Ф311-9

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

Фамилия Горбунов

Имя Сергей

Отчество Михайлович

Класс 11

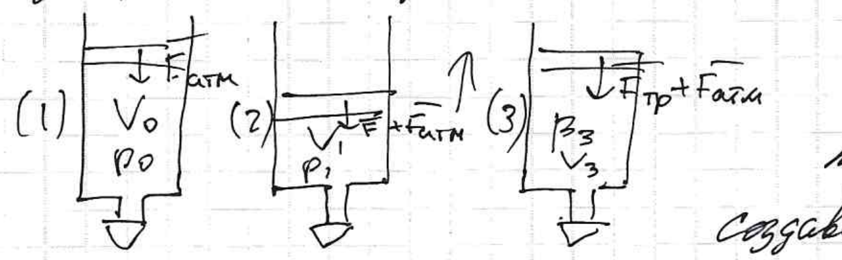
Территория г. Пермь

Образовательная организация МАОУ „СОШ №146"

11.1

1	2	Σ
4	7,5	11,5

1. Наберём в шприц воздуха (1), наденем заглушку и сожмем воздух (2). По з-ну Бойля-Мариотта (процесс изотермический) $pV = const$. Далее отпустим поршень (3)



После возвр. поршня вверх в этот раз будет действовать и сила трения покоя поршня, создавая изб. давл.

З-н Бойля-Мариотта (для уст-я состояний): $p_0 = \frac{F_{атм}}{S}$ $p_3 = \frac{F_{атм}+F_{тр}}{S}$

$$\frac{F_{атм}}{S} V_0 = \frac{F_{тр}+F_{атм}}{S} V_3$$

$$F_{атм} V_0 = (F_{тр}+F_{атм}) V_3$$

Если $F_{тр} \ll F_{атм}$ $V_3 \approx V_0$

4б (1п.)

В нашем случае
$V_0 = 20$ мл
$V_3 = 20$ мл $\Rightarrow F_{тр} \ll F_{атм}$

~~2. Пусть в бутылке давление $p_б$. Тогда для бутылки закон Генри выглядит следующим образом:~~

~~$\nu_б = \alpha V_б p_б$ (4)~~

~~Теперь наберем воду в шприц сразу после открытия бутылки (так, что концентрация газа ~~постоянна~~ не изменится за малое вр.)~~

~~Оставим объем воздуха над водой V_0.~~

~~До установления равновесия в воде ν газа. После часть испарилась ($\Delta\nu$) Давление станет равным $p_в$~~

~~З-н Генри выглядит след. образом:~~

~~$\nu - \Delta\nu = \alpha p_в V_1$ (5) В процессе установления равновесия в шприце объем V_1 можно считать постоянным~~

~~Чтобы равновесие в шприце ~~восст-сь~~ установилось быстрее будем его трясти.~~

~~Концентрация газа в бутылке и сразу после переливания в шприц равна:~~

~~$$\frac{\nu_ч}{V}=\frac{\nu_б}{V_б} \quad \text{Откуда} \quad \frac{\nu}{\nu_б}=\frac{V}{V_б}$$~~

~~Разделим (5) на (4)~~

~~$$\frac{\nu-\Delta\nu}{\nu_б}=\frac{pV}{p_бV_б} \quad \frac{\nu}{\nu_б}-\frac{\Delta\nu}{\nu_б} \quad \frac{V}{V_б}-\frac{\Delta\nu}{\nu_б}=\frac{pV}{p_бV_б}$$~~

~~$$\frac{p}{p_б}=1-\frac{\Delta\nu V_б}{\nu_б V}$$~~

2. Нальём в шприц воды сразу после открытия так, что концентрация газа не изменится. Оставим немного воздуха и начнём трясти ~~воздух~~ шприц, чтобы установить равновесие. ~~Тогда по з-ну Генри:~~

~~$\nu-\Delta\nu$ $\nu=\varkappa pV$ где $\Delta\nu$ — кол-во испарившегося газа.~~

~~Заметим, что плотность газа, раствор-го в воде такая же, как и в воздухе.~~

~~В процессе испарения объём воды в шприце остаётся~~

~~Заметим, что в процессе уст-я равновесия объем жидкости почти не меняется => в ~~газе~~ воде растворено ~~больше~~ намного больше газа чем его испаряется.~~

~~Объём газа~~

~~$\nu=\varkappa pV$~~ ~~Заметим, что при достижении равновесия из воды выходит сам углекислый газ, но не раствор (не тот что растворён в воде)~~

~~$\Rightarrow \nu$ не меняется $\Rightarrow$ Концентрация не изменится~~

~~Сначала (как только объём стал равен мы налили воду) объём воздуха равен~~

~~$V_{возд0} =$~~

~~После достижения равн-я объем свобод. части~~

~~Заметим, что угл. газ, раствор. в воде сущ-т отдельно от воды, а его плотность~~

~~$\rho = \frac{\mu(p_г + p_{атм})}{RT}$~~

~~Плотность газа над~~

~~$\nu - \Delta\nu = \alpha p V$ где $\Delta\nu$ - исп-я угл. газ.~~

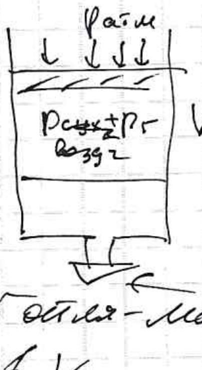
~~Но $\Delta\nu \ll \nu$, т.к. объем воды почти не изменяется (а газ сущ-ет отд-о от воды)~~

~~$\Rightarrow \nu = \alpha p V$ $\quad \frac{\nu}{V} = \frac{\nu_0}{V_0}$ - концентрация газа не измен.~~

~~$\Rightarrow$ давление будет таким же, как в бутылке~~

После запивания воды:

$p_{сух\,возд1} = p_{сух\,возд2} + p_г = p_{атм}$



← Шприц закупорен

По з-ну Бойля-Мариотта ($T = const$) для воздуха

$p_{сух\,возд1} V_0 = p_{сух\,возд2} V_1$

$p_{атм} V_0 = (p_{атм} - p_г) V_1$

$p_{атм} \frac{V_0}{V_1} = p_{атм} - p_г$

$p_г = p_{атм} \frac{V_1 - V_0}{V_1}$

Эксп-о: $V_1 = 10$ мл
$V_0 = 1$ мл

Отсюда $p_г = \frac{10-1}{10} 100$ кПа $= 90$ кПа

~~3. Для того, чтобы узнать~~ ν ~~этот же объем будем~~

Повторим эту процедуру, выпустив весь угл. газ с этой же водой и получим

$V_1 = \cancel{...}\ 2$ мл

$V_0 = \cancel{...}\ 1$ мл

$p_2 = \cancel{50\text{ кПа}}\ \cancel{37{,}5\text{ кПа}}\ 50$ кПа

Далее угл. газ почти не исп-я ($V=const$) $\Rightarrow$ ~~Его~~ Ост-я угл. газом можно пренебр.

Рассмотрим кол-во в-ва ~~газа~~ ис-я в I эксп ($t = 20°C$ комн. темп.)

$T = 293$ K

п.1 1б
п.2 1б
п.3 0б
п.4 0б
п.5 0б
п.6 1б
п.7 1б
п.8 0б
п.9 0б
4б

$$\nu_1 = \frac{pV}{RT} = \frac{90\cdot10^3\cdot10^{-6}\cdot10}{8{,}31\cdot293} = 369{,}6\cdot10^{-6}\text{ моль}$$

$$\nu_2 = \frac{50\cdot10^3\cdot10^{-6}\cdot2}{8{,}31\cdot293} = 47{,}6\cdot10^{-6}\text{ моль}$$

Можно тогда написать (зная, что объём воды 5 мл)

$$\nu_2 = \alpha p V$$

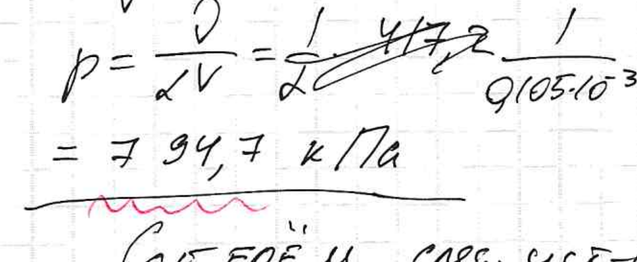
$$\alpha = \frac{47{,}6\cdot10^{-6}}{5\cdot10^{-6}\cdot90\cdot10^3} = 0{,}105\cdot10^{-3}\ \frac{\text{моль}}{\text{Па}\cdot\text{м}^3}$$

$\Rightarrow$ Изначально ~~кл~~ кол-во ~~воды было равно~~ газа было равно $\nu_1+\nu_2 = 417{,}2\cdot10^{-6}$ моль

$\frac{\nu}{V} = const$ сразу после наполнения шприца (мы сделали это быстро)

$$p = \frac{\nu}{\alpha V} = \frac{1}{0{,}105\cdot10^{-3}}\cdot\frac{417{,}2\cdot10^{-6}}{5\cdot10^{-6}} = 794{,}7\cdot10^{3}\text{ Па} = 794{,}7\text{ кПа}$$

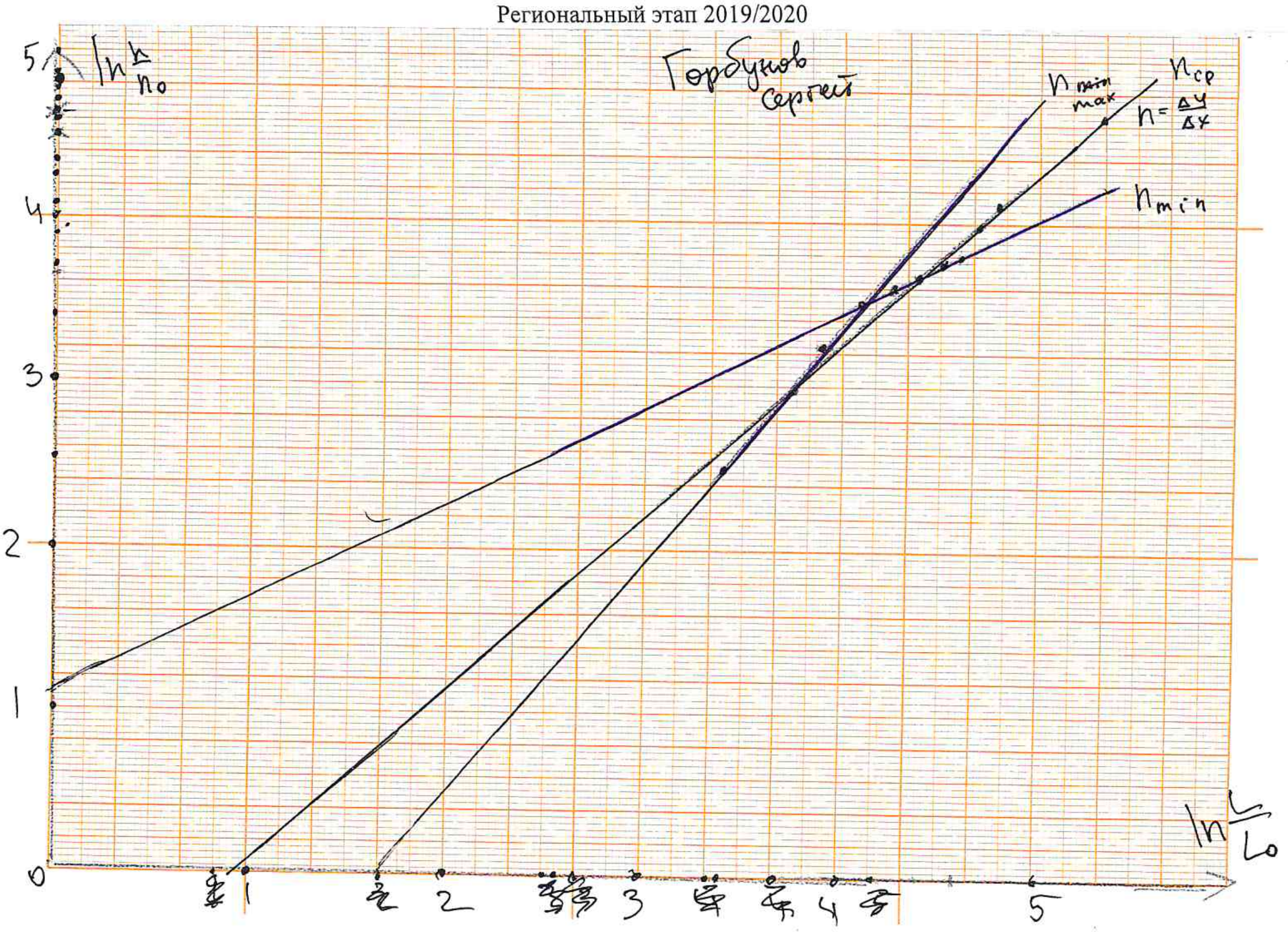
11.2. Соберём след. уст-ку:

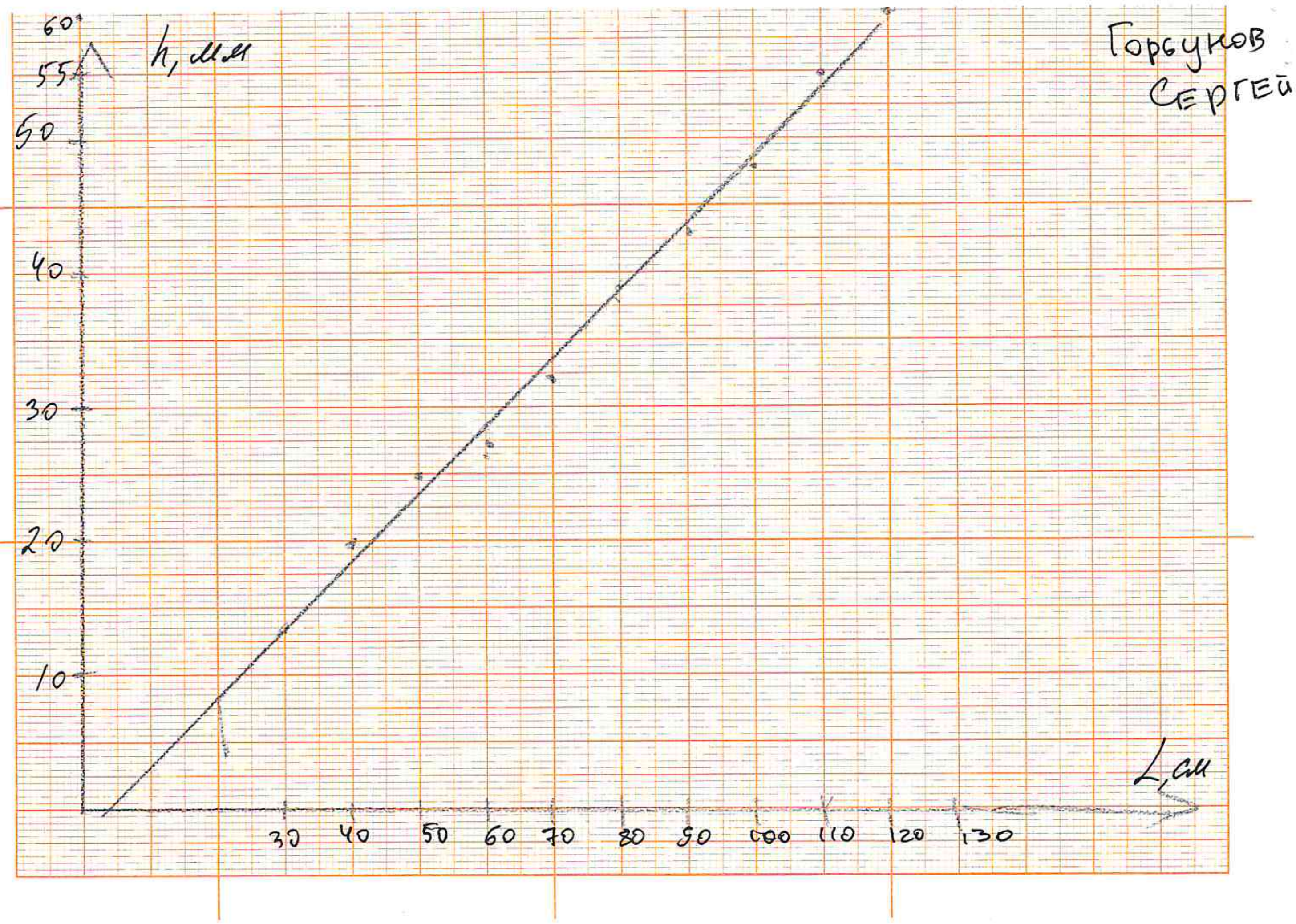


На расст-ии L закр-м клипсы на расст. L на балке (уголке)

Отмерим L от ~~[illegible]~~ нерастянутой ленты.

Поставим уголок на бруски, отмерим середину и h изм-м ниже.


Горбунов Сергей
$\ln\frac{h}{h_0}$
$\ln\frac{L}{L_0}$
n_{max}
$n_{ср}$
$n=\frac{\Delta y}{\Delta x}$
n_{min}
0
1
2
3
4
5


Горбунов Сергей
h, мм
L, см
10
20
30
40
50
55
60
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130

Т11-11

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

Фамилия Горбунов

Имя Сергей

Отчество Михайлович

Класс 11

Территория г. Пермь

Образовательная организация МАОУ „СОШ №146"

Т11-11

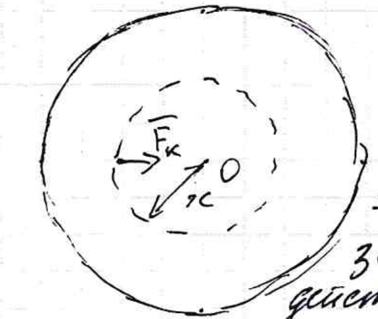
1	2	3	4	5	Σ
10	8	10	6 8	7	41 43

1.

Дано:
$\rho>0$
$\ell \ll d$
d t_A, $t_Ш$

Найти:
ℓ - ?
Знаки зар-в

Рассмотрим сначала знаки зарядов в обоих случаях.
В случае ~~...~~ одного заряда он втягивается.
Рассмотрим силы, действующие на заряд внутри шара.



Заряженная тонкая сфера не действует на ~~з~~ одиночный заряд внутри неё по теореме Гаусса.
=> Внешняя часть ~~сферы~~ ШАРА за пунктиром на рисунке не действует (её можно разделить на тонкие сферы)

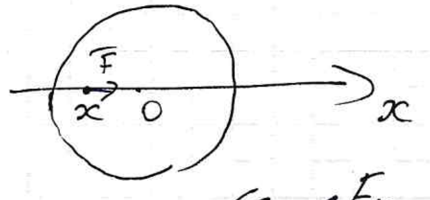
Заряд внутренней части шара $Q=\frac{4}{3}\pi x^3\cdot\rho$

~~Е~~ Пусть, $q<0$ (тогда заряд втягивается в сферу, что нам в условии и дано) => $q<0$)

$$F_к=-\frac{kqQ}{x^2}=-\frac{kq\cdot\frac{4}{3}\pi x^3\rho}{x^2}=-\frac{4}{3}kq\rho\pi x \quad (1)$$

Введем ось OX и рассмотрим II з-н Ньютона на OX:

Далее пусть q - модуль заряда



$m\ddot{x}=-\frac{4}{3}q\rho\pi x k$, где „-" - следствие квазиупругости

~~где $x>0 \Rightarrow F_к=\frac{4}{3}kq\rho\pi\cdot(-x)$~~

(При $x>0$ $F_x<0$)

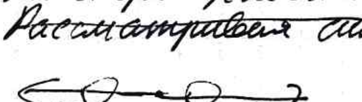
(~~Ее~~ ~~Сила~~ направлена к O) - к центру шара)

Получим ур-е ГК

$\ddot{x}+\frac{4kq\rho\pi}{3m}x=0$ $\quad\omega_0=\sqrt{\frac{4kq\rho\pi}{3m}}$

Откуда $t_Ш=\frac{1}{2}T=\pi\sqrt{\frac{3m}{4kq\rho\pi}}$

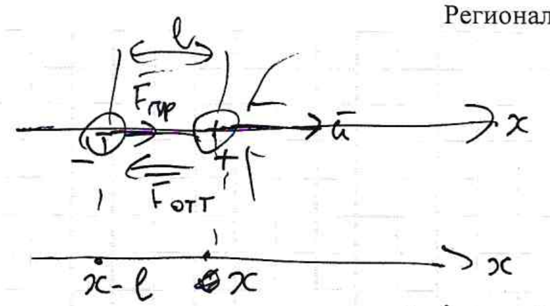
Теперь рассмотрим втягивание диполя.
~~Рассматривая силы~~ На него действуют 2 силы:



$F_{отт}$ - сила на „+" заряд
$F_{прит}$ - сила на „-" заряд

Из (1) следует, что $F\sim x$ => Для втягивания необходимо, чтобы в начале „-" заряд был дальше, тогда $F_{прит}>F_{отт}$ и диполь начнет втягиваться

Рассмотрим II з-н на диполь.



$m\vec{a} = \vec{F}_{пр} + \vec{F}_{отт}$

На OX:

$ma = F_{пр} - F_{отт}$

$ma = -\frac{4}{3}kq\rho\pi(x-l) - \left(-\frac{4}{3}kq\rho\pi x\right)$

$ma = \frac{4}{3}kq\rho\pi l$

$a = \frac{4kq\rho\pi l}{3m} = const$

=) Движение равноускоренное

До середины шар будет разгоняться, а далее замедляться

Тогда $\frac{d}{2} = \frac{a\left(\frac{t_Д}{2}\right)^2}{2}$ для половины пути

$a t_Д^2 = 4d \quad t_Д = \sqrt{\frac{4d}{a}} = \sqrt{\frac{4d}{\frac{\frac{4}{3}kq\rho\pi l}{m}}} = \sqrt{\frac{3md}{kq\rho\pi l}}$

$\sqrt{\frac{m}{q}}$ узнаем из ф-лы для $t_ш$

$t_ш = \sqrt{\frac{3\pi m}{4kq\rho}} \quad \sqrt{\frac{m}{q}} = t_ш\sqrt{\frac{4k\rho}{3\pi}}$

$t_Д = \sqrt{\frac{3d}{k\rho\pi l}}\sqrt{\frac{m}{q}} = \sqrt{\frac{3d}{k\rho\pi l}} \cdot t_ш\sqrt{\frac{4k\rho}{3\pi}}$

$\frac{t_Д^2}{t_ш^2} = \frac{4d}{\pi^2 l}$

Откуда $\boxed{l = \frac{4t_ш^2}{\pi^2 t_Д^2}d}$

1б

Ответы: $l = \frac{4t_ш^2}{\pi^2 t_Д^2}d$

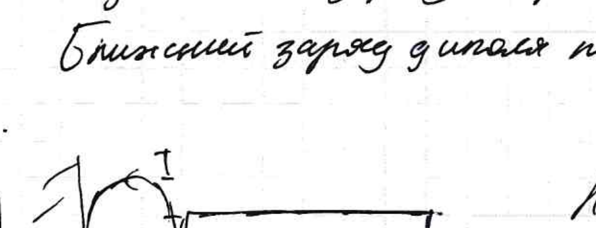
Одиночный заряд отрицательный

Ближний заряд диполя положительный

Задача 2.

Дано:
$m\ I\ \vec{B}\ x_0$

$v_m,\ t_m - ?$



На ~~провод~~ вертикальные, прилегающие к стене и кубу, элементы провода действует сила Ампера

$\vec{F}_A = BIl \cdot \sin\frac{\pi}{2}$

где l — горизонтальный элемент провода.

Пусть, расстояние от стены до куба $x < \frac{L}{\pi}$ (т.е. провод деформирован) ~~Действующая на куб действует $2F_A$, т.к. стена не подвижна~~

Тогда „расталкивающая сила ампера":

$F_A = BIl = BI\frac{1}{2}(L - \pi x)$, где $l = \frac{1}{2}(L - \pi x)$ (рассматривая провод как 2 прямых уч-ка и 2 полужесткости)

Выразим x через $\Delta x = \frac{L}{\pi} - x \Rightarrow x = \frac{L}{\pi} - \Delta x$ – изм. длины

$F_A = \frac{1}{2} BI\left(L - \pi\left(\frac{L}{\pi} - \Delta x\right)\right) = \frac{1}{2} BI\pi\Delta x$

$\frac{L}{\pi}$ в данном случае – недеф. состояние (провод – окружность)

Тогда ~~F_A можно~~ петлю можно сравнить с пружиной жесткостью $k = \frac{1}{2}BI\pi$ $F_y = k\Delta x = \frac{1}{2}BI\pi\Delta x$, где Δx – изм. длины.

При этом ~~Δx~~ Она может только сжиматься.

$\Rightarrow v_m$ достигается после полного её разжатия.

ЗСЭ: $\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{m v_m^2}{2}$ $\Delta x = \frac{L}{\pi} - x_0$

$v_m = \sqrt{\frac{k}{m}}\Delta x = \sqrt{\frac{BI\pi}{2m}}\left(\frac{L}{\pi} - x_0\right)$

Время – это четверть периода обычного пружинного маятника.

$t_m = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{BI\pi}} = \sqrt{\frac{\pi m}{2BI}}$

Ответы: $v_m = \sqrt{\frac{BI\pi}{2m}}\left(\frac{L}{\pi} - x_0\right)$

$t_m = \sqrt{\frac{\pi m}{2BI}}$

8

Задача 3.

Мы знаем, что процесс циклический $\Rightarrow$ температура в последней точке равна температуре в начальной точке

$\Rightarrow T_a = T_b \Rightarrow ab \parallel$ оси температуры $\Rightarrow ed \parallel$ оси T

~~Тогда $cd \parallel$ оси и $ac \parallel$~~ $\Rightarrow dc$ и $eb \parallel$ оси Q

$\Rightarrow$ $a \to c$ и $e \to d$ – изотермы, а

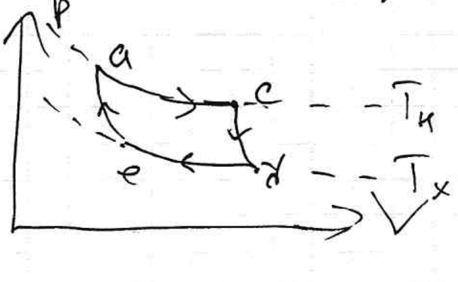
$c \to d$ и $e \to b$ – адиабаты $\Rightarrow$ Наш процесс – цикл Карно

$Q_{ac} > 0$ – полученная газом теплота

$Q_{de} < 0$ – отданная газом теплота

Тогда $Q_{ab} = Q_{ac} + \underset{\shortparallel}{Q_{DE}} = A$ – работа газа
$Q_+ - Q_-$

Давайте изобразим его в привычных (p, V) координатах



Как ~~можно~~ увидеть, ~~$a \to d$~~ температура умень
Т.к. машина тепловая ~~Q~~ $\Rightarrow A > 0$
$\Rightarrow$ Так мы восстановим напр. оси Q
(ось $Q \uparrow\uparrow Q_{a\to c}$)
Из (p, V) координат так же видно, что $T_a > T_e \Rightarrow$ Восстановим

напр. оси Q

$Q_a = 0$ (ничего еще не произошло) $\Rightarrow$ Ось ~~Q~~ T пересекает точку a

Для цикла Карно:

$$\eta = \frac{T_{нагр} - T_x}{T_{нагр}} = \frac{T_a - T_e}{T_a} = \frac{A}{Q_{пол}} = \frac{Q_{ab}}{Q_{ac}} \quad (2)$$

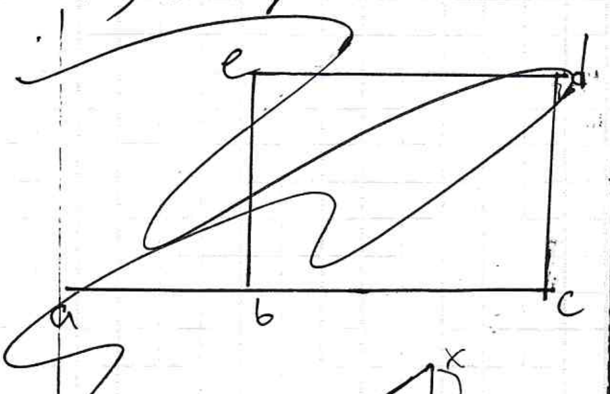
За счет этого равенства мы получим положение оси Q

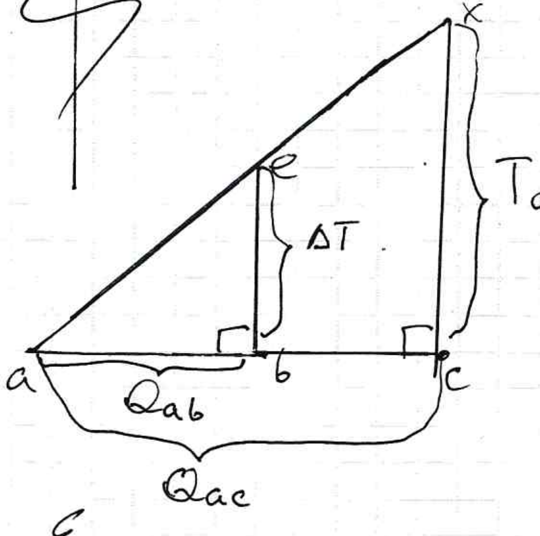
Тогда порядок действий:

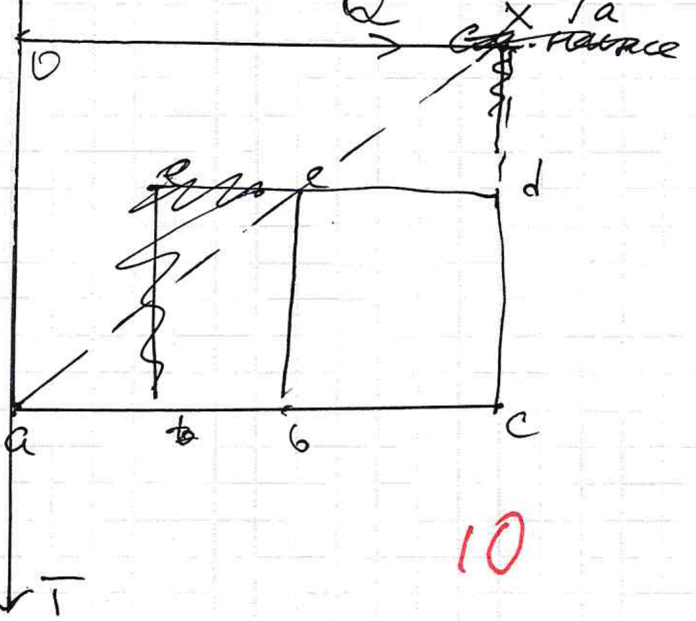
1) ~~Пересечем~~ Проведем ось T $\perp a \to b$ и сонаправим с $e \to b$

Ось T пересекает точку a (Темп. на $e \to b$ ↑)

2) Отмерим отношение $\frac{Q_{ab}}{Q_{ac}}$ и перенесем его на $\frac{T_{нагр} - T_x}{T_{нагр}}$ ~~(см. ниже)~~ на $\frac{T_a - T_e}{T_a}$ ~~(см. ниже)~~







10

Если построить прямую через a и e и найти её пересечение с cd, то получим точку, принадл. оси Q

(т.к. из подобия треуг. abe и axc собл. отн. (2))

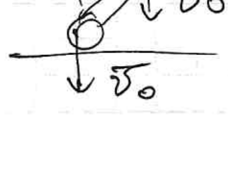
$\Rightarrow$ Проведем через x прямую оси Q и сонаправим с $a \to b$

4. Падающая гантель

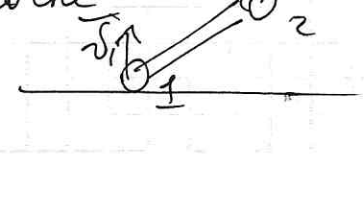
Дано: L, v_0

v_c - ? φ - ? ω - ?

до



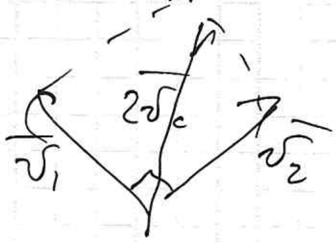
после



Скорость центра масс из импульса системы:

$$2m\vec v_c = m\vec v_1 + m\vec v_2$$

$$2\vec v_c = \vec v_1+\vec v_2 \qquad \vec v_1 \perp \vec v_2$$



=> По теореме пифагора

$$(2v_c)^2 = v_1^2+v_2^2$$

ЗСЭ: $\frac{2mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}+\frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_1^2+v_2^2=2v_0^2$

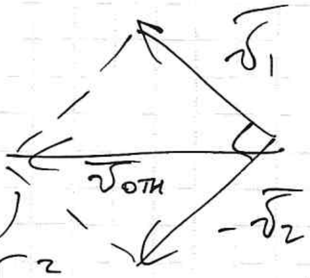
=> $4v_c^2 = 2v_0^2 \qquad v_c = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$ +

Чтобы найти ω, найдем ~~отн. скор-ть~~ скорость 1 отн. 2-го

По з-ну слож-я скоростей

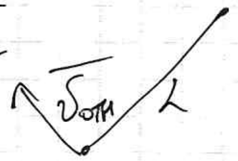
$\vec v_{отн}$: $\vec v_{отн}+\vec v_2=\vec v_1$

$\vec v_{отн} = \vec v_1 - \vec v_2$



По теореме пифагора ($\vec v_1 \perp -\vec v_2$)

$v_{отн}^2 = v_1^2+v_2^2 = 2v_0^2$



$v_{отн}=\sqrt{2}\, v_0$

$\vec v_{отн} \perp$ ~~прямо~~ стержню (отн. друг друга они вращ., т.к. проекции их скоростей на стержень в ИСО равны)

Тогда $\omega = \frac{v_{отн}}{L} = \sqrt{2}\frac{v_0}{L}$ +

2) ~~3~~ ~~Пусть~~ Силы в момент столкновения:

$\vec F_1$ – сила со стороны стержня
$\vec F$ – со стороны земли

Пусть тогда:

$\vec F_1 = \frac{\Delta \vec p_1}{\Delta t} = \frac{m\Delta \vec v_1}{\Delta t}$

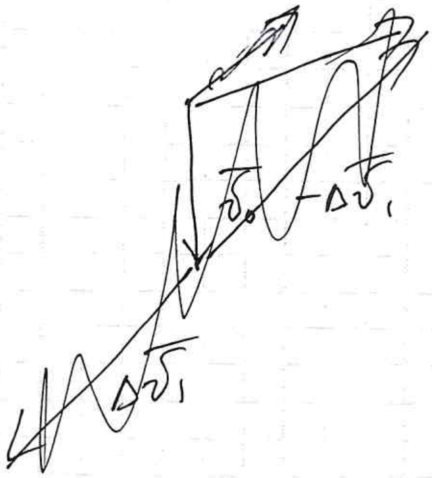
$\frac{\Delta \vec p_1}{\Delta t} = (\vec F + \vec F_1)$

$-\vec F_1 = -\frac{\Delta p_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta \vec v_1\, m}{\Delta t}$

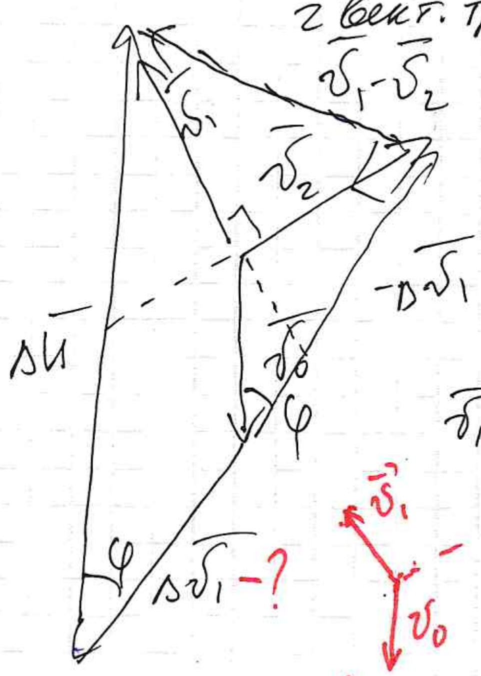
$\vec F = \frac{\Delta \vec p}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec u\, m}{\Delta t}$

Тогда $\vec v_1 = \vec v_0 + \Delta\vec v_1 + \Delta \vec u$

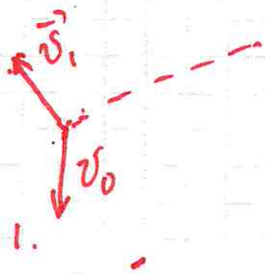
$\vec v_2 = \vec v_0 - \Delta \vec v_1$



Совместим 2 вект. треугольника и получим:



$\vec v_1-\vec v_2=\vec v_{отн}$



Заметим, что после соударения проекции на стержень скоростей шаров равны.

Проекция $\vec v_1$: ?

$v_0\cos\varphi+\Delta v_1-\Delta U\cos\varphi$

Проекция $\vec v_2$?

$v_0\cos\varphi-\Delta v_1$

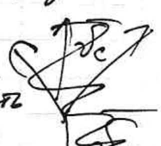
Откуда $\Delta U\cos\varphi=2\Delta v_1$

$\Rightarrow \vec v_1-\vec v_2\perp\Delta\vec v_1$

~~Поскольку $\vec F$ вертикальна, $\vec v_0$ верт., то и $\vec v_c$ вертикален.~~

$\Delta\vec U=\frac{F\Delta t}{m}$ – изменение скорости центра масс (изм-е имп-а системы Δp)

$\Rightarrow \Delta\vec U=\vec v_c-\vec v_0$

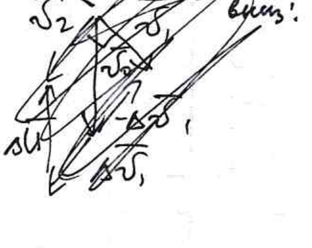


$\vec v_c$ после соударения может быть напр-а вверх

тогда $\Delta U=v_c+v_0$

$\sin\varphi=\frac{v_{отн}}{\Delta U}=\frac{\sqrt2 v_0}{v_0+\frac{v_0}{\sqrt2}}=\frac{2}{\sqrt2+1}$

Рисунок для $\vec v_c$ напр. вниз:



Либо вниз тогда

$\Delta U=v_0-v_c$

$\sin\varphi=\frac{v_{отн}}{\Delta U}=\frac{\sqrt2 v_0}{v_0-\frac{v_0}{\sqrt2}}=\frac{2}{\sqrt2-1}>1\Rightarrow$ Такого не может быть

Ответ: 1) $v_c=\frac{v_0}{\sqrt2}$; $\omega=\sqrt2\frac{v_0}{L}$

2) $\varphi=\arcsin\left(\frac{2}{\sqrt2+1}\right)$

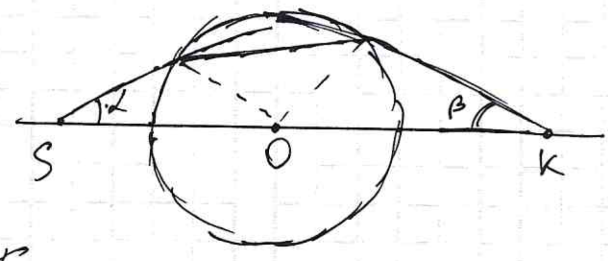
Задача 5.

Дано:

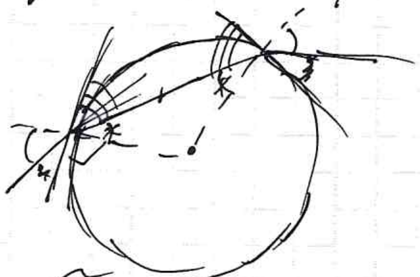
n, α, β, l

1) SO

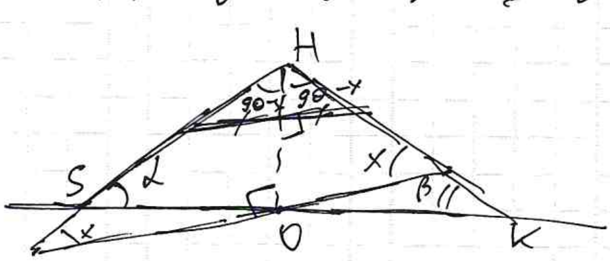
R - ?



Если продлить прямые лучей, то они будут образовывать прямоугольный треугольник с ~~т~~ лучом внутри шарика, поскольку углы ~~преломленных~~ ~~рав~~ преломления этого луча равны (см. рис.)



Перерисуем, достроив лучи внутрь шара.



Через точку O построим прямую, ~~перп.~~ параллельную внутреннему лучу

=> Получим равнобедренный треугольник с углами x при осн-ии

Теорема синусов:

$$\frac{SO}{\sin(90-x)} = \frac{OH}{\sin\alpha}$$

$$\frac{OK}{\sin(90-x)} = \frac{OH}{\sin\beta} \qquad OK = l - SO$$

$$SO\sin\alpha = OH\cos x$$

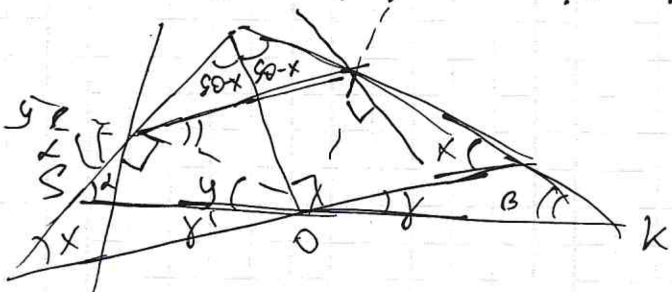
$$\cancel{OK}(l - SO)\sin\beta = OH\cos x$$

$$SO\sin\alpha = l\sin\beta - SO\sin\beta$$

$$\cancel{SO\sin\beta}\; SO(\sin\alpha + \sin\beta) = l\sin\beta$$

$$\boxed{SO = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha + \sin\beta}\, l}$$ +

Перерисуем треугольник, достроив внутр-й луч.



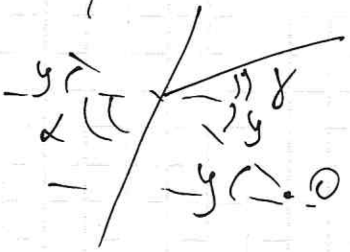
Далее найдем угол $\angle y$

Угол преломления:

$y+\alpha$

С др. стороны

$y+\gamma$



Найдем γ

$90+\gamma = 180-\beta-(90-x)$

$90-\gamma = 180-\alpha-(90-x)$

Вычтем

$2\gamma = \alpha-\beta \quad \gamma = \frac{\alpha-\beta}{2}$

З-н преломления:

$$\frac{\sin(\alpha+y)}{\sin(y+\gamma)} = n$$

откуда

$\sin\alpha\cos y + \cos\alpha\sin y = n\sin y\cos\gamma + n\cos y\sin\gamma$

разделим на $\cos y$ и получим

$$tg\, y = \frac{\sin\alpha - n\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{n\cos\frac{\alpha-\beta}{2} - \cos\alpha}$$

А $\sin y = \frac{tg\, y}{\sqrt{1+tg^2 y}}$

Теорема синусов

$$\frac{R}{\sin\alpha} = \frac{OS}{\sin(180-\alpha-y)}$$

$$R = \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+y)} OS = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha\cos y + \sin y\cos\alpha}$$

$$= \frac{\sin\alpha}{(\sin\alpha\cos y + \sin y\cos\alpha)} OS$$

где $\sin y = \frac{tg\, y}{\sqrt{1+tg^2 y}}$

$\cos y = \frac{\pm 1}{\sqrt{1+tg^2 y}}$

2) при $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $l = 10$ см

$$SO = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{\sqrt{3}}{2}} \cdot 10 = \frac{1}{1+\sqrt{3}} \cdot 10 = 3{,}7 \text{ см}$$

$$tg\, y = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} - 2\cdot\sin 15^\circ}{2\cdot\cos 15^\circ - \frac{1}{2}} = 0{,}24$$

$\sin y = 0{,}23$

$\cos y = 0{,}97$

$$R = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0{,}97 + \frac{1}{2} \cdot 0{,}23} \cdot 3{,}7 = \underline{0{,}9 \text{ см}}$$

Рез-ты:

L, см	h, мм	$\ln\frac{L}{L_0}$	$\ln\frac{h}{h_0}$
30	13	3,40	2,56
40	20	3,69	~~2,99~~ 3,00
50	25	3,91	~~3,20~~ 3,22
60	27	4,09	3,29
70	32	4,25	3,47
80	39	4,38	3,66
90	43	4,50	3,76
100	48	4,60	3,87
110	55	4,70	4,01
120	60	4,79	4,09

$$h = AL^n$$

$$\ln\frac{h}{h_0} = \ln A + n\ln\frac{L}{L_0}$$

Построим граф. $\ln\left(\frac{h}{h_0}\right)\Big/\left(\ln\left(\frac{L}{L_0}\right)\right)$ где h - условный коэф.

$h_0 = 1$ мм

$L_0 = 1$ см

$$\cancel{n = \frac{4,6}{\frac{16}{3}} = 0,86 \quad \frac{4,6}{5,33 - 0,9} = 1,034} \Rightarrow \text{~~график почти линия~~}$$

$$n_{max} = \frac{5,8}{3,34} = 1,7$$

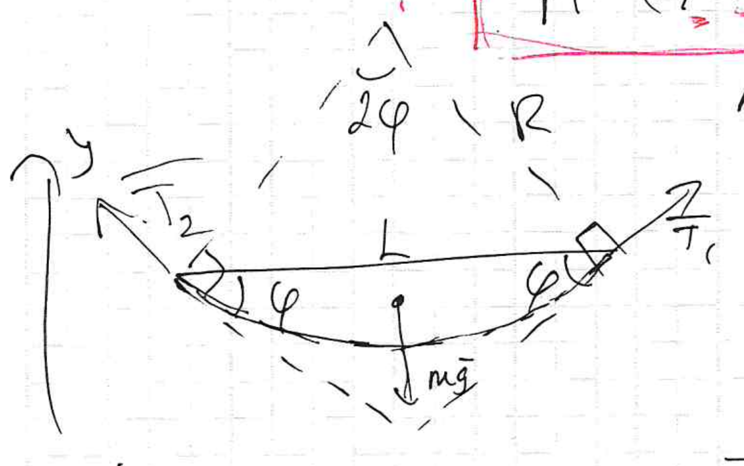
$$n_{ср} = 1,16 \quad ?$$

$$n_{min} = \frac{3,1}{5} = 0,62$$

+15

?

$$\boxed{n = (1,01 \pm 0,54)} \quad \boxed{\varepsilon_n = 54\,\%}$$



$$R\sin\varphi = \frac{L}{2} \qquad R = \frac{L}{2\sin\varphi}$$

$$h = R - \cos\varphi R = R(1-\cos\varphi)$$

$$\frac{h}{1-\cos\varphi} = \frac{L}{2\sin\varphi}$$

Найдем φ

II з-н для всей ленты:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + m\vec{g} = 0$$

На Оу: $2T\sin\varphi = mg \qquad m = \rho l S = \rho\cdot 2\varphi R S$

$$\cancel{2}T\sin\varphi = \varphi\rho S R g \qquad T = ES\frac{\Delta l}{l} = ES\frac{2\varphi R - L}{L}$$

$$E\cancel{S}\left(\frac{2\varphi R}{L} - 1\right)\sin\varphi = \varphi\rho\cancel{S}Rg$$

$$\sin\varphi = \varphi - \frac{\varphi^3}{6}$$

$$\cancel{E\cdot(2\varphi R-L)\left(1-\frac{\varphi^2}{6}\right)=\rho g R L}$$

$$\cancel{2E\varphi R\varphi - E\frac{\varphi^2}{6}\cdot 2\varphi R + E}$$

$$\cancel{2\varphi R - 2\frac{\varphi^3}{6}R - L + \frac{\varphi^2}{6}L = \frac{\rho g R L}{E}}$$

$$E(2\varphi R-L)\left(1-\frac{\varphi^2}{6}\right)=\rho g R L$$

Подст-м R

$E(2\varphi$

1: 4 б
2: 1 б
3: ~~0,5 б~~ 1,5 б
4: 1 б
5: 0

~~6,0 б~~ 7,5 б