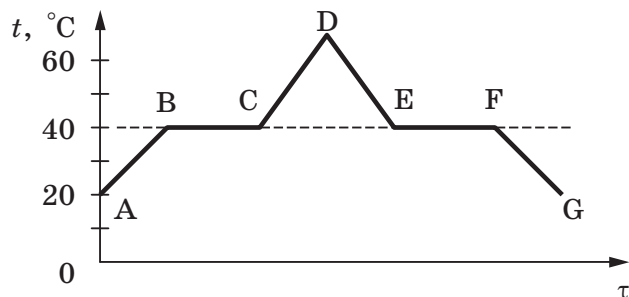
4) объём

Ответ:

А	Б

36

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры  $t$  эфира от времени  $\tau$  его нагревания и последующего охлаждения.



Выберите **ДВА** верных утверждения о процессах, происходящих с эфиром.

- 1) процесс  $BC$  соответствует плавлению твёрдого эфира.
- 2) процесс  $DE$  соответствует охлаждению жидкого эфира.
- 3) процесс  $EF$  соответствует конденсации эфира.
- 4) в процессе  $BC$  внутренняя энергия эфира остаётся неизменной.
- 5) в процессе  $EF$  внутренняя энергия эфира уменьшается.

Ответ:

--	--

**Задания с кратким ответом**

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 37** В калориметре находится вода, масса которой 100 г и температура 0 °С. В него добавляют кусок льда, масса которого 20 г и температура –5 °С. Какой будет температура содержимого калориметра после установления в нём теплового равновесия? Ответ выразите в градусах по Цельсию (°С).

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

- 38** Для охлаждения лимонада массой 200 г в него бросают кубики льда при 0 °С. Масса каждого кубика 8 г. Первоначальная температура лимонада 30 °С. Сколько целых кубиков надо бросить в лимонад, чтобы установилась температура 15 °С? Тепловыми потерями пренебречь. Удельная теплоёмкость лимонада такая же, как у воды.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 39** В баллоне находятся 20 кг азота при температуре 300 К и давлении  $10^5$  Па. Каков объём баллона? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

- 40** С идеальным газом происходит изотермический процесс, в котором в результате уменьшения объёма газа на 150 дм<sup>3</sup> давление газа возросло в 2 раза. Каким был первоначальный объём газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ дм<sup>3</sup>.

- 41** Цилиндрический сосуд разделён неподвижной теплоизолирующей перегородкой на две части: в одной части сосуда находится неон, в другой — гелий. Концентрация атомов газов одинакова. Средняя кинетическая энергия теплового движения атомов неона вдвое больше средней кинетической энергии теплового движения атомов гелия. Определите отношение давления неона к давлению гелия.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 42 В цилиндре при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  находится  $2\text{ кг}$  воздуха под давлением  $9,8 \cdot 10^5\text{ Па}$ . Какова работа воздуха при его изобарном нагревании на  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Ответ выразите в килоджоулях и округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 43 Давление идеального одноатомного газа уменьшилось на  $5 \cdot 10^4\text{ Па}$ . Газ находится в закрытом сосуде при постоянном объёме  $0,3\text{ м}^3$ . Какое количество теплоты было отдано газом? Ответ выразите в килоджоулях (кДж) и округлите до десятых.

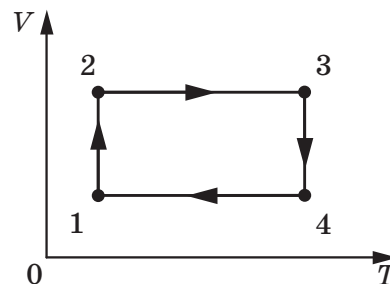
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 44 Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жёсткими стенками объёмом  $0,6\text{ м}^3$ . При нагревании его внутренняя энергия увеличилась на  $18\text{ кДж}$ . Насколько возросло давление газа? Ответ выразите в килопаскалях (кПа).

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 45 Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 240\text{ К}$ , а давление — в  $1,8$  раза. Масса газа постоянна. Найдите начальную температуру газа по шкале Кельвина.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.



### Задания с развёрнутым ответом

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

- 46 В калориметре находился лёд при температуре  $t_1 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой была масса  $m_1$  льда, если после добавления в калориметр  $m_2 = 4\text{ кг}$  воды, имеющей температуру  $t_2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , причём в калориметре была только вода?

- 47 В калориметре находился  $1\text{ кг}$  льда. Какой была температура льда, если после добавления в калориметр  $15\text{ г}$  воды, имеющей температуру  $t_2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в калориметре установилось тепловое равновесие при  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

**48** Теплоизолированный горизонтальный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится  $\nu = 2$  моль гелия, а в правой — такое же количество молей аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Температура гелия равна температуре аргона:  $T = 300$  К. Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

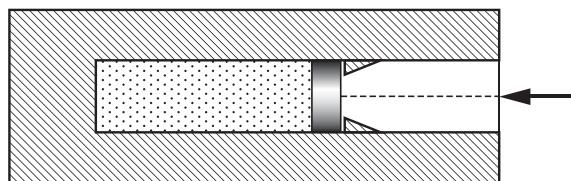
**49** Теплоизолированный горизонтальный сосуд объёмом  $2 \text{ м}^3$  разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится гелий массой  $m = 1$  кг, а в правой — такой же массы аргон. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Начальная температура гелия равна начальной температуре аргона:  $T = 300$  К. Определите внутреннюю энергию газа, оставшегося в той части сосуда, где первоначально находился гелий, после установления равновесия в системе.

**50** Воздушный шар объёмом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Какова максимальная масса груза, который может поднять шар, если воздух в нём нагреть до температуры  $77$  °С? Температура окружающего воздуха  $7$  °С, его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

**51** Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой  $400$  кг и содержит  $100$  кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17$  °С, а давление  $10^5$  Па? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объёма шара.

**52** Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу  $1$  кг. Шар наполняют гелием. Атмосферное давление  $10^5$  Па равно давлению гелия в шаре. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар оторвётся от земли. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна  $0$  °С. (Площадь сферы  $S = 4\pi r^2$ , объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

**53** В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится  $0,1$  моль гелия, запёртого поршнем. Поршень массой  $90$  г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой  $10$  г, летящая горизонтально со скоростью  $400$  м/с, и застревает в нём. Как изменится температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться энергией с сосудом и поршнем.

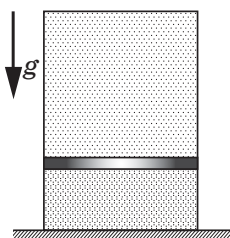


54

В сосуде с небольшой трещиной находится газ, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление газа уменьшилось в 8 раз, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в сосуде? (Газ считать идеальным.)

55

Вертикально расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой 50 см разделён подвижным поршнем массой 11 кг на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество идеального газа при температуре 361 К. Сколько молей газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте 20 см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.



56

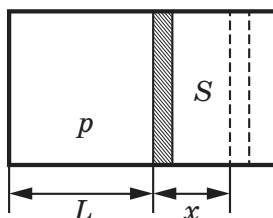
В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$ , ограниченном сверху подвижным поршнем массой  $M = 1 \text{ кг}$ , находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте  $H = 13 \text{ см}$  от дна сосуда. На какой высоте  $h$  от дна сосуда окажется поршень, если на него положить груз массой  $m = 0,5 \text{ кг}$ ? (Воздух считать идеальным газом, а его температуру — неизменной. Атмосферное давление принять равным  $10^5 \text{ Па}$ . Трение между стенками сосуда и поршнем не учитывать).

57

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха  $p = 10^5 \text{ Па}$ . Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты  $|Q| = 75 \text{ Дж}$ . При этом поршень передвинулся на расстояние  $x = 10 \text{ см}$ . Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

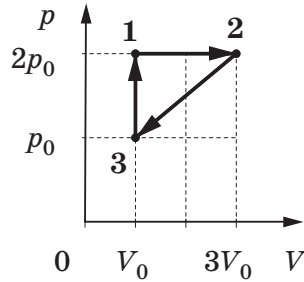
58

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа  $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Расстояние от дна сосуда до поршня равно  $L$ . Площадь поперечного сечения поршня  $S = 25 \text{ см}^2$ . В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты  $Q = 1,65 \text{ кДж}$ , а поршень сдвинулся на расстояние  $x = 10 \text{ см}$ . При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной  $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3 \text{ Н}$ . Найдите  $L$ . Считать, что сосуд находится в вакууме.



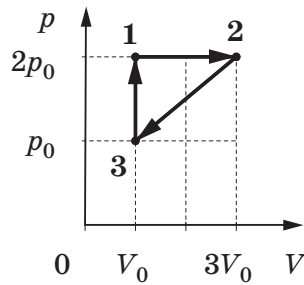
59

Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл от нагревателя газ получает количество теплоты  $Q_H = 8$  кДж. Чему равна работа гелия за цикл? Масса газа в ходе процесса не изменяется.



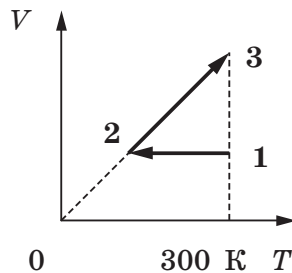
60

С одноатомным идеальным газом проводят циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу  $A_{ц} = 5$  кДж. Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя? Количество вещества газа в ходе процесса остаётся неизменным.



61

Одноатомный идеальный газ в количестве 10 моль сначала охладил, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрел до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2-3?



# ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

## Электрическое поле

Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Во сколько раз уменьшится энергия электростатического поля конденсатора, если напряжение на его обкладках уменьшить в 2,5 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 2 Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен  $F$ . Во сколько раз уменьшится модуль этих сил, если один заряд уменьшить в 5 раз, другой заряд увеличить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

- 3 Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен  $F$ . Во сколько раз увеличится модуль этих сил, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

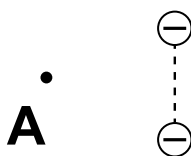
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 4 На каком расстоянии необходимо расположить в вакууме два маленьких шарика, чтобы сила их электростатического взаимодействия была равна 9 мН? Заряд каждого шарика 1 мКл.

Ответ: \_\_\_\_\_ мм.

- 5 Электрическое поле создаётся двумя равными по величине одноимёнными зарядами (см. рисунок).

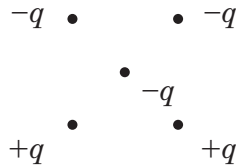
Как направлен (вверх, вниз, вправо, влево) вектор напряжённости суммарного электростатического поля в точке А?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

6

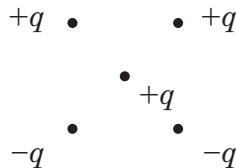
Как направлена (**вправо, влево, вверх, вниз**) кулоновская сила, действующая на отрицательный точечный заряд  $-q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

7

Как направлена (**влево, вправо, вверх, вниз**) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

8

Во сколько раз увеличится ускорение заряженной пылинки, движущейся в электрическом поле, если её заряд увеличить в 6 раз, а напряжённость поля уменьшить в 2 раза? Силу тяжести и сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов:  $+q$  и  $-q$ . Как направлен (**влево, вправо, вверх, вниз**) вектор напряжённости суммарного электростатического поля этих зарядов в точке А?

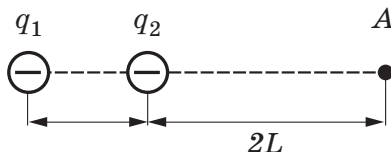


Ответ: \_\_\_\_\_ .



10

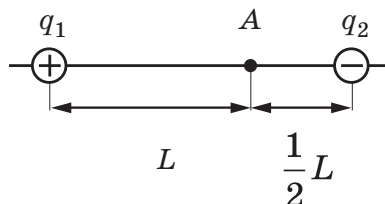
Два точечных отрицательных заряда:  $q_1 = -30$  нКл и  $q_2 = -10$  нКл находятся в вакууме на расстоянии  $L = 0,5$  м друг от друга. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке  $A$ , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $2L$  от второго заряда (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/Кл.

11

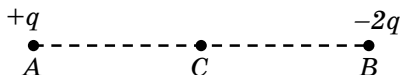
Два точечных заряда: положительный  $q_1 = 30$  нКл и отрицательный  $q_2 = -20$  нКл — находятся в вакууме. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке  $A$ , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $L$  от первого и  $\frac{1}{2}L$  от второго заряда.  $L = 3$  м.



Ответ: \_\_\_\_\_ В/м.

12

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках  $A$  и  $B$ , несут на себе заряды  $+q$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок). Точка  $C$  находится посередине между бусинками  $A$  и  $B$ .



Из приведённого ниже списка выберите **ДВА** правильных утверждения и укажите их номера.

1) На бусинку  $B$  со стороны бусинки  $A$  действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.

2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке  $C$  направлена горизонтально влево.

3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.

4) Если бусинки соединить тонкой медной проволокой, они будут отталкиваться друг от друга.

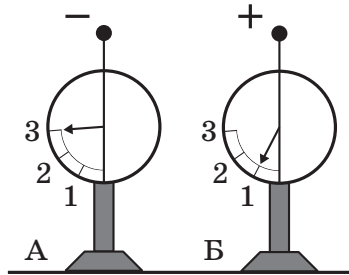
5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

Ответ:

--	--

13

На рисунке изображены два одинаковых электрометра: *A* и *B*, шары которых заряжены положительно. В первом опыте электрометры соединяют проволокой, а во втором — деревянной линейкой.



Выберите **ДВА** утверждения, соответствующие данным этих опытов.

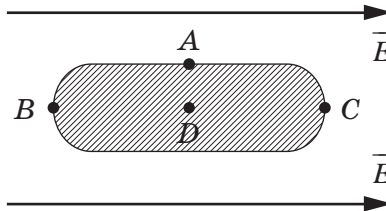
- 1) В первом опыте показание электрометра *A* станет равным 1, а показание электрометра *B* — равным 3.
- 2) Во втором опыте показания электрометров станут одинаковыми.
- 3) Во втором опыте показания электрометров не изменятся.
- 4) В первом опыте электрометр *B* полностью разрядится.
- 5) В первом опыте показания обоих электрометров станут разными.

Ответ:

--	--

14

Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ .



Из приведённого ниже списка выберите **ДВА** правильных утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело, и укажите их номера.

- 1) Напряжённость электрического поля в точке *C* не равна нулю.
- 2) Потенциал в точке *A* меньше, чем в точке *D*.
- 3) Концентрация свободных электронов в точке *A* наименьшая.
- 4) В точке *C* индуцируется положительный заряд.
- 5) В точке *B* индуцируется отрицательный заряд.

Ответ:

--	--

15

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой металлической пластиной.

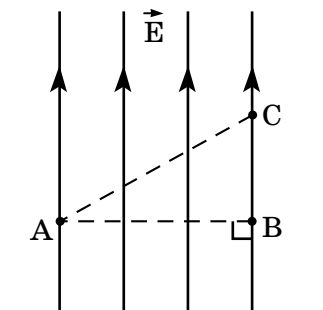
Из приведённого ниже списка выберите **ДВА** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Заряд пластины положительный.
- 2) Потенциал в точке *B* больше, чем в точке *C*.

3) Работа сил электрического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки  $A$  в точку  $B$  положительна.

4) Если в точку  $B$  поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.

5) Напряжённость в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$ .



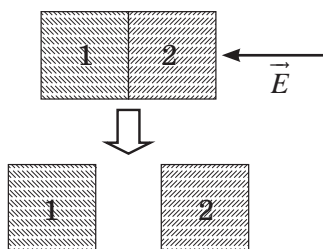
Ответ:

--	--

16

Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизил вплотную и поместили в электрическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально влево, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули (нижняя часть рисунка).

Выберите из предложенного перечня **ДВА** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных исследований, и укажите их номера.



1) После того, как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался положительным, заряд второго — отрицательным.

2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.

3) После того, как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков остались равными нулю.

4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность первого кубика была заряжена отрицательно.

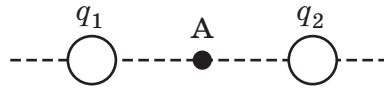
5) После того, как кубики раздвинули, правые поверхности обоих кубиков оказались заряжены отрицательно.

Ответ:

--	--

17

Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды  $q_1 = +6$  нКл и  $q_2 = +8$  нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряжённости электрического поля в точке  $A$ ?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряжённости электрического поля в точке А

18

Плоский конденсатор подключён к источнику постоянного тока. Расстояние между обкладками конденсатора уменьшают. Как изменятся при этом ёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

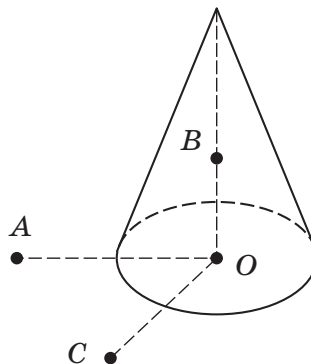
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Ёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

19

Заряд металлического уединённого конуса высотой  $H$  и радиусом основания  $R = \frac{H}{2}$  равен  $q$ . Точка  $O$  — центр основания конуса,  $OA = OC = 2R$ ,  $OB = R$ , угол  $AOC$  — прямой, отрезки  $OA$  и  $OC$  лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряжённости электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  равен  $E_C$ .



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке  $A$   
 Б) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке  $B$

## ИХ ЗНАЧЕНИЯ

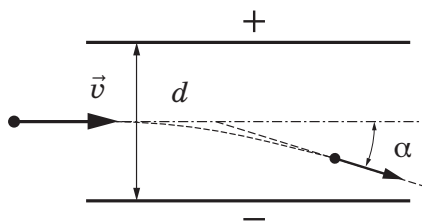
- 1) 0  
 2)  $E_C$   
 3)  $2E_C$   
 4)  $4E_C$

Ответ:

А	Б

20

Заряженная частица массой  $m$ , движущаяся со скоростью  $\vec{v}$ , влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно  $d$ , а напряжённость электрического поля между пластинами равна  $E$ . Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол  $\alpha$ .



Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол  $\alpha$ , если увеличить скорость частицы на входе в конденсатор?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится  
 2) уменьшится  
 3) не изменится

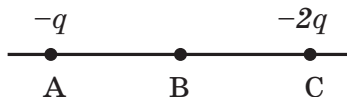
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения $\alpha$

21

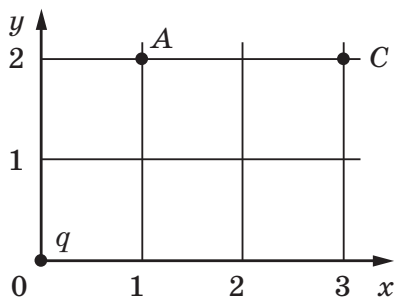
Точка  $B$  находится в середине отрезка  $AC$ . Неподвижные точечные заряды  $-q$  и  $-2q$  ( $q=2$  нКл) расположены в точках  $A$  и  $C$  соответственно (см. рисунок). Какой положительный заряд надо поместить в точку  $C$  взамен заряда  $-2q$ , чтобы напряжённость электрического поля в точке  $B$  увеличилась в 4 раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

22

Точечный заряд  $q$ , помещённый в начало координат, создаёт в точке  $A$  (см. рисунок) электростатическое поле напряжённостью  $E_1 = 65$  В/м. Какова напряжённость поля  $E_2$  в точке  $C$ ?

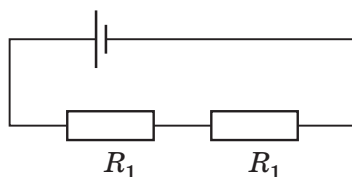


Ответ: \_\_\_\_\_ В/м.

## Законы постоянного тока

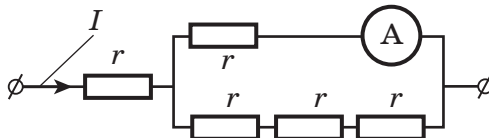
*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** В электрической цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов равны  $R_1=20$  Ом и  $R_2=30$  Ом. Чему равно отношение выделяющихся на резисторах мощностей  $\frac{P_2}{P_1}$  ?



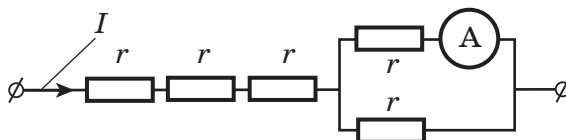
Ответ:

- 2** Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I=10$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 3** Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I=4$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 4** В цепи из двух одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты  $Q_1$ , если к цепи подводится напряжение  $U$ . В цепи из пяти таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты  $Q_2$ , если к этой цепи подводится напряжение  $3U$ . Чему равно отношение  $\frac{Q_2}{Q_1}$  ?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

5

Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включёнными лампочками. Расход электроэнергии за час равен 800 кДж. Каким будет расход электроэнергии за час, если число этих лампочек уменьшить вдвое?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

6

Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно 2 Ом, а второго — 4 Ом. Каким станет общее сопротивление этого участка, если и длину и площадь поперечного сечения первого проводника уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

7

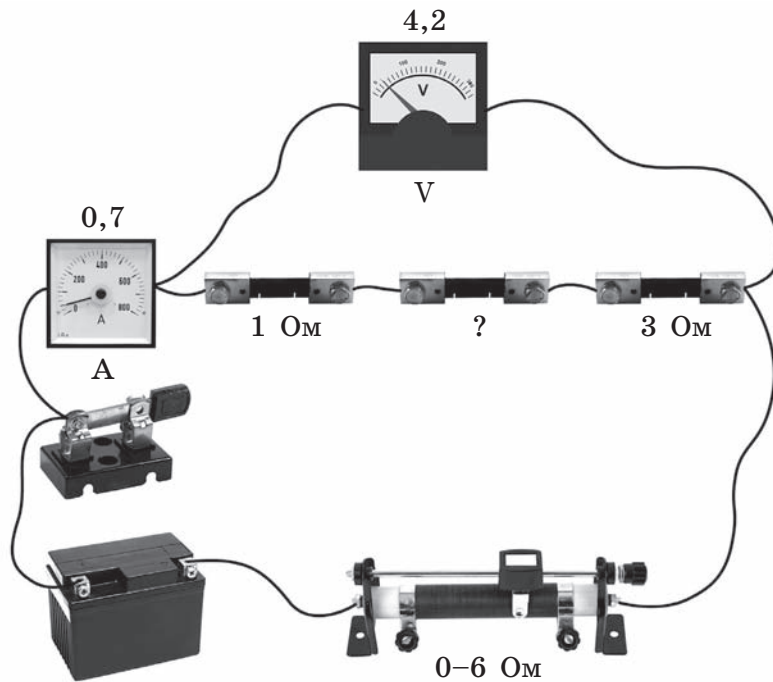
По участку цепи, состоящему из резисторов  $R_1=1$  кОм и  $R_2=3$  кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток  $I=10$  мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время  $t=1$  мин?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

8

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах.



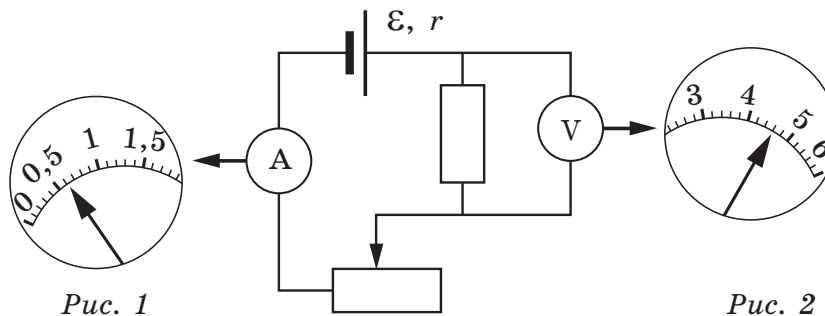
Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



9

На рисунке приведена схема электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нём. На рисунках 1 и 2 показаны шкалы амперметра и вольтметра.

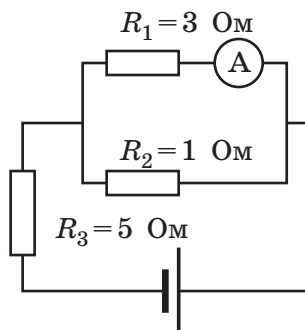


Каким будет напряжение на резисторе при силе тока в цепи 0,5 А? Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

10

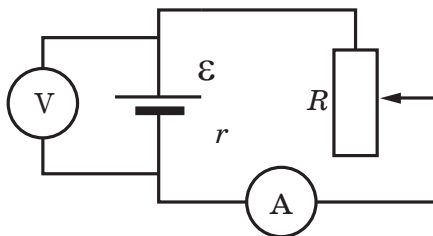
В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 1 Ом.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

11

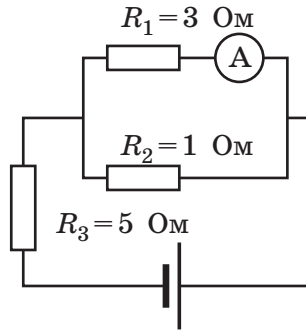
При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр — 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

12

В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите напряжение на резисторе  $R_3$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

13

В первом опыте по проволочному резистору течёт ток. Во втором опыте его заменили на другой резистор из проволоки того же сечения из того же металла, но вдвое большей длины. Через второй резистор пропустили вдвое меньший ток.

Выберите **ДВА** верных утверждения о физических величинах, характеризующих этот процесс.

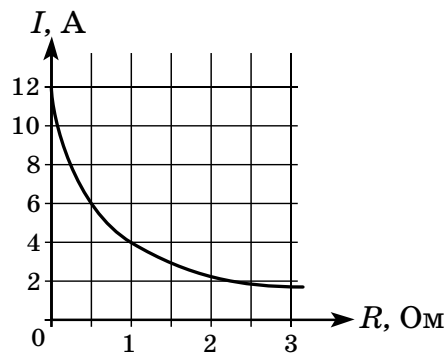
- 1) мощность, выделяемая на резисторе, осталась прежней
- 2) сопротивление резистора увеличилось в 2 раза
- 3) сопротивление резистора в 2 раза уменьшилось
- 4) напряжение на резисторе в 2 раза уменьшилось
- 5) мощность, выделяемая на резисторе, уменьшилась в 2 раза

Ответ:

14

К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений **ДВА**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате увеличивается при увеличении его сопротивления.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 6 А равно 3 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.



Ответ:

15

По проволочному резистору течёт ток. Резистор заменили на другой, с проволокой из того же металла и той же длины, но имеющей вдвое меньшую площадь поперечного сечения, и пропустили через него вдвое меньший ток.

Выберите **ДВА** верных утверждения о физических величинах, характеризующих этот процесс.

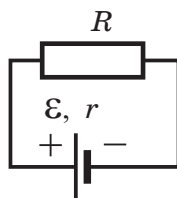
- 1) сопротивление резистора увеличилось в 2 раза
- 2) мощность, выделяемая на резисторе, осталась прежней
- 3) сопротивление резистора в 2 раза уменьшилось
- 4) напряжение на резисторе не изменилось
- 5) мощность, выделяемая на резисторе, уменьшилась в 2 раза

Ответ:

--	--

16

Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление уменьшили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на источнике?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

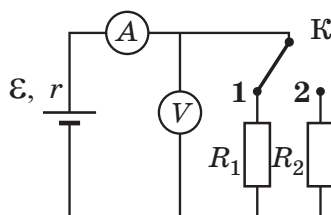
Ответ:

	Сила тока в цепи	Напряжение на источнике

17

В схеме, показанной на рисунке,  $R_1 > R_2$ . Что произойдёт с показаниями амперметра и вольтметра после переключения ключа  $K$  из положения 1 в положение 2? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Показания амперметра	Показания вольтметра

18

По проволочному резистору течёт ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

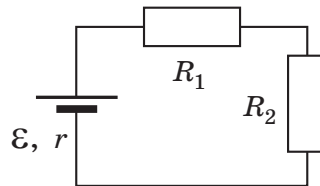
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

19

Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). Сопротивление второго резистора равно  $R_2$ , напряжение на нём равно  $U_2$ . Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сопротивление резистора  $R_1$
- Б) мощность, выделяемая в цепи

ФОРМУЛЫ

- 1)  $R_2 \frac{U_1}{U_2}$
- 2)  $R_2 \frac{U_2}{U_1}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}U_2}{R_2}$
- 4)  $\frac{U_2^2(U_1 + U_2)}{U_1 R_2}$

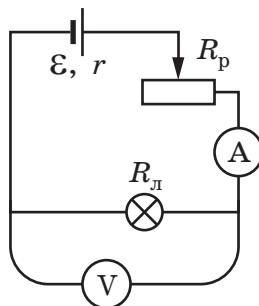
Ответ:	А	Б

20

Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ  
ПРИБОРОВ

А) показания амперметра

Б) показания вольтметра

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ  
ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

1)  $\frac{\varepsilon R_l}{R_l + R_p + r}$

2)  $\varepsilon R_l - \varepsilon (R_p + r)$

3)  $\varepsilon (R_l + R_p + r)$

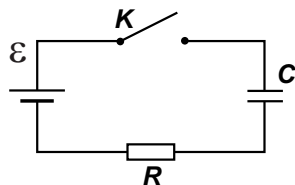
4)  $\frac{\varepsilon}{R_l + R_p + r}$

Ответ:

А	Б

21

Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором  $R=20$  кОм (см. рисунок). В момент времени  $t=0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью  $\pm 1$  мкА, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

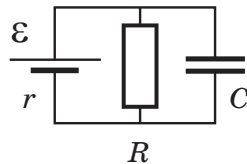
Выберите **ДВА** утверждения, соответствующие результатам этого опыта, и укажите их номера. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов можно пренебречь.

- 1) В течение первой секунды ток через резистор не течёт.
- 2) В момент времени  $t=2$  с напряжение на конденсаторе равно 5,2 В.
- 3) В течение всего времени наблюдения конденсатор заряжается.
- 4) ЭДС источника тока равна 12 В.
- 5) В момент времени  $t=4$  с напряжение на конденсаторе равно 4,9 В.

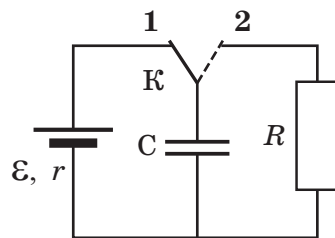
Ответ:

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

**22** Какой должна быть ЭДС  $\mathcal{E}$  источника тока, чтобы напряжённость электрического поля в плоском конденсаторе была равна  $E=2$  кВ/м, если внутреннее сопротивление источника тока  $r=2$  Ом, сопротивление резистора  $R=10$  Ом, расстояние между пластинами конденсатора  $d=2$  мм (см. рисунок)?

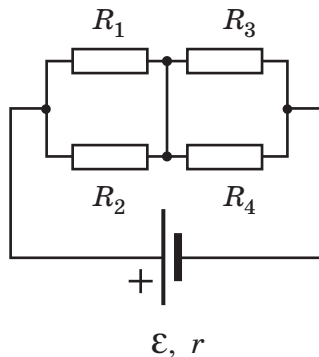


**23** В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  долгое время находится в положении 1. В момент  $t_0=0$  ключ перевели в положение 2. К моменту  $t>0$  на резисторе  $R$  выделилось количество теплоты  $Q=25$  мкДж. Сила тока в цепи в этот момент равна  $I=0,1$  мА. Чему равно сопротивление резистора  $R$ ? ЭДС батареи  $\mathcal{E}=15$  В, её внутреннее сопротивление  $r=30$  Ом, ёмкость конденсатора  $C=0,4$  мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



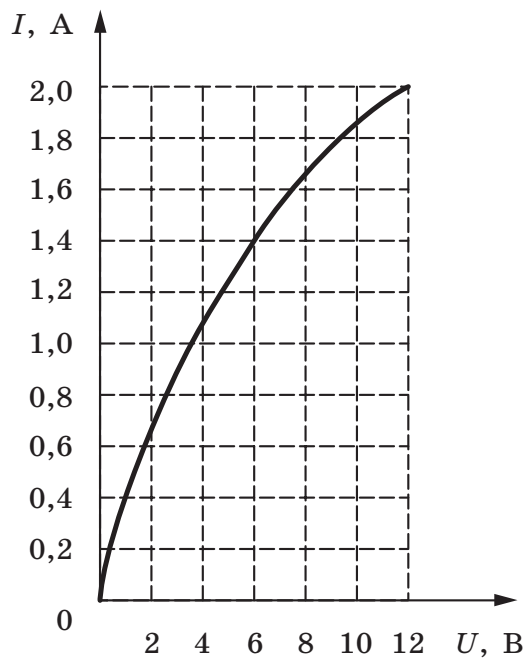
24

Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе  $R_1$  в схеме, изображённой на рисунке, если резистор  $R_2$  перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление  $R=20$  Ом. Внутреннее сопротивление источника  $r=2$  Ом; его ЭДС  $\mathcal{E}=110$  В.



25

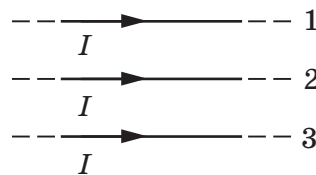
Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на рисунке. При напряжении источника 6 В температура нити лампы равна 2200 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. Какова температура нити накаливания при силе тока 1,2 А?



### Магнитное поле

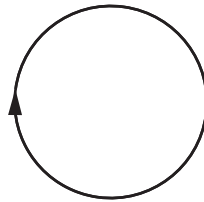
*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1** Как направлена сила Ампера, действующая на проводник 3 со стороны двух других (см. рисунок) (**к нам, от нас, вверх, вниз**). Расстояние между соседними проводниками одинаковы.



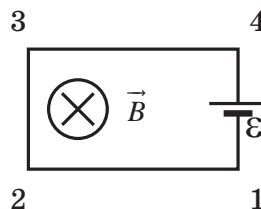
Ответ: \_\_\_\_\_ .

**2** На рисунке изображён проволочный виток, по которому течёт электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Как направлен (**от нас, к нам, вверх, вниз**) в центре витка вектор индукции магнитного поля, созданного током, протекающим по витку?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

**3** Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена (**вправо, влево, вверх, вниз**) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 2–3?

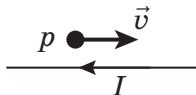


Ответ: \_\_\_\_\_ .



4

Протон  $p$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена (к нам, вверх, влево, вниз) действующая на протон сила Лоренца?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

5

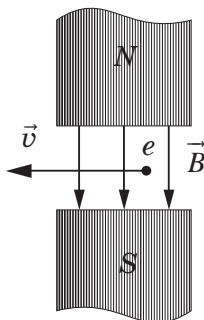
На рисунке изображён проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен (вверх, вниз, от нас, к нам) вектор индукции магнитного поля проводника в точке  $C$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

6

Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной горизонтально. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Как направлена (от нас, к нам, вверх, вправо) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

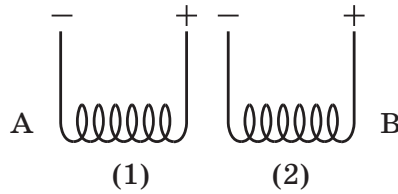
7

Прямолинейный проводник длиной  $l=0,1$  м, по которому течёт ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,4$  Тл и расположен под углом  $90^\circ$  к вектору  $\vec{B}$ . Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна  $0,2$  Н?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

8

Две проводящие спирали подключают к источникам постоянного тока (см. рисунок).



Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) При подключении к источникам постоянного тока обе катушки превращаются в электромагниты.
- 2) Точки А и В соответствуют одинаковым полюсам электромагнитов.
- 3) Между катушками 1 и 2 действуют силы магнитного отталкивания.
- 4) Между витками в каждой катушке действуют силы магнитного притяжения.
- 5) В пространстве вокруг катушек существует однородное магнитное поле.

Ответ: 

--	--

9

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдёт с периодом обращения и радиусом орбиты частицы при уменьшении скорости её движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: 

	Период обращения	Радиус орбиты

10

Установите соответствие между физическими величинами и их единицами в СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) Электродвижущая сила
- Б) Индуктивность

**ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ**

- 1) 1 Ф
- 2) 1 В
- 3) 1 Гн
- 4) 1 Тл

Ответ: 

А	Б

11

Заряженная частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль силы Лоренца, действующей на частицу

Б) период обращения частицы по окружности

## ФОРМУЛЫ

1)  $\frac{v}{qB}$

2)  $\frac{mv}{qB}$

3)  $\frac{2\pi m}{qB}$

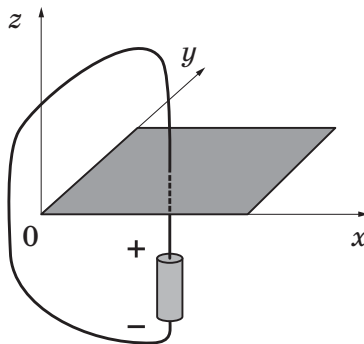
4)  $qvB$

Ответ:

А	Б

12

При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные — вблизи положительного полюса, отрицательные — вблизи отрицательного полюса, — и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток — магнитное поле. Проводник, подключённый к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске. На рисунках 1–4 при помощи линий поля изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником в плоскости доски (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими линии поля.

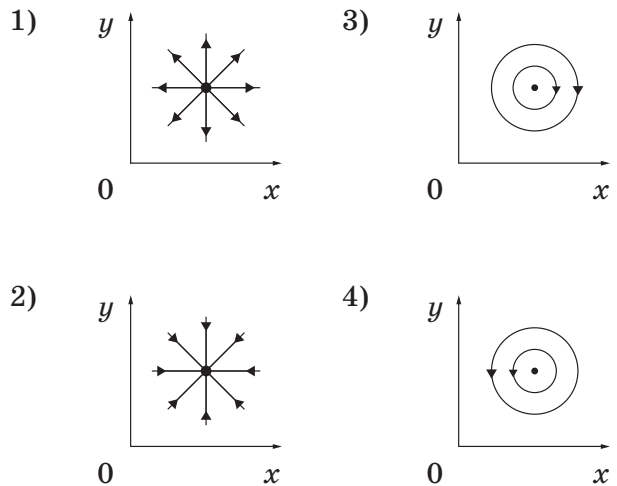


К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

**ВИДЫ ПОЛЯ**

- А) электрическое поле
- Б) магнитное поле

**ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИНИЙ ПОЛЯ**

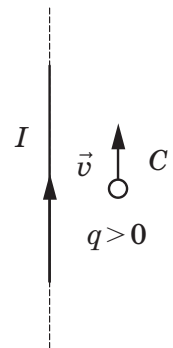


Ответ:

А	Б

**13**

По вертикальному длинному прямому проводу течёт постоянный ток  $I$ . В момент времени  $t$  в точке  $C$  рядом с проводом оказывается положительно заряженная частица со скоростью  $\vec{v}$ , направленной параллельно проводу (см. рисунок). Как направлены вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля провода в точке  $C$  и сила Лоренца, действующая на заряженную частицу в момент времени  $t$ ?



Установите соответствие между векторами и их направлениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВЕКТОРЫ**

- А) вектор индукции магнитного поля провода в точке  $C$
- Б) сила Лоренца, действующая на заряженную частицу

**НАПРАВЛЕНИЯ**

- 1) от наблюдателя  $\otimes$
- 2) к наблюдателю  $\odot$
- 3) горизонтально влево  $\leftarrow$
- 4) горизонтально вправо  $\rightarrow$

Ответ:

А	Б

**14**

Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = 2$  влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны скорости частиц: первая — в поле с индукцией  $B_1$ , вторая — в поле с индукцией  $B_2$ . Найдите отношение кинетических энергий частиц  $\frac{W_2}{W_1}$ , если радиус их траекторий одинаков, отношение модулей магнитных индукций  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ .

15

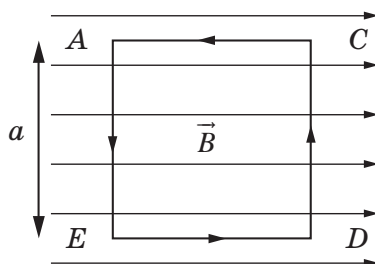
Две частицы, имеющие отношение зарядов  $\frac{q_1}{q_2} = 2$ , влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и движутся по окружностям. Определите отношение масс  $\frac{m_1}{m_2}$  этих частиц, если отношение периодов обращения этих частиц  $\frac{T_1}{T_2} = 0,5$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ .

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

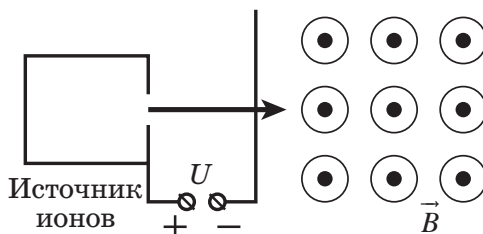
16

На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит жёсткая рамка массой  $m$  из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата  $ACDE$  со стороной  $a$  (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции  $\vec{B}$  которого перпендикулярен сторонам  $AE$  и  $CD$  и равен по модулю  $B$ . По рамке течёт ток в направлении, указанном стрелками (см. рисунок). При какой минимальной силе тока рамка начнёт поворачиваться вокруг стороны  $CD$ ?



17

Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, модуль индукции магнитного поля  $B = 0,5$  Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q}$ . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебречь.



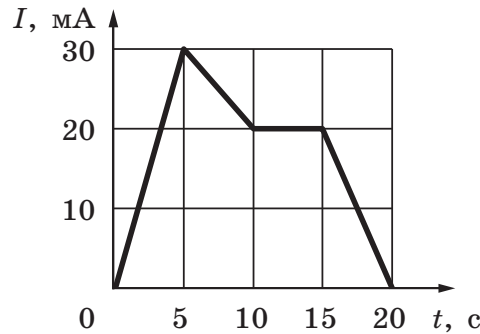
### Электромагнитная индукция

Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

**1** Индуктивность витка проволоки равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 12 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**2** На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 до 10 с.

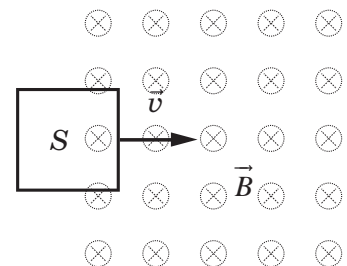


Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.

**3** Кольцо радиуса 10 см из тонкой проволоки с сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого пересекают плоскость кольца под углом  $60^\circ$ . За какое время в кольце выделится количество теплоты 555 мкДж, если магнитная индукция возрастает со скоростью 0,05 Тл/с? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

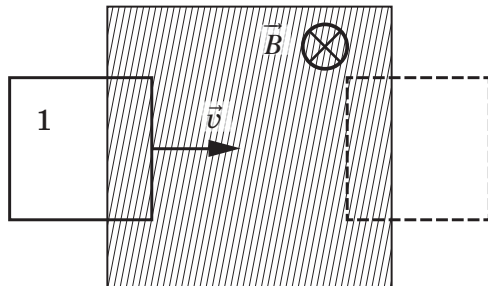
**4** В некоторой области пространства создано вертикальное однородное магнитное поле. Горизонтальная квадратная металлическая рамка площадью  $S$  движется через границу этой области с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , направленной перпендикулярно стороне рамки и вектору магнитной индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок, вид сверху). ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна  $\mathcal{E}$ . Во сколько раз больше будет ЭДС в металлической квадратной рамке площадью  $4S$ , если она будет двигаться в этом поле точно так же, как и первая рамка?



Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

5

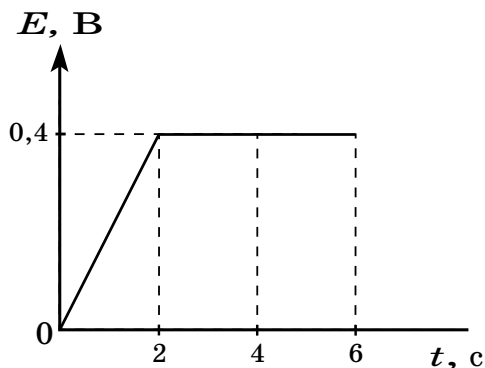
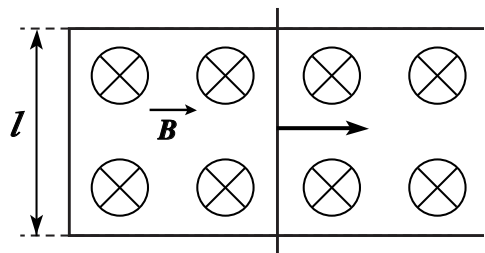
В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка,  $B=0,1$  Тл. Проволочную квадратную рамку сопротивлением  $R=10$  Ом и стороной  $l=10$  см перемещают в плоскости рисунка поступательно со скоростью  $v=1$  м/с. Чему равен индукционный ток в рамке в состоянии 1?



Ответ: \_\_\_\_\_ мА.

6

По П-образному проводнику, находящемуся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника, скользит проводящая перемычка (см. рисунок). На графике приведена зависимость ЭДС индукции, возникающей в перемычке при её движении в магнитном поле. Пренебрегая сопротивлением проводника, выберите ДВА верных утверждения о результатах этого опыта. Известно, что модуль индукции магнитного поля равен  $B=0,2$  Тл, длина проводника  $l=0,5$  м.

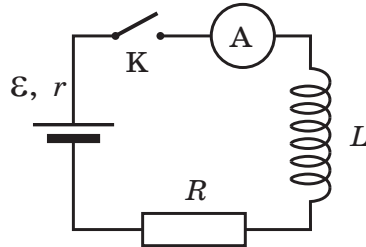


- 1) Проводник сначала движется равноускоренно, а затем равномерно.
- 2) Через 2 с скорость проводника была равна 10 м/с.
- 3) В момент времени 4 с сила Ампера на проводник не действовала.
- 4) В промежуток времени от 2 до 6 с сила тока в проводнике не изменилась.
- 5) Через 6 с проводник остановился.

Ответ:

7

В схеме, показанной на рисунке, ключ К замыкают в момент времени  $t=0$ . Показания амперметра в последовательные моменты времени приведены в таблице. Сопротивление резистора равно 100 Ом. Сопротивлением проводов и амперметра, активным сопротивлением катушки индуктивности и внутренним сопротивлением источника пренебречь.



$t, \text{ мс}$	0	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700
$I, \text{ мА}$	0	23	38	47	52	55	57	59	59	60	60

Выберите **ДВА** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В контуре происходят затухающие колебания силы тока.
- 2) Напряжение на резисторе не меняется с течением времени.
- 3) ЭДС источника равна 6 В.
- 4) Напряжение на катушке в момент времени 700 мс равно 0.
- 5) Напряжение на резисторе в момент времени 600 мс равно 0.

Ответ:

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

8

Замкнутый контур из тонкой проволоки помещён в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции. Площадь контура  $S=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с выражением  $B=a \cos(bt)$ , где  $a=6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ ,  $b=3500 \text{ с}^{-1}$ , то в контуре возникают колебания тока с амплитудой  $I_M=35 \text{ мА}$ . Чему равно электрическое сопротивление контура  $R$ ?

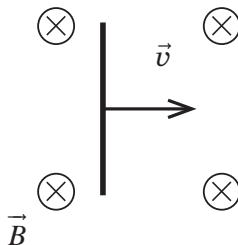
9

Медное кольцо, диаметр которого 20 см, а диаметр провода кольца 2 мм, расположено в однородном магнитном поле. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Определите модуль скорости изменения магнитной индукции поля со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток 10 А. Удельное сопротивление меди  $\rho_{\text{Cu}}=1,72 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$ .



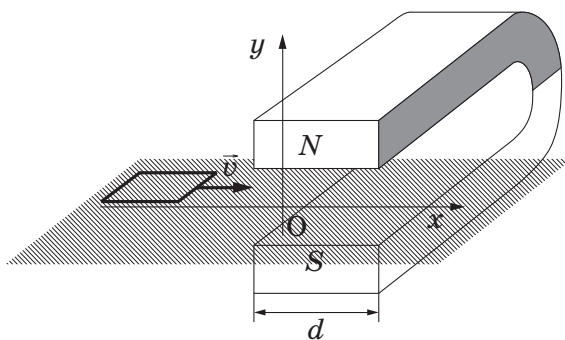
10

Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл. Скорость проводника направлена горизонтально, перпендикулярно проводнику (см. рисунок). Начальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение  $8 \text{ м/с}^2$ . Какова ЭДС индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м?



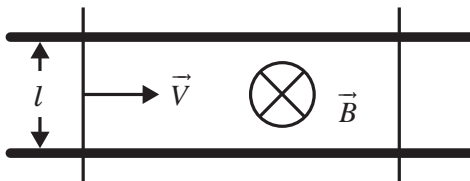
11

Квадратную рамку из медной проволоки со стороной  $b=5 \text{ см}$  и сопротивлением  $R=0,1 \text{ Ом}$  перемещают вдоль оси  $Ox$  по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $v=1 \text{ м/с}$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу  $F$ , направленную вдоль оси  $Ox$ . Ширина полюсов магнита  $d=20 \text{ см}$ , магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами. Чему равна индукция  $B$  магнитного поля между полюсами, если суммарная работа внешней силы за время движения рамки  $F=2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ ?



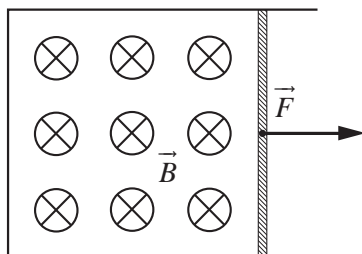
12

Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в 3 раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



13

Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу  $F=1,13$  Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.

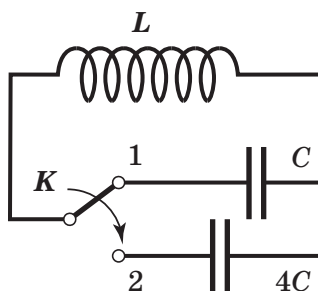


## Электромагнитные колебания

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

1

Как изменятся частота собственных колебаний и максимальная сила тока в катушке колебательного контура (см. рисунок), если ключ  $K$  перевести из положения 1 в положение 2 в тот момент, когда заряд конденсатора равен 0?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

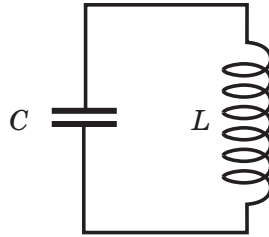
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Частота собственных колебаний	Максимальная сила тока в катушке

2

Зависимость силы тока от времени в идеальном колебательном контуре описывается выражением  $I(t) = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ , где  $T$  — период колебаний. В момент  $\tau_1$  энергия катушки с током равна энергии конденсатора:  $W_L = W_C$ , а напряжение на конденсаторе равно  $U$ . Каковы напряжение на конденсаторе в момент  $\tau_2 = \frac{3}{8} T$  и амплитуда напряжения на конденсаторе? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитывать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) напряжение на конденсаторе в момент  $\tau_2 = \frac{3}{8}T$
- Б) амплитуда напряжения на конденсаторе

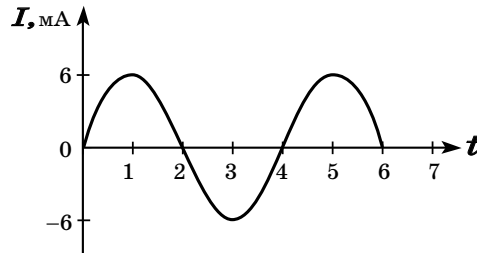
- 1)  $2U$
- 2)  $U\sqrt{2}$
- 3)  $U$
- 4)  $\frac{U}{\sqrt{2}}$

Ответ:

А	Б

3

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



Из приведённого ниже списка выберите **ДВА** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Период электромагнитных колебаний равен 4 мс.
- 2) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 5,4 мкДж.
- 3) В момент времени 4 мс заряд конденсатора равен нулю.
- 4) В момент времени 3 мс энергия магнитного поля катушки достигнет своего минимума.
- 5) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.

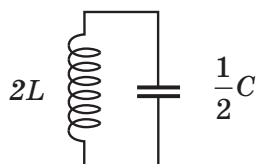
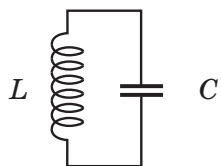
Ответ:

--	--

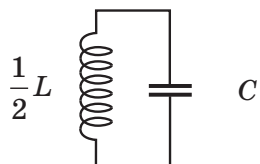
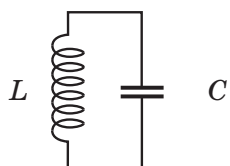
4

Ученик изучает зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в контуре от индуктивности катушки. Какие два контура он должен выбрать для этого исследования?

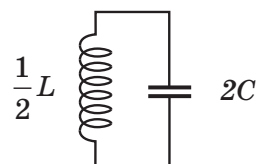
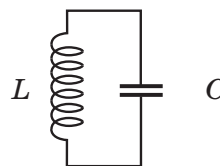
1)



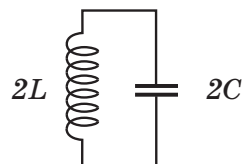
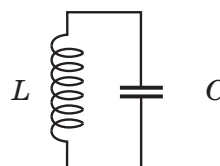
3)



2)



4)



Ответ:

5

При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшили. Как при этом изменились период колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

6

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен  $q$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебечь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора
- Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{q^2}{2C}$
- 2)  $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
- 3)  $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
- 4)  $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

**7**

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальная сила тока в контуре равна  $I$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебечь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) максимальная энергия магнитного поля катушки
- Б) максимальный заряд конденсатора

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{CI^2}{2}$
- 2)  $\frac{LI^2}{2}$
- 3)  $I\sqrt{\frac{L}{C}}$
- 4)  $I\sqrt{LC}$

Ответ:

А	Б

**8**

При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшили. Как при этом изменятся частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

9

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите **ДВА** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

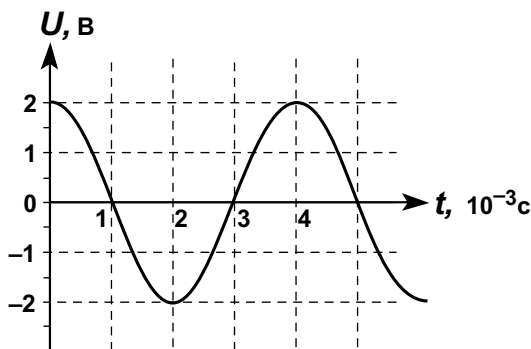
- 1) Период колебаний равен  $4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ .
- 2) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  энергия катушки максимальна.
- 3) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  энергия конденсатора минимальна.
- 4) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 125 кГц.

Ответ:



10

Напряжение между обкладками конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какие **ДВА** верных вывода можно сделать по результатам этого опыта?



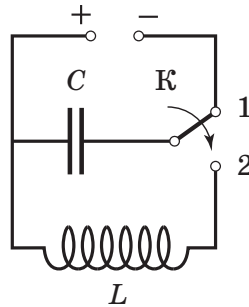
- 1) В промежутке от  $3 \cdot 10^{-3}$  до  $4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения.
- 2) Период изменения энергии электрического поля конденсатора равен  $2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ .
- 3) В момент времени  $3 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  заряд конденсатора равен 0.
- 4) В промежутке от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.
- 5) Сила тока через катушку контура не зависит от времени.

Ответ:



11

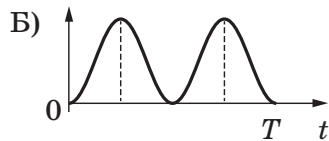
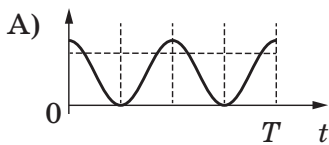
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Приведённые ниже графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого ( $T$  — период электромагнитных колебаний в контуре).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

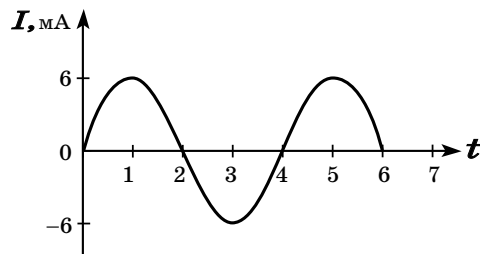
- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд на левой обкладке конденсатора

Ответ:

А	Б

12

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки с индуктивностью 0,2 Гн. Определите максимальное значение энергии магнитного поля катушки.



Ответ: \_\_\_\_\_ мкДж.



13

В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора с течением времени в колебательном контуре, подключённом к источнику переменного тока.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

При какой индуктивности катушки в контуре наступит резонанс при этой частоте колебаний, если ёмкость конденсатора равна 50 пФ? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

14

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Какова энергия магнитного поля катушки в момент времени  $3 \cdot 10^{-6}$  с, если ёмкость конденсатора равна 50 пФ? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ нДж.

15

В таблице показано, как менялся ток в катушке идеального колебательного контура. Чему равна максимальная энергия конденсатора, если индуктивность катушки 4 мГн?

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	4	2,83	0	-2,83	-4	-2,83	0	2,83	4	2,83

Ответ: \_\_\_\_\_ нДж.

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

16

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока  $I_m = 50$  мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени.

$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$U$ , В	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

Найдите значение электроёмкости конденсатора.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

17

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C = 1$  мкФ и катушки индуктивности  $L = 0,01$  Гн. Ёмкость конденсатора уменьшили в 4 раза. На сколько изменилась циклическая частота колебаний электрической энергии в контуре?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

18

В колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью  $L$  воздушного конденсатора ёмкостью  $C$ , происходят гармонические колебания силы тока с амплитудой  $I_0$ . В тот момент, когда сила тока в катушке равна нулю, быстро (по сравнению с периодом колебаний) пространство между пластинами конденсатора заполняют диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 1,5$ . На сколько изменится полная энергия контура?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

19

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5$  мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0$  В. В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

20

В идеальном колебательном контуре амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0$  В. В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно 1,2 В, а сила тока в катушке в этот момент равна 4,0 мА. Найдите амплитуду колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m$ .

21

Колебательный контур радиоприёмника настроен на длину волны  $\lambda = 500$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 3$  мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 1$  мм. Максимальная напряжённость электрического поля конденсатора в ходе колебаний  $E_{\max} = 3$  В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?

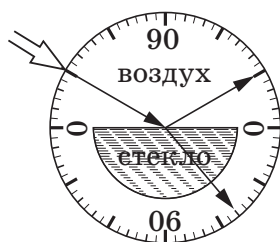
## Геометрическая оптика

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

1

Ученик провёл опыт по преломлению света, представленный на рисунке.

Как изменятся при уменьшении угла падения угол преломления света, распространяющегося в стекле, и показатель преломления стекла?



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

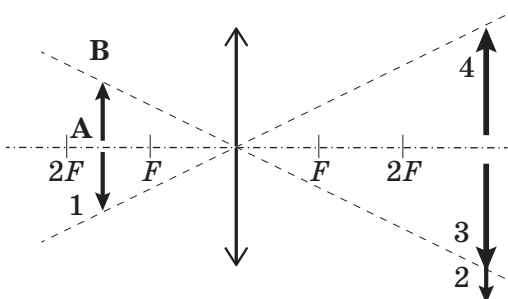
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Угол преломления	Показатель преломления стекла

2

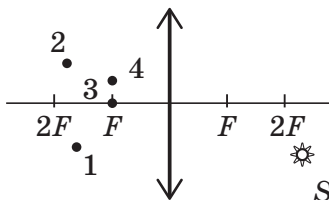
Какой из образов 1–4 служит изображением предмета АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

3

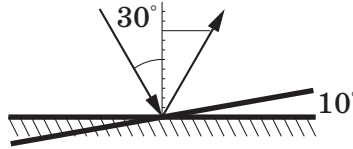
Какая из точек является изображением точки  $S$  (см. рисунок), даваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: точка \_\_\_\_\_ .

4

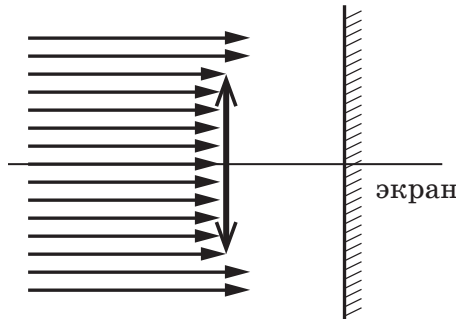
Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким станет угол отражения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

5

Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 10 см. Рассчитайте внешний диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране.



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

6

Луч света лазерной указки падает на поверхность стекла и распространяется в стекле со скоростью 200 000 км/с. Каков показатель преломления стекла?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

7

Расстояние между предметом и плоским зеркалом равно 6 см. Каким будет расстояние между предметом и его изображением, если расстояние от предмета до зеркала увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

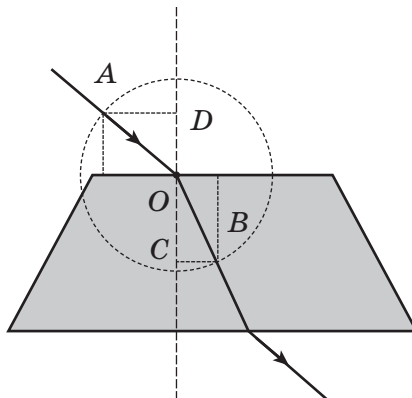
8

В дно водоёма глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен  $30^\circ$ . Определите длину тени сваи на дне водоёма. Коэффициент преломления воды  $n = 4/3$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

9

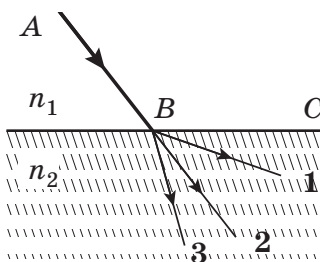
На рисунке показан ход светового луча через стеклянную пластину, находящуюся в воздухе. Точка  $O$  — центр окружности.  $AD = OC = 7$  см,  $BC = OD = 5$  см. Чему равен показатель преломления стекла  $n$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

10

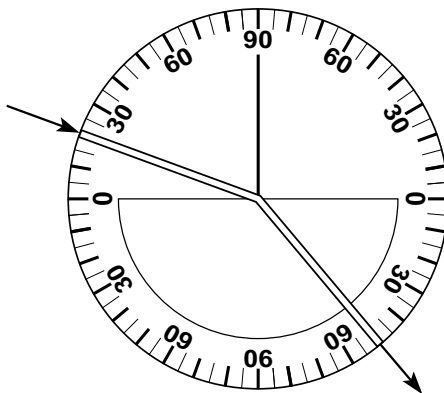
Луч  $AB$  преломляется в точке  $B$  на границе раздела двух сред с показателями преломления  $n_1 > n_2$  и идёт вдоль границы раздела сред по пути  $BC$  (см. рисунок). Каким будет направление распространения преломлённого луча, если показатель преломления первой среды  $n_1$  уменьшить, сохранив условие  $n_1 > n_2$ ?



Ответ:

11

Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину. Пользуясь таблицей, выберите из приведённого ниже списка ДВА правильных утверждения и укажите их номера.



Угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) Угол падения равен  $20^\circ$ .
- 2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,22.
- 3) Угол преломления равен  $50^\circ$ .
- 4) В воздухе скорость светового луча больше, чем в стекле.
- 5) Угол отражения равен  $60^\circ$ .

Ответ: 

--	--

**12**

В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до спирали равно  $2F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использованной в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая
- Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

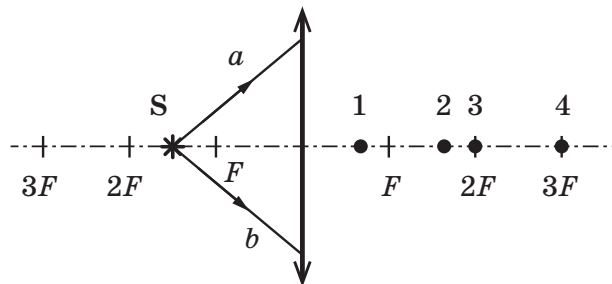
- 1) действительное, перевёрнутое, равное по размерам
- 2) мнимое, прямое, уменьшенное
- 3) действительное, увеличенное, перевёрнутое
- 4) мнимое, увеличенное, перевёрнутое

Ответ: 

А	Б

**13**

От точечного источника света  $S$ , находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  на расстоянии  $1,5F$  от неё, распространяются два луча:  $a$  и  $b$ , как показано на рисунке.



В какой точке: 1, 2, 3 или 4 — пересекутся эти лучи после преломления линзы?

Ответ: в точке \_\_\_\_\_ .

**14**

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите **ДВА** верных утверждения о характере изменений, произошедших с линзой.

- 1) Линза из рассеивающей превратилась в собирающую.
- 2) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.

- 3) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза осталась собирающей.

Ответ:

--	--

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

15

Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,2 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,5 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Определите максимальное смещение изображения груза на экране от положения равновесия.

### Волновая оптика

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1**

На дифракционную решётку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок фиолетового света с длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м. На расстоянии 2 м от решётки параллельно ей расположен экран. Каково расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на экране? (Считать  $\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi$ .)

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

**2**

Дифракционная решётка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 0,75 м от него. На решётку по нормали к ней падает пучок света с длиной волны 0,4 мкм. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины? Считать  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**3**

На дифракционную решётку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого 500 нм. Каков порядок дифракционного максимума, наблюдаемого под углом  $30^\circ$  к нормали к плоскости решётки?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**4**

В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Частота волны света, достигающего решётки	Угол между нормалью к решётке и первым дифракционным максимумом



5

На диффракционную решётку с периодом  $d$  перпендикулярно её поверхности падает параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda$ . Определите, как изменится число наблюдаемых главных дифракционных максимумов и расстояние от центра дифракционной картины до первого главного дифракционного максимума, если увеличить длину волны падающего света.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Число наблюдаемых главных дифракционных максимумов	Расстояние от центра дифракционной картины до первого главного дифракционного максимума

6

Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны —  $\nu$ , длина световой волны в воздухе —  $\lambda$ , показатель преломления воды относительно воздуха —  $n$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) длина волны в воде
- Б) скорость света в воде

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\lambda \cdot \nu$
- 2)  $\frac{\lambda}{n}$
- 3)  $\lambda \cdot \nu \cdot n$
- 4)  $(\lambda \cdot \nu)/n$

Ответ:

А	Б

7

Лазерный луч зелёного цвета падает перпендикулярно на дифракционную решётку (100 штрихов на 1 мм). На экране, установленном за решёткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из тёмных и светлых вертикальных полос. Как изменятся расстояние между светлыми полосами и число наблюдаемых тёмных полос при замене этой решётки на решётку с 50 штрихами на 1 мм?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Расстояние между светлыми полосами	Число тёмных полос

8

При освещении одной и той же дифракционной решётки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из светлых линий на тёмном фоне. Решётку освещали последовательно тремя источниками разных цветов — фиолетового, зелёного и жёлтого. Выберите два верных утверждения о наблюдаемой на экране дифракционной картине.

- 1) При освещении фиолетовым светом расстояния между дифракционными полосами были самыми маленькими.
- 2) При освещении зелёным светом количество максимумов на экране было минимальным.
- 3) Во всех случаях в центре экрана наблюдалась тёмная полоса.
- 4) Расстояния между максимумами жёлтого цвета были больше, чем между фиолетовыми.
- 5) Расстояния между максимумами жёлтого цвета были меньше, чем между зелёными.

Ответ: 

--	--

9

Электромагнитная волна преломляется на границе раздела воды и воздуха. Как изменяются при переходе из воды в воздух частота волны и её длина?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: 

	Частота волны	Длина волны

10

На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из зелёной части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина. Как изменится ширина интерференционной картины и число наблюдаемых интерференционных максимумов, если использовать монохроматический свет из красной части спектра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

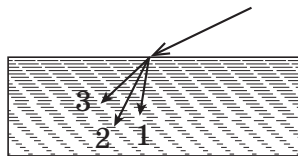
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ: 

	Ширина интерференционной полосы	Число интерференционных максимумов

11

Ученик изучал законы преломления света на границе раздела воздуха и стекла. При падении на поверхность стекла узкий пучок белого света разделился на несколько лучей разных цветов – красного, фиолетового и зелёного (см. рисунок). Выберите два верных утверждения о результатах данного опыта.



- 1) Луч 2 – зелёный.
- 2) Угол преломления луча фиолетового цвета больше, чем у красного.
- 3) Данное оптическое явление называется интерференцией.
- 4) Показатель преломления стекла для зелёного света меньше, чем у фиолетового.
- 5) Волны фиолетового цвета распространяются в стекле с самой большой скоростью (из цветов, рассмотренных в данном опыте).

Ответ:

--	--

# СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1 Чему равна максимальная энергия кванта электромагнитного излучения, образующегося при аннигиляции электрона и позитрона массой  $m$  каждый?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 2 При какой скорости электрона его релятивистский импульс в 2 раза больше импульса нерелятивистского электрона?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 3 Выберите среди приведённых выражений **ДВА** утверждения, являющихся постулатами специальной теории относительности.

- 1) Механические явления во всех инерциальных системах отсчёта протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 2) Любые физические явления во всех инерциальных системах отсчёта протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 3) Любые физические явления в любых системах отсчёта протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 4) Механические явления в любых системах отсчёта протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 5) Скорость света во всех инерциальных системах отсчёта постоянна.

Ответ: 

--	--

- 4 Один учёный проверяет закономерности электромагнитных колебаний в колебательном контуре на Земле, а другой учёный — в лаборатории на космическом корабле, летящем вдали от звёзд и планет с выключенным двигателем. Выберите **ДВА** утверждения, соответствующие представлениям специальной теории относительности.

Если колебательные контуры одинаковые, то эти закономерности будут:

- 1) одинаковыми при любом модуле скорости корабля;
- 2) одинаковыми только в том случае, если скорость корабля мала по сравнению со скоростью света;
- 3) одинаковыми, если корабль удаляется от Земли, разными, если приближается к ней;
- 4) одинаковыми, если корабль приближается к Земле, и разными, если удаляется от неё;
- 5) одинаковыми при любом направлении скорости корабля.

Ответ: 

--	--

**5**

Выберите **ДВА** верных утверждения.

Формулы специальной теории относительности можно использовать при описании движения:

- 1) только микроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 2) только макроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 3) микроскопических тел, двигающихся с любой скоростью;
- 4) макроскопических тел, двигающихся с любой скоростью;
- 5) микроскопических тел, двигающихся с любой скоростью, большей скорости света.

Ответ:

--	--

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Корпускулярно-волновой дуализм. Физика атома

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1** Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Определите отношение частоты света первого пучка к частоте второго.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**2** Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода фотоэлектронов. Какова энергия фотонов?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

**3** Отношение импульсов двух фотонов  $\frac{p_1}{p_2} = 2$ . Определите отношение длин волн этих фотонов  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**4** Поток фотонов выбивает фотоэлектроны из металла с работой выхода 5 эВ. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

**5** Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 8 эВ. Какова работа выхода электронов с поверхности данного металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

**6** Энергия фотона в рентгеновском дефектоскопе в 2 раза больше энергии фотона в рентгеновском медицинском аппарате. Определите отношение частоты электромагнитных колебаний в первом пучке рентгеновских лучей к частоте во втором пучке.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

7

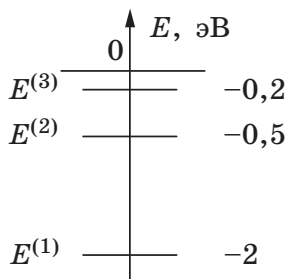
Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ.

Насколько нужно увеличить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

8

Схема низших энергетических уровней атомов разреженного атомарного газа имеет вид, изображённый на рисунке. В начальный момент времени атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(2)}$ . Фотоны с какой энергией будет излучать данный газ при переходе в состояние с энергией  $E^{(1)}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

9

Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Как изменяются энергия фотонов  $E_{\text{ф}}$  падающего излучения и работа выхода электронов  $A_{\text{вых}}$  с поверхности металла, если уменьшить длину волны падающего света? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Энергия фотонов $E_{\text{ф}}$	Работа выхода $A_{\text{вых}}$

10

Источник монохроматического света заменили на другой, более высокой частоты. Как изменились при этом длина световой волны и энергия фотона в световом пучке?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Длина световой волны	Энергия фотона

11

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение.

Как изменятся длина световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

	Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Запирающее напряжение
Ответ:		

12

В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \times 10^{-19}$  Дж и стали освещать её светом частотой  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Как изменится работа выхода фотоэлектронов из металла  $A_{\text{вых}}$  и максимальная кинетическая энергия электронов  $E_{\text{max}}$ , вылетающих с поверхности металла, если увеличить частоту падающего света, не меняя его интенсивности? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

	Работа выхода фотоэлектронов из металла $A_{\text{вых}}$	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $E_{\text{max}}$
Ответ:		

13

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение.

Как изменятся частота световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Запирающее напряжение

14

В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{ВЫХ}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}}$ 

Б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

ФОРМУЛЫ

1)  $\frac{hc}{A_{\text{ВЫХ}}}$

2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{ВЫХ}}}$

3)  $\frac{2}{m_e} \sqrt{(h\nu - A_{\text{ВЫХ}})}$

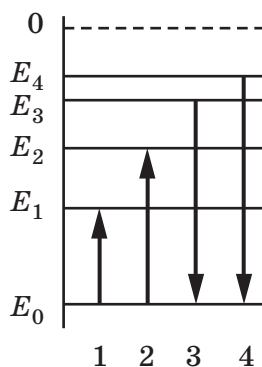
4)  $h\nu - A_{\text{ВЫХ}}$

Ответ:

А	Б

15

На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома.



Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей энергией и излучением света наименьшей длины волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение кванта света с наименьшей энергией	1) 1
Б) излучение света наименьшей длины волны	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

- 16** Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Какое запирающее напряжение  $U$  нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?
- 17** Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью  $130$  В/м, причём вектор напряжённости  $\vec{E}$  поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии  $L = 10$  см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна  $E = 15,9$  эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.
- 18** Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода), находящейся в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряжённостью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь  $S = 5 \cdot 10^{-4}$  м? Релятивистские эффекты не учитывать.
- 19** Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна  $3,7$  эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью  $130$  В/м, причём вектор  $\vec{E}$  направлен в сторону пластины и перпендикулярен её поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии  $10$  см от пластины?
- 20** В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключён конденсатор ёмкостью  $4000$  пФ. При длительном освещении катода монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм фототок между электродами, возникший

вначале, прекращается, а на конденсаторе устанавливается электрический заряд. «Красная граница» фотоэффекта для кальция  $\lambda_{\text{кр}} = 450$  нм. Определите установившийся заряд конденсатора. Ёмкостью системы электродов пренебречь.

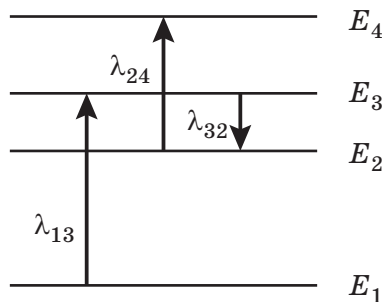
**21** Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности  $R$ , по которой движутся электроны?

**22** Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с длиной волны  $\lambda = 225$  нм. Работа выхода электронов из кальция равна  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом  $R = 5$  мм. Каков модуль индукции магнитного поля  $B$ ?

**23** Уровни энергии электрона в атоме водорода задают формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попадая на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равна максимально возможная скорость фотоэлектрона?

**24** Покоящийся атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает в вакууме фотон с длиной волны  $\lambda = 80$  нм. С какой скоростью движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Кинетической энергией образовавшегося иона пренебречь.

**25** На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 250$  нм. Какова величина  $\lambda_{13}$ , если  $\lambda_{32} = 545$  нм,  $\lambda_{24} = 400$  нм?



## Физика атомного ядра

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** Ядро атома фтора  ${}^{18}_9\text{F}$  захватило электрон. Определите число протонов и нуклонов в ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Ответ:	Число протонов	Число нуклонов

- 2** В какой изотоп превратился свинец  ${}^{212}_{82}\text{Pb}$  после одного  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -распадов?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 3** Определите число протонов и число нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного полония  ${}^{214}_{84}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и двух электронных  $\beta$ -распадов?

Ответ:	Число протонов	Число нейтронов

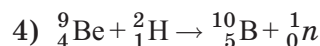
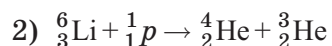
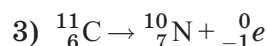
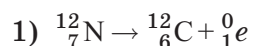
- 4** Каково строение ядра атома изотопа кислорода  ${}^{18}_8\text{O}$ ?

Ответ:	Число протонов	Число нейтронов

- 5** Определить число протонов и нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного полония  ${}^{215}_{84}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и двух электронных  $\beta$ -распадов.

Ответ:	Число протонов	Число нейтронов

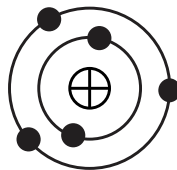
- 6** Какое уравнение противоречит закону сохранения массового числа в ядерных реакциях?



Ответ:

7

На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?



Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

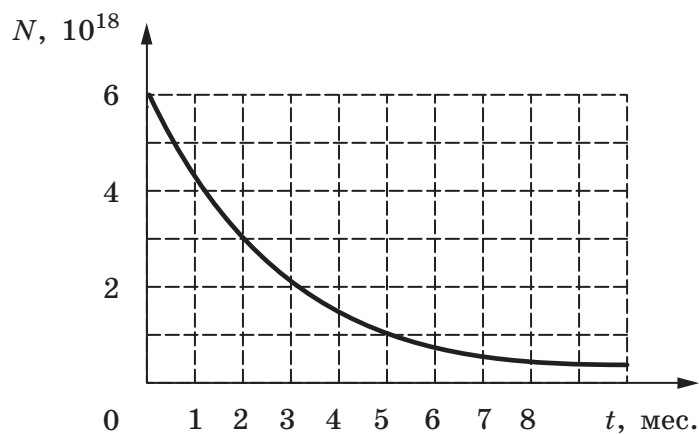
8

Какая частица  $X$  образуется в реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + X$ ?

Ответ:

9

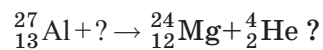
На рисунке представлен график изменения числа ядер находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Каков период полураспада этого изотопа?



Ответ: \_\_\_\_\_ месяц(-а, -ев).

10

Какая частица вызывает следующую ядерную реакцию:



Ответ:

11

Какая доля от исходного большого числа радиоактивных ядер распадается за интервал времени, равный двум периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 12** Период полураспада радиоактивного изотопа кальция  ${}_{20}^{45}\text{Ca}$  составляет 164 суток. Если изначально было  $4 \cdot 10^{24}$  атомов  ${}_{20}^{45}\text{Ca}$ , то примерно сколько их будет через 328 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{24}$  атомов.

- 13** Период полураспада изотопа натрия  ${}_{11}^{22}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 5,2 года?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

- 14** Одним из примеров ядерных превращений является захват ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. Как меняются при этом число протонов и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре

- 15** Одним из примеров ядерных превращений является захват ядром свободного нейтрона. Как меняются при этом массовое число и заряд ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Массовое число ядра	Заряд ядра

- 16** У одного изотопа меди массовое число равно  $A_1$ , а у другого —  $A_2$ , причём  $A_2 > A_1$ . Как меняется число протонов и число нейтронов в ядре при переходе от первого изотопа ко второму?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре

17

Большое число  $N$  радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 93,2 суток, а дочерних появится за 139,8 суток после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  через 93,2 сутокБ) количество ядер  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$  через 139,8 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1)  $\frac{N}{8}$

2)  $\frac{N}{4}$

3)  $\frac{3N}{4}$

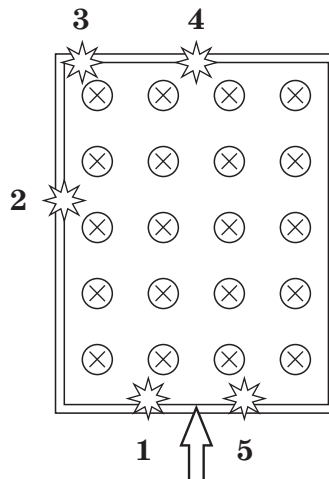
4)  $\frac{7N}{8}$

Ответ:

А	Б

18

В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны  ${}^0_{-1}e$ , позитроны  ${}^0_{+1}e$ , протоны  ${}^1_1p$ , нейтроны  ${}^1_0n$ ,  $\alpha$ -частицы  ${}^4_2\text{He}$  и  $\gamma$ -кванты). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.



ЧАСТИЦА	ВСПЫШКА
А) нейтрон	1) 1
Б) $\alpha$ -частица	2) 2
	3) 3
	4) 4

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

*Полное правильное решение каждой из задач должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

**19** Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235  ${}_{92}^{235}\text{U}$  массой 1,4 кг, когда её мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.

**20** Свободный пион ( $\pi^0$ -мезон) с энергией покоя 135 МэВ движется со скоростью  $V$ , которая значительно меньше скорости света. В результате его распада образовались два  $\gamma$ -кванта, причём один из них распространяется в направлении движения пиона, а второй — в противоположном направлении. Энергия первого  $\gamma$ -кванта на 10% больше, чем второго. Чему равна скорость пиона до распада?



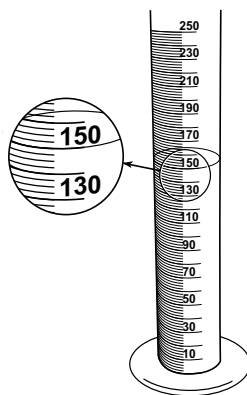
## МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

*Ответами к заданиям являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** При измерении периода колебаний маятника было измерено время, за которое совершается 20 колебаний, оно оказалось равным 18,0 с. Погрешность измерения времени составила 0,2 с. Запишите в ответ измеренный период колебаний с учётом погрешности измерений.

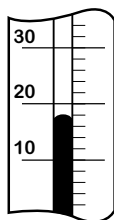
Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) с.

- 2** Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объёма равна цене деления шкалы мензурки. Чему равен объём налитой учеником воды?



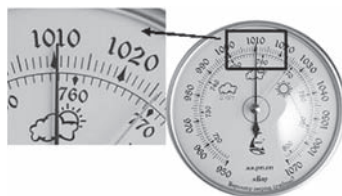
Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мл.

- 3** На рисунке показана часть шкалы комнатного термометра. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ температуру воздуха в комнате с учётом погрешности измерений.



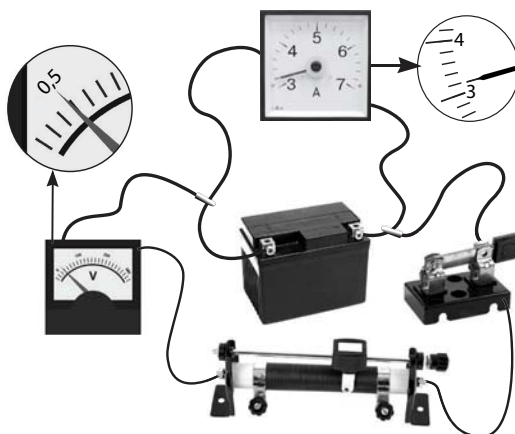
Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °C.

4 На рисунке показаны барометр и часть его шкалы. Абсолютная погрешность измерения давления в мм рт. ст. равна цене деления барометра. Чему равно давление?



Ответ:

5 На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из источника тока, реостата, ключа, вольтметра и амперметра. Ключ замкнут, и приборы показывают силу тока в цепи и напряжение на зажимах батарейки. Абсолютная погрешность измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Запишите в ответ величину напряжения на зажимах батарейки с учётом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

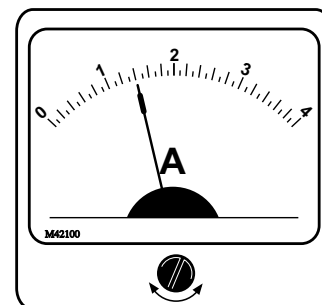
6 При определении скорости  $v$  равномерно прямолинейно движущейся тележки ученик измерил время движения по очень точному электронному секундомеру:  $t = 10,00$  с. Пройденный тележкой за это время путь был измерен с помощью рулетки:  $S = 150 \pm 1$  см. Запишите в ответ модуль скорости тележки с учётом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) см/с.

7 С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.

Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учётом погрешности измерений.

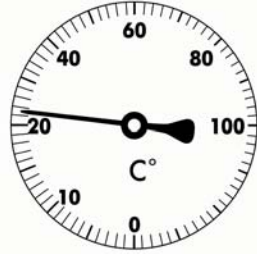
Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.



8

На производстве измеряли температуру воды. Показания термометра приведены на фотографии. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Чему равна температура воды по результатам этих измерений?

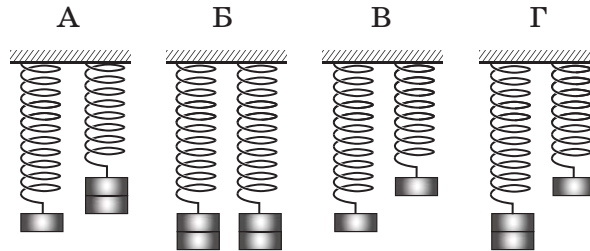
Запишите в ответ показания термометра с учётом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

9

Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины. Какую пару маятников можно использовать для этой цели?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

10

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой требуется определить работу силы упругости с использованием неподвижного блока. Для этого были использованы штатив с муфтой, груз, нить, линейка.

Какие **ДВЕ** позиции из приведённого ниже списка необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) весы
- 3) неподвижный блок
- 4) брусок
- 5) секундомер

Ответ:

11

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой требуется определить работу силы тока. Для этого были использованы соединительные провода, аккумулятор, реостат, лампочка, ключ, амперметр. Какие две позиции из приведённого ниже списка необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) секундомер
- 2) амперметр

- 3) резистор 4 Ом  
 4) вольтметр  
 5) реостат

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

12

Ученик должен определить, как зависит ёмкость плоского конденсатора от расстояния между пластинами конденсатора. В его распоряжении есть пять конденсаторов, имеющих разные параметры. Какие две установки необходимо использовать ученику, чтобы на опыте обнаружить зависимость ёмкости от расстояния между пластинами конденсатора?

№ установки	Расстояние между обкладками конденсатора	Площадь пластин конденсатора	Диэлектрик, заполняющий конденсатор
1	2 мм	2 см <sup>2</sup>	воздух
2	4 мм	3 см <sup>2</sup>	слюда
3	1 мм	5 см <sup>2</sup>	воздух
4	3 мм	2 см <sup>2</sup>	слюда
5	1 мм	2 см <sup>2</sup>	воздух

В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

13

Ученик должен определить, как зависит период колебаний пружинного маятника от массы груза. В его распоряжении есть пять установок, имеющих разные параметры. Какие ДВЕ установки необходимо использовать ученику, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний от массы пружинного маятника?

№ установки	Жёсткость пружины (Н/м)	Масса груза (кг)
1	40	0,2
2	80	0,4
3	20	0,6
4	40	0,8
5	10	0,2

В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

14

Ученик должен определить, как зависит сила трения от коэффициента трения поверхности. Ему были предоставлены пять поверхностей из различных материалов и бруски различной массы. Какие **ДВЕ** поверхности и бруски какой массы должен выбрать ученик, чтобы провести исследование?

Номер установки	Поверхность	Масса бруска
1	стекло	50 г
2	шерсть	80 г
3	глянцевая бумага	100 г
4	картон	100 г
5	песок	60 г

В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

15

Выберите **ДВА** верных утверждения.

Законы геометрической оптики применимы для описания:

- 1) образования тени от дома
- 2) образования светлого пятна в центре тени шарика
- 3) образования радужных цветных плёнок
- 4) прохождения света через два поляризатора, только при определённой их ориентации
- 5) образования солнечного зайчика на стене

Ответ:

16

Выберите **ДВА** верных утверждения.

Если  $m$  — масса двух тел, а  $r$  — расстояние между их центрами, сравнимое с их размерами, то сила их гравитационного притяжения равна  $\frac{Gm^2}{r^2}$ , если тела имеют:

- 1) форму кубов
- 2) форму шаров
- 3) форму сфер (симметричных полых шаров)
- 4) форму параллелепипедов
- 5) форму цилиндров

Ответ:

**17**

Установите соответствие между научными открытиями и именами учёных, которым эти открытия принадлежат.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ**

- А) закон, определяющий тепловое действие электрического тока
- Б) закон магнитного взаимодействия проводников с током

**ИМЕНА УЧЁНЫХ**

- 1) А. Ампер
- 2) Э.-Х. Ленц
- 3) Ш. Кулон
- 4) М. Фарадей

Ответ:

А	Б

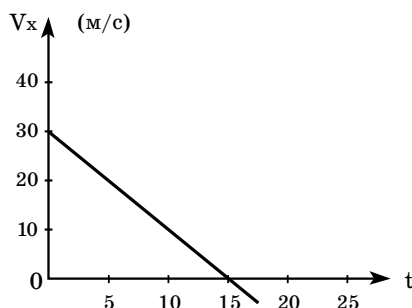
# ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ

## ВАРИАНТ 1

### Часть 1

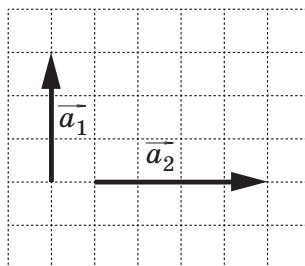
Ответами к заданиям 1–23 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Тело движется прямолинейно с постоянным ускорением вдоль оси  $Ox$ . График зависимости проекции скорости от времени  $v_x(t)$  изображён на рисунке. Определить проекцию  $a_x$  ускорения этого тела.



Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 2 Под действием силы  $F_1 = 3\text{Н}$  тело движется с ускорением  $a_1 = 0,3\text{ м/с}^2$ . Под действием силы  $F_2 = 4\text{Н}$  тело движется с ускорением  $a_2 = 0,4\text{ м/с}^2$  (см. рисунок). Чему равна сила  $F_0$ , под действием которой тело движется с ускорением  $\vec{a}_n = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$ ?



Ответ:

- 3 Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

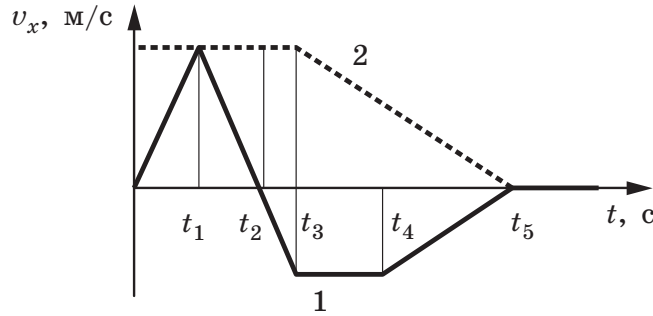
4

Человек, равномерно поднимая верёвку, достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какова работа силы упругости верёвки?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

5

Два тела движутся по оси  $Ox$ . На рисунке представлены графики зависимости проекции скорости движения тел 1 и 2 от времени. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **ДВА** верных утверждения. Укажите их номера.



- 1) В промежутке времени  $t_3 - t_5$  тело 2 движется равноускоренно.
- 2) К моменту времени  $t_2$  от начала движения тела прошли одинаковые пути.
- 3) В промежутке времени  $0 - t_3$  тело 2 находится в покое.
- 4) В момент времени  $t_5$  тело 1 останавливается.
- 5) В промежутке времени  $t_3 - t_4$  ускорение  $a_x$  тела 1 отрицательно.

Ответ:

6

Деревянный шарик плавает в стакане с водой. Как изменятся сила тяжести и архимедова сила, действующие на шарик, если он будет плавать в подсолнечном масле? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

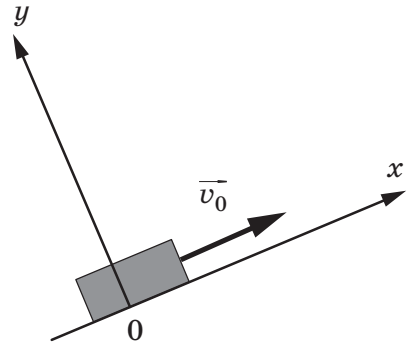
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Сила тяжести		Архимедова сила

7

После удара шайба массой  $m$  начала скользить со скоростью  $v_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси  $Ox$  на расстояние  $S$ , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитывать.





К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль силы трения

Б) модуль ускорения тела при движении вниз

## ФОРМУЛЫ

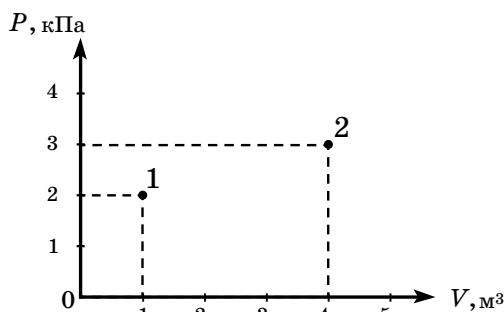
1)  $\mu m g \cos \alpha$ 2)  $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ 3)  $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ 4)  $\mu m g \sin \alpha$ 

Ответ:

А	Б

8

В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите отношение температур газа в состояниях 2 и 1 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

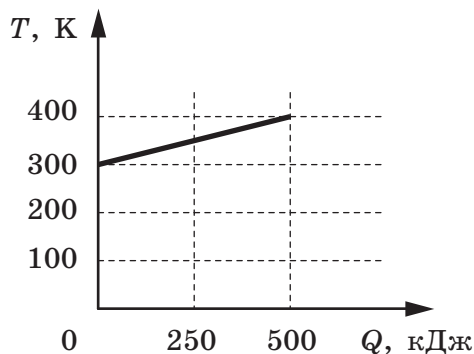
9

Газ совершил работу 40 Дж и получил количество теплоты 13 Дж. На сколько изменилась при этом внутренняя энергия газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

10

На рисунке приведена зависимость температуры твёрдого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоёмкость вещества этого тела?

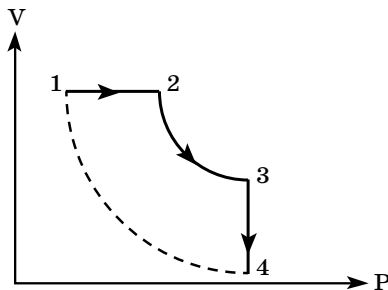


Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг·К).

11

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления  $P$  газа от объёма  $V$ . Количество вещества газа при этом не меняется.

Из приведённого списка выберите **ДВА** верных утверждения, характеризующих процессы на графике, и укажите их номера.



- 1) В процессе 1—2 газ совершает положительную работу
- 2) В процессе 2—3 температура газа увеличивается
- 3) В процессе 3—4 внутренняя энергия газа уменьшается
- 4) В процессе 2—3 среднеквадратичная скорость молекул газа уменьшается
- 5) В процессе 1—2—3—4 изменение внутренней энергии равно нулю

Ответ:

12

Температуру холодильника тепловой машины увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

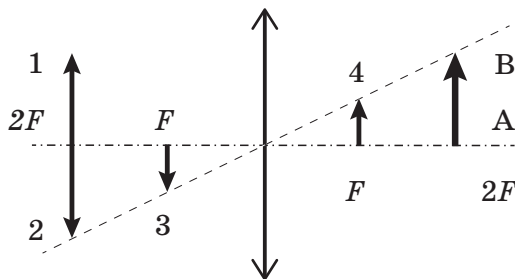
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы

13

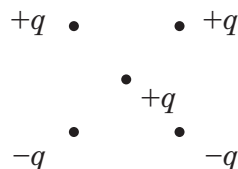
Какому из предметов 1–4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

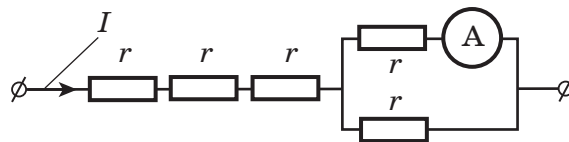
14

Как направлена (вправо, влево, вверх, вниз) сила Кулона  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 15 Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I=4$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебечь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 16 В первом опыте по проволочному резистору течёт ток. Во втором опыте его заменили на другой резистор из проволоки того же сечения из того же металла, но вдвое большей длины. Через второй резистор пропустили вдвое меньший ток. Выберите **ДВА** верных утверждения о физических величинах, характеризующих этот процесс.

- 1) мощность, выделяемая на резисторе, осталась прежней
- 2) сопротивление резистора увеличилось в 2 раза
- 3) сопротивление резистора в 2 раза уменьшилось
- 4) напряжение на резисторе в 2 раза уменьшилось
- 5) мощность, выделяемая на резисторе, уменьшилась в 2 раза

Ответ:

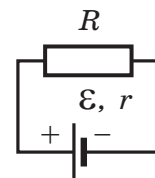
--	--

- 17 Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление увеличили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на внешнем сопротивлении?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

	Сила тока в цепи		Напряжение на внешнем сопротивлении

- 18 В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с бóльшим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

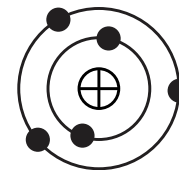
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Частота волны света, достигающего решётки		Угол между нормалью к решётке и первым дифракционным максимумом

**19** На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?



Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**20** Период полураспада изотопа натрия  $^{22}_{11}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 5,2 года?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

**21** На дифракционную решётку с периодом  $d$  перпендикулярно её поверхности падает параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda$ . Определите, как изменятся число наблюдаемых главных дифракционных максимумов и расстояние от центра дифракционной картины до первого главного дифракционного максимума, если увеличить длину волны падающего света.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

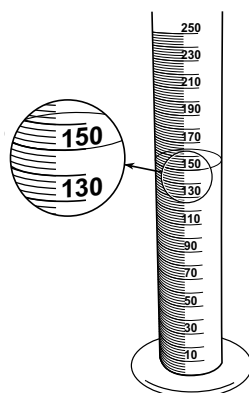
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Число наблюдаемых главных дифракционных максимумов	Расстояние от центра дифракционной картины до первого главного дифракционного максимума

**22** Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объёма равна цене деления шкалы мензурки. Чему равен объём налитой учеником воды?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ) мл.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.*

23

Ученик должен определить, как зависит ёмкость плоского конденсатора от расстояния между пластинами конденсатора. В его распоряжении есть пять конденсаторов, имеющих разные параметры. Какие две установки необходимо использовать ученику, чтобы на опыте обнаружить зависимость ёмкости от расстояния между пластинами конденсатора?

№ установки	Расстояние между обкладками конденсатора	Площадь пластин конденсатора	Диэлектрик, заполняющий конденсатор
1	2 мм	2 см <sup>2</sup>	воздух
2	4 мм	3 см <sup>2</sup>	слюда
3	1 мм	5 см <sup>2</sup>	воздух
4	3 мм	2 см <sup>2</sup>	слюда
5	1 мм	2 см <sup>2</sup>	воздух

В ответ запишите номера выбранных установок.

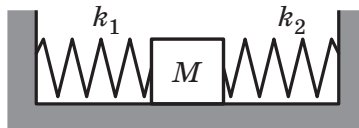
Ответ:

## Часть 2

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

24

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Вторая пружина действует на кубик силой 12 Н. Чему равна жёсткость первой пружины  $k_1$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

25

В баллоне находятся 20 кг азота при температуре 300 К и давлении  $10^5$  Па. Каков объём баллона? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

26

На дифракционную решётку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок фиолетового света с длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м. На расстоянии 2 м от решётки параллельно ей расположен экран. Каково расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на экране? (Считать  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ .)

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Для записи ответов на задания (27–31) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

27

Тонкая линза Л даёт чёткое действительное изображение предмета АВ на экране Э (рисунок 1). Что произойдёт с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском чёрного картона К (рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

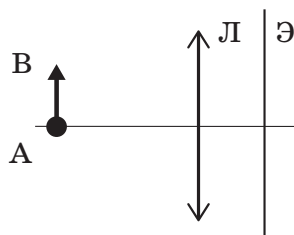


Рисунок 1

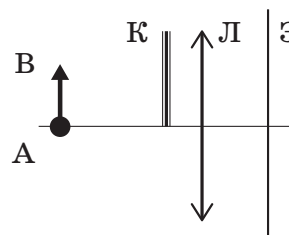


Рисунок 2

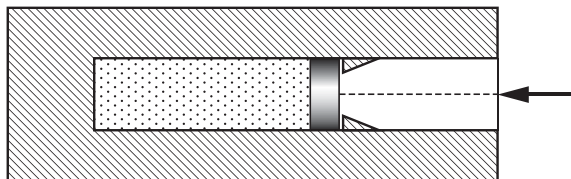
*Полное правильное решение каждой из задач 28–31 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

28

Брусок массой  $m_1 = 500$  г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты  $h = 0,8$  м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой  $m_2 = 300$  г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

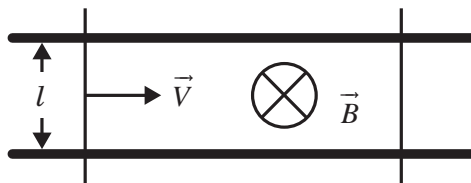
29

В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится 0,1 моль гелия, запёртого поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нём. Как изменится температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться энергией с сосудом и поршнем.



30

Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в 3 раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



31

Уровни энергии электрона в атоме водорода задают формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n=1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попадая на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равна максимально возможная скорость фотоэлектрона?

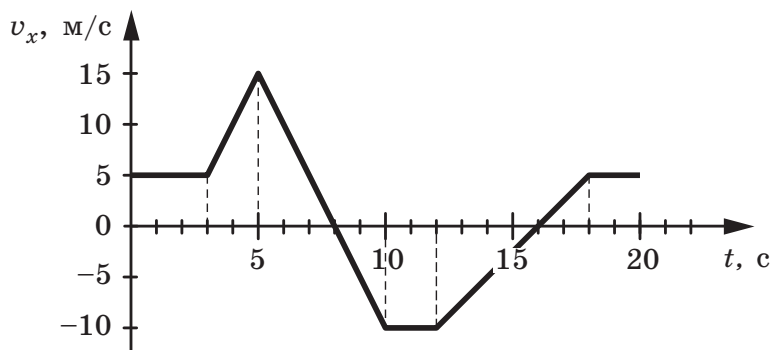
## ВАРИАНТ 2

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела от времени.

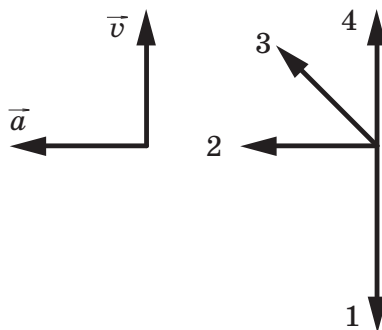


Чему равна проекция ускорения в промежуток времени от 12 до 16 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2

На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырёх векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?



Ответ:

3

При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



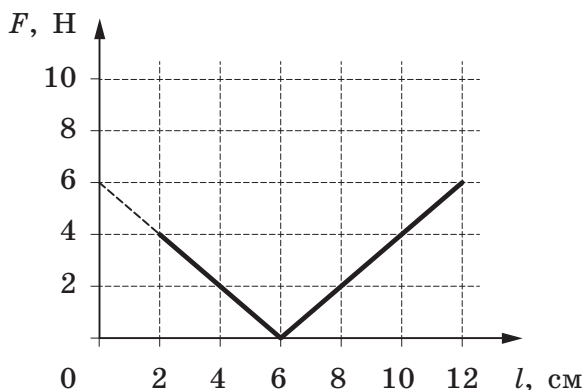
4

Шарик массой  $m$  движется со скоростью  $v$ . После упругого соударения со стенкой он стал двигаться в противоположном направлении, но с такой же по модулю скоростью. Чему равна работа силы упругости, которая подействовала на шарик со стороны стенки?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

5

Ученик проводит опыт, исследуя зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины. Эта зависимость выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите **ДВА** утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) Под действием силы, равной 6 Н, пружина разрушается.
- 2) Жёсткость пружины равна 200 Н/м.
- 3) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.
- 4) При деформации, равной 2 см, в пружине возникает сила упругости 2 Н.
- 5) В процессе опыта жёсткость пружины сначала уменьшается, а затем увеличивается.

Ответ:

--	--

6

С балкона бросают мячик вниз под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются в процессе движения модуль ускорения мячика и его кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Модуль ускорения мячика	Кинетическая энергия мячика

7

Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени (все величины выражены в СИ) и значениями проекций его начальной скорости и ускорения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

КООРДИНАТА

А)  $x = 3t - 2t^2$

Б)  $x = 4 + t^2$

НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЕ

1)  $v_{0x} = 3$  м/с,  $a_x = -4$  м/с<sup>2</sup>

2)  $v_{0x} = 3$  м/с,  $a_x = 2$  м/с<sup>2</sup>

3)  $v_{0x} = 4$  м/с,  $a_x = 2$  м/с<sup>2</sup>

4)  $v_{0x} = 0$ ,  $a_x = 2$  м/с<sup>2</sup>

Ответ:

А	Б

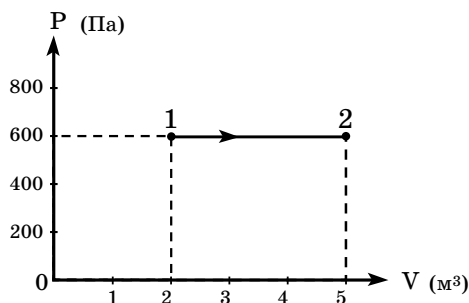
8

Давление идеального газа в сосуде с жёсткими стенками при температуре  $t_1 = 127$  °С 100 кПа. Каким будет давление в сосуде, если газ нагреть до температуры 227 °С?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9

Чему равна работа, совершённая газом при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

10

Относительная влажность в сосуде, закрытом поршнем, равна 60%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

11

Воздух в сосуде состоит из смеси газов водорода, азота, углекислого газа. Из приведённого списка выберите **ДВА** верных утверждения.

1) При тепловом равновесии все макроскопические параметры у этих газов (парциальное давление  $P$ , температура  $T$ , объём  $V$ ) всегда одинаковы.

2) При тепловом равновесии температура во всех точках сосуда одинакова.

3) Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы водорода больше, чем у других газов.

4) Концентрация частиц наименьшая у газа меньшей массы.

5) При увеличении температуры парциальные давления газов возрастут в одно и то же число раз.

Ответ:

--	--

12

В калориметр с водой, имеющей комнатную температуру, положили кусок льда при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Как изменятся в результате установления теплового равновесия следующие две величины: удельная теплоёмкость льда и масса воды?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится

2) уменьшится

3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Удельная теплоёмкость льда	Масса воды

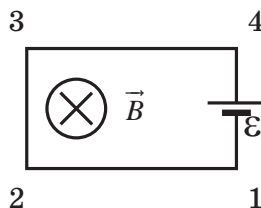
13

Точечный источник света находится перед плоским зеркалом на расстоянии  $1,2\text{ м}$  от него. На сколько уменьшится расстояние между зеркалом и изображением источника, если, не поворачивая зеркала, пододвинуть его ближе к источнику на  $0,3\text{ м}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

14

Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена (вправо, влево, вверх, вниз) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 2–3?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

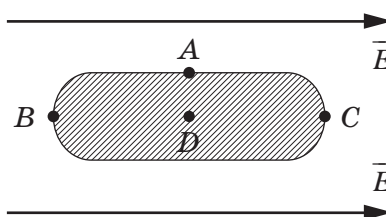
15

В цепи из двух одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты  $Q_1$ , если к цепи подводится напряжение  $U$ . В цепи из пяти таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты  $Q_2$ , если к этой цепи подводится напряжение  $3U$ . Чему равно отношение  $\frac{Q_2}{Q_1}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

16

Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ .



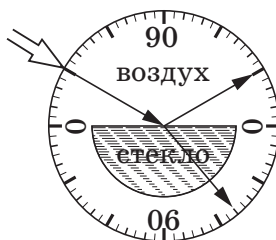
Из приведённого ниже списка выберите **ДВА** правильных утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело, и укажите их номера.

- 1) Напряжённость электрического поля в точке  $C$  не равна нулю.
- 2) Потенциал в точке  $A$  меньше, чем в точке  $D$ .
- 3) Концентрация свободных электронов в точке  $A$  наименьшая.
- 4) В точке  $C$  индуцируется положительный заряд.
- 5) В точке  $B$  индуцируется отрицательный заряд.

Ответ:

17

Ученик провёл опыт по преломлению света, представленный на рисунке. Как изменятся при уменьшении угла падения угол преломления света, распространяющегося в стекле, и показатель преломления стекла?



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

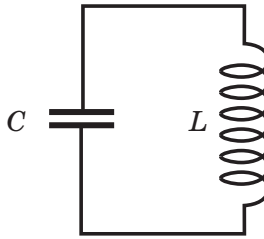
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

	Угол преломления	Показатель преломления стекла

18

Зависимость силы тока от времени в идеальном колебательном контуре описывается выражением  $I(t) = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ , где  $T$  — период колебаний. В момент  $\tau_1$  энергия катушки с током равна энергии конденсатора:  $W_L = W_C$ , а напряжение на конденсаторе равно  $U$ . Каковы напряжение на конденсаторе в момент  $\tau_2 = \frac{3}{8}T$  и амплитуда напряжения на конденсаторе? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) напряжение на конденсаторе в момент  $\tau_2 = \frac{3}{8}T$

Б) амплитуда напряжения на конденсаторе

1)  $2U$ 2)  $U\sqrt{2}$ 3)  $U$ 4)  $\frac{U}{\sqrt{2}}$ 

Ответ:

А	Б

19

Определить число протонов и нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного полония  ${}_{84}^{215}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и двух электронных  $\beta$ -распадов.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Определите отношение частоты света первого пучка к частоте второго.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

21

Одним из примеров ядерных превращений является захват ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. Как меняются при этом число протонов и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

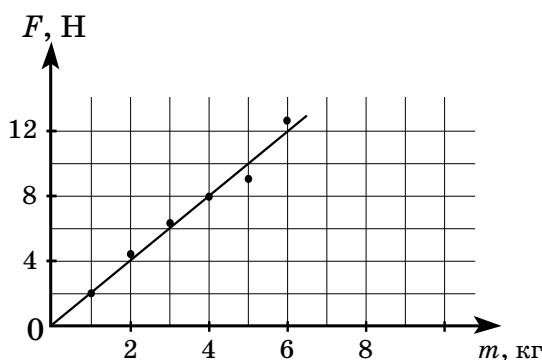
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре

22

Ученики исследовали зависимость силы трения скольжения от массы груза. Результаты измерений представлены в виде графика на рисунке. Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы — 1 Н.



Чему равна с учётом погрешности измерений сила трения, действующая на груз массой 1 кг?

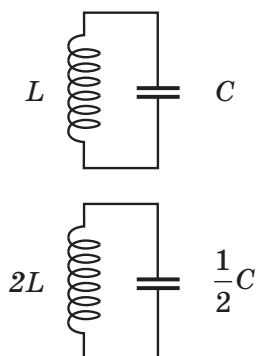
Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) Н.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.*

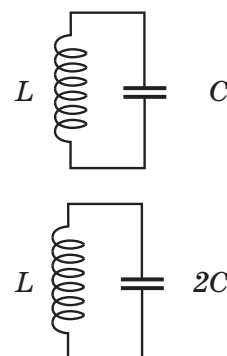
23

Ученик изучает зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в контуре от ёмкости конденсатора. Какие два контура он должен выбрать для этого исследования?

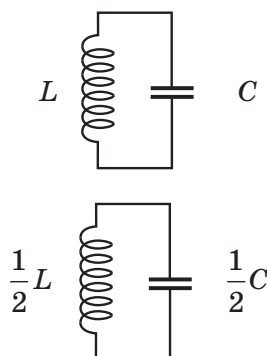
1)



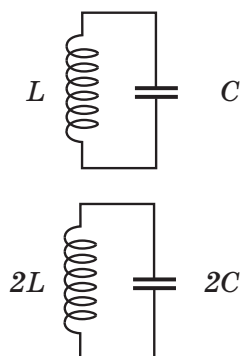
2)



3)



4)



Ответ:

## Часть 2

Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

24

Груз массой 2 кг, закреплённый на пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Какова максимальная скорость груза?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

25

С идеальным газом происходит изотермический процесс, в котором в результате уменьшения объёма газа на  $150 \text{ дм}^3$  давление газа возросло в 2 раза. Каким был первоначальный объём газа?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{дм}^3$ .

26

Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода фотоэлектронов. Какова энергия фотонов?

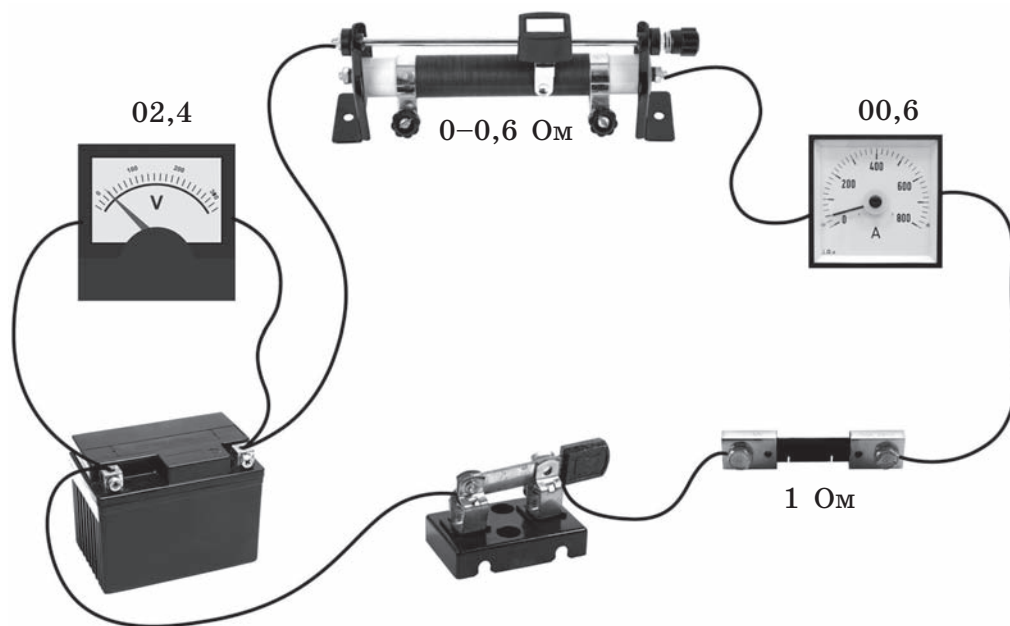
Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Для записи ответов на задания (27–31) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

27

На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифрового вольтметра, подключённого к батарее, и цифрового амперметра.



Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи и, используя законы постоянного тока, объясните, как изменится (увеличится или уменьшится) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.

*Полное правильное решение каждой из задач 28–31 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Пуля летит горизонтально со скоростью  $v_0 = 150$  м/с, пробивает стоящий на горизонтальной поверхности льда брусок и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью  $v_0/3$ . Масса бруска в 10 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между бруском и льдом  $\mu = 0,1$ . На какое расстояние  $S$  сместится брусок к моменту, когда его скорость уменьшится на 10%?

29

В сосуде с небольшой трещиной находится газ, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление газа уменьшилось в 8 раз, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в сосуде? (Газ считать идеальным.)

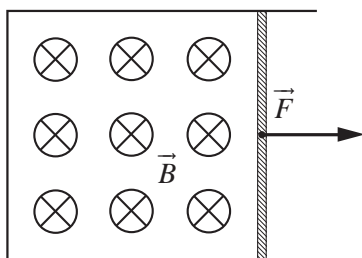
30

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5$  мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0$  В. В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в катушке в этот момент.



31

Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу  $F=1,13$  Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



# ОТВЕТЫ

## МЕХАНИКА

Номер вопроса	Ответ	Номер вопроса	Ответ	Номер вопроса	Ответ
1	-4	26	12	51	40
2	0,5	27	13	52	100
3	2,5	28	13	53	2,8
4	5	29	31	54	18
5	5	30	12	55	132
6	6a	31	23	56	0,3 м
7	2F	32	23	57	$\approx 0,69$ м
8	40	33	43	58	$\leq 0,4$ кг
9	14	34	14	59	$\approx 0,18$ м
10	2	35	23	60	2,5 м
11	16	36	34	61	1
12	0,32	37	14	62	600 кг
13	7,5	38	31	63	0,15 м
14	300	39	53	64	132 м/с
15	1,6	40	14	65	8000 м
16	15	41	14		
17	20	42	24		
18	50	43	34		
19	2,8	44	25		
20	2	45	14		
21	mg	46	0,1		
22	31	47	300		
23	23	48	0,1		
24	31	49	1		
25	13	50	4		

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА**

Номер вопроса	Ответ	Номер вопроса	Ответ	Номер вопроса	Ответ	Номер вопроса	Ответ
1	120	18	45	35	34	52	$\approx 92$ кг
2	6	19	15	36	34	53	64 К
3	4	20	22	37	0	54	8 раз
4	2000	21	21	38	4	55	0,022 моля
5	30	22	31	39	18	56	12 см
6	3	23	31	40	300	57	30 см <sup>2</sup>
7	4	24	34	41	2	58	0,3 м
8	3	25	12	42	23	59	700 Дж
9	10	26	11	43	23	60	57,5 кДж
10	30	27	32	44	20	61	41,6 кДж
11	10	28	23	45	300		
12	1	29	23	46	1 кг		
13	22±1	30	13	47	-5 °С		
14	60	31	41	48	1/3		
15	320	32	41	49	467 Дж		
16	35	33	34	50	200 кг		
17	25	34	42	51	225 кг		

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА****Электрическое поле**

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ответ	6,25	2,5	1,5	1	вверх	вниз	вниз	3	влево	63	110
Номер вопроса	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Ответ	34	35	14	12	35	12	13	21	12	6	25

**Законы постоянного тока**

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ	1,5	7,5	2	3,6	400	6	24	6	3,8	27	2	20

Номер вопроса	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ответ	43	15	12	12	32	13	41	12	4,8	100	236,3	2139

### Магнитное поле

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ответ	вверх	от нас	вправо	вверх	от нас	от нас	5	14	32
Номер вопроса	10	11	12	13	14	15	16	17	
Ответ	23	43	13	13	2	1	$I > \frac{mg}{2aB}$	$5 \cdot 10^{-7}$	

### Электромагнитная индукция

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	2	3	2	1 мА	14	34	1,2	1	2	1	(2/3) V	4

### Электромагнитные колебания

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ответ	22	32	12	3	21	13	24	12	25	23	32
Номер вопроса	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Ответ	2,5	32	20	32	0,016 мкФ	увеличить на $2 \cdot 10^4$	$(LI_0^2)/6$	4 мА	5 мА	0,27 мА	

### Геометрическая оптика

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	3	2	20	3	1,5	24	0,8	1,4	1	45	21	4	45	0,15

### Волновая оптика

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	1	5	32	21	24	21	14	31	12	14

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
$2mc^2$	$\sqrt{3}c/2$	25	33	15	34	

## КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ ФИЗИКА АТОМА

### Квантовая оптика. Атом

<b>Номер вопроса</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Ответ</b>	2	15	2	10	7	2	0,2	1,5	13
<b>Номер вопроса</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Ответ</b>	21	21	33	22	14	14	1,38	$5,96 \cdot 10^{-19}$	$2,97 \cdot 10^6$
<b>Номер вопроса</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
<b>Ответ</b>	15,9 ЭВ	$5,5 \cdot 10^{-9}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^6$	$7,76 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-7}$		

### Физика атомного ядра

<b>Номер вопроса</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Ответ</b>	818	${}_{82}^{208}Pb$	84126	810	84127	3	56	${}_0^1n$	2	${}_1^1p$
<b>Номер вопроса</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Ответ</b>	75	$10^{24}$	52	21	13	31	24	43	20	$1,43 \cdot 10^7$

## МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

<b>Номер вопроса</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Ответ</b>	$0,9 \pm 0,01$	$140 \pm 2$	$16 \pm 2$	$758 \pm 1$	$3,2 \pm 0,2$	$15 \pm 0,4$	$14 \pm 0,05$	$25 \pm 1$	3
<b>Номер вопроса</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	
<b>Ответ</b>	13	14	15	14	34	15	23	24	

## ЗАДАНИЯ СО СВОБОДНЫМ ОТВЕТОМ

### Механика

#### 56. Образец возможного решения

По закону сохранения энергии с учётом работы силы трения имеем:

$$\frac{mv_B^2}{2} + mgL \sin \alpha = \frac{mv_0^2}{2} - \mu mgL \cos \alpha.$$

В точке В условием отрыва будет равенство центростремительного ускорения нормальной составляющей ускорения свободного падения:

$$\frac{v_B^2}{R} = g \cos \alpha, v_B^2 = gR \cos \alpha.$$

Используя это равенство и закон сохранения энергии, находим внешний радиус трубы:

$$R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} - 2L(\mu + tg \alpha) = 0,3 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = 0,3 \text{ м.}$

#### 57. Образец возможного решения

Выберем систему координат: ось  $x$  направлена по прямой АВ, ось  $y$  — вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии АВ (см. рисунок на с. 109).

Проекция вектора ускорения свободного падения  $g$ :

$$g_x = 0, \quad g_y = -g \sin \alpha.$$

Кинематика движения по наклонной плоскости эквивалентна кинематике движения тела, брошенного под углом  $\beta$  к горизонту, в поле тяжести с ускорением  $g \sin \alpha$ .

Запишем выражения для координат тела как функций времени (в известных выражениях для тела, брошенного под углом  $\beta$  к горизонту, делается замена  $g$  на  $g \sin \alpha$ ):

$$x(t) = v_0 \cos \beta \cdot t,$$

$$y(t) = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2.$$

Из условия  $y = 0$  находим время движения тела по наклонной плоскости  $\tau = \frac{2v_0 \sin \beta}{g \sin \alpha}$  и расстояние  $AB = x(\tau)$ :  $AB = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \sin \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \text{ (м).}$

Ответ:  $AB = \frac{2\sqrt{3}}{5} \text{ м} \approx 0,69 \text{ м.}$

### 58. Образец возможного решения

1. Пока грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое, будем считать их одним телом  $M + m$  сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз  $m_2$ .

2. Будем считать систему отсчёта, связанную со столом, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  введённой системы координат:

$$\left. \begin{array}{l} Ox: (M+m)a_1 = T_1 \\ Oy: ma_2 = mg - T_2 \end{array} \right\}$$

Учтём, что

$$T_1 = T_2 = T \text{ (нить лёгкая, скользит по блоку без трения),}$$

$$a_1 = a_2 = a \text{ (нить нерастяжима), и сложим уравнения.}$$

Получим:

$$(M+2m)a = mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M+2m}.$$

3. Рассмотрим груз  $m_1$  отдельно. Запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  и учтём, что груз  $m_1$  покоится относительно груза  $M$ :

$$\left. \begin{array}{l} Ox: ma = F_{\text{тр}} \\ Oy: mg - N_1 = 0 \\ F_{\text{тр}} \leq \mu N_1 \end{array} \right\}$$

Получим:

$$ma \leq \mu N_1 = \mu mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M+2m} \leq \mu g.$$

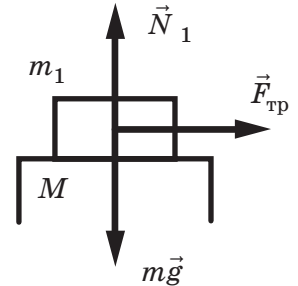
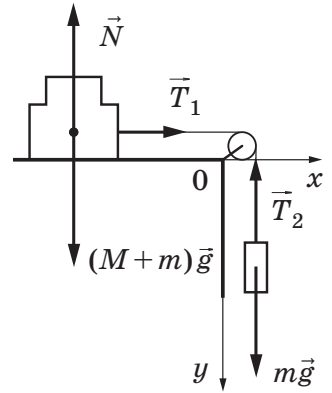
Решая неравенство

$$\frac{m}{M+2m} \leq \mu$$

относительно  $m$ , получим:

$$m \leq \frac{\mu M}{1-2\mu} = 0,4 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m \leq 0,4$  кг.



### 59. Образец возможного решения

В момент отрыва от кольца на высоте  $h$  шайба имела скорость  $u$ , определяемую из закона сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh.$$

При этой скорости её центростремительное ускорение  $a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{R}$

в инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, в соответствии со вторым законом Ньютона обеспечивалось составляющей силы тяжести, действующей на шайбу и направленной к центру кольца:

$$ma_{\text{цс}} = mg \sin \alpha.$$

Учитывая, что  $\sin \alpha = \frac{h-R}{R}$ , исключим из системы уравнений  $a_{\text{цс}}$  и  $u$ :

$$v^2 = g(h-R) + 2gh.$$

$$\text{Отсюда } h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18 \text{ м.}$$

Ответ:  $h \approx 0,18 \text{ м.}$

### 60. Образец возможного решения

Второй закон Ньютона для кубика, находящегося на высоте  $h$ :  $ma = mg \cos \alpha + N$ , где  $m$  — масса кубика,  $a$  — центростремительное ускорение,  $N$  — сила реакции жёлоба.  $|N| = |F|$ , где  $F$  — давление шарика на жёлоб.  $\alpha$  — угол между силой тяжести и радиусом, соединяющим положение кубика и центр окружности;  $\cos \alpha = \frac{h-R}{R}$ .

Центростремительное ускорение равно  $a = \frac{v^2}{R}$ . В соответствии с законом сохранения механической энергии можно записать:  $mgH = mgh + \frac{mv^2}{2}$ , где  $H = 4R$  — высота, с которой отпустили шарик. Откуда  $v^2 = 2g(H-h)$ .

Подставив эту формулу во второй закон Ньютона, получим:  $m \frac{2g(H-h)}{R} = mg \frac{(h-R)}{R} + F$ . Откуда  $R = 2,5 \text{ м.}$

Ответ: 2,5 м.

### 61. Образец возможного решения

1. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде, поскольку каплей воды на стенках нет, то можно говорить о том, что пар в начальный момент был ненасыщенным.

2. Влажность воздуха определяется по формуле  $\phi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}}$ . При изотермическом сжатии плотность пара увеличивается, а плотность насыщенных паров остаётся неизменной. Следовательно, в первой половине процесса относительная влажность увеличивается.

3. В середине процессе, когда на стенках появляются капли воды, пар становится насыщенным, а относительная влажность равной 100%.

При дальнейшем уменьшении объёма сосуда пар остаётся насыщенным, а относительная влажность равной 100%.



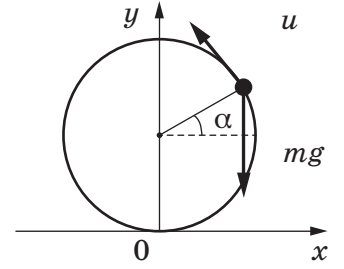
### 62. Образец возможного решения

Закон сохранения импульса для системы «аппарат + газ, выброшенный за интервал времени  $\Delta t$ »:  $0 = M\Delta v_1 - \frac{\Delta m}{\Delta t} v \Delta t$ .

Формулы для ускорения:  $a = \frac{\Delta v_1}{t}$ ,  $A = \frac{2S_1}{t^2}$ .

Выполнив преобразования, получим:  $M = \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{vt^2}{2S} = 500 \text{ кг}$ .

Ответ: 600 кг.



### 63. Образец возможного решения

В соответствии с законом сохранения импульса  $Mv_{бр} - mv_{нл} = (M + m)u_0$ ,

где  $M$  — масса бруска,  $m$  — масса куска пластилина,  $u_0$  — начальная скорость бруска с пластилином после взаимодействия. Так как  $M = 4m$  и  $v_{бр} = \frac{1}{3}v_{нл}$ , то

$$4m \frac{1}{3}v_{нл} - mv_{нл} = 5mu_0 \Rightarrow 4mv_{нл} - 3mv_{нл} = 5mv_0 \Rightarrow u_0 = \frac{1}{15}v_{нл}.$$

По условию конечная скорость бруска с пластилином  $u = 0,7u_0$ . В соответствии с законом сохранения энергии:

$$\frac{(M + m)u_0^2}{2} = \frac{(M + m)u^2}{2} + \mu(M + m)gS \Rightarrow \frac{5m \left( \frac{1}{15}v_{нл} \right)^2}{2} = \frac{5m \left( 0,7 \frac{1}{15}v_{нл} \right)^2}{2} + 5m\mu gS. \text{ Откуда } S = \frac{0,255v_{нл}^2}{255\mu} = 0,15 \text{ м}.$$

Ответ:  $S = 0,15 \text{ м}$ .

### 64. Образец возможного решения

Согласно закону сохранения энергии высоту подъёма снаряда можно рассчитать по

формуле  $mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$ .

Из закона сохранения энергии определяем начальную скорость первого осколка:

$$\frac{m_1(2v_0)^2}{2} = m_1gh + \frac{m_1v_1^2}{2}, \quad v_1 = \sqrt{4v_0^2 - 2gh} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2} = v_0\sqrt{3}.$$

Согласно закону сохранения импульса:  $m_1v_1 = m_2v_2 \Rightarrow v_2 = v_0\sqrt{3}$ .

Начальная скорость второго осколка после разрыва в соответствии с законом сохранения импульса:  $m_1v_1 = m_2v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ .

Скорость второго осколка при падении на Землю в соответствии с законом сохранения

энергии:  $\frac{m_2v^2}{2} = m_2gh + \frac{m_2v_2^2}{2} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{7}}{2}v_0 = 132 \text{ м/с}$ .

Ответ:  $v = 132 \text{ м/с}$ .

### 65. Образец возможного решения

Согласно закону сохранения энергии высоту подъёма снаряда и второго осколка можно рассчитать по формуле  $mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$ ;  $m_2gh_{\max} = m_2gh + \frac{m_2v_2^2}{2}$ .

Из закона сохранения энергии определяем начальную скорость первого осколка:  $\frac{m_1(2v_0)^2}{2} = m_1gh + \frac{m_1v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{4v_0^2 - 2gh} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2} = v_0\sqrt{3}$ .

Согласно закону сохранения импульса:  $m_1v_1 = m_2v_2 \Rightarrow v_2 = v_0\sqrt{3}$ , где  $v_2$  — начальная скорость второго осколка после разрыва снаряда. Окончательно имеем:  $h_{\max} = \frac{2v_0^2}{g} = 8000$  м.

Ответ:  $h_{\max} = 8000$  м.

## Молекулярная физика. Термодинамика

### 46. Образец возможного решения

Количество теплоты, полученное при нагревании льда, находящегося в калориметре, до температуры  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_1 = c_1m_1(0 - t_1)$ . (1)

Количество теплоты, полученное льдом при его таянии при  $0^\circ\text{C}$ :  
 $Q_2 = \lambda m_2$ . (2)

Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды до  $0^\circ\text{C}$ :  
 $Q = c_2m_2(t_2 - 0)$ . (3)

Уравнение теплового баланса:  $Q = Q_1 + Q_2$ . (4)

Объединяя (1)–(4), получаем:

$$m_1 = \frac{m_2c_2(t_2 - 0)}{c_1(0 - t_1) + \lambda} = 1 \text{ кг.}$$

Ответ: 1 кг.

### 47. Образец возможного решения

Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры  $t$ :  $Q = c_1m_1(t - t_1)$ . (1)

Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды до  $0^\circ\text{C}$ :  
 $Q_1 = c_2m_2(t_2 - 0)$ . (2)

Количество теплоты, выделяющееся при отвердевании воды при  $0^\circ\text{C}$ :  
 $Q_2 = \lambda m_2$ . (3)

Количество теплоты, отданное водой при охлаждении её до  $0^\circ\text{C}$ :  
 $Q_3 = c_1m_2(0 - t)$ . (4)

Уравнение теплового баланса:  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ . (5)

Объединяя (1)–(5), получаем:

$$t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ответ:  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 48. Образец возможного решения

Так как сосуд теплоизолирован и начальная температура газов одинакова, то после установления равновесия температура в сосуде будет равна первоначальной, а гелий равномерно распределится по всему сосуду. После установления равновесия в системе в каждой части сосуда окажется по 1 моль гелия  $\nu_1 = 1$  моль. В результате в сосуде с аргоном окажется 3 моль смеси:  $\nu_2 = \nu_1 + \nu = 3$ .

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре и количеству вещества:  $U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1$ ,  $U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2$ .

Условие термодинамического равновесия:  $T_1 = T_2$ .

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{3}.$$

Ответ:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}$ .

#### 49. Образец возможного решения

После установления равновесия в системе гелий равномерно распределится по всему сосуду. В результате количество вещества газа, который останется в той части сосуда, где был гелий, станет равным  $\nu_1 = \frac{m}{2M_{\text{He}}}$  молей гелия, где  $m$  — масса гелия.

Внутренняя энергия газа пропорциональна температуре и количеству вещества:  $U = \nu_1 \frac{3}{2} RT = \frac{3}{4M_{\text{He}}} mRT$ . Отсюда  $U = 467$  Дж.

Ответ: 467 Дж.

#### 50. Образец возможного решения

Шар поднимает груз при условии:  $(M + m)g + m_{\text{ш}} g = \rho V g$ , где  $M$  и  $m$  — масса оболочки и масса груза,  $m_{\text{ш}}$  — масса воздуха в шаре и  $\rho V = m_{\text{в}}$  — масса такого же по объёму воздуха вне шара. Сокращая уравнение на  $g$ , получаем:  $M + m = m_{\text{в}} - m_{\text{ш}}$ .

При нагревании воздуха в шаре его давление  $p$  и объём  $V$  не меняются. Следовательно, согласно уравнению Менделеева–Клапейрона:  $pV = \frac{m_{\text{ш}}}{\mu} RT_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{в}}}{\mu} RT_{\text{в}}$ , где  $\mu$  — средняя молярная масса воздуха,  $T_{\text{ш}}$  и  $T_{\text{в}}$  — его температура внутри и вне шара. Отсюда:  $m_{\text{ш}} = m_{\text{в}} \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{ш}}} = \rho V \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{ш}}}$ , где  $\rho$  — плотность окружающего воздуха.

$$m_g - m_{ш} = \rho V \left( 1 - \frac{T_g}{T_{ш}} \right); M + m = \rho V \left( 1 - \frac{T_g}{T_{ш}} \right).$$

$$\text{Следовательно, } m = \rho V \left( 1 - \frac{T_g}{T_{ш}} \right) - M = 1,2 \cdot 2500 \left( 1 - \frac{280}{350} \right) - 400 = 200 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 200$  кг.

### 51. Образец возможного решения

Шар удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:  $(M + m)g + m_r g - m_b g = 0$ , где  $M$  и  $m$  — масса оболочки и масса груза,  $m_r$  — масса гелия в шаре, а  $F = m_b g$  — сила Архимеда, действующая на шар. Из условия равновесия следует:  $M + m = m_b - m_r$ .

При нагревании воздуха в шаре его давление  $p$  и объём  $V$  не меняются.

Давление  $p$  гелия и его температура  $T$  равны давлению и температуре окружающего воздуха. Следовательно, согласно уравнению Менделеева–Клапейрона:  $pV = \frac{m_r}{\mu_r} RT = \frac{m_b}{\mu_b} RT$ ,

где  $\mu_r$  — молярная масса гелия,  $\mu_b$  — средняя молярная масса воздуха,  $V$  — объём шара и  $T_b$  — его температура внутри и вне шара. Отсюда:  $m_b = m_r \frac{\mu_b}{\mu_r}$

$$m_b - m_r = m_r \left( \frac{\mu_b}{\mu_r} - 1 \right) = 6,25 m_r; \text{ следовательно, } m = 6,25 m_r - M = 225 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 225$  кг.

### 52. Образец возможного решения

1. Запишем для шара второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось в момент его отрыва от земли:  $F_A = m_{He} g + m_{об} g$ , где  $F_A$  — сила Архимеда, действующая на шар.

2. Выразим силы через радиус шара  $r$ :  $\rho_{At} g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = b \cdot 4 \pi r^2 \cdot g + \rho_{He} g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$ , где  $\rho_{At}$  — плотность атмосферного воздуха,  $\rho_{He}$  — плотность гелия,  $b = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$  — отношение массы одного квадратного метра оболочки шара к его площади.

$$\text{Отсюда найдём радиус шара: } r = \frac{3b}{\rho_{At} - \rho_{He}}.$$

3. Плотности гелия и воздуха найдём из уравнения Менделеева–Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}, \quad \rho_{He} = \frac{M_{He} p}{RT}, \quad \rho_{At} = \frac{M_2 p}{RT}.$$

4. Объединяя полученные выражения, найдём радиус:

$$r = \frac{3bRT}{p(M_2 - M_{He})} \approx 2,7 \text{ м,}$$

а искомая масса оболочки равна  $m = 4 \pi r^2 \cdot b$ .

Ответ:  $m \approx 92$  кг.

### 53. Образец возможного решения

Закон сохранения импульса при неупругом соударении:

$mv_0 = (m + M)v_n$ . Отсюда:  $v_n = \frac{mv_0}{m + M}$ , где  $m$  и  $M$  — соответственно масса пули и масса поршня,  $v_0$  — скорость пули,  $v_n$  — скорость поршня после попадания пули.

Для расчёта внутренней энергии одноатомного идеального газа:  $U = \frac{3}{2}\nu RT$ .

Поскольку газ сжимается адиабатно, механическая энергия поршня с пулей превратится во внутреннюю энергию гелия. Поэтому:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{(m + M)v_n^2}{2}. \text{ Отсюда } \Delta T = \frac{m^2 v_n^2}{3R\nu(m + M)} = 64 \text{ К.}$$

Ответ:  $\Delta T = 64$  К.

### 54. Образец возможного решения

Внутренняя энергия идеального газа  $U = N \cdot E_0$ , где  $E_0$  — энергия одной молекулы газа, а  $N$  — их число в сосуде,  $E_0 \sim kT$ , а  $N = \nu N_a$ . Отсюда  $U \sim \nu N_a kT = \nu RT$ .

При этом  $pV = \nu RT$ . Следовательно,  $U \sim pV$ . Поскольку объём не изменился, а давление в 8 раз уменьшилось, то произведение  $pV$  уменьшилось в 8 раз. Внутренняя энергия газа в сосуде уменьшилась в 8 раз.

Ответ: 8 раз.

### 55. Образец возможного решения

Уравнения состояния идеального газа для верхней и нижней частей сосуда:  $p_1 V_1 = \nu RT$ ,  $p_2 V_2 = \nu RT$ , где  $V_1$  и  $V_2$  — объёмы верхней и нижней частей сосуда. При этом  $V_1 = S(H - h)$ ,  $V_2 = Sh$ , где  $S$  — площадь поперечного сечения поршня,  $H$  — высота сосуда,  $h$  — высота, на которой находится поршень.

Условие равновесия поршня:  $pS + P - p_2 S = 0$ , где  $P$  — вес поршня.

Подставив в это равенство уравнение состояния газа в верхней части сосуда, получим

для количества вещества газа: 
$$\nu = \frac{P}{RT \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{H - h} \right)} = 0,022 \text{ моль.}$$

Ответ:  $\nu = 0,022$  моль.

### 56. Образец возможного решения

С газом, находящимся в сосуде под поршнем, происходит изотермический процесс, и он подчиняется закону Бойля—Мариотта.

Давление газа в первом состоянии равно атмосферному  $p_1 = p_a$ , объём равен  $V_1 = SH$ , где  $S$  — площадь поршня. Давление газа во втором состоянии равно сумме атмосферного давления и давления, которое производит груз на поршень:  $p_2 = p_a + \frac{mg}{S}$ , объём газа в этом состоянии равен:  $V_2 = Sh$ .

Закон Бойля–Мариотта:  $p_a SH = (p_a + \frac{mg}{S})Sh$ . Соответственно  $h = \frac{p_a H}{p_a + \frac{mg}{S}} = 12$  см.

Ответ:  $h = 12$  см.

### 57. Образец возможного решения

1. При медленном охлаждении газа его можно всё время считать равновесным, поэтому можно пользоваться выражением для внутренней энергии одноатомного идеального газа  $U = \frac{3}{2}\nu RT$  и уравнением Менделеева–Клапейрона  $pV = \nu RT$ .

Отсюда  $U = \frac{3}{2}pV$ .

2. Поршень движется медленно, сил трения между поршнем и стенками сосуда нет, поэтому давление газа равно давлению окружающего воздуха (процесс изобарен).

3. Первое начало термодинамики для описания изобарного сжатия газа:

$$A_{\text{внешн}} = \Delta U + |Q|,$$

где  $A_{\text{внешн}} = pSx$  — работа внешних сил,

$\Delta U = \frac{3}{2}p\Delta V = -\frac{3}{2}pSx$  — изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа при его изобарном сжатии,

$|Q|$  — количество теплоты, отведённое от газа при его охлаждении.

$$\text{Отсюда } pSx = -\frac{3}{2}pSx + |Q|, \quad |Q| = \frac{5}{2}pSx, \quad S = \frac{2}{5} \cdot \frac{|Q|}{px}.$$

Ответ:  $S = 30$  см<sup>2</sup>.

### 58. Образец возможного решения

1) Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга:  $p_2 S = F$ ,

откуда  $p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 12 \cdot 10^5$  Па  $> p_1$ . ( $p_1 = p$ ).

2) Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения  $p_2$ . В этом процессе газ получает количество теплоты  $Q_{12}$ .

Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объём газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ получает количество теплоты  $Q_{23}$ .

3) В процессе нагревания, в соответствии с первым началом термодинамики, газ получит количество теплоты:

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 Sx = (U_3 - U_1) + F_{\text{тр}} x.$$

4) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:

$$U_1 = \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{3}{2}p_1 SL \quad \text{в начальном состоянии,}$$

$$U_3 = \frac{3}{2}\nu RT_3 = \frac{3}{2}p_2 S(L+x) = \frac{3}{2}F_{\text{тр}}(L+x) \quad \text{в конечном состоянии.}$$

5) Из пп. 3, 4 получаем 
$$L = \frac{Q - \frac{5}{2} F_{\text{тр}}^x}{\frac{3}{2} F_{\text{тр}} - p_1 S}.$$

Ответ:  $L = 0,3$  м.

### 59. Образец возможного решения

За цикл количество теплоты, полученное от нагревателя:

$$\begin{aligned} Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{31} &= (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 2p_0 \cdot 2V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2} p_0 V_0. \end{aligned}$$

Работа газа за цикл  $A_{\text{ц}} = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0 V_0$ .

Отсюда  $A_{\text{ц}} = \frac{2}{23} Q = 700$  Дж.

Ответ:  $A_{\text{ц}} = 700$  Дж.

### 60. Образец возможного решения

За цикл количество теплоты, полученное от нагревателя:

$$\begin{aligned} Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{31} &= (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 2p_0 \cdot 2V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2} p_0 V_0. \end{aligned}$$

Работа газа за цикл  $A_{\text{ц}} = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0 V_0$ .

Отсюда  $Q_{\text{н}} = \frac{23}{2} A_{\text{ц}} = 57,5$  кДж.

Ответ:  $Q_{\text{н}} = 57,5$  кДж.

### 61. Образец возможного решения

Первый закон термодинамики, формулы расчёта изменения внутренней энергии и работы газа в изобарном процессе:  $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$ .

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \quad A_{23} = \nu R T_{23}$$

Следовательно, формула для расчёта количества теплоты:  $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$ , в которой учтено, что  $T_3 = T_1$ .

Применив закон Шарля для состояний 1 и 2:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ , получим соотношение  $T_2 = \frac{T_1}{3}$ .  
Выполнив преобразования, получим формулу для расчёта количества теплоты:

$$\Delta T_{23} = \frac{3}{2} T_1 \cdot Q_{23} = \frac{5}{3} \nu R T_1 = 41,6 \text{ кДж};$$

Ответ:  $Q_{23} = 41,6 \text{ кДж}$

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

### Электрическое поле

#### 22. Образец возможного решения

Модуль напряжённости поля точечного заряда равен  $E = k \frac{q}{r^2}$ , где  $r$  — расстояние от заряда до рассматриваемой точки. Тогда  $E_1 = k \frac{q}{r_A^2}$ ,  $E_2 = k \frac{q}{r_C^2}$ . (1)

Из (1) получим:  $E_2 = E_1 \frac{r_A^2}{r_C^2}$ .

Из рисунка получим, что  $\frac{r_A^2}{r_C^2} = \frac{5}{13}$ , тогда  $E_2 = \frac{5}{13} E_1 = 25 \text{ В/м}$ .

Ответ:  $E_2 = \frac{5}{13} E_1 = 25 \text{ В/м}$ .

## Законы постоянного тока

#### 22. Образец возможного решения

Конденсатор и резистор соединены параллельно, поэтому напряжения на них одинаковы:

$$U_C = U_R = IR, \quad (1)$$

где  $I$  — сила тока, текущего через резистор.

$$\text{По закону Ома для полной цепи } I = \frac{\varepsilon}{R+r}. \quad (2)$$

$$\text{Напряжённость поля в плоском конденсаторе равна } E = \frac{U_C}{d}. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получим:

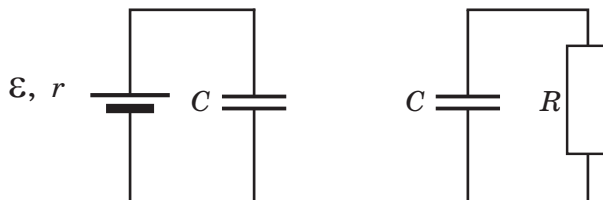
$$\varepsilon = Ed \left( \frac{R+r}{R} \right) = 4,8 \text{ В}.$$

Ответ:  $\varepsilon = Ed \left( \frac{R+r}{R} \right) = 4,8 \text{ В}$ .



### 23. Образец возможного решения

1. К моменту  $t_0=0$  конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок слева) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС  $\mathcal{E}$ , энергия конденсатора  $W_0 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ .



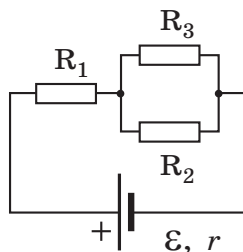
2. В момент  $t > 0$  напряжение на конденсаторе  $U$  равно напряжению  $IR$  на резисторе в правой части схемы (см. рисунок справа). Энергия конденсатора в этот момент

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}.$$

3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии:  $W_0 = W + Q$ , или  $\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q$ , откуда  $R = \frac{1}{I} \sqrt{\mathcal{E}^2 - \frac{2Q}{C}} = 100$  кОм.

Ответ:  $R = 100$  кОм.

### 24. Образец возможного решения



1. После перегорания резистора  $R_2$  данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок). Тогда сопротивление внешней цепи  $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$ .

2. По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме

$$I = \frac{\mathcal{E}}{1,5R + r}.$$

3. Сила тока, текущего через резистор  $R_1$ , равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля–Ленца мощность, выделяющаяся на резисторе  $R_1$ ,

$$P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(1,5R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P \approx 236$  Вт.

## 25. Образец возможного решения

1. При напряжении источника  $U_1=6$  В сила тока через лампу определяется из графика:  $I_1=1,4$  А.

2. Сопротивление нити накала при этом определяется законом Ома:  $R_1 = \frac{U_1}{I_1} \approx 4,3$  Ом.

3. При силе тока  $I_2=1,2$  А напряжение на лампе станет  $U_2=4,8$  В (см. вольт-амперную характеристику).

4. Сопротивление нити накала при этом напряжении  $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4$  Ом.

5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре  $R=\beta T$ , то

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = T_1 \frac{U_2 I_1}{I_2 U_1} = 2200 \cdot \frac{4,8 \cdot 1,4}{1,2 \cdot 6} \approx 2050 \text{ К.}$$

Ответ:  $T_2 \approx 2050$  К.

## Магнитное поле

### 16. Образец возможного решения

Пусть по рамке течёт ток  $I$ . На стороны  $AE$  и  $CD$  будут действовать силы Ампера:  $F_{A1}=F_{A2}=IaB$ .

Момент силы Ампера относительно оси, проходящей через сторону  $CD$ :  $M_A=Ia^2B$ .

Момент силы тяжести относительно оси  $CD$ :  $M_{mg} = -\frac{1}{2}mga$ .

Условие отрыва:  $M_A + M_{mg} > 0$ ,  $Ia^2B > \frac{mga}{2}$ . Отсюда:  $I > \frac{mg}{2aB}$ .

Ответ:  $I > \frac{mg}{2aB}$ .

Допускается ответ в виде равенства.

### 17. Образец возможного решения

При ускорении в электрическом поле ион приобретает кинетическую энергию  $\frac{mv^2}{2} = qU$ , где  $m$ ,  $v$  и  $q$  — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца  $F_{\text{л}}=qvB$ , сообщающая ему центростремительное ускорение  $a = \frac{v^2}{R}$ . По второму закону Ньютона:  $quB = m \frac{v^2}{R}$ .

Решая систему уравнений, находим:

$$\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

Ответ:  $\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

## Электромагнитная индукция

### 8. Образец возможного решения

В соответствии с законом электромагнитной индукции при изменении пронизывающего контур магнитного поля в проводящем контуре возникает ЭДС электромагнитной индукции  $\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt}$ .

В нашем случае  $\Phi = BS$ , следовательно,  $\varepsilon = \frac{SdB}{dt} = Sab \sin(bt)$ .

Согласно закону Ома сила тока в контуре  $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Sab \sin(bt)}{R}$ .

Таким образом, амплитуда колебаний силы тока в контуре равна  $I_M = \frac{Sab}{R}$ .

Следовательно,  $R = \frac{Sab}{I_M} = 1,2 \text{ Ом}$ .

Ответ:  $R = \frac{Sab}{I_M} = 1,2 \text{ Ом}$ .

### 9. Образец возможного решения

ЭДС индукции в кольце  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Изменение магнитного потока за время  $\Delta t$  равно  $\Delta\Phi = \Delta(BS)$ , где  $S$  (площадь кольца) постоянна и равна  $S = \frac{\pi D^2}{4}$ . Следовательно,  $|\varepsilon| = S \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$ ,

откуда  $\left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{\varepsilon}{S}$ . С другой стороны, по закону Ома  $\xi = IR = I \frac{\rho l}{S_{\text{пр}}}$ , где  $S_{\text{пр}}$  — площадь поперечного сечения медного провода;  $S_{\text{пр}} = \frac{\pi d^2}{4}$ , длина кольца  $l = \pi D$ .

Отсюда  $\left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{16I\rho}{\pi d^2 D} \approx 1 \text{ Тл/с}$ .

Ответ:  $\left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \approx 1 \text{ Тл/с}$ .

### 10. Образец возможного решения

ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta\Phi = B\Delta S$ , где площадь  $\Delta S$  определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т.е.  $\Delta\Phi = Bl\Delta x$ .

Следовательно,  $|\varepsilon| = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Blv$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

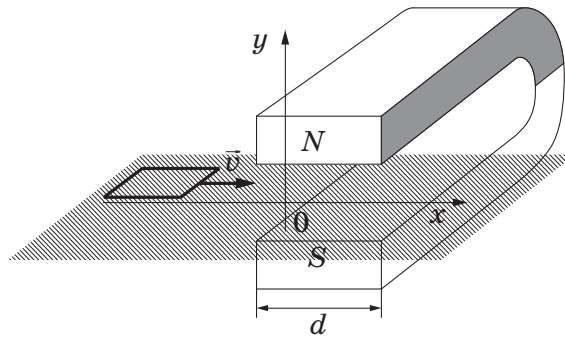
В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что  $|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax} = 2 \text{ В}$ .

Ответ:  $|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax} = 2 \text{ В}$ .

### 11. Образец возможного решения

При пересечении рамкой границы области поля со скоростью  $v$  изменяющийся магнитный поток создаёт ЭДС индукции  $|\mathcal{E}_{8=4}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = vBb$ . Сила тока в это время  $I = \left| \frac{\mathcal{E}_{8=4}}{R} \right| = \frac{vBb}{R}$ .

При этом возникает тормозящая сила Ампера:  $F_A = IBb = v \frac{(Bb)^2}{R}$ , равная по модулю внешней силе:  $F = F_A$ .



Ток течёт в рамке только во время изменения магнитного потока, т.е. при входе в пространство между полюсами и при выходе. За это время рамка перемещается на расстояние  $t = 2b$ , а приложенная внешняя сила совершает работу  $A = F \cdot x = 2Fb$ .

Подставляя значение силы, получим:  $B = \sqrt{\frac{AR}{2vb^3}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{2 \cdot 1 \cdot 125 \cdot 10^{-6}}} = 1 \text{ Тл}$ .

Ответ:  $B = 1 \text{ Тл}$ .

### 12. Образец возможного решения

Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ , где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами.

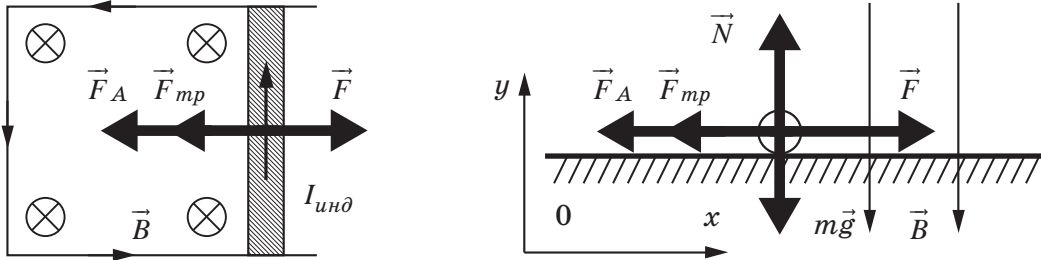
ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -Bv_{\text{отн}}l$ , где  $v_{\text{отн}}$  — относительная скорость движения проводников.

Поскольку силу Ампера надо уменьшить втрое, ЭДС индукции в контуре надо тоже в 3 раза уменьшить. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = \frac{2}{3}V$ .

Ответ:  $v = \frac{2}{3}V$ .

### 13. Образец возможного решения

При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\mathcal{E} = Bvl$ , где  $B$  — индукция магнитного поля;  $V$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки.



Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bv l}{R}$ , где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок слева). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = I_{\text{инд}} B l = \frac{B^2 l^2 V}{R}$ .

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести  $m\vec{g}$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , сила Ампера  $\vec{F}_A$  и сила  $\vec{F}$ , приложенная к перемычке (см. рисунок справа). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому её ускорение равно нулю.

Второй закон Ньютона в проекциях на оси системы координат, показанной на рисунке справа, имеет вид:  $O_x: 0 = F - F_{\text{тр}} - F_A$ ;  $O_y: 0 = N - mg$ .

Сила трения скольжения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$ . В итоге получаем:

$$V = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $V = 4$  м/с.

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

### 16. Образец возможного решения

Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие  $eU = \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $m_e$  — масса электрона.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{ЗКЕ}} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}.$$

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{ВЫХ}}$ , получим:

$$U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В.}$$

Ответ:  $U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В.}$

### 17. Образец возможного решения

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Электрическое поле ускоряет электроны, увеличивая их кинетическую энергию на  $\Delta E = eU = eEL$ , (2)

где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L$  от неё.

Объединяя (1) и (2), получим искомую работу выхода фотоэлектронов:

$$A = h\nu - \varepsilon + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 15,9 + 130 \cdot 0,1 = 3,7 \text{ эВ.}$$

Ответ:  $A = h\nu - \varepsilon + eEL = 3,7 \text{ эВ.}$

### 18. Образец возможного решения

Начальная скорость вылетевшего электрона  $v_0 = 0$ . Формула, связывающая изменение кинетической энергии частицы с работой силы со стороны электрического поля:  $A = \frac{mv^2}{2}$ .

Работа силы связана с напряжённостью поля и пройденным путём:  $A = FS = eES$ .

Отсюда  $v^2 = \frac{2eES}{m}$ ,  $v = \sqrt{\frac{2eES}{m}}$ .

Ответ:  $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$

### 19. Образец возможного решения

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Электрическое поле ускоряет электроны, увеличивая их кинетическую энергию на  $\Delta E = eU = eEL$ ,

где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L = 10$  см от неё.

Объединяя (1) и (2), получим искомую кинетическую энергию:

$$\varepsilon = h\nu - A + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 3,7 + 130 \cdot 0,1 = 15,9 \text{ эВ.}$$

Ответ:  $\varepsilon = h\nu - A + eEL = 15,9$  эВ.

### 20. Образец возможного решения

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + E_{\text{кин max}}$ .

Фототок прекращается, когда  $E_{\text{кин max}} = eU$ , где  $U$  — напряжение между электродами, равное напряжению на конденсаторе.

Заряд конденсатора  $q = CU$ .

В результате получаем:

$$q = \frac{Chc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right) = \frac{4000 \cdot 10^{-12} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \left( \frac{1}{300 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{450 \cdot 10^{-9}} \right) = 5,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

Ответ:  $q = 5,5$  нКл.

### 21. Образец возможного решения

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта  $h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$ .

В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, которая сообщает ему центростремительное ускорение:  $evB = \frac{mv^2}{R}$ .

$$\text{Получим } R = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eB} \approx 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } R = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eB} \approx 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

## 22. Образец возможного решения

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, которая сообщает ему центростремительное ускорение:  $evB = \frac{mv^2}{R}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получим  $B = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eR} \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$  Тл.

Ответ:  $B = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eR} \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$  Тл.

## 23. Образец возможного решения

Согласно постулатам Бора энергия фотона равна

$$hv = E_2 - E_1. \quad (1)$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$hv = hv_{\text{кр}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}, \quad (2)$$

где учтено, что  $A_{\text{вых}} = hv_{\text{кр}}$ .

Объединяя (1) и (2), получим:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - hv_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

Ответ:  $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - hv_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6$  м/с.

## 24. Образец возможного решения

Из условия следует, что кинетическая энергия исходного атома и кинетическая энергия образовавшегося иона в балансе энергии не участвуют. Энергия поглощённого фотона  $E_D = hv = \frac{hc}{\lambda}$ . Согласно закону сохранения энергии  $E_{\text{ф}} = E_k - E_{(1)}$ , где  $E_k$  — кинетическая энергия электрона, вылетевшего из атома,  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ . Отсюда  $\frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} + E_{(1)}$  и

$$v = \sqrt{\frac{2 \left( \frac{hc}{\lambda} + E_{(1)} \right)}{m}},$$



$$v = \sqrt{\frac{2 \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{8 \cdot 10^{-8}} - 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 8,11 \cdot 10^5 \text{ (м/с)} = 811 \text{ км/с.}$$

Ответ:  $v \approx 811$  км/с.

## 25. Образец возможного решения

Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\lambda_0 = \lambda_{41}; \quad \nu_{14} = \frac{c}{\lambda_0}.$$

$$\nu_{24} = \frac{c}{\lambda_{24}}; \quad \nu_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}}.$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней. Поэтому

$$\nu_{13} = \nu_{14} - \nu_{24} + \nu_{32} = c \left( \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{24}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \right),$$

$$\lambda_{13} = \frac{c}{\nu_{13}} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Ответ:  $\lambda_{13} = \frac{c}{\nu_{13}} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 300 \text{ нм.}$

## Физика атомного ядра

### 19. Образец возможного решения

Коэффициент полезного действия электростанции  $\eta = \frac{E_1}{E_2}$ , где  $E_1$  — энергия, вырабатываемая электростанцией,  $E_2$  — энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана. В свою очередь,  $E_1 = Pt$ , где  $P$  — мощность электростанции,  $t$  — время её работы, а  $E_2 = NE_0$ , где  $E_0$  — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана,  $N$  — количество распавшихся ядер урана. Молярная масса урана-235 равна  $\mu = 0,235$  кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов можно связать с массой урана соотношением:  $N = \frac{m}{\mu} N_A$ . В итоге получаем:

$$\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%$$

Ответ:  $\eta \approx 20\%$ .

**20. Образец возможного решения**

Пион, движущийся со скоростью  $V$ , имеет импульс  $p = mV$  и энергию

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \approx mc^2,$$

где  $m$  — масса пиона.

Энергия  $\gamma$ -кванта  $E_\gamma$  и его импульс  $p_\gamma$  связаны соотношением  $p_\gamma = \frac{E_\gamma}{c}$ .

При распаде пиона на два кванта энергия системы и её импульс сохраняются:

$$mc^2 = E_1 + E_2, \quad mV = \frac{E_1}{c} - \frac{E_2}{c}.$$

Разделив второе уравнение на первое, получим:  $\frac{cV}{c} = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2}$ .

По условию задачи  $E_1 = 1,1 \cdot E_2$ , так что  $V = \frac{c}{21} \approx 1,43 \cdot 10^7$  м/с.

Ответ:  $V \approx 1,43 \cdot 10^7$  м/с.

**ОТВЕТЫ К ВАРИАНТАМ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ**

<b>Вариант №</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Вариант 1	-2	5	14	1150	14	32	12	6	27	2000	35	21	2
Вариант 2	2,5	2	2	0	34	31	14	125	1800	100	25	31	0,6
<b>Вариант №</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>
Вариант 1	вниз	2	25	21	32	56	52	21	140±2	15	300	18	4
Вариант 5	вправо	3,6	45	23	32	84	127	2	21	2±1	2	0,1	300

**ВАРИАНТ 1**

**27. Образец возможного решения.**

Все лучи от любой точки предмета, после прохождения данной линзы давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение в линзе предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (рис. 1).

Кусок картона К перекрывает верхние лучи, но никак не влияет на ход нижних лучей (рис. 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, так как часть лучей больше не участвуют в построении изображения.

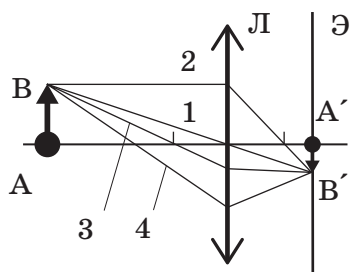


Рис. 1

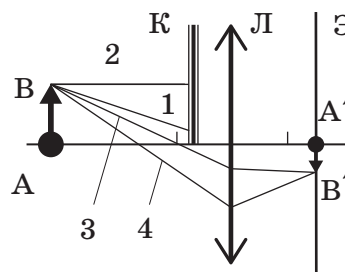


Рис. 2

Ответ: изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится менее ярким.

## 28. Образец возможного решения.

Кинетическая энергия брусков после столкновения  $E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$ , где  $v$  — скорость системы после удара, определяемая из закона сохранения импульса на горизонтальном участке:  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$ .

Исключая из системы уравнений скорость  $v$ , получим:

$$E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2}.$$

Кинетическая энергия первого бруска перед столкновением определяется из закона сохранения механической энергии при скольжении по наклонной плоскости:

$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 gh$ , что даёт выражение

$$E = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot m_1 gh.$$

Подставляя значения масс и высоты из условия, получим численное значение  $E_k = 2,5$  Дж.

Ответ:  $E_k = 2,5$  Дж.

## 29. Образец возможного решения.

Закон сохранения импульса при неупругом соударении:

$mv_0 = (m + M)v_n$ . Отсюда:  $v_n = \frac{mv_0}{m + M}$ , где  $m$  и  $M$  — соответственно масса пули и масса поршня,  $v_0$  — скорость пули,  $v_n$  — скорость поршня после попадания пули.

Для расчёта внутренней энергии одноатомного идеального газа:  $U = \frac{3}{2} \nu RT$ .

Поскольку газ сжимается адиабатно, механическая энергия поршня с пулей превратится во внутреннюю энергию гелия. Поэтому:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{(m + M)v_n^2}{2}. \text{ Отсюда } \Delta T = \frac{m^2 v_0^2}{3R\nu(m + M)} = 64 \text{ К.}$$

Ответ:  $\Delta T = 64$  К.

### 30. Образец возможного решения.

Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ , где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами. ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -Bv_{\text{отн}}l$ , где  $v_{\text{отн}}$  — относительная скорость движения проводников.

Поскольку силу Ампера надо уменьшить втрое, ЭДС индукции в контуре надо тоже в 3 раза уменьшить. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = \frac{2}{3}V$ .

Ответ:  $v = \frac{2}{3}V$ .

### 31. Образец возможного решения.

Согласно постулатам Бора энергия фотона равна  $hv = E_2 - E_1$ . (1)

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$hv = hv_{\text{кр}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}, \tag{2}$$

где учтено, что  $A_{\text{вых}} = hv_{\text{кр}}$ .

Объединяя (1) и (2), получим:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - hv_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

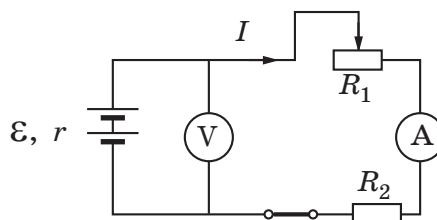
Ответ:  $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - hv_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$

## ВАРИАНТ 2

### 27. Образец возможного решения.

1. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где  $I$  — сила тока в цепи.

Ток через вольтметр практически не течёт, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.



2. Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}.$$

В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром:  $U = I(R_1 + R_2) = \varepsilon - Ir$ .

3. При перемещении движка реостата вправо его сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом растёт, а напряжение на батарее уменьшается.

## 28. Образец возможного решения.

В соответствии с законом сохранения импульса  $m_{\text{п}}v_0 = m_{\text{п}}v_{\text{п}} + Mv_6$ , где  $m_{\text{п}}$  — масса пули,  $M$  — масса бруска,  $v_0$  — скорость пули до взаимодействия с бруском,  $v_{\text{п}}$  — скорость пули после взаимодействия с бруском,  $v_6$  — скорость бруска после взаимодействия. Учитывая, что масса бруска в 10 раз больше массы пули, а скорость пули после взаимодействия в 3 раза меньше её скорости до взаимодействия, можно записать:  $v_0 = v_0/3 + 10v_6$ . Откуда  $v_6 = 10$  м/с.

Ускорение, с которым движется брусок после взаимодействия, в соответствии со вторым законом Ньютона равно:  $F = Ma, F = \mu Mg$ , т.е.  $Ma = -\mu Mg$ , откуда  $a = -\mu g$ . Из равенства  $v_1^2 - v_6^2 = 2aS$ . Учитывая, что  $v_1 = 0,9v_6$ , получаем:  $S = \frac{(0,9v_6)^2 - v_6^2}{-2\mu g} = 9,5$  м.

Ответ:  $S = 9,5$  м.

## 29. Образец возможного решения.

Внутренняя энергия идеального газа  $U = N \cdot E_0$ , где  $E_0$  — энергия одной молекулы газа, а  $N$  — их число в сосуде,  $E_0 \sim kT$ , а  $N = \nu N_a$ . Отсюда  $U \sim \nu N_a kT = \nu RT$ .

При этом  $pV = \nu RT$ . Следовательно,  $U \sim pV$ . Поскольку объём не изменился, а давление в 8 раз уменьшилось, то произведение  $pV$  уменьшилось в 8 раз. Внутренняя энергия газа в сосуде уменьшилась в 8 раз.

Ответ: 8 раз.

## 30. Образец возможного решения.

В идеальном контуре сохраняется энергия колебаний:

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \quad \text{или} \quad \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}.$$

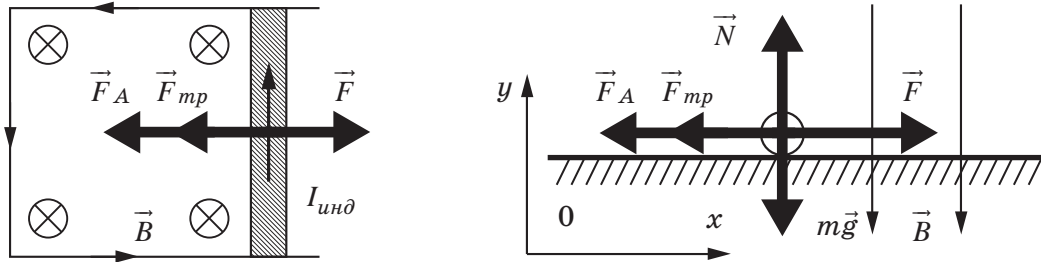
Из равенств следует:  $I^2 = I_m^2 - \frac{C}{L}U^2$  и  $\frac{C}{L} = \frac{I_m^2}{U_m^2}$ .

В результате получаем:  $I = I_m \sqrt{1 - \frac{U^2}{U_m^2}}$ .

Ответ:  $I = 4,0$  мА.

### 31. Образец возможного решения.

При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\mathcal{E} = Bvl$ , где  $B$  — индукция магнитного поля;  $V$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки.



Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$ , где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок слева). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = I_{\text{инд}}Bl = \frac{B^2l^2V}{R}$ .

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести  $m\vec{g}$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , сила Ампера  $\vec{F}_A$  и сила  $\vec{F}$ , приложенная к перемычке (см. рисунок справа). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому её ускорение равно нулю.

Второй закон Ньютона в проекциях на оси системы координат, показанной на рисунке справа, имеет вид:  $O_x: 0 = F - F_{\text{тр}} - F_A$ ;  $O_y: 0 = N - mg$ .

Сила трения скольжения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$ . В итоге получаем:

$$V = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $V = 4$  м/с.

*Справочное издание*

СЕРИЯ «ЕГЭ. БОЛЬШОЙ СБОРНИК ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ»

**Пурышева Наталия Сергеевна  
Ратбиль Елена Эммануиловна**

**ФИЗИКА**

**Большой сборник  
тематических заданий  
для подготовки  
к единому  
государственному экзамену**

*Редакция «Образовательные проекты»*

Редактор *Е. Маталина*  
Технический редактор *Г. Этманова*  
Компьютерная верстка *Е. Коптевой*  
Корректор *О. Ковальчук*

Подписано в печать 19.09.2017. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Гарнитура «SchoolBook». Усл. печ. л. 18,6.  
Тираж 4000 экз. Заказ №

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2;  
953005 — литература учебная

ООО «Издательство АСТ»  
129085, г. Москва, Звёздный бульвар, д. 21, кор. 1, комн. 39

Наш электронный адрес: [www.ast.ru](http://www.ast.ru); e-mail: [stelliferovskiy@ast.ru](mailto:stelliferovskiy@ast.ru)

По вопросам приобретения книг обращаться по адресу:  
123317, г. Москва, Пресненская наб., д. 6, стр. 2,  
Деловой комплекс «Империя», а/я №5

# ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

Вниманию выпускников 11 классов общеобразовательных организаций предлагается новое учебное пособие для подготовки к единому государственному экзамену по физике.

В сборник включены задания по всем разделам и темам, проверяемым на едином государственном экзамене: «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Специальная теория относительности», «Квантовая оптика», «Методы научного познания», а также два полных варианта экзаменационной работы по физике, в которых она представлена на ЕГЭ.

Задания различаются по форме и уровню сложности.

В конце книги даны ответы на все задания и подробное решение расчётных задач.

Материалы пособия могут быть использованы для планомерного повторения изученного материала и тренировки в выполнении заданий различного типа при подготовке к ЕГЭ. Они помогут учителю организовать подготовку к единому государственному экзамену, а учащимся – самостоятельно проверить свои знания и готовность к сдаче экзамена.



ISBN 978-5-17-103883-0



9 785171 038830

WWW.ASTR.RU