

**Примерный демонстрационный вариант
контрольных измерительных материалов
единого государственного экзамена 2016 года по физике**

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 235 минут. Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые следует дать краткий ответ и 4 задания повышенной трудности с выбором правильного ответа (А22–А25).

Часть 3 состоит из 6 задач (С1–С6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий В3–В4 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!
2016г.**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

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 π	$\pi = 3,14$
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	$= 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

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^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°С

Молярная масса

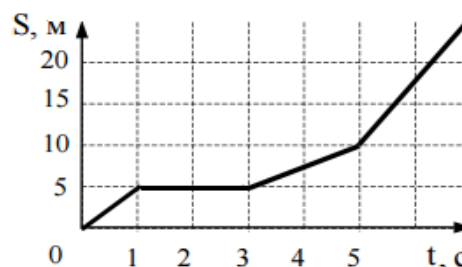
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . В каком интервале времени после начала движения велосипедист не двигался?

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



Решение: Велосипедист не двигался от 1 с до 3 с, так как пройденный путь оставался постоянным (от начала движения за 1 с он прошел 5 м и затем в течение 2 с он не двигался)

Ответ: 2

A2 Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9000 м. Систему отчета, связанную с Землей, считать инерциальной. Что можно сказать о силах, действующих на самолет ?

- 1) на самолет не действует сила тяжести
- 2) сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю
- 3) на самолет не действуют никакие силы
- 4) сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет.

Решение: Исходя из второго закона Ньютона, так как самолет летит прямолинейно и равномерно, то сумма всех сил действующих на самолет равна нулю.

Ответ: 2

A3 Расстояние от спутника до центра Земли равно четырем радиусам Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли уменьшится в 3 раза?

- 1) в 6 раз
- 2) в 9 раз
- 3) в 12 раз
- 4) в 14 раз

Решение: В первом случае, когда спутник находится на расстоянии $4R$, сила притяжения $F_1 = G \frac{mM}{16R^2}$, где $G = \frac{M}{16R^2}$ — это ускорение свободного падения на этой высоте.

Во втором случае $F_2 = G \frac{mM}{(\frac{4}{3}R)^2} = G \frac{9mM}{16R^2}$

Следовательно, необходимо решить систему уравнений.

$$\begin{cases} F_1 = G \frac{mM}{16R^2} \\ F_2 = G \frac{9mM}{16R^2} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{9} \Leftrightarrow F_2 = 9F_1$$

Ответ: 2

A4 Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова скорость охотника после выстрела?

- 1) 0,6 м 2) 0,8 3) 0,12 4) 0,15

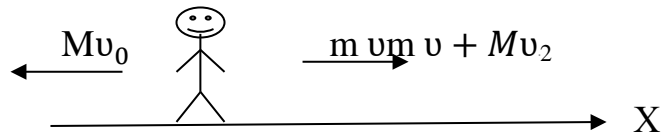
Решение:

Дано:
 $M = 60 \text{ кг}$
 $m = 0,03 \text{ кг}$
 $v = 300 \text{ м/с}$

$v_0 = ?$

До выстрела общий импульс равен нулю.

После выстрела



Согласно закону сохранения импульса $0 = m v + M v_2$, или алгебраическая сумма $m v - M v_0 = 0 \leftrightarrow v_0 = \frac{m v}{M}; v_0 = 0,15 \text{ м/с}$

Ответ: 4

A5 При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх шарик массой 100 г. поднимается на высоту 2 м. Какова жесткость пружины, если до выстрела она была сжата на 5 см? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 1) 1200 Н/м 2) 1400 Н/м 3) 1600 Н/м 4) 1800 Н/м

Решение:

Дано:
 $m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$
 $h = 2 \text{ м}$
 $\Delta x = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

$k = ?$

Решение

Сжатая пружина обладает потенциальной энергией

$$E_{P_1} = \frac{k \Delta x^2}{2}$$

Эта энергия превратится в потенциальную энергию

$$E_{P_2} = m g h$$

Согласно закону сохранения энергии $E_{P_1} = E_{P_2}$

$$\frac{k \Delta x^2}{2} = m g h \leftrightarrow k = \frac{2 m g h}{\Delta x^2} \leftrightarrow k = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 2}{25 \cdot 10^{-4}} = \frac{4 \cdot 10^4}{25} = 1600 \text{ Н/м}$$

Ответ: 3

A6 Период собственных малых колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника уменьшить в 4 раза ?

- 1) 0,2 с 2) 0,4 с 3) 0,6 с 4) 0,8 с

Решение:

Дано:
 $T_1 = 1,2 \text{ с}$
 $m_2 = \frac{m_1}{4}$

$T_2 = ?$

Периоды колебаний маятников

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k}} \\ T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k}} \end{cases}$$

k -остается постоянным, так как пружина та же.

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{\frac{m_1}{\frac{m_1}{4}}} = 2$$

Откуда $T_2 = \frac{T_1}{2}$; $T_2 = 0,6$ с

Ответ: 3

А7 Температура чугунной детали массой 3 кг увеличилась от 100°C до 300°C . Какое количество теплоты получила деталь?

- 1) 200 кДж 2) 300 кДж 3) 400 кДж 4) 500 кДж

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$C_1 = 100^\circ\text{C}$$

$$C_2 = 300^\circ\text{C}$$

Q-?

Решение:

Количество теплоты, полученное деталью

$$Q = mc\Delta t$$

Удельная теплоемкость из таблицы $c = 500 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$
Следовательно, $Q = 500 \cdot 3 \cdot 200 = 3 \cdot 10^5 = 300 \text{ кДж}$

Ответ: 2

А8 Относительная влажность воздуха в комнате равна 60%. Давление насыщенного водяного пара при той же температуре равно 2,5 кПа. Атмосферное давление равно 100 кПа. Чему равно парциальное давление водяного пара в комнате?

- 1) 1,5 кПа 2) 2,5 кПа 3) 3,5 кПа 4) 4,5 кПа

Дано:

$$\varphi = 60\%$$

$$P_0 = 2,5 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{ат}} = 100 \text{ кПа}$$

P-?

Решение:

Относительная влажность воздуха в комнате

$$\varphi = \frac{P}{P_0} 100\%, \text{ откуда } P = \frac{\varphi P_0}{100\%} \leftrightarrow P = 1,5 \text{ кПа}$$

Ответ: 1

А9 КПД тепловой машины равен 50%. Какую работу совершает машина за сутки, если холодильнику при этом передается 700 Дж теплоты?

- 1) 350 Дж 2) 560 Дж 3) 700 Дж 4) 890 Дж

Дано:

$$\eta = 50\%$$

$$Q_2 = 700 \text{ Дж}$$

A-?

Решение:

$$\text{К.П.Д. тепловой машины } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}; \eta Q_1 = Q_1 - Q_2;$$

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

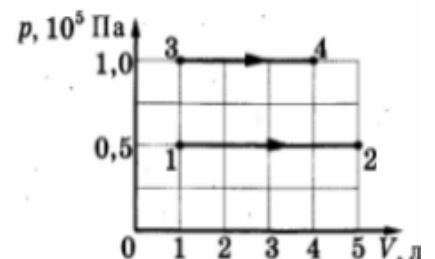
$$\text{С другой стороны } A = Q_1 - Q_2 = \frac{Q_2}{1 - \eta} - Q_2 = \frac{Q_1 - Q_2 - \eta Q_2}{1 - \eta} = \frac{\eta Q_2}{1 - \eta};$$

$$A = \frac{0,5 \cdot 700}{0,5} = 700 \text{ Дж}$$

Ответ: 3

А10 На рисунке показано расширение водорода двумя способами: 1-2 и 3-4. Сравните работу газа в этих процессах.

- 1) $A_{34} = 2A_{12}$
2) $A_{34} = A_{12} = 0$
3) $A_{34} = A_{12}$
4) $A_{34} = 1,5A_{12}$



Решение: Так как P в обоих случаях постоянно, то работа определяется, как

$$A_{34} = P_1 \Delta V_1, \text{ где } P = 10^5 \text{ Па}; \Delta V = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$A_{34} = 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2}$$

$$A_{12} = P_2 \Delta V_2 = 0,5 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$\frac{A_{34}}{A_{12}} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2}} = 1,5 \leftrightarrow A_{34} = 1,5 A_{12}$$

Ответ: 4

A11 Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда q_0 . Если величину пробного заряда уменьшить в n - раз, то модуль напряженности измеряемого поля

- 1) Не изменится
- 2) Увеличится в n - раз
- 3) Уменьшится в n - раз
- 4) Увеличится в n^2 - раз

Решение:

Так как отношение кулоновской силы к пробному заряду (а это и есть напряженность электрического поля) не зависят от пробного заряда, то модуль напряженности не изменится.

Ответ: 1

A12 В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силы тока, то количество выделившейся теплоты будет равно

- 1) $8Q$
- 2) $4Q$
- 3) $2Q$
- 4) Q

Решение:

Количество теплоты согласно закону Джоуля – Ленца $Q = I^2 R t$. Поэтому естественно, что при увеличении времени и сопротивления в 2 раза, количество теплоты увеличится в 4 раза и станет $4Q$.

Ответ: 2

A13 Индуктивность катушки увеличили в 2 раза, а силу тока в ней уменьшили в 2 раза. Энергия магнитного поля катушки при этом

- 1) увеличилась в 8 раз
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) уменьшилась в 8 раз
- 4) увеличилась в 4 раза

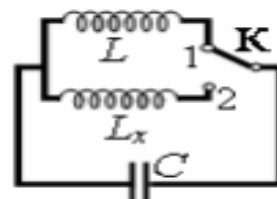
Решение:

Энергия магнитного поля $W = \frac{L y^2}{2}$. Если увеличить индуктивность в 2 раза, а ток уменьшить в 2 раза, то получим

$$W_1 = \frac{2L \cdot \frac{y^2}{4}}{2} = \frac{L y^2}{4} = \frac{W}{2}, \text{ т.е. уменьшится в 2 раза.}$$

Ответ: 2

A14 При переводе ключа K из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в 3 раза. Во сколько раз индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок) больше L ?



- 1) в 2 раза
- 2) в 4 раза
- 3) в 5 раз
- 4) в 9 раз

Дано:

$$T_2 = 3T$$

$$\frac{L_x}{L} - ?$$

Решение:

В первом и втором случаях периоды колебаний соответственно

$$\text{равны: } T_1 = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{L_x C}$$

Необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi\sqrt{LC} \\ T_2 = 2\pi\sqrt{L_x C} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} T_1^2 = 4\pi^2 LC \\ T_2^2 = 4\pi^2 L_x C \end{cases}$$

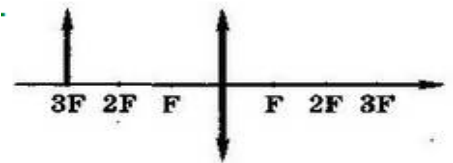
$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{L_x}{L}; \frac{L_x}{L} = 9$$

Ответ: 4

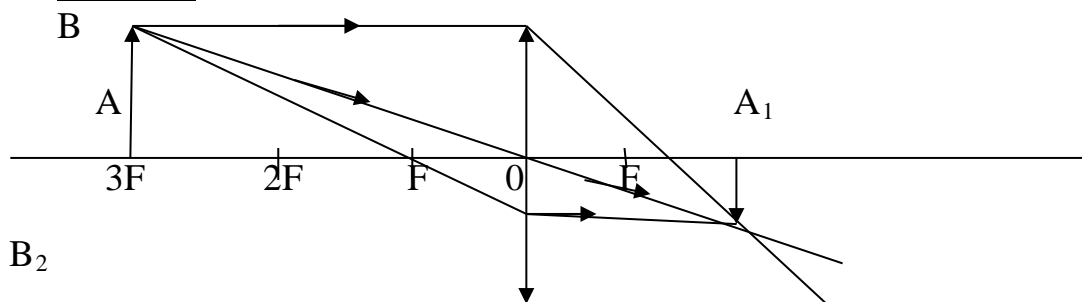
A15 Предмет расположен на тройном фокусном расстоянии от тонкой линзы.

Его изображение будет

- 1) перевернутым и увеличенным
- 2) перевернутым и уменьшенным
- 3) прямым и уменьшенным
- 4) прямым и увеличенным



Решение:



Изображение действительное, перевернутое и уменьшенное.

Ответ: 2

A16 Неподвижная ракета на Земле имела длину $L_0 = 400$ м. Если с точки зрения наблюдателя, оставшегося на Земле, при равномерном движении ее длина уменьшилась в 1,5 раза, то отношение скорости ракеты к скорости света в вакууме равно

- 1) 0,63
- 2) 0,71
- 3) 0,75
- 4) 0,99

Дано:

$$L_0 = 400 \text{ м}$$

$$L = \frac{L_0}{1,5}$$

$$\frac{v}{c} - ?$$

Решение:

$$\text{Известно что } L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; L = 1,5L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{1,5}; 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2,25}; \rightarrow \frac{v}{c} = 0,75$$

Ответ: 3

A17 Частота красного света примерно в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Энергия фотона красного света по отношению к энергии фотона фиолетового света.

- 1) больше в 4 раза
- 2) больше в 2 раза
- 3) меньше в 2 раза
- 4) меньше в 4 раза

Дано:

$$\vartheta_{\text{кр}} = \frac{\vartheta_{\text{ср}}}{2}$$

$$\frac{E_{\text{кр}}}{E_{\text{ср}}} = ?$$

Решение:

Энергия фотонов для красного и фиолетового цветов соответственно равны:

$$E_{\text{кр}} = h\vartheta_{\text{кр}} E_{\text{ср}} = h\vartheta_{\text{ср}}$$

$$\frac{E_{\text{кр}}}{E_{\text{ср}}} = \frac{\vartheta_{\text{кр}}}{\vartheta_{\text{ср}}} = \frac{1}{2}$$

Ответ: 3

A18 Атом натрия ${}^{23}_{11}\text{Na}$ содержит:

1. 11 протонов, 23 нейтрона, 34 электрона
2. 23 протона, 11 нейтронов, 11 электронов
3. 12 протонов, 11 нейтронов, 12 электронов
4. 11 протонов, 12 нейтронов, 11 электронов

Ответ: 4

A19 Изотоп ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ превратился в изотоп ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. При этом произошло:

- 1) пять α -распадов и четыре β -распада
- 2) четыре α -распада и три β -распада
- 3) пять α -распадов и четыре β -распада
- 4) два α -распада и три β -распада



Воспользуемся законом сохранения массы и заряда

$$226 = 206 + 4 \cdot x \rightarrow x = 5 \text{ (так как масса } \beta\text{-частицы 0)}$$

$$88 = 82 + 10 + y$$

$y = -4$. Следовательно, произошло 5 α -распадов и четыре β -распада.

Ответ: 1

A20 При определении плотности вещества ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах: $m = 90.00$ г. Объем был измерен с использованием мерного цилиндра: $V = (30 \pm 1) \text{ см}^3$. На основе этих измерений можно сказать, что, скорее всего, плотность вещества

1. $\rho > 3,1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
2. $\rho < 2,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
3. $2,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} < \rho < 3,1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
4. $\rho = 3,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Дано:

$$m = 90.00 \text{ г}$$

$$V = (30 \pm 1) \text{ см}^3$$

$$\rho = ?$$

Решение:

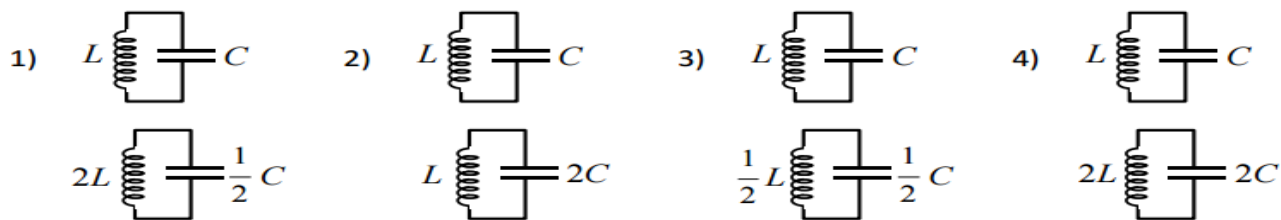
Воспользуемся методом границ, найдя нижнюю границу (н.г.) и верхнюю границу (в.г.)

$$\rho = \frac{m}{V}; \text{ н.г. } \rho_1 = \frac{90}{30-1} = 3,1 \quad \text{в.г. } \rho_2 = \frac{90}{30+1} = 2,9$$

Следовательно, $2,9 < \rho < 3,1$

Ответ: 3

A21 Ученик изучает зависимости периода электромагнитных колебаний в контуре от емкости конденсатора. Какие два контура он должен выбрать для этого исследования?



Решение:

Так как период электромагнитных колебаний $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Если ученик хочет изучить зависимость периода колебаний в контуре от емкости конденсатора, он должен индуктивность контура оставить постоянной. Исходя из этого, ответ будет 3.

Ответ: 3

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1 Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R со скоростью v . Что произойдет с радиусом орбиты и кинетической энергией при увеличении скорости ее движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1. Увеличится
2. Уменьшится
3. Не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы

Решение: При движении частицы в магнитном поле на нее действует сила Лоренца $F = qv \sin\alpha$. Так как частица движется по окружности ($\sin\alpha = 1$) и согласно второму закону Ньютона эта сила сообщает центростремительное ускорение $F = ma = \frac{mv^2}{R}$, где R - радиус окружности. Следовательно,

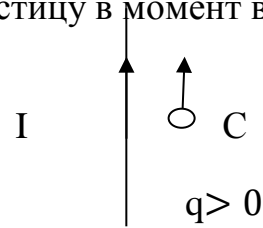
$$qv = \frac{mv^2}{R} \longrightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Из последнего выражения видно, что при увеличении скорости частицы, радиус увеличивается. Так как кинетическая энергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$; следует, что кинетическая энергия тоже увеличивается.

Ответ: 11

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы
1	1

В2 По вертикальному длинному прямому проводу течет постоянный ток I . В момент времени t в точке C рядом с проводом оказывается положительно заряженная частица со скоростью v , направленная параллельно проводу (см. рисунок). Как направлен вектор индукции B магнитного поля провода в точке C и сила Лоренца действующая на заряженную частицу в момент времени t ?



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

ВЕКТОРЫ

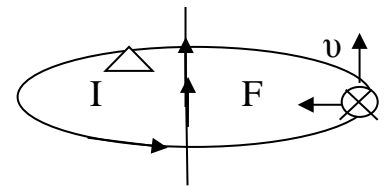
НАПРАВЛЕНИЯ ВЕКТОРОВ

А) вектор индукции магнитного поля провода в точке C направлен

- 1) от наблюдателя
- 2) к наблюдателю
- 3) горизонтально влево ←
- 4) горизонтально вправо →

Б) сила Лоренца, действующая на заряженную частицу направлена

Решение:



Проведем силовую линию магнитного поля, созданного проводником, которая проходит через зону. Согласно правилу буравчика (правый винт), силовая линия будет иметь направление против часовой стрелки. Следовательно, в точке C вектор B будет направлен касательно к силовой линии от наблюдателя.

Согласно правилу левой руки, вектор B должен входить в ладонь, четыре вытянутых пальца совпадают с направлением скорости, тогда большой палец, согнутый под углом 90° к ладони, покажет направление силы Лоренца. Она будет направлена горизонтально влево.

Ответ: 13

А	Б
1	3

В3 Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) максимальная высота h над горизонтом

1) $\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

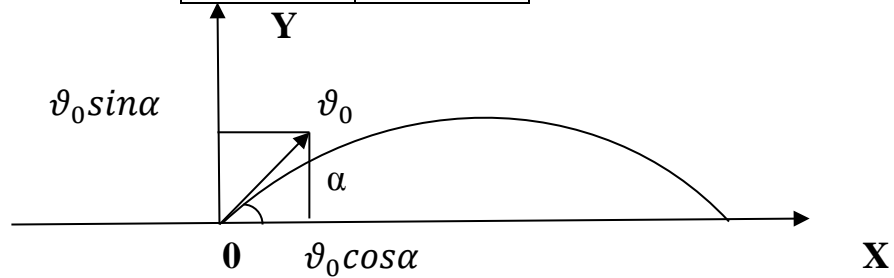
Б) время подъема t на максимальную высоту

2) $\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$

3) $\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

А	Б

Решение:



Максимальная высота подъема $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ (1)

Зависимость координат от времени $\begin{cases} X = v_0 t \cos \alpha \\ Y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$

$y=0; \quad v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0; \quad t(v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}) = 0;$

$t=0; \quad t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$. Время подъема до максимальной высоты $t = \frac{t_2}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$;

Можно рассуждать иначе (в высшей точке траектории $v_0 = 0$)

$h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2). Подставляя (1) в (2), получим $t = \sqrt{\frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

Ответ: 34

А	Б
3	4

В4 При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длин волны падающего света, фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный цвет, во второй – только зеленый.

Как изменяются частота световой волны и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

1. Увеличится
2. Уменьшится
3. Не изменится

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

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

Решение:

Так как длина волны красного света больше длины волны зеленого

$\lambda_{кр} > \lambda_{зел}$, то $\nu_{кр} < \nu_{зел}$ следовательно, при переходе от первой серии опытов ко второй, частота света увеличивается. Согласно формуле Эйнштейна для фотоэффекта $h\nu = A + E_{кр}$ следует, что максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличивается, так как энергия фотонов для $h\nu_{кр} < h\nu_{зел}$

Ответ: 11

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов
1	1

Задания этой части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий (A22–A25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A22 Для определения удельной теплоемкости вещества тело массой 450 г., нагретое до температуры 100°C, опустили в калориметр, содержащий 200 г. воды. Начальная температура калориметра с водой 23 °C. После установления теплового равновесия температура тела и воды стала 30 °C. Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела и округлите до целых. Теплоемкостью калориметра пренебечь.

- 1) $187 \frac{\text{Дж}}{\text{кг К}}$ 2) $210 \frac{\text{Дж}}{\text{кг К}}$ 3) $300 \frac{\text{Дж}}{\text{кг К}}$ 4) $350 \frac{\text{Дж}}{\text{кг К}}$

Дано:

$$m_1 = 450 \text{ г} = 0,45 \text{ кг}$$

$$t_1^0 = 100^\circ \text{C}$$

$$m_2 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_2^0 = 23^\circ \text{C}$$

$$\Theta = 30^\circ \text{C}$$

$$C_x - ?$$

Решение:

В данном случае тело отдает количество теплоты

$$Q_1 = m_1 C_x (t_1^0 - \Theta)$$

Вода получает количество теплоты

$$Q_2 = m_2 C_b (\Theta - t_2^0)$$

Так как теплоемкостью калориметра можно пренебечь, то $Q_1 = Q_2$

$$m_1 C_x (t_1^0 - \Theta) = m_2 C_b (\Theta - t_2^0)$$

$$C_x = \frac{m_2 C_b (\Theta - t_2^0)}{m_1 (t_1^0 - \Theta)}$$

Учитывая, что удельная теплоемкость воды $C_b = 4200 \text{ Дж/кгК}$, получим $C_x = 187 \text{ Дж/кгК}$

Ответ: 1

A23 Емкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Зависимость напряжения на конденсаторе от времени имеет вид: $U = a \sin(bt)$, где $a = 60 \text{ В}$ и $b = 500 \text{ с}^{-1}$. Найти амплитуду колебаний силы тока.

- 1) 1,5 А 2) 2 А 3) 2,5 А 4) 4 А

Дано:

$$C = 50 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U = a \sin(bt)$$

$$a = 60 \text{ В}$$

$$b = 500 \text{ с}^{-1}$$

$$I_M - ?$$

Решение:

Зависимость напряжение на конденсаторе от времени имеет вид

$$U = 60 \sin 500t, \text{ где } U_M = 60$$

U – амплитудное значение направления.

С другой стороны, емкостное сопротивление

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{bC}, \text{ где } b = 500 \text{ с}^{-1} \text{ – цикличная частота переменного тока.}$$

$$I_M = \frac{U_M}{X_C} = U_M b C; I_M = 60 \cdot 500 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 1,5 \text{ А}$$

Ответ: 1

A24 Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. Насколько нужно уменьшить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов уменьшилась в 2 раза ?

- 1) 0,4 эВ 2) 0,3 эВ 3) 0,2 эВ 4) 0,1 эВ

Дано:

$$E_1 = 2,1 \text{ эВ}$$

$$A = 1,9 \text{ эВ}$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 2$$

$\Delta E = ?$

Решение:

Согласно формул Эйнштейна для фотоэффекта

$$\begin{cases} E_1 = A + E_{k1} \\ E_2 = A + E_{k2} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} E_{k1} = E_1 - A \\ E_{k2} = E_2 - A \end{cases}$$

Делим первое выражение на второе и получаем:

$$2 = \frac{E_1 - A}{E_2 - A} \leftrightarrow E_1 - A = 2E_2 - 2A, \text{ откуда } E_2 = \frac{E_1 + A}{2}; E_2 = 2 \text{ эВ}$$

Следовательно $\Delta E = E_1 - E_2; \Delta E = 0,1 \text{ эВ}$

Ответ: 4

A25 Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно R , а второго $2R$. Во сколько раз увеличится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и длину первого проводника увеличить вдвое?

- 1) в 2 раза 2) в 3 раза 3) в 4 раза 4) в 5 раз

Решение:

В первом случае общее сопротивление будет $R + 2R = 3R$. Если увеличить удельное сопротивление и длину первого проводника вдвое, то тогда его сопротивление $R_1 = 4R$, так как $R = \rho \frac{l}{s}$, а $R_1 = 2 \rho \frac{2l}{s} = 4 \rho \frac{l}{s} = 4R$

Следовательно, общее сопротивление во втором случае

$$4R + 2R = 6R$$

$$\text{Тогда } \frac{6R}{3R} = 2 \text{ раза}$$

Ответ: 1

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1 При укладке рельсов железной дороги между ними оставляют небольшой зазор в 2-3 см. Для чего это делают? Ответ поясните, ссылаясь на физические закономерности.

Решение.

Небольшой зазор в 2-3 см оставляют для учета теплового расширения рельсов летом, так как перепад температур в течение года может достигнуть 60°C . Если зазор не оставлять, то при расширении рельсов летом произойдет деформация железной дороги.

С2 Пластилиновая пуля массой 9 г. летит горизонтально со скоростью 20 м/с и попадает в груз, неподвижно висящий на нити длиной 40 см. В результате этого, груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен 60° . Какова масса груза?

Дано:
 $m = 9\text{г} = 9 \cdot 10^{-3}$
 $l = 40\text{см} = 0,4\text{ м}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $\vartheta = 20\text{ м/с}$
 $M = ?$

Решение:

Согласно закону сохранения импульса

$$m\vartheta = (m + M)\vartheta_x, \text{ где}$$

ϑ_x – скорость груза сразу после удара

$$\vartheta_x = \frac{m}{m+M}\vartheta(1)$$

Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{(m+M)\vartheta^2}{2} = (m + M)gh(2), \text{ где } h = l - l \cos\alpha = l(1 - \cos\alpha)$$

Подставляя (1) в (2) получим

$$(m + M) \cdot \left(\frac{m}{m + M}\right)^2 \vartheta^2 = 2(m + M)gl(1 - \cos\alpha)$$

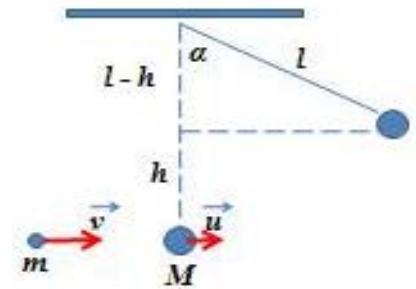
$$m^2 \vartheta^2 = 2(m + M)^2 gl(1 - \cos\alpha)$$

$$m + M = \sqrt{\frac{m^2 \vartheta^2}{2gl(1 - \cos\alpha)}}$$

$$M = \frac{m\vartheta}{\sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}} - m = m \left(\frac{\vartheta}{\sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}} - 1 \right);$$

$$M = 9 \cdot 10^{-3} \left(\frac{20}{\sqrt{20 \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{2}}} - 1 \right) = 9 \cdot 10^{-3} \cdot 9 = 81(\text{г})$$

Ответ: 81 г



С3 Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5\text{ кДж}$. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?

Дано:

$$A_{12} = 5\text{ кДж} = 5 \cdot 10^3\text{ Дж}$$

$Q_{\text{хол.}} = ?$

Решение:

При переходе газа из состояния 1 в состояние 2, работа $A_{12} = 2\rho_0 \cdot 2V_0 = 4\rho_0 V_0(1)$

Согласно первому закону термодинамики, количество теплоты, переданное газом за цикл холодильнику $|Q_{\text{хол.}}| = |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{23}$

Учитывая, что

$$U_2 = \frac{3}{2} \rho_0 \cdot 3V_0 = 9\rho_0 V_0 \quad U_3 = \frac{3}{2} \rho_0 V_0$$

Работа при переходе $2 \rightarrow 3$ будет равна площади фигуры под графиком

$$A_{23} = \frac{\rho_0 + 2\rho_0}{2} \cdot 2V_0 = 3\rho_0 V_0$$

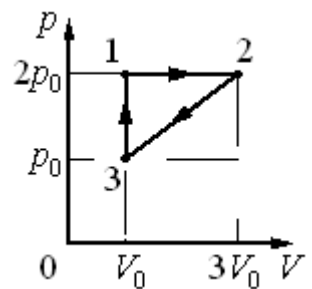
$$\text{Следовательно, } Q_{\text{хол.}} = (9\rho_0 V_0 - \frac{3}{2} \rho_0 V_0) + 3\rho_0 V_0 = \frac{15}{2} \rho_0 V_0 + 3\rho_0 V_0 = \frac{21}{2} \rho_0 V_0(2)$$

$$\text{Из (1) получим } \rho_0 V_0 = \frac{A_{12}}{4}(3)$$

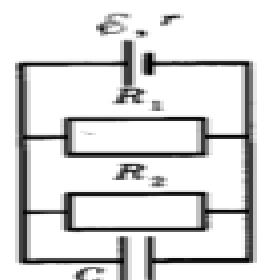
(3) \rightarrow (2)

$$Q_{\text{хол.}} = \frac{21}{2} + \frac{A_{12}}{4} = \frac{21}{8} A_{12} = 13\text{ кДж}$$

Ответ: 13 кДж



С4 Источник постоянного тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,6\text{ Ом}$ присоединен к параллельно соединенным резисторам $R_2 = 6\text{ Ом}$ и конденсатору.



Определите ЭДС ε источника, если энергия электрического поля конденсатора равна $W = 25$ мкДж, а его емкость $C = 2$ мкФ.

Решение:

Дано:

$$r = 0,6 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$W = 25 \text{ мкДж} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$C = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\varepsilon - ?$$

Согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}, \text{ где } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \text{ Следовательно}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r} \quad (1)$$

Энергия конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2}; \rightarrow U = \sqrt{\frac{2W}{C}}; \text{ С другой стороны } I = \frac{U}{R} = \frac{\sqrt{\frac{2W}{C}}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (2)$$

Сопоставляя (1) и (2) получим $\frac{\sqrt{\frac{2W}{C}}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r};$

Учитывая, что $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2,4 \text{ Ом}$

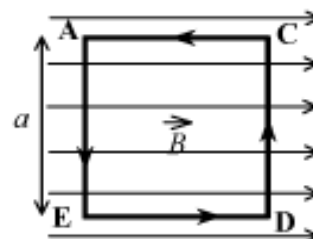
$$\frac{\sqrt{\frac{2W}{C}}}{R} = \frac{\varepsilon}{R+r};$$

$$\varepsilon = \frac{(R+r) \sqrt{\frac{2W}{C}}}{R};$$

$$\varepsilon = \frac{3 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6}}}}{2,4} = \frac{3 \cdot 5}{2,4} = 6,25 \text{ (В)}$$

Ответ: $\varepsilon = 6,25 \text{ В}$

C5 На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит жесткая рамка массой m из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата $AECD$ со стороной a (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции B , который перпендикулярен сторонам AE и CD и равен по модулю B . По рамке течет ток I в направлении, указанном стрелками (см. рисунок). При какой максимальной величине B рамка начнет поворачиваться вокруг стороны CD .



Решение:

На стороны AE и CD будут действовать силы Ампера $F_{A1} = F_{A2} = I \cdot a \cdot B$. Момент силы Ампера относительно оси, проходящей через сторону CD .

$M_A = I \cdot a^2 \cdot B$. Момент силы тяжести относительно оси CD : $M_{mg} = \frac{1}{2} m g a$. Условия

$$\text{отрыва } M_A > M_{mg} \leftrightarrow I a^2 B > \frac{1}{2} m g a \quad B > \frac{mg}{2Ia}$$

Ответ: $B > \frac{mg}{2Ia}$

Ответ: $1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

С6 Тело массой $m = 0,4$ кг, подвешенное на пружине с жесткостью k , совершает малые гармонические колебания с амплитудой, равной 10 см. В тот момент, когда скорость движения тела равна 4 м/с, смещение тела от положения равновесия равно 6 см. Определить жесткость пружины.

Дано:

$$m = 0,4 \text{ кг.}$$

$$A = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$x = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$k = ?$

Решение:

Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{kx^2}{2}, \text{ где } \frac{kA^2}{2} - \text{ полная энергия системы}$$

$$\frac{m\vartheta^2}{2} \text{ и } \frac{kx^2}{2} - \text{ кинетическая и постоянная энергия}$$

$$\frac{k}{2}(A^2 - X^2) = \frac{m\vartheta^2}{2};$$

$$K = \frac{m\vartheta^2}{A^2 - X^2}$$

$$K = \frac{0,4 \cdot 16}{10^{-2} - 36 \cdot 10^{-4}} = \frac{6,4}{0,0064} = 10^3 \text{ Н/м}$$

Ответ: 10^3 Н/м