

Тренировочная работа № 4**по ФИЗИКЕ****30 апреля 2013 года****11 класс****Вариант ФИ1601****Район.****Город (населённый пункт)****Школа.****Класс.****Фамилия****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

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

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

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

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

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

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

Желаем успеха!

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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
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

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

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

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: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

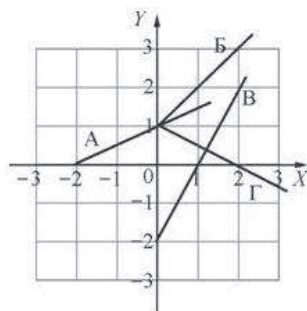
Молярная масса

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

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 По плоскости XU движутся четыре точечных тела – А, Б, В и Г, траектории которых изображены на рисунке. Зависимости координат одного из этих тел от времени имеют вид $x = 1 + t$ и $y = 2t$. Это тело обозначено буквой

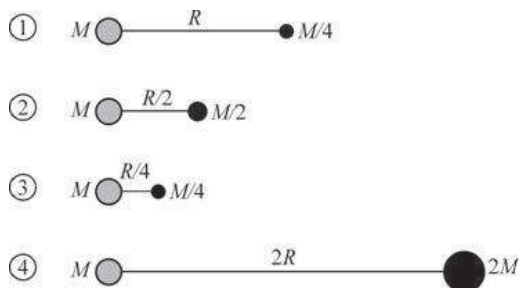


- 1) А 2) Б 3) В 4) Г

A2 Модуль скорости равномерного вращения спутника вокруг планеты по орбите радиусом r

- 1) прямо пропорционален массе спутника
- 2) обратно пропорционален массе спутника
- 3) прямо пропорционален квадрату массы спутника
- 4) не зависит от массы спутника

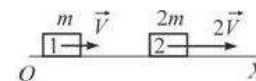
A3 На рисунке изображены четыре пары сферически симметричных точечных тел, расположенных относительно друг друга на разных расстояниях между центрами этих тел.



Считая, что сила взаимодействия двух тел одинаковых масс M , находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F_0 , определите, для какой пары тел сила гравитационного взаимодействия равна $4F_0$.

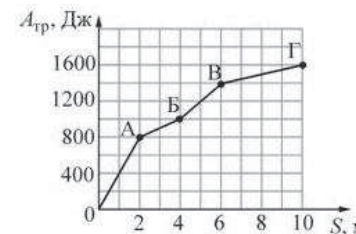
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Два бруска массой m и $2m$ равномерно движутся вдоль прямой OX (см. рисунок). В системе отсчёта, связанной с бруском 1, модуль импульса второго бруска равен



- 1) $6mV$ 2) $4mV$ 3) $3mV$ 4) $2mV$

A5 Сани равномерно перемещают по горизонтальной плоскости с переменным коэффициентом трения. На рисунке изображён график зависимости модуля работы силы трения $A_{тр}$ от пройденного пути S . Отношение максимального коэффициента трения к минимальному на пройденном пути равно



- 1) 2 2) 4 3) 6 4) 8

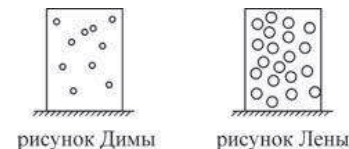
A6 Однородная сплошная балка массой M уравновешена на остроконечной опоре. Опору передвигают вправо на $\frac{1}{4}$ длины балки (см. рисунок).



Какую силу F требуется приложить к концу B балки для сохранения равновесия?

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

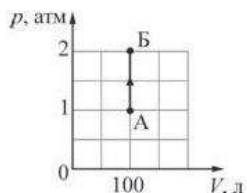
A7 Дима и Лена схематически изобразили на доске сосуд, в котором находится идеальный газ.



Отвечающим модели идеального газа можно признать рисунок, сделанный

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

A8 На рисунке изображён процесс перехода идеального газа из состояния А в состояние Б.



В состоянии Б абсолютная температура этого газа

- 1) в 2 раза больше, чем в состоянии А
- 2) в 2 раза меньше, чем в состоянии А
- 3) в 4 раза больше, чем в состоянии А
- 4) равна температуре газа в состоянии А

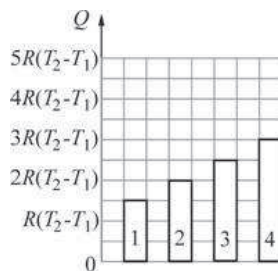
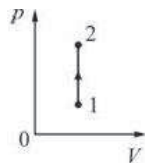
A9 В таблице указана плотность газов при нормальном атмосферном давлении.

Газ	Плотность газа, кг/м ³
азот	1,25
водород	0,09
ксенон	5,9
хлор	3,2

При этом наименьшую среднеквадратичную скорость имеют молекулы

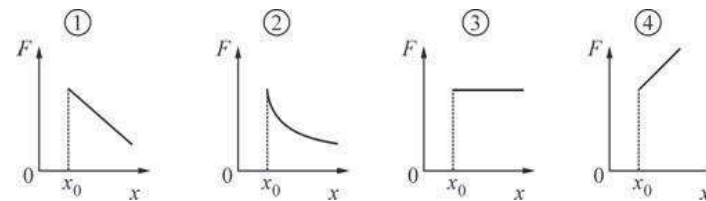
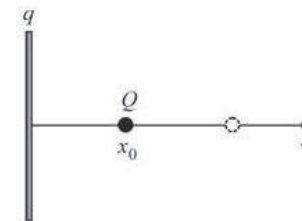
- 1) азота
- 2) водорода
- 3) ксенона
- 4) хлора

A10 Два моля одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой T_2 (см. рисунок). Количество теплоты, которое в этом процессе сообщено газу, соответствует столбцу на гистограмме, обозначенному цифрой



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

A11 Точечный положительный заряд Q находится на небольшом расстоянии x_0 от протяжённой непроводящей заряженной пластины, равномерно заряженной зарядом q (см. рисунок). Заряд Q начинают перемещать перпендикулярно пластине, удаляя от неё. На каком из приведённых ниже графиков правильно изображена зависимость силы F кулоновского взаимодействия заряда Q с пластиной от расстояния x между зарядом и пластиной?

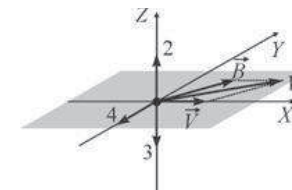


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Идеальный амперметр и три резистора сопротивлением $R = 2$ Ом, $2R$ и $3R$ включены последовательно в электрическую цепь, содержащую источник с ЭДС, равной 5 В, и внутренним сопротивлением $r = 8$ Ом. Показания амперметра равны

- 1) 100 А
- 2) 4 А
- 3) $\approx 0,56$ А
- 4) 0,25 А

A13 Электрон, двигаясь со скоростью \vec{V} , направленной вдоль оси X , влетает в область однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} , лежащей в горизонтальной плоскости XY (на рисунке эта плоскость показана тонировкой). Правильное направление силы Лоренца, действующей на электрон, изображено вектором под номером

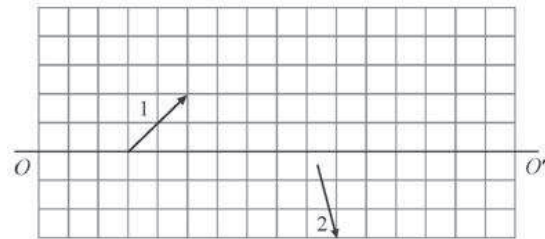


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A14 Имеются две заряженные частицы: первая движется с ускорением, вторая – с постоянной скоростью. Электромагнитные волны

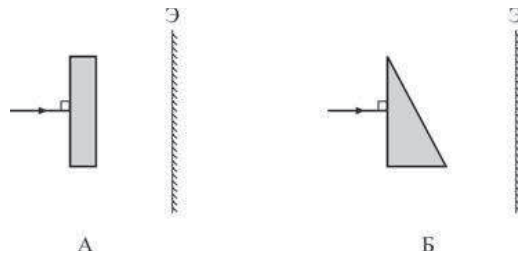
- 1) излучает только первая частица
- 2) излучает только вторая частица
- 3) излучает и первая, и вторая частица
- 4) не излучает ни первая, ни вторая частица

A15 На рисунке изображены оптическая ось OO' тонкой собирающей линзы, луч света 1, падающий на эту линзу, и луч света 2, прошедший через эту линзу. На рисунке размер одной клеточки соответствует 1 см. Фокусное расстояние линзы приблизительно равно



- 1) 0,01 м
- 2) 0,02 м
- 3) 0,04 м
- 4) 0,05 м

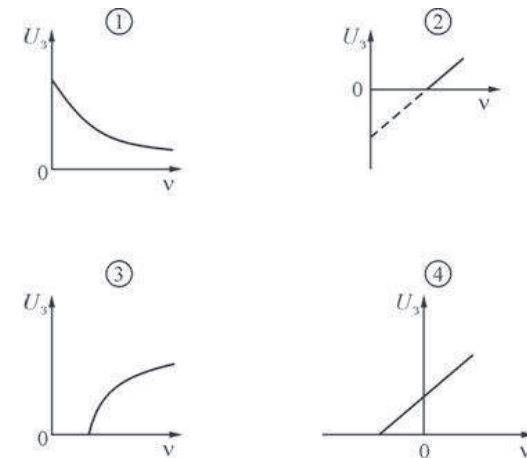
A16 На плоскопараллельную стеклянную пластинку и стеклянную призму падает луч белого света (см. рисунок).



Дисперсия света в виде радужных полос на экране

- 1) будет наблюдаться только в случае А
- 2) будет наблюдаться только в случае Б
- 3) будет наблюдаться и в случае А, и в случае Б
- 4) не будет наблюдаться ни в случае А, ни в случае Б

A17 При экспериментальном изучении фотоэффекта получена зависимость запирающего напряжения U_3 от частоты ν света, падающего на металлическую пластинку. На каком рисунке правильно изображена эта зависимость?

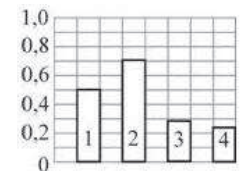


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A18 Отношение массового числа к числу нейтронов равно $\approx 2,11$ в ядре

- 1) ${}^7_4\text{Be}$
- 2) ${}^{20}_{12}\text{Mg}$
- 3) ${}^{19}_{10}\text{Ne}$
- 4) ${}^{35}_{17}\text{Cl}$

A19 Доля атомов радиоактивного изотопа, не распавшихся по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада, обозначена на гистограмме цифрой



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

A20 Показания сухого и влажного термометров, установленных в некотором помещении, соответственно равны 20 °С и 15 °С. Используя данные таблиц, определите абсолютную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры. В первой таблице приведена относительная влажность, выраженная в %.

Температура сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Температура, °С	Плотность насыщенных паров воды ρ , г/м ³
15	12,8
16	13,6
17	14,5
18	15,4
19	16,3
20	17,3
21	18,3
22	19,4
23	20,6
24	21,8
25	23,0

- 1) 7,6 г/м³ 2) 10,2 г/м³ 3) 12,8 г/м³ 4) 17,3 г/м³

A21 К источнику тока подключены реостат, амперметр и вольтметр (рисунок 1). При изменении положения ползунка реостата в результате наблюдения за приборами были получены зависимости, изображённые на рисунках 2 и 3 (R – сопротивление включённой в цепь части реостата).

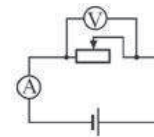


рис. 1

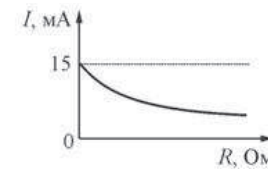


рис. 2

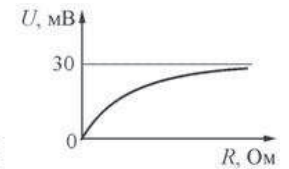


рис. 3

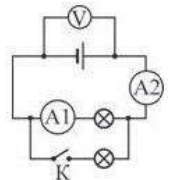
Выберите верное(-ые) утверждение(-я), если таковое(-ые) имеется(-ются).
 А. Внутреннее сопротивление источника тока равно 2 Ом.
 Б. ЭДС источника тока равна 30 мВ.

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

Часть 2

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

В1 Электрическая цепь состоит из источника ЭДС с некоторым внутренним сопротивлением, двух одинаковых лампочек, ключа, вольтметра и двух амперметров (см. рисунок). Измерительные приборы можно считать идеальными. Как изменятся показания приборов, если замкнуть ключ? 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.

ПОКАЗАНИЕ ПРИБОРА ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ

- А) показание вольтметра 1) увеличится
 Б) показание амперметра А1 2) уменьшится
 В) показание амперметра А2 3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В2 Один моль одноатомного идеального газа совершает циклический процесс, изображённый на рисунке 1. Как изменятся следующие физические величины, если заменить исходный циклический процесс на процесс, изображённый на рисунке 2: количество теплоты, полученное газом от нагревателя; работа газа за один цикл; КПД цикла?

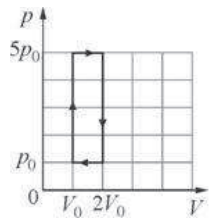


рис. 1

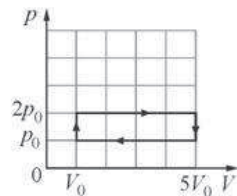


рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

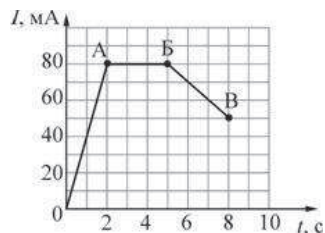
- А) количество теплоты, полученное газом от нагревателя
- Б) работа газа за один цикл
- В) КПД цикла

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

Ответ:

А	Б	В

В3 На рисунке представлен график зависимости силы тока I в катушке индуктивностью 10 мГн от времени t .



Установите соответствие между участками графика и значениями модуля ЭДС самоиндукции.

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

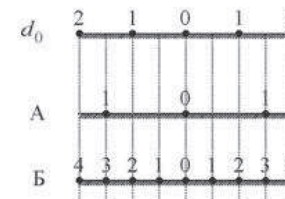
УЧАСТОК ГРАФИКА МОДУЛЬ ЭДС САМОИНДУКЦИИ

- А) АБ
 - Б) БВ
- 1) 0,625 мВ
 - 2) 0,027 В
 - 3) 0,4 мВ
 - 4) 0,1 мВ
 - 5) 0 В

Ответ:

А	Б

В4 На дифракционную решётку с периодом d_0 нормально падает монохроматический пучок света, а за решёткой расположен объектив, в фокальной плоскости которого наблюдаются дифракционные максимумы (см. рисунок). Точками показаны дифракционные максимумы, а цифрами обозначены их номера. Углы дифракции малы.



Эту дифракционную решётку поочерёдно заменяют другими дифракционными решётками – А, Б и В. Установите соответствие между схемами дифракционных максимумов и периодами используемых дифракционных решёток.

СХЕМА ДИФРАКЦИОННЫХ МАКСИМУМОВ

ПЕРИОД ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ

- А) А
- Б) Б

- 1) $4d_0$
- 2) $\frac{d_0}{4}$
- 3) $2d_0$
- 4) $\frac{2d_0}{3}$
- 5) $\frac{2d_0}{5}$

Ответ:

А	Б

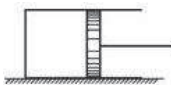
Часть 3

Задания части 3 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 Груз начинает свободно падать с некоторой высоты без начальной скорости. Пролетев 40 м, груз приобрёл скорость 20 м/с. На этом участке пути отношение изменения потенциальной энергии груза к работе силы сопротивления воздуха равно

- 1) 1 2) 2 3) –2 4) 4

A23 Поршень может свободно без трения перемещаться вдоль стенок горизонтального цилиндрического сосуда. В объёме, ограниченном дном сосуда и поршнем, находится воздух (см. рисунок). Площадь поперечного сечения сосуда равна



20 см², расстояние от дна сосуда до поршня равно 25 см, атмосферное давление 100 кПа, давление воздуха в сосуде равно атмосферному. Поршень медленно перемещают на 5 см влево, при этом температура воздуха не меняется. Какую силу требуется приложить, чтобы удержать поршень в таком положении?

- 1) 41,7 Н 2) 50,0 Н 3) 208,3 Н 4) 312,5 Н

A24 Две тонкие вертикальные металлические пластины расположены параллельно друг другу, расстояние между ними равно 2 см. Площадь поперечного сечения каждой из пластин равна 15 000 см². Левая пластина имеет заряд $q = 5$ пКл, заряд второй пластины $-q$. Модуль напряжённости электрического поля между пластинами на расстоянии 0,5 см от левой пластины равен

- 1) 0 В/м 2) $\approx 0,19$ В/м 3) $\approx 0,75$ В/м 4) $\approx 0,38$ В/м

A25 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 6 мТл. Период обращения электрона равен

- 1) $\approx 6,0 \cdot 10^{-6}$ с 2) $\approx 6,7 \cdot 10^6$ с
3) $\approx 1,7 \cdot 10^5$ с 4) $\approx 5,9 \cdot 10^{-5}$ с

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

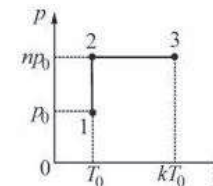
Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему у басовых труб органа длины большие, а у труб с высокими тонами – маленькие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

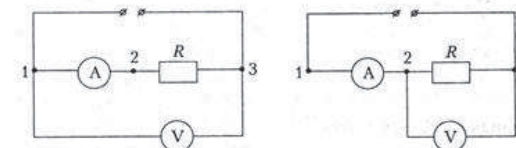
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, а масса Венеры составляет 0,82 от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Венеры, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

C3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 300$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 2$.



C4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,9$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 20$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 19$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



C5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 60$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 3$ раза.

C6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами. Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$, где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж \cdot с – постоянная Планка. Для того, чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $\lambda \approx l$, если концентрация его молекул равна $n = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³?
Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Тренировочная работа № 4**по ФИЗИКЕ****30 апреля 2013 года****11 класс****Вариант ФИ1602****Район.****Город (населённый пункт)****Школа.****Класс.****Фамилия****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

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

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

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

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

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

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

Желаем успеха!

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

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

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

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: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

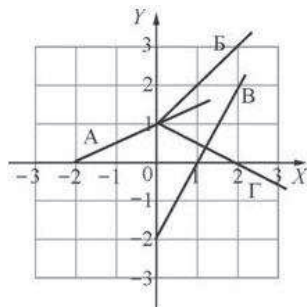
Молярная масса

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

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 По плоскости XU движутся четыре точечных тела – А, Б, В и Г, траектории которых изображены на рисунке. Зависимости координат одного из этих тел от времени имеют вид: $x = 2t$ и $y = 1 + t$. Это тело обозначено буквой

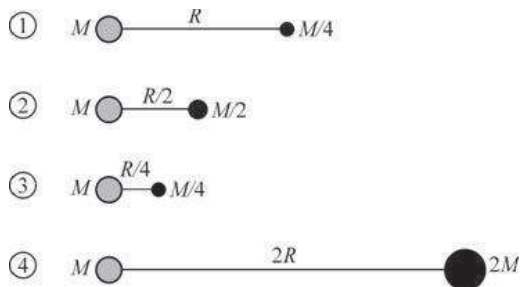


- 1) А 2) Б 3) В 4) Г

A2 Модуль скорости равномерного вращения спутника вокруг планеты по орбите радиусом r

- 1) прямо пропорционален корню квадратному из массы планеты
- 2) обратно пропорционален массе планеты
- 3) прямо пропорционален квадрату массы планеты
- 4) не зависит от массы планеты

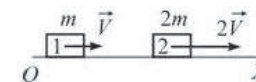
A3 На рисунке изображены четыре пары сферически симметричных точечных тел, расположенных относительно друг друга на разных расстояниях между центрами этих тел.



Считая, что сила взаимодействия двух тел одинаковых масс M , находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F_0 , определите, для какой пары тел сила гравитационного взаимодействия равна $\frac{F_0}{4}$.

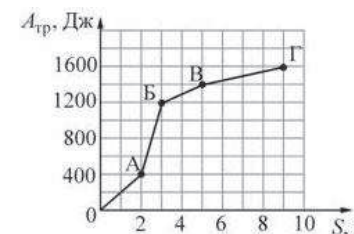
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Два бруска массой m и $2m$ равномерно движутся вдоль прямой OX (см. рисунок). В системе отсчёта, связанной с бруском 2, модуль импульса первого бруска равен



- 1) mV 2) $2mV$ 3) $3mV$ 4) $4mV$

A5 Сани равномерно перемещают по горизонтальной плоскости с переменным коэффициентом трения. На рисунке изображён график зависимости модуля работы силы трения $A_{тр}$ от пройденного пути S . Отношение максимального коэффициента трения к минимальному на пройденном пути равно



- 1) 4 2) 8 3) 16 4) 20

A6 Однородная сплошная балка массой M уравновешена на остroконечной опоре. Опору передвигают вправо на $\frac{1}{4}$ длины балки (см. рисунок).



Какую силу F требуется приложить к концу A балки для сохранения равновесия?

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

A7 Дима и Лена схематически изобразили на доске движение броуновской частицы.

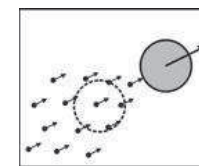


рисунок Димы

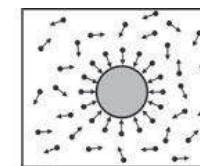
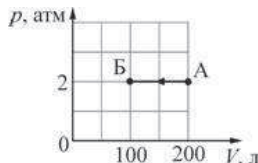


рисунок Лены

Отвечающим модели броуновского движения можно признать рисунок, сделанный

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

A8 На рисунке изображён процесс перехода идеального газа из состояния А в состояние Б.



В состоянии Б абсолютная температура этого газа

- 1) в 2 раза больше, чем в состоянии А
- 2) в 2 раза меньше, чем в состоянии А
- 3) в 4 раза больше, чем в состоянии А
- 4) равна температуре газа в состоянии А

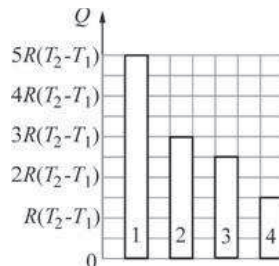
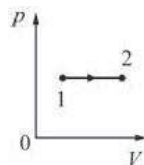
A9 В таблице указана плотность газов при нормальном атмосферном давлении.

Газ	Плотность газа, кг/м ³
азот	1,25
водород	0,09
ксенон	5,9
хлор	3,2

При этом наибольшую среднеквадратичную скорость имеют молекулы

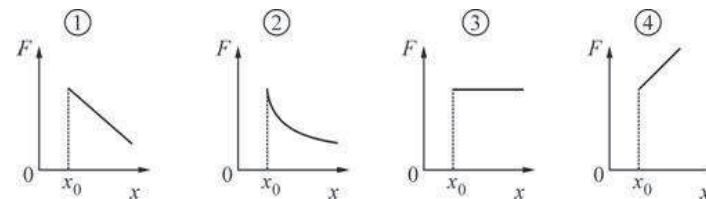
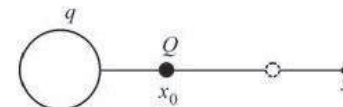
- 1) азота
- 2) водорода
- 3) ксенона
- 4) хлора

A10 Два моля одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой T_2 (см. рисунок). Количество теплоты, которое в этом процессе сообщено газу, соответствует столбцу на гистограмме, обозначенному цифрой



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

A11 Точечный положительный заряд Q находится на расстоянии x_0 от центра непроводящего шара, равномерно по поверхности заряженного зарядом q (см. рисунок). Заряд Q начинают перемещать вдоль радиуса шара, удаляя от него. На каком из приведённых ниже графиков правильно изображена зависимость силы F кулоновского взаимодействия заряда Q с шаром от расстояния x между зарядом и центром шара?

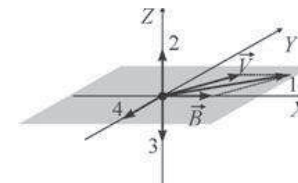


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Идеальный амперметр и три резистора сопротивлением $R = 11$ Ом, $2R$ и $3R$ включены последовательно в электрическую цепь, содержащую источник с ЭДС, равной 5 В, и внутренним сопротивлением $r = 4$ Ом. Показания амперметра равны

- 1) 50 А
- 2) 2 А
- 3) 0,5 А
- 4) $\approx 0,07$ А

A13 Электрон, двигаясь со скоростью \vec{v} , лежащей в горизонтальной плоскости XU (на рисунке эта плоскость показана тонировкой), влетает в область однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} , направленной вдоль оси X . Правильное направление силы Лоренца, действующей на электрон, изображено вектором под номером

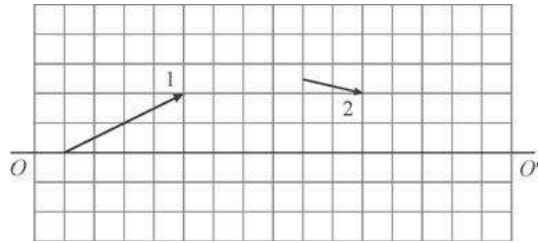


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A14 Имеются две заряженные частицы: первая находится в состоянии покоя, вторая движется с постоянной скоростью. Электромагнитные волны

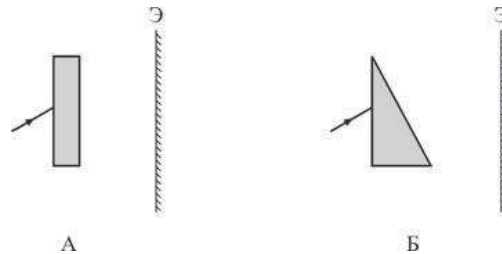
- 1) излучает только первая частица
- 2) излучает только вторая частица
- 3) излучает и первая, и вторая частица
- 4) не излучает ни первая, ни вторая частица

A15 На рисунке изображены оптическая ось OO' тонкой собирающей линзы, луч света 1, падающий на эту линзу, и луч света 2, прошедший через эту линзу. На рисунке размер одной клеточки соответствует 1 см. Оптическая сила линзы приблизительно равна



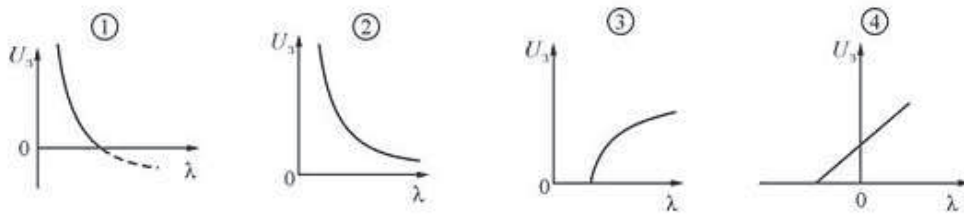
- 1) 5 дптр 2) 10 дптр 3) 25 дптр 4) 50 дптр

A16 На плоскопараллельную стеклянную пластинку и стеклянную призму падает луч белого света (см. рисунок). Дисперсия света в виде радужных полос на экране



- 1) будет наблюдаться только в случае А
 2) будет наблюдаться только в случае Б
 3) будет наблюдаться и в случае А, и в случае Б
 4) не будет наблюдаться ни в случае А, ни в случае Б

A17 При экспериментальном изучении фотоэффекта получена зависимость запирающего напряжения U_3 от длины волны λ света, падающего на металлическую пластинку. На каком рисунке правильно изображена эта зависимость?

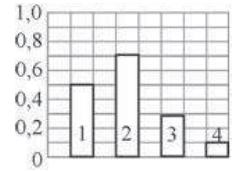


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A18 Отношение массового числа к числу нейтронов равно $\approx 1,94$ в ядре

- 1) $^{30}_{14}\text{Si}$ 2) $^{144}_{55}\text{Cs}$ 3) $^{226}_{88}\text{Ra}$ 4) $^{35}_{17}\text{Cl}$

A19 Доля атомов радиоактивного изотопа, распавшихся за прошедший интервал времени, равного половине периода полураспада, обозначена на гистограмме цифрой



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

A20 Показания сухого и влажного термометров, установленных в некотором помещении, соответственно равны 23°C и 17°C . Используя данные таблиц, определите абсолютную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры. В первой таблице приведена относительная влажность, выраженная в %.

Температура сухого термометра, $^\circ\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометров, $^\circ\text{C}$			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Температура, $^\circ\text{C}$	Плотность насыщенных паров воды ρ , г/м^3
15	12,8
16	13,6
17	14,5
18	15,4
19	16,3
20	17,3
21	18,3
22	19,4
23	20,6
24	21,8
25	23,0

- 1) $20,6 \text{ г/м}^3$ 2) $14,5 \text{ г/м}^3$ 3) $11,3 \text{ г/м}^3$ 4) $8,0 \text{ г/м}^3$

A21 К источнику тока подключены реостат, амперметр и вольтметр (рисунок 1). При изменении положения ползунка реостата в результате наблюдения за приборами были получены зависимости, изображённые на рисунках 2 и 3 (R – сопротивление включённой в цепь части реостата).

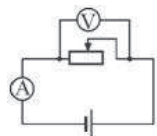


рис. 1

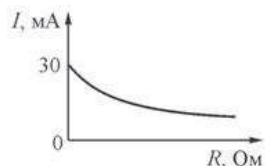


рис. 2

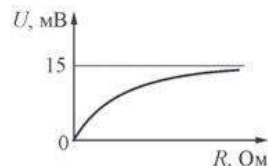


рис. 3

Выберите верное(-ые) утверждение(-я), если таковое(-ые) имеется(-ются).

А. Внутреннее сопротивление источника тока равно 2 Ом.

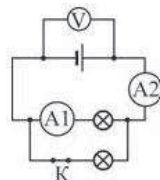
Б. ЭДС источника тока равна 15 мВ.

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

Часть 2

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

В1 Электрическая цепь состоит из источника ЭДС с некоторым внутренним сопротивлением, двух одинаковых лампочек, ключа, вольтметра и двух амперметров (см. рисунок). Измерительные приборы можно считать идеальными. Как изменятся показания приборов, если разомкнуть ключ? 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.

ПОКАЗАНИЕ ПРИБОРА ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ

- А) показание вольтметра 1) увеличится
Б) показание амперметра А1 2) уменьшится
В) показание амперметра А2 3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В2 Один моль одноатомного идеального газа совершает циклический процесс, изображённый на рисунке 1. Как изменятся следующие физические величины, если заменить исходный циклический процесс на процесс, изображённый на рисунке 2: количество теплоты, полученное газом от нагревателя; работа газа за один цикл; КПД цикла?

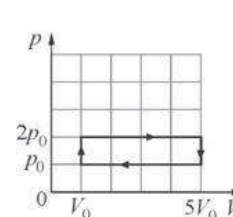


рис. 1

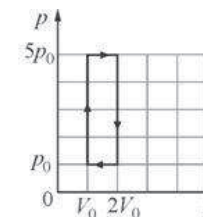


рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

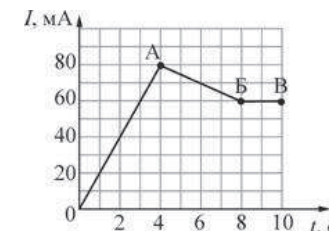
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|--|-----------------|
| А) количество теплоты, полученное газом от нагревателя | 1) увеличится |
| Б) работа газа за один цикл | 2) уменьшится |
| В) КПД цикла | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В3 На рисунке представлен график зависимости силы тока I в катушке индуктивностью 10 мГн от времени t .



Установите соответствие между участками графика и значениями модуля ЭДС самоиндукции.

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

УЧАСТОК ГРАФИКА **МОДУЛЬ ЭДС САМОИНДУКЦИИ**

- | | |
|-------|-------------|
| А) АБ | 1) 0 В |
| Б) БВ | 2) 0,0075 В |
| | 3) 0,05 мВ |
| | 4) 0,0025 В |
| | 5) 0,2 мВ |

Ответ:

А	Б

В4 На дифракционную решётку с периодом d_0 нормально падает монохроматический пучок света, а за решёткой расположен объектив, в фокальной плоскости которого наблюдаются дифракционные максимумы (см. рисунок). Точками показаны дифракционные максимумы, а цифрами обозначены их номера. Углы дифракции малы. Эту дифракционную решётку поочерёдно заменяют другими дифракционными решётками – А, Б и В. Установите соответствие между схемами дифракционных максимумов и периодами используемых дифракционных решёток.

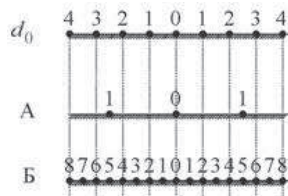


СХЕМА ДИФРАКЦИОННЫХ МАКСИМУМОВ **ПЕРИОД ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ**

- | | |
|------|---------------------|
| А) А | 1) $4d_0$ |
| Б) Б | 2) $\frac{d_0}{4}$ |
| | 3) $2d_0$ |
| | 4) $\frac{2d_0}{3}$ |
| | 5) $\frac{2d_0}{5}$ |

Ответ:

А	Б

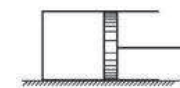
Часть 3

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

А22 Груз начинает свободно падать с некоторой высоты без начальной скорости. Пролетев 40 м, груз приобрёл скорость 20 м/с. На этом участке пути отношение изменения кинетической энергии груза к работе силы сопротивления воздуха равно

- 1) 1 2) –1 3) 2 4) 4

А23 Поршень может свободно без трения перемещаться вдоль стенок горизонтального цилиндрического сосуда. В объёме, ограниченном дном сосуда и поршнем, находится воздух (см. рисунок). Площадь поперечного сечения сосуда равна 25 см^2 , расстояние от дна сосуда до поршня равно 20 см, атмосферное давление 100 кПа, давление воздуха в сосуде равно атмосферному. Поршень медленно перемещают на 5 см вправо, при этом температура воздуха не меняется. Какую силу требуется приложить, чтобы удержать поршень в таком положении?



- 1) 50 Н 2) 83,3 Н 3) 200 Н 4) 333,3 Н

А24 Две тонкие вертикальные металлические пластины расположены параллельно друг другу, расстояние между ними равно 2 см. Площадь поперечного сечения каждой из пластин равна $15\,000 \text{ см}^2$. Левая пластина имеет заряд $q = 5 \text{ пКл}$, заряд второй пластины $-q$. Модуль напряжённости электрического поля между пластинами на расстоянии 0,5 см от правой пластины равен

- 1) 0 В/м 2) $\approx 0,19 \text{ В/м}$ 3) $\approx 0,75 \text{ В/м}$ 4) $\approx 0,38 \text{ В/м}$

А25 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 6 мкТл. Угловая скорость вращения электрона равна

- 1) $\approx 1,1 \text{ рад/с}$ 2) $3,7 \cdot 10^5 \text{ рад/с}$
 3) $\approx 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ рад/с}$ 4) $\approx 1,05 \cdot 10^6 \text{ рад/с}$

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

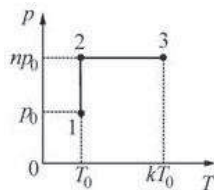
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему длины органичных труб разные: у труб с высокими тонами – маленькие, а у басовых труб – большие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

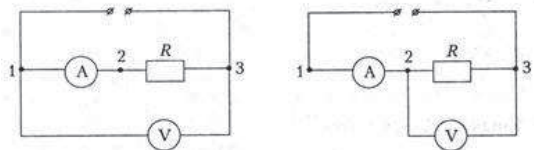
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

С2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Луна совершает примерно за 28 земных суток, а масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Луны, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 280$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 4$.



С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,95$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 12$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 11,9$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



С5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 48$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 2$ раза.

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами. Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$, где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $l \approx 5\lambda$, если концентрация его молекул равна $n = 1,3 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Тренировочная работа № 4**по ФИЗИКЕ****30 апреля 2013 года****11 класс****Вариант ФИ1603****Район.****Город (населённый пункт)****Школа.****Класс.****Фамилия****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

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

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

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

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

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

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

Желаем успеха!

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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
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

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

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

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: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

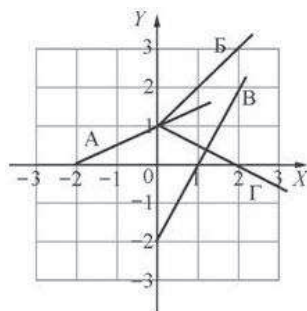
Молярная масса

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

Часть 1

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

A1 По плоскости XU движутся четыре точечных тела – А, Б, В и Г, траектории которых изображены на рисунке. Зависимости координат одного из этих тел от времени имеют вид $x = 1 + t$ и $y = 2t$. Это тело обозначено буквой

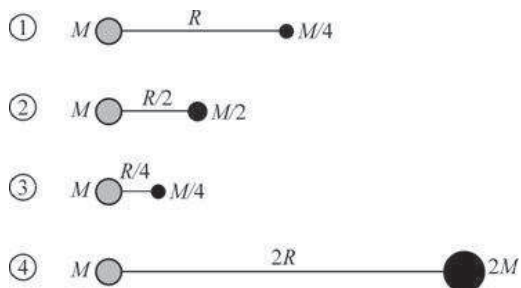


- 1) А 2) Б 3) В 4) Г

A2 Модуль скорости равномерного вращения спутника вокруг планеты по орбите радиусом r

- 1) прямо пропорционален корню квадратному из массы планеты
- 2) обратно пропорционален массе планеты
- 3) прямо пропорционален квадрату массы планеты
- 4) не зависит от массы планеты

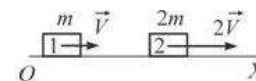
A3 На рисунке изображены четыре пары сферически симметричных точечных тел, расположенных относительно друг друга на разных расстояниях между центрами этих тел.



Считая, что сила взаимодействия двух тел одинаковых масс M , находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F_0 , определите, для какой пары тел сила гравитационного взаимодействия равна $4F_0$.

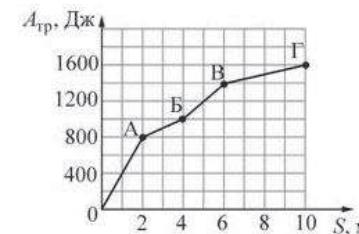
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Два бруска массой m и $2m$ равномерно движутся вдоль прямой OX (см. рисунок). В системе отсчёта, связанной с бруском 1, модуль импульса второго бруска равен



- 1) $6mV$ 2) $4mV$ 3) $3mV$ 4) $2mV$

A5 Сани равномерно перемещают по горизонтальной плоскости с переменным коэффициентом трения. На рисунке изображён график зависимости модуля работы силы трения $A_{тр}$ от пройденного пути S . Отношение максимального коэффициента трения к минимальному на пройденном пути равно



- 1) 2 2) 4 3) 6 4) 8

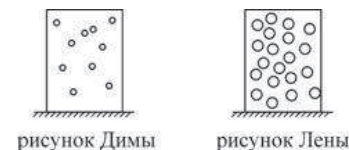
A6 Однородная сплошная балка массой M уравновешена на остроконечной опоре. Опору передвигают вправо на $\frac{1}{4}$ длины балки (см. рисунок).



Какую силу F требуется приложить к концу B балки для сохранения равновесия?

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

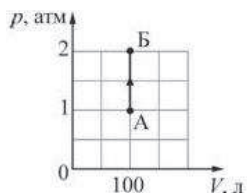
A7 Дима и Лена схематически изобразили на доске сосуд, в котором находится идеальный газ.



Отвечающим модели идеального газа можно признать рисунок, сделанный

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

A8 На рисунке изображён процесс перехода идеального газа из состояния А в состояние Б.



В состоянии Б абсолютная температура этого газа

- 1) в 2 раза больше, чем в состоянии А
- 2) в 2 раза меньше, чем в состоянии А
- 3) в 4 раза больше, чем в состоянии А
- 4) равна температуре газа в состоянии А

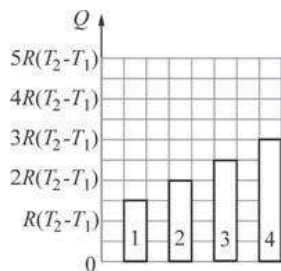
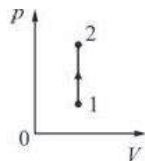
A9 В таблице указана плотность газов при нормальном атмосферном давлении.

Газ	Плотность газа, кг/м ³
азот	1,25
водород	0,09
ксенон	5,9
хлор	3,2

При этом наибольшую среднеквадратичную скорость имеют молекулы

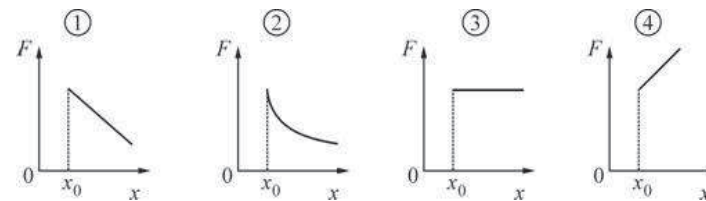
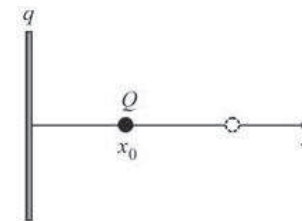
- 1) азота
- 2) водорода
- 3) ксенона
- 4) хлора

A10 Два моля одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой T_2 (см. рисунок). Количество теплоты, которое в этом процессе сообщено газу, соответствует столбцу на гистограмме, обозначенному цифрой



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

A11 Точечный положительный заряд Q находится на небольшом расстоянии x_0 от протяжённой непроводящей заряженной пластины, равномерно заряженной зарядом q (см. рисунок). Заряд Q начинают перемещать перпендикулярно пластине, удаляя от неё. На каком из приведённых ниже графиков правильно изображена зависимость силы F кулоновского взаимодействия заряда Q с пластиной от расстояния x между зарядом и пластиной?

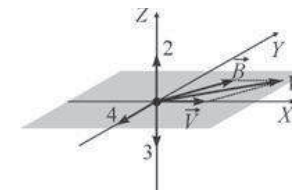


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Идеальный амперметр и три резистора сопротивлением $R = 2$ Ом, $2R$ и $3R$ включены последовательно в электрическую цепь, содержащую источник с ЭДС, равной 5 В, и внутренним сопротивлением $r = 8$ Ом. Показания амперметра равны

- 1) 100 А
- 2) 4 А
- 3) $\approx 0,56$ А
- 4) 0,25 А

A13 Электрон, двигаясь со скоростью \vec{v} , направленной вдоль оси X , влетает в область однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} , лежащей в горизонтальной плоскости XY (на рисунке эта плоскость показана тонировкой). Правильное направление силы Лоренца, действующей на электрон, изображено вектором под номером

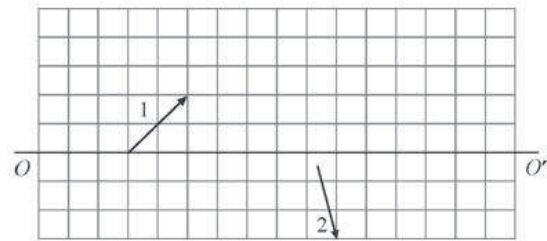


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A14 Имеются две заряженные частицы: первая движется с ускорением, вторая – с постоянной скоростью. Электромагнитные волны

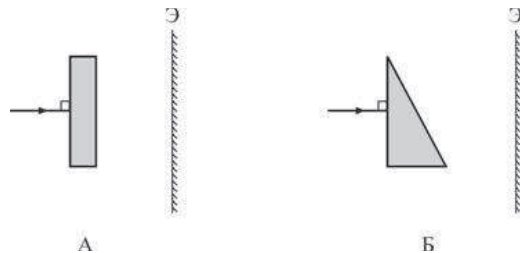
- 1) излучает только первая частица
- 2) излучает только вторая частица
- 3) излучает и первая, и вторая частица
- 4) не излучает ни первая, ни вторая частица

A15 На рисунке изображены оптическая ось OO' тонкой собирающей линзы, луч света 1, падающий на эту линзу, и луч света 2, прошедший через эту линзу. На рисунке размер одной клеточки соответствует 1 см. Фокусное расстояние линзы приблизительно равно



- 1) 0,01 м
- 2) 0,02 м
- 3) 0,04 м
- 4) 0,05 м

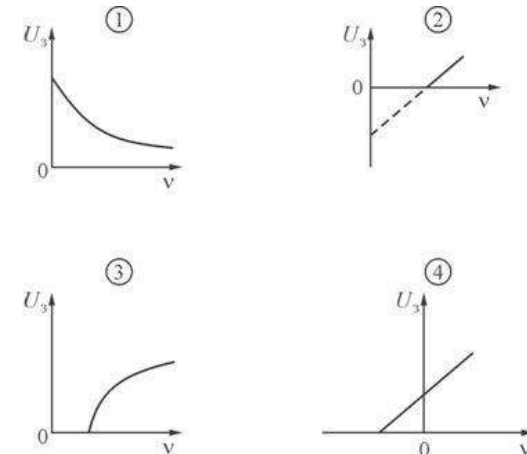
A16 На плоскопараллельную стеклянную пластинку и стеклянную призму падает луч белого света (см. рисунок).



Дисперсия света в виде радужных полос на экране

- 1) будет наблюдаться только в случае А
- 2) будет наблюдаться только в случае Б
- 3) будет наблюдаться и в случае А, и в случае Б
- 4) не будет наблюдаться ни в случае А, ни в случае Б

A17 При экспериментальном изучении фотоэффекта получена зависимость запирающего напряжения U_3 от частоты ν света, падающего на металлическую пластинку. На каком рисунке правильно изображена эта зависимость?

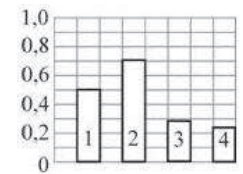


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A18 Отношение массового числа к числу нейтронов равно $\approx 2,11$ в ядре

- 1) ${}^7_4\text{Be}$
- 2) ${}^{20}_{12}\text{Mg}$
- 3) ${}^{19}_{10}\text{Ne}$
- 4) ${}^{35}_{17}\text{Cl}$

A19 Доля атомов радиоактивного изотопа, не распавшихся по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада, обозначена на гистограмме цифрой



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

A20 Показания сухого и влажного термометров, установленных в некотором помещении, соответственно равны 23 °С и 17 °С. Используя данные таблиц, определите абсолютную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры. В первой таблице приведена относительная влажность, выраженная в %.

Температура сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Температура, °С	Плотность насыщенных паров воды ρ , г/м ³
15	12,8
16	13,6
17	14,5
18	15,4
19	16,3
20	17,3
21	18,3
22	19,4
23	20,6
24	21,8
25	23,0

- 1) 20,6 г/м³ 2) 14,5 г/м³ 3) 11,3 г/м³ 4) 8,0 г/м³

A21 К источнику тока подключены реостат, амперметр и вольтметр (рисунок 1). При изменении положения ползунка реостата в результате наблюдения за приборами были получены зависимости, изображённые на рисунках 2 и 3 (R – сопротивление включённой в цепь части реостата).

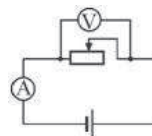


рис. 1

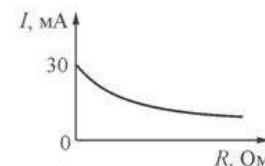


рис. 2

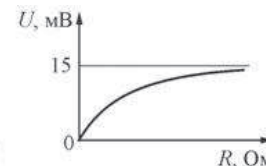


рис. 3

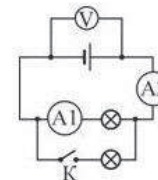
Выберите верное(-ые) утверждение(-я), если таковое(-ые) имеется(-ются).
 А. Внутреннее сопротивление источника тока равно 2 Ом.
 Б. ЭДС источника тока равна 15 мВ.

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

Часть 2

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

В1 Электрическая цепь состоит из источника ЭДС с некоторым внутренним сопротивлением, двух одинаковых лампочек, ключа, вольтметра и двух амперметров (см. рисунок). Измерительные приборы можно считать идеальными. Как изменятся показания приборов, если замкнуть ключ? 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.

ПОКАЗАНИЕ ПРИБОРА ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ

- А) показание вольтметра 1) увеличится
 Б) показание амперметра А1 2) уменьшится
 В) показание амперметра А2 3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В2 Один моль одноатомного идеального газа совершает циклический процесс, изображённый на рисунке 1. Как изменятся следующие физические величины, если заменить исходный циклический процесс на процесс, изображённый на рисунке 2: количество теплоты, полученное газом от нагревателя; работа газа за один цикл; КПД цикла?

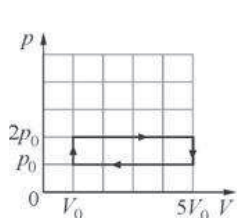


рис. 1

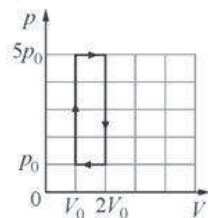


рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

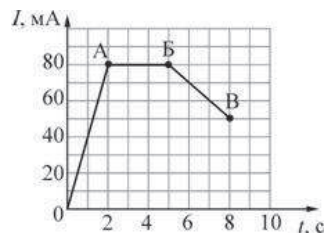
- А) количество теплоты, полученное газом от нагревателя
- Б) работа газа за один цикл
- В) КПД цикла

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

Ответ:

А	Б	В

В3 На рисунке представлен график зависимости силы тока I в катушке индуктивностью 10 мГн от времени t .



Установите соответствие между участками графика и значениями модуля ЭДС самоиндукции.

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

УЧАСТОК ГРАФИКА МОДУЛЬ ЭДС САМОИНДУКЦИИ

- А) АБ
 - Б) БВ
- 1) 0,625 мВ
 - 2) 0,027 В
 - 3) 0,4 мВ
 - 4) 0,1 мВ
 - 5) 0 В

Ответ:

А	Б

В4 На дифракционную решётку с периодом d_0 нормально падает монохроматический пучок света, а за решёткой расположен объектив, в фокальной плоскости которого наблюдаются дифракционные максимумы (см. рисунок). Точками показаны дифракционные максимумы, а цифрами обозначены их номера. Углы дифракции малы. Эту дифракционную решётку поочерёдно заменяют другими дифракционными решётками – А, Б и В. Установите соответствие между схемами дифракционных максимумов и периодами используемых дифракционных решёток.

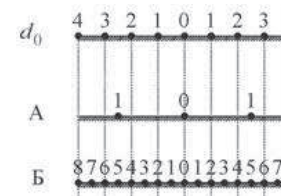


СХЕМА ДИФРАКЦИОННЫХ МАКСИМУМОВ

ПЕРИОД ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ

- А) А
 - Б) Б
- 1) $4d_0$
 - 2) $\frac{d_0}{4}$
 - 3) $2d_0$
 - 4) $\frac{2d_0}{3}$
 - 5) $\frac{2d_0}{5}$

Ответ:

А	Б

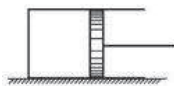
Часть 3

Задания части 3 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 «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A22 Груз начинает свободно падать с некоторой высоты без начальной скорости. Пролетев 40 м, груз приобрёл скорость 20 м/с. На этом участке пути отношение изменения потенциальной энергии груза к работе силы сопротивления воздуха равно

- 1) 1 2) 2 3) –2 4) 4

A23 Поршень может свободно без трения перемещаться вдоль стенок горизонтального цилиндрического сосуда. В объёме, ограниченном дном сосуда и поршнем, находится воздух (см. рисунок). Площадь поперечного сечения сосуда равна 25 см², расстояние от дна сосуда до поршня равно 20 см, атмосферное давление 100 кПа, давление воздуха в сосуде равно атмосферному. Поршень медленно перемещают на 5 см вправо, при этом температура воздуха не меняется. Какую силу требуется приложить, чтобы удержать поршень в таком положении?



- 1) 50 Н 2) 83,3 Н 3) 200 Н 4) 333,3 Н

A24 Две тонкие вертикальные металлические пластины расположены параллельно друг другу, расстояние между ними равно 2 см. Площадь поперечного сечения каждой из пластин равна 15 000 см². Левая пластина имеет заряд $q = 5$ пКл, заряд второй пластины $-q$. Модуль напряжённости электрического поля между пластинами на расстоянии 0,5 см от левой пластины равен

- 1) 0 В/м 2) $\approx 0,19$ В/м 3) $\approx 0,75$ В/м 4) $\approx 0,38$ В/м

A25 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 6 мТл. Период обращения электрона равен

- 1) $\approx 6,0 \cdot 10^{-6}$ с 2) $\approx 6,7 \cdot 10^6$ с
3) $\approx 1,7 \cdot 10^5$ с 4) $\approx 5,9 \cdot 10^{-5}$ с

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

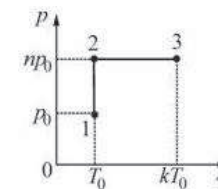
Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему длины органных труб разные: у труб с высокими тонами – маленькие, а у басовых труб – большие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

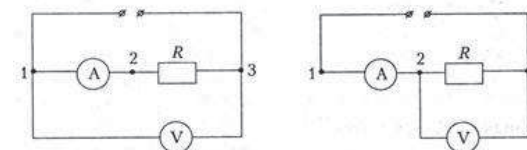
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Луна совершает примерно за 28 земных суток, а масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Луны, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

C3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 300$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 2$.



C4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,95$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 12$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 11,9$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



C5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 60$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 3$ раза.

C6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами. Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$, где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж \cdot с – постоянная Планка. Для того, чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $l \approx 5\lambda$ если концентрация его молекул равна $n = 1,3 \cdot 10^{25}$ м $^{-3}$?
Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Тренировочная работа № 4**по ФИЗИКЕ****30 апреля 2013 года****11 класс****Вариант ФИ1604****Район.****Город (населённый пункт)****Школа.****Класс.****Фамилия****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

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

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

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

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

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

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

Желаем успеха!

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

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

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

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: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

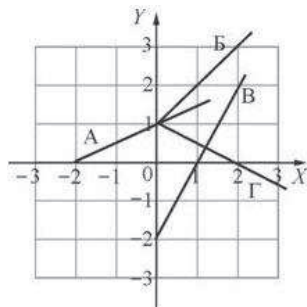
Молярная масса

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

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 По плоскости XOY движутся четыре точечных тела – А, Б, В и Г, траектории которых изображены на рисунке. Зависимости координат одного из этих тел от времени имеют вид: $x = 2t$ и $y = 1 + t$. Это тело обозначено буквой

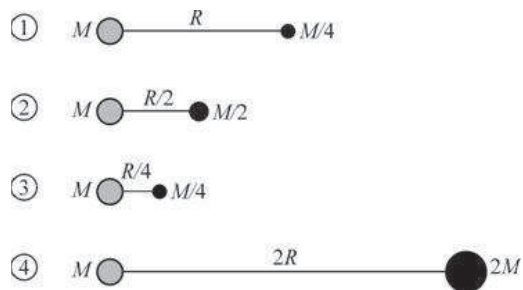


- 1) А 2) Б 3) В 4) Г

A2 Модуль скорости равномерного вращения спутника вокруг планеты по орбите радиусом r

- 1) прямо пропорционален массе спутника
- 2) обратно пропорционален массе спутника
- 3) прямо пропорционален квадрату массы спутника
- 4) не зависит от массы спутника

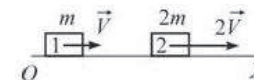
A3 На рисунке изображены четыре пары сферически симметричных точечных тел, расположенных относительно друг друга на разных расстояниях между центрами этих тел.



Считая, что сила взаимодействия двух тел одинаковых масс M , находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F_0 , определите, для какой пары тел сила гравитационного взаимодействия равна $\frac{F_0}{4}$.

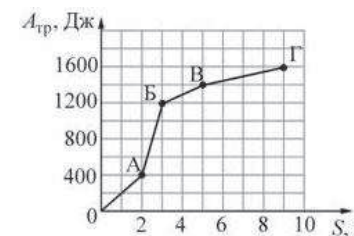
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Два бруска массой m и $2m$ равномерно движутся вдоль прямой OX (см. рисунок). В системе отсчёта, связанной с бруском 2, модуль импульса первого бруска равен



- 1) mV 2) $2mV$ 3) $3mV$ 4) $4mV$

A5 Сани равномерно перемещают по горизонтальной плоскости с переменным коэффициентом трения. На рисунке изображён график зависимости модуля работы силы трения $A_{тр}$ от пройденного пути S . Отношение максимального коэффициента трения к минимальному на пройденном пути равно



- 1) 4 2) 8 3) 16 4) 20

A6 Однородная сплошная балка массой M уравновешена на остroконечной опоре. Опору передвигают вправо на $\frac{1}{4}$ длины балки (см. рисунок).



Какую силу F требуется приложить к концу A балки для сохранения равновесия?

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

A7 Дима и Лена схематически изобразили на доске движение броуновской частицы.

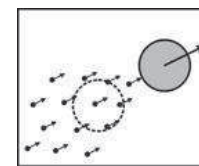


рисунок Димы

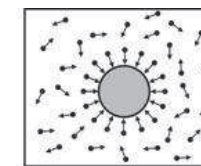
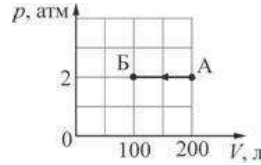


рисунок Лены

Отвечающим модели броуновского движения можно признать рисунок, сделанный
А) Димой
Б) Леной

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

A8 На рисунке изображён процесс перехода идеального газа из состояния А в состояние Б.



В состоянии Б абсолютная температура этого газа

- 1) в 2 раза больше, чем в состоянии А
- 2) в 2 раза меньше, чем в состоянии А
- 3) в 4 раза больше, чем в состоянии А
- 4) равна температуре газа в состоянии А

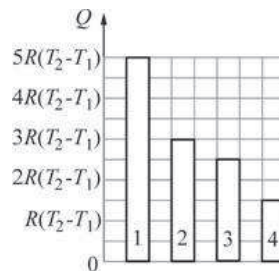
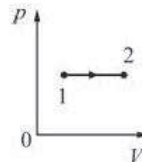
A9 В таблице указана плотность газов при нормальном атмосферном давлении.

Газ	Плотность газа, кг/м ³
азот	1,25
водород	0,09
ксенон	5,9
хлор	3,2

При этом наименьшую среднеквадратичную скорость имеют молекулы

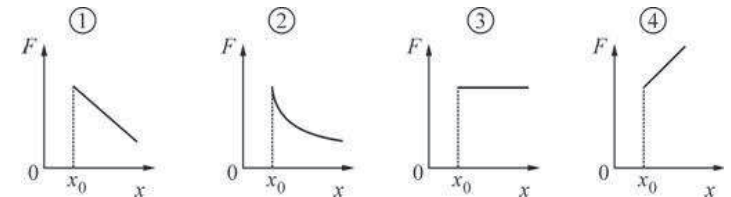
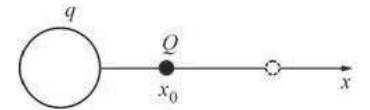
- 1) азота
- 2) водорода
- 3) ксенона
- 4) хлора

A10 Два моля одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой T_2 (см. рисунок). Количество теплоты, которое в этом процессе сообщено газу, соответствует столбцу на гистограмме, обозначенному цифрой



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

A11 Точечный положительный заряд Q находится на расстоянии x_0 от центра непроводящего шара, равномерно по поверхности заряженного зарядом q (см. рисунок). Заряд Q начинают перемещать вдоль радиуса шара, удаляя от него. На каком из приведённых ниже графиков правильно изображена зависимость силы F кулоновского взаимодействия заряда Q с шаром от расстояния x между зарядом и центром шара?

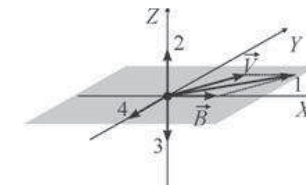


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A12 Идеальный амперметр и три резистора сопротивлением $R = 11$ Ом, $2R$ и $3R$ включены последовательно в электрическую цепь, содержащую источник с ЭДС, равной 5 В, и внутренним сопротивлением $r = 4$ Ом. Показания амперметра равны

- 1) 50 А
- 2) 2 А
- 3) 0,5 А
- 4) $\approx 0,07$ А

A13 Электрон, двигаясь со скоростью \vec{V} , лежащей в горизонтальной плоскости XU (на рисунке эта плоскость показана тонировкой), влетает в область однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} , направленной вдоль оси X . Правильное направление силы Лоренца, действующей на электрон, изображено вектором под номером

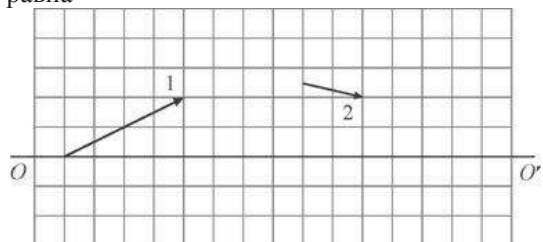


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A14 Имеются две заряженные частицы: первая находится в состоянии покоя, вторая движется с постоянной скоростью. Электромагнитные волны

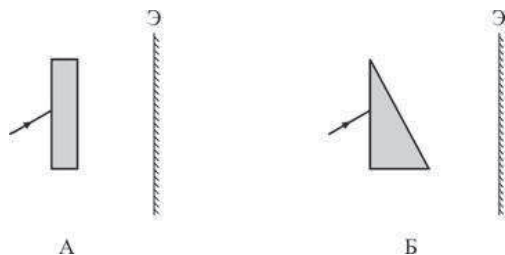
- 1) излучает только первая частица
- 2) излучает только вторая частица
- 3) излучает и первая, и вторая частица
- 4) не излучает ни первая, ни вторая частица

A15 На рисунке изображены оптическая ось OO' тонкой собирающей линзы, луч света 1, падающий на эту линзу, и луч света 2, прошедший через эту линзу. На рисунке размер одной клеточки соответствует 1 см. Оптическая сила линзы приблизительно равна



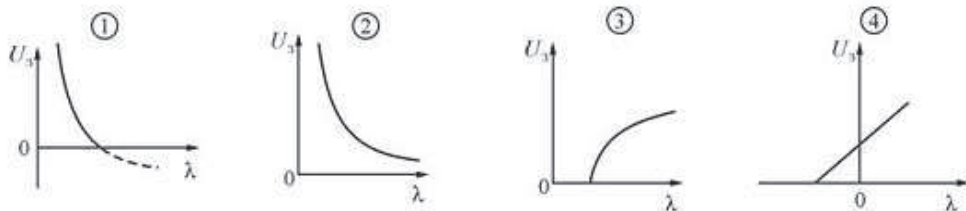
- 1) 5 дптр 2) 10 дптр 3) 25 дптр 4) 50 дптр

A16 На плоскопараллельную стеклянную пластинку и стеклянную призму падает луч белого света (см. рисунок). Дисперсия света в виде радужных полос на экране



- 1) будет наблюдаться только в случае А
 2) будет наблюдаться только в случае Б
 3) будет наблюдаться и в случае А, и в случае Б
 4) не будет наблюдаться ни в случае А, ни в случае Б

A17 При экспериментальном изучении фотоэффекта получена зависимость запирающего напряжения U_3 от длины волны λ света, падающего на металлическую пластинку. На каком рисунке правильно изображена эта зависимость?

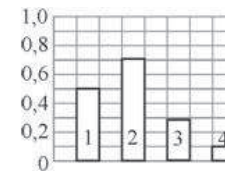


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A18 Отношение массового числа к числу нейтронов равно $\approx 1,94$ в ядре

- 1) $^{30}_{14}\text{Si}$ 2) $^{144}_{55}\text{Cs}$ 3) $^{226}_{88}\text{Ra}$ 4) $^{35}_{17}\text{Cl}$

A19 Доля атомов радиоактивного изотопа, распавшихся за прошедший интервал времени, равного половине периода полураспада, обозначена на гистограмме цифрой



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

A20 Показания сухого и влажного термометров, установленных в некотором помещении, соответственно равны 20°C и 15°C . Используя данные таблиц, определите абсолютную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры. В первой таблице приведена относительная влажность, выраженная в %.

Температура сухого термометра, $^\circ\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометров, $^\circ\text{C}$			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Температура, $^\circ\text{C}$	Плотность насыщенных паров воды ρ , г/м^3
15	12,8
16	13,6
17	14,5
18	15,4
19	16,3
20	17,3
21	18,3
22	19,4
23	20,6
24	21,8
25	23,0

- 1) $7,6 \text{ г/м}^3$ 2) $10,2 \text{ г/м}^3$ 3) $12,8 \text{ г/м}^3$ 4) $17,3 \text{ г/м}^3$

A21 К источнику тока подключены реостат, амперметр и вольтметр (рисунок 1). При изменении положения ползунка реостата в результате наблюдения за приборами были получены зависимости, изображённые на рисунках 2 и 3 (R – сопротивление включённой в цепь части реостата).

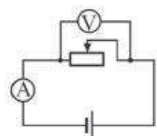


рис. 1

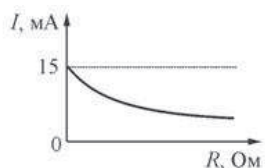


рис. 2

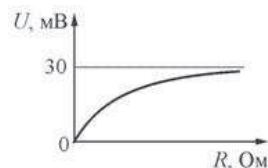


рис. 3

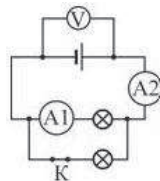
Выберите верное(-ые) утверждение(-я), если таковое(-ые) имеется(-ются).
 А. Внутреннее сопротивление источника тока равно 2 Ом.
 Б. ЭДС источника тока равна 30 мВ.

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

Часть 2

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

В1 Электрическая цепь состоит из источника ЭДС с некоторым внутренним сопротивлением, двух одинаковых лампочек, ключа, вольтметра и двух амперметров (см. рисунок). Измерительные приборы можно считать идеальными. Как изменятся показания приборов, если разомкнуть ключ? 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.

ПОКАЗАНИЕ ПРИБОРА ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ

- А) показание вольтметра 1) увеличится
 Б) показание амперметра А1 2) уменьшится
 В) показание амперметра А2 3) не изменится

Ответ:

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

В2 Один моль одноатомного идеального газа совершает циклический процесс, изображённый на рисунке 1. Как изменятся следующие физические величины, если заменить исходный циклический процесс на процесс, изображённый на рисунке 2: количество теплоты, полученное газом от нагревателя; работа газа за один цикл; КПД цикла?

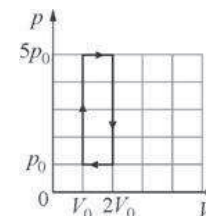


рис. 1

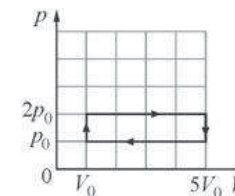


рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
 2) уменьшится
 3) не изменится

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

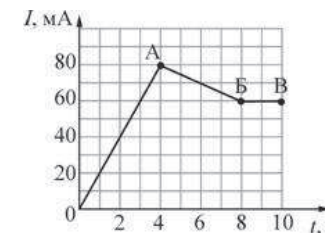
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- А) количество теплоты, полученное газом от нагревателя 1) увеличится
 Б) работа газа за один цикл 2) уменьшится
 В) КПД цикла 3) не изменится

Ответ:

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

В3 На рисунке представлен график зависимости силы тока I в катушке индуктивностью 10 мГн от времени t .



Установите соответствие между участками графика и значениями модуля ЭДС самоиндукции.

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

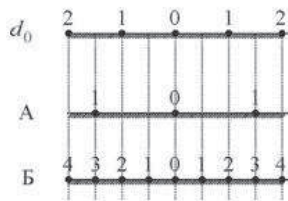
УЧАСТОК ГРАФИКА **МОДУЛЬ ЭДС САМОИНДУКЦИИ**

- | | |
|-------|-------------|
| А) АБ | 1) 0 В |
| Б) БВ | 2) 0,0075 В |
| | 3) 0,05 мВ |
| | 4) 0,0025 В |
| | 5) 0,2 мВ |

Ответ:

А	Б

В4 На дифракционную решётку с периодом d_0 нормально падает монохроматический пучок света, а за решёткой расположен объектив, в фокальной плоскости которого наблюдаются дифракционные максимумы (см. рисунок). Точками показаны дифракционные максимумы, а цифрами обозначены их номера. Углы дифракции малы.



Эту дифракционную решётку поочерёдно заменяют другими дифракционными решётками – А, Б и В. Установите соответствие между схемами дифракционных максимумов и периодами используемых дифракционных решёток.

СХЕМА ДИФРАКЦИОННЫХ МАКСИМУМОВ

- А) А
Б) Б

ПЕРИОД ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ

- 1) $4d_0$
2) $\frac{d_0}{4}$
3) $2d_0$
4) $\frac{2d_0}{3}$
5) $\frac{2d_0}{5}$

Ответ:

А	Б

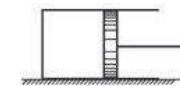
Часть 3

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

А22 Груз начинает свободно падать с некоторой высоты без начальной скорости. Пролетев 40 м, груз приобрёл скорость 20 м/с. На этом участке пути отношение изменения кинетической энергии груза к работе силы сопротивления воздуха равно

- 1) 1 2) –1 3) 2 4) 4

А23 Поршень может свободно без трения перемещаться вдоль стенок горизонтального цилиндрического сосуда. В объёме, ограниченном дном сосуда и поршнем, находится воздух (см. рисунок). Площадь поперечного сечения сосуда равна 20 см^2 , расстояние от дна сосуда до поршня равно 25 см, атмосферное давление 100 кПа, давление воздуха в сосуде равно атмосферному. Поршень медленно перемещают на 5 см влево, при этом температура воздуха не меняется. Какую силу требуется приложить, чтобы удержать поршень в таком положении?



- 1) 41,7 Н 2) 50,0 Н 3) 208,3 Н 4) 312,5 Н

А24 Две тонкие вертикальные металлические пластины расположены параллельно друг другу, расстояние между ними равно 2 см. Площадь поперечного сечения каждой из пластин равна $15\,000 \text{ см}^2$. Левая пластина имеет заряд $q = 5 \text{ пКл}$, заряд второй пластины $-q$. Модуль напряжённости электрического поля между пластинами на расстоянии 0,5 см от правой пластины равен

- 1) 0 В/м 2) $\approx 0,19 \text{ В/м}$ 3) $\approx 0,75 \text{ В/м}$ 4) $\approx 0,38 \text{ В/м}$

А25 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 6 мкТл. Угловая скорость вращения электрона равна

- 1) $\approx 1,1 \text{ рад/с}$ 2) $3,7 \cdot 10^5 \text{ рад/с}$
3) $\approx 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ рад/с}$ 4) $\approx 1,05 \cdot 10^6 \text{ рад/с}$

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

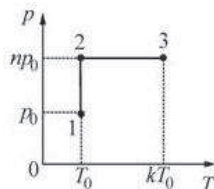
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему у басовых труб органа длины большие, а у труб с высокими тонами – маленькие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

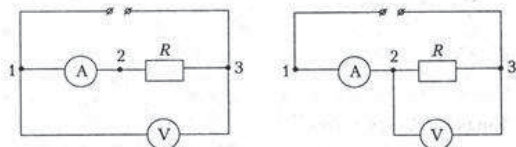
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

С2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, а масса Венеры составляет 0,82 от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Венеры, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 280$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 4$.



С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,9$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 20$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 19$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



С5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 48$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 2$ раза.

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами. Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$, где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $\lambda \approx l$, если концентрация его молекул равна $n = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	221
B2	132

№ задания	Ответ
B3	54
B4	43

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	112
B2	231

№ задания	Ответ
B3	31
B4	53

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	221
B2	231

№ задания	Ответ
B3	54
B4	53

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	112
B2	132

№ задания	Ответ
B3	31
B4	43

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему у басовых труб органа длины большие, а у труб с высокими тонами – маленькие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

Возможное решение

1. Громкий звук бывает, когда на выходе из органной трубы устанавливается пучность стоячей волны, так как вблизи пучности колебания воздуха происходят с максимальной амплитудой, а амплитуда определяет громкость звука.
2. Поскольку труба открыта с обоих концов, то пучность также должна устанавливаться и на входе трубы.
3. Поэтому для наиболее громкого звучания минимальная длина трубы должна быть равна половине длины волны – при этом посередине трубы находится узел стоячей волны, а на её концах – две пучности.
4. Звуки низкой частоты ν (басы) соответствуют большим длинам волн, а высокой частоты – маленьким длинам волн, поскольку длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu}$, а скорость звука c не зависит от его частоты.
5. Таким образом, размеры трубы пропорциональны длине волны звука: чем частота звука ниже, тем длина трубы больше, и наоборот.

Критерии оценки выполнения задания**Баллы**

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае *n. 1–5*) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – *установление стоячей волны в органной трубе, связь амплитуды колебаний воздуха с громкостью звука, а также формулы для связи длины волны и частоты звука*).

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.

1

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.

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

0

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, а масса Венеры составляет 0,82 от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Венеры, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

Возможное решение

При движении спутника по круговой орбите радиусом R вокруг планеты центростремительное ускорение обеспечивается силой гравитационного притяжения спутника к планете: $m\omega^2 R = \frac{GmM}{R^2}$, где m и M – массы спутника и планеты, G – гравитационная постоянная, а ω – угловая скорость вращения спутника вокруг планеты.

Для геостационарного спутника $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где $T = 1$ сутки.

Из записанных соотношений следует, что радиус геостационарной орбиты для Земли

равен $R_3 = \left(\frac{GM_3 T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}}$, а для Венеры

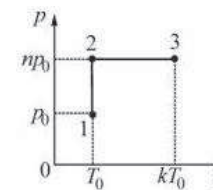
$$R_B = \left(\frac{G \cdot 0,82M_3 (243T)^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = R_3 (0,82 \cdot 243^2)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot (0,82 \cdot 243^2)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx$$

$\approx 1\,531\,000$ км.

Ответ: $R_B = R_3 (0,82 \cdot 243^2)^{\frac{1}{3}} \approx 1\,531\,000$ км.

Критерии оценки выполнения задания	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 – 2-й закон Ньютона для кругового движения спутника вокруг планеты, закон всемирного тяготения и условие постоянного нахождения спутника над одной и той же точкой планеты); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 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

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 300$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 2$.



Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для 1 моля газа в состояниях 1 и 2: $p_0 V_0 = RT_0$, $np_0 V_2 = RT_0$, где V_0 и V_2 – объём газа в состояниях 1 и 2 при одинаковой температуре T_0 . Отсюда следует, что объём газа в состоянии 2 равен $V_2 = \frac{V_0}{n} = \frac{RT_0}{np_0}$.

Процесс 2–3 – изобарический при давлении np_0 , так что работа газа на участке 2–3 равна $A = np_0(V_3 - V_2)$, причём согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $np_0 V_3 = R \cdot kT_0$, откуда $V_3 = \frac{R \cdot kT_0}{np_0}$.

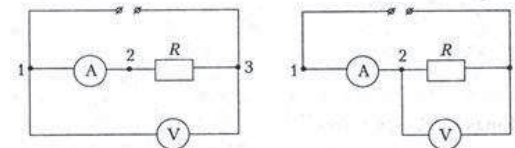
Таким образом, работа на участке 2–3 равна

$$A = np_0 \left(\frac{R \cdot kT_0}{np_0} - \frac{RT_0}{np_0} \right) = (k - 1) RT_0 = (2 - 1) \cdot 8,3 \cdot 300 = 2490 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = (k - 1) RT_0 = 2490$ Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона-Менделеева и выражение для работы газа при изобарическом процессе); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,9$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 20$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 19$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



Возможное решение

Вольтметр в первом случае показывает постоянное напряжение источника, равное $U_1 = 20$ В. Во втором случае это напряжение равно, очевидно, сумме падения напряжения на амперметре и показаний вольтметра: $U_1 = U_A + U_2$, откуда $U_A = U_1 - U_2 = 1$ В, и по закону Ома сопротивление амперметра, через который течёт ток $I_2 = 1$ А, равно $R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2} = 1$ Ом.

В первом случае по закону Ома для участка цепи, содержащего резисторы, $U_1 = I_1 (R_A + R)$, откуда $R = \frac{U_1}{I_1} - R_A = \frac{20}{0,9} - 1 \approx 21,2$ Ом.

Во втором случае ток I_2 разветвляется в точке 2 на два тока – через вольтметр и через резистор, равные в сумме току I_2 по закону сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока. Поэтому ток через вольтметр равен $I_B = I_2 - \frac{U_2}{R} \approx 0,105$ А, так что сопротивление вольтметра равно $R_B = \frac{U_2}{I_B} \approx 181,5$ Ом.

Подставляя все записанные выражения, получаем

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2 [U_1 (I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1 (U_1 - U_2) (I_2 - I_1)} = 181,45.$$

Таким образом, сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра примерно в 181,5 раз.

Ответ: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2 [U_1 (I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1 (U_1 - U_2) (I_2 - I_1)} = 181,45$, то есть примерно в 181,5 раза.

Критерии оценки выполнения задания	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 Ома для участка цепи, содержащего резисторы, и связь сил тока в разветвлённой цепи как следствие закона сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 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

- C5** Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 60$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 3$ раза.

Возможное решение
<p>Для решения задачи надо рассмотреть два случая: когда линза собирающая и когда она рассеивающая.</p> <p>В первом случае изображение предмета может быть уменьшенным, только если оно действительное (и перевёрнутое). По формуле тонкой линзы записываем: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, а для уменьшения размеров изображения по сравнению с предметом имеем: $\frac{a}{b} = n$, где b – расстояние от линзы до изображения. Отсюда $b = \frac{a}{n}$, $\frac{1}{F} = \frac{n+1}{a}$ и $F = \frac{a}{n+1} = \frac{60}{4}$ см = 15 см.</p> <p>Во втором случае изображение мнимое, прямое, и по формуле тонкой линзы $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, где b – расстояние от мнимого изображения предмета до рассеивающей линзы. При этом по-прежнему $\frac{a}{b} = n$, и получаем: $\frac{1}{F} = \frac{1-n}{a}$, $F = \frac{a}{1-n} = -\frac{60}{2}$ см = -30 см.</p> <p><i>Ответ:</i> если линза собирающая, то $F = 15$ см, а если рассеивающая, то $F = -30$ см.</p>

Критерии оценки выполнения задания	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 тонкой линзы и формула для увеличения, даваемого линзой); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами.

Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$,

где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $\lambda \approx l$, если концентрация его молекул равна $n = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Возможное решение

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа

и определению температуры, среднеквадратичная скорость молекул газа $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$,

где k – постоянная Больцмана, а соответствующая длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{3kTm}}.$$

Среднее расстояние между молекулами газа при их концентрации n равно, очевидно, $l = n^{-\frac{1}{3}}$, поэтому соотношение $l \approx \lambda$ выполняется при температуре

$$T = \frac{h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} = \frac{6,6^2 \cdot 10^{-68}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6,6 \cdot 10^{-27}} \cdot (2,7 \cdot 10^{25})^{\frac{2}{3}} \text{ К} \approx 0,14 \text{ К}.$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} \approx 0,14 \text{ К}.$$

Критерии оценки выполнения задания	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 среднеквадратичной скорости молекул газа, формула для длины волны де Бройля, а также формула для определения среднего расстояния между молекулами в газе); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;</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 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

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

С1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему длины органичных труб разные: у труб с высокими тонами – маленькие, а у басовых труб – большие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

Возможное решение

- Громкий звук бывает, когда на выходе из органной трубы устанавливается пучность стоячей волны, так как вблизи пучности колебания воздуха происходят с максимальной амплитудой, а амплитуда определяет громкость звука.
- Поскольку труба открыта с обоих концов, то пучность также должна устанавливаться и на входе трубы.
- Поэтому для наиболее громкого звучания минимальная длина трубы должна быть равна половине длины волны – при этом посередине трубы находится узел стоячей волны, а на ее концах – две пучности.
- Звуки высокой частоты ν соответствуют маленьким длинам волн, а низкой частоты – большим длинам волн, поскольку длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu}$, а скорость звука c не зависит от его частоты.
- Таким образом, размеры трубы пропорциональны длине волны звука: чем частота звука выше, тем длина трубы меньше, и наоборот.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае $n \cdot 1-5$) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>установление стоячей волны в органной трубе, связь амплитуды колебаний воздуха с громкостью звука, а также формулы для связи длины волны и частоты звука</i>).</p>	3
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержится 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.</p>	2
<p>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.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Луна совершает примерно за 28 земных суток, а масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Луны, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

Возможное решение

При движении спутника по круговой орбите радиусом R вокруг планеты центростремительное ускорение обеспечивается силой гравитационного притяжения спутника к планете: $m\omega^2 R = \frac{GmM}{R^2}$, где m и M – массы спутника и планеты, G – гравитационная постоянная, а ω – угловая скорость вращения спутника вокруг планеты.

Для геостационарного спутника $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где $T = 1$ сутки.

Из записанных соотношений следует, что радиус геостационарной орбиты для Земли

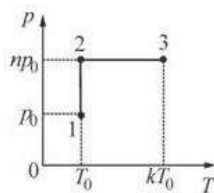
равен $R_3 = \left(\frac{GM_3}{4\pi^2} T^2\right)^{\frac{1}{3}}$, а для Луны

$$R_{Л} = \left(\frac{G \cdot M_3}{4\pi^2 \cdot 81} (28T)^2\right)^{\frac{1}{3}} = R_3 \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx 89\,500 \text{ км.}$$

$$\text{Ответ: } R_{Л} = R_3 \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx 89\,500 \text{ км.}$$

Критерии оценки выполнения задания	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 – 2-й закон Ньютона для кругового движения спутника вокруг планеты, закон всемирного тяготения и условие постоянного нахождения спутника над одной и той же точкой планеты); 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 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 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

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 280$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 4$.



Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для 1 моля газа в состояниях 1 и 2: $p_0V_0 = RT_0$, $np_0V_2 = RT_0$, где V_0 и V_2 – объём газа в состояниях 1 и 2 при одинаковой температуре T_0 . Отсюда следует, что объём газа в состоянии 2 равен $V_2 = \frac{V_0}{n} = \frac{RT_0}{np_0}$.

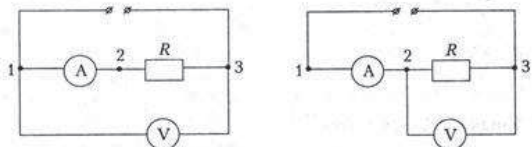
Процесс 2–3 – изобарический при давлении np_0 , так что работа газа на участке 2–3 равна $A = np_0(V_3 - V_2)$, причём согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $np_0V_3 = R \cdot kT_0$, откуда $V_3 = \frac{R \cdot kT_0}{np_0}$. Таким образом, работа на участке 2–3 равна

$$A = np_0 \left(\frac{R \cdot kT_0}{np_0} - \frac{RT_0}{np_0} \right) = (k - 1)RT_0 = (4 - 1) \cdot 8,3 \cdot 280 = 6972 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = (k - 1)RT_0 = 6972$ Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона–Менделеева и выражение для работы газа при изобарическом процессе); 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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,95$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 12$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 11,9$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



Возможное решение

Вольтметр в первом случае показывает постоянное напряжение источника, равно $U_1 = 20$ В. Во втором случае это напряжение равно, очевидно, сумме падения напряжения на амперметре и показаний вольтметра: $U_1 = U_A + U_2$, откуда $U_A = U_1 - U_2 = 0,1$ В, и по закону Ома сопротивление амперметра, через который течёт ток $I_2 = 1$ А, равно $R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2} = 0,1$ Ом.

В первом случае по закону Ома для участка цепи, содержащего резисторы,

$$U_1 = I_1(R_A + R), \text{ откуда } R = \frac{U_1}{I_1} - R_A = \frac{12}{0,95} - 0,1 \approx 12,5 \text{ Ом.}$$

Во втором случае ток I_2 разветвляется в точке 2 на два тока – через вольтметр и через резистор, равные в сумме току I_2 по закону сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока. Поэтому ток через вольтметр равен

$$I_B = I_2 - \frac{U_2}{R} \approx 0,0504 \text{ А, так что сопротивление вольтметра равно}$$

$$R_B = \frac{U_2}{I_B} \approx 236,12 \text{ Ом.}$$

Подставляя все записанные выражения, получаем после подстановки численных значений: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} \approx 2361,2$.

Таким образом, сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра примерно в 2360 раз.

Ответ: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} \approx 2360$ раз.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение <u>которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон Ома для участка цепи, содержащего резисторы, и связь сил тока в разветвлённой цепи как следствие закона сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока); 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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

C5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 48$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 2$ раза.

Возможное решение

Для решения задачи надо рассмотреть два случая: когда линза собирающая и когда она рассеивающая.

В первом случае изображение предмета может быть уменьшенным, только если оно действительное (и перевёрнутое). По формуле тонкой линзы записываем: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$,

а для уменьшения размеров изображения по сравнению с предметом имеем: $\frac{a}{b} = n$,

где b – расстояние от линзы до изображения. Отсюда $b = \frac{a}{n}$, $\frac{1}{F} = \frac{n+1}{a}$ и

$$F = \frac{a}{n+1} = \frac{48}{3} \text{ см} = 16 \text{ см}.$$

Во втором случае изображение мнимое, прямое, и по формуле тонкой линзы $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, где b – расстояние от мнимого изображения предмета до рассеивающей

линзы. При этом по-прежнему $\frac{a}{b} = n$, и получаем: $\frac{1}{F} = \frac{1-n}{a}$,

$$F = \frac{a}{1-n} = -\frac{48}{1} \text{ см} = -48 \text{ см}.$$

Ответ: если линза собирающая, то $F = 16$ см, а если рассеивающая, то $F = -48$ см.

Критерии оценки выполнения задания	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 тонкой линзы и формула для увеличения, даваемого линзой); 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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами.

Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$,

где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $l \approx 5\lambda$, если концентрация его молекул равна $n = 1,3 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Возможное решение

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа

и определению температуры, среднеквадратичная скорость молекул газа $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$,

где k – постоянная Больцмана, а соответствующая длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{3kTm}}$$

Среднее расстояние между молекулами газа при их концентрации n равно, очевидно,

$$l = n^{-\frac{1}{3}}, \text{ поэтому соотношение } l \approx 5\lambda \text{ выполняется при температуре}$$

$$T = \frac{25 \cdot h^2 \cdot n^{\frac{2}{3}}}{3km} = \frac{25 \cdot 6,6^2 \cdot 10^{-68}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6,6 \cdot 10^{-27}} \cdot (1,3 \cdot 10^{25})^{\frac{2}{3}} \text{ К} \approx 2,15 \text{ К.}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{25 \cdot h^2 \cdot n^{\frac{2}{3}}}{3km} \approx 2,15 \text{ К.}$$

Критерии оценки выполнения задания	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 среднеквадратичной скорости молекул газа, формула для длины волны де Бройля, а также формула для определения среднего расстояния между молекулами в газе); 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 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 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

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему длины органных труб разные: у труб с высокими тонами – маленькие, а у басовых труб – большие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

Возможное решение

1. Громкий звук бывает, когда на выходе из органной трубы устанавливается пучность стоячей волны, так как вблизи пучности колебания воздуха происходят с максимальной амплитудой, а амплитуда определяет громкость звука.
2. Поскольку труба открыта с обоих концов, то пучность также должна устанавливаться и на входе трубы.
3. Поэтому для наиболее громкого звучания минимальная длина трубы должна быть равна половине длины волны – при этом посередине трубы находится узел стоячей волны, а на ее концах – две пучности.
4. Звуки высокой частоты ν соответствуют маленьким длинам волн, а низкой частоты – большим длинам волн, поскольку длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu}$, а скорость звука c не зависит от его частоты.
5. Таким образом, размеры трубы пропорциональны длине волны звука: чем частота звука выше, тем длина трубы меньше, и наоборот.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае n . 1–5) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>установление стоячей волны в органной трубе, связь амплитуды колебаний воздуха с громкостью звука, а также формулы для связи длины волны и частоты звука</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 <u>одному</u> из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Луна совершает примерно за 28 земных суток, а масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Луны, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

Возможное решение

При движении спутника по круговой орбите радиусом R вокруг планеты центростремительное ускорение обеспечивается силой гравитационного притяжения спутника к планете: $m\omega^2 R = \frac{GmM}{R^2}$, где m и M – массы спутника и планеты, G – гравитационная постоянная, а ω – угловая скорость вращения спутника вокруг планеты.

Для геостационарного спутника $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где $T = 1$ сутки.

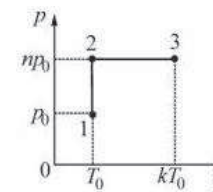
Из записанных соотношений следует, что радиус геостационарной орбиты для Земли равен $R_3 = \left(\frac{GM_3}{4\pi^2} T^2\right)^{\frac{1}{3}}$, а для Луны

$$R_{Л} = \left(\frac{G \cdot M_3}{4\pi^2 \cdot 81} (28T)^2\right)^{\frac{1}{3}} = R_3 \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx 89\,500 \text{ км.}$$

Ответ: $R_{Л} = R_3 \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot \left(\frac{28^2}{81}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx 89\,500 \text{ км.}$

Критерии оценки выполнения задания	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 – 2-й закон Ньютона для кругового движения спутника вокруг планеты, закон всемирного тяготения и условие постоянного нахождения спутника над одной и той же точкой планеты); 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 всем 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 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 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

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 300$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 2$.



Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для 1 моля газа в состояниях 1 и 2:
 $p_0 V_0 = RT_0$, $np_0 V_2 = RT_0$, где V_0 и V_2 – объём газа в состояниях 1 и 2 при одинаковой температуре T_0 . Отсюда следует, что объём газа в состоянии 2 равен $V_2 = \frac{V_0}{n} = \frac{RT_0}{np_0}$.

Процесс 2–3 – изобарический при давлении np_0 , так что работа газа на участке 2–3 равна $A = np_0(V_3 - V_2)$, причём согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $np_0 V_3 = R \cdot kT_0$, откуда $V_3 = \frac{R \cdot kT_0}{np_0}$.

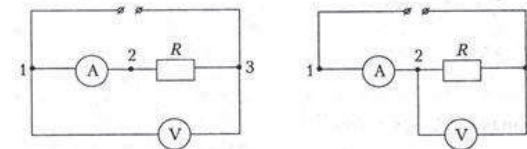
Таким образом, работа на участке 2–3 равна

$$A = np_0 \left(\frac{R \cdot kT_0}{np_0} - \frac{RT_0}{np_0} \right) = (k - 1)RT_0 = (2 - 1) \cdot 8,3 \cdot 300 = 2490 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = (k - 1)RT_0 = 2490$ Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона-Менделеева и выражение для работы газа при изобарическом процессе); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,95$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 12$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 11,9$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



Возможное решение

Вольтметр в первом случае показывает постоянное напряжение источника, равно $U_1 = 20$ В. Во втором случае это напряжение равно, очевидно, сумме падения напряжения на амперметре и показаний вольтметра: $U_1 = U_A + U_2$, откуда $U_A = U_1 - U_2 = 0,1$ В, и по закону Ома сопротивление амперметра, через который течёт ток $I_2 = 1$ А, равно $R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2} = 0,1$ Ом.

В первом случае по закону Ома для участка цепи, содержащего резисторы,

$$U_1 = I_1(R_A + R), \text{ откуда } R = \frac{U_1}{I_1} - R_A = \frac{12}{0,95} - 0,1 \approx 12,5 \text{ Ом.}$$

Во втором случае ток I_2 разветвляется в точке 2 на два тока – через вольтметр и через резистор, равные в сумме току I_2 по закону сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока. Поэтому ток через вольтметр равен

$$I_B = I_2 - \frac{U_2}{R} \approx 0,0504 \text{ А, так что сопротивление вольтметра равно}$$

$$R_B = \frac{U_2}{I_B} \approx 236,12 \text{ Ом.}$$

Подставляя все записанные выражения, получаем после подстановки численных значений: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} \approx 2361,2$.

Таким образом, сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра примерно в 2360 раз.

Ответ: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} \approx 2360$ раз.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение <u>которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон Ома для участка цепи, содержащего резисторы, и связь сил тока в разветвлённой цепи как следствие закона сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока); 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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

- С5** Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 60$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 3$ раза.

Возможное решение

Для решения задачи надо рассмотреть два случая: когда линза собирающая и когда она рассеивающая.

В первом случае изображение предмета может быть уменьшенным, только если оно действительное (и перевёрнутое). По формуле тонкой линзы записываем: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$,

а для уменьшения размеров изображения по сравнению с предметом имеем: $\frac{a}{b} = n$, где b – расстояние от линзы до изображения. Отсюда $b = \frac{a}{n}$, $\frac{1}{F} = \frac{n+1}{a}$ и

$$F = \frac{a}{n+1} = \frac{60}{4} \text{ см} = 15 \text{ см.}$$

Во втором случае изображение мнимое, прямое, и по формуле тонкой линзы $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, где b – расстояние от мнимого изображения предмета до рассеивающей

линзы. При этом по-прежнему $\frac{a}{b} = n$, и получаем: $\frac{1}{F} = \frac{1-n}{a}$,

$$F = \frac{a}{1-n} = -\frac{60}{2} \text{ см} = -30 \text{ см.}$$

Ответ: если линза собирающая, то $F = 15$ см, а если рассеивающая, то $F = -30$ см.

Критерии оценки выполнения задания	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 тонкой линзы и формула для увеличения, даваемого линзой); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами.

Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$,

где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $l \approx 5\lambda$, если концентрация его молекул равна $n = 1,3 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Возможное решение

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа и определению температуры, среднеквадратичная скорость молекул газа $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$, где k – постоянная Больцмана, а соответствующая длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{3kTm}}$$

Среднее расстояние между молекулами газа при их концентрации n равно, очевидно, $l = n^{-\frac{1}{3}}$, поэтому соотношение $l \approx 5\lambda$ выполняется при температуре

$$T = \frac{25 \cdot h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} = \frac{25 \cdot 6,6^2 \cdot 10^{-68}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6,6 \cdot 10^{-27}} \cdot (1,3 \cdot 10^{25})^{\frac{2}{3}} \text{ К} \approx 2,15 \text{ К}.$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{25 \cdot h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} \approx 2,15 \text{ К}.$$

Критерии оценки выполнения задания	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 среднеквадратичной скорости молекул газа, формула для длины волны де Бройля, а также формула для определения среднего расстояния между молекулами в газе); 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 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 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

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, почему у басовых труб органа длины большие, а у труб с высокими тонами – маленькие. Органная труба открыта с обоих концов и звучит при продувании через неё потока воздуха.

Возможное решение

1. Громкий звук бывает, когда на выходе из органной трубы устанавливается пучность стоячей волны, так как вблизи пучности колебания воздуха происходят с максимальной амплитудой, а амплитуда определяет громкость звука.
2. Поскольку труба открыта с обоих концов, то пучность также должна устанавливаться и на входе трубы.
3. Поэтому для наиболее громкого звучания минимальная длина трубы должна быть равна половине длины волны – при этом посередине трубы находится узел стоячей волны, а на её концах – две пучности.
4. Звуки низкой частоты ν (басы) соответствуют большим длинам волн, а высокой частоты – маленьким длинам волн, поскольку длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu}$, а скорость звука c не зависит от его частоты.
5. Таким образом, размеры трубы пропорциональны длине волны звука: чем частота звука ниже, тем длина трубы больше, и наоборот.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n</i>. 1–5) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>установление стоячей волны в органной трубе, связь амплитуды колебаний воздуха с громкостью звука, а также формулы для связи длины волны и частоты звука</i>).</p>	3
<p>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.</p>	2
<p>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.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C2 Известно, что один оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, а масса Венеры составляет 0,82 от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Венеры, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_3 \approx 42\,000$ км.

Возможное решение

При движении спутника по круговой орбите радиусом R вокруг планеты центростремительное ускорение обеспечивается силой гравитационного притяжения спутника к планете: $m\omega^2 R = \frac{GmM}{R^2}$, где m и M – массы спутника и планеты, G – гравитационная постоянная, а ω – угловая скорость вращения спутника вокруг планеты.

Для геостационарного спутника $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где $T = 1$ сутки.

Из записанных соотношений следует, что радиус геостационарной орбиты для Земли

равен $R_3 = \left(\frac{GM_3}{4\pi^2} T^2\right)^{\frac{1}{3}}$, а для Венеры

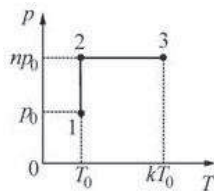
$$R_B = \left(\frac{G \cdot 0,82M_3}{4\pi^2} (243T)^2\right)^{\frac{1}{3}} = R_3(0,82 \cdot 243^2)^{\frac{1}{3}} = 42\,000 \cdot (0,82 \cdot 243^2)^{\frac{1}{3}} \text{ км} \approx$$

$\approx 1\,531\,000$ км.

Ответ: $R_B = R_3(0,82 \cdot 243^2)^{1/3} \approx 1\,531\,000$ км.

Критерии оценки выполнения задания	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 – 2-й закон Ньютона для кругового движения спутника вокруг планеты, закон всемирного тяготения и условие постоянного нахождения спутника над одной и той же точкой планеты); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 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

С3 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом – в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 280$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 4$.



Возможное решение

Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для 1 моля газа в состояниях 1 и 2: $p_0V_0 = RT_0$, $np_0V_2 = RT_0$, где V_0 и V_2 – объём газа в состояниях 1 и 2 при одинаковой температуре T_0 . Отсюда следует, что объём газа в состоянии 2 равен $V_2 = \frac{V_0}{n} = \frac{RT_0}{np_0}$.

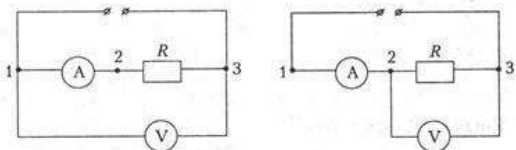
Процесс 2–3 – изобарический при давлении np_0 , так что работа газа на участке 2–3 равна $A = np_0(V_3 - V_2)$, причём согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $np_0V_3 = R \cdot kT_0$, откуда $V_3 = \frac{R \cdot kT_0}{np_0}$. Таким образом, работа на участке 2–3 равна

$$A = np_0 \left(\frac{R \cdot kT_0}{np_0} - \frac{RT_0}{np_0} \right) = (k - 1)RT_0 = (4 - 1) \cdot 8,3 \cdot 280 = 6972 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = (k - 1)RT_0 = 6972$ Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона–Менделеева и выражение для работы газа при изобарическом процессе); 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 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 утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С4 Школьник собрал схему, изображённую на первом рисунке. После её подключения к идеальному источнику постоянного напряжения оказалось, что амперметр показывает ток $I_1 = 0,9$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 20$ В. Когда школьник переключил один из проводников вольтметра от точки 1 к точке 2 (см. второй рисунок), вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 19$ В, а амперметр – ток $I_2 = 1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



Возможное решение

Вольтметр в первом случае показывает постоянное напряжение источника, равное $U_1 = 20$ В. Во втором случае это напряжение равно, очевидно, сумме падения напряжения на амперметре и показаний вольтметра: $U_1 = U_A + U_2$, откуда $U_A = U_1 - U_2 = 1$ В, и по закону Ома сопротивление амперметра, через который течёт ток $I_2 = 1$ А, равно $R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2} = 1$ Ом.

В первом случае по закону Ома для участка цепи, содержащего резисторы, $U_1 = I_1(R_A + R)$, откуда $R = \frac{U_1}{I_1} - R_A = \frac{20}{0,9} - 1 \approx 21,2$ Ом.

Во втором случае ток I_2 разветвляется в точке 2 на два тока – через вольтметр и через резистор, равные в сумме току I_2 по закону сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока. Поэтому ток через вольтметр равен

$$I_B = I_2 - \frac{U_2}{R} \approx 0,105 \text{ А, так что сопротивление вольтметра равно}$$

$$R_B = \frac{U_2}{I_B} \approx 181,5 \text{ Ом.}$$

Подставляя все записанные выражения, получаем

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} = 181,45.$$

Таким образом, сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра примерно в 181,5 раз.

Ответ: $\frac{R_B}{R_A} = \frac{U_2[U_1(I_2 - I_1) + U_2 I_1]}{U_1(U_1 - U_2)(I_2 - I_1)} = 181,45$, то есть примерно в 181,5 раза.

Критерии оценки выполнения задания	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 Ома для участка цепи, содержащего резисторы, и связь сил тока в разветвлённой цепи как следствие закона сохранения электрического заряда для цепей постоянного тока); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</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 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

C5 Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии $a = 48$ см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в $n = 2$ раза.

Возможное решение

Для решения задачи надо рассмотреть два случая: когда линза собирающая и когда она рассеивающая.

В первом случае изображение предмета может быть уменьшенным, только если оно действительное (и перевёрнутое). По формуле тонкой линзы записываем: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$,

а для уменьшения размеров изображения по сравнению с предметом имеем: $\frac{a}{b} = n$, где b – расстояние от линзы до изображения. Отсюда $b = \frac{a}{n}$, $\frac{1}{F} = \frac{n+1}{a}$ и

$$F = \frac{a}{n+1} = \frac{48}{3} \text{ см} = 16 \text{ см}.$$

Во втором случае изображение мнимое, прямое, и по формуле тонкой линзы $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, где b – расстояние от мнимого изображения предмета до рассеивающей

линзы. При этом по-прежнему $\frac{a}{b} = n$, и получаем: $\frac{1}{F} = \frac{1-n}{a}$,

$$F = \frac{a}{1-n} = -\frac{48}{1} \text{ см} = -48 \text{ см}.$$

Ответ: если линза собирающая, то $F = 16$ см, а если рассеивающая, то $F = -48$ см.

Критерии оценки выполнения задания	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 тонкой линзы и формула для увеличения, даваемого линзой); 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 <u>один</u> 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 <u>одному</u> 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

С6 Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами.

Длина волны для частицы массой m , имеющей скорость v , составляет $\lambda = \frac{h}{mv}$,

где $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка. Для того чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ . При какой температуре T для инертного газа гелия $\lambda \approx l$, если концентрация его молекул равна $n = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³?

Масса молекулы гелия равна $m = 6,6 \cdot 10^{-24}$ г.

Возможное решение

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа и определению температуры, среднеквадратичная скорость молекул газа $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$,

где k – постоянная Больцмана, а соответствующая длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{3kTm}}$$

Среднее расстояние между молекулами газа при их концентрации n равно, очевидно, $l = n^{-\frac{1}{3}}$, поэтому соотношение $l \approx \lambda$ выполняется при температуре

$$T = \frac{h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} = \frac{6,6^2 \cdot 10^{-68}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6,6 \cdot 10^{-27}} \cdot (2,7 \cdot 10^{25})^{\frac{2}{3}} \text{ К} \approx 0,14 \text{ К}.$$

Ответ: $T = \frac{h^2}{3km} n^{\frac{2}{3}} \approx 0,14 \text{ К}.$

Критерии оценки выполнения задания	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 среднеквадратичной скорости молекул газа, формула для длины волны де Бройля, а также формула для определения среднего расстояния между молекулами в газе); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;</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 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