



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 мес

Вариант 10 КЛАСС

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

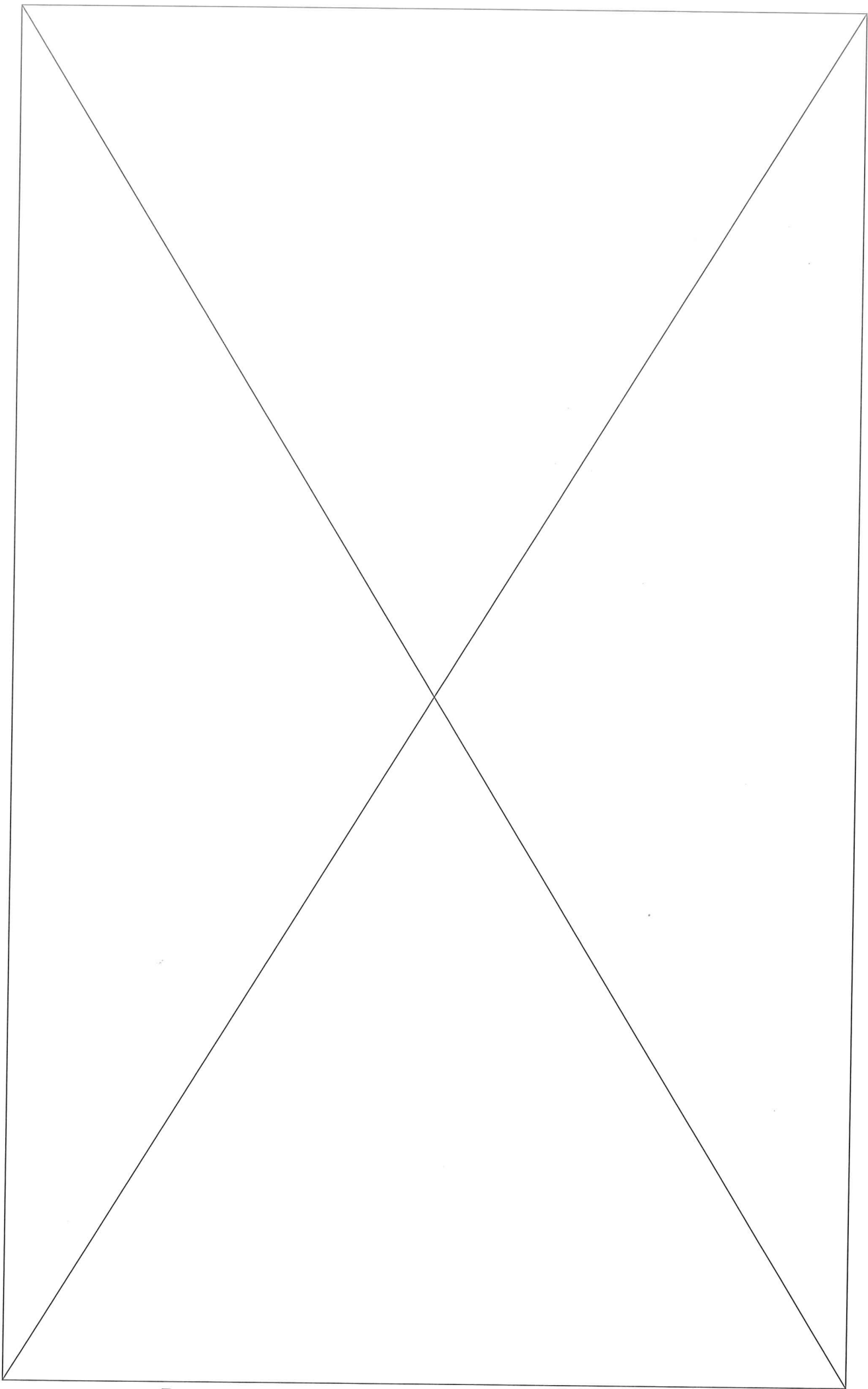
Плетнева Данила Максимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

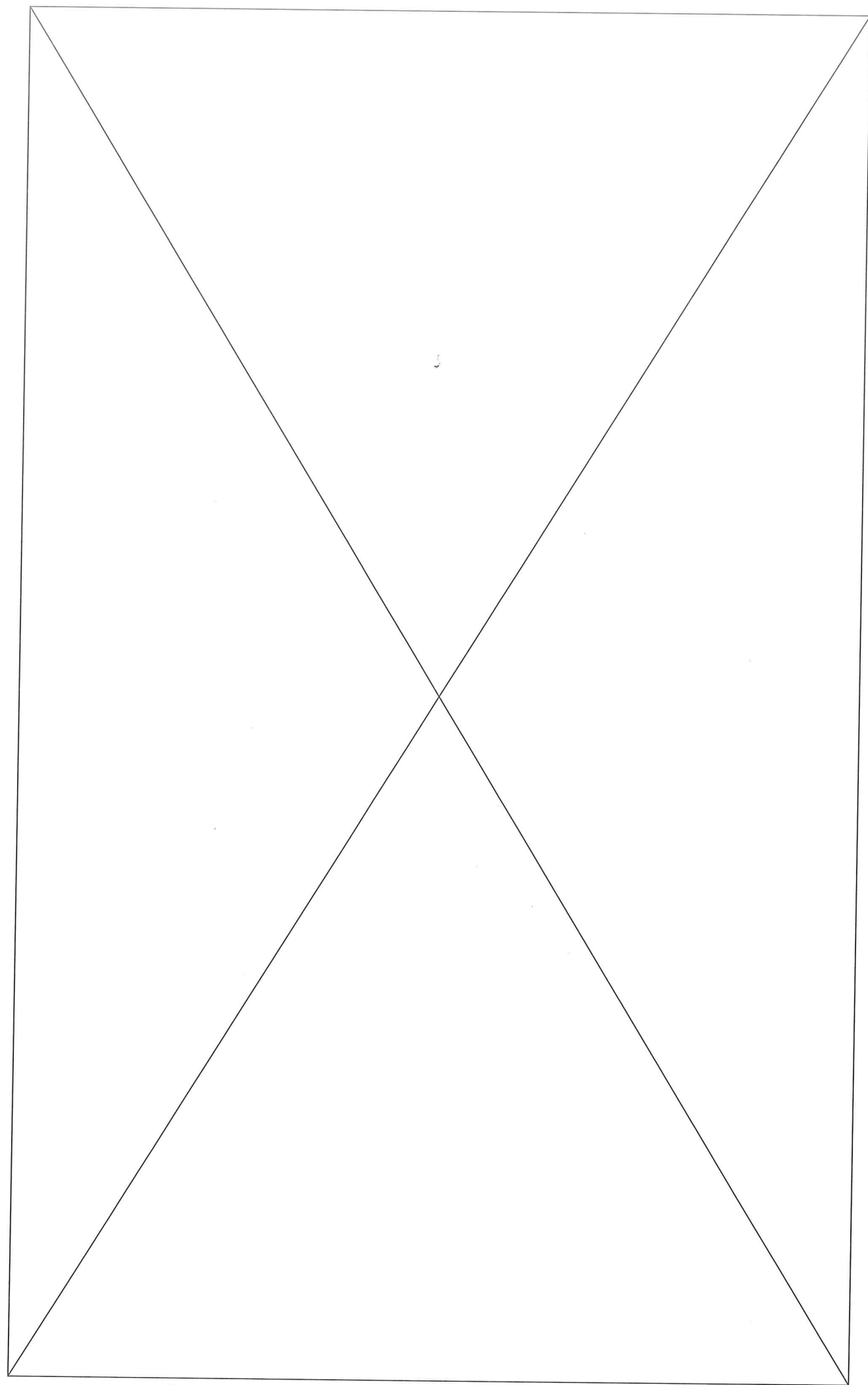
«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Плетнев



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

МЧ (Продолжение)

Чистовик

n.2 (Продолжение) \Rightarrow

$$\begin{cases} I_1 = \alpha \cdot \frac{m_1}{k_1 \cdot \tau} \\ I_2 = \alpha \cdot \frac{m_2}{k_2 \cdot \tau} \\ I_3 = \alpha \cdot \frac{m_3}{k_3 \cdot \tau} \end{cases} \quad (I)$$

m_2 - масса A_2 ,
взвешиваемы
на камере.

Подставим (I) \rightarrow (1):

$$\frac{\alpha m_1}{k_1 \tau} + \frac{\alpha m_2}{k_2 \tau} = \frac{\alpha m_3}{k_3 \tau} \Rightarrow m_2 = \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right) \cdot k_2 \quad (*)$$

3. $\begin{cases} m_2 = \frac{\rho}{2} \cdot V_2 \\ V_2 = S \cdot d \end{cases} \Rightarrow m_2 = \frac{\rho S d}{2} \quad (2)$

(2) = (*): $\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right) \cdot k_2 = \frac{\rho S d}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow d = \frac{2 \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right) \cdot k_2}{\rho S}$$

Подстановка в eq. (2):

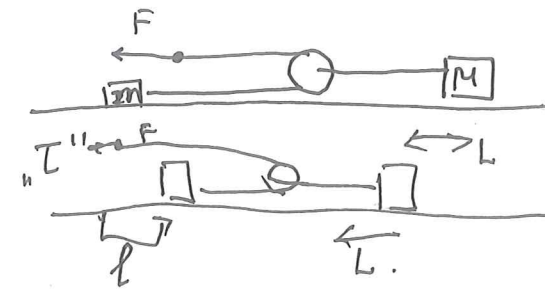
$$d = \frac{\left(\frac{744 \cdot 10^{-6}}{9,3 \cdot 10^{-8}} - \frac{660 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-7}} \right) \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 110 \cdot 10^{-4}} \approx 5,71 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}$$

= 57,1 (мм) \approx 60 (мм.)

Ответ: $d \approx 60$ мм.

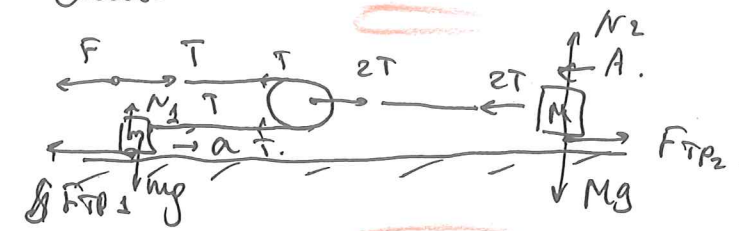
Черновик

1. $m = m, 2m, \Delta x, \tau, \mu, g.$



ЛСО - ИСО, движение
е ускорением.
 l - смещение меньшего
 L - смещение большего
 $l + L = \Delta x.$
 $l = \frac{a\tau^2}{2}; L = \frac{A\tau^2}{2}.$

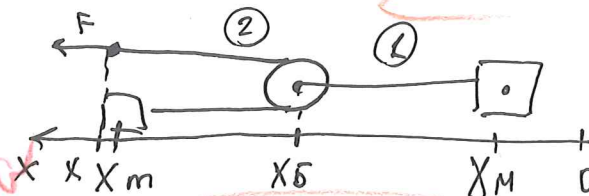
Сила:



- $T - F_{тр1} = m\ddot{a}$
 ~~$F_{тр1} = \mu N_1$~~
 ~~$N_1 = mg.$~~
- $2T - F_{тр2} = M\ddot{A}$
 ~~$F_{тр2} = \mu N_2$~~
 ~~$N_2 = Mg.$~~

$$\begin{cases} T - \mu mg = ma \\ 2T - \mu Mg = MA \end{cases} \quad [T=A]$$

Кин. связь:



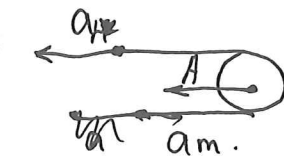
$x_b - x_M = \text{const}$ - равно
мест.

Кинем (1):
 $L_1 = x_b - x_M \quad (1)$

Кинем (2):
 $L_2 = x - x_b + x_M - x_b. \quad (2)$

(1) и (2) по $d^2 t$:

$$\begin{cases} a_b x - a_m x = 0 \rightarrow a_b x = a_m x \\ a_x - 2a_b x + a_m x = 0 \rightarrow 2a_b x = a_m x + a_x \end{cases}$$



$$\begin{aligned} a = A = a_m + A \\ a - a_m = 2A \\ 2(A - a) = a_m + a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2a_m x = a_m x + a_x \\ 2Ax = a_x + a_m x \end{aligned}$$

$F, \mu mg = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 10 = 1,5$

Чертовик.

$$\begin{cases} \mu mg - T = ma_x \\ 2T - \mu Mg = MA_x \\ T = F \\ 2Ax = a_x + a_{нх}. \end{cases} \rightarrow (1) \cdot 2 \rightarrow \begin{cases} 2\mu mg - 2T = 2ma_x \\ 2T - \mu Mg = MA_x \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$2\mu g(m - M) = 2ma_x + MA_x$$

$$Ax = \frac{2\mu g(m - M) - 2ma_x}{M}$$

(2): $2F - \mu Mg = 2\mu gm$ $2F - \mu Mg = 2\mu mg - \mu Mg - 2ma_x$

$T \neq 0$.

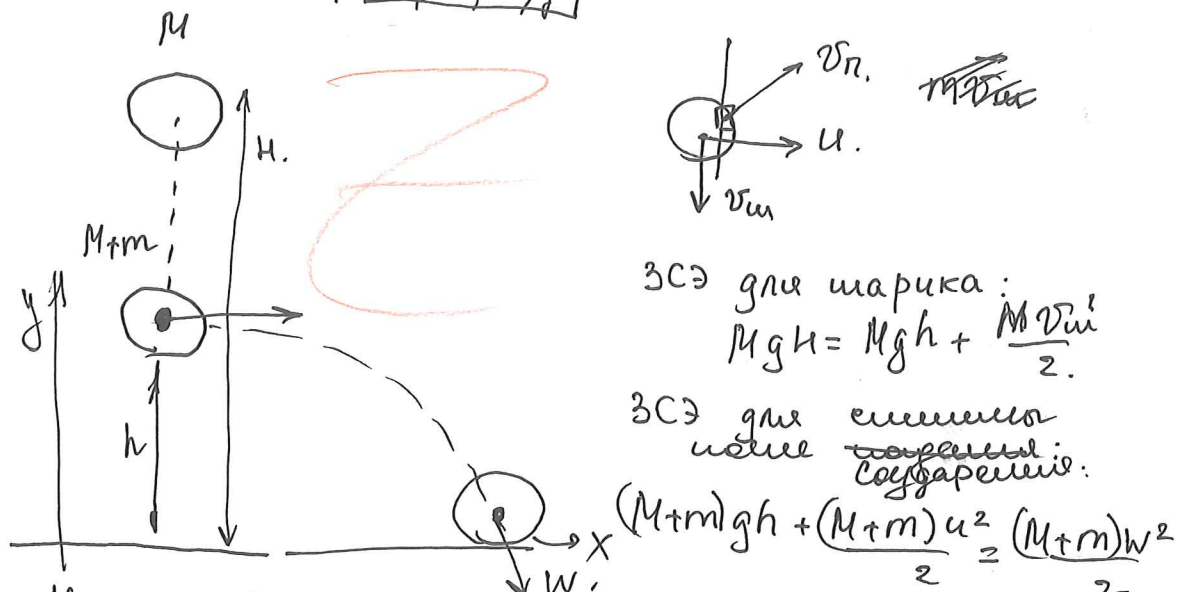
$$\mu mg - F = mb \Rightarrow b = \frac{\mu mg - F}{m} = \mu g - \frac{F}{m}$$

$$L = l = \frac{bt^2}{2}; \Delta x = L + l = bt^2 = \left(\mu g - \frac{F}{m}\right)t^2$$

$$-\frac{F}{m} = \frac{\Delta x}{t^2} - \mu g; \frac{F}{m} = \mu g - \frac{\Delta x}{t^2}$$

$$F = \mu mg - \frac{m\Delta x}{t^2} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 10 - \frac{0,5 \cdot 1}{1^2} = \boxed{1 \text{ Н}}$$

№2. $M \gg m$; α, τ, l, g \rightarrow 1 Н.



ЗСЭ для шарика:

$$Mgh = Mgh + \frac{Mv_m^2}{2}$$

ЗСЭ для системы шарика и платформы:

$$(M+m)gh + \frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{(M+m)w^2}{2}$$

Неужели ЗСЭ для шарика и платформы? Да, но "справ" тоже.

$$M\vec{v}_m + m\vec{v}_n = (M+m)\vec{u}. \vec{u} \perp \vec{v}_m \text{ (т.к. шар. скат)}$$

$$m \cdot v_n \cdot \sin \alpha = (M+m)u$$

$$u = \frac{m \cdot v_n \sin \alpha}{M+m} \quad (1) = \frac{m \cdot v_n \sin \alpha}{M}$$

* №3 (Трогосиенко)

Чистовик

$$\begin{cases} \varphi_0 = \frac{p_0}{p_{нас}} \\ \varphi = \frac{p_0 + \Delta p}{p_{нас}} \end{cases} \Rightarrow \varphi = \varphi_0 + \frac{\Delta p}{p_{нас}} = \frac{p}{p_{нас}}$$

$$\Rightarrow p = \varphi_0 \cdot p_{нас} + \frac{\Delta p \cdot p_{нас}}{p_{нас}} \quad (4)$$

$$(1) \rightarrow (2): \Delta p = \frac{\eta U^2 \tau}{2r} \cdot \frac{RT_0}{\mu V} \quad (2^*)$$

$$(2^*), (3) \rightarrow (4): p = \varphi_0 \cdot \frac{\mu p_{нас}}{RT_0} + \frac{\mu}{RT_0} \cdot \frac{\eta U^2 \tau RT_0}{2rV}$$

$$p = \varphi_0 \cdot \frac{\mu p_{нас}}{RT_0} + \frac{\eta U^2 \tau}{2rV}$$

Подставлю вка в см:

$$p = 0,415 \cdot \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{8,3 \cdot 300} + \frac{0,8 \cdot 10^4 \cdot 2300}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 80 \cdot 50}$$

$$= 0,008 + 0,002 \text{ (кг/м}^3\text{)} = 0,008 \text{ (кг/м}^3\text{)} = 8 \text{ (г/м}^3\text{)}$$

Ответ: $p = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

№4.

$$m_1 = 660 \text{ мг} = 660 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$m_3 = 744 \text{ мг} = 744 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$S = 110 \text{ см}^2 = 110 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$k_1 = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м/Кн};$$

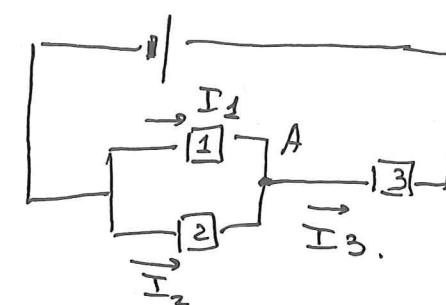
$$k_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ м/Кн};$$

$$k_3 = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ м/Кн};$$

$$p = 1,05 \cdot 10^4 \text{ м/м}^3$$

$$d = !$$

Чистовик



1. Запишем 1^е правило Кирхгофа для узла А:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

2. $I = \alpha \cdot \frac{m}{kL}$; α - коэф. проп.
 m - объем вытесненной массы
 k - э/х эквивалентности
 L - время действия тока (вытеснение m)

№2 (Продвинутые)

Числовик

из (Прог.) : $MgH + = Mgh + \frac{M \cdot v_{ш}^2}{2}$

$\Rightarrow H = h + \frac{v_{ш}^2}{2g}$ (4)

(2), (4) \rightarrow (3) \rightarrow (4) : $H = \frac{g\tau^2}{2} + \frac{L^2}{2g\tau^2 + g\tau^2}$

Подстановка в ер. (3) : $\tau g \alpha = 1$

$H = \frac{10 \cdot 2^2}{2} + \frac{20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2 \cdot 1^2} = 25 \text{ (м)}$

Ответ: $H = 25 \text{ м}$

№3

Числовик

- $V = 50 \text{ м}^3$
- $T_0 = 300 \text{ К}$
- $\varphi_0 = 0,415$
- $t = 100^\circ \text{ C}$
- $r = 80 \text{ см}$
- $U = 100 \text{ В}$
- $\eta = 0,8$
- $\tau = 2300 \text{ с}$
- $\rho_{нас} = 2 \cdot 10^3 \text{ Па}$
- $\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
- $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
- $\rho = ?$

1. $\varphi = \frac{p}{p_{нас}}$; $p_{влажн. \text{воздух}} = p_{сухой \text{воздух}} + p_{пара}$

Пренебрегаем изменением температуры (по условию) \Rightarrow

$\Rightarrow p_{сух. \text{воздух}} = \text{const}$.
За счёт испарения воды увеличится $p_{пара}$ на величину Δp .

2. Тепло от электроплитки идёт на парообразование воды (кашино).

$\eta = \frac{Q}{P\tau}$; $P = \frac{U^2}{r}$; $Q = \lambda \cdot \Delta m$;

Δm - масса испарившейся воды

$\eta = \frac{\lambda \Delta m r}{U^2 \tau} \Rightarrow \Delta m = \frac{\eta U^2 \tau}{\lambda r}$ (1)

3. $p_{пара}$ увеличиваем за счёт Δm .

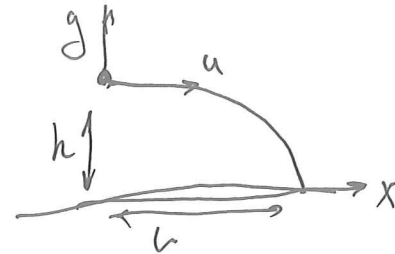
$\Delta p = V = \frac{\Delta m}{\mu} R T_0 \Rightarrow \Delta p = \frac{\Delta m R T_0}{\mu V}$ (2)

$p_{нас} = \frac{p_{нас} \cdot R T_0}{\mu} \Rightarrow p_{нас} = \frac{\mu \cdot p_{нас}}{R T_0}$ (3)

76-24-94-02 (4,9)

Башмачки:

Чертовик

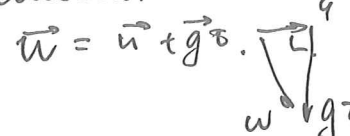


$x: L = u\tau \Rightarrow u = \frac{L}{\tau}$
 $h = \frac{g\tau^2}{2}$

$\Rightarrow u = \frac{m \cdot L}{\tau} = \frac{m \cdot v_{ш} \cdot \sin \alpha}{M \sin \alpha}$

$v_{ш} = \frac{ML}{m\tau \sin \alpha}$

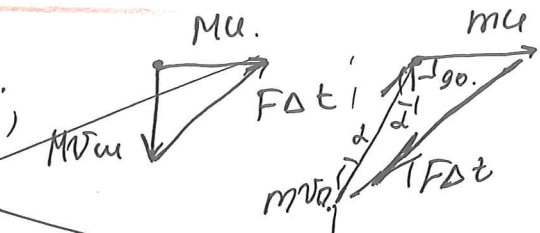
из башмачки:



$w^2 = u^2 + (g\tau)^2 = \frac{L^2}{\tau^2} + g^2\tau^2$
 $w = \sqrt{\frac{L^2}{\tau^2} + g^2\tau^2}$

~~Применяем закон сохранения энергии~~

~~$F \cdot \Delta t = M \cdot (u - v_{ш})$;
 $-F \cdot \Delta t = m(u - v_{ш})$~~



По $m \cdot \cos$:

~~$(F\Delta t)^2 = (mu)^2 + (m \cdot v_{ш})^2 + 2m \cdot v_{ш} \cdot u \cdot \sin \alpha$~~

~~По $m \cdot \sin$ закона: $(Mu)^2 + (Mv_{ш})^2 = (F\Delta t)^2$~~

~~$Mu + m\vec{u} = M\vec{v}_{ш} + m\vec{v}_{ш}$~~

$m \cdot v_{ш} \cdot \cos \alpha = M \cdot u \cdot v_{ш}$

1) $v_{ш} = \frac{Mu}{m \sin \alpha}$; $\frac{m \cdot M \cdot u \cdot \cos^2 \alpha}{m \sin \alpha} = M \cdot v_{ш} \Rightarrow v_{ш} = \frac{u}{\tau g \alpha}$

В ЗСЭ:

~~$MgH = M$~~

~~$2gH = 2g \cdot \frac{g\tau^2}{2} + \frac{L^2}{\tau^2 + g^2\tau^2}$~~

$2gH = g^2\tau^2 + \frac{L^2}{\tau^2 + g^2\tau^2}$; $H = \frac{g\tau^2}{2} + \frac{L^2}{2g\tau^2 + g^2\tau^2}$

$H = \frac{10 \cdot 2^2}{2} + \frac{20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2 \cdot 1^2} = 20 + \frac{400}{80} = 25 \text{ м}$

Ответ: 25 м

$V, T_0, \varphi_0, \rho_{нас}$ t, r, u, η, τ λ, μ, R Задача 3
Черновик

$\varphi_0 = \frac{p_0}{\rho_{нас}} (100\%)$ Нагрев: $\eta = \frac{Q_{пот}}{P\tau}$; $\rho = \frac{u^2}{r}$

$Q_{пот} = \lambda \cdot \Delta t$
 $\Rightarrow \Delta t = \frac{\eta P \tau}{\lambda}$ - то же дел.

Успарилось: $\Delta \rho = \frac{\Delta m}{V} = \frac{\eta P \tau}{\lambda \mu V} = \frac{\eta u^2 \tau}{\lambda \mu r}$
 $\Delta p = \frac{\Delta \rho R T_0}{V} = \frac{\eta u^2 \tau}{\lambda \mu r} \cdot \frac{R T_0}{V}$

$\varphi = \frac{p_0 + \Delta p}{\rho_{нас}} = \varphi_0 + \frac{\Delta p}{\rho_{нас}} = \varphi_0 + \frac{\eta u^2 \tau R T_0}{\lambda \mu r V \rho_{нас}} \approx \varphi$

$\varphi = 0,415 + \frac{0,8 \cdot 10^4 \cdot 2300}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,018 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^3} = 8,3 \cdot 300$

$\rho = \rho_{нас} = \frac{\mu \rho_{нас}}{R T_0}$

$\varphi = \varphi_0 + \frac{\eta u^2 R T_0 \tau}{\lambda \mu r V \rho_{нас}} = \frac{\rho R T_0}{\mu \rho_{нас}} \cdot \frac{\mu \rho_{нас}}{R T_0}$

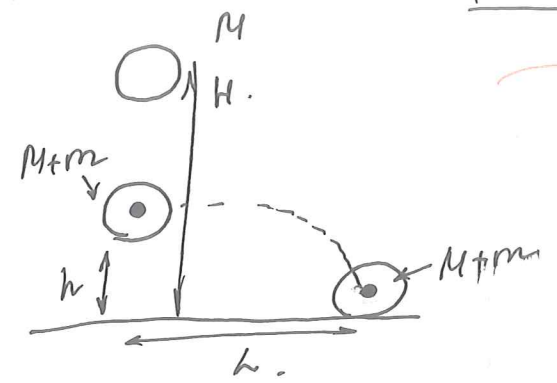
$\rho = \frac{\varphi_0 \cdot \mu \cdot \rho_{нас}}{R T_0} + \frac{\eta u^2 \tau}{\lambda r V}$

$\rho = \frac{0,415 \cdot 0,018 \cdot 2 \cdot 10^3}{8,3 \cdot 300} + \frac{0,8 \cdot 10^4 \cdot 2300}{10 \cdot 2300 \cdot 1000 \cdot 80 \cdot 50} = 2$

$\approx \frac{415 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300} = \frac{249}{415} \cdot 10^{-3} = 0,6$

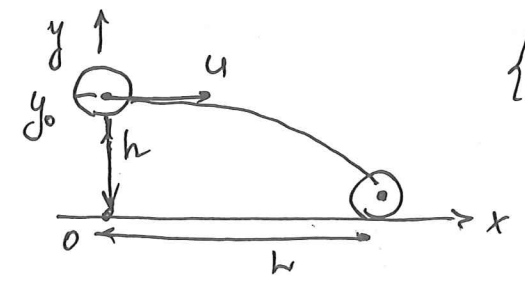
$\sqrt{12}$ Чистовик

$\alpha = 45^\circ$
 $\tau = 2e'$
 $L = 20m$
 $g = 10 m/s^2$
 $H = ?$



Введем обозначение: M - масса шарика; m - масса пули ($M \gg m$ - по условию); h - высота, на которой произошло соударение; $v_{ш}$ - скорость шарика до соударения на высоте h ; $v_{п}$ - скорость пули до соударения на высоте h ; u - скорость системы шарик + пуля сразу после соударения.

1. Рассмотрим движение в поле тяжести Земли:



$\begin{cases} x(t) = u \cdot t \\ y(t) = h - \frac{g t^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x(\tau) = L = u \tau \\ y(\tau) = 0 = h - \frac{g \tau^2}{2} \end{cases}$
 $y_0 = h \Rightarrow u = \frac{L}{\tau} \quad (1)$
 $h = \frac{g \tau^2}{2} \quad (2)$

2. Примем время соударения t малым ($mg\Delta t \approx 0$). Тогда для системы "пуля + шарик" выполним 3-и закон сохранения импульса:

$M \cdot \vec{v}_{ш} + m \cdot \vec{v}_{п} = (M+m) \vec{u}$ $\vec{u} \perp \vec{v}_{ш}$
 Изобразим в виде векторного треугольника:

 $tg \alpha = \frac{(M+m)u}{M \cdot v_{ш}} \approx \frac{Mu}{M v_{ш}} = \frac{u}{v_{ш}}$
 $\Rightarrow u = v_{ш} \cdot tg \alpha; v_{ш} = \frac{u}{tg \alpha} \quad (3)$

3. Введем роль потенциальной энергии на уровне пов-ти Земли. Запишем 3-и закон сохранения энергии для шарика до соударения.

Из кинематических соотношений: $L + L = \Delta x$ (4)

(5) $l = \frac{a \cdot t^2}{2}$; $L = \frac{A \cdot t^2}{2}$ (6)

Числовик
N1 (Прогнозируемое)

(2) * 2: $2\mu mg - 2F = 2m \cdot a_x$ (2*)

(2*) + (3): $2\mu mg - \mu Mg = 2ma_x + M \cdot A_x$

$A_x = \frac{2\mu mg - \mu Mg - 2ma_x}{M} \rightarrow (3)$

~~(3): $2F - \mu Mg = 2\mu mg - \mu Mg - 2ma_x$~~

С учётом того, что $M = 2m$: $A_x = -a_x \Rightarrow |\vec{A}| = |\vec{a}|$; $A = a$

\Rightarrow (2): $\mu mg - F = ma_x \Rightarrow a_x = \mu g - \frac{F}{m}$ (*)

С учётом (*), (5), (6) \rightarrow (4): $\Delta x = \frac{a t^2}{2}$

~~С учётом условия (**): $\Delta x = \frac{F t^2}{m} - \mu g t^2$~~

С учётом условия (**): $\Delta x = \frac{F t^2}{m} - \mu g t^2$

$F = \frac{m \Delta x}{t^2} + \mu mg$

Подставим в неё в ср. сел:

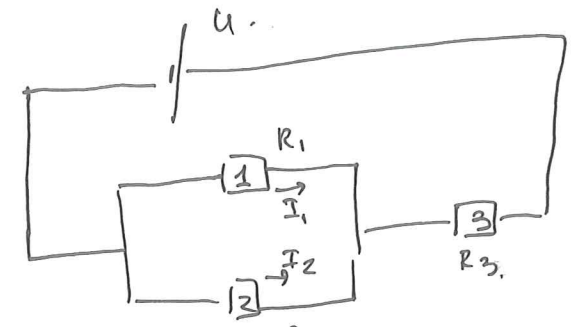
$F = \frac{0,5 \cdot 1}{1^2} + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 10 = 2$ (Н)

Ответ: $F = 2$ Н.

20

76-24-94-02
(4,9)

1ч. 1: ~~$CuSO_4$~~ катод: Cu^{2+}, Al^{3+}, Ag^+ Черновик.
2: $AgNO_3$ (-) m_1, m_2
3: $AlCl_3$



$I_1 R_1 = I_2 R_2$
 $I_2 = \frac{U}{k} \cdot \frac{1}{t}$ $\frac{m}{m} \cdot \frac{k_2}{k_1}$
 $I = \frac{m}{k t}$

$I_1 = \frac{m_1}{k_1 t}$; $I_2 = \frac{m_2}{k_2 t}$; $I_3 = \frac{m_3}{k_3 t}$

$I_1 + I_2 = I_3$; $\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2} = \frac{m_3}{k_3}$

$m_2 = \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right) \cdot k_2$

$m_2 = \rho \cdot S \cdot d \Rightarrow d = \frac{m_2}{\rho S} = \frac{(m_3/k_3 - m_1/k_1) \cdot k_2}{\rho S}$

$d = \frac{744 \cdot \left(\frac{744 \cdot 10^{-6}}{9,3 \cdot 10^{-8}} - \frac{660 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-7}} \right) \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 110 \cdot 10^{-4}}$

$\approx \frac{744 \cdot 93}{372} \cdot \frac{93}{744} = 8 \cdot 10^3$

$b = \frac{660 \cdot 10^{-6}}{33 \cdot 10^{-8}} = 20 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^3$

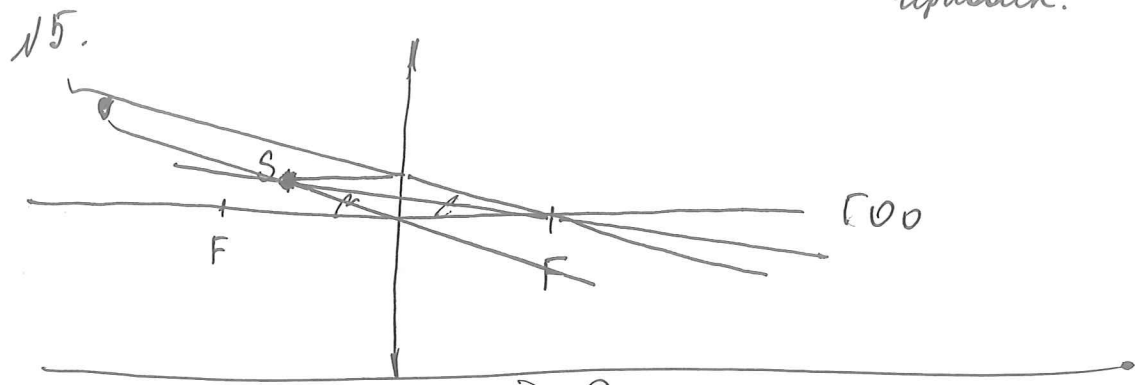
$(a - b) = (6 \cdot 10^3) \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} = 6,6 \cdot 10^{-3}$

$d = \frac{6,6 \cdot 10^{-3}}{11 \cdot 10,5} = \frac{666 \cdot 10^{-4}}{11 \cdot 10,5} = \frac{60 \cdot 10^{-4}}{105} = \frac{4}{7} \cdot 10^{-4} \text{ м}$

$= \frac{4}{7} \cdot 10^{-10} \cdot 10^2 \text{ мкм} = \frac{400}{7} = \frac{40}{7} \cdot 10 = \left(5 \frac{5}{7} \right) \cdot 10 = 5,714 \cdot 10 \approx 57 \text{ мкм}$

$\frac{50}{100} \cdot 114$

Черновик.



$$2\mu mg - \mu Mg = 0 \text{ max} + M \Delta x.$$

$$A_x = a_x.$$

$$\Delta x = \mu g t^2 - \frac{F t^2}{m}; \quad F = \frac{\mu g t^2 \cdot m}{t^2} - \frac{m \Delta x}{t^2}$$

$$= \mu m g - \frac{m \Delta x}{t^2}$$

$$\frac{415 \cdot 18 \cdot 2}{88 \cdot 308} \cdot 10^{-3} = 0,006$$

$$\frac{415 \cdot 8}{115} = \frac{1}{835}$$

$$\frac{8 \cdot 10^4 \cdot 23 \cdot 10^3}{10 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10} = \frac{1 \cdot 2}{500} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{8 \cdot 10^4 \cdot 23 \cdot 10^3}{10 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 50} = \frac{8}{500} = 0,002$$

$$\frac{744 \cdot 10^{-6}}{93 \cdot 10^{-9}} = 8 \cdot 10^3$$

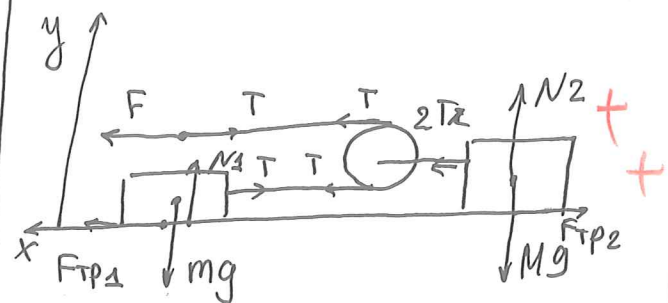
$$\frac{660 \cdot 10^{-6}}{330 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^3$$

$$6 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-8}$$

$$= \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^{-8}}{1,05 \cdot 110} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{1,05}$$

Чистовик.

№1. $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг};$
 $M = 2m; \quad \tau = 1 \text{ с};$
 $\mu = 0,3; \quad \Delta x = 1 \text{ м};$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $F = ?$



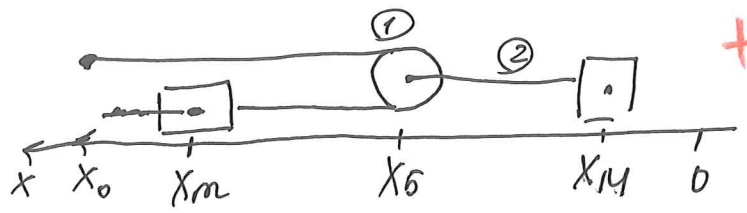
Нить нерастяжима, не провисает: $T = F$ (1)
 Пусть a - ускорение груза m .
 A - ускорение груза M .
 Если наименьше или.

Чтобы началось проскальзывание необходимо $F = T \geq F_{тр1} = \mu N_1$.
 Введем оси x и y (см. рис). (* *)

2-й закон: для груза m :
 на y : $N_1 = mg$
 на x : $\mu N_1 - T = ma_x$
 для груза M :
 на y : $N_2 = Mg$
 на x : $2T - \mu N_2 = MA_x$

$$\Rightarrow \begin{cases} \mu mg - F = ma_x & (2) \\ 2F - \mu Mg = MA_x & (3) \end{cases}$$

Кинематическая связь на ускорение:



Длина нити 1 и 2 (L_1 и L_2) остаются постоянными (нерастяжимость нити)

$$\begin{cases} L_1 = x_0 - x_б + x_m - x_б \\ L_2 = x_б - x_m \end{cases}$$

Дважды продифференцируем по времени ($\dot{L} = 0$), получим связь на проекции ускорений.

$$\begin{cases} 2a_{бx} = a_{0x} + a_x \\ a_{бx} = A_x \end{cases} \Rightarrow 2A_x = a_{0x} + a_x$$

a_0 - ускорение узла нити, к которой прикреплен шкив F .

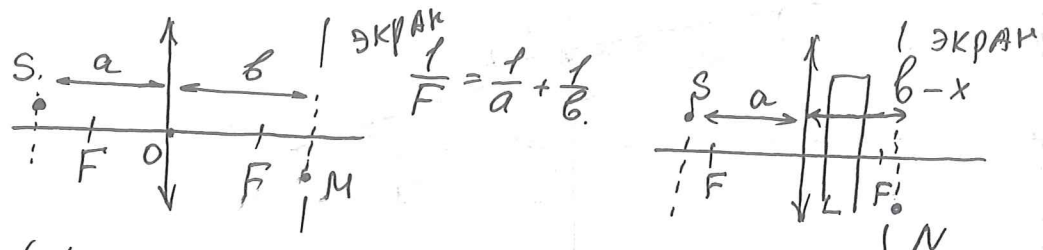
Пусть l - смещение груза m ;
 L - смещение груза M .

№5 (Продолжение)

Чистовик

Пл.о., плоскопараллельная пластинка даёт мнимое изображение, смещённое к пластинке на величину Δx относительно действительного изображения.

Без пластины: С пластиной.



(Линза собирающая, т.к. она даёт действ. изображение)

На рисунке введено расстояние $a, b, (b-x)$.

В приближении малых углов все лучи собираются в изображении т. S.

M и N - мнимые изображения;

Пл.о. плоскопараллельная пластинка находится между линзой и экраном, а положение т. S всё же смещено Δx , которое даёт плоскопаралл. пластинка, экран должен быть сдвинут на величину $x = \Delta x = d \cdot \frac{n-1}{n}$, чтобы лучи сфокусировались на экране в точке N.

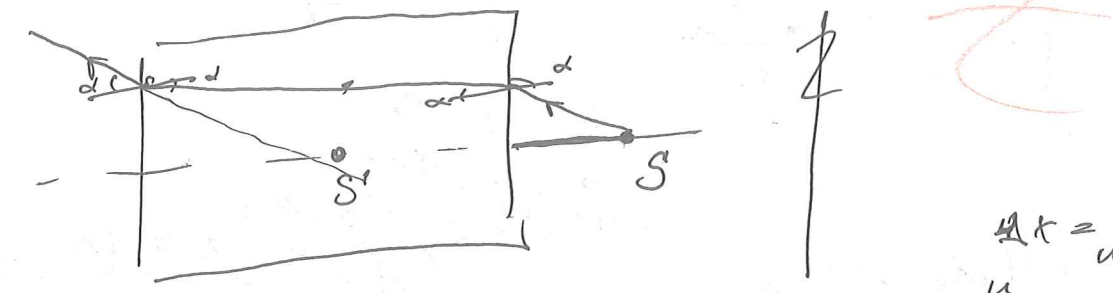
$$x = d \cdot \frac{n-1}{n}; \quad x = 3 \cdot \frac{1,5-1}{1,5} = 1 \text{ (см)}$$

Ответ: $x = 1 \text{ см.}$

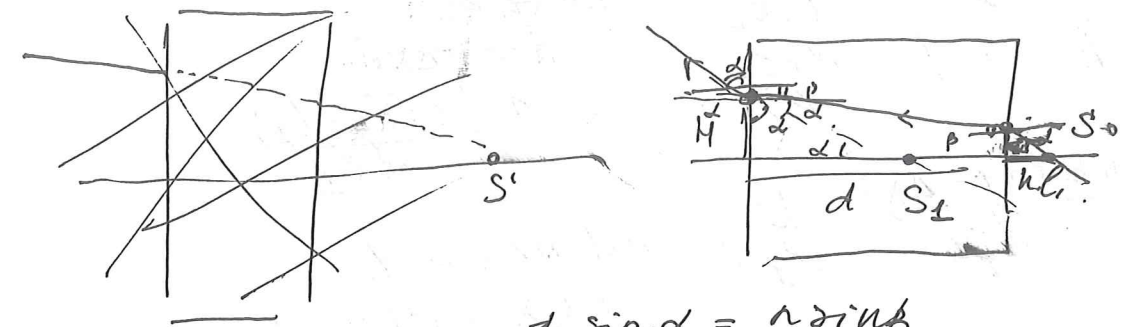
76-24-94-02 (49)

№5. Чертовик.

Р(м, какое смещение даёт пл.п. (мнимое изображение).)



$$\Delta x = \frac{d}{n-1}$$



$$n \sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\alpha = n\beta$$

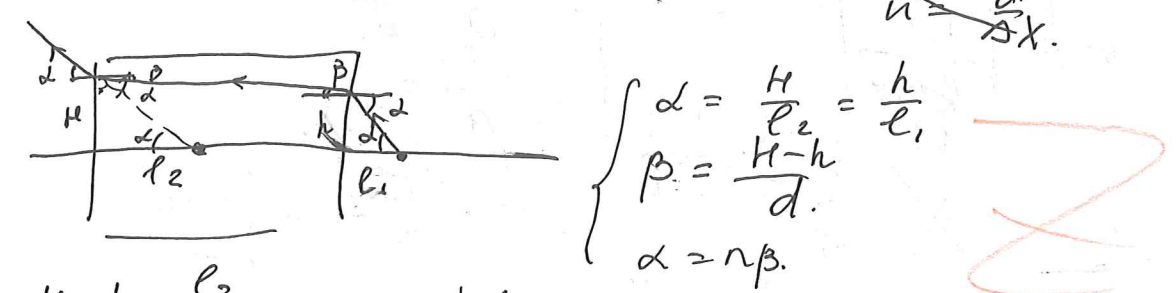
$$\tan \beta = \frac{H-h}{d} = \beta$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{h} = \alpha \rightarrow \frac{l_1}{h} = \frac{l_2}{H}; \quad \& \quad \frac{H}{l_2} = \frac{h}{l_1}$$

$$H = h - \frac{l_2}{l_1}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{h(l_2 - l_1)}{l_1 d} = \frac{h}{n l_1}; \quad \Delta x = \frac{d}{n}$$

$$u = \frac{d}{\Delta x}$$



$$\begin{cases} \alpha = \frac{H}{l_2} = \frac{h}{l_1} \\ \beta = \frac{H-h}{d} \\ \alpha = n\beta \end{cases}$$

$$H = h \cdot \frac{l_2}{l_1} \rightarrow \beta = \frac{h(l_2 - l_1)}{l_1 d}$$

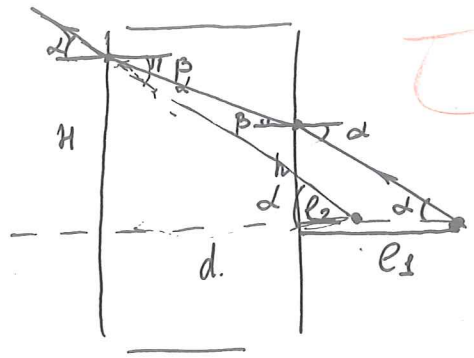
$$\Delta x = l_2$$

$$\frac{h}{l_1} = \frac{h k (l_2 - l_1)}{l_1 d}; \quad d = n \Delta x; \quad \Delta x = \frac{d}{n}$$

$$l_1 - \Delta x =$$

№5.

Черновик.



$$\begin{cases} n\beta = \alpha \\ \alpha = \frac{h}{l_1} = \frac{H}{d+l_2} \\ \beta = \frac{H-h}{d} \end{cases}$$

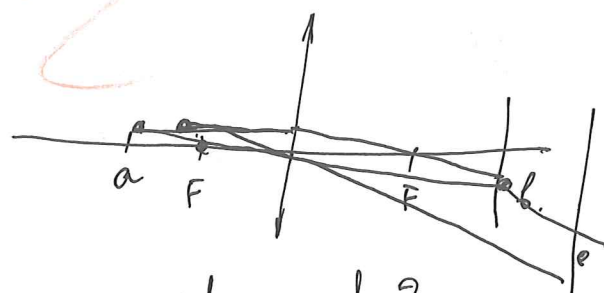
$$h = H \frac{l_1}{d+l_2}$$

$$\beta = \frac{H-h}{d} = \frac{H \frac{l_1}{d+l_2} - h}{d}$$

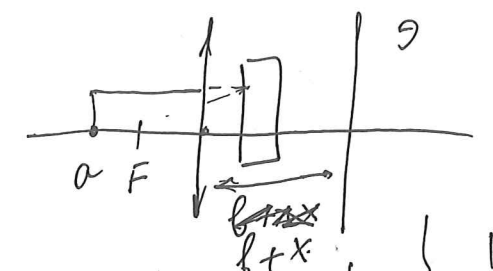
$$H = h \cdot \frac{d+l_2}{l_1} \Rightarrow \beta = \frac{h(d+l_2-l_1)}{d l_1}$$

$$\frac{h(d+l_2-l_1)}{d l_1} = \frac{h}{l_1}; \quad nd - n\Delta x = d$$

$$n\Delta x = d(n-1) \Rightarrow \Delta x = d \cdot \frac{n-1}{n} = d \cdot (1 - \frac{1}{n})$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+x}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+x}; \quad x = a$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+\Delta x}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a-\Delta x} + \frac{1}{b+\Delta x}$$

$$\frac{a+b}{ab} = \frac{a+b+\Delta x-\Delta x}{(a-\Delta x)(b+\Delta x)}$$

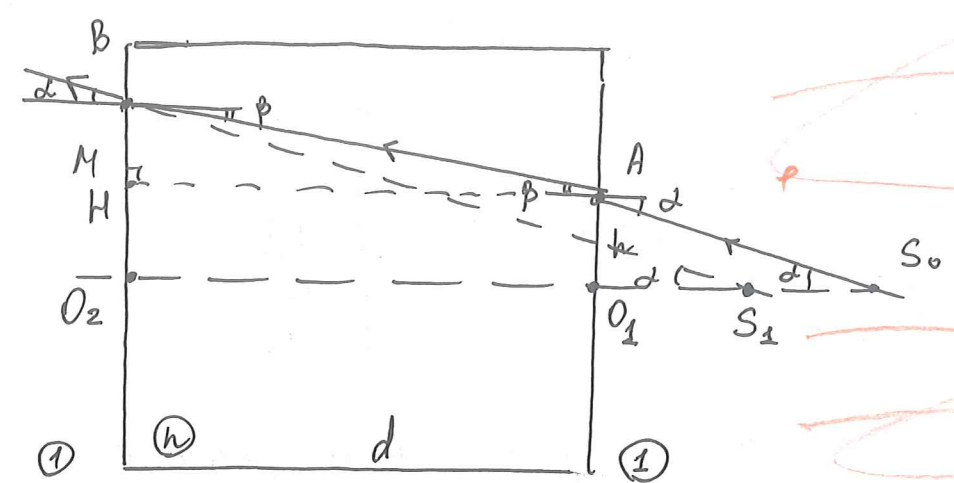
№5.

d = 3 см; n = 1,5.

Чистовик

Р/и плоскопараллельную пластинку и точечный источник.

20



S0 - исходный источник света;
S1 - мнимый источник света, на продолжении преломлённого луча.

Вспомогательные параллельные срезы пластинки, угол падения 1 = углу преломления 2 (α). β - угол преломления 1 (углы падения 2).

Считаем углы малыми ⇒ sin φ ≈ tg φ ≈ φ. (*)

Введём обозначения: O1S0 = l1; O1S1 = l2)

O1A = h; O2B = H; O1O2 = d; l1 - l2 = Δx.

Закон преломления с учётом приближения (*): α = nβ (1).

Из геометрии системы:

ΔAMB: tg β ≈ β = $\frac{H-h}{d}$ (2)

ΔS0O1A: tg α ≈ α = $\frac{h}{l_1}$ (3)

ΔS1O2B: tg α ≈ α = $\frac{H}{l_2+d}$ (4).

(3) и (4): $H = \frac{h}{l_1} \cdot (l_2+d) \rightarrow (2)$.

(2): $\beta = \frac{h(l_2+d-l_1)}{l_1 d} = \frac{h(d-\Delta x)}{l_1 d}$ (2*)

(3) и (2*) → (1): $\frac{h}{l_1} = n \cdot \frac{h}{l_1} \cdot \frac{(d-\Delta x)}{d}$
⇒ $\Delta x = d \cdot \frac{n-1}{n}$ (**).