



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Лисин Родион Ильич**

Класс: 10

Технический балл: **80**

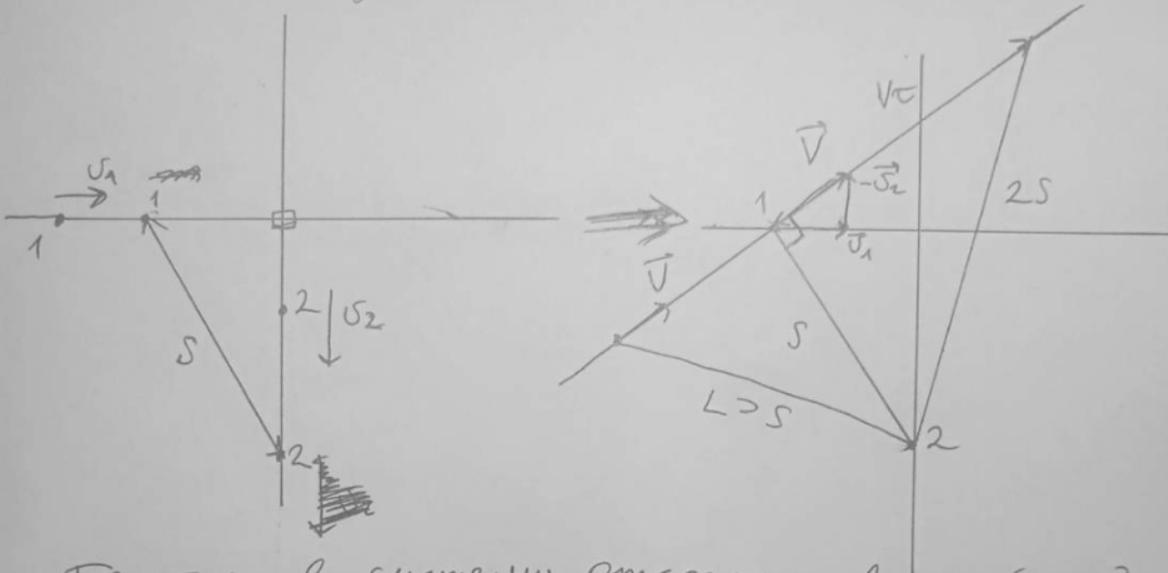
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9959887

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	80
Вопрос	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>2</i>	<i>8</i>	

Условие
Задача № 1.

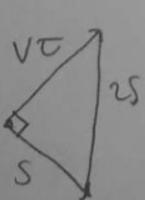
Страница 1 из 11



Переносим в систему отсчета автомобиля 2.
В ней он будет неподвижен, т.к. $\vec{u}_2 + (-\vec{u}_2) = \vec{0}$
Скорость автомобиля 1: $\vec{V} = \vec{u}_1 + (-\vec{u}_2) = \vec{u}_1 - \vec{u}_2 = \text{const}$

$$\vec{u}_1 \perp \vec{u}_2, \text{ т.к. } \text{горизонт} \perp \text{вертикаль} \Rightarrow \boxed{V = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}}$$

В данной с.о. автомобиль 1 ~~как~~ движется по
прямой, расстояние между 1 и 2 минимально
тогда, когда ~~горизонталь перпендикулярна вертикали~~ ~~горизонталь перпендикулярна вертикали~~
~~горизонталь перпендикулярна вертикали~~ $\vec{V} \perp$ прямой, соединяющей
автомобили (см. рисунок). Таким образом,
из векторного треугольника: ~~получаем~~



$$S^2 + V^2 c^2 = 4S^2$$

$$(u_1^2 + u_2^2) c^2 = 3S^2$$

$$u_1^2 = \frac{3S^2}{c^2} - u_2^2$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{c^2} - u_2^2}$$

Чистовик.

Страница 2 из 11

Трехомеие задание №1.

Подадим известные значения:

$$s = 100 \text{ м}; \quad \tau = 10 \text{ с}; \quad v_2 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (100)^2}{10^2} - 10^2} = \boxed{10\sqrt{2} \text{ м/с}}$$

Ответ: $v_1 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

Вопрос:

Скорость (для кинематики) - это пройденное телом расстояние в единицу времени.

Может быть нулевой и мгновенной; в векторном

Тупевая скорость: $v_n = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ($\vec{v}_n = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$) и скалярная v_{sc} .

Мгновенная скорость: $v_{mi} = \frac{ds}{dt}$ ($\vec{v}_{mi} = \frac{d\vec{s}}{dt}$)

Закон сложения скоростей для одного тела:

Если тело движется ~~со~~ со скоростью \vec{v}_i

по оси i , то полная скорость тела в пространстве

$$\vec{v} = \sum \vec{v}_i$$

Закон сложения скоростей ~~при движении~~ для перехода в другую с.о.

Если тело 1 движется со скоростью \vec{v}_1 , а тело 2

со скоростью \vec{v}_2 , то при переходе в с.о. тела 2,

скорость тела 1 $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$

Или: Если тело движется со скоростью \vec{v}

относительно с.о., движущейся со скоростью \vec{u}

относительно неподвижной с.о., то скорость тела

относительно неподвижной с.о. $\vec{v} = \vec{v} + \vec{u}$

~~Учебное задание~~ Черновик Справочка 11 из 11
 Прогнозируемые задачи №3

$$\ddot{x} - \frac{k}{m} dx - \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx} = 0$$

$$\ddot{x} - x \left(\frac{k}{m} + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx} \right) = 0$$

$$\ddot{x} - x \left(\frac{q^2 + \frac{k}{m} x^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx^2} \right) = 0$$

колебания гармонические и малые

на основании: $\ddot{x} - \delta x = 0$

Тогда $\frac{q^2 + \frac{k}{m} x^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx^2} = \omega^2$

$$\ddot{x} = \frac{k}{m} dx + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx}$$

Теперь интегрируем каждое слагаемое по dx :

$$\int \ddot{x} = \dot{x}$$

$$\int \frac{k}{m} dx = \frac{k}{m} \cdot x$$

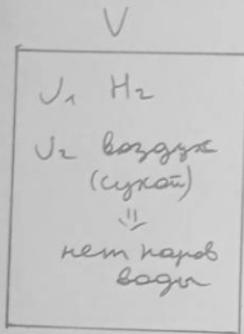
$$\int \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx} = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L} \ln dx$$

$$\ddot{x} = \frac{k}{m} dx + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx^2}$$

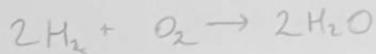
Условие.

Страница 3 из 11

Задача №2



Сравнение водородов:



Кислород используется из сухого воздуха.

Возможны 2 варианта:

- 1) Сгорел весь водород
- 2) Использован весь кислород.

Предположим, что 1), нужно проверить, сколько останется кислорода, если $J_3 > 0$, то наше предположение верно. До реакции:

$$m_{\text{O}_2} = \omega m_{\text{возд}}$$

$$\rho_{\text{O}_2} \mu_{\text{O}_2} = \omega J_2 \mu_{\text{возд}} \Rightarrow \rho_{\text{O}_2} = \frac{\omega J_2 \mu_{\text{возд}}}{\mu_{\text{O}_2}}$$

По первой реакции понимаем, что использовано

 $\frac{J_1}{2}$ моль кислорода \Rightarrow

$$J_3 = \rho_{\text{O}_2} - \frac{J_1}{2} = \frac{\omega J_2 \mu_{\text{возд}}}{\mu_{\text{O}_2}} - \frac{J_1}{2} = \frac{0,23 \cdot 1 \cdot 29}{32} - \frac{0,05}{2} > 0$$

$$\mu_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ и } \mu_{\text{возд}} = 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Тогда сгорел весь водород и образовалось J_1 моль воды. Предполагаем, что давление пара p_n равно $p_{\text{нас}} \leq p_n$, иначе вода часть конденсируется и $\eta = 100\%$

УМ-К : $p_n V = J_n R T_n$

где пара $p_n = \frac{J_n R T}{V} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = \frac{8,31 \cdot 293}{2} = 1217,415 \text{ Па}$

Уставник

Страница 4 из 11

Традиционное задание №2.

Тогда $p_n \leq p_n \Rightarrow$ ~~at~~ вся вода в газообразном состоянии. $f = \frac{p_n}{p_n} = \frac{1217,415}{2370} \approx 52\%$

Ответ: $f = 52\%$

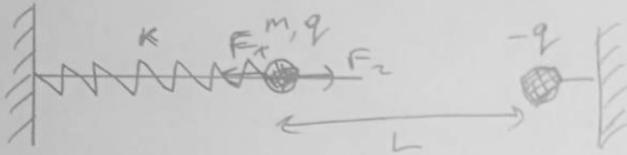
Вопрос:

Возможны 2 вида парообразования: испарение и кипение. Кипение происходит при определенной температуре для каждого давления, а испарение ~~то~~ происходит при любой температуре.

Удельная теплота парообразования - это кол-во теплоты, которое нужно передать единице массы жидкости, чтобы она перешла из жидкого в газообразное состояние.

Учебник.
Задача №3.

Справочник 5 из 11



Второй шарик закреплён на первом
Сила $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$ в равномерном поле.
Тогда сила со стороны пружины равна $F = Kx$,
где x - расстояние пружины.

Объём шарика δ на расстоянии dx в
сторону пружины. Тогда:

$$F_1 = K(x-dx) \text{ и } F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L+dx)^2}$$

$$\text{Тогда } m a = F_2 - F_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (L+dx)^2} - K(x-dx) =$$

$$= \left(\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (L+dx)^2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \right) - \left(K(x-dx) - Kx \right) =$$

$$= \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 ((L+dx)^2 - L^2)} + K dx = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (L^2 + 2Ldx + dx^2 - L^2)} +$$

$$+ K dx = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2Ldx} + K dx \Rightarrow K dx + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 L dx}$$

$$dx^2 \ll Ldx$$

$$\text{Тогда } a = \frac{K}{m} dx + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 L dx}$$

~~$$a = \frac{dx}{dt} = \dots$$~~

~~Обозначим $dx = x$~~

Условие.

Страница 6 из 11

Трехатомные заряды №3

Качественно малые $\Rightarrow dx \rightarrow 0$, поэтому

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 m L dx} \gg \frac{k}{m} dx, \text{ тогда вторым членом}$$

 $\frac{k}{m} dx$ можно пренебречь.

Формула гармонических колебаний:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

Тогда получаем, ~~то~~ это $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ не зависит от k . И k можно было бы считать в зависимости от x :

$$k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2 x}$$

Это легко объяснить тем, что сила со стороны шарика меняется гораздо быстрее, нежели сила со стороны пружины, поэтому увеличением силы со стороны пружины можно пренебречь.

Вопрос:

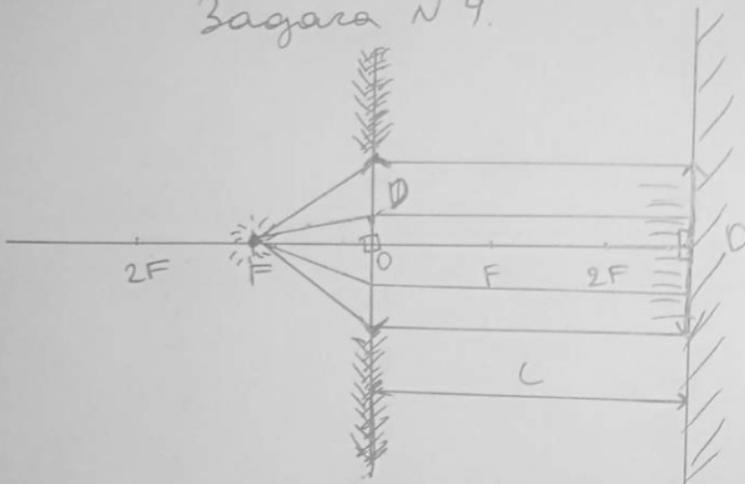
Напряженность электрического поля — это мера характеристика поля, обозначается отношением силы ~~на~~ со стороны заряда от величины этого заряда.

Тринция суперпозиции электрических полей: напряженность электрического поля не зависит от других электрических полей.

Установки.

Страница 7 из 11

Задача № 4.

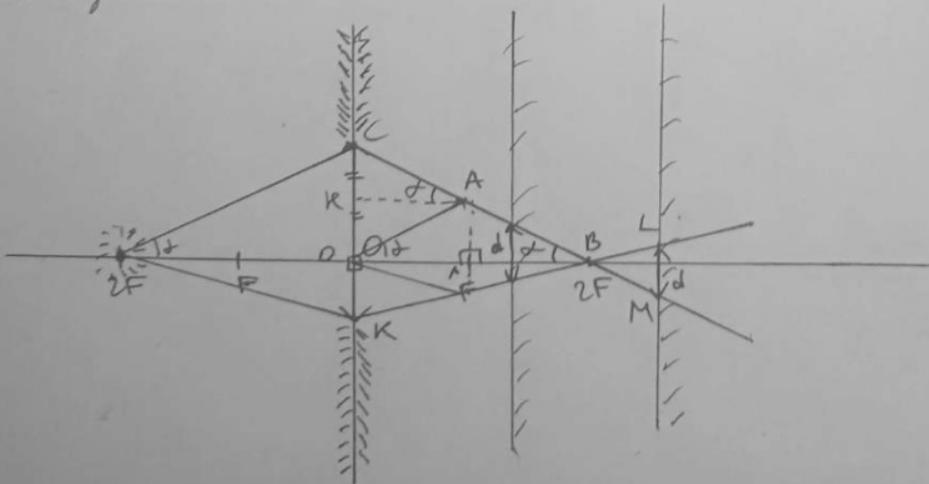


Источник испускает свет во все стороны, но ~~только лучи~~ ~~только лучи~~ го экрана доходят только лучи, прошедшие через линзу.

1) Источник в вещном фокусе. Все преломившиеся лучи идут параллельно вещной оптической оси.

Потому диаметр круглого объектива, т.е.

линзы, равен диаметру пятна D. Тупеем вещная оптическая ось не идет проходит не через середину σ (т.е. центр) объектива \neq от этого не уменьшается D пятна.



Условие

Страница 8 из 11

Трещинка зазора №4.

2) Условие в увеличенном треугольнике
расстояние от центра. На рисунке мы
видим, что треугольный луч проходит
через точку на прямой оптической оси на
расстоянии $2F$, поэтому все лучи пересекаются
в этой точке. ($\triangle OAF = \triangle CHA = \triangle AFB$).

Темно заданное значение может быть
при двух положениях экрана - до $2F$ и после $2F$
(см. рисунок).

$$\triangle CKB \sim \triangle BLM \Rightarrow \frac{D}{d} = \frac{DL}{2DF}$$

$$1) \frac{D}{d} = \frac{2F}{L-2F}$$

$$DL - 2DF = 2dF$$

$$DL = 2(D+d)F$$

$$F = \frac{DL}{2(D+d)} = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot (5+3)} = \boxed{2,5 \text{ см}}$$

$$2) \frac{D}{d} = \frac{2F}{2F - (L-2F)}$$

$$4FD = DL = 2dF$$

$$F(4D - 2d) = DL$$

$$F = \frac{DL}{2(2D-d)} = \frac{5 \cdot 8}{2(2 \cdot 5 - 3)}$$

$$F = \boxed{\frac{20}{7} \text{ см}}$$

Ответ: $F_1 = 2,5 \text{ см}$ и $F_2 = \frac{20}{7} \text{ см}$

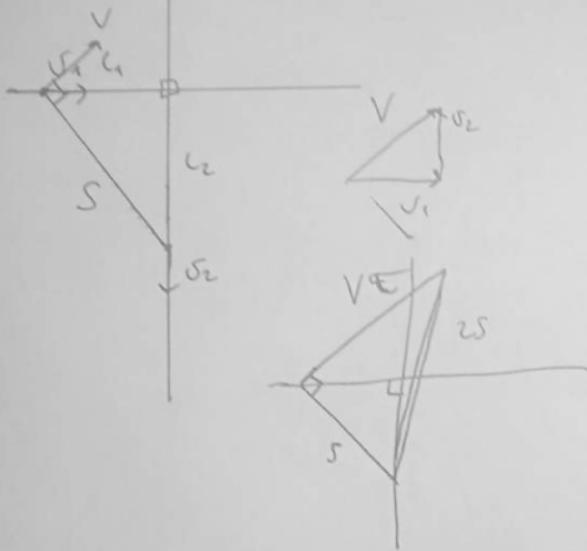
Вопрос:

Фокусное расстояние - это расстояние между
центром линзы и точкой его фокуса.

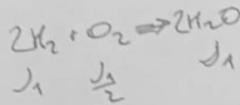
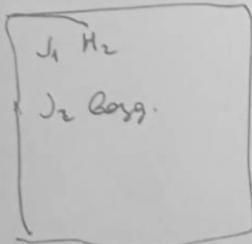
Оптическая сила - это обратное значение
фокусного расстояния. ($D = \frac{1}{F}$)

Черновик

Страница 9 из 11



$$\begin{aligned}
 v_1^2 + v_2^2 &= 45^2 \\
 v_1 &= \sqrt{3} \cdot v_2 \\
 (v_1^2 + v_2^2) / 2 &= 35^2 \\
 v_1^2 &= \frac{35^2}{2} - v_2^2 \\
 v_2 &= \sqrt{\frac{35^2}{2} - v_2^2}
 \end{aligned}$$



$pV = J_1 RT_1$

$p = \frac{J_1 RT_1}{V} = \frac{205 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 293$

$m_{O_2} = \omega \cdot m_{Gass}$

$J_{O_2} = \frac{\omega \cdot J_{Gass}}{\mu_{O_2}}$

$J_{O_2} \mu_{O_2} = \omega J_2 \mu_{Gass}$

$(J_{O_2} - \frac{J_1}{2}) \mu_{O_2} = \omega J_3 \mu_{Gass}$

$\omega J_3 \mu_{Gass} = \omega J_2 \mu_{Gass} - \frac{J_1}{2} \mu_{O_2}$

$J_2 = J_2 - \frac{J_1}{J_1} \cdot \frac{\mu_{O_2}}{2\omega \mu_{Gass}} - Gass. \text{ в конусе.}$

Handwritten arithmetic: $293 \cdot 8,31 = 2437,83$, $2437,83 \cdot 0,5 = 1218,915$

12174 | 2330

2330
 11650

Решим

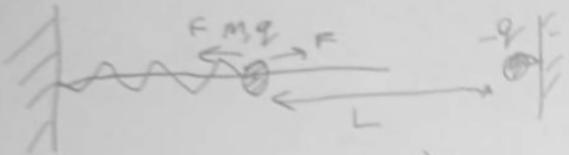
$1 - 0,05 \cdot \frac{32}{2 \cdot 8,31 \cdot 29} =$

1217,4150 | 2330
 11650
 5241
 4660
 5815
 11550

0,522
 12174
 -11650
 524
 -5241
 -4660
 581

Упружина

Спрямую 10 уг 11



$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

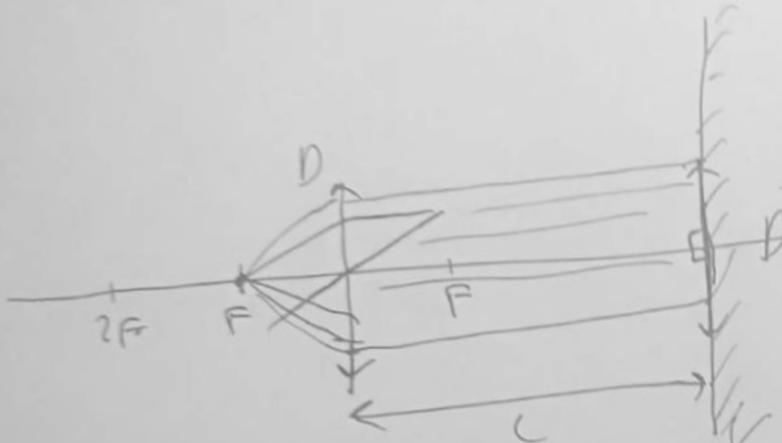
$$x = \cos(\omega_0 t) \text{ or } \cos(\omega_0 t + \omega t)$$

$$F = -k \cdot \frac{q(-q)}{L^2} = k \frac{q^2}{L^2}$$

$$F = k'x$$

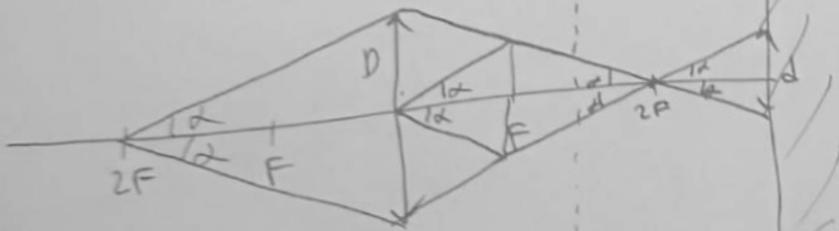
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{m}{k} = \frac{k a m}{k a m} = c'$$



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{2F} = \frac{1}{F}$$



$$L = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\frac{D}{\sqrt{\frac{D^2}{4} + 4F^2}}}$$

$$\sin \alpha = \frac{D}{\sqrt{\frac{D^2}{4} + 4F^2}}$$

$$\sqrt{\frac{D^2}{4} + 4F^2} = L - 2F = 4 \sqrt{\frac{D^2}{4} + 4F^2}$$

$$L - 4LF + 4F^2 = 16 \left(\frac{D^2}{4} + 4F^2 \right)$$

$$1) L = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\frac{D}{4F}} = 2F + \frac{d}{8F}$$

$$\sin \alpha = \frac{D}{2F} = \frac{D}{4F}$$

$$8LF = 16F^2 + D^2$$

$$F = \dots$$

$$2) L = 2F - \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 2F - \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\frac{D}{4F}} = 2F - \frac{d}{8F}$$

$$8LF = 16F^2 - D^2$$

$$F = \dots$$