

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

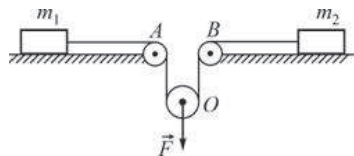
- C1** Известно, что сжиженные газы с низкими температурами кипения при нормальном давлении (например, метан, азот, кислород, водород, гелий) хранят в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой. При таком хранении потери на испарение, отнесённые к единице массы сжиженного газа, уменьшаются при увеличении объёма сосуда.
Объясните причины вышеизложенного, основываясь на известных физических законах и закономерностях.

Возможное решение

- Даже при хорошей теплоизоляции невозможно полностью устранить подвод теплоты к сжиженным газам с низкими температурами кипения через стенки сосудов, поскольку температура этих газов значительно ниже температуры окружающей среды и существует явление теплопроводности.
- Теплота, поступающая через стенки сосуда, расходуется на испарение сжиженного газа, причём объём получившегося газа во много раз превышает объём испарившейся жидкости. Поэтому в закрытом сосуде давление будет постепенно возрастать, и сосуд в конце концов взорвётся. По этой причине сжиженные газы хранят в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой.
- При данной разности температур и теплопроводности стенок количество теплоты, подводимой в единицу времени к содержимому сосуда, пропорционально площади его стенок, то есть квадрату линейных размеров сосуда. В то же время масса жидкости пропорциональна её объёму, то есть кубу линейных размеров сосуда. Поэтому с увеличением размеров сосуда поток теплоты, приходящийся на единицу массы жидкости, уменьшается, и соответственно уменьшаются относительные потери газа на испарение.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>описание процессов теплопроводности и испарения, а также возможных последствий герметизации сосудов со сжиженными газами и причины уменьшения потерь на испарение при увеличении размеров сосуда</i>).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2 На гладкой горизонтальной плоскости лежат два груза массами $m_1 = 0,5$ кг и $m_2 = 2$ кг, соединённые невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через два неподвижных (A и B) и один подвижный (O) невесомые блоки, как показано на рисунке. Оси блоков горизонтальны, трения в осях блоков нет. К оси O подвижного блока приложена направленная вертикально вниз сила $F = 4$ Н. Найдите ускорение этой оси. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы и блок.



Возможное решение

Нарисуем силы T натяжения нити, одинаковые, в силу условия задачи, вдоль всей нити и действующие на грузы и блок O (см. рисунок). Введём систему координат XY , как показано на рисунке, и запишем уравнения движения грузов в проекции на ось X :

$$m_1 a_1 = T, m_2 a_2 = -T.$$

В силу невесомости блока O имеем $F = 2T$, или $T = \frac{F}{2}$.

В силу нерастяжимости нити (длиной L) и неподвижности блоков A и B (их координаты x_A и x_B постоянны) имеется следующая кинематическая связь между координатами x_1 и x_2 грузов и координатой y_0 блока O (здесь r – радиус блоков A и B , R – радиус блока O):

$$x_A - x_1 + x_2 - x_B + \pi r + \pi R + 2y_0 = L,$$

или

$$x_2 - x_1 + 2a_0 = \text{const.}$$

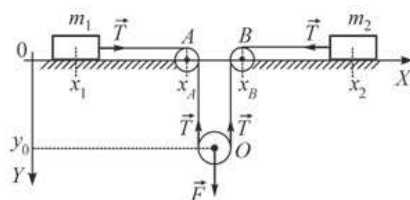
Отсюда, так как $x = \frac{at^2}{2}$, получаем связь ускорений:

$$a_2 - a_1 + 2a_0 = 0.$$

Решаем записанную систему уравнений и получаем ответ:

$$a_1 = \frac{F}{2m_1}, a_2 = -\frac{F}{2m_2}, a_0 = \frac{a_1 - a_2}{2} = \frac{F}{4} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

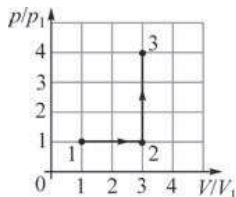
Ответ: $a_0 = \frac{F}{4} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} = 2,5 \text{ м/с}^2$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – уравнения движения грузов и блока в проекциях на выбранные оси координат и уравнение кинематической связи для ускорений тел); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение; IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II, III, IV, – 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 V, 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.	1
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3 Над одним молем идеального одноатомного газа провели процесс 1–2–3, график которого приведён на рисунке в координатах V/V_1 и p/p_1 , где $V_1 = 1 \text{ м}^3$ и $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – объём и давление газа в состоянии 1. Найдите количество теплоты, сообщённое газу в данном процессе 1–2–3.



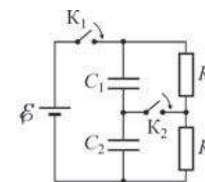
Возможное решение
Согласно первому началу термодинамики количество теплоты ΔQ , сообщённое газу, расходуется на работу газа ΔA и изменение его внутренней энергии ΔU : $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$.
Работа газа на изобарическом участке 1–2 равна $\Delta A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = p_1 V_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)$, а на изохорическом участке 2–3 она равна нулю: $\Delta A_{23} = 0$.
Как видно из рисунка, $\frac{V_2}{V_1} = 3$, и суммарная работа в процессе 1–2–3 равна $\Delta A_{13} = \Delta A_{12} = 2p_1 V_1$. Внутренняя энергия одного моля идеального одноатомного газа: $U = \frac{3}{2}RT$. Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, для одного моля идеального газа имеем $pV = RT$, так что $U = \frac{3}{2}pV$. Изменение внутренней энергии газа в процессе 1–2–3 равно, таким образом,
$\Delta U_{13} = \frac{3}{2}(p_3 V_3 - p_1 V_1) = \frac{3}{2}p_1 V_1 \left(\frac{p_3}{p_1} \cdot \frac{V_3}{V_1} - 1 \right)$
Как видно из рисунка, $\frac{p_3}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} = 4$, $\frac{V_3}{V_1} = \frac{V_2}{V_1} = 3$, и
$\Delta U_{13} = \frac{3}{2}p_1 V_1 (4 \cdot 3 - 1) = \frac{33}{2}p_1 V_1 = 16,5p_1 V_1$
Окончательно получаем
$\Delta Q_{123} = \Delta A_{13} + \Delta U_{13} = 2p_1 V_1 + 16,5p_1 V_1 = 18,5p_1 V_1 = 3700 \text{ кДж.}$
Ответ: $\Delta Q_{123} = 18,5p_1 V_1 = 3700 \text{ кДж.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие <u>элементы</u>:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона–Менделеева и выражения для работы и внутренней энергии идеального одноатомного газа</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении 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 <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

С4

В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K_1 , а затем, спустя длительное время, ключ K_2 . Какой заряд и в каком направлении протечёт после этого через ключ K_2 , если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $\mathcal{E} = 10$ В? Источник считайте идеальным.



Возможное решение
<p>После замыкания ключа K_1 в цепи вначале пойдёт ток через резисторы и конденсаторы, которые через некоторое время зарядятся, и ток через них прекратится. При этом заряды обоих конденсаторов, согласно закону сохранения электрического заряда, будут одинаковы, и заряды на обкладках, присоединённых к ключу K_2, будут иметь противоположные знаки, так что суммарный заряд на этих обкладках равен нулю.</p> <p>После замыкания ключа K_2 произойдёт перераспределение зарядов: на конденсаторах установятся напряжения, равные падениям напряжения на соответствующих резисторах, и суммарный заряд на обкладках, присоединённых к ключу K_2, уже не будет равен нулю. Избыточный или недостающий заряд протечёт через ключ K_2.</p> <p>Согласно закону Ома для полной цепи ток через резисторы равен $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$, а падения напряжения на резисторах, согласно закону Ома для участка цепи, равны соответственно $U_1 = IR_1 = \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + R_2}$ и $U_2 = IR_2 = \frac{\mathcal{E}R_2}{R_1 + R_2}$, причём в соответствии с полярностью источника тока верхние концы резисторов на рисунке имеют более высокий потенциал, чем нижние.</p> <p>Заряды на обкладках конденсаторов, заряженных до этих напряжений, в соответствии с формулой для связи заряда и напряжения на конденсаторе будут равны $q_1 = -C_1U_1 = -C_1\frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + R_2}$ (нижняя обкладка конденсатора C_1) и $q_2 = C_2U_2 = C_2\frac{\mathcal{E}R_2}{R_1 + R_2}$ (верхняя обкладка конденсатора C_2).</p> <p>Таким образом, при $C_2R_2 > C_1R_1$ через ключ K_2 в направлении справа налево протечёт заряд $\Delta q = q_1 + q_2 = \mathcal{E} \frac{C_2R_2 - C_1R_1}{R_1 + R_2}$. При $C_1R_1 > C_2R_2$ значение $\Delta q < 0$, и заряд протечёт через ключ K_2 в направлении слева направо. В данной задаче $C_2R_2 > C_1R_1$, и $\Delta q = \mathcal{E} \frac{C_2R_2 - C_1R_1}{R_1 + R_2} = 8 \text{ мкКл}$.</p> <p>Ответ. Заряд, протекающий через ключ K_2 в направлении справа налево, равен $\Delta q = \mathcal{E} \frac{C_2R_2 - C_1R_1}{R_1 + R_2} = 8 \text{ мкКл}$.</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 Ома для полной цепи и для участка цепи, закон сохранения заряда, связь заряда и напряжения на конденсаторе, формулы для последовательного соединения резисторов и конденсаторов);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется 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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C5 В домашнем радиоприёмнике, принимающем сигнал в диапазонах длинных, средних и коротких волн (длины волн λ от 13 м до 2600 м), индуктивности L катушек входного колебательного контура могут изменяться в пределах от 1 мкГн до 4 мГн. В каких минимальных пределах при этом должна меняться ёмкость C переменного конденсатора этого контура?

Возможное решение

Согласно формуле Томсона период T электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L , равен $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Длина λ волны электромагнитного излучения связана с периодом T колебаний формулой $\lambda = cT$, где c – скорость электромагнитных волн в атмосфере, которую можно считать равной скорости света в вакууме: $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с.

Подставляя выражение для периода колебаний в формулу для длины волны, получаем $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$, откуда $C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}$.

Для нахождения минимального диапазона изменения величины C следует при минимальной длине волны $\lambda_1 = 13$ м брать в записанной формуле минимальное значение индуктивности $L_1 = 1$ мкГн, а при максимальной ($\lambda_1 = 2600$ м) – максимальное ($L_2 = 4$ мГн).

Подставляя указанные численные значения для длин волн и индуктивностей в приведённую выше формулу для ёмкости C , получаем, что она должна меняться в пределах от

$$C_1 = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2 c^2 L_1} = \frac{13^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 1 \cdot 10^{-6}} \approx 0,48 \cdot 10^{-10} \text{Ф} = 48 \text{ пФ}$$

до

$$C_2 = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2 c^2 L_2} = \frac{2600^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 1 \cdot 10^{-3}} \approx 4,8 \cdot 10^{-10} \text{Ф} = 480 \text{ пФ}.$$

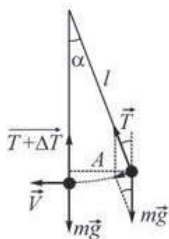
Ответ: примерно от 48 пФ до 480 пФ.

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 – <i>формула Томсона для периода колебаний в контуре и связь длины электромагнитной волны с её периодом</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении 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

С6 При малых колебаниях вблизи положения равновесия математического маятника длиной $l = 1$ м модуль силы натяжения нити, на которой подвешен грузик массой $m = 100$ г, меняется в пределах от T до $T + \Delta T$, где $\Delta T = 15$ мН и $\Delta T \ll T$. Найдите амплитуду A колебаний этого маятника. Трение не учитывайте. При решении задачи учтите, что для малых углов α справедливо приближённое равенство $\sin \alpha \approx \alpha$. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузик.

Возможное решение

Изобразим маятник в двух состояниях: максимального отклонения, когда он останавливается, отклонившись от положения равновесия на расстояние A , и при прохождении им этого положения равновесия (см. рисунок). На грузик маятника массой m действует сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и переменная сила \vec{T} натяжения нити, меняющаяся по модулю от T в положении максимального отклонения, когда вектор \vec{T} наклонён под малым углом α к вертикали, до $T + \Delta T$ в положении равновесия, где вектор \vec{T} вертикален, а грузик движется со скоростью \vec{V} , направленной горизонтально.



Поскольку трения нет, согласно закону сохранения механической энергии потенциальная энергия маятника в крайнем положении, отсчитанная от начального уровня в положении равновесия, должна равняться кинетической энергии при прохождении положения равновесия:

$$mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{mV^2}{2}.$$

В положении максимального отклонения суммарная сила $\vec{T} + m\vec{g}$ направлена вдоль траектории грузика – окружности радиусом l , то есть перпендикулярно вектору \vec{T} , а скорость грузика в этот момент равна нулю, $T = mg \cos \alpha$.

При прохождении положения равновесия грузик обладает центростремительным ускорением, и уравнение его движения в проекции на вертикальную ось имеет вид

$$\frac{mV^2}{l} = T + \Delta T - mg.$$

Подставляя сюда полученные выше выражения для V^2 и для T , находим

$$\Delta T = 3mg(1 - \cos \alpha). \text{ В силу малости угла } \alpha \approx \frac{A}{l}, \text{ откуда имеем}$$

$$\Delta T = 3mg \left(1 - \cos \alpha\right) = 3mg \cdot 2\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \approx 3mg \cdot \frac{\alpha^2}{2} \approx \frac{3mgA^2}{2l^2}, \text{ и, поскольку } mg = \frac{T}{\cos \alpha}$$

$$\approx T, \text{ получаем ответ: } A \approx l \sqrt{\frac{2\Delta T}{3mg}} \approx l \sqrt{\frac{2\Delta T}{3T}} = 10 \text{ см.}$$

Ответ: $A \approx l \sqrt{\frac{2\Delta T}{3mg}} \approx l \sqrt{\frac{2\Delta T}{3T}} = 10 \text{ см.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие <u>элементы</u>:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – правильно записаны закон сохранения механической энергии для математического маятника и уравнения его движения, и полученная система уравнений решена <u>точно</u> или <u>приближённо</u> – с учётом малости угла α);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;</p> <p>IV) 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>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II, III, IV, – 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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, 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.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

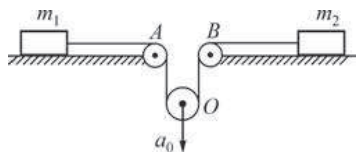
- C1** Известно, что сжиженные газы с низкими температурами кипения при нормальном давлении (например, метан, азот, кислород, водород, гелий) нельзя хранить в герметично закрытых сосудах, даже если они имеют хорошую теплоизоляцию. При хранении в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой, потери таких газов на испарение, отнесённые к единице объёма жидкости, тем меньше, чем больше объём сосуда.
 Объясните причины вышеизложенного, основываясь на известных физических законах и закономерностях.

Возможное решение
<p>1. Даже при хорошей теплоизоляции невозможно полностью устранить подвод теплоты к сжиженным газам с низкими температурами кипения через стенки сосудов, поскольку температура этих газов значительно ниже температуры окружающей среды и существует явление теплопроводности.</p> <p>2. Теплота, поступающая через стенки сосуда, расходуется на испарение сжиженного газа, причём объём получившегося газа во много раз превышает объём испарившейся жидкости. Поэтому в герметичном сосуде давление будет постепенно возрастать, и сосуд в конце концов взорвётся. По этой причине сжиженные газы хранят в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой.</p> <p>3. При данной разности температур и теплопроводности стенок количество теплоты, подводимой в единицу времени к содержимому сосуда, пропорционально площади его стенок, то есть квадрату линейных размеров сосуда. В то же время масса жидкости пропорциональна её объёму, то есть кубу линейных размеров сосуда. Поэтому с увеличением размеров сосуда поток теплоты, приходящийся на единицу объёма жидкости, уменьшается, и соответственно уменьшаются относительные потери газа на испарение.</p>

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – описание процессов теплопроводности и испарения, а также возможных последствий герметизации сосудов со сжиженными газами и причины уменьшения потерь на испарение при увеличении размеров сосуда).</p>	3
<p>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.</p>	2

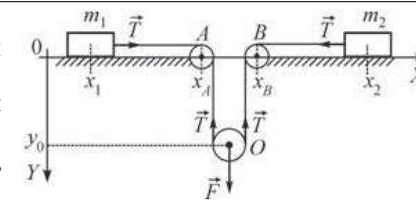
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена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

C2 На гладкой горизонтальной плоскости лежат два груза массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, соединённые невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через два неподвижных (A и B) и один подвижный (O) невесомые блоки, как показано на рисунке. Оси блоков горизонтальны, трения в осях блоков нет. К оси O подвижного блока приложена некоторая направленная вертикально вниз сила, в результате чего ось O движется с ускорением $a_0 = 3\text{ м/с}^2$. Найдите модуль F этой силы. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы и блок.



Возможное решение

Нарисуем силу F и силы T натяжения нити, одинаковые, в силу условия задачи, вдоль всей нити и действующие на грузы и блок O (см. рисунок). Введём систему координат XY , как показано на рисунке, и запишем уравнения движения грузов в проекции на ось X : $m_1 a_1 = T$, $m_2 a_2 = -T$.



В силу невесомости блока O имеем $F = 2T$, или $T = \frac{F}{2}$.

В силу нерастяжимости нити (длиной L) и неподвижности блоков A и B (их координаты x_A и x_B постоянны) имеется следующая кинематическая связь между координатами x_1 x_2 грузов и координатой y_0 блока O (здесь r – радиус блоков A и B , R – радиус блока O):

$$x_A - x_1 + x_2 - x_B + \pi r + \pi R + 2y_0 = L,$$

или

$$x_2 - x_1 + 2y_0 = \text{const.}$$

Отсюда, так как $x = \frac{at^2}{2}$, получаем связь ускорений:

$$a_2 - a_1 + 2a_0 = 0.$$

Решаем записанную систему уравнений и получаем ответ:

$$a_1 = \frac{F}{2m_1}, a_2 = -\frac{F}{2m_2}, a_0 = \frac{a_1 - a_2}{2} = \frac{F}{4} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2},$$

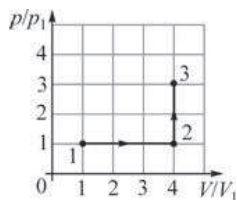
откуда $F = \frac{4a_0 m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 8 \text{ Н.}$

Ответ: $F = \frac{4a_0 m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 8 \text{ Н.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие <u>элементы</u>:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>уравнения движения грузов и блока в проекциях на выбранные оси координат и уравнение кинематической связи для ускорений тел</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;</p> <p>IV) 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>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II, III, IV, – 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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

С3 Над одним молем идеального одноатомного газа провели процесс 1–2–3, график которого приведён на рисунке в координатах V/V_1 и p/p_1 , где $V_1 = 1 \text{ м}^3$ и $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – объём и давление газа в состоянии 1. Найдите количество теплоты, сообщённое газу в данном процессе 1–2–3.



Возможное решение

Согласно первому началу термодинамики количество теплоты ΔQ , сообщённое газу, расходуется на работу газа ΔA и изменение его внутренней энергии ΔU : $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$.

Работа газа на изобарическом участке 1–2 равна $\Delta A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = p_1 V_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)$,

а на изохорическом участке 2–3 она равна нулю: $\Delta A_{23} = 0$. Как видно из рисунка, $\frac{V_2}{V_1} = 4$, и суммарная работа в процессе 1–2–3 равна $\Delta A_{13} = \Delta A_{12} = 3p_1 V_1$.

Внутренняя энергия одного моля идеального одноатомного газа: $U = \frac{3}{2} RT$.

Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева для одного моля идеального газа имеем $pV = RT$, так что $U = \frac{3}{2} pV$. Изменение внутренней энергии газа в процессе 1–

2–3 равно, таким образом, $\Delta U_{13} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 \left(\frac{p_3}{p_1} \cdot \frac{V_3}{V_1} - 1 \right)$. Как

видно из рисунка, $\frac{p_3}{p_1} = 3$, $\frac{V_3}{V_1} = \frac{V_2}{V_1} = 4$, и

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (3 \cdot 4 - 1) = \frac{33}{2} p_1 V_1 = 16,5 p_1 V_1. \text{ Окончательно получаем}$$

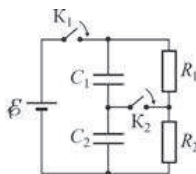
$$\Delta Q_{123} = \Delta A_{13} + \Delta U_{13} = 3p_1 V_1 + 16,5 p_1 V_1 = 19,5 p_1 V_1 = 3900 \text{ кДж.}$$

Ответ: $\Delta Q_{123} = 19,5 p_1 V_1 = 3900 \text{ кДж.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона–Менделеева и выражения для работы и внутренней энергии идеального одноатомного газа);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется 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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С4 В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K_1 , а затем, спустя длительное время, ключ K_2 . Известно, что после этого через ключ K_2 протёк заряд, равный по модулю $\Delta q = 4$ мкКл. Чему равна ЭДС \mathcal{E} источника тока, если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ? Источник считайте идеальным.



Возможное решение
<p>После замыкания ключа K_1 ток в цепи вначале пошёл через резисторы и конденсаторы, которые через некоторое время зарядились, и ток через них прекратился. При этом заряды обоих конденсаторов, согласно закону сохранения электрического заряда, были одинаковы, и заряды на обкладках, присоединённых к ключу K_2, имели противоположные знаки, так что суммарный заряд на этих обкладках был равен нулю.</p> <p>После замыкания ключа K_2 произошло перераспределение зарядов: на конденсаторах установились напряжения, равные падениям напряжения на соответствующих резисторах, и суммарный заряд на обкладках, присоединённых к ключу K_2, стал уже не равным нулю. Избыточный или недостающий заряд протёк через ключ K_2.</p>
<p>Согласно закону Ома для полной цепи ток через резисторы равен $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$, а падения напряжения на резисторах, согласно закону Ома для участка цепи, равны соответственно $U_1 = IR_1 = \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + R_2}$ и $U_2 = IR_2 = \frac{\mathcal{E}R_2}{R_1 + R_2}$.</p> <p>Заряды на обкладках конденсаторов, заряженных до этих напряжений после замыкания ключа K_2, в соответствии с формулой для связи заряда и напряжения на конденсаторе стали равны $q_1 = -C_1 U_1 = -C_1 \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + R_2}$ (нижняя обкладка конденсатора C_1) и $q_2 = C_2 U_2 = C_2 \frac{\mathcal{E}R_2}{R_1 + R_2}$ (верхняя обкладка конденсатора C_2).</p> <p>Таким образом, через ключ K_2 протёк суммарный заряд, равный по модулю $\Delta q = q_1 + q_2 = \mathcal{E} \frac{ C_2 R_2 - C_1 R_1 }{R_1 + R_2}$, и ЭДС источника тока $\mathcal{E} = \frac{\Delta q (R_1 + R_2)}{ C_2 R_2 - C_1 R_1 }$. В данной задаче $C_2 R_2 > C_1 R_1$, и $\mathcal{E} = \frac{\Delta q (R_1 + R_2)}{C_2 R_2 - C_1 R_1} = 5$ В.</p> <p>Ответ $\mathcal{E} = \frac{\Delta q (R_1 + R_2)}{C_2 R_2 - C_1 R_1} = 5$ В.</p>

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

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

C5 В домашнем радиоприёмнике, принимающем сигнал в диапазонах длинных, средних и коротких волн (длины волн λ от 13 м до 2600 м), переменный конденсатор входного колебательного контура может изменять свою ёмкость C от 50 пФ до 500 пФ. В каких минимальных пределах при этом должны меняться индуктивности L катушек этого контура?

Возможное решение

Согласно формуле Томсона период T электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью C и катушки с индуктивностью L , равен $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Длина λ волны электромагнитного излучения связана с периодом T колебаний формулой $\lambda = cT$, где c – скорость электромагнитных волн в атмосфере, которую можно считать равной скорости света в вакууме: $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с.

Подставляя выражение для периода колебаний в формулу для длины волны, получаем $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$, откуда $L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C}$.

Для нахождения минимального диапазона изменения величин L следует при минимальной длине волны $\lambda_1 = 13$ м брать в записанной формуле минимальное значение ёмкости $C_1 = 50$ пФ, а при максимальной ($\lambda_1 = 2600$ м) – максимальное ($C_2 = 500$ пФ).

Подставляя указанные численные значения для длин волн и ёмкостей в приведённую выше формулу для индуктивностей L , получаем, что они должны меняться в пределах от

$$L_1 = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2 c^2 C_1} = \frac{13^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 50 \cdot 10^{-12}} \approx 0,95 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} = 0,95 \text{ мкГн}$$

до

$$L_2 = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2 c^2 C_2} = \frac{2600^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 500 \cdot 10^{-12}} \approx 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 3,8 \text{ мГн.}$$

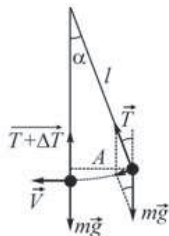
Ответ: примерно от 0,95 мкГн до 3,8 мГн.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие <u>элементы</u>:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формула Томсона для периода колебаний в контуре и связь длины электромагнитной волны с её периодом);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или 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 малых колебаниях с амплитудой $A = 5$ см вблизи положения равновесия математического маятника модуль силы натяжения нити, на которой подвешен грузик массой $m = 100$ г, меняется в пределах от T до $T + \Delta T$, где $\Delta T = 15$ мН и $\Delta T \ll T$. Какова длина l нити маятника? Трение не учитывайте. При решении задачи учтите, что для малых углов α справедливо приближённое равенство $\sin \alpha \approx \alpha$. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузик.

Возможное решение

Изобразим маятник в двух состояниях: максимального отклонения, когда он останавливается, отклонившись от положения равновесия на расстояние A , и при прохождении им этого положения равновесия (см. рисунок). На грузик маятника массой m действует сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и переменная сила \vec{T} натяжения нити, меняющаяся по модулю от T в положении максимального отклонения, когда вектор \vec{T} наклонён под малым углом α к вертикали, до $T + \Delta T$ в положении равновесия, где вектор \vec{T} вертикален, а грузик движется со скоростью \vec{V} , направленной горизонтально.



Поскольку трения нет, согласно закону сохранения механической энергии потенциальная энергия маятника в крайнем положении, отсчитанная от начального уровня в положении равновесия, должна равняться кинетической энергии при прохождении положения равновесия:

$$mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{mV^2}{2}.$$

В положении максимального отклонения суммарная сила $\vec{T} + m\vec{g}$ направлена вдоль траектории грузика – окружности радиусом l , то есть перпендикулярно вектору \vec{T} , а скорость грузика в этот момент равна нулю, $T = mg \cos \alpha$.

При прохождении положения равновесия грузик обладает центростремительным ускорением, и уравнение его движения в проекции на вертикальную ось имеет вид

$$\frac{mV^2}{l} = T + \Delta T - mg.$$

Подставляя сюда полученные выше выражения для V^2 и для T , находим

$$\Delta T = 3mg(1 - \cos \alpha). \text{ В силу малости угла } \alpha \approx \frac{A}{l}, \text{ откуда имеем}$$

$$\Delta T = 3mg \left(1 - \cos \alpha\right) = 3mg \cdot 2\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \approx 3mg \cdot \frac{\alpha^2}{2} \approx \frac{3mgA^2}{2l^2}, \text{ и, поскольку}$$

$$mg = \frac{T}{\cos \alpha} \approx T, \text{ получаем ответ: } l \approx A \sqrt{\frac{3mg}{2\Delta T}} \approx A \sqrt{\frac{3T}{2\Delta T}} = 0,5 \text{ м.}$$

Ответ: $l \approx A \sqrt{\frac{3mg}{2\Delta T}} \approx A \sqrt{\frac{3T}{2\Delta T}} = 0,5 \text{ м.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правильно записаны закон сохранения механической энергии для математического маятника и уравнения его движения, и полученная система уравнений решена точно или приближенно</i> – с учётом малости угла α); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение; IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II, III, IV, – 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 V, или в нём допущена ошибка.</p>	2

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

Ответы к заданиям с кратким ответом.**Вариант 3.**

№ задания.	Ответ
B1	232
B2	112

№ задания.	Ответ
B3	12
B4	41

Ответы к заданиям с кратким ответом.**Вариант 4.**

№ задания.	Ответ
B1	131
B2	113

№ задания.	Ответ.
B3	24
B4.	43