

В заданиях 5, 11, 16, 23 и 24 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

За правильный ответ на каждое из заданий 1 – 4, 8 – 10, 13 – 15, 19, 20, 22, 23, 25 и 26 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5 – 7, 11, 12, 16 – 18 и 21 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента; в 1 балл, если допущена одна ошибка, в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов.

Ответ на задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки или ответ отсутствует.

Ответы к заданиям

№ Задания	Вариант 1	Вариант 2
1	12	4
2	-1,6	-2,5
3	4	9
4	39	6,5
5	34	34
6	31	13
7	31	32
8	28	40
9	80	74
10	45	83
11	35	25
12	32	23
13	5	2
14	75	1,6
15	5	3
16	12	35
17	21	11
18	24	31
19	82 42	50 39
20	0,2	0,25
21	42	31
22	7,00,2	1755
23	15	13
24	145	25
25	748	1496
26	0,6	0,2

Критерии оценивания заданий с развернутым ответом

27

Согласно предположению И. Ньютона, которое он проверил экспериментально, тепловая мощность, отдаваемая нагретым до температуры T телом в окружающую среду с более низкой температурой T_0 , пропорциональна разности температур тела и среды. Отсюда следует, что скорость охлаждения тела $dT/dt = -k(T - T_0)$. Это уравнение можно решать численно, действуя следующим образом. Разобьем время охлаждения тела на одинаковые интервалы Δt , в течение каждого из которых будем считать разность температур $T_i - T_0$ постоянной. Затем найдём величину $\Delta T_i = -k(T_i - T_0)\Delta t$ – это изменение температуры тела за интервал времени Δt . Продолжая такую процедуру, можно определить ход зависимости $T(t)$.

Пусть старинный чугунный утюг массой $m = 1,8$ кг остывает от 200°C до 100°C в воздухе с температурой $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Выберем $\Delta t = 3$ мин. Удельная теплоёмкость чугуна $c = 500$ Дж/кг, коэффициент $k = 0,05$ мин⁻¹. Рассчитайте, чему будет равна температура утюга через 3 мин, 6 мин, 9 мин и т. д. с момента начала остывания до момента достижения конечной температуры.

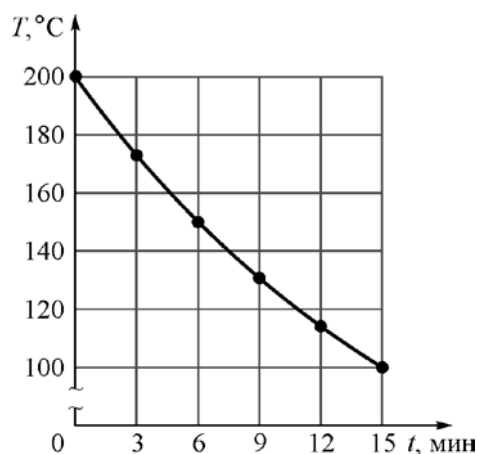
- 1) Постройте по найденным точкам график зависимости температуры T утюга от времени t .
- 2) За какое время t_0 утюг остынет от 200°C до 100°C ?
- 3) Чему равна средняя мощность теплоотдачи утюга во внешнюю среду за время остывания t_0 ? Поясните ответы на эти вопросы, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали при решении задачи.

Возможное решение

1. Согласно условию задачи, в течение первых трёх минут остывания разность температур утюга и воздуха можно считать равной $T_n - T_0 = 200^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 180^\circ\text{C}$, так что $\Delta T_1 = -k(T_n - T_0)\Delta t = -0,05 \cdot 3 \cdot 180 = -27^\circ\text{C}$, а температура утюга в конце первого интервала равна $T_1 = T_n + \Delta T_1 = 173^\circ\text{C}$. В течение второго интервала остывания разность температур утюга и воздуха можно считать равной $T_1 - T_0 = 173^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 153^\circ\text{C}$, так что $\Delta T_2 = -k(T_1 - T_0)\Delta t = -0,05 \cdot 3 \cdot 153 = -23^\circ\text{C}$, а температура утюга в конце первого интервала равна $T_2 = T_1 + \Delta T_2 = 150^\circ\text{C}$.
2. Продолжим расчёт, занося результаты в таблицу и округляя температуры до десятых долей $^\circ\text{C}$:

i	$T_i - T_0, ^\circ\text{C}$	$-\Delta T_i, ^\circ\text{C}$	$T_i, ^\circ\text{C}$	$t_i, \text{МИН}$
1	180	27	173	3
2	153	23	150	6
3	130	19,5	130,5	9
4	110,5	16,5	114	12
5	94	14	100	15

3. Строим график $T(t)$:



Таким образом, утюг остыл от 200 °С до 100 °С за 5 интервалов, т.е. за $t_0 = 15$ минут. При этом утюг отдал воздуху количество теплоты $\Delta Q = cm \cdot 100 \text{ °C} = 500 \cdot 1,8 \cdot 100 = 90 \text{ кДж}$, а средняя мощность теплоотдачи составила $N_{\text{ср}} = \Delta Q / t_0 = 90000 / 900 = 100 \text{ Вт}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 3) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон теплопередачи, найденный Ньютоном; количество теплоты, выделяющееся при остывании тела; определение средней мощности)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона,</p>	1

<p>необходимых для полного верного объяснения.</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 ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28

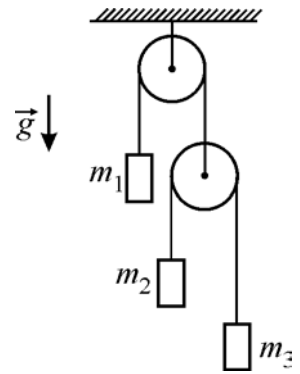
Одним из вариантов снабжения питьевой водой населения Крыма, пострадавшего от сильной засухи, может стать «получение воды из воздуха»! На самом деле, влага всегда содержится в воздухе, и при понижении его температуры ниже «точки росы» избыток воды конденсируется в виде капель на холодной поверхности, и стекающую с неё воду можно собирать. Предположим, что в Крыму относительная влажность воздуха при температуре $T_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$ равна $\varphi_1 = 50\%$, и мы его прокачиваем через теплообменник со сборником воды, охлажденный до температуры $T_2 = 3\text{ }^\circ\text{C}$. Какой объём такого воздуха надо прокачать через теплообменник, чтобы набрать бутылку воды объёмом $V = 1$ литр? Давления насыщенных паров воды при этих температурах равны, соответственно, $p_{н1} = 31,8$ мм рт. ст. и $p_{н2} = 5,7$ мм рт. ст. (1 мм рт. ст. ≈ 133 Па).

Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> 1. Вначале переведем давления насыщенных паров воды при заданных температурах из миллиметров ртутного столба в Па: $p_{н1} = 31,8$ мм рт. ст. = $= 31,8 \cdot 133 \approx 4230$ Па, $p_{н2} = 5,7$ мм рт. ст. = $5,7 \cdot 133 = 758$ Па. 2. При относительной влажности $\varphi_1 = 50\% = p_1/p_{н1}$ давление паров воды при температуре T_1 равно $p_1 \approx 2115$ Па. 3. Абсолютная влажность может быть определена при помощи уравнения Клапейрона-Менделеева: плотность пара $\rho_{п1} = m/V = p_1 M/RT_1$, где молярная масса воды $M = 0,018$ кг/моль. Отсюда $\rho_{п1} = 2115 \cdot 0,018/(8,31 \cdot 303) \approx 0,01512$ кг/м³ $\approx 15,12$ г/м³. 4. При температуре T_2 пары воды будут насыщенными, относительная влажность воздуха при этой температуре $T_2 = 3\text{ }^\circ\text{C}$ равна $\varphi_2 = 100\%$, и абсолютная влажность $\rho_{п2} = m/V = p_{н2} M/RT_2 = 758 \cdot 0,018/(8,31 \cdot 276) \approx \approx 0,0059488$ кг/м³ $\approx 5,95$ г/м³.

5. Следовательно, при конденсации из каждого кубометра влажного воздуха выпадет $(\rho_{п1} - \rho_{п2}) \cdot (1 \text{ м}^3) = 9,17 \text{ г}$ воды.
6. Масса воды объёмом $V = 1 \text{ л}$ равна $1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$, так что для получения одной литровой бутылки воды надо будет прокачать через систему $\Delta V = 1000/9,17 = 109,051 \approx 109 \text{ м}^3$ тёплого влажного воздуха.
- Ответ: $\Delta V \approx 109 \text{ м}^3$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>определения абсолютной и относительной влажности, уравнение Клапейрона-Менделеева</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	2

На рисунке изображена механическая система, состоящая из двух идеальных блоков, двух невесомых и нерастяжимых нитей и трёх грузов массами $m_1 = 3$ кг, $m_2 = m_3 = 2$ кг, подвешенных на концах нитей. Определите, чему равна сила натяжения T_1 нити, к которой подвешен груз m_1 .



Возможное решение

1. Изобразим систему, нарисовав силы, действующие на её тела, и введя вертикальную ось координат x , направленную вниз (см. рис.).

Силу натяжения второй нити обозначим через T_2 . Как следует из условия, силы натяжения нитей по обе стороны каждого из блоков одинаковы, и $T_1 = 2T_2$.

2. Запишем уравнения движения системы (2-й закон Ньютона) в проекции на ось x : $m_1g - T_1 = m_1a_1$; $m_2g - T_2 = m_2a_2$; $m_3g - T_2 = m_3a_3$.

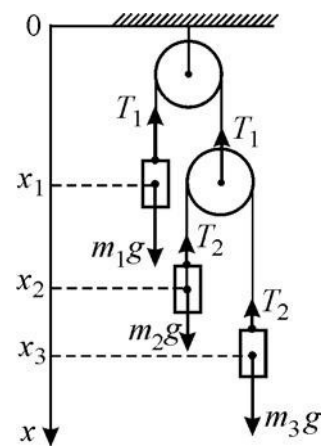
3. Условие нерастяжимости обеих нитей может быть записано с использованием постоянства их длин, что приводит к уравнению $2x_1 + x_2 + x_3 = \text{const}$, откуда получаем уравнение кинематической связи: $2a_1 + a_2 + a_3 = 0$.

4. Поскольку по условию $m_2 = m_3$, то и ускорения этих грузов одинаковы: $a_2 = a_3 = -a_1$. Складывая уравнения движения этих грузов, получаем: $2m_2g - T_2 = -2m_2a_1$, то есть можно считать, что справа просто подвешен груз массой $2m_2$.

5. Деля первое уравнение движения на m_1 , а последнее на $2m_2$ и затем складывая их, получаем: $g - T_1/m_1 + g - T_1/(2m_2) = 0$, откуда

$$T_1 = 4m_1m_2g/(m_1 + 2m_2) = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10 / (3 + 2 \cdot 2) = 240/7 \approx 34,3 \text{ Н.}$$

Ответ: $T_1 = 4m_1m_2g/(m_1 + 2m_2) = 240/7 \approx 34,3 \text{ Н}$



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: 2-й закон Ньютона, записанный в проекции на вертикальную ось, а также кинематические соотношения);

II) сделан правильный рисунок с указанием сил;

III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

3

<p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</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 данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Царь-колокол был отлит в 1730 году по указу Анны Иоанновны из оловянистой бронзы и имеет массу 202 тонны. Его так и не смогли поднять на колокольную, и в 1737 году во время «великого пожара» в Москве его, по одной из версий, усиленно обливали водой, чтобы он не расплавился (температура плавления бронзы около 1000 °С). В результате из-за неравномерного охлаждения колокол растрескался и от него откололся кусок массой M около 12 тонн. Пусть этот кусок охлаждали водой, температура которой была равна 20 °С. Оцените, какой объём занимает водяной пар сразу после испарения воды, вылитой на осколок, если он охлаждается от 900 °С до 100 °С. Считайте, что вся вода при попадании на металл сразу испаряется, а удельная теплоёмкость бронзы близка к теплоёмкости меди и составляет $c_б = 380$ Дж/(кг·К). Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.

Возможное решение

1. Вначале найдём количество теплоты, необходимое для охлаждения осколка колокола: $Q = c_б \cdot M \cdot \Delta T_б = 380 \cdot 12000 \cdot 800 = 3,648 \cdot 10^9$ Дж.
2. Затем определим, какую массу воды с удельной теплоёмкостью $c_в = 4200$ Дж/(кг·К) можно нагреть и испарить, используя это количество теплоты: $m = Q / (c_в \cdot \Delta T_в + r) = 3,648 \cdot 10^9 / (4200 \cdot 80 + 2,3 \cdot 10^6) \approx 1384$ кг. Здесь $\Delta T_в = 80$ К, r – удельная теплота парообразования воды.
3. Эта масса воды (молярная масса $\mu = 0,018$ кг/моль) сразу после испарения будет иметь температуру $T_0 = 373$ К, и при атмосферном давлении пар будет занимать объём
 $V = mRT_0 / \mu p = 1384 \cdot 8,31 \cdot 373 / (0,018 \cdot 10^5) \approx 2383$ м³.
 Ответ: $V = mRT_0 / \mu p \approx 2383$ м³

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *уравнение теплового баланса; выражения для количеств теплоты, необходимых для охлаждения тел, нагревания и испарения жидкости; уравнение Менделеева-Клапейрона*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*);

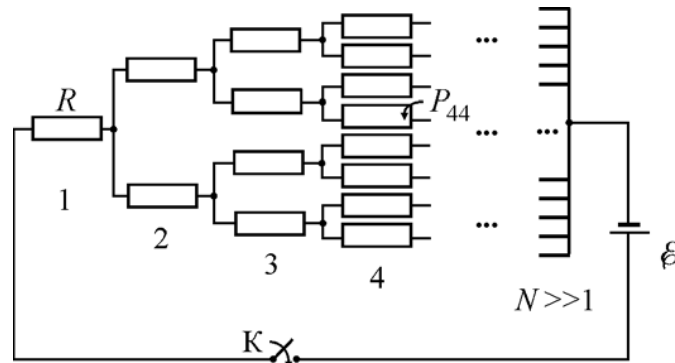
III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ

3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Школьник собрал электрическую цепь из очень большого числа одинаковых резисторов сопротивлением $R = 10$ Ом каждый (см. схему цепи на рис.).



Левый вывод цепи он присоединил к «минусу» идеальной батареи с ЭДС $\varepsilon = 12$ В. В этой цепи на каждом следующем «шаге» (номер 1, 2, 3, 4, ..., $N \gg 1$) к правому концу каждого резистора присоединяются параллельно ещё два резистора, а в конце цепи все правые выводы резисторов присоединяются к «плюсу» батареи. Какая мощность P_{44} будет выделяться в четвертом сверху резисторе из 4-го «шага» цепи после замыкания ключа К? (Этот резистор показан на схеме стрелкой.)

Возможное решение

1. В силу симметрии цепи ясно, что на каждом «шаге» потенциалы правых концов резисторов одинаковы, и их можно соединить друг с другом.
2. Тогда сопротивление участка с номером $n > 1$, содержащего n параллельно соединенных резисторов, равно $R/(2^{n-1})$ – по формуле для параллельного соединения резисторов
3. По формуле для сопротивления последовательно соединенных резисторов получаем суммарное сопротивление цепи:

$$R_{\Sigma} = R(1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots + 1/2^{N-1}) \approx 2R = 20 \text{ Ом при } N \gg 1$$
 (использована формула для суммы членов бесконечной убывающей геометрической прогрессии).
4. Согласно закону Ома для замкнутой цепи, общий ток I цепи равен $I = \varepsilon/R_{\Sigma} = 12/20 = 0,6$ А, а ток через каждый резистор на n -м шаге равен $I_n = I/(2^{n-1})$, так что $I_4 = I/8 = 0,075$ А.
5. По закону Джоуля-Ленца мощность, выделяющаяся в каждом i -м из n^3 резисторов n -го шага, одинакова и равна $P_{ni} = (I_n)^2 \cdot R$, откуда получаем:

$$P_{44} = (0,075)^2 \cdot 10 = 0,05625 \text{ Вт} = 56,25 \text{ мВт}.$$
 Ответ: $P_{44} = 56,25$ мВт

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома для замкнутой цепи, закон Джоуля-Ленца и правила вычисления сопротивлений для последовательного и параллельного соединения резисторов);	3

<p>II) при необходимости сделан правильный рисунок (нарисована эквивалентная электрическая схема);</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</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 данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена</p>	1

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
	3

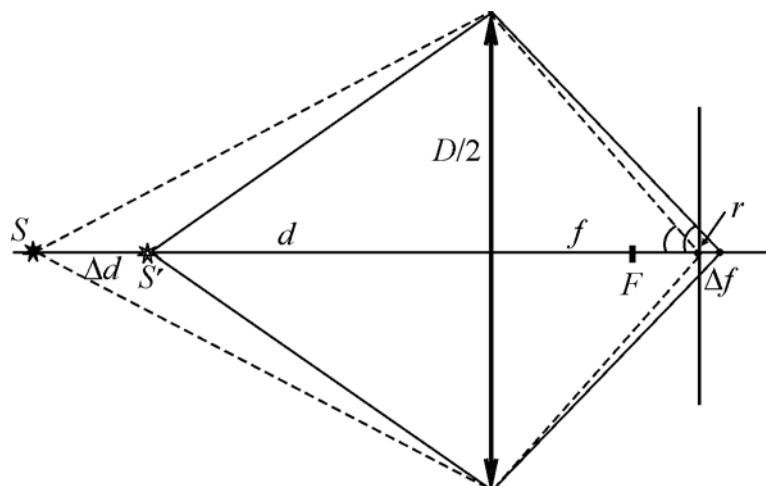
32

При наведении фотокамеры «на резкость» плоскость изображения совмещается с плоскостью плёнки или оптической матрицы. При этом каждой точке в плоскости предмета соответствует точка изображения. Однако, если снимаемый объект имеет «глубину» в направлении оптической оси объектива, то предметы, расположенные ближе или дальше, получаются «нерезкими», так как изображения их точек лежат дальше или ближе плёнки. «Глубиной резкости» называется продольный размер «области предметов», в пределах которого они ещё видны «чётко», то есть размытие точек изображения не превышает определённой величины. Глубину резкости можно увеличить, если уменьшить диаметр отверстия (диафрагмы), пропускающего свет через объектив внутрь камеры.

Рассмотрите случай, когда предмет (точка) находится на расстоянии $d = 10$ м на оптической оси объектива (тонкой линзы) с фокусным расстоянием $F = 48$ мм и диаметром диафрагмы $D = 30$ мм. Оцените, на каком расстоянии Δd ближе к объективу может располагаться другая точка, чтобы её изображение оставалось чётким, то есть радиус размытой точки на плёнке не превышал $0,01$ мм? Решение поясните чертежом, изобразив на нём ход лучей в оптической системе.

Возможное решение

1. По формуле тонкой линзы $1/d + 1/f = 1/F$ находим $f = Fd/(d - F) \approx 48,23$ мм, то есть изображение точки S находится очень близко к фокальной плоскости, справа от неё.
2. Для второй точки S' имеем: $1/(d - \Delta d) + 1/(f + \Delta f) = 1/F$, откуда получаем $d - \Delta d = F(f + \Delta f)/(f + \Delta f - F)$.
3. Для нахождения Δf заметим (см. чертёж),



что радиус пятна на плёнке виден почти под тем же углом к оптической

оси линзы, что и радиус диафрагмы. С учётом малости Δf имеем:
 $r/\Delta f \approx D/(2f)$, откуда $\Delta f \approx 2rf/D \approx 0,032\text{мм}$.

4. Подставляя численные значения всех величин, получаем:

$$\Delta d = d - F(f + \Delta f)/(f + \Delta f - F) \approx 10 - 0,048 \cdot 0,048262 / (0,048262 - 0,048) \approx 10 - 8,842 = 1,158 \approx 1,16 \text{ м.}$$

Ответ: $\Delta d \approx 1,16 \text{ м}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>использование формулы тонкой линзы и геометрических соотношений</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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 все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) 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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Критерии оценивания заданий с развернутым ответом

27

Согласно предположению И. Ньютона, которое он проверил экспериментально, тепловая мощность, отдаваемая нагретым до температуры T телом в окружающую среду с более низкой температурой T_0 , пропорциональна разности температур тела и среды. Отсюда следует, что скорость охлаждения тела $dT/dt = -k(T - T_0)$. Это уравнение можно решать численно, действуя следующим образом. Разобьём время охлаждения тела на одинаковые интервалы Δt , в течение каждого из которых будем считать разность температур $T_i - T_0$ постоянной. Затем найдём величину $\Delta T_i = -k(T_i - T_0)\Delta t$ – это изменение температуры тела за интервал времени Δt . Продолжая такую процедуру, можно определить ход зависимости $T(t)$.

Пусть стальной чайник с кипятком общей массой $m = 3$ кг остывает от 100°C до примерно 40°C в воздухе с температурой $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Выберем $\Delta t = 4$ мин. Удельная теплоёмкость чайника вместе с водой равна $c = 3000$ Дж/кг, коэффициент $k = 0,05$ мин⁻¹. Рассчитайте, чему будет равна температура чайника через 4 мин, 8 мин, 12 мин и т.д. с момента начала остывания до момента достижения конечной температуры.

1) Постройте по найденным точкам график зависимости температуры T чайника от времени t . 2) За какое время t_0 чайник остынет от 100°C до примерно 40°C ? 3) Чему равна средняя мощность теплоотдачи чайника во внешнюю среду за время остывания t_0 ? Поясните ответы на эти вопросы, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали при решении задачи.

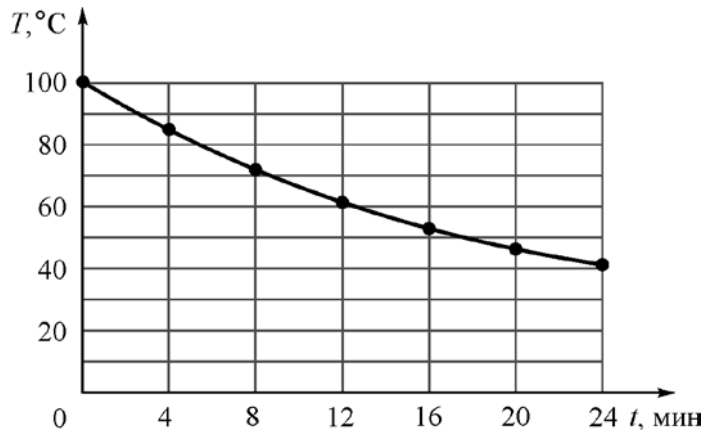
Возможное решение

- Согласно условию задачи, в течение первых четырёх минут остывания разность температур чайника и воздуха можно считать равной $T_n - T_0 = 100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C}$, так что $\Delta T_1 = -k(T_n - T_0)\Delta t = -0,05 \cdot 4 \cdot 80 = -16^\circ\text{C}$, а температура чайника в конце первого интервала равна $T_1 = T_n + \Delta T_1 = 84^\circ\text{C}$. В течение второго интервала остывания разность температур чайника и воздуха можно считать равной $T_1 - T_0 = 84^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 64^\circ\text{C}$, так что $\Delta T_2 = -k(T_1 - T_0)\Delta t = -0,05 \cdot 4 \cdot 64 = -12,8^\circ\text{C}$, а температура чайника в конце первого интервала равна $T_2 = T_1 + \Delta T_2 = 71,2^\circ\text{C}$.
- Продолжим расчёт, занося результаты в таблицу и округляя температуры до десятых долей $^\circ\text{C}$:

i	$T_i - T_0, ^\circ\text{C}$	$-\Delta T_i, ^\circ\text{C}$	$T_i, ^\circ\text{C}$	$t_i, \text{МИН}$
1	80,0	16,0	84,0	4
2	64,0	12,8	71,2	8
3	51,2	10,2	61,0	12
4	41,0	8,2	52,8	16
5	32,8	6,6	46,2	20

6	26,2	5,2	41,0	24
---	------	-----	------	----

3. Строим график $T(t)$:



Таким образом, чайник остыл от 100 °С до примерно 40 °С за 6 интервалов, т.е. за $t_0 = 24$ минуты. При этом чайник отдал воздуху количество теплоты $\Delta Q = cm \cdot 100 \text{ °C} = 3000 \cdot 3 \cdot 60 = 540 \text{ кДж}$, а средняя мощность теплоотдачи составила $N_{\text{ср}} = \Delta Q / t_0 = 540000 / 1440 = 375 \text{ Вт}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 3) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон теплопередачи, найденный Ньютоном; количество теплоты, выделяющееся при остывании тела; определение средней мощности).	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p>	1

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 ответу, содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

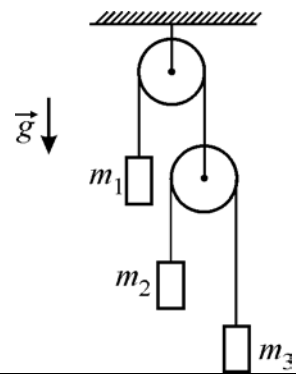
28

Одним из вариантов снабжения питьевой водой населения Крыма, пострадавшего от сильной засухи, может стать «получение воды из воздуха»! На самом деле, влага всегда содержится в воздухе, и при понижении его температуры ниже «точки росы» избыток воды конденсируется в виде капель на холодной поверхности, и стекающую с неё воду можно собирать. Предположим, что в Крыму относительная влажность воздуха при температуре $T_1 = 28^\circ\text{C}$ равна $\varphi_1 = 60\%$, и мы его прокачиваем через теплообменник со сборником воды, охлажденный до температуры $T_2 = 1^\circ\text{C}$. Какой объём такого воздуха надо прокачать через теплообменник, чтобы набрать бутылку воды объёмом $V = 2$ литра? Давления насыщенных паров воды при этих температурах равны, соответственно, $p_{н1} = 28,4$ мм рт. ст. и $p_{н2} = 4,9$ мм рт. ст. (1 мм рт. ст. ≈ 133 Па).

Возможное решение
<p>1. Вначале переведем давления насыщенных паров воды при заданных температурах из миллиметров ртутного столба в Па: $p_{н1} = 28,4$ мм рт. ст. = $= 28,4 \cdot 133 \approx 3777$ Па, $p_{н2} = 4,9$ мм рт. ст. = $4,9 \cdot 133 = 652$ Па.</p> <p>2. При относительной влажности $\varphi_1 = 60\% = p_1/p_{н1}$ давление паров воды при температуре T_1 равно $p_1 \approx 2266$ Па.</p> <p>3. Абсолютная влажность может быть определена при помощи уравнения Клапейрона-Менделеева: плотность пара $\rho_{п1} = m/V = p_1 M/RT_1$, где Молярная масса воды $M = 0,018$ кг/моль. Отсюда $\rho_{п1} = 2266 \cdot 0,018 / (8,31 \cdot 301) \approx 0,01631$ кг/м³ $\approx 16,31$ г/м³.</p> <p>4. При температуре T_2 пары воды будут насыщенными, относительная влажность воздуха при температуре $T_2 = 1^\circ\text{C}$ равна $\varphi_2 = 100\%$, и абсолютная влажность $\rho_{п2} = m/V = p_{н2} M/RT_2 = 652 \cdot 0,018 / (8,31 \cdot 274) \approx$ $\approx 0,005154$ кг/м³ $\approx 5,15$ г/м³.</p> <p>Следовательно, при конденсации из каждого кубометра влажного воздуха</p>

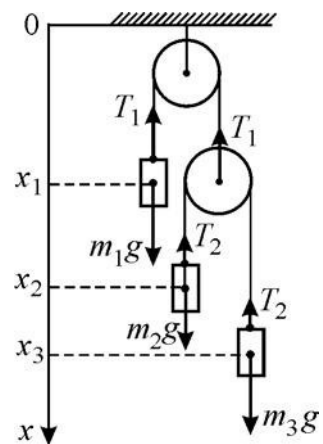
<p>выпадет $(\rho_{п1} - \rho_{п2}) \cdot (1 \text{ м}^3) = 11,16 \text{ г}$ воды.</p> <p>6. Масса воды объёмом $V = 2 \text{ л}$ равна $2 \text{ кг} = 2000 \text{ г}$, так что для получения одной двухлитровой бутылки воды надо будет прокачать через систему $\Delta V = 2000/11,16 = 179,21 \approx 179 \text{ м}^3$ тёплого влажного воздуха.</p> <p>Ответ: $\Delta V \approx 179 \text{ м}^3$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>определения абсолютной и относительной влажности, уравнение Клапейрона-Менделеева</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	
	2

На рисунке изображена механическая система, состоящая из двух идеальных блоков, двух невесомых и нерастяжимых нитей и трёх грузов массами $m_1 = 3$ кг, $m_2 = 2$ кг и $m_3 = 1$ кг, подвешенных на концах нитей. Верхний неподвижный блок затормаживают. Найдите отношение силы натяжения T_2 нити, к которой подвешены грузы m_2 и m_3 , к силе натяжения T_1 нити, к которой подвешен груз m_1 .



Возможное решение

1. Изобразим систему, нарисовав силы, действующие на её тела, и введя вертикальную ось координат x , направленную вниз (см. рис.). Силу натяжения одной нити обозначим через T_1 , а второй – через T_2 .
2. После затормаживания верхнего неподвижного блока нижний блок также становится неподвижным идеальным блоком, через который перекинута нить, к концам которой подвешены два груза массами m_2 и m_3 , то есть получается «машина Атвуда».
3. Запишем уравнения движения грузов m_2 и m_3 (2-й закон Ньютона) в проекции на ось x : $m_2g - T_2 = m_2a_2$; $m_3g - T_2 = m_3a_3$.



4. Условие нерастяжимости нижней нити может быть записано с использованием постоянства её длины, что приводит к уравнению $x_2 + x_3 = \text{const}$, откуда получаем уравнение кинематической связи: $a_2 + a_3 = 0$, или $a_3 = -a_2$.
5. Деля первое уравнение движения на m_2 , а второе на m_3 и затем складывая их, получаем: $g - T_2/m_2 + g - T_2/m_3 = 0$, откуда $T_2 = 2m_2m_3g/(m_2 + m_3)$. Поскольку $T_1 = m_1g$, то

$$T_2/T_1 = 2m_2m_3/[m_1(m_2 + m_3)] = 2 \cdot 2 \cdot 1/[3 \cdot (2 + 1)] = 4/9 \approx 0,44.$$

Ответ: $T_2/T_1 = 2m_2m_3/[m_1(m_2 + m_3)] \approx 0,44$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: 2-й закон Ньютона, записанный в проекции на вертикальную ось, а также кинематические соотношения);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин,</p>	3

<p><i>используемых при написании физических законов</i>); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Царь-колокол был отлит в 1730 году по указу Анны Иоанновны из оловянистой бронзы и имеет массу 202 тонны. Его так и не смогли поднять на колокольню, и в 1737 году во время «великого пожара» в Москве его, по одной из версий, усиленно обливали водой, чтобы он не расплавился (температура плавления бронзы около 1000 °С). В результате из-за неравномерного охлаждения колокол растрескался и от него откололся кусок. Пусть колокол охлаждали водой, температура которой была равна 20 °С. Оцените, какой объём занимает водяной пар сразу после испарения воды, вылитой на колокол, если он охлаждается от 900 °С до 100 °С. Считайте, что вся вода при попадании на металл сразу испаряется, а удельная теплоёмкость бронзы близка к теплоёмкости меди и составляет $c_б = 380$ Дж/(кг·К). Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.

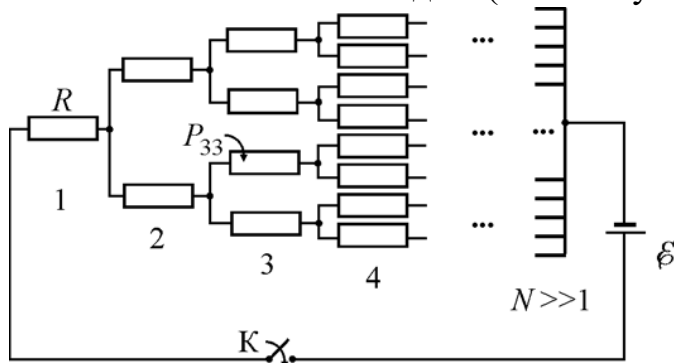
Возможное решение

1. Вначале найдём количество теплоты, необходимое для охлаждения колокола: $Q = c_б \cdot M \cdot \Delta T_б = 380 \cdot 202000 \cdot 800 = 61,408 \cdot 10^9$ Дж.
2. Затем определим, какую массу воды с удельной теплоёмкостью $c_в = 4200$ Дж/(кг·К) можно нагреть и испарить, используя это количество теплоты: $m = Q / (c_в \cdot \Delta T_в + r) = 61,408 \cdot 10^9 / (4200 \cdot 80 + 2,3 \cdot 10^6) \approx 23\,296$ кг. Здесь $\Delta T_в = 80$ К, r – удельная теплота парообразования воды.
3. Эта масса воды (молярная масса $\mu = 0,018$ кг/моль) сразу после испарения будет иметь температуру $T_0 = 373$ К, и при атмосферном давлении пар будет занимать объём
 $V = mRT_0 / \mu p = 23296 \cdot 8,31 \cdot 373 / (0,018 \cdot 10^5) \approx 40116$ м³.
 Ответ: $V = mRT_0 / \mu p \approx 40116$ м³

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение теплового баланса; выражения для количеств теплоты, необходимых для охлаждения тел, нагревания и испарения жидкости; уравнение Менделеева-Клапейрона</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории,	2

<p>физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Школьник собрал электрическую цепь из очень большого числа одинаковых резисторов сопротивлением $R = 10$ Ом каждый (см. схему цепи на рис.).



Левый вывод цепи он присоединил к «минусу» идеальной батареи с ЭДС $\varepsilon = 12$ В. В этой цепи на каждом следующем «шаге» (номер 1, 2, 3, 4, ..., $N \gg 1$) к правому концу каждого резистора присоединяются параллельно ещё два резистора, а в конце цепи все правые выводы резисторов присоединяются к «плюсу» батареи. Какая мощность P_{33} будет выделяться на третьем сверху резисторе из 3-го «шага» цепи после замыкания ключа К? (Этот резистор показан на схеме стрелкой.)

Возможное решение	
<p>1. В силу симметрии цепи ясно, что на каждом «шаге» потенциалы правых концов резисторов одинаковы, и их можно соединить друг с другом.</p> <p>2. Тогда для сопротивления участка с номером $n > 1$, содержащего n параллельно соединенных резисторов, по формуле для их параллельного соединения получаем $R/(2^{n-1})$.</p> <p>3. По формуле для сопротивления последовательно соединенных резисторов получаем суммарное сопротивление цепи: $R_{\Sigma} = R(1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots + 1/2^{N-1}) \approx 2R = 20$ Ом при $N \gg 1$ (использована формула для суммы членов бесконечной убывающей геометрической прогрессии).</p> <p>4. Согласно закону Ома для замкнутой цепи, общий ток I в цепи равен $I = \varepsilon/R_{\Sigma} = 12/20 = 0,6$ А, а ток через каждый резистор на n-м шаге равен $I_n = I/(2^{n-1})$, так что $I_3 = I/4 = 0,15$ А.</p> <p>5. По закону Джоуля-Ленца мощность, выделяющаяся в каждом i-м из³ резисторов n-го шага, одинакова и равна $P_{ni} = (I_n)^2 \cdot R$, откуда получаем: $P_{33} = (0,15)^2 \cdot 10 = 0,225$ Вт = 225 мВт.</p> <p>Ответ: $P_{33} = 225$ мВт</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома для замкнутой цепи, закон Джоуля-Ленца и правила вычисления сопротивлений для последовательного и параллельного соединения резисторов);</p>	3

<p>II) при необходимости сделан правильный рисунок (нарисована эквивалентная электрическая схема);</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</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 данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена</p>	1

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
<i>Максимальный балл</i>	3

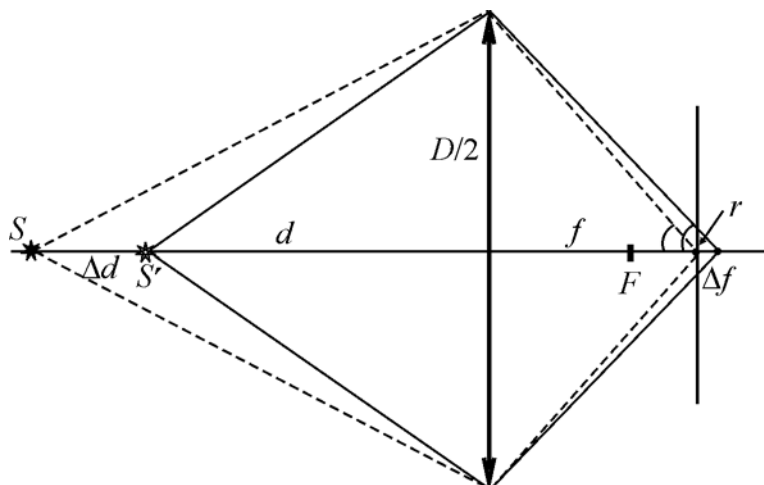
32

При наведении фотокамеры «на резкость» плоскость изображения совмещается с плоскостью плёнки или оптической матрицы. При этом каждой точке в плоскости предмета соответствует точка изображения. Однако, если снимаемый объект имеет «глубину» в направлении оптической оси объектива, то предметы, расположенные ближе или дальше, получаются «нерезкими», так как изображения их точек лежат дальше или ближе плёнки. «Глубиной резкости» называется продольный размер «области предметов», в пределах которого они ещё видны «чётко», то есть размытие точек изображения не превышает определённой величины. Глубину резкости можно увеличить, если уменьшить диаметр отверстия (диафрагмы), пропускающего свет через объектив внутрь камеры.

Рассмотрите случай, когда предмет (точка) находится на расстоянии $d = 5$ м на оптической оси объектива (тонкой линзы) с фокусным расстоянием $F = 24$ мм и диаметром диафрагмы $D = 15$ мм. Оцените, на каком расстоянии Δd ближе к объективу может располагаться другая точка, чтобы её изображение оставалось чётким, то есть радиус размытой точки на плёнке не превышал 0,01 мм? Решение поясните чертежом, изобразив на нём ход лучей в оптической системе.

Возможное решение

1. По формуле тонкой линзы $1/d + 1/f = 1/F$ находим $f = Fd/(d - F) \approx 24,116$ мм, то есть изображение точки S находится очень близко к фокальной плоскости, справа от неё.
2. Для второй точки S' имеем: $1/(d - \Delta d) + 1/(f + \Delta f) = 1/F$, откуда получаем $d - \Delta d = F(f + \Delta f)/(f + \Delta f - F)$.
3. Для нахождения Δf заметим (см. чертёж),



что радиус пятна на плёнке виден почти под тем же углом к оптической оси линзы, что и радиус диафрагмы. С учётом малости Δf имеем: $r/\Delta f \approx D/(2f)$, откуда $\Delta f \approx 2rf/D \approx 0,032\text{мм}$.

4. Подставляя численные значения всех величин, получаем:

$$\Delta d = d - F(f + \Delta f)/(f + \Delta f - F) \approx 5 - 0,024 \cdot 0,024148 / (0,024148 - 0,024) \approx 5 - 3,916 = 1,084 \approx 1,08 \text{ м.}$$

Ответ: $\Delta d \approx 1,08 \text{ м}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>использование формулы тонкой линзы и геометрических соотношений</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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 все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их</p>	1

<p>использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3