Диагностическая работа № 2

по ФИЗИКЕ

(в формате ЕГЭ)

21 марта 2013 года

11 класс

Вариант ФИ1401

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

© СтатГрад 2013 г.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности 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!

© СтатГрад 2013 г.

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

Соотношения между различными единицами

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

© СтатГрад 2013 г

Массы частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па, температура: 0 °С

Молярная масса

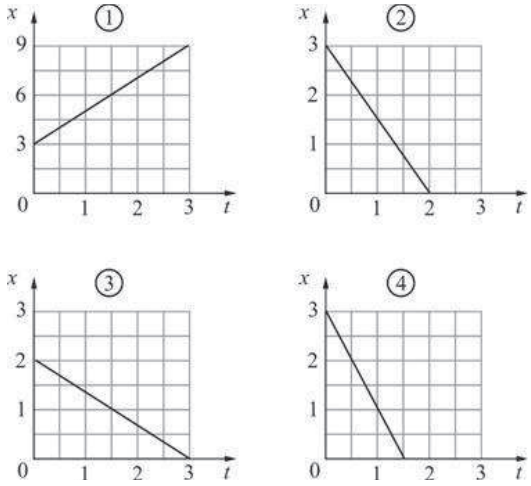
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

© СтатГрад 2013 г

Часть 1

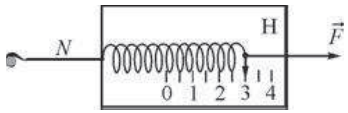
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А1 Координата x материальной точки изменяется с течением времени t по закону $x = 3 - 2t$. Какой из приведённых ниже графиков соответствует этой зависимости?



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

А2 Динамометр лежит на гладком столе (на рисунке показан вид сверху). Корпус динамометра привязан лёгкой нитью N к вбитому в стол гвоздю, а к крюку динамометра приложена постоянная сила. Чему равен модуль силы натяжения нити N?



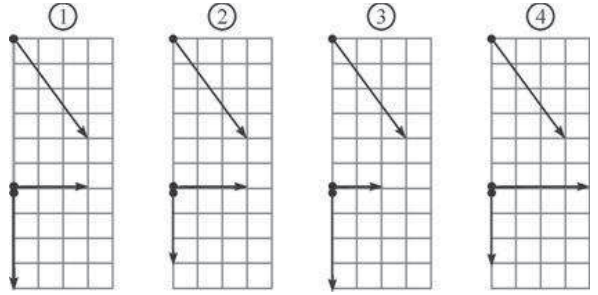
1) 3 Н
2) 6 Н
3) 0 Н
4) может лежать в интервале от 3 Н до 6 Н

© СтатГрад 2013 г

А3 Брусок равномерно двигают по шероховатому горизонтальному столу. Для того чтобы увеличить модуль действующей на брусок силы сухого трения, нужно

1) увеличить скорость бруска
2) уменьшить скорость бруска
3) увеличить площадь соприкосновения бруска со столом
4) увеличить модуль силы нормального давления бруска на стол

А4 Шар скользит по столу и налетает на второй такой же покоящийся шар. Ученики изобразили векторы импульсов шаров до соударения (верхняя часть рисунка) и после него (нижняя часть рисунка). Какой рисунок выполнен правильно?

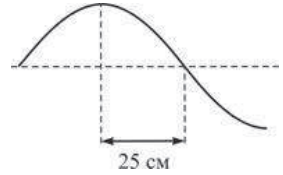


1) 1 **2)** 2 **3)** 3 **4)** 4

А5 Какая единица служит для измерения мощности?

1) Дж **2)** кВт·час **3)** Вт **4)** Дж·с

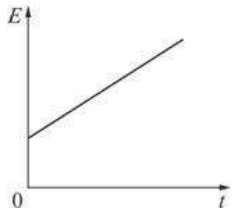
А6 На рисунке изображён участок натянутого резинового шнура, по которому распространяется поперечная волна, имеющая частоту 1,25 Гц. Чему равна скорость распространения волны?



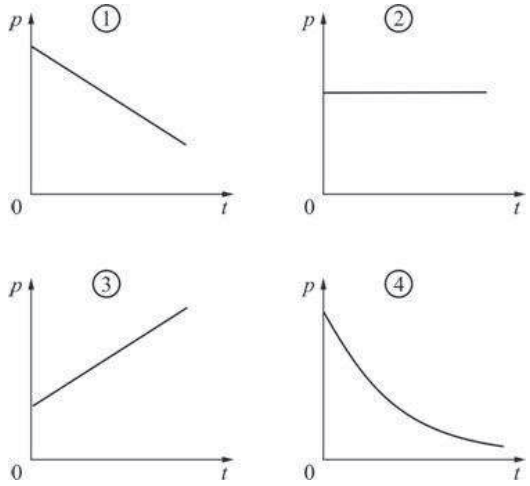
1) 0,8 м/с **2)** 0,4 м/с **3)** 0,625 м/с **4)** 1,25 м/с

© СтатГрад 2013 г

A7 Идеальный газ находится в сосуде постоянного объёма. На рисунке приведён график зависимости средней кинетической энергии E хаотического движения молекул газа от времени t.

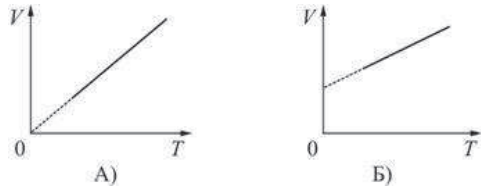


На каком из рисунков правильно показана зависимость давления p газа от времени?



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

A8 Два ученика, желая привести примеры изобарного процесса, изобразили графики зависимости объёма V идеального газа от его абсолютной температуры T. Эти графики показаны на рисунках А) и Б). Какой из рисунков является правильным?



1) только А) **2)** только Б) **3)** и А) , и Б) **4)** ни А) , ни Б)

© СтатГрад 2013 г

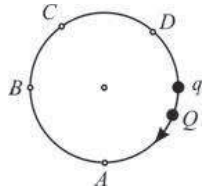
A9 При плавлении твёрдого парафина энергия

1) выделяется
2) поглощается
3) не выделяется и не поглощается
4) может как выделяться, так и поглощаться

A10 Первому телу сообщили количество теплоты 1 кДж, а второму – 2 кДж. Массы тел одинаковы. В результате температура первого тела повысилась на 100 К, а второго – повысилась на 50 К. Можно утверждать, что удельная теплоёмкость у вещества первого тела

1) больше, чем у вещества второго тела
2) меньше, чем у вещества второго тела
3) такая же, как у вещества второго тела
4) не может быть соотнесена с удельной теплоёмкостью вещества второго тела

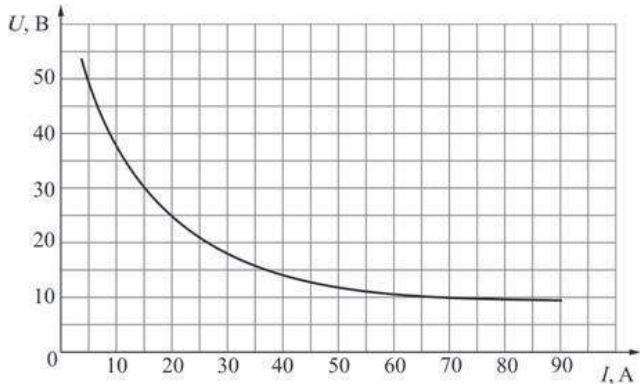
A11 Положительный точечный заряд q находится на окружности. Точечный заряд Q того же знака перемещают по этой окружности. Модуль напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в центре окружности, будет минимален, когда заряд Q будет находиться в точке



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

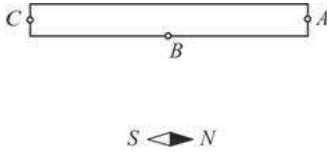
© СтатГрад 2013 г

А12 На рисунке показан участок вольт-амперной характеристики для сварочной дуги. Из рисунка следует, что при увеличении силы тока в дуге от 15 А до 70 А потребляемая дугой мощность



1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется
4) становится равной нулю

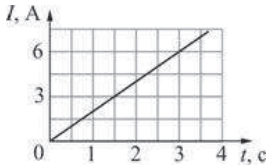
А13 Возле полосового магнита, взятого в школьном кабинете физики, расположена магнитная стрелка. Из прилагаемой к магниту инструкции следует, что он намагничен вдоль своей длины. Размеры стрелки намного меньше размеров магнита. Стрелка в состоянии равновесия ориентировалась так, как показано на рисунке. Северный магнитный полюс полосового магнита



1) находится в точке *A*
2) находится в точке *B*
3) находится в точке *C*
4) не может быть определён при помощи данного опыта

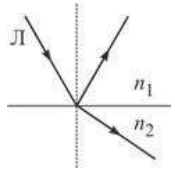
© СтатГрад 2013 г

А14 Через катушку течёт электрический ток, сила *I* которого зависит от времени *t* так, как показано на графике. Индуктивность катушки 10 мГн. Какая энергия будет запасена в катушке в момент времени $t = 3$ с?



1) 15 мДж **2)** 30 мДж **3)** 45 мДж **4)** 180 мДж

А15 На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2. Из рисунка следует, что



1) $n_1 > n_2$
2) $n_1 < n_2$
3) $n_1 = n_2$
4) может быть как $n_1 > n_2$, так и $n_1 < n_2$

А16 Источник излучает свет с длиной волны 600 нм. Какова частота света, излучаемого вторым источником, если свет от этих источников позволяет наблюдать устойчивую интерференционную картину?

1) $5 \cdot 10^{13}$ Гц **2)** $5 \cdot 10^{17}$ Гц **3)** $2 \cdot 10^{14}$ Гц **4)** $5 \cdot 10^{14}$ Гц

А17 На поверхность металла попал фотон, характеризуемый частотой ν, и выбил из металла электрон с кинетической энергией *E*. Если на поверхность того же металла попадёт фотон, характеризуемый частотой 2ν, то он

1) может выбить из металла два электрона
2) не может выбить из металла ни одного электрона
3) может выбить из металла электрон с энергией, большей *E*
4) может выбить из металла электрон с энергией, меньшей *E*

© СтатГрад 2013 г

А18 Резерфорд, проводя опыты по облучению тонкой золотой фольги альфа-частицами, обнаружил, что почти все альфа-частицы пролетают через фольгу насквозь, и лишь некоторые отскакивают от фольги обратно. Какой вывод он сделал из этого?

1) размер ядра атома золота намного меньше размеров самого атома

2) ядро атома золота и альфа-частица имеют заряды противоположных знаков

3) масса ядра атома золота намного меньше массы альфа-частицы

4) при прохождении через фольгу альфа-частицы взаимодействуют с электронами

А19 α-частица представляет собой

1) ядро атома водорода

2) ядро атома гелия

3) ядро атома лития

4) ядро атома бериллия

А20 Для измерения диаметра зубочистки в её наиболее толстой части некоторое количество зубочисток выложили на миллиметровую бумагу в ряд – сторона к стороне. Оказалось, что 20 зубочисток занимают на бумаге ширину 34 мм. Чему равен, согласно проведенным измерениям, диаметр зубочистки?

1) (3,4 ± 0,5) мм

2) (1,7 ± 1,0) мм

3) (1,7 ± 0,1) мм

4) (1,70 ± 0,03) мм

А21 Школьник изучал процесс протекания постоянного тока через проволоку постоянного поперечного сечения 2 мм^2. Изменяя длину проволоки L, он измерял при помощи миллиомметра её сопротивление R. Результаты его измерений приведены в таблице.

L, см	50	70	90	110	130	150
R, мОм	103	140	175	228	260	298

Пользуясь таблицей, определите удельное сопротивление металла, из которого была изготовлена проволока.

1) ≈ 0,02 Ом·мм^2/м

2) ≈ 0,03 Ом·мм^2/м

3) ≈ 0,4 Ом·мм^2/м

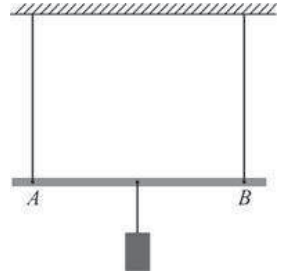
4) ≈ 1,1 Ом·мм^2/м

© СтатГрад 2013 г

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 запятых, пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1 Лёгкий стержень AB подвешен в горизонтальном положении при помощи вертикальных нитей, привязанных к его концам. К середине стержня подвешен груз. Груз перевешивают ближе к концу A стержня. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль силы натяжения левой нити, модуль силы натяжения правой нити, момент действующей на груз силы тяжести относительно точки A?



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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**
А) модуль силы натяжения левой нити	**1)** увеличивается
Б) модуль силы натяжения правой нити	**2)** уменьшается
В) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки A	**3)** не изменяется

Ответ:

А	Б	В

© СтатГрад 2013 г

В2 Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде квадрата со стороной a. Квадратные пластины заменили на круглые диаметром a. При этом расстояние между пластинами увеличили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) электрическая ёмкость конденсатора	**1)** увеличится
Б) модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора	**2)** уменьшится
В) заряд конденсатора	**3)** не изменится

Ответ:

А	Б	В

В3 Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 0,2 мкФ, заряженного до напряжения 10 В, катушки индуктивностью 2 мГн и разомкнутого ключа. После замыкания ключа, которое произошло в момент времени $t = 0$, в контуре возникли собственные электромагнитные колебания. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании этих колебаний (см. левый столбец), и формулами, выражающими эти зависимости (см. правый столбец; коэффициенты в формулах выражены в соответствующих единицах СИ без кратных и дольных множителей).

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

ЗАВИСИМОСТЬ	ФОРМУЛА
А) зависимость напряжения на конденсаторе от времени	**1)** $f(t) = 10\sin(5\cdot10^4\cdot t)$
Б) зависимость силы тока, текущего через катушку, от времени	**2)** $f(t) = 10\cos(5\cdot10^4\cdot t)$
	3) $f(t) = 0{,}1\sin(5\cdot10^4\cdot t)$
	4) $f(t) = 0{,}1\cos(5\cdot10^4\cdot t)$

Ответ:

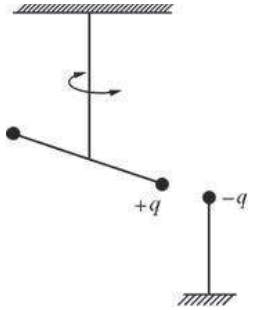
А	Б

© СтатГрад 2013 г

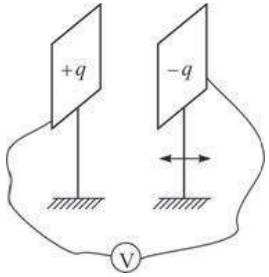
В4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

А)



Б)



ЕГО ЦЕЛЬ

1) установление зависимости энергии конденсатора от напряжения между его пластинами

2) установление зависимости модуля силы взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними

3) установление зависимости напряжения между пластинами конденсатора от расстояния между ними

4) установление зависимости потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними

Ответ:

А	Б

Часть 3

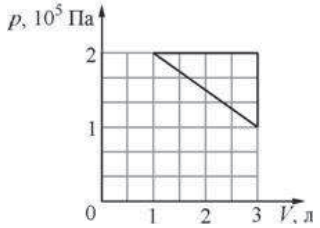
Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А22 Маленький шарик начинает падать на горизонтальную поверхность пола с высоты 2 м. Из-за дефектов поверхности стола шарик при ударе о него теряет 20 % своей механической энергии и отскакивает от стола под углом 60° к горизонту. На какую максимальную высоту поднимется шарик после удара о стол?

1) 0,4 м **2)** 1,5 м **3)** 1,2 м **4)** 1,6 м

© СтатГрад 2013 г

A23 Идеальный одноатомный газ изобарно расширили от объёма 1 л до объёма 3 л, затем изохорно охладили так, что его давление уменьшилось от $2 \cdot 10^5$ Па до 10^5 Па, после чего газ вернули в исходное состояние так, что его давление линейно возрастало при уменьшении объёма. Какую работу совершил газ в этом процессе?



1) 100 Дж **2)** 200 Дж **3)** 1 Дж **4)** 2 Дж

A24 При помощи первого электрокипятильника можно вскипятить 200 г воды в стакане за 2 минуты, а при помощи второго, включённого в ту же розетку, – за 3 минуты. За какое время закипит та же масса воды в стакане, если подключить эти кипятильники параллельно?

1) 5 мин. **2)** 3 мин. **3)** 2 мин. **4)** 1,2 мин.

A25 Коллекционер разглядывает при помощи лупы элемент марки и видит его мнимое изображение, увеличенное в 5 раз. Рассматриваемый элемент расположен на расстоянии 8 мм от лупы. На каком расстоянии от линзы находится его изображение?

1) 1,6 мм **2)** 40 мм **3)** 32 мм **4)** 48 мм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

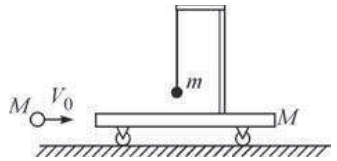
© СтатГрад 2013 г

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.

C1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. На крышах многих современных загородных домов сосульки, однако, не образуются благодаря специальной конструкции этих крыш: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу.
Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и их отсутствие во втором случае.

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.

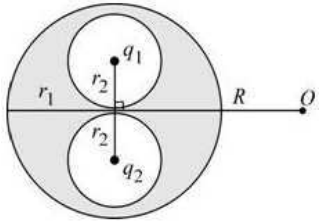
C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 100$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M, летящий со скоростью $V_0 = 2$ м/с (см. рисунок). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



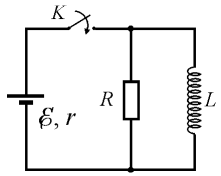
C3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 1$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 2$ атм, $V_2 = 1$ л и $T_2 = 600$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какая температура газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

© СтатГрад 2013 г

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом r_1 = 40 см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд q_1 = +1 нКл, а затем в центре другой – заряд q_2 = +2 нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке *O*, находящейся на расстоянии *R* = 1 м от центра шара на перпендикуляре к отрезку, соединяющему центры полостей.



C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ *K* на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе *R*? Параметры цепи: $\mathcal{E}$ = 3 В, *r* = 1 Ом, *R* = 10 Ом, *L* = 10 мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



C6 Точечный источник мощностью *P* = 1 мВт излучает монохроматический свет с длиной волны λ = 600 нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На каком расстоянии *r* от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объема) равна $n = 2 \cdot 10^5$ м$^{-3}$? Объем сферического слоя радиусом *r* и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

© СтатГрад 2013 г.

Диагностическая работа № 2

по ФИЗИКЕ

(в формате ЕГЭ)

21 марта 2013 года

11 класс

Вариант ФИ1402

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

© СтатГрад 2013 г.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности 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!

© СтатГрад 2013 г.

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

Соотношения между различными единицами

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

© СтатГрад 2013 г

Массы частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па, температура: 0 °С

Молярная масса

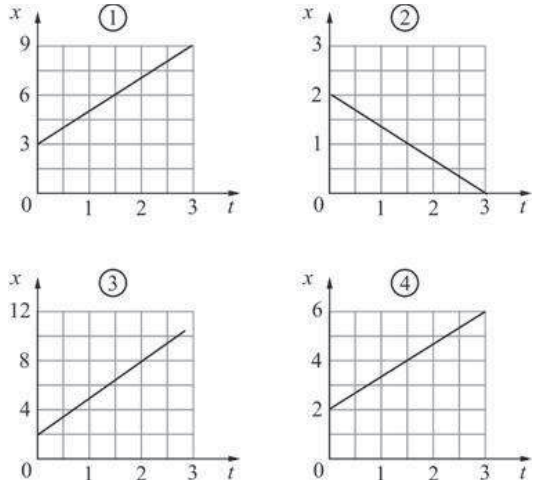
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

© СтатГрад 2013 г

Часть 1

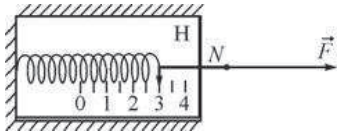
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А1 Координата x материальной точки изменяется с течением времени t по закону $x = 2 + 3t$. Какой из приведённых ниже графиков соответствует этой зависимости?



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

А2 Корпус динамометра приклеен к столу (на рисунке показан вид сверху). К крюку динамометра привязана лёгкая нить N, ко второму концу которой приложена постоянная сила. Чему равен модуль силы натяжения нити N?



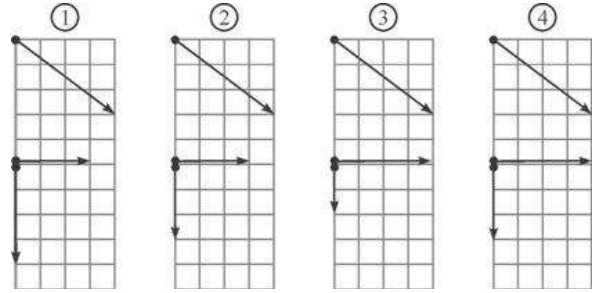
1) 3 Н
2) 6 Н
3) 0 Н
4) может лежать в интервале от 3 Н до 6 Н

© СтатГрад 2013 г

А3 Брусок равномерно двигают по шероховатому горизонтальному столу. Для того чтобы уменьшить модуль действующей на брусок силы сухого трения, нужно

1) увеличить скорость бруска
2) уменьшить скорость бруска
3) уменьшить площадь соприкосновения бруска со столом
4) уменьшить модуль силы нормального давления бруска на стол

А4 Шар скользит по столу и налетает на второй такой же покоящийся шар. Ученики изобразили векторы импульсов шаров до соударения (верхняя часть рисунка) и после него (нижняя часть рисунка). Какой рисунок выполнен правильно?

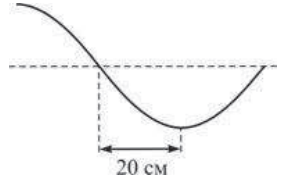


1) 1 **2)** 2 **3)** 3 **4)** 4

А5 Какая единица служит для измерения работы?

1) Дж/с **2)** кВт·ч **3)** Вт **4)** Дж·с

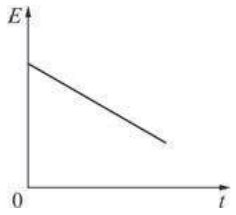
А6 На рисунке изображён участок натянутого резинового шнура, по которому распространяется поперечная волна, имеющая частоту 1,6 Гц. Чему равна скорость распространения волны?



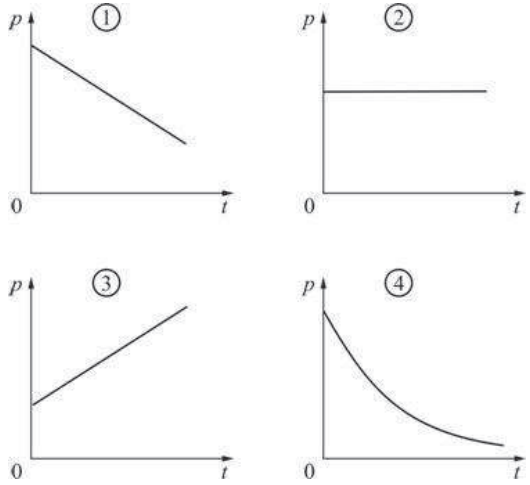
1) 0,5 м/с **2)** 0,25 м/с **3)** 1,28 м/с **4)** 0,64 м/с

© СтатГрад 2013 г

A7 Идеальный газ находится в сосуде постоянного объёма. На рисунке приведён график зависимости средней кинетической энергии E хаотического движения молекул газа от времени t.

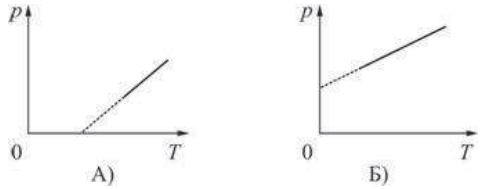


На каком из рисунков правильно показана зависимость давления p газа от времени?



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

A8 Два ученика, желая привести примеры изохорного процесса, изобразили графики зависимости давления p идеального газа от его абсолютной температуры T. Эти графики показаны на рисунках А) и Б). Какой из рисунков является правильным?



1) только А) **2)** только Б) **3)** и А), и Б) **4)** ни А), ни Б)

© СтатГрад 2013 г

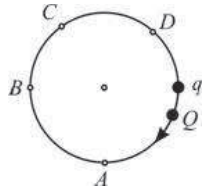
A9 При кристаллизации расплавленного гипосульфита энергия

1) выделяется
2) поглощается
3) не выделяется и не поглощается
4) может как выделяться, так и поглощаться

A10 От первого тела отвели количество теплоты 2 кДж, а от второго – 1 кДж. Массы тел одинаковы. В результате температура первого тела понизилась на 40 К, а второго – понизилась на 10 К. Можно утверждать, что удельная теплоёмкость у вещества первого тела

1) больше, чем у вещества второго тела
2) меньше, чем у вещества второго тела
3) такая же, как у вещества второго тела
4) не может быть соотнесена с удельной теплоёмкостью вещества второго тела

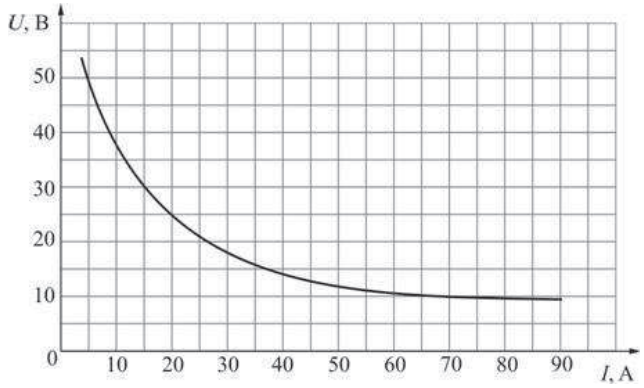
A11 Положительный точечный заряд q находится на окружности. Точечный заряд Q противоположного знака перемещают по этой окружности. Модуль напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в центре окружности, будет максимален, когда заряд Q будет находиться в точке



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

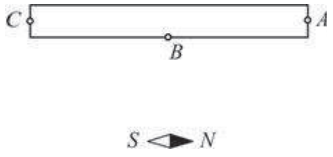
© СтатГрад 2013 г

А12 На рисунке показан участок вольт-амперной характеристики для сварочной дуги. Из рисунка следует, что при увеличении напряжения на дуге от 10 В до 30 В потребляемая дугой мощность



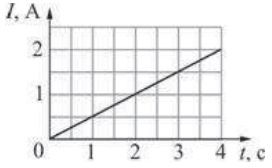
1) увеличивается **2)** уменьшается
3) не изменяется **4)** становится равной нулю

А13 Возле полосового магнита, взятого в школьном кабинете физики, расположена магнитная стрелка. Из прилагаемой к магниту инструкции следует, что он намагничен вдоль своей длины. Размеры стрелки намного меньше размеров магнита. Стрелка в состоянии равновесия ориентировалась так, как показано на рисунке. Южный магнитный полюс полосового магнита



1) находится в точке *A*
2) находится в точке *B*
3) находится в точке *C*
4) не может быть определён при помощи данного опыта

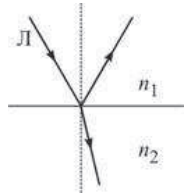
А14 Через катушку течёт электрический ток, сила *I* которого зависит от времени *t* так, как показано на графике. В момент времени $t = 4$ с в катушке запасена энергия 40 мДж. Чему равна индуктивность катушки?



1) 40 мГн **2)** 10 мГн **3)** 20 мГн **4)** 160 мГн

© СтатГрад 2013

А15 На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2. Из рисунка следует, что



1) $n_1 > n_2$
2) $n_1 < n_2$
3) $n_1 = n_2$
4) может быть как $n_1 > n_2$, так и $n_1 < n_2$

А16 Источник излучает свет с частотой волны $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова длина волны света, излучаемого вторым источником, если свет от этих источников позволяет наблюдать устойчивую интерференционную картину?

1) 5 мкм **2)** 5000 нм **3)** 180 нм **4)** 500 нм

А17 На поверхность металла попал фотон, характеризуемый длиной волны λ, и выбил из металла электрон с кинетической энергией *E*. Если на поверхность того же металла попадет фотон, характеризуемый длиной волны $\frac{\lambda}{2}$, то он

1) может выбить из металла два электрона
2) не может выбить из металла ни одного электрона
3) может выбить из металла электрон с энергией, большей *E*
4) может выбить из металла электрон с энергией, меньшей *E*

А18 Резерфорд, проводя опыты по облучению тонкой золотой фольги альфа-частицами, обнаружил, что почти все альфа-частицы пролетают через фольгу насквозь, и лишь некоторые отскакивают от фольги обратно. Какой вывод он сделал из этого?

1) ядро атома золота имеет заряд того же знака, что и альфа-частица
2) размер ядра атома золота сравним с размерами самого атома
3) масса ядра атома золота намного меньше массы альфа-частицы
4) при прохождении через фольгу альфа-частицы не взаимодействуют с ядрами атомов золота

© СтатГрад 2013 г

A19 β-частица представляет собой

1) электрон **2)** протон

3) нейтрон **4)** ядро атома гелия

A20 Для измерения толщины спички у некоторого количества спичек отрезали серные головки, а затем плотно уложили ряд этих спичек на дно спичечного коробка. Оказалось, что 20 спичек как раз влезают в коробок шириной 30 мм. Ширина коробка измерялась при помощи линейки с миллиметровыми делениями. Чему равна, согласно проведённым измерениям, толщина спички?

1) (3,0 ± 1,0) мм **2)** (1,5 ± 1) мм

3) (1,5 ± 0,1) мм **4)** (1,50 ± 0,03) мм

A21 Школьник изучал процесс протекания постоянного тока через металлическую проволоку. Он брал куски проволоки одинаковой длиной 50 см, но с разным поперечным сечением S. Сопротивление R проволок он измерял при помощи миллиомметра. Результаты его измерений приведены в таблице.

S, мм^2	1	1,5	2	2,5	3	3,5
R, мОм	553	368	275	218	184	156

Пользуясь таблицей, определите удельное сопротивление металла, из которого была изготовлена проволока.

1) ≈ 0,02 Ом·мм^2/м **2)** ≈ 0,03 Ом·мм^2/м

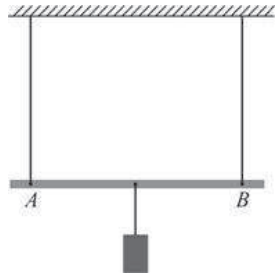
3) ≈ 0,4 Ом·мм^2/м **4)** ≈ 1,1 Ом·мм^2/м

© СтатГрад 2013 г

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 Лёгкий стержень AB подвешен в горизонтальном положении при помощи вертикальных нитей, привязанных к его концам. К середине стержня подвешен груз. Груз перевешивают ближе к концу B стержня. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль силы натяжения левой нити, модуль силы натяжения правой нити, момент действующей на груз силы тяжести относительно точки B?



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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) модуль силы натяжения левой нити	**1)** увеличивается
Б) модуль силы натяжения правой нити	**2)** уменьшается
В) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки B	**3)** не изменяется

Ответ:

А	Б	В

© СтатГрад 2013 г

B2 Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде круга диаметром a. Круглые пластины заменили на квадратные со стороной a. При этом расстояние между пластинами уменьшили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль разности потенциалов между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) электрическая ёмкость конденсатора	**1)** увеличится
Б) модуль разности потенциалов между пластинами конденсатора	**2)** уменьшится
В) заряд конденсатора	**3)** не изменится

Ответ:

А	Б	В

B3 Идеальный колебательный контур состоит из заряженного конденсатора ёмкостью 0,02 мкФ, катушки индуктивностью 0,2 мГн и разомкнутого ключа. После замыкания ключа, которое произошло в момент времени $t = 0$, в контуре возникли собственные электромагнитные колебания. При этом максимальная сила тока, текущего через катушку, была равна 0,01 А. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании этих колебаний (см. левый столбец), и формулами, выражающими эти зависимости (см. правый столбец; коэффициенты в формулах выражены в соответствующих единицах СИ без кратных и дольных множителей).

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

ЗАВИСИМОСТЬ	ФОРМУЛА
А) зависимость напряжения на конденсаторе от времени	**1)** $f(t) = 0{,}01\sin(5\cdot10^5\cdot t)$
Б) зависимость силы тока, текущего через катушку, от времени	**2)** $f(t) = 0{,}01\cos(5\cdot10^5\cdot t)$
	3) $f(t) = 1\cdot\sin(5\cdot10^5\cdot t)$
	4) $f(t) = 1\cdot\cos(5\cdot10^5\cdot t)$

Ответ:

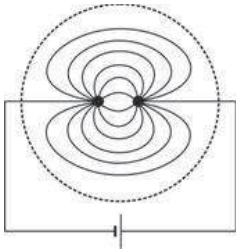
А	Б

© СтатГрад 2013 г

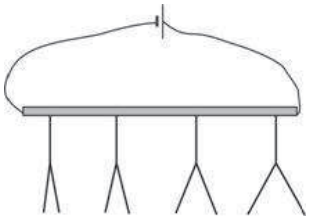
B4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

А)



Б)



ЕГО ЦЕЛЬ

1) проверка закона Кулона

2) наблюдение распределения потенциала вдоль прямого проводника с протекающим по нему электрическим током

3) наблюдение картины силовых линий электростатического поля точечных зарядов

4) проверка закона Ома

Ответ:

А	Б

Часть 3

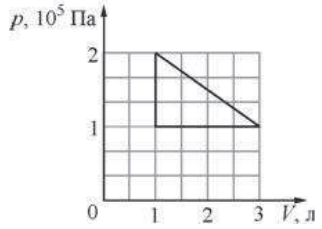
Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A22 Маленький шарик начинает падать на горизонтальную поверхность пола с высоты 4 м. Из-за дефектов поверхности стола шарик при ударе о него теряет 10 % своей механической энергии и отскакивает от стола под углом 30° к горизонту. На какую максимальную высоту поднимется шарик после удара о стол?

1) 3,6 м **2)** 0,9 м **3)** 1 м **4)** 0,4 м

© СтатГрад 2013 г

A23 Идеальный одноатомный газ изобарно сжали от объёма 3 л до объёма 1 л, затем изохорно нагрели так, что его давление увеличилось от 10^5 Па до $2 \cdot 10^5$ Па, после чего газ вернули в исходное состояние так, что его давление линейно убывало при увеличении объёма. Какую работу совершил газ в этом процессе?



1) 1 Дж **2)** 2 Дж **3)** 100 Дж **4)** 200 Дж

A24 При помощи первого электрокипятильника можно вскипятить 200 г воды в стакане за 2 минуты, а при помощи второго, включённого в ту же розетку, – за 3 минуты. За какое время закипит та же масса воды в стакане, если подключить эти кипятильники последовательно?

1) 5 мин. **2)** 3 мин. **3)** 2 мин. **4)** 1,2 мин.

A25 Коллекционер разглядывает при помощи лупы элемент марки, имеющий размер 0,2 мм, и видит его мнимое изображение, увеличенное до 1,2 мм. Рассматриваемый элемент расположен на расстоянии 7 мм от лупы. На каком расстоянии от лупы находится изображение?

1) 7 мм **2)** 9,8 мм **3)** 35 мм **4)** 42 мм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

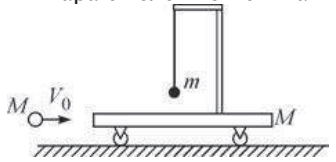
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. Крыши многих современных загородных домов имеют специальную конструкцию: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и влияние на них воздушного зазора между нижним и верхним слоями крыши во втором случае.

© СтатГрад 2013 г

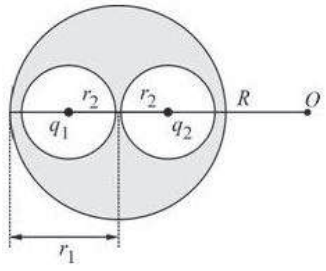
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 200$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно неупруго сталкивается с ней шар массой M (см. рисунок). После столкновения, в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонилась на максимальный угол от вертикали, скорость тележки была равна $V = 4$ м/с. Какова была скорость V_0 шара до столкновения? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



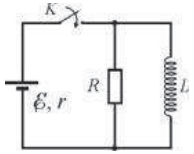
C3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 2$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 4$ атм, $V_2 = 3$ л и $T_2 = 450$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какое давление газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +2$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +3$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряженности $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на продолжении отрезка, соединяющего центры полостей.



© СтатГрад 2013 г

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 10$ В, $r = 2$ Ом, $R = 20$ Ом, $L = 20$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



C6 Точечный источник излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На расстоянии $r = 1$ м от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^6$ м$^{-3}$. Чему равна мощность P этого источника? Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

© СтатГрад 2013 г

Диагностическая работа № 2

по ФИЗИКЕ

(в формате ЕГЭ)

21 марта 2013 года

11 класс

Вариант ФИ1403

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

© СтатГрад 2013 г.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности 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!

© СтатГрад 2013 г.

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

Соотношения между различными единицами

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

© СтатГрад 2013 г

Массы частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па, температура: 0 °С

Молярная масса

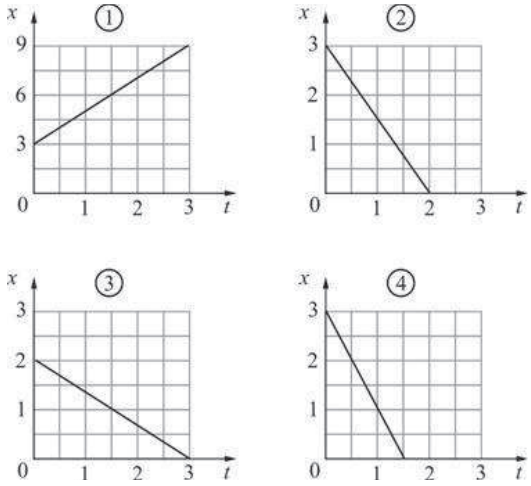
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

© СтатГрад 2013 г

Часть 1

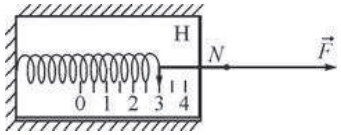
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А1 Координата x материальной точки изменяется с течением времени t по закону $x = 3 - 2t$. Какой из приведённых ниже графиков соответствует этой зависимости?



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

А2 Корпус динамометра приклеен к столу (на рисунке показан вид сверху). К крюку динамометра привязана лёгкая нить N, ко второму концу которой приложена постоянная сила. Чему равен модуль силы натяжения нити N?



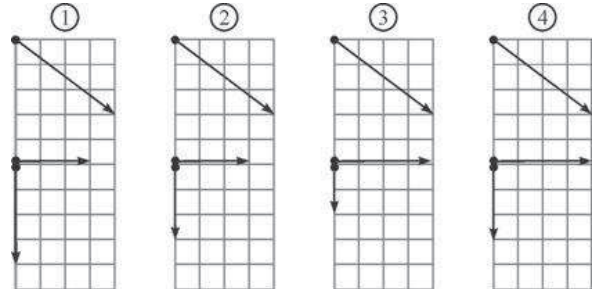
1) 3 Н
2) 6 Н
3) 0 Н
4) может лежать в интервале от 3 Н до 6 Н

© СтатГрад 2013 г

А3 Брусок равномерно двигают по шероховатому горизонтальному столу. Для того чтобы увеличить модуль действующей на брусок силы сухого трения, нужно

1) увеличить скорость бруска
2) уменьшить скорость бруска
3) увеличить площадь соприкосновения бруска со столом
4) увеличить модуль силы нормального давления бруска на стол

А4 Шар скользит по столу и налетает на второй такой же покоящийся шар. Ученики изобразили векторы импульсов шаров до соударения (верхняя часть рисунка) и после него (нижняя часть рисунка). Какой рисунок выполнен правильно?

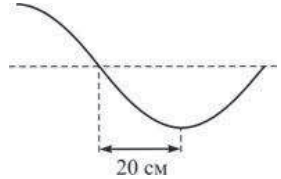


1) 1 **2)** 2 **3)** 3 **4)** 4

А5 Какая единица служит для измерения мощности?

1) Дж **2)** кВт·час **3)** Вт **4)** Дж·с

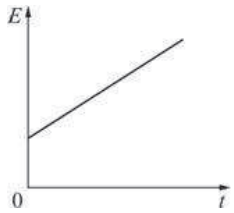
А6 На рисунке изображён участок натянутого резинового шнура, по которому распространяется поперечная волна, имеющая частоту 1,6 Гц. Чему равна скорость распространения волны?



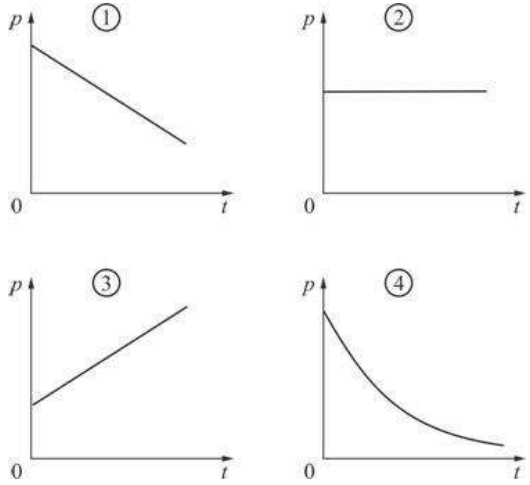
1) 0,5 м/с **2)** 0,25 м/с **3)** 1,28 м/с **4)** 0,64 м/с

© СтатГрад 2013 г

A7 Идеальный газ находится в сосуде постоянного объёма. На рисунке приведён график зависимости средней кинетической энергии E хаотического движения молекул газа от времени t.

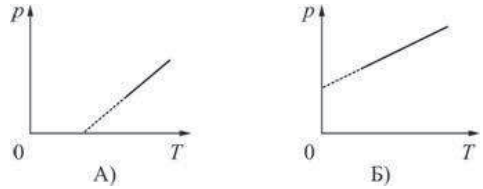


На каком из рисунков правильно показана зависимость давления p газа от времени?



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

A8 Два ученика, желая привести примеры изохорного процесса, изобразили графики зависимости давления p идеального газа от его абсолютной температуры T. Эти графики показаны на рисунках А) и Б). Какой из рисунков является правильным?



1) только А) **2)** только Б) **3)** и А), и Б) **4)** ни А), ни Б)

© СтатГрад 2013 г

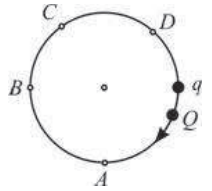
A9 При плавлении твёрдого парафина энергия

1) выделяется
2) поглощается
3) не выделяется и не поглощается
4) может как выделяться, так и поглощаться

A10 От первого тела отвели количество теплоты 2 кДж, а от второго – 1 кДж. Массы тел одинаковы. В результате температура первого тела понизилась на 40 К, а второго – понизилась на 10 К. Можно утверждать, что удельная теплоёмкость у вещества первого тела

1) больше, чем у вещества второго тела
2) меньше, чем у вещества второго тела
3) такая же, как у вещества второго тела
4) не может быть соотнесена с удельной теплоёмкостью вещества второго тела

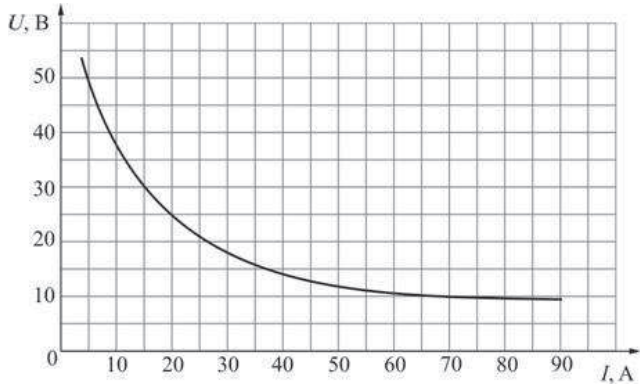
A11 Положительный точечный заряд q находится на окружности. Точечный заряд Q того же знака перемещают по этой окружности. Модуль напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в центре окружности, будет минимален, когда заряд Q будет находиться в точке



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

© СтатГрад 2013 г

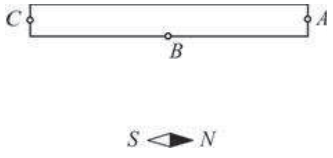
А12 На рисунке показан участок вольт-амперной характеристики для сварочной дуги. Из рисунка следует, что при увеличении напряжения на дуге от 10 В до 30 В потребляемая дугой мощность



1) увеличивается **2)** уменьшается

3) не изменяется **4)** становится равной нулю

А13 Возле полосового магнита, взятого в школьном кабинете физики, расположена магнитная стрелка. Из прилагаемой к магниту инструкции следует, что он намагничен вдоль своей длины. Размеры стрелки намного меньше размеров магнита. Стрелка в состоянии равновесия ориентировалась так, как показано на рисунке. Северный магнитный полюс полосового магнита



1) находится в точке *A*

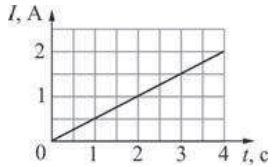
2) находится в точке *B*

3) находится в точке *C*

4) не может быть определён при помощи данного опыта

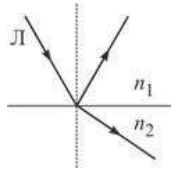
© СтатГрад 2013 г

А14 Через катушку течёт электрический ток, сила *I* которого зависит от времени *t* так, как показано на графике. В момент времени $t = 4$ с в катушке запасена энергия 40 мДж. Чему равна индуктивность катушки?



1) 40 мГн **2)** 10 мГн **3)** 20 мГн **4)** 160 мГн

А15 На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2. Из рисунка следует, что



1) $n_1 > n_2$

2) $n_1 < n_2$

3) $n_1 = n_2$

4) может быть как $n_1 > n_2$, так и $n_1 < n_2$

А16 Источник излучает свет с частотой волны $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова длина волны света, излучаемого вторым источником, если свет от этих источников позволяет наблюдать устойчивую интерференционную картину?

1) 5 мкм **2)** 5000 нм **3)** 180 нм **4)** 500 нм

А17 На поверхность металла попал фотон, характеризуемый частотой ν, и выбил из металла электрон с кинетической энергией *E*. Если на поверхность того же металла попадёт фотон, характеризуемый частотой 2ν, то он

1) может выбить из металла два электрона

2) не может выбить из металла ни одного электрона

3) может выбить из металла электрон с энергией, большей *E*

4) может выбить из металла электрон с энергией, меньшей *E*

© СтатГрад 2013 г

A18 Резерфорд, проводя опыты по облучению тонкой золотой фольги альфа-частицами, обнаружил, что почти все альфа-частицы пролетают через фольгу насквозь, и лишь некоторые отскакивают от фольги обратно. Какой вывод он сделал из этого?

1) ядро атома золота имеет заряд того же знака, что и альфа-частица
2) размер ядра атома золота сравним с размерами самого атома
3) масса ядра атома золота намного меньше массы альфа-частицы
4) при прохождении через фольгу альфа-частицы не взаимодействуют с ядрами атомов золота

A19 α-частица представляет собой

1) ядро атома водорода
2) ядро атома гелия
3) ядро атома лития
4) ядро атома бериллия

A20 Для измерения толщины спички у некоторого количества спичек отрезали серные головки, а затем плотно уложили ряд этих спичек на дно спичечного коробка. Оказалось, что 20 спичек как раз влезают в коробок шириной 30 мм. Ширина коробка измерялась при помощи линейки с миллиметровыми делениями. Чему равна, согласно проведённым измерениям, толщина спички?

1) (3,0 ± 1,0) мм
2) (1,5 ± 1) мм
3) (1,5 ± 0,1) мм
4) (1,50 ± 0,03) мм

A21 Школьник изучал процесс протекания постоянного тока через проволоку постоянного поперечного сечения 2 мм^2. Изменяя длину проволоки L, он измерял при помощи миллиомметра её сопротивление R. Результаты его измерений приведены в таблице.

L, см	50	70	90	110	130	150
R, мОм	103	140	175	228	260	298

Пользуясь таблицей, определите удельное сопротивление металла, из которого была изготовлена проволока.

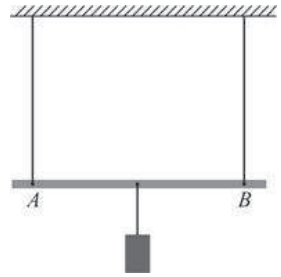
1) ≈ 0,02 Ом·мм^2/м
2) ≈ 0,03 Ом·мм^2/м
3) ≈ 0,4 Ом·мм^2/м
4) ≈ 1,1 Ом·мм^2/м

© СтатГрад 2013 г

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 Лёгкий стержень AB подвешен в горизонтальном положении при помощи вертикальных нитей, привязанных к его концам. К середине стержня подвешен груз. Груз перевешивают ближе к концу B стержня. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль силы натяжения левой нити, модуль силы натяжения правой нити, момент действующей на груз силы тяжести относительно точки B?



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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**
А) модуль силы натяжения левой нити	**1)** увеличивается
Б) модуль силы натяжения правой нити	**2)** уменьшается
В) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки B	**3)** не изменяется

Ответ:

А	Б	В

© СтатГрад 2013 г

В2 Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде квадрата со стороной a. Квадратные пластины заменили на круглые диаметром a. При этом расстояние между пластинами увеличили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) электрическая ёмкость конденсатора	**1)** увеличится
Б) модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора	**2)** уменьшится
В) заряд конденсатора	**3)** не изменится

Ответ:

А	Б	В

В3 Идеальный колебательный контур состоит из заряженного конденсатора ёмкостью 0,02 мкФ, катушки индуктивностью 0,2 мГн и разомкнутого ключа. После замыкания ключа, которое произошло в момент времени $t = 0$, в контуре возникли собственные электромагнитные колебания. При этом максимальная сила тока, текущего через катушку, была равна 0,01 А. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании этих колебаний (см. левый столбец), и формулами, выражающими эти зависимости (см. правый столбец; коэффициенты в формулах выражены в соответствующих единицах СИ без кратных и дольных множителей).

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

ЗАВИСИМОСТЬ	ФОРМУЛА
А) зависимость напряжения на конденсаторе от времени	**1)** $f(t) = 0{,}01\sin(5\cdot10^5\cdot t)$
Б) зависимость силы тока, текущего через катушку, от времени	**2)** $f(t) = 0{,}01\cos(5\cdot10^5\cdot t)$
	3) $f(t) = 1\cdot\sin(5\cdot10^5\cdot t)$
	4) $f(t) = 1\cdot\cos(5\cdot10^5\cdot t)$

Ответ:

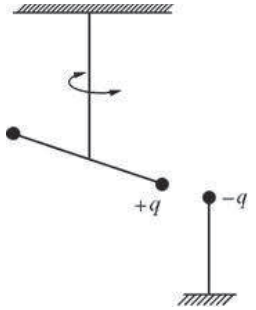
А	Б

© СтатГрад 2013 г

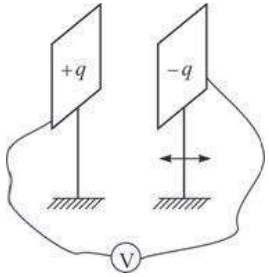
В4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

А)



Б)



ЕГО ЦЕЛЬ

1) установление зависимости энергии конденсатора от напряжения между его пластинами

2) установление зависимости модуля силы взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними

3) установление зависимости напряжения между пластинами конденсатора от расстояния между ними

4) установление зависимости потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними

Ответ:

А	Б

Часть 3

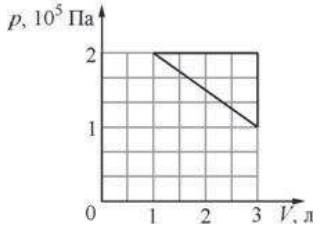
Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А22 Маленький шарик начинает падать на горизонтальную поверхность пола с высоты 4 м. Из-за дефектов поверхности стола шарик при ударе о него теряет 10 % своей механической энергии и отскакивает от стола под углом 30° к горизонту. На какую максимальную высоту поднимется шарик после удара о стол?

1) 3,6 м **2)** 0,9 м **3)** 1 м **4)** 0,4 м

© СтатГрад 2013 г

A23 Идеальный одноатомный газ изобарно расширили от объёма 1 л до объёма 3 л, затем изохорно охладили так, что его давление уменьшилось от $2 \cdot 10^5$ Па до 10^5 Па, после чего газ вернули в исходное состояние так, что его давление линейно возрастало при уменьшении объёма. Какую работу совершил газ в этом процессе?



1) 100 Дж **2)** 200 Дж **3)** 1 Дж **4)** 2 Дж

A24 При помощи первого электрокипятильника можно вскипятить 200 г воды в стакане за 2 минуты, а при помощи второго, включённого в ту же розетку, – за 3 минуты. За какое время закипит та же масса воды в стакане, если подключить эти кипятильники последовательно?

1) 5 мин. **2)** 3 мин. **3)** 2 мин. **4)** 1,2 мин.

A25 Коллекционер разглядывает при помощи лупы элемент марки и видит его мнимое изображение, увеличенное в 5 раз. Рассматриваемый элемент расположен на расстоянии 8 мм от лупы. На каком расстоянии от линзы находится его изображение?

1) 1,6 мм **2)** 40 мм **3)** 32 мм **4)** 48 мм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

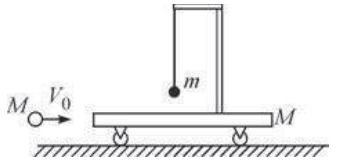
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. Крыши многих современных загородных домов имеют специальную конструкцию: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и влияние на них воздушного зазора между нижним и верхним слоями крыши во втором случае.

© СтатГрад 2013 г

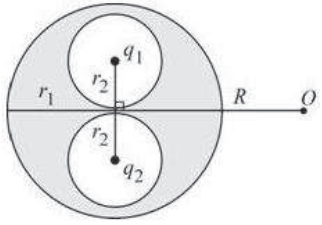
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 100$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M, летящий со скоростью $V_0 = 2$ м/с (см. рисунок). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



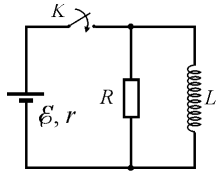
C3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 2$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 4$ атм, $V_2 = 3$ л и $T_2 = 450$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какое давление газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +1$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +2$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на перпендикуляре к отрезку, соединяющему центры полостей.



© СтатГрад 2013 г

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 10$ В, $r = 2$ Ом, $R = 20$ Ом, $L = 20$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



C6 Точечный источник мощностью $P = 1$ мВт излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На каком расстоянии r от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объема) равна $n = 2 \cdot 10^5$ м$^{-3}$? Объем сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

© СтатГрад 2013 г.

Диагностическая работа № 2

по ФИЗИКЕ

(в формате ЕГЭ)

21 марта 2013 года

11 класс

Вариант ФИ1404

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

© СтатГрад 2013 г.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности 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!

© СтатГрад 2013 г.

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

Соотношения между различными единицами

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

© СтатГрад 2013 г

Массы частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па, температура: 0 °С

Молярная масса

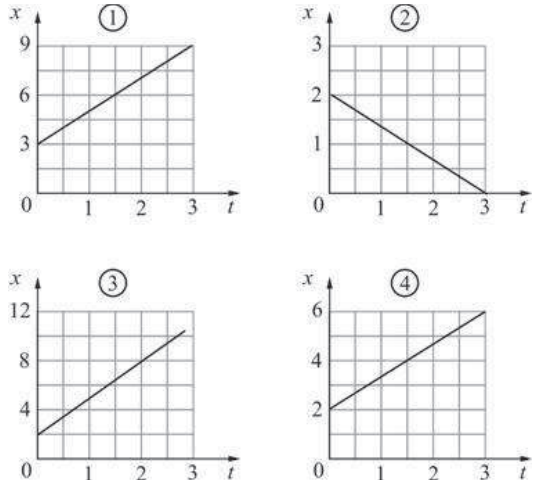
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

© СтатГрад 2013 г

Часть 1

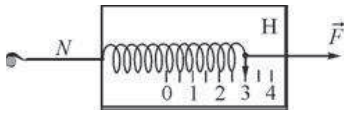
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А1 Координата x материальной точки изменяется с течением времени t по закону $x = 2 + 3t$. Какой из приведённых ниже графиков соответствует этой зависимости?



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

А2 Динамометр лежит на гладком столе (на рисунке показан вид сверху). Корпус динамометра привязан лёгкой нитью N к вбитому в стол гвоздю, а к крюку динамометра приложена постоянная сила. Чему равен модуль силы натяжения нити N?



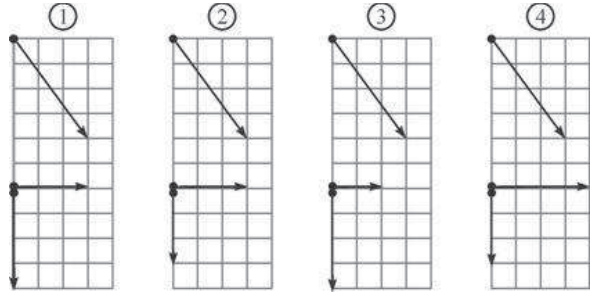
1) 3 Н
2) 6 Н
3) 0 Н
4) может лежать в интервале от 3 Н до 6 Н

© СтатГрад 2013 г

А3 Брусок равномерно двигают по шероховатому горизонтальному столу. Для того чтобы уменьшить модуль действующей на брусок силы сухого трения, нужно

1) увеличить скорость бруска
2) уменьшить скорость бруска
3) уменьшить площадь соприкосновения бруска со столом
4) уменьшить модуль силы нормального давления бруска на стол

А4 Шар скользит по столу и налетает на второй такой же покоящийся шар. Ученики изобразили векторы импульсов шаров до соударения (верхняя часть рисунка) и после него (нижняя часть рисунка). Какой рисунок выполнен правильно?

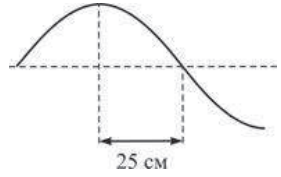


1) 1 **2)** 2 **3)** 3 **4)** 4

А5 Какая единица служит для измерения работы?

1) Дж/с **2)** кВт·ч **3)** Вт **4)** Дж·с

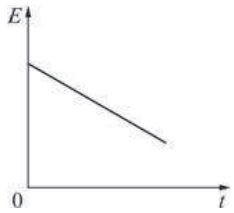
А6 На рисунке изображён участок натянутого резинового шнура, по которому распространяется поперечная волна, имеющая частоту 1,25 Гц. Чему равна скорость распространения волны?



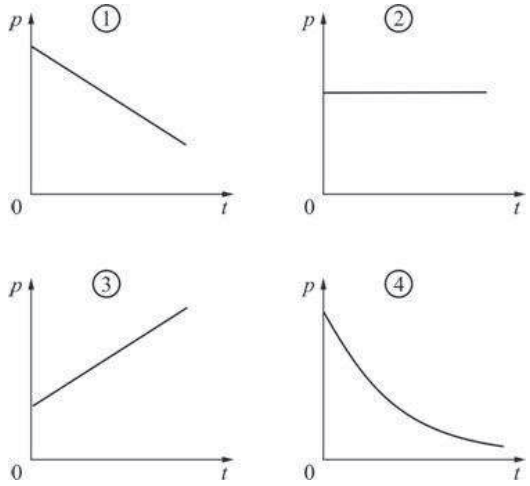
1) 0,8 м/с **2)** 0,4 м/с **3)** 0,625 м/с **4)** 1,25 м/с

© СтатГрад 2013 г

A7 Идеальный газ находится в сосуде постоянного объёма. На рисунке приведён график зависимости средней кинетической энергии E хаотического движения молекул газа от времени t.

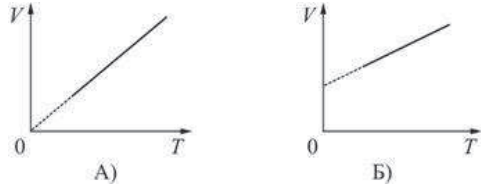


На каком из рисунков правильно показана зависимость давления p газа от времени?



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

A8 Два ученика, желая привести примеры изобарного процесса, изобразили графики зависимости объёма V идеального газа от его абсолютной температуры T. Эти графики показаны на рисунках А) и Б). Какой из рисунков является правильным?



1) только А) **2)** только Б) **3)** и А), и Б) **4)** ни А), ни Б)

© СтатГрад 2013 г

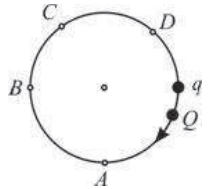
A9 При кристаллизации расплавленного гипосульфита энергия

1) выделяется
2) поглощается
3) не выделяется и не поглощается
4) может как выделяться, так и поглощаться

A10 Первому телу сообщили количество теплоты 1 кДж, а второму – 2 кДж. Массы тел одинаковы. В результате температура первого тела повысилась на 100 К, а второго – повысилась на 50 К. Можно утверждать, что удельная теплоёмкость у вещества первого тела

1) больше, чем у вещества второго тела
2) меньше, чем у вещества второго тела
3) такая же, как у вещества второго тела
4) не может быть соотнесена с удельной теплоёмкостью вещества второго тела

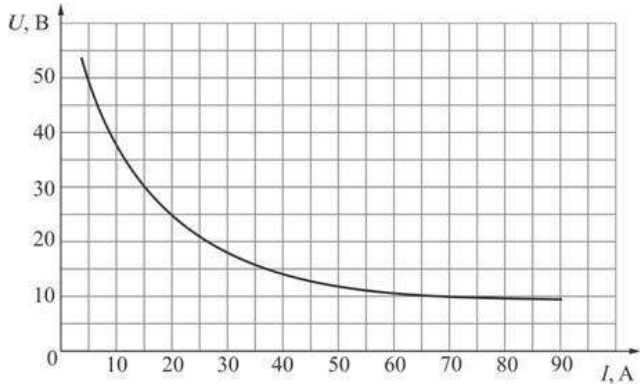
A11 Положительный точечный заряд q находится на окружности. Точечный заряд Q противоположного знака перемещают по этой окружности. Модуль напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в центре окружности, будет максимален, когда заряд Q будет находиться в точке



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

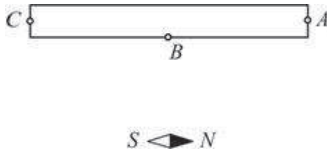
© СтатГрад 2013 г

А12 На рисунке показан участок вольт-амперной характеристики для сварочной дуги. Из рисунка следует, что при увеличении силы тока в дуге от 15 А до 70 А потребляемая дугой мощность



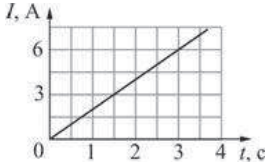
1) увеличивается **2)** уменьшается
3) не изменяется **4)** становится равной нулю

А13 Возле полосового магнита, взятого в школьном кабинете физики, расположена магнитная стрелка. Из прилагаемой к магниту инструкции следует, что он намагничен вдоль своей длины. Размеры стрелки намного меньше размеров магнита. Стрелка в состоянии равновесия ориентировалась так, как показано на рисунке. Южный магнитный полюс полосового магнита



1) находится в точке *A*
2) находится в точке *B*
3) находится в точке *C*
4) не может быть определён при помощи данного опыта

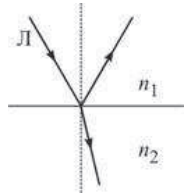
А14 Через катушку течёт электрический ток, сила *I* которого зависит от времени *t* так, как показано на графике. Индуктивность катушки 10 мГн. Какая энергия будет запасена в катушке в момент времени $t = 3$ с?



1) 15 мДж **2)** 30 мДж **3)** 45 мДж **4)** 180 мДж

© СтатГрад 2013 г

А15 На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2. Из рисунка следует, что



1) $n_1 > n_2$
2) $n_1 < n_2$
3) $n_1 = n_2$
4) может быть как $n_1 > n_2$, так и $n_1 < n_2$

А16 Источник излучает свет с длиной волны 600 нм. Какова частота света, излучаемого вторым источником, если свет от этих источников позволяет наблюдать устойчивую интерференционную картину?

1) $5 \cdot 10^{13}$ Гц **2)** $5 \cdot 10^{17}$ Гц **3)** $2 \cdot 10^{14}$ Гц **4)** $5 \cdot 10^{14}$ Гц

А17 На поверхность металла попал фотон, характеризуемый длиной волны λ, и выбил из металла электрон с кинетической энергией *E*. Если на поверхность того же металла попадет фотон, характеризуемый длиной волны $\frac{\lambda}{2}$, то он

1) может выбить из металла два электрона
2) не может выбить из металла ни одного электрона
3) может выбить из металла электрон с энергией, большей *E*
4) может выбить из металла электрон с энергией, меньшей *E*

А18 Резерфорд, проводя опыты по облучению тонкой золотой фольги альфа-частицами, обнаружил, что почти все альфа-частицы пролетают через фольгу насквозь, и лишь некоторые отскакивают от фольги обратно. Какой вывод он сделал из этого?

1) размер ядра атома золота намного меньше размеров самого атома
2) ядро атома золота и альфа-частица имеют заряды противоположных знаков
3) масса ядра атома золота намного меньше массы альфа-частицы
4) при прохождении через фольгу альфа-частицы взаимодействуют с электронами

© СтатГрад 2013 г

A19 β-частица представляет собой

1) электрон **2)** протон
3) нейтрон **4)** ядро атома гелия

A20 Для измерения диаметра зубочистки в её наиболее толстой части некоторое количество зубочисток выложили на миллиметровую бумагу в ряд – сторона к стороне. Оказалось, что 20 зубочисток занимают на бумаге ширину 34 мм. Чему равен, согласно проведенным измерениям, диаметр зубочистки?

1) (3,4 ± 0,5) мм **2)** (1,7 ± 1,0) мм
3) (1,7 ± 0,1) мм **4)** (1,70 ± 0,03) мм

A21 Школьник изучал процесс протекания постоянного тока через металлическую проволоку. Он брал куски проволоки одинаковой длиной 50 см, но с разным поперечным сечением *S*. Сопротивление *R* проволок он измерял при помощи миллиомметра. Результаты его измерений приведены в таблице.

S, мм^2	1	1,5	2	2,5	3	3,5
R, мОм	553	368	275	218	184	156

Пользуясь таблицей, определите удельное сопротивление металла, из которого была изготовлена проволока.

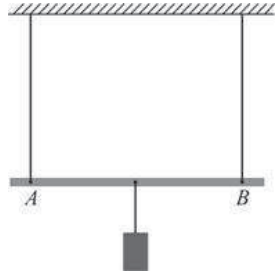
1) ≈ 0,02 Ом·мм^2/м **2)** ≈ 0,03 Ом·мм^2/м
3) ≈ 0,4 Ом·мм^2/м **4)** ≈ 1,1 Ом·мм^2/м

© СтатГрад 2013 г

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 Лёгкий стержень *AB* подвешен в горизонтальном положении при помощи вертикальных нитей, привязанных к его концам. К середине стержня подвешен груз. Груз перевешивают ближе к концу *A* стержня. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль силы натяжения левой нити, модуль силы натяжения правой нити, момент действующей на груз силы тяжести относительно точки *A*?



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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) модуль силы натяжения левой нити	**1)** увеличивается
Б) модуль силы натяжения правой нити	**2)** уменьшается
В) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки *A*	**3)** не изменяется

Ответ:

А	Б	В

© СтатГрад 2013 г

B2 Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде круга диаметром a. Круглые пластины заменили на квадратные со стороной a. При этом расстояние между пластинами уменьшили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль разности потенциалов между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) электрическая ёмкость конденсатора	**1)** увеличится
Б) модуль разности потенциалов между пластинами конденсатора	**2)** уменьшится
В) заряд конденсатора	**3)** не изменится

Ответ:

А	Б	В

B3 Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 0,2 мкФ, заряженного до напряжения 10 В, катушки индуктивностью 2 мГн и разомкнутого ключа. После замыкания ключа, которое произошло в момент времени $t = 0$, в контуре возникли собственные электромагнитные колебания. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании этих колебаний (см. левый столбец), и формулами, выражающими эти зависимости (см. правый столбец; коэффициенты в формулах выражены в соответствующих единицах СИ без кратных и дольных множителей).

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

ЗАВИСИМОСТЬ	ФОРМУЛА
А) зависимость напряжения на конденсаторе от времени	**1)** $f(t) = 10\sin(5\cdot10^4\cdot t)$
Б) зависимость силы тока, текущего через катушку, от времени	**2)** $f(t) = 10\cos(5\cdot10^4\cdot t)$
	3) $f(t) = 0{,}1\sin(5\cdot10^4\cdot t)$
	4) $f(t) = 0{,}1\cos(5\cdot10^4\cdot t)$

Ответ:

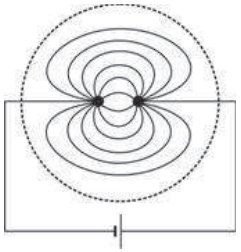
А	Б

© СтатГрад 2013 г

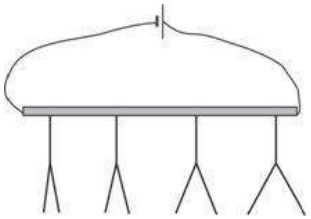
B4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

А)



Б)



ЕГО ЦЕЛЬ

1) проверка закона Кулона

2) наблюдение распределения потенциала вдоль прямого проводника с протекающим по нему электрическим током

3) наблюдение картины силовых линий электростатического поля точечных зарядов

4) проверка закона Ома

Ответ:

А	Б

Часть 3

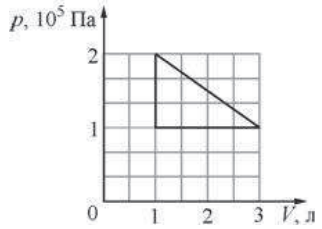
Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A22 Маленький шарик начинает падать на горизонтальную поверхность пола с высоты 2 м. Из-за дефектов поверхности стола шарик при ударе о него теряет 20 % своей механической энергии и отскакивает от стола под углом 60° к горизонту. На какую максимальную высоту поднимется шарик после удара о стол?

1) 0,4 м **2)** 1,5 м **3)** 1,2 м **4)** 1,6 м

© СтатГрад 2013 г

A23 Идеальный одноатомный газ изобарно сжали от объёма 3 л до объёма 1 л, затем изохорно нагрели так, что его давление увеличилось от 10^5 Па до $2 \cdot 10^5$ Па, после чего газ вернули в исходное состояние так, что его давление линейно убывало при увеличении объёма. Какую работу совершил газ в этом процессе?



1) 1 Дж **2)** 2 Дж **3)** 100 Дж **4)** 200 Дж

A24 При помощи первого электрокипятильника можно вскипятить 200 г воды в стакане за 2 минуты, а при помощи второго, включённого в ту же розетку, – за 3 минуты. За какое время закипит та же масса воды в стакане, если подключить эти кипятильники параллельно?

1) 5 мин. **2)** 3 мин. **3)** 2 мин. **4)** 1,2 мин.

A25 Коллекционер разглядывает при помощи лупы элемент марки, имеющий размер 0,2 мм, и видит его мнимое изображение, увеличенное до 1,2 мм. Рассматриваемый элемент расположен на расстоянии 7 мм от лупы. На каком расстоянии от лупы находится изображение?

1) 7 мм **2)** 9,8 мм **3)** 35 мм **4)** 42 мм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

© СтатГрад 2013 г

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.

C1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. На крышах многих современных загородных домов сосульки, однако, не образуются благодаря специальной конструкции этих крыш: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу.
Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и их отсутствие во втором случае.

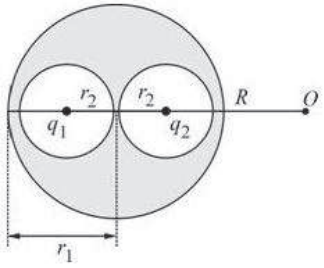
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 200$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно неупруго сталкивается с ней шар массой M (см. рисунок). После столкновения, в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонилась на максимальный угол от вертикали, скорость тележки была равна $V = 4$ м/с. Какова была скорость V_0 шара до столкновения? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.

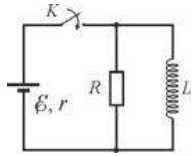
C3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 1$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 2$ атм, $V_2 = 1$ л и $T_2 = 600$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какая температура газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

© СтатГрад 2013 г

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +2$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +3$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряженности $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на продолжении отрезка, соединяющего центры полостей.



C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 3$ В, $r = 1$ Ом, $R = 10$ Ом, $L = 10$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



C6 Точечный источник излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На расстоянии $r = 1$ м от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^6$ м$^{-3}$. Чему равна мощность P этого источника? Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

© СтатГрад 2013 г

Ответы к заданиям

Вариант ФИ1401

№ задания	Ответ
B1	122
B2	222

№ задания	Ответ
B3	23
B4	23

Ответы к заданиям

Вариант ФИ1402

№ задания	Ответ
B1	212
B2	131

№ задания	Ответ
B3	41
B4	32

Ответы к заданиям

Вариант ФИ1403

№ задания	Ответ
B1	212
B2	222

№ задания	Ответ
B3	41
B4	23

Ответы к заданиям

Вариант ФИ1404

№ задания	Ответ
B1	122
B2	131

№ задания	Ответ
B3	23
B4	32

Вар	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25
1	4	1	4	1	3	4	3	1	2	2	2	1	3	4	1	4	3	1	2	4	3	3	1	4	2
2	3	1	4	4	2	3	1	4	1	2	2	2	1	3	2	4	3	1	1	4	4	2	3	1	4
3	4	1	4	4	3	3	3	4	2	2	2	2	3	3	1	4	3	1	2	4	3	2	1	1	2
4	3	1	4	1	2	4	1	1	1	2	2	1	1	4	2	4	3	1	1	4	4	3	3	4	4

© Ст

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

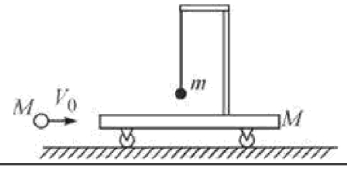
С1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. На крышах многих современных загородных домов сосульки, однако, не образуются благодаря специальной конструкции этих крыш: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу.
Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и их отсутствие во втором случае.

Возможное решение
1. Жилые дома зимой отапливаются, тёплый воздух поднимается вверх, и через крышу, покрытую снегом, постоянно идёт теплоотдача. 2. Слой снега на крыше имеет малую теплопроводность, так что между внутренней и внешней поверхностями этого слоя возникает большая разность температур, и снег, прилегающий к крыше, нагревается до температуры плавления и начинает таять за счёт получения теплоты плавления при теплоотдаче через крышу дома в окружающую среду. 3. Образовавшаяся при таянии снега вода стекает под слоем снега вниз по наклонной крыше и, выходя на её краю наружу, на холод, снова замерзает, образуя лёд, то есть быстро растущие сосульки. 4. При двухслойной крыше с воздушным зазором теплота из дома уносится наружу, вверх, в окружающую среду, за счёт возникающих конвекционных потоков воздуха в зазоре и практически не нагревает снег на верхнем слое крыши. Таким образом, снег не подтаивает, и сосульки не образуются.

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1–4) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – упоминание явлений теплопроводности и конвекции, плавления и затвердевания льда, а также указание направлений движения тёплого воздуха и воды в поле силы тяжести).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится **один** из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 100$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M, летящий со скоростью $V_0 = 2$ м/с (см. рисунок). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



Возможное решение
Согласно условию, за время столкновения тележка практически не сместится, а нить останется вертикальной. В силу этого горизонтальная проекция силы натяжения нити во время столкновения отсутствует, и горизонтальная проекция импульса системы «шар + тележка» сохраняется: $MV_0 = Mu_1 + Mu_2$, где u_1 и u_2 – модули скоростей шара и тележки после столкновения. При абсолютно упругом столкновении шара и тележки сохраняется и их механическая энергия: $\frac{MV_0^2}{2} = \frac{Mu_1^2}{2} + \frac{Mu_2^2}{2}$. Отсюда следует, что шар и тележка «обмениваются» скоростями: после столкновения шар останавливается и падает на плоскость, а тележка приобретает скорость V_0. При дальнейшем движении тележка «уезжает» из-под подвешенного шарика, и нить начинает отклоняться от вертикали, постепенно тормозя тележку. В момент максимального отклонения нити от вертикали скорости V тележки и шарика будут одинаковы, так как в противном случае, при скорости тележки большей, чем у шарика, отклонение нити будет продолжаться. В данном процессе сохраняется горизонтальная проекция импульса системы «шарик + тележка»: $MV_0 = (M+m)V$. Отсюда $V = \frac{MV_0}{M+m} = 1,6$ м/с.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *законы сохранения импульса и механической энергии, и правильно обосновано их применение на разных этапах движения данной системы тел*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 1$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 2$ атм, $V_2 = 1$ л и $T_2 = 600$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какая температура газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

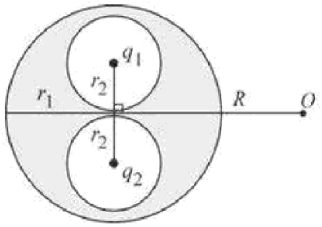
Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для газа в обеих частях цилиндра в начальный момент времени: $p_1V_1 = \nu_1RT_1$, $p_2V_2 = \nu_2RT_2$. Отсюда следует, что количество вещества (число молей ν газа) в этих частях цилиндра равно, соответственно, $\nu_1 = \dfrac{p_1V_1}{RT_1}$ и $\nu_2 = \dfrac{p_2V_2}{RT_2}$.

Из первого начала термодинамики следует, что внутренняя энергия газа в этом процессе сохраняется, так как газ не обменивается теплотой с окружающими телами и не совершает работы. Поэтому приравняем выражения для внутренней энергии в начальный момент времени и в установившемся состоянии равновесия: $\frac{3}{2}\nu_1 R T_1 + \frac{3}{2}\nu_2 R T_2 = \frac{3}{2}\left(\nu_1 + \nu_2\right)RT$. Отсюда установившаяся температура в цилиндре равна $T = \dfrac{\nu_1T_1 + \nu_2T_2}{\nu_1 + \nu_2}$, и с учетом полученных выше выражений для ν_1 и ν_2 получаем окончательно: $T = \dfrac{\left(p_1V_1 + p_2V_2\right)T_1T_2}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1} = 400$ К.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *записаны уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа, первое начало термодинамики*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +1$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +2$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на перпендикуляре к отрезку, соединяющему центры полостей.



Возможное решение

В электростатике считается, что электрическое поле внутри металла отсутствует, так как иначе свободные заряды внутри металла двигались бы. Поэтому при помещении заряда q_1 в первую полость на её стенках индуцируется заряд $-q_1$, и по принципу суперпозиции суммарное поле этих двух зарядов в металле шара равно нулю. По закону сохранения электрического заряда и в силу электронейтральности шара избыточный заряд равен q_1. Он вытесняется на поверхность шара и равномерно распределяется по ней, так как заряды внутри металла не создают поля и не влияют на распределение зарядов на поверхности шара.

После помещения заряда q_2 во вторую полость все происходит аналогичным образом, и на поверхность шара вытесняется дополнительно заряд q_2, так что теперь на поверхности шара равномерно распределяется суммарный заряд $q_1 + q_2$.

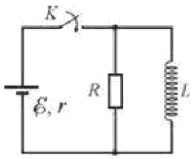
Поле равномерно заряженного шара вне его совпадает с полем точечного заряда, помещённого в центр шара, поэтому, согласно закону Кулона, поле в точке O, находящейся на расстоянии R от центра шара, по модулю равно $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 27$ В/м и направлено вдоль радиуса от центра шара к точке O.

Здесь ε_0 – электрическая постоянная.

Ответ: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 27$ В/м, вектор $\vec{E}$ направлен от центра шара к точке O.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *отсутствие электростатического поля внутри металлических проводников, принцип суперпозиции электрических полей, закон сохранения электрического заряда и закон Кулона*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 3$ В, $r = 1$ Ом, $R = 10$ Ом, $L = 10$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



Возможное решение
После замыкания ключа K в общей части цепи установится, согласно закону Ома для полной электрической цепи, максимально возможный ток $I = \dfrac{\mathcal{E}}{r}$, поскольку сопротивление правой части цепи, в соответствии с формулой для сопротивления параллельно соединенных резисторов, близко к нулю. Этот ток будет проходить только через катушку индуктивности, ввиду её очень малого сопротивления по сравнению с сопротивлением резистора R. В катушке индуктивности при токе через неё, равном максимальному, будет запасена энергия магнитного поля, равная $W = \dfrac{LI^2}{2} = \dfrac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$, которая после размыкания ключа K выделится, согласно закону Джоуля–Ленца, в виде теплоты в правой части цепи в резисторе R. Согласно закону сохранения энергии, это количество теплоты будет равно энергии магнитного поля: $Q = W = \dfrac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$. Подставляя численные значения параметров цепи и проверяя размерность, получаем: $Q = \dfrac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \dfrac{10^{-2} \cdot 3^2}{2 \cdot 1^2}$ Дж $= 4{,}5 \cdot 10^{-2}$ Дж $= 45$ мДж.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон Ома для полной цепи, правило подсчета сопротивления параллельно соединённых резисторов, выражение для энергии магнитного поля, запасённой в катушке индуктивности, закон Джоуля–Ленца*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С6 Точечный источник мощностью $P = 1$ мВт излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На каком расстоянии r от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^5$ м$^{-3}$?

Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

Возможное решение

Энергия одного фотона равна $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, где ν – частота, h – постоянная Планка, а λ – длина волны света.

За время Δt источник излучает $\Delta N = \frac{P\Delta t}{E} = \frac{P\lambda}{hc}\Delta t$ фотонов, разлетающихся изотропно во все стороны со скоростью света c.

На расстоянии r от источника в тонком сферическом слое объёмом $\Delta V = 4\pi r2\Delta r = 4\pi r2c\Delta t$ концентрация фотонов будет равна $n = \frac{\Delta N}{\Delta V} = \frac{P\lambda\Delta t}{hc \cdot 4\pi r^2 c\Delta t} = \frac{P\lambda}{4\pi hc^2 r^2}$.

Таким образом, искомое расстояние равно $r = \sqrt{\frac{P\lambda}{4\pi hc^2 n}} \approx 2$ м.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *формула Планка для связи энергии и частоты фотона, формула для связи частоты с длиной волны света, а также формула для определения концентрации частиц*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

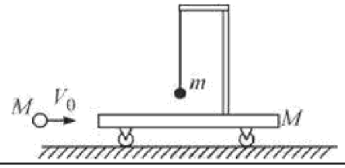
Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

С1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. Крыши многих современных загородных домов имеют специальную конструкцию: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и влияние на них воздушного зазора между нижним и верхним слоями крыши во втором случае.

Возможное решение
1. Жилые дома зимой отапливаются, тёплый воздух поднимается вверх, и через крышу, покрытую снегом, постоянно идёт поток теплоотдача. 2. Слой снега на крыше имеет малую теплопроводность, так что между внутренней и внешней поверхностями этого слоя возникает большая разность температур, и снег, прилегающий к крыше, нагревается до температуры плавления и начинает таять за счёт получения теплоты плавления при теплоотдаче через крышу дома в окружающую среду. 3. Образовавшаяся при таянии снега вода стекает под слоем снега вниз по наклонной крыше, и, выходя на её краю наружу, на холод, снова замерзает, образуя лёд, то есть быстро растущие сосульки. 4. При двухслойной крыше с воздушным зазором теплота из дома уносится наружу, вверх, в окружающую среду, за счёт возникающих конвекционных потоков воздуха в зазоре, и практически не нагревает снег на верхнем слое крыши. Таким образом, снег не подтаивает, и сосульки у краёв такой крыши не образуются.

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1–4) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – *упоминание явлений теплопроводности и конвекции, плавления и затвердевания льда, а также указание направлений движения тёплого воздуха и воды в поле силы тяжести*).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится **один** из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 200$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно неупруго сталкивается с ней шар массой M (см. рисунок). После столкновения, в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонилась на максимальный угол от вертикали, скорость тележки была равна $V = 4$ м/с. Какова была скорость V_0 шара до столкновения? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



Возможное решение
Согласно условию, за время столкновения тележка практически не сместится, а нить останется вертикальной. В силу этого горизонтальная проекция силы натяжения нити во время столкновения отсутствует, и горизонтальная проекция импульса системы «шар + тележка» сохраняется: $MV_0 = 2Mu$, где u – модуль скорости тележки с прилипшим к ней шаром после соударения. При дальнейшем движении тележка «уезжает» из-под подвешенного шарика, и нить начинает отклоняться от вертикали, постепенно тормозя тележку. В момент максимального отклонения нити от вертикали скорости V тележки и шарика будут одинаковы, так как в противном случае, при скорости тележки большей, чем у шарика, отклонение нити будет продолжаться. В данном процессе сохраняется горизонтальная проекция импульса системы «шарик + тележка»: $2Mu = (M + m)V$. Отсюда $V_0 = \dfrac{2M + m}{M} V = 10$ м/с.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон сохранения импульса, и правильно обосновано его применение на разных этапах движения данной системы тел*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 2$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 4$ атм, $V_2 = 3$ л и $T_2 = 450$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какое давление газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

Возможное решение

Запишем уравнение состояния (уравнение Клапейрона–Менделеева) для газа в обеих частях цилиндра в начальный момент времени: $p_1V_1 = \nu_1 RT_1$, $p_2V_2 = \nu_2 RT_2$.

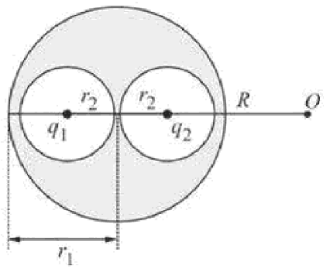
Из первого начала термодинамики следует, что внутренняя энергия газа в этом процессе сохраняется, так как газ не обменивается теплотой с окружающими телами и не совершает работы. Запишем выражения для внутренней энергии U газа. В начальный момент $U_1 = \frac{3}{2}\nu_1 R\, T_1 = \frac{3}{2}p_1V_1$, $U_2 = \frac{3}{2}\nu_2 R\, T_2 = \frac{3}{2}p_2V_2$, а в установившемся состоянии равновесия:

$$U = \frac{3}{2}p\left(V_1 + V_2\right) = U_1 + U_2 = \frac{3}{2}\left(p_1V_1 + p_2V_2\right).$$

Отсюда окончательно получаем: $p = \dfrac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2} = 3,2$ атм.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *записаны уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа, первое начало термодинамики*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

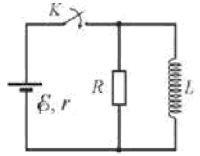
C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +2$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +3$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряженности $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на продолжении отрезка, соединяющего центры полостей.



Возможное решение
В электростатике считается, что электрическое поле внутри металла отсутствует, так как иначе свободные заряды внутри металла двигались бы. Поэтому при помещении заряда q_1 в первую полость на её стенках индуцируется заряд $-q_1$, и по принципу суперпозиции суммарное поле этих двух зарядов в металле шара равно нулю. По закону сохранения электрического заряда и в силу электронейтральности шара избыточный заряд равен q_1. Он вытесняется на поверхность шара и равномерно распределяется по ней, так как заряды внутри металла не создают поля и не влияют на распределение зарядов на поверхности шара. После помещения заряда q_2 во вторую полость всё происходит аналогичным образом, и на поверхность шара вытесняется дополнительно заряд q_2, так что теперь на поверхности шара равномерно распределяется суммарный заряд $q_1 + q_2$. Поле равномерно заряженного шара вне его совпадает с полем точечного заряда, помещённого в центр шара, поэтому, согласно закону Кулона, поле в точке O, находящейся на расстоянии R от центра шара, по модулю равно $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 45$ В/м и направлено вдоль радиуса от центра шара к точке O. Здесь ε_0 – электрическая постоянная. ***Ответ***: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 45$ В/м, вектор $\vec{E}$ направлен от центра шара к точке O.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *отсутствие электростатического поля внутри металлических проводников, принцип суперпозиции электрических полей, закон сохранения электрического заряда и закон Кулона*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 10$ В, $r = 2$ Ом, $R = 20$ Ом, $L = 20$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



Возможное решение
После замыкания ключа К в общей части цепи установится, согласно закону Ома для полной электрической цепи, максимально возможный ток $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$, поскольку сопротивление правой части цепи, в соответствии с формулой для сопротивления параллельно соединённых резисторов, близко к нулю. Этот ток будет проходить только через катушку индуктивности, ввиду её очень малого сопротивления по сравнению с сопротивлением резистора R. В катушке индуктивности при токе через неё, равном максимальному, будет запасена энергия магнитного поля, равная $W = \frac{LI^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$, которая после размыкания ключа K выделится, согласно закону Джоуля–Ленца, в виде теплоты в правой части цепи в резисторе R. Согласно закону сохранения энергии, это количество теплоты будет равно энергии магнитного поля: $Q = W = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$. Подставляя численные значения параметров цепи и проверяя размерность, получаем $Q = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2}{2 \cdot 2^2}$ Дж $= 0{,}25$ Дж $= 250$ мДж.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон Ома для полной цепи, правило подсчета сопротивления параллельно соединенных резисторов, выражение для энергии магнитного поля, запасенной в катушке индуктивности, закон Джоуля–Ленца*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C6 Точечный источник излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На расстоянии $r = 1$ м от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^6$ м$^{-3}$. Чему равна мощность P этого источника? Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

Возможное решение

Энергия одного фотона равна $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, где ν – частота, h – постоянная Планка, а λ – длина волны света.

За время Δt источник излучает $\Delta N = \frac{P\Delta t}{E} = \frac{P\lambda}{hc}\Delta t$ фотонов, разлетающихся изотропно во все стороны со скоростью света c.

На расстоянии r от источника в тонком сферическом слое объёмом $\Delta V = 4\pi r2\Delta r = 4\pi r2c\Delta t$ концентрация фотонов будет равна $n = \frac{\Delta N}{\Delta V} = \frac{P\lambda\Delta t}{hc \cdot 4\pi r^2 c\Delta t} = \frac{P\lambda}{4\pi hc^2 r^2}$.

Таким образом, искомая мощность равна $P = \frac{4\pi hc^2 r^2 n}{\lambda} \approx 2,5$ мВт.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I)записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *формула Планка для связи энергии и частоты фотона, формула для связи частоты с длиной волны света, а также формула для определения концентрации частиц*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

С1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. Крыши многих современных загородных домов имеют специальную конструкцию: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и влияние на них воздушного зазора между нижним и верхним слоями крыши во втором случае.

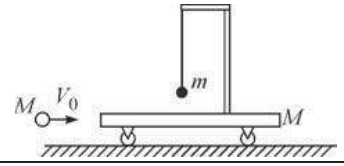
Возможное решение
1. Жилые дома зимой отапливаются, тёплый воздух поднимается вверх, и через крышу, покрытую снегом, постоянно идёт поток теплоотдача. 2. Слой снега на крыше имеет малую теплопроводность, так что между внутренней и внешней поверхностями этого слоя возникает большая разность температур, и снег, прилегающий к крыше, нагревается до температуры плавления и начинает таять за счёт получения теплоты плавления при теплоотдаче через крышу дома в окружающую среду. 3. Образовавшаяся при таянии снега вода стекает под слоем снега вниз по наклонной крыше, и, выходя на её краю наружу, на холод, снова замерзает, образуя лёд, то есть быстро растущие сосульки. 4. При двухслойной крыше с воздушным зазором теплота из дома уносится наружу, вверх, в окружающую среду, за счёт возникающих конвекционных потоков воздуха в зазоре, и практически не нагревает снег на верхнем слое крыши. Таким образом, снег не подтаивает, и сосульки у краёв такой крыши не образуются.

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1403

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1–4) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – *упоминание явлений теплопроводности и конвекции, плавления и затвердевания льда, а также указание направлений движения тёплого воздуха и воды в поле силы тяжести*).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится **один** из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 100$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M, летящий со скоростью $V_0 = 2$ м/с (см. рисунок). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



© СтатГрад 2013 г

Возможное решение
Согласно условию, за время столкновения тележка практически не сместится, а нить останется вертикальной. В силу этого горизонтальная проекция силы натяжения нити во время столкновения отсутствует, и горизонтальная проекция импульса системы «шар + тележка» сохраняется: $MV_0 = Mu_1 + Mu_2$, где u_1 и u_2 – модули скоростей шара и тележки после столкновения. При абсолютно упругом столкновении шара и тележки сохраняется и их механическая энергия: $\frac{MV_0^2}{2} = \frac{Mu_1^2}{2} + \frac{Mu_2^2}{2}$. Отсюда следует, что шар и тележка «обмениваются» скоростями: после столкновения шар останавливается и падает на плоскость, а тележка приобретает скорость V_0. При дальнейшем движении тележка «уезжает» из-под подвешенного шарика, и нить начинает отклоняться от вертикали, постепенно тормозя тележку. В момент максимального отклонения нити от вертикали скорости V тележки и шарика будут одинаковы, так как в противном случае, при скорости тележки большей, чем у шарика, отклонение нити будет продолжаться. В данном процессе сохраняется горизонтальная проекция импульса системы «шарик + тележка»: $MV_0 = (M+m)V$. Отсюда $V = \frac{MV_0}{M+m} = 1,6$ м/с.

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *законы сохранения импульса и механической энергии, и правильно обосновано их применение на разных этапах движения данной системы тел*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

© СтатГрад 2013 г

ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

С3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 2$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 4$ атм, $V_2 = 3$ л и $T_2 = 450$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какое давление газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

Возможное решение
Запишем уравнение состояния (уравнение Клапейрона–Менделеева) для газа в обеих частях цилиндра в начальный момент времени: $p_1V_1 = \nu_1 RT_1$, $p_2V_2 = \nu_2 RT_2$. Из первого начала термодинамики следует, что внутренняя энергия газа в этом процессе сохраняется, так как газ не обменивается теплотой с окружающими телами и не совершает работы. Запишем выражения для внутренней энергии U газа. В начальный момент $U_1 = \frac{3}{2}\nu_1 R\, T_1 = \frac{3}{2}p_1V_1$, $U_2 = \frac{3}{2}\nu_2 R\, T_2 = \frac{3}{2}p_2V_2$, а в установившемся состоянии равновесия: $U = \frac{3}{2}p\left(V_1 + V_2\right) = U_1 + U_2 = \frac{3}{2}\left(p_1V_1 + p_2V_2\right)$. Отсюда окончательно получаем: $p = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2} = 3,2$ атм.

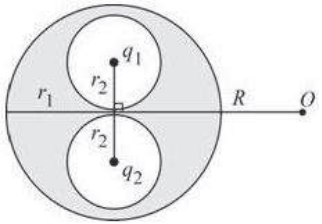
© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1403

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *записаны уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа, первое начало термодинамики*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +1$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +2$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на перпендикуляре к отрезку, соединяющему центры полостей.



Возможное решение
В электростатике считается, что электрическое поле внутри металла отсутствует, так как иначе свободные заряды внутри металла двигались бы. Поэтому при помещении заряда q_1 в первую полость на её стенках индуцируется заряд $-q_1$, и по принципу суперпозиции суммарное поле этих двух зарядов в металле шара равно нулю. По закону сохранения электрического заряда и в силу электронейтральности шара избыточный заряд равен q_1. Он вытесняется на поверхность шара и равномерно распределяется по ней, так как заряды внутри металла не создают поля и не влияют на распределение зарядов на поверхности шара. После помещения заряда q_2 во вторую полость все происходит аналогичным образом, и на поверхность шара вытесняется дополнительно заряд q_2, так что теперь на поверхности шара равномерно распределяется суммарный заряд $q_1 + q_2$. Поле равномерно заряженного шара вне его совпадает с полем точечного заряда, помещённого в центр шара, поэтому, согласно закону Кулона, поле в точке O, находящейся на расстоянии R от центра шара, по модулю равно $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 27$ В/м и направлено вдоль радиуса от центра шара к точке O. Здесь ε_0 – электрическая постоянная. ***Ответ***: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 27$ В/м, вектор $\vec{E}$ направлен от центра шара к точке O.

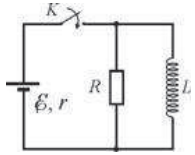
© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1403

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *отсутствие электростатического поля внутри металлических проводников, принцип суперпозиции электрических полей, закон сохранения электрического заряда и закон Кулона*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 10$ В, $r = 2$ Ом, $R = 20$ Ом, $L = 20$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



Возможное решение
После замыкания ключа К в общей части цепи установится, согласно закону Ома для полной электрической цепи, максимально возможный ток $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$, поскольку сопротивление правой части цепи, в соответствии с формулой для сопротивления параллельно соединённых резисторов, близко к нулю. Этот ток будет проходить только через катушку индуктивности, ввиду её очень малого сопротивления по сравнению с сопротивлением резистора R. В катушке индуктивности при токе через неё, равном максимальному, будет запасена энергия магнитного поля, равная $W = \frac{LI^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$, которая после размыкания ключа K выделится, согласно закону Джоуля–Ленца, в виде теплоты в правой части цепи в резисторе R. Согласно закону сохранения энергии, это количество теплоты будет равно энергии магнитного поля: $Q = W = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$. Подставляя численные значения параметров цепи и проверяя размерность, получаем $Q = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2}{2 \cdot 2^2}$ Дж = 0,25 Дж = 250 мДж.

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1403

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон Ома для полной цепи, правило подсчета сопротивления параллельно соединенных резисторов, выражение для энергии магнитного поля, запасенной в катушке индуктивности, закон Джоуля–Ленца*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

С6 Точечный источник мощностью $P = 1$ мВт излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На каком расстоянии r от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^5$ м$^{-3}$?

Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

Возможное решение
Энергия одного фотона равна $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, где ν – частота, h – постоянная Планка, а λ – длина волны света. За время Δt источник излучает $\Delta N = \frac{P\Delta t}{E} = \frac{P\lambda}{hc}\Delta t$ фотонов, разлетающихся изотропно во все стороны со скоростью света c. На расстоянии r от источника в тонком сферическом слое объёмом $\Delta V = 4\pi r2\Delta r = 4\pi r2c\Delta t$ концентрация фотонов будет равна $n = \frac{\Delta N}{\Delta V} = \frac{P\lambda\Delta t}{hc \cdot 4\pi r^2 c\Delta t} = \frac{P\lambda}{4\pi hc^2 r^2}$. Таким образом, искомое расстояние равно $r = \sqrt{\frac{P\lambda}{4\pi hc^2 n}} \approx 2$ м.

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1403

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *формула Планка для связи энергии и частоты фотона, формула для связи частоты с длиной волны света, а также формула для определения концентрации частиц*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМт, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

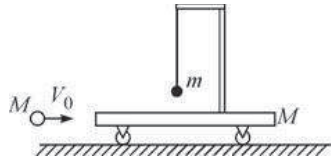
Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Зимой по краям заснеженных наклонных крыш домов часто образуются сосульки, которые при не слишком морозной погоде быстро растут и могут сорваться и упасть, представляя большую опасность для проходящих внизу людей. На крышах многих современных загородных домов сосульки, однако, не образуются благодаря специальной конструкции этих крыш: они двухслойные, и между верхним и нижним слоями имеется зазор, в котором воздух может свободно циркулировать и выходить наружу.
Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования сосулек в первом случае и их отсутствие во втором случае.

Возможное решение
1. Жилые дома зимой отапливаются, тёплый воздух поднимается вверх, и через крышу, покрытую снегом, постоянно идёт теплоотдача. 2. Слой снега на крыше имеет малую теплопроводность, так что между внутренней и внешней поверхностями этого слоя возникает большая разность температур, и снег, прилегающий к крыше, нагревается до температуры плавления и начинает таять за счёт получения теплоты плавления при теплоотдаче через крышу дома в окружающую среду. 3. Образовавшаяся при таянии снега вода стекает под слоем снега вниз по наклонной крыше и, выходя на её краю наружу, на холод, снова замерзает, образуя лёд, то есть быстро растущие сосульки. 4. При двухслойной крыше с воздушным зазором теплота из дома уносится наружу, вверх, в окружающую среду, за счёт возникающих конвекционных потоков воздуха в зазоре и практически не нагревает снег на верхнем слое крыши. Таким образом, снег не подтаивает, и сосульки не образуются.

Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п п. 1–4) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – упоминание явлений теплопроводности и конвекции, плавления и затвердевания льда, а также указание направлений движения тёплого воздуха и воды в поле силы тяжести).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится **один** из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 200$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно неупруго сталкивается с ней шар массой M (см. рисунок). После столкновения, в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонилась на максимальный угол от вертикали, скорость тележки была равна $V = 4$ м/с. Какова была скорость V_0 шара до столкновения? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.



Возможное решение
Согласно условию, за время столкновения тележка практически не сместится, а нить останется вертикальной. В силу этого горизонтальная проекция силы натяжения нити во время столкновения отсутствует, и горизонтальная проекция импульса системы «шар + тележка» сохраняется: $MV_0 = 2Mu$, где u – модуль скорости тележки с прилипшим к ней шаром после соударения. При дальнейшем движении тележка «уезжает» из-под подвешенного шарика, и нить начинает отклоняться от вертикали, постепенно тормозя тележку. В момент максимального отклонения нити от вертикали скорости V тележки и шарика будут одинаковы, так как в противном случае, при скорости тележки большей, чем у шарика, отклонение нити будет продолжаться. В данном процессе сохраняется горизонтальная проекция импульса системы «шарик + тележка»: $2Mu = (M + m)V$. Отсюда $V_0 = \dfrac{2M + m}{M} V = 10$ м/с.

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1404

© СтатГрад 2013 г

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон сохранения импульса, и правильно обосновано его применение на разных этапах движения данной системы тел*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1404

С3 В теплоизолированном цилиндре, разделённом на две части тонким невесомым теплопроводящим поршнем, находится идеальный одноатомный газ. В начальный момент времени поршень закреплён, а параметры состояния газа – давление, объём и температура – в одной части цилиндра равны $p_1 = 1$ атм, $V_1 = 2$ л и $T_1 = 300$ К, а в другой, соответственно, $p_2 = 2$ атм, $V_2 = 1$ л и $T_2 = 600$ К. Поршень отпускают, и он начинает двигаться без трения. Какая температура газа установится в цилиндре спустя достаточно долгое время, когда будет достигнуто состояние равновесия? Теплоёмкостями цилиндра и поршня можно пренебречь.

Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для газа в обеих частях цилиндра в начальный момент времени: $p_1V_1 = \nu_1 RT_1$, $p_2V_2 = \nu_2 RT_2$. Отсюда следует, что количество вещества (число молей ν газа) в этих частях цилиндра равно, соответственно, $\nu_1 = \dfrac{p_1V_1}{RT_1}$ и $\nu_2 = \dfrac{p_2V_2}{RT_2}$.

Из первого начала термодинамики следует, что внутренняя энергия газа в этом процессе сохраняется, так как газ не обменивается теплотой с окружающими телами и не совершает работы. Поэтому приравняем выражения для внутренней энергии в начальный момент времени и в установившемся состоянии равновесия: $\dfrac{3}{2}\nu_1 R\,T_1 + \dfrac{3}{2}\nu_2 R\,T_2 = \dfrac{3}{2}\left(\nu_1 + \nu_2\right)RT$. Отсюда установившаяся температура в цилиндре равна $T = \dfrac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$, и с учетом полученных выше выражений для ν_1 и ν_2 получаем окончательно: $T = \dfrac{\left(p_1V_1 + p_2V_2\right)T_1T_2}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1} = 400$ К.

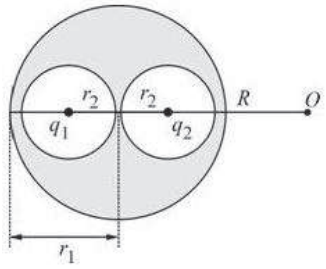
© СтатГрад 2013 г

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *записаны уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа, первое начало термодинамики*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1404

C4 Внутри незаряженного металлического шара радиусом $r_1 = 40$ см имеются две сферические полости радиусами $r_2 < \frac{r_1}{2}$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили заряд $q_1 = +2$ нКл, а затем в центре другой – заряд $q_2 = +3$ нКл (см. рисунок). Найдите модуль и направление вектора напряженности $\vec{E}$ электростатического поля в точке O, находящейся на расстоянии $R = 1$ м от центра шара на продолжении отрезка, соединяющего центры полостей.



Возможное решение
В электростатике считается, что электрическое поле внутри металла отсутствует, так как иначе свободные заряды внутри металла двигались бы. Поэтому при помещении заряда q_1 в первую полость на её стенках индуцируется заряд $-q_1$, и по принципу суперпозиции суммарное поле этих двух зарядов в металле шара равно нулю. По закону сохранения электрического заряда и в силу электронейтральности шара избыточный заряд равен q_1. Он вытесняется на поверхность шара и равномерно распределяется по ней, так как заряды внутри металла не создают поля и не влияют на распределение зарядов на поверхности шара. После помещения заряда q_2 во вторую полость всё происходит аналогичным образом, и на поверхность шара вытесняется дополнительно заряд q_2, так что теперь на поверхности шара равномерно распределяется суммарный заряд $q_1 + q_2$. Поле равномерно заряженного шара вне его совпадает с полем точечного заряда, помещённого в центр шара, поэтому, согласно закону Кулона, поле в точке O, находящейся на расстоянии R от центра шара, по модулю равно $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 45$ В/м и направлено вдоль радиуса от центра шара к точке O. Здесь ε_0 – электрическая постоянная. ***Ответ***: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_2}{R^2} = 45$ В/м, вектор $\vec{E}$ направлен от центра шара к точке O.

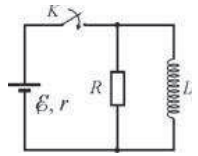
© СтатГрад 2013 г

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *отсутствие электростатического поля внутри металлических проводников, принцип суперпозиции электрических полей, закон сохранения электрического заряда и закон Кулона*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1404

C5 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K на время, за которое ток в катушке индуктивности достигает максимально возможного значения, а затем размыкают его. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе R? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 3$ В, $r = 1$ Ом, $R = 10$ Ом, $L = 10$ мГн. Сопротивление катушки индуктивности очень мало.



Возможное решение

После замыкания ключа K в общей части цепи установится, согласно закону Ома для полной электрической цепи, максимально возможный ток $I = \dfrac{\mathcal{E}}{r}$, поскольку сопротивление правой части цепи, в соответствии с формулой для сопротивления параллельно соединенных резисторов, близко к нулю. Этот ток будет проходить только через катушку индуктивности, ввиду её очень малого сопротивления по сравнению с сопротивлением резистора R.

В катушке индуктивности при токе через неё, равном максимальному, будет запасена энергия магнитного поля, равная $W = \dfrac{LI^2}{2} = \dfrac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$, которая после размыкания ключа K выделится, согласно закону Джоуля–Ленца, в виде теплоты в правой части цепи в резисторе R. Согласно закону сохранения энергии, это количество теплоты будет равно энергии магнитного поля: $Q = W = \dfrac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}$.

Подставляя численные значения параметров цепи и проверяя размерность, получаем:

$$Q = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \frac{10^{-2} \cdot 3^2}{2 \cdot 1^2}\ \text{Дж} = 4{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{Дж} = 45\ \text{мДж}.$$

© СтатГрад 2013 г

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *закон Ома для полной цепи, правило подсчета сопротивления параллельно соединённых резисторов, выражение для энергии магнитного поля, запасённой в катушке индуктивности, закон Джоуля–Ленца*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г

Физика 11 класс Вариант ФИ1404

С6 Точечный источник излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На расстоянии $r = 1$ м от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объёма) равна $n = 2 \cdot 10^6$ м$^{-3}$. Чему равна мощность P этого источника? Объём сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

Возможное решение
Энергия одного фотона равна $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, где ν – частота, h – постоянная Планка, а λ – длина волны света. За время Δt источник излучает $\Delta N = \frac{P\Delta t}{E} = \frac{P\lambda}{hc}\Delta t$ фотонов, разлетающихся изотропно во все стороны со скоростью света c. На расстоянии r от источника в тонком сферическом слое объёмом $\Delta V = 4\pi r 2 \Delta r = 4\pi r 2 c \Delta t$ концентрация фотонов будет равна $n = \frac{\Delta N}{\Delta V} = \frac{P\lambda\Delta t}{hc \cdot 4\pi r^2 c \Delta t} = \frac{P\lambda}{4\pi h c^2 r^2}$. Таким образом, искомая мощность равна $P = \frac{4\pi h c^2 r^2 n}{\lambda} \approx 2,5$ мВт.

© СтатГрад 2013 г

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I)записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *формула Планка для связи энергии и частоты фотона, формула для связи частоты с длиной волны света, а также формула для определения концентрации частиц*); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

© СтатГрад 2013 г