Решение задач республиканской олимпиады по физике-2024
9 класс

Задача 1 [10 баллов].

Часть 1.1. (3,0 балла)

1) Сила действующая $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta m \Delta\vec{v}}{\Delta t}$ $\lvert\Delta\vec{v}\rvert = 2v cos\alpha$ вектор направлен по биссектрисе внутрь угла Сила отдачи направлена по биссектрисе угла наружу $F = \frac{\Delta m}{\Delta t} * 2v cos\alpha$ $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho S v$ $F = 2\rho S v^2 cos\alpha$	[0,25 балла] [0,25 балла] [0,20 балла] [0,25 балла] [0,20 балла]
2) Аналогичная формула для малого отклонения жидкости на участке малой длины $\lvert\overrightarrow{\Delta F}\rvert = \rho S v \lvert\Delta\vec{v}\rvert$ $\lvert\Delta\vec{v}\rvert = v\Delta\alpha$ $f = \frac{\rho S v^2 \Delta\alpha}{\Delta l} = \frac{\rho S v^2}{R}$ где $R = \frac{\Delta l}{\Delta\alpha}$ - определение радиуса кривизны Очевидно, радиус минимален, соответственно сила максимальна в вершине параболы Найдём нормальное ускорение воды в вершине $\Delta y = \frac{(\Delta x)^2}{p} = \frac{v^2(\Delta t)^2}{p} = \frac{a_n(\Delta t)^2}{2}$ $a_n = \frac{2v^2}{p}$ $v\Delta\alpha = a_n\Delta t = \frac{2v^2}{p}\frac{\Delta l}{v}$ $\frac{\Delta\alpha}{\Delta l} = \frac{2}{p}$ $f = \frac{2\rho S v^2}{p}$	 [0,20 балла] [0,25 балла] [0,20 балла] [0,20 балла] [0,20 балла] [0,20 балла] [0,20 балла] [0,20 балла] [0,20 балла]
Итого	**3,0**

Часть 1.2. (3,5 балла)

1. Падения напряжения на левом от ϵ_1 контуре

$\epsilon_1 = I_3(R_5 + R_6)$	(1)
$U_5 = I_3 * R_5 = \frac{\epsilon_1 R_5}{R_5 + R_6}$	(2)
$U_5 = 21$ В	(3)

2. Падения напряжения на правом от ϵ_1 контуре

$\epsilon_1 = I_1(R_1 + R_2)$	(4)
$U_2 = I_1 * R_2 = \frac{\epsilon_1 R_2}{R_1 + R_2}$	(5)
$U_2 = 20$ В	(6)

Падения напряжения на левом от ϵ_2 контуре

$\epsilon_2 = I_2(R_3 + R_4)$	(7)
$U_4 = I_2 * R_4 = \frac{\epsilon_2 R_4}{R_3 + R_4}$	(8)
$U_4 = 10$ В	(9)

Второй закон Кирхгофа для вольтметра, провода, и резисторов R_2, R_4

$U_V - U_2 - U_4 + 0 = 0$	(10)
$U_V = U_4 + U_2 = 30$ В	(11)

№	**Содержание**	**Баллы**
1	Уравнение (1) $\epsilon_1 = I_3(R_5 + R_6)$	0.5
2	Уравнение (2) $U_5 = I_3 * R_5 = \frac{\epsilon_1 R_5}{R_5 + R_6}$	0.3
3	Уравнение (3)$U_5 = 21$ В	0.2
4	Уравнение (4) $\epsilon_1 = I_1(R_1 + R_2)$	0.5
5	Уравнение (5) $U_2 = I_1 * R_2 = \frac{\epsilon_1 R_2}{R_1 + R_2}$	0.2
6	Уравнение (6) $U_2 = 20$ В	0.2
7	Уравнение (7) $\epsilon_2 = I_2(R_3 + R_4)$	0.5
8	Уравнение (8) $U_4 = I_2 * R_4 = \frac{\epsilon_2 R_4}{R_3 + R_4}$	0.2
9	Уравнение (9) $U_4 = 10$ В	0.2
10	Уравнение (10) $U_V - U_2 - U_4 + 0 = 0$	0.4
11	Уравнение (11) $U_V = U_4 + U_2 = 30$ В	0.3
	Итого	**3,5**

Часть 1.3. (3,5 балла)

Запишем удлинение балок вследствие теплового расширения

$$L_i = L(1 + \alpha_i \Delta T) \tag{1}$$

Условия равновесия двух балок является равновесие их сил упругости

$$F_{упр1} = F_{упр2} \tag{2}$$

Используем формулу для силы упругости

$$F = ES\frac{\Delta L}{L} \tag{3}$$

$$E_1 \Delta L_1 = E_2 \Delta L_2 \tag{4}$$

Учитывая новую длину балок, записываем изменение длины каждого ΔL

$$\Delta L_1 = \alpha_1 L \Delta T - x \tag{5}$$

$$\Delta L_2 = \alpha_2 L \Delta T + x \tag{6}$$

Получаем условие равновесия

$$E_1(\alpha_1 L\Delta T - x) = E_2(\alpha_2 L\Delta T + x) \qquad (7)$$

Тогда, смещение будет рассчитано как

$$x = \frac{(\alpha_1 E_1 - \alpha_2 E_2)L\Delta T}{(E_1 + E_2)} \qquad (8)$$

Содержание	**Баллы**
Формула 1: $L_i = L(1 + \alpha_i \Delta T)$	0.75
Формула 2: $F_{упр1} = F_{упр2}$	0.5
Формула 3: $F = ES\frac{\Delta L}{L}$	0.5
Формула 4: $E_1\Delta L_1 = E_2\Delta L_2$	0.75
Формула 5: $\Delta L_1 = \alpha_1 L\Delta T - x$	0.25
Формула 6: $\Delta L_2 = \alpha_2 L\Delta T + x$	0.25
Формула 8: $x = \frac{(\alpha_1 E_1 - \alpha_2 E_2)L\Delta T}{(E_1 + E_2)}$	0.5
Итого	**3.5**

Задача 2 [10,0 баллов].

Часть 1

1.1) Предположим, что скорость движения шара А равна v_A, а скорость движения шара В равна v_B. Формулы составляющих сопротивления воздуха, испытываемого А и В, равны соответственно

$$F_{\text{cA}x} = -k(v_{\text{A}x} - u) \qquad F_{c\text{B}x} = -k(v_{\text{B}x} - u)$$

$$F_{c\text{A}y} = -kv_{\text{A}y} \qquad F_{c\text{B}y} = -kv_{\text{B}y}$$

С учетом силы тяжести формулы составляющих полной внешней силы на систему имеют вид:

$$\begin{aligned} F_x &= -k(v_{\text{A}x} - u) - k(v_{\text{B}x} - u) = -2kv'_x \\ F_y &= -2mg - kv_{\text{A}y} - kv_{\text{B}y} = -2mg - 2kv_y \end{aligned} \qquad (1)$$

где $v'_x = v_x - u$ – скорость центра масс С относительно ветра вдоль направления *x*;

$$F = \sqrt{F_x^{\ 2} + F_y^{\ 2}}$$

$$F = \sqrt{4k^2(v_x - u)^2 + 4(mg + kv_y)^2} \tag{2}$$

Скорости движения центра масс C вдоль направления x и направления y соответственно

$$v_x = \frac{v_{\mathrm{A}x} + v_{\mathrm{B}x}}{2} \tag{3}$$

и

$$v_y = \frac{v_{\mathrm{A}y} + v_{\mathrm{B}y}}{2} \tag{4}$$

1.2) Перемещение центра масс C в направлении y во время процесса движения вверх.

По закону движения центра масс имеем

$$F_y = -2mg - 2kv_y = 2m\frac{\Delta v_y}{\Delta t} \tag{5}$$

Упростив приведенное выше уравнение и найдя сумму, мы имеем

$$-mg\sum \Delta t - k\sum v_y \Delta t = m\sum \Delta v_y \tag{6}$$

Тогда максимальная высота подъема будет равна

$$-mg\tau_1 - ky_1 = m(0 - v_0) \tag{7}$$

$$y_1 = \frac{mv_0 - mg\tau_1}{k} \tag{8}$$

Часть 2

2.1) Предположим, что скорость центра масс C в направлении y после столкновения равна v_{y1}, а скорость маленького камня u_2. Поскольку импульс системы частиц в направлении y сохраняется, имеем

$$m_1 u_1 = 2mv_{y1} + m_1 u_2 \tag{9}$$

Скорость в направлении x не меняется до и после столкновения, принимается за v_x и исходя из закона сохранения механической энергии имеем

$$\frac{1}{2}m_1 u_1^2 + 2\frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}(2m)v_{y1}^2 + 2\frac{1}{2}mv_{c0}^2 + 2\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}m_1 u_2^2 \tag{10}$$

Используя закон сохранения момента импульса относительно центра масс получим

$$m_1 l u_1 = 2 m l v_{c0} + m_1 l u_2 \quad (11)$$

Из (9) и (11) уравнения выходит, что

$$v_{y1} = v_{c0} \quad (12)$$

Совместно решая систему уравнения (9) и (10), получим

$$v_{y1} = v_{c0} = \frac{m_1}{m + m_1} u_1 \quad (13)$$

2.2) Пусть $v_{\mathrm{A}y_1}$ и $v_{\mathrm{B}y_1}$ — компоненты скорости A и B вдоль направления y соответственно после столкновения, тогда

$$v_{y1} = \frac{v_{\mathrm{A}y_1} + v_{\mathrm{B}y_1}}{2} \quad (14)$$

Предположим, что составляющая скорости вращения шара A вокруг центра масс C в направлении у после столкновения равна v_{c0}, тогда составляющая скорости вращения шара B вокруг центра масс C в направлении у равна $-v_{c0}$. по отношению относительного движения $v_{\mathrm{A}y_1}$ равен сумме v_{c0} и скорости движения центра масс v_{y1}, $v_{\mathrm{B}y_1}$ равен сумме $-v_{c0}$ и v_{y1}, то есть имеем

$$v_{\mathrm{A}y_1} = v_{y1} + v_{c0}, \; v_{\mathrm{B}y_1} = v_{y1} - v_{c0} \quad (15)$$

$$v_{\mathrm{A}y_1} = 2\frac{m_1}{m + m_1} u_1 \quad (16)$$

$$v_{\mathrm{B}y_1} = 0 \quad (17)$$

$$u_2 = \frac{m_1 - m}{m + m_1} u_1 \quad (18)$$

Часть 3

3.1) После столкновения центр масс C снова совершает движение вверх вдоль направления оси Y со скоростью v_{y1}. Предположим, что высота, на которую поднимется центр масс C, когда он снова достигнет наивысшей точки, равна y_2, а время, необходимое для этого, равно τ_2. По аналогии с формулой (7) имеем

$$-mg\tau_2 - ky_2 = m(0 - v_{y1}) \quad (19)$$

После того, как центр масс снова достигнет высшей точки, движение центра масс C представляет собой горизонтально брошенное движение. Предположим, что время, затрачиваемое на этот процесс, равно τ_3, а сила, действующая на центр масс C в направлении Y, равна

$$F_y = -2mg - 2kv_y \tag{20}$$

По второму закону Ньютона имеем

$$-2mg - 2kv_y = 2m\frac{\Delta v_y}{\Delta t} \tag{21}$$

Упростив приведенное выше уравнение и найдя сумму, мы имеем

$$-mg\sum \Delta t - k\sum v_y \Delta t = m\sum \Delta v_y \tag{22}$$

$$\sum v_y \Delta t = -(y_1 + y_2) \tag{23}$$

$$-mg\tau_3 + k(y_1 + y_2) = m(-v_{ys} - 0) \tag{24}$$

Учитывая

$$t = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \tag{25}$$

Используя (8), (13), (19), (24) и (25) уравнения получим

$$v_{ys} = gT - v_0 - \frac{m_1}{m + m_1}u_1 \tag{26}$$

Скорость центра масс C относительно ветра вдоль направления x равна $v_x' = v_x - u$
,

В направлении x смещение центра масс C равно S. Предположим, конечная скорость равна v_{xs}. Согласно теореме о движении центра масс имеем

$$F_x = -2kv_x' = -2k(v_x - u) = 2m\frac{\Delta v_x}{\Delta t} \tag{27}$$

Упростив приведенное выше уравнение и найдя сумму, мы имеем

$$-\frac{k}{m}(\sum v_x \Delta t - u\sum \Delta t) = \sum \Delta v_x \tag{28}$$

В результате получим

$$v_{xs} = \frac{k}{m}(ut - s) \tag{29}$$

Тогда конечная скорость в точке S

$$v = \sqrt{v_{xs}{}^2 + v_{ys}{}^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{k^2}{m^2}(uT - s)^2 + \left(gt - v_0 - \frac{m_1}{m + m_1}u_1\right)^2} \quad (30)$$

3.2) Из условия задачи следует, что

$$\Delta\omega = -\frac{k}{m}\omega\Delta t \quad (31)$$

$$\omega\Delta t = \varphi$$
$$\varphi = 2\pi N \quad (32)$$

В итоге имеем

$$\omega - \omega_0 = -\frac{k}{m}2N\pi \quad (33)$$

$$v_{c0} = l\omega_0 \quad (34)$$

Используя (13) уравнение определяем начальную угловую скорость

$$\omega_0 = \frac{m_1}{m + m_1}\frac{u_1}{l} \quad (35)$$

$$\omega = \frac{m_1}{m + m_1}\frac{u_1}{l} - \frac{2kN\pi}{m} \quad (36)$$

3.3) Работу сопротивления воздуха во всем процессе можно записать так

$$A_{con} = \Delta E_k$$
$$A_{con} = (E_{ks} - (E_{km} + E_{k0})) \quad (37)$$

В системе центра масс скорости $\boldsymbol{v}_{\mathrm{Ac}}$ и $\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bc}}$ тел А и В, вращающихся вокруг центра масс, всегда равны по величине и противоположны по направлению, то есть $\boldsymbol{v}_{\mathrm{Ac}} = -\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bc}}$. Затем, когда точка С возвращается в положение S, кинетическая энергия системы равна

$$E_{ks} = \frac{1}{2}m(\boldsymbol{v}_s + \boldsymbol{v}_{\mathrm{Ac}})^2 + \frac{1}{2}m(\boldsymbol{v}_s + \boldsymbol{v}_{\mathrm{Bc}})^2 = 2\times\frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{2}mv_{\mathrm{Ac}}^2 + \frac{1}{2}mv_{\mathrm{Bc}}^2 \quad (38)$$

Скорости А и В в системе центра масс в этот момент соответственно

$$v_{\mathrm{Ac}} = \omega l$$
$$v_{\mathrm{Bc}} = \omega l \quad (39)$$

$$E_{ks} = \frac{1}{2}(2m)(v_{xs}^2 + v_{ys}^2) + \frac{1}{2}(2m)(\omega_s l)^2 \tag{40}$$

Кинетическая энергия системы после столкновения

$$E_{km} = \frac{1}{2} m v_{\mathrm{A}y_1}^2 = 2m\left(\frac{m_1}{m+m_1}u_1\right)^2 \tag{41}$$

Начальная кинетическая энергия системы

$$E_{k0} = \frac{2mv_0^2}{2} \tag{42}$$

$$A_{con} = m\left(gt - v_0 - \frac{m_1}{m+m_1}u_1\right)^2 + \frac{k^2}{m}(ut-s)^2 + m\left(\frac{m_1}{m+m_1}u_1 - \frac{2kN\pi l}{m}\right)^2 - mv_0^2 - 2m\left(\frac{m_1}{m+m_1}u_1\right)^2$$

	Содержание	Балл	
	Часть 1		**2**
1.1	$F_x = -k(v_{\text{A}x} - u) - k(v_{\text{B}x} - u) = -2kv'_x$ $F_y = -2mg - kv_{\text{A}y} - kv_{\text{B}y} = -2mg - 2kv_y$	0,25*2	**1**
	$v'_x = v_x - u$	0,25	
	$F = \sqrt{F_x{}^2 + F_y{}^2}$ $F = \sqrt{4k^2(v_x - u)^2 + 4(mg + kv_y)^2}$	0,25	
1.2	$F_y = -2mg - 2kv_y = 2m\dfrac{\Delta v_y}{\Delta t}$	0,4	**1**
	$-mg\sum \Delta t - k\sum v_y \Delta t = m\sum \Delta v_y$	0,4	
	$y_1 = \dfrac{mv_0 - mg\tau_1}{k}$	0,2	
	Часть 2		**2,5**
2.1	$m_1 u_1 = 2mv_{y1} + m_1 u_2$	0,25	**1,5**
	$\frac{1}{2}m_1 u_1^2 + 2\frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}(2m)v_{y1}^2 + 2\frac{1}{2}mv_{c0}^2 + 2\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}m_1 u_2^2$	0,5	
	$m_1 l u_1 = 2mlv_{c0} + m_1 l u_2$	0,25	
	$v_{y1} = v_{c0}$	0,25	
	$v_{y1} = v_{c0} = \dfrac{m_1}{m + m_1} u_1$	0,25	
2.2	$v_{y1} = \dfrac{v_{\text{A}y_1} + v_{\text{B}y_1}}{2}$	0,2	**1**
	$v_{\text{A}y_1} = \boldsymbol{v}_{y1} + \boldsymbol{v}_{c0}$, $v_{\text{B}y_1} = \boldsymbol{v}_{y1} - \boldsymbol{v}_{c0}$	0,1*2	
	$v_{\text{A}y_1} = 2\dfrac{m_1}{m + m_1} u_1$	0,2	
	$v_{\text{B}y_1} = 0$	0,2	
	$u_2 = \dfrac{m_1 - m}{m + m_1} u_1$	0,2	
	Часть 3		**5,5**
3.1	$-mg\tau_2 - ky_2 = m(0 - v_{y1})$	0,25	**2**
	$F_y = -2mg - 2kv_y$	0,25	
	$-mg\tau_3 + k(y_1 + y_2) = m(-v_{ys} - 0)$	0,25	
	$t = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$	0,25	
	$v_{ys} = gT - v_0 - \dfrac{m_1}{m + m_1} u_1$	0,25	
	$F_x = -2kv'_x = -2k(v_x - u) = 2m\dfrac{\Delta v_x}{\Delta t}$	0,25	

	$v_{xs} = \frac{k}{m}(ut - s)$	0,25	
	$v = \sqrt{v_{xs}{}^2 + v_{ys}{}^2}$ $v = \sqrt{\frac{k^2}{m^2}(uT - s)^2 + \left(gt - v_0 - \frac{m_1}{m + m_1}u_1\right)^2}$	0,125*2	
3.2	$\Delta\omega = -\frac{k}{m}\omega\Delta t$	0,25	**1,5**
	$\omega\Delta t = \varphi$ $\varphi = 2\pi N$	0,25	
	$\omega - \omega_0 = -\frac{k}{m}2N\pi$	0,25	
	$v_{c0} = l\omega_0$	0,25	
	$\omega_0 = \frac{m_1}{m + m_1}\frac{u_1}{l}$	0,25	
	$\omega = \frac{m_1}{m + m_1}\frac{u_1}{l} - \frac{2kN\pi}{m}$	0,25	
3.3	$A_{con} = \Delta E_k$ $A_{con} = (E_{ks} - (E_{km} + E_{k0}))$	0,1+0,4	**2**
	$E_{ks} = \frac{1}{2}m(v_s + v_{\text{Ac}})^2 + \frac{1}{2}m(v_s + v_{\text{Bc}})^2 = 2\times\frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{2}mv_{\text{Ac}}^2 + \frac{1}{2}mv_{\text{Bc}}^2$	0,3	
	$v_{\text{Ac}} = \omega l$ $v_{\text{Bc}} = \omega l$	0,15*2	
	$E_{ks} = \frac{1}{2}(2m)(v_{xs}^2 + v_{ys}^2) + \frac{1}{2}(2m)(\omega_s l)^2$	0,3	
	$E_{k0} = \frac{2mv_0^2}{2}$	0,3	
	$A_{con} = m\left(gt - v_0 - \frac{m_1}{m + m_1}u_1\right)^2 + \frac{k^2}{m}(ut - s)^2 +$ $+m\left(\frac{m_1}{m + m_1}u_1 - \frac{2kN\pi l}{m}\right)^2 - mv_0^2 - 2m\left(\frac{m_1}{m + m_1}u_1\right)^2$	0,3	
Всего		**10,0**	

Задача 3 [10,0 баллов].

1. Треугольники AOB и A_1OB_1 подобны. Значит

$$\frac{H}{h}=\frac{f}{d}$$	(1)

Треугольники OFC и A_1FB_1 подобны. Значит

$$\frac{H}{h}=\frac{f-F}{F}$$	(2)

Отсюда получаем

$$\frac{f}{d}=\frac{f-F}{F}$$	(3)

$$\frac{f}{d}=\frac{f}{F}-1$$	(4)

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$	(5)

2. С помощью формулы линзы из предыдущего пункта получаем

$$f=\frac{dF}{d-F}=15\ cm$$	(6)

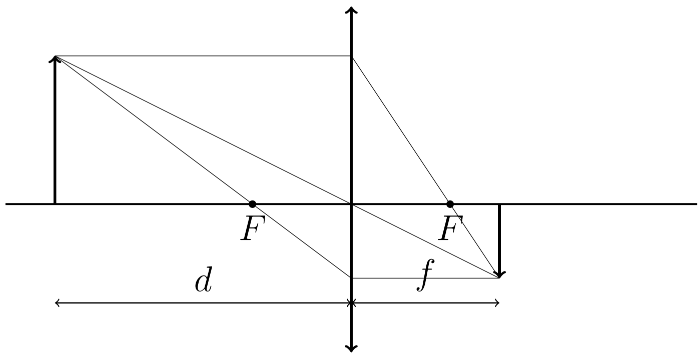


Рис-1

3. С помощью формулы линзы для первой линзы получаем изображение f_1 от первой линзы, а также высоту изображения

$$f_1=\frac{d_1F_1}{d_1-F_1}=6\ cm$$	(7)

$$H_1=k_1h=\frac{f_1}{d_1}h=4\ cm$$	(8)

где k_1 – увеличение первой линзы. От второй линзы оно находится на расстоянии

$$d_2=l-f_1=2\ cm$$	(9)

С помощью формулы линзы для второй линзы получаем изображение f_2 от второй линзы, а также высоту изображения

$$f_2=\frac{d_2F_2}{d_2-F_2}$$	(10)

$$f_2=F_2\,\frac{b(d_1-F_1)-F_1d_1}{(b-F_2)(d_1-F_1)-F_1d_1}=6\ cm$$	(11)

$H_2 = k_1 k_2 h$	(12)

$H_2 = \dfrac{F_1 F_2 h}{(l - F_2)(d_1 - F_1) - d_1 F_1} = 12\ cm$	(13)

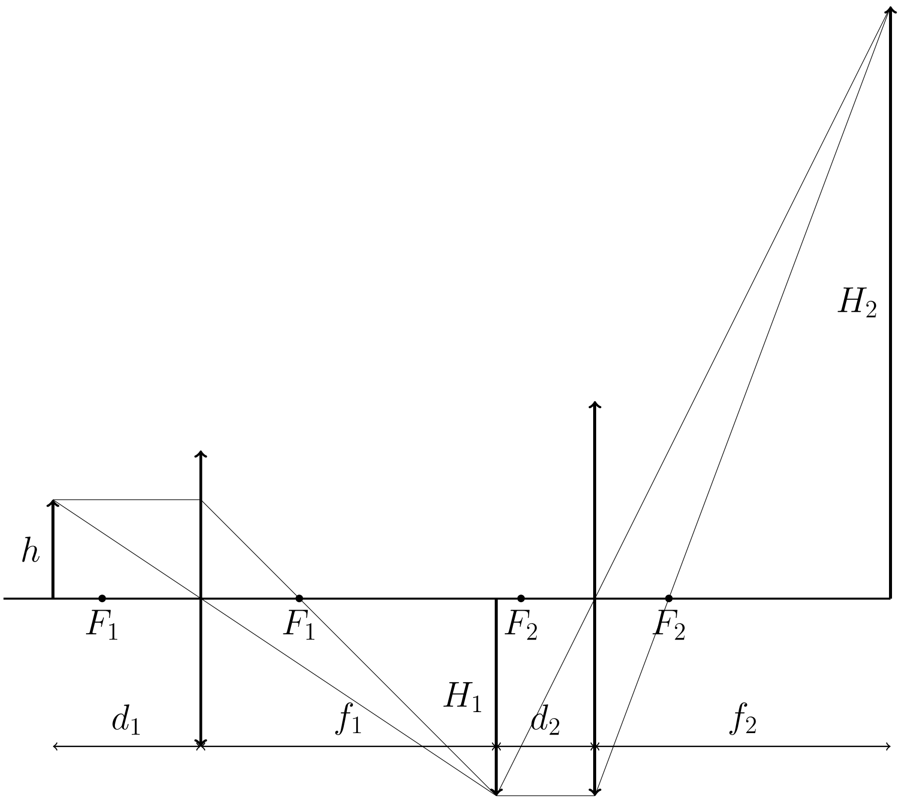


Рис-2

4. Чтобы получить параллельные лучи, изображение от первой линзы должно быть в фокальной плоскости второй линзы. Значит, если предмет стоит со стороны первой линзы, то его изображение должно оказаться на расстоянии d_2 от второго так что

$d_2 = F_2$	(14)

$d_2 = l - f_1 \rightarrow f_1 = l - d_2 = l - F_2$	(15)

$\dfrac{1}{d_1} + \dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{F_1} \rightarrow d = \dfrac{f_1 F_1}{f_1 - F_1} = \dfrac{(l - F_2) F_1}{l - F_2 - F_1} = 3$ см	(16)

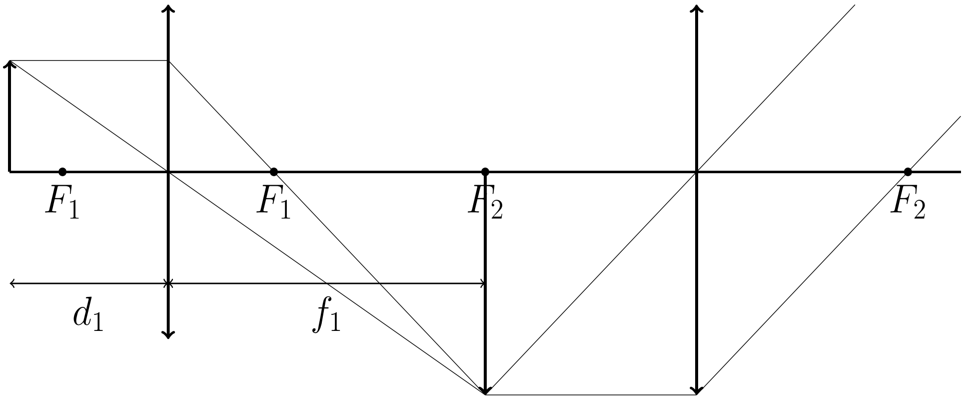


Рис-3

Если предмет стоит со стороны второй линзы, то его изображение должно оказаться на расстоянии d_2 от первого так что

$$d_2 = F_1 \tag{17}$$

$$d_2 = l - f_1 \to f_1 = l - d_2 = l - F_1 \tag{18}$$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \to d_1 = \frac{f_1 F_1}{f_1 - F_1} = \frac{(l - F_1)F_2}{l - F_2 - F_1} = 8\ см \tag{19}$$

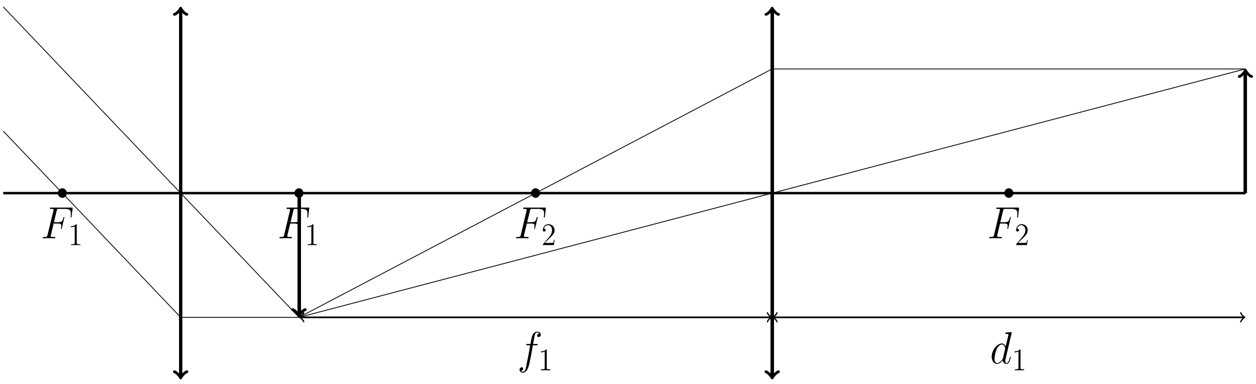


Рис-4

5. Формула линзы для объектива

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \to f_1 = \frac{dF_1}{d - F_1} \tag{20}$$

Увеличение объектива

$$k_1 = \frac{f_1}{d} = \frac{F_1}{d - F_1} \tag{21}$$

Если глаз не напряжен, то

$$d_2 = F_2 \tag{22}$$

Тогда, увеличение окуляра

$$k_2 = \frac{d_0}{d_2} = \frac{d_0}{F_2} \tag{23}$$

Увеличение микроскопа

$$k = k_1 k_2 = \frac{F_1}{d - F_1} \frac{d_0}{F_2} = 150 \tag{24}$$

Расстояние между объективом и окуляром

$$l_1 = f_1 + d_2 = \frac{dF_1}{d - F_1} + F_2 \approx 14.3\ см \tag{25}$$

Если изображение на расстоянии наилучшего зрения, то формула линзы для окуляра

$$\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_0} = \frac{1}{F_2} \to d_2 = \frac{d_0 F_2}{d_0 + F_2} \tag{26}$$

Тогда, увеличение окуляра

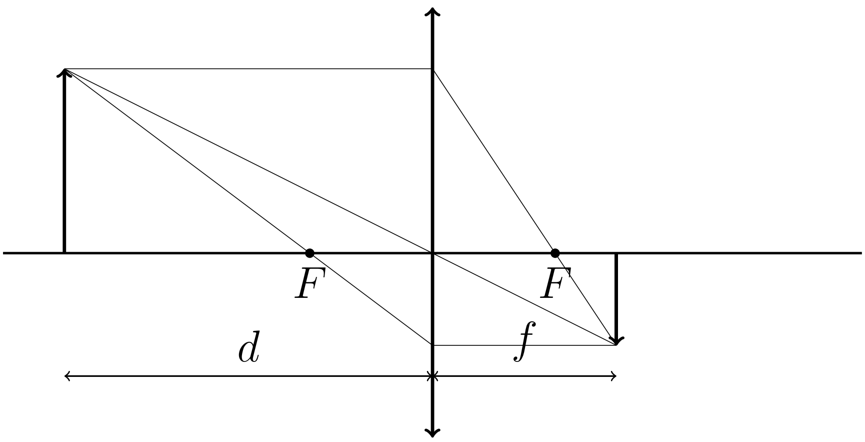
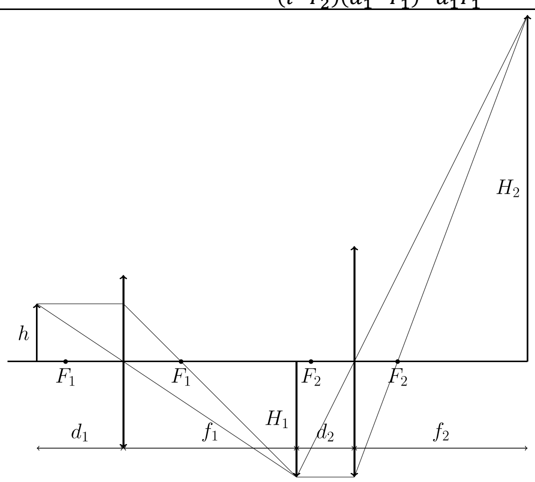
$$k_2 = \frac{d_0}{d_2} = \frac{d_0 + F_2}{F_2} \tag{27}$$

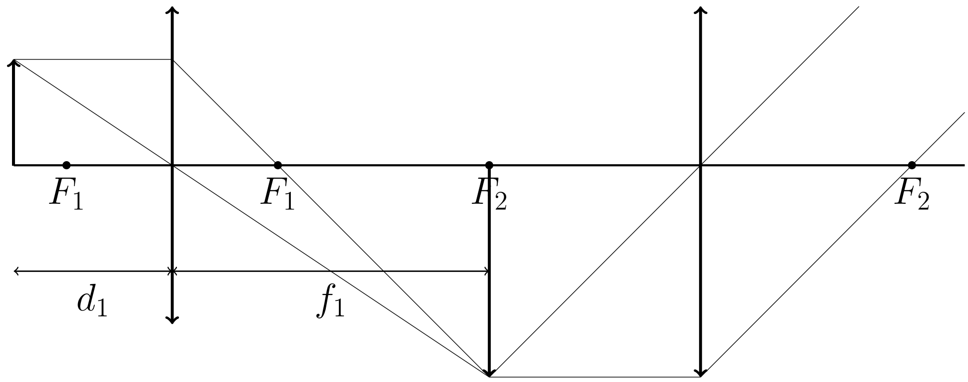
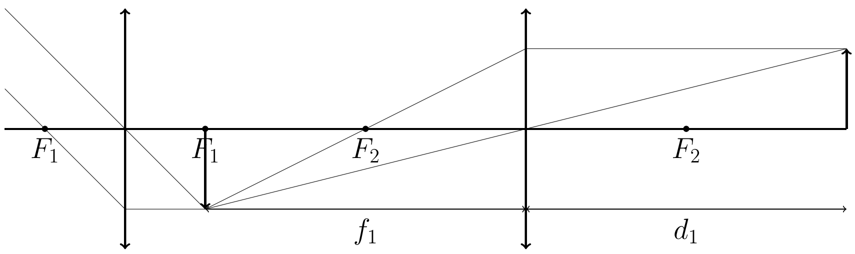
Увеличение микроскопа

$$k = k_1k_2 = \frac{F_1}{d-F_1}\frac{d_0+F_2}{F_2} = 180$$	(28)

Расстояние между объективом и окуляром

$$l_2 = f_1 + d_2 = \frac{dF_1}{d-F_1} + \frac{d_0F_2}{d_0+F_2} \approx 13.47\ см$$	(29)

	№	Содержание	Баллы	
1	1	Подобие треугольников, уравнение (1) $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	0.8	**2.0**
	2	Подобие треугольников, уравнение (2) $\frac{H}{h} = \frac{f-F}{F}$	0.8	
	3	Уравнение (5) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$	0.4	
2	4	Уравнение (6) $f = \frac{dF}{d-F} = 15\ cm$	0.3	**0.6**
	5	 Рис-1	0.3	
3	6	Уравнение (7) $f_1 = \frac{d_1F_1}{d_1-F_1} = 6\ cm$	0.2	**2.2**
	7	Уравнение (8) $H_1 = k_1h = \frac{f_1}{d_1}h = 4\ cm$	0.5	
	8	Уравнение (9) $d_2 = l - f_1 = 2\ cm$	0.2	
	9	Уравнение (10) $f_2 = \frac{d_2F_2}{d_2-F_2}$	0.1	
	10	Уравнение (11) $f_2 = F_2\frac{b(d_1-F_1)-F_1d_1}{(b-F_2)(d_1-F_1)-F_1d_1} = 6\ cm$	0.2	
	11	Уравнение (12) $H_2 = k_1k_2h$	0.3	
	12	Уравнение (13) $H_2 = \frac{F_1F_2h}{(l-F_2)(d_1-F_1)-d_1F_1} = 12\ cm$	0.2	
	13	 Рис-2	0.5	

4	14	Уравнение (14) $d_2=F_2$	0.5	**2.4**
	15	Уравнение (15) $d_2=l-f_1\to f_1=l-d_2=l-F_2$	0.1	
	16	Уравнение (16) $\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F_1}\to d=\frac{f_1F_1}{f_1-F_1}=\frac{(l-F_2)F_1}{l-F_2-F_1}=3$ см	0.3	
	17	 Рис-3	0.5	
	18	Уравнение (17) $d_2=F_1$	0.3	
	19	Уравнение (18) $d_2=l-f_1\to f_1=l-d_2=l-F_1$	0.1	
	20	Уравнение (19) $\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F_1}\to d_1=\frac{f_1F_1}{f_1-F_1}=\frac{(l-F_1)F_2}{l-F_2-F_1}=8$ см	0.3	
	21	 Рис-4	0.3	
5	22	Уравнение (20) $\frac{1}{d}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F_1}\to f_1=\frac{dF_1}{d-F_1}$	0.1	**2.8**
	23	Уравнение (21) $k_1=\frac{f_1}{d}=\frac{F_1}{d-F_1}$	0.1	
	24	Уравнение (22) $d_2=F_2$	0.2	
	25	Уравнение (23) $k_2=\frac{d_0}{d_2}=\frac{d_0}{F_2}$	0.3	
	26	Уравнение (24) $k=k_1k_2=\frac{F_1}{d-F_1}\frac{d_0}{F_2}=150$	0.4	
	27	Уравнение (25) $l_1=f_1+d_2=\frac{dF_1}{d-F_1}+F_2\approx 14.3$ см	0.4	
	28	Уравнение (26) $\frac{1}{d_2}-\frac{1}{d_0}=\frac{1}{F_2}\to d_2=\frac{d_0F_2}{d_0+F_2}$	0.2	
	29	Уравнение (27) $k_2=\frac{d_0}{d_2}=\frac{d_0+F_2}{F_2}$	0.3	
	30	Уравнение (28) $k=k_1k_2=\frac{F_1}{d-F_1}\frac{d_0+F_2}{F_2}=180$	0.4	
	31	Уравнение (29) $l_2=f_1+d_2=\frac{dF_1}{d-F_1}+\frac{d_0F_2}{d_0+F_2}\approx 13.47$ см	0.4	
		Итого		**10,0**