МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Новиков Клим Андреевич**

Класс: 10

Технический балл: **83**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9220379

<table>
<tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>∑</td></tr>
<tr><td>Задача</td><td>5</td><td>14</td><td>14</td><td>15</td><td rowspan="2">83</td></tr>
<tr><td>Вопрос</td><td>10</td><td>9</td><td>10</td><td>6</td></tr>
</table>

Чистовик. 1

№1.3.1.

Вопрос:

Импульс системы материальных точек равен сумме импульсов материальных точек, входящих в систему.

$$\vec{P}_{сис} = m_1\vec{V_1} + m_2\vec{V_2} + \ldots + m_N\vec{V_N} = \sum_{i=1}^{N} m_i\vec{V_i}$$

<u>Закон изменения импульса системы:</u>
скорость изменения импульса системы равна сумме внешних сил действующих на систему:

$$\frac{\Delta \vec{P}_{сис}}{\Delta t} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_{внеш\,i}$$

<u>Закон сохранения импульса системы:</u>
если сумма внешних сил, действующих на систему равна нулю, то импульс системы сохраняется.

Если $\sum_{i=1}^{N} \vec{F}_{внеш\,i} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{сис} = const.$

Задача:

1) Автомобиль перестаёт проскальзывать, когда.

$N = F \cdot V_{от} = \mu mg \cdot V_{от}$

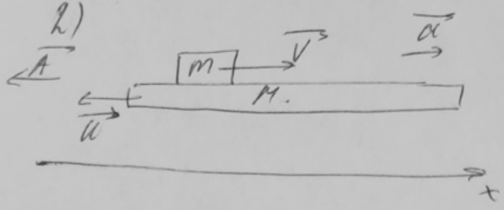
$V_{от}$ – скорость автомобиля относительно доски

$V_{от} = \frac{N}{\mu mg} = a_{от} \cdot \tau$ (1)

$a_{от}$ – ускорение автомобиля относительно доски.

Чистовик 2

2)



Закон сохранения импульса.

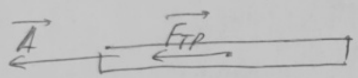
$Mu = mV$

$M\Delta u = m\Delta V \;|:\Delta t$

$MA = ma.$

A, a – ускорения доски и машины относительно земли.

3) Доска



$MA = F_{тр} = \mu m g.$

$A = \mu g \frac{m}{M} = 3 \cdot \frac{1}{3} = 1 \frac{м}{с^2}$

$a = \frac{M}{m} A = \mu g = 3 \frac{м}{с^2}$

4) Относительно доски ускорение машины.

$a_{отн} = a + A = \mu g (1 + \frac{m}{M}) \Rightarrow (1) \Rightarrow \tau = \frac{N}{\mu m g a_{отн}} = \frac{N}{(\mu g)^2 m (1 + \frac{m}{M})}$

$\tau = \frac{2}{3^2 \cdot \frac{1}{3}(1 + \frac{1}{3})} = \frac{2}{9 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3}} = \frac{1}{2} с$

5) $S = (S_1 + S_2)$

$\left.\begin{aligned} S_1 &= \frac{A\tau^2}{2} \\ S_2 &= \frac{a\tau^2}{2} \end{aligned}\right\} \; S = \frac{\tau^2}{2}(A + a)$

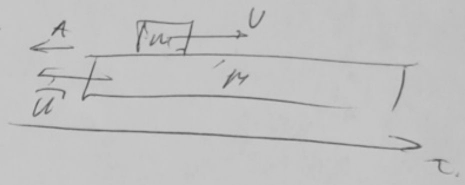
$S = \frac{1}{4 \cdot 2}(3 + 1) = \frac{1}{2} м.$

Ответ: $S = \frac{1}{2} м.$

Черновик 3

$N = F \cdot V_{отн} = \mu m g V_{от}$

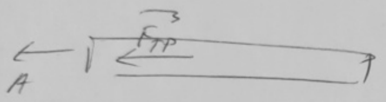
$V_{от} = \frac{N}{\mu m g} = a_{от} \cdot \tau$



$Mu = mV$

$M\Delta u = m\Delta V$

$MA = ma$



$MA = \mu m g$

$A = \frac{\mu g m}{M} = 3 \cdot \frac{1}{3} = 1 \frac{м}{с^2}$

$a = \frac{M}{m} A = \mu g = 3 \frac{м}{с^2}$

$a_{отн} = a + A = \mu g \left(1 + \frac{m}{M}\right)$

$\tau = \frac{N}{\mu m g a_{отн}} = \frac{N}{(\mu g)^2 m \left(1 + \frac{m}{M}\right)}$

$\tau = \frac{2}{3^2 \cdot \frac{1}{3}\left(1 + \frac{1}{3}\right)} = \frac{2}{9\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3}} = \frac{1}{2}$ с

$S = S_1 + S_2$

$\left.\begin{aligned} S_1 &= \frac{A\tau^2}{2} \\ S_2 &= \frac{a\tau^2}{2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow S = \frac{\tau^2}{2}(A + a)$

$S = \frac{1}{4 \cdot 2}(3 + 1) = \frac{4}{4 \cdot 2} = \frac{1}{2}$ м

Чистовик. 4

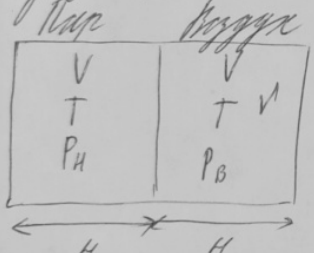
№2.2.1.

Вопрос:

Абсолютная влажность (ρ) - это та масса водяного пара, которая содержится в 1 $м^3$ воздуха $[\rho] = \frac{кг}{м^3}$

Относительная влажность (φ) - это отношение абсолютной влажности воздуха к плотности насыщенного водяного пара при той же температуре $\varphi = \frac{\rho}{\rho_н} \cdot 100\%$. Выражается в процентах.

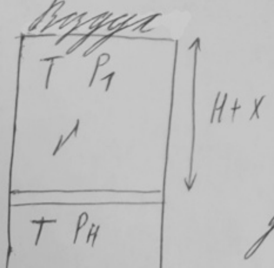
Задача:



$V = H \cdot S \Rightarrow H = \frac{V}{S}$.

Поршень в равновесии $\Rightarrow P_в = P_н \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Для воздуха $P_н V = \nu R T$ (1)



Пар внизу частично конденсируется. Давление останется $P_н$.

Воздух займет объём $(H+X)S$ имеет давление $P_1 = P_н - \frac{mg}{S}$ ($\frac{mg}{S}$ - давление поршня)

$(P_н - \frac{mg}{S}) S(H+X) = \nu R T$ (2)

(1) и (2)

$$P_н \cdot V = (P_н - \frac{mg}{S}) S (H+X)$$

$$P_н \cdot V = (P_н \cdot S - mg)(\frac{V}{S} + X)$$

$$\frac{P_н \cdot V}{P_н \cdot S - mg} = \frac{V}{S} + X \Rightarrow X = \frac{P_н \cdot V}{P_н \cdot S - mg} - \frac{V}{S}$$

Чистовик 5

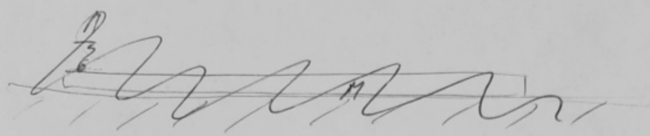
при $100°C$ $P_H = 10^5$ Па.

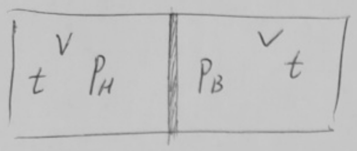
$$X = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10} - \frac{10^{-3}}{10^{-2}} \Rightarrow X = \frac{10^2}{1000-50} - 10^{-1} = \frac{10}{95} - \frac{1}{10} =$$

$$= \frac{100-95}{950} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ м.}$$

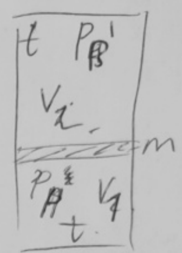
Ответ: $X = \frac{1}{190}$ м.

Черновик 6





$\Rightarrow$



$$\begin{cases} P_H V = \nu_1 RT \\ P_B V = \nu_2 RT \end{cases}$$

$\nu_1 = \nu_2$

$$\nu_2 = \frac{P_B V}{RT}$$

$$\begin{array}{r|l} -950 & 5 \\ 5 & \overline{190} \\ \hline 45 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 95 \\ \times\ 2 \\ \hline 190 \end{array}$$

$$h = \frac{V}{S} = \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = 10^{-1} = \frac{1}{10}$$

$$\Delta X = \frac{10}{95} - \frac{1}{10} = \frac{100-95}{950} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ м}$$

Ответ $\frac{1}{190}$ м

$$\begin{cases} P_H' V_1 = \nu_1' RT \\ P_B' V_2 = \nu_2' RT \\ P_H \cdot S = mg + P_B' S \end{cases} \Rightarrow P_B' = \frac{\nu_2' RT}{V_2}$$

$$P_H \cdot S = mg + \frac{\nu_2 RT}{V_2} S$$

$$P_H \cdot S = mg + \frac{P_B V}{\cancel{RT}} \cdot \frac{\cancel{RT}}{V_2} S$$

$$P_H \cdot S = mg + P_B \frac{V}{V_2} S$$

$\Downarrow$

$$P_0 \cdot S = mg + P_0 \frac{V}{V_2} S$$

$$S \cdot P_0 \left(1 - \frac{V}{V_2}\right) = mg$$

$$1 - \frac{V}{V_2} = \frac{mg}{SP_0} \Rightarrow \frac{V}{V_2} = 1 - \frac{mg}{SP_0}$$

$$\frac{V}{V_2} = \frac{SP_0 - mg}{SP_0}$$

$$V_2 = \frac{V \cdot SP_0}{SP_0 - mg} =$$

$$= \frac{10^{-3} \cdot 0{,}01 \cdot 10^5}{0{,}01 \cdot 10^5 - 50} = \frac{100\cancel{0}}{100\cancel{0} - 5\cancel{0}} \cdot 10^{-3} =$$

$$= \frac{100}{95} \cdot 10^{-3} \quad L = \frac{V_2}{S} = \frac{10}{95} \text{ м}$$

$$\cancel{V_1 = 2 \cdot 10^{-3} - \frac{100}{95} \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 95 - 100}{95} \cdot 10^{-3} = \frac{90}{95} \cdot 10^{-3} =}$$

Чистовик 7

Вопрос: №3.5.1.

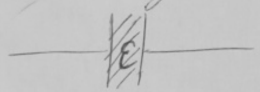
Электроемкость (C) характеризует способность проводника накапливать заряд.

Возьмём два проводника. Напряжение между ними U; на одном проводнике заряд $+q$, на другом $-q$.

$C = \frac{q}{U}$ $[C] = Ф$

Емкость плоского конденсатора:

$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$



S - площадь пластин.

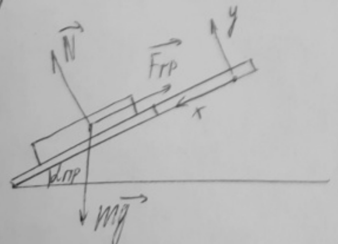
d - расстояние между ними

ε - диэлектрическая проницаемость среды между пластинами.

ε_0 - электрическая постоянная.

Задача:

1)

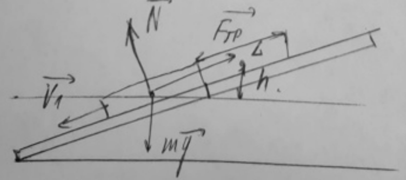


$$\begin{cases} mg\cos\alpha_{пр} = N \\ mg\sin\alpha_{пр} = F_{тр} = \mu N \end{cases}$$

$mg\sin\alpha_{пр} = \mu mg\cos\alpha_{пр} \Rightarrow tg\,\alpha_{пр} = \mu \Rightarrow$

$\Rightarrow \mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$

2) Пластина не заряжена, движется.



Закон изменения энергии.

$\Delta E = A_{непот.\ сил}$; $A_N = 0$

$\frac{mv_1^2}{2} - mgh = A_{тр}$

$N = mg\cos\alpha$; $h = L\cdot\sin\alpha$

Чистовик 8

$$A_{тр} = -\int_0^L \mu \frac{mg}{L}\cos\alpha \cdot x \cdot dx = \frac{-\mu mg}{L}\cos\alpha \frac{x^2}{2}\Big|_0^L = -\frac{\mu mg}{L}\cos\alpha\frac{L^2}{2} =$$

$$= -\frac{\mu mg\cos\alpha L}{2}$$

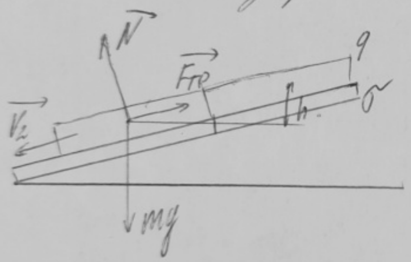
$$\frac{mV_1^2}{2} - mgh = \frac{\mu mg\cos\alpha L}{2}$$

$$V_1^2 = 2gh - \mu_1 gL\cos\alpha$$

$$V_1^2 = 2gL\sin\alpha - \mu gL\cos\alpha$$

$$V_1^2 = gL(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

3) Пластина заряжена, движется.



На пластину дополнительно действует электрическая сила.
$F = q \cdot E \cdot$ (E - напряжённость поля, созданного плитой)

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow F = \frac{q\cdot\sigma}{2\varepsilon_0}.$$

Закон изменения энергии:

$\Delta E = A_{неп.сил.}$ $\quad A_N = 0$, $A_F = 0$

$$\frac{mV_2^2}{2} - mgh = A_{тр}$$

$$N = mg\cos\alpha - F$$

$$A_{тр} = -\int_0^L \mu\left(\frac{m}{L}xg\cos\alpha - F\right)dx = -\frac{\mu mg\cos\alpha}{L}\frac{x^2}{2}\Big|_0^L + Fx\Big|_0^L =$$

$$= -\frac{\mu mg\cos\alpha L}{2} + FL$$

$$\frac{mV_2^2}{2} - mgh = -\frac{\mu mg\cos\alpha L}{2} + FL$$

$$V_2^2 - 2gh = -\mu g\cos\alpha L + \frac{2FL}{m}$$

$$V_2^2 = 2gL\sin\alpha - \mu g\cos\alpha L + \frac{2FL}{m}$$

Чистовик. 9

$$V_2^2 = gL(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha) + \frac{2FL}{m}.$$

$$\frac{V_2^2}{V_1^2} = 1 + \frac{2FL}{m}\,\frac{1}{gL(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{2\cdot q\sigma}{2\varepsilon_0 m}\,\frac{1}{g(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{q\sigma}{\varepsilon_0 m}\left(\frac{1}{g(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}\right)}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{3\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{-6}}{9\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}1}\cdot\frac{1}{10\left(2\cdot\sin\alpha - \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\cos\alpha\right)}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{2\sin\alpha - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{3}}}}$$

при $\alpha = \alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$

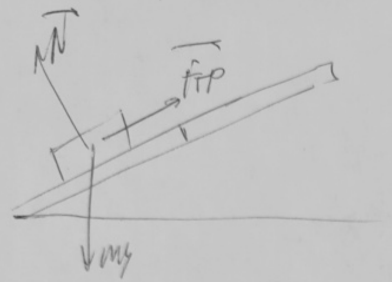
$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{2\cdot\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3}}}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1+2} = \sqrt{3}.$$

Ответ: $\dfrac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \dfrac{1}{2\sin\alpha - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{3}}}}$

$\alpha = \alpha_{\text{пр}}$ $\quad \dfrac{V_2}{V_1} = \sqrt{3}.$

Черновик 10

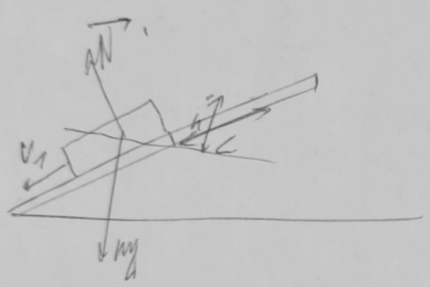
незар.



$$\begin{cases} mg\cos\alpha_{пр} = N. \\ mg\sin\alpha_{пр} = F_{тр} = \mu N. \end{cases}$$

$mg\sin\alpha_{пр} = \mu\, mg\cos\alpha_{пр} \Rightarrow$

$\Rightarrow tg\,\alpha_{пр} = \mu \Rightarrow \mu = \frac{1}{\sqrt{3}}.$



$\frac{mV_1^2}{2} - mgH = A_{тр}.$

$N = mg\cos\alpha;\ h = L\sin\alpha;$

$A_{тр} = -\int_0^L \mu\frac{mg}{L}\cos\alpha\, x\,dx = -\frac{\mu mg}{L}\cos\alpha\frac{x^2}{2}\Big|_0^L =$

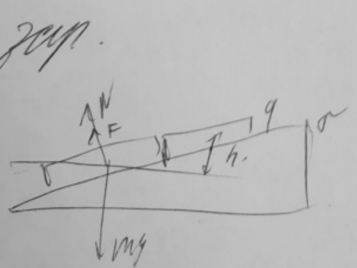
$= -\frac{\mu mg}{L}\cos\alpha\frac{L^2}{2} = -\frac{\mu mg\cos\alpha L}{2}$

$\frac{mV_1^2}{2} - mgh = -\frac{\mu mg\cos\alpha L}{2}$

$V_1^2 = 2gh - \mu gL\cos\alpha.$

$V_1^2 = 2gL\sin\alpha - \mu gL\cos\alpha \Rightarrow V_1^2 = gL(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

зар.



$F = qE$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow F = \frac{q\sigma}{2\varepsilon_0}.$

$$\begin{cases} \frac{mV_1^2}{2} = A_{тр} + mgh. \\ N = mg\cos\alpha - F \end{cases}$$

Черновик. 11

$$A_{тр} = -\int_0^l \mu\left(\frac{m}{l}xg\cos\alpha - F\right)dx = -\frac{\mu mg\cos\alpha}{l}\frac{x^2}{2}\Big|_0^l + Fx\Big|_0^l =$$

$$= -\frac{\mu mg\cos\alpha\, l}{2} + Fl.$$

$$\frac{mV_2^2}{2} - mgh = -\frac{\mu mg\cos\alpha\, l}{2} + Fl$$

$$V_2^2 - 2gh = -\mu g\cos\alpha\, l + \frac{2Fl}{m}$$

$$V_2^2 = 2gl\sin\alpha - \mu g\cos\alpha\, l + \frac{2Fl}{m}$$

$$V_2^2 = gl(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha) + \frac{2Fl}{m}$$

$$\frac{V_2^2}{V_1^2} = 1 + \frac{2Fl}{m}\cdot\frac{1}{gl(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{q\sigma}{\varepsilon_0 m}\,\frac{1}{g(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{q\sigma}{\varepsilon_0 m}\,\frac{1}{g(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{3\cdot10^{-6}\cdot3\cdot10^{-6}}{9\cdot10^{-12}\cdot0{,}1}\cdot\frac{1}{10(2\sin\alpha - \frac{1}{\sqrt{3}}\cos\alpha)}}$$

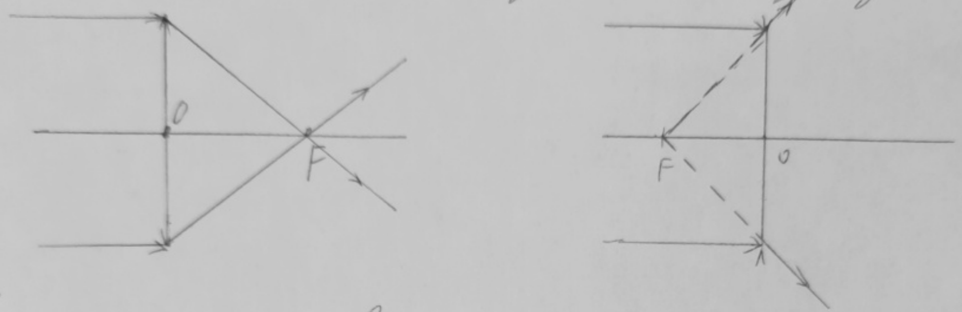
$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{2\sin\alpha - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{3}}}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1+2} = \sqrt{3}.$$

Чистовик. 12

№4.3.1.

Вопрос:

Фокусное расстояние (OF) тонкой линзы это расстояние от оптического центра линзы до её фокуса



Оптическая сила (D) ~~это величина~~ тонкой линзы это величина обратная фокусному расстоянию

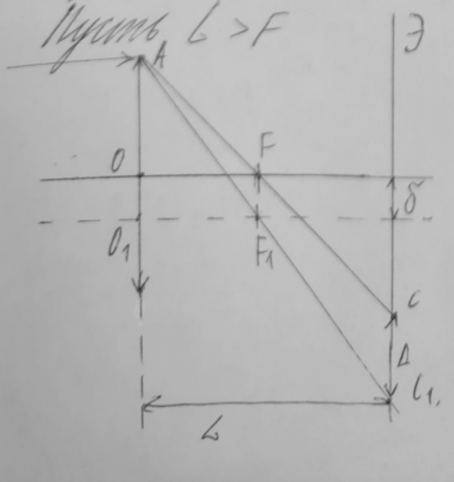
$D = \frac{1}{F}$ $[D] = \frac{1}{м} = 1$ дптр.

$D > 0$ линза собирающая

$D < 0$ линза рассеивающая

Задача:

Пусть $L > F$



Луч идущий параллельно главной оптической оси после линзы идёт через фокус.

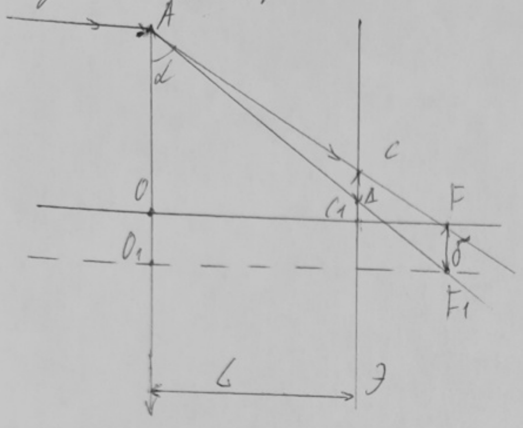
$\Delta AFF_1 \sim \Delta ACC_1$, т.к. три угла равны.

$\frac{AF}{AC} = \frac{FF_1}{CC_1} \Rightarrow \frac{AF \cdot \sin\alpha}{AC \cdot \sin\alpha} = \frac{FF_1}{CC_1} \Rightarrow \frac{OF}{L} = \frac{FF_1}{CC_1}$

$\frac{F}{L} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta L}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{0{,}5 \cdot 20}{1} = 10$ см

Чистовик. 13

Пусть $L < F$



$\triangle ACC_1 \sim \triangle AFF_1$

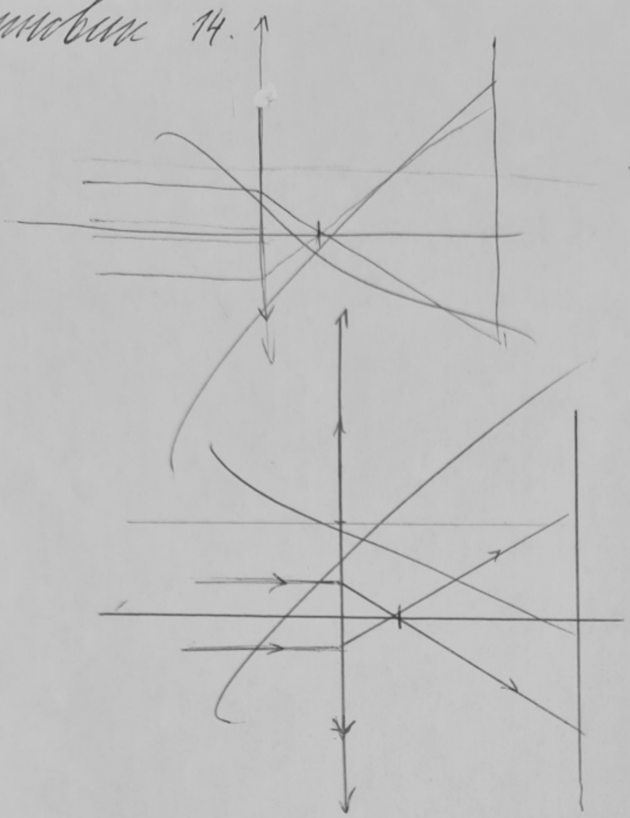
$$\frac{AF}{AC} = \frac{FF_1}{CC_1}$$

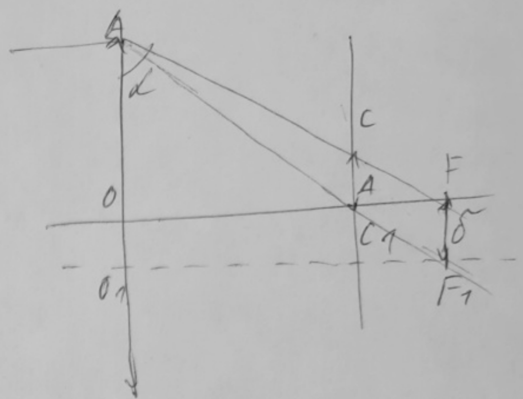
$$\frac{AF \sin\alpha}{AC \sin\alpha} = \frac{FF_1}{CC_1} \Rightarrow \frac{OF}{L} = \frac{FF_1}{CC_1}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta L}{\Delta} = 10 \text{ см}$$

Ответ: $F = 10$ см.

Черновик 14.





$\Delta ACC \sim \Delta AFF_1.$

$$\frac{AF}{AC} = \frac{FF_1}{CC_1.}$$

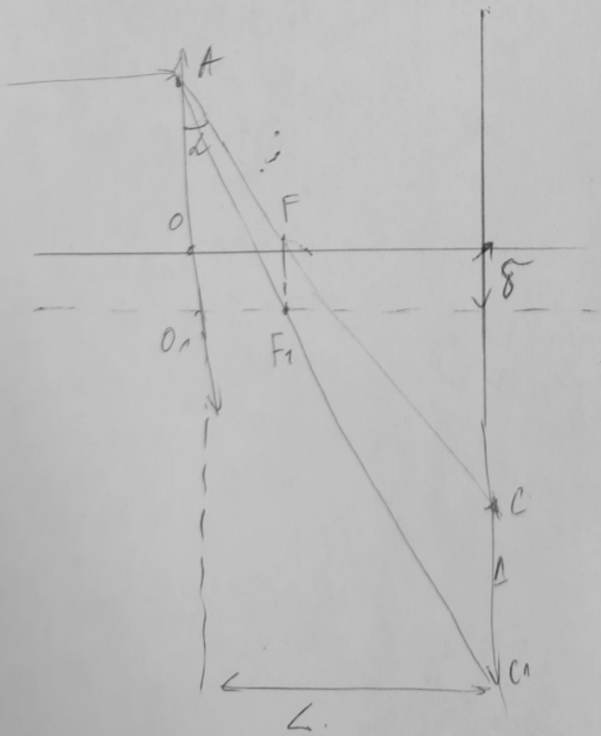
$$\frac{AF\sin\alpha}{AC\sin\alpha} = \frac{FF_1}{CC_1}$$

$$\frac{OF}{L} = \frac{FF_1}{CC_1.}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta L}{\Delta} =$$

$= 10$ см.

$F = 10$ см



$\Delta AFF_1 \sim \Delta ACC_1$

$$\frac{AF}{AC} = \frac{FF_1.}{CC_1.}$$

$$\frac{AF\sin\alpha}{AC\sin\alpha} = \frac{FF_1}{CC_1.}$$

$$\frac{OF}{L} = \frac{FF_1}{CC_1.}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta L}{\Delta}$$

$$F = \frac{0{,}5 \cdot 20}{1} = 10$$

Оценка не изменена

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников «Ломоносов». Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова академику В.А. Садовничему ученика 10 в класса, МБОУ ИСГЛ "Школа-30", города Ижевска Новикова Клима Андреевича.

апелляция

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы (83) за мою работу заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что 1, 2, 4 задачи решены полностью правильно, а 3 задача решена частично правильно, также считаю что мои ответы на теорию полностью верны.

Дата
25.03.2022

Подпись