

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.

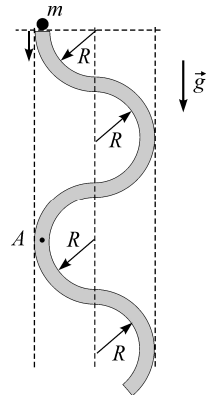
Возможное решение
<p>1. Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближаясь к температуре плавления вольфрама.</p> <p>2. При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках 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.</p> <p>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.</p>

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
<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: $F = N = mv^2 / R = 8mg = 0,8$ Н.</p> <p>Ответ: $F = 8mg = 0,8$ 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 $V = 9$ 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 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:</p> <p>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);</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

С4

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

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.

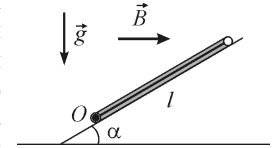
После удаления такого кусочка напряжённость электрического поля в центре кольца изменится по модулю, очевидно, как раз на $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72 \text{ мВ/м}$. **Ответ:** $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi} \approx 72 \text{ мВ/м}$.

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 – 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 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 ?

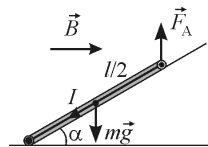


Возможное решение

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 Bl 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 $Bl^2 \cos \alpha$.

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



Таким образом, должно выполняться соотношение: $BIl^2 \cos \alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos \alpha$,

$$\text{откуда } I \geq \frac{mg}{2Bl} = \frac{0,2 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 8 \text{ А.}$$

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:</p> <p>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>);</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 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.

1

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

ИЛИ

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

ИЛИ

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

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

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

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: $\lambda_{\text{с-ф}} = 436 \text{ нм}$.

Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{3}{4}\lambda_1 \approx 434 \text{ нм}$.

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

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**C1**

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.
- 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 *п.п. 1–3*) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – *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*).

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.

1

Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.

ИЛИ

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

ИЛИ

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

ИЛИ

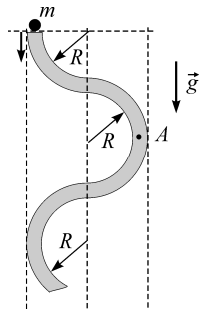
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.

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

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: 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 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 $2p_1 = 2rp_n = 21$ 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
<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.

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

1

0

С4

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 $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}$ 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

$$\Delta E_1 = 2\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{\pi} \approx 143 \text{ МВ/м.}$$

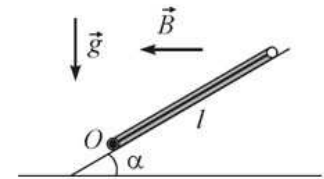
Ответ: $\Delta E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \frac{\Delta\phi}{\pi} \approx 143 \text{ МВ/м.}$

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 ?

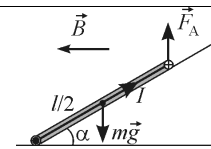


Возможное решение

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 BlI 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 $BlI^2 \cos \alpha$.

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



Таким образом, должно выполняться соотношение: $BIl^2 \cos \alpha \geq mg \frac{l}{2} \cos \alpha$,

$$\text{откуда } I \geq \frac{mg}{2Bl} = \frac{0,4 \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 0,5} = 4 \text{ А.}$$

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:</p> <p>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>);</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 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>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.

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

1

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

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 желтой линии в спектре ртути: $\lambda_{ж} = 578 \text{ нм}$.

Ответ: $\lambda_2 \approx \frac{4}{3}\lambda_1 \approx 581 \text{ нм}$.

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. 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

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