



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Загороднюк Владислав Витальевич**

Класс: 11

Технический балл: **92**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9061484

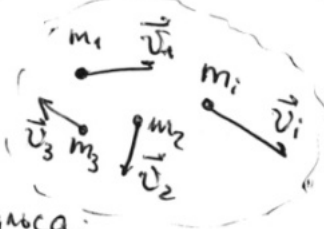
	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	92
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	

Умножен

①

1.3.1 Вопросы: как определяются импульсы системы материальных точек? Сформулируйте закон сохранения импульса.

Если есть система материальных точек: массами m_1, m_2, \dots, m_i , движущихся со скоростями $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_i$, то импульс системы определяется как $\vec{P}_\Sigma = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_i \vec{v}_i = \sum_{i=1} m_i \vec{v}_i$



Закон сохранения импульса:

Если на систему не действуют внешние силы или равнодействующая этих сил равна нулю, то импульс системы сохраняется.

Задача



В установленном состоянии человек движется со скоростью v :

$$\text{з.с.д.: } N \Delta t = \mu \frac{M}{n} g \Delta x \Rightarrow N = \frac{\mu M g v}{n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{n N}{\mu M g}$$

Пусть в момент когда закончилась прокатывание доска движется со скоростью \vec{U} .

Тогда, по закону сохранения импульса для всей системы: (сила трения в ней внутренняя, а трения между доской и ногой нет)

$$0 = m \vec{v} + M \vec{U} = \frac{M}{n} \vec{v} + M \vec{U} \Rightarrow \vec{U} = -\frac{\vec{v}}{n}$$

На протяжении всего прокатывания, со скоростью колёс автомобиля не доску действовала сила трения скольжения $F_{тр} = \mu mg = \mu Mg/n$, которая и разогнала доску до скорости U . Запишем з.с.д.:

$$A_{тр} = \frac{M U^2}{2} \Rightarrow \frac{\mu M g}{n} \cdot x = \frac{M \cdot U^2}{2}$$

Умножен

(2)

в этой формуле; x - искомого численное.

$$\text{Тогда: } \frac{\mu M g x}{n} = \frac{M}{2} \cdot \frac{v^2}{n^2} \Rightarrow x = \frac{v^2}{2 \mu g n} = \frac{n^2 N^2}{\mu^2 M^2 g^2 \cdot 2 \mu g n} =$$

$$= \boxed{\frac{n N^2}{2 \mu^3 g^3 M^2} = x} = \frac{3 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,3^3 \cdot 10^3 \cdot 1^2} = \frac{6}{27} \approx \left(\frac{2}{9}\right) \approx$$

$$\approx \boxed{0,22 \text{ м}} = \boxed{22 \text{ см}}$$

Ответ: 22 см

Уравнение

$$\frac{1}{10} \cdot \left(\frac{10^5}{10^5 - 5000} - 1 \right)$$

100000

0,0005026 m =

= 0,50 mm

100000 - 5000 =

= 95000

$$\frac{100000}{95000}$$

$$\frac{1}{1 - 50000}$$

$$\frac{100000}{99500}$$

$$\frac{100000}{95000} = 1,0526$$

$$\frac{500000}{475000}$$

$$\frac{250000}{190000}$$

$$\frac{600000}{570000}$$

$$\frac{300000}{300000}$$

0,005



$$N = \mu mg v$$

$$N \Delta t = \mu mg x$$

$$v = \omega R$$

$$a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F - \mu g}{m}$$

t =

$$\mu mg \cdot \frac{\beta t^2}{2} \cdot R = m v^2$$

$$\mu g \frac{\beta t^2}{2} R = \frac{\beta t^2}{2} R^2$$

$$\beta R = \mu g = a$$

$$\frac{M}{n} v = M u$$

$$\frac{M u^2}{2} + \mu mg x + \frac{M^2}{2n^2} v^2 = N t$$

$$v = \mu g t$$

$$t = \frac{v}{\mu g}$$

$$\frac{M u^2}{2} = \mu mg x$$

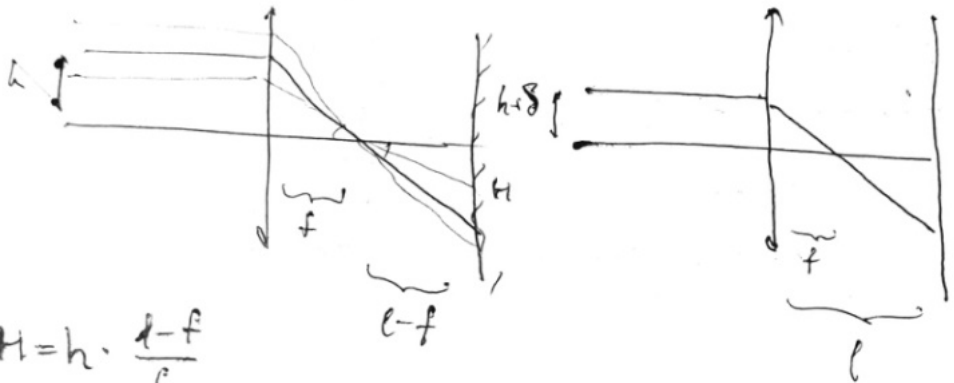


Уравнения

$$\frac{1}{10} \left(\frac{100000}{100000 - 5000} - 1 \right) \cdot 10 = \frac{100000}{995000} - \frac{1}{10} \approx 0,00005$$

$$\begin{array}{r} 1000000 \overline{) 995000} \\ - 995000 \overline{) 0,10005002} \\ \hline 500000 \\ - 4975000 \\ \hline 2500000 \end{array}$$

$$\frac{\sin 30}{\cos 30} = \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



$$H = h \cdot \frac{l-f}{f}$$

$$(H + \Delta) = (h + \delta) \cdot \frac{l-f}{f}$$

$$\begin{aligned} (H + \Delta) &= (h + \delta) \\ (H - \Delta) &= (h - \delta) \end{aligned}$$

$$\frac{H + \Delta}{h + \delta} = \frac{H}{h}$$

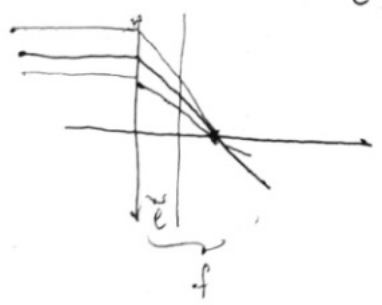
$$Hh + \Delta h = Hh + \delta H$$

$$\boxed{\frac{\Delta h}{\delta} = \frac{H}{h}}$$

H =

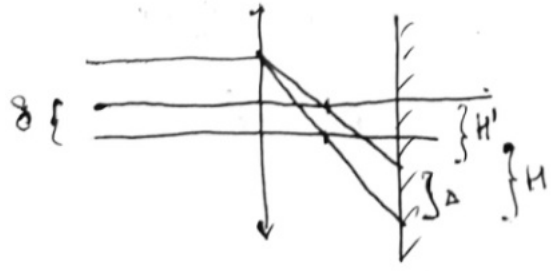
$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{l-f}{f} \Rightarrow f = \left(\frac{\Delta}{\delta} + 1 \right)^{-1} \cdot l$$

$$\boxed{f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta + \delta}} = 20 \cdot \frac{0,5}{1,5} = \frac{20}{3}$$



$$\frac{f-l}{f} = \frac{H + \Delta}{h + \delta} = \frac{H}{h}$$

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{H}{h}$$



$$1 - \frac{0,5}{1,5} = \frac{l}{f}$$

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{f-l}{f}$$

$$1 - \frac{\Delta}{\delta} = \frac{l}{f}$$

$$H' - \delta = H - \Delta$$

Черувек

$$\frac{M}{h} v = M\omega \quad N = \mu mg v$$



$$\mu mg v = N$$

$$M \frac{L}{2} = \frac{m x + M \frac{L}{2}}{m + M}$$

$$\mu mg x = \frac{M\omega^2}{2}$$

$$M\omega = \frac{M}{h} v$$

$$N = \mu mg v = \frac{\mu Mg v^2}{h}$$

$$x = \frac{M\omega^2 h}{2\mu Mg} = \frac{h}{2\mu g} \cdot \frac{v^2}{h^2} = \frac{v^2}{2\mu g h} =$$

$$= \frac{h^2 N^2}{2\mu g h \cdot \mu^2 g^2 M^2} =$$

$$= \frac{h N^2}{2 M^2 g^3 \mu^3} = \frac{3 \cdot 4}{2 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 0,3^3} =$$

$$= \frac{6}{27} \text{ м}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} + 1 =$$

$$\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)^2$$

$$\begin{array}{r} 20 \overline{) 9} \\ -18 \\ \hline 20 \overline{) 0,2} \end{array}$$

Числовик

2.2.1

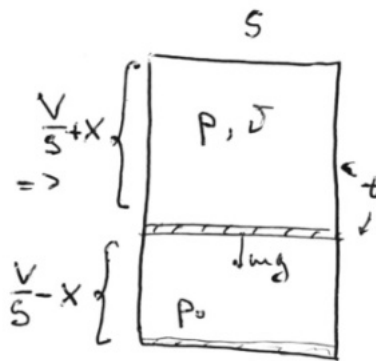
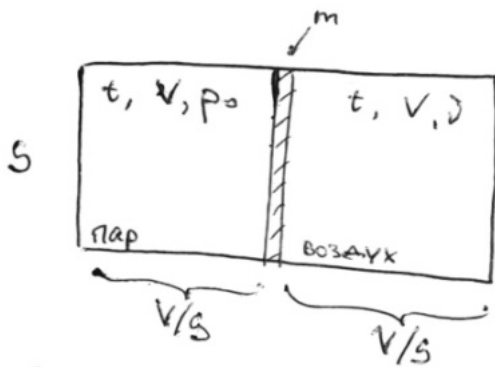
Вопросы: Дайте определения влажности и относительной влажности воздуха.

Влажность воздуха - плотность водяных паров, содержащихся в воздухе.

Относительная влажность воздуха - отношение давления воздуха к давлению насыщенного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{н.п.}(t)}$$

Задача



как известно, при $t = 100^\circ\text{C}$ давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному, т.е. $10^5 \text{ Па} = p_0$.

Известно, т.к. поршень находится в созу горизонтальн, давление везде p_0 (при увеличении объема)

Т.к. температуру в сосуде поддерживают неизменной, то давление насыщенного пара останется постоянным (p_0) при повороте цилиндра так, что пар не выходит под поршнем объем инициальной полости увеличивается на $x \cdot S$ из-за того пар, который был насыщенным конденсируется, но давление остаётся равным p_0 .

Тогда давление p в ^{стекле} сосуде над поршнем равно: $p = p_0 - \frac{mg}{S}$

Затем У.С.И.Г. где v объем воздуха в обоих случаях:

- горизонтальное положение: $p_0 V = \nu R T$
- вертикальное положение: $p (V + xS) = \nu R T$

$$\Rightarrow p_0 V = (p_0 - \frac{mg}{S}) (V + xS) \Rightarrow x = \left(\frac{p_0 V}{(p_0 - \frac{mg}{S})} - V \right) \cdot \frac{1}{S}$$

$$= \left(\frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 - \frac{5 \cdot 10}{0,01}} - 10^{-3} \right) \cdot \frac{1}{0,01} \approx 50 \text{ мм} (\approx 0,005 \text{ м}) \approx 0,50 \text{ см}$$

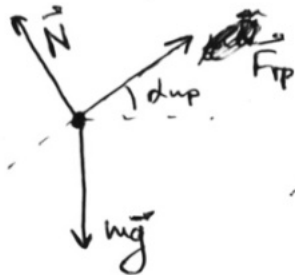
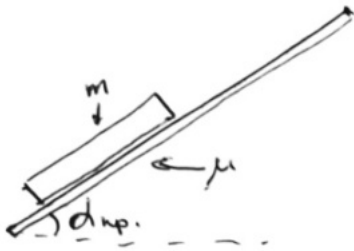
Ответ: 0,50 мм

3.5.1 Задача:

Числовик

(5)

Условие покоя незарезанной пластинки на шероховатой расщелиннице:



$\sum \vec{F} = 0$

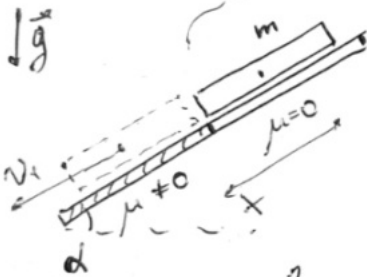
составим векторный треугольник сил:

$\vec{F}_{тр} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$ в предельном случае, когда угол наклона равен $d_{шп}$: $F_{тр} \rightarrow \max$, т.е.

$F_{тр} = \mu N$

Тогда $\text{tg } d_{шп} = \frac{F_{тр, \max}}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu \Rightarrow \boxed{\mu = \text{tg } d_{шп} = \frac{\sqrt{3}}{3}}$

I) Возьмем за l длину пластинки. После отпущения пластинки она начнет скользить по наклонной, но условию, её скорость в момент, когда она полностью на шероховатой поверхности равна v_1 .

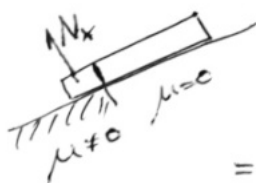


Запишем Э.С.Э.: $mg l \cdot \sin \alpha = \frac{mv_1^2}{2} + A_{тр_1}$

где $A_{тр_1}$ - работа силы трения - интегральная сумма малых работ силы трения $dA_{тр}$.

Т.к. $F_{тр_1} = \mu N(x)$ - зависит от положения пластинки, то $F_{тр_1}(x) \neq \text{const}$, она также зависит от координаты x .

Найдем зависимость $F_{тр_1}(x)$: $N(x) = \frac{mg \cos \alpha \cdot x}{l}$ - т.к. масса распределена равномерно



$F_{тр_1}(x) = \mu \cdot \frac{mg \cos \alpha \cdot x}{l} \Rightarrow dA_{тр_1} = F_{тр_1}(x) dx$

$\Rightarrow A_{тр_1} = \int_0^l dA_{тр_1}(x) = \int_0^l \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} \cdot x dx = \boxed{\frac{\mu mg \cos \alpha \cdot l}{2}}$

Умножен

(7)


Умножен:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m v_1^2}{2} = mgl \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right) \\ \frac{m v_2^2}{2} = l \left(mg \sin \alpha - \frac{\mu (mg \cos \alpha - \frac{qQ}{2\epsilon_0})}{2} \right) \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right) + \frac{\mu q Q}{4\epsilon_0}}{mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)} = 1 + \frac{\mu q Q}{4\epsilon_0 \cdot mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}$$

Тогда:

v_2
 v_1



$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu q Q}{4mg\epsilon_0 \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}}$$

где $\mu = \tan \alpha_{\text{тр}}$, $\alpha = \alpha_{\text{тр}}$

! бо иначе раз
 v_1 меньше v_2

Тогда получаем:

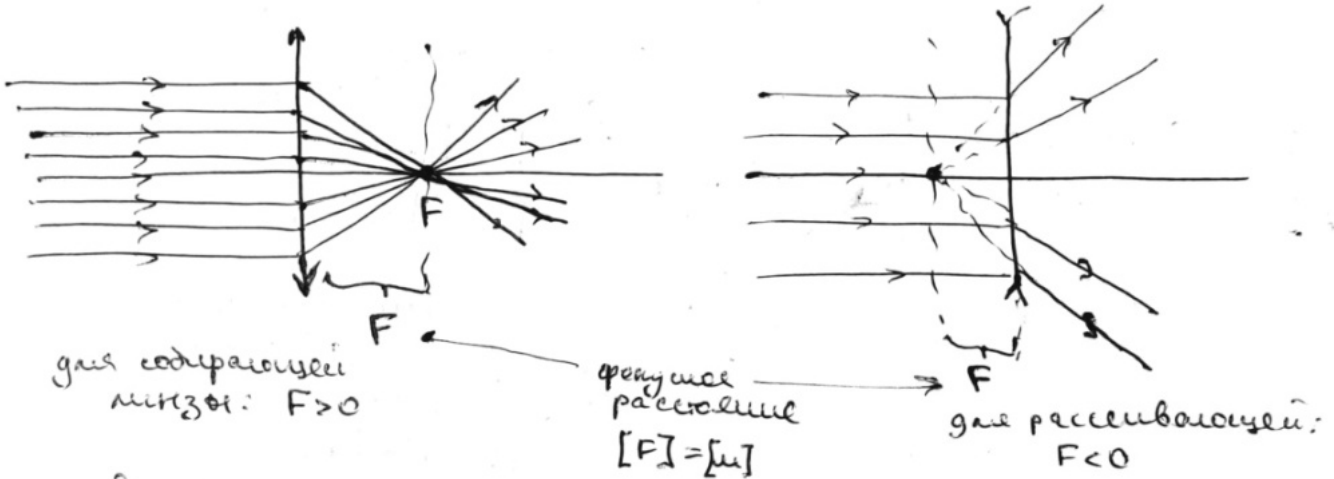
$$k = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot \left(\sin 30 - \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\sin 60}{2} \right)}}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{3\sqrt{3}}{4 \cdot (0,5 - 0,25) \cdot 9}} = \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}} = k$$

Ответ: v_1 меньше v_2 в $\sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}}$ раз

4.3.1 Вопросы:

Фокусное расстояние тонкой линзы — расстояние от ~~глав~~ оптического центра линзы до точки на её главной оптической оси, в которой ~~собираются~~ собираются лучи, пущенные параллельно главной оптической оси (или их продолжения):



для собирающей линзы: $F > 0$

фокусное расстояние $[F] = [f]$

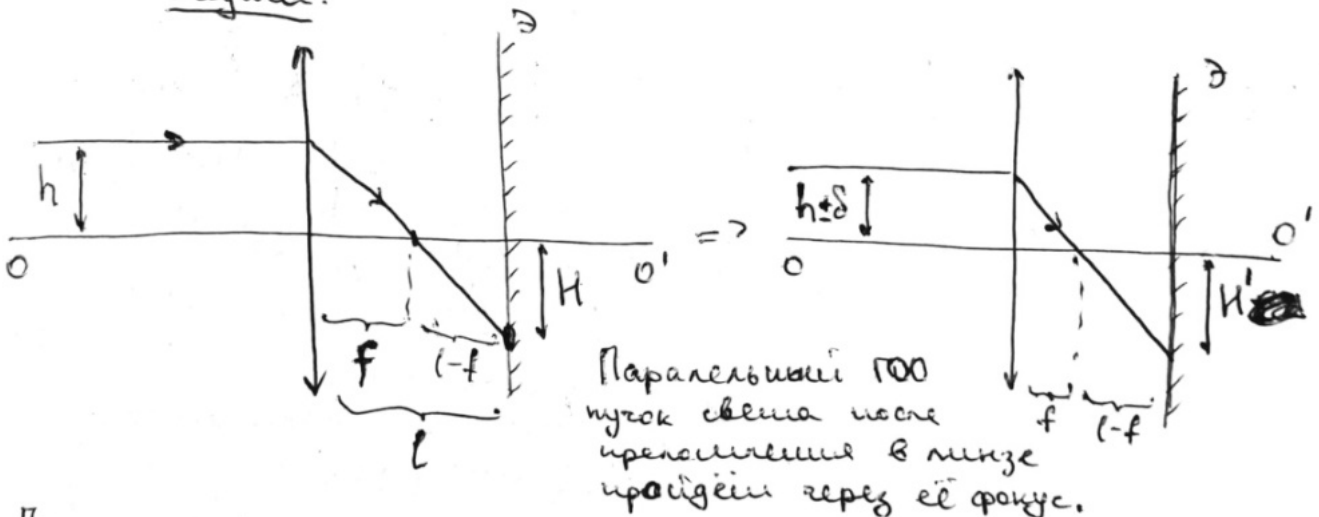
для рассеивающей: $F < 0$

Оптическая сила тонкой линзы — величина, обратная фокусному расстоянию: $D = \frac{1}{F}$

для собирающей линзы: $D > 0$
для рассеивающей: $D < 0$

$[D] = [m^{-1}] = [дптр] = (диоптрия)$

Задача:



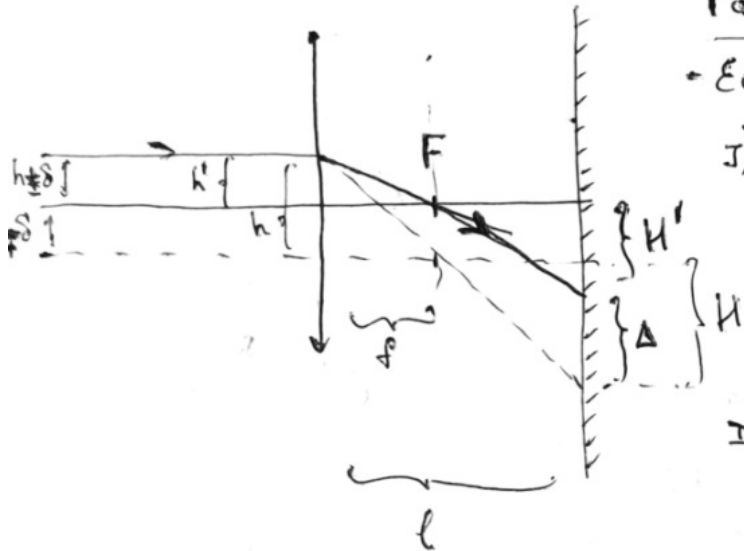
Параллельный пучок лучей света после преломления в линзе пройдет через её фокус.

Пусть изначальной пучок параллельных пучков лучей пройдет на расстоянии h от $\Gamma O O$, после преломления линзы на величину δ (либо ~~вверх~~ вниз, либо ~~вверх~~) он стал проходить на расстоянии $h \pm \delta$ (в зависимости от направления света линзы) от $\Gamma O O$.

Числовик

9

Тогда, если изначально лучи падают в точку ~~на~~ экрана, расположенную на расстоянии H от ПОО, то после свива они падают в точку на расстоянии H'



Рассмотрим случай $l > f$:

- Если свивнули вверх:
(к нулю лучей)

$$I) \begin{cases} h' = h - \delta \\ H' = H + \delta - \Delta \end{cases}$$

- Если свивнули вниз:
(от нуля лучей)

$$II) \begin{cases} h' = h + \delta \\ H' = H - \delta + \Delta \end{cases}$$

Случаи I и II можно объединить:

если $l > f$:

$$h' = \pm \delta + h$$

$$H' = \pm (\Delta - \delta) + H$$

Изначальному положению можно записать:

$$\frac{H}{h} = \frac{l-f}{f}$$

После свива линзы:

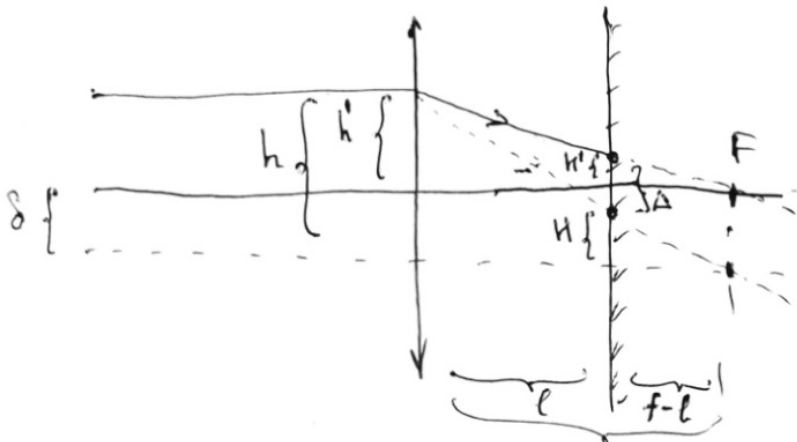
$$\frac{H'}{h'} = \frac{l-f}{f}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда: } \frac{H'}{h'} = \frac{H}{h} &\Rightarrow \frac{H \pm (\Delta - \delta)}{h \pm \delta} = \frac{H}{h} \Rightarrow \pm h (\Delta - \delta) = \pm H \cdot \delta \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{\pm (\Delta - \delta)}{\pm \delta} = \frac{\Delta - \delta}{\delta} = \\ &\Rightarrow \frac{l-f}{f} = \frac{\Delta - \delta}{\delta} \Rightarrow \frac{l}{f} = \frac{\Delta}{\delta} \Rightarrow \boxed{f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta}} = 20 \cdot \frac{0,5}{1} = \boxed{10 \text{ см}} < l = 20 \text{ см} \end{aligned}$$

т.к. выполняется условие рассматриваемого случая ($l > f$, то такое f существует)

Условием

(10)

Рассмотрим случай $l \leq f$:Анализом:

- если объект выше:

$$\begin{cases} h' = h - \delta \\ H' = H + \Delta - \delta \end{cases}$$

- если объект ниже:

$$\begin{cases} h' = h + \delta \\ H' = H + \delta - \Delta \end{cases}$$

Подобие треугольников:

$$\text{до: } \frac{h}{H} = \frac{f}{f-l}$$

$$\text{после: } \frac{h'}{H'} = \frac{f}{f-l}$$

$$\Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{h'}{H'} \Rightarrow \pm \delta H = \pm h(\delta - \Delta) \Rightarrow$$

$$\frac{f-l}{f} = \frac{\delta - \Delta}{\delta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{l}{f} = \frac{\Delta}{\delta} \Rightarrow \boxed{f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta}} =$$

$$= 20 \cdot \frac{0,5}{1} = \boxed{10 \text{ см}} < l = 20 \text{ см}$$

но в рассмотренном случае $l \leq f \Rightarrow$ значения не выполняются при заданных в условии Δ и δ .

- (в соответствии с первым рассмотрением)

Тогда $\boxed{f = 10 \text{ см} = l \cdot \frac{\delta}{\Delta}}$

Откуда: $\boxed{f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}}$