

**Тренировочная работа №2**

**по ФИЗИКЕ**

**10 февраля 2012 года**

**11 класс**

**Вариант 1**

**Район** \_\_\_\_\_

**Город (населенный пункт).** \_\_\_\_\_

**Школа.** \_\_\_\_\_

**Класс** \_\_\_\_\_

**Фамилия** \_\_\_\_\_

**Имя.** \_\_\_\_\_

**Отчество** \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

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

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

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

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор

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

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

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

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

***Желаем успеха!***

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

### Десятичные приставки

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

### Константы

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

### Соотношения между различными единицами

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

### Массы частиц

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

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

### 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  $0^\circ\text{C}$

### 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

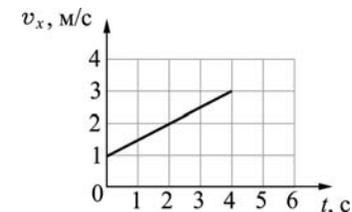
### Часть 1

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

**A1** Тело двигалось в положительном направлении оси  $Ox$  в течение 6 с. Средняя скорость тела за это время составила 2 м/с. Выберите правильное утверждение.

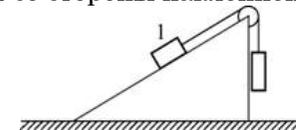
- 1) за 6 с движения тело прошло путь 12 м
- 2) за 6 с движения тело прошло путь 3 м
- 3) за шестую секунду движения тело прошло путь 2 м
- 4) все три приведенных утверждения правильные

**A2** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости  $v_x$  тела на ось  $Ox$  от времени  $t$ . Масса тела равна 2 кг. Чему равна проекция на ось  $Ox$  равнодействующей всех приложенных к телу сил?



- 1) 1,5 Н
- 2) 1 Н
- 3) 2 Н
- 4) 4 Н

**A3** В системе, показанной на рисунке, тело 1 может скользить по закрепленной шероховатой наклонной плоскости. Сила сухого трения, действующая на тело 1 со стороны наклонной плоскости,



- 1) направлена вдоль наклонной плоскости вверх
- 2) направлена вдоль наклонной плоскости вниз
- 3) равна нулю
- 4) может быть направлена вдоль наклонной плоскости вверх, направлена вдоль наклонной плоскости вниз, либо равна нулю

**A4** Ученики на уроке последовательно наблюдают два эксперимента:  
 1) абсолютно упругое соударение двух стальных бильярдных шаров;  
 2) соударение двух пластилиновых шаров, при котором они слипаются.

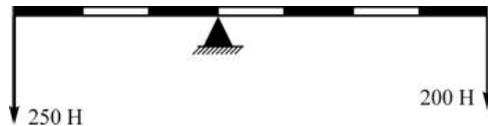
В каком(-их) из этих экспериментов импульс системы шаров остается неизменным?

- 1) только в первом                      2) только во втором  
 3) ни в первом, ни во втором        4) и в первом, и во втором

**A5** Пружину медленно растянули на 6 см, совершив при этом работу 0,18 Дж. Чему равен коэффициент жесткости пружины?

- 1) 50 Н/м            2) 0,01 Н/м        3) 100 Н/м        4) 0,05 Н/м

**A6** Рычаг изготовлен из легкой доски. Под действием показанных на рисунке сил этот рычаг будет



- 1) находиться в состоянии равновесия  
 2) вращаться против часовой стрелки  
 3) вращаться по часовой стрелке  
 4) колебаться

**A7** Какое из описанных ниже движений частицы можно считать броуновским?

- 1) движение пылинки вместе с потоком воздуха  
 2) движение частиц сажи в вертикально поднимающемся столбе дыма  
 3) движение мелких спор ликоподия в капле воды  
 4) все три описанных движения

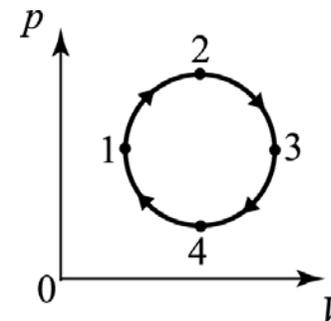
**A8** Два различных идеальных газа в количестве 1 моль каждый находятся в двух разных закрытых сосудах. В таблице приведены давления этих газов и занимаемые ими объемы.

	Газ 1	Газ 2
Давление $p$ , атм.	2	3
Объем $V$ , л	4	5

Из таблицы следует, что

- 1) температура газа 1 больше температуры газа 2  
 2) температура газа 1 меньше температуры газа 2  
 3) температуры газа 1 и газа 2 одинаковы  
 4) нельзя сделать вывод о соотношении температур газа 1 и газа 2

**A9** В циклическом процессе  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$  газ

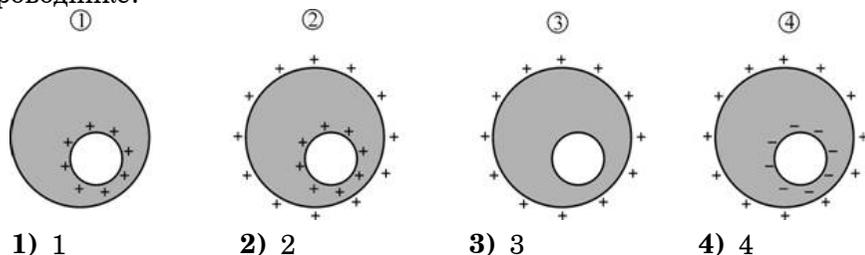


- 1) совершает положительную работу  
 2) совершает отрицательную работу  
 3) не совершает работу  
 4) может совершать как положительную, так и отрицательную работу

**A10** КПД идеальной тепловой машины зависит

- 1) от температуры холодильника, температуры нагревателя и рода рабочего тела  
 2) только от рода рабочего тела  
 3) только от температуры холодильника  
 4) только от температуры холодильника и температуры нагревателя

**A11** Металлическое тело с полостью заряжено положительным зарядом. На каком рисунке правильно показано распределение зарядов в проводнике?



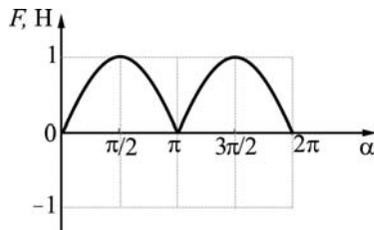
**A12** Электрическая лампочка подключена к источнику питания, напряжение на клеммах которого можно изменять. В таблице приведена зависимость силы  $I$  тока, текущего через лампочку, от напряжения  $U$  на ней.

$U, \text{В}$	2	4	6	8	10
$I, \text{А}$	0,10	0,18	0,25	0,30	0,33

Из таблицы следует, что

- 1) сопротивление лампочки растет с ростом напряжения
- 2) сопротивление лампочки уменьшается с ростом напряжения
- 3) сопротивление лампочки не изменяется с ростом напряжения
- 4) невозможно сделать вывод о зависимости сопротивления лампочки от напряжения

**A13** По прямому отрезку провода длиной 0,5 м течет постоянный ток. Провод находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. На рисунке показан график зависимости модуля силы Ампера  $F$ , действующей на провод, от угла  $\alpha$ , который провод составляет с линиями индукции магнитного поля. Чему равна сила тока, текущего по проводу?

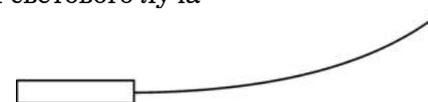


- 1) 0,4 А
- 2) 2,5 А
- 3) 0,1 А
- 4) 10 А

**A14** Лампочка получает энергию от генератора по линии электропередачи протяженностью 6000 км. Через какое время после подключения генератора лампочка загорится?

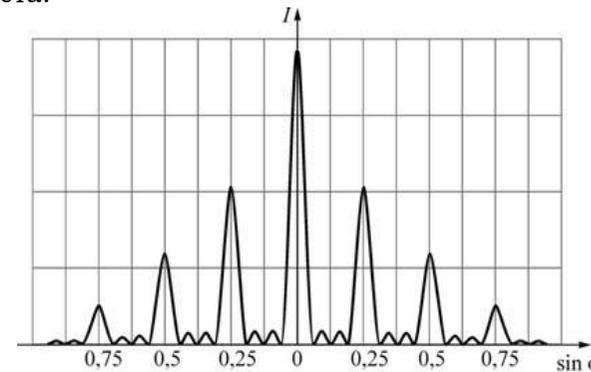
- 1) 0 с
- 2) 20 мкс
- 3) 20 мс
- 4) 50 с

**A15** На рисунке показан ход светового луча, идущего из лазерной указки. Такая траектория светового луча



- 1) невозможна, так как это противоречит закону прямолинейного распространения света
- 2) невозможна, так как это противоречит закону преломления света
- 3) возможна вследствие дифракции света
- 4) возможна в неоднородной среде

**A16** При нормальном падении монохроматического света на дифракционную решетку с периодом 2 мкм на экране за решеткой получается распределение интенсивности  $I$  света, показанное на рисунке ( $\varphi$  – угол, под которым свет распространяется после прохождения через решетку). Чему равна длина волны падающего на решетку света?



- 1) 1000 нм
- 2) 500 нм
- 3) 250 нм
- 4) 100 нм

**A17** Согласно гипотезе Луи де Бройля, все тела обладают волновыми свойствами. Волновые свойства элементарных частиц можно обнаружить экспериментально. Волновые свойства предметов, окружающих нас в повседневной жизни, не наблюдаются нами из-за того, что

- 1) масса этих предметов намного больше массы элементарных частиц
- 2) скорости движения этих предметов намного меньше скорости движения элементарных частиц
- 3) импульс этих предметов намного меньше импульса элементарных частиц
- 4) имеют место все перечисленные причины

**A18** Атом водорода может испускать фотоны

- 1) с любой длиной волны
- 2) с любой длиной волны, меньшей некоторого максимального значения
- 3) с любой длиной волны, большей некоторого минимального значения
- 4) с некоторыми строго определенными длинами волн

**A19** В ядерных реакторах, используемых на современных атомных электростанциях, происходит

- 1) деление ядер урана
- 2) синтез ядер легких химических элементов
- 3) химическое окисление урана
- 4) все три этих процесса

**A20** Для экспериментального определения модуля индукции постоянного однородного магнитного поля можно использовать прибор, который называется флюксометр. Основой прибора является жесткая рамка известной площади, на которую намотана проволочная катушка с известным числом витков и точно измеренным электрическим сопротивлением. Выводы катушки подсоединены к чувствительному гальванометру, который позволяет измерять заряд, протекающий через катушку при быстром изменении пронизывающей рамку магнитного потока.

Лаборант последовательно провел три измерения индукции постоянного однородного магнитного поля соленоида, изменяя магнитный поток через рамку следующими способами:

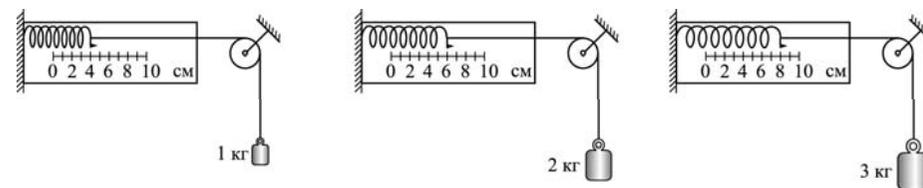
- 1) быстро поворачивая рамку на  $90^\circ$ ;
- 2) быстро поворачивая рамку на  $180^\circ$ ;
- 3) быстро выключая магнитное поле.

Какой из этих способов является правильным?

- 1) только первый
- 2) только второй
- 3) только третий
- 4) правильными являются все три способа

**A21** Для измерения коэффициента жесткости пружины ученик изготовил установку, состоящую из установленного горизонтально динамометра и неподвижного блока. Корпус динамометра был неподвижно закреплен, а к крюку динамометра прикреплялась переброшенная через блок нить, ко второму концу которой можно было прицеплять грузы с разными массами.

На рисунках показаны результаты трех экспериментов, которые провел ученик. Чему равен коэффициент жесткости пружины?



- 1) 250 Н/м
- 2) 333 Н/м
- 3) 375 Н/м
- 4) 500 Н/м

## Часть 2

*Ответом к заданиям этой части (В1–В7) является слово (словосочетание), последовательность букв или 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 или букву пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.*

**В1** В вертикальном сосуде под поршнем находятся азот и насыщенный водяной пар, на дне цилиндра имеется вода. Поршень сдвинули вниз, поддерживая температуру содержимого сосуда постоянной. Как в результате изменятся следующие физические величины: парциальное давление водяных паров, парциальное давление азота, концентрация молекул азота?

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) парциальное давление водяных паров | 1) увеличится   |
| Б) парциальное давление азота         | 2) уменьшится   |
| В) концентрация молекул азота         | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

**В2**

В результате  $\beta$ -распада из атомного ядра вылетел электрон. Как в результате изменились следующие физические величины: число протонов в ядре, число нейтронов в ядре, зарядовое число ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось;
- 2) уменьшилось;
- 3) не изменилось.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ****ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| А) число протонов в ядре  | 1) увеличилось   |
| Б) число нейтронов в ядре | 2) уменьшилось   |
| В) зарядовое число ядра   | 3) не изменилось |

Ответ:

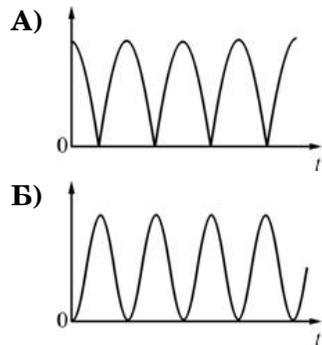
А	Б	В

**В3**

Маятник, состоящий из небольшого тяжелого груза и легкой нерастяжимой нити, прикреплен к вертикальной стальной стенке. Маятник отклоняют на малый угол и отпускают без начальной скорости. Соударения груза маятника со стенкой абсолютно упругие. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

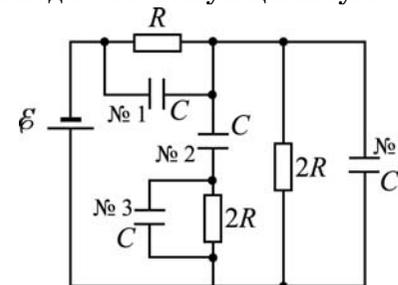
- 1) кинетическая энергия груза маятника
- 2) потенциальная энергия груза маятника относительно положения равновесия
- 3) смещение груза маятника относительно положения равновесия
- 4) модуль скорости маятника

Ответ:

А	Б
□	□

**В4**

В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, энергия конденсатора №1 равна  $W$ . Чему равна энергия конденсатора №3 и конденсатора №4? Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА    ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ**

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| А) энергия конденсатора №3 | 1) 0    |
| Б) энергия конденсатора №4 | 2) $W$  |
|                            | 3) $2W$ |
|                            | 4) $4W$ |

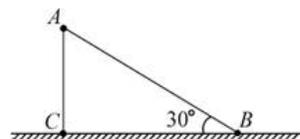
Ответ:

А	Б
□	□

**Часть 3**

**При выполнении заданий этой части в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A22–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.**

**A22** Маленькая шайба соскальзывает без начальной скорости с вершины *A* гладкого клина *ABC*, закрепленного на столе. Угол при основании клина равен  $30^\circ$ , высота клина  $AC = 0,8$  м. Через какое время после начала соскальзывания шайба окажется на минимальном расстоянии от точки *C*?



- 1) 0,4 с      2) 0,28 с      3) 0,56 с      4) 0,32 с

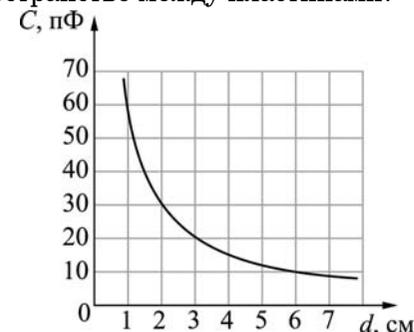
**A23** Давление порции идеального одноатомного газа увеличили в 2 раза, уменьшив при этом объем газа в 3 раза. Как и во сколько раз изменилась в результате внутренняя энергия газа?

- 1) увеличилась в 1,5 раза      2) уменьшилась в 1,5 раза  
3) увеличилась в 6 раз      4) уменьшилась в 6 раз

**A24** Летним днем при температуре  $+27^\circ\text{C}$  относительная влажность атмосферного воздуха была равна 58%. Чему была равна плотность водяных паров, содержащихся в атмосферном воздухе, если давление насыщенных паров воды при данной температуре равно 3570 Па? Пар считать идеальным газом.

- 1)  $1,5 \text{ кг/м}^3$       2)  $0,026 \text{ кг/м}^3$   
3)  $0,015 \text{ кг/м}^3$       4)  $0,045 \text{ кг/м}^3$

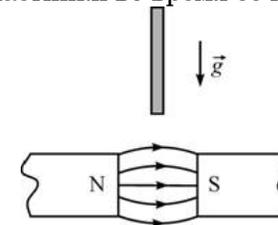
**A25** На рисунке показан построенный на основании экспериментальных данных график зависимости электрической емкости *C* плоского конденсатора с площадью пластин  $113 \text{ см}^2$  от расстояния *d* между пластинами. Чему равна диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами?



- 1) 1      2) 3      3) 5      4) 6

**Для записи ответов на задания этой части (C1–C6) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (C1, C2 и т.д.), а затем развернутый ответ на него. Ответы записывайте четко и разборчиво. Количество баллов, выставляемых за задания части 3, зависит от полноты и правильности вашего ответа. Оцениваться будет и полный правильный, и частично правильный ответ.**

**C1** В зазоре между полюсами электромагнита создано сильное магнитное поле, линии индукции которого практически горизонтальны. Над зазором на некоторой высоте удерживают длинную плоскую медную пластинку, параллельную вертикальным поверхностям полюсов (см. рис.). Затем пластинку отпускают без начальной скорости, и она падает, проходя через зазор между полюсами, не касаясь их. Опишите, опираясь на физические законы, как и почему будет изменяться скорость пластинки во время ее падения.

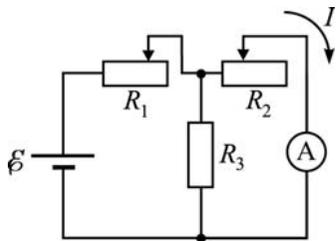


**С2** Два одинаковых груза массой  $M = 100$  г каждый подвешены на концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок с неподвижной осью. На один из них кладут перегрузок массой  $m = 20$  г, после чего система приходит в движение. Найдите модуль силы  $F$ , действующей на ось блока во время движения грузов. Трением пренебречь.

**С3** С одним молем гелия провели процесс, при котором среднеквадратичная скорость атомов гелия выросла в  $n = 2$  раза. В ходе этого процесса средняя кинетическая энергия атомов гелия была пропорциональна объему, занимаемому гелием. Какую работу совершил газ в этом процессе? Считать гелий идеальным газом, а значение среднеквадратичной скорости атомов гелия в начале процесса принять равным  $v_1 = 100$  м/с.

**С4** Два точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находящиеся на расстоянии  $r = 1$  м друг от друга, притягиваются с силой  $F = 1$  Н. Сумма зарядов равна  $Q = 2$  мкКл. Чему равны модули этих зарядов? Ответ округлите до десятых долей мкКл.

**С5** Цепь, схема которой изображена на рисунке, состоит из источника постоянного напряжения с нулевым внутренним сопротивлением, идеального амперметра, резистора с постоянным сопротивлением  $R_3$  и двух реостатов, сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  которых можно изменять. Сопротивления реостатов меняют так, что сумма  $R_1 + R_2$  все время остается неизменной ( $R_1 + R_2 = \text{const}$ ). При этом сила тока  $I$ , текущего через идеальный амперметр А, изменяется. При каком отношении  $\frac{R_2}{R_1}$  сила тока  $I$  будет минимальной?



**С6** На дифракционную решетку с периодом  $d = 2$  мкм нормально падает пучок света, состоящий из фотонов с импульсом  $p = 1,32 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с. Под каким углом  $\varphi$  к направлению падения пучка наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

**Тренировочная работа №2**

**по ФИЗИКЕ**

**10 февраля 2012 года**

**11 класс**

**Вариант 2**

**Район** \_\_\_\_\_

**Город (населенный пункт).** \_\_\_\_\_

**Школа.** \_\_\_\_\_

**Класс** \_\_\_\_\_

**Фамилия** \_\_\_\_\_

**Имя.** \_\_\_\_\_

**Отчество** \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

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

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

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

### Соотношения между различными единицами

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

### Массы частиц

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

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

### 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  $0^\circ\text{C}$

### 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

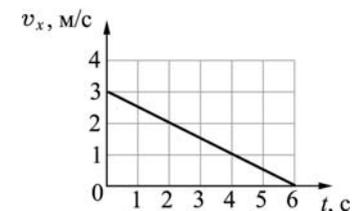
### Часть 1

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

**A1** Тело двигалось в положительном направлении оси  $OX$  в течение 6 с. Среднее ускорение тела за это время составило  $2 \text{ м/с}^2$ . Выберите правильное утверждение.

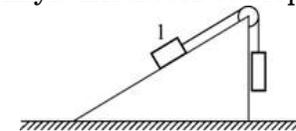
- 1) за 6 с движения тела его скорость изменилась на  $12 \text{ м/с}$
- 2) за 6 с движения тела его скорость изменилась на  $3 \text{ м/с}$
- 3) за шестую секунду движения тела его скорость изменилась на  $2 \text{ м/с}$
- 4) все три приведенных утверждения правильные

**A2** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости  $v_x$  тела на ось  $OX$  от времени  $t$ . Масса тела равна  $4 \text{ кг}$ . Чему равна проекция на ось  $OX$  равнодействующей всех приложенных к телу сил?



- 1)  $-8 \text{ Н}$
- 2)  $-12 \text{ Н}$
- 3)  $-24 \text{ Н}$
- 4)  $-2 \text{ Н}$

**A3** В системе, показанной на рисунке, тело 1 может скользить по закрепленной шероховатой наклонной плоскости. Сила сухого трения, действующая на наклонную плоскость со стороны тела 1,



- 1) направлена вдоль наклонной плоскости вверх
- 2) направлена вдоль наклонной плоскости вниз
- 3) равна нулю
- 4) может быть направлена вдоль наклонной плоскости вверх, направлена вдоль наклонной плоскости вниз, либо равна нулю

**A4** Ученики на уроке последовательно наблюдают два эксперимента:

- 1) тело скользит по шероховатому столу и останавливается;
- 2) тело равномерно движется по окружности.

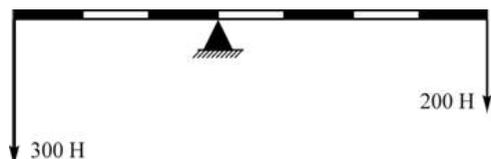
В каком(-их) из этих экспериментов импульс тела изменяется?

- 1) только в первом
- 2) только во втором
- 3) ни в первом, ни во втором
- 4) и в первом, и во втором

**A5** Пружину медленно сжали на 8 см, совершив при этом работу 0,64 Дж. Чему равен коэффициент жесткости пружины?

- 1) 200 Н/м
- 2) 100 Н/м
- 3) 0,01 Н/м
- 4) 0,02 Н/м

**A6** Рычаг изготовлен из легкой доски. Под действием показанных на рисунке сил этот рычаг будет



- 1) находиться в состоянии равновесия
- 2) вращаться против часовой стрелки
- 3) вращаться по часовой стрелке
- 4) колебаться

**A7** По какой причине наблюдается броуновское движение мелких пылинок в жидкости?

- 1) Молекулы жидкости при хаотическом тепловом движении сталкиваются с пылинками и беспорядочно толкают их, сообщая им импульс
- 2) В жидкости существуют упорядоченные потоки, которые и заставляют пылинки двигаться
- 3) Пылинки изначально обладают собственным импульсом, который и наблюдается в опытах
- 4) Броуновское движение обусловлено всеми перечисленными причинами

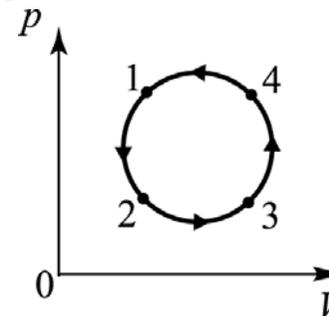
**A8** Два различных идеальных газа в количестве 1 моль каждый находятся в двух разных закрытых сосудах. В таблице приведены давления этих газов и занимаемые ими объемы.

	Давление $p$ , атм.	Объем $V$ , л
Газ 1	4	3
Газ 2	2	5

Из таблицы следует, что

- 1) температура газа 1 больше температуры газа 2
- 2) температура газа 1 меньше температуры газа 2
- 3) температуры газа 1 и газа 2 одинаковы
- 4) нельзя сделать вывод о соотношении температур газа 1 и газа 2

**A9** В циклическом процессе  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$  газ

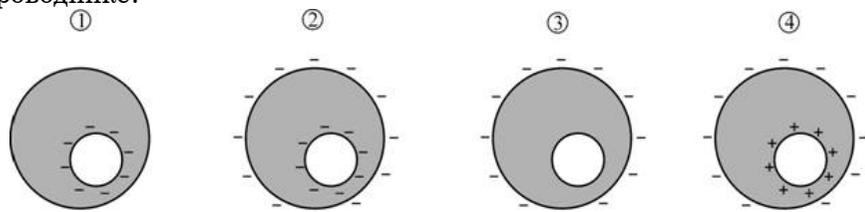


- 1) совершает положительную работу
- 2) совершает отрицательную работу
- 3) не совершает работу
- 4) может совершать как положительную, так и отрицательную работу

**A10** В идеальной тепловой машине заменили рабочее тело, а температуры холодильника и нагревателя оставили неизменными. При этом КПД тепловой машины

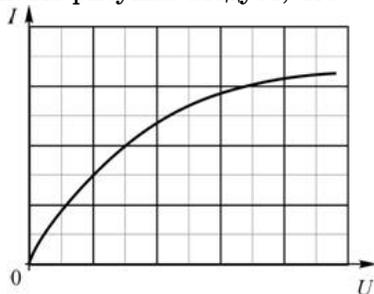
- 1) увеличился
- 2) уменьшился
- 3) не изменился
- 4) мог и увеличиться, и уменьшиться, и остаться неизменным

**A11** Металлическое тело с полостью заряжено отрицательным зарядом. На каком рисунке правильно показано распределение зарядов в проводнике?



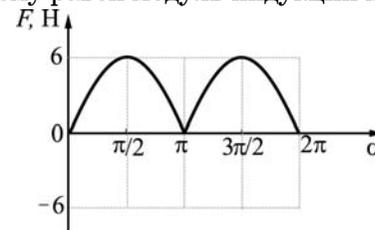
- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4

**A12** Электрическая лампочка подключена к источнику питания, напряжение на клеммах которого можно изменять. На рисунке приведена зависимость силы  $I$  тока, текущего через лампочку, от напряжения  $U$  на ней. Из рисунка следует, что



- 1) сопротивление лампочки растет с ростом напряжения
- 2) сопротивление лампочки уменьшается с ростом напряжения
- 3) сопротивление лампочки не изменяется с ростом напряжения
- 4) невозможно сделать вывод о зависимости сопротивления лампочки от напряжения

**A13** По прямому отрезку провода длиной 2 м течет постоянный ток силой 5 А. Провод находится в однородном магнитном поле. На рисунке показан график зависимости модуля силы Ампера  $F$ , действующей на провод, от угла  $\alpha$ , который провод составляет с линиями индукции магнитного поля. Чему равен модуль индукции магнитного поля?



- 1) 0,4 Тл      2) 0,6 Тл      3) 2,5 Тл      4) 0,25 Тл

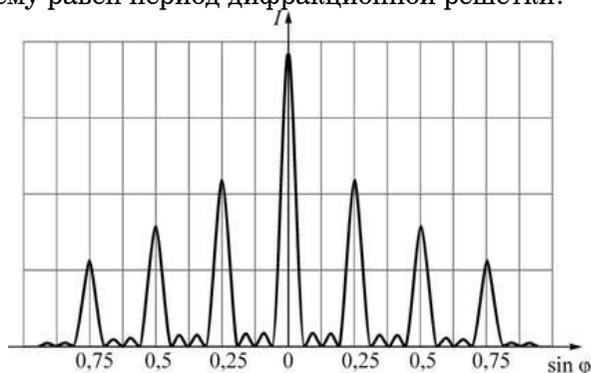
**A14** Лампочка получает энергию от генератора по длинной линии электропередачи. После подключения генератора лампочка загорается спустя время 15 мс. Какова длина линии электропередачи?

- 1) 4500 км      2) 4,5 км      3) 5 км      4) 20 км

**A15** Световой луч, идущий из лазерной указки, в отсутствие непрозрачных препятствий

- 1) всегда распространяется прямолинейно
- 2) всегда распространяется со скоростью, равной скорости света в вакууме
- 3) распространяется прямолинейно в однородной прозрачной среде
- 4) распространяется в однородной прозрачной среде со скоростью, большей скорости света в вакууме

- A16** При нормальном падении монохроматического света с длиной волны 600 нм на дифракционную решетку на экране за решеткой получается распределение интенсивности  $I$  света, показанное на рисунке ( $\varphi$  – угол, под которым свет распространяется после прохождения через решетку). Чему равен период дифракционной решетки?



- 1) 1,2 мкм      2) 4,8 мкм      3) 2,4 мкм      4) 0,8 мкм

- A17** Согласно гипотезе Луи де Бройля, все тела обладают волновыми свойствами. Волновые свойства элементарных частиц можно обнаружить экспериментально благодаря

- 1) их малым размерам      2) их малой массе  
3) их большим импульсам      4) всем перечисленным причинам

- A18** Атом водорода может поглощать фотоны

- 1) с любой длиной волны  
2) с любой длиной волны, меньшей некоторого максимального значения  
3) с любой длиной волны, большей некоторого минимального значения  
4) с некоторыми строго определенными длинами волн

- A19** Согласно современным представлениям, источником энергии Солнца служит

- 1) деление ядер урана  
2) синтез ядер легких химических элементов  
3) химическое окисление урана  
4) одновременное течение всех этих процессов

- A20** Для экспериментального измерения магнитного потока применяется прибор, который называется флюксометр. Основой прибора является жесткая рамка, на которую намотана проволочная катушка с известным числом витков и точно измеренным электрическим сопротивлением. Выводы катушки подсоединены к чувствительному гальванометру, который позволяет измерять заряд, протекающий через катушку при быстром изменении пронизывающего рамку магнитного потока.

Лаборант последовательно провел три измерения потока постоянного однородного магнитного поля соленоида, изменяя магнитный поток через рамку следующими способами:

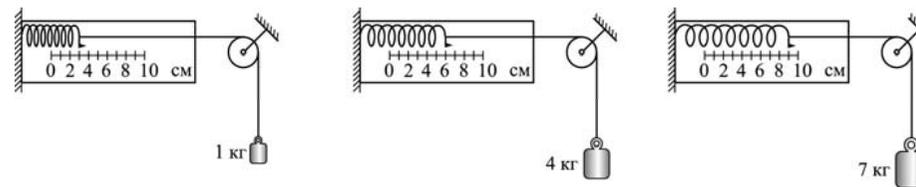
- 1) быстро поворачивая рамку на  $90^\circ$ ;  
2) быстро выключая магнитное поле;  
3) быстро включая магнитное поле.

Какой из этих способов является правильным?

- 1) только первый      2) только второй  
3) только третий      4) правильными являются все три способа

- A21** Для измерения коэффициента жесткости пружины ученик изготовил установку, состоящую из установленного горизонтально динамометра и неподвижного блока. Корпус динамометра был неподвижно закреплен, а к крюку динамометра прикреплялась переброшенная через блок нить, ко второму концу которой можно было прицеплять грузы с разными массами.

На рисунках показаны результаты трех экспериментов, которые провел ученик. Чему равен коэффициент жесткости пружины?



- 1) 400 Н/м      2) 500 Н/м      3) 1000 Н/м      4) 250 Н/м

**Часть 2**

**Ответом к заданиям этой части (В1–В7) является слово (словосочетание), последовательность букв или 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 или букву пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.**

**В1** В вертикальном сосуде под поршнем находятся азот и насыщенный водяной пар, на дне цилиндра имеется вода. Поршень сдвинули вверх, поддерживая температуру содержимого сосуда постоянной. При этом вода на дне сосуда осталась. Как в результате изменятся следующие физические величины: парциальное давление водяных паров, парциальное давление азота, плотность азота?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) парциальное давление водяных паров  
Б) парциальное давление азота  
В) плотность азота

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- 1) увеличится  
2) уменьшится  
3) не изменится

Ответ:

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

**В2**

В результате  $\beta$ -распада из атомного ядра вылетел электрон. Как в результате изменились следующие физические величины: суммарное число протонов и нейтронов в ядре, число нейтронов в ядре, зарядовое число ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось;
- 2) уменьшилось;
- 3) не изменилось.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ****ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- А) суммарное число протонов и нейтронов в ядре  
Б) число нейтронов в ядре  
В) зарядовое число ядра

- 1) увеличилось  
2) уменьшилось  
3) не изменилось

Ответ:

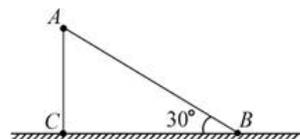
А	Б	В
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



## Часть 3

При выполнении заданий этой части в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A22–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A22** Маленькая шайба соскальзывает без начальной скорости с вершины A гладкого клина ABC, закрепленного на столе. Угол при основании клина равен  $30^\circ$ . Чему равна высота клина AC, если через 0,6 с после начала соскальзывания шайба оказалась на минимальном расстоянии от точки C?



- 1) 1,8 м      2) 3,6 м      3) 0,9 м      4) 3,1 м

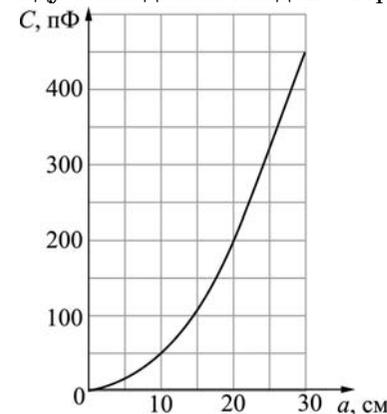
- A23** Давление порции идеального одноатомного газа уменьшили в 5 раз, увеличив при этом объем газа в 2 раза. Как и во сколько раз изменилась в результате внутренняя энергия газа?

- 1) увеличилась в 2,5 раза      2) уменьшилась в 2,5 раза  
3) увеличилась в 10 раз      4) уменьшилась в 10 раз

- A24** Осенним днем при температуре  $+17^\circ\text{C}$  плотность водяных паров, содержащихся в атмосферном воздухе, была равна  $0,006 \text{ кг/м}^3$ . Чему была равна относительная влажность, если давление насыщенных паров воды при данной температуре равно 1940 Па? Пар считать идеальным газом.

- 1)  $\approx 0,6\%$       2)  $\approx 2,4\%$       3)  $\approx 4,9\%$       4)  $\approx 41\%$

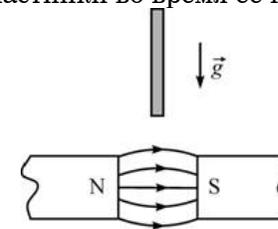
- A25** На рисунке показан построенный на основании экспериментальных данных график зависимости электрической емкости  $C$  плоского конденсатора с обкладками в виде квадратных пластин от длины стороны  $a$  обкладки. Диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами, равна 11,3. Чему равно расстояние между обкладками конденсатора?



- 1) 1 см      2) 2 см      3) 4 см      4) 20 см

Для записи ответов на задания этой части (C1–C6) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (C1, C2 и т.д.), а затем развернутый ответ на него. Ответы записывайте четко и разборчиво. Количество баллов, выставляемых за задания части 3, зависит от полноты и правильности вашего ответа. Оцениваться будет и полный правильный, и частично правильный ответ.

- C1** В зазоре между полюсами электромагнита создано сильное магнитное поле, линии индукции которого практически горизонтальны. Над зазором на некоторой высоте удерживают длинную плоскую медную пластинку, параллельную вертикальным поверхностям полюсов (см. рис.). Затем пластинку отпускают без начальной скорости, и она падает, проходя через зазор между полюсами, не касаясь их. Опишите, опираясь на физические законы, как и почему будет изменяться скорость пластинки во время ее падения.

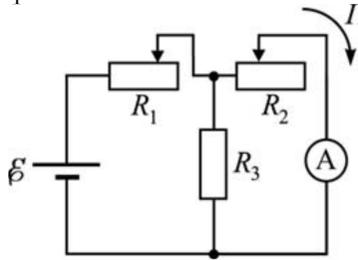


**С2** Два одинаковых груза массой  $M=100$  г каждый подвешены на концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок с неподвижной осью. На один из них кладут перегрузок массой  $m=20$  г., после чего система приходит в движение. Найдите модуль силы  $F$ , действующей на ось блока во время движения грузов. Трением пренебречь.

**С3** С одним молекул гелия провели процесс, при котором среднеквадратичная скорость атомов гелия выросла в  $n = 2$  раза. В ходе этого процесса средняя кинетическая энергия атомов гелия была пропорциональна объему, занимаемому гелием. Какую работу совершил газ в этом процессе? Считать гелий идеальным газом, а значение среднеквадратичной скорости атомов гелия в начале процесса принять равным  $v_1 = 100$  м./с.

**С4** Два точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находящиеся на расстоянии  $r = 1$  м. друг от друга, притягиваются с силой  $F = 1$  Н. Сумма зарядов равна  $Q = 2$  мкКл. Чему равны модули этих зарядов? Ответ округлите до десятых долей мкКл.

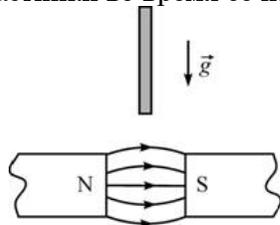
**С5** Цепь, схема которой изображена на рисунке, состоит из источника постоянного напряжения с нулевым внутренним сопротивлением, идеального амперметра, резистора с постоянным сопротивлением  $R_3$  и двух реостатов, сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  которых можно изменять. Сопротивления реостатов меняют так, что сумма  $R_1 + R_2$  все время остается неизменной ( $R_1 + R_2 = const$ ). При этом сила тока  $I$ , текущего через идеальный амперметр  $A$ , изменяется. При каком отношении  $\frac{R_2}{R_1}$  сила тока  $I$  будет минимальной?



**С6** На дифракционную решетку с периодом  $d = 2$  мкм нормально падает пучок света, состоящий из фотонов с импульсом  $p = 1,32 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с. Под каким углом  $\varphi$  к направлению падения пучка наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1** В зазоре между полюсами электромагнита создано сильное магнитное поле, линии индукции которого практически горизонтальны. Над зазором на некоторой высоте удерживают длинную плоскую медную пластинку, параллельную вертикальным поверхностям полюсов (см. рис.). Затем пластинку отпускают без начальной скорости, и она падает, проходя через зазор между полюсами, не касаясь их. Опишите, опираясь на физические законы, как и почему будет изменяться скорость пластинки во время ее падения.



1. Сначала пластинка начинает падать под действием силы тяжести с ускорением свободного падения  $\vec{g}$ , при этом ее скорость увеличивается.
2. Как только нижний край пластинки достигает области между полюсами магнита, в которой существует сильное магнитное поле, магнитный поток через пластинку начинает возрастать, и в ней по закону электромагнитной индукции Фарадея появляются вихревые индукционные токи («токи Фуко»). Эти токи взаимодействуют по закону Ампера с магнитным полем магнита, и, в соответствии с правилом Ленца, появляется сила, тормозящая падение пластинки. Поэтому скорость пластинки начинает уменьшаться.
3. Когда тормозящая сила сравнивается с силой тяжести, то ускорение пластинки становится равным нулю, и пластинка далее падает в зазоре электромагнита с постоянной скоростью.
4. Когда верхний край пластинки достигает верхнего края зазора электромагнита, магнитный поток через пластинку начинает падать, и тормозящая сила уменьшается. При этом в соответствии со вторым законом Ньютона скорость пластинки возрастает, и после ее выхода из магнитного поля продолжается падение с ускорением свободного падения  $\vec{g}$ .

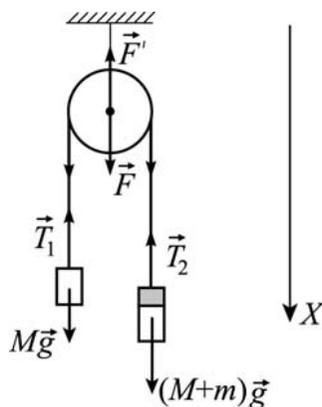
Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п.п. 1–4</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – явление электромагнитной индукции и закон электромагнитной индукции Фарадея, возникновение индукционных токов, закон Ампера, правило Ленца, указание причин появления и последующего исчезновения тормозящей силы).	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.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**C2** Два одинаковых груза массой  $M = 100$  г каждый подвешены на концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок с неподвижной осью. На один из них кладут перегрузок массой  $m = 20$  г, после чего система приходит в движение. Найдите модуль силы  $F$ , действующей на ось блока во время движения грузов. Трением пренебречь.

Запишем, на основании второго закона Ньютона, уравнения движения для обоих грузов (с учетом перегрузка на одном из них) в проекции на вертикальную ось, направленную вниз (см. рис.):

$$Ma_1 = Mg - T_1; \quad (M + m)a_2 = (M + m)g - T_2.$$

Здесь через  $a_1$  и  $a_2$  обозначены проекции ускорений грузов  $M$  и  $(M + m)$  на вертикальную ось, а через  $T_1$  и  $T_2$  – проекции сил натяжения нити на ту же ось.



В силу условия задачи из-за нерастяжимости нити  $a_1 = -a_2 = -a$ , а из-за невесомости блока и нити и отсутствия трения  $T_1 = T_2 = T$ . Кроме того, в силу третьего закона Ньютона  $F = F' = 2T$  (здесь  $F'$  – сила, действующая на блок со стороны его оси).

Из написанных уравнений получаем:

$$a = \frac{m}{m + 2M}g, \quad F = 2T = 2Mg \frac{M + m}{M + m/2}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, имеем:  $F \approx 2,18$  Н.

**Ответ:**  $F = 2Mg \frac{M + m}{M + m/2} \approx 2,18$  Н.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось, кинематическая связь ускорений тел и постоянство силы натяжения вдоль нити при нерастяжимости и невесомости нити, невесомости блока и отсутствии трения, а также третий закон Ньютона);                      II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи);                      III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;                      IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);                      V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <b>один</b> из следующих недостатков.                      Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III и IV – представлены не в полном объеме или отсутствуют.                      ИЛИ                      При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).                      ИЛИ                      при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца                      ИЛИ                      при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	2

Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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. <b>ИЛИ</b> В решении отсутствует <b>ОДНА</b> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
<b>ИЛИ</b> В <b>ОДНОЙ</b> 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.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**СЗ** С одним молекул гелия провели процесс, при котором среднеквадратичная скорость атомов гелия выросла в  $n = 2$  раза. В ходе этого процесса средняя кинетическая энергия атомов гелия была пропорциональна объему, занимаемому гелием. Какую работу совершил газ в этом процессе? Считать гелий идеальным газом, а значение среднеквадратичной скорости атомов гелия в начале процесса принять равным  $v_1 = 100$  м/с.

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа,  $pV = \frac{2}{3}N\langle E_k \rangle$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объем,  $N$  – число молекул газа,  $\langle E_k \rangle$  –

средняя кинетическая энергия молекулы массой  $m$ , равная  $\langle E_k \rangle = \frac{m\langle v^2 \rangle}{2}$ .

По условию в проведенном с газом процессе  $\langle E_k \rangle = a \cdot V$ , где  $a = \text{const}$  – некоторый постоянный коэффициент. Таким образом,

$$pV = \frac{2}{3}N\langle E_k \rangle = \frac{2}{3}Na \cdot V, \text{ или } p = \frac{2}{3}Na = \text{const},$$

то есть процесс являлся изобарическим.

Работа при изобарическом процессе равна  $\Delta A = p\Delta V$ . Подставляя сюда

выражения для  $p = \frac{2}{3}Na$  и для  $\Delta V = \frac{\Delta\langle E_k \rangle}{a} = \frac{m\Delta\langle v^2 \rangle}{2a}$ , получаем с учетом того,

что среднеквадратичная скорость атомов гелия выросла в процессе в  $n$  раз:

$$\Delta A = \frac{1}{3}Nm(\langle v_2^2 \rangle - \langle v_1^2 \rangle) = \frac{1}{3}M(n^2 - 1)v_1^2,$$

где  $M = Nm = 4$  г – масса одного моля гелия.

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем:  $\Delta A = 40$  Дж.

**Ответ:**  $\Delta A = \frac{1}{3}M(n^2 - 1)v_1^2 = 40$  Дж.

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 – основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа, формула для кинетической энергии, выражение для работы газа при изобарическом процессе</i> ); II) 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> ); 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.	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 <b>один</b> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. <b>ИЛИ</b> При <b>ПОЛНОМ</b> правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). <b>ИЛИ</b> при <b>ПОЛНОМ</b> решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца <b>ИЛИ</b> при <b>ПОЛНОМ</b> решении отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.	2

Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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. <b>ИЛИ</b> В решении отсутствует <b>ОДНА</b> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
<b>ИЛИ</b> В <b>ОДНОЙ</b> 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.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**С4** Два точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находящиеся на расстоянии  $r = 1$  м друг от друга, притягиваются с силой  $F = 1$  Н. Сумма зарядов равна  $Q = 2$  мкКл. Чему равны модули этих зарядов? Ответ округлите до десятых долей мкКл.

Поскольку заряды притягиваются, знаки  $q_1$  и  $q_2$  различны. Будем считать, что  $q_1 > 0$ , а  $q_2 < 0$ . Из условия следует, что  $q_1 - |q_2| = Q$ .

Согласно закону Кулона,  $F = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2}$ , где  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$  (Н·м<sup>2</sup>)/Кл<sup>2</sup>.

Из написанных уравнений получаем:

$$q_1 = Q + |q_2|, \quad \frac{Fr^2}{k} = |q_2| \cdot (Q + |q_2|).$$

Таким образом,  $|q_2|^2 + Q|q_2| - \frac{Fr^2}{k} = 0$ .

Отсюда  $|q_2| = -\frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + \frac{Fr^2}{k}}$ , причем перед корнем следует выбрать знак «+», так как  $|q_2| > 0$ .

Окончательно имеем:

$$|q_2| = -\frac{Q}{2} + \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2}, \quad q_1 = Q + |q_2| = \frac{Q}{2} + \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем:

$$|q_1| \approx 11,6 \text{ мкКл}, \quad |q_2| \approx 9,6 \text{ мкКл}.$$

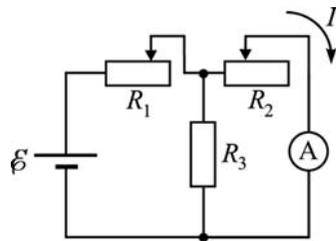
**Ответ:**  $|q_1| = \frac{Q}{2} + \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2} \approx 11,6 \text{ мкКл}$ ,  $|q_2| = -\frac{Q}{2} + \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2} \approx 9,6 \text{ мкКл}$ .

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон Кулона и закон сохранения электрического заряда); 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.	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 <b>один</b> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. <b>ИЛИ</b> 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.). <b>ИЛИ</b> при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца <b>ИЛИ</b> при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.	2

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

**C5**

Цепь, схема которой изображена на рисунке, состоит из источника постоянного напряжения с нулевым внутренним сопротивлением, идеального амперметра, резистора с постоянным сопротивлением  $R_3$  и двух реостатов, сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  которых можно изменять. Сопротивления реостатов меняют так, что сумма  $R_1 + R_2$  все время остается неизменной ( $R_1 + R_2 = \text{const}$ ). При этом сила тока  $I$ , текущего через идеальный амперметр А, изменяется. При каком отношении  $\frac{R_2}{R_1}$  сила тока  $I$  будет минимальной?



Обозначим силу тока, текущего через источник и реостат  $R_1$ , через  $i$ , а через резистор  $R_3$  – через  $I_R$ . Тогда из закона сохранения электрического заряда при постоянном токе следует, что  $i = I_R + I$ .

Поскольку реостат  $R_2$  и резистор  $R_3$  соединены параллельно, а амперметр идеальный, то текущие через них токи обратно пропорциональны их сопротивлениям:  $\frac{I_R}{I} = \frac{R_2}{R_3}$  (закон Ома для участка цепи).

По закону Ома для полной цепи и формулам для сопротивления последовательно и параллельно соединенных резисторов:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

Из записанных уравнений получаем:

$$I_R = \frac{R_2}{R_3} I, \quad \text{и} \quad i = I_R + I = I \left( 1 + \frac{R_2}{R_3} \right) = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

Отсюда с учетом условия, что  $R_1 + R_2 = R = \text{const}$ , имеем:

$$I = \frac{\mathcal{E} R_3}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \frac{\mathcal{E} R_3}{(R_1 + R_2)R_3 + R_1 R_2} = \frac{\mathcal{E} R_3}{R R_3 + R_1(R - R_1)}$$

Сила тока  $I$  будет минимальной, если произведение  $R_1(R - R_1)$  примет максимальное значение, а это будет, очевидно, при  $R_1 = R - R_1 = R_2$ . Таким образом, искомое отношение при минимальной силе тока  $I$  равно  $\frac{R_2}{R_1} = 1$ .

**Ответ:**  $\frac{R_2}{R_1} = 1$ .

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – применен закон сохранения электрического заряда, закон Ома для участка цепи и для полной цепи, формулы для расчета сопротивления последовательно и параллельно соединенных резисторов</i>);                      II) 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>);                      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 <b>один</b> из следующих недостатков.                      Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют.                      ИЛИ                      При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).                      ИЛИ                      при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца                      ИЛИ                      при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.</p>	2

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

**С6**

На дифракционную решетку с периодом  $d = 2$  мкм нормально падает пучок света, состоящий из фотонов с импульсом  $p = 1,32 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с. Под каким углом  $\varphi$  к направлению падения пучка наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

Углы, определяющие направления на дифракционные максимумы, при нормальном падении пучка на решетку удовлетворяют условию  $d \sin \varphi = m \lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны света,  $m = 2$ .

Импульс фотона связан с его длиной волны  $\lambda$  соотношением  $p = \frac{h}{\lambda}$ , где  $h$  – постоянная Планка.

Из записанных соотношений находим:

$$\sin \varphi = \frac{m \lambda}{d} = \frac{m h}{p d} = \frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,32 \cdot 10^{-27}} = 0,5.$$

Таким образом,  $\varphi = \arcsin 0,5 = 30^\circ$ .

**Ответ:**  $\varphi = \arcsin \frac{m h}{p d} = \arcsin 0,5 = 30^\circ$  ( $m = 2$ ).

Указания по оцениванию	Баллы.
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:            I.) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – условие, которому удовлетворяют углы дифракции света при его нормальном падении на дифракционную решетку, а также связь импульса фотона с длиной его волны);            II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи);            III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);            IV.) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <b>один</b> из следующих недостатков            Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют  <b>ИЛИ</b>            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.).  <b>ИЛИ</b>            при ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца  <b>ИЛИ</b>            при ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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.  <b>ИЛИ</b>            В решении отсутствует <b>ОДНА</b> 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  <b>ИЛИ</b>            В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1.
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

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

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

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	311
B2	121

№ задания	Ответ
B3	31
B4	14

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

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

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

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	322
B2	321

№ задания	Ответ
B3	24
B4	42