Единый государственный экзамен 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 даётся четыре варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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}

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

Константы

число π	$\pi = 3{,}14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7\cdot10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3\cdot10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6\cdot10^{-34}$ Дж·с

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = – 273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1{,}66\cdot10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж

Масса частиц

электрона	$9{,}1\cdot10^{-31}$кг ≈ $5{,}5\cdot10^{-4}$ а.е.м.
протона	$1{,}673\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	$1{,}675\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2\cdot10^3$	Дж/(кг·К)	алюминия	900	Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1\cdot10^3$	Дж/(кг·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	$2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2{,}5\cdot10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3{,}3\cdot10^5$ Дж/кг

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

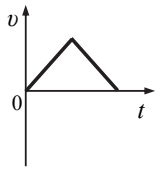
Молярная масса

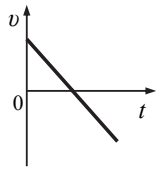
азота	$28\cdot10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4\cdot10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40\cdot10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32\cdot10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2\cdot10^{-3}$	кг/моль	лития	$6\cdot10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29\cdot10^{-3}$	кг/моль	неона	$20\cdot10^{-3}$	кг/моль
воды	$18\cdot10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44\cdot10^{-3}$	кг/моль

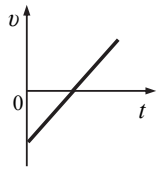
Часть 1

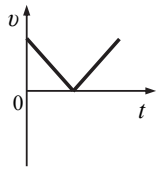
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А1 Мяч, упав с некоторой высоты из состояния покоя, ударился о Землю и подпрыгнул вверх на такую же высоту. Какой график соответствует зависимости модуля скорости мяча от времени?

1) 

2) 

3) 

4) 

А2 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение $\vec{a}$. Под действием какой силы в этой системе отсчёта тело массой $\frac{m}{3}$ будет иметь ускорение $2\vec{a}$?

1) $\frac{1}{6}\vec{F}$ 2) $\frac{2}{3}\vec{F}$ 3) $\frac{3}{2}\vec{F}$ 4) $6\vec{F}$

А3 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 $2m$ и $3m$?

1) $9F$ 2) $6F$ 3) $4F$ 4) $5F$

А4 Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся слева направо по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Какими станут модуль и направление скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё в направлении первоначальной скорости тележки со скоростью 3 м/с относительно дороги?

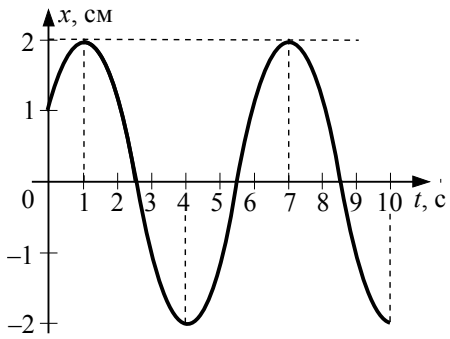
1) 1 м/с, влево
2) 2 м/с, вправо
3) 0
4) 0,5 м/с, влево

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

А5 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Выберите верное утверждение о потенциальной энергии и полной механической энергии спутника.

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

А6 При гармонических колебаниях пружинного маятника координата груза $x(t) = A\sin\left(2\pi\frac{t}{T} + \varphi_0\right)$ изменяется с течением времени t, как показано на рисунке. Период T и амплитуда колебаний A равны соответственно

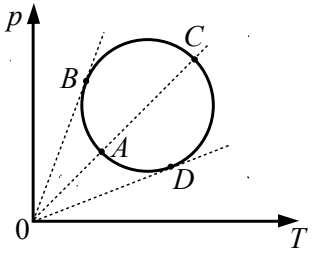


1) $T = 7$ с, $A = 2$ см
2) $T = 4$ с, $A = 4$ см
3) $T = 6$ с, $A = 2$ см
4) $T = 9$ с, $A = 4$ см

А7 В результате нагревания и сжатия идеального одноатомного газа его давление увеличилось в 3 раза, а концентрация его молекул увеличилась в 2 раза. Как изменилась средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа?

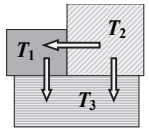
1) увеличилась в 3 раза
2) увеличилась в 6 раз
3) увеличилась в 2 раза
4) увеличилась в 1,5 раза

A8 На pT-диаграмме изображена зависимость давления идеального газа от температуры (см. рисунок). Какому состоянию газа из четырёх (A, B, C, D) соответствует наименьший объём? Массу газа считать неизменной.



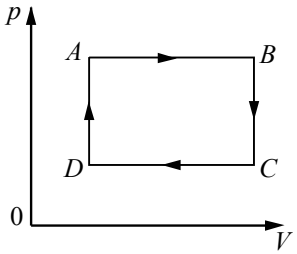
1) A
2) B
3) C
4) D

A9 Три металлических бруска привели в соприкосновение, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи. Сравните температуры брусков перед их соприкосновением.



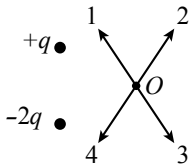
1) $T_1 > T_2 > T_3$
2) $T_3 > T_1 > T_2$
3) $T_3 > T_2 > T_1$
4) $T_2 > T_1 > T_3$

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



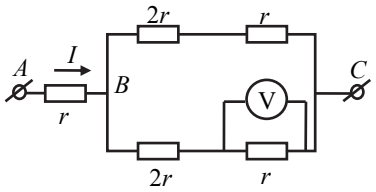
1) AB
2) BC
3) CD
4) DA

A11 По какой из стрелок 1–4 направлен вектор напряжённости $\vec{E}$ электрического поля, созданного двумя разноимёнными неподвижными точечными зарядами, в точке O (см. рисунок, $q > 0$, точка O равноудалена от зарядов)?



1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A12 На рисунке показана схема участка электрической цепи. По участку AB течёт постоянный ток $I = 6$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр, если сопротивление $r = 1$ Ом?



1) 1 В
2) 2 В
3) 3 В
4) 0

A13 Какой из перечисленных ниже процессов объясняется явлением электромагнитной индукции?

1) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
2) взаимное притяжение двух параллельных проводников с сонаправленными токами
3) возникновение тока в металлической рамке, вращающейся в постоянном магнитном поле
4) выбивание электрона из поверхности металла при освещении его светом

A14 Как изменится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если воздушный промежуток между пластинами конденсатора заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$?

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

A15 Предмет находится на расстоянии 40 см от плоского зеркала. Каково будет расстояние между ним и его изображением, если предмет удалить от зеркала ещё на 25 см?

1) 90 см 2) 65 см 3) 130 см 4) 50 см

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

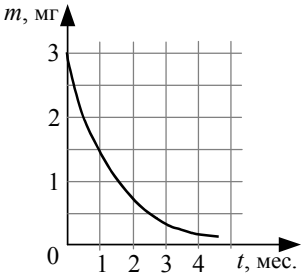
A16 Дифракционная решётка с расстоянием между штрихами d освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решёткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из тёмных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решётка освещается красным светом, во втором – жёлтым, а в третьем – фиолетовым. Используя решётки с различными d, добиваются того, чтобы расстояние между светлыми полосами во всех опытах стало одинаковым. Значения постоянной решётки d_1, d_2, d_3 в первом, во втором и в третьем опытах соответственно удовлетворяют условиям

1) $d_1 > d_2 > d_3$
2) $d_2 > d_1 > d_3$
3) $d_1 = d_2 = d_3$
4) $d_1 < d_2 < d_3$

A17 В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода 3,5 эВ и стали освещать её светом частотой $3 \cdot 10^{14}$ Гц. Затем интенсивность падающей на пластину световой волны уменьшили в 2 раза, оставив неизменной её частоту. При этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

1) сохранила своё первоначальное положительное значение
2) уменьшилась более чем в 2 раза
3) не определена, так как фотоэлектронов не будет
4) уменьшилась в 2 раза

A18 На рисунке показан график изменения массы находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Период полураспада этого изотопа равен



1) 1 мес.
2) 2 мес.
3) 3 мес.
4) 4 мес.

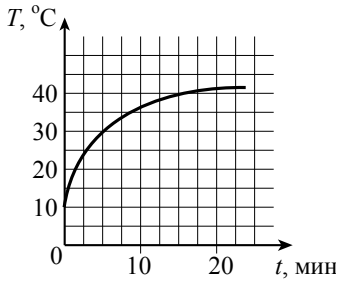
A19 Какое из приведённых уравнений ядерных реакций **противоречит** закону сохранения электрического заряда?

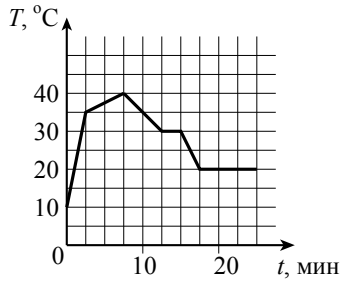
1) ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
2) ${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
3) ${}^{7}_{4}Be + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{7}_{3}Li + \nu_e$
4) ${}^{8}_{3}Li \rightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$

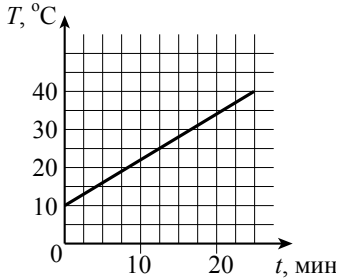
A20 Банку с горячей водой поставили в миску с холодной водой и через равные промежутки времени измеряли значения температуры холодной воды. Погрешности измерения температуры и времени соответственно равны 2 °C и 10 с. Результаты измерений представлены в таблице.

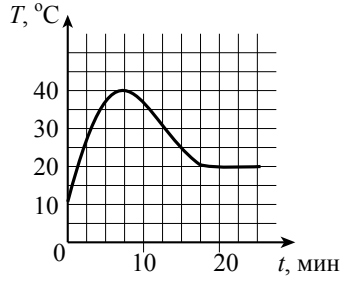
t, мин	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	22,5
T, °C	10	30	35	40	35	30	25	20	20

Какой из графиков построен правильно с учётом всех результатов измерений и их погрешностей?

1)


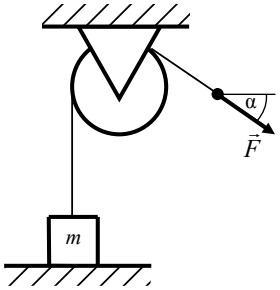
3)


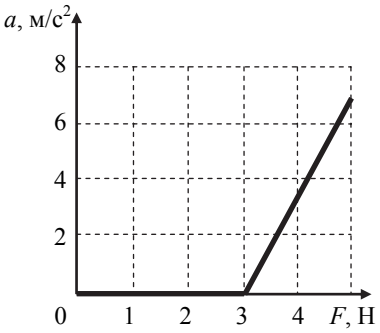
2)


4)


© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

A21 Массивный груз, покоящийся на горизонтальной опоре, привязан к лёгкой нерастяжимой верёвке, перекинутой через идеальный блок. К верёвке прикладывают постоянную силу $\vec{F}$, направленную под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Зависимость модуля ускорения груза от модуля силы $\vec{F}$ представлена на графике. Чему равна масса груза?



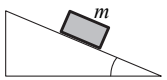


1) 3 кг 2) 0,3 кг 3) 0,6 кг 4) 6 кг

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (B1–B4) 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 запятых, пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

B1 С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m (см. рисунок). Как изменится время движения, ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $\frac{m}{2}$?



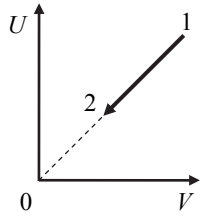
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

Время движения	Ускорение	Сила трения

B2 На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа (U – внутренняя энергия газа, V – занимаемый им объём). Как изменяется в ходе этого процесса давление, 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. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа	Температура газа	Теплоёмкость газа

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

B3 Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин в схемах постоянного тока и названиями этих величин.
В формулах использованы обозначения: I – сила тока; U – напряжение; R – сопротивление резистора.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) $\frac{U}{R}$	1) заряд, протекший через резистор
Б) IU	2) сопротивление резистора
	3) сила тока через резистор
	4) мощность тока, выделяющаяся на резисторе

Ответ:

А	Б

B4 Два пластилиновых шарика массами $2m$ и m находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью $\vec{v}$, а второй покоится относительно стола. Укажите формулы, по которым можно рассчитать модули изменения скоростей шариков в результате их абсолютно неупругого удара. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) модуль изменения скорости первого шарика	1) $\left\|\Delta\vec{v}\right\| = 2v$
Б) модуль изменения скорости второго шарика	2) $\left\|\Delta\vec{v}\right\| = \frac{1}{3}v$
	3) $\left\|\Delta\vec{v}\right\| = 3v$
	4) $\left\|\Delta\vec{v}\right\| = \frac{2}{3}v$

Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий (А22–А25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A22 Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с постоянным ускорением, и догоняет грузовик на расстоянии 150 м от остановки. Чему равно ускорение мотоцикла?

1) 1 м/с^2
2) 2,5 м/с^2
3) 2 м/с^2
4) 3 м/с^2

A23 Тело массой 800 г, нагретое до температуры 100 °С, опустили в калориметр, содержащий 200 г воды. Начальная температура калориметра и воды равна 30 °С. После установления теплового равновесия температура тела и воды в калориметре 37 °С. Определите удельную теплоёмкость вещества исследуемого тела. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

1) 117 Дж/(кг·К)
2) 400 Дж/(кг·К)
3) 234 Дж/(кг·К)
4) 640 Дж/(кг·К)

A24 В однородное электрическое поле влетает со скоростью $0{,}5\cdot10^7$ м/с электрон и движется по направлению линий напряжённости поля. Какое расстояние пролетит электрон до полной потери скорости, если модуль напряжённости поля равен 300 В/м?

1) 6 см 2) 24 см 3) 48 см 4) 12 см

A25 Линза с фокусным расстоянием $F = 0{,}1$ м даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 6 раз. Каково расстояние от линзы до изображения?

1) 0,7 м 2) 1,7 м 3) 0,2 м 4) 0,5 м

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1 Катушка, обладающая индуктивностью L, соединена с источником питания с ЭДС $\mathcal{E}$ и двумя одинаковыми резисторами R. Электрическая схема соединения изображена на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

В момент времени $t = 0$ ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2.

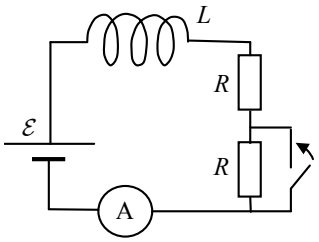


Рис. 1

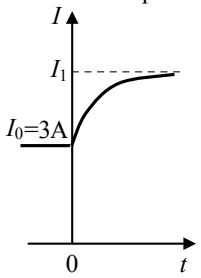
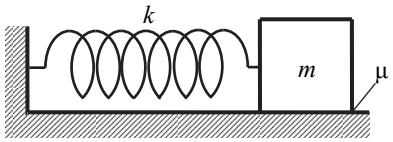


Рис. 2

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.

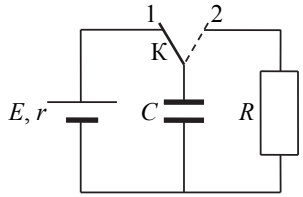
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

С2 К одному концу лёгкой пружины жёсткостью k = 100 Н/м прикреплён груз массой m = 1 кг, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплён неподвижно (см. рисунок). Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже сжата. Максимальное растяжение пружины, при котором груз движется таким образом, равно d = 15 см. Найдите коэффициент трения μ груза по плоскости.



С3 В сосуде объёмом V = 0,02 м^3 с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $s = 2\cdot10^{-4}$ м^2, заткнутое пробкой. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите максимальную силу трения покоя F пробки о края отверстия. Газ считайте идеальным.

С4 В схеме, показанной на рисунке, ключ К долгое время находился в положении 1. В момент $t_0 = 0$ ключ перевели в положение 2. К моменту $t > 0$ на резисторе R = 100 кОм выделилось количество теплоты Q = 25 мкДж. Чему равна сила тока I в цепи в этот момент? ЭДС батареи E = 15 В, её внутреннее сопротивление r = 30 Ом, ёмкость конденсатора C = 0,4 мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



С5 В постоянном магнитном поле заряженная частица движется по окружности. Когда индукцию магнитного поля стали медленно увеличивать, обнаружилось, что скорость частицы увеличивается так, что её кинетическая энергия прямо пропорциональна индукции поля. Найдите частоту обращения частицы с энергией E, если частота обращения частицы с энергией E_0 равна ν_0.

С6 Электрон, движущийся со скоростью $\upsilon = 1{,}5\cdot10^6$ м/с, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_n (n = 3). В процессе образования атома излучается фотон. Найдите длину волны λ этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$E_n = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$ эВ, где n = 1, 2, 3, … .

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**