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

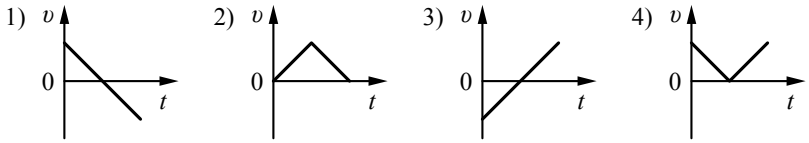
Молярная масса

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 Тело, брошенное вертикально вверх со скоростью $\vec{v}$, через некоторое время упало на поверхность Земли. Какой график соответствует зависимости модуля скорости тела от времени движения?



А2 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение $\vec{a}$. Ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{2}\vec{F}$ в этой системе отсчёта равно

1) $\vec{a}$ 2) $\frac{1}{4}\vec{a}$ 3) $2\vec{a}$ 4) $4\vec{a}$

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 $5m$?

1) $10F$ 2) $25F$ 3) $4F$ 4) $7F$

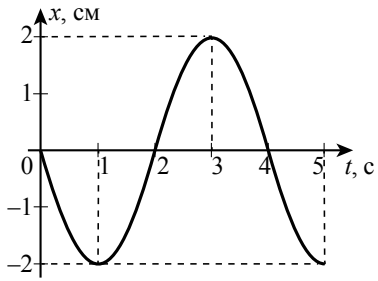
А4 Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё в направлении первоначальной скорости тележки со скоростью 2 м/с относительно дороги?

1) 2 м/с
2) 1,5 м/с
3) 0
4) 0,5 м/с

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

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

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



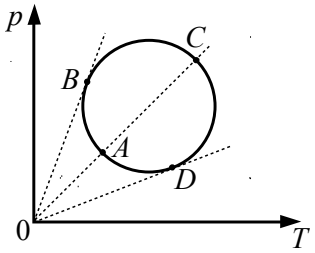
1) $T = 2$ с, $A = 2$ см
2) $T = 4$ с, $A = 2$ см
3) $T = 5$ с, $A = 4$ см
4) $T = 3$ с, $A = 4$ см

А7 Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул разреженного газа увеличилась в 2 раза, а концентрация его молекул уменьшилась в 2 раза. При этом давление газа

1) увеличилось в 4 раза
2) увеличилось в 2 раза
3) уменьшилось в 4 раза
4) не изменилось

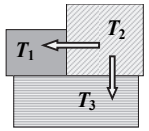
© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

A8 Зависимость давления идеального газа от температуры представлена на диаграмме p–T (см. рисунок). В какой из точек объём газа максимален? Масса газа в данном процессе постоянна.



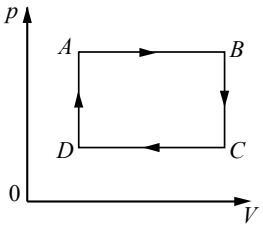
1) A
2) B
3) C
4) D

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



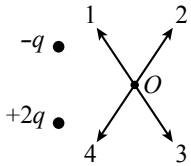
1) $T_2 = T_1 > T_3$
2) $T_2 > T_1 = T_3$
3) $T_3 = T_2 > T_1$
4) $T_1 = T_3 > T_2$

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



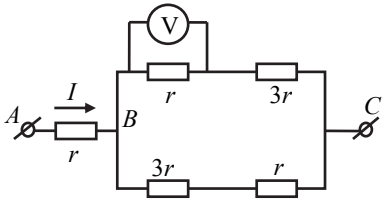
1) AB
2) BC
3) CD
4) DA

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 $I = 2$ 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) возникновение силы, действующей на заряженную частицу, помещённую в электрическое поле
2) возникновение разности потенциалов между концами разомкнутого металлического кольца при вдвигании в кольцо постоянного магнита
3) взаимное притяжение двух параллельных проводников с током, по которым ток протекает в одинаковом направлении
4) вылет электронов с поверхности металла при его нагревании

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

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

A15 Предмет находится на расстоянии 50 см от плоского зеркала. Каково будет расстояние между ним и его изображением, если предмет приблизить к зеркалу на 15 см?

1) 80 см 2) 60 см 3) 50 см 4) 70 см

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

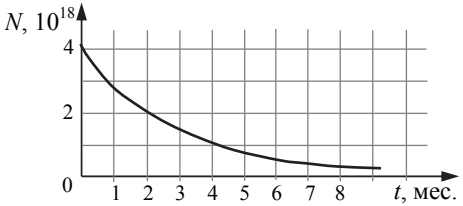
A16 Дифракционная решётка с периодом d освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решёткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из тёмных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решётка освещается зелёным светом, во втором – синим, а в третьем – фиолетовым. Меняя решётки, 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) $d_1 < d_2 < d_3$
3) $d_2 > d_1 > d_3$
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 $3 \cdot 10^{15}$ Гц. Затем интенсивность падающего на пластину света уменьшили в 2 раза, оставив неизменной частоту. В результате этого максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

1) не изменилась
2) не определена, так как фотоэлектронов не будет
3) уменьшилась более чем в 2 раза
4) уменьшилась в 2 раза

A18 Дан график изменения числа ядер находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени.



Период полураспада этого изотопа

1) 1 месяц
2) 2 месяца
3) 4 месяца
4) 8 месяцев

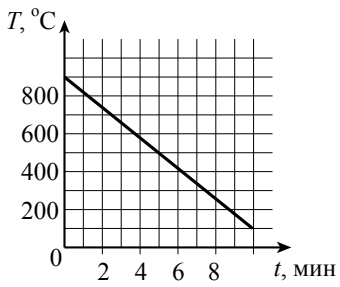
A19 Какое из приведённых уравнений ядерных реакций **соответствует** законам сохранения электрического заряда и массового числа?

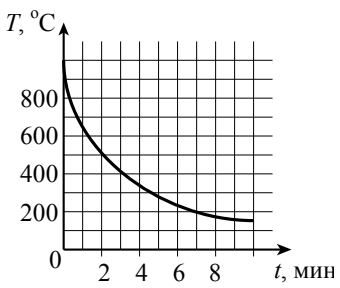
1) ${}^{7}_{4}\mathrm{Be} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \rightarrow {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + \nu_e$
2) ${}^{7}_{4}\mathrm{Be} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \rightarrow {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} + \nu_e$
3) ${}^{7}_{4}\mathrm{Be} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \rightarrow {}^{7}_{5}\mathrm{B} + \nu_e$
4) ${}^{7}_{4}\mathrm{Be} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} \rightarrow {}^{6}_{4}\mathrm{Be} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + \nu_e$

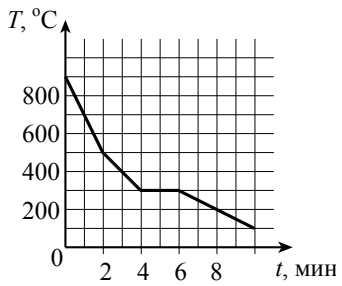
A20 Вынутая из печи стальная деталь остывает. В таблице приведены результаты измерения температуры детали через каждые 1–2 минуты.

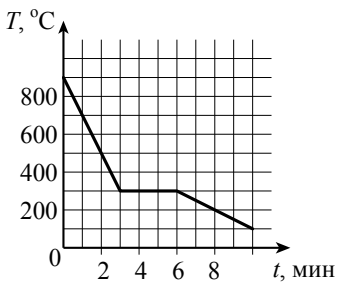
t, мин	0	1	2	4	6	8	10
T, °C	900	700	500	300	300	200	100

Погрешности измерения температуры и времени соответственно равны 50 °C и 10 с. Какой из графиков построен правильно с учётом всех результатов измерений и их погрешностей?

1)


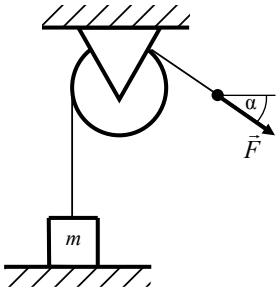
3)


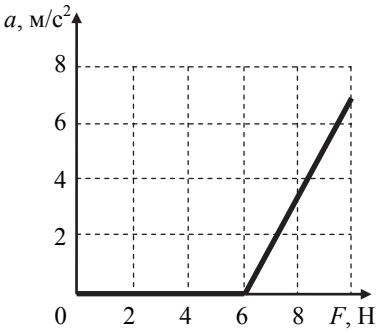
2)


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?



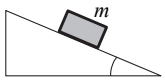


1) 1,2 кг 2) 0,3 кг 3) 0,6 кг 4) 6 кг

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 изменятся время движения, ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $2m$?



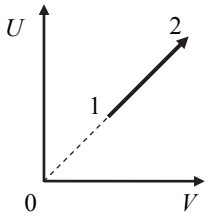
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

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 абсолютная температура, давление 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.

Температура газа	Давление 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) мощность тока, выделяющаяся на резисторе
Б) I^2R	2) напряжение на резисторе
	3) сила тока через резистор
	4) заряд, протекший через резистор

Ответ:

А	Б

B4 Два пластилиновых шарика массами m и $2m$ находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью $\vec{\upsilon}$, 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) $\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\| = 2\upsilon$
Б) модуль изменения скорости второго шарика	2) $\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\| = \frac{1}{3}\upsilon$
	3) $\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\| = 3\upsilon$
	4) $\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\| = \frac{2}{3}\upsilon$

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 ускорением 3 м/с^2. Сколько времени потребуется мотоциклисту, чтобы догнать грузовик?

1) 7,5 с 2) 5 с 3) 15 с 4) 10 с

A23 При проведении эксперимента по измерению удельной теплоёмкости вещества металлический цилиндр массой 0,15 кг был вынут из кипящей воды и опущен в воду, имеющую температуру 20 °С. Масса холодной воды 0,1 кг. После установления теплового равновесия температура металла и воды стала равной 30 °С. Чему равна удельная теплоёмкость вещества, из которого сделан цилиндр? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

1) 2100 Дж/(кг·К)
2) 900 Дж/(кг·К)
3) 400 Дж/(кг·К)
4) 200 Дж/(кг·К)

A24 В однородное электрическое поле со скоростью $0{,}5\cdot10^7$ м/с влетает электрон и движется по направлению линий напряжённости поля. Какое расстояние пролетит электрон до полной потери скорости, если модуль напряжённости поля равен 600 В/м?

1) 12 см 2) 15,6 см 3) 24 см 4) 6 см

A25 Линза с фокусным расстоянием $F = 0{,}3$ м даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Каково расстояние от линзы до изображения?

1) 0,9 м 2) 0,3 м 3) 1,2 м 4) 0,6 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 замкнут.

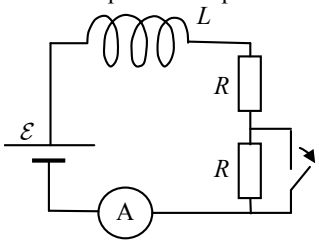


Рис. 1

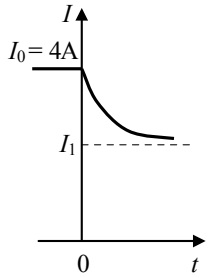
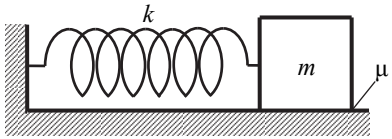


Рис. 2

В момент времени $t = 0$ ключ размыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при размыкании ключа сила тока в цепи плавно уменьшается, приближаясь к значению 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.

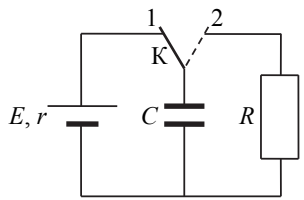
С2 К одному концу лёгкой пружины жёсткостью $k = 100$ Н/м прикреплён груз массой $m = 1$ кг, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплён неподвижно (см. рисунок).



Коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0{,}2$. Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину на величину d, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Найдите максимальное значение d, при котором груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже сжата.

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. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Определите максимальное количество теплоты, которое можно передать газу, чтобы пробка ещё не выскочила из 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. Какое количество теплоты Q выделится на резисторе $R = 100$ кОм к моменту $t > 0$, когда сила тока в цепи $I = 0{,}1$ мА? 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 с индукцией B_0 заряженная частица движется по окружности радиусом R_0. Когда индукцию магнитного поля стали медленно увеличивать, обнаружилось, что скорость частицы изменяется так, что её кинетическая энергия прямо пропорциональна индукции поля. Чему будет равен радиус орбиты в магнитном поле с индукцией B?

С6 Электрон, движущийся со скоростью $\upsilon = 2\cdot10^6$ м/с, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_n ($n = 2$). В процессе образования атома излучается фотон. Найдите частоту ν этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

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

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