

Тренировочная работа №3**по ФИЗИКЕ****9 апреля 2012 года****11 класс****Вариант 3**

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 теплоёмкость

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

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

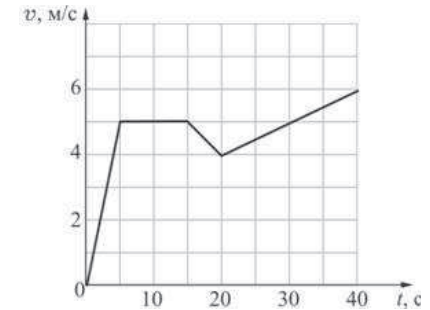
Молярная масса

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.

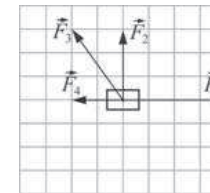
A1 Точечное тело движется вдоль горизонтальной оси OX. На рисунке изображена зависимость проекции скорости v этого тела на ось от времени t .



Модуль ускорения этого тела имеет максимальное значение

- 1) в момент времени $t=40$ с
- 2) в момент времени $t=30$ с
- 3) в интервале от 0 с до 5 с
- 4) в интервале от 20 с до 40 с

A2 На точечное тело действуют четыре силы (см. рисунок).



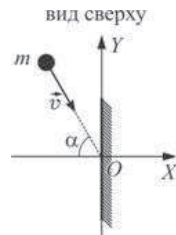
Это тело

- 1) будет двигаться с ускорением, направленным вправо
- 2) будет двигаться с ускорением, направленным влево
- 3) будет двигаться с ускорением, направленным вверх
- 4) будет находиться в состоянии покоя либо двигаться с постоянной скоростью

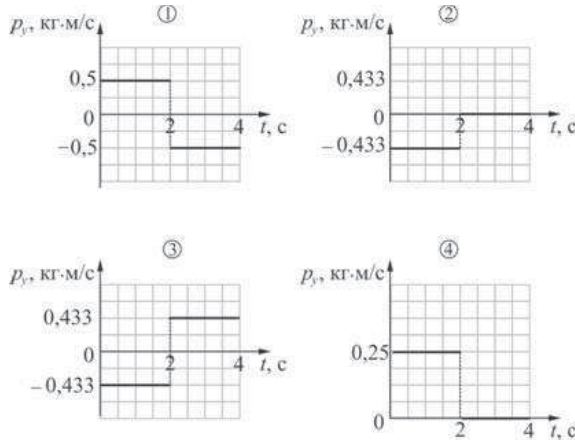
A3 Модуль ускорения свободного падения на планете А в 4 раза больше, чем на планете Б. Обе планеты сферические, однородные и состоят из одинаковых минералов. Радиус планеты А

- 1) в 4 раза меньше радиуса планеты Б
- 2) в 2 раза больше радиуса планеты Б
- 3) в 2 раза меньше радиуса планеты Б
- 4) в 4 раза больше радиуса планеты Б

A4 Маленький шарик массой $m = 100$ г движется по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью \vec{v} , модуль которой равен 5 м/с, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонтальной оси OX . В момент времени $t = 2$ с тело ударяется о вертикальную стенку, расположенную перпендикулярно оси OX , и прилипает к стенке.

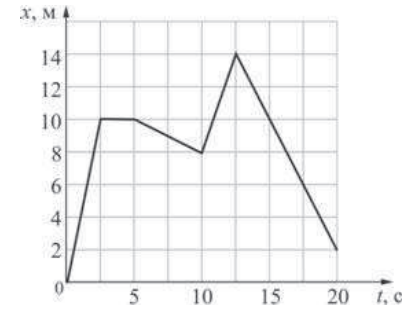


На каком из приведённых ниже графиков правильно показана зависимость проекции импульса p_y этого шарика на ось OY от времени t ?



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

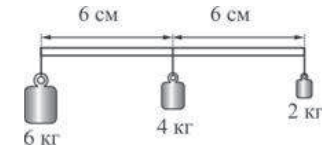
A5 Точечное тело движется горизонтально вдоль оси OX . Зависимость координаты x этого тела от времени t показана на рисунке.



Кинетическая энергия этого тела

- 1) всё время одинаковая
- 2) в момент времени 1 с меньше, чем в момент времени 15 с
- 3) в момент времени 1 с больше, чем в момент времени 15 с
- 4) максимальна в момент времени 20 с

A6 На лёгком стержне закреплены три груза массами 2 кг, 4 кг и 6 кг. Расстояния между точками крепления грузов одинаковы и равны 6 см.



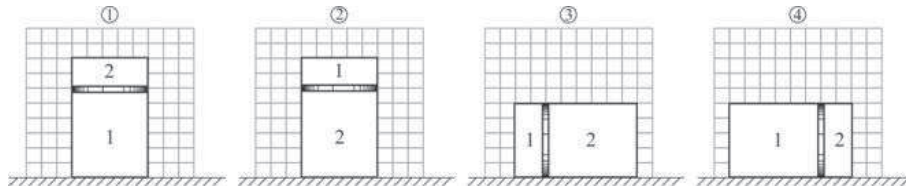
Для того чтобы стержень находился в равновесии, необходимо расположить под ним узкую опору

- 1) посередине между средним и самым тяжёлым грузом
- 2) на 2 см левее точки крепления среднего груза
- 3) на 2 см правее точки крепления среднего груза
- 4) на 4 см правее точки крепления среднего груза

A7 В двух закрытых сосудах находятся по одному молю идеальных газов: в первом сосуде – водород, во втором сосуде – гелий. Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул водорода 1500 м/с, атомов гелия – 750 м/с. Абсолютная температура гелия

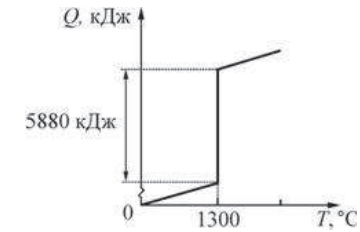
- 1) в 2 раза больше, чем температура водорода
- 2) в 2 раза меньше, чем температура водорода
- 3) в 4 раза больше, чем температура водорода
- 4) равна температуре водорода

A8 Закрытый цилиндрический сосуд разделён на две части подвижным поршнем массой 1 кг, который может двигаться без трения. В первой части находится 5 молей идеального газа, во второй 15 молей этого же газа. Температуры газов в обеих частях сосуда одинаковы. Поршень находится в равновесии. На каком из приведённых рисунков правильно показано расположение этого сосуда с газом?



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

A9 На рисунке изображён график зависимости количества теплоты Q , подводимой к некоторому исследуемому веществу, от температуры T этого вещества.

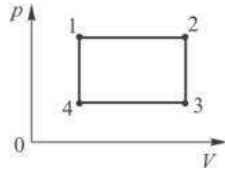


Используя график и следующую таблицу, выберите правильное утверждение.

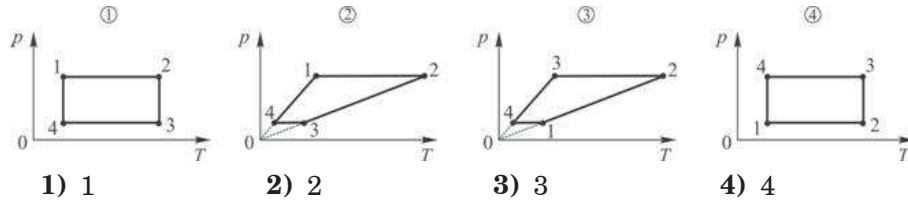
Вещество	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Сталь	500	1300	84
Ртуть	2000	-38,9	12
Парафин	3000	38	150
Чугун	540	1300	120

- 1) Исследуемое вещество – ртуть массой 290 кг.
- 2) Исследуемое вещество – сталь массой 70 кг.
- 3) Исследуемое вещество – чугун массой 40 кг.
- 4) Исследуемое вещество – сталь массой 11760 кг.

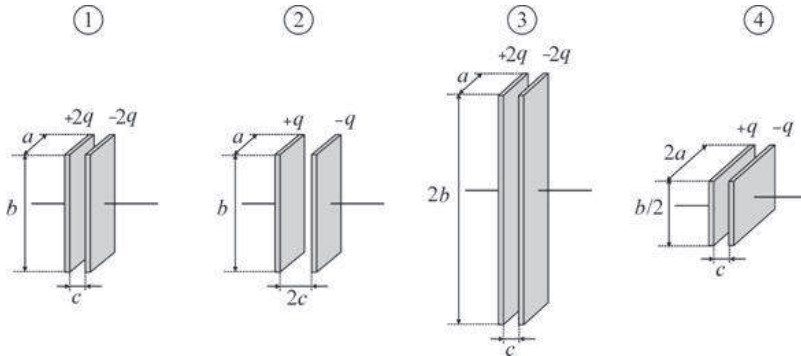
A10 На рисунке на pV -диаграмме задан циклический процесс, проводимый с одним молем идеального газа.



Какой из приведённых ниже циклических процессов, изображённых на pT -диаграмме, соответствует процессу на pV -диаграмме?



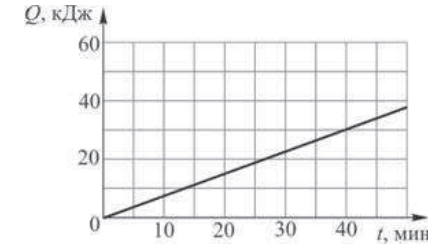
A11 На рисунках изображены пластины четырёх плоских конденсаторов.



Максимальную электрическую ёмкость имеет конденсатор

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

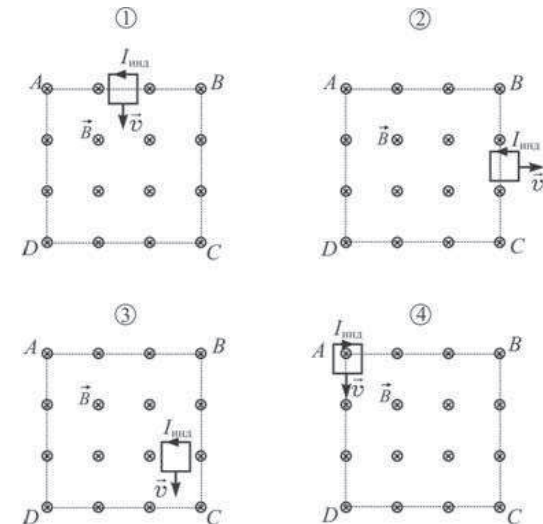
A12 Напряжение на резисторе, подключённом к источнику тока, равно 2 В. На рисунке изображён график зависимости количества теплоты Q , выделяющегося на этом резисторе, от времени t .



Сила постоянного электрического тока, текущего через этот резистор, равна

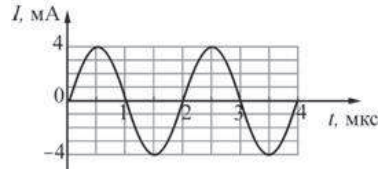
- 1) 2,5 А 2) 6,25 А 3) 187,5 А 4) 25 А

A13 Проводящая рамка движется равномерно со скоростью \vec{v} и попадает в область $ABCD$ однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} . На следующих рисунках показано положение рамки относительно границ области $ABCD$ и направление индукционного тока $I_{\text{инд}}$ в этот момент времени. На каком из рисунков направление индукционного тока показано правильно?



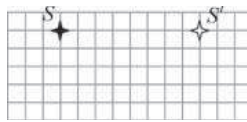
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A14 В колебательном контуре происходят свободные незатухающие колебания. На рисунке для этого контура изображён график зависимости силы тока I от времени t . При уменьшении ёмкости конденсатора в 16 раз период собственных колебаний в этом контуре

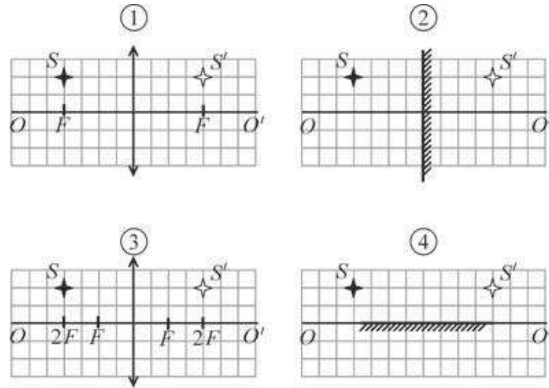


- 1) не изменится
- 2) станет равным 8 мкс
- 3) станет равным 0,5 мкс
- 4) станет равным 0,125 мкс

A15 На рисунке показаны точечный источник света S и его изображение S' .

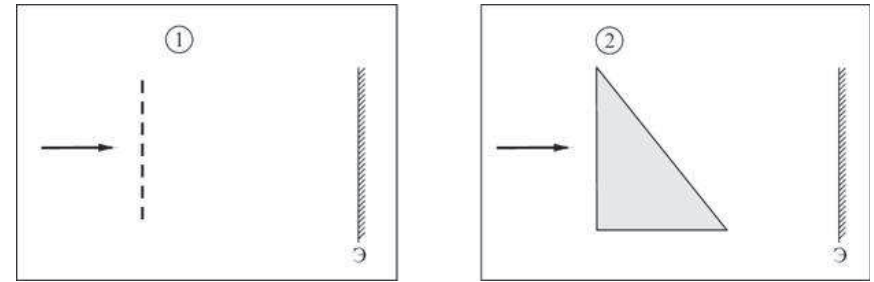


Оптическим прибором, с помощью которого можно получить это изображение, может быть



- 1) собирающая линза, расположенная так, как показано на рисунке 1
- 2) плоское зеркало, расположенное так, как показано на рисунке 2
- 3) собирающая линза, расположенная так, как показано на рисунке 3
- 4) плоское зеркало, расположенное так, как показано на рисунке 4

A16 Белый свет падает на дифракционную решётку (случай 1) и стеклянную призму (случай 2).



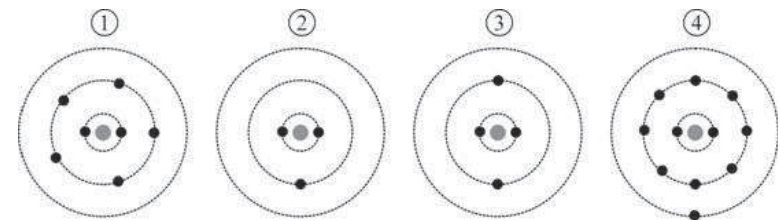
При этом на удалённом экране Э разложение света в спектр

- 1) будет наблюдаться только в случае 1
- 2) будет наблюдаться только в случае 2
- 3) будет наблюдаться в обоих случаях
- 4) не будет наблюдаться ни в одном из этих случаев

A17 При фотоэффекте максимальная кинетическая энергия электронов, выбиваемых фотонами с поверхности некоторого металла,

- 1) зависит только от частоты падающего света
- 2) зависит только от интенсивности падающего света
- 3) зависит и от частоты падающего света, и от интенсивности падающего света
- 4) не зависит ни от частоты падающего света, ни от интенсивности падающего света

A18 На рисунках изображены схемы атомов.



Атому ${}^7_3\text{Li}$ соответствует

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

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 Два металлических шара находятся на большом расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шар 1 радиусом R имеет заряд Q , шар 2 радиусом r не заряжен. Шары соединяют тонким длинным проводником. Как при этом изменяются следующие физические величины: модуль напряжённости электростатического поля внутри шара 2, модуль потенциала шара 2, модуль заряда шара 2?



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

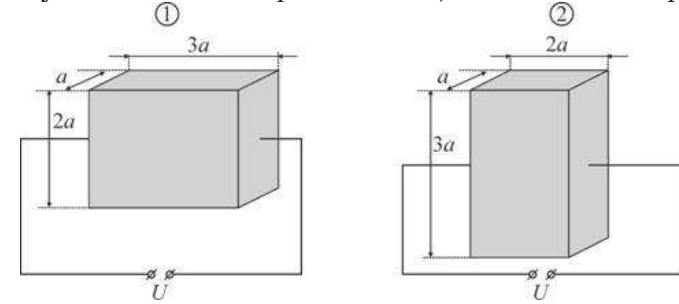
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|---|
| <p>А) модуль напряжённости электростатического поля внутри шара 2</p> <p>Б) модуль потенциала шара 2</p> <p>В) модуль заряда шара 2</p> | <p>1) увеличивается</p> <p>2) уменьшается</p> <p>3) не изменяется</p> |
|---|---|

Ответ:

А	Б	В

В2 Металлическую пластинку со сторонами $a \times 2a \times 3a$ подключают к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке 1.



Считая, что ток равномерно распределён по сечению пластинки, определите, как изменятся следующие физические величины при подключении этой пластинки к тому же источнику напряжения так, как показано на рисунке 2: электрическое сопротивление пластинки, сила протекающего через пластинку электрического тока, выделяющаяся в пластинке 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

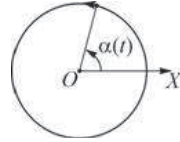
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|--|--|
| <p>А) электрическое сопротивление пластинки</p> <p>Б) сила протекающего через пластинку электрического тока</p> <p>В) выделяющаяся в пластинке тепловая мощность</p> | <p>1) увеличится</p> <p>2) уменьшится</p> <p>3) не изменится</p> |
|--|--|

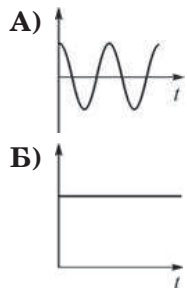
Ответ:

А	Б	В

В3 Материальная точка равномерно движется по окружности с центром в точке O (см. рисунок). В начальный момент времени (при $t = 0$) точка находилась на оси OX . 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



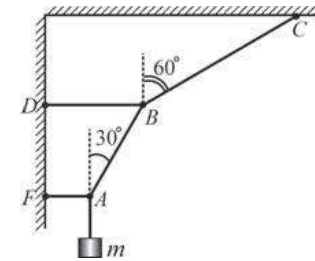
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата x материальной точки
- 2) угол α , который составляет с осью OX радиус, проведённый к материальной точке
- 3) модуль ускорения материальной точки
- 4) проекция ускорения материальной точки на ось OX

Ответ:

А	Б

В4 На рисунке изображён груз массой m , закреплённый на невесомых нерастяжимых нитях и находящийся в равновесии. Чему равен модуль силы натяжения: 1) участка нити AB ; 2) участка нити BC ?



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	ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ
А) модуль силы натяжения участка нити AB	1) $2mg$
Б) модуль силы натяжения участка нити BC	2) $\frac{\sqrt{3}}{2} mg$
	3) $\sqrt{3}mg$
	4) $\frac{2}{\sqrt{3}} mg$

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 «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А22. По гладким горизонтальным рельсам равномерно движется пустая тележка массой 30 кг. Модуль скорости тележки равен 2 м/с. Начиная с некоторого момента времени, каждые 5 минут на тележку вертикально падает один кирпич массой 5 кг, который остаётся на тележке. Через 4 минуты после падения первого кирпича модуль скорости тележки будет равен

- 1.) 2 м/с 2.) $\approx 1,7$ м/с 3.) 1,5 м/с 4.) 2,4 м/с

А23. Абсолютная влажность воздуха, находящегося в цилиндрическом сосуде под поршнем, равна 29 г/м^3 . Температура газа в сосуде равна $+100^\circ\text{C}$. Как и во сколько раз требуется изотермически изменить объём сосуда, чтобы на его стенках образовалась роса?

- 1.) уменьшить в $\approx 32,3$ раз 3.) уменьшить в ≈ 20 раз
2.) увеличить в $\approx 32,3$ раз 4.) увеличить в ≈ 20 раз

А24. К источнику постоянного тока с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 4 Ом подключен резистор с переменным сопротивлением. Полезная работа, совершаемая электрическим током в этой цепи, будет в 2 раза меньше работы, совершаемой источником, если сопротивление резистора будет равно

- 1.) 1 Ом 2.) 2 Ом 3.) 4 Ом 4.) 5 Ом

А25. При облучении металлической пластинки светом с частотой $1,65 \cdot 10^{15}$ Гц фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов 4 В. Красная граница фотоэффекта для этого металла равна

- 1.) ≈ 621 нм 2.) ≈ 441 нм 3.) ≈ 257 нм 4.) ≈ 182 нм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1

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

С1 «Жизнь сосулек». Во время оттепели, когда влажность воздуха высока, из-под слоя снега на крыше дома капает вода, замерзающая на карнизе крыши в виде быстро растущих сосулек. Когда оттепель кончается, сосульки перестают расти, и в мороз медленно меняют свою форму: они становятся всё тоньше, а их концы заостряются. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие с сосульками на протяжении их «жизни».

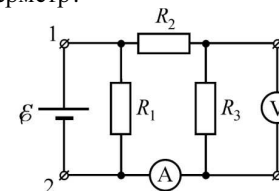
С2 На последнем автосалоне в Детройте фирма «Мерседес» представила новый родстер с двигателем объёмом 4,7 литра, способный разогнаться от 0 до 100 км/ч за 4,8 секунды. Считая, что процесс разгона происходит по горизонтали и является равноускоренным, определите, под каким углом к горизонту направлена сила, действующая на водителя со стороны сиденья во время такого разгона.

С3 В пластиковую бутылку объёмом $V = 0,5$ л при комнатной температуре $T_k = 20^\circ\text{C}$ залили жидкий азот объёмом $V_0 = 30$ мл и плотно завинтили пробку. Бутылка медленно нагревается из-за теплообмена с окружающей средой. При какой температуре T она взорвётся, если стенки бутылки выдерживают внутреннее давление $p = 20$ атм?

Плотность жидкого азота $\rho = 808 \text{ кг/м}^3$, его температура кипения при нормальном давлении $p = 1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па}$ равна $T_0 = 77 \text{ К}$.

Газообразный азот считать идеальным газом, растяжением бутылки при повышении давления пренебречь.

С4 Если между контактами 1 и 2 схемы, изображённой на рисунке, включить источник напряжения с ЭДС 50 В и малым внутренним сопротивлением, то идеальный вольтметр, подключённый к контактам 3 и 4, показывает напряжение 20 В, а идеальный амперметр – силу тока, равную 1 А. Если теперь поменять местами источник и вольтметр, то он показывает напряжение 14 В. Какой ток показывает теперь амперметр?



С5 Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 50$ мкГн и сопротивлением $R = 1$ Ом и конденсатора ёмкостью $C = 0,1$ мкФ. В контуре поддерживаются незатухающие колебания, при которых амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе равна $U_0 = 10$ В. Какую среднюю мощность при этом потребляет контур от внешнего источника?

С6 Одним из типов реакций синтеза, которые можно использовать в будущих термоядерных реакторах, является реакция ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} = {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{p} + W$. Какая энергия W выделяется при этой реакции? Масса атома дейтерия ${}^2_1\text{H}$ примерно равна 2,014 а.е.м., масса атома ${}^3_2\text{He}$ – 3,016 а.е.м., масса атома ${}^4_2\text{He}$ – 4,003 а.е.м. Ответ выразите в МэВ.

Тренировочная работа №3**по ФИЗИКЕ****9 апреля 2012 года****11 класс****Вариант 4**

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 теплоёмкость

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

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

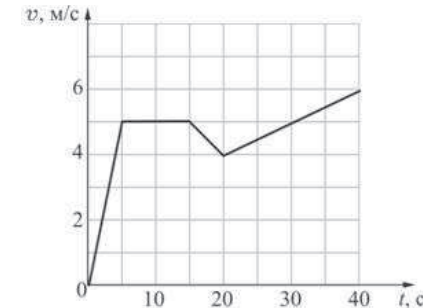
Молярная масса

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.

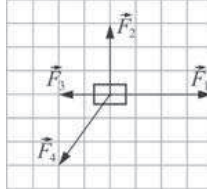
A1 Точечное тело движется вдоль горизонтальной оси OX. На рисунке изображена зависимость проекции скорости v этого тела на ось от времени t .



Модуль ускорения этого тела имеет минимальное значение

- 1) в момент времени $t=40$ с
- 2) в начальный момент времени $t=0$ с
- 3) в интервале от 15 с до 20 с
- 4) в интервале от 5 с до 15 с

A2 На точечное тело действуют четыре силы (см. рисунок).



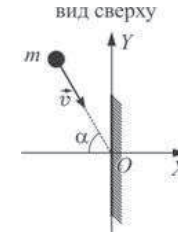
Это тело

- 1) будет двигаться с ускорением, направленным вправо
- 2) будет двигаться с ускорением, направленным влево
- 3) будет двигаться с ускорением, направленным вверх
- 4) будет находиться в состоянии покоя либо двигаться с постоянной скоростью

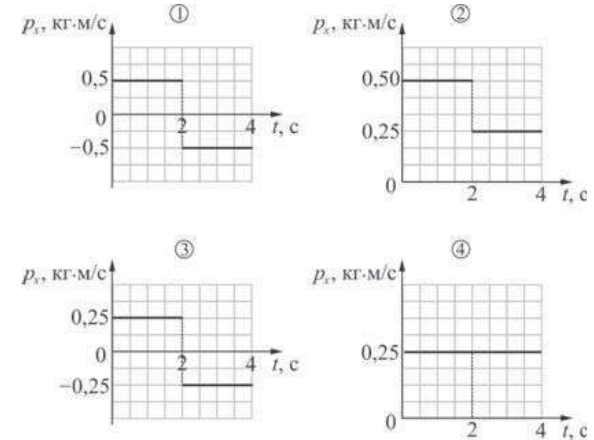
A3 Планеты А и Б имеют одинаковые радиусы. Обе планеты сферические и однородные. Плотность планеты А в 2 раза меньше плотности планеты Б. Вблизи поверхности планеты А модуль ускорения свободного падения

- 1) в 2 раза больше, чем вблизи поверхности планеты Б
- 2) в 2 раза меньше, чем вблизи поверхности планеты Б
- 3) в 4 раза больше, чем вблизи поверхности планеты Б
- 4) в 4 раза меньше, чем вблизи поверхности планеты Б

A4 Маленький шарик массой $m = 100$ г движется по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью \vec{v} , модуль которой равен 5 м/с, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонтальной оси OX . В момент времени $t = 2$ с шарик абсолютно упруго ударяется о вертикальную стенку, расположенную перпендикулярно оси OX .

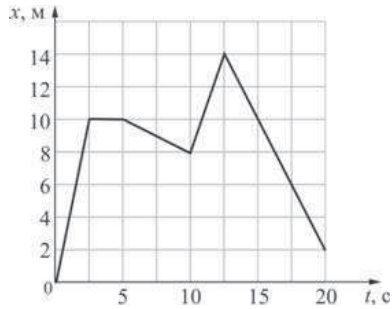


На каком из приведённых ниже графиков правильно показана зависимость проекции импульса p_x этого шарика на ось OX от времени t ?



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

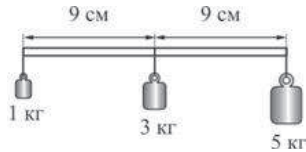
- A5** Точечное тело движется горизонтально вдоль оси OX . Зависимость координаты x этого тела от времени t показана на рисунке.



Кинетическая энергия этого тела

- 1) всё время одинаковая
- 2) в момент времени 3 с меньше, чем в момент времени 15 с
- 3) одинакова в момент времени 3 с и в момент времени 15 с
- 4) максимальна в момент времени 20 с

- A6** На лёгком стержне закреплены три груза массами 1 кг, 3 кг и 5 кг. Расстояния между точками крепления грузов одинаковы и равны 9 см.



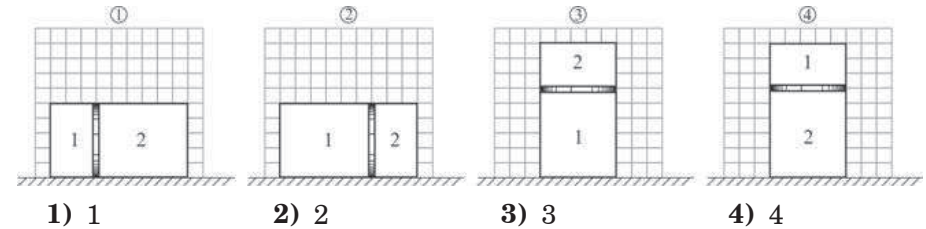
Для того чтобы стержень находился в равновесии, необходимо расположить под ним узкую опору

- 1) посередине между средним и самым тяжёлым грузом
- 2) на 5 см левее точки крепления самого тяжёлого груза
- 3) на 5 см правее точки крепления среднего груза
- 4) на 1 см левее точки крепления среднего груза

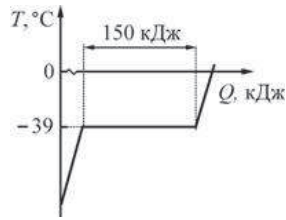
- A7** В двух закрытых сосудах находятся по одному молю идеальных газов: в первом сосуде – водород, во втором сосуде – гелий. Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул водорода 1500 м/с, атомов гелия – 750 м/с. Средняя кинетическая энергия теплового движения атомов гелия

- 1) в 2 раза больше, чем молекул водорода
- 2) в 2 раза меньше, чем молекул водорода
- 3) в 4 раза больше, чем молекул водорода
- 4) такая же, как молекул водорода

- A8** Закрытый теплоизолированный цилиндрический сосуд разделён на две части подвижным поршнем массой 1 кг, который не проводит теплоту и может двигаться без трения. В первой части находится 1 моль идеального газа при температуре 91°C , во второй – такое же количество этого же газа при температуре -91°C . Поршень находится в равновесии. На каком из приведённых рисунков правильно показано расположение этого сосуда с газом?



A9 На рисунке изображён график зависимости температуры T некоторого вещества от количества теплоты Q , подводимой к этому веществу.

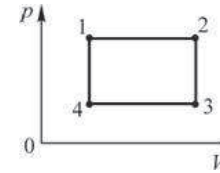


Используя график и следующую таблицу, выберите правильное утверждение.

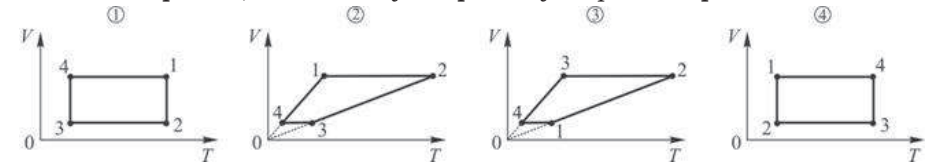
Вещество	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Сталь	500	1300	84
Ртуть	2000	-38,9	12
Парафин	3000	38	150

- 1) Исследуемое вещество – ртуть массой 12,5 кг.
- 2) Исследуемое вещество – сталь массой 7 кг.
- 3) Исследуемое вещество – ртуть массой 75 кг.
- 4) Исследуемое вещество – парафин массой 1 кг.

A10 На pV -диаграмме задан циклический процесс, проводимый с одним молем идеального газа.

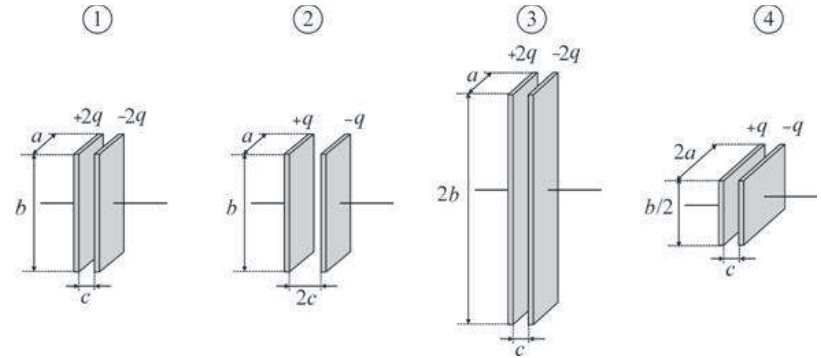


Какой из приведённых ниже циклических процессов, изображённых на VT -диаграмме, соответствует процессу на pV -диаграмме?



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

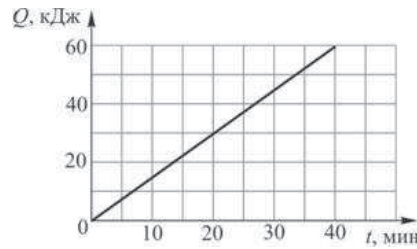
A11 На рисунках изображены пластины четырёх плоских конденсаторов.



Минимальную электрическую ёмкость имеет конденсатор

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

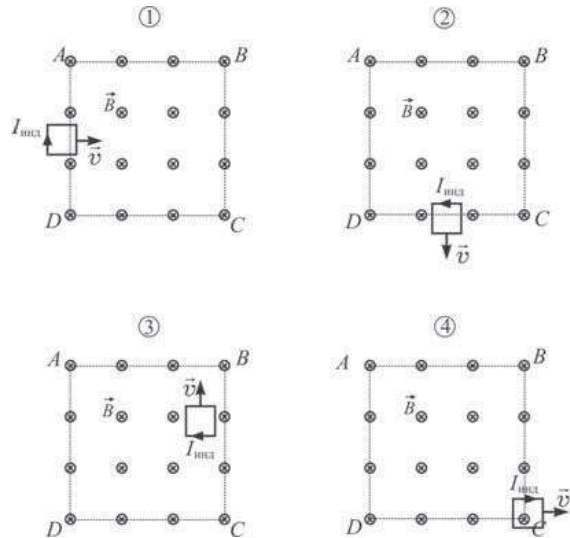
A12 Через резистор, подключённый к источнику тока, протекает постоянный электрический ток силой 2 А. На рисунке изображён график зависимости количества теплоты Q , выделяющегося на этом резисторе, от времени t .



Напряжение на этом резисторе равно

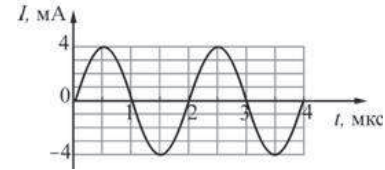
- 1) $\approx 3,54$ В 2) 375 В 3) 12,5 В 4) 50 В

A13 Проводящая рамка движется равномерно со скоростью \vec{v} и попадает в область $ABCD$ однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} . На следующих рисунках показано положение рамки относительно границ области $ABCD$ и направление индукционного тока $I_{\text{инд}}$ в этот момент времени. На каком из следующих рисунков правильно показано направление индукционного тока?



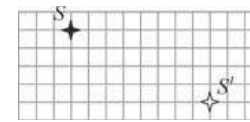
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A14 В колебательном контуре происходят свободные незатухающие колебания. На рисунке для этого контура изображён график зависимости силы тока I от времени t . При увеличении ёмкости конденсатора в 16 раз период собственных колебаний в этом контуре

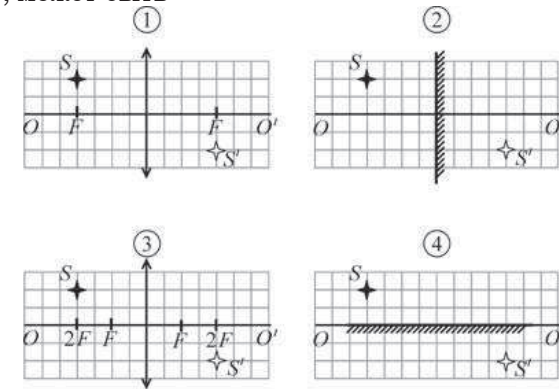


- 1) не изменится 2) станет равным 8 мкс
3) станет равным 0,5 мкс 4) станет равным 32 мкс

A15 На рисунке показаны точечный источник света S и его изображение S' .

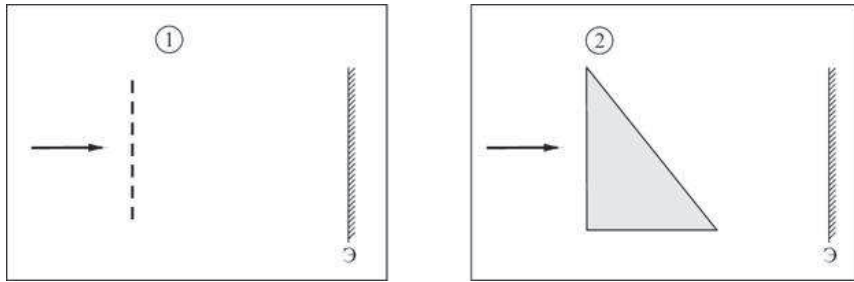


Оптическим прибором, с помощью которого можно получить это изображение, может быть



- 1) собирающая линза, расположенная так, как показано на рисунке 1
2) плоское зеркало, расположенное так, как показано на рисунке 2
3) собирающая линза, расположенная так, как показано на рисунке 3
4) плоское зеркало, расположенное так, как показано на рисунке 4

A16 Монохроматический свет падает на дифракционную решётку (случай 1) и стеклянную призму (случай 2).



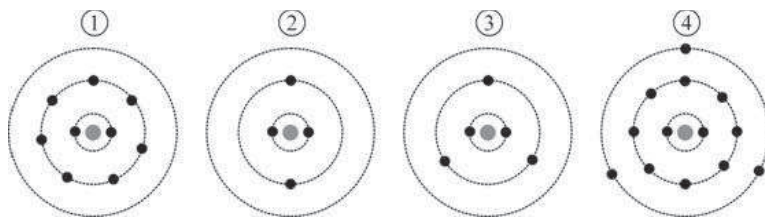
При этом на удалённом экране Э разложение света в спектр

- 1) будет наблюдаться только в случае 1
- 2) будет наблюдаться только в случае 2
- 3) будет наблюдаться в обоих случаях
- 4) не будет наблюдаться ни в одном из этих случаев

A17 При фотоэффекте максимальный модуль импульса электронов, выбиваемых фотонами с поверхности некоторого металла,

- 1) зависит только от частоты падающего света
- 2) зависит только от интенсивности падающего света
- 3) зависит и от частоты падающего света, и от интенсивности падающего света
- 4) не зависит ни от частоты падающего света, ни от интенсивности падающего света

A18 На рисунках изображены схемы атомов.



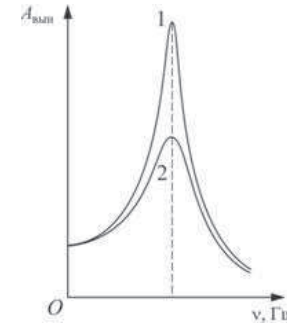
Атому ${}^9_4\text{Be}$ соответствует

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

A19 В ядре тория ${}^{234}_{90}\text{Th}$ содержится

- 1) 90 нейтронов и 234 протона
- 2) 234 нейтрона и 90 протонов
- 3) 234 нейтрона и 144 протона
- 4) 144 нейтрона и 90 протонов

A20 Для изучения явления резонанса ученики предложили использовать следующий комплект оборудования: генератор с изменяемой частотой, устройство для возбуждения колебаний, две пружины с различными коэффициентами жёсткости, один груз, стакан с жидкостью для создания дополнительного трения, штатив, линейку с секундомер. Они хотели наблюдать колебания груза, подвешенного на пружине, либо в жидкости, либо в воздухе. Частота вынужденных колебаний должна была задаваться генератором. Для проверки теоретической подготовки учеников учитель изобразил две возможные зависимости амплитуды $A_{\text{вын}}$ вынужденных колебаний груза от частоты ν генератора (представлены на рисунке).



Школьники, подумав над этими зависимостями, сделали следующие выводы.

А. Графики 1 и 2 должны соответствовать использованию двух разных пружин.

Б. График 2 должен соответствовать использованию пружины с большим коэффициентом жёсткости.

Какой(-ие) вывод(ы) сделан(ы) правильно?

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

A21

Учитель осветил дифракционную решётку монохроматическим светом, направив его перпендикулярно плоскости решетки. Затем он задал вопрос: «Что будет наблюдаться на экране за решёткой при уменьшении длины волны света?» Два ученика дали на этот вопрос следующие ответы.

Первый ученик: «Расстояние между нулевым и первым максимумами дифракционной картины увеличится».

Второй ученик: «Число дифракционных максимумов увеличится».

Кто из учеников дал правильный ответ?

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1) только первый ученик | 2) только второй ученик |
| 3) оба ученика | 4) никто из учеников |

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

Два металлических шара находятся на большом расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шар 1 радиусом R имеет заряд Q , шар 2 радиусом r не заряжен. Шары соединяют тонким длинным проводником. Как при этом изменяются следующие физические величины: модуль напряжённости электростатического поля внутри шара 1, модуль потенциала шара 1, модуль заряда шара 1?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

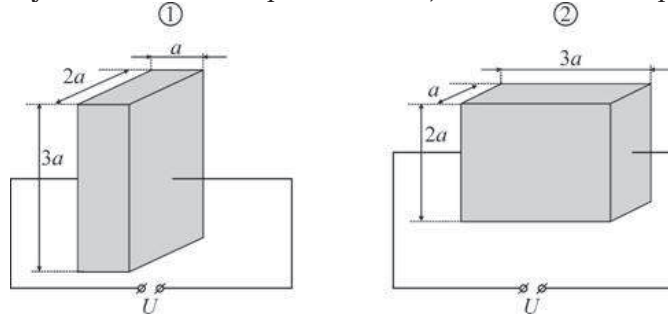
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|--|------------------|
| А) модуль напряжённости электростатического поля внутри шара 1 | 1) увеличивается |
| Б) модуль потенциала шара 1 | 2) уменьшается |
| В) модуль заряда шара 1 | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В2 Металлическую пластинку со сторонами $a \times 2a \times 3a$ подключают к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке 1.



Считая, что ток равномерно распределён по сечению пластинки, определите, как изменятся следующие физические величины при подключении этой пластинки к тому же источнику напряжения так, как показано на рисунке 2: электрическое сопротивление пластинки, сила протекающего через пластинку электрического тока, выделяющаяся в пластинке 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

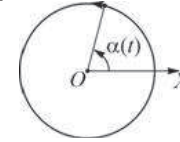
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|------------------------|
| А) электрическое сопротивление пластинки | 1) увеличится |
| Б) сила протекающего через пластинку электрического тока | 2) уменьшится |
| В) выделяющаяся в пластинке тепловая мощность | 3) не изменится |

Ответ:

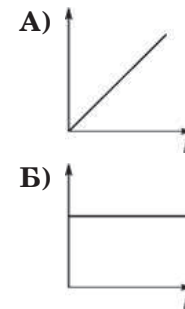
А	Б	В

В3 Материальная точка равномерно движется по окружности с центром в точке O (см. рисунок). В начальный момент времени (при $t = 0$) точка находилась на оси OX . 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



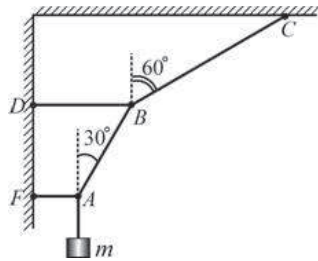
- 1)** координата x материальной точки
- 2)** угол α , который составляет с осью OX радиус, проведённый к материальной точке
- 3)** модуль скорости материальной точки
- 4)** проекция ускорения материальной точки на ось OX

Ответ:

А	Б

В4

На рисунке изображён груз массой m , закреплённый на невесомых нерастяжимых нитях и находящийся в равновесии. Чему равен модуль силы натяжения: 1) участка нити AF ; 2) участка нити BC ?



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

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

- А) модуль силы натяжения участка нити AF
- Б) модуль силы натяжения участка нити BC

- 1) $\frac{mg}{\sqrt{3}}$
- 2) $2mg$
- 3) $\sqrt{3}mg$
- 4) $\frac{2}{\sqrt{3}}mg$

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 По гладким горизонтальным рельсам равномерно движется тележка. На тележке находятся 4 кирпича массой 5 кг каждый. Масса пустой тележки 30 кг. Каждые 5 минут один кирпич выпадает из отверстия в дне тележки. В начальный момент времени тележка двигалась равномерно со скоростью, модуль которой равен 1 м/с. По истечении 12 минут скорость тележки будет равна

- 1) 1 м/с
- 2) 1,25 м/с
- 3) $\approx 1,1$ м/с
- 4) $\approx 1,4$ м/с

А23 В цилиндрическом сосуде под поршнем находятся воздух и водяной пар при температуре $+100^\circ\text{C}$. Для того чтобы на стенках этого сосуда выпала роса, требуется изотермически изменить объём сосуда в 29 раз. Определите первоначальную абсолютную влажность воздуха в сосуде.

- 1) ≈ 20 г/м³
- 2) ≈ 17 г/м³
- 3) ≈ 59 г/см³
- 4) ≈ 50 г/м³

А24 К источнику постоянного тока с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 5 Ом подключён резистор с переменным сопротивлением. КПД этой цепи будет равен 50%, если сопротивление резистора будет равно

- 1) 1 Ом
- 2) 2 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 5 Ом

А25 Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. При задерживающей разности потенциалов 5 В фототок прекратится при облучении металлической пластинки светом с частотой

- 1) $\approx 6 \cdot 10^{14}$ Гц
- 2) $\approx 1,21 \cdot 10^{15}$ Гц
- 3) $\approx 1,81 \cdot 10^{15}$ Гц
- 4) $\approx 2,41 \cdot 10^{15}$ Гц

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1.

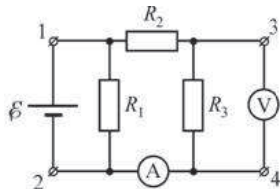
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1 «Жизнь сосулек». Во время оттепели, когда влажность воздуха высока, из-под слоя снега на крыше дома капает вода, замерзающая на карнизе крыши в виде быстро растущих сосулек. Когда оттепель кончается, сосульки перестают расти и в мороз медленно меняют свою форму: они становятся всё тоньше, а их концы заостряются. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие с сосульками на протяжении их «жизни».

С2 На последнем автосалоне в Детройте фирма «Мерседес» представила новый родстер с двигателем объёмом 4,7 литра, способный разогнаться от 0 до 100 км/ч за 4,8 секунды. Считая, что процесс разгона происходит по горизонтали и является равноускоренным, определите, под каким углом к горизонту направлена сила, действующая на водителя со стороны сиденья во время такого разгона.

С3 В пластиковую бутылку объёмом $V = 0,5$ л при комнатной температуре $T_k = 20$ °С залили жидкий азот объёмом $V_0 = 30$ мл и плотно завинтили пробку. Бутылка медленно нагревается из-за теплообмена с окружающей средой. При какой температуре T она взорвётся, если стенки бутылки выдерживают внутреннее давление $p = 20$ атм? Плотность жидкого азота $\rho = 808$ кг/м³, его температура кипения при нормальном давлении $p_0 = 1$ атм = 10^5 Па равна $T_0 = 77$ К. Газообразный азот считать идеальным газом, растяжением бутылки при повышении давления пренебречь.

С4 Если между контактами 1 и 2 схемы, изображённой на рисунке, включить источник напряжения с ЭДС 50 В и малым внутренним сопротивлением, то идеальный вольтметр, подключённый к контактам 3 и 4, показывает напряжение 20 В, а идеальный амперметр – силу тока, равную 1 А. Если теперь поменять местами источник и вольтметр, то он показывает напряжение 14 В. Какой ток показывает теперь амперметр?



С5 Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 50$ мкГн и сопротивлением $R = 1$ Ом и конденсатора ёмкостью $C = 0,1$ мкФ. В контуре поддерживаются незатухающие колебания, при которых амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе равна $U_0 = 10$ В. Какую среднюю мощность при этом потребляет контур от внешнего источника?

С6 Одним из типов реакций синтеза, которые можно использовать в будущих термоядерных реакторах, является реакция ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} = {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{p} + W$. Какая энергия W выделяется при этой реакции? Масса атома дейтерия ${}^2_1\text{H}$ примерно равна 2,014 а.е.м., масса атома ${}^3_2\text{He} - 3,016$ а.е.м., масса атома ${}^4_2\text{He} - 4,003$ а.е.м. Ответ выразите в МэВ.

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 «Жизнь сосулек». Во время оттепели, когда влажность воздуха высока, из-под слоя снега на крыше дома капает вода, замерзающая на карнизе крыши в виде быстро растущих сосулек. Когда оттепель кончается, сосульки перестают расти и в мороз медленно меняют свою форму: они становятся всё тоньше, а их концы заостряются. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие с сосульками на протяжении их «жизни».

1. Из дома через крышу идёт поток теплоты. Поэтому в оттепель температура крыши под снегом поднимается выше 0 °С и начинается таяние снега.
2. Из-за высокой влажности воздуха скорость испарения воды мала. Поэтому вытекающие на карниз капли воды охлаждаются и, не успевая испариться, постепенно замерзают, превращаясь обратно в лёд и образуя сосульки. Таким образом, сосульки могут вырастать до больших размеров.
3. Когда оттепель кончается и ударяет мороз, снег на крыше перестаёт таять, поскольку температура крыши под слоем снега падает ниже 0 °С, и сосульки перестают расти.
4. В дальнейшем на морозе при низкой влажности воздуха происходит медленное испарение сосулек, то есть фазовый переход льда сразу в пар, минуя жидкое состояние. При этом сосульки уменьшаются в объёме, становясь всё тоньше и приобретая острые концы.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n.n.</i> 1–4) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – изменение агрегатных состояний вещества при фазовых переходах между льдом, водой и паром, влияние влажности воздуха на испарение воды и льда)	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты	2

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

C2 На последнем автосалоне в Детройте фирма «Мерседес» представила новый родстер с двигателем объёмом 4,7 литра, способный разогнаться от 0 до 100 км/ч за 4,8 секунды. Считая, что процесс разгона происходит по горизонтали и является равноускоренным, определите, под каким углом к горизонту направлена сила, действующая на водителя со стороны сиденья во время такого разгона.

При разгоне с постоянным ускорением a от нулевой начальной скорости до конечной скорости v в течение времени t имеем, согласно кинематическим соотношениям, $v = at$, откуда

$$a = \frac{v}{t} = \frac{100 \cdot 1000}{3600 \cdot 4,8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 5,79 \text{ м/с}^2$$

Сила \vec{F} , действующая на водителя со стороны сиденья при таком разгоне, складывается по правилу параллелограмма из двух взаимно перпендикулярных составляющих. По вертикали водитель не движется, и на основании второго закона Ньютона вертикальная проекция искомой силы равна силе тяжести: $F_v = mg$, где m – масса водителя. Горизонтальная проекция искомой силы обеспечивает, согласно второму закону Ньютона, равноускоренное движение водителя вместе с автомобилем: $F_r = ma$.

Таким образом, тангенс угла α наклона вектора \vec{F} к горизонту равен

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_B}{F_r} = \frac{mg}{ma} = \frac{g}{a} = \frac{gt}{v} \approx \frac{10}{5,79} \approx 1,73,$$

а сам угол $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{gt}{v} \approx \operatorname{arctg}(1,73) \approx 60^\circ$.

Ответ: $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{gt}{v} \approx 60^\circ$.

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 – кинематическое соотношение для равноускоренного движения, правило параллелограмма для сложения сил и II закон Ньютона в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси); 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 всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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

С3 В пластиковую бутылку объёмом $V = 0,5$ л при комнатной температуре $T_k = 20^\circ\text{C}$ залили жидкий азот объёмом $V_0 = 30$ мл и плотно закрутили пробку. Бутылка медленно нагревается из-за теплообмена с окружающей средой. При какой температуре T она взорвётся, если стенки бутылки выдерживают внутреннее давление $p = 20$ атм?
 Плотность жидкого азота $\rho = 808$ кг/м³, его температура кипения при нормальном давлении $p_0 = 1$ атм = 10^5 Па равна $T_0 = 77$ К. Газообразный азот считать идеальным газом, растяжением бутылки при повышении давления пренебречь.

Найдём вначале, насколько увеличится объём жидкого азота при его испарении при температуре кипения при нормальном давлении. Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, объём азота после его испарения при температуре T_0 и давлении p_0 составляет

$$V_{\text{аз}} = \frac{\rho V_0}{M_{\text{аз}}} \cdot \frac{RT_0}{p_0} \approx \frac{808 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,3 \cdot 77}{10^5} \text{ м}^3 \approx 5,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 5,53 \text{ л},$$

что примерно в 11 раз превышает объём бутылки (здесь $M_{\text{аз}}$ – молярная масса азота). В бутылке после испарения азота остаётся и небольшое количество воздуха, охладившегося до 77 К; его объём при нормальном давлении составляет, согласно закону Бойля–Мариотта, примерно

$$V_{\text{воз}} = V \frac{T_0}{T_k} = 0,5 \cdot \frac{77}{293} \approx 0,13 \text{ л.}$$

Весь суммарный объём газа $V_{\text{сум}} = 5,53 + 0,13 = 5,66$ л оказывается в бутылке объёмом 0,5 л при температуре 77 К, и по закону Бойля–Мариотта его давление будет равно

$$p_1 = \frac{V_{\text{сум}} \cdot p_0}{V} = \frac{5,66}{0,5} \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 11,32 \text{ атм,}$$

так что бутылка, выдерживающая 20 атм, сразу после испарения азота не взорвётся.

Взрыв произойдёт, когда за счёт теплообмена с окружающей средой и нагревания газа в бутылке постоянного, по условию, объёма давление в ней поднимется до 21 атм (снаружи действует нормальное атмосферное давление – 1 атм). Согласно закону Шарля, температура при этом будет равна

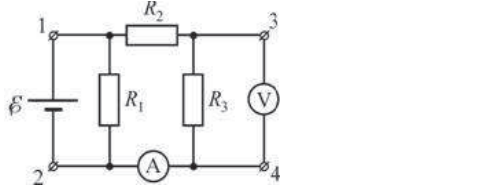
$$T = \frac{p + p_0}{p_1} \cdot T_0 = \frac{21}{11,32} \cdot 77 \approx 143 \text{ К} = -130 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Ответ: бутылка взорвётся при температуре $T \approx 143 \text{ К} = -130 \text{ }^\circ\text{C.}$

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 – связь между массой, объёмом и плотностью вещества, уравнение Клапейрона–Менделеева, газовые законы Бойля–Мариотта и Шарля); 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	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в 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
<i>Максимальный балл</i>	3

С4 Если между контактами 1 и 2 схемы, изображённой на рисунке, включить источник напряжения с ЭДС 50 В и малым внутренним сопротивлением, то идеальный вольтметр, подключённый к контактам 3 и 4, показывает напряжение 20 В, а идеальный амперметр – силу тока, равную 1 А. Если теперь поменять местами источник и вольтметр, то он показывает напряжение 14 В. Какой ток показывает теперь амперметр?



Как видно из схемы, в первом случае ток силой 1 А течёт через последовательно соединённые резисторы R_2 и R_3 , причём на последнем падает напряжение 20 В. Таким образом, из закона Ома для участка цепи следует, что сопротивление резистора $R_3 = 20 \text{ В} / 1 \text{ А} = 20 \text{ Ом}$.

Согласно закону Ома для полной цепи, падение напряжения на резисторе R_2 равно разности ЭДС источника и показаний вольтметра, то есть $50 - 14 = 36 \text{ В}$, и сопротивление резистора R_2 , таким образом, равно $R_2 = 30 \text{ В} / 1 \text{ А} = 30 \text{ Ом}$.

После того, как источник и вольтметр поменяли местами, падение напряжения на резисторе $R_2 = 30 \text{ Ом}$ стало равным $50 - 14 = 36 \text{ В}$ и согласно закону Ома для участка цепи сила тока, текущего через последовательно соединённые резисторы R_2 и R_1 , стала равной $36 \text{ В} / 30 \text{ Ом} = 1,2 \text{ А}$.

Ответ: Во втором случае амперметр показывает ток 1,2 А.

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 – закон Ома для участка и для полной цепи); 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	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков.

Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.

ИЛИ

При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).

ИЛИ

При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.

ИЛИ

При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

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

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

Максимальный балл 3

С5 Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 50 \text{ мкГн}$ и сопротивлением $R = 1 \text{ Ом}$ и конденсатора ёмкостью $C = 0,1 \text{ мкФ}$. В контуре поддерживаются незатухающие колебания, при которых амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе равна $U_0 = 10 \text{ В}$. Какую среднюю мощность при этом потребляет контур от внешнего источника?

При незатухающих колебаниях в контуре энергия электрического поля, запасённая в конденсаторе, периодически превращается в энергию магнитного поля в катушке индуктивности:

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$$

(здесь I_0 – амплитудное значение силы тока в катушке).

Средняя мощность P , потребляемая контуром, идёт на компенсацию тепловых потерь в сопротивлении R катушки индуктивности контура:

$$P = I_{\text{эфф}}^2 \cdot R,$$

где $I_{\text{эфф}} = I_0 / \sqrt{2}$ – эффективное значение силы тока в контуре.

Из записанных уравнений получаем:

$$P = \frac{U_0^2 RC}{2L} = \frac{10^2 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 0,1 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P = \frac{U_0^2 RC}{2L} = 0,1 \text{ Вт.}$

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 – закон сохранения энергии при незатухающих колебаниях в контуре, выражения для энергии, запасённой в конденсаторе и в катушке индуктивности, а также выражение для средней мощности, выделяющейся на сопротивлении резистора); 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	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков.

Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.

ИЛИ

При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).

ИЛИ

При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.

ИЛИ

При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

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

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

Максимальный балл

3

С6 Одним из типов реакций синтеза, которые можно использовать в будущих термоядерных реакторах, является реакция ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} = {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{p} + W$. Какая энергия W выделяется при этой реакции? Масса атома дейтерия ${}^2_1\text{H}$ примерно равна 2,014 а.е.м., масса атома ${}^3_2\text{He} - 3,016$ а.е.м., масса атома ${}^4_2\text{He} - 4,003$ а.е.м. Ответ выразите в МэВ.

Согласно формуле А. Эйнштейна для взаимосвязи массы и энергии, уменьшение массы продуктов реакции по сравнению с исходной массой атомов до реакции говорит о выделении энергии в количестве $W = \Delta m \cdot c^2$ (здесь Δm – разность суммарной массы частиц до и после термоядерной реакции).

При расчёте вместо масс ядер атомов можно использовать массы атомов, которые приведены в условии задачи, поскольку массы электронов в левой и правой части уравнения реакции при вычитании сокращаются, да и вообще лежат за пределами точности приведённых данных.

Таким образом, с учётом данных задачи, получаем:

$$W = (m_{{}^2_1\text{H}} + m_{{}^3_2\text{He}} - m_{{}^4_2\text{He}} - m_{\text{p}}) \cdot c^2 \approx (5,030 - 5,010)\text{а.е.м.} \cdot c^2 \approx 0,020 \cdot 931,5\text{МэВ} = 18,63 \text{ МэВ.}$$

Ответ: $W = (m_{{}^2_1\text{H}} + m_{{}^3_2\text{He}} - m_{{}^4_2\text{He}} - m_{\text{p}}) \cdot c^2 \approx 18,63 \text{ МэВ.}$

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 А. Эйнштейна для взаимосвязи массы и энергии, формула для перевода энергии в МэВ); 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	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в 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
<i>Максимальный балл</i>	3

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	311
B2	211

№ задания	Ответ
B3	13
B4	41

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	322
B2	122

№ задания	Ответ
B3	23
B4	12