

Диагностическая работа №1
по ФИЗИКЕ

2 декабря 2011 года

11 класс

Вариант 1

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами.

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

Массы частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

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

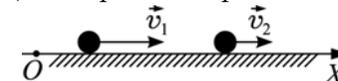
Молярная масса

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

Часть 1

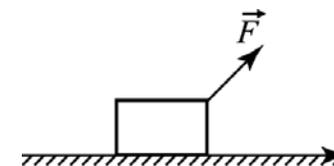
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 Два тела равномерно движутся вдоль горизонтальной оси OX (см. рисунок). Относительно неподвижной системы отсчета, связанной с точкой O , модуль скорости первого тела равен 5 м/с, а модуль скорости второго тела 3 м/с. В системе отсчета, связанной с первым телом, проекция скорости второго тела на ось OX равна



- 1) 2 м/с 2) 8 м/с 3) -2 м/с 4) -8 м/с

A2 Ящик ускоренно движется под действием силы \vec{F} по шероховатому горизонтальному полу, не отрываясь от него. Куда направлено ускорение ящика?



- 1) \rightarrow 2) \nearrow 3) \uparrow 4) \downarrow

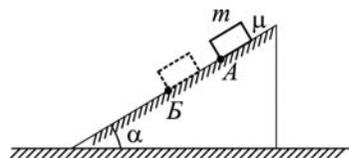
A3 Брусок, находящийся на шероховатой наклонной плоскости, остается в покое, пока угол наклона плоскости не превышает 30° . Из этого следует, что

- коэффициент трения между бруском и плоскостью больше $1 / \sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью меньше $1 / \sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью равен $1 / \sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью зависит от угла наклона плоскости.

A4 Тело движется равномерно и прямолинейно. В некоторый момент на тело начала действовать сила \vec{F} , постоянная по модулю и неизменная по направлению. Можно утверждать, что

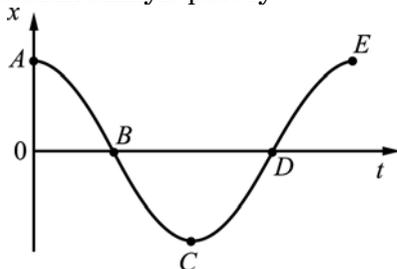
- 1) вектор импульса тела \vec{p} будет всегда сонаправлен с \vec{F}
- 2) вектор изменения импульса тела будет всегда сонаправлен с \vec{F}
- 3) вектор скорости тела \vec{v} будет всегда сонаправлен с \vec{F}
- 4) вектор импульса тела \vec{p} не будет изменять своего направления

A5 Небольшое тело массой m соскальзывает с шероховатой наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью равен μ . Перемещаясь из точки A в точку B , расстояние между которыми равно L , сила тяжести совершает работу, равную



- 1) mgL
- 2) $mgL\sin\alpha$
- 3) $-mgL\sin\alpha$
- 4) $mgL\cos\alpha$

A6 Груз колеблется на пружине, двигаясь вдоль оси Ox . На рисунке показан график зависимости координаты груза x от времени t . На каких участках графика сила упругости пружины, приложенная к грузу, совершает положительную работу?

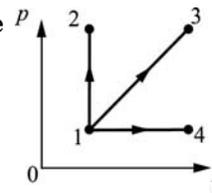


- 1) AB и BC
- 2) BC и CD
- 3) AB и CD
- 4) DE и EF

A7 Двое учеников прочитали в учебнике про эксперименты Ж. Перрена по наблюдению броуновского движения частиц в жидкости. На следующий день, отвечая на уроке, первый ученик сказал, что интенсивность броуновского движения зависит от времени, а второй ученик сказал, что интенсивность броуновского движения возрастает с увеличением температуры жидкости. После этого учитель заключил, что

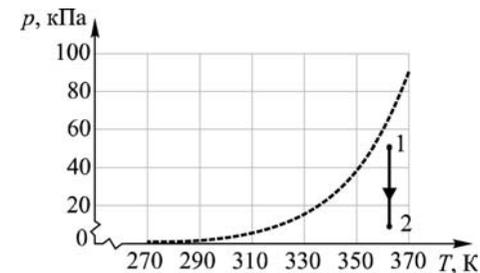
- 1) правильно ответил только первый ученик
- 2) правильно ответил только второй ученик
- 3) правильно ответили оба ученика
- 4) оба ученика ответили неправильно

A8 В каком из изображенных на pV -диаграмме процессов температура идеального газа возрастает?



- 1) $1 \rightarrow 2$
- 2) $1 \rightarrow 3$
- 3) $1 \rightarrow 4$
- 4) во всех трех процессах

A9 На рисунке изображены: пунктирной линией – график зависимости давления p насыщенных паров воды от температуры T , и сплошной линией – процесс 1–2 изменения парциального давления паров воды.



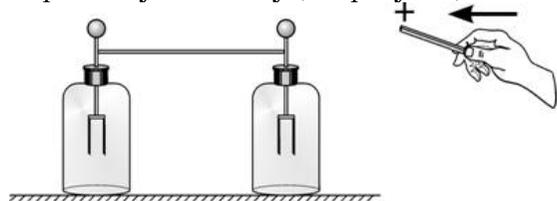
По мере такого изменения парциального давления паров воды абсолютная влажность воздуха

- 1) увеличивается.
- 2) уменьшается.
- 3) не изменяется.
- 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

A10 Порции идеального газа сообщили некоторое количество теплоты. При этом газ совершил положительную работу. В результате внутренняя энергия порции газа

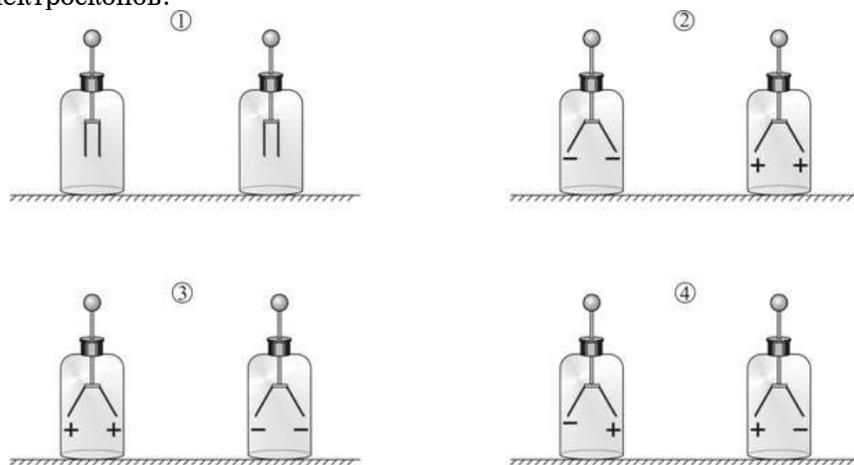
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась
- 4) могла и увеличиться, и уменьшиться, и остаться неизменной

A11 Два незаряженных электроскопа соединены друг с другом проводником. К одному из электроскопов, не касаясь его, подносят положительно заряженную палочку (см. рисунок).



Не отводя палочки от электроскопа, проводник убирают, а затем убирают и палочку.

На каком из рисунков правильно изображены заряды на лепестках электроскопов?



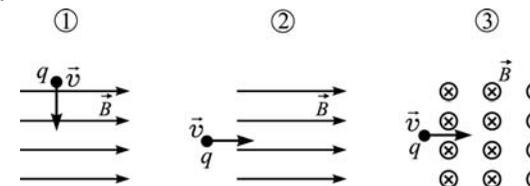
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки, вольтметра, амперметра, реостата и лампы накаливания. На рисунке приведены показания приборов при двух различных положениях движка реостата. Как изменяется с ростом напряжения сопротивление лампы?



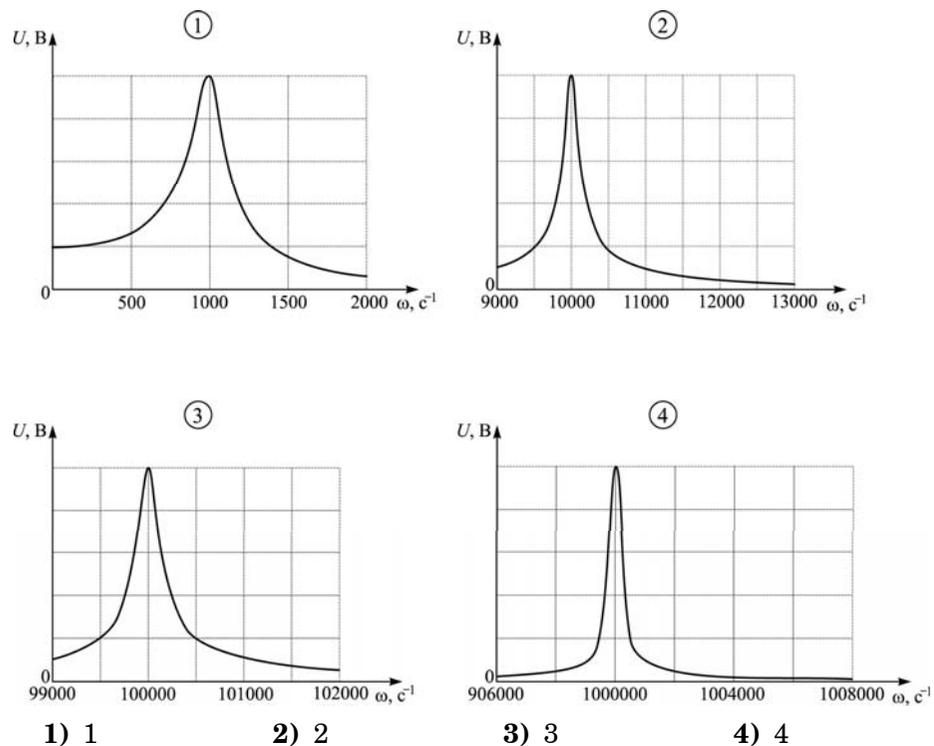
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) на основании проведенных опытов ответить на вопрос невозможно

A13 Заряженная частица влетает со скоростью \vec{v} в область однородного магнитного поля \vec{B} (см. рисунки). На частицу не будет действовать сила Лоренца

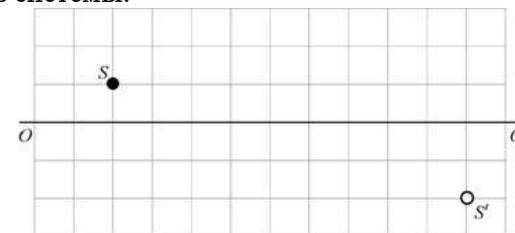


- 1) только в случае 1.
- 2) в случаях 1 и 3.
- 3) только в случае 2.
- 4) в любом случае, изображенном на рисунках.

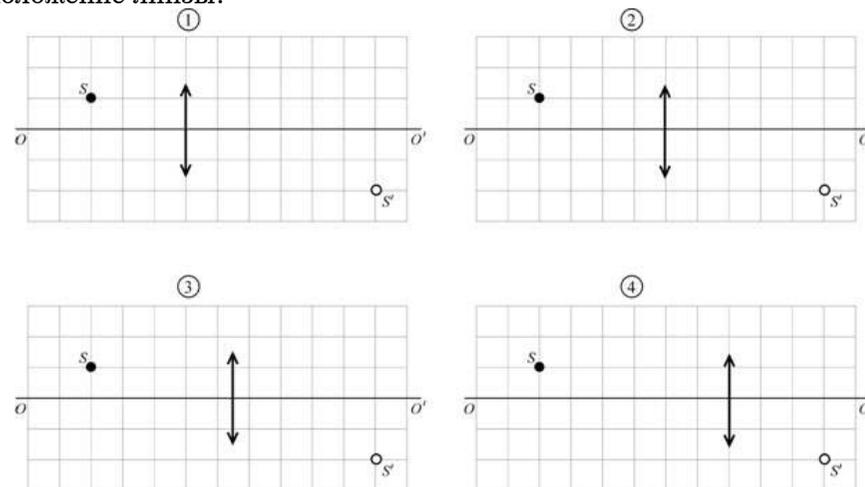
A14 Колебательный контур состоит из последовательно соединенных резистора, конденсатора емкостью $0,1 \text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью 1 мГн . Какая из приведенных на рисунке резонансных кривых может принадлежать этому контуру?



A15 На рисунке изображен предмет S и его изображение S' , полученное с помощью тонкой собирающей линзы. Прямая OO' – главная оптическая ось системы.



На каком из приведенных ниже рисунков правильно показано положение линзы?

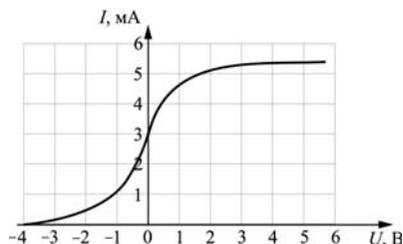


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A16 Школьник направил луч света от лазерной указки на очень узкую прямоугольную прорезь в стальной пластинке. При этом на экране, установленном за пластинкой, наблюдалась система из чередующихся светлых и темных пятен. Какое явление наблюдал школьник?

- 1) дисперсию света 2) дифракцию света
3) интерференцию света 4) преломление света

A17 В опыте по изучению фотоэффекта одну из пластин плоского конденсатора облучают светом с энергией фотона 6 эВ. Напряжение между пластинами изменяют с помощью реостата, силу фототока в цепи измеряют амперметром. На графике приведена зависимость фототока I от напряжения U между пластинами. Работа выхода электрона с поверхности металла, из которого сделаны пластины конденсатора, равна



- 1) 1 эВ 2) 2 эВ 3) 3 эВ 4) 4 эВ

A18 При наблюдении ядерной реакции ${}_{94}^{242}\text{Pu} \rightarrow {}_{92}^{238}\text{U} + {}_2^4\text{He}$ регистрируется

- 1) α -излучение
- 2) β -излучение
- 3) γ -излучение
- 4) ни один из перечисленных видов излучения

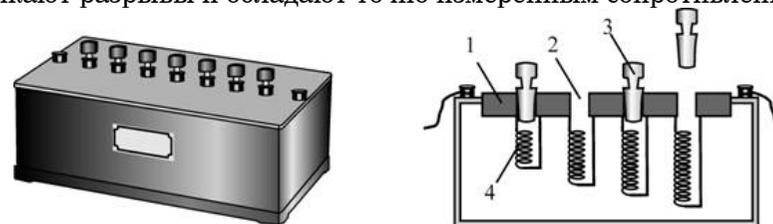
A19 Температуру радиоактивного изотопа урана увеличили в 2 раза. При этом период полураспада этого изотопа

- 1) увеличится в 2 раза.
- 2) увеличится в 4 раза.
- 3) уменьшится в 2 раза.
- 4) не изменится.

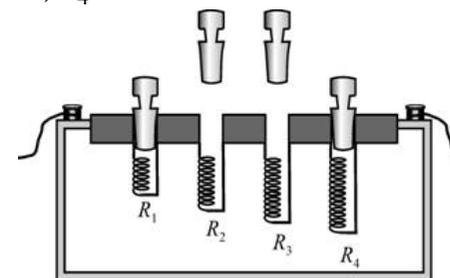
A20 Для того чтобы при постоянном объеме увеличить температуру ν молей одноатомного идеального газа на величину ΔT , ему нужно сообщить количество теплоты ΔQ . Какую константу можно определить по этим данным?

- 1) число Авогадро N_A
- 2) электрическую постоянную ϵ_0
- 3) универсальную газовую постоянную R
- 4) гравитационную постоянную

A21 В недавнем прошлом для точных электрических измерений использовались «магазины» сопротивлений, представляющие собой деревянный ящик, под крышкой которого помещалась толстая медная пластина (1) с разрывами (2), в которые могут вставляться медные штекеры (3) (см. рисунок). Если все штекеры плотно вставлены, то электрический ток течет через них напрямую по пластине, сопротивление которой ничтожно мало. Если же какой-либо из штекеров отсутствует, то ток течет через проволоки (4), которые замыкают разрывы и обладают точно измеренным сопротивлением.



Определите, чему равно сопротивление, установленное на магазине сопротивлений, показанном на следующем рисунке, если $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 9 \text{ Ом}$.

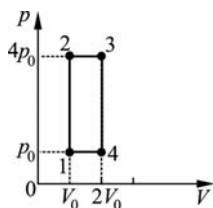


- 1) 8 Ом 2) 9 Ом 3) 0,125 Ом 4) 0,1 Ом

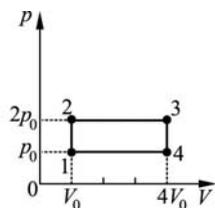
Часть 2

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

В1 В тепловой машине один моль идеального одноатомного газа совершает процесс, изображенный на рисунке 1. Этот циклический процесс заменяют на другой, изображенный на рисунке 2, не изменяя ни газ, ни его количество. Как в результате изменятся следующие физические величины: передаваемое газу от нагревателя количество теплоты; совершаемая машиной механическая работа; КПД тепловой машины?



①



②

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|--|-----------------|
| А) передаваемое газу от нагревателя количество теплоты | 1) увеличится |
| Б) совершаемая машиной механическая работа | 2) уменьшится |
| В) КПД тепловой машины | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2

Пластилинный шар, двигаясь по гладкой горизонтальной плоскости, столкнулся с покоящимся металлическим шаром и прилип к нему. Как в результате изменились следующие физические величины: суммарная кинетическая энергия шаров, внутренняя энергия шаров, величина суммарного импульса шаров?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

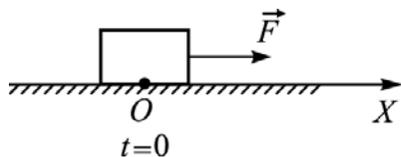
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|------------------|
| А) суммарная кинетическая энергия шаров | 1) увеличилась |
| Б) внутренняя энергия шаров | 2) уменьшилась |
| В) величина суммарного импульса шаров | 3) не изменилась |

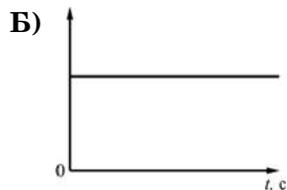
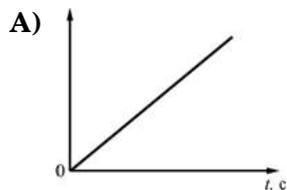
Ответ:

А	Б	В

В3 Точечное тело находится на гладкой горизонтальной поверхности. В момент времени $t = 0$ на него в направлении оси OX начинает действовать постоянная сила \vec{F} . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



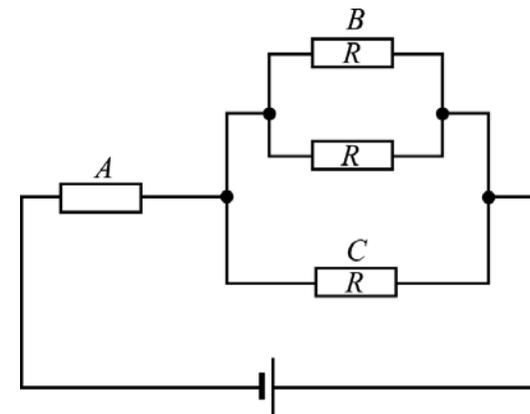
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости тела на ось OX
- 2) проекция ускорения тела на ось OX
- 3) путь, пройденный телом
- 4) изменение координаты тела

Ответ:

А	Б
□	□

В4 В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, через резистор A течет ток силой I_0 . Чему равна сила тока, текущего через резистор B и через резистор C ? Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) Сила тока, текущего через резистор B
- Б) Сила тока, текущего через резистор C

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

- 1) I_0
- 2) $\frac{I_0}{2}$
- 3) $\frac{I_0}{3}$
- 4) $\frac{2I_0}{3}$

Ответ:

А	Б
□	□

Часть 3

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

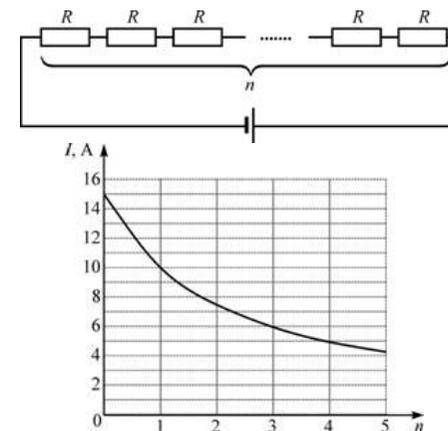
A22 На поверхности спокойного озера постоит лодка, в которой сидит рыбак. Рыбак бросает в воду камень в направлении, перпендикулярном берегу. Волна от упавшего в воду камня доходит до лодки за 10 с, а до берега за 40 с. Чему может быть равно расстояние от лодки до берега, если скорость волн на воде 75 см/с?

- 1) 7,5 м 2) 30 м
3) 37,5 м 4) 22,5 м или 37,5 м

A23 Абсолютная влажность воздуха, находящегося в цилиндрическом сосуде под поршнем, равна $0,029 \text{ кг/м}^3$. Температура газа в сосуде равна 100°C . Как и во сколько раз требуется изотермически изменить объем сосуда для того, чтобы на его стенках образовалась роса?

- 1) уменьшить приблизительно в 2 раза
2) увеличить приблизительно в 20 раз
3) уменьшить приблизительно в 20 раз
4) увеличить приблизительно в 2 раза.

A24 Электрическая цепь состоит из нескольких одинаковых резисторов, соединенных последовательно и подключенных к батарее с ЭДС 60 В. На графике приведена зависимость силы постоянного электрического тока I в этой цепи от числа n резисторов (при $n = 0$ контакты батареи замкнуты накоротко). Чему равно сопротивление R одного резистора?



- 1) 0,5 Ом 2) 1 Ом 3) 2 Ом 4) 4 Ом

A25 Индуктивность катушки идеального колебательного контура равна 10^{-2} Гн. В контуре происходят свободные колебания. Сила тока I в этом контуре изменяется со временем t по закону $I = 8\sin(400t)$, причем сила тока выражается в мА, время в секундах. Электрическая емкость конденсатора в этом колебательном контуре равна

- 1) 250 мкФ 2) 0,1 Ф 3) 625 мкФ 4) 2 мФ

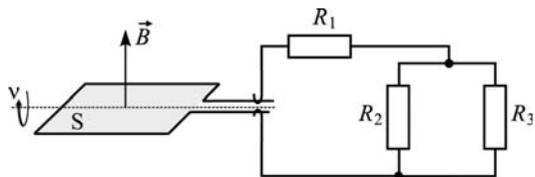
C1 Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

C2 Маятник состоит из маленького груза массой $M = 200$ г и очень легкой нити подвеса длиной $L = 1,25$ м. Он висит в состоянии покоя в вертикальном положении. В груз ударяется небольшое тело массой $m = 100$ г, летевшее в горизонтальном направлении со скоростью $v = 10$ м/с. После удара тело останавливается и падает вертикально вниз. На какой максимальный угол α маятник отклонится от положения равновесия после удара?

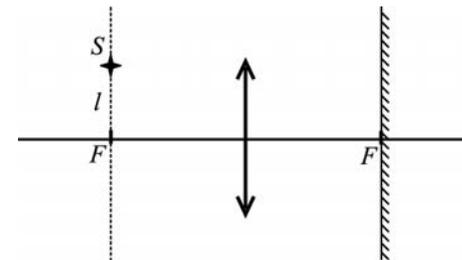
С3 Груз массой $m = 1$ кг подвесили на невесомой пружине, и он мог совершать вертикальные гармонические колебания с некоторой частотой. Затем параллельно первой пружине присоединили вторую такую же и подвесили к ним другой груз. Частота колебаний новой системы оказалась вдвое меньше, чем прежней. Чему равна масса M второго груза?

С4 В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p_1 = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

С5 Хорошо проводящая рамка площадью $S = 20$ см² вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5$ Тл, перпендикулярной оси вращения рамки, с частотой $\nu = 50$ Гц. Скользящие контакты от рамки присоединены к цепи, состоящей из резистора сопротивлением $R_1 = 5$ Ом, к которому последовательно присоединены два параллельно соединенных резистора сопротивлениями $R_2 = 10$ Ом и $R_3 = 15$ Ом (см. рис.). Найти максимальную силу тока, текущего через резистор R_3 в процессе вращения рамки. Индуктивностью цепи можно пренебречь.



С6 Точечный источник света S находится в передней фокальной плоскости собирающей линзы на расстоянии $l = 2$ см от ее главной оптической оси. За линзой в ее задней фокальной плоскости находится плоское зеркало (см. рис.). Построить изображение S' источника в данной оптической системе и найти расстояние между точками S и S' .



**Диагностическая работа №1
по ФИЗИКЕ**

2 декабря 2011 года

11 класс

Вариант 2

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами

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

Массы частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

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

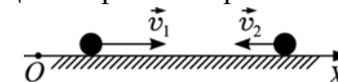
Молярная масса

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

Часть 1

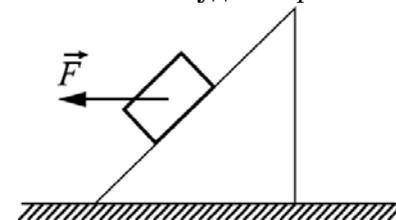
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 Два тела равномерно движутся вдоль горизонтальной оси OX (см. рисунок). Относительно неподвижной системы отсчета, связанной с точкой O , модуль скорости первого тела равен 5 м/с, а модуль скорости второго тела 3 м/с. В системе отсчета, связанной с первым телом, проекция скорости второго тела на ось OX равна



- 1) 2 м/с 2) 8 м/с 3) -2 м/с 4) -8 м/с

A2 Ящик ускоренно соскальзывает под действием силы \vec{F} с наклонной плоскости, не отрываясь от нее. Куда направлено ускорение ящика?



- 1) \leftarrow 2) \swarrow 3) \downarrow 4) \uparrow

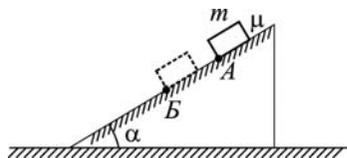
A3 Брусок, находящийся на шероховатой наклонной плоскости, скользит по ней, если угол наклона плоскости больше 30° . Из этого следует, что

- коэффициент трения между бруском и плоскостью больше $1/\sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью меньше $1/\sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью равен $1/\sqrt{3}$.
- коэффициент трения между бруском и плоскостью зависит от угла наклона плоскости.

A4 Тело движется равномерно и прямолинейно, имея импульс \vec{p} . В некоторый момент на тело начала действовать сила \vec{F} , постоянная по модулю и неизменная по направлению. В результате импульс тела изменился на $\Delta\vec{p}$. Можно утверждать, что

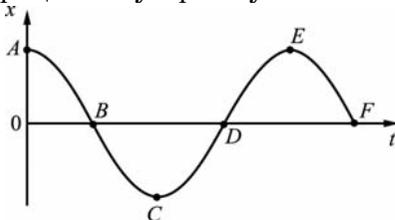
- 1) векторы \vec{p} и \vec{F} сонаправлены
- 2) векторы \vec{p} и $\Delta\vec{p}$ сонаправлены
- 3) векторы $\Delta\vec{p}$ и \vec{F} сонаправлены
- 4) векторы \vec{p} , $\Delta\vec{p}$ и \vec{F} могут быть ориентированы друг относительно друга произвольным образом

A5 Небольшое тело массой m соскальзывает с шероховатой наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью равен μ . Перемещаясь из точки A в точку B , расстояние между которыми равно L , сила трения совершает работу, равную



- 1) μmgL
- 2) $\mu mgL \cos \alpha$
- 3) $-\mu mgL \cos \alpha$
- 4) $-\mu mgL \sin \alpha$

A6 Груз колеблется на пружине, двигаясь вдоль оси Ox . На рисунке показан график зависимости координаты груза x от времени t . На каких участках графика сила упругости пружины, приложенная к грузу, совершает отрицательную работу?

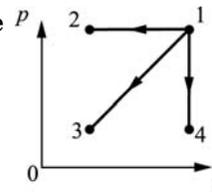


- 1) AB и BC
- 2) BC и CD
- 3) BC и DE
- 4) DE и EF

A7 Двое учеников прочитали в учебнике про эксперименты Ж. Перрена по наблюдению броуновского движения частиц в жидкости. На следующий день, отвечая на уроке, первый ученик сказал, что интенсивность броуновского движения не зависит от времени, а второй ученик сказал, что интенсивность броуновского движения возрастает при уменьшении температуры жидкости. После этого учитель заключил, что

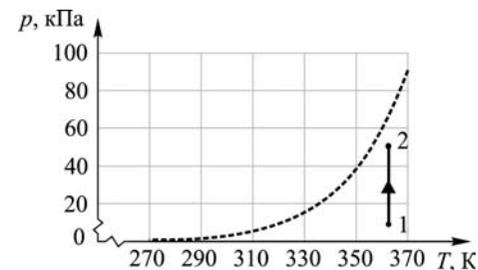
- 1) правильно ответил только первый ученик
- 2) правильно ответил только второй ученик
- 3) правильно ответили оба ученика
- 4) оба ученика ответили неправильно

A8 В каком из изображенных на pV -диаграмме процессов температура идеального газа убывает?



- 1) 1→2
- 2) 1→3
- 3) 1→4
- 4) во всех трех процессах

A9 На рисунке изображены пунктирной линией – график зависимости давления p насыщенных паров воды от температуры T , и сплошной линией – процесс 1–2 изменения парциального давления паров воды.



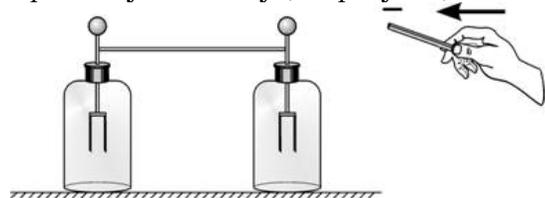
По мере такого изменения парциального давления паров воды относительная влажность воздуха

- 1) увеличивается.
- 2) уменьшается.
- 3) не изменяется.
- 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

A10 У порции идеального газа отняли некоторое количество теплоты. При этом над газом совершили положительную работу. В результате внутренняя энергия порции газа

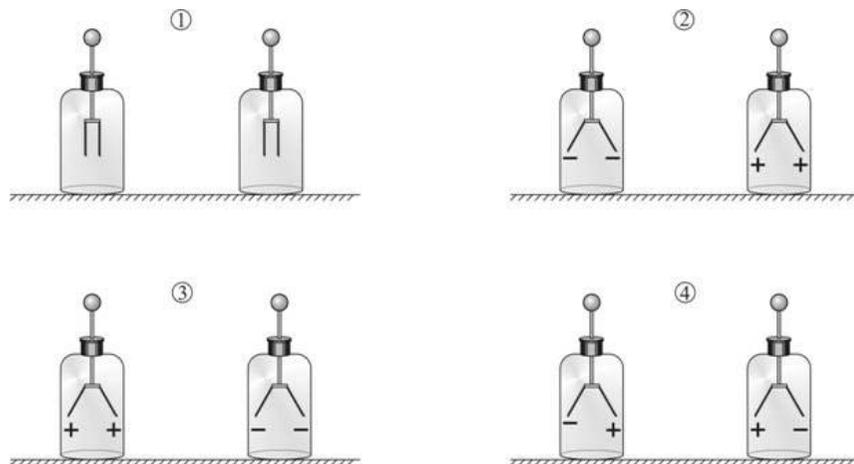
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась
- 4) могла и увеличиться, и уменьшиться и остаться неизменной

A11 Два незаряженных электроскопа соединены друг с другом проводником. К одному из электроскопов, не касаясь его, подносят отрицательно заряженную палочку (см. рисунок).



Не отводя палочки от электроскопа, проводник убирают, а затем убирают и палочку.

На каком из рисунков правильно изображены заряды на лепестках электроскопов?



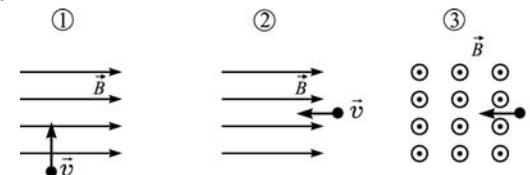
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки, вольтметра, амперметра, реостата и лампы накаливания. На рисунке приведены показания приборов при двух различных положениях движка реостата. Как изменяется с уменьшением напряжения сопротивление лампы?



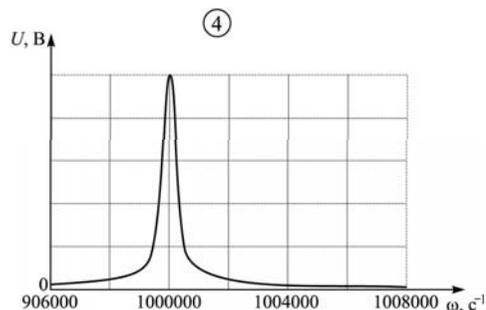
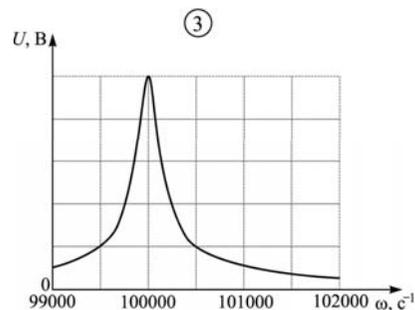
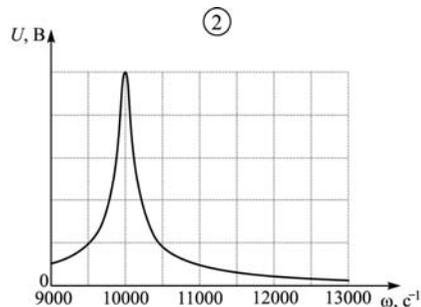
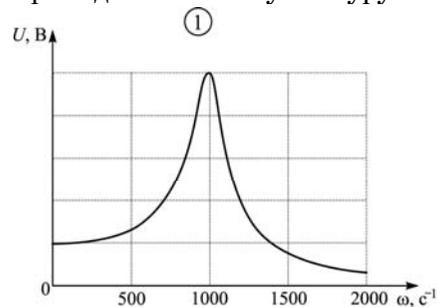
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) на основании проведенных опытов ответить на вопрос невозможно.

A13 Незаряженная частица влетает со скоростью \vec{v} в область однородного магнитного поля \vec{B} (см. рисунки). На частицу не будет действовать сила Лоренца



- 1) только в случае 1.
- 2) в случаях 1 и 3.
- 3) только в случае 2.
- 4) в любом случае, изображенном на рисунках.

A14 Колебательный контур состоит из последовательно соединенных резистора, конденсатора емкостью 10 мкФ и катушки индуктивностью 1 мГн. Какая из приведенных на рисунке резонансных кривых может принадлежать этому контуру?



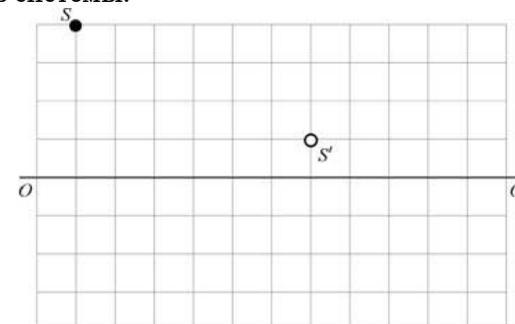
1) 1

2) 2

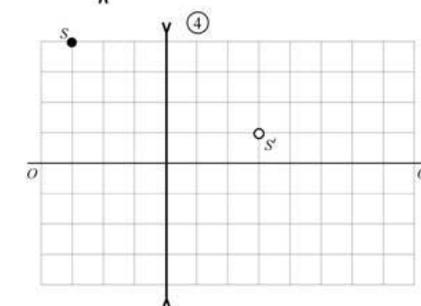
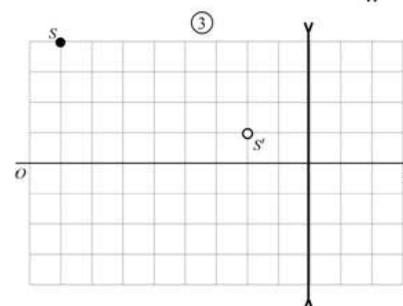
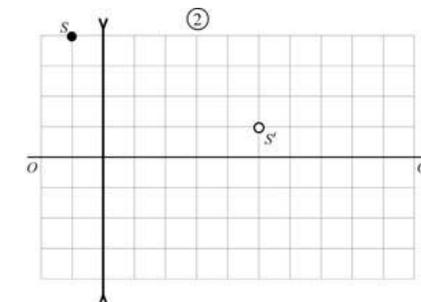
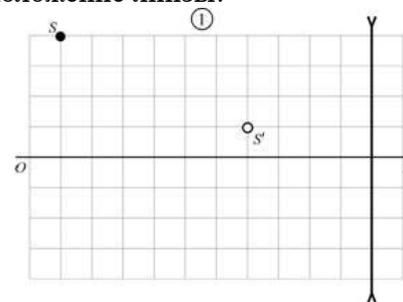
3) 3

4) 4

A15 На рисунке изображен предмет S и его изображение S' , полученное с помощью тонкой рассеивающей линзы. Прямая OO' – главная оптическая ось системы.



На каком из приведенных ниже рисунков правильно показано положение линзы?



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

A16 Школьник направил луч света от лазерной указки на очень маленькое круглое отверстие в стальной пластинке. При этом на экране, установленном за пластинкой, наблюдалась система из чередующихся светлых и темных колец. Какое явление наблюдал школьник?

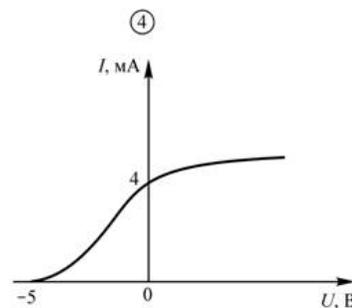
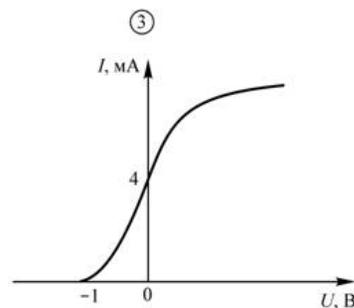
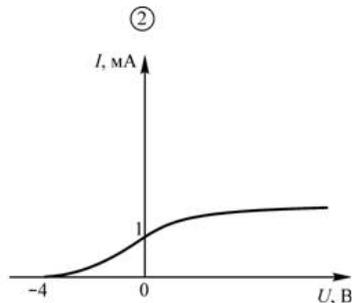
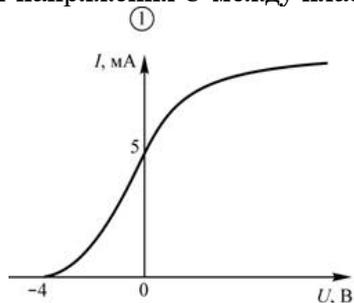
1) дифракцию света

2) интерференцию света

3) дисперсию света

4) преломление света

A17 В опыте по изучению фотоэффекта одну из пластин плоского конденсатора облучают светом с энергией фотона 5 эВ. Напряжение между пластинами изменяют с помощью реостата, силу фототока в цепи измеряют амперметром. Работа выхода электрона с поверхности металла, из которого сделаны пластины конденсатора, равна 4 эВ. На каком рисунке правильно изображен график зависимости фототока I от напряжения U между пластинами?



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

A18 При наблюдении ядерной реакции ${}^{238}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{238}_{92}\text{U} + {}^0_{-1}\text{e}$ регистрируется

- 1) α -излучение
- 2) β -излучение
- 3) γ -излучение
- 4) ни один из перечисленных видов излучения

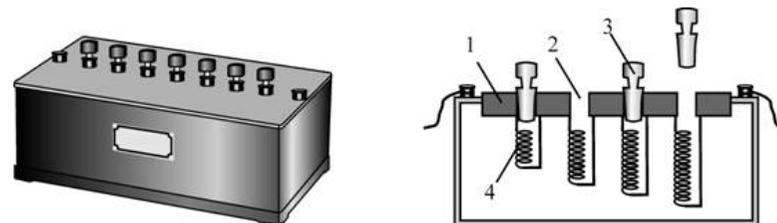
A19 При изменении внешнего давления в 2 раза период полураспада радиоактивного изотопа урана

- 1) не изменится.
- 2) увеличится в 4 раза.
- 3) уменьшится в 2 раза.
- 4) увеличится в 2 раза.

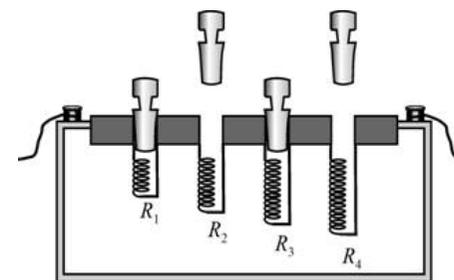
A20 Для того чтобы при постоянном давлении уменьшить температуру ν молей одноатомного идеального газа на величину ΔT , от него нужно отвести количество теплоты ΔQ . Какую константу можно определить по этим данным?

- 1) число Авогадро N_A
- 2) электрическую постоянную ϵ_0
- 3) универсальную газовую постоянную R
- 4) гравитационную постоянную

A21 В недавнем прошлом для точных электрических измерений использовались «магазины» сопротивлений, представляющие собой деревянный ящик, под крышкой которого помещалась толстая медная пластина (1) с разрывами (2), в которые могут вставляться медные штекеры (3) (см. рисунок). Если все штекеры плотно вставлены, то электрический ток течет через них напрямую по пластине, сопротивление которой ничтожно мало. Если же какой-либо из штекеров отсутствует, то ток течет через проволоки (4), которые замыкают разрывы и обладают точно измеренным сопротивлением.



Определите, чему равно сопротивление, установленное на магазине сопротивлений, показанном на следующем рисунке, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 12 \text{ Ом}$.

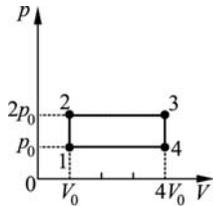


- 1) 10 Ом
- 2) 16 Ом
- 3) 0,1 Ом
- 4) 0,625 Ом

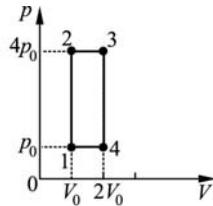
Часть 2

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

В1 В тепловой машине один моль идеального одноатомного газа совершает процесс, изображенный на рисунке 1. Этот циклический процесс заменяют на другой, изображенный на рисунке 2, не изменяя ни газ, ни его количество. Как в результате изменятся следующие физические величины: передаваемое газу от нагревателя количество теплоты; совершаемая машиной механическая работа; КПД тепловой машины?



①



②

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|--|-----------------|
| А) передаваемое газу от нагревателя количество теплоты | 1) увеличится |
| Б) совершаемая машиной механическая работа | 2) уменьшится |
| В) КПД тепловой машины | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2 Пластилиновый шар, двигаясь по гладкой горизонтальной плоскости, столкнулся с покоящимся металлическим шаром. После столкновения шары продолжили двигаться отдельно, но пластилиновый шар оказался деформированным. Как в результате изменились следующие физические величины: суммарная кинетическая энергия шаров, внутренняя энергия шаров, величина суммарного импульса шаров?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

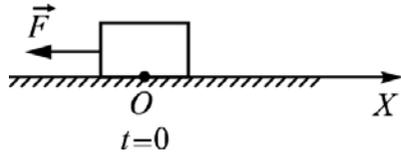
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|------------------|
| А) суммарная кинетическая энергия шаров | 1) увеличилась |
| Б) внутренняя энергия шаров | 2) уменьшилась |
| В) величина суммарного импульса шаров | 3) не изменилась |

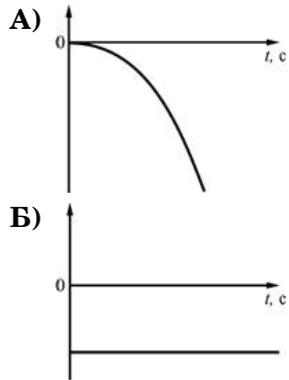
Ответ:

А	Б	В

В3 Точечное тело находится на гладкой горизонтальной поверхности. В момент времени $t = 0$ на него в направлении против оси OX начинает действовать постоянная сила \vec{F} . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



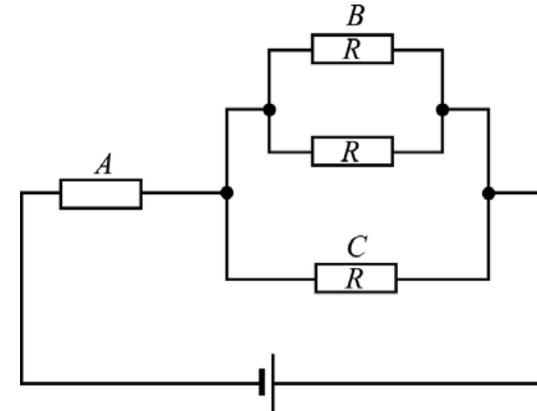
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция ускорения тела на ось OX
- 2) проекция скорости тела на ось OX
- 3) путь, пройденный телом
- 4) изменение координаты тела

Ответ:

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

В4 В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, через резистор B течет ток силой I_0 . Чему равна сила тока, текущего через резистор A и через резистор C ? Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) Сила тока, текущего через резистор A
- Б) Сила тока, текущего через резистор C

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

- 1) I_0
- 2) $2I_0$
- 3) $3I_0$
- 4) $\frac{2I_0}{3}$

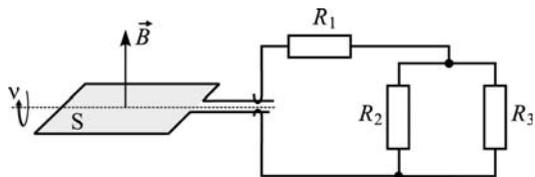
Ответ:

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

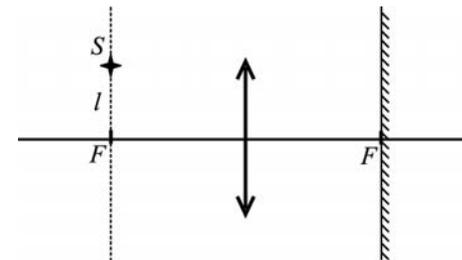
С3 Груз массой $m = 1$ кг подвесили на невесомой пружине, и он мог совершать вертикальные гармонические колебания с некоторой частотой. Затем параллельно первой пружине присоединили вторую такую же и подвесили к ним другой груз. Частота колебаний новой системы оказалась вдвое меньше, чем прежней. Чему равна масса M второго груза?

С4 В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p_1 = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

С5 Хорошо проводящая рамка площадью $S = 20$ см² вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5$ Тл, перпендикулярной оси вращения рамки, с частотой $\nu = 50$ Гц. Скользящие контакты от рамки присоединены к цепи, состоящей из резистора сопротивлением $R_1 = 5$ Ом, к которому последовательно присоединены два параллельно соединенных резистора сопротивлениями $R_2 = 10$ Ом и $R_3 = 15$ Ом (см. рис.). Найти максимальную силу тока, текущего через резистор R_3 в процессе вращения рамки. Индуктивностью цепи можно пренебречь.



С6 Точечный источник света S находится в передней фокальной плоскости собирающей линзы на расстоянии $l = 2$ см от ее главной оптической оси. За линзой в ее задней фокальной плоскости находится плоское зеркало (см. рис.). Построить изображение S' источника в данной оптической системе и найти расстояние между точками S и S' .



Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	3
A2	1
A3	3
A4	2
A5	2
A6	3
A7	2
A8	4
A9	2
A10	4
A11	3
A12	1
A13	3

№ задания	Ответ
A14	3
A15	1
A16	2
A17	2
A18	1
A19	4
A20	3
A21	1
A22	4
A23	3
A24	3
A25	3

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	132
B2	213

№ задания	Ответ
B3	12
B4	33

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	4
A2	2
A3	3
A4	3
A5	3
A6	3
A7	1
A8	4
A9	1
A10	4
A11	2
A12	2
A13	4

№ задания	Ответ
A14	2
A15	3
A16	1
A17	3
A18	2
A19	1
A20	3
A21	2
A22	4
A23	1
A24	1
A25	3

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	231
B2	213

№ задания	Ответ
B3	41
B4	31

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

1. Когда лучи Солнца нагревают за счет поглощения света влажную землю и воздух около нее, из земли и растений активно испаряется вода, и более легкий нагретый за счет теплопроводности воздух с парами воды из-за действия выталкивающей силы Архимеда поднимается вверх, образуя восходящие потоки.
2. В процессе подъема давление воздуха падает, а теплообмена с окружающими телами практически нет. Поэтому процесс изменения состояния влажного воздуха близок к адиабатному, и его температура падает, а относительная влажность растет.
3. На определенной высоте, в момент достижения «точки росы», пары воды становятся насыщенными и конденсируются в капли – образуется туман, то есть облака. Туман с восходящим потоком воздуха продолжает подниматься и охлаждаться, так что мы наблюдаем образование кучевых облаков с четкой нижней кромкой.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1-3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – явления <i>нагревания земли из-за поглощения света и приземного слоя воздуха за счет теплопроводности, появление выталкивающей силой Архимеда, явления испарения и конденсации воды, явление охлаждения влажного воздуха при адиабатном процессе его подъема, достижение «точки росы» и образование тумана</i>).	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 объеме, или в них содержатся логические недочеты	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 Маятник состоит из маленького груза массой $M = 200$ г и очень легкой нити подвеса длиной $L = 1,25$ м. Он висит в состоянии покоя в вертикальном положении. В груз ударяется небольшое тело массой $m = 100$ г, летевшее в горизонтальном направлении со скоростью $v = 10$ м/с. После удара тело останавливается и падает вертикально вниз. На какой максимальный угол α маятник отклонится от положения равновесия после удара?

В соответствии с законом сохранения горизонтальной проекции импульса на направление движения тела в момент удара имеем: $mv = MV$, где V – скорость груза маятника сразу после удара. При дальнейшем движении от положения равновесия до максимального отклонения сохраняется механическая энергия груза маятника:

$$\frac{MV^2}{2} = MgH,$$

где $H = L(1 - \cos\alpha)$ – высота подъема груза над положением равновесия.

Из написанных уравнений получаем:

$$V = \frac{m}{M}v, \quad H = L(1 - \cos\alpha) = \frac{V^2}{2g} = \frac{m^2v^2}{2M^2g}, \quad \text{и} \quad \cos\alpha = 1 - \frac{m^2v^2}{2M^2gL}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $\cos\alpha = 0, \alpha = 90^\circ$.

Ответ: Маятник отклонится на максимальный угол

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{m^2v^2}{2M^2gL}\right) = 90^\circ.$$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>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 горизонтальной проекции импульса при ударе и закон сохранения механической энергии после удара); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>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 объеме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, 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 V, или в нем допущена ошибка.</p>	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 Груз массой $m = 1$ кг подвесили на невесомой пружине, и он мог совершать вертикальные гармонические колебания с некоторой частотой. Затем параллельно первой пружине присоединили вторую такую же и подвесили к ним другой груз. Частота колебаний новой системы оказалась вдвое меньше, чем прежней. Чему равна масса M второго груза?

Колебания первого груза происходят с угловой частотой $\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, причем эта

частота не зависит от действия на маятник силы тяжести, которая лишь смещает положение равновесия груза.

При параллельном соединении двух одинаковых пружин их общий коэффициент жесткости удваивается: $K = 2k$ (поскольку при растяжении пружин на прежнюю величину на груз действует вдвое большая возвращающая сила). Поэтому колебания второго груза будут происходить с

угловой частотой $\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{M}}$.

По условию частота колебаний второй системы вдвое меньше, чем первой ($\omega_1 / 2 = \omega_2$), откуда

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{K}{M}} = \sqrt{\frac{2k}{M}}$$

Отсюда получаем: $M = 8m = 8$ кг.

Ответ: Масса второго груза $M = 8m = 8$ кг.

Указания по оцениванию	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 для расчета частоты колебаний пружинного маятника, формула для коэффициента жесткости параллельно соединенных пружин); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) 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 объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, 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 V, или в нем допущена ошибка.	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С4

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p_1 = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

Обозначим массу и площадь поршня через M и S , соответственно. В исходном состоянии на поршень действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила атмосферного давления p_0S , а вверх – сила давления воздуха под поршнем p_1S . При этом поршень находится в равновесии, то есть в соответствии со вторым законом Ньютона $p_1S = p_0S + Mg$. После переворачивания сосуда и установления равновесия давление воздуха в сосуде становится равным p_2 , а расстояние от дна сосуда до поршня – H_2 . На поршень при этом действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила давления воздуха над поршнем p_2S , а вверх – сила атмосферного давления p_0S . Таким образом, $p_0S = p_2S + Mg$. Кроме того, при изотермическом процессе, согласно закону Бойля–Мариотта, должно выполняться соотношение $p_1H_1S = p_2H_2S$.

Из первых двух уравнений находим, что $p_2 = 2p_0 - p_1$, и, подставляя это выражение в третье уравнение, получаем $H_2 = \frac{p_1}{2p_0 - p_1} H_1$. Таким образом,

поршень сместится на расстояние

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $\Delta H = 2H_1 = 40$ см.

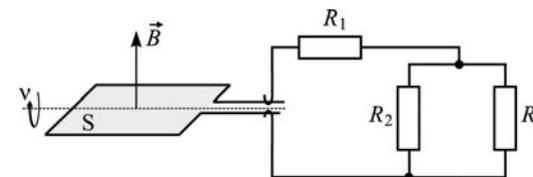
Ответ: Поршень сместится на расстояние $\Delta H = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1 = 2H_1 = 40$ см.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>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 – <i>второй закон Ньютона для равновесия поршня в проекции на вертикальную ось и закон Бойля-Мариотта</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>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 объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, 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 V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>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.</p>	1
<p>ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждений, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	0
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С5

Хорошо проводящая рамка площадью $S = 20 \text{ см}^2$ вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5 \text{ Тл}$, перпендикулярной оси вращения рамки, с частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Скользящие контакты от рамки присоединены к цепи, состоящей из резистора сопротивлением $R_1 = 5 \text{ Ом}$, к которому последовательно присоединены два параллельно соединенных резистора сопротивлением $R_2 = 10 \text{ Ом}$ и $R_3 = 15 \text{ Ом}$ (см. рис.). Найти максимальную силу тока, текущего через резистор R_3 в процессе вращения рамки. Индуктивностью цепи можно пренебречь.



При вращении рамки в магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная, по закону электромагнитной индукции Фарадея,

$$E = -\Phi' = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(BS\cos\omega t) = BS\omega\sin\omega t$$

(здесь $\omega = 2\pi\nu$ – угловая частота вращения рамки).

В цепи из резисторов, присоединенной к рамке, под действием этой ЭДС возникает ток, равный, согласно закону Ома для полной цепи, $I = \frac{E}{R}$, где согласно формулам для сопротивления цепи, состоящей из последовательно и параллельно соединенных резисторов, $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$.

Поскольку падение напряжения на параллельно соединенных резисторах R_2 и R_3 одинаково, по закону Ома для участка цепи $I_2 R_2 = I_3 R_3$, причем в точке разветвления тока $I = I_2 + I_3$. Из всех записанных уравнений следует, что

$$I_3 = \frac{I}{1 + R_3 / R_2} = \frac{BS\omega}{\left(R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right) \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_2}} \sin\omega t = \frac{BS\omega R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} \sin\omega t,$$

откуда искомая максимальная сила тока $I_{3\max}$ равна, очевидно,

$$I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем:

$$I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{5 \cdot (10 + 15) + 10 \cdot 15} \approx 0,034 \text{ А} = 34 \text{ мА}.$$

Ответ: $I_{3\max} = \frac{2\pi\nu BS R_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} \approx 0,034 \text{ А} = 34 \text{ мА}.$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>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 электромагнитной индукции Фарадея, законы Ома для полной цепи и для участка цепи, формула для расчета сопротивления последовательно и параллельно соединенных резисторов); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>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 объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, 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 V, или в нем допущена ошибка.</p>	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.

1

ИЛИ

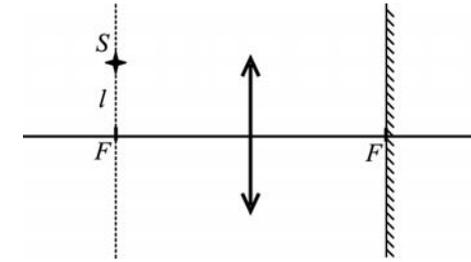
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

0

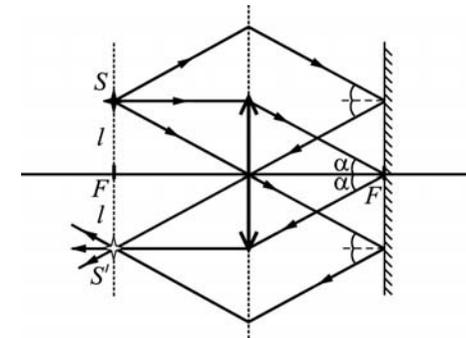
С6

Точечный источник света S находится в передней фокальной плоскости собирающей линзы на расстоянии $l = 2$ см от ее главной оптической оси. За линзой в ее задней фокальной плоскости находится плоское зеркало (см. рис.). Построить изображение S' источника в данной оптической системе и найти расстояние между точками S и S' .



Лучи от точечного источника S , находящегося в фокальной плоскости собирающей линзы, после линзы образуют пучок параллельных лучей, идущих под таким углом α к главной оптической оси линзы, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{F}$ (здесь F – фокусное расстояние данной линзы).

Согласно закону отражения света, этот пучок отразится от плоского зеркала симметрично относительно перпендикуляра к зеркалу под тем же углом $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{l}{F}$, и пойдет в обратном направлении, к линзе (см. рис.).



После преломления в собирающей линзе этот параллельный пучок света превратится в сходящийся и сформирует в передней фокальной плоскости изображение S' источника в виде точки, расположенной симметрично с S относительно главной оптической оси, то есть также на расстоянии $l = 2$ см от нее.

Таким образом, искомое расстояние $SS' = 2l = 4$ см.

Ответ: $SS' = 2l = 4$ см.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) применены положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила построения изображения точечного источника света в тонкой линзе и закон отражения света</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины; VI) представлен схематический рисунок, поясняющий решение.</p>	3
<p>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, III и VI – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, 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 V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

<p>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 утверждений, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0