

# **Демонстрационный вариант**

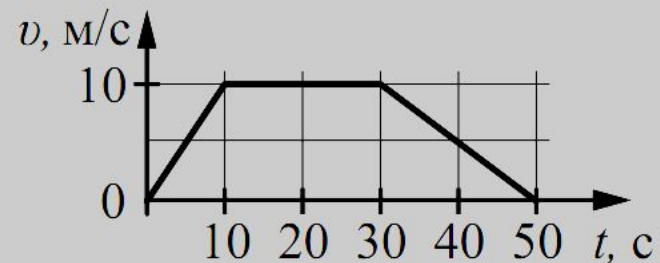
**контрольных измерительных материалов**

**единого государственного экзамена 2014 года**

**по физике**

**A1**

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.



1) 50 м

2) 100 м

3) 200 м

4) 250 м

**Решение.** Пройденный путь в интервале времени от 0 до 30 с равен площади прямоугольной трапеции, ограниченной осью времени и графиком модуля скорости. Площадь трапеции равна полусумме оснований, умноженной на высоту. Определив по графику

длины сторон трапеции, получаем:

$$S = \frac{(30 + 20) \text{ с}}{2} \cdot 10 \text{ м/с} = 250 \text{ м}.$$

Правильный ответ указан под номером 4.

**A2**

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

**Решение.** По третьему закону Ньютона, сила действия равна силе противодействия, при этом направлены эти силы противоположно. Следовательно, сила, с которой мост действует на автомобиль, равна 9000 Н и направлена вертикально вверх.

Правильный ответ указан под номером 1.

**A3**

Две звезды одинаковой массы  $m$  притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю  $F$ . Чему равен модуль сил притяжения между другими двумя звёздами, если расстояние между их центрами такое же, как и в первом случае, а массы звёзд равны  $3m$  и  $4m$ ?

1)  $7F$

2)  $9F$

3)  $12F$

4)  $16F$

**Решение.** Согласно закону Всемирного тяготения сила притяжения между телами прямо пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между

ними. Между звёздами с массами  $m$  действует сила  $F = \frac{Gm^2}{r^2}$ . Тогда во втором случае

сила равна  $12 \frac{Gm^2}{r^2} = 12F$ .

Правильный ответ указан под номером 3.

**A4**

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

- 1) на 15 000 кг·м/с
- 2) на 45 000 кг·м/с
- 3) на 30 000 кг·м/с
- 4) на 60 000 кг·м/с

**Решение.** Импульс автомобиля равен  $p_1 = m_1 v_1$ . Импульс грузовика равен  $p_2 = m_2 v_2$ . Импульс грузовика больше импульса автомобиля на:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1 = 3000 \text{ кг} \cdot 54 \text{ км/ч} - 1000 \text{ кг} \cdot 108 \text{ км/ч} = 54000 \text{ кг} \cdot \text{км/ч}.$$

Учитывая, что  $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/ч}$ , получаем:

$$\Delta p = \frac{54000 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}{3,6} = 15000 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Правильный ответ указан под номером 1.

**A5**

Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Выберите верное утверждение о потенциальной энергии и полной механической энергии спутника.

- 1) Потенциальная и полная механическая энергия спутника достигают максимальных значений в точке максимального удаления от Земли.
- 2) Потенциальная и полная механическая энергия спутника достигают максимальных значений в точке минимального удаления от Земли.
- 3) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке максимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 4) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке минимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.

**Решение.** Т. к. спутник вращается только в поле гравитационного притяжения Земли, то выполняется закон сохранения энергии, а значит, полная механическая энергия спутника неизменна.

Потенциальная энергия спутника зависит от расстояния до центра Земли следующим образом:

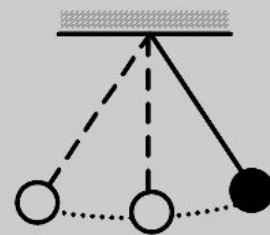
$$E = -\frac{GM_3 m_{сп}}{r}$$

Следовательно, чем больше расстояние  $r$ , тем больше значение потенциальной энергии (обратите внимание на знак "-"). Таким образом, потенциальная энергия достигает максимального значения в точке максимального удаления от Земли.

Правильный ответ указан под номером 3.

**A6**

Математический маятник с периодом колебаний  $T$  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.



1)  $T$

2)  $\frac{1}{4}T$

3)  $\frac{1}{2}T$

4)  $\frac{1}{8}T$

**Решение.** Поскольку маятник отпустили с нулевой начальной скоростью, положение начального отклонения соответствует максимальному отклонению. За время, равное периоду, маятник успеет отклониться в противоположную сторону и вернуться в исходное положение. Максимальная потенциальная энергии у маятника в положениях максимального отклонения. Таким образом, потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума через половину периода.

Правильный ответ указан под номером 3.

**A7**

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

**Решение.** Поскольку силы притяжения между частицами газа незначительны, то они свободно могут удаляться на любые расстояния, а значит, неограниченно расширяться. Правильный ответ указан под номером 4.



**A8** При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

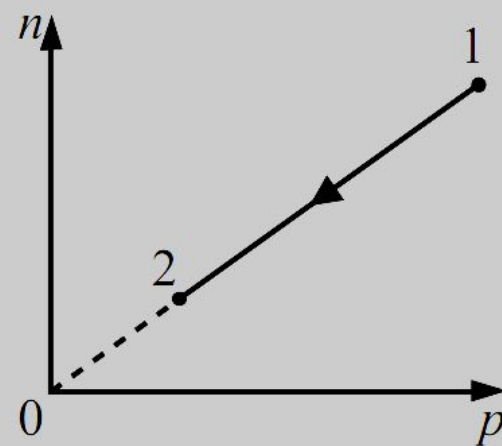
Утверждается, что в данном процессе

**A.** плотность газа возрастает.

**Б.** происходит изотермическое расширение газа.

Из этих утверждений

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) оба утверждения верны
- 4) оба утверждения неверны



**Решение.** Плотность линейно зависит от концентрации молекул газа, поэтому при уменьшении концентрации, плотность уменьшится. Утверждение А неверно.

Идеальный газ подчиняется уравнению состояния для идеального газа:  $p = nkT$ . В данном случае эта зависимость линейна, поэтому множитель  $kT$  постоянен, следовательно, процесс изотермический. По условию масса газа остаётся постоянной, значит концентрация уменьшается за счёт увеличения объёма. Утверждение Б верно.

Правильный ответ указан под номером 2.

**A9**

В калориметр с холодной водой погрузили алюминиевый цилиндр, нагретый до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В результате в калориметре установилась температура  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Если вместо алюминиевого цилиндра опустить в калориметр медный цилиндр такой же массы при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то конечная температура в калориметре будет

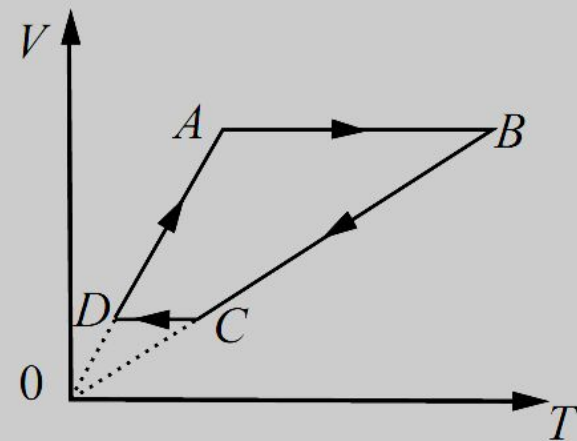
- 1) ниже  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) выше  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3)  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 4) зависеть от отношения массы воды и цилиндров и в данном случае не поддаётся никакой оценке

**Решение.** Удельная теплоёмкость меди меньше удельной теплоёмкости алюминия, поэтому медный цилиндр будет быстрее охлаждаться и отдаст воде меньше теплоты, чем алюминиевый цилиндр. Установившаяся температура будет ниже  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Правильный ответ указан под номером 1.

**A10**

На рисунке приведён цикл, осуществляемый с одним молем идеального газа. Если  $U$  – внутренняя энергия газа,  $A$  – работа, совершаемая газом,  $Q$  – сообщённое газу количество теплоты, то условия  $\Delta U > 0$ ,  $A > 0$ ,  $Q > 0$  выполняются совместно на участке

1)  $AB$ 2)  $BC$ 3)  $CD$ 4)  $DA$ 

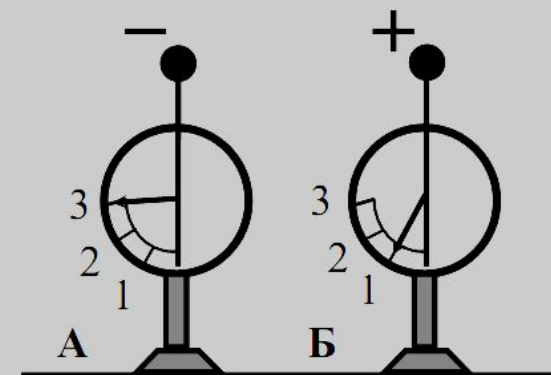
**Решение.** Внутренняя энергия фиксированного количества одноатомного идеального газа зависит только от температуры, ее изменение определяется выражением:

$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ . Таким образом, приращение внутренней энергии положительно при увеличении температуры. Работа газа положительна при расширении. Объём и температура одновременно увеличиваются на участке  $DA$ . Следовательно на этом участке  $\Delta U > 0, A > 0$ . Согласно первому началу термодинамики, переданное газу тепло идет на изменение его внутренней энергии и на работу против внешних сил:  $Q = \Delta U + A$ . Поскольку на участке  $DA$  и изменение внутренней энергии, и работа газа положительны, то на этом участке тепло газу передается:  $Q > 0$ .

Правильный ответ указан под номером 4.

**A11**

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



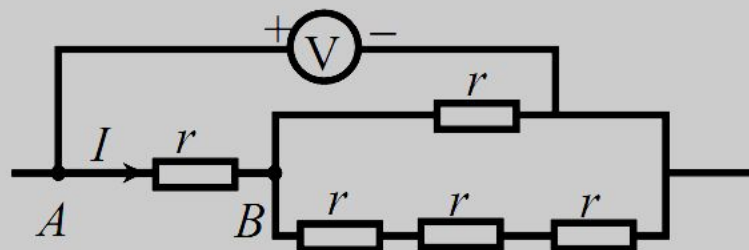
- 1) не изменятся
- 2) станут равными 1
- 3) станут равными 2
- 4) станут равными 0

**Решение.** При соединении проволокой заряд перераспределится поровну и станет равным  $(-3 + 1)/2 = -1$ . Поскольку электрметр показывает величину заряда, то показания обоих приборов будут 1.

Правильный ответ указан под номером 2.

**A12**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$  соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идёт ток  $I = 4 \text{ А}$ . Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



1) 3 В

2) 5 В

3) 6 В

4) 7 В

**Решение.** Вольтметр покажет напряжение  $U = U_{AB} + U_1$ , где  $U_1$  — напряжение на верхнем резисторе в параллельном участке. Пусть сила тока на той части параллельного участка, где находится один резистор  $r$  равна  $I_1$ . При параллельном соединении напряжения одинаково, следовательно, по закону Ома

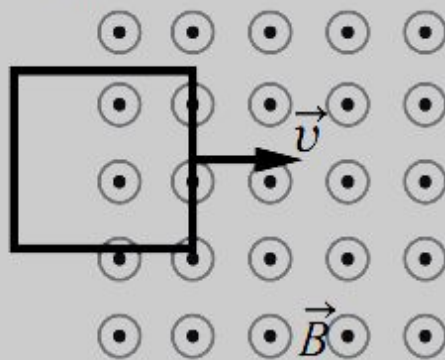
$$U_1 = I_1 r = 3(I - I_1)r \Leftrightarrow I_1 = \frac{3}{4}I.$$

Тогда 
$$U = Ir \left(1 + \frac{3}{4}\right) = 4 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} \cdot \frac{7}{4} = 7 \text{ В}.$$

Правильный ответ указан под номером 4.

A13

В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции  $\vec{B}$ . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна  $\mathcal{E}$ .



Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью  $\frac{v}{4}$ ?

1)  $\frac{\mathcal{E}}{4}$

2)  $\mathcal{E}$

3)  $2\mathcal{E}$

4)  $4\mathcal{E}$

**Решение.** Согласно закону Фарадея при изменении потока магнитного поля через контур, в контуре возникает ЭДС индукции, равная  $\varepsilon_i(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt}$ . Поток через движущуюся на границе однородного магнитного поля рамку  $\Phi(t) = BS(t) = Bavt$ , где  $a$  — сторона квадрата. ЭДС индукции линейно зависит от скорости, поэтому при уменьшении скорости в 4 раза, ЭДС индукции также уменьшится в 4 раза.

Правильный ответ указан под номером 1.

**A14**

Как изменится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если воздушный промежуток между пластинами конденсатора заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 3$ ?

- 1) уменьшится в  $\sqrt{3}$  раза
- 2) увеличится в  $\sqrt{3}$  раза
- 3) увеличится в 3 раза
- 4) уменьшится в 3 раза

**Решение.** Частота свободных электромагнитных колебаний в контуре связана с ёмкостью и индуктивностью соотношением  $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . Ёмкость линейно зависит от диэлектрической проницаемости  $\left(C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}\right)$ , поэтому при заполнении воздушного промежутка между пластинами конденсатора диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 3$ , ёмкость увеличится в 3 раза, а значит, частота уменьшится в  $\sqrt{3}$  раз.

Правильный ответ указан под номером 1.

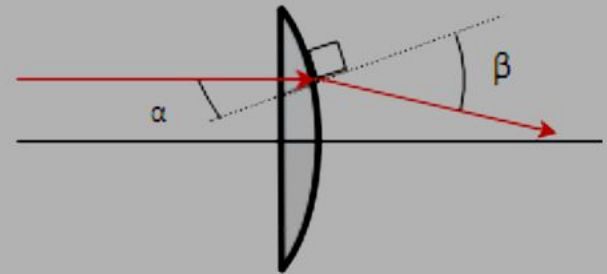
**A15**

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Как изменились при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?



- 1) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 2) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 3) Фокусное расстояние и оптическая сила увеличились.
- 4) Фокусное расстояние и оптическая сила уменьшились.

**Решение.** При переходе из оптически более плотной среды в менее плотную, луч отклоняется от нормали, как показано на рисунке. Пусть луч параллельно главной оптической оси, тогда после преломления он пойдёт в точку фокуса. Запишем закон преломления для двух случаев и сравним угол преломления  $\beta$ .



Для воздуха:  $1,54 \sin \alpha = \sin \beta_1$ . Для воды:  $1,54 \sin \alpha = 1,33 \sin \beta_2$ .

Синус угла  $\beta$  уменьшился, следовательно угол уменьшился. Это значит, что расстояние от пересечения луча с главной оптической осью до линзы увеличилось, а данное расстояние и есть фокусное расстояние  $F$  линзы. Оптическая сила  $D = \frac{1}{F}$ , а т. к.  $F$  увеличилось,  $D$  уменьшилась. Правильный ответ указан под номером 2.



**A16**

Пучок света падает на собирающую линзу параллельно её главной оптической оси на расстоянии  $h$  от этой оси. Линза находится в вакууме, её фокусное расстояние равно  $F$ . С какой скоростью распространяется свет за линзой? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна  $c$ .

1)  $\frac{c\sqrt{(F^2 + h^2)}}{F}$

2)  $\frac{ch}{F}$

3)  $c$

4)  $\frac{Fc}{F + h}$

**Решение.** После выхода из линзы свет окажется в вакууме, поэтому его скорость станет равна  $c$ .

Правильный ответ указан под номером 3.

**A17**

В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $5,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать её светом частотой  $3 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем частоту света увеличили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. При этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 1) увеличилась в 1,5 раза
- 2) увеличилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 3 раза
- 4) не определена, так как фотоэффекта не будет

**Решение.** Согласно уравнению фотоэффекта, энергия фотона, работа выхода и максимальная кинетическая энергия электрона связаны соотношением:  $E_{\text{фот}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$ . Сравним работу выхода и энергию падающего света:

$$h\nu - A = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж} \cdot \text{с)} \cdot 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц} - 5,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx (2,0 - 5,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж} < 0$$

В первом случае энергии падающего света не хватит, чтобы фотоэффект начался.

Если увеличить частоту света в 2 раза, то фотоэффект также не произойдёт:

$$h\nu - A = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж} \cdot \text{с)} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц} - 5,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx (4,0 - 5,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж} < 0$$

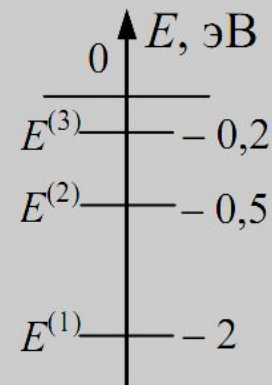
Число фотонов никак не влияет на кинетическую энергию фотоэлектронов.

Правильный ответ указан под номером 4.

**A18**

Схема низших энергетических уровней атома имеет вид, изображённый на рисунке. В начальный момент времени атом находится в состоянии с энергией  $E^{(2)}$ . Согласно постулатам Бора атом может излучать фотоны с энергией

- 1) только 0,5 эВ
- 2) только 1,5 эВ
- 3) любой, меньшей 0,5 эВ
- 4) любой в пределах от 0,5 до 2 эВ



**Решение.** Согласно постулатам Бора, свет излучается при переходе атома на более низкие уровни энергии, при этом фотоны несут энергию, равную разности энергий начального и конечного состояний. Единственный переход с излучением фотонов возможен на уровень  $E^{(1)}$  с энергией равной  $-0,5 \text{ эВ} - (-2 \text{ эВ}) = 1,5 \text{ эВ}$ .

Правильный ответ указан под номером 2.

**A19**

Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией

$${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \longrightarrow {}_X^Y\text{Z} + {}_{56}^{139}\text{Ba} + 3{}_0^1\text{n} + 7\gamma.$$
 При этом образовалось ядро химического элемента  ${}_X^Y\text{Z}$ . Какое ядро образовалось?

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

**Решение.** В ходе ядерной реакции выполняются законы сохранения зарядового и массового чисел. Поэтому  $X = 92 - 56 = 36$      $Y = 235 + 1 - 139 - 3 = 94$ .

Правильный ответ указан под номером 3.

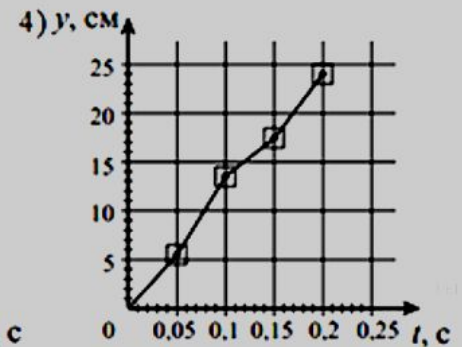
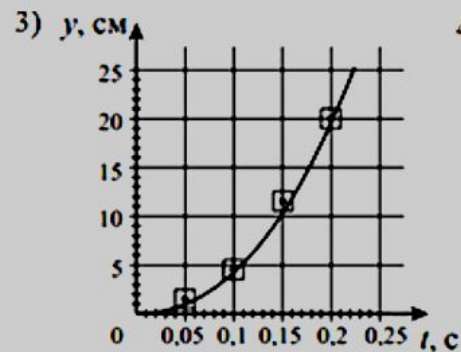
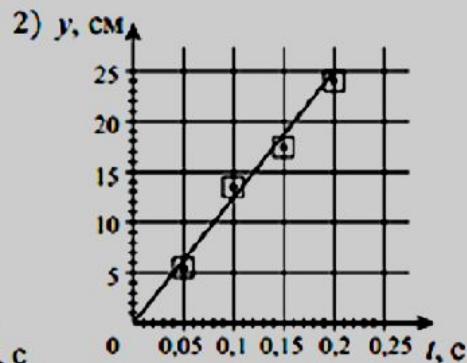
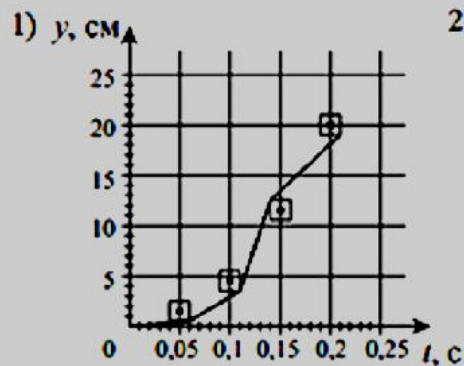
**Примечание.**

$\gamma$ -квант не несет электрического заряда. Его массовое число равно нулю.

**20. Задание 23 № 5618.** Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу:

$t, \text{ с}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2
$x, \text{ см}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{ см}$	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  $t$ ?



**Решение.** На брошенный горизонтально шарик действует ускорение свободного падения, а поскольку он брошен горизонтально, его начальная скорость по вертикали равна нулю. Уравнение движения шарика примет вид  $y = \frac{gt^2}{2}$ , графиком которого является парабола. Правильный ответ указан под номером 3.

**A21**

В таблице представлены результаты измерений фототока в зависимости от разности потенциалов между анодом и катодом на установке по изучению фотоэффекта. Точность измерения силы тока равна 5 мкА, разности потенциалов 0,1 В. Работа выхода фотоэлектронов с поверхности фотокатода равна 2,4 эВ. Фотокатод освещается монохроматическим светом.

$\varphi_a - \varphi_k, \text{ В}$	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	+0,5	+1,0
$I, \text{ мкА}$	0	0	10	40	80	110

Энергия фотонов, падающих на фотокатод,

- 1) превышает 1,8 эВ
- 2) превышает 2,8 эВ
- 3) равна  $(1,4 \pm 0,1)$  эВ
- 4) не превосходит 2,0 эВ

**Решение.** Согласно уравнению фотоэффекта, энергия фотона, работа выхода и максимальная кинетическая энергия электрона связаны соотношением:  $E_{\text{фот}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$ . При отрицательной разности потенциалов создаётся тормозящее поле, которое мешает фотоэлектронам достигнуть анода. Но при отрицательном напряжении в  $-0,5$  В прибор уже фиксирует фототок. Значит, кинетическая энергия вылетевших электронов больше энергии тормозящего поля, равной  $eU$ . Для того, чтобы оценить минимум энергии, учтём погрешность измерений в 0,1 В и получим  $E_{\text{кин}} \geq 0,4$  эВ. Тогда  $E_{\text{фот}} \geq 2,4 + 0,4 = 2,8$  эВ.

Правильный ответ указан под номером 2.

**В1**

В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника, его кинетическая энергия и период обращения?

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.

Скорость	Кинетическая энергия	Период обращения

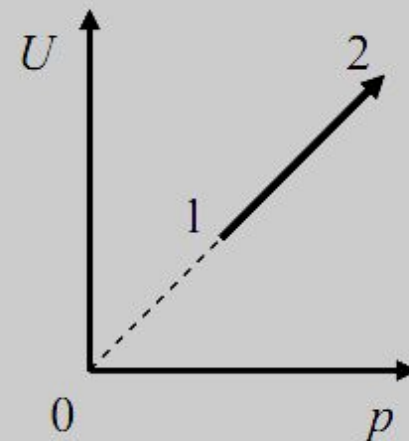
**Решение.** Спутник движется вокруг Земли по круговой орбите с постоянным центростремительным  $a = \frac{v^2}{r}$  под действием силы притяжения со стороны Земли  $F = \frac{GM_3m}{r^2}$ . От-

куда следует формула для скорости спутника:  $v = \sqrt{G \frac{M_3}{r}}$ . Следовательно, при уменьшении расстояния до центра Земли скорость спутника и его кинетическая энергия возрастут. При этом длина орбиты уменьшится, а значит, период обращения также уменьшится. Ответ: 112.

**B2**

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

**Решение.** 1) Т. к.  $U$  связано с температурой линейно, зависимость  $T$  от  $P$  линейна, следовательно,  $T = \text{const}P$ . Сравнивая полученное выражение с уравнением Менделеева-Клапейрона для одного моля  $PV/R = T$ , получаем, что объём газа не изменился.

2) Внутренняя энергия одного моля одноатомного идеального газа зависит только от температуры, ее изменение определяется выражением:  $\Delta U = \frac{3}{2}R\Delta T$ . Таким образом, внутренняя энергия увеличивается с увеличением температуры. Из приведенного графика видно, что  $\Delta U > 0$ , значит, абсолютная температура увеличилась.

3) Теплоёмкость газа определяется выражением  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3/2R\Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2}R$ . В данном процессе работа газа равна нулю, в результате, теплоёмкость оставалась постоянной.

Ответ: 313.



**В3**

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

Установите соответствие между величинами и их значениями.

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

ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

А) количество ядер  ${}_{80}^{203}\text{Hg}$  через 139,8 суток

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

Б) количество ядер  ${}_{81}^{203}\text{Tl}$  через 93,2 суток

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

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

7)  $N$

**Решение.** А) Оставшееся число частиц описывается формулой  $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$ , поэтому

через 139,8 суток останется  $N \cdot 2^{-139,8/46,6} = \frac{N}{8}$  ядер  ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ .

Б) Количество образовавшихся ядер  ${}_{81}^{203}\text{Tl}$  равно количеству распавшихся ядер  ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ .

Чтобы его найти, нужно вычесть из исходного количества нераспавшихся ядер оставше-

еся количество ядер  ${}_{80}^{203}\text{Hg}$  через 93,2 суток:  $N - N \cdot 2^{-93,2/46,6} = N - \frac{N}{4} = \frac{3N}{4}$ .

Ответ: 13.

**В4**

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

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

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

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

### ФОРМУЛЫ

А) время подъёма  $t$  на максимальную высоту

Б) максимальная высота  $h$  над горизонтом

1)  $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

2)  $\frac{v \cos^2 \alpha}{g}$

3)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$

**Решение.** А) За время подъёма на максимальную высоту вертикальная составляющая скорости уменьшится до нуля. Поэтому её уравнение движения в этот момент запишется как  $v \sin \alpha - gt = 0$ , откуда следует формула 4) для времени.

Б) Запишем уравнение движения для вертикальной координаты и подставим время из

$$h_{max} = v_y t - \frac{gt^2}{2} = v \sin \alpha \frac{v \sin \alpha}{g} - \frac{g \left( \frac{v \sin \alpha}{g} \right)^2}{2} = 0,5 \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g}.$$

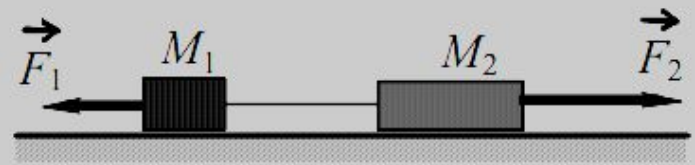
пункта А):

Получили формулу 1).

Ответ: 41.

**A22**

Два груза массами соответственно  $M_1 = 1$  кг и  $M_2 = 2$  кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны невесомой и нерастяжимой нитью.



На грузы действуют силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , как показано на рисунке. Сила натяжения нити  $T = 15$  Н. Каков модуль силы  $F_1$ , если  $F_2 = 21$  Н?

1) 6 Н

2) 12 Н

3) 18 Н

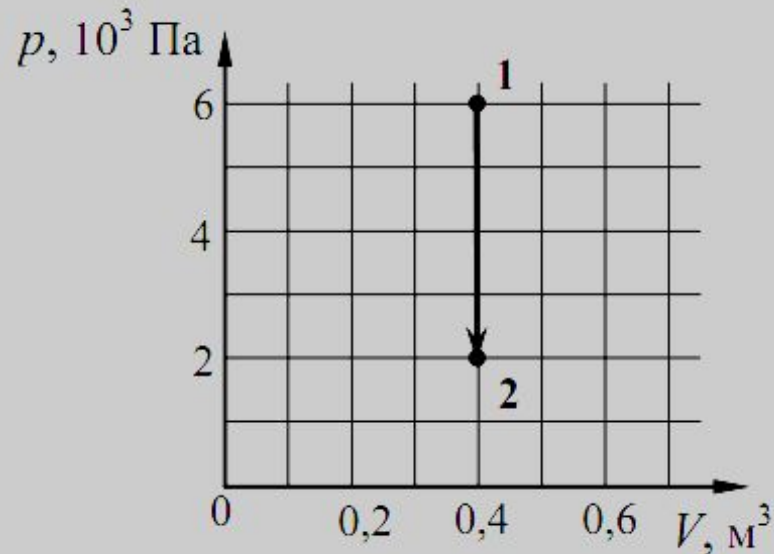
4) 21 Н

**Решение.** На правый грузик в горизонтальном направлении действуют сила  $F_2$  и сила натяжения нити  $T$ . Поскольку равнодействующая этих сил отлична от нуля, грузик движется вправо с некоторым ускорением. Так как грузики связаны нерастяжимой нитью, ускорения грузиков совпадают. Выпишем для обоих грузиков второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось:  $T - F_1 = M_1 a$ ,  $F_2 - T = M_2 a$

Решая систему из этих двух уравнений для силы, действующей на левый грузик, получаем  $F_1 = T - \frac{M_1}{M_2}(F_2 - T) = 15 \text{ Н} - \frac{1 \text{ кг}}{2 \text{ кг}} \cdot (21 \text{ Н} - 15 \text{ Н}) = 12 \text{ Н}$  Правильный ответ: 12 Н.

**A23**

Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, и он перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение  $\frac{N_2}{N_1}$  количества молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



1)  $\frac{1}{3}$

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

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

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

**Решение.** Запишем уравнение состояния для идеального газа  $p = nkT \Leftrightarrow pV = NkT$ .  
Найдём отношение количества частиц в конце и в начале опыта:

$$\begin{cases} p_2 V_2 = N_2 k T \\ p_1 V_1 = N_1 k T \end{cases} \Leftrightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{2 \cdot 2}{6} = \frac{2}{3}$$

Подставим данные из графика и получим:

Правильный ответ указан под номером 2.

**A24**

Прямолинейный проводник подвешен горизонтально на двух нитях в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Вектор магнитной индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. Во сколько раз изменится сила натяжения нитей при изменении направления тока на противоположное? Масса единицы длины проводника 0,01 кг/м, сила тока в проводнике 5 А.

1) 1,5 раза

2) 2 раза

3) 2,5 раза

4) 3 раза

**Решение.** На проводник с током в однородном магнитном поле действует сила Ампера, сила тяжести и сила натяжения нитей. Т. к. проводник и вектор магнитной индукции горизонтальны и взаимно перпендикулярны, сила Ампера может быть направлена либо вверх, либо вниз. Тогда, по второму закону Ньютона, сила натяжения нитей  $T = mg \pm IBl$  в зависимости от направления тока в проводнике.

Найдём отношение сил натяжения в двух случаях:

$$\frac{T_+}{T_-} = \frac{mg + IBl}{mg - IBl} = \frac{m/lg + IB}{m/lg - IB} \Rightarrow \frac{T_+}{T_-} = \frac{0,01 \text{ кг/м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 5 \text{ А} \cdot 0,01 \text{ Тл}}{0,01 \text{ кг/м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 5 \text{ А} \cdot 0,01 \text{ Тл}} = 3.$$

Правильный ответ указан под номером 4.

**A25**

Линза с фокусным расстоянием  $F = 1$  м даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 4 раза. Каково расстояние от предмета до линзы?

1) 0,50 м

2) 0,75 м

3) 1,25 м

4) 1,50 м

**Решение.** Фокусное расстояние связано с расстоянием от предмета до линзы и расстоянием от линзы до изображения формулой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ . Увеличение линзы равно отношению высоты изображения к высоте объекта:  $\Gamma = \frac{H}{h}$ . Из геометрического построения также  $\Gamma = \frac{f}{d}$ . Тогда  $\frac{f}{d} = 4 \Leftrightarrow f = 4d \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{4d} = \frac{5}{4d} \Leftrightarrow d = \frac{5}{4}F = 1,25$  м.

Ответ: 1,25 м.

С1

Катушка, обладающая индуктивностью  $L$ , соединена с источником питания с ЭДС  $\mathcal{E}$  и двумя одинаковыми резисторами  $R$ . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

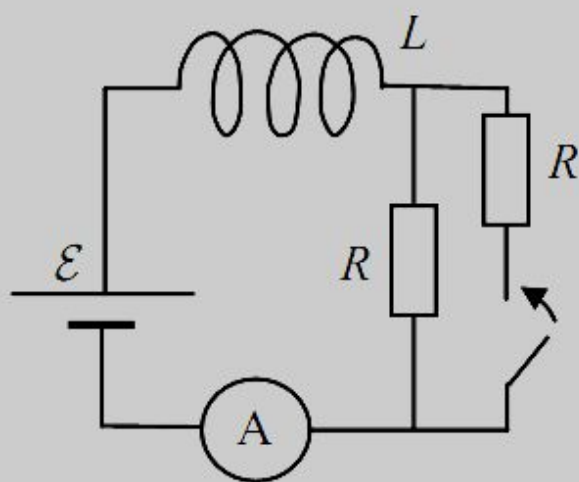


Рис. 1

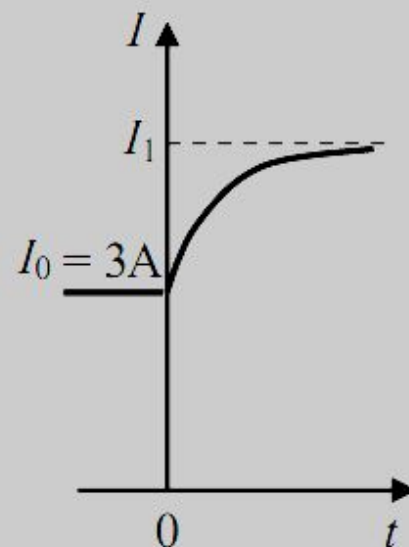


Рис. 2

В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения —  $I_1$ . Определите значение силы тока  $I_1$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

## Возможное решение

1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи:  $IR_{\text{общ}} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_{\text{инд}}$ ,

где  $I$  – сила тока в цепи,  $R_{\text{общ}}$  – сопротивление цепи, а  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  – ЭДС

самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.

2. До замыкания ключа  $R_{\text{общ}} = R$ ; сила тока через амперметр определяется

законом Ома для замкнутой цепи:  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$ .

3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.

4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через

катушку плавно возрастает до стационарного значения:  $I_1 = 2 \frac{\mathcal{E}}{R} = 2I_0 = 6 \text{ А}$



# ДЕМО - 2014

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	1
A2	1	A15	2
A3	3	A16	3
A4	1	A17	4
A5	3	A18	2
A6	3	A19	3
A7	4	A20	3
A8	2	A21	2
A9	1	A22	2
A10	4	A23	2
A11	2	A24	4
A12	4	A25	3
A13	1		

№ задания	Ответ
B1	112
B2	313
B3	13
B4	41