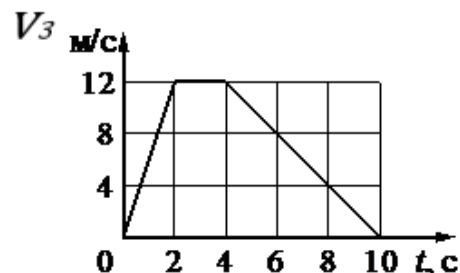


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
2025-2026 уч. год. Муниципальный этап. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
10 КЛАСС Условия, ответы, решения, критерии оценки

1.«Кинематика трех тел». Три тела проходят прямолинейный участок пути L за одно и то же время t . Первое тело движется равномерно, второе – из состояния покоя с постоянным ускорением. График зависимости скорости третьего тела от времени на этом пути показан на рисунке. Найдите:



- 1) отношение ускорения второго тела a_2 к наибольшему ускорению треть его тела a_{3max} ;
- 2) отношение наибольшей скорости второго тела v_{2max} к скорости первого тела v_1 .

Возможное решение

1) По графику движения третьего тела время движения всех трех тел $t = 10$ с. Пройденный за это время путь определим как площадь под графиком:

$$L = \frac{2 + 10}{2} \cdot 12 = 72 \text{ (м)}. \quad (1)$$

Ускорение второго тела, двигавшегося равноускоренно из состояния покоя, выразим из формулы пути

$$L = \frac{a_2 t^2}{2}; \quad a_2 = \frac{2L}{t^2}. \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{2 \cdot 72}{10^2} = 1,44 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ускорение третьего тела максимально на промежутке времени от 0 до 2 с и равно

$$a_{3max} = \frac{\Delta v}{\Delta t}; \quad a_{3max} = \frac{12}{2} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (3)$$

$$\text{Отношение } \frac{a_2}{a_{3max}} = \frac{1,44}{6} = \frac{6}{25} = 0,24.$$

2) Скорость первого тела, двигавшегося равномерно:

$$v_1 = \frac{L}{t}; \quad (4)$$

$$v_1 = \frac{72}{10} = 7,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Второе тело за время $t = 10$ с приобретет скорость $v_{2max} = a_2 t$; (5)

$$v_{2max} = 1,44 \cdot 10 = 14,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

$$\text{Искомое отношение } \frac{v_{2max}}{v_1} = 2.$$

Критерии оценивания. Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи– 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи.

1. За решение **первой части** задачи (определение отношения ускорений) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения (1) , (2), (3) или эквивалентные им) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ для отношения ускорений a_2 / a_{3max} или a_{3max} / a_2 – **5 баллов**;

- соотношения записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;

- соотношения записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки—**2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)— **1 балл**;

- нет попыток решения — **0 баллов**.

2. За решение **второй части** задачи (определение отношения скоростей) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать шкалу, **аналогичную** шкале для первой части:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае —соотношения (4) , (5) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ для отношения скоростей v_{2max}/v_1 или v_1/v_{2max} —**5 баллов**;

- далее — см. выше.

2. «На санках» Мама толкает санки с сидящим на них ребенком, прикладывая силу $\vec{F}$, со стороны спинки санок под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения санок о снег равен $\mu = 0,1$. Масса ребенка $M = 12,5$ кг. Под действием силы $F_1 = 40$ Н санки движутся с постоянной скоростью $v_1 = 3,6$ км/ч. Найдите: **1)** массу санок m ; **2)** скорость v_2 санок с малышом через 1 секунду после того, как мама удвоила приложенную силу.

Считать, что $\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,87$; $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Возможное решение

1. На санки с малышом кроме силы $\vec{F}$ действуют сила тяжести $(m + M)\vec{g}$, сила реакции опоры $\vec{N}$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. При равномерном движении сумма сил равна нулю. В проекции на ось X, направленную горизонтально вправо $F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0$. (1)

В проекции на ось Y $N - F \sin \alpha - (M + m)g = 0$. (2)

Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$. (3)

Из уравнений (1–3): $m + M = \frac{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{\mu g}$.

$$m = \frac{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{\mu g} - M.$$

$$m = \frac{40 \cdot (0,5 - 0,1 \cdot 0,87)}{0,1 \cdot 10} - 12,5 = 4,05 \approx 4 \text{ (кг)}$$

2. Во втором случае $F_2 = 2F$, санки движутся с ускорением.

В проекции на ось X:

$$2F \cos \alpha - F_{\text{тр}2} = (M + m)a. \quad (4)$$

$$\text{В проекции на ось Y} \quad N_2 - 2F \sin \alpha - (M + m)g = 0.$$

С учетом $F_{\text{тр}2} = \mu N_2$

$$2F \cos \alpha - 2\mu F \sin \alpha - \mu(M + m)g = (M + m)a.$$

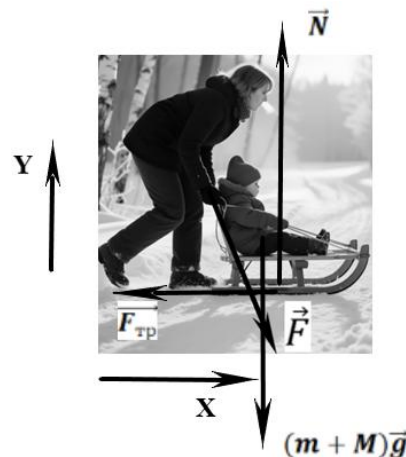
Отсюда $a = \frac{2F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{M + m} - \mu g$.

$$a = \frac{2F\mu g(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)} - \mu g = 2\mu g - \mu g = \mu g \quad a = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Скорость, приобретенная санками

$$v = v_0 + at, \quad (5) \quad \text{где } v_0 = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v = 1 + 1 \cdot 1 = \left(2 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right) \text{ или } 7,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$



Критерии оценивания. Максимальная оценка за полное правильное решение всей задачи— 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть

представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

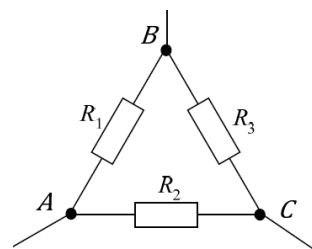
1. За решение **первой части** задачи (определение массы санок) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае –соотношения (1), (2), (3) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления,получен верный числовой ответ – **5 баллов**;
- соотношения записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях–**4 балла**;
- соотношения записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки –**2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)- **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части** задачи (определение скорости санок) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать шкалу, **аналогичную** шкале для первой части:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае –соотношения (4), (5) или эквивалентные им)записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления,получен верный числовой ответ –**5 баллов**;
- далее – см. выше.

3.«Три резистора». Три резистора R_1, R_2, R_3 соединены в треугольную цепь, показанную на рисунке. Известно, что их сопротивления находятся в отношении 1:2:3. При подключении к различным парам клемм (A и B , A и C , B и C) и подачи на них в каждом случае одинакового напряжения U получены три разные значения сопротивления R_{AB}, R_{AC}, R_{BC} , наименьшее из которых равно 5 Ом. При этом наибольшая сила тока через резистор составила 2А. Найдите:



- 1) сопротивления каждого из резисторов R_1, R_2, R_3 ;
- 2) величину подаваемого напряжения U .

Возможное решение

1. При подключении к каждой паре клемм образуется цепь, состоящая из двух параллельных участков, на одном из которых будет один резистор, а на другом – два других, последовательно соединенных.

При последовательном соединении сопротивления складываются. (1)

При параллельном соединении складываются величины, обратные сопротивлениям. (2)

При подключении к каждой паре клемм сопротивлениябудут следующими:

- клеммы A и B ; R_1 параллельно с $R_2 + R_3$

$$R_{AB} = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad (3)$$

- клеммы A и C ; R_2 параллельно с $R_1 + R_3$

$$R_{AC} = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad (4)$$

- клеммы B и C ; R_3 параллельно с $R_1 + R_2$

$$R_{BC} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}. \quad (5)$$

Обозначим $R_1 = R$, тогда $R_2 = 2R, R_3 = 3R$. С учетом этого

$$R_{AB} = \frac{R(2R + 3R)}{R + 2R + 3R} = \frac{5}{6} R;$$

$$R_{AC} = \frac{2R(R + 3R)}{R + 2R + 3R} = \frac{8}{6} R = \frac{4}{3} R;$$

$$R_{BC} = \frac{3R(R + 2R)}{R + 2R + 3R} = \frac{9}{6}R = \frac{3}{2}R.$$

Наименьшее из них $R_{AB} = \frac{5}{6}R = 5 \text{ (Ом)}$;

Отсюда $R = 6 \text{ Ом}$. По условию $R_1 = R, R_2 = 2R, R_3 = 3R$, следовательно

$$R_1 = 6 \text{ Ом}, R_2 = 12 \text{ Ом}, R_3 = 18 \text{ Ом}.$$

2. Всякий раз на клеммы подается одно и то же напряжение.

Напряжения на параллельно соединенных участках одинаковы(6).

При подаче равных напряжений сила тока будет наибольшей на участке с наименьшим сопротивлением в силу закона Ома $I = \frac{U}{R}$. (7)

Наименьшее сопротивление имеет ветвь, содержащая один резистор R_1 при подключении к клеммам A и B

$$R_1 = R = 6 \text{ Ом}$$

$$I_{max} = I_{R_1} = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1}.$$

$$\text{Отсюда } U = I_{max} R_1 = 12 \text{ В}.$$

Возможно также решение с вычислением токов на всех участках и выбором наибольшего из них. Приведем расчеты для этого случая.

При подаче напряжения на клеммы A и B общий ток от источника

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{6U}{5R}.$$

Из равенства напряжений на параллельных участках $U_{R_1} = U_{R_{23}}$ (8)

$$I_{R_1} R_1 = I_{R_{23}} (R_2 + R_3).$$

Ток через $R_1 = 6 \text{ Ом}$ в 5 раз больше чем через $R_2 + R_3 = 30 \text{ Ом}$:

$$6I_{R_1} = 30I_{R_{23}}, \quad I_{R_1} = 5I_{R_{23}}.$$

Следовательно, в таком случае наибольший ток

$$I_{R_1} = \frac{5I_{AB}}{6} = \frac{U}{R},$$

а ток через ветвь $R_2 + R_3$

$$I_{R_{23}} = \frac{I_{AB}}{6} = \frac{U}{5R}.$$

При подаче напряжения на клеммы A и C

$$I_{AC} = \frac{U}{R_{AC}} = \frac{3U}{4R}.$$

$$U_{R_2} = U_{R_{13}}.$$

Сопротивление $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_1 + R_3 = 24 \text{ Ом}$, ток через R_2 в два раза больше, чем через $R_1 + R_3$

$$I_{R_2} = \frac{2I_{AC}}{3} = \frac{U}{2R}; \quad I_{R_{13}} = \frac{I_{AC}}{3} = \frac{U}{4R}.$$

При подаче напряжения на клеммы B и C

$$I_{BC} = \frac{U}{R_{BC}} = \frac{2U}{3R}, \quad U_{R_3} = U_{R_{12}}.$$

$$R_3 = 18 \text{ Ом}, R_1 + R_2 = 18 \text{ Ом}$$

$$I_{R_3} = I_{R_{12}} = \frac{I_{BC}}{2} = \frac{U}{3R}.$$

Наибольшая из вычисленных сил тока также, как и в первом варианте решения

$$I_{max} = I_{R_1} = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1}.$$

Критерии оценивания. Максимальная оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи.

1. За решение **первой части** задачи (определение сопротивлений) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения для сопротивлений, отражающие общие правила (1), (2), и их применение для конкретных случаев (3-5) или эквивалентные им формулы и утверждения) записаны верно, правильно использована информация условия о наименьшем значении сопротивления, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ – **5 баллов**;
- соотношения записаны и использованы верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;
- соотношения записаны и использованы верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, неверно интерпретирована информация в условии – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части** задачи (определение напряжения) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать шкалу, **аналогичную** шкале для первой части:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – равенство напряжений на параллельных участках (6) закон Ома (7) или эквивалентные формулы и утверждения) составлены и записаны верно, правильно использована информация условия о наибольшем значении силы тока, произведены необходимые вычисления, получен верный числовой ответ – **5 баллов**;
- соотношения записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, правильно использована информация условия, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;
- соотношения (закон Ома) записаны верно, но не верно интерпретирована информация условия – **3 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

4. «Нихром VS алюминий». Две тонкие проволоки одинаковой длины и сечения, одна из нихрома, другая из алюминия, соединили последовательно и подключили к источнику высокого напряжения. Обе проволоки имеют начальную температуру $t = 20^\circ\text{C}$.

1. Какая из них быстрее перегорит?

2. Изменится ли ответ, если проволоки соединить параллельно?

Ответы **обоснуйте и подтвердите расчётами** на основе данных в таблице.

Материал	Плотность D , кг/м ³	Удельное сопротивление ρ , Ом·мм ² /м	Температура плавления $t_{\text{пл}}$, °C	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·°C)
нихром	8500	1,05	1100	450
алюминий	2700	0,028	660	920

Потери теплоты, зависимостью плотности и удельного сопротивления от температуры можно пренебречь.

Возможное решение

1. Быстрее перегорит та проволока, которая первой нагреется до температуры плавления. Необходимое для этого количество теплоты: $Q = cm(t_{\text{пл}} - t)$. (1)

Массу выразим через плотность D и объем V $m = DV$, (2)

объем через площадь сечения S и длину l

$$V = Sl. \quad (3) \quad \text{Тогда } Q = cDSl(t_{\text{пл}} - t). \quad (4)$$

При прохождении тока через проволоку за время τ выделяется количество теплоты

$$Q = I^2 R \tau. \quad (5)$$

Сила тока при последовательном соединении одинакова. С учетом, что сопротивление

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (6) \quad Q = I^2 \rho \frac{l}{S} \tau. \quad (7)$$

Приравняем (4) и (7), выражаем время $cDsl(t_{\text{пл}} - t) = I^2 \rho \frac{l}{S} \tau$,

$$\tau = \frac{cD(t_{\text{пл}} - t)S^2}{I^2 \rho}.$$

$$\text{Для нихромовой проволоки } \tau_1 = \frac{c_1 D_1 (t_{\text{пл1}} - t) S^2}{I^2 \rho_1},$$

$$\text{для алюминиевой } \tau_2 = \frac{c_2 D_2 (t_{\text{пл2}} - t) S^2}{I^2 \rho_2}.$$

$$\text{Отношение } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{c_1 D_1 \rho_2 (t_{\text{пл1}} - t)}{c_2 D_2 \rho_1 (t_{\text{пл2}} - t)}.$$

Подставляя данные из таблицы

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{450 \cdot 8500 \cdot 0,028 \cdot (1100 - 20)}{920 \cdot 2700 \cdot 1,05 \cdot (660 - 20)} \approx 0,669 < 1$$

$$\tau_1 < \tau_2$$

Таким образом, нихромовой проволоке потребуется меньше времени. Ответ на первый вопрос: при последовательном соединении первой перегорит нихромовая проволока.

2. При параллельном соединении на проволоках будет одинаковое напряжение. В таком случае для количества теплоты, выделяемого при протекании тока, удобнее использовать формулу

$$Q = \frac{U^2}{R} \tau. \quad (8)$$

Подставляя в нее (6) и приравняв к (4), получаем

$$cDsl(t_{\text{пл}} - t) = \frac{U^2 S}{\rho l} \tau, \quad \tau = \frac{cD(t_{\text{пл}} - t)l^2 \rho}{U^2}.$$

$$\text{Для нихромовой проволоки } \tau_1 = \frac{c_1 D_1 (t_{\text{пл1}} - t) l^2 \rho_1}{U^2},$$

$$\text{для алюминиевой } \tau_2 = \frac{c_2 D_2 (t_{\text{пл2}} - t) l^2 \rho_2}{U^2}.$$

$$\text{Отношение } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{c_1 D_1 \rho_1 (t_{\text{пл1}} - t)}{c_2 D_2 \rho_2 (t_{\text{пл2}} - t)}.$$

Подставляя данные из таблицы

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{450 \cdot 8500 \cdot 1,05 \cdot (1100 - 20)}{920 \cdot 2700 \cdot 0,028 \cdot (660 - 20)} \approx 97,4$$

$$\tau_1 > \tau_2$$

Следовательно, при параллельном соединении первой перегорит алюминиевая проволока.

Ответ: изменится.

Критерии оценивания. Максимальная оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (при последовательном соединении) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности, геометрию проводника (в данном случае – выражение для количества теплоты при нагревании (1), связь массы, плотности и объема (2), объема с длиной и площадью сечения (3), закон Джоуля-Ленца (4), выражение для сопротивления (5) или эквивалентные им) записаны или учтены верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ, он правильно интерпретирован (сделан вывод, что первым перегорит нихромовая проволока) – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях, при правильном общем выводе – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или вычислениях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены, из-за чего вывод неверный или его нет – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- дан только ответ (верный или неверный) без обоснований и расчетов – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части** задачи (при параллельном соединении) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. Шкала аналогична шкале в первой части с учетом соотношения (8) и вывода, что первой перегорит алюминиевая проволока.

5. «Линза и зеркало» Предмет поместили на расстоянии $d = 30$ см от собирающей линзы и получили за линзой увеличенное в $k = 2$ раза изображение. После этого в фокальной плоскости за линзой установили плоское зеркало. 1. Найдите расстояние от предмета до зеркала. 2. С какой стороны и на каком расстоянии от линзы будет находиться новое изображение предмета после установки зеркала?

Возможное решение

1. Для решения первой части задачи (без зеркала), используем формулы тонкой линзы и увеличения: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, $(1) k = \frac{f}{d}$. (2)

$$\text{Отсюда } \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2d} F = \frac{2d}{3} F = \frac{2 \cdot 30}{3} = 20 \text{ (см)}.$$

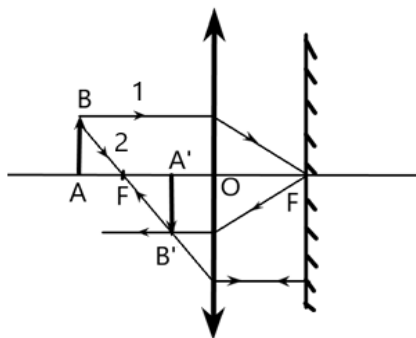
$$\text{Расстояние от предмета до зеркала } L = d + F, \quad (3)$$

$$L = 30 + 20 = 50 \text{ (см)}.$$

2. После того, как в фокальной плоскости будет установлено зеркало, изображение будет располагаться перед линзой (рисунок). Для построения использованы:

- луч 1, параллельный главной оптической оси (после преломления в линзе идет через фокус, отражается от зеркала, при этом угол падения равен углу отражения; отраженный луч выходит из линзы параллельно главной оптической оси);
- луч 2, идущий через передний фокус (после линзы идет параллельно главной оптической оси, падает на зеркало перпендикулярно, отражается и идет обратно параллельно главной оптической оси; после выхода из линзы, идет через передний фокус).

На пересечении этих лучей, получаем изображение верхней точки предмета B – точку B' . Изображение точки A , точка A' , лежит на пересечении главной оптической оси с перпендикуляром, опущенном из B' .



Расстояние до нового изображения можно получить из геометрических соображений. Так как луч 1 после отражения от зеркала и второго преломления в линзе идет параллельно главной оси на том же расстоянии, что и до первого преломления, $|AB| = |A'B'|$. Углы BFA и $B'FA'$ равны (вертикальные), прямоугольные треугольники ABF и $A'B'F$ равны. Из равенства треугольников

$$|A'F|=|AF|=d - F \quad (4)$$

$$|A'F|=30-20=10 \text{ (см)}.$$

$$\text{Расстояние от линзы до точки } A'f_2 = |OA'| = F - |A'F| = 10 \text{ (см)}. \quad (5)$$

На этом расстоянии перед линзой и будет располагаться изображение.

Возможно также найти расстояние с использованием формулы тонкой линзы. Первое изображение в линзе (без зеркала) рассматриваем как предмет для зеркала. Расстояние от него до зеркала $f - F = kd - F = 60 - 20 = 40 \text{ см}.$ (6)

Плоское зеркало даёт мнимое изображение, симметричное предмету относительно его плоскости. Значит, мнимое изображение от зеркала будет на расстоянии 40 см левее задней фокальной плоскости, на расстоянии 20 см от линзы, в переднем фокусе. Так как оно мнимое, в формуле тонкой линзы его используем с отрицательным знаком $d_2 = -F$:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F} + \frac{1}{f_2}, \quad (7)$$

$$\frac{2}{F} = \frac{1}{f_2}, \quad f_2 = \frac{F}{2} = 10 \text{ (см)}.$$

Критерии оценивания Максимальная оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи.

1. За решение **первой части** задачи (определение фокусного расстояния линзы) **максимальная оценка составляет 5 баллов.** При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – формулы тонкой линзы (1), увеличения (2), искомого расстояния (3)) или эквивалентные им соотношения, полученные из геометрии с учетом правил построения изображений в линзах) записаны или учтены верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу, или преобразования не завершены – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части** задачи (определение положения изображения предмета в оптической системе «линза-зеркало») **максимальная оценка составляет 5 баллов.** При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: построением верно определено и показано положение изображения в системе «линза-зеркало», из рисунка или описания явно виден ход построения; соотношения для расстояний, полученные с учетом правил построения изображений в линзах и отражения от зеркала (4–5 или 6–7 или эквивалентные им) учтены верно, произведены необходимые вычисления, получен верный числовой ответ – **5 баллов**;
- положение изображения предмета в системе «линза-зеркало» определено и показано верно, соотношения для расстояний учтены верно, но ход построения необоснован – **4 балла**;
- положения изображений источника в линзе и в зеркале определены и показаны верно, но в соотношениях для расстояний имеются ошибки – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, имеются попытки решения, содержащие верные шаги, но они не доведены до конца – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.