Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21203281**

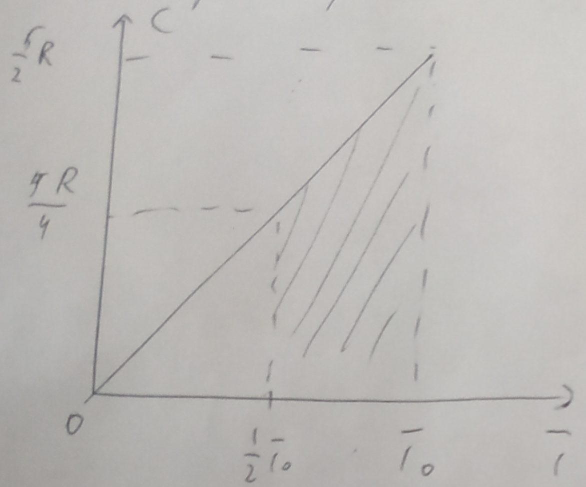
ID профиля: **125507**

Вариант 2

Чистовик 1

2 Задача

2) Рассмотрим график зависимости $C(T)$



Площадь под графиком умноженная на количество вещества ν моль и будет ~~количеством теплоты~~ подведенной теплоты

$C(\frac{T_0}{2}) = \frac{5}{4}R$

1) $Q_1 = \nu \cdot \frac{1}{2}\left(\frac{5}{4}R + \frac{5}{2}R\right)\cdot\left(T_0 - \frac{1}{2}T_0\right)$

$Q_1 = \frac{15}{16}\nu R T_0$

1) Ответ $\frac{15}{16}\nu R T_0$

2) Из первого начала термодинамики

$Q = \Delta U + A$. Пусть газ охладился до температуры T, тогда

$A = Q - \Delta U$

$A = -\nu\frac{1}{2}(C(T_0) + C(T))\cdot(T_0 - T) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$ (1)

$C(T_0) = \frac{5}{2}R$

$C(T) = \frac{5}{2}R\frac{T}{T_0}$

Продифференцируем $Q - \Delta U$ и приравняем полученное выражение к нулю, чтобы узнать его ~~максимум~~ при каком значении достигается минимум

$$\left(-\frac{\nu}{2}\left(\frac{5}{2}R + \frac{5}{2}R\frac{T}{T_0}\right)(T_0 - T) - \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)\right)' = 0$$

Продолжение на листе 2

Чистовик (2)

Задача 2 Продолжение

$$\left(-\frac{\nu}{2}\left(\frac{5}{2}RT_0-\frac{5}{2}RT+\frac{5}{2}RT-\frac{5}{2}RT^2\cdot\frac{1}{T_0}\right)-\frac{3}{2}\nu RT+\frac{3}{2}\nu RT_0\right)'=0$$

$$-\frac{\nu}{2}\left(-5RT\cdot\frac{1}{T_0}\right)-\frac{3}{2}\nu R\frac{T}{T}=0$$

$$\frac{5T}{2T_0}-\frac{3}{2}=0$$

$$T=\frac{3}{2}\cdot\frac{2T_0}{5}$$

$$T=\frac{3}{5}T_0$$

2) Ответ до $\frac{3}{5}T_0$

Из формулы 1 найдем ~~кото~~ работу при $T=\frac{3}{5}T_0$

$$A=-\frac{\nu}{2}\left(\frac{5}{2}R+\frac{3}{2}R\right)\cdot\frac{2T_0}{5}-\frac{3}{2}\nu R\cdot\left(-\frac{2}{5}T_0\right)$$

$$A=\frac{3}{5}\nu RT_0-\frac{\nu}{2}\cdot\frac{8}{2}R\cdot\frac{2T_0}{5}$$

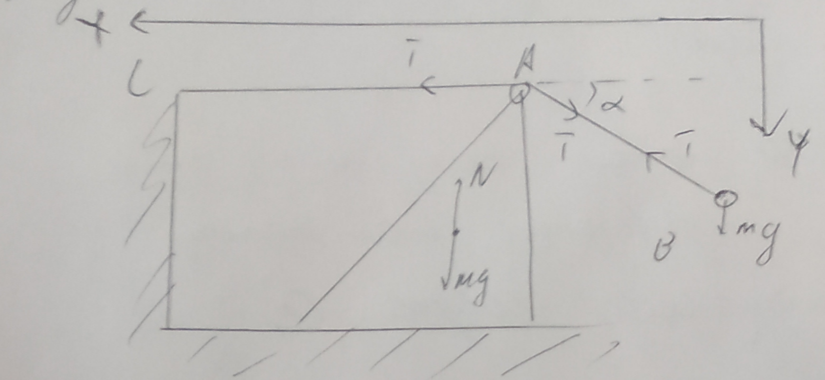
$$A=0{,}6\nu RT_0-0{,}8\nu RT_0$$

$$A=-0{,}2\nu RT_0$$

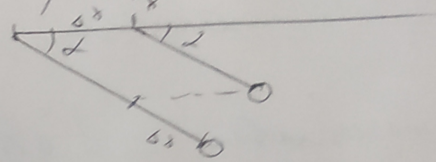
Ответ 1) $\frac{15}{16}\nu RT_0$ 2) $\frac{3}{5}T_0$ 3) $-0{,}2\nu RT_0$

Чинович

Задача 1



1) Рассмотрим участок AB при уменьшении AC на Δx, где Δx – длина пути, который пройдет клин



Очевидно, т.к. нить нерастяжима, то участок AB удлинится на Δx. Пусть в начальный момент времени координата точки A – x, тогда в конечный $x+\Delta x$. Пусть начальная длина участка AB – l, тогда в конце $l+\Delta x$. Значит изменение координаты шара по оси Ox: $\Delta x_ш = x+\Delta x-(l+\Delta x)\cdot\cos\alpha-(x-l\cdot\cos\alpha) = \Delta x(1-\cos\alpha)$. Если дважды продифференцировать полученное изменение то выйдет зависимость ускорения по оси Ox шара от ускорения клина $a_{шx} = a_0(1-\cos\alpha)$, где a_0 – ускорение клина. Изменение координаты по оси Oy $\Delta y_ш = (l+\Delta x)\cdot\sin\alpha - l\cdot\sin\alpha = \Delta x\cdot\sin\alpha$

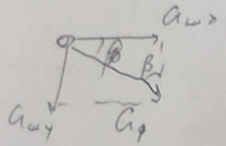
Значит ускорение шара по оси Oy составит

$a_{шy} = a_0\sin\alpha$

Продолжение на листе 4

Задание 1

Продолжение. Рассмотрим ~~ускорение, действ на~~ проекции ускорения шара



Отсюда мы можем получить, что ~~угол~~ в β, показывающий угол между полным ускорением шара a, и вертикалью: $tg\beta = \frac{a_{шx}}{a_{шy}}$

$$tg\beta = \frac{a_0(1-\cos\alpha)}{a_0 \sin\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

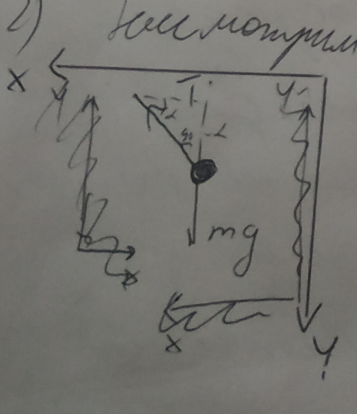
2) $\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} =$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$tg\beta = \frac{1-\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{1}{3}$$

Ответ 1) $\frac{1}{3}$

2) Рассмотрим шарик и запишем 2 закон Ньютона в проекции на x и y.



$$\begin{cases} Oy: -T\cdot\cos(90-\alpha) + mg = m a_{шy} \\ Ox: +T\sin(90-\alpha) = +m a_{шx} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T\cdot\sin\alpha = m(g + a_{шy}) \quad (1) \\ T\cdot\cos\alpha = m a_{шx} \quad (2) \end{cases}$$

(1):(2) $\frac{g + a_{шy}}{a_{шx}} = tg\alpha \rightarrow$ ~~$g + a_0(1-\cos\alpha) = a_0$~~

$$g + a_0 \sin\alpha = tg\alpha \cdot a_0(1-\cos\alpha)$$

$$a_0 = \frac{g}{(1-\cos\alpha)tg\alpha + \sin\alpha}$$

Продолжение на листе 6

Чистовик

(5)

Задание 1

Продолжение

$$a_0 = \frac{10\ м/с^2}{(1-\frac{4}{5})\cdot\frac{3}{4} + \frac{3}{5}}$$

$$a_0 = \frac{10\ м/с^2}{\frac{3}{20} + \frac{12}{20}} = \frac{200}{15} = 13{,}33\ м/с^2$$

1) Ответ $13{,}33\ м/с^2$

2) 3) Для клина 2З Н в проекции на Ox:

$T - T\cdot\cos\alpha = M a_0$ (3)

Вспомним, что

$T\cdot\sin\alpha = m a_{цс}$ (4)

(3) : (4)

$$\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{M}{m}\cdot\frac{a_0}{a_{цс}}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\cdot\frac{a_0\cdot(1-\cos\alpha)}{a_0}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{(1-\cos\alpha)^2}{\sin\alpha}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\sin\alpha}{(1-\cos\alpha)^2}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\frac{3}{5}}{(\frac{1}{5})^2} = 15$$

3) Ответ 15

Продолжение на листе (6)

Задача 1

Продолжение

~~Запишем ЗСЭ для системы "клин + нить + шар" от начального момента до падения шара~~

~~$mgH - (\frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}) = 0$ где u и v - скорости шара и клина соотв.~~

$\cancel{\frac{m}{M} gH = \frac{u^2}{2} + \frac{v^2}{2}}$

~~Рассмотрим шар.~~

~~В проекции на ось x~~

$\cancel{T \cdot \cos\alpha = m a_1 \cdot \cos(90 - \beta)}$

На объекты действуют постоянные силы, значит ускорения у них тоже постоянные.
Значит по оси O_y: $H = \frac{a_{0y} t^2}{2}$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a_{0y}}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \cdot \sin\alpha}}$$

$$t = \sqrt{\frac{10H}{3a_0}}$$

, a_0 - известно, H - известно

Ответ: 1) $tg\beta = \frac{1}{3}$ 2) 13,33 м/с^2 3) 15 4) $t = \sqrt{\frac{10H}{3a_0}}$

Часть 2

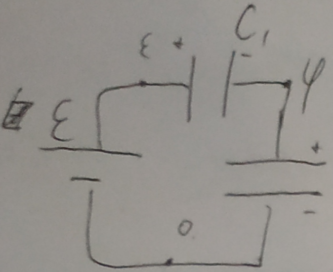
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203281**

ID профиля: **125507**

Вариант 2

Задание 3



начальный момент времени

метод потенциалов

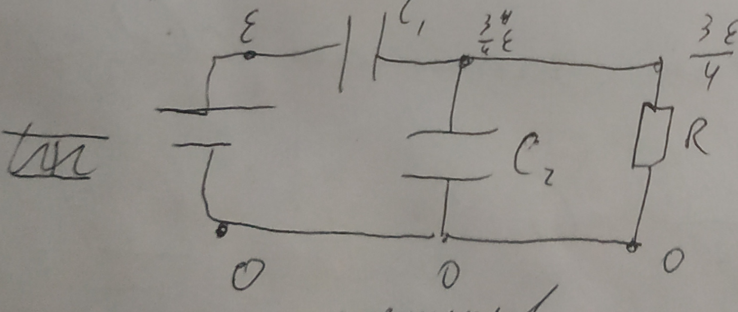
Предположим конденсаторы ~~заряжены как на рисунке~~ заряжены как на рисунке, тогда т.к. до включения в цепь они были не заряжены, то по закону сохранения заряда.

$$-(\varepsilon-\varphi)\cdot C_1 + (\varphi-0)\cdot C_2 = 0$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon C_1}{C_1+C_2} \quad ; C_1 = 3C \ , C_2 = C$$

$$\varphi = \frac{3}{4}\varepsilon$$

Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторах не меняется скачком, поэтому



метод потенциалов

Ток через резистор

$$I_R = \frac{\frac{3\varepsilon}{4}}{R}$$

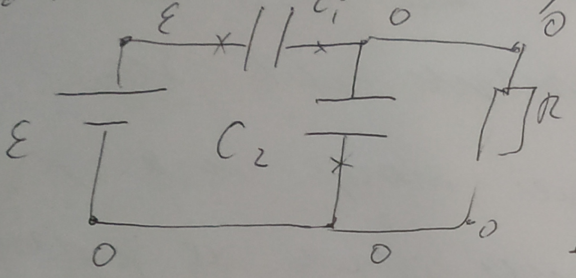
$$I_R = \frac{3\varepsilon}{4R}$$

1) Ответ $\frac{3\varepsilon}{4R}$

Задание 3

Продолжение

В установившемся состоянии ток через ~~резистор~~ конденсаторы не течет. Значит



Уст. состояние

Метод потенциалов

Через резистор ток также не течет, значит напряжение на нем 0.

Значит рассмотрим левую обкладку конденсатора 1. В начале заряд на ней

$q_н = (\mathcal{E} - \frac{3}{4}\mathcal{E})C_1 = \frac{\mathcal{E} C_1}{4}$

В уст. состоянии:

$q_у = C_1\mathcal{E}$

Заряд притек, значит запишем ЗСЭ для цепи

$$\mathcal{E}(q_у - q_н) = \cancel{\frac{C_1 \cdot (\frac{\mathcal{E}}{4})^2}{2}}\ C_2 \cdot \frac{0^2}{2} + \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} - \left(\frac{C_1(\frac{\mathcal{E}}{4})^2}{2} + \frac{C_2(\frac{3}{4}\mathcal{E})^2}{2}\right) + Q$$

$$\mathcal{E} \cdot \frac{3}{4}\mathcal{E} C_1 = \frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{2} - \frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{32} - \frac{9C\mathcal{E}^2}{32} + Q$$

$$\frac{3}{4}\cdot\mathcal{E}^2\cdot 3C = \frac{36}{32}C\mathcal{E}^2 + Q$$

Задание 3.

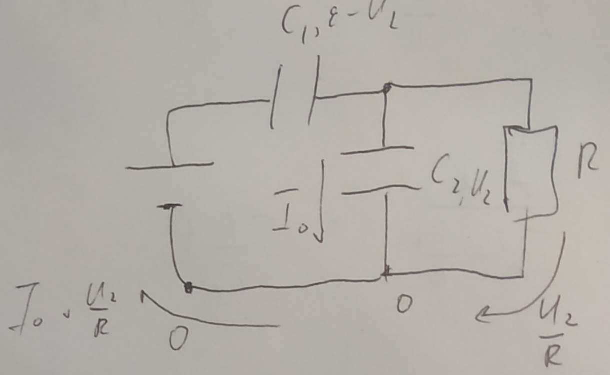
Продолжение

$$Q = \frac{9\varepsilon^2 C}{4} - \frac{36}{32} C\varepsilon^2$$

$$Q = \frac{36}{32} C\varepsilon^2$$

$$Q = \frac{9}{8} C\varepsilon^2$$

2) Ответ $\frac{9}{8} C\varepsilon^2$



3) На конденсаторе 2:

$$C_2 U_2' = I_0$$

$$C_2 \frac{\Delta U_2}{\Delta t} = I_0$$

$\Delta U_2 = \frac{I_0}{C_2} \cdot \Delta t$ | Просуммируем по времени от 0 до τ, когда напряжение на конденсаторе 2 будет U_2.

$$\left(U_2 - \frac{3\varepsilon}{4}\right) = \frac{I_0}{C_2} \cdot \tau \quad (5)$$

Сумма напряжений на конденсаторе 1 и 2 будет равна ε (следует из метода потенциалов)

Значит на конденсаторе 1:

$C_1 \cdot (\varepsilon - U_2)' = I_0 + \frac{U_2}{R}$, где $\frac{U_2}{R}$ – ток через резистор, по закону сохранения токов, ток через C_1: $I_0 + \frac{U_2}{R}$

Чистовик (10)

$$\frac{C_1\Delta(\mathcal{E}-U_2)}{\Delta t} = I_0 + \frac{U_2}{R}$$ ~~Просуммируем от~~

$$C_1\Delta(\mathcal{E}-U_2) = \left(I_0 + \frac{U_2}{R}\right)\cdot\Delta t$$ | Просуммируем от 0 до τ

$$C_1\left(\mathcal{E}-U_2-\frac{\mathcal{E}}{4}\right) = \left(I_0+\frac{U_2}{R}\right)\cdot\tau \quad (6)$$

(5) : (6)

$$\frac{\frac{I_0}{C_2}}{I_0+\frac{U_2}{R}} = \frac{U_2-\frac{3}{4}\mathcal{E}}{C_1\left(\frac{3}{4}\mathcal{E}-U_2\right)}$$

$$\frac{I_0}{I_0+\frac{U_2}{R}} = \frac{-C_2}{C_1}$$

$$C_1 I_0 = -C_2 I_0 - \frac{C_2 U_2}{R}$$

$$-\frac{I_0(C_1+C_2)\cdot R}{C_2} = U_2$$

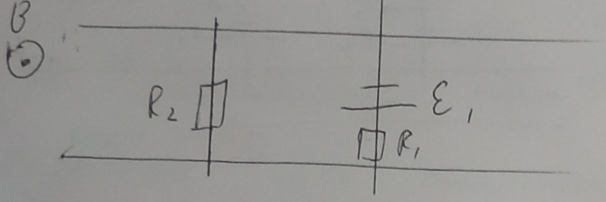
Значит ток на резисторе течет не так как показано на рисунке а в другую сторону, но численно ответ верен.

Ответ 1) $\frac{3\mathcal{E}}{4R}$ 2) $\frac{9C\mathcal{E}^2}{8}$ 3) $\frac{I_0(C_1+C_2)R}{C_2}$

Чистовик

11

Задача 4



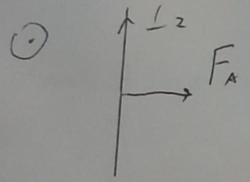
начальный момент времени

$\varepsilon_1 = v_0 B L$

Ток на в R_2 равен: $I_2 = \frac{\varepsilon_1}{R_1 + R_2}$

~~На перемычку 2 по 2ЗН действует~~

Запишем 2 З.Н. для перемычки 2.



$$F_A = \frac{m}{2} a$$

$$a = \frac{F_A \cdot 2}{m}$$

$$F_A = B I_2 L$$

$$a = \frac{B I_2 L \cdot 2}{m} = \frac{B \varepsilon_1 L \cdot 2}{(R_1 + R_2) \cdot m} = \frac{2 v_0 B^2 L^2}{5 R m}$$

1) Ответ $\frac{2 v_0 B^2 L^2}{5 R m}$

2) Через большой промежуток времени наступит уст. режим. ~~Запишем~~ Рассмотрим 2 ЗН для 2 ~~Напо~~ перемычки в произвольный момент времени:

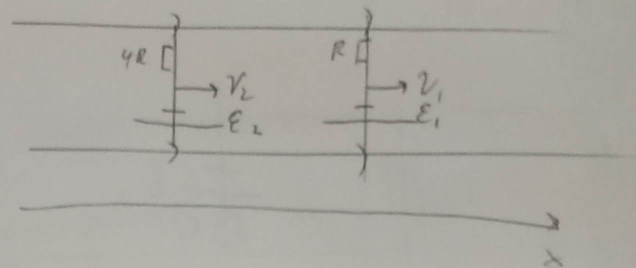
$\cancel{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}$ $BIL = \frac{m}{2} a_2$

Где $I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{5R}$, где $\varepsilon_1 = v_1 B L$, $\varepsilon_2 = v_2 B L$, v_1 и v_2 — скорости 1 и 2 перемычки, а ε_1 и ε_2 — напряжения на

Чистовик (12)

Зад

Продолжение



3) $$\frac{B^2L^2(v_1-v_2)}{5R} = a_2 \cdot \frac{m}{2}$$

В 2 Закон Ньютона для перемычки 1.

$$-\frac{B^2L^2(v_1-v_2)}{5R} = ma_1$$ (аналогично 1 палочке, ток в контуре один и тот же).

Из этого следует, что, заметим, что

$$\frac{m}{2}a_2 = -ma_1$$

$$\frac{a_2}{2} = -a_1$$

$$\frac{\Delta v_2}{2} = -\Delta v_1$$

Поскольку режим установившийся, то ускорения обеих перемычек 0 значит их скорости равны (из 2 ЗН) Пусть они равны v_k. Тогда:

$$\frac{v_k - 0}{2} = -(v_k - v_0)$$

$$\frac{3v_k}{2} = v_0$$

$$v_k = \frac{2}{3}v_0$$

7) Ответ $\frac{2}{3}v_0$

Задача 4 Продолжение

3) Рассмотрим палочку 2 относительно 1.
Тогда $a_1 - a_2$ - относительное ускорение, а $v_1 - v_2$ - относительная скорость

Найдём $a_1 - a_2$ из пункта 2!

$$a_1 - a_2 = -\frac{3}{m}\cdot\frac{B^2L^2(v_1 - v_2)}{5R}$$

$$\cancel{a_{отн} = a_1 - a_2 = -\frac{3}{m}\cdot\frac{B^2L^2}{5R}\cdot v_{отн}}$$

$$a_{отн} = -\frac{3}{m}\,\frac{B^2L^2}{5R}\cdot v_{отн}$$

$$\Delta v_{отн} = -\frac{3}{m}\cdot\frac{B^2L^2}{5R}\cdot\Delta x_{отн} \quad \left(a_{отн} = \frac{\Delta v_{отн}}{\Delta t},\ v_{отн} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\right)$$

Относительно первой вторая палочка стартует со скоростью $-v_0$, а после продолжительного времени будет покоиться. Проинтегрируем по времени от нуля до уст. сост.

$(0 - (-v_0)) = -\frac{3}{m}\frac{B^2L^2}{5R}\cdot S$, где S - смещение 2 палочки относительно 1.

$$S = \frac{v_0\cdot 5Rm}{3B^2L^2}$$

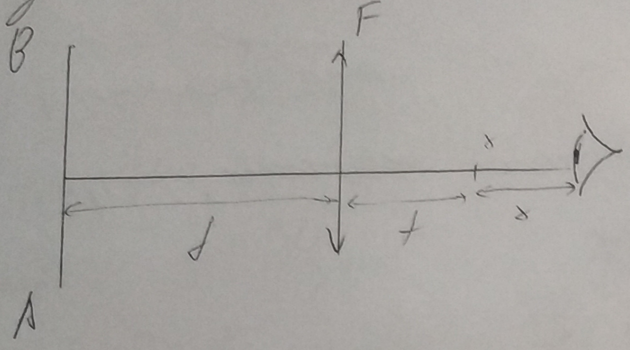
Ответ: 1) $\frac{2v_0B^2L^2}{5Rm}$ 2) $\frac{2}{3}v_0$ 3) $\frac{v_0\cdot 5Rm}{3B^2L^2}$

14

Чистовик

14

Задача 5



Изображение должно находиться на расстоянии $a = 24$ см, где a – аккомодация глаза. Тогда $x = a + f$, где f – расстояние от линзы до изображения.

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

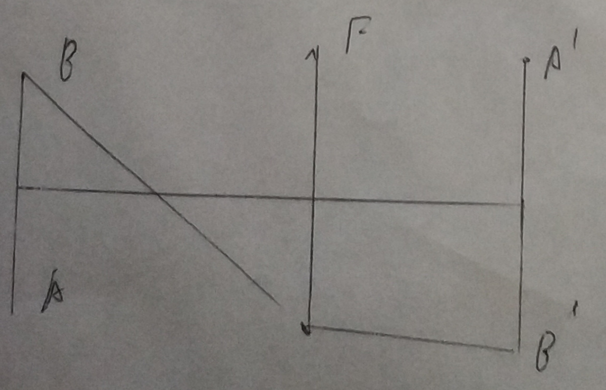
$$f = \frac{F \cdot d}{d - F}$$

$$x = a + \frac{F \cdot d}{d - F}$$

$$x = 24\,см + \frac{12\,см \cdot 48\,см}{48\,см - 12\,см}$$

$$x = 16\,см + 24\,см = 40\,см.$$

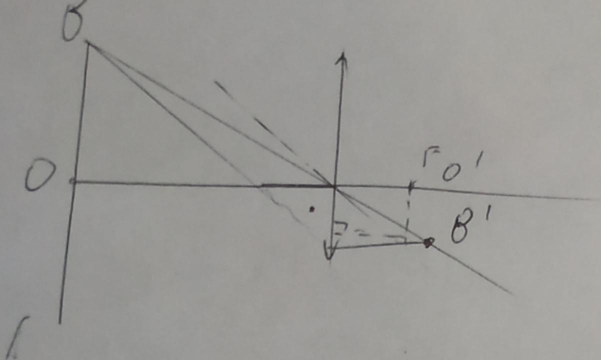
1) Ответ 40 см

2) 

Чтобы человек видел изображение целиком, через крайние точки изображения должны идти сходящиеся лучи

Чистовик (15)

Задача 5



Т.к. ГОО проходит через середину AB, в силу симметрии достаточно рассмотреть только B. Пусть r – радиус линзы, l' – размер O'B'. Известно, что $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{O'B'}{OB}$

$O'B' = \frac{f}{d} \cdot OB$

Луч будет сходящимся, если $\frac{F}{r - O'B'} > 0$

$r - O'B' > 0$

$r > O'B'$

$d > 2 O'B'$

$d > 2 \cdot \frac{f}{d} \cdot OB$

$d > 2 \cdot \frac{f}{d} \cdot OB$

$d > 2 \cdot \frac{16 см}{48 см} \cdot \frac{9}{2} см$

$d \geq 3$ см

Ответ 3 см