

Ответы к заданиям

| № задания | Ответ |
|------------------|---------------------------|
| 13 | влево |
| 19 | 10 10 |
| 22 | $1,50 \pm 0,25 \text{ Н}$ |

Ответы к заданиям

| № задания | Ответ |
|------------------|---------------------------|
| 13 | вправо |
| 19 | 9 10 |
| 22 | $2,00 \pm 0,25 \text{ Н}$ |

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Дифракционная решётка с периодом d освещена нормально падающим параллельным пучком монохроматического света с длиной волны λ . После решётки свет фокусируется на экране, находящемся в фокальной плоскости линзы с фокусным расстоянием F . В результате на экране наблюдается дифракционная картина в виде маленьких светлых пятен, расположенных вдоль линии, перпендикулярной штрихам решетки. Затем к этой решётке прикладывают вторую такую же, у которой штрихи расположены перпендикулярно штрихам первой решетки. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, какой вид будет иметь дифракционная картина на экране при малых углах отклонения света от оптической оси системы, и чему будет равен период этой картины.

Возможное решение

1. После первой решетки в результате дифракции на ней параллельного пучка монохроматического света образуется набор параллельных пучков, идущих под разными углами φ к оптической оси системы в плоскости, перпендикулярной штрихам этой решетки.
2. Линза собирает эти пучки в точки на экране, находящемся в её фокальной плоскости, в соответствии со свойствами тонкой линзы.
3. Эти точки находятся на экране, в соответствии с формулой для дифракции света на решетке, $d \sin \varphi = m\lambda$, при малых углах дифракции на расстояниях $x_m \approx F \varphi = mF\lambda/d$ от оси системы для разных порядков m дифракции, с периодом $\Delta x = F\lambda/d$ вдоль оси x , перпендикулярной штрихам решетки.
4. После добавления второй решетки каждый из параллельных пучков разных порядков от первой решетки, падающих на вторую, будет аналогичным образом разложен на пучки в плоскости, перпендикулярной штрихам второй решетки. В результате на экране при малых углах дифракции возникнет картина, состоящая из светлых точек, расположенных в углах квадратов. Период этой картины вдоль взаимно перпендикулярных осей x и y будет равным $F\lambda/d$.

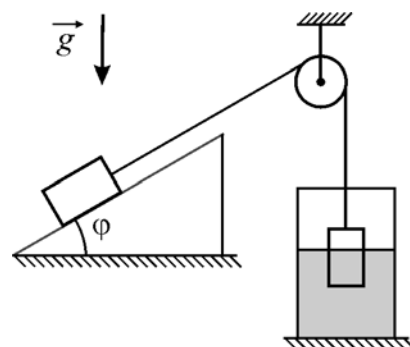
Ответ: На экране будет видна квадратная сетка с узлами в виде светлых пятен с периодом по обеим осям, равным $F\lambda/d$

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| Приведены полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано, что вид картины связан с дифракцией света последовательно на двух решетках со взаимно перпендикулярными штрихами</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>использование свойств тонкой линзы и формулы для дифракционной решетки</i>). | 3 |

| | |
|--|---|
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</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> <p>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>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p> | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| Максимальный балл | 3 |

29

Механическая система, изображённая на рисунке, находится в состоянии равновесия. Трения нет, нить невесома и соединяет через неподвижный блок два тела, массы которых одинаковы. Первое тело находится на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\varphi = 30^\circ$, а второе погружено на $2/3$ своего объёма в жидкость, налитую в неподвижный сосуд. Найдите отношение плотностей жидкости и второго тела ρ/ρ_T .



Возможное решение

1. Из условия следует, что сила натяжения нити T вдоль всей нити постоянна.
2. При нахождении системы в равновесии сумма сил, действующих на каждое из тел, равна нулю. На первое тело действуют сила тяжести mg , сила нормального давления со стороны плоскости и сила T вдоль плоскости. На второе тело действуют по вертикали вверх сила T и сила Архимеда $F_{\text{Арх}}$ и вниз – сила тяжести mg .
3. Из уравнений статики следует, что $T = mg \sin \varphi$, и $T + F_{\text{Арх}} = mg$.
4. Масса второго тела равна $m = \rho_T V_T$, сила Архимеда равна $F_{\text{Арх}} = \rho V_{\text{выт}} g$, а вытесненный телом объём жидкости $V_{\text{выт}}$ равен $2/3$ от объёма второго тела $V_{\text{выт}} = (2/3) V_T$.
5. Условие равновесия второго тела с учётом написанных соотношений имеет вид: $mg(1 - \sin \varphi) = \rho(2/3)(m/\rho_T)g$, откуда $\rho/\rho_T = (3/2)(1 - \sin \varphi) = 0,75$.

Ответ: $\rho/\rho_T = (3/2)(1 - \sin \varphi) = 0,75$

| 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>условия сохранения равновесия в механической системе, уравнения статики, закон Архимеда и связь массы, объёма и плотности тела</i>);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными</p> | 3 |

| | |
|---|---|
| вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>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>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>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 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| Максимальный балл | 3 |

30

В очень лёгкий калориметр, содержащий $m_{\text{в}} = 500$ г воды при температуре $t_1 = 20$ °С, опустили железный шарик массой $m_{\text{ж}} = 200$ г, разогретый до температуры $t_2 = 1400$ °С. Чему будет равна температура воды, оставшейся в калориметре после завершения всех процессов теплообмена между частями этой системы? Считайте, что 10% массы паров воды, образующихся в процессе её кипения, сразу покидают калориметр без теплообмена с его содержимым, а остальные конденсируются в воде, окружающей шарик.

Возможное решение

1. Согласно условию, часть теплоты, отданной железным шариком при его охлаждении, будет потрачена на испарение некоторой массы воды при её кипении и не будет участвовать в процессе дальнейшего теплообмена между оставшейся водой и шариком.
2. Всего шарик отдаст количество теплоты $Q_{\text{ж}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_3)$, где $c_{\text{ж}} = 460$ Дж/(кг·°С) – удельная теплоёмкость железа, t_3 – установившаяся температура воды в калориметре.
3. На испарение массы воды $\Delta m_{\text{в}}$ в процессе её кипения пойдет количество теплоты $Q_{\text{исп}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0) = \Delta m_{\text{в}}\lambda_{\text{в}}$, где $t_0 = 100$ °С, а $\lambda_{\text{в}} = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг – удельная теплота парообразования воды. Отсюда находим, что $\Delta m_{\text{в}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0)/\lambda_{\text{в}} = 52$ г $< m_{\text{в}} = 500$ г.
4. Согласно условию, 10% массы $\Delta m_{\text{в}}$ уйдет из системы с паром, а 90% массы и теплоты испарения останется из-за конденсации пара и нагреет воду в калориметре.
5. После конца кипения воды и до момента установления теплового равновесия уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$0,9c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0) + c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_0 - t_3) = c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})(t_3 - t_1).$$

Окончательно получаем:

$$t_3 = [c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(0,9t_2 + 0,1t_0) + c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})t_1] / [c_{\text{ж}}m_{\text{ж}} + c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})] \approx 73$$
 °С.

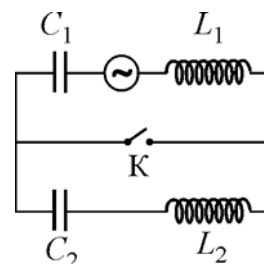
Ответ: $t_3 \approx 73$ °С

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>И) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для количеств теплоты при испарении и нагревании воды, при охлаждении известной массы железа, уравнение теплового баланса в системе тел</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> | 3 |

| | |
|---|---|
| III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. <div>И (ИЛИ)</div> В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). <div>И (ИЛИ)</div> В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. <div>И (ИЛИ)</div> Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. <div>ИЛИ</div> 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. <div>ИЛИ</div> 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 | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| Максимальный балл | 3 |

31

В колебательном контуре, состоящем из двух катушек, двух конденсаторов, ключа и источника переменного напряжения, соединённых как показано на схеме, ёмкости конденсаторов равны $C_1 = 5$ мкФ и $C_2 = 20$ мкФ, индуктивности катушек $L_1 = 5$ мГн, и $L_2 = 4$ мГн. Сопротивление цепи пренебрежимо мало. Во сколько раз изменится резонансная частота этого контура после замыкания ключа К?



Возможное решение

1. Согласно формуле Томсона для периода T электромагнитных колебаний в контуре, $T = 2\pi(LC)^{1/2}$, а круговая частота $\omega = 2\pi/T = (LC)^{-1/2}$.
2. В исходном контуре последовательно соединены два конденсатора и две катушки индуктивности, так что согласно формулам для сложения последовательно соединенных ёмкостей и индуктивностей $C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$, а $L = L_1 + L_2$, и $\omega_1 = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 (L_1 + L_2)}}$.
3. После замыкания ключа К в контуре остаются только соединенные последовательно C_1 и L_1 , так что $\omega_2 = 1/(L_1 C_1)^{1/2}$.
4. Таким образом, получаем:

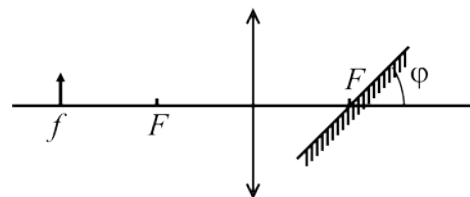
Ответ: $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{C_2(L_1 + L_2)}{L_1(C_1 + C_2)}} = 1,2$

| 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>формула Томсона для периода колебаний в контуре из конденсатора и катушки индуктивности, формулы для последовательного соединения конденсаторов и катушек индуктивности</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) проведены необходимые математические преобразования 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 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, | 2 |

| | |
|---|---|
| <p>физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 <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>Максимальный балл</p> | 3 |

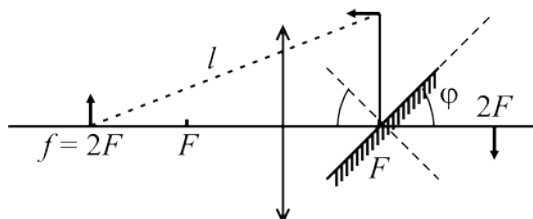
32

На рисунке изображена оптическая схема системы, в которой малый предмет находится на расстоянии $f = 40$ см на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см. За линзой на расстоянии F от неё расположено плоское зеркало, наклоненное под углом $\varphi = 45^\circ$ к главной оптической оси. Чему равно расстояние l между предметом и его действительным изображением в этой оптической системе?



Возможное решение

1. Без зеркала положение изображения можно найти по формуле тонкой линзы: $1/f + 1/d = 1/F$, откуда $d = fF/(f - F) = 2F$, поскольку по условию $f = 2F$. Изображение – действительное, перевернутое.
2. После установки зеркала главная оптическая ось системы повернется, по правилам отражения в плоском зеркале, на угол $2\varphi = 90^\circ$. Изображение предмета, оказавшееся «за зеркалом», отразится в зеркале и окажется «над зеркалом» (см. рисунок). При этом новое изображение окажется действительным.



3. Поскольку зеркало находится на расстоянии F от линзы, то действительное изображение предмета «над зеркалом» будет находиться на перпендикуляре к исходной главной оптической оси системы на расстоянии F от неё.
4. По теореме Пифагора находим, что $l^2 = (2F + F)^2 + F^2 = 10F^2$, откуда получаем $l = 10^{1/2}F \approx 63$ см.

Ответ: $l = 10^{1/2}F \approx 63$ см

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>И) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы, правила построения изображений в зеркалах и линзах, теорема Пифагора</i>);</p> <p>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);</p> | 3 |

| | |
|---|---|
| <p>III) проведены необходимые математические преобразования 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> | |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Дифракционная решётка с периодом d освещена нормально падающим параллельным пучком монохроматического света с длиной волны λ . После решётки свет фокусируется на экране, находящемся в фокальной плоскости линзы с фокусным расстоянием F . В результате на экране наблюдается дифракционная картина в виде маленьких светлых пятен, расположенных вдоль линии, перпендикулярной штрихам решетки (ось x). Затем к этой решётке прикладывают вторую с периодом $d/2$, у которой штрихи расположены перпендикулярно штрихам первой решетки. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, какой вид будет иметь дифракционная картина на экране при малых углах отклонения света от оптической оси системы, и чему будут равны периоды этой картины вдоль оси x и перпендикулярной к ней оси y .

Возможное решение

1. После первой решетки в результате дифракции на ней параллельного пучка монохроматического света образуется набор параллельных пучков, идущих под разными углами φ к оптической оси системы в плоскости, перпендикулярной штрихам этой решетки.
2. Линза собирает эти пучки в точки на экране, находящемся в её фокальной плоскости, в соответствии со свойствами тонкой линзы.
3. Эти точки находятся на экране, в соответствии с формулой для дифракции света на решетке, $d \sin \varphi = m\lambda$, при малых углах дифракции на расстояниях $x_m \approx F \varphi = mF\lambda/d$ от оси системы для разных порядков m дифракции, с периодом $\Delta x = F\lambda/d$ вдоль оси x , перпендикулярной штрихам решетки.
4. После добавления второй решетки каждый из параллельных пучков разных порядков от первой решетки, падающих на вторую, будет аналогичным образом разложен на пучки в плоскости, перпендикулярной штрихам второй решетки. В результате на экране при малых углах дифракции возникнет картина, состоящая из светлых точек, расположенных в углах прямоугольников. Период этой картины вдоль оси x будет равным $F\lambda/d$, а вдоль оси y период будет равен $2F\lambda/d$, поскольку у второй решетки период вдвое меньше, чем у первой.

Таким образом, на экране возникнет прямоугольная сетка из светлых точек с периодами вдоль взаимно перпендикулярных осей x и y , равными $F\lambda/d$ и $2F\lambda/d$.

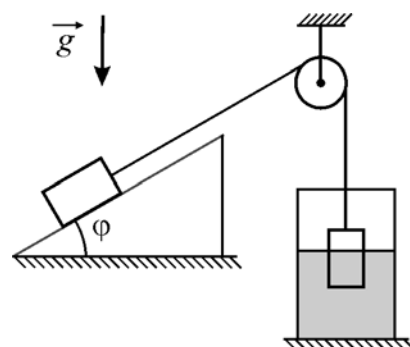
Ответ: На экране будет видна прямоугольная сетка с узлами в виде светлых пятен с периодами по обеим осям, равными $F\lambda/d$ (по оси x) и $2F\lambda/d$ (по оси y)

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| Приведены полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано, что вид картины связан с дифракцией света последовательно на двух решетках со взаимно перпендикулярными штрихами</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>использование свойств тонкой линзы и формулы для дифракционной решетки</i>). | 3 |
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">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> <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, <u>приводящие к ответу</u>, 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> | 1 |

| | |
|---|---|
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| Максимальный балл | 3 |

29

Механическая система, изображённая на рисунке, находится в состоянии равновесия. Трения нет, нить невесома и соединяет через неподвижный блок два тела, массы которых одинаковы. Первое тело находится на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\varphi = 45^\circ$, а второе погружено на $3/4$ своего объёма в жидкость, налитую в неподвижный сосуд. Найдите отношение плотностей жидкости и второго тела ρ/ρ_T .



Возможное решение

1. Из условия следует, что сила натяжения нити T вдоль всей нити постоянна.
2. При нахождении системы в равновесии сумма сил, действующих на каждое из тел, равна нулю. На первое тело действуют сила тяжести mg , сила нормального давления со стороны плоскости и сила T вдоль плоскости. На второе тело действуют по вертикали вверх сила T и сила Архимеда $F_{\text{Арх}}$ и вниз – сила тяжести mg .
3. Из уравнений статики следует, что $T = mg \sin \varphi$, и $T + F_{\text{Арх}} = mg$.
4. Масса второго тела равна $m = \rho_T V_T$, сила Архимеда равна $F_{\text{Арх}} = \rho V_{\text{выт}} g$, а вытесненный телом объём жидкости $V_{\text{выт}}$ равен $3/4$ от объёма второго тела $V_{\text{выт}} = (3/4) V_T$.
5. Условие равновесия второго тела с учётом написанных соотношений имеет вид: $mg(1 - \sin \varphi) = \rho(3/4)(m/\rho_T)g$, откуда $\rho/\rho_T = (4/3)(1 - \sin \varphi) \approx 0,4$.

Ответ: $\rho/\rho_T = (4/3)(1 - \sin \varphi) \approx 0,4$

| 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>условия сохранения равновесия в механической системе, уравнения статики, закон Архимеда и связь массы, объёма и плотности тела</i>);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и</p> | 3 |

| | |
|---|---|
| <p>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> | |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

30

В очень лёгкий калориметр, содержащий $m_{\text{в}} = 600$ г воды при температуре $t_1 = 20$ °С, опустили железный шарик массой $m_{\text{ж}} = 200$ г, разогретый до температуры $t_2 = 1300$ °С. Чему будет равна температура воды, оставшейся в калориметре после завершения всех процессов теплообмена между частями этой системы? Считайте, что 10% массы паров воды, образующихся в процессе её кипения, сразу покидают калориметр без теплообмена с его содержимым, а остальные конденсируются в воде, окружающей шарик.

Возможное решение

1. Согласно условию, часть теплоты, отданной железным шариком при его охлаждении, будет потрачена на испарение некоторой массы воды при её кипении и не будет участвовать в процессе дальнейшего теплообмена между оставшейся водой и шариком.
2. Всего шарик отдаст количество теплоты $Q_{\text{ж}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_3)$, где $c_{\text{ж}} = 460$ Дж/(кг·°С) – удельная теплоёмкость железа.
3. На испарение массы воды $\Delta m_{\text{в}}$ в процессе её кипения пойдёт количество теплоты $Q_{\text{исп}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0) = \Delta m_{\text{в}}\lambda_{\text{в}}$, где $t_0 = 100$ °С, а $\lambda_{\text{в}} = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг – удельная теплота парообразования воды. Отсюда находим, что $\Delta m_{\text{в}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0)/\lambda_{\text{в}} = 48$ г $< m_{\text{в}} = 600$ г.
4. Согласно условию, 10% массы $\Delta m_{\text{в}}$ уйдет из системы с паром, а 90% массы и теплоты испарения останется из-за конденсации пара и нагреет воду в калориметре.
5. После конца кипения воды и до момента установления теплового равновесия уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$0,9c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_2 - t_0) + c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(t_0 - t_3) = c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})(t_3 - t_1).$$
 Окончательно получаем:

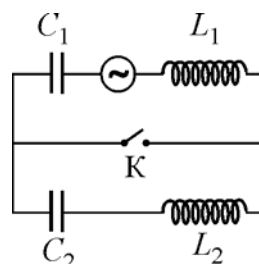
$$t_3 = [c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}(0,9t_2 + 0,1t_0) + c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})t_1] / [c_{\text{ж}}m_{\text{ж}} + c_{\text{в}}(m_{\text{в}} - 0,1\Delta m_{\text{в}})] \approx 61$$
 °С.
 Ответ: $t_3 \approx 61$ °С

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для количеств теплоты при испарении и нагревании воды, при охлаждении известной массы железа, уравнение теплового баланса в системе тел</i>);</p> <p>П) 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</i></p> | 3 |

| | |
|--|---|
| <p>написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования 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> | |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 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 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

31

В колебательном контуре, состоящем из двух катушек, двух конденсаторов, ключа и источника переменного напряжения, соединённых как показано на схеме, ёмкости конденсаторов равны $C_1 = 4$ мкФ и $C_2 = 6$ мкФ, индуктивности катушек $L_1 = 9$ мГн и $L_2 = 6$ мГн. Сопротивление цепи пренебрежимо мало. Во сколько раз изменится резонансная частота этого контура после замыкания ключа К?



Возможное решение

1. Согласно формуле Томсона для периода T электромагнитных колебаний в контуре, $T = 2\pi(LC)^{1/2}$, а круговая частота $\omega = 2\pi/T = (LC)^{-1/2}$.
2. В исходном контуре последовательно соединены два конденсатора и две катушки индуктивности, так что согласно формулам для сложения последовательно соединённых ёмкостей и индуктивностей $C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$, а $L = L_1 + L_2$, и $\omega_1 = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 (L_1 + L_2)}}$.
3. После замыкания ключа К в контуре остаются только соединённые последовательно C_1 и L_1 , так что $\omega_2 = 1/(L_1 C_1)^{1/2}$.
4. Таким образом, получаем:

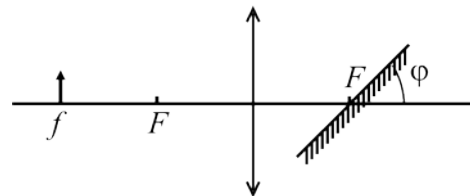
Ответ: $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{C_2 (L_1 + L_2)}{L_1 (C_1 + C_2)}} = 1$ – то есть частота не изменится

| 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>формула Томсона для периода колебаний в контуре из конденсатора и катушки индуктивности, формулы для последовательного соединения конденсаторов и катушек индуктивности</i>);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования 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 все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков</p> | 2 |

| | |
|---|---|
| <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p> | |
| <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>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>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>Максимальный балл</p> | 3 |

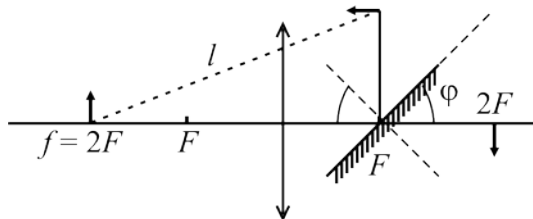
32

На рисунке изображена оптическая схема системы, в которой малый предмет находится на расстоянии $f = 20$ см на оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 10$ см. За линзой на расстоянии F от неё расположено плоское зеркало, наклоненное под углом $\varphi = 45^\circ$ к главной оптической оси. Чему равно расстояние l между предметом и его действительным изображением в этой оптической системе?



Возможное решение

1. Без зеркала положение изображения можно найти по формуле тонкой линзы: $1/f + 1/d = 1/F$, откуда $d = fF/(f - F) = 2F$, поскольку по условию $f = 2F$. Изображение – действительное, перевернутое.
2. После установки зеркала главная оптическая ось системы повернется, по правилам отражения в плоском зеркале, на угол $2\varphi = 90^\circ$. Изображение предмета, оказавшееся «за зеркалом», отразится в зеркале и окажется «над зеркалом» (см. рисунок). При этом новое изображение окажется действительным.



3. Поскольку зеркало находится на расстоянии F от линзы, то действительное изображение предмета «над зеркалом» будет находиться на перпендикуляре к исходной главной оптической оси системы на расстоянии F от неё.
4. По теореме Пифагора находим, что $l^2 = (2F + F)^2 + F^2 = 10F^2$, откуда получаем $l = 10^{1/2}F \approx 32$ см.

Ответ: $l = 10^{1/2}F \approx 32$ см

| 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>формула тонкой линзы, правила построения изображений в зеркалах и линзах, теорема Пифагора</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) проведены необходимые математические преобразования 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 все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> | 2 |

| | |
|---|---|
| <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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 style="text-align: right;">Максимальный балл</p> | 3 |