

Тренировочная работа № 1

по ФИЗИКЕ

17 октября 2013 года

11 класс

в формате ЕГЭ

Вариант ФИ10101

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения 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.

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

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

Массы частиц

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

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па , температура: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

Молярная масса

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

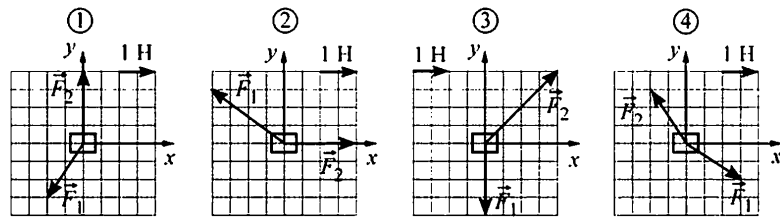
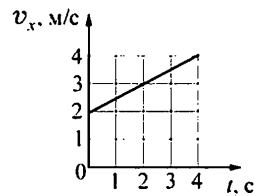
Часть 1

К каждому из заданий А1–А21 даны четыре варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа обведите кружком.

А1 Камень падает с высокого обрыва, двигаясь по вертикали. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Модуль средней скорости камня с течением времени

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться

А2 Точечное тело массой 1 кг двигалось по горизонтальной плоскости XOY . К телу приложили две силы (векторы обеих сил лежат в данной плоскости), под действием которых оно начало двигаться с ускорением. На рисунке изображена зависимость проекции v_x скорости этого тела на ось OX от времени t . На каком из следующих рисунков правильно изображены силы, действующие на тело?

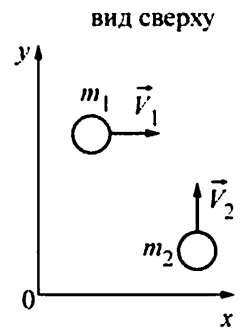


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

А3 Невесомость можно наблюдать

- 1) на борту космического корабля, стартующего с космодрома
- 2) на борту космической станции, движущейся по околоземной орбите
- 3) в спускаемом аппарате, совершающем посадку на Землю при помощи парашюта
- 4) во всех трёх перечисленных выше случаях

А4 По гладкой горизонтальной плоскости XOY движутся два тела массами m_1 и m_2 со скоростями \vec{V}_1 и \vec{V}_2 , соответственно (см. рисунок). В результате соударения тела слипаются и движутся как единое целое. Проекция импульса этой системы тел на ось OX после соударения будет

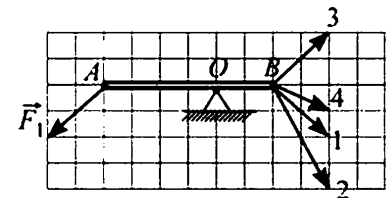


- 1) больше m_1V_1
- 2) меньше m_2V_2
- 3) равна $m_1V_1 + m_2V_2$
- 4) равна m_1V_1

А5 В кубическом аквариуме плавает в воде массивная тонкостенная прямоугольная коробка. В дне коробки аккуратно проделали маленькое отверстие, после чего она набрала воды и утонула. В результате потенциальная энергия механической системы, включающей в себя воду и коробку,

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась
- 3) уменьшилась
- 4) могла как увеличиться, так и уменьшиться – в зависимости от массы коробки

А6 Лёгкая палочка может вращаться на шарнире вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O (см. рисунок). В точке A на палочку действуют силой \vec{F}_1 . Для того, чтобы палочка находилась в равновесии, к ней в точке B следует приложить силу, обозначенную на рисунке номером



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

A7 В таблице приведены характеристики четырёх жидкостей.

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, К
Вода	1000	273
Спирт	800	159
Ртуть	13600	234
Антифриз	1050	253

Самая низкая температура на поверхности земли (-89,2 °С) была зарегистрирована в 1983 году на советской научной станции Восток в Антарктиде. Для измерения такой температуры можно было использовать термометр, наполненный

- 1) водой 2) спиртом 3) ртутью 4) антифризом

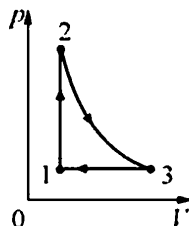
A8 Плотность $\approx 1,2 \text{ кг/м}^3$ при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °С имеет

- 1) азот 2) водород 3) гелий 4) кислород

A9 Процесс перехода вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкую фазу, называется сублимацией. Кусок твёрдой углекислоты (так называемый «сухой лёд») лежит на столе в тёплой комнате, при этом наблюдается сублимация. При этом температура куска углекислоты

- 1) повышается
 2) понижается
 3) не изменяется
 4) может как повышаться, так и понижаться – в зависимости от атмосферного давления

A10 Идеальный газ совершает циклический процесс, изображённый на рисунке. Процесс 2–3 – адиабатический. Выберите верное утверждение.

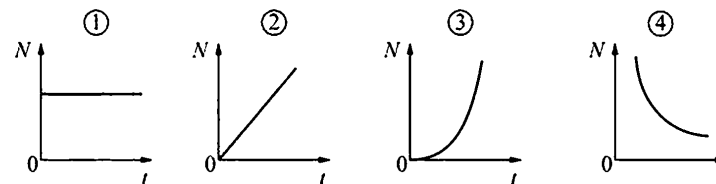
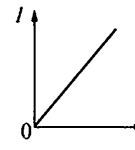


- 1) на участке 2–3 газ получал теплоту
 2) на участке 1–2 газ совершал работу
 3) на участке 3–1 температура газа повышалась
 4) в целом за цикл газ совершил положительную работу

A11 Плоский воздушный конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной a , зазор между которыми равен d . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной $a/2$, зазор между которыми также равен d , и заполнен непроводящим веществом. Чему равна диэлектрическая проницаемость этого вещества, если электрические ёмкости данных конденсаторов одинаковы?

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

A12 На рисунке изображён график зависимости силы тока I , протекающего через резистор, от времени t . На каком из следующих графиков правильно показана зависимость мощности N , выделяющейся в этом резисторе, от времени?

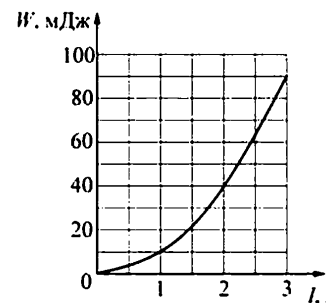


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A13 Полосовой магнит из школьного кабинета физики равномерно намагничен вдоль своей длины, и его половины окрашены в красный и синий цвет. Этот магнит разрезали поперёк на две равные части (по линии границы цветов). Красная часть

- 1) имеет только южный полюс
 2) имеет северный и южный полюса
 3) имеет только северный полюс
 4) не имеет полюсов

A14 На рисунке показана зависимость энергии W магнитного поля катушки от силы I протекающего через неё тока. Индуктивность этой катушки равна



- 1) 0,01 Гн 2) 0,02 Гн 3) 0,03 Гн 4) 0,06 Гн

A15 Световой луч падает под углом α на переднюю поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки. На какой угол от направления падающего луча отклоняется луч, отражённый от задней поверхности пластинки и вышедший из неё обратно через переднюю поверхность?

- 1) 0 2) α 3) 2α 4) $\pi - 2\alpha$

A16 На рисунке изображён фрагмент интерференционной картины, полученной от двух когерентных источников света. Какое(-ие) утверждение(-я) являе(-ю)тся правильным(-и)?



- А. В точку 1 световые волны от источников приходят в одной фазе.
 Б. Оптическая разность хода лучей от источников до точки 2 равна чётному числу половин длины волны.

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

A17 Согласно гипотезе, выдвинутой М. Планком, при тепловом излучении

- 1) энергия испускается и поглощается непрерывно, независимо от частоты излучения
 2) энергия испускается и поглощается порциями (квантами), причём каждая такая порция пропорциональна длине волны излучения
 3) энергия испускается и поглощается порциями (квантами), причём каждая такая порция пропорциональна частоте излучения
 4) энергия не испускается и не поглощается

A18 Имеются три химических элемента – X, Y, Z – про ядра атомов которых известно следующее.

- Массовое число ядра X отличается от массового числа ядра Y на 2.
 Массовое число ядра Y отличается от массового числа ядра Z на 2.
 Зарядовое число ядра X отличается от зарядового числа ядра Y на 1.
 Зарядовое число ядра Y отличается от зарядового числа ядра Z на 1.
 Изотопами могут быть ядра

- 1) X и Y 2) Y и Z 3) X и Z 4) X, Y и Z

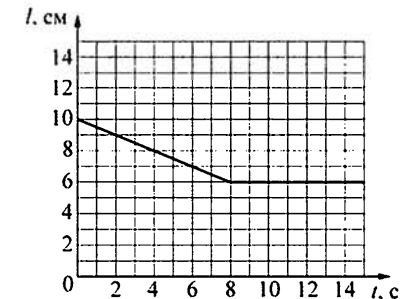
A19 Период полураспада ядра атома

- 1) зависит от времени
 2) зависит от внешних условий
 3) зависит от времени и от внешних условий
 4) не зависит ни от времени, ни от внешних условий

A20 Для определения линейной плотности нити (массы единицы длины) отмеряют отрезок длиной $L = 10$ м (делают это с очень высокой точностью) и взвешивают его на весах. Масса отрезка оказывается равной $m = (12,6 \pm 0,1)$ г. Чему равна линейная плотность нити?

- 1) 126 ± 1 г/м 3) 1,3 г/м
 2) $1,26 \pm 0,01$ г/м 4) $0,79 \pm 0,01$ г/м

A21 В лёгкий сосуд наливают 500 г воды и подвешивают его к пружине, прикрепленной другим концом к потолку. Затем в дне сосуда открывают отверстие, через которое вода медленно вытекает. На рисунке изображён график зависимости длины l пружины от времени t .



Используя этот график, определите жёсткость пружины.

- 1) 31,25 Н/м 2) 50 Н/м 3) 125 Н/м 4) 500 Н/м

Часть 2

При выполнении заданий с кратким ответом (задания В1–В4) необходимо записать ответ в указанном в тексте задания месте.

В1 Тело съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости с начальной высоты H до уровня пола. Затем проводят опыт с другой наклонной плоскостью с бóльшим углом наклона к горизонту; при этом начальную высоту H , с которой съезжает тело, оставляют прежней. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: время соскальзывания тела до уровня пола, модуль скорости тела вблизи пола, модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости?

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.

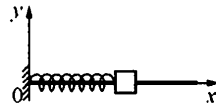
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|---|-----------------|
| А) время соскальзывания тела до уровня пола | 1) увеличится |
| Б) модуль скорости тела вблизи пола | 2) уменьшится |
| В) модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2 Небольшой брусок, насаженный на гладкую спицу, прикреплён к пружине, другой конец которой прикреплён к вертикальной опоре. Брусок совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени всю систему начинают перемещать с постоянным ускорением в положительном направлении оси Ox . Как при этом изменяются следующие физические величины: частота колебаний бруска, период колебаний бруска, координата его положения равновесия.



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.

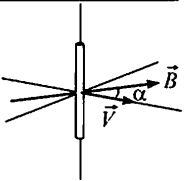
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|--|------------------|
| А) частота колебаний бруска | 1) увеличивается |
| Б) период колебаний бруска | 2) уменьшается |
| В) координата его положения равновесия | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В3 Прямолинейный проводник длиной l перемещается со скоростью V в однородном магнитном поле с индукцией B . Векторы \vec{V} и \vec{B} образуют друг с другом угол α и перпендикулярны проводнику (см. рисунок).



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 **ФОРМУЛЫ**

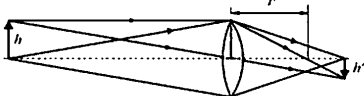
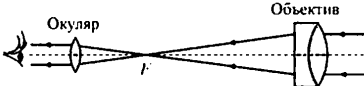
- | | |
|---|------------------------|
| А) модуль силы, с которой магнитное поле действует на электроны проводимости проводника | 1) $ e VB \sin \alpha$ |
| Б) модуль разности потенциалов, возникающей между концами проводника | 2) $ e VB \cos \alpha$ |
| | 3) $BIV \cos \alpha$ |
| | 4) $BIV \sin \alpha$ |

Ответ:

А	Б

В4 На рисунках изображены оптические схемы, показывающие ход световых лучей в различных оптических приборах. Установите соответствие между оптическими схемами и названиями приборов. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИБОРА **ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР**

- | | |
|--|----------------|
| А)  | 1) микроскоп |
| Б)  | 2) фотоаппарат |
| | 3) телескоп |
| | 4) проектор |

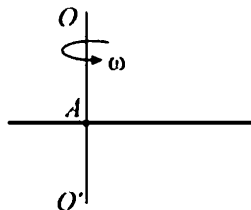
Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий A22–A25 обведите кружком номер выбранного Вами ответа.

A22 Тонкая палочка равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг закреплённой вертикально оси OO' , проходящей через точку A . Длина палочки 50 см, её угловая скорость вращения 4 рад/с, линейная скорость одного из её концов 0,5 м/с. Линейная скорость другого конца палочки равна

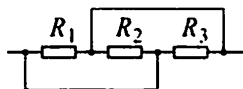


- 1) 2 м/с 2) 1,5 м/с 3) 1 м/с 4) 0,5 м/с

A23 Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью 0,02 м², который может свободно перемещаться. Под поршнем находится 0,1 моля идеального одноатомного газа при некоторой температуре T_0 . Над поршнем находится воздух при нормальном атмосферном давлении. Сначала газу сообщили количество теплоты 3 Дж, потом закрепили поршень и охладил газ до начальной температуры T_0 . При этом давление газа под поршнем стало равно атмосферному. Чему равна температура T_0 ?

- 1) ≈ 289 К 2) ≈ 310 К 3) ≈ 410 К 4) ≈ 481 К

A24 Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, состоит из трёх резисторов. Сопротивление резистора R_2 в 2 раза больше сопротивления резистора R_1 , а сопротивление резистора R_3 в 2 раза больше сопротивления резистора R_2 . Общее сопротивление этого участка цепи равно 4 Ом. Сопротивление резистора R_1 равно



- 1) 1 Ом 2) 4 Ом 3) 5 Ом 4) 7 Ом

A25 Проволочная катушка сопротивлением 10 Ом расположена в постоянном однородном магнитном поле так, что линии его индукции направлены вдоль оси катушки. Если соединить концы проволоки друг с другом и выключить магнитное поле, то через катушку протечёт заряд 0,2 Кл. Найдите амплитуду ЭДС индукции, которая возникнет в катушке, если вновь включить прежнее магнитное поле и начать вращать в нём катушку с угловой скоростью 3 рад/с. Ось вращения перпендикулярна оси катушки.

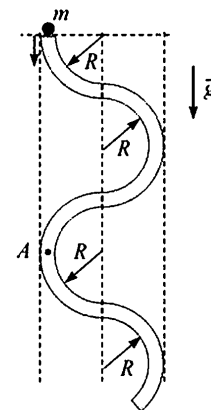
- 1) 0,67 В 2) 1,5 В 3) 6 В 4) 15 В

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать на отдельном листе. При оформлении решения запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт. Лампы, проработавшие довольно долго, обычно перегорают в момент включения, когда на них подаётся напряжение. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и перегорание ламп в момент их включения.

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.

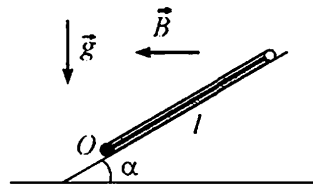
C2 В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первого периода своего движения по трубке?



C3 В цилиндре объёмом $V = 10$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 60\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объёма $V/2$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_n = 17,5$ мм рт. ст.

C4 Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R=1$ м заряжено зарядом $q=1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\varphi$, где $\Delta\varphi=0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца, причём распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

C5 Квадратная проводящая рамка со стороной $l=50$ см и массой $m=400$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси



O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B=1$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Ток какой силой I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?

C6 При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 3-го порядка вблизи двойной жёлтой линии ртути со средней длиной волны $\lambda_1=578$ нм видна сине-фиолетовая линия 4-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Тренировочная работа № 1

по ФИЗИКЕ

17 октября 2013 года

11 класс

в формате ЕГЭ

Вариант ФИ10102

Район.

Город (населённый пункт)

Школа.

Класс.

Фамилия

Имя

Отчество.

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения 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.

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

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

Массы частиц

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

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па , температура: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

Молярная масса

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

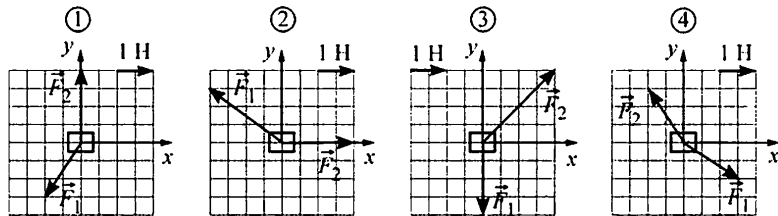
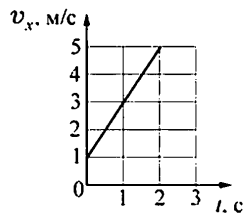
Часть 1

К каждому из заданий А1–А21 даны четыре варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа обведите кружком.

А1 Камень подброшен вверх и летит, двигаясь по вертикали. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Модуль средней скорости камня с течением времени

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться

А2 Точечное тело массой 1 кг двигалось по горизонтальной плоскости XOY . К телу приложили две силы (векторы обеих сил лежат в данной плоскости), под действием которых оно начало двигаться с ускорением. На рисунке изображена зависимость проекции v_x скорости этого тела на ось OX от времени t . На каком из следующих рисунков правильно изображены силы, действующие на тело?

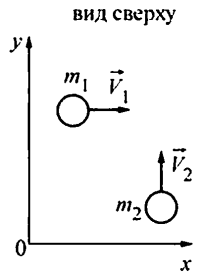


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

А3 Невесомость можно наблюдать

- 1) в лифте, ускоренно движущемся вверх
- 2) в свободно падающем лифте
- 3) в лифте, равномерно движущемся вниз
- 4) во всех трёх перечисленных выше случаях

А4 По гладкой горизонтальной плоскости XOY движутся два тела массами m_1 и m_2 со скоростями \vec{V}_1 и \vec{V}_2 , соответственно (см. рисунок). В результате соударения тела слипаются и движутся как единое целое. Проекция импульса этой системы тел на ось OY после соударения будет

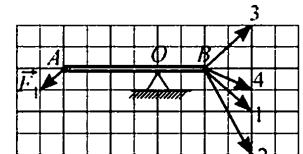


- 1) равна $m_2 V_2$
- 2) меньше $m_2 V_2$
- 3) равна $m_1 V_1 + m_2 V_2$
- 4) больше $m_2 V_2$

А5 В кубическом аквариуме, заполненном водой, вблизи дна удерживается при помощи нити полой пластмассовый шар. Нить оборвалась, после чего шар всплыл на поверхность. В результате потенциальная энергия механической системы, включающей в себя воду и шар,

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась
- 3) уменьшилась
- 4) могла как увеличиться, так и уменьшиться – в зависимости от массы шара

А6 Лёгкая палочка может вращаться на шарнире вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O (см. рисунок). В точке A на палочку действуют силой \vec{F}_1 . Для того, чтобы палочка находилась в равновесии, к ней в точке B следует приложить силу, обозначенную на рисунке номером



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

А7 В таблице приведены характеристики четырёх жидкостей.

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, К
Вода	1000	273
Спирт	800	159
Ртуть	13600	234
Антифриз	1050	253

Самая низкая температура воздуха в обитаемых районах нашей планеты ($-71,1^\circ\text{C}$) была зарегистрирована в 1964 году в Якутии в селении Оймякон. Для измерения такой температуры можно было использовать термометр, наполненный

- 1) водой
- 2) спиртом
- 3) ртутью
- 4) антифризом

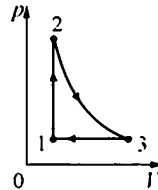
A8 Плотность $\approx 0,18 \text{ кг/м}^3$ при нормальном атмосферном давлении и температуре 0°C имеет

- 1) азот 2) водород 3) гелий 4) кислород

A9 Процесс перехода вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкую фазу, называется сублимацией. Кусок твёрдой углекислоты (так называемый «сухой лёд») лежит на столе в тёплой комнате, при этом наблюдается сублимация – масса куска медленно уменьшается. При этом внутренняя энергия куска углекислоты

- 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется
 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться – в зависимости от массы куска

A10 Идеальный газ совершает циклический процесс, изображённый на рисунке. Процесс 2–3 – адиабатический. Выберите верное утверждение.

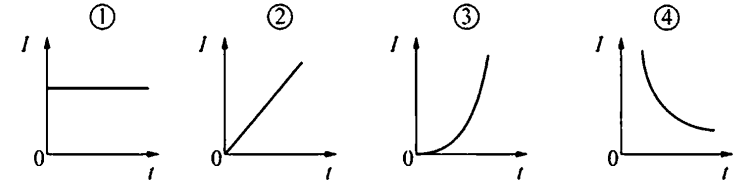
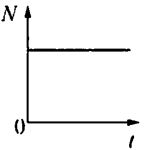


- 1) на участке 2–3 газ получал теплоту
 2) на участке 1–2 газ совершал работу
 3) на участке 3–1 температура газа понижалась
 4) в целом за цикл газ совершил отрицательную работу

A11 Плоский воздушный конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной a , зазор между которыми равен d . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной $a/3$, зазор между которыми также равен d , и заполнен непроводящим веществом. Чему равна диэлектрическая проницаемость этого вещества, если электрические ёмкости данных конденсаторов одинаковы?

- 1) 3 2) 6 3) 8 4) 9

A12 На рисунке изображён график зависимости мощности N , выделяющейся в резисторе, от времени t . На каком из следующих графиков правильно показана зависимость силы тока I , протекающего через этот резистор, от времени?

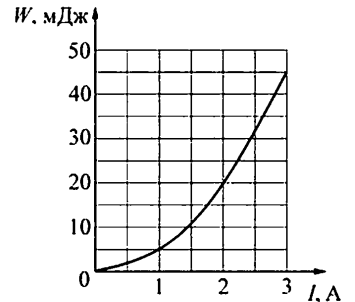


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A13 Полосовой магнит из школьного кабинета физики равномерно намагничен вдоль своей длины, и его половины окрашены в красный и синий цвет. Этот магнит разрезали поперёк на две равные части (по линии границы цветов). Синяя часть

- 1) имеет только южный полюс
 2) имеет северный и южный полюса
 3) имеет только северный полюс
 4) не имеет полюсов

A14 На рисунке показана зависимость энергии W магнитного поля катушки от силы I протекающего через неё тока. Индуктивность этой катушки равна



- 1) 0,01 Гн 2) 0,02 Гн 3) 0,03 Гн 4) 0,06 Гн

A15 Световой луч падает под углом α на переднюю поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки. На какой угол от направления падающего луча отклоняется луч, прошедший насквозь через обе поверхности пластинки?

- 1) 0 2) α 3) 2α 4) $\pi - 2\alpha$

A16 На рисунке изображён фрагмент интерференционной картины, полученной от двух когерентных источников света. Какое(-ие) утверждение(-я) являе(-ю)тся правильным(-и)?



А. Оптическая разность хода лучей от источников до точки 1 равна чётному числу половин длины волны.

Б. В точку 2 световые волны от источников приходят в одной фазе.

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

A17 Согласно одному из квантовых постулатов Н. Бора

- 1) излучение или поглощение энергии атомом происходит непрерывно
- 2) атом излучает или поглощает энергию только тогда, когда электроны находятся в стационарных состояниях
- 3) при переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии, равный энергии электрона в данном стационарном состоянии
- 4) при переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии, равный разности энергий электрона в стационарных состояниях

A18 Имеются три химических элемента – X, Y, Z – про ядра атомов которых известно следующее.

Массовое число ядра X отличается от массового числа ядра Z на 2.

Массовое число ядра Z отличается от массового числа ядра Y на 2.

Зарядовое число ядра X отличается от зарядового числа ядра Z на 1.

Зарядовое число ядра Z отличается от зарядового числа ядра Y на 1.

Изотопами могут быть ядра

- 1) X и Y 2) Y и Z 3) X и Z 4) X, Y и Z

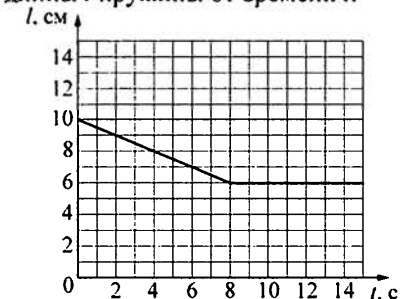
A19 Радиоактивное вещество подвергли действию высокого давления и охлаждению. В результате этого период полураспада ядер данного вещества

- 1) увеличился
- 2) уменьшился
- 3) не изменился
- 4) мог как увеличиться, так и уменьшиться

A20 Для определения линейной плотности нити (массы единицы длины) отмеряют отрезок длиной $L = 5$ м (делают это с очень высокой точностью) и взвешивают его на весах. Масса отрезка оказывается равной $m = (6,3 \pm 0,1)$ г. Чему равна линейная плотность нити?

- 1) $31,5 \pm 0,1$ г/м 3) 1,3 г/м
2) $1,26 \pm 0,02$ г/м 4) $0,79 \pm 0,01$ г/м

A21 В лёгкий сосуд наливают 500 г воды и подвешивают его к пружине, прикрепленной другим концом к потолку. Затем в дне сосуда открывают отверстие, через которое вода медленно вытекает. На рисунке изображён график зависимости длины l пружины от времени t .



Используя этот график, определите скорость вытекания воды.

- 1) 0,5 г/с 2) 1,6 г/с 3) 20 г/с 4) 62,5 г/с

Часть 2

При выполнении заданий с кратким ответом (задания В1–В4) необходимо записать ответ в указанном в тексте задания месте.

В1

Тело съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости с начальной высоты H до уровня пола. Затем проводят опыт с другой наклонной плоскостью с меньшим углом наклона к горизонту; при этом начальную высоту H , с которой съезжает тело, оставляют прежней. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: время соскальзывания тела до уровня пола, модуль скорости тела вблизи пола, модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости?

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

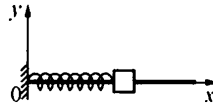
- | | |
|---|-----------------|
| А) время соскальзывания тела до уровня пола | 1) увеличится |
| Б) модуль скорости тела вблизи пола | 2) уменьшится |
| В) модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2

Небольшой брусок, насаженный на гладкую спицу, прикреплен к пружине, другой конец которой прикреплен к вертикальной опоре. Брусок совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени всю систему начинают перемещать с постоянным ускорением в отрицательном направлении оси Ox . Как при этом изменяются следующие физические величины: частота колебаний бруска, период колебаний бруска, координата его положения равновесия.



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

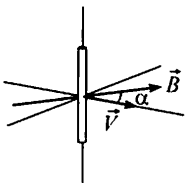
- | | |
|--|------------------|
| А) частота колебаний бруска | 1) увеличивается |
| Б) период колебаний бруска | 2) уменьшается |
| В) координата его положения равновесия | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В3

Прямолинейный проводник длиной l в течение времени Δt перемещается со скоростью V в однородном магнитном поле с индукцией B . Векторы \vec{V} и \vec{B} образуют друг с другом угол α и перпендикулярны проводнику (см. рисунок).



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

ФОРМУЛЫ

- | | |
|--|------------------------------|
| А) модуль напряжённости электрического поля в проводнике | 1) $BIV\Delta t \sin \alpha$ |
| Б) магнитный поток через площадь «заметаемую» проводником за интервал времени Δt | 2) $BIV\Delta t \cos \alpha$ |
| | 3) $BV \sin \alpha$ |
| | 4) $BV \cos \alpha$ |

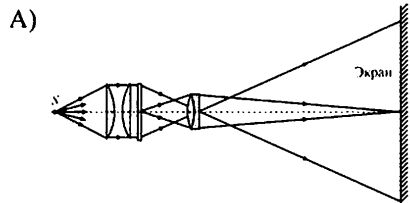
Ответ:

А	Б

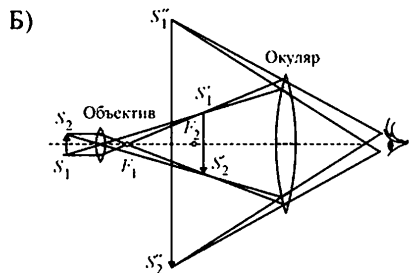
В4 На рисунках изображены оптические схемы, показывающие ход световых лучей в различных оптических приборах. Установите соответствие между оптическими схемами и названиями приборов. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИБОРА

ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР



- 1) микроскоп
- 2) фотоаппарат
- 3) телескоп
- 4) проектор



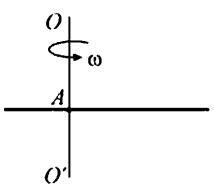
Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 обведите кружком номер выбранного Вами ответа.

А22 Тонкая палочка равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг закреплённой вертикально оси OO' , проходящей через точку A . Угловая скорость вращения палочки 4 рад/с , линейная скорость одного из её концов $0,5 \text{ м/с}$, линейная скорость другого конца палочки $1,9 \text{ м/с}$. Длина палочки равна

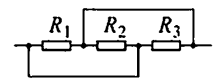


- 1) 96 см
- 2) 56 см
- 3) 60 см
- 4) 40 см

А23 Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью $0,02 \text{ м}^2$, который может свободно перемещаться. Под поршнем находится $0,1 \text{ моль}$ идеального одноатомного газа при некоторой температуре T_0 . Над поршнем находится воздух при нормальном атмосферном давлении. Сначала от газа отняли количество теплоты 100 Дж , потом закрепили поршень и нагрели газ до начальной температуры T_0 . При этом давление газа под поршнем стало в $1,2$ раза больше атмосферного. Чему равна температура T_0 ?

- 1) $\approx 296 \text{ К}$
- 2) $\approx 330 \text{ К}$
- 3) $\approx 378 \text{ К}$
- 4) $\approx 494 \text{ К}$

А24 Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, состоит из трёх резисторов. Сопротивление резистора R_1 равно 7 Ом , сопротивление резистора R_2 в 2 раза меньше сопротивления резистора R_1 , а сопротивление резистора R_3 в 2 раза меньше сопротивления резистора R_2 . Общее сопротивление этого участка цепи равно



- 1) 1 Ом
- 2) 4 Ом
- 3) 5 Ом
- 4) 7 Ом

А25 Проволока сопротивлением 5 Ом намотана на катушку. Если соединить концы проволоки друг с другом и включить постоянное однородное магнитное поле так, что линии его индукции будут параллельны оси катушки, то через катушку протечёт заряд $0,1 \text{ Кл}$. Найдите амплитуду ЭДС индукции, которая возникнет в катушке, если при включённом магнитном поле начать вращать в нём катушку с угловой скоростью 4 рад/с . Ось вращения перпендикулярна оси катушки.

- 1) $0,125 \text{ В}$
- 2) 2 В
- 3) $12,5 \text{ В}$
- 4) 40 В

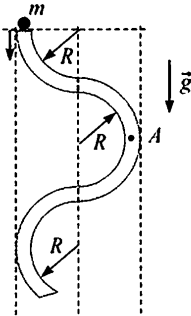
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать на отдельном листе. При оформлении решения запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт, нить становится тоньше и перегорает. Для борьбы с этим недостатком колбы ламп накаливания наполняют газами (обычно тяжёлыми, инертными). Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и описанный способ борьбы с указанным недостатком.

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

С2

В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первой половины периода своего движения по трубке?



С3

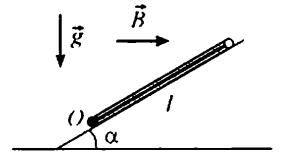
В цилиндре объёмом $V = 9$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 80\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объёма $V/3$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_{\text{н}} = 17,5$ мм рт. ст.

С4

Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1$ м заряжено зарядом $q = 1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\phi$, где $\Delta\phi = 0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца. Этот кусочек заменяют другим кусочком такого же размера, несущим такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд. При этом распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

С5

Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 25$ см и массой $m = 200$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Какой ток I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



С6

При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 4-го порядка вблизи сине-фиолетовой линии со средней длиной волны $\lambda_1 = 436$ нм видна двойная жёлтая линия 3-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Тренировочная работа № 1

по ФИЗИКЕ

17 октября 2013 года

11 класс

в формате ЕГЭ

Вариант ФИ10103

Район. _____
Город (населённый пункт) _____
Школа. _____
Класс. _____
Фамилия _____
Имя _____
Отчество. _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения 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.

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

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

Массы частиц

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

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па , температура: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

Молярная масса

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

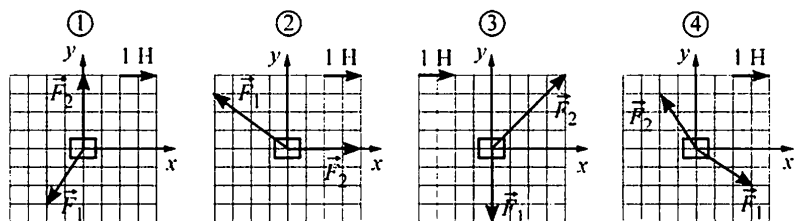
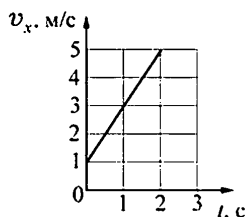
Часть 1

К каждому из заданий А1–А21 даны четыре варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа обведите кружком.

A1 Камень падает с высокого обрыва, двигаясь по вертикали. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Модуль средней скорости камня с течением времени

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться

A2 Точечное тело массой 1 кг двигалось по горизонтальной плоскости XOY . К телу приложили две силы (векторы обеих сил лежат в данной плоскости), под действием которых оно начало двигаться с ускорением. На рисунке изображена зависимость проекции v_x скорости этого тела на ось OX от времени t . На каком из следующих рисунков правильно изображены силы, действующие на тело?

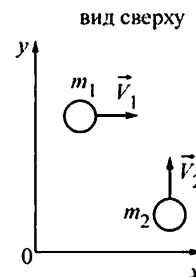


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A3 Невесомость можно наблюдать

- 1) на борту космического корабля, стартующего с космодрома
- 2) на борту космической станции, движущейся по околоземной орбите
- 3) в спускаемом аппарате, совершающем посадку на Землю при помощи парашюта
- 4) во всех трёх перечисленных выше случаях

A4 По гладкой горизонтальной плоскости XOY движутся два тела массами m_1 и m_2 со скоростями \vec{V}_1 и \vec{V}_2 , соответственно (см. рисунок). В результате соударения тела слипаются и движутся как единое целое. Проекция импульса этой системы тел на ось OY после соударения будет

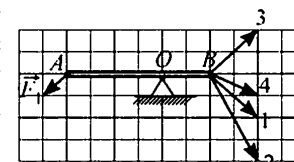


- 1) равна $m_2 V_2$
- 2) меньше $m_2 V_2$
- 3) равна $m_1 V_1 + m_2 V_2$
- 4) больше $m_2 V_2$

A5 В кубическом аквариуме плавает в воде массивная тонкостенная прямоугольная коробка. В дне коробки аккуратно проделали маленькое отверстие, после чего она набрала воды и утонула. В результате потенциальная энергия механической системы, включающей в себя воду и коробку,

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась
- 3) уменьшилась
- 4) могла как увеличиться, так и уменьшиться – в зависимости от массы коробки

A6 Лёгкая палочка может вращаться на шарнире вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O (см. рисунок). В точке A на палочку действуют силой \vec{F}_1 . Для того, чтобы палочка находилась в равновесии, к ней в точке B следует приложить силу, обозначенную на рисунке номером



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

В таблице приведены характеристики четырёх жидкостей.

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, К
Вода	1000	273
Спирт	800	159
Ртуть	13600	234
Антифриз	1050	253

Самая низкая температура на поверхности земли ($-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) была зарегистрирована в 1983 году на советской научной станции Восток в Антарктиде. Для измерения такой температуры можно было использовать термометр, наполненный

- 1) водой 2) спиртом 3) ртутью 4) антифризом

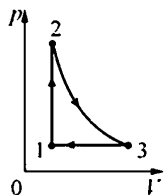
Плотность $\approx 0,18\text{ кг/м}^3$ при нормальном атмосферном давлении и температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеет

- 1) азот 2) водород 3) гелий 4) кислород

Процесс перехода вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкую фазу, называется сублимацией. Кусок твёрдой углекислоты (так называемый «сухой лёд») лежит на столе в тёплой комнате, при этом наблюдается сублимация. При этом температура куска углекислоты

- 1) повышается
 2) понижается
 3) не изменяется
 4) может как повышаться, так и понижаться – в зависимости от атмосферного давления

Идеальный газ совершает циклический процесс, изображённый на рисунке. Процесс 2–3 – адиабатический. Выберите верное утверждение.

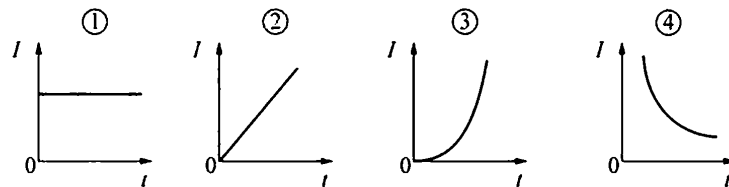
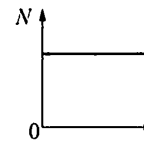


- 1) на участке 2–3 газ получал теплоту
 2) на участке 1–2 газ совершал работу
 3) на участке 3–1 температура газа понижалась
 4) в целом за цикл газ совершил отрицательную работу

A11 Плоский воздушный конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной a , зазор между которыми равен d . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной $a/2$, зазор между которыми также равен d , и заполнен непроводящим веществом. Чему равна диэлектрическая проницаемость этого вещества, если электрические ёмкости данных конденсаторов одинаковы?

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

A12 На рисунке изображён график зависимости мощности N , выделяющейся в резисторе, от времени t . На каком из следующих графиков правильно показана зависимость силы тока I , протекающего через этот резистор, от времени?

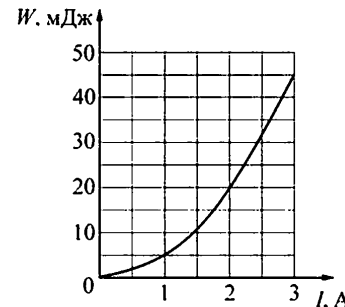


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A13 Полосовой магнит из школьного кабинета физики равномерно намагничен вдоль своей длины, и его половины окрашены в красный и синий цвет. Этот магнит разрезали поперёк на две равные части (по линии границы цветов). Красная часть

- 1) имеет только южный полюс
 2) имеет северный и южный полюса
 3) имеет только северный полюс
 4) не имеет полюсов

A14 На рисунке показана зависимость энергии W магнитного поля катушки от силы I протекающего через неё тока. Индуктивность этой катушки равна



- 1) 0,01 Гн 2) 0,02 Гн 3) 0,03 Гн 4) 0,06 Гн

A15 Световой луч падает под углом α на переднюю поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки. На какой угол от направления падающего луча отклоняется луч, отражённый от задней поверхности пластинки и вышедший из неё обратно через переднюю поверхность?

- 1) 0 2) α 3) 2α 4) $\pi - 2\alpha$

A16 На рисунке изображён фрагмент интерференционной картины, полученной от двух когерентных источников света. Какое(-ие) утверждение(-я) являе(-ю)тся правильным(-и)?



A. Оптическая разность хода лучей от источников до точки 1 равна чётному числу половин длины волны.

Б. В точку 2 световые волны от источников приходят в одной фазе.

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

A17 Согласно гипотезе, выдвинутой М. Планком, при тепловом излучении

- 1) энергия испускается и поглощается непрерывно, независимо от частоты излучения
2) энергия испускается и поглощается порциями (квантами), причём каждая такая порция пропорциональна длине волны излучения
3) энергия испускается и поглощается порциями (квантами), причём каждая такая порция пропорциональна частоте излучения
4) энергия не испускается и не поглощается

A18 Имеются три химических элемента – X, Y, Z – про ядра атомов которых известно следующее.

Массовое число ядра X отличается от массового числа ядра Z на 2.

Массовое число ядра Z отличается от массового числа ядра Y на 2.

Зарядовое число ядра X отличается от зарядового числа ядра Z на 1.

Зарядовое число ядра Z отличается от зарядового числа ядра Y на 1.

Изотопами могут быть ядра

- 1) X и Y 2) Y и Z 3) X и Z 4) X, Y и Z

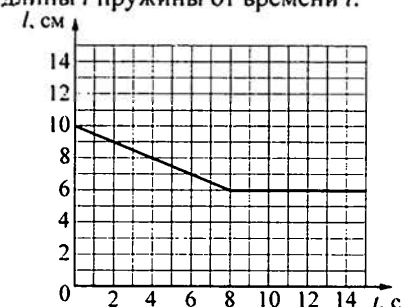
A19 Период полураспада ядра атома

- 1) зависит от времени
2) зависит от внешних условий
3) зависит от времени и от внешних условий
4) не зависит ни от времени, ни от внешних условий

A20 Для определения линейной плотности нити (массы единицы длины) отмеряют отрезок длиной $L = 5$ м (делают это с очень высокой точностью) и взвешивают его на весах. Масса отрезка оказывается равной $m = (6,3 \pm 0,1)$ г. Чему равна линейная плотность нити?

- 1) $31,5 \pm 0,1$ г/м 3) 1,3 г/м
2) $1,26 \pm 0,02$ г/м 4) $0,79 \pm 0,01$ г/м

A21 В лёгкий сосуд наливают 500 г воды и подвешивают его к пружине, прикрепленной другим концом к потолку. Затем в дне сосуда открывают отверстие, через которое вода медленно вытекает. На рисунке изображён график зависимости длины l пружины от времени t .



Используя этот график, определите жёсткость пружины.

- 1) 31,25 Н/м 2) 50 Н/м 3) 125 Н/м 4) 500 Н/м

Часть 2

При выполнении заданий с кратким ответом (задания В1–В4) необходимо записать ответ в указанном в тексте задания месте.

В1 Тело съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости с начальной высоты H до уровня пола. Затем проводят опыт с другой наклонной плоскостью с меньшим углом наклона к горизонту; при этом начальную высоту H , с которой съезжает тело, оставляют прежней. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: время соскальзывания тела до уровня пола, модуль скорости тела вблизи пола, модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости?

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

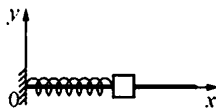
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|-----------------|
| А) время соскальзывания тела до уровня пола | 1) увеличится |
| Б) модуль скорости тела вблизи пола | 2) уменьшится |
| В) модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2 Небольшой брусок, насаженный на гладкую спицу, прикреплен к пружине, другой конец которой прикреплен к вертикальной опоре. Брусок совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени всю систему начинают перемещать с постоянным ускорением в положительном направлении оси Ox . Как при этом изменяются следующие физические величины: частота колебаний бруска, период колебаний бруска, координата его положения равновесия.



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

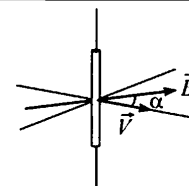
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|--|------------------|
| А) частота колебаний бруска | 1) увеличивается |
| Б) период колебаний бруска | 2) уменьшается |
| В) координата его положения равновесия | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В3 Прямолинейный проводник длиной l в течение времени Δt перемещается со скоростью l' в однородном магнитном поле с индукцией B . Векторы \vec{v} и \vec{B} образуют друг с другом угол α и перпендикулярны проводнику (см. рисунок).



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

ФОРМУЛЫ

- | | |
|--|--------------------------------|
| А) модуль напряжённости электрического поля в проводнике | 1) $B l' \Delta t \sin \alpha$ |
| Б) магнитный поток через площадь «заметаемую» проводником за интервал времени Δt | 2) $B l' \Delta t \cos \alpha$ |
| | 3) $B V \sin \alpha$ |
| | 4) $B V \cos \alpha$ |

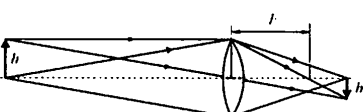

Ответ:

А	Б

В4 На рисунках изображены оптические схемы, показывающие ход световых лучей в различных оптических приборах. Установите соответствие между оптическими схемами и названиями приборов. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИБОРА

ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР

- | | |
|--|----------------|
| А)  | 1) микроскоп |
| Б)  | 2) фотоаппарат |
| | 3) телескоп |
| | 4) проектор |

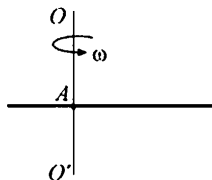
Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 обведите кружком номер выбранного Вами ответа.

A22 Тонкая палочка равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг закреплённой вертикально оси OO' , проходящей через точку A . Угловая скорость вращения палочки 4 рад/с , линейная скорость одного из её концов $0,5 \text{ м/с}$, линейная скорость другого конца палочки $1,9 \text{ м/с}$. Длина палочки равна

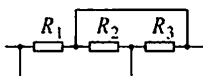


- 1) 96 см 2) 56 см 3) 60 см 4) 40 см

A23 Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью $0,02 \text{ м}^2$, который может свободно перемещаться. Под поршнем находится $0,1$ моля идеального одноатомного газа при некоторой температуре T_0 . Над поршнем находится воздух при нормальном атмосферном давлении. Сначала газу сообщили количество теплоты 3 Дж , потом закрепили поршень и охладили газ до начальной температуры T_0 . При этом давление газа под поршнем стало равно атмосферному. Чему равна температура T_0 ?

- 1) $\approx 289 \text{ К}$ 2) $\approx 310 \text{ К}$ 3) $\approx 410 \text{ К}$ 4) $\approx 481 \text{ К}$

A24 Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, состоит из трёх резисторов. Сопротивление резистора R_1 равно 7 Ом , сопротивление резистора R_2 в 2 раза меньше сопротивления резистора R_1 , а сопротивление резистора R_3 в 2 раза меньше сопротивления резистора R_2 . Общее сопротивление этого участка цепи равно



- 1) 1 Ом 2) 4 Ом 3) 5 Ом 4) 7 Ом

A25 Проволочная катушка сопротивлением 10 Ом расположена в постоянном однородном магнитном поле так, что линии его индукции направлены вдоль оси катушки. Если соединить концы проволоки друг с другом и выключить магнитное поле, то через катушку протечёт заряд $0,2 \text{ Кл}$. Найдите амплитуду ЭДС индукции, которая возникнет в катушке, если вновь включить прежнее магнитное поле и начать вращать в нём катушку с угловой скоростью 3 рад/с . Ось вращения перпендикулярна оси катушки.

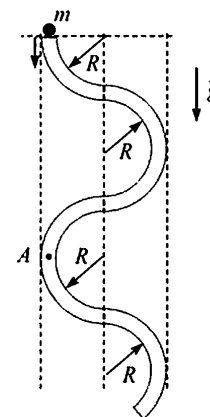
- 1) $0,67 \text{ В}$ 2) $1,5 \text{ В}$ 3) 6 В 4) 15 В

Полное решение задач С1–С6 необходимо записать на отдельном листе. При оформлении решения запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт, нить становится тоньше и перегорает. Для борьбы с этим недостатком колбы ламп накаливания наполняют газами (обычно тяжёлыми, инертными). Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и описанный способ борьбы с указанным недостатком.

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

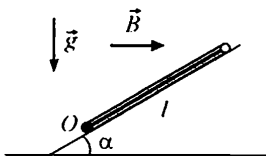
C2 В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10 \text{ г}$. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первого периода своего движения по трубке?



C3 В цилиндре объёмом $V = 9 \text{ л}$ под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 80\%$ при комнатной температуре $T = 293 \text{ К}$ под давлением $p = 1 \text{ атм}$. Воздух сжимают до объёма $V/3$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_{\text{н}} = 17,5 \text{ мм рт. ст.}$

- C4** Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1$ м заряжено зарядом $q = 1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\varphi$, где $\Delta\varphi = 0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца, причём распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

- C5** Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 25$ см и массой $m = 200$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Какой ток I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



- C6** При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 3-го порядка вблизи двойной жёлтой линии ртути со средней длиной волны $\lambda_1 = 578$ нм видна сине-фиолетовая линия 4-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Тренировочная работа № 1

по ФИЗИКЕ

17 октября 2013 года

11 класс

в формате ЕГЭ

Вариант ФИ10104

Район. _____
Город (населённый пункт) _____
Школа. _____
Класс. _____
Фамилия _____
Имя _____
Отчество. _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения 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.

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношения между различными единицами

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

Массы частиц

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

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па , температура: $0 \text{ }^\circ\text{С}$

Молярная масса

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

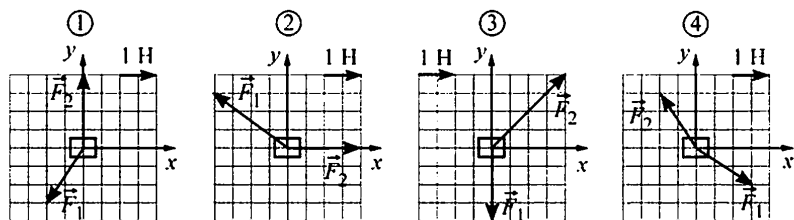
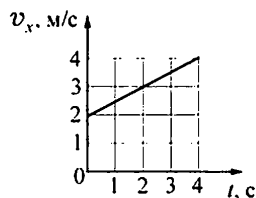
Часть 1

К каждому из заданий А1–А21 даны четыре варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа обведите кружком.

А1 Камень подброшен вверх и летит, двигаясь по вертикали. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Модуль средней скорости камня с течением времени

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться

А2 Точечное тело массой 1 кг двигалось по горизонтальной плоскости XOY . К телу приложили две силы (векторы обеих сил лежат в данной плоскости), под действием которых оно начало двигаться с ускорением. На рисунке изображена зависимость проекции v_x скорости этого тела на ось OX от времени t . На каком из следующих рисунков правильно изображены силы, действующие на тело?

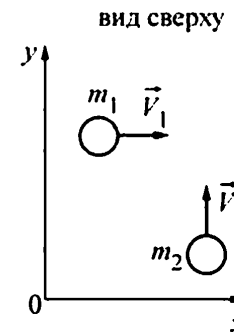


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

А3 Невесомость можно наблюдать

- 1) в лифте, ускоренно движущемся вверх
- 2) в свободно падающем лифте
- 3) в лифте, равномерно движущемся вниз
- 4) во всех трёх перечисленных выше случаях

А4 По гладкой горизонтальной плоскости XOY движутся два тела массами m_1 и m_2 со скоростями \vec{V}_1 и \vec{V}_2 , соответственно (см. рисунок). В результате соударения тела слипаются и движутся как единое целое. Проекция импульса этой системы тел на ось OX после соударения будет

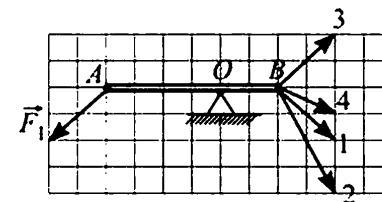


- 1) больше m_1V_1
- 2) меньше m_2V_2
- 3) равна $m_1V_1 + m_2V_2$
- 4) равна m_1V_1

А5 В кубическом аквариуме, заполненном водой, вблизи дна удерживается при помощи нити полый пластмассовый шар. Нить оборвалась, после чего шар всплыл на поверхность. В результате потенциальная энергия механической системы, включающей в себя воду и шар,

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась
- 3) уменьшилась
- 4) могла как увеличиться, так и уменьшиться – в зависимости от массы шара

А6 Лёгкая палочка может вращаться на шарнире вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O (см. рисунок). В точке A на палочку действуют силой \vec{F}_1 . Для того, чтобы палочка находилась в равновесии, к ней в точке B следует приложить силу, обозначенную на рисунке номером



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

A7 В таблице приведены характеристики четырёх жидкостей.

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, К
Вода	1000	273
Спирт	800	159
Ртуть	13600	234
Антифриз	1050	253

Самая низкая температура воздуха в обитаемых районах нашей планеты (−71,1 °С) была зарегистрирована в 1964 году в Якутии в селении Оймякон. Для измерения такой температуры можно было использовать термометр, наполненный

- 1) водой 2) спиртом 3) ртутью 4) антифризом

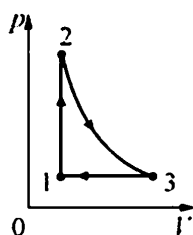
A8 Плотность ≈ 1,2 кг/м³ при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °С имеет

- 1) азот 2) водород 3) гелий 4) кислород

A9 Процесс перехода вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкую фазу, называется сублимацией. Кусок твёрдой углекислоты (так называемый «сухой лёд») лежит на столе в тёплой комнате, при этом наблюдается сублимация – масса куска медленно уменьшается. При этом внутренняя энергия куска углекислоты

- 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется
 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться – в зависимости от массы куска

A10 Идеальный газ совершает циклический процесс, изображённый на рисунке. Процесс 2–3 – адиабатический. Выберите верное утверждение.

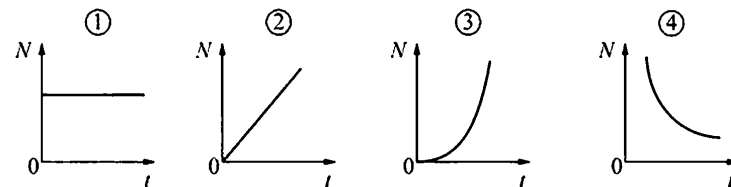
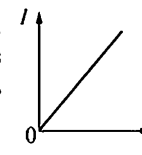


- 1) на участке 2–3 газ получал теплоту
 2) на участке 1–2 газ совершал работу
 3) на участке 3–1 температура газа повышалась
 4) в целом за цикл газ совершил положительную работу

A11 Плоский воздушный конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной a , зазор между которыми равен d . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной $a/3$, зазор между которыми также равен d , и заполнен непроводящим веществом. Чему равна диэлектрическая проницаемость этого вещества, если электрические ёмкости данных конденсаторов одинаковы?

- 1) 3 2) 6 3) 8 4) 9

A12 На рисунке изображён график зависимости силы тока I , протекающего через резистор, от времени t . На каком из следующих графиков правильно показана зависимость мощности N , выделяющейся в этом резисторе, от времени?

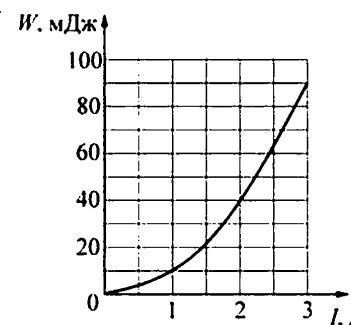


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A13 Полосовой магнит из школьного кабинета физики равномерно намагничен вдоль своей длины, и его половины окрашены в красный и синий цвет. Этот магнит разрезали поперёк на две равные части (по линии границы цветов). Синяя часть

- 1) имеет только южный полюс
 2) имеет северный и южный полюса
 3) имеет только северный полюс
 4) не имеет полюсов

A14 На рисунке показана зависимость энергии W магнитного поля катушки от силы I протекающего через неё тока. Индуктивность этой катушки равна



- 1) 0,01 Гн 2) 0,02 Гн 3) 0,03 Гн 4) 0,06 Гн

A15 Световой луч падает под углом α на переднюю поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки. На какой угол от направления падающего луча отклоняется луч, прошедший насквозь через обе поверхности пластинки?

- 1) 0 2) α 3) 2α 4) $\pi - 2\alpha$

A16 На рисунке изображён фрагмент интерференционной картины, полученной от двух когерентных источников света. Какое(-ие) утверждение(-я) являе(-ю)тся правильным(-и)?



A. В точку 1 световые волны от источников приходят в одной фазе.
Б. Оптическая разность хода лучей от источников до точки 2 равна чётному числу половин длины волны.

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

A17 Согласно одному из квантовых постулатов Н. Бора

- 1) излучение или поглощение энергии атомом происходит непрерывно
2) атом излучает или поглощает энергию только тогда, когда электроны находятся в стационарных состояниях
3) при переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии, равный энергии электрона в данном стационарном состоянии
4) при переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии, равный разности энергий электрона в стационарных состояниях

A18 Имеются три химических элемента – X, Y, Z – про ядра атомов которых известно следующее.

Массовое число ядра X отличается от массового числа ядра Y на 2.
Массовое число ядра Y отличается от массового числа ядра Z на 2.
Зарядовое число ядра X отличается от зарядового числа ядра Y на 1.
Зарядовое число ядра Y отличается от зарядового числа ядра Z на 1.
Изотопами могут быть ядра

- 1) X и Y 2) Y и Z 3) X и Z 4) X, Y и Z

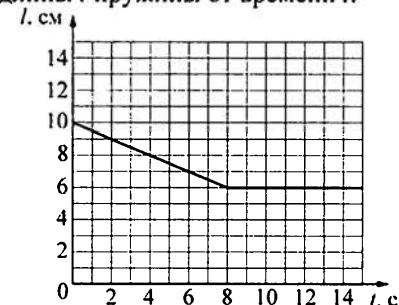
A19 Радиоактивное вещество подвергли действию высокого давления и охлаждению. В результате этого период полураспада ядер данного вещества

- 1) увеличился
2) уменьшился
3) не изменился
4) мог как увеличиться, так и уменьшиться

A20 Для определения линейной плотности нити (массы единицы длины) отмеряют отрезок длиной $L = 10$ м (делают это с очень высокой точностью) и взвешивают его на весах. Масса отрезка оказывается равной $m = (12,6 \pm 0,1)$ г. Чему равна линейная плотность нити?

- 1) 126 ± 1 г/м 3) 1,3 г/м
2) $1,26 \pm 0,01$ г/м 4) $0,79 \pm 0,01$ г/м

A21 В лёгкий сосуд наливают 500 г воды и подвешивают его к пружине, прикрепленной другим концом к потолку. Затем в дне сосуда открывают отверстие, через которое вода медленно вытекает. На рисунке изображён график зависимости длины l пружины от времени t .



Используя этот график, определите скорость вытекания воды.

- 1) 0,5 г/с 2) 1,6 г/с 3) 20 г/с 4) 62,5 г/с

Часть 2

При выполнении заданий с кратким ответом (задания В1–В4) необходимо записать ответ в указанном в тексте задания месте.

В1 Тело съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости с начальной высоты H до уровня пола. Затем проводят опыт с другой наклонной плоскостью с большим углом наклона к горизонту; при этом начальную высоту H , с которой съезжает тело, оставляют прежней. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: время соскальзывания тела до уровня пола, модуль скорости тела вблизи пола, модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости?

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.

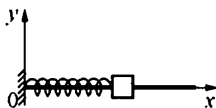
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|---|-----------------|
| А) время соскальзывания тела до уровня пола | 1) увеличится |
| Б) модуль скорости тела вблизи пола | 2) уменьшится |
| В) модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

В2 Небольшой брусок, насаженный на гладкую спицу, прикреплен к пружине, другой конец которой прикреплен к вертикальной опоре. Брусок совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени всю систему начинают перемещать с постоянным ускорением в отрицательном направлении оси Ox . Как при этом изменяются следующие физические величины: частота колебаний бруска, период колебаний бруска, координата его положения равновесия.



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.

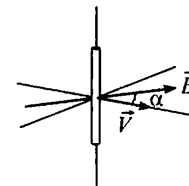
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|--|------------------|
| А) частота колебаний бруска | 1) увеличивается |
| Б) период колебаний бруска | 2) уменьшается |
| В) координата его положения равновесия | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В3 Прямолинейный проводник длиной l перемещается со скоростью V в однородном магнитном поле с индукцией B . Векторы \vec{V} и \vec{B} образуют друг с другом угол α и перпендикулярны проводнику (см. рисунок).



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 **ФОРМУЛЫ**

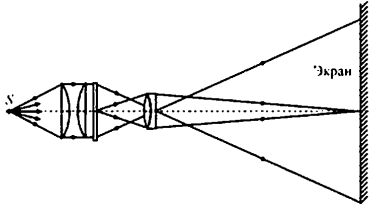
- | | |
|---|------------------------|
| А) модуль силы, с которой магнитное поле действует на электроны проводимости проводника | 1) $ e VB \sin \alpha$ |
| Б) модуль разности потенциалов, возникающей между концами проводника | 2) $ e VB \cos \alpha$ |
| | 3) $BIV \cos \alpha$ |
| | 4) $BIV \sin \alpha$ |

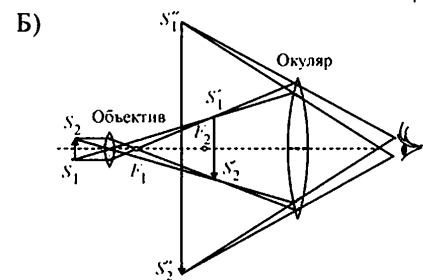
Ответ:

А	Б

В4 На рисунках изображены оптические схемы, показывающие ход световых лучей в различных оптических приборах. Установите соответствие между оптическими схемами и названиями приборов. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИБОРА **ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР**

- | | |
|---|----------------|
| А)  | 1) микроскоп |
| | 2) фотоаппарат |
| | 3) телескоп |
| | 4) проектор |



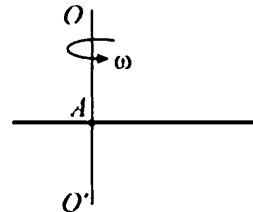
Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий A22–A25 обведите кружком номер выбранного Вами ответа.

A22 Тонкая палочка равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг закреплённой вертикально оси OO' , проходящей через точку A . Длина палочки 50 см, её угловая скорость вращения 4 рад/с, линейная скорость одного из её концов 0,5 м/с. Линейная скорость другого конца палочки равна

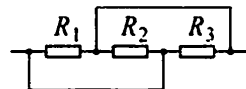


- 1) 2 м/с 2) 1,5 м/с 3) 1 м/с 4) 0,5 м/с

A23 Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью 0,02 м², который может свободно перемещаться. Под поршнем находится 0,1 моль идеального одноатомного газа при некоторой температуре T_0 . Над поршнем находится воздух при нормальном атмосферном давлении. Сначала от газа отняли количество теплоты 100 Дж, потом закрепили поршень и нагрели газ до начальной температуры T_0 . При этом давление газа под поршнем стало в 1,2 раза больше атмосферного. Чему равна температура T_0 ?

- 1) ≈ 296 К 2) ≈ 330 К 3) ≈ 378 К 4) ≈ 494 К

A24 Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, состоит из трёх резисторов. Сопротивление резистора R_2 в 2 раза больше сопротивления резистора R_1 , а сопротивление резистора R_3 в 2 раза больше сопротивления резистора R_2 . Общее сопротивление этого участка цепи равно 4 Ом. Сопротивление резистора R_1 равно



- 1) 1 Ом 2) 4 Ом 3) 5 Ом 4) 7 Ом

A25 Проволока сопротивлением 5 Ом намотана на катушку. Если соединить концы проволоки друг с другом и включить постоянное однородное магнитное поле так, что линии его индукции будут параллельны оси катушки, то через катушку протечёт заряд 0,1 Кл. Найдите амплитуду ЭДС индукции, которая возникнет в катушке, если при включённом магнитном поле начать вращать в нём катушку с угловой скоростью 4 рад/с. Ось вращения перпендикулярна оси катушки.

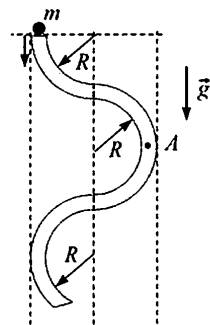
- 1) 0,125 В 2) 2 В 3) 12,5 В 4) 40 В

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать на отдельном листе. При оформлении решения запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт. Лампы, проработавшие довольно долго, обычно перегорают в момент включения, когда на них подаётся напряжение. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и перегорание ламп в момент их включения.

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.

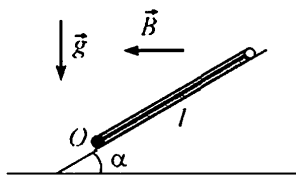
C2 В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массы $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первой половины периода своего движения по трубке?



C3 В цилиндре объёмом $V = 10$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 60\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объема $V/2$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_{\text{н}} = 17,5$ мм рт. ст.

- C4** Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1$ м заряжено зарядом $q = 1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\varphi$, где $\Delta\varphi = 0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца. Этот кусочек заменяют другим кусочком такого же размера, несущим такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд. При этом распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

- C5** Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 50$ см и массой $m = 400$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Ток какой силой I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



- C6** При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 4-го порядка вблизи сине-фиолетовой линии со средней длиной волны $\lambda_1 = 436$ нм видна двойная жёлтая линия 3-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт. Лампы, проработавшие довольно долго, обычно перегорают в момент включения, когда на них подаётся напряжение. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и перегорание ламп в момент их включения.

Возможное решение	
1.	Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближая её к температуре плавления вольфрама.
2.	При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках вакуумированной стеклянной колбы лампы, создавая на них чёрный металлический налёт. Нить накала из-за её испарения постепенно и неравномерно истончается.
3.	Сопротивление вольфрамовой нити накала лампы в момент включения минимально, поскольку у металлов сопротивление с ростом температуры растёт. Поэтому при включении лампы ток, текущий через нить, может быть в несколько раз больше, чем при высокой рабочей температуре нити. При протекании большого тока наибольшая мощность выделяется в тех местах нити, где сопротивление меньше. Поэтому нить перегорает в наиболее тонком месте.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п.п. 1–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>упоминание явлений испарения металла при высокой рабочей температуре нити накала; конденсации паров на холодных стенках колбы; зависимости сопротивления металлов от температуры, приводящего к увеличению тока через нить в момент включения лампы; зависимости сопротивления проволоки от площади ее поперечного сечения; зависимости тепловой мощности от сопротивления</i>).	3

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первого периода своего движения по трубке?

Возможное решение
<p>Как видно из рисунка, к концу первого периода движения по трубке шарик опустится по высоте на расстояние $h = 4R$. Поскольку потерь механической энергии нет (по условию трубка гладкая), то скорость шарика к этому моменту будет равна $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{8gR}$.</p> <p>В точке A шарик движется по окружности с центростремительным ускорением, равным v^2/R, которое, согласно второму закону Ньютона, создаётся нормальной силой давления со стороны трубки: $N = mv^2/R$.</p> <p>По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна искомой силе давления шарика на трубку: $F = N = mv^2/R = 8mg = 0,8 \text{ Н}$.</p> <p>Ответ: $F = 8mg = 0,8 \text{ Н}$.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон сохранения механической энергии, второй и третий законы Ньютона при движении тела по окружности</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3

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

С3 В цилиндре объёмом $V = 10$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 60\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объёма $V/2$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_n = 17,5$ мм рт. ст.

Возможное решение
<p>Давление водяного пара в начальном состоянии было равно $p_1 = r \cdot p_n = 10,5$ мм рт. ст.</p> <p>После изотермического сжатия в два раза, если бы пары воды не конденсировались, их давление составило бы $2p_1 = 2rp_n = 21$ мм рт. ст. в объёме $V/2 = 5$ л.</p> <p>Значит, после достижения давления насыщенных паров $p_n = 17,5$ мм рт. ст. начнётся процесс их конденсации, при котором часть пара сконденсируется, а давление пара останется равным p_n.</p> <p>В начальном состоянии, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева и закону Дальтона, в цилиндре объёмом V находилась масса паров воды, равная $m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT} = \frac{\mu r p_n V}{RT}$, где $\mu = 0,018$ кг/моль – молярная масса воды, а $p_n = 17,5$ мм рт. ст. ≈ 2380 Па.</p> <p>В конечном состоянии в цилиндре объёмом $V/2$ находится при относительной влажности $r = 100\%$ масса паров воды, равная $m_2 = \frac{\mu p_n V}{2RT}$.</p> <p>Таким образом, сконденсировавшаяся масса паров воды равна $m = m_1 - m_2 = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} = \frac{0,018 \cdot 0,2 \cdot 2380 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 1,76 \cdot 10^{-5}$ кг ≈ 18 мг.</p> <p>Ответ: $m = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} \approx 1,76 \cdot 10^{-5}$ кг ≈ 18 мг.</p>

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 (<i>в данном случае – записаны определения относительной и абсолютной влажности, уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона и условие конденсации паров воды</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один из следующих недостатков. 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

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

C4 Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1$ м заряжено зарядом $q = 1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\phi$, где $\Delta\phi = 0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца, причём распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

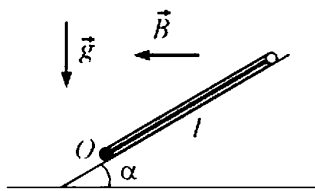
Возможное решение
<p>Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю. Действительно, для каждого участка длиной $R\Delta\phi$ с зарядом $\Delta q = \frac{qR\Delta\phi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\phi}{2\pi}$, создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона, $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$ и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной $R\Delta\phi$, создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю.</p> <p>После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю, очевидно, как раз на $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72$ МВ/м. Ответ: $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72$ МВ/м.</p>

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – закон Кулона и принцип суперпозиции электрических полей</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному 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 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

Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 50$ см и массой $m = 400$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Ток какой силой I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



Возможное решение	
<p>Рамка с током начнёт поворачиваться, когда момент сил относительно оси O, действующий на рамку в магнитном поле, превысит момент силы тяжести.</p> <p>По закону Ампера на боковые стороны рамки силы со стороны магнитного поля в плоскости рисунка не действуют, а сила F_A, действующая на верхнюю горизонтальную сторону рамки, по модулю равна BIl и должна действовать вверх, для чего ток в ней должен идти «от нас», за плоскость рисунка (см. рис.). Плечо этой силы относительно оси O равно $l \cos \alpha$, а момент силы равен $BIl^2 \cos \alpha$.</p>	

<p>Момент силы тяжести относительно оси O равен $mg \frac{l}{2} \cos \alpha$.</p> <p>Таким образом, должно выполняться соотношение: $BIl^2 \cos \alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos \alpha$,</p> <p>откуда $I \geq \frac{mg}{2Bl} = \frac{0,4 \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 0,5} = 4$ А.</p> <p>Ответ: $I \geq \frac{mg}{2Bl} = 4$ А, ток в верхней стороне рамки должен идти «от нас», за плоскость рисунка.</p>

Критерии оценивания 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 – закон Ампера для взаимодействия тока с магнитным полем и выражения для моментов силы Ампера и силы тяжести, действующих на массивную рамку с током);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</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 и направления протекания тока.</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 и направления протекания тока. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С6

При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 3-го порядка вблизи двойной жёлтой линии ртути со средней длиной волны $\lambda_1 = 578$ нм видна сине-фиолетовая линия 4-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Возможное решение
<p>Главные дифракционные максимумы решётки наблюдаются при условии $d \sin \varphi = m\lambda$, где d – период решетки, φ – угол дифракции, m – порядок дифракционного максимума, λ – длина волны света, падающего на решётку. По условию вблизи одного и того же угла φ в спектре ртути наблюдаются главные максимумы 3-го порядка для жёлтой линии и 4-го порядка для сине-фиолетовой линии: $3\lambda_1 \approx 4\lambda_2$, откуда $\lambda_2 \approx \frac{3}{4}\lambda_1 = 0,75 \cdot 578 \approx 434$ нм, что близко к табличному значению длины волны для сине-фиолетовой линии в спектре ртути: $\lambda_{с-ф} = 436$ нм. Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{3}{4}\lambda_1 \approx 434$ нм.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – формула для главных максимумов дифракционной решётки</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3

<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков.</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 одному 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 утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт, нить становится тоньше и перегорает. Для борьбы с этим недостатком колбы ламп накаливания наполняют газами (обычно тяжёлыми, инертными). Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и описанный способ борьбы с указанным недостатком.

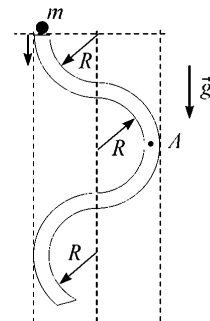
Возможное решение
1. Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближаясь к температуре плавления вольфрама. 2. При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках вакуумированной стеклянной колбы лампы, создавая на них чёрный металлический налёт. Нить накала за счёт её испарения постепенно (и неравномерно) истончается и в некоторый момент перегорает. 3. Заполнение колбы тяжёлым инертным газом сильно замедляет (по сравнению с вакуумированной колбой) процесс диффузии испарившихся атомов вольфрама и способствует их осаждению обратно на нить накала после выключения напряжения, что замедляет истончение нити и повышает срок службы ламп.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>н.п.</i> 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>упоминание явлений испарения металла при высокой рабочей температуре нити накала и конденсации паров на холодных стенках колбы; замедления диффузии паров вольфрама, приводящего к осаждению атомов вольфрама обратно на нить и замедлению её истончения</i>).	3

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2

В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первой половины периода своего движения по трубке?



Возможное решение
<p>Как видно из рисунка, к концу первого периода движения по трубке шарик опустится по высоте на расстояние $h = 2R$. Поскольку потерь механической энергии нет (по условию трубка гладкая), то скорость шарика к этому моменту будет равна $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{4gR}$.</p> <p>В точке A шарик движется по окружности с центростремительным ускорением, равным v^2/R, которое, согласно второму закону Ньютона, создаётся нормальной силой давления со стороны трубки: $N = mv^2/R$.</p> <p>По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна искомой силе давления шарика на трубку: $F = N = mv^2/R = 4mg = 0,4 \text{ Н}$.</p> <p>Ответ: $F = 4mg = 0,4 \text{ Н}$.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон сохранения механической энергии, второй и третий законы Ньютона при движении тела по окружности</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3

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

С3

В цилиндре объёмом $V = 9 \text{ л}$ под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 80\%$ при комнатной температуре $T = 293 \text{ К}$ под давлением $p = 1 \text{ атм}$. Воздух сжимают до объёма $V/3$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_n = 17,5 \text{ мм рт. ст.}$

Возможное решение
<p>Давление водяного пара в начальном состоянии было равно $p_1 = r \cdot p_n = 14$ мм рт. ст.</p> <p>После изотермического сжатия в три раза, если бы пары воды не конденсировались, их давление составило бы $3p_1 = 3rp_n = 42$ мм рт. ст. в объёме $V/3 = 3$ л.</p> <p>Значит, после достижения давления насыщенных паров $p_n = 17,5$ мм рт. ст. начнётся процесс их конденсации, при котором часть пара сконденсируется, а давление пара останется равным p_n.</p> <p>В начальном состоянии, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева и закону Дальтона, в цилиндре объёмом V находилась масса паров воды, равная $m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT} = \frac{\mu r p_n V}{RT}$, где $\mu = 0,018$ кг/моль – молярная масса воды, а $p_n = 17,5$ мм рт. ст. ≈ 2380 Па.</p> <p>В конечном состоянии в цилиндре объёмом $V/3$ находится при относительной влажности $r = 100\%$ масса паров воды, равная $m_2 = \frac{\mu p_n V}{3RT}$.</p> <p>Таким образом, сконденсировавшаяся масса паров воды равна $m = m_1 - m_2 = \frac{\mu(3r-1)p_n V}{3RT} = \frac{0,018 \cdot 1,4 \cdot 2380 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 7,39 \cdot 10^{-5}$ кг ≈ 74 мг.</p> <p>Ответ: $m = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} \approx 7,39 \cdot 10^{-5}$ кг ≈ 74 мг.</p>

Критерии оценивания 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 – записаны определения относительной и абсолютной влажности, уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона и условие конденсации паров воды); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3

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

C4 Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1$ м заряжено зарядом $q = 1$ нКл, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\phi$, где $\Delta\phi = 0,05$ рад – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца. Этот кусочек заменяют другим кусочком такого же размера, несущим такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд. При этом распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

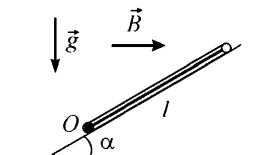
Возможное решение
<p>Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю.</p> <p>Действительно, для каждого участка длиной $R\Delta\phi$ с зарядом $\Delta q = \frac{qR\Delta\phi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\phi}{2\pi}$, создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона, $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$, и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной $R\Delta\phi$, создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю.</p> <p>После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю как раз на $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$ и будет направлена вдоль радиуса кольца \vec{R}, проведённого из центра к удалённому кусочку. После замены кусочка на другой, несущий такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд, модуль напряжённости электрического поля в центре кольца удвоится и станет равным</p> $\Delta E_1 = 2\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{\pi} \approx 143 \text{ мВ/м.}$ <p>Ответ: $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{\pi} \approx 143 \text{ мВ/м.}$</p>

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>I) Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – закон Кулона и принцип суперпозиции электрических полей</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один из следующих недостатков. 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 одному 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 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

Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 25$ см и массой $m = 200$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Какой ток I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



Возможное решение	
<p>Рамка с током начнёт поворачиваться, когда момент сил относительно оси O, действующий на рамку в магнитном поле, превысит момент силы тяжести.</p> <p>По закону Ампера на боковые стороны рамки силы со стороны магнитного поля в плоскости рисунка не действуют, а сила F_A, действующая на верхнюю горизонтальную сторону рамки, по модулю равна BIl и должна действовать вверх, для чего ток в ней должен идти «на нас», из-за плоскости рисунка (см. рис.). Плечо этой силы относительно оси O равно $l \cos \alpha$, а момент равен $BIl^2 \cos \alpha$.</p> <p>Момент силы тяжести относительно оси O равен $mg \frac{l}{2} \cos \alpha$.</p>	

Таким образом, должно выполняться соотношение: $BIl^2 \cos \alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos \alpha$, откуда $I \geq \frac{mg}{2BI} = \frac{0,2 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 8$ А.

Ответ: $I \geq \frac{mg}{2BI} = 8$ А, ток в верхней стороне рамки должен идти «на нас», из-за плоскости рисунка.

Критерии оценивания 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 – закон Ампера для взаимодействия тока с магнитным полем и выражения для моментов силы Ампера и силы тяжести, действующих на массивную рамку с током);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</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 и направления протекания тока.</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 и направления протекания тока. Но имеется один из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">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

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

С6 При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 4-го порядка вблизи сине-фиолетовой линии со средней длиной волны $\lambda_1 = 436$ нм видна двойная жёлтая линия 3-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Возможное решение
<p>Главные дифракционные максимумы решётки наблюдаются при условии $d \sin \varphi = m\lambda$, где d – период решётки, φ – угол дифракции, m – порядок дифракционного максимума, λ – длина волны света, падающего на решётку. По условию вблизи одного и того же угла φ в спектре ртути наблюдаются главные максимумы 4-го порядка для сине-фиолетовой линии и 3-го порядка для жёлтой линии: $4\lambda_1 \approx 3\lambda_2$, откуда $\lambda_2 \approx \frac{4}{3}\lambda_1 = \frac{4}{3} \cdot 436 \approx 581$ нм, что близко к табличному значению средней длины волны для двойной желтой линии в спектре ртути: $\lambda_{ж} = 578$ нм.</p> <p>Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{4}{3}\lambda_1 \approx 581$ нм.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – формула для главных максимумов дифракционной решётки</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	232
B2	332

№ задания	Ответ
B3	14
B4	23

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	131
B2	331

№ задания	Ответ
B3	31
B4	41

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт, нить становится тоньше и перегорает. Для борьбы с этим недостатком колбы ламп накаливания наполняют газами (обычно тяжёлыми, инертными). Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и описанный способ борьбы с указанным недостатком.

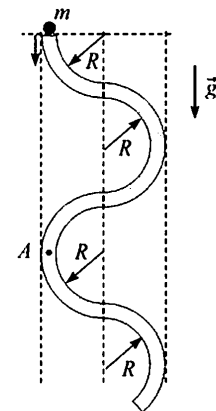
Возможное решение	
1. Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближаясь к температуре плавления вольфрама.	
2. При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках вакуумированной стеклянной колбы лампы, создавая на них чёрный металлический налёт. Нить накала за счёт её испарения постепенно (и неравномерно) истончается и в некоторый момент перегорает.	
3. Заполнение колбы тяжёлым инертным газом сильно замедляет (по сравнению с вакуумированной колбой) процесс диффузии испарившихся атомов вольфрама и способствует их осаждению обратно на нить накала после выключения напряжения, что замедляет истончение нити и повышает срок службы ламп.	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п.п. 1–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>упоминание явлений испарения металла при высокой рабочей температуре нити накала и конденсации паров на холодных стенках колбы; замедления диффузии паров вольфрама, приводящего к осаждению атомов вольфрама обратно на нить и замедлению её истончения</i>).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2

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

C2

В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первого периода своего движения по трубке?



Возможное решение	
Как видно из рисунка, к концу первого периода движения по трубке шарик опустится по высоте на расстояние $h = 4R$. Поскольку потерь механической энергии нет (по условию трубка гладкая), то скорость шарика к этому моменту будет равна $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{8gR}$.	
В точке A шарик движется по окружности с центростремительным ускорением, равным v^2 / R , которое, согласно второму закону Ньютона, создаётся нормальной силой давления со стороны трубки: $N = mv^2 / R$.	
По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна искомой силе давления шарика на трубку: $F = N = mv^2 / R = 8mg = 0,8$ Н.	
Ответ: $F = 8mg = 0,8$ Н.	

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон сохранения механической энергии, второй и третий законы Ньютона при движении тела по окружности</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или всем 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 одному 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 утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С3

В цилиндре объёмом $V = 9$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 80\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объёма $V/3$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_n = 17,5$ мм рт. ст.

Возможное решение

Давление водяного пара в начальном состоянии было равно $p_1 = r \cdot p_n = 14$ мм рт. ст.

После изотермического сжатия в три раза, если бы пары воды не конденсировались, их давление составило бы $3p_1 = 3rp_n = 42$ мм рт. ст. в объёме $V/3 = 3$ л.

Значит, после достижения давления насыщенных паров $p_n = 17,5$ мм рт. ст. начнётся процесс их конденсации, при котором часть пара сконденсируется, а давление пара останется равным p_n .

В начальном состоянии, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева и закону Дальтона, в цилиндре объёмом V находилась масса паров воды, равная $m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT} = \frac{\mu r p_n V}{RT}$, где $\mu = 0,018$ кг/моль – молярная масса воды, а $p_n = 17,5$ мм рт. ст. ≈ 2380 Па.

В конечном состоянии в цилиндре объёмом $V/3$ находится при относительной влажности $r = 100\%$ масса паров воды, равная $m_2 = \frac{\mu p_n V}{3RT}$.

Таким образом, сконденсировавшаяся масса паров воды равна

$$m = m_1 - m_2 = \frac{\mu(3r-1)p_n V}{3RT} = \frac{0,018 \cdot 1,4 \cdot 2380 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 7,39 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \approx 74 \text{ мг.}$$

Ответ: $m = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} \approx 7,39 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \approx 74 \text{ мг.}$

Критерии оценивания 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 – записаны определения относительной и абсолютной влажности, уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона и условие конденсации паров воды); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

C4

Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1 \text{ м}$ заряжено зарядом $q = 1 \text{ нКл}$, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\phi$, где $\Delta\phi = 0,05 \text{ рад}$ – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца, причём распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

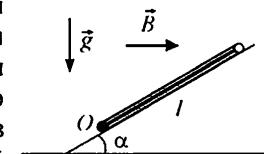
Возможное решение
<p>Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю. Действительно, для каждого участка длиной $R\Delta\phi$ с зарядом $\Delta q = \frac{qR\Delta\phi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\phi}{2\pi}$, создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона, $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$ и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной $R\Delta\phi$, создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю. После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю, очевидно, как раз на $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72 \text{ мВ/м.}$ Ответ: $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72 \text{ мВ/м.}$</p>

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 закон Кулона и принцип суперпозиции электрических полей);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</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 один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</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 одному 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 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

Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 25$ см и массой $m = 200$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Какой ток I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?

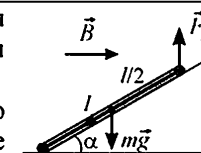


Возможное решение

Рамка с током начнёт поворачиваться, когда момент сил относительно оси O , действующий на рамку в магнитном поле, превысит момент силы тяжести.

По закону Ампера на боковые стороны рамки силы со стороны магнитного поля в плоскости рисунка не действуют, а сила F_A , действующая на верхнюю горизонтальную сторону рамки, по модулю равна BIl и должна действовать вверх, для чего ток в ней должен идти «на нас», из-за плоскости рисунка (см. рис.). Плечо этой силы относительно оси O равно $l \cos \alpha$, а момент равен $BIl^2 \cos \alpha$.

Момент силы тяжести относительно оси O равен $mg \frac{l}{2} \cos \alpha$.



Таким образом, должно выполняться соотношение: $BIl^2 \cos \alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos \alpha$,
откуда $I \geq \frac{mg}{2Bl} = \frac{0,2 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 8 \text{ А}$.
Ответ: $I \geq \frac{mg}{2Bl} = 8 \text{ А}$, ток в верхней стороне рамки должен идти «на нас», из-за плоскости рисунка.

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон Ампера для взаимодействия тока с магнитным полем и выражения для моментов силы Ампера и силы тяжести, действующих на массивную рамку с током</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины и направления протекания тока.</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 и направления протекания тока. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

С6

При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 3-го порядка вблизи двойной жёлтой линии ртути со средней длиной волны $\lambda_1 = 578 \text{ нм}$ видна сине-фиолетовая линия 4-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Возможное решение
<p>Главные дифракционные максимумы решётки наблюдаются при условии $d \sin \varphi = m\lambda$, где d – период решетки, φ – угол дифракции, m – порядок дифракционного максимума, λ – длина волны света, падающего на решётку. По условию вблизи одного и того же угла φ в спектре ртути наблюдаются главные максимумы 3-го порядка для жёлтой линии и 4-го порядка для сине-фиолетовой линии: $3\lambda_1 \approx 4\lambda_2$, откуда $\lambda_2 \approx \frac{3}{4}\lambda_1 = 0,75 \cdot 578 \approx 434 \text{ нм}$, что близко к табличному значению длины волны для сине-фиолетовой линии в спектре ртути: $\lambda_{с-ф} = 436 \text{ нм}$. Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{3}{4}\lambda_1 \approx 434 \text{ нм}$.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – формула для главных максимумов дифракционной решётки</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один 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 одному 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 утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1

Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт. Лампы, проработавшие довольно долго, обычно перегорают в момент включения, когда на них подаётся напряжение. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налёта на стенках колбы и перегорание ламп в момент их включения.

Возможное решение

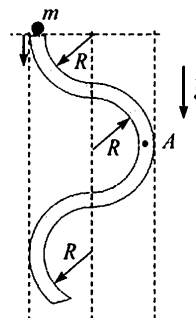
- Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближая её к температуре плавления вольфрама.
- При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках вакуумированной стеклянной колбы лампы, создавая на них чёрный металлический налёт. Нить накала из-за её испарения постепенно и неравномерно истончается.
- Спротивление вольфрамовой нити накала лампы в момент включения минимально, поскольку у металлов сопротивление с ростом температуры растёт. Поэтому при включении лампы ток, текущий через нить, может быть в несколько раз больше, чем при высокой рабочей температуре нити. При протекании большого тока наибольшая мощность выделяется в тех местах нити, где сопротивление меньше. Поэтому нить перегорает в наиболее тонком месте.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п.п. 1–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>упоминание явлений испарения металла при высокой рабочей температуре нити накала; конденсации паров на холодных стенках колбы; зависимости сопротивления металлов от температуры, приводящего к увеличению тока через нить в момент включения лампы; зависимости сопротивления проволоки от площади ее поперечного сечения; зависимости тепловой мощности от сопротивления</i>).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2

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

C2

В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рис.). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A , в конце первой половины периода своего движения по трубке?



Возможное решение

Как видно из рисунка, к концу первого периода движения по трубке шарик опустится по высоте на расстояние $h = 2R$. Поскольку потерь механической энергии нет (по условию трубка гладкая), то скорость шарика к этому моменту будет равна $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{4gR}$.
В точке A шарик движется по окружности с центростремительным ускорением, равным v^2 / R , которое, согласно второму закону Ньютона, создаётся нормальной силой давления со стороны трубки: $N = mv^2 / R$.
По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна искомой силе давления шарика на трубку: $F = N = mv^2 / R = 4mg = 0,4$ Н.
Ответ: $F = 4mg = 0,4$ Н.

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон сохранения механической энергии, второй и третий законы Ньютона при движении тела по окружности</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или всем 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 одному 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 утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С3

В цилиндре объёмом $V = 10$ л под поршнем находится воздух с относительной влажностью $r = 60\%$ при комнатной температуре $T = 293$ К под давлением $p = 1$ атм. Воздух сжимают до объема $V/2$, поддерживая его температуру постоянной. Какая масса m воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно $p_n = 17,5$ мм рт. ст.

Возможное решение

Давление водяного пара в начальном состоянии было равно $p_1 = r \cdot p_n = 10,5$ мм рт. ст.

После изотермического сжатия в два раза, если бы пары воды не конденсировались, их давление составило бы $2p_1 = 2r p_n = 21$ мм рт. ст. в объёме $V/2 = 5$ л.

Значит, после достижения давления насыщенных паров $p_n = 17,5$ мм рт. ст. начнётся процесс их конденсации, при котором часть пара сконденсируется, а давление пара останется равным p_n .

В начальном состоянии, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева и закону Дальтона, в цилиндре объёмом V находилась масса паров воды, равная $m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT} = \frac{\mu r p_n V}{RT}$, где $\mu = 0,018$ кг/моль – молярная масса воды, а $p_n = 17,5$ мм рт. ст. ≈ 2380 Па.

В конечном состоянии в цилиндре объёмом $V/2$ находится при относительной влажности $r = 100\%$ масса паров воды, равная $m_2 = \frac{\mu p_n V}{2RT}$.
 Таким образом, сконденсировавшаяся масса паров воды равна

$$m = m_1 - m_2 = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} = \frac{0,018 \cdot 0,2 \cdot 2380 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \approx 18 \text{ мг.}$$

Ответ: $m = \frac{\mu(2r-1)p_n V}{2RT} \approx 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \approx 18 \text{ мг.}$

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 – записаны определения относительной и абсолютной влажности, уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона и условие конденсации паров воды); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	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 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

C4

Плоское диэлектрическое кольцо радиусом $R = 1 \text{ м}$ заряжено зарядом $q = 1 \text{ нКл}$, равномерно распределённым по периметру кольца. В некоторый момент из кольца удаляют маленький заряженный кусочек длиной $R\Delta\phi$, где $\Delta\phi = 0,05 \text{ рад}$ – угол, под которым виден этот кусочек из центра кольца. Этот кусочек заменяют другим кусочком такого же размера, несущим такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд. При этом распределение остальных зарядов по кольцу не меняется. На сколько после этого изменится по модулю напряжённость электрического поля в центре кольца?

Возможное решение
Вначале напряжённость электрического поля в центре кольца была равна нулю. Действительно, для каждого участка длиной $R\Delta\phi$ с зарядом $\Delta q = \frac{qR\Delta\phi}{2\pi R} = \frac{q\Delta\phi}{2\pi}$, создающего в центре кольца напряжённость электрического поля, равную по модулю, согласно закону Кулона, $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$ и направленную противоположно радиусу кольца, проведённому из центра к кусочку, имеется на другой стороне кольца такой же кусочек длиной $R\Delta\phi$, создающий в центре кольца такое же по модулю и противоположно направленное электрическое поле. Поэтому по принципу суперпозиции электрических полей суммарное поле в центре кольца вначале было равно нулю.

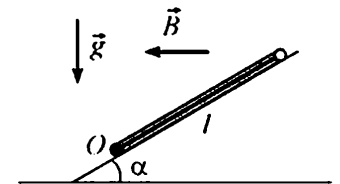
После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю как раз на $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$ и будет направлена вдоль радиуса кольца \vec{R} , проведённого из центра к удалённому кусочку. После замены кусочка на другой, несущий такой же по модулю, но противоположный по знаку заряд, модуль напряжённости электрического поля в центре кольца удвоится и станет равным $\Delta E_1 = 2\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{\pi} \approx 143 \text{ мВ/м}$. **Ответ:** $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{\pi} \approx 143 \text{ мВ/м}$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>I) Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае - закон Кулона и принцип суперпозиции электрических полей);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</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 один из следующих недостатков. 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 одному 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 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

Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 50 \text{ см}$ и массой $m = 400 \text{ г}$ лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным α . Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси O , проходящей через эту сторону (см. рис., вид сбоку). Система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$, направленной перпендикулярно оси O . Ток какой силой I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?



Возможное решение	
<p>Рамка с током начнёт поворачиваться, когда момент сил относительно оси O, действующий на рамку в магнитном поле, превысит момент силы тяжести.</p> <p>По закону Ампера на боковые стороны рамки силы со стороны магнитного поля в плоскости рисунка не действуют, а сила F_A, действующая на верхнюю горизонтальную сторону рамки, по модулю равна BIl и должна действовать вверх, для чего ток в ней должен идти «от нас», за плоскость рисунка (см. рис.). Плечо этой силы относительно оси O равно $l \cos \alpha$, а момент силы равен $BIl^2 \cos \alpha$.</p> <p>Момент силы тяжести относительно оси O равен $mg \frac{l}{2} \cos \alpha$.</p>	

Таким образом, должно выполняться соотношение: $B\ell^2 \cos\alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos\alpha$,
откуда $I \geq \frac{mg}{2Bl} = \frac{0,4 \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 0,5} = 4 \text{ А}$.
Ответ: $I \geq \frac{mg}{2Bl} = 4 \text{ А}$, ток в верхней стороне рамки должен идти «от нас», за плоскость рисунка.

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – закон Ампера для взаимодействия тока с магнитным полем и выражения для моментов силы Ампера и силы тяжести, действующих на массивную рамку с током</i>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины и направления протекания тока.</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 и направления протекания тока. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

С6

При исследовании спектра ртути с помощью дифракционной решётки и гониометра (прибора для точного измерения углов дифракции света) было обнаружено, что в спектре 4-го порядка вблизи сине-фиолетовой линии со средней длиной волны $\lambda_1 = 436 \text{ нм}$ видна двойная жёлтая линия 3-го порядка. Оцените её длину волны λ_2 .

Возможное решение
<p>Главные дифракционные максимумы решётки наблюдаются при условии $d \sin \varphi = m\lambda$, где d – период решётки, φ – угол дифракции, m – порядок дифракционного максимума, λ – длина волны света, падающего на решётку. По условию вблизи одного и того же угла φ в спектре ртути наблюдаются главные максимумы 4-го порядка для сине-фиолетовой линии и 3-го порядка для жёлтой линии: $4\lambda_1 \approx 3\lambda_2$, откуда $\lambda_2 \approx \frac{4}{3}\lambda_1 = \frac{4}{3} \cdot 436 \approx 581 \text{ нм}$, что близко к табличному значению средней длины волны для двойной жёлтой линии в спектре ртути: $\lambda_{ж} = 578 \text{ нм}$. Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{4}{3}\lambda_1 \approx 581 \text{ нм}$.</p>

Критерии оценивания 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 (<i>в данном случае – формула для главных максимумов дифракционной решётки</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</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 один 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 одному 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 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

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	131
B2	332

№ задания	Ответ
B3	31
B4	23

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	232
B2	331

№ задания	Ответ
B3	14
B4	41