81-52-41-11
(204.1)

ОЛИМПИАДА ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Выход: 16.12
Вернулся: 16.16

34

Вариант 04

Работа сдана 17

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы

по физике

Новоселовой Дарьи Дмитриевны

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата «26» марта 2016 года

Подпись участника

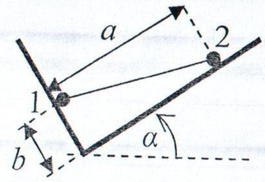
81-52-41-11
(204.1)

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 04 (10-11 классы)

Задание 1:

Вопрос: В каких случаях центр тяжести твердого тела (т.е. точка приложения равнодействующей сил тяжести) совпадает с его центром масс? Ответ объяснить.

Задача: «Гантель» из легкого жесткого стержня и двух массивных маленьких шариков одинакового радиуса положили в гладкую яму в виде прямого двугранного угла, одна из плоскостей которого составляет угол $\alpha = 30°$ с горизонтом. Оказалось, что гантель находится в равновесии, если отношение расстояний от шариков до вершины угла $\frac{a}{b} \equiv n = 3$. Найти отношение масс шариков.



Задание 2:

Вопрос: В герметичном баллоне находятся одинаковые количества гелия и неона. Снаружи баллона – атмосфера из азота. В стенке баллона прокололи небольшое отверстие. Количество какого из газов (гелия или неона) будет больше спустя небольшое время после этого?

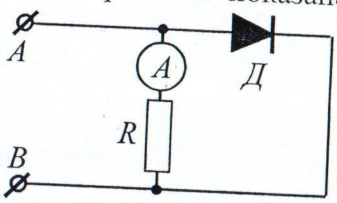
Задача: Вертикальная гладкая трубка с запаянными концами разделена на две части маленькой каплей ртути. Над каплей находится неон, под ней – гелий (газы не проникают мимо ртутной «пробки»), причем массы газов одинаковы. Изначально капля находилась точно посередине трубки. Во сколько раз нужно увеличить абсолютную температуру газов, чтобы капля стала делить объем трубки в соотношении 1:2?

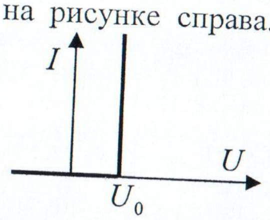
Задание 3:

Вопрос: Опишите различие в механизме проводимости примесных полупроводников разного типа.

Задача:

В схеме, показанной на рисунке слева, диод *Д* не является идеальным – его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. При подключении к клеммам A и B одного аккумулятора амперметр показывает ток $I_1 = 0{,}36$ А, при подключении двух таких аккумуляторов, соединенных последовательно – ток $I_2 = 0{,}48$ А, трех – ток $I_3 = 0{,}50$ А. При последовательном подключении четырех таких аккумуляторов ток в ветви с амперметром остается равным $I_3 = 0{,}50$ А. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление источника, а также сопротивление резистора R, если пороговое напряжение диода $U_0 = 4{,}5$ В. Внутреннее сопротивление амперметра пренебрежимо мало.





Задание 4:

Вопрос: Опишите способ построения продолжения произвольного параксиального луча, падающего на поверхность тонкой собирающей линзы (в любой точке под любым углом).

Задача: С помощью объектива, состоящего из собирающей и рассеивающей линзы, величины фокусных расстояний которых совпадают ($F_1 = -F_2 \equiv F$), расположенных на общей оси на расстоянии $L = \frac{2}{3}F$ друг от друга, получили на экране изображение Солнца. Затем точно такое же по размеру изображение Солнца на этом экране удалось получить с помощью одной линзы. Чему равно ее фокусное расстояние?

81-52-41-11 (204.1)

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Чистовик (стр. 1)

№1. Вопрос:

Если тело находится в однородном гравитационном поле, то на каждую его ~~точку~~ часть массой Δm_i действует одинаковая сила тяжести, момент которой равен: $M_i = \Delta m_i g \cdot x_i$. Если гравит. поле однородное, то $\vec{g} = const$ для всех точек тела. Тогда: $M_0 = \sum M_i = g \sum \Delta m_i x_i$

~~$M_0 = F_0 \cdot g x_0 = g \sum$~~ $M_0 = m_0 g \cdot x_0 = g \sum \Delta m_i x_i \Rightarrow$

(1) $\Rightarrow x_0 = \dfrac{\sum \Delta m_i x_i}{m_0}$ – точка приложения $F_{тяж.}$ ко всему телу. Из форм. видно, что если $g = const$, то x_0 совп-т с координатой центра масс.

Если $g \neq const$, т.е. поле неоднородное, форм. (1) не справедлива. Однако при рассмотрении гравитац. поля Земли можно принять некотор. приближение: если размеры тела много меньше расстояния до центра Земли, поле можно считать однородным, форм. (1) справедлива, т.е. центр тяжести будет совпадать с центром масс.

Задача:

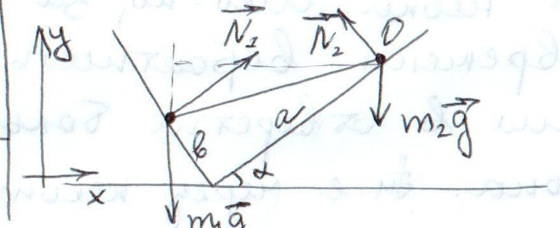
Дано:

$\frac{a}{b} = n = 3$

$\alpha = 30°$

$\frac{m_2}{m_1}$ – ?

Решение:



1) По 2-му з-ну Ньютона для системы из стержня, двух шариков:

$m_1\vec{g} + m_2\vec{g} + \vec{N_1} + \vec{N_2} = 0 \Rightarrow$

$Oy: (m_1 + m_2) g = N_1 \cdot \sin\alpha + N_2 \cos\alpha$

$Ox: N_1 \cdot \cos\alpha = N_2 \sin\alpha \Rightarrow$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow (m_1 + m_2) g = N_1 \left(\sin\alpha + \dfrac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} \right)$ (1)

1	2	3	4	Σ
5	5	0	5	80
20	20	15	10	

Оценка: 80 баллов

Стр. 2

2) По правилу моментов для точки О:

$m_1 g(a\cdot \cos\alpha + b\sin\alpha) = N_1 b \Rightarrow$

$\Rightarrow N_1 = m_1 g(n\cdot \cos\alpha + \sin\alpha)$ (2)

3) Подставим (2) в (1):

$(m_1+m_2)g = m_1 g(n\cdot\cos\alpha + \sin\alpha)\left(\sin\alpha + \frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow (m_1+m_2) = m_1(n\cdot\cos\alpha + \sin\alpha)\frac{1}{\sin\alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1 + \frac{m_2}{m_1} = n\cdot ctg\alpha + 1 \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = n\cdot ctg\alpha.$

$\Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 3\cdot\sqrt{3}$

Ответ: $\frac{m_2}{m_1} = 3\sqrt{3}$

№2. Вопрос:

Поскольку кол-ва вещ-ва гелия и неона равны, а молер. масса гелия меньше мол. массы неона, масса гелия меньше массы неона. Так как газы нах-ся в одном сосуде, их температуры равны. Тогда:

$\overline{v_{Ne}}^2 = \frac{3kT}{m_{Ne}} < \frac{3kT}{m_{He}} = \overline{v_{He}}^2$, т.е. сред. квадр. скорость молекул He больше сред. квадр. скор. молекул неона. След-но, за равный промежуток времени вероятность вылета молекулы гелия в отверстие больше, чем молекулы неона. Т.е. через некотор. пром. времени молекул неона будет больше.

Задача:

Дано:

$V_{1He} = V_{Ne1} = \frac{V}{2}$

V

$m_{He} = m_{Ne} = m$

$\frac{T_2}{T_1}$ — ?

Решение:

1) Для капли ртути по 2-му з-ну Ньютона:

$mg + p_{Ne_1}S = p_{He_1}S \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{mg}{S} = p_{He_1} - p_{Ne_1}$ (1)

Стр. 3

2) По з-ну Менд.-Клап.:

$$\begin{cases} p_{Ne_1}\frac{V}{2} = \frac{m}{M_{Ne}}RT_1 \\ p_{He_1}\frac{V}{2} = \frac{m}{M_{He}}RT_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_{Ne_1}}{p_{He_1}} = \frac{M_{He}}{M_{Ne}} = k \Rightarrow p_{Ne_1} = kp_{He_1} \quad (2)$$

$$p_{He_1} = \frac{2mRT_1}{VM_{He}} \quad (3)$$

Подставим (2) и (3) в (1):

$$\frac{mg}{S} = p_{He_1}(1-k) = \frac{2mRT_1}{VM_{He}}(1-k) \quad (4)$$

3) После нагревания He будет занимать $\frac{2}{3}$ объема трубки, Ne – $\frac{1}{3}$ объема трубки.

Рав-во (1) справедливо для p_{He_2} и p_{Ne_2}.

По з-ну Менд-Клап.:

$$\begin{cases} p_{Ne_2}\frac{V}{3} = \frac{m}{M_{Ne}}RT_2 \\ p_{He_2}\frac{2V}{3} = \frac{m}{M_{He}}RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_{Ne_2}}{p_{He_2}} = 2\frac{M_{He}}{M_{Ne}} = 2k$$

$$p_{He_2} = \frac{3mRT_2}{2VM_{He}}$$

$$\Rightarrow \frac{mg}{S} = p_{He_2} - p_{Ne_2} = p_{He_2}(1-2k) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{mg}{S} = \frac{3mRT_2}{2VM_{He}}(1-2k) \quad (5)$$

Из (4) и (5):

$$2T_1(1-k) = \frac{3}{2}T_2(1-2k) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{3}\frac{(1-k)}{(1-2k)} = \frac{4}{3}\frac{\left(1-\frac{M_{He}}{M_{Ne}}\right)}{\left(1-2\frac{M_{He}}{M_{Ne}}\right)}$$

Ответ: $\frac{4}{3}\frac{\left(1-\frac{M_{He}}{M_{Ne}}\right)}{1-2\frac{M_{He}}{M_{Ne}}}$

Стр. 4.

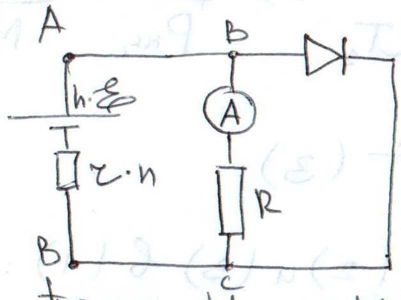
№3. Задача:

Дано:
$I_1 = 0{,}36\,A$
$I_2 = 0{,}48\,A$
$I_3 = 0{,}5\,A = I_4$
$U_0 = 4{,}5\,B$

$\mathcal{E}, r$ – ?
R – ?

Решение:

1)



Пока $U_{AB} < U_0$ ток через диод не идёт, тогда:

$$\frac{\mathcal{E}}{r+R} = I_1, \quad \frac{2\mathcal{E}}{2r+R} = I_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{2r+R}{2(r+R)} \quad (1)$$ (При послед. соед. источ. $\mathcal{E}$ склад-ся, r склад-ся)

2) Ток через амперметр может оставаться постоянным при изм-и числа источников ЭДС только при прохождении тока через диод. Тогда $U_{диода} = U_0 = U_{BC}$

$$\Rightarrow U_0 = I_3 \cdot R \Rightarrow R = \frac{U_0}{I_3} \Rightarrow R = \frac{4{,}5}{0{,}5} = 3\,(Ом)$$??

3) Из (1):

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{2r+R}{2r+2R} \Rightarrow \frac{36}{48} = \frac{2r+3}{2r+6} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{2r+3}{2r+6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6r + 18 = 8r + 12 \Rightarrow 2r = 6 \Rightarrow r = 3\,(Ом)$$

4) $$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r+R} \Rightarrow \mathcal{E} = I_1(r+R)$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = 0{,}36 \cdot 6 = 2{,}16\,B$$

Ответ: 2,16 В; 3 Ом; 3 Ом

– – – ±

Чистовик (стр. 5)

№4. Вопрос

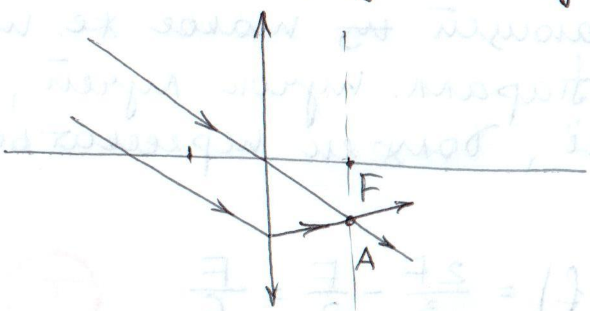
Для того, чтобы построить ход произвольного луча через собирающую тонкую линзу, необходимо (рис.):

1) Провести фокальную плоскость за линзой
2) Построить луч, параллельный данному и проходящий через оптический центр.

Как известно, лучи, проходящие через опт. центр, не преломляются. Продолжим построенный луч до его пересечения с фокальной плоскостью в неком. точке A.

3) Параллельный пучок лучей, падающий на линзу, собирается в фокальной плоскости, следоват-но, данный нам луч также пройдет через точку A фокальной плоск-ти.

(+)



Задача:

Дано:
$F_1 = -F_2 = F$
$L = \frac{2}{3}F$

$F_3 - ?$

Решение:

1. Собирающая линза даёт действительное изображение источника (т.к. источник нах-ся на бесконечности, на линзу падает параллельный пучок света). Данное изображение становится мнимым источником для рассеивающей линзы.

2. Построим ~~х~~ ход лучей в данной системе линз, где $x_0 = 0$ – окно объектива, учитывая, что паралл. главной оптич. оси лучи пересекаются в фокусе.

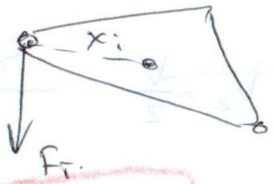
81-52-41-11
(204.1)

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Черновик

1). ~~Если тело находится на расстоянии таком расстоянии до~~

Если тело находится в однородном гравитац. поле, то ~~есть~~ на каждую его часть Δm_i действует одинак. сила тяжести, ~~равная~~ её момент рав. $\vec{M}_i$ $\Delta m_i \vec{g} x_i$ тогда, ~~т.к. $g=const$ для всех точек тела~~ Если $g = const$, то $M_0 = \sum \vec{M}_i = \sum_\Delta m_i g \cdot x_i = g \cdot \sum_\Delta m_i x_i$



$\Rightarrow F_{T0} = \frac{M_0}{X_{прил.}} = g m_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \sum m_i x_i = m_0 \cdot X_{прил} \Rightarrow$

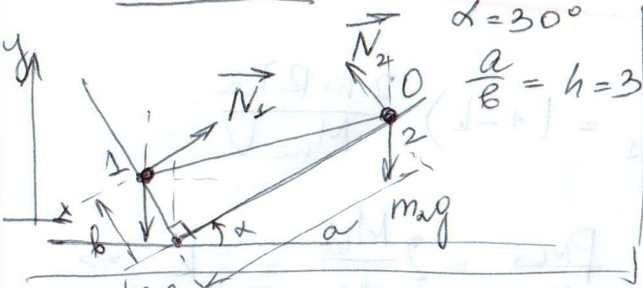
$\Rightarrow m_0 = \frac{\sum m_i x_i}{X_{прил}} \Rightarrow$

$\Rightarrow X_{прил} = \frac{\sum m_i x_i}{m_0}$ – коорд. ц. м. (1)

Если $g \neq const$, т.е. поле неоднород., то формула (1) не справедлива.

Однако, рассматривая поле тяжести Земли, можно принять некотор. приближения: Если размеры тела $\ll$ расст-я до центра Земли, поле можно считать однород., тогда (1) справедл.

Задача



$\alpha = 30°$
$\frac{a}{b} = n = 3$

По 2-му з-ну Ньютона для системы из стержня и двух шариков:

$Oy: (m_1 + m_2) g = N_1 \cdot \sin\alpha + N_2 \cdot \cos\alpha$

$Ox: N_1 \cdot \cos\alpha = N_2 \cdot \sin\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow N_2 = N_1 \cdot \mathrm{ctg}\,\alpha$

$\Rightarrow (m_1 + m_2) g = N_1 \cdot \sin\alpha + \frac{N_1 \cos^2\alpha}{\sin\alpha}$

По правилу моментов для точки O:

$M_{m_1 g} = M_{N_1} \Rightarrow m_1 g \cdot a \cancel{\sin\alpha} \cos\alpha = N_1 \cdot b \Rightarrow$

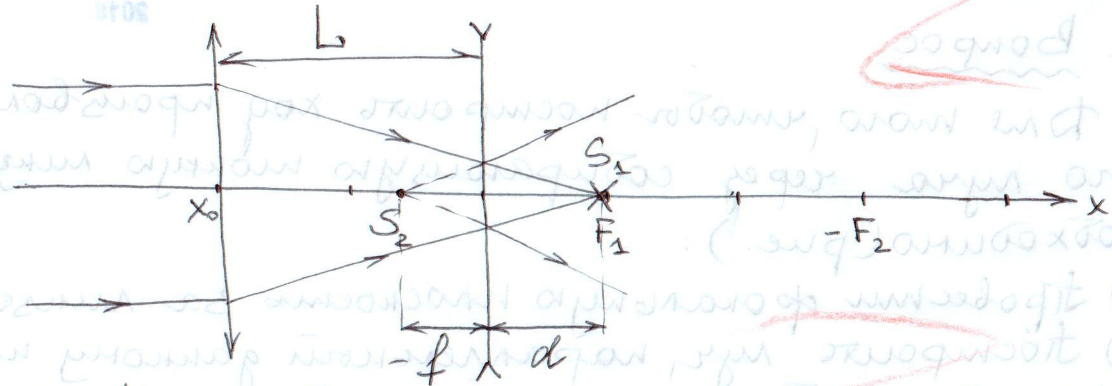
$\Rightarrow N_1 = m_1 g \cdot n \cdot \cos\alpha$

$\Rightarrow (m_1 + m_2) g = N_1 \sin\alpha (1 + \mathrm{ctg}^2\alpha) = m_1 g\, n \cdot \frac{\sin 2\alpha}{2} (1+\mathrm{ctg}^2\alpha)$

$\Rightarrow \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) = \frac{n \cdot \sin 2\alpha}{2}(1 + \mathrm{ctg}^2\alpha) \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{n \cdot \sin 2\alpha}{2}(1 + \mathrm{ctg}^2\alpha) - 1$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Стр. 6



1) $d = F_1 - L = \frac{F}{3}$

2) По формуле тонкой линзы для мнимого источника S_1, рассеивающей линзы:

$$+\frac{1}{F_2} = -\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \left(-\frac{1}{f}\right) \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{F} = -\frac{2}{F} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = -\frac{F}{2} \Rightarrow -f = \frac{F}{2}$$

3) Если систему линз заменить одной собирающей линзой, дающей ~~их~~ такое же изображение солнца, парал. пучок лучей, проходящий через неё, должен пересекаться в т. S_2. Тогда:

$$F_3 = x_{S_2} - x_0 = L - |f| = \frac{2F}{3} - \frac{F}{2} = \frac{F}{6}$$

Ответ: $\frac{F}{6}$.

?

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$$\Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{3\sqrt{3}}{4}(1+3) - 1 = 3\sqrt{3} - 1.$$

② 1) He Ne $\nu_{He} = \nu_{Ne}$

$T_{He} = T_{Ne}$ $\overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$

$$\frac{m_{He}}{M_{He}} = \frac{m_{Ne}}{M_{Ne}} \Rightarrow m_{He} < m_{Ne}$$

$\Rightarrow \overline{v^2}_{He} > \overline{v^2}_{Ne} \Rightarrow$ He будет с больш. вероятн. выходить из сосуда, т.е. Неона останется больше.

2) ① $\frac{L}{3}$ Ne $\frac{L}{2}$ F_{He} $\frac{2L}{3}$ mg F_{Ne} He ②

$\cancel{p_1 = p_2, V_1 = V_2 = \frac{V}{2}}$

$\cancel{p_{Ne}\frac{V}{2} = \nu_{Ne} R T_{Ne}}$

$mg + p_{Ne}S = p_{He}S \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{mg}{S} + p_{Ne} = p_{He}$ (1)

$p_{Ne_1}\frac{V}{2} = \frac{m}{M_{Ne}} RT_1$

$p_{He_1}\frac{V}{2} = \frac{m}{M_{He}} RT_1 \Rightarrow p_{He_1} = \frac{2mRT_1}{M_{He}V}$

$\Rightarrow \frac{p_{Ne_1}}{p_{He_1}} = \frac{M_{He}}{M_{Ne}} = k$

$\frac{4{,}32}{9}$ $= \frac{1{,}44}{3} = 0{,}48$

$\Rightarrow p_{Ne} = k p_{He}$

$\Rightarrow \frac{mg}{S} = p_{He_1} - k p_{He_1} = (1-k)\frac{2mRT_1}{M_{He}V}$

$p_{Ne_2}\frac{V}{3} = \frac{m}{M_{Ne}} RT_2$

$p_{He_2}\frac{2V}{3} = \frac{m}{M_{He}} RT_2$

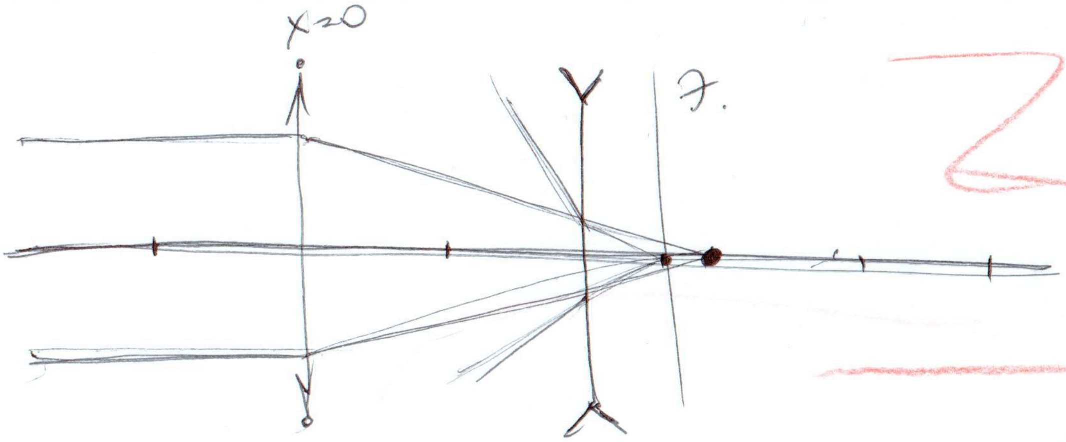
$\Rightarrow \frac{p_{Ne_2}}{p_{He_2}} = 2\frac{M_{He}}{M_{Ne}} = 2k \Rightarrow$

$\Rightarrow p_{Ne_2} = 2k p_{He_2}$ $p_{He_2} = \frac{3mRT_2}{2VM_{He}}$

$\Rightarrow \frac{mg}{S} = p_{He_2} - p_{Ne_2} = p_{He_2}(1-2k) =$

$=$

$$\times\frac{36}{\frac{6}{216}}$$ 3



$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F} = -\frac{3}{F} - \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{4}{F} \Rightarrow f = -\frac{F}{4}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ