



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Чибухчян Давид Эдуардович**

Класс: 11

Технический балл: **88**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

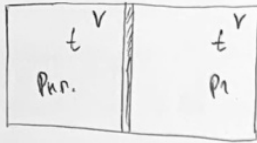
ШИФР РАБОТЫ 9939075

	1	2	3	4	Σ
Задача	7	15	12	14	88
Вопрос	10	10	10	10	

Условие

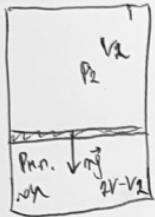
Задача 2.7.1

Дано: m, V_1, t, S, P_0 .



Когда цилиндр находится в горизонтальном положении, давление воздуха и над поршнем, т.к. поршень находится.

$\Rightarrow P_{н.п.} = P_1$, т.к. поршень находится.



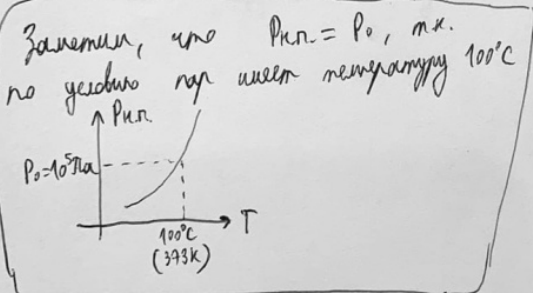
Поскольку поршень находится, то при увеличении его объема он начнет конденсироваться при тех же параметрах $P_{н.п.}$. В состоянии равновесия: $P_2 + \frac{mg}{S} = P_{н.п.}$, где P_2 - давление воздуха.

для воздуха справедливо:

$P_1 V = \nu R T$
 $P_2 V_2 = \nu R T \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V}$

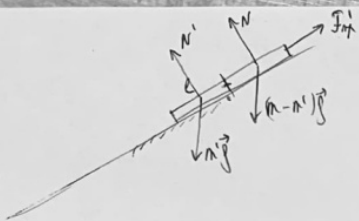
$P_2 + \frac{mg}{S} = P_{н.п.}$
 $\Rightarrow P_2 = P_{н.п.} - \frac{mg}{S}$
 $P_1 = P_{н.п.}$ (по ранее полученному)

$\Rightarrow \frac{P_{н.п.}}{P_{н.п.} - \frac{mg}{S}} = \frac{V_2}{V}$
 $V_2 = \frac{P_{н.п.}}{P_{н.п.} - \frac{mg}{S}} \cdot V = \frac{10^5}{10^5 - \frac{5 \cdot 10}{9.81}} V =$
 $= \frac{10^5}{10^5 - 5 \cdot 10^3} V = \frac{10^5}{95000} V = \frac{100}{95} V$



$\Delta V = V_2 - V = \frac{100}{95} V - V = \frac{5}{95} V = \frac{V}{19} = \frac{S \pi r^2 h}{19}$
 $\pi = \frac{V}{19 S} =$
 $= \frac{0.001 \text{ м}^3}{19 \cdot 0.01 \text{ м}^2} = \frac{1}{190} \text{ м}$

Ответ: $\frac{1}{190} \text{ м}$.



$m = L$
 $m' = l \quad m' = \frac{m l}{L}$ *непродвиж*
 $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$
 $g \sin \alpha - \mu \frac{L}{L} g \cos \alpha = a$

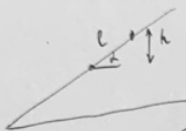
$l \uparrow \Rightarrow F_f \uparrow \Rightarrow a \downarrow$

$F_f \sim l$

$dl = v dt$
 $l = \int v dt$

$a = \frac{dv}{dt}$

$-\mu \frac{dl}{L} g \cos \alpha = -\mu \frac{v dt}{L} g \cos \alpha$



$\sin \alpha = \frac{h}{l}$
 $h = l \sin \alpha$

$g \sin \alpha - (\mu \frac{l}{L} g \cos \alpha + \mu \frac{dl}{L} g \cos \alpha) = a$

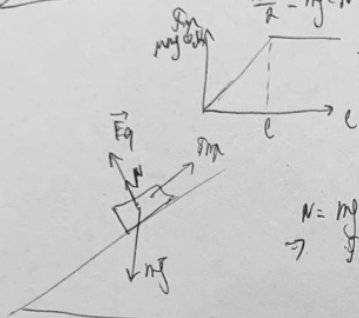
$g \sin \alpha - \frac{\mu g \cos \alpha}{L} \cdot \int_0^l v dt = a$

$\frac{v^2}{2} - mg \sin \alpha = \dots$

$-A_{fr} = \frac{\mu g \cos \alpha l}{2}$

$v^2 = \mu g \cos \alpha l$

$v^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l$



$N = mg \cos \alpha - F_{eq}$
 $\Rightarrow F_f = \mu mg \cos \alpha - \mu F_{eq}$

$v^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l + \mu F_{eq} l$

$(\frac{v^2}{2})' = \dots = \frac{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \mu F_{eq}}{m}$

$\alpha'' + k\alpha = 0$

$v'' + \frac{\mu g \cos \alpha}{L} v = 0$

$v = A \sin(\omega t + \varphi_0)$



$da = -\frac{\mu g \cos \alpha}{L} dl \quad | : dt$

$\frac{da}{dt} = -\frac{\mu g \cos \alpha}{L} \cdot v$

$\ddot{v} = -\frac{\mu g \cos \alpha}{L} v$

$\frac{dv'}{dt} = kv$

$\frac{dv'}{v} = k dt$

$\frac{d(\frac{dv'}{dt})}{v} = k dt$

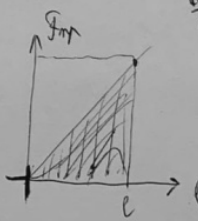


$\alpha' = k\alpha$

$\frac{d\alpha}{dt} = k\alpha$

$\frac{d\alpha}{\alpha} = k dt$

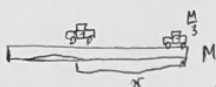
$\alpha'' + \omega^2 \alpha = 0$



$F_f \sim m' \cdot l$

$\frac{191 \cdot 4}{37 \cdot \frac{27}{1000} \cdot 1000}$

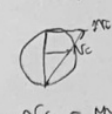
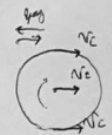
N, μ Чепухов



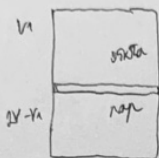
$F_{fr} = \mu N = \mu mg = \text{const} \cdot F_{norm} = \mu mg$

$F_{fr} = \mu N = \mu mg = \text{const} \cdot \sqrt{V}$
 $\Rightarrow \sqrt{V} = \frac{\mu mg}{\text{const}}$

$A_{fr} = F_{fr} \cdot x$



$\sqrt{F_{fr}} > N_{c} - \text{механическая}$



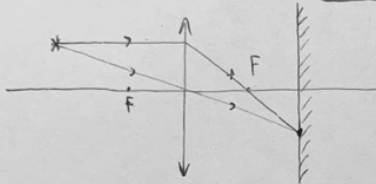
$\frac{mV}{S} + P_{atm} = P_{ext}$

$P_0 V = \nu RT$
 $P_1 V_1 = \nu RT$

$-\frac{5.10}{0.01} + 10^5 = -6000 + 100000 = 95 \times 10^3$

$\frac{P}{P_1} = \frac{V_1}{V}$

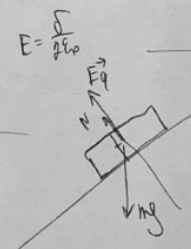
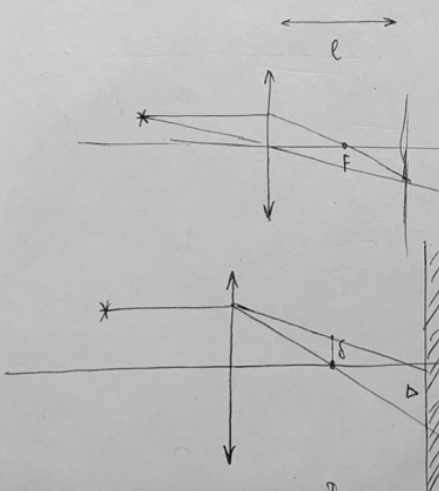
$\frac{100}{95} = \frac{V_1}{V}$



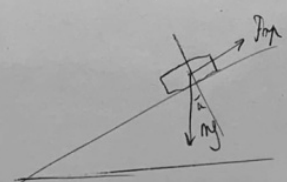
$F = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$\Rightarrow \Delta V = \frac{V}{10}$

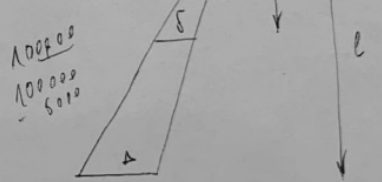
$\Delta h = \frac{V}{1.95} = \frac{0.001 \cdot 10^3}{1.9 \cdot 0.01} = \frac{100}{19} \mu\text{m} = \frac{1}{190} \mu\text{m}$



$\frac{M}{3} v = Mu$
 $\frac{Mv^2}{6} + \frac{Mu^2}{2} = Nt$



$mg \sin \alpha = F_{fr} \mu mg \cos \alpha$
 $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$
 $\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{3}$

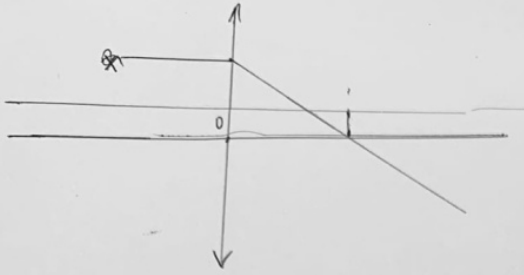


$m\vec{g} + \vec{F}_{fr} + \vec{N} = m\vec{a}$
 $m\vec{g} \sin \alpha + \vec{F}_{fr} = m\vec{a}$
 $m\vec{g} \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = m\vec{a}$

$\frac{F}{\delta} = \frac{l}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{l\delta}{\Delta} = \frac{20 \cdot 0.5}{1} = 10 \text{ N}$

11

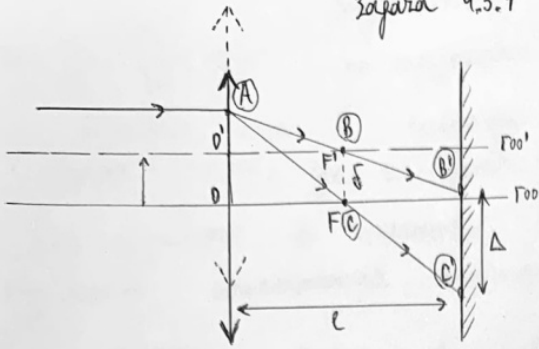
~~Учебник~~ Черковик
Задача 4.3.1



12

~~13~~

Чистовик
Задача 4.3.1



На рисунке пунктиром изображена линза и её Γ_{00} после перемещения на δ см перпендикулярно Γ_{00}

\Rightarrow фокус тоже сместился на δ см \perp перпендикулярно Γ_{00} .

Рассмотрим треугольники ABC и $AB'C'$:
 $\angle CAB$ - общий, $\angle ABC = \angle AB'C'$ (соответственные при параллельных прямых)

$\Rightarrow \triangle ABC \sim \triangle AB'C'$ (по двум углам),

и тогда коэффициент подобия k равен $k = \frac{BC}{B'C'} = \frac{\delta}{\Delta}$.

Допустим высота из вершины A этих треугольников. Высота в $\triangle ABC$ равна F (т.к. $\vec{F} \perp \vec{BC}$), в $\triangle AB'C'$ равна l (т.к. эркак параллельна плоскости линзы по условию).

Т.к. треугольники подобны, то соответствующие высоты относятся как коэффициент подобия $\Rightarrow \frac{F}{l} = k, k = \frac{\delta}{\Delta}$

$$\Rightarrow \frac{F}{l} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta l}{\Delta} = \frac{25 \cdot 20}{1} \text{ см} = 10 \text{ см}.$$

Ответ: 10 см.

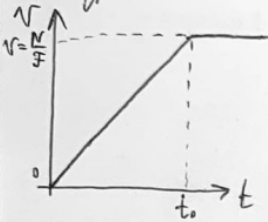
Числовик

Задача 1.3.1.

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{F \delta s}{dt} = Fv \quad - \text{по определению.}$$

Заметим, что в систему машинка-ролка-ленте развивается энергия $W = Nt$, где t - время.

Предполагаем с течением времени уменьшается \Rightarrow возрастает относительная скорость машинки (относительно ролика).



Скорость возрастает по мере пр, пока ускорение-зависимое прекратится.

Пусть оно прекратится в момент времени t_0 .

Заметим, что \mathcal{L} на систему машинка-ролка-ленте не действуют внешние силы \Rightarrow справедлив закон сохранения импульса.

$$\Rightarrow \frac{M}{3} \vec{v}_{\text{маш}} = -M \vec{v}_{\text{ролка}}$$

Скорость машинки абсолютная равна $v_{\text{машинки}} - v_{\text{ролка}}$.

Сформулируем ЗСИ на ОХ:

$$\frac{M}{3} (v_{\text{машинки}} - v_{\text{ролка}}) - M v_{\text{ролка}} = 0$$

$$\Rightarrow v_{\text{машинки}} - v_{\text{ролка}} = 3v_{\text{ролка}}$$

$$v_{\text{машинки}} = 4v_{\text{ролка}}$$

Пусть в момент времени t_0 машинка имеет \mathcal{L} скорость $v_{\text{машинки}}$.

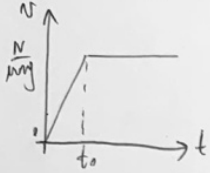
$$\text{Получа} \left\{ \begin{array}{l} v_{\text{машинки}} = 4v_{\text{ролка}} \\ \frac{M v_{\text{машинки}}^2}{3 \cdot 2} + \frac{M \cdot 4v_{\text{ролка}}^2}{2} = A_{\text{пр}} + N t_0 \end{array} \right.$$

$$N = Fv, \quad F_{\text{ролка}} = F_{\text{ролка}} = \mu mg \Rightarrow v = \frac{N}{\mu mg}$$

Плоская ~~плоская~~ Числовый

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{N}{\mu \pi y} = 4 \sqrt{p_{\text{max}}} \Rightarrow \sqrt{p_{\text{max}}} = \frac{N}{4 \mu \pi y} \\ \frac{M}{6} \cdot \frac{N^2}{\mu^2 \pi^2 y^2} + \frac{M}{2} \frac{N^2}{16 \cdot \mu^2 \pi^2 y^2} = -\mu \pi y \pi + N t_0 \end{array} \right. \quad (1)$$

где $n = \frac{M}{3}$



Значит за время t_0 максимальная скорость π достигнута

$$\Rightarrow \text{из уравнения скорости: } \pi = \frac{N t_0}{2} = \frac{N t_0}{2 \mu \pi y}$$

$$\text{отсюда } t_0 = \frac{2 \mu \pi y \pi}{N}$$

в (1)

$$\frac{M N^2 / 16}{6 \mu^2 \pi^2 y^2} + \frac{M N^2}{32 \mu^2 \pi^2 y^2} = -\mu \pi y \pi + N \cdot \frac{2 \mu \pi y \pi}{N}$$

~~19 MN^2~~

$$\frac{19 M N^2}{36 \mu^2 \pi^2 y^2}$$

$$\frac{19 M N^2}{36 \mu^2 \pi^2 y^2} = \mu \pi y \pi$$

$$19 M N^2 = 36 \mu^3 \pi^3 y^3 \pi$$

$$19 M N^2 = 36 \mu^3 y^3 \cdot \frac{M^3}{27} \pi$$

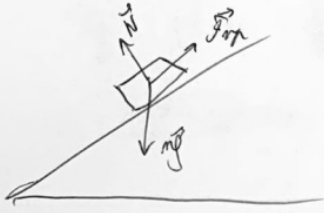
$$19 N^2 = \frac{32}{9} \mu^3 y^3 M^2 \pi$$

$$\Rightarrow \pi = \frac{191 N^2}{32 \mu^3 y^3 M^2} = \frac{191 \cdot 4}{32 \cdot \frac{22}{1000} \cdot 1000 \cdot 1} = \frac{191 \cdot 4}{32 \cdot 22} \text{ м} = \frac{19}{24} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \frac{19}{24} \text{ м}$$

(4)

Численно



Уг. скорости \Rightarrow угол $\alpha = 30^\circ$ $\vec{F}_R = \vec{0}$.

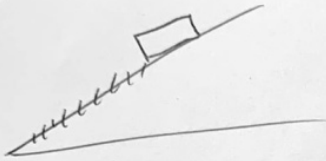
~~\Rightarrow $\mu \cos \alpha =$~~

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = F_{\text{тр}}$$

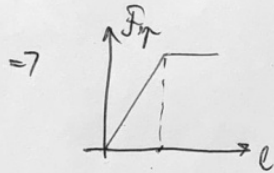
$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \mu = \tan \alpha = \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

2)



Занесем, что сила тяжести разлагается на две части: нормальную, направленную перпендикулярно к поверхности, и касательную к поверхности.



Занесем ЗЭЭ: $\frac{mv_1^2}{2} - mgh = A_{\text{тр}}$, $A_{\text{тр}} = \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2}$ (из задачи)

$$\Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = mgh - \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2}, \quad \mu = \tan \alpha$$

$$\frac{v_1^2}{2} = gl \sin \alpha - \frac{\mu g \cos \alpha l}{2}$$

$$v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l = l(2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)$$

2) Конденсатор имеет емкость $E = \frac{\delta}{2\epsilon_0}$.

\Rightarrow $F_{\text{эл}}$, действующая на пластину, равна $F_{\text{эл}} = \frac{\delta q}{2\epsilon_0}$ и направлена от пластины.

\Rightarrow б) закон сохранения энергии:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (mg \cos \alpha - F_{\text{эл}}) = \mu \left(mg \cos \alpha - \frac{\delta q}{2\epsilon_0} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} - mgh = A_{\text{тр}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - mgl \sin \alpha = - \left(\frac{\mu mg \cos \alpha l - \frac{\mu \delta q l}{2\epsilon_0}}{2} \right) \quad | \cdot \frac{4}{\mu}$$

5

Mencari

$$\frac{v_2^2}{2} = g l \sin \alpha + \frac{\delta g l \mu - \mu g \cos \alpha l}{2 \epsilon_0 m}$$

$$\cancel{v_2^2 = 2g l \sin \alpha} \quad v_2^2 = l (2g \sin \alpha + \frac{\delta g \mu - \mu g \cos \alpha}{\epsilon_0 m})$$

$$\Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{l (2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)}{l (2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{\delta g \mu}{\epsilon_0 m})} = \frac{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{\delta g \mu}{\epsilon_0 m}}$$

$$\Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{\delta g \mu}{\epsilon_0 m}}} = 0,8$$

Jawab: $\approx 0,8$

6

Чистовик

Вопросы

1.3.1.

Импульсом материальной точки называют векторную величину, равную произведению массы точки на её скорость: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Импульсом системы материальных точек называют векторную сумму импульсов всех точек, входящих в систему:

$$\vec{P} = \sum \vec{p}_i = \sum m_i \vec{v}_i = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n.$$

Внутренние силы - силы взаимодействия между точками, входящими в систему.
Внешние силы - силы взаимодействия точек с телами, не входящими в систему.

Изменением импульса отдельной точки:

$$\Delta \vec{p}_i = (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) \Delta t, \text{ где } \vec{F}_i - \text{это внешние силы, действующие на эту точку.}$$

Сумму проинтегрировав $\sum \Delta \vec{p}_i$ получим суммарное изменение импульса системы:

$$\Delta \vec{P} = \sum \vec{F}_{\text{внешн}} \Delta t.$$

Закон сохранения импульса: если импульс внешних сил, приложенных к системе материальных точек, равен нулю, то импульс системы сохраняется: $\Delta P = 0$.

(следует из ранее доказанного закона изменения импульса).

~~###~~

2.2.1.

Влажность воздуха ρ - это масса водяных паров, содержащихся в воздухе, при данных условиях. [Влажность] = $[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, но также $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$.

Относительная влажность воздуха φ - это отношение парциального давления водяного пара P , содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению $P_{\text{н.п.}}$ насыщенного пара при той же температуре.

$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{н.п.}}} \cdot 100\% \quad \varphi = 100\%, \text{ когда пар насыщен.$$

$P_{\text{н.п.}}$ - зависит от $T \Rightarrow$ при увеличении T при некоторой температуре T_0 пар становится насыщенным.

T_0 - точка росы.

(9)

Числовик

Вопрос 3.5.1.

Когда на проводнике увеличивается заряд q , то прямо пропорционально заряду возрастает его потенциал φ . Отношение заряда проводника к его потенциалу не зависит от заряда, а определяется свойствами самого проводника, а точнее среды, в которой он находится.
 \Rightarrow характеристикой электрических свойств проводника, определяющей возможность накопления зарядов на нём, является ёмкость.

Ёмкость C — это коэффициент пропорциональности между зарядом, находящимся на этом проводнике, и его потенциалом.

$$C = \frac{q}{\varphi}, \quad [C] = \text{Ф} - \text{заряд}.$$

Ёмкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \quad \text{где } S - \text{площадь пластин, } d - \text{расстояние между пластинами,}$$

ϵ — диэлектрическая проницаемость диэлектрика, находящегося между обкладками конденсатора.

\Rightarrow ёмкости воздушного ~~конд~~ плоского конденсатора равна

$$C' = \frac{\epsilon_0 S}{d}.$$

$$C = \frac{q}{U_c}.$$

Ёмкостью 1 Фарад обладает такой плоский конденсатор, расстояние между обкладками которого равно 1В при соприкосновении обкладок разноименных зарядов 1Кл.

Чистовик

Вопросы

Ч.З.1.

Собирающая линза: если на тонкую собир. линзу направить пучок света, параллельный ГОО, то после преломления в линзе все лучи, образующие пучок, пройдут через одну и ту же точку на ГОО, которая называется главным фокусом собир. линзы.

Рассеивающая линза: если на тонкую расс. линзу направить пучок света, параллельный ГОО, то после преломления в линзе преломления всех лучей, образующих пучок, пройдут через одну и ту же точку на ГОО, которая называется главным фокусом расс. линзы. Главные фокусы расс. линзы являются мнимыми.

Фокусное расстояние — это расстояние от главного фокуса до линзы.

Оптическая сила тонкой линзы — величина, обратная фокусному расстоянию этой линзы.

$$D = \frac{1}{F} \quad [D] = \text{диоптрия}$$

1 диоптрия — это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием в один метр.

Оптическая сила собирающей линзы положительна;
Оптическая сила рассеивающей линзы отрицательна.