



**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**

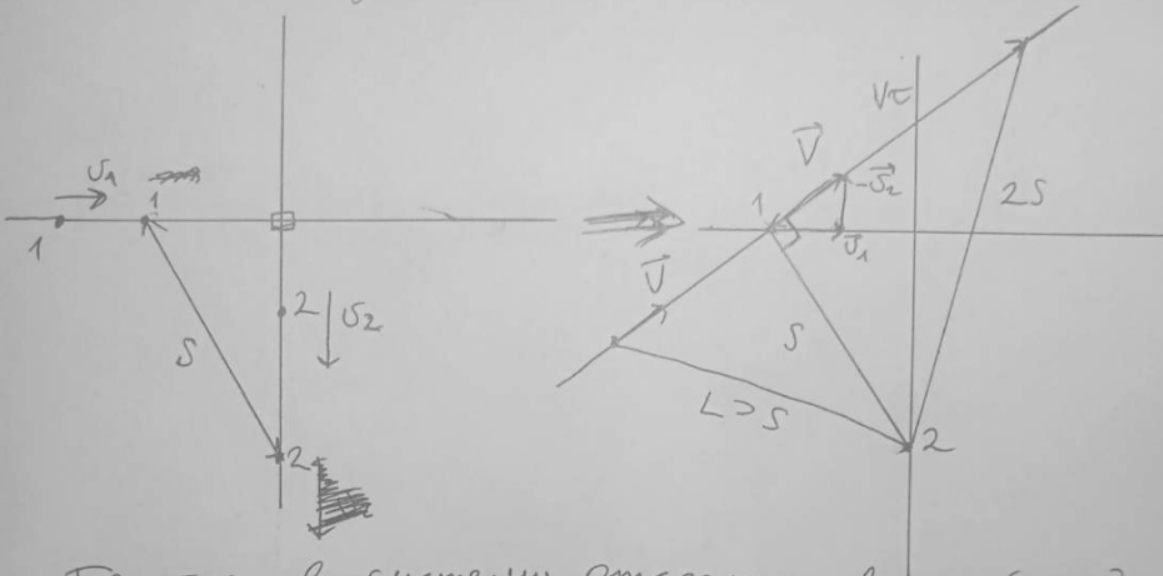
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9959887

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	<b>80</b>
Вопрос	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>2</i>	<i>8</i>	

Условие  
Задача № 1.

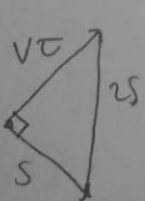
Страница 1 из 11



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~~  
~~горизонталь перпендикулярна~~  $\vec{V} \perp$  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

Трехмерные задачи №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:  $v_{мг} = \frac{ds}{dt}$  ( $\vec{v}_{мг} = \frac{d\vec{s}}{dt}$ )

Закон сложения скоростей для одного тела:

Если тело движется ~~то~~ 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.  $\vec{v} = \vec{v} + \vec{u}$

~~Универсальное~~ Черновик Справочника 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  $dx$ :

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

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

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

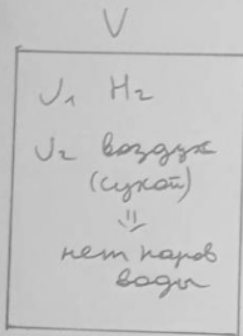


$$\ddot{x} = - \frac{k}{m} dx - \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 m L dx^2}$$

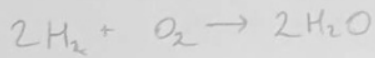
Условие.

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:

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

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

$$J_{\text{O}_2} \mu_{\text{O}_2} = \omega J_2 \mu_{\text{возд}}$$

По данной реакции понимаем, что использовалось

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

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

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

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 :  $p_n V = J_n R T_2$

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

Трехфазное задание №2.

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

Ответ:  $f = 52\%$

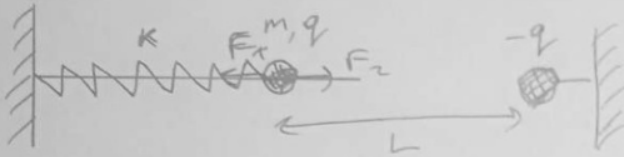
Вопрос:

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 гравитирует 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.

Объем шарика  $dx$  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:

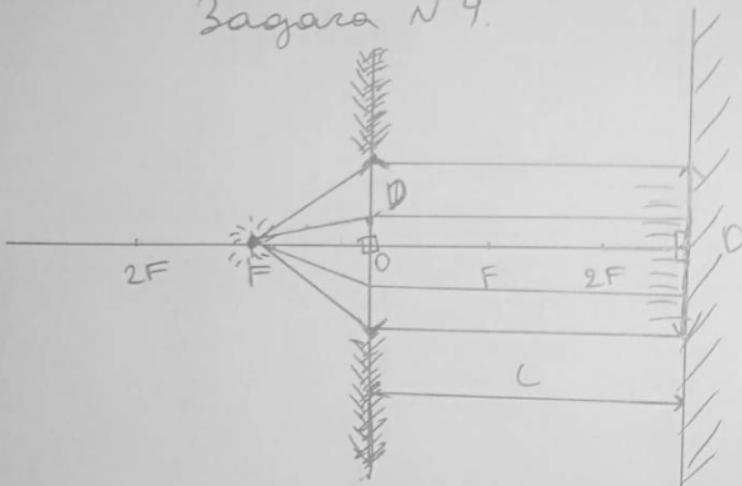
Напряженность электрического поля — это мера характеристика поля, обозначается отношением силы ~~на~~ со стороны заряда от величины этого заряда.

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

Установки.

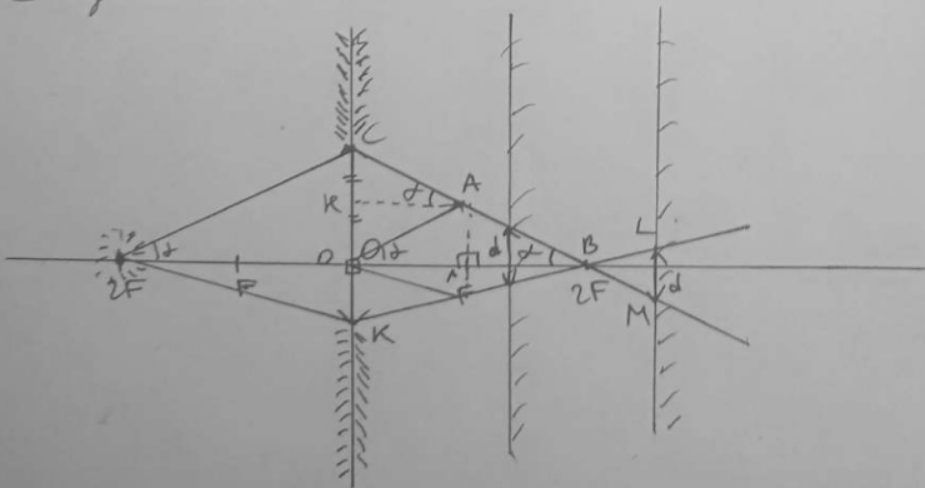
Страница 7 из 11

Задача № 4.



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

- 1) Источник в вещном фокусе. Все преломившиеся лучи идут параллельно вещной оптической оси. Поэтому диаметр круглого объектива, т.е. линзы, равен диаметру пятна D. Тупеем вещной оптической ось нечем проходит не через середину  $\sigma$  (т.е. центр) объектива  $\neq$  от этого не изменяется D пятна.



Условие

Страница 8 из 11

Трехлучевое задание №4.

2) Условие в заданном треугольнике расстояния от центра. На рисунке мы видим, что равнобедренный 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 получено 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  $F_2 = \frac{20}{7} \text{ см}$

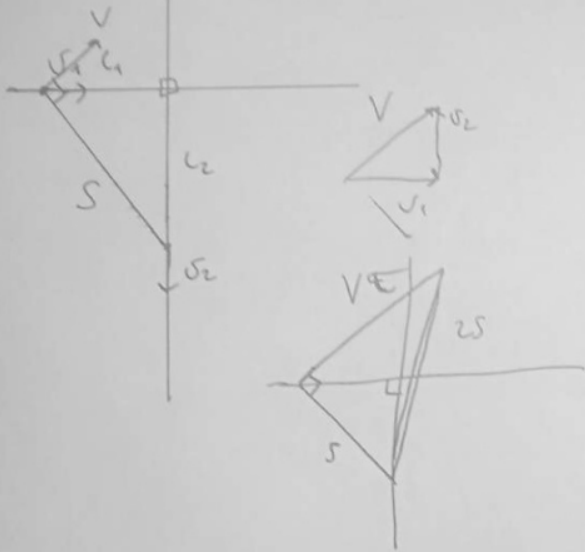
Вопрос:

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

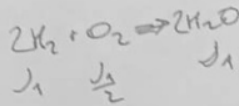
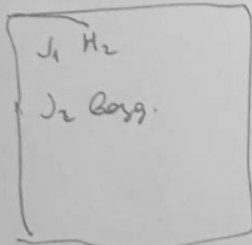
Оптическая сила - это обратное значение фокусного расстояния. ( $D = \frac{1}{F}$ )

Черновик

Страница 9 из 11



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



$pV = J_1 RT_1$

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

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

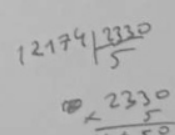
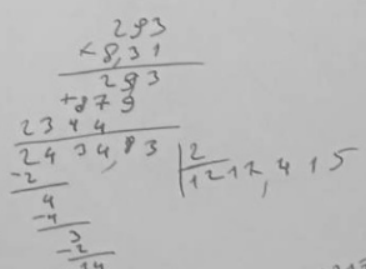
$J_{O_2} = \frac{\omega \cdot J_{Gass}}{\mu_{O_2}}$

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

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

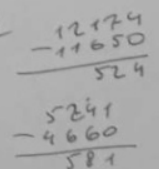
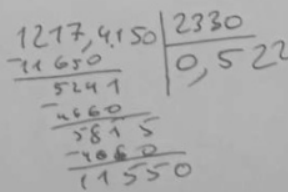
$\omega J_3 \mu_{Gass} = \omega J_2 \mu_{Gass} - \frac{J_1}{2} \mu_{O_2}$

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



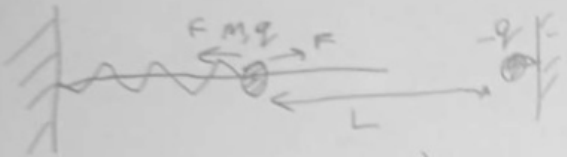
Решим

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



Упружина

Спрямую 10 уг 11



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

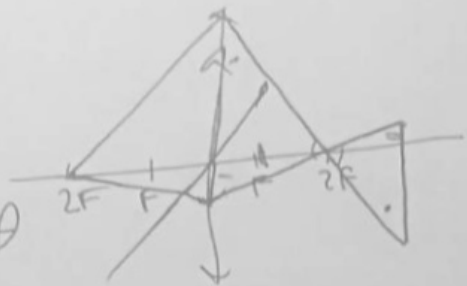
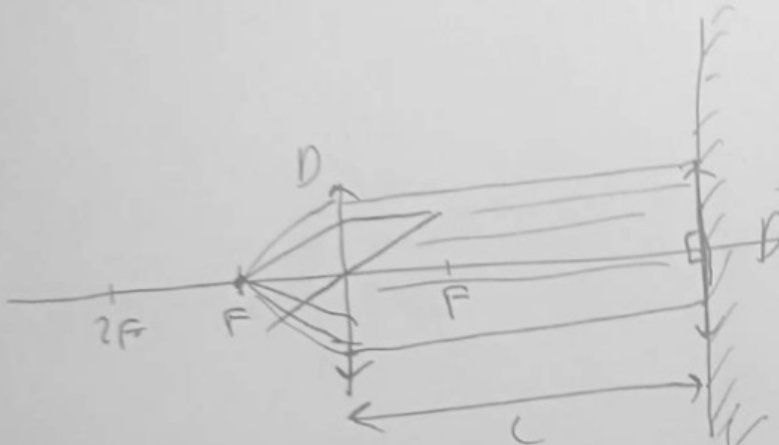
$$F = K'X$$

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

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

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

$$\frac{mL}{K_0} = \frac{K_0 m L}{K_0 m \omega_0^2} = L^2$$



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

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

$$L = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{L}{2F} = 2F + \frac{d}{2} \cdot \frac{L}{\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4F^2}}$$

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

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

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

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

$$\frac{dL}{8F} = \frac{d}{4F}$$

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

$$F = \dots$$

$$2) L = 2F - \frac{d}{2} \cdot \frac{L}{2F} = 2F - \frac{d}{2} \cdot \frac{L}{4F} = 2F - \frac{dL}{8F}$$

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

$$F = \dots$$