

Тренировочная работа №1

по ФИЗИКЕ

20 октября 2011 года

11 класс

Вариант 1

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

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

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

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

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = – 273°С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6·10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1·10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5·10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673·10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675·10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а.е.м.

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

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/кг
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг

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

Молярная масса

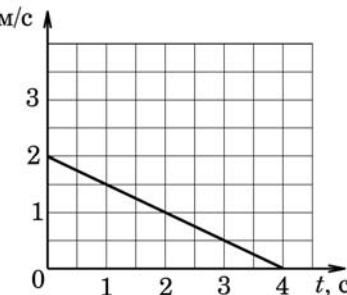
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

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

A1

Материальная точка движется вдоль оси OX . График зависимости проекции скорости v_x на ось OX от времени t для этой точки приведен на рисунке. Какой формулой описывается зависимость $v_x(t)$?



1) $v_x(t) = 4 - 2t$

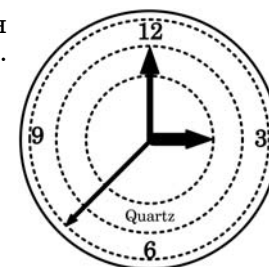
2) $v_x(t) = 2 - 4t$

3) $v_x(t) = 2 + 0.5t$

4) $v_x(t) = 2 - 0.5t$

A2

На рисунке изображен циферблат часов с тремя стрелками – часовой, минутной и секундной. Частота вращения секундной стрелки



1) больше частоты вращения минутной стрелки в 60 раз

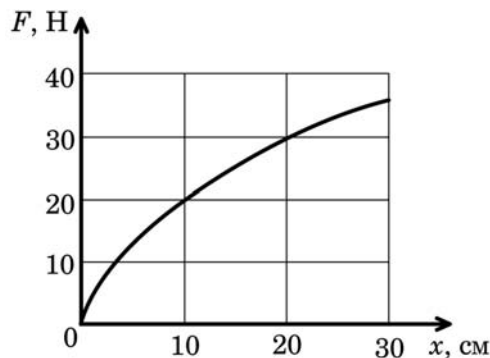
2) меньше частоты вращения минутной стрелки в 60 раз

3) больше частоты вращения минутной стрелки в 12 раз

4) меньше частоты вращения минутной стрелки в 12 раз

A3

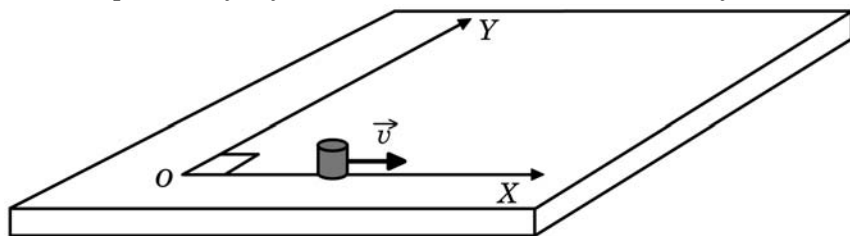
На рисунке показан график зависимости силы упругости F пружины от ее растяжения x . Чему будет равно удлинение пружины, если один ее конец закрепить, а к другому ее концу подвесить груз массой 2 кг?



- 1) 10 см 2) 20 см 3) 3 см 4) 2 см

A4

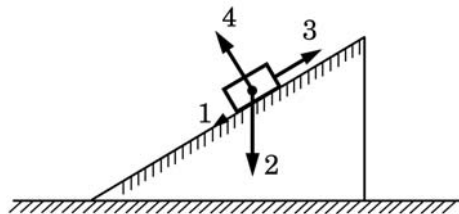
Точечное тело массой 2 кг свободно движется по горизонтальному столу вдоль оси OX с постоянной скоростью, модуль которой равен 4 м/с. В некоторый момент времени на это тело начинает действовать сила 8 Н, направленная вдоль стола в положительном направлении оси OY . Через 1 секунду после начала действия силы импульс тела



- 1) будет направлен вдоль оси OX
 2) будет составлять с осью OX угол 30°
 3) будет составлять с осью OX угол 45°
 4) будет составлять с осью OX угол 60°

A5

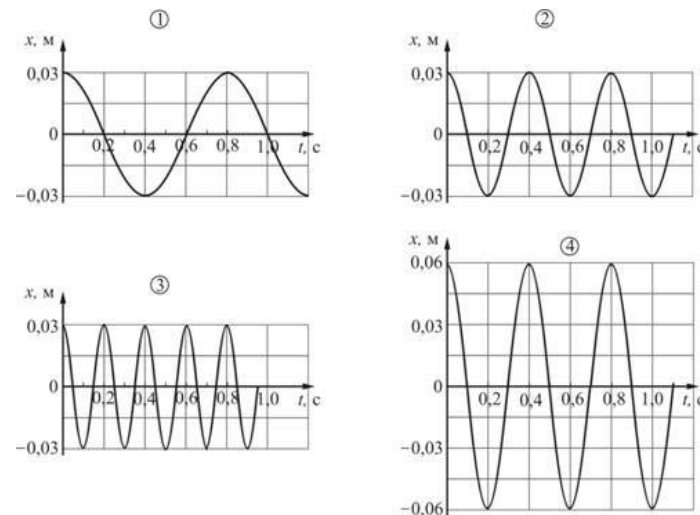
Тело втаскивают вверх по шероховатой наклонной плоскости. Какая из изображенных на рисунке сил совершает положительную работу?



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

A6

В первом опыте груз совершает гармонические колебания по закону $x(t) = 3\cos(5\pi t)$, где координата измеряется в см. Во втором опыте период колебаний увеличивают в 2 раза, оставив амплитуду неизменной. Какой из приведенных ниже графиков правильно отображает зависимость координаты груза от времени во втором опыте?



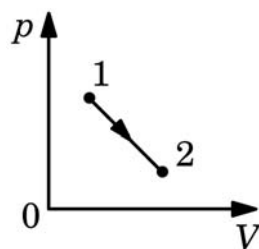
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A7

Четыре бруска одинаковой массы изготовлены из алюминия (молярная масса 27 г/моль), золота (молярная масса 197 г/моль), свинца (молярная масса 207 г/моль) и цинка (молярная масса 65 г/моль). Наибольшее число атомов содержится в бруске из

- 1) алюминия 2) золота
 3) свинца 4) цинка

- A8** В процессе, изображенном на pV -диаграмме, температура некоторой массы идеального газа

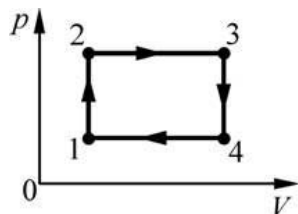


- 1) все время убывает
- 2) все время возрастает
- 3) все время остается неизменной
- 4) может как убывать, так и возрасть

- A9** Парциальное давление водяного пара при температуре T равно p , давление насыщенных паров воды при этой температуре p_H , а плотность воздуха ρ . Относительная влажность воздуха определяется формулой

- 1) $\varphi = \frac{p_H}{p} \cdot 100\%$
- 2) $\varphi = p \cdot \rho \cdot 100\%$
- 3) $\varphi = \frac{\rho}{p_H}$
- 4) $\varphi = \frac{p}{p_H} \cdot 100\%$

- A10** На pV -диаграмме изображен циклический процесс $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$, совершаемый над идеальным газом. На участке $1-2$ газ обменивается с окружающими телами количеством теплоты 1245 Дж, а на участке $2-3$ – количеством теплоты 2075 Дж. Чему равен КПД этого циклического процесса, если газ за один цикл совершает работу 207,5 Дж?

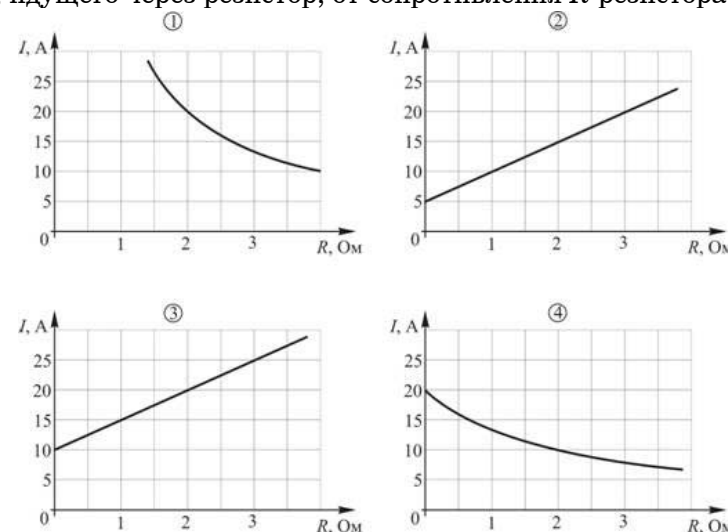


- 1) 16,7%
- 2) 10%
- 3) 6,25%
- 4) 25%

- A11** Точечный заряд -4 нКл перемещают в электростатическом поле из точки A с потенциалом 10 В в точку C с потенциалом 14 В. В результате такого перемещения потенциальная энергия этого заряда в электростатическом поле

- 1) увеличивается на 16 нДж
- 2) уменьшается на 16 нДж
- 3) увеличивается на 1 нДж
- 4) уменьшается на 1 нДж

- A12** Электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 40$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом, резистора с переменным сопротивлением и амперметра. На каком из приведенных ниже графиков правильно показана зависимость силы тока I , идущего через резистор, от сопротивления R резистора?



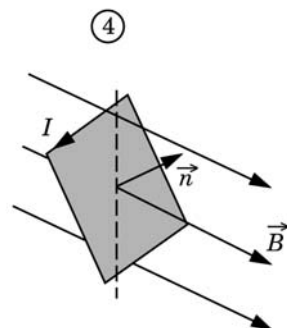
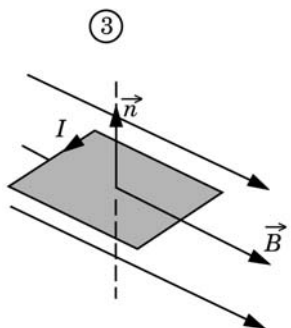
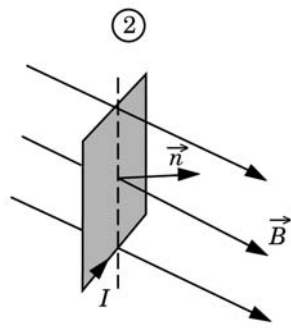
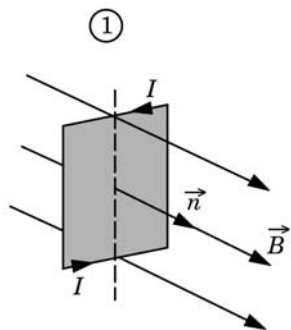
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

- A13** Прямой тонкий провод длиной 1,5 м находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл. По проводу течет постоянный электрический ток силой 5 А. Чему может быть равна по модулю действующая на провод сила Ампера?

- 1) 3 Н
- 2) От 0 Н до 3 Н
- 3) От 3 Н до 6 Н
- 4) модуль силы Ампера может принимать любое значение

A14

На рисунках показано положение рамки с током I , находящейся в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$. При каком положении рамки магнитный поток, пронизывающий рамку, будет максимальным?



1) 1

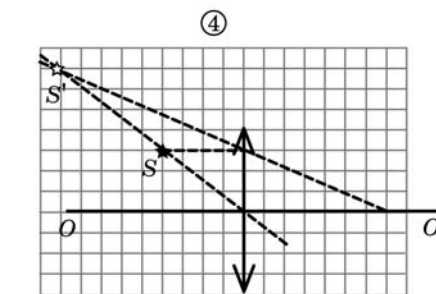
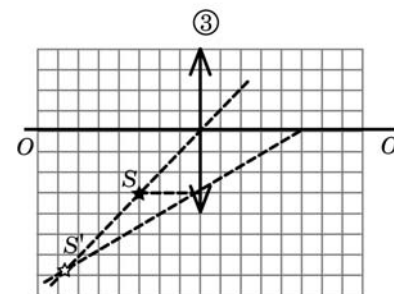
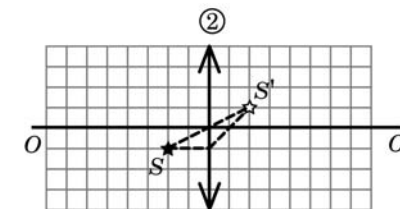
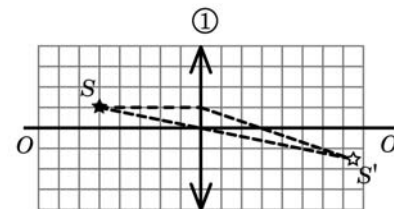
2) 2

3) 3

4) 4

A15

Имеются четыре тонкие собирающие линзы и точечный источник света. На приведенных ниже рисунках показаны источник S и его изображения S' , полученные с помощью этих линз. Какая из линз имеет наименьшую оптическую силу?



1) 1

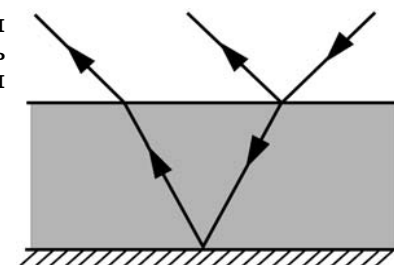
2) 2

3) 3

4) 4

A16

В учебнике по физике помещен рисунок. Этот рисунок может служить иллюстрацией к параграфу, в котором рассматривается явление



1) дифракции света

2) интерференции света

3) дисперсии света

4) фокусировки света линзой

A17

Исследования по изучению и объяснению явлений, наблюдающихся при облучении металлов светом, выполненные А.Г. Столетовым, А. Эйнштейном и другими учеными в конце XIX – начале XX веков, позволили установить

1) закон фотоэффекта

2) два закона фотоэффекта

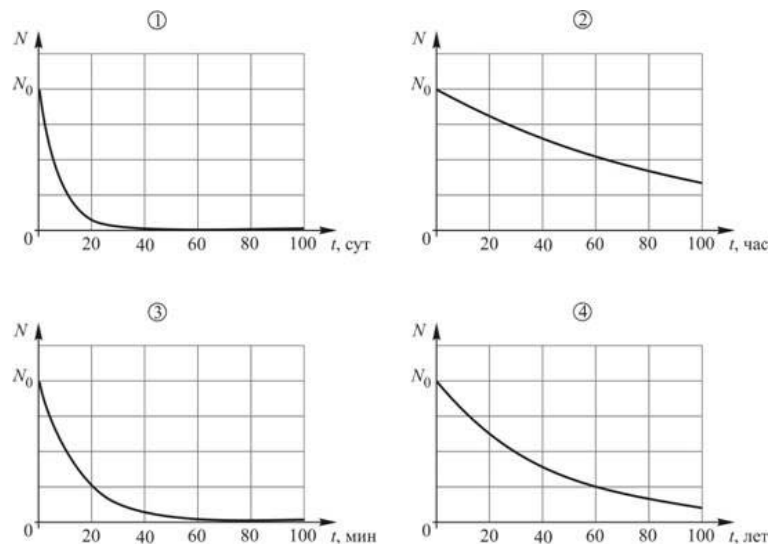
3) три закона фотоэффекта

4) четыре закона фотоэффекта

A18 Линейчатый спектр атома водорода объясняется при помощи

- 1) гипотезы Л. де Бройля о наличии у частиц волновых свойств
- 2) уравнения Эйнштейна для фотоэффекта
- 3) квантовых постулатов Н. Бора
- 4) всех перечисленных выше теоретических положений

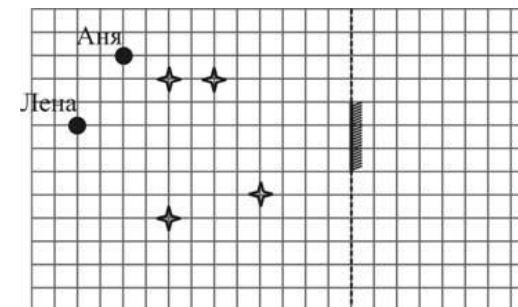
A19 На рисунках приведены зависимости числа радиоактивных ядер N от времени t для четырех различных изотопов.



Наибольший период полураспада имеет изотоп, для которого график зависимости $N(t)$ изображен на рисунке

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

A20 На занятиях по физике при изучении темы «Законы отражения света» учитель поставил посередине класса высокое, но узкое плоское зеркало и предложил ученикам следующую игру: мальчикам сесть за свои парты, а каждой девочке сесть так, чтобы ни один из мальчиков не видел ее отражения в зеркале. В результате девочки сели так, как показано на рисунке (звездочками отмечены положения мальчиков).

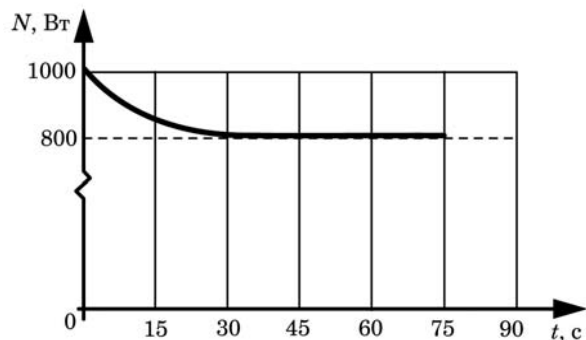


С заданием учителя

- 1) справилась только Аня
- 2) справилась только Лена
- 3) справилась и Аня, и Лена
- 4) не справилась ни Аня, ни Лена

A21

Нагревательная спираль может подключаться к источнику постоянного напряжения. Лаборант экспериментально исследовал зависимость мощности N , выделяющейся в спирали при протекании по ней электрического тока, от времени t , прошедшего с момента подключения. На рисунке приведен график полученной зависимости.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

А. После подключения спирали ее сопротивление сначала постепенно увеличивается, а затем становится постоянным.

Б. Сила электрического тока, протекающего через спираль, всё время одинакова.

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

В1

Человек стоит на площадке пружинных весов, которые установлены на полу кабины лифта. Лифт находится на тридцатом этаже высотного здания. Как изменятся следующие физические величины, если лифт начнет разгоняться вниз, двигаясь с постоянным ускорением: модуль действующей на человека силы тяжести, модуль веса человека, потенциальная энергия человека относительно поверхности Земли?

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) модуль действующей на человека силы тяжести

1) увеличится

Б) модуль веса человека

2) уменьшится

В) потенциальная энергия человека относительно поверхности Земли

3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В2

Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили без начальной скорости. Как изменяются в течение первой четверти периода колебаний груза маятника следующие физические величины: модуль скорости, модуль ускорения, модуль перемещения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

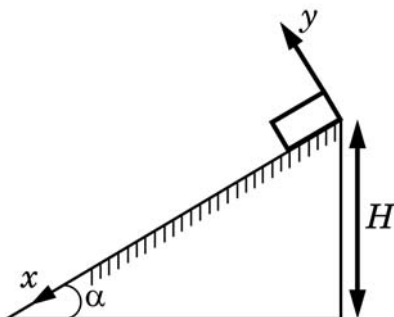
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| А) модуль скорости | 1) увеличивается |
| Б) модуль ускорения | 2) уменьшается |
| В) модуль перемещения | 3) не изменяется |

Ответ:

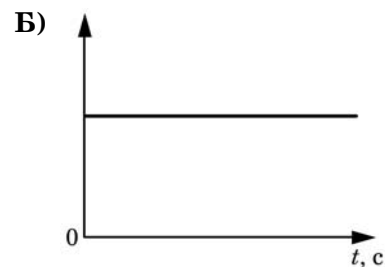
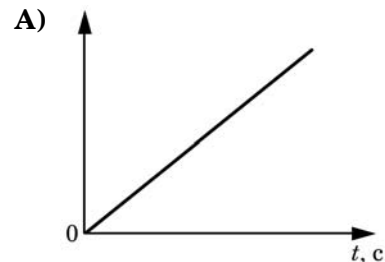
А	Б	В

В3

Небольшой брусок массой m начинает соскальзывать без начальной скорости с вершины наклонной плоскости с углом наклона α и высотой H (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин в зависимости от времени t . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1)** кинетическая энергия бруска
- 2)** модуль действующей на брусок силы трения
- 3)** модуль скорости бруска
- 4)** потенциальная энергия бруска относительно основания наклонной плоскости

В4

Через катушку протекает постоянный электрический ток силой I . При этом сечение катушки пронизывает поток Φ вектора магнитной индукции. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) запасенная в катушке энергия магнитного поля
Б) индуктивность катушки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{\Phi}{I}$
2) $\frac{\Phi^2}{2I}$
3) $\frac{\Phi^2}{I}$
4) $\frac{\Phi I}{2}$

Ответ:

А	Б

Часть 3

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

A22

Если подвесить к легкой упругой пружине некоторый груз, то пружина, находясь в равновесии, окажется растянутой на 10 см. Чему будет равен период свободных колебаний этого груза, подвешенного на этой же пружине?

- 1) $\approx 6,3$ с 2) ≈ 63 с 3) $\approx 0,63$ с 4) $\approx 0,31$ с

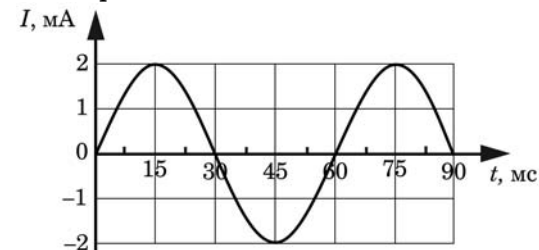
A23

Один моль идеального одноатомного газа находится в закрытом сосуде. Давление газа 2 атм., средняя кинетическая энергия теплового движения молекулы газа $2,5 \cdot 10^{-21}$ Дж. Объем сосуда, в котором находится газ, равен

- 1) 22,4 л 2) 5 л 3) 11 л 4) 15 л

A24

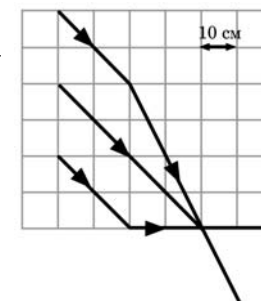
На графике показана зависимость от времени силы переменного электрического тока I , протекающего через катушку индуктивностью 5 мГн. Чему равен модуль ЭДС самоиндукции, действующей в катушке, в момент времени $t = 10$ мс?



- 1) $\approx 8,7$ мкВ 2) ≈ 50 мкВ 3) $\approx 0,5$ мВ 4) $\approx 0,9$ мВ

A25

На рисунке показан ход лучей параллельного светового пучка при его падении на линзу. Чему равна оптическая сила этой линзы?



- 1) +20 дптр 2) +10 дптр 3) +5 дптр 4) +1 дптр

C1

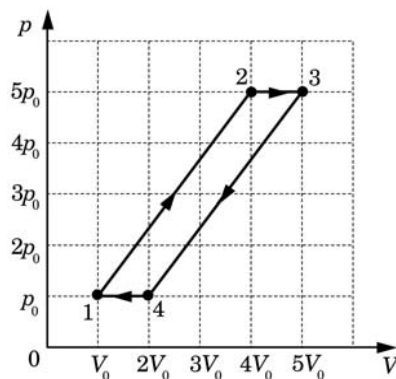
В герметичную банку, сделанную из очень тонкой жести и снабженную сверху заворачивающейся крышкой, налили немного воды (заполнив малую часть банки) при комнатной температуре и поставили на газовую плиту, на огонь, не закрывая крышку. Через некоторое время, когда почти вся вода выкипела, банку сняли с огня, сразу же плотно завинтили крышку и облили банку холодной водой. Опишите физические явления, которые происходили на различных этапах этого опыта, а также предскажите и объясните его результат.

C2

Школьник летом на даче жил недалеко от военного аэродрома, на который постоянно садились военно-транспортные самолеты, которые летели всегда по одной и той же траектории («глиссаде»), проекция которой на землю являлась прямой линией, отстоящей на расстояние $l = 800$ м от дачи школьника. Он вооружился секундомером и точным угломерным инструментом, провел многократные измерения некоторых времен и углов и усреднил их для однотипных марок самолетов. Оказалось, что когда самолет находился на минимальном расстоянии от школьника, угол между горизонталью и направлением на самолет составлял $\alpha \approx 37^\circ$, а звук его двигателей был слышен в месте нахождения школьника спустя время $t \approx 3$ с. За это время самолет успевал удалиться от точки максимального сближения со школьником на угловое расстояние $\varphi \approx 14^\circ$. Исходя из этих данных, школьник определил скорость v самолета. Чем она оказалась равна?

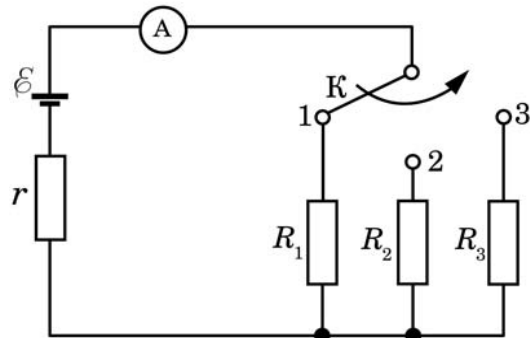
С3

С одним молем идеального одноатомного газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1 (см. рис). Во сколько раз n КПД данного цикла меньше, чем КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же максимальной и минимальной температурах?



С4

На уроке физики школьник собрал схему, изображенную на рисунке. Ему было известно, что сопротивления резисторов равны $R_1 = 1 \text{ Ом}$ и $R_2 = 2 \text{ Ом}$. Токи, измеренные школьником при помощи идеального амперметра А при последовательном подключении ключа К к контактам 1, 2 и 3, оказались равными, соответственно, $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 1,5 \text{ А}$. Чему было равно сопротивление резистора R_3 ?

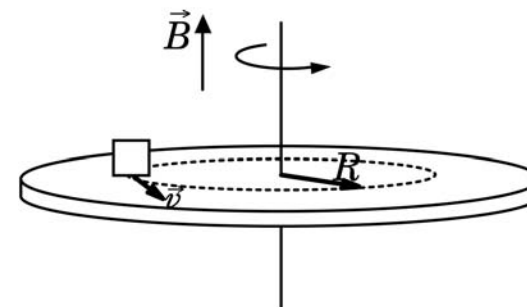


С5

В одном из вариантов опыта, поставленного А.К. Тимирязевым для демонстрации закона сохранения и превращения энергии, груз массой $m = 1 \text{ кг}$, подвешенный на шнурке, перекинутом через блок, опускался с постоянной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$, вращая динамо-машину, на вал которой был намотан другой конец шнурка. Динамо-машина питала электрическую лампочку, рассчитанную на напряжение $U = 6 \text{ В}$ и ток $I = 0,5 \text{ А}$, причем лампочка горела с нормальным накалом. Каков был КПД η превращения механической энергии в электрическую, выделяющуюся в лампочке в виде света и теплоты?

С6

На шероховатом непроводящем диске, расположенном в горизонтальной плоскости, лежит точечное тело, находящееся на расстоянии $R = 0,5 \text{ м}$ от центра диска, и несущее заряд $q = 75 \text{ мкКл}$. Диск равномерно вращается вокруг своей оси против часовой стрелки (если смотреть сверху), совершая $n = 0,5$ оборота в секунду. Коэффициент трения между телом и поверхностью диска равен $\mu = 0,6$. Какой должна быть минимальная масса m тела для того, чтобы в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ Тл}$, направленном вертикально вверх, тело не скользило по поверхности диска?



Тренировочная работа №1

по ФИЗИКЕ

20 октября 2011 года

11 класс

Вариант 2

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

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

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

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

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

Масса частиц

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

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

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

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

Молярная масса

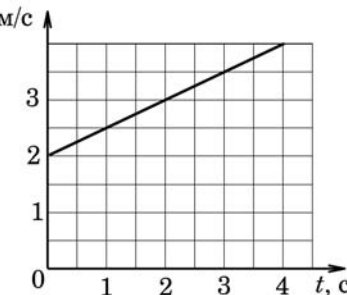
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

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

A1

Материальная точка движется вдоль оси OX . График зависимости проекции скорости v_x на ось OX от времени t для этой точки приведен на рисунке. Какой формулой описывается зависимость $v_x(t)$?



1) $v_x(t) = 2 + 4t$

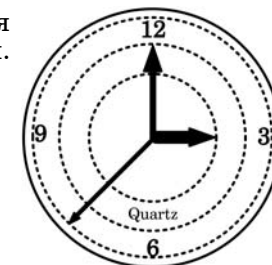
2) $v_x(t) = 4 + 2t$

3) $v_x(t) = 2 + 0,5t$

4) $v_x(t) = 2 - 0,5t$

A2

На рисунке изображен циферблат часов с тремя стрелками – часовой, минутной и секундной. Частота вращения часовой стрелки



1) больше частоты вращения минутной стрелки в 60 раз

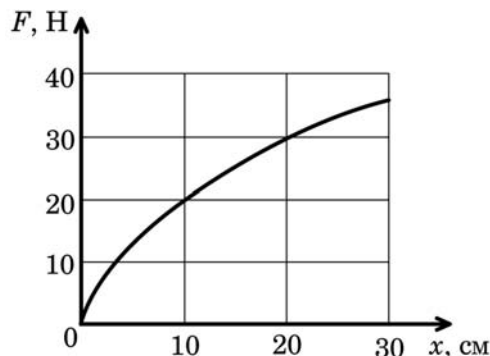
2) меньше частоты вращения минутной стрелки в 60 раз

3) больше частоты вращения минутной стрелки в 12 раз

4) меньше частоты вращения минутной стрелки в 12 раз

A3

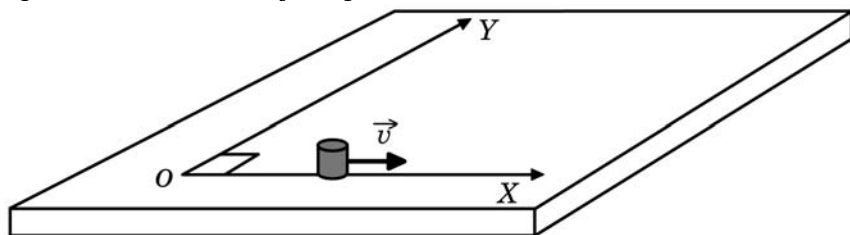
На рисунке показан график зависимости силы упругости F пружины от ее растяжения x . Один конец пружины закреплен, а к другому ее концу подвешен груз. Чему равна масса этого груза, если пружина растянута на 20 см?



- 1) 2 кг 2) 3 кг 3) 1 кг 4) 30 кг

A4

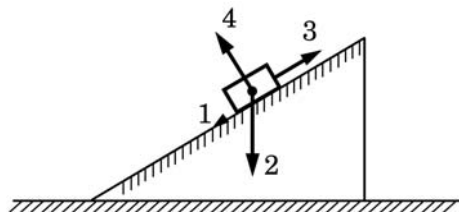
Точечное тело массой 2 кг свободно движется по горизонтальному столу вдоль оси OX с постоянной скоростью, модуль которой равен 6 м/с. В некоторый момент времени на это тело начинает действовать сила 3 Н, направленная вдоль стола в положительном направлении оси OY . Через какое время угол между направлением импульса тела и направлением оси OX будет равен 45° ?



- 1) 1 с 2) 2 с 3) 3 с 4) 4 с

A5

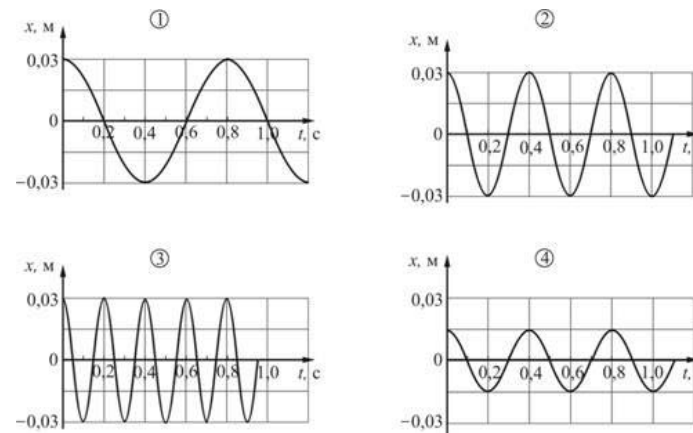
Тело втаскивают вверх по шероховатой наклонной плоскости. Какая из изображенных на рисунке сил не совершает работу?



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

A6

В первом опыте груз совершает гармонические колебания по закону $x(t) = 3\cos(5\pi t)$, где координата измеряется в см. Во втором опыте период колебаний уменьшают в 2 раза, оставив амплитуду неизменной. Какой из приведенных ниже графиков правильно отображает зависимость координаты груза от времени во втором опыте?



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

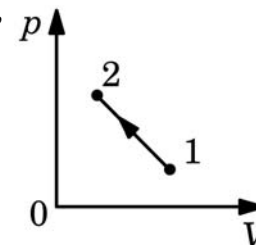
A7

Четыре бруска одинаковой массы изготовлены из алюминия (молярная масса 27 г/моль), золота (молярная масса 197 г/моль), свинца (молярная масса 207 г/моль) и цинка (молярная масса 65 г/моль). Наименьшее число атомов содержится в бруске из

- 1) алюминия 2) золота 3) свинца 4) цинка

A8

В процессе, изображенном на pV -диаграмме, температура некоторой массы идеального газа



- 1) все время убывает
2) все время возрастает
3) все время остается неизменной
4) может как убывать, так и возрастать

A9 Парциальное давление водяного пара при температуре T равно p , давление насыщенных паров воды при этой температуре p_H , молярная масса воздуха M . Плотность паров воды в воздухе определяется формулой

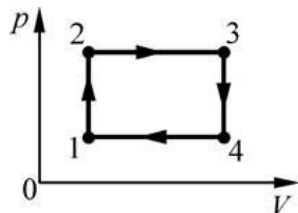
1) $\rho = \frac{M}{RT} p_H$

2) $\rho = \frac{M}{RT} p$

3) $\rho = \frac{p_H}{RT} \cdot 100\%$

4) $\rho = \frac{p}{p_H} \cdot 100\%$

A10 На pV -диаграмме изображен циклический процесс $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$, совершаемый над идеальным газом. На участке $3-4$ газ обменивается с окружающими телами количеством теплоты $1556,25$ Дж, и на участке $4-1$ – таким же количеством теплоты. Чему равен КПД этого циклического процесса, если газ за один цикл совершает работу $207,5$ Дж?



1) 13,3%

2) 6,25%

3) 6,7%

4) 7,1%

A11 Точечный заряд $+4$ нКл перемещают в электростатическом поле из точки A с потенциалом -12 В в точку C с потенциалом -20 В. В результате такого перемещения потенциальная энергия этого заряда в электростатическом поле

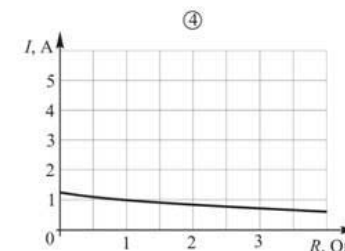
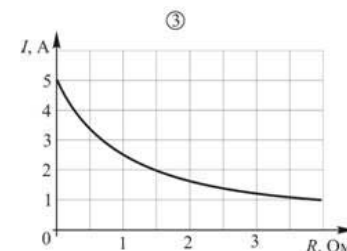
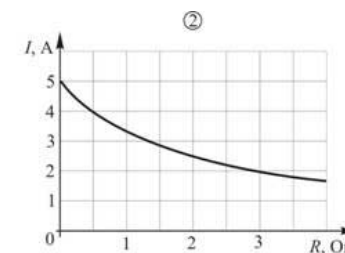
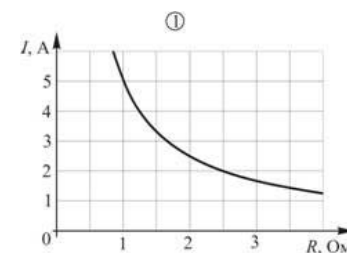
1) увеличивается на 32 нДж

2) уменьшается на 32 нДж

3) увеличивается на 2 нДж

4) уменьшается на 2 нДж

A12 Электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом, резистора с переменным сопротивлением и амперметра. На каком из приведенных ниже графиков правильно показана зависимость силы тока I , идущего через резистор, от сопротивления R резистора?



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

A13 Прямой тонкий провод длиной $1,5$ м находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,4$ Тл. Провод составляет с линиями магнитной индукции острый угол. По проводу течет постоянный электрический ток. При этом на провод действует сила Ампера, равная по модулю 6 Н. Чему может быть равна сила тока I , текущего по проводу?

1) $I > 10$ А

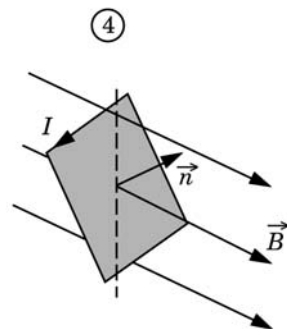
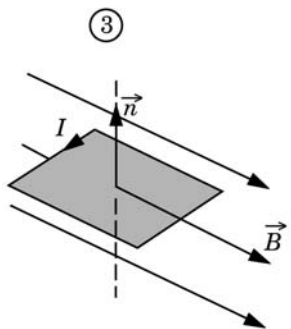
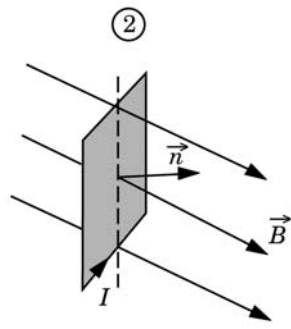
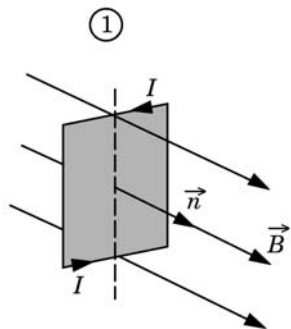
2) $I = 10$ А

3) $I < 10$ А

4) сила тока может иметь любое значение

A14

На рисунках показано положение рамки с током I , находящейся в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$. При каком положении рамки магнитный поток, пронизывающий рамку, будет минимальным?



1) 1

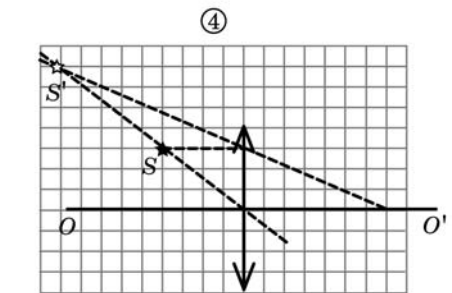
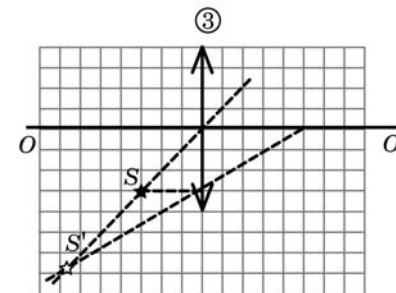
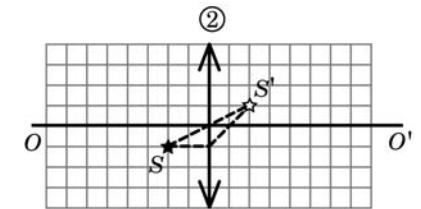
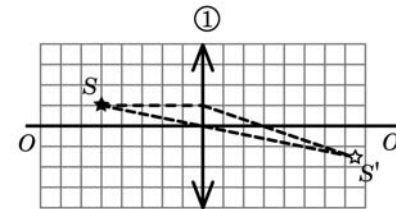
2) 2

3) 3

4) 4

A15

Имеются четыре тонкие собирающие линзы и точечный источник света. На приведенных ниже рисунках изображены источник S и его изображения S' , полученные с помощью этих линз. Какая из линз имеет наибольшую оптическую силу?



1) 1

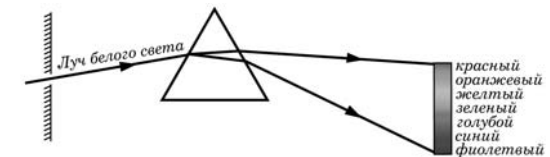
2) 2

3) 3

4) 4

A16

В учебнике по физике помещен рисунок. Этот рисунок может служить иллюстрацией к параграфу, в котором рассматривается явление



1) дифракции света

2) интерференции света

3) дисперсии света

4) фокусировки света линзой

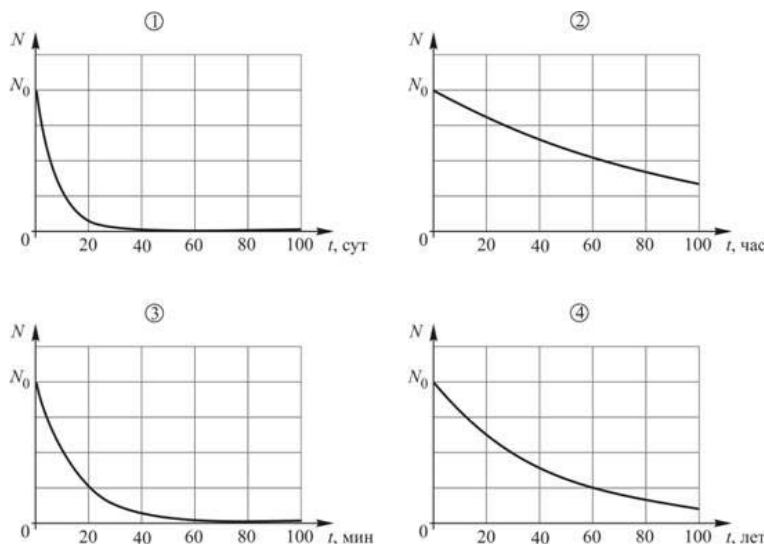
A17 Красной границей фотоэффекта называется

- 1) наименьшая частота (или наибольшая, длина волны) падающего света, при которой еще возможен фотоэффект
- 2) наибольшая частота (или наименьшая, длина волны) падающего света, при которой еще возможен фотоэффект
- 3) энергия выбиваемых с поверхности металла электронов при облучении его красным светом
- 4) работа выхода электрона с поверхности металла

A18 Квантовые постулаты Н. Бора позволяют объяснить

- 1) линейчатый спектр атома водорода
- 2) атомные спектры всех химических элементов
- 3) спектры излучения кристаллических твердых тел
- 4) спектры поглощения солнечного света атмосферой Земли

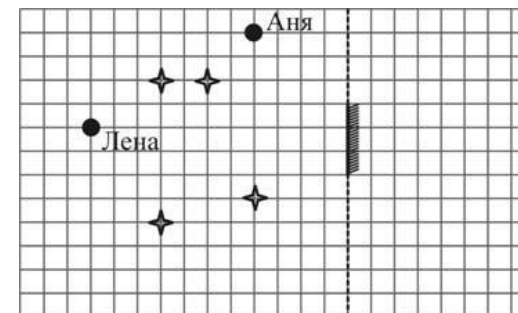
A19 На рисунках приведены зависимости числа N радиоактивных ядер от времени t для четырех различных изотопов.



Наименьший период полураспада имеет изотоп, для которого график зависимости $N(t)$ изображен на рисунке

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

A20 На занятиях по физике при изучении темы «Законы отражения света» учитель поставил посередине класса высокое, но узкое плоское зеркало и предложил ученикам следующую игру: мальчикам сесть за свои парты, а каждой девочке сесть так, чтобы ни один из мальчиков не видел ее отражения в зеркале. В результате девочки сели так, как показано на рисунке (звездочками отмечены положения мальчиков).

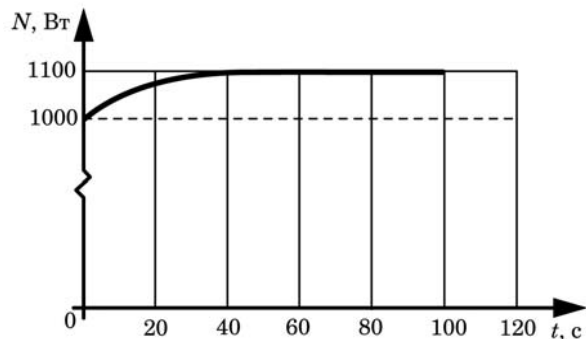


С заданием учителя

- 1) не справилась только Аня
- 2) не справилась только Лена
- 3) не справилась только и Аня, и Лена
- 4) справилась и Аня, и Лена

A21

Нагревательная спираль может подключаться к источнику, обеспечивающему постоянную силу тока во внешней цепи. Лаборант экспериментально исследовал зависимость мощности N , выделяющейся в спирали при протекании по ней электрического тока, от времени t , прошедшего с момента подключения. На рисунке приведен график полученной зависимости.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

А. После подключения спирали ее сопротивление сначала постепенно увеличивается, а затем становится постоянным.

Б. Напряжение между выводами спирали всё время одинаково.

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

В1

Человек стоит на площадке пружинных весов, которые установлены на полу кабины лифта. Лифт находится на первом этаже высотного здания. Как изменятся следующие физические величины, если лифт начнет разгоняться вверх, двигаясь с постоянным ускорением: модуль действующей на человека силы тяжести, модуль веса человека, потенциальная энергия человека относительно поверхности Земли?

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) модуль действующей на человека силы тяжести

1) увеличится

Б) модуль веса человека

2) уменьшится

В) потенциальная энергия человека относительно поверхности Земли

3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В2

Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили без начальной скорости. Как изменяются в течение второй четверти периода колебаний груза маятника следующие физические величины: модуль скорости, модуль ускорения, модуль перемещения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

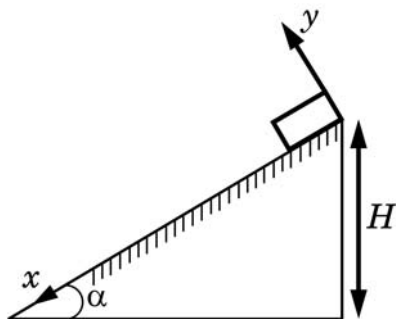
- | | |
|-----------------------|------------------|
| А) модуль скорости | 1) увеличивается |
| Б) модуль ускорения | 2) уменьшается |
| В) модуль перемещения | 3) не изменяется |

Ответ:

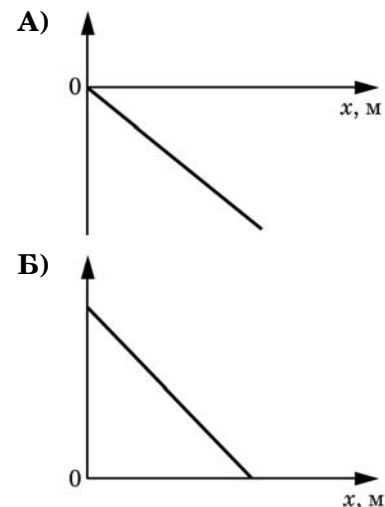
А	Б	В

В3

Небольшой брусок массой m начинает соскальзывать без начальной скорости с вершины наклонной плоскости с углом наклона α и высотой H (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин в зависимости от координаты x . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) ускорения бруска
- 2) работа действующей на брусок силы трения
- 3) модуль силы нормального давления бруска на наклонную плоскость
- 4) потенциальная энергия бруска относительно основания наклонной плоскости

В4 Через катушку индуктивностью L протекает постоянный электрический ток. При этом сечение катушки пронизывает поток Φ вектора магнитной индукции. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) запасенная в катушке энергия магнитного поля
Б) сила тока, текущего через катушку

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{\Phi^2}{L}$
2) $\frac{\Phi^2}{2L}$
3) $\frac{\Phi}{2L}$
4) $\frac{\Phi}{L}$

Ответ:

А	Б

Часть 3

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

А22 Период свободных колебаний груза, подвешенного на легкой упругой пружине, равен 1,256 с. Чему будет равно растяжение этой пружины в состоянии равновесия, если подвесить к ней этот груз?

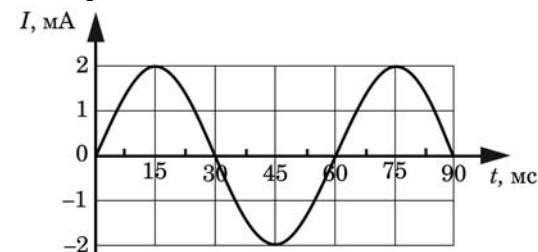
- 1) 40 см 2) 20 см 3) 160 см 4) 16 см

А23 В закрытом сосуде находится один моль водорода. Давление в сосуде равно 6 атм., среднеквадратичная скорость теплового движения молекул равна 1500 м/с. Объем сосуда, в котором находится водород, равен

- 1) 2,5 л 2) 11,25 л 3) 3,75 л 4) 22,4 л

А24

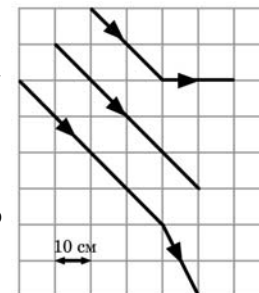
На графике показана зависимость от времени силы переменного электрического тока I , протекающего через катушку индуктивностью 10 мГн. Чему равен модуль ЭДС самоиндукции, действующей в катушке, в момент времени $t = 50$ мс?



- 1) $\approx 17,5$ мкВ 2) $\approx 0,1$ мВ 3) ≈ 1 мВ 4) $\approx 1,8$ мВ

А25

На рисунке показан ход лучей параллельного светового пучка при его падении на линзу. Чему равна оптическая сила этой линзы?



- 1) -20 дптр 2) -10 дптр 3) -5 дптр 4) -1 дптр

С1

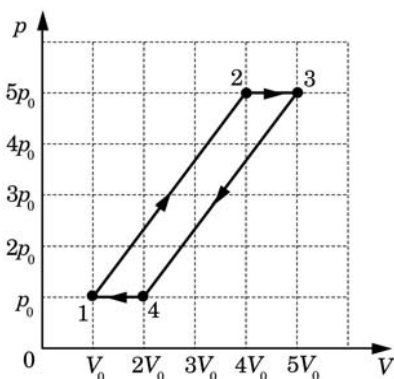
В герметичную банку, сделанную из очень тонкой жести и снабженную наверху закручивающейся крышкой, налили немного воды (заполнив малую часть банки) при комнатной температуре и поставили на газовую плиту, на огонь, не закрывая крышку. Через некоторое время, когда почти вся вода выкипела, банку сняли с огня, сразу же плотно завинтили крышку и облили банку холодной водой. Опишите физические явления, которые происходили на различных этапах этого опыта, а также предскажите и объясните его результат.

С2

Школьник летом на даче жил недалеко от военного аэродрома, на который постоянно садились военно-транспортные самолеты, которые летели всегда по одной и той же траектории («глиссаде»), проекция которой на землю являлась прямой линией, отстоящей на расстояние $l = 800$ м от дачи школьника. Он вооружился секундомером и точным угломерным инструментом, провел многократные измерения некоторых времен и углов и усреднил их для однотипных марок самолетов. Оказалось, что когда самолет находился на минимальном расстоянии от школьника, угол между горизонталью и направлением на самолет составлял $\alpha \approx 37^\circ$, а звук его двигателей был слышен в месте нахождения школьника спустя время $t \approx 3$ с. За это время самолет успевал удалиться от точки максимального сближения со школьником на угловое расстояние $\varphi \approx 14^\circ$. Исходя из этих данных, школьник определил скорость v самолета. Чему она оказалась равна?

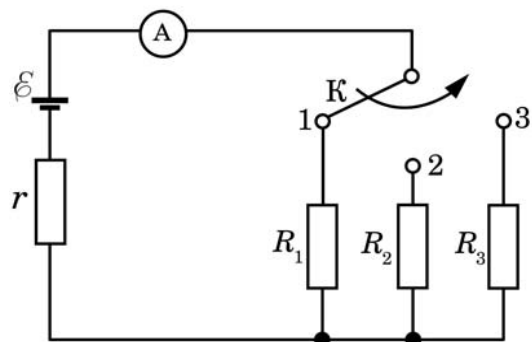
С3

С одним молем идеального одноатомного газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1 (см. рис). Во сколько раз n КПД данного цикла меньше, чем КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же максимальной и минимальной температурах?



С4

На уроке физики школьник собрал схему, изображенную на рисунке. Ему было известно, что сопротивления резисторов равны $R_1 = 1 \text{ Ом}$ и $R_2 = 2 \text{ Ом}$. Токи, измеренные школьником при помощи идеального амперметра A при последовательном подключении ключа K к контактам 1, 2 и 3, оказались равными, соответственно, $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 1,5 \text{ А}$. Чему было равно сопротивление резистора R_3 ?

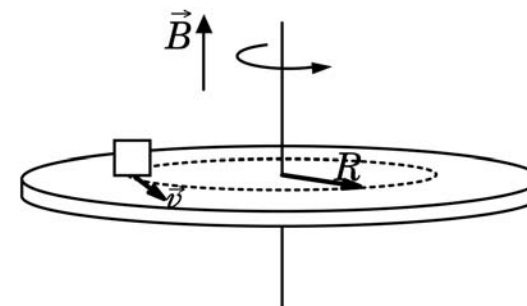


С5

В одном из вариантов опыта, поставленного А.К. Тимирязевым для демонстрации закона сохранения и превращения энергии, груз массой $m = 1 \text{ кг}$, подвешенный на шнурке, перекинутом через блок, опускался с постоянной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$, вращая динамо-машину, на вал которой был намотан другой конец шнурка. Динамо-машина питала электрическую лампочку, рассчитанную на напряжение $U = 6 \text{ В}$ и ток $I = 0,5 \text{ А}$, причем лампочка горела с нормальным накалом. Каков был КПД η превращения механической энергии в электрическую, выделяющуюся в лампочке в виде света и теплоты?

С6

На шероховатом непроводящем диске, расположенном в горизонтальной плоскости, лежит точечное тело, находящееся на расстоянии $R = 0,5 \text{ м}$ от центра диска, и несущее заряд $q = 75 \text{ мкКл}$. Диск равномерно вращается вокруг своей оси против часовой стрелки (если смотреть сверху), совершая $n = 0,5$ оборота в секунду. Коэффициент трения между телом и поверхностью диска равен $\mu = 0,6$. Какой должна быть минимальная масса m тела для того, чтобы в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ Тл}$, направленном вертикально вверх, тело не скользило по поверхности диска?



Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 В герметичную банку, сделанную из очень тонкой жести и снабженную наверху завинчивающейся крышкой, налили немного воды (заполнив малую часть банки) при комнатной температуре и поставили на газовую плиту, на огонь, не закрывая крышку. Через некоторое время, когда почти вся вода выкипела, банку сняли с огня, сразу же плотно завинтили крышку и облили банку холодной водой. Опишите физические явления, которые происходили на различных этапах этого опыта, а также предскажите и объясните его результат.

Решение.

1. После помещения банки на огонь вода в ней нагревалась через тонкую стенку банки от горячих продуктов горения газа. При этом с ростом температуры вода испарялась, и возрастало давление ее паров в банке, которые постепенно вытесняли из нее воздух. Когда вода закипела и почти вся испарилась, воздуха внутри банки практически не осталось. Давление насыщенных паров в банке при этом стало равно внешнему атмосферному давлению.

2. Когда банку сняли с огня, закрыли крышкой и охладил холодной водой почти до комнатной температуры, горячие пары воды внутри банки остыли и практически целиком сконденсировались на ее стенках, отдавая теплоту конденсации наружу, холодной воде, благодаря процессу теплопроводности через стенки.

3. В соответствии с уравнением Клапейрона–Менделеева давление пара в банке резко упало – во-первых, из-за уменьшения массы оставшегося в банке пара, и, во-вторых – из-за падения его температуры. Заметим, что резкое уменьшение давления в банке можно объяснить и так: при понижении температуры до комнатной пары конденсируются, оставаясь насыщенными, но их давление становится намного меньше давления насыщенных паров воды при температуре кипения (примерно в 40 раз).

4. Поскольку при комнатной температуре давление насыщенных паров воды составляет лишь малую долю от атмосферного давления (не более 3–4%), тонкая банка после поливания ее водой окажется под действием разности этого большого внешнего давления и низкого давления пара внутри. По этой причине на банку начнут действовать большие сжимающие силы, которые будут стремиться сплющить банку. Как только эти силы превысят предельную величину, которую могут выдержать стенки банки, то она сплющится, резко уменьшившись в объеме.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 4</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>явление теплопередачи, явления испарения, кипения и конденсации воды, уменьшение давления пара внутри банки при понижении температуры, причины появления сжимающих банку сил</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 объеме, или в них содержатся логические недочеты.	2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.

ИЛИ

Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

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

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

1

0

C2 Школьник летом на даче жил недалеко от военного аэродрома, на который постоянно садилась военно-транспортные самолеты, которые летели всегда по одной и той же траектории («глиссаде»), проекция которой на землю являлась прямой линией, отстоящей на расстояние $l = 800$ м от дачи школьника. Он вооружился секундомером и точным угломерным инструментом, провел многократные измерения некоторых времен и углов и усреднил их для однотипных марок самолетов. Оказалось, что когда самолет находился на минимальном расстоянии от школьника, угол между горизонталью и направлением на самолет составлял $\alpha \approx 37^\circ$, а звук его двигателей был слышен в месте нахождения школьника спустя время $t \approx 3$ с. За это время самолет успевал удалиться от точки максимального сближения со школьником на угловое расстояние $\varphi \approx 14^\circ$. Исходя из этих данных, школьник определил скорость v самолета. Чему она оказалась равна?

Решение.

В момент максимального сближения самолета и школьника расстояние между ними было

$$\text{равно } L = \frac{l}{\cos \alpha} = \frac{800}{\cos 37^\circ} \approx 1001,7 \text{ м.}$$

Звук от двигателей летящего самолета «отстает» от него и слышен позади на некотором расстоянии, зависящем от скорости самолета, поскольку скорость света на много порядков ($\sim 10^6$) больше скорости звука в воздухе. В условиях данного эксперимента

можно считать скорость звука в воздухе и скорость самолета постоянными.

Звук от двигателей, излученный в момент максимального сближения самолета и школьника, доходит до него, согласно условию, спустя время $t \approx 3$ с, и в этот момент школьник слышит звук как раз в точке максимального сближения с самолетом. Поэтому

$$\text{скорость звука } c = \frac{L}{t} = \frac{l}{t \cos \alpha} \approx \frac{1001,7}{3} \approx 334 \text{ м/с.}$$

За время t самолет успевает удалиться от точки максимального сближения со школьником в направлении, перпендикулярном L , на расстояние, равное vt . Таким

$$\text{образом, } \operatorname{tg} \varphi = \frac{vt}{L} = \frac{v t \cos \alpha}{l}, \text{ и скорость самолета}$$

$$v = \frac{l \operatorname{tg} \varphi}{t \cos \alpha} = c \cdot \operatorname{tg} \varphi \approx 334 \cdot 0,249 \approx 83,3 \text{ м/с} \approx 300 \text{ км/ч.}$$

Ответ: $v = \frac{l \operatorname{tg} \varphi}{t \cos \alpha} \approx 83,3 \text{ м/с} \approx 300 \text{ км/ч.}$

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – связь между скоростью, временем и расстоянием, пройденным звуком и самолетом при равномерном прямолинейном движении</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.	2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3

С одним моле идеального одноатомного газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1 (см. рис). Во сколько раз n КПД данного цикла меньше, чем КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же максимальной и минимальной температурах?

Решение.
Данный циклический процесс, изображенный на pV -диаграмме, является циклом теплового двигателя, поскольку обход цикла происходит по часовой стрелке.
Для одного моля идеального одноатомного газа, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, $pV = RT$, а внутренняя энергия газа $U = \frac{3}{2}RT = \frac{3}{2}pV$.
Исходя из этого, минимальная температура в цикле достигается в состоянии 1 и равна $T_{\min} = \frac{p_0 V_0}{R}$, а максимальная температура достигается в состоянии 3 и равна $T_{\max} = \frac{25 p_0 V_0}{R}$.
Таким образом, КПД идеальной тепловой машины, работающей при данных максимальной и минимальной температурах, равен

$$\eta_k = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} = 1 - \frac{1}{25} = 0,96.$$

КПД цикла, изображенного на pV -диаграмме, равен по определению $\eta = \frac{A}{Q^+}$, где A –

работа газа за цикл, а Q^+ – количество теплоты, полученное газом за цикл.

Работа A равна площади цикла на pV -диаграмме, то есть площади параллелограмма 1–2–3–4. Как следует из рисунка, $A = 4p_0V_0$.

Газ в данном цикле получает теплоту на участках 1–2 и 2–3, а отдает ее на участках 3–4 и 4–1. Количество теплоты, полученное газом за цикл $Q^+ = Q_{12} + Q_{23}$, и согласно первому закону термодинамики и выражению для внутренней энергии идеального одноатомного газа

$$Q^+ = A_{12} + \Delta U_{12} + A_{23} + \Delta U_{23} = A_{12} + A_{23} + \Delta U_{13} =$$
$$= 3V_0 \cdot \frac{p_0 + 5p_0}{2} + V_0 \cdot 5p_0 + \frac{3}{2}(5p_0 \cdot 5V_0 - p_0 \cdot V_0) = 50p_0V_0$$

Таким образом, $\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{4p_0V_0}{50p_0V_0} = 0,08$, и искомое отношение равно $n = \frac{\eta_k}{\eta} = \frac{0,96}{0,08} = 12$.

Ответ: $n = \frac{\eta_k}{\eta} = \frac{0,96}{0,08} = 12$.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – уравнение Клапейрона-Менделеева, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа, выражения для КПД идеальной тепловой машины и для произвольного цикла, выражение для работы газа, первый закон термодинамики</i>); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется **один** из следующих недостатков.
Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют.

ИЛИ

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

ИЛИ

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

ИЛИ

при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.

ИЛИ

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

ИЛИ

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

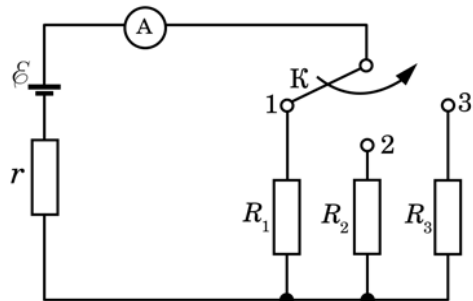
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

2

1

0

С4 На уроке физики школьник собрал схему, изображенную на рисунке. Ему было известно, что сопротивления резисторов равны $R_1 = 1 \text{ Ом}$ и $R_2 = 2 \text{ Ом}$. Токи, измеренные школьником при помощи идеального амперметра А при последовательном подключении ключа К к контактам 1, 2 и 3, оказались равными, соответственно, $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 1,5 \text{ А}$. Чему было равно сопротивление резистора R_3 ?



Решение.

Запишем закон Ома для полной цепи при подключении ключа К по очереди к контактам 1, 2 и 3:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1},$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_2},$$

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_3}.$$

Из первых двух уравнений получаем:

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \frac{2 \cdot 2 - 3 \cdot 1}{3 - 2} = 1 \text{ Ом};$$

$$\mathcal{E} = \frac{(R_2 - R_1) I_1 I_2}{I_1 - I_2} = \frac{(2 - 1) \cdot 3 \cdot 2}{3 - 2} = 6 \text{ В}.$$

Подставляя эти выражения в третье уравнение и проверяя размерность, получаем:

$$R_3 = \frac{\mathcal{E}}{I_3} - r = \frac{(R_2 - R_1) I_1 I_2 - (I_2 R_2 - I_1 R_1) I_3}{(I_2 - I_1) I_3} = \frac{6}{1,5} - 1 = 3 \text{ Ом}.$$

$$\text{Ответ: } R_3 = \frac{(R_2 - R_1) I_1 I_2 - (I_2 R_2 - I_1 R_1) I_3}{(I_2 - I_1) I_3} = 3 \text{ Ом}.$$

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

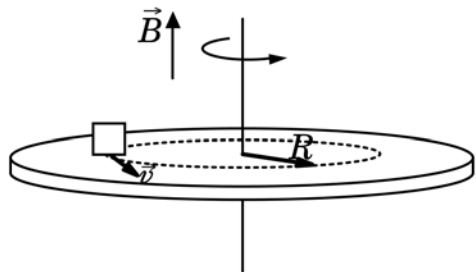
С5 В одном из вариантов опыта, поставленного А.К. Тимирязевым для демонстрации закона сохранения и превращения энергии, груз массой $m = 1\text{ кг}$, подвешенный на шнурке, перекинутом через блок, опускался с постоянной скоростью $v = 1\text{ м/с}$, вращая динамо-машину, на вал которой был намотан другой конец шнурка. Динамо-машина питала электрическую лампочку, рассчитанную на напряжение $U = 6\text{ В}$ и ток $I = 0,5\text{ А}$, причем лампочка горела с нормальным накалом. Каков был КПД η превращения механической энергии в электрическую, выделяющуюся в лампочке в виде света и теплоты?

Решение.
КПД установки равен отношению электрической мощности лампочки к механической мощности, развиваемой при опускании гири: $\eta = \frac{P_{эл}}{P_{мех}}$.
Электрическая мощность равна $P_{эл} = IU = 0,5\text{ А} \cdot 6\text{ В} = 3\text{ Вт}$, а механическая мощность при постоянной скорости движения гири равна $P_{мех} = mgv = 1\text{ кг} \cdot 10\text{ м/с}^2 \cdot 1\text{ м/с} = 10\text{ Вт}$.
Таким образом, $\eta = \frac{IU}{mgv} = \frac{3}{10} = 0,3 = 30\%$.
Ответ: КПД установки равен $\eta = \frac{IU}{mgv} = 0,3 = 30\%$.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – выражения для КПД установки, электрической и механической мощностей); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3

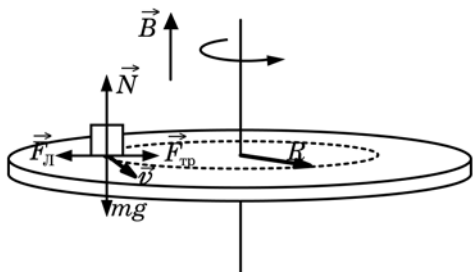
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С6 На шероховатом непроводящем диске, расположенном в горизонтальной плоскости, лежит точечное тело, находящееся на расстоянии $R = 0,5$ м от центра диска, и несущее заряд $q = 75$ мкКл. Диск равномерно вращается вокруг своей оси против часовой стрелки (если смотреть сверху), совершая $n = 0,5$ оборота в секунду. Коэффициент трения между телом и поверхностью диска равен $\mu = 0,6$. Какой должна быть минимальная масса m тела для того, чтобы в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2$ Тл, направленном вертикально вверх, тело не скользило по поверхности диска?



Решение.

Пусть масса тела такова, что вот-вот может начаться проскальзывание. При этом на тело действуют: сила реакции диска $\vec{N}$, сила тяжести $m\vec{g}$, направленная к оси вращения сила сухого трения, модуль которой равен $F_{\text{тр}} = \mu N$ и сила Лоренца, модуль которой равен $F_{\text{Л}} = qvB$, а направление определяется согласно правилу левой руки (см. рисунок).



Тело совершает равномерное движение по окружности, т.е. обладает центростремительным ускорением $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$. Линейную скорость тела v определим из кинематических соотношений для движения тела по окружности: $v = \omega R = 2\pi nR$.

Согласно второму закону Ньютона, имеем: в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль радиуса к центру окружности, $m\frac{v^2}{R} = \mu N - qvB$; и в проекции на ось, направленную вертикально вверх, $0 = N - mg$. Отсюда находим, что $m = \frac{qvB}{\mu g - \frac{v^2}{R}} = \frac{2\pi nRqB}{\mu g - 4\pi^2 n^2 R}$.

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, находим искомую величину:

$$m = \frac{2\pi nRqB}{\mu g - 4\pi^2 n^2 R} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 75 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{0,6 \cdot 10 - (2 \cdot 3,14 \cdot 0,5)^2 \cdot 0,5} \approx 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,22 \text{ г.}$$

Ответ: $m = \frac{2\pi nRqB}{\mu g - 4\pi^2 n^2 R} \approx 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,22 \text{ г.}$

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формулы для силы Лоренца и силы трения скольжения, выражение для центростремительного ускорения, второй закон Ньютона, связь между скоростью и частотой обращения по окружности); II) указаны цели использования в решении каждого из записанных положений и законов; III) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи); IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины; VI) представлен схематический рисунок, поясняющий решение; VII) объяснено направление изображенных на рисунке сил.	3

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II, III, VI и VII – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца ИЛИ при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	322
B2	121

№ задания	Ответ
B3	32
B4	41

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	311
B2	211

№ задания	Ответ
B3	24
B4	24