

**Сборник тренировочных материалов для подготовки  
к государственному выпускному экзамену  
по ФИЗИКЕ  
для обучающихся по образовательным программам  
СРЕДНЕГО общего образования**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Тренировочные материалы предназначены для подготовки к государственному выпускному экзамену в устной и письменной формах.

**В части I** представлены тренировочные материалы для подготовки к устному экзамену.

Устный экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Первый и второй вопросы в билетах проверяют освоение учащимися знаний о фундаментальных физических законах и принципах, наиболее важных открытиях в области физики и методах научного познания природы. Практические задания представляют собой задачи.

При проведении устного экзамена по физике обучающимся предоставляется право использовать при необходимости: справочные таблицы физических величин, плакаты и таблицы для ответов на теоретические вопросы, непрограммируемый калькулятор для вычислений при решении задач.

**Раздел 1.1** содержит перечень теоретических вопросов, на базе которых формируются экзаменационные билеты.

**Раздел 1.2** включает в себя перечень практических заданий с примерами к каждому виду заданий.

**В части II** сборника представлены тренировочные материалы для подготовки к ГВЭ-11 в письменной форме. Материалы сгруппированы по тематическому признаку следующим образом:

- **раздел 2.1** – механика (кинематика, динамика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны, элементы статики);
- **раздел 2.2** – МКТ и термодинамика;
- **раздел 2.3** – электродинамика (электростатика, постоянный электрический ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны и оптика);
- **раздел 2.4** – элементы СТО и квантовая физика;
- **раздел 2.5** – методы научного познания.

В каждом разделе представлены задания разных форм и разных уровней сложности. В конце разделов приведены ответы и критерии оценивания заданий.

**ЧАСТЬ I**

**Раздел 1.1**

**Перечень теоретических вопросов билетов по физике  
для проведения ГВЭ-11 в устной форме**

1. Механическое движение и его виды. Система отсчёта. Скорость. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение.
2. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта. Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.
3. Импульс тела. Закон сохранения импульса.
4. Силы трения скольжения. Сила упругости. Закон Гука.
5. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести.
6. Механическая энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.
7. Свободные механические колебания. Превращение энергии при механических колебаниях.
8. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа (без вывода).
9. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева – Клапейрона). Изопроцессы.
10. Температура и ее измерение. Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества.
11. Работа в термодинамике. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики.
12. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды.
13. Испарение и конденсация. Влажность воздуха.
14. Кристаллические и аморфные тела. Упругие и пластические деформации твёрдых тел.
15. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Закон сохранения электрического заряда.
16. Конденсаторы. Электроёмкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.
17. Электрический ток. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников.
18. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца.
19. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.
20. Магнитное поле. Действие магнитного поля на электрический заряд и опыты, подтверждающие это действие. Магнитная индукция.
21. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Магнитная индукция.
22. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. Превращение энергии при электромагнитных колебаниях.

23. Электромагнитные волны. Волновые свойства света.
24. Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение.
25. Квантовые постулаты Бора. Испускание и поглощение света атомами. Спектры.
26. Квантовые свойства света. Явление фотоэффекта.
27. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома.
28. Радиоактивность. Виды радиоактивных излучений и методы их регистрации.
29. Состав ядра атома. Энергия связи ядра атома. Цепная ядерная реакция. Термоядерные реакции.
30. Солнечная система. Звёзды и источники их энергии. Галактика.

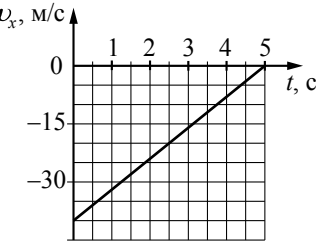
## Раздел 1.2

### Перечень практических вопросов экзаменационных билетов с примерами заданий

1. Задача на определение пройденного пути по графику зависимости скорости тела от времени движения.

*Пример*

На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси  $x$ . Определите путь, пройденный телом за 5 с.

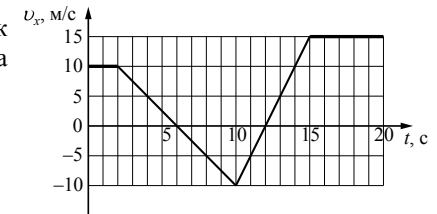


**(Ответ: 100 м)**

2. Задача на определение проекции ускорения по графику зависимости скорости тела от времени движения.

*Пример*

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.



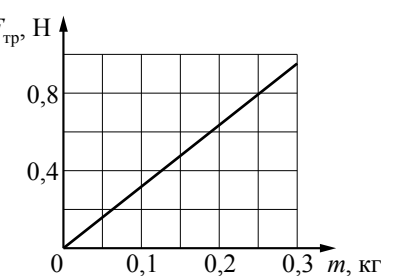
Определите проекцию ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 6 до 10 с.

**(Ответ:  $-2,5 \text{ м/с}^2$ )**

3. Задача на расчёт силы трения скольжения с использованием графика зависимости силы трения от массы тела.

*Пример*

При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Определите величину коэффициента трения.

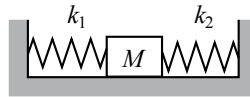


**(Ответ: 0,32)**

4. Задача на расчёт жёсткости пружины с использованием закона Гука.

*Пример*

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью  $k_1 = 400$  Н/м сжата на 4 см, правая пружина – на 2 см. Определите жёсткость правой пружины.



**(Ответ: 800 Н/м)**

5. Задача на применение закона сохранения импульса при абсолютно неупругом столкновении тел.

*Пример*

Папа, обучая девочку кататься на коньках, скользит с ней по льду со скоростью 4 м/с. В некоторый момент он аккуратно толкает девочку в направлении движения. Скорость папы при этом уменьшается до 3,5 м/с. Масса девочки 20 кг, а папы 80 кг. Какова скорость девочки после толчка? Трение коньков о лёд не учитывать.

**(Ответ: 6 м/с)**

6. Задача на применение закона сохранения энергии для свободно падающего тела.

*Пример*

Снаряд вылетает из ствола пушки, закреплённой на железнодорожной платформе, вдоль рельсов под углом  $60^\circ$  к горизонту. Каким будет отношение скоростей снаряда и пушки, с которыми они станут двигаться после выстрела, если отношение масс платформы с пушкой и снаряда равно 1000?

**(Ответ: 2000)**

7. Задача на расчёт плотности газа с использованием уравнения Менделеева – Клапейрона.

*Пример*

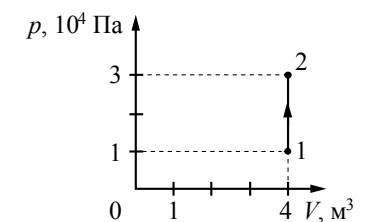
При температуре 385 К и давлении  $10^5$  Па плотность газа равна  $1 \text{ кг/м}^3$ . Какова молярная масса газа? Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ .

**(Ответ:  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ )**

8. Задача на расчёт параметров газа в изобарном или изохорном процессах.

*Пример*

На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна  $27^\circ\text{C}$ . Какая температура соответствует состоянию 2?



**(Ответ: 900 К)**

9. Задача на применение уравнения теплового баланса (количество теплоты, выделяемое при охлаждении тела, и количество теплоты, необходимое для плавления).

*Пример*

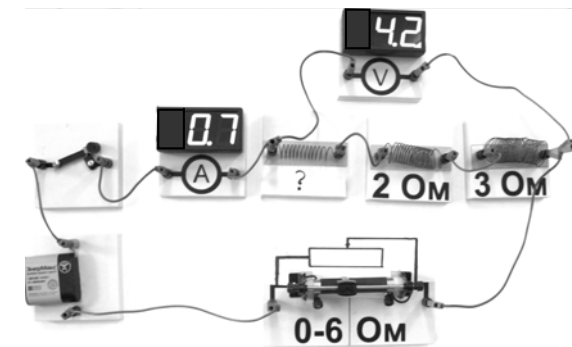
Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда  $0^\circ\text{C}$ , начальная температура воды  $15^\circ\text{C}$ . Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе? Удельная теплота плавления льда  $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ . Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ .

**(Ответ: 1,1 кг)**

10. Задача на применение закона Ома для участка цепи и формулы для последовательного соединения проводников.

*Пример*

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



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

**(Ответ: 1 Ом)**

11. Задача на применение закона Ома для полной цепи.

*Пример*

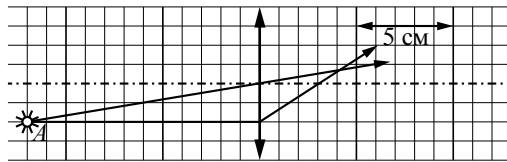
К источнику постоянного тока с ЭДС, равным 8 В, подсоединён резистор сопротивлением 14 Ом. Определите внутреннее сопротивление источника тока, если сила тока в цепи равна 0,5 А.

**(Ответ: 2 Ом)**

12. Задача на определение оптической силы линзы по рисунку с описанием хода лучей через линзу.

*Пример*

На рисунке показан ход лучей от точечного источника света *A* через тонкую линзу.



Какова приблизительно оптическая сила этой линзы?

**(Ответ: 33 Дптр)**

13. Задача на применение формулы для дифракционной решётки.

*Пример*

На дифракционную решётку с периодом 0,002 мм падает по нормали плоская монохроматическая волна. Максимальный порядок дифракционного максимума, наблюдаемого с помощью этой решётки, равен 4. Какова максимальная длина волны света, при которой это возможно?

**(Ответ: 500 нм)**

14. Задача на применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта.

*Пример*

Работа выхода для материала катода вакуумного фотоэлемента равна 1,5 эВ. Катод освещается монохроматическим светом, у которого энергия фотонов равна 3,7 эВ. Каково запирающее напряжение, при котором фототок прекратится?

**(Ответ: 2,2 В)**

15. Задача на определение продуктов ядерной реакции.

*Пример*

Укажите частицу *X* в ядерной реакции  ${}_{25}^{56}\text{Mn} + X \longrightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe} + {}_0^1\text{n}$ .

**(Ответ:  ${}_1^1\text{H}$ )**

## ЧАСТЬ II

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении тренировочных заданий

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношение между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

### Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

### Плотность

воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
		ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

### Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

**Нормальные условия:** давление  $10^5$  Па, температура  $0^\circ\text{C}$

**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

**Раздел 2.1****Механика**

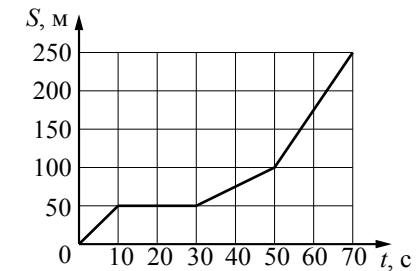
*Ответом к заданиям 1–11 является одна цифра, а к заданиям 26–32 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.*

*Ответ к заданиям 12–25 и 33–34 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенной единицы измерения величины.*

*При выполнении задания 35 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.*

**1**

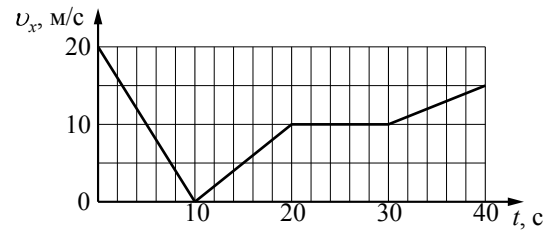
На рисунке представлен график зависимости пути  $S$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите интервал времени после начала движения, когда велосипедист двигался со скоростью  $2,5$  м/с.



- 1) от 30 до 50 с
- 2) от 50 до 70 с
- 3) от 10 до 30 с
- 4) от 0 до 10 с

Ответ:

- 2) Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость проекции его скорости от времени.

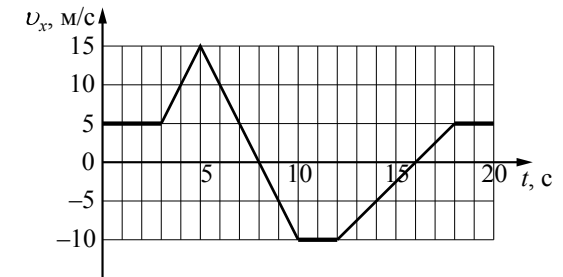


Модуль ускорения автомобиля максимален в интервале времени

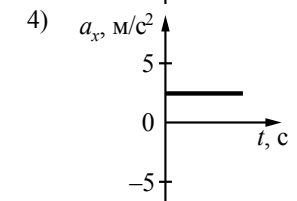
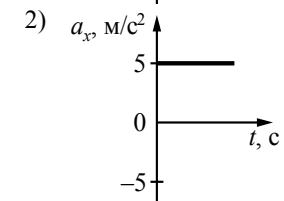
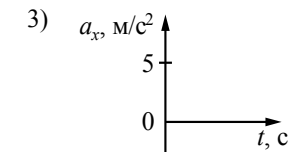
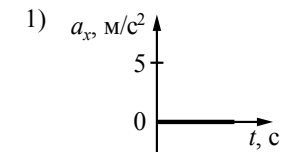
- 1) от 10 до 20 с
- 2) от 30 до 40 с
- 3) от 0 до 10 с
- 4) от 20 до 30 с

Ответ:

- 3) На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела от времени.



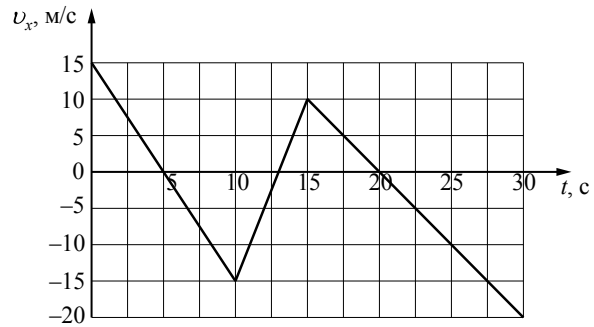
Какой из графиков совпадает с графиком проекции ускорения тела в интервале времени от 12 до 16 с?



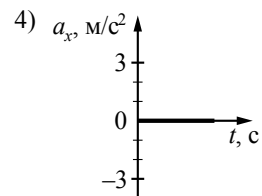
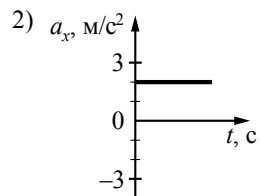
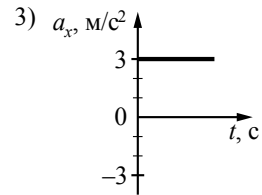
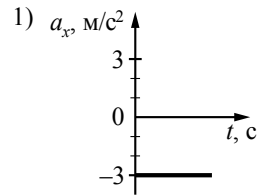
Ответ:

4

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.



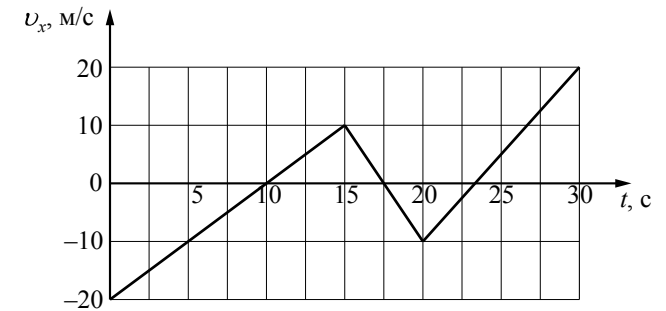
Какой из указанных ниже графиков совпадёт с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 0 до 10 с?



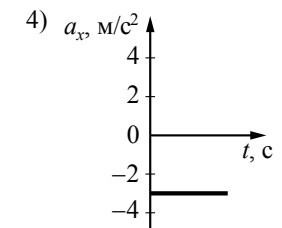
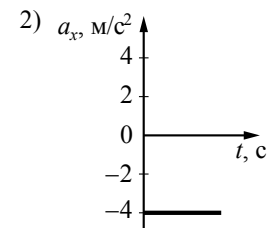
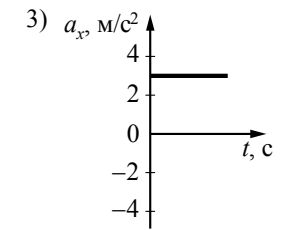
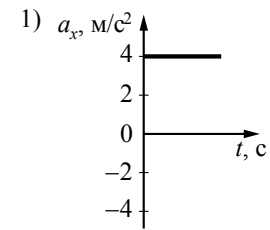
Ответ:

5

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.



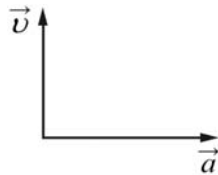
Какой из указанных ниже графиков совпадает с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 20 до 30 с?



Ответ:

6

На рисунке представлены направления векторов скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{a}$  мяча в инерциальной системе отсчёта. Куда направлен в этой системе отсчёта вектор  $\vec{F}$  равнодействующей всех сил, приложенных к мячу?

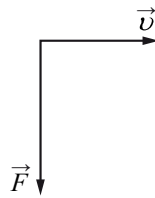


- 1) ↓                    2) →                    3) ↑                    4) ↗

Ответ:

7

На рисунке представлены вектор скорости тела  $\vec{v}$  в инерциальной системе отсчёта и вектор  $\vec{F}$  равнодействующей всех сил, действующих на тело. Определите направление вектора ускорения  $\vec{a}$  этого тела в этой системе отсчёта.

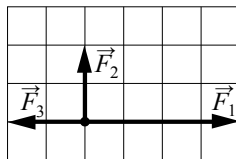


- 1) ↓                    2) ←                    3) ↖                    4) →

Ответ:

8

На рисунке показаны три силы, действующие на материальную точку. Каков модуль равнодействующей этих сил, если  $F_3 = 2$  Н?

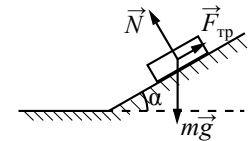


- 1) 4 Н  
2) 8 Н  
3)  $\sqrt{8}$  Н  
4)  $\sqrt{5}$  Н

Ответ:

9

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



- 1)  $N + mg$   
2)  $N \sin \alpha$   
3)  $(N + mg) \cos \alpha$   
4)  $F_{\text{тр}}$

Ответ:

10

В инерциальной системе отсчёта сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $\vec{a}$ . Какова должна быть масса тела, чтобы вдвое бóльшая сила сообщала ему в этой системе отсчёта в 2 раза меньшее ускорение?

- 1)  $8m$                     2)  $\frac{1}{2}m$                     3)  $2m$                     4)  $4m$

Ответ:

11

Автомобиль массой  $10^3$  кг движется с постоянной по модулю скоростью по выпуклому мосту. Автомобиль действует на мост в верхней его точке с силой  $F = 9000$  Н. Сила, с которой мост действует на автомобиль, равна

- 1) 9000 Н и направлена вертикально вверх  
2) 9000 Н и направлена вертикально вниз  
3) 19 000 Н и направлена вертикально вниз  
4) 1000 Н и направлена вертикально вверх

Ответ:



12

Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 9 раз меньше, чем для второй. Каково отношение  $\frac{R_1}{R_2}$  радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: \_\_\_\_\_.

13

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $F_{тр}$  от модуля силы нормального давления  $F_{д}$  были получены следующие данные.

$F_{тр}, \text{Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0
$F_{д}, \text{Н}$	4,0	8,0	12,0	16,0

Чему равен коэффициент трения скольжения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью  $k_1 = 400 \text{ Н/м}$  сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

15

Под действием постоянной силы за 10 с импульс тела, движущегося по прямой в одном направлении, изменился на  $50 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Чему равен модуль силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

16

Тело массой 3 кг движется прямолинейно в одном направлении под действием постоянной силы, равной 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит  $4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

17

Отношение модуля скорости автокрана к модулю скорости легкового автомобиля  $\frac{v_1}{v_2} = 0,3$ , а отношение их масс  $\frac{m_1}{m_2} = 6$ . Каково отношение модуля импульса автокрана к модулю импульса легкового автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_.

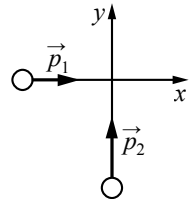
18

Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями  $v_1 = 108 \text{ км/ч}$  и  $v_2 = 54 \text{ км/ч}$  соответственно. Их массы соответственно  $m_1 = 1000 \text{ кг}$  и  $m_2 = 3000 \text{ кг}$ . На сколько импульс грузовика больше импульса легкового автомобиля?

Ответ: на \_\_\_\_\_  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$

19

Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , а второго тела  $p_2 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ .

20

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение значений их потенциальных энергий относительно уровня воды равно 1,5?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Координата тела массой 10 кг, движущегося вдоль оси  $x$ , изменяется по закону  $x = x_0 + v_x t$ , где  $x_0 = -10 \text{ м}$ ,  $v_x = -6 \text{ м/с}$ . Какова кинетическая энергия тела в момент времени  $t = 4 \text{ с}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

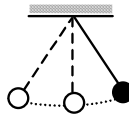
22

Массу груза пружинного маятника уменьшили в 4 раза. Во сколько раз уменьшится период собственных малых вертикальных колебаний маятника?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

23

Математический маятник с периодом колебаний  $T = 1$  с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

24

Зрители наблюдают праздничный салют. Время между видимой им вспышкой салюта и звуком составляет 2 с. На каком расстоянии от места вспышки салюта находятся зрители? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

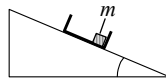
25

Саксофон издаёт звуки в диапазоне от  $\nu_1 = 80$  Гц до  $\nu_2 = 8000$  Гц. Каково отношение граничных длин звуковых волн  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  этого диапазона?

Ответ: \_\_\_\_\_.

26

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

Время движения	Модуль работы силы тяжести

27

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

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.

Сила нормального давления бруска на плоскость	Коэффициент трения бруска о плоскость

28

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

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.

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите

29

Груз пружинного маятника совершает вертикальные гармонические колебания. Как изменяются кинетическая энергия груза маятника и жёсткость пружины при движении груза маятника вверх от положения равновесия? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

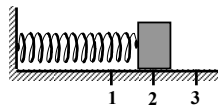
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Кинетическая энергия груза маятника	Жёсткость пружины

30

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как изменяются кинетическая энергия груза маятника и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 3? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



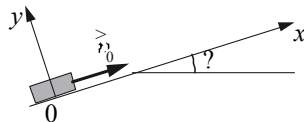
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Кинетическая энергия груза маятника	Жёсткость пружины

31

После удара шайба массой  $m$  начала скользить с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  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  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

- А)  $\mu mg \cos \alpha$   
 Б)  $mg \sin \alpha$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

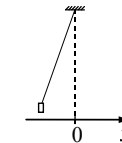
- 1) модуль ускорения шайбы при её движении вверх
- 2) модуль проекции силы тяжести на ось  $Ox$
- 3) модуль силы трения
- 4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

А	Б

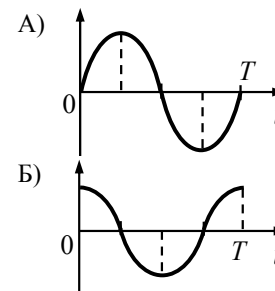
32

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент времени  $t = 0$  отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого.  $T$  – период колебаний маятника.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) координата  $x$
- 3) проекция импульса  $p_x$
- 4) проекция ускорения  $a_x$

Ответ:

А	Б

33

Тело массой 2 кг, брошенное с некоторой высоты вертикально вверх, упало на землю со скоростью 6 м/с. Потенциальная энергия тела относительно поверхности земли в момент броска была равна 20 Дж. С какой начальной скоростью бросили тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

34

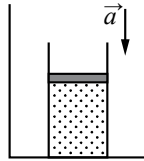
Груз, прикрепленный к пружине жёсткости 200 Н/м, совершает гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна 1 Дж. Какова амплитуда колебаний груза?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

35

На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением и теплообменом между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



### Система оценивания заданий раздела 2.1

За правильный ответ на задания 1–25 и 33, 34 ставится по 1 баллу.

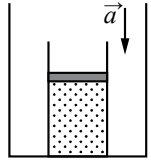
Задания 26–32 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1	13	0,25	25	100
2	3	14	16	26	32
3	4	15	5	27	23
4	1	16	2	28	12
5	3	17	1,8	29	23
6	2	18	15000	30	23
7	1	19	5	31	32
8	3	20	1,5	32	34
9	4	21	180	33	4
10	4	22	2	34	0,1
11	1	23	0,5		
12	3	24	680		

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

35

На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением и теплообменом между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



#### Возможное решение

- Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.
- Пусть масса поршня  $M$ , а площадь его основания  $S$ . Атмосферное давление над поршнем равно  $p_{\text{атм}}$ , первоначальное давление газа в сосуде равно  $p_1$ . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии,  $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$ .
- При движении лифта с ускорением  $\vec{a}$ , направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, для которого в ИСО по второму закону Ньютона можем записать в проекции на направление движения лифта:  $p_{\text{атм}}S + Mg - p_2S = Ma$ , где  $p_2$  – давление газа в новом положении равновесия. Следовательно, давление газа в сосуде  $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g-a)}{S} < p_1$ . Поскольку теплообмена с окружающей средой и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает положительную работу.
- Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.
- Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт понижение его температуры ( $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ )

#### Критерии оценки выполнения задания

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *направление движения поршня, уменьшение температуры газа*) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: *второй закон Ньютона для движения поршня, совершение работы при расширении газа, первый закон термодинамики для адиабатического процесса, зависимость внутренней энергии газа от температуры*)

Баллы

3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного объяснения. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

## Раздел 2.2

### МКТ и термодинамика

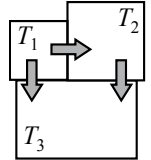
*Ответом к заданиям 1–10 является одна цифра, а к заданиям 14–21 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.*

*Ответ к заданиям 11–13, 22 и 23 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенной единицы измерения величины.*

*При выполнении заданий 24–26 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.*

1

Три металлических бруска привели в соприкосновение, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи. Сравните температуры брусков перед их соприкосновением.



- 1)  $T_1 = T_2 > T_3$
- 2)  $T_1 < T_2 < T_3$
- 3)  $T_1 > T_2 > T_3$
- 4)  $T_1 > T_2 = T_3$

Ответ:

2

Частицы газа находятся в среднем на таких расстояниях друг от друга, при которых силы притяжения между ними незначительны. Это объясняет

- 1) большую скорость частиц газа
- 2) значение скорости звука в газе
- 3) распространение в газе звуковых волн
- 4) способность газов к неограниченному расширению

Ответ:

3 При повышении температуры газа в запаянном сосуде его давление увеличивается. Это объясняется тем, что с ростом температуры

- 1) увеличивается потенциальная энергия взаимодействия молекул газа
- 2) увеличивается кинетическая энергия теплового движения молекул газа
- 3) увеличиваются размеры молекул газа
- 4) расширяется сосуд (увеличивается его объём)

Ответ:

4 Броуновским движением можно считать

- 1) процесс растворения поваренной соли в воде
- 2) беспорядочное движение мошек, роящихся вечером под фонарём
- 3) проникновение кислорода в глубинные слои водоёма
- 4) беспорядочное движение микроскопических капелек жира в молоке

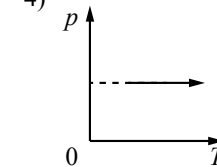
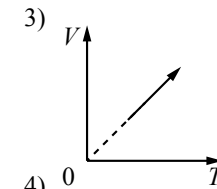
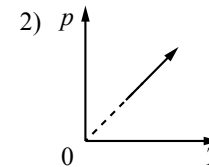
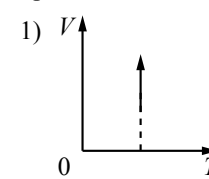
Ответ:

5 Паук-серебрянка медленно спускается на дно равномерно прогретого озера, неся между волосками брюшка пузырьки воздуха для своего подводного жилища. Какой процесс происходит с воздухом в пузырьках по мере погружения паука?

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

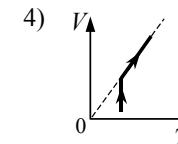
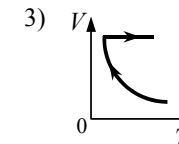
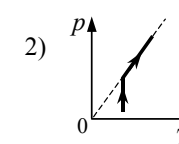
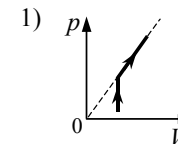
Ответ:

6 На рисунках показаны графики четырёх процессов изменения состояния постоянной массы идеального газа. Изохорным нагреванием является процесс



Ответ:

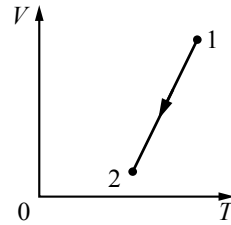
7 1 моль разреженного газа сначала изотермически расширяли, а затем изобарно нагревали. На каком из рисунков изображена эта последовательность процессов?



Ответ:

8

На  $V$ - $T$ -диаграмме представлена зависимость объёма постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры. Как изменяется давление газа при переходе из состояния 1 в состояние 2?

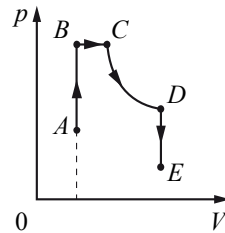


- 1) не изменяется
- 2) увеличивается
- 3) сначала увеличивается, потом уменьшается
- 4) уменьшается

Ответ:

9

На рисунке приведён график зависимости давления неизменной массы газа от объёма. Изменения происходят в направлении, указанном стрелкой. Какой процесс происходит с газом на участке  $AB$ ?

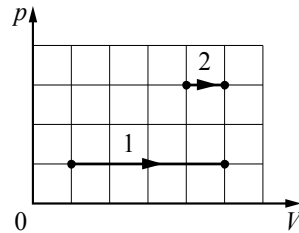


- 1) изобарное нагревание
- 2) изохорное нагревание
- 3) изохорное охлаждение
- 4) изотермическое расширение

Ответ:

10

На  $p$ - $V$ -диаграмме показаны два процесса, проведённых с одним и тем же количеством газообразного неона. Сравните работу, совершённую газом в этих процессах.



- 1)  $A_2 > A_1$
- 2)  $A_1 = A_2 > 0$
- 3)  $A_1 > A_2$
- 4)  $A_1 = A_2 < 0$

Ответ:

11

Кусок металла удельной теплоёмкостью  $500 \text{ Дж / (кг} \cdot \text{К)}$  нагрели от  $20^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$ , затратив количество теплоты, равное  $75 \text{ кДж}$ . Чему равна масса этого куска металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

12

При охлаждении куска металла массой  $3 \text{ кг}$  от  $120^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$  выделилось количество теплоты, равное  $192 \text{ кДж}$ . Чему равна удельная теплоёмкость этого металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

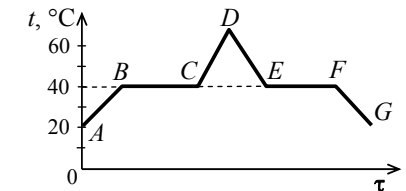
13

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна  $70\%$ . Воздух изотермически сжали, уменьшив его объём в  $2$  раза. Определите относительную влажность воздуха в конечном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

14

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. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## ПРОЦЕССЫ

- А) конденсация эфира
- Б) нагревание жидкого эфира

## УЧАСТКИ ГРАФИКА

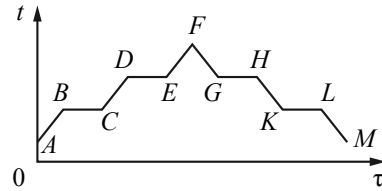
- 1)  $AB$
- 2)  $CD$
- 3)  $DE$
- 4)  $EF$

Ответ:

А	Б

15

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества с течением времени  $\tau$ . Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.



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

## УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) BC  
Б) DE

## ПРОЦЕССЫ

- 1) кипение  
2) нагревание твёрдого вещества  
3) нагревание жидкости  
4) плавление

Ответ:

А	Б

16

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б ( $p$  – давление;  $V$  – объём;  $\nu$  – количество вещества;  $T$  – абсолютная температура) позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа.

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

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

## ФОРМУЛЫ

- А)  $\frac{\nu RT}{V}$   
Б)  $\frac{\nu RT}{p}$

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) давление  
2) объём  
3) молярная масса газа  
4) масса газа

Ответ:

А	Б

17

Объём сосуда с одноатомным идеальным газом уменьшили вдвое и добавили в сосуд такую же массу того же газа. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

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.

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

18

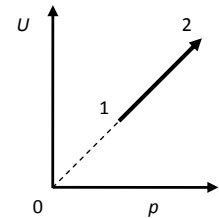
На рисунке показан процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа ( $U$  – внутренняя энергия газа;  $p$  – его давление). Как изменяются в ходе этого процесса объём и абсолютная температура газа?

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.

Объём газа	Температура газа



19

В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление? 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.

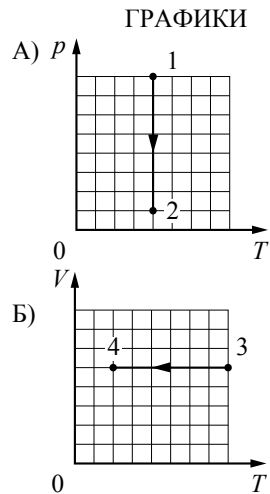
Температура гелия	Давление гелия



20

На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль неона. Графики построены в координатах  $p$ – $T$  и  $V$ – $T$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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



Ответ:

А	Б

**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

21

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна  $T_1$ , а температура холодильника равна  $T_2$ . За цикл двигатель совершает работу, равную  $A$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

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

**ФОРМУЛЫ**

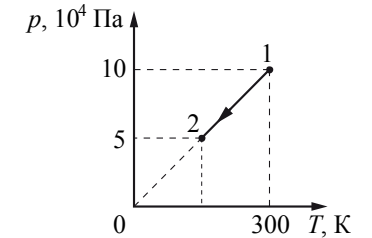
- 1)  $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 2)  $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 3)  $\frac{AT_1}{T_1 - T_2}$
- 4)  $\frac{AT_2}{T_1 - T_2}$

Ответ:

А	Б

22

На рисунке изображён график изменения состояния одноатомного идеального газа в количестве 20 моль. Какая температура соответствует состоянию 2?



Ответ: \_\_\_\_\_ К.

23

Цилиндрический сосуд разделён неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой – водород; концентрации газов одинаковы. Давление кислорода в 2 раза больше давления водорода. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии теплового движения молекул водорода?

Ответ: \_\_\_\_\_.

24

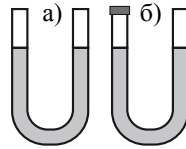
Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым; второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно  $p$ ,  $3p$  и  $p$ . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый и второй сосуды. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) давление газа в первом сосуде? Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

25

Стеклообразный сосуд, содержащий влажный воздух при  $t_1 = 30$  °С, плотно закрыли крышкой и нагрели до  $t_2 = 50$  °С. Опираясь на законы молекулярной физики, объясните, как изменится при этом парциальное давление водяного пара и относительная влажность воздуха в сосуде.

26

В комнате находится открытая сверху U-образная трубка, в которую налита ртуть (рис. а). Левое колено трубки плотно закрывают пробкой (рис. б), после чего температура в комнате уменьшается. Что произойдет с уровнями ртути в коленах трубки? Атмосферное давление считать неизменным. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



## Система оценивания заданий раздела 2.2

За правильный ответ на задания 1–13 и 22–23 ставится по 1 баллу.

Задания 14–21 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	9	2	17	11
2	4	10	3	18	31
3	2	11	2,5	19	11
4	4	12	640	20	34
5	3	13	100	21	42
6	2	14	41	22	150
7	4	15	41	23	2
8	2	16	12		

## Критерии оценивания заданий с развернутым ответом

24

Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым, второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно  $p$ ,  $3p$  и  $p$ . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый и второй сосуды. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) давление газа в первом сосуде? Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

## Возможное решение

- В итоге количество газа в первом сосуде увеличилось.
- В соответствии с законами Дальтона и Бойля – Мариотта (применёнными к парциальным давлениям газов во втором и в третьем сосудах) суммарное давление этих газов после закрывания второго крана:  $3p/2 + p/2 = 2p$ .
- Аналогично этому давление в первом и во втором сосудах после закрывания первого крана:  $p/2 + 2p/2 = 1,5p$ . Это означает, что давление газа в первом сосуде в итоге увеличилось.

## Критерии оценки выполнения задания

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 1</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы Дальтона и Бойля – Мариотта</i> )	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

25

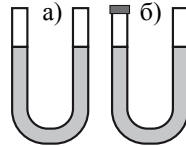
Стекланный сосуд, содержащий влажный воздух при  $t_1 = 30$  °С, плотно закрыли крышкой и нагрели до  $t_2 = 50$  °С. Опираясь на законы молекулярной физики, объясните, как изменятся при этом парциальное давление водяного пара и относительная влажность воздуха в сосуде.

Возможное решение	
<p>1. Парциальное давление пара увеличится, относительная влажность уменьшится.</p> <p>2. Пренебрегаем изменением объёма сосуда при нагревании, тогда объём газа не изменяется, т.е. это изохорный процесс. Тогда <math>\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}</math>, где <math>p_1</math> и <math>p_2</math> – соответственно парциальные давления водяного пара при температурах <math>T_1</math> и <math>T_2</math>. Так как <math>T_2 &gt; T_1</math>, то <math>p_2 &gt; p_1</math>, т.е. давление увеличится.</p> <p>3. При увеличении температуры плотность насыщенного пара <math>\rho_{\text{нп}}</math> увеличивается, а плотность паров в сосуде <math>\rho_{\text{пара}}</math> не изменяется (сосуд герметичный, масса газов не меняется). Так как относительная влажность воздуха <math>\varphi = \frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\%</math>, то относительная влажность воздуха уменьшится</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 1</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>связь давления разреженного газа и его температуры в изохорном процессе, определение относительной влажности, зависимость плотности насыщенных паров от температуры</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p>	2

И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	1
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

26

В комнате находится открытая сверху U-образная трубка, в которую налита ртуть (рис. а). Левое колено трубки плотно закрывают пробкой (рис. б), после чего температура в комнате уменьшается. Что произойдёт с уровнями ртути в коленах трубки? Атмосферное давление считать неизменным. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Возможное решение
1. Уровень ртути в закрытом коленах трубки повысится, а в открытом понизится. 2. Сначала давление атмосферного воздуха над поверхностями ртути в трубке одинаково, поэтому уровни жидкости в коленах одинаковы (следствие условия равновесия). 3. Изначально под пробкой находится воздух при атмосферном давлении. При уменьшении температуры в комнате воздух в закрытом коленах начнёт охлаждаться, его температура уменьшится, его давление также уменьшится. При этом давление воздуха в комнате не изменится, так как оно равно наружному атмосферному давлению.

4. Уменьшение давления на жидкость в закрытом коленах приведёт к тому, что уровень ртути в нём по сравнению с первоначальным положением повысится на $\Delta h$ . В свою очередь, уровень ртути в открытом коленах понизится на величину $\Delta h$ . Давление воздуха в закрытом коленах станет равным разности атмосферного давления и давления столба ртути: $p = p_{\text{атм}} - \rho g 2\Delta h$ ; в сосуде установится новое положение равновесия ртути в коленах трубки. Разность высот ртути в коленах определяется разностью атмосферного давления и давления газа в закрытом конце трубки.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>повышение уровня ртути в закрытом коленах трубки и понижение уровня в открытом</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость давления газа от температуры, зависимость давления столба жидкости от высоты столба</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.  В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	2
И (ИЛИ)	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.	
И (ИЛИ)	
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).	
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	1
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	

ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

### Раздел 2.3

#### Электродинамика

**Ответом к заданиям 1–11 является одна цифра, а к заданиям 20–24 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.**  
**Ответ к заданиям 12–19, 25 и 26 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенных единиц измерения величины.**  
**При выполнении заданий 27 и 28 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.**

1

На двух одинаковых по длине шёлковых нитях, закреплённых в одной точке, подвешены два одинаковых шарика, заряженных одноимёнными зарядами. Заряд первого шарика в 2 раза меньше заряда второго. Какое из утверждений правильно?

- 1) Угол отклонения от вертикали нити первого шарика в 2 раза больше угла отклонения второго.
- 2) Угол отклонения от вертикали нити первого шарика в 2 раза меньше угла отклонения второго.
- 3) Углы отклонения от вертикали нитей шариков одинаковы.
- 4) Угол отклонения от вертикали нити первого шарика в 4 раза меньше угла отклонения второго.

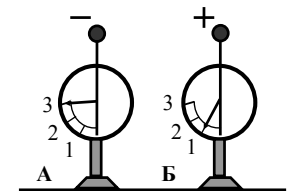
Ответ:

2

На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить медной проволокой, то показания обоих электрометров

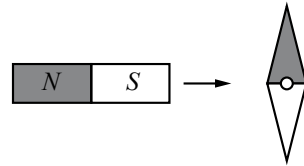
- 1) не изменятся
- 2) станут равными 1
- 3) станут равными 2
- 4) станут равными 0

Ответ:



3

Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнён, см. рисунок). К компасу поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили стрелку. Что произойдёт со стрелкой?

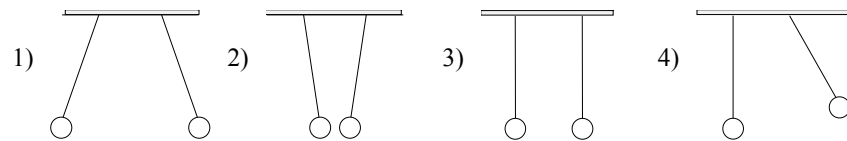


- 1) повернётся на  $180^\circ$
- 2) повернётся на  $90^\circ$  по часовой стрелке
- 3) повернётся на  $90^\circ$  против часовой стрелки
- 4) останется в прежнем положении

Ответ:

4

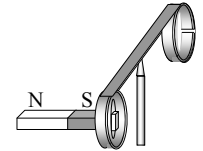
Две пары одинаковых маленьких лёгких шариков подвешены на шелковых нитях. Одну пару шариков зарядили одноимёнными зарядами, а другую разноимёнными. На каком рисунке изображены два шарика, заряженные одноименно?



Ответ:

5

На рисунке изображён момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца, когда все предметы неподвижны. Южный полюс магнита находится внутри сплошного металлического кольца, но не касается его. Коромысло с металлическими кольцами может свободно вращаться вокруг вертикальной опоры. При выдвижении магнита из кольца оно будет

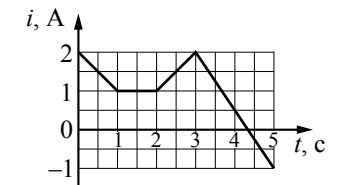
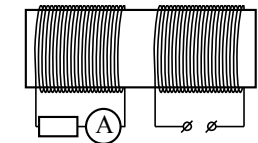


- 1) оставаться неподвижным
- 2) двигаться против часовой стрелки
- 3) совершать колебания
- 4) перемещаться вслед за магнитом

Ответ:

6

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется с течением времени согласно приведённому графику. В какой(-ие) промежуток(-ки) времени амперметр покажет наличие тока в левой катушке?



- 1) только от 3 до 5 с
- 2) от 0 до 1 с и от 2 до 3 с
- 3) от 0 до 1 с и от 2 до 5 с
- 4) только от 1 до 2 с

Ответ:

7

Узкий пучок белого света после прохождения через стеклянную призму даёт на экране спектр. Укажите правильную последовательность цветов во фрагменте получившегося спектра.

- 1) жёлтый – оранжевый – голубой – зелёный
- 2) жёлтый – оранжевый – зелёный – голубой
- 3) голубой – синий – зелёный – фиолетовый
- 4) зелёный – голубой – синий – фиолетовый

Ответ:

8

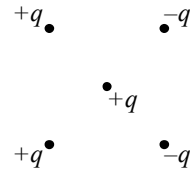
Примером дисперсии света может служить

- 1) разложение белого света в спектр при прохождении через призму
- 2) проникновение света в область геометрической тени препятствия
- 3) образование тени от препятствия
- 4) образование колец Ньютона

Ответ:

9

Как направлена 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)?

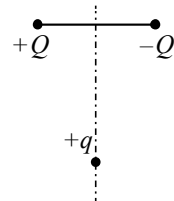


- 1) ↓
- 2) ←
- 3) ↑
- 4) →

Ответ:

10

Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ?

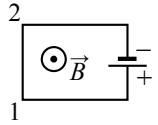


- 1) ↗
- 2) ←
- 3) →
- 4) ↘

Ответ:

11

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



- 1) вертикально вверх ⊙
- 2) горизонтально вправо →
- 3) вертикально вниз ⊗
- 4) горизонтально влево ←

Ответ:

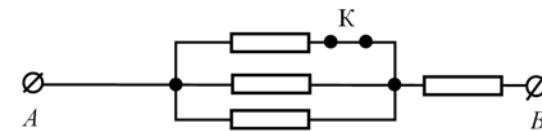
12

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).

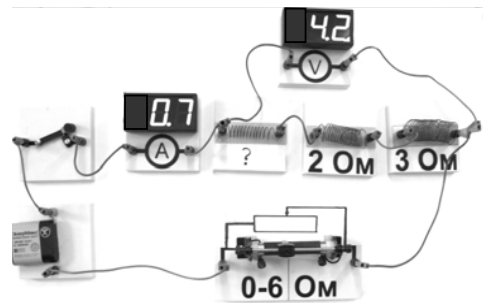
13

Каким будет сопротивление участка цепи  $AB$  (см. рисунок), если ключ  $K$  разомкнуть? Каждый из резисторов имеет сопротивление 10 Ом.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

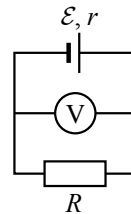
- 14 На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.



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

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

- 15 В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 5 В, а его внутреннее сопротивление 2 Ом. Сила тока в цепи 1 А. Каково показание вольтметра, если он идеальный?

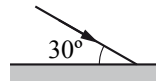


Ответ: \_\_\_\_\_ В.

- 16 На корпусе электропечи-ростера имеется надпись: «220 В, 660 Вт». Найдите силу тока, потребляемого ростером.

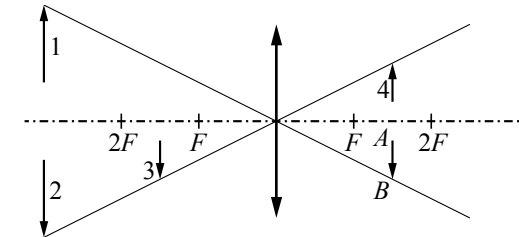
Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 17 Угол между зеркалом и падающим на него лучом равен  $30^\circ$  (см. рисунок). Определите угол отражения.



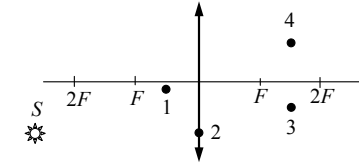
Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

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



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19 Какая из точек – 1, 2, 3 или 4 – является изображением точки  $S$ , которое даёт тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20 Ученик провёл опыт по преломлению света, представленный на фотографии. Как изменятся при увеличении угла падения показатель преломления стекла и скорость света, распространяющегося в стекле? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



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

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

Показатель преломления стекла	Скорость света



21

По проволочному резистору течёт ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: напряжение 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.

Напряжение на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

22

Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора его ёмкость и величина заряда на его обкладках?

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.

Ёмкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

23

В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор  $\vec{v}_0$  перпендикулярен напряжённости электрического поля  $\vec{E}$  (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор  $\vec{v}_0$  той же частицы параллелен индукции магнитного поля  $\vec{B}$  (рис. 2).

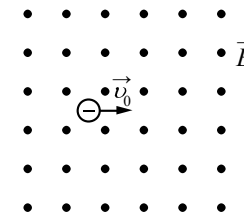


Рис. 1

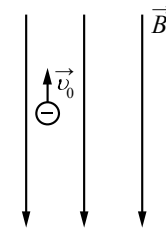


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

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

## ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
- Б) во второй установке

## ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
- 2) окружность
- 3) спираль
- 4) парабола

Ответ:

А	Б

24

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При свободных 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 из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

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

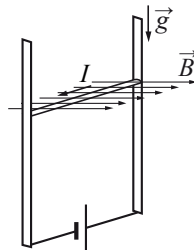
- 1)  $\frac{q^2}{2C}$   
 2)  $q\sqrt{\frac{C}{L}}$   
 3)  $\frac{q}{\sqrt{LC}}$   
 4)  $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

25

В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой  $0,2$  кг, по которому течёт ток  $2$  А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2$  Тл. Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2$  м/с<sup>2</sup>?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

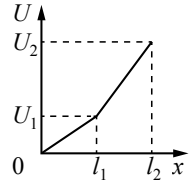
26

На дифракционную решётку, имеющую  $100$  штрихов на  $1$  мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого  $650$  нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

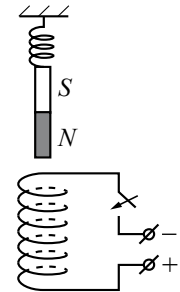
27

Цилиндрический проводник постоянного сечения длиной  $l = l_2$  включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а другая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как меняется с расстоянием  $x$  удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



28

Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой вдоль её оси на пружине подвешен покоящийся полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



### Система оценивания заданий раздела 2.3

За правильный ответ на задания 1–19, 25 и 26 ставится по 1 баллу.

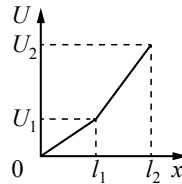
Задания 20–24 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	10	3	19	4
2	2	11	2	20	33
3	3	12	1,5	21	22
4	1	13	15	22	11
5	4	14	1	23	41
6	3	15	3	24	13
7	4	16	3	25	0,4
8	1	17	60	26	15
9	4	18	1		

## Критерии оценивания заданий с развернутым ответом

27

Цилиндрический проводник постоянного сечения и длиной  $l = l_2$  включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как меняется с расстоянием  $x$  удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



## Возможное решение

- По проводнику течёт постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи  $U = IR$ . Сопротивление однородного проводника  $R$  рассчитывается по формуле  $R = \rho \frac{x}{S}$ , где  $x$  – длина той части проводника, на которой измеряется напряжение,  $\rho$  – удельное сопротивление этой части проводника,  $S$  – площадь поперечного сечения проводника, которая по условию постоянна.
- Выделим на проводнике два участка: первый  $0 < x < l_1$  и второй  $l_1 < x < l_2$ .
- На первом участке (при  $0 < x < l_1$ ) измеряемое напряжение прямо пропорционально расстоянию между клеммами  $U \sim \rho_1 x$ ; значит, удельное сопротивление проводника на первом участке постоянно и равно  $\rho_1$ .
- При  $l_1 < x < l_2$  напряжение уже линейно зависит от расстояния. Поскольку первый и второй участки проводника соединены последовательно, то можем записать:  $U = U_1 + U_x$ . Из графика видно, что  $U_x \sim \rho_2(x - l_1)$ ; значит, удельное сопротивление проводника на этом участке  $\rho_2$  тоже постоянно. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются быстрее, чем на первом, поэтому удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>проведён анализ двух участков представленного графика; закон Ома для участка цепи, выражение для расчёта сопротивления проводника через удельное сопротивление материала, длину проводника и площадь его поперечного сечения</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.  В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул),	2

необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)

И (ИЛИ)

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения

Представлено решение, соответствующее **одному** из следующих случаев.

1

Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

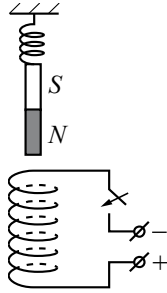
ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

0

Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой вдоль её оси на пружине подвешен покоящийся полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Возможное решение	
<p>1. Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно, и пружина растянута.</p> <p>2. После замыкания ключа в катушке потечёт ток и вектор индукции магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлен вниз.</p> <p>3. Катушка с током аналогична полосовому магниту, северный полюс которого в данном случае расположен у её нижнего торца, а южный – у верхнего. Значит, магнит будет притягиваться к катушке и опускаться вниз</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>направление движения магнита</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>определено направление тока через катушку после замыкания ключа и направление индукции магнитного поля вблизи верхнего торца катушки, проведена аналогия с взаимодействием двух магнитов, определено направление движения магнита</i> )	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p>	2

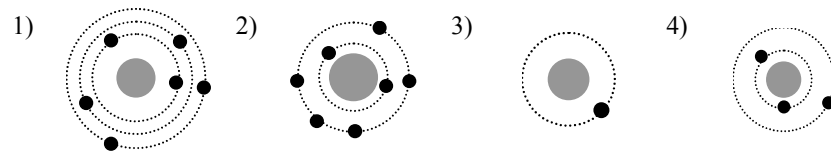
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.	1
<p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

**Раздел 2.4**  
**Квантовая физика**

*Ответом к заданиям 1–10 является одна цифра, а к заданиям 15–17 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.*

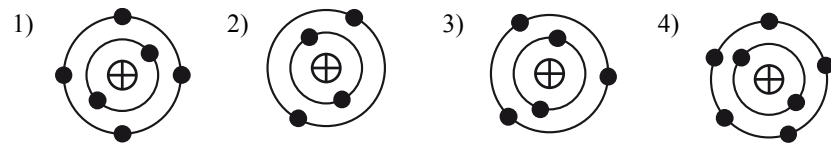
*Ответ к заданиям 11–14, 18 и 19 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенной единицы измерения величины.*

**1** На рисунке изображены схемы четырёх атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Чёрными точками обозначены электроны. Нейтральному атому  ${}^6_3\text{Li}$  соответствует схема



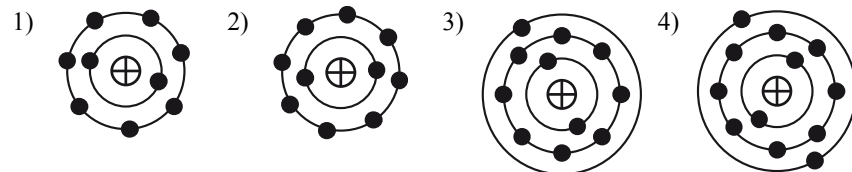
Ответ:

**2** На рисунке изображены модели четырёх нейтральных атомов. Чёрными кружочками обозначены электроны. Атому  ${}^{12}_6\text{C}$  соответствует модель



Ответ:

**3** На рисунке изображены модели четырёх нейтральных атомов. Чёрными кружочками обозначены электроны. Атому  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  соответствует модель



Ответ:

**4**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	3	Be БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	4	5	B БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	11	Mg МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	12	13	Al АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>
4	IV	K КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	19	Ca КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	20	Sc СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>	21
	V	29 Cu МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30	Zn ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31	Ga ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>	

Определите число протонов, нейтронов и электронов в нейтральном атоме алюминия Al.

- 1) 27 протонов, 14 нейтронов, 13 электронов
- 2) 13 протонов, 14 нейтронов, 13 электронов
- 3) 13 протонов, 14 нейтронов, 27 электронов
- 4) 14 протонов, 13 нейтронов, 14 электронов

Ответ:

**5**

Связанная система элементарных частиц содержит 9 электронов, 13 нейтронов и 8 протонов. Эта система может являться

- 1) нейтральным атомом хлора  ${}^{30}_{17}\text{Cl}$
- 2) ионом фтора  ${}^{22}_9\text{F}$
- 3) ионом кислорода  ${}^{21}_8\text{O}$
- 4) нейтральным атомом кислорода  ${}^{13}_8\text{O}$

Ответ:

**6**

Укажите частицу X в ядерной реакции  ${}^{56}_{25}\text{Mn} + X \longrightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n}$ .

- 1)  ${}^1_1\text{H}$
- 2)  ${}^1_0\text{n}$
- 3)  ${}^0_{-1}\text{e}$
- 4)  ${}^2_1\text{H}$

Ответ:

7 Какая частица вызывает ядерную реакцию  ${}^7_3\text{Li} + ? \longrightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ ?

- 1)  ${}^4_2\text{He}$       2)  ${}^1_1\text{H}$       3)  ${}^1_0\text{n}$       4)  ${}^2_1\text{H}$

Ответ:

8 Укажите второй продукт реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + ?$ .

- 1)  ${}^0_{-1}e$       2)  ${}^1_1p$       3)  ${}^1_0n$       4)  ${}^0_{+1}e$

Ответ:

9 Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией  ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^Y_X\text{Z} + {}^{139}_{56}\text{Ba} + 3{}^1_0\text{n} + 7\gamma$ . При этом образовалось ядро химического элемента  ${}^Y_X\text{Z}$ . Какое ядро образовалось?

- 1)  ${}^{88}_{42}\text{Mo}$   
2)  ${}^{94}_{42}\text{Mo}$   
3)  ${}^{94}_{36}\text{Kr}$   
4)  ${}^{88}_{36}\text{Kr}$

Ответ:

10 Ядро полония  ${}^{216}_{84}\text{Po}$  образовалось в результате двух последовательных  $\alpha$ -распадов некоторого ядра. Это ядро

- 1) радона  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$   
2) радия  ${}^{224}_{88}\text{Ra}$   
3) радона  ${}^{218}_{86}\text{Rn}$   
4) астата  ${}^{218}_{85}\text{At}$

Ответ:

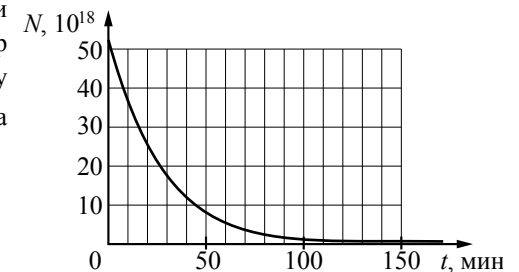
11 Период полураспада изотопа  ${}^{227}_{89}\text{Ac}$  составляет 10 дней. Образец изначально содержит большое число ядер этого изотопа. Через сколько дней число ядер этого изотопа в образце уменьшится в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ дней.

12 Период полураспада  $T$  изотопа селена  ${}^{81}_{34}\text{Se}$  равен 18 мин. Какая масса изотопа осталась в образце, содержащем первоначально 480 мг  ${}^{81}_{34}\text{Se}$ , через 90 мин?

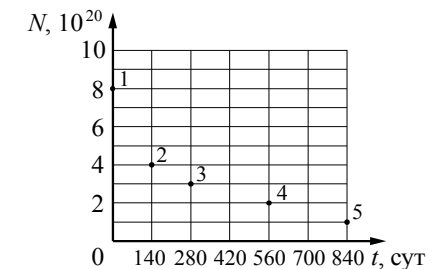
Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

13 Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути  ${}^{190}_{80}\text{Hg}$  от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути?



Ответ: \_\_\_\_\_ мин.

14 Ядра полония  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 140 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер полония. Через какую из точек, кроме точки 1, пройдет график зависимости от времени числа ещё не испытавших радиоактивного распада ядер полония?



Ответ: через точку \_\_\_\_\_.

15

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его частоты. Как изменяются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

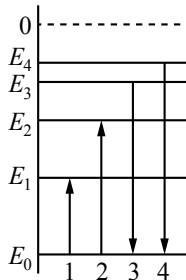
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число фотоэлектронов в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

16

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света наименьшей длины волны и излучением кванта света с наибольшей энергией?

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



ПРОЦЕСС

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
ПЕРЕХОД

- |  |  |
|--|--|
| <p>А) поглощение света наименьшей длины волны</p> <p>Б) излучение кванта света с наибольшей энергией</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 1</li> <li>2) 2</li> <li>3) 3</li> <li>4) 4</li> </ol> |
|--|--|

Ответ:

А	Б

17

В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: массовое число ядра и заряд ядра?

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.

Массовое число ядра	Заряд ядра

18

Детектор полностью поглощает падающий на него монохроматический свет. За время  $t=6$  с детектор поглощает  $N=3 \cdot 10^5$  фотонов. Мощность, поглощаемая детектором, равна  $3,3 \cdot 10^{-14}$  Вт. Какова частота падающего света?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{14}$  Гц.

19

Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

### Система оценивания заданий раздела 2.4

За правильный ответ на задания 1–14 и 18, 19 ставится по 1 баллу.

Задания 15–17 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	8	3	15	23
2	1	9	3	16	24
3	3	10	2	17	13
4	2	11	20	18	10
5	3	12	15	19	5
6	1	13	20		
7	4	14	2		

**РАЗДЕЛ 2.5**  
**Методы научного познания**

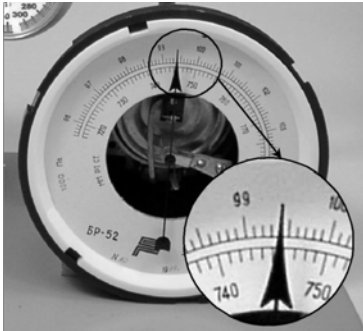
*Ответом к заданиям 1–6 и 9 является одна цифра, а к заданиям 7, 8, 10 и 11 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.*

**1** С помощью ученической линейки измерили толщину пачки из 500 листов бумаги. Толщина пачки оказалась  $(50 \pm 1)$  мм. Толщина одного листа бумаги равна

- 1)  $(0,10 \pm 0,02)$  мм
- 2)  $(0,1 \pm 1,0)$  мм
- 3)  $(0,100 \pm 0,002)$  мм
- 4)  $(0,05 \pm 0,02)$  мм

Ответ:

**2** С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа, а нижняя шкала – в мм рт. ст. Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление по результатам этих измерений?



- 1)  $(99 \pm 1)$  кПа
- 2)  $(99,4 \pm 0,1)$  кПа
- 3)  $(99,4 \pm 0,2)$  кПа
- 4)  $(99,4 \pm 1)$  кПа

Ответ:

**3** При определении плотности вещества  $\rho$  ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах:  $m = 60,00$  г. Объём был измерен с использованием мерного цилиндра:  $V = (15,0 \pm 0,5)$  см<sup>3</sup>. На основе этих измерений можно с уверенностью сказать, что плотность

- 1)  $\rho < 3,8$  г/см<sup>3</sup>
- 2)  $\rho = 4,0$  г/см<sup>3</sup>
- 3)  $\rho > 4,2$  г/см<sup>3</sup>
- 4)  $3,8$  г/см<sup>3</sup>  $\leq \rho \leq 4,2$  г/см<sup>3</sup>

Ответ:

**4** Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погружённые в жидкость. В его распоряжении имеется динамометр и установка, состоящая из ёмкости с водой и сплошного алюминиевого шарика объёмом 30 см<sup>3</sup>. Какая из следующих установок необходима ещё ученику для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы Архимеда от плотности жидкости?

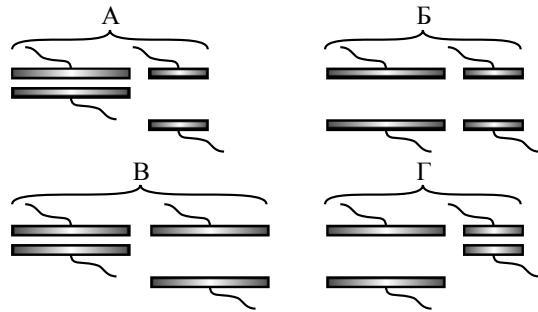
№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	вода	30 см <sup>3</sup>	сталь
2	вода	20 см <sup>3</sup>	алюминий
3	керосин	20 см <sup>3</sup>	алюминий
4	подсолнечное масло	30 см <sup>3</sup>	алюминий

- 1) установка № 1
- 2) установка № 2
- 3) установка № 3
- 4) установка № 4

Ответ:



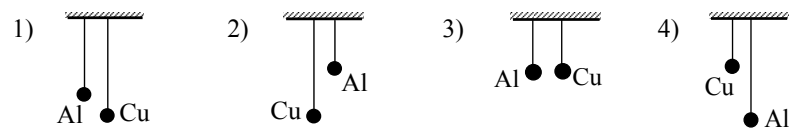
- 5 Конденсатор состоит из двух круглых пластин, разделённых воздушным промежутком. Необходимо экспериментально установить, зависит ли ёмкость конденсатора от расстояния между пластинами. Какие(-ую) пары(-у) конденсаторов нужно использовать для этой цели?



- 1) А, Б или Г
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) только Г

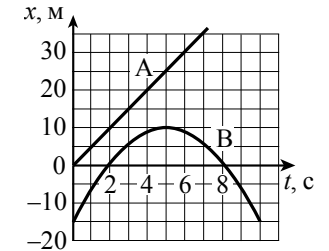
Ответ:

- 6 Необходимо экспериментально выяснить зависимость периода малых колебаний математического маятника от вещества, из которого изготовлен груз. Какую пару маятников можно взять для этой цели? Грузы маятников – полые шарики из меди и алюминия одинаковой массы и одинакового внешнего диаметра.



Ответ:

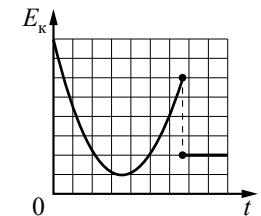
- 7 На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $Ox$ . Выберите два верных утверждения о характере движения тел.



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

Ответ:

- 8 На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите два утверждения, которые соответствуют данному графику.



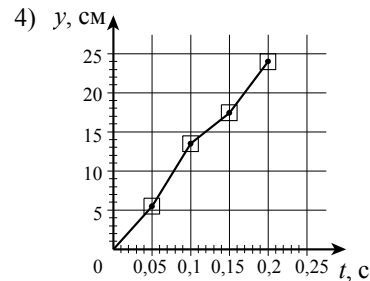
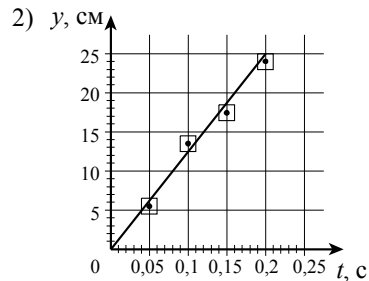
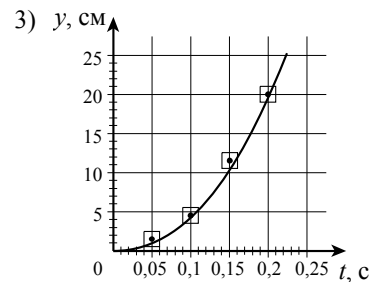
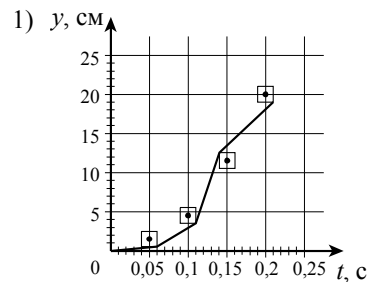
- 1) Скорость тела в момент броска в 4 раза больше, чем в конце наблюдения.
- 2) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на Землю.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на Землю.
- 4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов с песком проезжающего мимо грузовика.
- 5) В конце наблюдения скорость тела отлична от нуля.

Ответ:

9 Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу.

$t, \text{c}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, \text{cm}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{cm}$	0	1,5	4,5	11,5	20

Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени – 0,01 с. На каком из графиков верно построена зависимость координаты  $y$  шарика от времени  $t$ ?



Ответ:

10 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{c}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I, \text{A}$	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

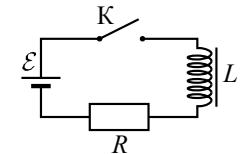
Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В момент  $t = 6 \cdot 10^{-6} \text{c}$  энергия магнитного поля катушки максимальна.
- 2) В момент  $t = 3 \cdot 10^{-6} \text{c}$  напряжение на конденсаторе минимально.
- 3) Частота колебаний равна 8 кГц.
- 4) Период электромагнитных колебаний в контуре равен  $8 \cdot 10^{-6} \text{c}$ .
- 5) В момент  $t = 8 \cdot 10^{-6} \text{c}$  заряд конденсатора равен 0.

Ответ:

11

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор  $R = 60 \text{ Ом}$  (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени, представлены в таблице. Погрешность измерения силы тока равна 0,01 А. Выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих в цепи.



$t, \text{c}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{A}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

- 1) Напряжение на резисторе в момент времени  $t = 5,0 \text{c}$  равно 18 В.
- 2) Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени  $t = 0 \text{c}$  равен 18 В.
- 3) ЭДС источника тока равна 20 В.
- 4) Напряжение на катушке максимально в момент времени  $t = 3,0 \text{c}$ .
- 5) Энергия катушки минимальна в момент времени  $t = 6,0 \text{c}$ .

Ответ:

**Система оценивания заданий раздела 2.5**

За правильный ответ на задания 1–6 и 9 ставится по 1 баллу.

Задания 7, 8, 10 и 11 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
<b>1</b>	3	<b>5</b>	3	<b>9</b>	3
<b>2</b>	2	<b>6</b>	3	<b>10</b>	14 или 41
<b>3</b>	4	<b>7</b>	35 или 53	<b>11</b>	12 или 21
<b>4</b>	4	<b>8</b>	45 или 54		