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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Исламов Сардор Санжарович**

Класс: 11

Технический балл: **80**

Дата проведения: **27 февраля 2021 года**

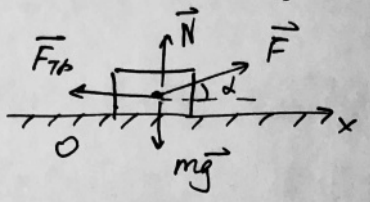
ШИФР РАБОТЫ 4996918

| | 1 | 2 | 3 | 4 | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| Вопрос | *8* | *7* | *5* | *10* | *80* |
| Задача | *15* | *15* | *15* | *5* | |

№1 Числовик (1)

Ответ на вопрос:

Сила трения покоя препятствует возникновению движения. Она направлена противоположно равнодействующей вдоль поверхности других сил, а по модулю равна ей.




По 2. З. Ньютона

$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g} = 0$

OX: $F_{тр} = F\cos\alpha$.

Сила трения скольжения возникает при относительном движении взаимодействующих предметов. Она направлена против направление движения, а по модулю $F_{тр} = \mu N$, где $N$ – сила реакции опоры (по модулю равна силе, с которой тело давит на поверхность), а $\mu$ – коэф. трения – физ. вел., зависящая только от взаимодействующих материалов и усечанавливающая пропорциональность между $F_{тр}$ и $N$.

Дано:

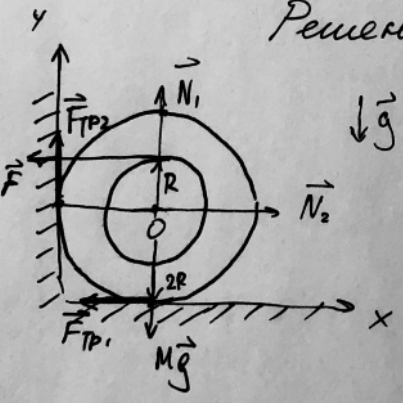
$M = 720г$

$R, 2R$

$\mu = 0{,}2$

$g = 10 м/с^2$

$F_{min} - ?$




Решение:

~~$\Sigma M_{отн\text{-}о\ O} = 0: \vec{F}R + \vec{F}_{тр2} \cdot 2R +$~~

~~$F_{тр1} \cdot 2R = 0$~~

~~В равновесии $\Sigma M_{отн\text{-}о\ O}$:~~

~~$= FR + F_{тр1}2R + F_{тр2} \cdot 2R = 0$~~

~~Т.К. катушка двигается отн-но поверхностей, то $F_{тр1} = \mu N_1$, $F_{тр2} = \mu N_2$~~

$\Sigma M_{отн\text{-}о\ O}: -FR + F_{тр1} \cdot 2R + F_{тр2} \cdot 2R = 0$, т.к. катушка двигается отн-но поверхностей, то $F_{тр1} = \mu N_1$, $F_{тр2} = \mu N_2$.

2 З. Ньютона по OX: $N_2 = F + \mu N_1$, по OY: $N_1 + \mu N_2 = Mg$

$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + M\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{тр1} + \vec{F}_{тр2} = 0$

$N_1 + \mu F + \mu^2 N_1 = Mg$

$N_1 = \dfrac{Mg - \mu F}{1 + \mu^2}$

№1 (продолжение) Чистовик (2)

$$-F + 2\mu N_1 + 2\mu N_2 = 0$$

$$-F + 2\mu \cdot \frac{Mg - \mu F}{1+\mu^2} + 2\mu F + 2\mu^2 \cdot \frac{Mg - \mu F}{1+\mu^2} = 0$$

$$-F - F\mu^2 + 2\mu Mg - 2\mu^2 F + 2\mu F + 2\mu^2 F + 2\mu^2 Mg - 2\mu^2 F = 0$$

$$-F - 3F\mu^2 + 2\mu Mg + 2\mu^2 Mg + 2\mu F = 0$$

$$F = \frac{2\mu Mg(\mu+1)}{3\mu^2 - 2\mu + 1} = \frac{2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}72\,кг \cdot 10\,м/с^2 \cdot (1+0{,}2)}{3 \cdot 0{,}2^2 - 2 \cdot 0{,}2 + 1} =$$

$$= \frac{4 \cdot 0{,}72 \cdot 1{,}2}{0{,}72}\,Н = 4{,}8\,Н$$

Ответ: $F = \frac{2\mu Mg(\mu+1)}{3\mu^2 - 2\mu + 1} = 4{,}8\,Н$

Черновик

11

~~OX: $\mu N_2 = N_1 \cdot 2R \Rightarrow \mu N_2 = N_1$~~

~~OY: $FR = \mu N_1 \cdot 2R + N_2$~~

~~OX: $N_1 + \mu N_2 = mg$~~

OX: $N_1 + F = \mu N_2$

OX: $N_2 = \mu N_1 + F$

OY: $mg = N_1 + \mu N_2 = N_1 + \mu^2 N_1 + \mu F$

$$N_1 = \frac{mg - \mu F}{1 + \mu^2}$$

~~$F = 2\pi\mu$~~

$F = 2 \cdot (\mu N_1 + \mu^2 N_1 + \mu F) =$

$= F - 2\mu F = 2\mu(1+\mu) \cdot \frac{mg - \mu F}{1+\mu^2}$

$F + F\mu^2 - 2\mu F - 2\mu^3 F + 2\mu^2 F + 2\mu^3 F = mg \cdot 2\mu(1+\mu)$

$$F = \frac{2\mu(1+\mu)mg}{3\mu^2 - 2\mu + 1}$$

~~$4 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}72 = 4{,}2^2 \cdot \frac{4 \cdot 1{,}2^2 \cdot 0{,}6}{0{,}12 - 4 + 1} = \frac{2{,}4 \cdot 1{,}2^2}{0{,}72} =$~~

~~$\frac{4 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}72}{0{,}72} =$~~

$= \frac{2 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 1{,}2}{72} = 4{,}8$ Н

Чистовик (3)

№2

Ответ на вопрос: Внутренняя энергия термодинамической системы – это энергия теплового движения микрочастиц системы. $U = E_{кин} + E_{вз}$ (кинетическая энергия и энергия взаимодействия молекул между собой) $= \frac{i}{2}\nu RT$, где

$i$ – число степеней свободы вещ-ва, для одноатомных газов $i=3$, двуатомных $i=4$, многоатомных ($\geq 3$) $i=5$.

$\nu$ – кол-во вещ-ва, измеряется в моль, $R$ – константа $= k \cdot N_A = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

$T$ – температура (в кельвинах)

Внутреннюю энергию можно изменить работой и теплопередачей. Если $U \uparrow$, то над газом совершили работу, если $U \downarrow$, то работу совершил сам газ.

Дано:

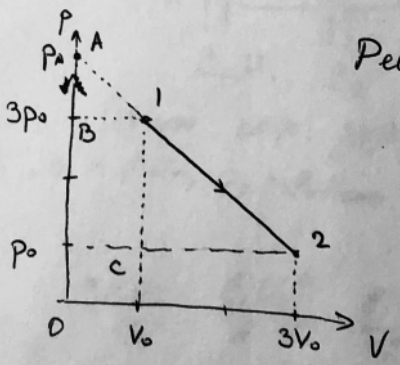
$p(V)$

$p_0 = 5 \cdot 10^4$ Па

$V_0 = 0{,}1$ м$^3$

$i = 3$

$U_{max} - ?$




Решение:

Рассмотрим $\triangle A1B$ и $\triangle 12C$.

Они подобны, т.к. их стороны параллельны, т.е. $\frac{AB}{1C} = \frac{B1}{C2}$

$AB = \frac{B1 \cdot 1C}{C2} = \frac{V_0 \cdot 2p_0}{2V_0} = p_0$

т.е. $p_A = 3p_0 + p_0 = 4p_0$.

Тогда $p(V) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 4p_0$

т.к. $\nu$ не меняется: $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} = \frac{\left(-\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 4p_0\right)V}{T}$; $T = \frac{\left(-\frac{V^2}{V_0} + 4V\right) \cdot T_0}{V_0}$

$U = \frac{i}{2}\nu RT = MAX$ при $T = MAX$. $\frac{T_0}{V_0} = const \Rightarrow T_{max}$ при $-\frac{V^2}{V_0} + 4V = MAX$.

$-\frac{V^2}{V_0} + 4V$ – это парабола с ветвями вниз, она принимает max значение в своей вершине: $V = \frac{-4}{-2/V_0} = 2V_0$. $T = \left(-\frac{4V_0^2}{V_0} + 8V_0\right) \cdot \frac{T_0}{V_0} = 4T_0$.

$U = \frac{i}{2}\nu R \cdot 4T_0 = 2i\nu RT_0 = 2ip_0V_0 = 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 0{,}1 \text{м}^3 = 30$ кДж

Ответ: $U_{max} = 2ip_0V_0 = 30$ кДж

№3 Чистовик (4)

Ответ на вопрос:

Явление самоиндукции состоит в возникновении индукционного тока в катушке при изменении силы тока в ней (возникает для препятствия изменения тока)

Индуктивность контура – это физ. вел., способность контура противодействовать изменению тока в нём

ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_{si} = -L\dot{I}$, где $L$ - индуктивность

$[L] = Гн$ минус в формуле задает направление возникшего тока

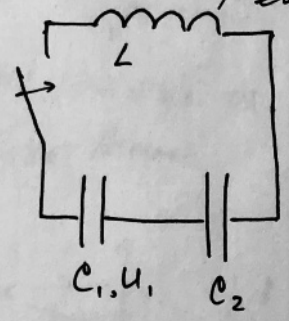
Дано:

$C_1 = 10^{-6}$ Ф

$C_2 = 10^{-6}$ Ф

$U_{2max} = 364$ В

$U_1$ - ?




Решение:

Когда напряжение на конденсаторах максимально, ток в катушке = 0.

Пусть при этом напряжение на первом конденсаторе $= U_0$,

Закон сохр. заряда: $q_0 = q_1 + q_2$:

$q_0 = C_1U_1$, $q_1 = C_1U_0$, $q_2 = C_2U_{2max}$ $\Rightarrow$ $C_1U_1 = C_1U_0 + C_2U_{2max}$

$$U_0 = \frac{C_1U_1 - C_2U_{2max}}{C_1}$$

ЗСЭ: $\frac{C_1U_1^2}{2} = \frac{C_1U_0^2}{2} + \frac{C_2U_{2max}^2}{2}$

$$C_1U_1^2 = C_1 \cdot \frac{(C_1U_1 - C_2U_{2max})^2}{C_1^2} + C_2U_{2max}^2$$

$$C_1U_1^2 = C_1U_1^2 - 2C_2U_1U_{2max} + C_2U_{2max}^2 + C_2U_{2max}^2$$

$$-2C_2U_1U_{2max} + \frac{C_2^2}{C_1} \cdot U_{2max}^2 + C_2U_{2max}^2$$

$$U_1 = U_{2max} \cdot \frac{C_2 + C_1}{2C_1} = 364\,В \cdot \frac{10^{-6}\,Ф + 10^{-5}\,Ф}{2 \cdot 10^{-5}\,Ф} = 200{,}2\,В$$

Ответ: $U_1 = \frac{C_2 + C_1}{2C_1} \cdot U_{2max} \approx 200\,В$

Ученик

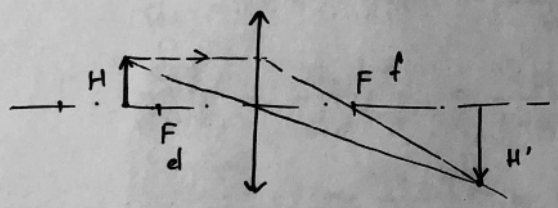
№4

5

Ответ на вопрос: формула тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где F – фокусное расстояние линзы, d – расстояние от предмета до линзы, а f – расстояние от линзы до четкого изображения. Если $F<0$ то линза рассеивающая, $F>0$ – собирающая, если $f<0$, то изображение мнимое, $f>0$ – действительное.

Увеличение Г линзы – отношение поперечных размеров изображения к поперечн. размерам предмета, находящегося в данной точке. Оно также равно отношению расстояний от линзы до изображений и до предмета соответственно. $\Gamma = \frac{H'}{H} = \left|\frac{f}{d}\right|$




Для собирающей линзы: если источник располагается ближе F, то изображение прямое увеличенное, мнимое, от F до 2F – перевернутое действительное увеличенное, дальше 2F – перевернутое действительное уменьшенное, если в F, то изображение терпит разрыв, т.к. параллельные (главный опт. ось) лучи собираются в фокусе и наоборот – лучи, проходящие через фокус собираются на бесконечности

Для рассеивающей:

Изображение всегда мнимое прямое и уменьшенное

Чистовик

№4 (Продолжение)

(6)

Дано:

~~$\Gamma_1 = 5$~~

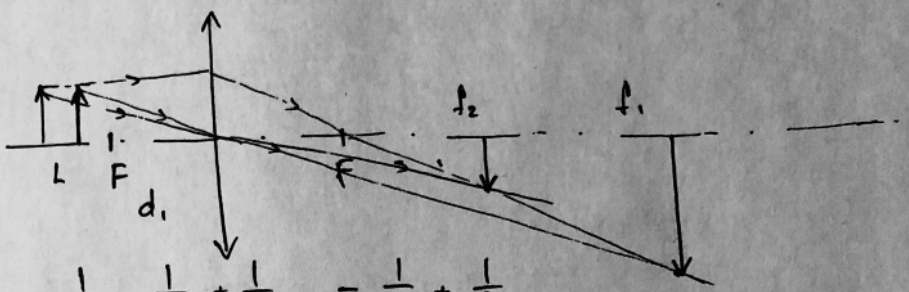
$k = 5$

$L = 1$ см

$\Gamma_2 / k = n = 2$

$F - ?$

Решение:




$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$$

$f_1 = k \cdot d_1$, $d_2 = d_1 + L$, $f_2 = f_1 / n = d_1 \cdot \frac{k}{n}$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{kd_1} = \frac{1}{d_1 + L} + \frac{n}{d_1 \cdot k}$$

$$\frac{k+1}{kd_1} = \frac{d_1 k + n(d_1 + L)}{d_1 k (d_1 + L)}$$

$$d_1 k + Lk + d_1 + L - d_1 k - nd_1 - nL = 0$$

$$d_1 = \frac{Lk + L - nL}{n-1} = L \cdot \frac{k+1-n}{n-1}$$

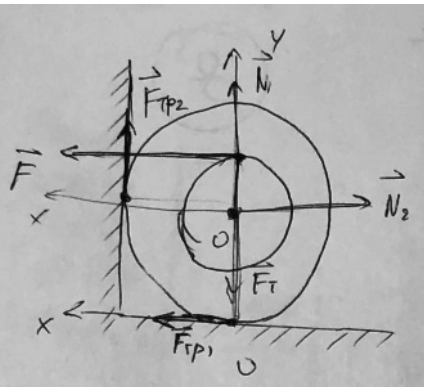
$$F = \frac{d_1 f_1}{d_1 + f_1} = \frac{d_1 \cdot kd_1}{d_1 + kd_1} = \frac{kd_1}{1+k} = \frac{k}{1+k} \cdot L \cdot \frac{k+1-n}{n-1} =$$

$$= \frac{5}{1+5} \cdot 1\text{см} \cdot \frac{5+1-2}{2-1} \approx 3.33\text{см}$$

Ответ: $F = L \cdot \frac{k}{1+k} \cdot \frac{k+1-n}{n-1} = 3.33$ см

Черновик

(7)




$\sum \vec{M} = \vec{F} + \vec{F}_{тр1} + \vec{F}_{тр2} + \vec{F}_т = 0$

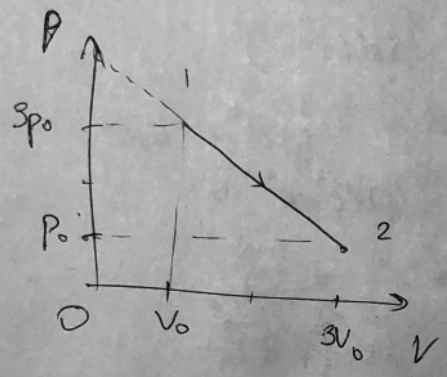
OY: $FR - F_{тр1} \cdot 2R = 0$

$mg = N_1 + F_{тр2}$

$\mu N_1 \cdot 2R = FR$

$F = 2\mu mg$

№2




$U = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} \nu RT$

$N = \nu N_A$

1) $p_0 V_0 = \nu R T_0$

$\frac{p V}{T} = \frac{\left(\frac{p_0}{V_0} V + 4p_0\right) V}{T}$

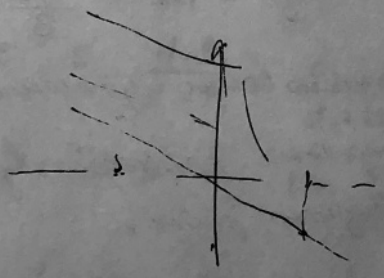
$p = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 4p_0$ $\quad T = \frac{\left(4V - \frac{V^2}{V_0}\right) T_0}{V_0}$

$T = MAX$ при $V = \frac{4}{2} V_0 = 2V_0$

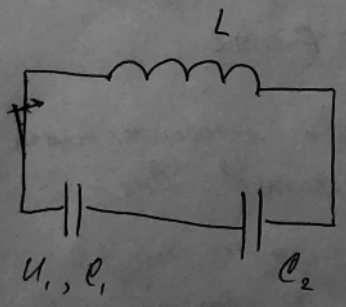
тогда $T = \frac{8V_0 - 4V_0}{V_0} T_0 = 4T_0$

$U_{MAX} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 4T_0 = 6\nu R T_0 = 6 p_0 V_0 =$

$= 6 \cdot 0{,}1 \cdot 5 \cdot 10^4 = 30$ кДж



№3.




$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ $\quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$

$U_{2MAX} = 36$ В

$\frac{C_1 U_1^2}{2} = \frac{C_2 U_2^2}{2}$ при $U_2 = MAX$ $\quad I_L = 0$

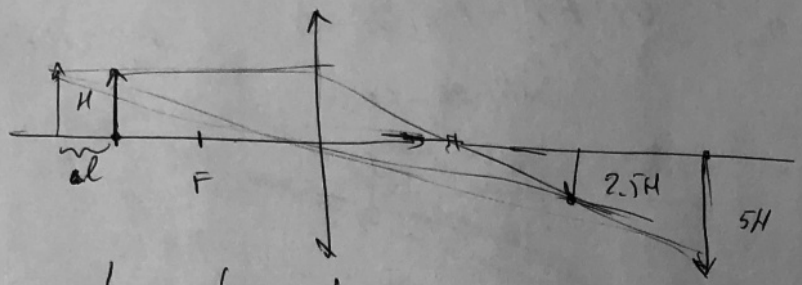
$U_1 = U_2 \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = 36 \sqrt{10^{-1}} \approx 21$ В

$\frac{C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)} U_1^2$ $\quad L \dot{I} + U_1 + U_2 = 0$

$U_1 = \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}} U_2$ $\quad$ когда $U = MAX$ $\quad I_L = 0$

№ Черновик

8




$$\frac{1}{d} + \frac{1}{5d} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d+l} + \frac{1}{2,5d} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{6d}{5d^2} = \frac{3,5d+l}{2,5d(d+l)}$$

$$15d^2 + 15dl = 17,5d^2 + 5dl$$

$$2,5d^2 = 10dl$$

$$d = 4l$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{20} = \frac{3}{10}$$

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10} \quad \checkmark$$

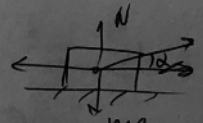
$$F = \frac{6d}{5d} = \frac{6}{5} \cdot \frac{3}{20l} = \frac{3}{10l} = \frac{3}{0,1м} = 3м$$

$$\frac{5d^2}{6d} = \frac{10l}{3} = \frac{0,1м}{3} \approx 0,033м$$

3,3см

Сила трения покоя препятствует возникновению движения.

Она направлена в противоположную равнодействующей вдоль поверхности сил и по модулю равной




$F_{тр} = F\cos\alpha$.

Сила трения скольжения возникает при относительном движении взаимодействующих предметов. Она направлена против направления движения, а по модулю $F_{тр} = \mu N$, где $N$ – сила реакции опоры (по модулю равна силе, с которой тело давит на поверхность), а $\mu$ – коэф. трения, который зависит от взаимодействующих поверхностей, это безразм. вел., и устанавливает пропорциональность $F_{тр}$ от $N$.

# Черновик

9

Внутр энергия терм. системы – энергия теплового движения микрочастиц системы. $U = E_{пост} + E_{вр} = \frac{i}{2} NkT = \frac{i}{2} \nu RT$

$i$ – ~~число св~~ число степеней свободы. для одноатомных газов = 3, двухатомных 5, многоатомных (≥3) 6

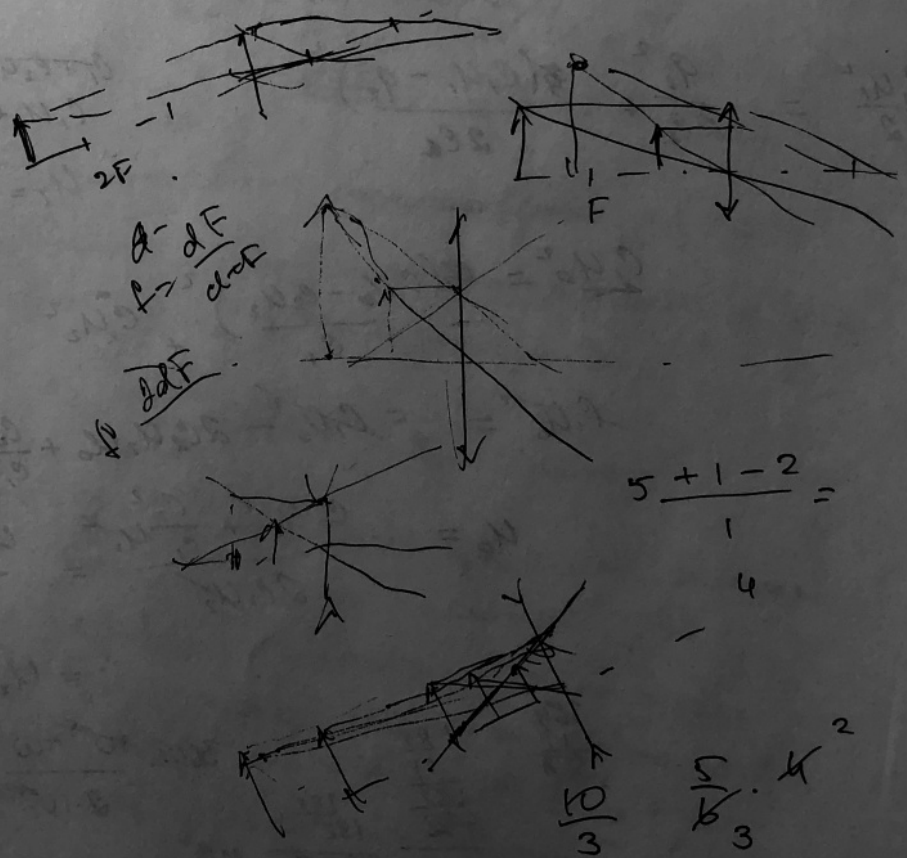
$N$ – кол-во молекул, а $k$ – постоянная Больцмана $= \frac{R}{N_A}$

$\nu$ – кол-во вещ-ва, $R$ – константа $= N_A \cdot k = 8{,}31$, $T$ – сем-ра.

Ее можно изменить ~~число Авогадро = 6.03·10²³~~ рабочей и теплопередачей.

Если $U \uparrow$, то над газ совершает работу, $U \uparrow$ – над газом

моль · R · K = D*



Черновик

10

$q_1 = q_2$ : $C_1U_1 = C_2U_2$

$U_1 = \frac{C_2}{C_1}U_2$

ЗСЭ: $\frac{C_1U_{1max}^2}{2} = \frac{C_2}{2C_1}\frac{C_1}{2}\cdot\frac{C_2^2}{C_1^2}U_2^2 + \frac{C_2U_2^2}{2}$

$U_{1max}^2 = \frac{C_2^2}{C_1^2}U_2^2 + \frac{C_2U^2}{2C_1}$

$10^{-2}\cdot 364$

$364\sqrt{10^{-2}+10^{-1}} = \frac{364}{10}\sqrt{11}$

$\frac{1}{10}+\frac{1}{100} = \frac{11}{100}$ 3,64

$\frac{C_1U_1^2}{2} = \frac{q_2^2}{2C_2} + \frac{(C_1U_1 - q_2)^2}{2C_2}$

$C_1U_1 + C_2U_2 = C_1U_0$

$U_1 = \frac{C_1U_0 - C_2U_2}{C_1}$

$C_2U_0^2 = C_2\left(\frac{C_1U_0 - C_2U_2}{C_1}\right)^2 + C_2^2U_2^2 =$

$C_1U_0^2 = C_1U_0^2 - 2C_2U_2U_0 + \frac{C_2^2}{C_1}U_2^2 + C_2U_2^2$

$U_0 = \frac{C_2U_2^2 + \frac{C_2^2}{C_1}U_2^2}{2C_2U_2} = \frac{U_2 + \frac{C_2}{C_1}U_2}{2} =$

$= U_2\cdot\frac{C_1+C_2}{2C_1} =$

$364\cdot\frac{10^{-5}+10^{-1}}{2\cdot 10^{-1}} =$

$\frac{364}{11}$ $\frac{182}{11}$ $\frac{182}{182}$ $\frac{182}{2002}$ МВ

$U_2 =$

$364\cdot\frac{1.1}{2}$

182.