

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДАРЫН»
ВТОРОЙ (РАЙОННЫЙ/ГОРОДСКОЙ) ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ПО ПРЕДМЕТУ ФИЗИКА (2025-2026 УЧЕБНЫЙ ГОД)

9 класс
Решение

Задача_1 [6 баллов]

Время, через которое происходит столкновение и скорость второго камня, определяются из кинематических уравнений.

Содержание	Баллы
$x_1(t) = v_1 \cos \alpha t$	0.5
$y_1(t) = v_1 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$	0.5
$x_2(t) = L$	0.5
$y_2(t) = 3L - v_2 t - \frac{1}{2} g t^2$	0.5
$x_1(t) = x_2(t)$ $v_1 \cos \alpha t = L$	1.0
$t = \frac{L}{v_1 \cos \alpha}$	0.5
$y_1(t) = y_2(t)$ $v_1 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 = 3L - v_2 t - \frac{1}{2} g t^2$	1.0
$v_2 = \frac{3L}{t} - v_1 \sin \alpha$	0.5
$v_2 = 3v_1 \cos \alpha - v_1 \sin \alpha$	0.5
$v_2 \approx 14.14 \text{ м/с}$	0.5
Итого	6.0

Задача_2 [6 баллов]

Сначала найдем высоту, на которой остановился второй брусок. Для этого запишем закон сохранения энергии:

$$m_2 g (l_2 + l_1) = m_1 g h_1 + m_2 g h_2. \quad (1)$$

Так как первый брусок поднялся на высоту h_1 , то и верёвка с правой стороны стала короче на h_1 , а с левой стороны стала длиннее на h_1 . Зная, что высота от уровня земли до блоков l_1 , находим:

$$l_1 = h_2 + l_2 + h_1$$

Решая совместно 2 уравнения, получаем:

$$h_2 = \frac{m_2 (l_2 + l_1) - m_1 l_1 + m_1 l_2}{m_2 - m_1}. \quad (3)$$

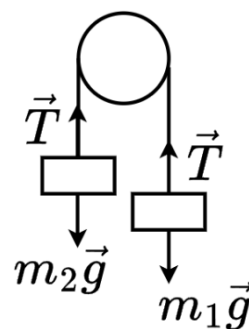
Чтобы найти время, распишем законы Ньютона для обоих брусков:

$$m_2 a = T - m_2 g \quad (4)$$

$$m_1 a = m_1 g - T. \quad (5)$$

Решая уравнения, находим ускорения:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (6)$$



Так как первые $2l_2$ полета брусок был в свободном падении, так как веревка не могла натянуться, при натяжении веревки начальная скорость была:

$$v_0 = 2\sqrt{gl_2}, \quad (7)$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{4l_2}{g}}. \quad (8)$$

Далее, находим время, которое ушло, чтобы остановить брусок:

$$t_2 = \frac{v_0}{a}. \quad (9)$$

И тогда конечное время:

$$t = \sqrt{\frac{4l_2}{g}} + \frac{2\sqrt{gl_2}(m_1 + m_2)}{m_1 - m_2} g. \quad (10)$$

Теперь, к самому интересному: каковы условия того, чтобы второй брусок не коснулся земли. Очевидно, $m_1 > m_2$. Однако, на это можно взглянуть с большим количеством деталей. Введем переменные: $\mu = m_2/m_1 < 1$, $\lambda = l_2/l_1 < 1$. В критическом случае, когда брусок 2 останавливается на уровне земли, уравнение 3 переходит в:

$$\mu(1 + \lambda) = 1 - \lambda \quad (11)$$

На деле же, редко когда, μ сильно отличается от 1 и λ сильно больше 0, так как большие падения, как можно понять из задачи, очень опасны. Также в реальной системе, когда скалолаз лезет, каждый элемент системы содержит очень много трения и к тому же веревка тянется очень сильно, что тоже способствует более мягкой и безопасной остановке скалолаза.

Содержание	Баллы
Формула (1): $m_2 g(l_2 + l_1) = m_1 g h_1 + m_2 g h_2$	0.6
Формула (2): $l_1 = h_2 + l_2 + h_1$	0.6
Формула (3): $h_2 = \frac{m_2(l_2 + l_1) - m_1 l_1 + m_1 l_2}{m_2 - m_1}$	0.6
Формула (4): $m_2 a = T - m_2 g$	0.3
Формула (5): $m_2 a = T - m_2 g$	0.3
Формула (6): $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$	0.6
Формула (7): $v_0 = 2\sqrt{gl_2}$	0.6
Формула (8): $A = t_1 = \sqrt{\frac{4l_2}{g}}$	0.6
Формула (10): $t = \sqrt{\frac{4l_2}{g}} + \frac{2\sqrt{gl_2}(m_1 + m_2)}{m_1 - m_2} g$	0.6
Если написано, что $m_1 > m_2$	0.6
Формула (11): $\mu(1 + \lambda) = 1 - \lambda$	0.6
Итого	6.0

Задача_3 [5 баллов]

Из симметрии видно, что через MN ток не течёт. Поэтому можно представить цепь в виде параллельно соединённых AB , ANB , и AMB . Эквивалентное сопротивление в этом случае легко считается и равно

$$R_1 = \frac{1}{2} R. \quad (1)$$

В случае перерезания через NM начинает течь ток. Соединение представлено в виде AB , параллельно соединённого с параллельными ANM - AM и последовательным к ним MB . Тогда эквивалентное сопротивление равно

$$R_2 = \frac{4}{7} R. \quad (2)$$

Сопротивление стало больше – значит, сила тока понизилась. Через соотношение

$$\Delta I = U_0 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

подставляем значения и получаем

$$R = \frac{U_0}{4\Delta I} = 1 \text{ кОм}. \quad (4)$$

Содержание	Баллы
Указано, что через MN в первом случае ток не течёт	0.5
Записана формула последовательного соединения	0.4
Записана формула параллельного соединения	0.4
Формула (1): $R_1 = \frac{1}{2} R$	1.0
Формула (2): $R_2 = \frac{4}{7} R$	1.0
Формула (3): $\Delta I = U_0 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$	0.7
Ответ (4): $R = \frac{U_0}{4\Delta I}$	0.5
Численное значение (4): $R = 1 \text{ кОм}$	0.5
Итого	5.0

Задача_4 [8 баллов]

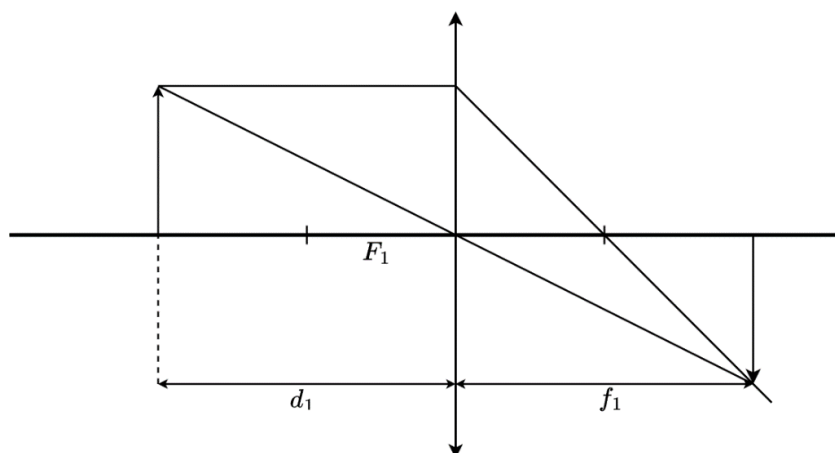
Так как обе поверхности линзы имеют одинаковый радиус кривизны,

$$F_1 = \frac{R}{2(n-1)} = R. \quad (1)$$

Фокальное расстояние сферического зеркала от поверхности линзы:

$$F_2 = \frac{R}{2}. \quad (2)$$

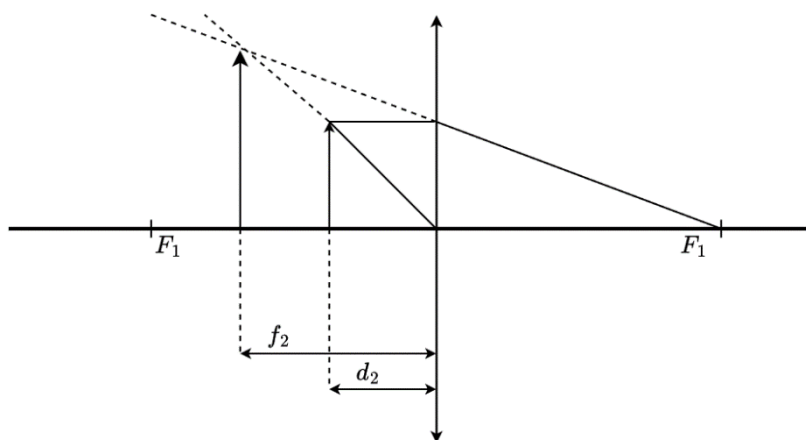
Так как сферическое зеркало вогнутое, вне зависимости от расстояния до источника, её изображение будет мнимым. Поэтому остается рассмотреть 2 варианта для сферической линзы: источник находится дальше фокусного расстояния и ближе фокусного расстояния. Сначала начертим ход лучей от источника света на расстоянии больше фокусного расстояния от линзы:



Расстояния связаны между собой формулой:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}, \quad (3)$$

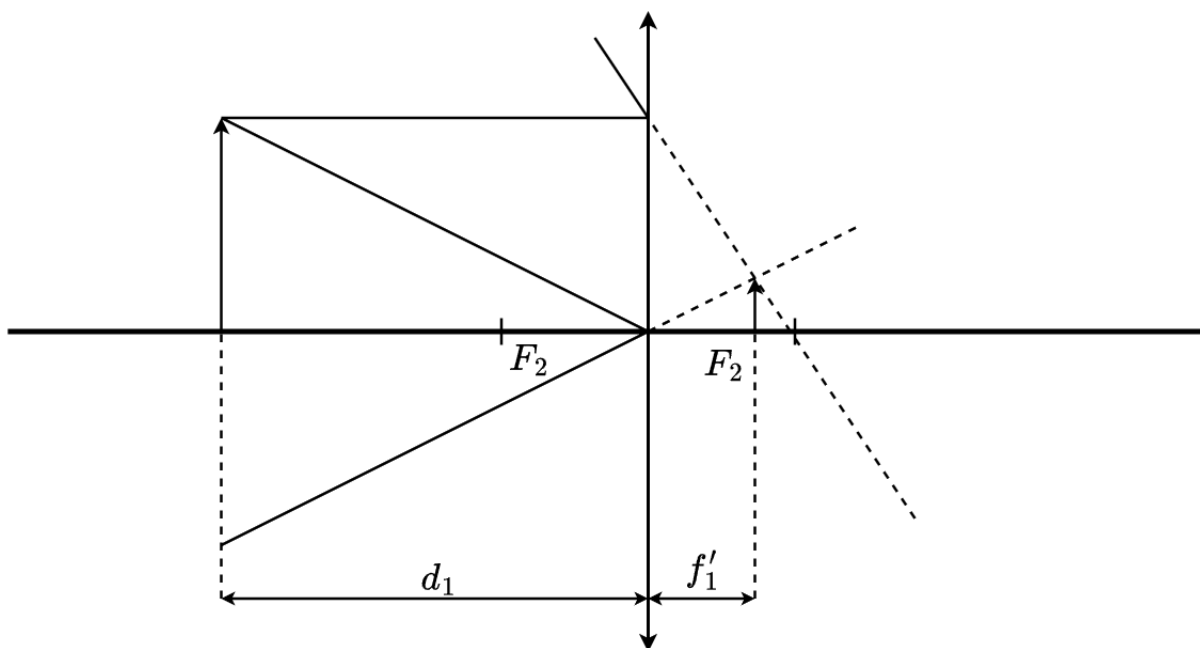
Далее, начертим ход лучей через линзу в случае, когда расстояние от источника света меньше фокусного расстояния:



В данном случае, необходимо учесть, что изображение от линзы получается мнимое:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2}. \quad (4)$$

Остается начертить ход лучей через сферическое зеркало, которым служит первая/левая поверхность линзы:



В случае, когда $d_1 > F_1$:

$$-\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f'_1}, \quad (5)$$

И для случая, когда свечка ближе фокусного расстояния ($d_2 < F_1$):

$$-\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f'_2}. \quad (6)$$

Остается найти расстояние между изображениями для обоих случаев. В случае, когда $d_1 > F_1$:

$$x_1 = f_1 - f'_1 = \frac{d_1 R(2R + d_1)}{(d_1 - R)(R + 2d_1)}, \quad (7)$$

Когда $d_2 < F_1$:

$$x_2 = f_2 + f'_2 = \frac{d_2 R(2R + d_2)}{(R - d_2)(R + 2d_2)}. \quad (8)$$

Примечание:

Баллы за построения давать вне зависимости от того, сделаны они на одном чертеже или нет. Если фокусные расстояния не соответствуют пропорциям, но при этом $F_2 < F_1$, баллы не снимаются. Если пропорции между расстояниями не соответствуют чертежам в решении, но соотношение между d и F указаны верно, то баллы не снимаются.

Содержание	Баллы
Формула (1): $F_1 = \frac{R}{2(n-1)} = R$	0.5
Формула (2): $F_2 = \frac{R}{2}$	1.0
Показывает на чертеже ход лучей при $d_1 < F_1$	1.0
Формула (3): $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$	0.5
Показывает на чертеже ход лучей при $d_2 > F_1$	1.0
Формула (4): $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2}$	0.5
Показывает на чертеже ход лучей для выпуклой линзы	1.0
Формула (5): $-\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f'_1}$	0.25
Формула (6): $-\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f'_2}$	0.25
Записывает $x_1 = f_1 - f'_1$, $x_2 = f_2 + f'_2$	0.5
Формула (7): $x_1 = \frac{d_1 R(2R + d_1)}{(d_1 - R)(R + 2d_1)}$	1.0
Формула (8): $x_2 = \frac{d_2 R(2R + d_2)}{(R - d_2)(R + 2d_2)}$	1.0
Итого	8.0