

Тренировочная работа № 2

по ФИЗИКЕ

5 февраля 2013 года

11 класс

Вариант 1

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности цифр

Часть 3 содержит 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 на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

температура	0 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

Массы частиц

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

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

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 °С

Молярная масса

азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

Часть 1

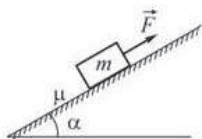
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A21) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A1 Материальная точка движется вдоль оси OX . Её координата x изменяется с течением времени t по закону $x(t) = 3 + 3t - 2t^2$ (все величины заданы в СИ). В момент времени $t = 2$ с проекция скорости материальной точки на ось OX

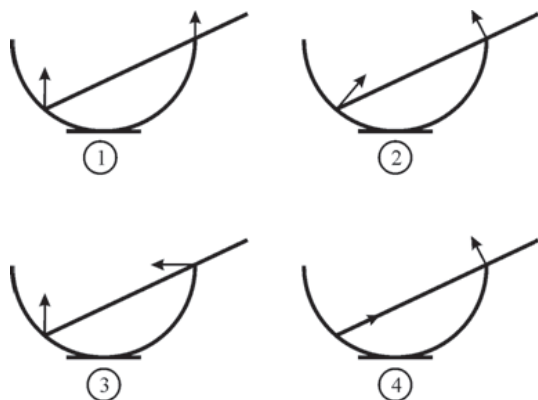
- 1) будет положительной 2) будет отрицательной
3) будет равна нулю 4) может иметь любой знак

A2 Брусok массой m двигают равномерно вверх вдоль наклонной шероховатой плоскости, расположенной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между поверхностью бруска и поверхностью плоскости равен μ . Модуль силы трения, действующей между поверхностью бруска и поверхностью плоскости, равен

- 1) F 2) 0 3) $\mu mg \cos \alpha$ 4) μmg

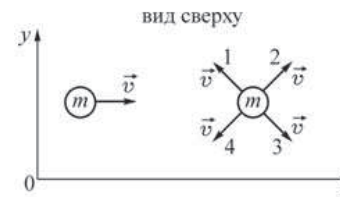


A3 Однородный прямой стержень покоится в гладкой сферической чаше, прикрепленной к полу. На каком рисунке правильно указаны направления обеих сил реакции, действующих со стороны чаши на стержень?



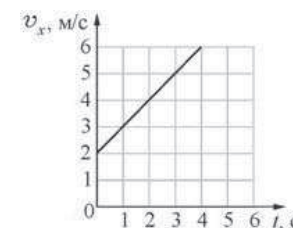
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Два шарика одинаковой массой m движутся с одинаковыми по модулю скоростями вдоль горизонтальной плоскости XY . Известно, что для системы тел, включающей оба шарика, проекция импульса на ось OY больше нуля, а модуль проекции импульса на ось OX больше модуля проекции импульса на ось OY . В этом случае направление скорости второго шарика должно совпадать с направлением, обозначенным цифрой



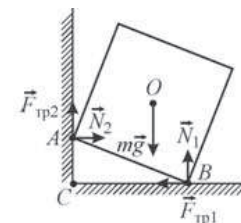
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A5 Тело движется вдоль оси OX под действием силы $F = 2$ Н, направленной вдоль этой оси. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x тела на эту ось от времени t . Какую мощность развивает эта сила в момент времени $t = 3$ с?



- 1) 3 Вт 2) 4 Вт 3) 5 Вт 4) 10 Вт

A6 Однородный сплошной кубик установлен так, что одним своим ребром он опирается на шероховатую поверхность вертикальной стены, а другим ребром – на шероховатый горизонтальный пол. Кубик находится в равновесии. На рисунке показаны силы, которые действуют на кубик. Относительно каких точек, обозначенных на рисунке, момент силы трения $\vec{F}_{тр1}$ кубика о пол равен нулю?

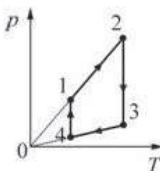


- 1) A 2) A и B 3) B и C 4) O

A7 В учебнике по физике в одном из абзацев написано: «Молекулы считаются материальными точками, которые хаотически движутся и абсолютно упруго соударяются друг с другом и со стенками сосуда. В промежутках между столкновениями молекулы друг с другом и со стенками сосуда не взаимодействуют». Какая физическая модель описывается в этом абзаце учебника?

- 1) монокристаллическое твёрдое тело
2) поликристаллическое твёрдое тело
3) идеальная жидкость
4) идеальный газ

A8 На рисунке изображён циклический процесс для идеального газа. Изохорическому нагреванию газа соответствует участок

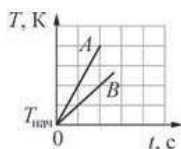


- 1) 1–2 2) 2–3 3) 3–4 4) 4–1

A9 В процессе кипения воды при нормальном давлении её температура

- 1) понижается
2) повышается
3) не изменяется
4) ответ зависит от скорости подвода теплоты к кипящей воде

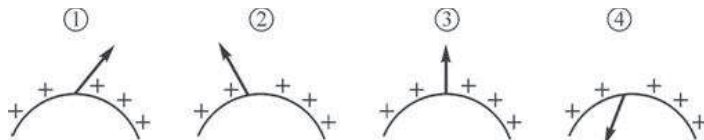
A10 На рисунке изображены графики зависимостей температуры T от времени t для двух твёрдых тел A и B , нагреваемых в двух одинаковых печах. Какое из следующих утверждений справедливо?



- А. Тела A и B могут состоять из одного вещества, но масса тела A в 2 раза меньше массы тела B .
Б. Тела A и B могут иметь одинаковую массу, но удельная теплоёмкость тела A в твёрдом состоянии в 2 раза меньше удельной теплоёмкости тела B в твёрдом состоянии.

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

A11 Металлическое тело заряжено положительным электрическим зарядом. На каком рисунке правильно показано направление вектора напряжённости электростатического поля вблизи поверхности проводника снаружи от тела?

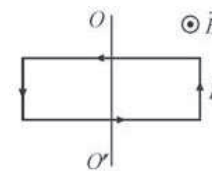


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A12 Резистор с сопротивлением R подключают к источнику тока с ЭДС E_1 и внутренним сопротивлением r_1 . Если подключить этот резистор к источнику тока с ЭДС $E_2 = 2E_1$ и внутренним сопротивлением $r_2 = r_1$, то мощность, выделяющаяся в этом резисторе,

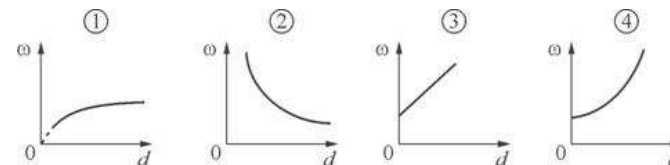
- 1) увеличится в 2 раза 2) увеличится в 4 раза
3) уменьшится в 8 раз 4) не изменится

A13 Прямоугольная рамка расположена в плоскости чертежа и насажена на лежащую в её плоскости ось OO' , как показано на рисунке. По рамке течёт постоянный электрический ток I . Рамка находится в постоянном однородном магнитном поле \vec{B} , направленном так, как показано на рисунке. Действующие на рамку силы Ампера стремятся



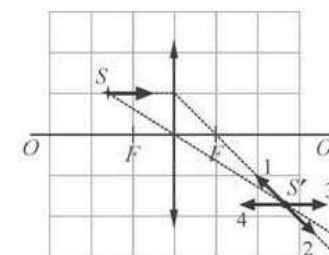
- 1) повернуть рамку вокруг оси OO'
2) растянуть рамку
3) сжать рамку
4) одновременно сжать рамку и повернуть её вокруг оси OO'

A14 Колебательный контур состоит из воздушного плоского конденсатора и катушки индуктивности. Пластины конденсатора начинают медленно раздвигать. Зависимость частоты ω электромагнитных колебаний от расстояния d между пластинами конденсатора в этом колебательном контуре правильно показана на рисунке



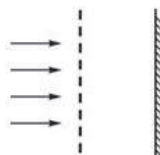
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A15 Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F и точечного источника света S . Источник начинает двигать параллельно главной оптической оси линзы в направлении, показанном стрелкой. В каком из направлений, указанных нумерованными стрелками, начнёт при этом перемещаться изображение S' источника?



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

A16 Оптическая схема представляет собой дифракционную решётку и недалеко расположенный параллельно ей экран. На решётку нормально падает параллельный пучок видимого глазом белого света.



Выберите верное утверждение, если таковое имеется.

А. Данная оптическая схема позволяет наблюдать на экране набор радужных дифракционных полос.

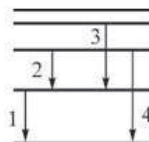
Б. Для того чтобы получить на экране изображение дифракционных максимумов, необходимо установить на пути светового пучка собирающую линзу, в фокальной плоскости которой должна находиться дифракционная решётка.

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

A17 Фотоны могут однозначно характеризоваться

- 1) частотой
2) импульсом
3) энергией
4) любой из трёх перечисленных величин

A18 На рисунке изображена схема электронных переходов между энергетическими уровнями атома, происходящих с излучением фотона. Минимальный импульс имеет фотон, излучаемый при переходе

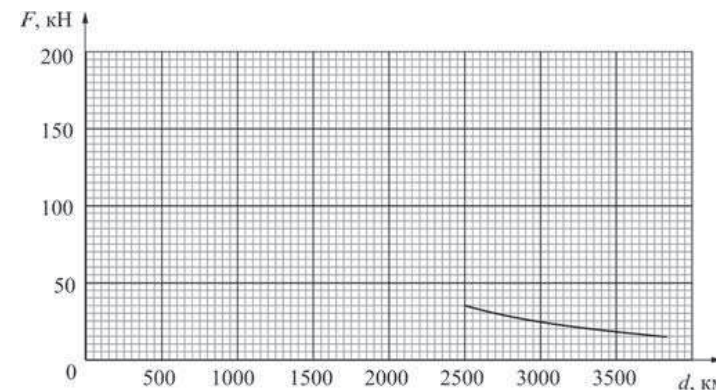


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A19 Одно из следствий закона радиоактивного распада состоит в том, что при радиоактивном распаде ядер за любые равные последовательные промежутки времени

- 1) распадается в среднем одинаковое число ядер
2) среднее число нераспавшихся ядер уменьшается в арифметической прогрессии
3) среднее число нераспавшихся ядер уменьшается в геометрической прогрессии
4) среднее число распавшихся ядер возрастает в арифметической прогрессии

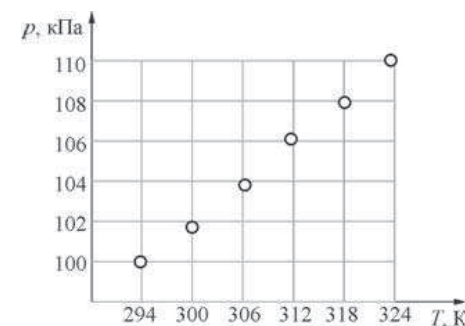
A20 Метеорит массой 10 тонн приближается к сферической планете. Радиус этой планеты $2,5 \cdot 10^6$ м. График зависимости силы F гравитационного взаимодействия планеты с метеоритом от расстояния d между их центрами изображён на рисунке (сплошная линия).



Ускорение свободного падения на поверхности этой планеты примерно равно

- 1) $3,5 \text{ м/с}^2$ 2) 50 м/с^2 3) $0,2 \text{ м/с}^2$ 4) $1,4 \text{ м/с}^2$

A21 Школьник проводил эксперименты по изучению законов идеального газа. Он взял сосуд, имеющий постоянный объём 2 л и снабжённый термометром и манометром. Медленно нагревая воздух в сосуде и записывая показания приборов, он получил зависимость давления p газа от его температуры T . Полученную зависимость школьник оформил в виде точек, нанесённых на pT -диаграмму (см. рисунок). Пользуясь этой диаграммой, найдите, сколько молей воздуха (примерно) содержалось в сосуде.



- 1) $\approx 82 \cdot 10^{-6}$ моль 2) $\approx 0,08$ моль 3) $\approx 12,2$ моль 4) $\approx 22,4$ моль

Часть 2

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

- В1** Радиопередатчик излучает в вакууме гармоническую электромагнитную волну. Если частота излучаемой передатчиком волны увеличится в 2 раза, а амплитуда останется прежней, то как в результате этого изменятся следующие физические величины: скорость распространения волны, длина волны, максимальное значение модуля напряжённости электрического поля волны?

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

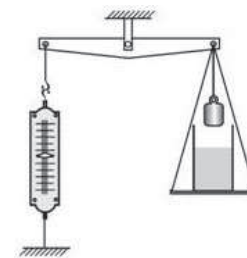
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| А) скорость распространения волны | 1) увеличится |
| Б) длина волны | 2) уменьшится |
| В) максимальное значение модуля напряжённости электрического поля волны | 3) не изменится |

Ответ:

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

- В2** На рычажных весах с помощью динамометра уравновешены груз и банка с водой (см. рисунок). Нить заменяют на более длинную, в результате чего груз оказывается полностью погружённым в жидкость, не касаясь при этом дна сосуда. Как в результате изменяются следующие физические величины: сила натяжения нити, на которой подвешен груз; сила давления жидкости на дно сосуда; удлинение пружины динамометра? 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) сила натяжения нити, на которой подвешен груз | 1) увеличивается |
| Б) сила давления жидкости на дно сосуда | 2) уменьшается |
| В) удлинение пружины динамометра | 3) не изменяется |

Ответ:

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

- В3** Восьмиклассник исследовал процесс протекания постоянного тока через проволоку и установил, что при силе тока через проволоку 0,25 А вольтметр, подсоединённый к её концам, показывает напряжение 3,6 В. Установите соответствие между зависимостями, характеризующими протекание тока через проволоку (см. левый столбец), и уравнениями, выражающими эти зависимости, приведёнными в правом столбце. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЗАВИСИМОСТИ

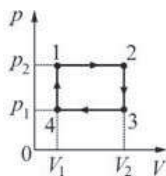
УРАВНЕНИЯ

- | | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| А) зависимость работы постоянного электрического тока от времени | 1) $q = Ft$, где $F = 0,25$ Кл/с |
| Б) зависимость заряда, протекающего через проволоку, от времени | 2) $A = Ct$, где $C = 0,9$ Дж/с |
| | 3) $A = Dt$, где $D = 0,225$ Дж/с |
| | 4) $q = Gt$, где $G = 3,6$ Кл/с |

Ответ:

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

- В4** На рисунке изображён циклический процесс, совершаемый над одноатомным идеальным газом в количестве 1 моль. 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) количество теплоты, поглощаемое газом в процессе изобарического расширения
Б) изменение внутренней энергии газа в процессе изохорического охлаждения

ФОРМУЛЫ

- 1) $p_1(V_2 - V_1)$
2) $\frac{5}{2}p_2(V_2 - V_1)$
3) $\frac{3}{2}V_2(p_1 - p_2)$
4) $V_1(p_2 - p_1)$

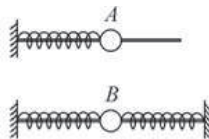
Ответ:

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

Часть 3

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

- А22** Шарик А массой m надет на гладкую спицу и прикреплен к пружине жесткостью k , которая прикреплена другим концом к вертикальной опоре. Шарик В массой $2m$ надет на другую спицу и прикреплен к двум одинаковым пружинам, которые другими концами прикреплены к вертикальным опорам. Какова должна быть жесткость каждой из пружин, прикрепленных к шарiku В, чтобы шарик А и шарик В совершали колебания с одинаковой частотой?

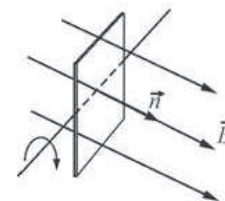


- 1) k 2) $2k$ 3) $\frac{k}{2}$ 4) $\frac{k}{4}$

- А23** В калориметр, удельная теплоёмкость которого пренебрежимо мала, налили 200 г воды при температуре $+5^\circ\text{C}$ и положили туда 100 г льда при температуре -5°C . Что будет находиться в калориметре после установления в нём теплового равновесия?

- 1) вода при температуре выше 0°C
2) вода при температуре 0°C
3) лёд при температуре 0°C
4) смесь воды и льда при температуре 0°C

- А24** Плоская квадратная рамка покоится в однородном магнитном поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны её поверхности. В некоторый момент времени рамку начинают равномерно вращать вокруг оси, лежащей в плоскости рамки, делая 20 оборотов в минуту. Через какой минимальный промежуток времени от начала вращения рамки поток, пронизывающий её поверхность, уменьшится в 2 раза?



- 1) 2 с 2) $\approx 0,9$ с 3) 0,5 с 4) $\approx 0,01$ с

- А25** Две одинаковые звуковые волны частотой 1 кГц распространяются навстречу друг другу. Расстояние между источниками волн очень велико. В точках А и В, расположенных на расстоянии 99 см друг от друга, амплитуда колебаний минимальна. На каком расстоянии от точки А находится ближайшая к ней точка, в которой амплитуда колебаний также минимальна? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

- 1) 16,5 см 2) 66 см 3) 33 см 4) 3 мм

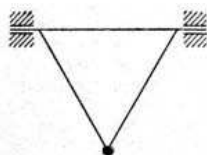
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1.

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

- C1** Грибник ушёл от дороги далеко в лес и заблудился. Компаса у него не было, погода была облачная, солнца не видно, а без ориентации по сторонам света найти дорогу к своему автомобилю было невозможно. Тут он вспомнил, что в кармане у него есть противобликовые автомобильные очки, покрытые поляроидной плёнкой. Он вышел на поляну, достал очки и стал их поворачивать вокруг оптической оси очковых стёкол, глядя сквозь них на небо в разных направлениях. Через небольшое время он смог определить направление на солнце. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, смысл его действий при таком способе ориентирования.
Справка: поляроидная плёнка имеет выделенное направление и пропускает только проекцию вектора напряжённости электромагнитного поля \vec{E} в световой волне на это направление.

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

- C2** Равносторонний треугольник, состоящий из трёх жёстких лёгких стержней, может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из его сторон. В точке пересечения двух других его сторон к треугольнику прикреплён массивный грузик (см. рисунок). Как и во сколько раз изменится период малых колебаний грузика около его положения равновесия, если ось вращения наклонить под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту?



- C3** Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с тёплым телом – окружающей средой, находящейся при температуре $+25^\circ\text{C}$, и холодным телом – температурой -18°C . В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса – работа и количества теплоты – поменяли свои знаки. При этом за счёт работы, совершённой двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а тёплому телу – сообщаться. Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, отведённой от холодного тела, равно 165 кДж? Ответ округлите до целого числа кДж.

- C4** Металлический диск радиусом $r = 10$ см с малым сопротивлением вращается в магнитном поле с индукцией $B = 2$ Тл, перпендикулярной плоскости диска, с угловой скоростью $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$. Через скользящие контакты к середине и к краю диска подключён резистор сопротивлением $R = 1$ кОм, и параллельно ему – конденсатор ёмкостью $C = 1$ мкФ. Каким зарядом Q в установившемся режиме заряжен этот конденсатор?
- C5** Свет с длиной волны $\lambda = 5461$ ангстрем падает нормально на дифракционную решётку. Одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30° , а наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите период данной решётки.
Справка: 1 ангстрем = 10^{-10} м.
- C6** Наше Солнце теряет за счёт излучения света массу, примерно равную $1,39 \cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Марса, то есть среднюю энергию, попадающую за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Марса вне его атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Марса в 1,52 раза больше среднего радиуса орбиты Земли, который составляет около 150 миллионов километров. Ответ выразите в $\text{кВт} / \text{м}^2$.

Тренировочная работа № 2

по ФИЗИКЕ

5 февраля 2013 года

11 класс

Вариант 2

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности цифр

Часть 3 содержит 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 на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

температура	0 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

Массы частиц

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

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

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 °С

Молярная масса

азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

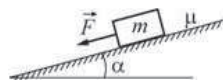
Часть 1

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

- A1** Материальная точка движется вдоль оси OX . Её координата x изменяется с течением времени t по закону $x(t) = 3 - 3t + 2t^2$ (все величины заданы в СИ). В момент времени $t = 2$ с проекция скорости материальной точки на ось OX

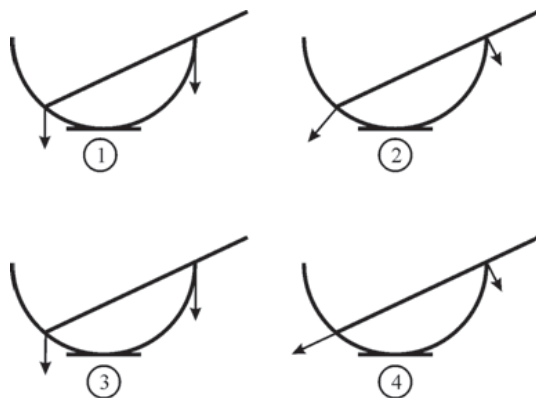
- 1) будет положительной
2) будет отрицательной
3) будет равна нулю
4) может иметь любой знак

- A2** Брусок массой m двигают равномерно вниз вдоль наклонной шероховатой плоскости, расположенной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между поверхностью бруска и поверхностью плоскости равен μ . Модуль силы трения, действующей между поверхностью бруска и поверхностью плоскости, равен



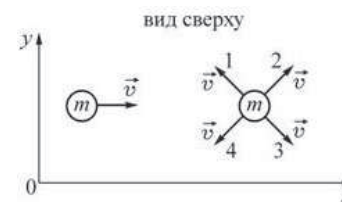
- 1) F
2) 0
3) $F - \mu mg \sin \alpha$
4) $\mu mg \cos \alpha$

- A3** Однородный прямой стержень покоится в гладкой сферической чаше, прикреплённой к полу. На каком рисунке правильно указаны направления обеих сил реакции, действующих со стороны стержня на чашу?



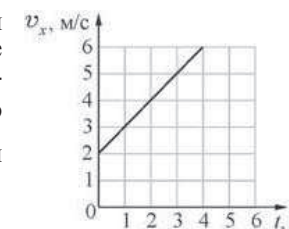
- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

- A4** Два шарика одинаковой массой m движутся с одинаковыми по модулю скоростями вдоль горизонтальной плоскости XY . Известно, что для системы тел, включающей оба шарика, проекция импульса на ось OY меньше нуля, а модуль проекции импульса на ось OX больше модуля проекции импульса на ось OY . В этом случае направление скорости второго шарика должно совпадать с направлением, обозначенным цифрой



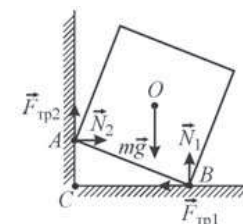
- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

- A5** Тело движется вдоль оси OX под действием силы $F = 2$ Н, направленной вдоль этой оси. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x тела на эту ось от времени t . Какую мощность развивает эта сила в момент времени $t = 4$ с?



- 1) 4 Вт
2) 8 Вт
3) 10 Вт
4) 12 Вт

- A6** Однородный сплошной кубик установлен так, что одним своим ребром он опирается на шероховатую поверхность вертикальной стены, а другим ребром – на шероховатый горизонтальный пол. Кубик находится в равновесии. На рисунке показаны силы, которые действуют на кубик. Относительно каких точек, обозначенных на рисунке, момент силы трения $\vec{F}_{тр2}$ кубика о стену равен нулю?

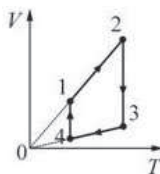


- 1) A
2) A и C
3) B и C
4) O

- A7** В учебнике по физике в одном из абзацев написано: «Будем считать, что молекулы удовлетворяют следующим требованиям: 1) их можно считать материальными точками; 2) они хаотически движутся, а при столкновении с другими молекулами или со стенками сосуда ведут себя как абсолютно упругие шары; 3) в промежутках между столкновениями с другими молекулами и со стенками сосуда они движутся равномерно и прямолинейно». Какая физическая модель описывается в этом абзаце учебника?

- 1) монокристаллическое твёрдое тело
2) поликристаллическое твёрдое тело
3) идеальная жидкость
4) идеальный газ

A8 На рисунке изображён циклический процесс для идеального газа. Изобарическому сжатию газа соответствует участок

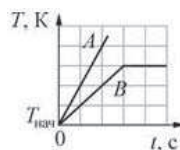


- 1) 1–2 2) 2–3 3) 3–4 4) 4–1

A9 В процессе кристаллизации воды при нормальном давлении её температура

- 1) понижается
2) повышается
3) не изменяется
4) ответ зависит от скорости отвода теплоты от замерзающей воды

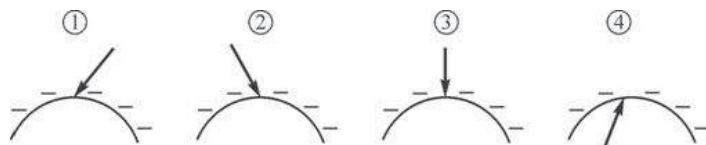
A10 На рисунке изображены графики зависимостей температуры T от времени t для двух твёрдых тел A и B , нагреваемых в двух одинаковых печах. Какое из следующих утверждений справедливо?



- А. Тела A и B могут состоять из одного вещества, но масса тела A в 2 раза больше массы тела B .
Б. Тела A и B могут иметь одинаковую массу, но удельная теплоёмкость тела A в твёрдом состоянии в 2 раза меньше удельной теплоёмкости тела B в твёрдом состоянии.

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

A11 Металлическое тело заряжено отрицательным электрическим зарядом. На каком рисунке правильно показано направление вектора напряжённости электростатического поля вблизи поверхности проводника снаружи от тела?

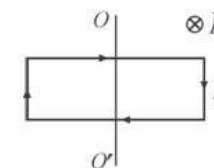


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A12 Резистор с сопротивлением R подключают к источнику тока с ЭДС E_1 и внутренним сопротивлением $r_1 = \frac{R}{3}$. Если подключить этот резистор к источнику тока с ЭДС $E_2 = E_1$ и $r_2 = 3r_1$, то мощность, выделяющаяся в этом резисторе,

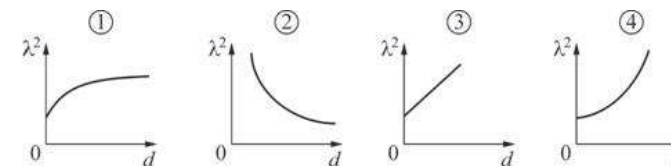
- 1) уменьшится в 1,25 раза 2) увеличится в 4 раза
3) уменьшится в 2,25 раз 4) не изменится

A13 Прямоугольная рамка расположена в плоскости чертежа и насажена на лежащую в её плоскости ось OO' , как показано на рисунке. По рамке течёт постоянный электрический ток I . Рамка находится в постоянном однородном магнитном поле \vec{B} , направленном так, как показано на рисунке. Действующие на рамку силы Ампера стремятся



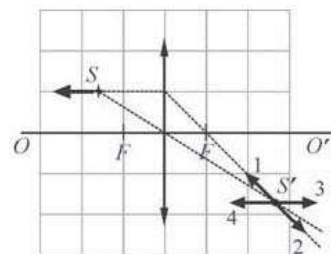
- 1) повернуть рамку вокруг оси OO'
2) растянуть рамку
3) сжать рамку
4) одновременно сжать рамку и повернуть её вокруг оси OO'

A14 Колебательный контур состоит из воздушного плоского конденсатора и катушки индуктивности. Пластины конденсатора начинают медленно раздвигать. Зависимость квадрата длины волны λ^2 электромагнитных колебаний от расстояния d между пластинами конденсатора в этом колебательном контуре правильно показана на рисунке



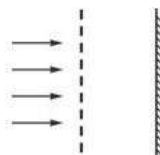
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

- A15** Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F и точечного источника света S . Источник начинают двигать параллельно главной оптической оси линзы в направлении, показанном стрелкой. В каком из направлений, указанных номеррованными стрелками, начнёт при этом перемещаться изображение S' источника?



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

- A16** Оптическая схема представляет собой дифракционную решётку и недалеко расположенный параллельно ей экран. На решётку нормально падает параллельный пучок видимого глазом белого света.



Выберите верное утверждение, если таковое имеется.

А. Данная оптическая схема позволяет наблюдать на экране набор радужных дифракционных полос.

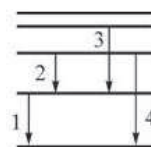
Б. Для того чтобы получить на экране изображение дифракционных максимумов, необходимо установить за решёткой собирающую линзу, в фокальной плоскости которой должен находиться экран.

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

- A17** Фотоны не могут характеризоваться

- 1) энергией 2) импульсом 3) частотой 4) размером

- A18** На рисунке изображена схема электронных переходов между энергетическими уровнями атома, происходящих с излучением фотона. Максимальный импульс имеет фотон, излучаемый при переходе

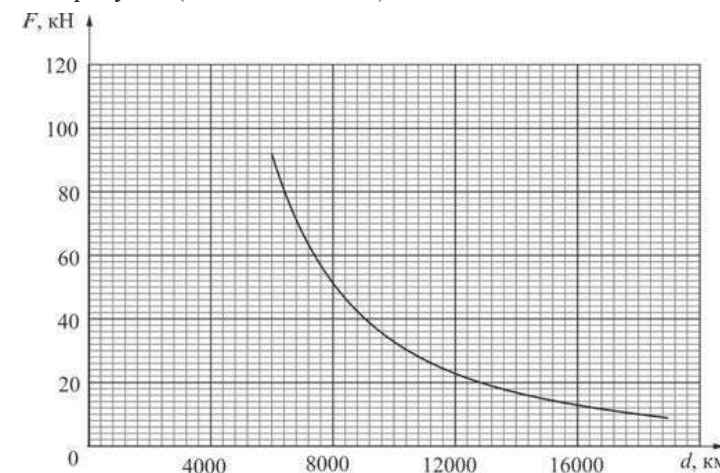


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

- A19** Одно из следствий закона радиоактивного распада состоит в том, что при радиоактивном распаде ядер за любые равные последовательные промежутки времени

- 1) распадается строго одинаковое число ядер
- 2) среднее число распавшихся ядер возрастает в геометрической прогрессии
- 3) среднее число нераспавшихся ядер уменьшается в геометрической прогрессии
- 4) среднее число распавшихся ядер возрастает в арифметической прогрессии

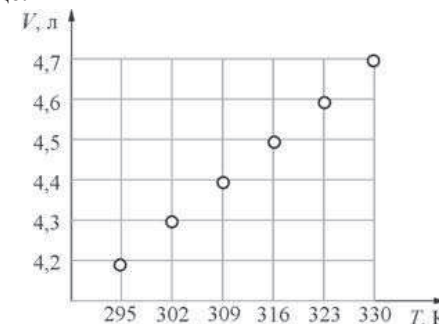
- A20** Метеорит массой 10 тонн приближается к сферической планете. Радиус этой планеты $6 \cdot 10^6$ м. График зависимости силы F гравитационного взаимодействия планеты с метеоритом от расстояния d между их центрами изображён на рисунке (сплошная линия).



Ускорение свободного падения на поверхности этой планеты примерно равно

- 1) $9,2 \text{ м/с}^2$ 2) $0,6 \text{ м/с}^2$ 3) $0,02 \text{ м/с}^2$ 4) 92 м/с^2

- A21** Школьник проводил эксперименты по изучению законов идеального газа. Он взял снабжённый термометром сосуд, объём которого можно известным образом изменять при постоянном атмосферном давлении 99,5 кПа. Медленно нагревая воздух в сосуде и записывая показания приборов, он получил зависимость объёма V газа от его температуры T . Полученную зависимость школьник оформил в виде точек, нанесённых на V/T -диаграмму (см. рисунок). Пользуясь этой диаграммой, найдите, сколько молей воздуха (примерно) содержалось в сосуде.



- 1) $\approx 0,17$ моль 2) $\approx 5,8$ моль 3) $\approx 22,4$ моль 4) ≈ 171 моль

Часть 2

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

В1 Радиопередатчик излучает в вакууме гармоническую электромагнитную волну. Если частота излучаемой передатчиком волны уменьшится в 2 раза, а амплитуда останется прежней, то как в результате этого изменятся следующие физические величины: скорость распространения волны, длина волны, максимальное значение модуля индукции магнитного поля волны? 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.

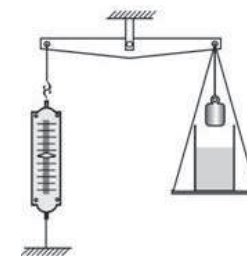
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| А) скорость распространения волны | 1) увеличится |
| Б) длина волны | 2) уменьшится |
| В) максимальное значение модуля индукции магнитного поля волны | 3) не изменится |

Ответ:

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

В2 На рычажных весах с помощью динамометра уравновешены груз и банка с водой (см. рисунок). Перерезав нить, груз кладут на дно сосуда. Как в результате изменяются следующие физические величины: сила давления жидкости на дно сосуда, вес груза, удлинение пружины динамометра? 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 ВЕЛИЧИНЫИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|-----------------------------------------|------------------|
| А) сила давления жидкости на дно сосуда | 1) увеличивается |
| Б) вес груза | 2) уменьшается |
| В) удлинение пружины динамометра | 3) не изменяется |

Ответ:

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

В3 Девятиклассник исследовал процесс протекания постоянного тока через проволоку и установил, что при силе тока через проволоку 0,5 А вольтметр, подсоединённый к её концам, показывает напряжение 4,2 В. Установите соответствие между зависимостями, характеризующими протекание тока через проволоку (см. левый столбец), и уравнениями, выражающими эти зависимости, приведёнными в правом столбце. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

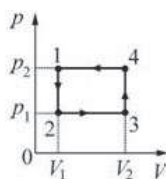
ЗАВИСИМОСТИУРАВНЕНИЯ

- | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| А) зависимость заряда, протекающего через проволоку, от времени | 1) $q = Ft$, где $F = 4,2$ Кл/с |
| Б) зависимость работы постоянного электрического тока от времени | 2) $A = Ct$, где $C = 1,05$ Дж/с |
| | 3) $A = Dt$, где $D = 2,1$ Дж/с |
| | 4) $q = Gt$, где $G = 0,5$ Кл/с |

Ответ:

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

- В4** На рисунке изображён циклический процесс, совершаемый над одноатомным идеальным газом в количестве 1 моль. 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) количество теплоты, поглощаемое газом в процессе изобарического расширения
Б) изменение внутренней энергии газа в процессе изохорического охлаждения

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1)$
2) $p_2(V_2 - V_1)$
3) $V_2(p_1 - p_2)$
4) $\frac{3}{2}V_1(p_1 - p_2)$

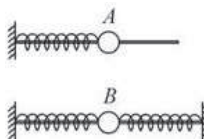
Ответ:

А	Б

Часть 3

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

- А22** Шарик *A* массой *m* надет на гладкую спицу и прикреплен к пружине жесткостью *k*, которая прикреплена другим концом к вертикальной опоре. Шарик *B* надет на другую гладкую спицу и прикреплен к двум одинаковым пружинам жесткостью *k* каждая, которые другими концами прикреплены к вертикальным опорам. Какова должна быть масса шарика *B*, чтобы шарик *A* и шарик *B* совершали колебания с одинаковой частотой?

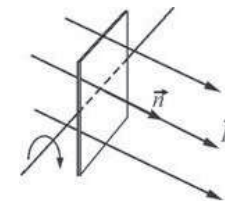


- 1) *m* 2) $\frac{m}{2}$ 3) $2m$ 4) $4m$

- А23** В калориметр, удельная теплоёмкость которого пренебрежимо мала, налили 150 г воды при температуре +3 °С и положили туда 50 г льда при температуре –3 °С. Что будет находиться в калориметре после установления в нём теплового равновесия?

- 1) вода при температуре выше 0 °С
2) вода при температуре 0 °С
3) лёд при температуре 0 °С
4) смесь воды и льда при температуре 0 °С

- А24** Плоская квадратная рамка покоится в однородном магнитном поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны её поверхности. В некоторый момент времени рамку начинают равномерно вращать вокруг оси, лежащей в плоскости рамки. Через 0,5 секунды после начала вращения поток, пронизывающий её поверхность, уменьшился в 2 раза. Определите частоту вращения рамки.



- 1) 20 об/мин 2) 20 об/с 3) 0,5 об/мин 4) 0,5 об/с

- А25** Две одинаковые звуковые волны частотой 1 кГц, имеющие постоянную нулевую разность фаз, распространяются навстречу друг другу. Расстояние между источниками волн очень велико. В точках *A* и *B*, расположенных на расстоянии 99 см друг от друга, амплитуда колебаний максимальна. На каком расстоянии от точки *A* находится ближайшая к ней точка, в которой амплитуда колебаний также максимальна? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

- 1) 16,5 см 2) 66 см 3) 33 см 4) 3 мм

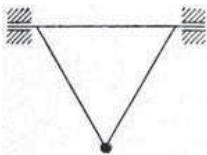
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов №1.

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

- C1** Грибник ушёл от дороги далеко в лес и заблудился. Компаса у него не было, погода была облачная, солнца не видно, а без ориентации по сторонам света найти дорогу к своему автомобилю было невозможно. В кармане у него были противобликовые автомобильные очки, покрытые поляроидной плёнкой. Он вышел на поляну, достал очки и стал их поворачивать вокруг оптической оси очковых стёкол, глядя сквозь них на небо в разных направлениях. Оказалось, что в одном из направлений интенсивность света, прошедшего через очки от облачного неба, сильно меняется, а в другом, перпендикулярном первому, не меняется. Помог ли грибнику этот факт сориентироваться? Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, смысл его действий и укажите направление на Солнце.
Справка: поляроидная плёнка имеет выделенное направление и пропускает только проекцию вектора напряжённости электромагнитного поля \vec{E} в световой волне на это направление.

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

- C2** Равносторонний треугольник, состоящий из трех жёстких лёгких стержней, может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из его сторон. В точке пересечения двух других его сторон к треугольнику прикреплен массивный грузик (см. рисунок). Как и во сколько раз изменится период малых колебаний грузика около его положения равновесия, если ось вращения наклонить под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту?



- C3** Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с тёплым телом – окружающей средой, находящейся при температуре $+25^\circ\text{C}$, и холодным телом с температурой -18°C . В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса – работа и количества теплоты – поменяли свои знаки. При этом за счёт работы, совершённой двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а тёплому телу – сообщаться. Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, сообщённой тёплому телу, равно 193 кДж ? Ответ округлите до целого числа кДж.

- C4** Металлический диск радиусом $r = 10\text{ см}$ с малым сопротивлением вращается в магнитном поле с индукцией $B = 1\text{ Тл}$, перпендикулярной плоскости диска, с угловой скоростью $\omega = 100\text{ с}^{-1}$. Через скользящие контакты к середине и к краю диска подключён резистор сопротивлением $R = 10\text{ кОм}$, и последовательно с ним – конденсатор ёмкостью $C = 3\text{ мкФ}$. Каким зарядом Q в установившемся режиме заряжен этот конденсатор?

- C5** Свет с неизвестной длиной волны падает нормально на дифракционную решётку с периодом $d = 4\text{ мкм}$, и одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30° . При этом наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите длину волны λ света, падающего на решётку, и выразите его в ангстремах.

Справка: $1\text{ ангстрем} = 10^{-10}\text{ м}$.

- C6** Наше Солнце теряет за счёт излучения света массу, примерно равную $1,39 \cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Венеры, то есть среднюю энергию, попадающую за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Венеры вне её атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Венеры составляет $0,72$ от среднего радиуса орбиты Земли, который примерно равен 150 миллионам километров. Ответ выразите в кВт/м^2 .

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

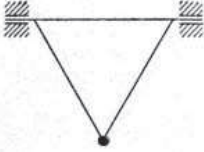
C1 Грибник ушёл от дороги далеко в лес и заблудился. Компаса у него не было, погода была облачная, солнца не видно, а без ориентации по сторонам света найти дорогу к своему автомобилю было невозможно. Тут он вспомнил, что в кармане у него есть противобликовые автомобильные очки, покрытые поляроидной плёнкой. Он вышел на поляну, достал очки и стал их поворачивать вокруг оптической оси очковых стёкол, глядя сквозь них на небо в разных направлениях. Через небольшое время он смог определить направление на солнце.
Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, смысл его действий при таком способе ориентирования.
Справка: поляроидная плёнка имеет выделенное направление и пропускает только проекцию вектора напряжённости электромагнитного поля \vec{E} в световой волне на это направление.

Возможное решение
1. Электромагнитные волны (свет от солнца) являются поперечными волнами, в которых векторы напряжённости \vec{E} электрического и индукции \vec{B} магнитного полей направлены взаимно перпендикулярно и перпендикулярно направлению распространения этих волн. 2. При облачной погоде до грибника на поляне доходит не прямой свет от солнца, а свет, прошедший через облака и сохраняющий поляризацию света от солнца. 3. Если смотреть в направлении солнца, то свет от облаков, как и свет солнца, не имеет выделенного направления светового вектора \vec{E} , то есть не поляризован. 4. В направлении, перпендикулярном направлению на солнце, прошедший через облака солнечный свет наиболее поляризован, так как векторы \vec{E} и \vec{B} лежат в плоскости, перпендикулярной лучу света от солнца и проходящей через луч зрения. 5. Вращая очки (то есть поляроидную пленку) вокруг их оптической оси, можно заметить, в каком направлении интенсивность пропущенного ими света сильнее всего меняется, – это будет направление, перпендикулярное лучам света от солнца.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – использование свойства поперечности электромагнитных волн и пропускания поляроидной плёнкой только одного направления вектора напряжённости \vec{E}).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2

Равносторонний треугольник, состоящий из трёх жёстких лёгких стержней, может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из его сторон. В точке пересечения двух других его сторон к треугольнику прикреплён массивный грузик (см. рисунок). Как и во сколько раз изменится период малых колебаний грузика около его положения равновесия, если ось вращения наклонить под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту?



Возможное решение
Обозначим расстояние от оси вращения треугольника до грузика через l . Тогда период колебаний при горизонтальном положении оси равен, очевидно, $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
После наклона оси на угол α возвращающая сила при отклонении треугольника от положения равновесия уменьшится: составляющая силы тяжести вдоль оси, равная $mg\sin\alpha$ (здесь m – масса грузика), будет компенсироваться силами реакции со стороны подшипников, в которых закреплена эта ось, а в направлении, перпендикулярном оси, будет действовать эффективная «сила тяжести», равная $mg\cos\alpha$. Поэтому период малых колебаний грузика при наклонённой оси будет равен $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g\cos\alpha}}$.
Таким образом, период колебаний увеличится в $n = \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{\sqrt{\cos\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{0,5}} = \sqrt{2} \approx 1,41$ раз.
Ответ: период колебаний увеличится в $n = \sqrt{2} \approx 1,41$ раз.

Критерии оценки выполнения задания	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 – выражение для периода малых колебаний математического маятника и разложение силы тяжести на две составляющие); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3 Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с тёплым телом – окружающей средой, находящейся при температуре $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, и холодным телом с температурой $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса – работа и количества теплоты – поменяли свои знаки. При этом за счёт работы, совершённой двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а тёплому телу – сообщаться. Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, отведённой от холодного тела, равно 165 кДж ? Ответ округлите до целого числа кДж.

Возможное решение

КПД идеальной тепловой машины равен отношению совершённой работы A к затраченному количеству теплоты Q^+ : $\eta = \frac{A}{Q^+} = 1 - \frac{T_x}{T_n}$, где T_n и T_x – температуры «нагревателя» (тёплого тела) и «холодильника» (холодного тела), с которыми обменивается теплотой рабочее вещество цикла. Количество теплоты, которое при этом отдаётся холодильнику, равно $Q^- = Q^+ - A = \frac{T_x}{T_n - T_x} \cdot A$.

При работе идеальной тепловой машины в обратном направлении от холодного тела отнимается количество теплоты Q^- за счёт работы A , совершаемой над рабочим веществом цикла, и тёплому телу, которым в данном случае является окружающая среда, отдаётся количество теплоты $Q^+ = Q^- + A$, причём все соотношения количеств теплоты, работы и температур остаются такими же, как при работе идеальной тепловой машины в прямом направлении.

Поэтому $Q^- = 165\text{ кДж}$, $T_n = 298\text{ К}$, $T_x = 255\text{ К}$

$$\text{и } A = \frac{T_n - T_x}{T_x} \cdot Q^- = \frac{43}{255} \cdot 165 \approx 28\text{ кДж}.$$

Ответ: 28 кДж.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – правильно записано выражение для КПД идеальной тепловой машины, и использовано условие равенства соответствующих компонент теплообмена для обратного и прямого циклов);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C4 Металлический диск радиусом $r = 10$ см с малым сопротивлением вращается в магнитном поле с индукцией $B = 2$ Тл, перпендикулярной плоскости диска, с угловой скоростью $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$. Через скользящие контакты к середине и к краю диска подключён резистор сопротивлением $R = 1$ кОм, и параллельно ему – конденсатор ёмкостью $C = 1$ мкФ. Каким зарядом Q в установившемся режиме заряжен этот конденсатор?

Возможное решение
Согласно закону электромагнитной индукции между центром и краем диска при условиях задачи возникает ЭДС индукции, по модулю равная $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$, где изменение потока $\Delta\Phi$ определяется площадью ΔS , «заметаемой» при вращении радиусом диска r за промежуток времени Δt . Эта площадь равна $\Delta S = \frac{1}{2} \cdot r \cdot r \Delta\phi$, где угол поворота диска за время Δt равен $\Delta\phi = \omega \Delta t$. ЭДС индукции равна, таким образом, $E = \frac{Br^2\omega}{2}$, через резистор по закону Ома для участка цепи будет течь ток $I = \frac{E}{R} = \frac{Br^2\omega}{2R}$, а конденсатор будет заряжен до напряжения $U = IR = E = \frac{Br^2\omega}{2}$. Окончательно получаем, что заряд на конденсаторе, согласно формуле для связи заряда и напряжения на конденсаторе, будет равен $Q = CU = \frac{CBr^2\omega}{2} = \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 300}{2} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 3 \text{ мкКл}$. Ответ: $Q = \frac{CBr^2\omega}{2} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 3 \text{ мкКл}$.

Критерии оценки выполнения задания	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 электромагнитной индукции, закон Ома для участка цепи и связь заряда и напряжения на конденсаторе); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C5 Свет с длиной волны $\lambda = 5461$ ангстрем падает нормально на дифракционную решётку. Одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30° , а наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите период данной решётки.

Справка: $1 \text{ ангстрем} = 10^{-10} \text{ м}$.

Возможное решение

Условие наблюдения главных максимумов для дифракционной решётки имеет вид $d \sin \varphi = m \lambda$. В данной задаче неизвестному порядку m главного максимума соответствует угол дифракции $\varphi = 30^\circ$, так что $m = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}$, где период решётки d неизвестен, а m – целое число.

Наибольший порядок $m_{\max} = 5$ наблюдаемого спектра соответствует углу дифракции $\varphi_{\max} \leq 90^\circ$, так что период решётки равен $d = \frac{5\lambda}{\sin \varphi_m} \geq 5\lambda$.

Подставляя это значение периода в формулу для порядка дифракционного максимума, получаем $m = \frac{d \sin \varphi}{\lambda} \geq \frac{5\lambda \sin \varphi}{\lambda} = 5 \cdot \sin 30^\circ = 2,5$. Ближайшее целое число, большее этого значения, равно 3, поэтому период решётки равен

$$d = \frac{3\lambda}{\sin 30^\circ} = \frac{3 \cdot 5461 \cdot 10^{-10}}{0,5} \text{ м} = 3,2766 \cdot 10^{-6} \text{ м} \approx 3,3 \text{ мкм}.$$

Ответ: $d = \frac{3\lambda}{\sin 30^\circ} \approx 3,3 \text{ мкм}.$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – условие наблюдения главных максимумов для дифракционной решётки и анализ возможных значений порядка известного максимума); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С6 Наше Солнце теряет за счёт излучения света массу, примерно равную $1,39 \cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Марса, то есть среднюю энергию, падающую за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Марса вне его атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Марса в 1,52 раза больше среднего радиуса орбиты Земли, который составляет около 150 миллионов километров. Ответ выразите в $\text{кВт} / \text{м}^2$.

Возможное решение
Энергия, излучаемая Солнцем во все стороны за год, согласно формуле Эйнштейна для связи массы и энергии равна $E = mc^2$ (здесь m – потери массы за год, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м / с}$ – скорость света в вакууме). За секунду Солнце излучает энергию $\frac{E}{T} = 1,39 \cdot 10^{17} \cdot 9 \cdot 10^{16} : (86400 \cdot 365) \text{ Дж / с} \approx 3,967 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ (здесь T – длительность земного года в секундах). Эта энергия распределяется по сфере площадью $4\pi(R_M)^2 = 4\pi(1,52R_3)^2 \approx 6,53 \cdot 10^{23} \text{ м}^2$ (здесь R_M и R_3 – радиусы орбит Марса и Земли). Таким образом, солнечная постоянная, то есть энергия, падающая за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Марса вне его атмосферы равна $C = \frac{mc^2}{T \cdot 4\pi R_M^2} \approx \frac{3,967 \cdot 10^{26}}{6,53 \cdot 10^{23}} \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \approx 0,6075 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \approx 0,6 \text{ кВт/м}^2$. Ответ: $C \approx 0,6 \text{ кВт} / \text{м}^2$.

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

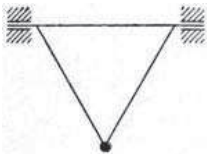
Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Грибник ушёл от дороги далеко в лес и заблудился. Компаса у него не было, погода была облачная, солнца не видно, а без ориентации по сторонам света найти дорогу к своему автомобилю было невозможно. В кармане у него были противобликовые автомобильные очки, покрытые поляроидной плёнкой. Он вышел на поляну, достал очки и стал их поворачивать вокруг оптической оси очковых стёкол, глядя сквозь них на небо в разных направлениях. Оказалось, что в одном из направлений интенсивность света, прошедшего через очки от облачного неба, сильно меняется, а в другом, перпендикулярном первому, не меняется. Помог ли грибнику этот факт сориентироваться? Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, смысл его действий и укажите направление на Солнце.
Справка: поляроидная плёнка имеет выделенное направление и пропускает только проекцию вектора напряжённости электромагнитного поля \vec{E} в световой волне на это направление.

Возможное решение
1. Электромагнитные волны (свет от солнца) являются поперечными волнами, в которых векторы напряжённости \vec{E} электрического и индукции \vec{B} магнитного полей направлены взаимно перпендикулярно и перпендикулярно направлению распространения этих волн. 2. При облачной погоде до грибника на поляне доходит не прямой свет от солнца, а свет, прошедший через облака и сохраняющий поляризацию света от солнца. 3. Если смотреть в направлении солнца, то свет от облаков, как и свет солнца, не имеет выделенного направления светового вектора \vec{E} , то есть не поляризован. 4. В направлении, перпендикулярном направлению на солнце, прошедший через облака солнечный свет наиболее поляризован, так как векторы \vec{E} и \vec{B} лежат в плоскости, перпендикулярной лучу света от солнца и проходящей через луч зрения. 5. Вращая очки (то есть поляроидную плёнку) вокруг их оптической оси, грибник заметил, в каком направлении интенсивность пропущенного ими света сильнее всего менялась – это было направление, перпендикулярное лучам света от солнца. В направлении, перпендикулярном первому, интенсивность прошедшего света не менялась – это и было направление на солнце.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – использование свойства поперечности электромагнитных волн и пропускания поляроидной плёнкой только одного направления вектора напряжённости \vec{E}).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 Равносторонний треугольник, состоящий из трех жёстких лёгких стержней, может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из его сторон. В точке пересечения двух других его сторон к треугольнику прикреплён массивный грузик (см. рисунок). Как и во сколько раз изменится период малых колебаний грузика около его положения равновесия, если ось вращения наклонить под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту?



Возможное решение
Обозначим расстояние от оси вращения треугольника до грузика через l . Тогда период колебаний при горизонтальном положении оси равен, очевидно, $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. После наклона оси на угол α возвращающая сила при отклонении треугольника от положения равновесия уменьшится: составляющая силы тяжести вдоль оси, равная $mg\sin\alpha$ (здесь m – масса грузика), будет компенсироваться силами реакции со стороны подшипников, в которых закреплена эта ось, а в направлении, перпендикулярном оси, будет действовать эффективная «сила тяжести», равная $mg\cos\alpha$. Поэтому период малых колебаний грузика при наклонённой оси будет равен $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g\cos\alpha}}$. Таким образом, период колебаний увеличится $n = \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{\sqrt{\cos\alpha}} = \sqrt{\sqrt{2}} = \sqrt[4]{2} \approx 1,19 \text{ раз.}$ Ответ: период колебаний увеличится в $n = \sqrt[4]{2} \approx 1,19$ раз.

Критерии оценки выполнения задания	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 – выражение для периода малых колебаний математического маятника и разложение силы тяжести на две составляющие); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3 Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с тёплым телом – окружающей средой, находящейся при температуре +25 °С, и холодным телом с температурой –18 °С. В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса – работа и количества теплоты – поменяли свои знаки. При этом за счёт работы, совершённой двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а тёплому телу – сообщаться.
Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, сообщённой тёплому телу, равно 193 кДж? Ответ округлите до целого числа кДж.

Возможное решение

КПД идеальной тепловой машины равен отношению совершённой работы A к затраченному количеству теплоты Q^+ : $\eta = \frac{A}{Q^+} = 1 - \frac{T_x}{T_n}$, где T_n и T_x – температуры «нагревателя» (тёплого тела) и «холодильника» (холодного тела), с которыми обменивается теплотой рабочее вещество цикла. Количество теплоты, которое при этом отнимается от теплого тела, равно $Q^+ = \frac{T_n}{T_n - T_x} \cdot A$.

При работе идеальной тепловой машины в обратном направлении от холодного тела отнимается количество теплоты Q^- за счёт работы A , совершаемой над рабочим веществом цикла, и тёплому телу, которым в данном случае является окружающая среда, отдаётся количество теплоты $Q^+ = Q^- + A$, причём все соотношения количеств теплоты, работы и температур остаются такими же, как при работе идеальной тепловой машины в прямом направлении.

Поэтому $Q^+ = 193$ кДж, $T_n = 298$ К, $T_x = 255$ К и

$$A = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot Q^+ = \frac{43}{298} \cdot 193 \approx 28 \text{ кДж.}$$

Ответ: 28 кДж.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – правильно записано выражение для КПД идеальной тепловой машины, и использовано условие равенства соответствующих компонент теплообмена для обратного и прямого циклов); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

- С4** Металлический диск радиусом $r = 10$ см с малым сопротивлением вращается в магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, перпендикулярной плоскости диска, с угловой скоростью $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$. Через скользящие контакты к середине и к краю диска подключён резистор сопротивлением $R = 10 \text{ кОм}$, и последовательно с ним – конденсатор ёмкостью $C = 3 \text{ мкФ}$. Каким зарядом Q в установившемся режиме заряжен этот конденсатор?

Возможное решение

Согласно закону электромагнитной индукции между центром и краем диска при условиях задачи возникает ЭДС индукции, по модулю равная $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$, где изменение потока $\Delta\Phi$ определяется площадью ΔS , «заметаемой» при вращении радиусом диска r за промежуток времени Δt . Эта площадь равна $\Delta S = \frac{1}{2} \cdot r \cdot r \Delta\phi$, где угол поворота диска за время Δt равен $\Delta\phi = \omega \Delta t$. ЭДС индукции равна, таким образом, $E = \frac{Br^2\omega}{2}$, через резистор будет течь ток зарядки конденсатора, до тех пор пока напряжение U на конденсаторе в установившемся режиме не сравняется с ЭДС индукции: $U = E = \frac{Br^2\omega}{2}$.

Окончательно получаем, что заряд на конденсаторе, согласно формуле для связи заряда и напряжения на конденсаторе, будет равен

$$Q = CU = \frac{CB r^2 \omega}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{2} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 1,5 \text{ мкКл}.$$

Ответ: $Q = \frac{CB r^2 \omega}{2} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 1,5 \text{ мкКл}.$

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

C5 Свет с неизвестной длиной волны падает нормально на дифракционную решётку с периодом $d=4$ мкм, и одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30° . При этом наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите длину волны λ света, падающего на решётку, и выразите его в ангстремах.

Справка: $1 \text{ ангстрем} = 10^{-10} \text{ м}$.

Возможное решение
Условие наблюдения главных максимумов для дифракционной решётки имеет вид $d\sin\varphi = m\lambda$. В данной задаче неизвестному порядку m главного максимума соответствует угол дифракции $\varphi = 30^\circ$, так что $m = \frac{d\sin\varphi}{\lambda}$, где длина волны λ неизвестна, а m – целое число. Наибольший порядок $m_{\max} = 5$ наблюдаемого спектра соответствует углу дифракции $\varphi_{\max} \leq 90^\circ$, так что длина волны равна $\lambda = \frac{d\sin\varphi_m}{5} \leq \frac{d}{5}$, или $\frac{1}{\lambda} \geq \frac{5}{d}$. Подставляя это неравенство для длины волны в формулу для порядка дифракционного максимума, получаем $m = \frac{d\sin\varphi}{\lambda} \geq 5\sin\varphi = 5 \cdot \sin 30^\circ = 2,5$. Ближайшее целое число, большее этого значения, равно 3, поэтому длина волны равна $\lambda = \frac{d\sin 30^\circ}{3} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5}{3} \text{ м} \approx 6,667 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 6667 \text{ ангстрем}$. Ответ: $\lambda = \frac{d\sin 30^\circ}{3} \approx 6667 \text{ ангстрем}$.

Критерии оценки выполнения задания	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 – условие наблюдения главных максимумов для дифракционной решётки и анализ возможных значений порядка известного максимума); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	3
Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С6 Наше Солнце теряет за счёт излучения света массу, примерно равную $1,39 \cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Венеры, то есть среднюю энергию, попадающую за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Венеры вне её атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Венеры составляет 0,72 от среднего радиуса орбиты Земли, который примерно равен 150 миллионам километров. Ответ выразите в кВт/м^2 .

Возможное решение
Энергия, излучаемая Солнцем во все стороны за год, согласно формуле Эйнштейна для связи массы и энергии равна $E = mc^2$ (здесь m – потери массы за год, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме). За секунду Солнце излучает энергию $\frac{E}{T} = 1,39 \cdot 10^{17} \cdot 9 \cdot 10^{16} : (86400 \cdot 365) \text{ Дж/с} \approx 3,967 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ (здесь T – длительность земного года в секундах). Эта энергия распределяется по сфере площадью $4\pi(R_B)^2 = 4\pi(0,72R_3)^2 \approx 1,465 \cdot 10^{23} \text{ м}^2$ (здесь R_B и R_3 – радиусы орбит Венеры и Земли). Таким образом, солнечная постоянная, то есть энергия, попадающая за 1 секунду на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Венеры вне её атмосферы равна $C = \frac{mc^2}{T \cdot 4\pi R_B^2} \approx \frac{3,967 \cdot 10^{26}}{1,465 \cdot 10^{23}} \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \approx 2,708 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \approx 2,7 \text{ кВт/м}^2.$ Ответ: $C \approx 2,7 \text{ кВт/м}^2$.

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

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	1
A2	3	A15	2
A3	2	A16	4
A4	2	A17	4
A5	4	A18	2
A6	3	A19	3
A7	4	A20	1
A8	1	A21	2
A9	3	A22	1
A10	3	A23	4
A11	3	A24	3
A12	2	A25	1
A13	2		

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
B1	323	B3	21
B2	213	B4	23

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	2
A2	4	A15	1
A3	2	A16	2
A4	3	A17	4
A5	4	A18	4
A6	2	A19	3
A7	4	A20	1
A8	3	A21	1
A9	3	A22	3
A10	2	A23	4
A11	3	A24	1
A12	3	A25	1
A13	2		

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
B1	313	B3	43
B2	123	B4	14