

Диагностическая работа №2

по ФИЗИКЕ

7 марта 2012 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 даётся 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 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, 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

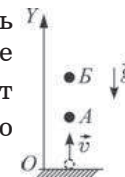
Молярная масса

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

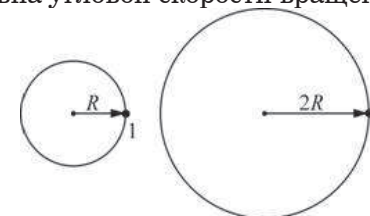
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

- A1** Брошенный вертикально вверх с поверхности земли камень движется вдоль оси OY (см. рисунок). Какое уравнение правильно описывает зависимость координаты y_B камня от времени t на участке AB ? Влияние воздуха пренебрежимо мало.



- 1) $y_B = y_A + v_A t + \frac{gt^2}{2}$ 2) $y_B = y_A + \frac{gt^2}{2}$
 3) $y_B = y_A + v_A t$ 4) $y_B = y_A + v_A t - \frac{gt^2}{2}$

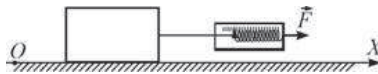
- A2** На рисунке изображены два точечных тела, равномерно движущиеся по окружностям различных радиусов (см. рисунок). Угловая скорость вращения тела 1 равна угловой скорости вращения тела 2.



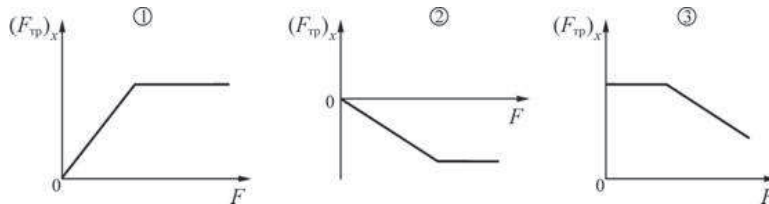
Выберите правильное утверждение.

- 1) Модуль скорости тела 1 в два раза больше модуля скорости тела 2.
 2) Модуль ускорения тела 1 в два раза меньше модуля ускорения тела 2.
 3) Так как тела движутся по окружностям равномерно, то ускорения обоих тел равны нулю.
 4) Частота вращения тела 1 больше частоты вращения тела 2.

A3 К бруску, находящемуся на шероховатом горизонтальном столе, прикладывается горизонтальная сила \vec{F} .



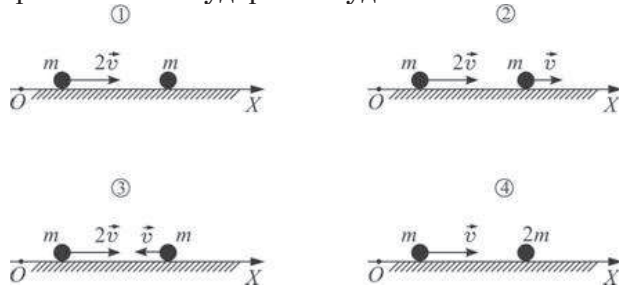
Ученики нарисовали три варианта зависимости проекции силы трения $(F_{тр})_x$, действующей на брусок, от модуля прикладываемой силы F , модуль которой медленно увеличивается от нулевого значения.



Выберите правильное утверждение.

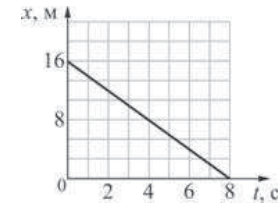
- 1) правильным является рисунок 1
- 2) правильным является рисунок 2
- 3) правильным является рисунок 3
- 4) все три рисунка являются неправильными

A4 Два одинаковых пластилиновых шарика, двигаясь по гладкой горизонтальной плоскости, испытывают абсолютно неупругое соударение и слипаются. В каком случае (см. рисунки) модуль скорости шариков после соударения будет минимальным?



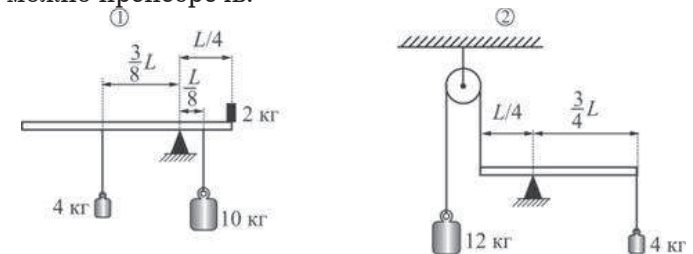
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A5 Точечное тело массой 5 кг движется горизонтально вдоль оси Ox . График зависимости координаты этого тела от времени показан на рисунке. В момент времени $t = 4$ с кинетическая энергия этого тела равна



- 1) 5Дж
- 2) -5Дж
- 3) 10Дж
- 4) -10Дж

A6 На рисунках изображены две системы тел. Массой горизонтального стержня можно пренебречь.



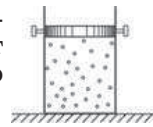
Выберите правильное утверждение.

- 1) в состоянии равновесия будет находиться только система 1
- 2) в состоянии равновесия будет находиться только система 2
- 3) в состоянии равновесия будут находиться обе системы
- 4) обе системы не будут находиться в состоянии равновесия

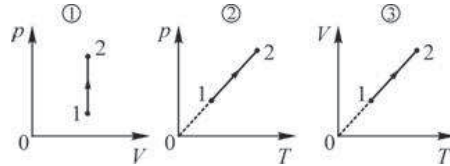
A7 Диффузия паров брома в воздухе происходит

- 1) в направлении уменьшения концентрации брома
- 2) в направлении увеличения концентрации брома
- 3) одинаково во всех направлениях независимо от распределения концентрации брома
- 4) только при равномерном распределении концентрации брома

A8 В вертикально расположенном замкнутом цилиндрическом сосуде находится идеальный газ. Сосуд закрыт закреплённой крышкой. Газ начинают медленно нагревать, увеличивая его температуру.



На каком из приведённых ниже графиков правильно показан процесс изменения состояния газа?

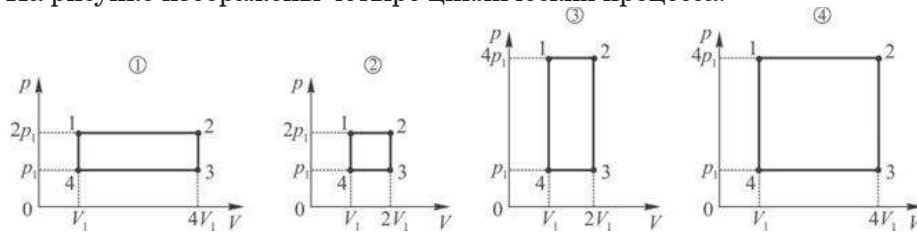


- 1) на всех трёх
- 2) на первом и третьем
- 3) на втором и третьем
- 4) на первом и втором

A9 После достижения системой теплового равновесия с окружающими телами не происходит
A. движения молекул этой системы.
Б. изменения давления в этой системе.
 Из этих утверждений

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны и А, и Б
- 4) не верны ни А, ни Б

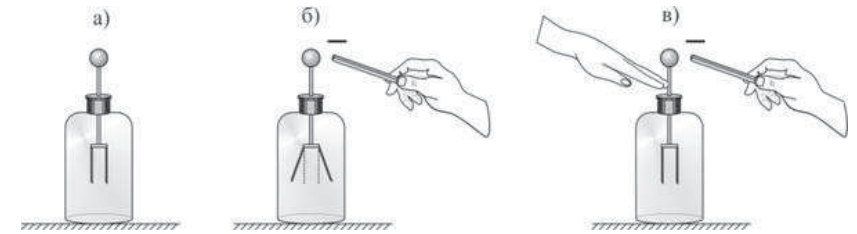
A10 На рисунке изображены четыре циклических процесса.



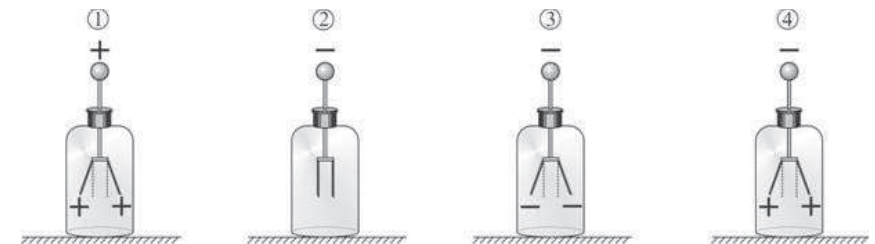
Работа, совершаемая газом за весь процесс,

- 1) в процессе 2 в два раза меньше, чем в процессе 1
- 2) в процессе 2 в три раза больше, чем в процессе 3
- 3) в процессе 4 в два раза больше, чем в процессе 1
- 4) в процессах 1 и 3 одинакова

A11 К шарiku незаряженного электроскопа (рис. а) подносят, не касаясь его, отрицательно заряженную палочку (рис. б). Не отводя палочки, другой рукой касаются стержня электроскопа (рис. в), а затем одновременно убирают и руку, и палочку.

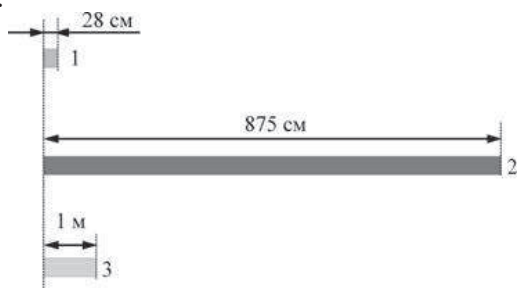


На каком из следующих рисунков правильно показаны заряды на листках и на шарике электроскопа в конце опыта?



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

A12 Три цилиндрических проводника, изображенные на рисунке, имеют одинаковые площади поперечного сечения и одинаковые сопротивления.



В таблице приведены значения удельных сопротивлений материалов этих проводников.

Материал	Удельное сопротивление, мкОм·м
серебро	0,016
сталь	0,14
чугун	0,5

Установите соответствие между номерами проводников и материалами, из которых они сделаны.

- 1) 1 – серебро, 2 – сталь, 3 – чугун
- 2) 1 – серебро, 2 – чугун, 3 – сталь
- 3) 1 – чугун, 2 – серебро, 3 – сталь
- 4) 1 – сталь, 2 – чугун, 3 – серебро

A13 Лёгкую рамку с текущим по ней постоянным током силой I поместили в неоднородное магнитное поле с индукцией \vec{B} и отпустили без начальной скорости. На рисунках 1 и 2 показан вид на рамку сбоку и сверху. Как рамка будет двигаться в дальнейшем?

Рис. 1. Вид сбоку

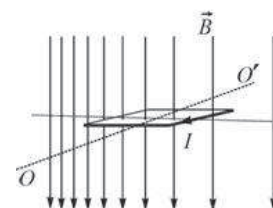
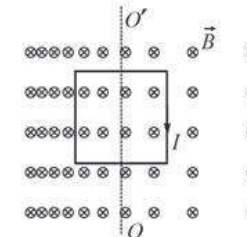
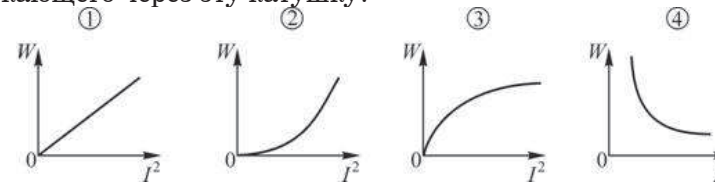


Рис. 2. Вид сверху



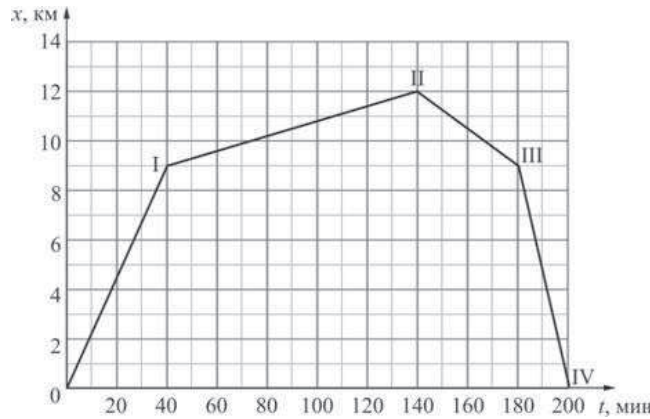
- 1) Рамка сначала повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 против часовой стрелки), а затем начнет прямолинейно двигаться влево
- 2) Рамка сначала повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 по часовой стрелке), а затем начнет прямолинейно двигаться влево
- 3) Рамка повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 против часовой стрелки), и больше не будет двигаться.
- 4) Рамка, не поворачиваясь, начнет прямолинейно двигаться влево

A14 На каком рисунке правильно изображена зависимость энергии W магнитного поля катушки индуктивностью L от квадрата силы тока I , протекающего через эту катушку?



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

A20 Школьник Иван, лидер команды по велоспорту, представил отчет о своей тренировке в виде зависимости его координаты от времени.



Из этого графика его одноклассница Маша сделала четыре вывода. Какой из них является правильным?

- 1) максимальная скорость Ивана равна по модулю 7,5 м/с
- 2) если бы на участке II–III скорость движения Ивана была в 2 раза больше, то общее время его движения уменьшилось бы на 25 минут
- 3) минимальная по модулю скорость была у Ивана на участке II–III
- 4) на участке III–IV Иван двигался равнозамедленно

A21 На уроке при изучении явления дисперсии учитель собрал экспериментальную установку, состоящую из источника света в виде тонкой светящейся щели, находящейся в фокальной плоскости собирающей линзы, стеклянной призмы и экрана. После прохождения света от источника через линзу и призму на экране был получен спектр – полоска со всеми цветами радуги.

Какое(-ие) из нижеприведенных утверждений являе(-ю)тся правильным(-и)?

A. Частота красного света в стекле изменяется меньше, чем частота фиолетового света.

Б. Светящаяся щель представляет собой источник белого света.

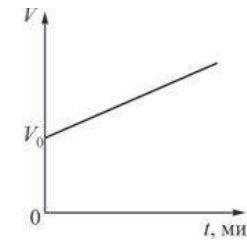
- | | |
|---------------|-------------|
| 1) только А | 2) только Б |
| 3) ни А, ни Б | 4) и А, и Б |

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

B1 Идеальный газ находится в вертикальном сосуде под тяжёлым поршнем, способным без трения скользить вдоль стенок сосуда. График зависимости объёма V этого газа от времени t изображён на рисунке.

Как изменяются в течение этого процесса следующие физические величины: температура газа, плотность газа, внутренняя энергия газа.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| A) температура газа | 1) увеличивается |
| Б) плотность газа | 2) уменьшается |
| В) внутренняя энергия газа | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В2 | Электроплитка, подключаемая к сети с напряжением 220 В, имеет спираль длиной L . Как изменятся следующие физические величины, если заменить эту спираль на другую такой же длины и поперечного сечения, материал которой имеет большее удельное сопротивление: электрическое сопротивление спирали, сила протекающего через спираль тока, выделяющаяся в спирали тепловая мощность.

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) электрическое сопротивление спирали | 1) увеличится |
| Б) сила протекающего через спираль тока | 2) уменьшится |
| В) выделяющаяся в спирали тепловая мощность | 3) не изменится |

Ответ:

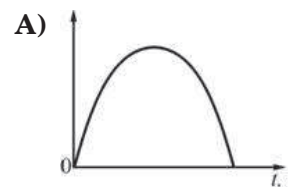
А	Б	В

В3 | Точечное тело, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх (см. рисунок), через некоторое время свободно падает в исходную точку. 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.

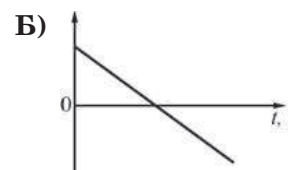


ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



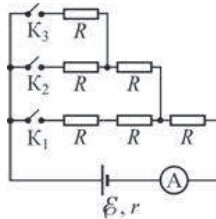
- 1) изменение координаты тела
- 2) проекция скорости тела на ось OY
- 3) модуль скорости тела
- 4) проекция ускорения тела на ось OY



Ответ:

А	Б

В4 На рисунке изображена схема электрической цепи. ЭДС источника постоянного напряжения $\mathcal{E} = 12$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивления проводов и ключей пренебрежимо малы, сопротивление каждого из резисторов равно $R = 1$ Ом. Установите соответствие между показанием амперметра и положением ключей. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОЛОЖЕНИЕ КЛЮЧЕЙ

ПОКАЗАНИЕ АМПЕРМЕТРА

А) замкнут только ключ K_3

1) 3 А

Б) одновременно замкнуты ключ K_1 и ключ K_2

2) 6 А

3) 4 А

4) 1 А

Ответ:

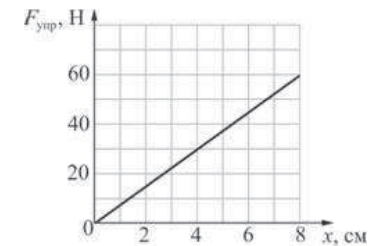
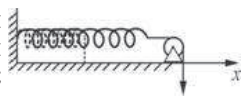
А	Б
□	□

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

Горизонтальную пружину, прикрепленную левым концом к вертикальной стене, растягивают при помощи троса, перекинутого через блок (см. рисунок). При этом правый конец пружины перемещается равномерно. На графике приведена зависимость модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ пружины от модуля перемещения x правого конца пружины.



Работа, совершенная силой упругости пружины к моменту, когда правый конец пружины сместился на 8 см, равна

- 1) 480 Дж 2) 4,8 Дж 3) 2,4 Дж 4) 240 Дж

A23

В идеальной тепловой машине, изначально имевшей КПД 40%, произошло уменьшение температуры нагревателя в 1,25 раза, а температура холодильника осталась неизменной. В результате КПД этой тепловой машины

- 1) уменьшился в 1,6 раза
 2) уменьшился 1,25 раза
 3) увеличился 1,25 раза
 4) увеличился в 1,6 раза

A24 Сила тока в электрической цепи изменяется от максимального значения до нуля по закону $I = 3 - 0,2t$ (все величины выражены в единицах СИ). Какова индуктивность этой цепи, если при таком изменении электрического тока в ней наводится ЭДС самоиндукции 4 мВ?

- 1) 20 мГн 2) 0,8 мГн 3) 7,5 мГн 4) 500 Гн

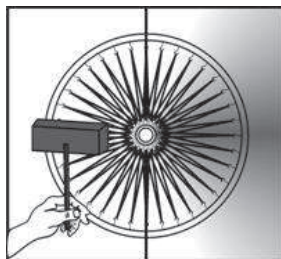
A25 Вертикальный предмет S , расположенный перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы, находится на расстоянии 3 см от этой линзы. Вертикальный размер действительного изображения предмета S' в 2 раза больше, чем вертикальный размер самого предмета. Фокусное расстояние линзы равно

- 1) 2 см 2) 3 см 3) 3,5 см 4) 6 см

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1.

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

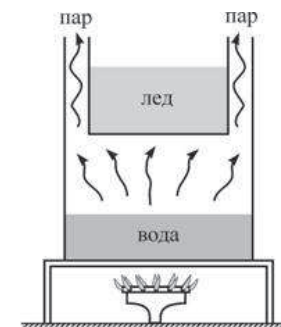
C1 Велосипедное колесо, у которого вместо металлических спиц обод удерживают натянутые резинки, установлено в вертикальной плоскости и может свободно вращаться вокруг своей горизонтальной оси, зажатой в штативе. К неподвижному колесу подносят слева мощную лампу и начинают нагревать резиновые «спицы» (см. рис.). Резина, в отличие от металла, при нагревании не расширяется, а сжимается. Опишите, опираясь на известные физические законы, что будет происходить с резинками, и как колесо будет двигаться.



Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать 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.

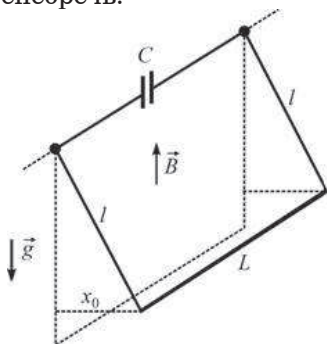
C2 К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски об пол равен $\mu_1 = 0,4$. Каков должен быть коэффициент μ_2 трения доски о стену, чтобы доска оставалась в равновесии?

C3 На газовую плиту поставили сосуд, в котором находится 0,5 литра воды при температуре $+20^\circ\text{C}$. В верхней части сосуда имеется ёмкость с 1 кг льда при температуре 0°C (см. рисунок). Пары воды могут выходить из сосуда, обтекая ёмкость со льдом. Что и при какой температуре окажется в верхней ёмкости к моменту, когда вся вода в сосуде испарится? Считать, что на нагревание ёмкости расходуется 50% теплоты, получаемой водой в сосуде. Испарением воды при температуре ниже $+100^\circ\text{C}$, а также теплоёмкостью стенок сосуда и ёмкости пренебречь.

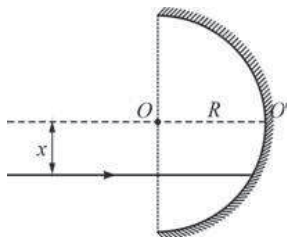


C4 Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из них, не разрывая цепь, опустили в масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Как и во сколько раз при этом изменится энергия второго конденсатора, который остался не погружённым в масло?

- С5** На двух вертикальных лёгких проводах длиной l каждый подвешен в горизонтальном положении массивный проводящий стержень длиной L . Верхние концы проводов присоединены к обкладкам конденсатора ёмкостью C . Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B (см. рисунок). Стержень отклоняют от положения равновесия параллельно самому себе на небольшое расстояние x_0 и отпускают с нулевой начальной скоростью. Найдите зависимость от времени t заряда q конденсатора, считая, что в начальный момент, при $t = 0$, конденсатор был не заряжен. Трением, сопротивлением всех проводников и контактов между ними, а также силами взаимодействия токов в проводниках с магнитным полем пренебречь.



- С6** Школьник на уроке физики получил вогнутое полусферическое зеркало радиусом R и лазерную указку, дающую узкий параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 660$ нм. Он пустил луч света от указки параллельно главной оптической оси зеркала OO' на расстоянии x от неё (см. рисунок). Затем школьник так подобрал расстояние x , что луч, отразившись от зеркала один раз, отклонился от оси OO' на максимальный угол φ и вышел за пределы зеркала. Чему при таком отражении равен модуль изменения импульса каждого фотона лазерного луча?



Диагностическая работа №2

по ФИЗИКЕ

7 марта 2012 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 даётся 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 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, 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

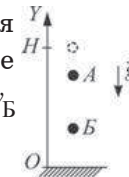
Молярная масса

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

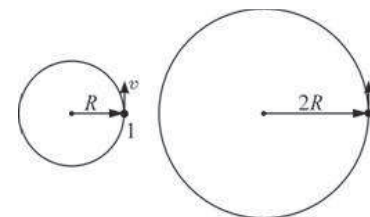
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

- A1** Камень, совершая свободное падение с высоты H , движется вертикально вниз вдоль оси OY (см. рисунок). Какое уравнение правильно описывает зависимость координаты y_B этого тела от времени t на участке АБ?



- 1) $y_B = y_A - v_A t - \frac{gt^2}{2}$ 2) $y_B = y_A + v_A t + \frac{gt^2}{2}$
 3) $y_B = y_A + \frac{gt^2}{2}$ 4) $y_B = y_A + v_A t - \frac{gt^2}{2}$

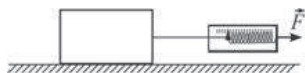
- A2** На рисунке изображены точечные тела 1 и 2, равномерно движущиеся с одинаковыми по модулю скоростями по окружностям различных радиусов (см. рисунок).



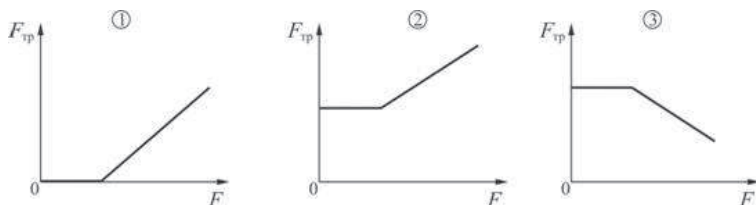
Выберите правильное утверждение.

- 1) У тела 1 модуль ускорения меньше, чем у тела 2.
 2) Угловая скорость вращения тела 2 больше угловой скорости вращения тела 1.
 3) Так как тела движутся по окружностям равномерно, то ускорения обоих тел равны нулю.
 4) Частота вращения тела 1 больше частоты вращения тела 2.

A3 К бруску, находящемуся на шероховатом горизонтальном столе, прикладывается горизонтальная сила \vec{F} , модуль которой медленно увеличивается от нулевого значения.



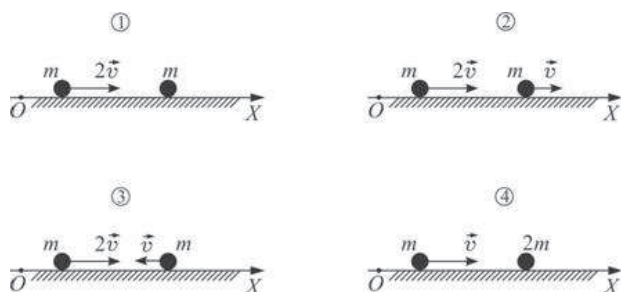
Ученики нарисовали три варианта зависимости модуля силы трения $F_{тр}$, действующей на брусок, от модуля прикладываемой силы F .



Выберите правильное утверждение.

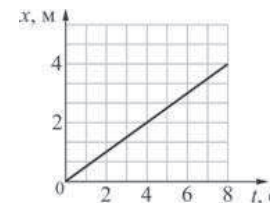
- 1) правильным является рисунок 1
- 2) правильным является рисунок 2
- 3) правильным является рисунок 3
- 4) все три рисунка являются неправильными

A4 Два одинаковых пластилиновых шарика, двигаясь по гладкой горизонтальной плоскости, испытывают абсолютно неупругое соударение и слипаются. В каком случае (см. рисунки) модуль скорости шариков после соударения будет максимальным?



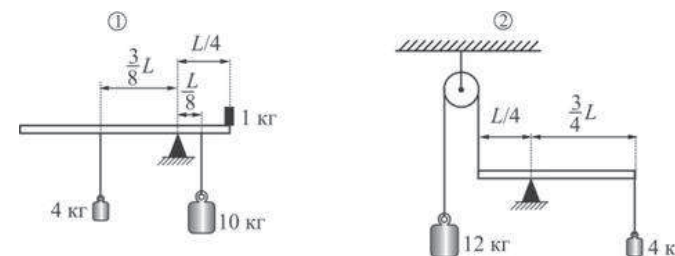
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A5 Точечное тело массой 5 кг движется горизонтально вдоль оси OX . График зависимости координаты этого тела от времени показан на рисунке. В момент времени $t = 4$ с кинетическая энергия этого тела равна



- 1) 0,125 Дж
- 2) 0,625 Дж
- 3) 0,25 Дж
- 4) 1,25 Дж

A6 На рисунках изображены две системы тел. Массой горизонтального стержня можно пренебречь.



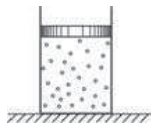
Выберите правильное утверждение.

- 1) в состоянии равновесия будет находиться только система 1
- 2) в состоянии равновесия будет находиться только система 2
- 3) в состоянии равновесия будут находиться обе системы
- 4) обе системы не будут находиться в состоянии равновесия

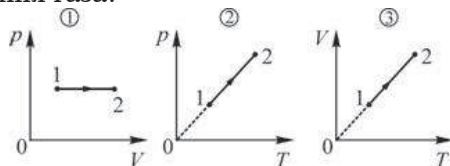
A7 Движение броуновской частицы есть результат её столкновений

- 1) с одной молекулой среды
- 2) с большим количеством молекул среды
- 3) с другой такой же броуновской частицей
- 4) со стенками сосуда

A8 В вертикально расположенном замкнутом цилиндрическом сосуде находится идеальный газ. Сосуд закрыт подвижным тяжёлым поршнем, который может без трения скользить вдоль стенок сосуда. Газ начинают медленно нагревать, увеличивая его температуру.



На каком из приведённых ниже графиков правильно показан процесс изменения состояния газа?



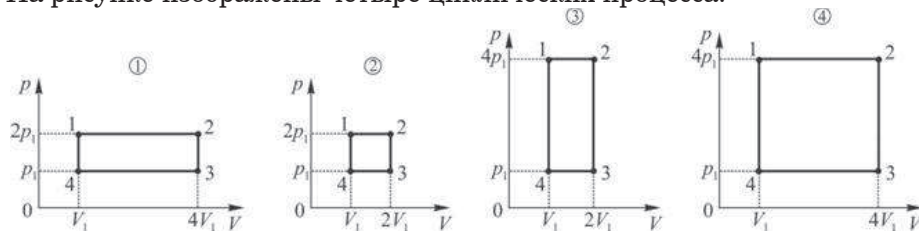
- 1) на всех трёх
- 2) на первом и третьем
- 3) на втором и третьем
- 4) на первом и втором

A9 После достижения системой теплового равновесия с окружающими телами не происходит

- А. изменения объёма этой системы.
 - Б. столкновений между молекулами этой системы.
- Из этих утверждений

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны и А, и Б
- 4) не верны ни А, ни Б

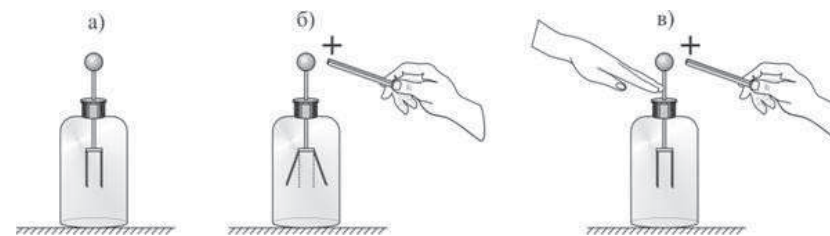
A10 На рисунке изображены четыре циклических процесса.



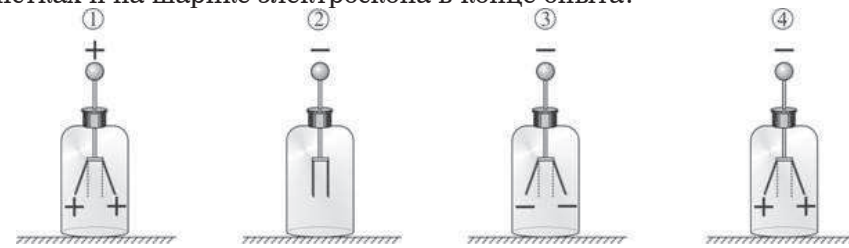
Работа, совершаемая газом на участках его изобарного расширения в этих процессах,

- 1) в процессе 2 в два раза меньше, чем в процессе 1
- 2) в процессе 2 в два раза больше, чем в процессе 3
- 3) в процессе 4 в два раза больше, чем в процессе 1
- 4) в процессах 1 и 3 одинакова

A11 К шарiku незаряженного электроскопа (рис. а) подносят, не касаясь его, положительно заряженную палочку (рис. б). Не отводя палочки, другой рукой касаются стержня электроскопа (рис. в), а затем одновременно убирают и руку, и палочку.

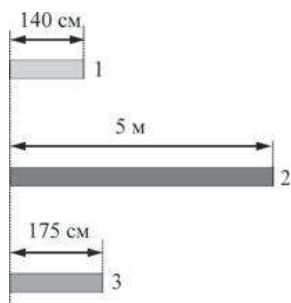


На каком из следующих рисунков правильно показаны заряды на листках и на шарике электроскопа в конце опыта?



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

A12 Три цилиндрических проводника, изображенные на рисунке, имеют одинаковые площади поперечного сечения и одинаковые сопротивления.



В таблице приведены значения удельных сопротивлений материалов этих проводников.

Материал	Удельное сопротивление, мкОм·м
алюминий	0,028
платина	0,1
латунь	0,08

Установите соответствие между номерами проводников и материалами, из которых они сделаны.

- 1) 1 – алюминий, 2 – платина, 3 – латунь
- 2) 1 – алюминий, 2 – латунь, 3 – платина
- 3) 1 – платина, 2 – латунь, 3 – алюминий
- 4) 1 – платина, 2 – алюминий, 3 – латунь

A13 Лёгкую рамку с текущим по ней постоянным током силой I поместили в неоднородное магнитное поле с индукцией \vec{B} и отпустили без начальной скорости. На рисунках 1 и 2 показан вид на рамку сбоку и сверху. Как рамка будет двигаться в дальнейшем?

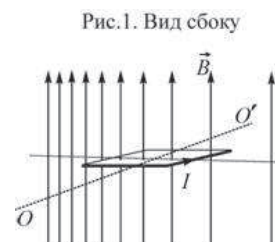
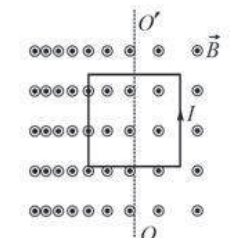


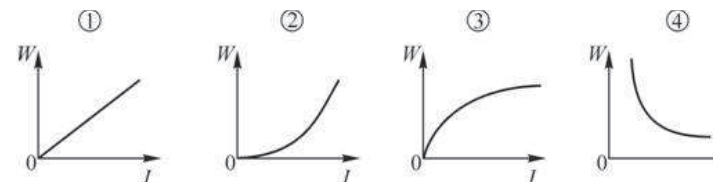
Рис.1. Вид сбоку

Рис. 2. Вид сверху



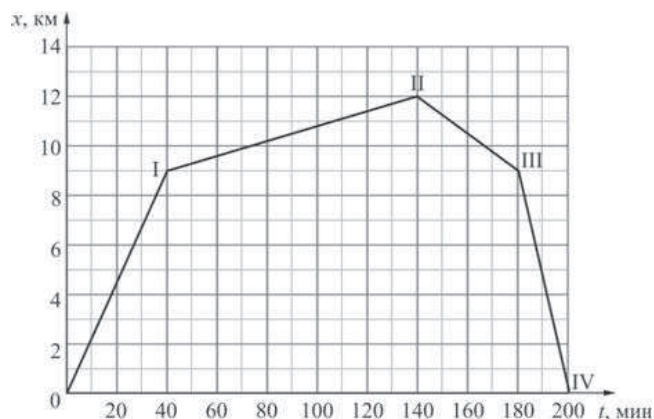
- 1) Рамка, не поворачиваясь, начнет прямолинейно двигаться влево
- 2) Рамка сначала повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 против часовой стрелки) , а затем начнет прямолинейно двигаться влево
- 3) Рамка сначала повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 по часовой стрелке) , а затем начнет прямолинейно двигаться влево
- 4) Рамка повернется вокруг горизонтальной оси OO' , проходящей через центр рамки, на угол 90° (на рис.1 против часовой стрелки) , и больше не будет двигаться.

A14 На каком рисунке правильно изображена зависимость энергии W магнитного поля катушки индуктивностью L от силы I протекающего через неё тока?



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

A20 Школьник Иван, лидер команды по велоспорту, представил отчет о своей тренировке в виде зависимости его координаты от времени.



Из этого графика его одноклассница Маша сделала четыре вывода. Какой из них является правильным?

- 1) максимальной по модулю скорости Иван достиг через 80 минут после старта
- 2) если бы на участке I–II скорость движения Ивана была в 2 раза больше, то общее время его движения уменьшилось бы на 50 минут
- 3) минимальная по модулю скорость была у Ивана на участке II–III
- 4) на участке III–IV Иван двигался равнозамедленно

A21 На уроке при изучении явления дисперсии учитель собрал экспериментальную установку, состоящую из источника света в виде тонкой светящейся щели, находящейся в фокальной плоскости собирающей линзы, стеклянной призмы и экрана. После прохождения света от источника через линзу и призму на экране был получен спектр – радужная полоска, в которой лучи красного цвета отклонялись призмой меньше всего, а фиолетового – сильнее всего. Какое(-ие) из нижеприведенных утверждений являе(-ю)тся правильным(-и)?

A. Длина волны красного света в стекле изменяется меньше, чем длина волны фиолетового света.

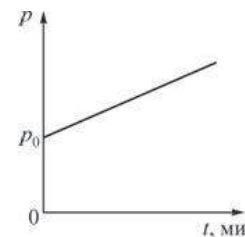
Б. Светящаяся щель представляет собой источник монохроматического света.

- | | |
|---------------|-------------|
| 1) только А | 2) только Б |
| 3) ни А, ни Б | 4) и А, и Б |

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

B1 В изотермическом процессе давление p идеального газа изменяется со временем t согласно графику, изображенному на рисунке.



Как изменяются в течение этого процесса следующие физические величины: объём газа, плотность газа, внутренняя энергия газа. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| A) объём газа | 1) увеличивается |
| Б) плотность газа | 2) уменьшается |
| В) внутренняя энергия газа | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В2 | Электроплитка, подключаемая к сети с напряжением 220 В, имеет спираль длиной L . Как изменятся следующие физические величины, если укоротить спираль этой электроплитки: электрическое сопротивление спирали, сила протекающего через спираль тока, выделяющаяся в спирали тепловая мощность.

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

- А) электрическое сопротивление спирали
- Б) сила протекающего через спираль тока
- В) выделяющаяся в спирали тепловая мощность

ИХ

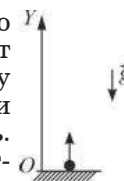
ИЗМЕНЕНИЕ

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

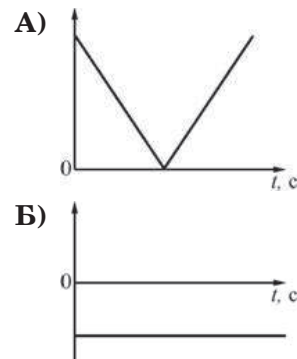
Ответ:

А	Б	В

В3 | Точечное тело, брошенное с поверхности земли вертикально вверх (см. рисунок), через некоторое время свободно падает в исходную точку. 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



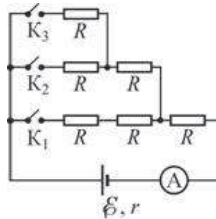
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) изменение координаты тела
- 2) проекция скорости тела на ось OY
- 3) модуль скорости тела
- 4) проекция ускорения тела на ось OY

Ответ:

А	Б

В4 На рисунке изображена схема электрической цепи. ЭДС источника постоянного напряжения $\mathcal{E} = 12$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивления проводов и ключей пренебрежимо малы, сопротивление каждого из резисторов равно $R = 1$ Ом. Установите соответствие между показанием амперметра и положением ключей. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОЛОЖЕНИЕ КЛЮЧЕЙ

ПОКАЗАНИЕ АМПЕРМЕТРА

- | | |
|--|--------|
| А) замкнут только ключ K_1 | 1) 3 А |
| Б) одновременно замкнуты ключ K_1 и ключ K_3 | 2) 6 А |
| | 3) 4 А |
| | 4) 1 А |

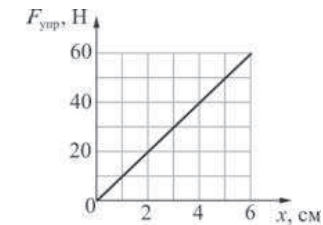
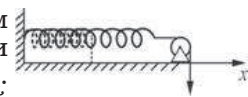
Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания третьей части 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 «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

А22 Горизонтальную пружину, прикрепленную левым концом к вертикальной стене, растягивают при помощи троса, перекинутого через блок (см. рисунок). Трения в оси блока нет. При этом правый конец пружины перемещается равномерно. На графике приведена зависимость модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ пружины от модуля перемещения x правого конца пружины.



Работа, совершенная силой натяжения троса к моменту, когда правый конец пружины сместился на 4 см, равна

- 1) 1,6 Дж 2) 160 Дж 3) 80 Дж 4) 0,8 Дж

А23 В идеальной тепловой машине, изначально имевшей КПД 40%, произошло уменьшение температуры холодильника в 1,25 раза, а температура нагревателя осталась неизменной. В результате КПД этой тепловой машины

- 1) уменьшился в 1,3 раза 2) увеличился в 1,3 раза
3) увеличился 1,25 раза 4) уменьшился 1,25 раза

А24 Сила тока в электрической цепи изменяется от максимального значения до нуля по закону $I = 4 - 0,5t$ (все величины выражены в единицах СИ). Индуктивность цепи 5 мГн. ЭДС самоиндукции, наводимая в этой цепи при таком изменении электрического тока, равна

- 1) 10 мВ 2) 20 мВ 3) 2,5 мВ 4) 1 В

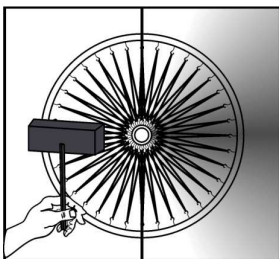
A25 Вертикальный предмет S , расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы. Вертикальный размер мнимого изображения предмета S_1 в 3 раза меньше, чем вертикальный размер самого предмета. Изображение находится на расстоянии 2 см от этой линзы. Фокусное расстояние линзы равно по модулю

- 1) 2 см 2) 3 см 3) 4,5 см 4) 6 см

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво

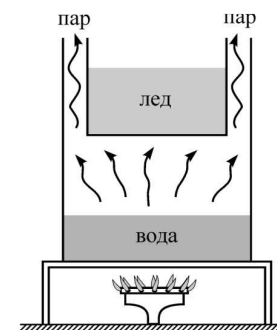
C1 Велосипедное колесо, у которого вместо металлических спиц обод удерживают натянутые резинки, установлено в вертикальной плоскости и может свободно вращаться вокруг своей горизонтальной оси, зажатой в штативе. К неподвижному колесу подносят слева мощную лампу и начинают нагревать резиновые «спицы» (см. рис.). Резина, в отличие от металла, при нагревании не расширяется, а сжимается. Опишите, опираясь на известные физические законы, что будет происходить с резинками, и как колесо будет двигаться.



Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать 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

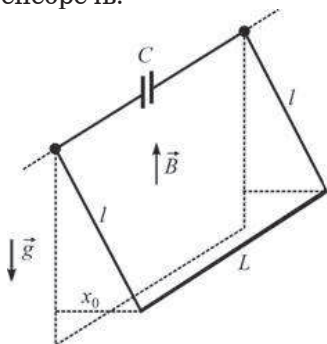
C2 К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски об пол равен $\mu_1 = 0,4$. Каков должен быть коэффициент μ_2 трения доски о стену, чтобы доска оставалась в равновесии?

C3 На газовую плиту поставили сосуд, в котором находится 0,5 литра воды при температуре $+20^\circ\text{C}$. В верхней части сосуда имеется емкость с 1 кг льда при температуре 0°C (см. рис.). Пары воды могут выходить из сосуда, обтекая емкость со льдом. Что и при какой температуре окажется в верхней емкости к моменту, когда вся вода в сосуде испарится? Считать, что на нагревание емкости расходуется 50% теплоты, получаемой водой в сосуде. Испарением воды при температуре ниже $+100^\circ\text{C}$, а также теплоемкостью стенок сосуда и емкости пренебречь.

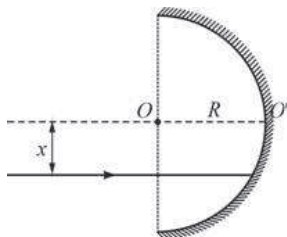


C4 Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из них, не разрывая цепь, опускают в масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Как и во сколько раз при этом изменилась энергия второго конденсатора, который остался не погруженным в масло?

- С5** На двух вертикальных лёгких проводах длиной l каждый подвешен в горизонтальном положении массивный проводящий стержень длиной L . Верхние концы проводов присоединены к обкладкам конденсатора ёмкостью C . Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B (см. рисунок). Стержень отклоняют от положения равновесия параллельно самому себе на небольшое расстояние x_0 и отпускают с нулевой начальной скоростью. Найдите зависимость от времени t заряда q конденсатора, считая, что в начальный момент, при $t = 0$, конденсатор был не заряжен. Трением, сопротивлением всех проводников и контактов между ними, а также силами взаимодействия токов в проводниках с магнитным полем пренебречь.

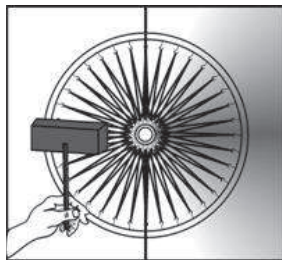


- С6** Школьник на уроке физики получил вогнутое полусферическое зеркало радиусом R и лазерную указку, дающую узкий параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 660$ нм. Он пустил луч света от указки параллельно главной оптической оси зеркала OO' на расстоянии x от неё (см. рисунок). Затем школьник так подобрал расстояние x , что луч, отразившись от зеркала один раз, отклонился от оси OO' на максимальный угол φ и вышел за пределы зеркала. Чему при таком отражении равен модуль изменения импульса каждого фотона лазерного луча?



Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Велосипедное колесо, у которого вместо металлических спиц обод удерживают натянутые резинки, установлено в вертикальной плоскости и может свободно вращаться вокруг своей горизонтальной оси, зажатой в штативе. К неподвижному колесу подносят слева мощную лампу и начинают нагревать резиновые «спицы» (см. рис.). Резина, в отличие от металла, при нагревании не расширяется, а сжимается. Опишите, опираясь на известные физические законы, что будет происходить с резинками, и как колесо будет двигаться.



1. Когда лампа нагреет резинки слева от оси колеса, они сожмутся и сдвинут обод колеса направо.
2. При этом центр тяжести колеса сместится вправо, и появится момент силы тяжести относительно оси колеса, стремящийся повернуть колесо вправо. Равновесие колеса нарушится, и оно начнет вращаться по часовой стрелке.
3. При вращении колеса нагретые резинки будут удаляться от лампы и охлаждаться за счет теплообмена с окружающей средой, а не нагретые резинки будут приближаться к лампе и нагреваться ее излучением. Описанные процессы будут повторяться. В результате колесо будет непрерывно вращаться, если нагретые резинки за время его оборота будут успевать достаточно охладиться.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 1–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>явлений сжатия резинок при нагревании, смещения центра тяжести колеса, возникновения вращения колеса вокруг оси при появлении не скомпенсированного момента силы с указанием верного направления вращения</i>).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится <u>один</u> 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
<i>Максимальный балл</i>	3

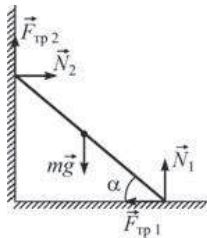
C2

К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски об пол равен $\mu_1 = 0,4$. Каков должен быть коэффициент μ_2 трения доски о стену, чтобы доска оставалась в равновесии?

Запишем, на основании второго закона Ньютона, условия равновесия доски в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси, а также равенство моментов сил, вращающих доску по часовой стрелке и против часовой стрелки, относительно ее центра (см. рис.):

$$mg = N_1 + F_{\text{тр}2}; \quad N_2 = F_{\text{тр}1}; \quad (F_{\text{тр}1} + N_2) \frac{l}{2} \sin \alpha + F_{\text{тр}2} \frac{l}{2} \cos \alpha = N_1 \frac{l}{2} \cos \alpha.$$

Здесь через m и l обозначены масса и длина доски, через N_1 и N_2 , $F_{\text{тр}1}$ и $F_{\text{тр}2}$ – силы нормального давления и силы трения доски об пол и стену, соответственно.



При минимально возможном коэффициенте трения μ_2 обе силы трения при равновесии доски достигают своих максимальных значений

$$F_{\text{тр}1} = \mu_1 N_1 \text{ и } F_{\text{тр}2} = \mu_{2\text{min}} N_2.$$

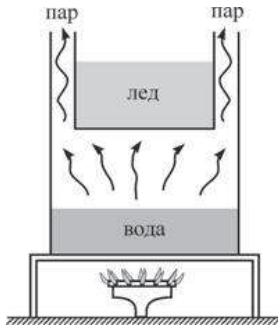
Из записанных уравнений получаем: $\mu_{2\text{min}} = \frac{1}{\mu_1} - 2 \text{tg} \alpha \approx 0,32$. Если μ_2 будет иметь большее значение, то равновесие, очевидно, не нарушится. Таким образом, $\mu_2 \geq \frac{1}{\mu_1} - 2 \text{tg} \alpha = 0,5$.

Ответ: $\mu_2 \geq \frac{1}{\mu_1} - 2 \text{tg} \alpha = 0,5$.

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 – условия равновесия доски на основании второго закона Ньютона в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси, равенство нулю суммарного момента сил, действующих на доску, а также закон Амонтона – Кулона для расчета силы сухого трения скольжения); 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) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение; 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 всем пунктам: II, III и IV – 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 в 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 утверждения, 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
<i>Максимальный балл</i>	3

С3 На газовую плиту поставили сосуд, в котором находится 0,5 литра воды при температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$. В верхней части сосуда имеется ёмкость с 1 кг льда при температуре $0\text{ }^\circ\text{C}$ (см. рисунок). Пары воды могут выходить из сосуда, обтекая ёмкость со льдом. Что и при какой температуре окажется в верхней ёмкости к моменту, когда вся вода в сосуде испарится? Считать, что на нагревание ёмкости расходуется 50% теплоты, получаемой водой в сосуде. Испарением воды при температуре ниже $+100\text{ }^\circ\text{C}$, а также теплоёмкостью стенок сосуда и ёмкости пренебречь.



Найдём сначала количество теплоты, которое получит сосуд к моменту, когда вся вода в нём испарится. Оно складывается из теплоты, затраченной на нагревание всей массы воды $m = V/\rho = 0,5\text{ кг}$ (V – объем, ρ – плотность воды) от температуры $T_1 = +20\text{ }^\circ\text{C}$ до $T_2 = +100\text{ }^\circ\text{C}$, и теплоты, пошедшей на испарение воды (здесь C – удельная теплоемкость, λ – удельная теплота испарения воды):

$$Q^+ = Cm(T_2 - T_1) + \lambda m = 4200 \cdot 0,5 \cdot 80 + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,5 = \\ = (168 + 1150) \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1318 \text{ кДж}.$$

Из условия следует, что 50% этого количества теплоты пошло на нагревание ёмкости со льдом:

$$0,5 \cdot Q^+ = 659 \text{ кДж}.$$

На плавление всей массы льда M с удельной теплотой плавления q необходимо количество теплоты

$$Q_{\text{пл}} = qM = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 1 = 330 \text{ кДж} < 0,5 \cdot Q^+ = 659 \text{ кДж}.$$

Остальное количество теплоты пойдет, очевидно, на нагревание получившейся в ёмкости воды массой M от $0\text{ }^\circ\text{C}$ до некоторой температуры T :

$$0,5 \cdot Q^+ - Q_{\text{пл}} = 659 - 330 = 329 \text{ кДж} = CM(T - 0\text{ }^\circ\text{C}) = CMT,$$

откуда $T = \frac{329}{4,2 \cdot 1} \approx 78\text{ }^\circ\text{C} < 100\text{ }^\circ\text{C}$. Таким образом, вода в ёмкости,

получившаяся при плавлении льда, не испарится.

Ответ: к моменту испарения всей воды в сосуде в верхней ёмкости окажется 1 кг воды при температуре $\approx +78\text{ }^\circ\text{C}$.

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 – связь массы, объема и плотности воды, а также уравнения теплового баланса для нагревания и испарения воды и для плавления льда); 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 расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); IV) 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 IV, 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
<p>Максимальный балл</p>	3

С4

Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из них, не разрывая цепь, опустили в масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Как и во сколько раз при этом изменится энергия второго конденсатора, который остался не погружённым в масло?

Пусть \mathcal{E} – ЭДС источника тока. В силу закона сохранения электрического заряда, в начальном состоянии заряды на последовательно соединенных конденсаторах одинаковы: $q_1 = q_2 = C\mathcal{E}/2$.

При одинаковой емкости конденсаторов ($C_1 = C_2 = C$) напряжения на них также одинаковы:

$U_1 = U_2 = \mathcal{E}/2$, и энергии конденсаторов также одинаковы и равны

$$W_1 = W_2 = \frac{1}{2}C\left(\frac{\mathcal{E}}{2}\right)^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{8}.$$

В конечном состоянии (все обозначения, относящиеся к конечному состоянию, снабжены штрихами) заряды на конденсаторах по-прежнему одинаковы, но емкости конденсаторов разные (ϵC и C), и напряжения на конденсаторах тоже разные: $q'_1 = q'_2 = \epsilon C U'_1 = C U'_2$, причем $U'_1 + U'_2 = \mathcal{E}$. Отсюда получаем:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{\epsilon C \mathcal{E}}{\epsilon + 1}, \quad U'_2 = \frac{q'_2}{C} = \frac{\epsilon \mathcal{E}}{\epsilon + 1},$$

и энергия второго конденсатора

$$W'_2 = \frac{C}{2} \cdot (U'_2)^2 = \frac{C\varepsilon^2\varepsilon^2}{2(\varepsilon+1)^2}$$

Таким образом, $k = \frac{W'_2}{W_2} = \frac{C\varepsilon^2\varepsilon^2}{2(\varepsilon+1)^2} \cdot \frac{8}{C\varepsilon^2} = \frac{4\varepsilon^2}{(\varepsilon+1)^2} = \frac{4 \cdot 3^2}{(3+1)^2} = \frac{9}{4} = 2,25$.

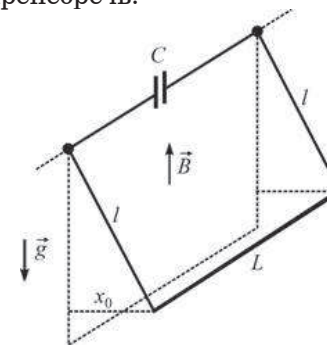
Ответ: энергия увеличится в $k = \frac{4\varepsilon^2}{(\varepsilon+1)^2} = 2,25$ раза.

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 заряда, связь заряда и ёмкости конденсатора с напряжением на нём, равенство ЭДС источника сумме напряжений на элементах замкнутой цепи, формула для ёмкости конденсатора с диэлектриком, выражение для энергии заряженного конденсатора); II) описаны все вводимые в решении 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.</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 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.</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 в 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
<i>Максимальный балл</i>	3

С5

На двух вертикальных лёгких проводах длиной l каждый подвешен в горизонтальном положении массивный проводящий стержень длиной L . Верхние концы проводов присоединены к обкладкам конденсатора ёмкостью C . Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B (см. рисунок). Стержень отклоняют от положения равновесия параллельно самому себе на небольшое расстояние x_0 и отпускают с нулевой начальной скоростью. Найдите зависимость от времени t заряда q конденсатора, считая, что в начальный момент, при $t = 0$, конденсатор был не заряжен. Трением, сопротивлением всех проводников и контактов между ними, а также силами взаимодействия токов в проводниках с магнитным полем пренебречь.



Согласно условию задачи, взаимодействие токов в проводниках с магнитным полем пренебрежимо мало. Поэтому после отпускания стержень будет совершать свободные колебания, как математический маятник, с круговой частотой $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$, по закону $x = x_0 \cos \omega_0 t$, где x – текущее отклонение стержня от положения равновесия.

Поток вектора магнитной индукции через замкнутый контур, содержащий все проводники и конденсатор, равен $\Phi = BLx = BLx_0 \cos \omega_0 t$.

По закону электромагнитной индукции Фарадея при колебаниях стержня в данном контуре будет возникать ЭДС индукции, равная

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = BLx_0 \omega_0 \sin \omega_0 t.$$

Поскольку сопротивлением проводников мы также пренебрегаем, то по закону Ома для полной цепи эта ЭДС равняется напряжению между обкладками конденсатора: $\mathcal{E} = U_C = q / C$, откуда

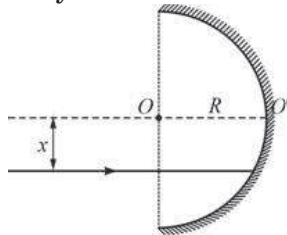
$$q = C\mathcal{E} = CBLx_0 \omega_0 \sin \omega_0 t = CBLx_0 \sqrt{\frac{g}{l}} \sin \sqrt{\frac{g}{l}} t.$$

Ответ: $q = CBLx_0 \sqrt{\frac{g}{l}} \sin \sqrt{\frac{g}{l}} t.$

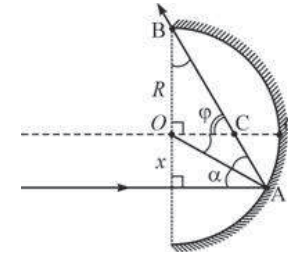
Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формула для частоты колебаний математического маятника и его закон движения, закон электромагнитной индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи и формула для связи заряда с напряжением на конденсаторе и его емкостью); 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 расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); IV) 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 IV, или в нем допущена ошибка.</p>	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 в 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

С6 Школьник на уроке физики получил вогнутое полусферическое зеркало радиусом R и лазерную указку, дающую узкий параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 660$ нм. Он пустил луч света от указки параллельно главной оптической оси зеркала OO' на расстоянии x от неё (см. рисунок). Затем школьник так подобрал расстояние x , что луч, отразившись от зеркала один раз, отклонился от оси OO' на максимальный угол φ и вышел за пределы зеркала. Чему при таком отражении равен модуль изменения импульса каждого фотона лазерного луча?



Построим, согласно закону отражения света, ход крайнего луча при однократном его отражении от зеркала (см. рис.). Угол падения луча на зеркало равен углу α между лучом и радиусом зеркала, проведенным в точку A падения этого луча. Угол отражения также равен α , и крайний отраженный луч должен, очевидно, касаться края полусферического зеркала в точке B .



Треугольник OAB в силу равенства $OA = OB = R$ является равнобедренным, угол $COA = \alpha$, как вертикальный к углу падения луча на зеркало, и треугольник OCA в силу равенства углов при его основании OA также является равнобедренным. Угол отклонения крайнего луча $\varphi = \angle OCB = 2\alpha$, поскольку это внешний угол треугольника OCA . В прямоугольном треугольнике OCB

$$\angle OCB + \angle OBC = \varphi + \alpha = 2\alpha + \alpha = 3\alpha = 90^\circ, \text{ откуда } \alpha = 30^\circ, \text{ и } \varphi = 2\alpha = 60^\circ.$$

Таким образом, луч лазерной указки в результате отражения отклоняется от главной оптической оси зеркала на максимальный угол $\varphi = 60^\circ$. При отражении света от зеркала импульс фотона \vec{p} поворачивается на угол $180^\circ - \varphi = 120^\circ$, а модуль импульса фотона не меняется и остаётся равным $p = h/\lambda$. Следовательно, вектор изменения импульса фотона $\Delta\vec{p}$ является основанием равнобедренного треугольника с боковыми сторонами длиной p и s с углом 30° при основании. Поэтому искомый модуль изменения импульса фотона равен

$$\Delta p = 2p \cos 30^\circ = \sqrt{3} p = \sqrt{3} h/\lambda \approx 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: $\Delta p = \sqrt{3} h/\lambda \approx 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$

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 отражения света и геометрические соотношения между углами треугольников, связь импульса фотона с длиной его волны); 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 расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); IV.) 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 IV, или в нем допущена ошибка.</p>	2

Указания по оцениванию	Баллы
<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 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
<i>Максимальный балл</i>	3