0 018311 260006

01-83-11-26
(49.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

дешифр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Севастьянова Артёма Викторовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выход: 13:17

Возвращение: 13:22 Королёва А.В.

15-10 работу сдал
Фаломкина О.В.

Дата
«05» марта 2023 года

Подпись участника

01-83-11-26 (49.3)

Чистовик № 1 из 7

Задача 2.9.2.

Дано: $S = 100\,см^2 = 0{,}01\,м^2$; $M = 100\,кг$

$h = 0{,}83\,м$; $t = 127\,°C = 400\,K$

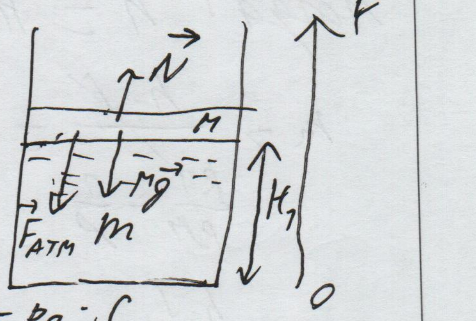
~~$p_0 = 10^5\,Па$~~; $p_H = 2{,}5\cdot10^5\,Па$; $\mu = 18\cdot10^{-3}\,\frac{кг}{моль}$

$R = 8{,}3\,\frac{Дж}{моль\cdot K}$; $g = 10\,м/с^2$

Найти: m (в гр) (2)

Решение:

I.



$|\vec{F}_{АТМ}| = p_0 \cdot S$

~~II~~. В состоянии равновесия поршень покоится. Рассмотрим систему до начала нагрева. ~~На~~ Запишем 2-й з-н Ньютона в проекции на ось OY:

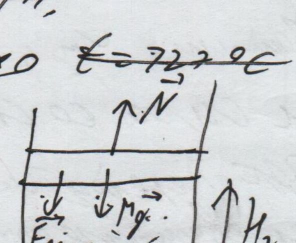
$OY: N - Mg - p_0\cdot S = 0 \Rightarrow N = Mg + p_0\cdot S = const$

Поскольку сила р-ции ~~опоры~~ содержимого ~~сосуд~~ поршнем N ~~равна~~ постоянна, то и давление содержимого на поршень p тоже постоянно

$$p = \frac{Mg}{S} + p_0 = \frac{100\,кг\cdot10\,м/с^2}{0{,}01\,м^2} + 10^5\,Па = 2\cdot10^5\,Па$$

Поскольку $p = 2\cdot10^5\,Па < 2{,}5\cdot10^5\,Па = p_H$, то ~~при на~~ после нагрева воды до ~~$t = 127\,°C$~~ t испарится вся вода:

II



Высота поршня до нагрева:

$H_1 = \frac{V_1}{S} = \frac{m}{\rho\cdot S}$

После нагрева: $H_2 = \frac{V_2}{S}$

Из з-на Менделеева-Клайперона выразим V_2:

$pV_2 = \nu RT = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow V_2 = \frac{mRT}{p\mu}$

Отсюда: $H_2 = \frac{mRT}{p\mu S}$

N	1	2	3	4	5
оценка	0	20	5	20	19

64

Чистовик 2 из 7

Продолжение задачи 2.9.2.

Тогда: $h = H_2 - H_1 = \frac{mRT}{p_x M S} - \frac{m}{\rho \cdot S} = \frac{m}{S}\left(\frac{RT}{pM} - \frac{1}{\rho}\right)$

$m = \frac{h \cdot S}{\frac{RT}{pM} - \frac{1}{\rho}} = \cancel{\ldots 10^{-2}\,м}$

$m = \frac{h \cdot S}{\frac{RT}{pM} - \frac{1}{\rho}} = \frac{0{,}83\,м \cdot 10^{-2}\,м^2}{\frac{8{,}3\,\frac{Дж}{моль\,К} \cdot 400\,К}{2\cdot 10^{5}\,Па \cdot 18\cdot 10^{-3}\,\frac{кг}{моль}} - \frac{1}{1000\,\frac{кг}{м^3}}} =$

$= \frac{8{,}3 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot \frac{4}{36} - 10^{-3}}\,кг = \frac{8{,}3\cdot 10^{-3}}{\frac{8{,}3 - 9\cdot 10^{-3}}{9}}\,кг \approx \frac{8{,}3 \cdot 10^{-3}}{\frac{8{,}3}{9}}\,кг =$

$= 9 \cdot 10^{-3}\,кг = 9\,г$

Ответ: 9 г

Задача 3.9.2.

Дано: $R = 1\,м$, $r = 0{,}25\,м$

$m = 1\,г$, $q = 10^{-6}\,Кл$, $E = 10^3\,В/м$

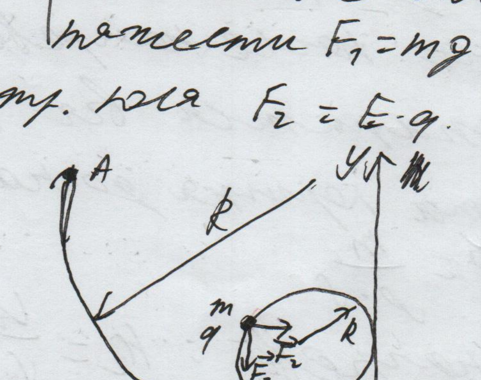
$g = 10\,м/с^2$; $r \leq \frac{(qE + mg)R}{mg + \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}}$

Найти: v_{min}

Решение:

На бусинку ~~постоянно~~ действуют постоянные силы тяжести $F_1 = mg$ и сила со стороны элект. поля $F_2 = E \cdot q$.

Перейдём в неподвижную отн. системы ИСО такую, какая изображена на рисунке. В ней потенциальная энергия бусинки зависит от её координат:



$E_П = E_{П_x} + E_{П_y} = F_1 y + F_2 x$

01-83-11-26 (49.3)

Чистовик 3 из 7

Продолжение задачи 3.9.2

В замкнутой системе: $E_{полн} = E_к + E_п = const$

Тогда при $V = V_{min}$: $E_к = \frac{mV_{min}^2}{2} = E_{к\,min}$

$\Rightarrow E_п = E_{п\,max}$

Тогда ~~координаты~~ при $V = V_{min}$

значение $F_1 y + F_2 x$ максимально.

~~Уравнение витка~~ Для любого x, ~~которому соответствует~~ ряд окружностью соответствуют две точки на окружности. Поэтому нужно найти макс. $F_1 y$ и $F_2 x$, достаточно рассмотреть только верхнюю полуокружн.

Ур-ние верхней полуокр-ти:

$y = r + \cancel{\sqrt{(x-r)^2}} + \sqrt{r^2-(x-r)^2} = r + \sqrt{2rx - x^2}$

Получим: $E_п(x) = F_1 r + F_1 \cdot \sqrt{x} \cdot \sqrt{2r-x} + F_2 x$

При достижении максимума: $E_п'(x) = 0$

$E_п'(x) = F_2 + F_1 \cdot \left(\frac{1}{2\sqrt{x}} \cdot \sqrt{2r-x} + \sqrt{x} \cdot \frac{-1}{2\sqrt{2r-x}} \right) =$

$= F_2 + \frac{F_1}{2}\left(\frac{\sqrt{2r-x}}{\sqrt{x}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{2r-x}} \right) = 0$ $\qquad k \geq 0$

Заменим для удобства: $k = \frac{\sqrt{2r-x}}{\sqrt{x}}$

Тогда: $F_2 + \frac{F_1}{2}\left(k - \frac{1}{k}\right) = 0 \Rightarrow \frac{F_1}{2}k^2 + F_2 k - \frac{F_1}{2} = 0$

$D = F_2^2 + 4F_1^2 \cdot \frac{1}{4} = F_2^2 + F_1^2$

$k_{1,2} = \frac{-F_2 \pm \sqrt{F_2^2+F_1^2}}{F_1}$; $k_1 = \frac{-F_2 - \sqrt{F_2^2+F_1^2}}{F_1} < 0$ — не подходит

$k_2 = \frac{-F_2 + \sqrt{F_2^2+F_1^2}}{F_1} > 0$ — подходит

$k =$ ~~F_2~~ $F_1 = mg = 10^{-3}\,кг \cdot 10\,м/с^2 = 10^{-2}\,Н$;

Чистовик 4 из 7

Продолжение задачи 3.9.2.

$F_2 = E \cdot q = 10^3 \frac{В}{м} \cdot 10^{-6} Кл = 10^{-3} Н$

$k = \frac{-F_2 + \sqrt{F_1^2 + F_2^2}}{F_1} = \frac{-10^{-3} Н + \sqrt{10^{-4} Н^2 + 10^{-6} Н^2}}{10^{-2} Н} \approx$

$\approx \frac{-10^{-3} Н + 10^{-2} Н}{10^{-2} Н} = \frac{9 \cdot 10^{-3} Н}{10^{-2} Н} = 0,9$

$k = \frac{\sqrt{2r - x}}{\sqrt{x}} = 0,9 \Rightarrow \frac{2r - x}{x} = 0,81; x > 0; x \leq r$

$2r - x = 0,81x \Rightarrow 1,81x = 2r \Rightarrow x = \frac{2}{1,81} r =$

$= \frac{2}{1,81} \cdot 0,25 м = \frac{1}{2 \cdot 1,81} м = \frac{1}{3,62} м = \frac{50}{181} м$

$y = r + \sqrt{2rx - x^2} = 0,25 м + \sqrt{\frac{50}{181} м \cdot (0,25 - \frac{50}{181})} =$

$= 0,25 м + \sqrt{\frac{50}{181} м \cdot \frac{49,5}{181} м} = 0,25 м + \frac{\sqrt{50 \cdot 49,5}}{181} м$

~~Начало координат точки~~ $A: (R; R)$

$\Delta E_{пx} = F_2 (R - x) = 10^{-3} Н \cdot (1 м - \frac{50}{181} м) =$

$= 10^{-3} Н \cdot \frac{131}{181} м \approx 0,72 37 \cdot 10^{-3} Дж = 7,237 \cdot 10^{-4} Дж$

$\Delta E_{пy} = F_1 (R - y) = 10^{-2} Н \cdot (1 м - \frac{\sqrt{50 \cdot 49,5}}{181} м) =$

$= 10^{-2} Н \cdot (1 м - \frac{45}{181} м) = 10^{-2} Н \cdot (\frac{136}{181} м) =$

$= 0,7514 \cdot 10^{-2} Дж = 7,514 \cdot 10^{-3} Дж$

В точке A: $v = 0$; $E^{A\,I}_{полн} = E_{пA}$

В точке $(x; y)$: $v = v_{min}$; $E^{II}_{полн} = E_{пx} + E_{пy} + E_к$

$E^{II}_{полн} - E^{I}_{полн} = 0 = \cancel{E_{пAx}} \cancel{E_{пx} - E_{пAx} + E_{пy} - E_{пAy}}$

$= E_{пx} - E_{пAx} - E_{пy} - E_{пAy} + E_к = E_к - \Delta E_{пx} - \Delta E_{пy} \Rightarrow$

01-83-11-26 (49,3)

Чистовик 1 из 2

Продолжение задача 3.2.4

$E_к =$ [illegible] $= 1,237\cdot10^{-4}$ Дж $+ 1,574\cdot10^{-3}$ Дж $=$

$= 8,237\cdot10^{-3}$ Дж $= \frac{mV_{min}^2}{2} \Rightarrow$

$$V_{min} = \sqrt{\frac{2E_к}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 8,237\cdot10^{-3}\text{ Дж}}{10^{-3}\text{ кг}}} =$$

$= \sqrt{16,474}$ м/с $\approx$ ~~4,0~~ 4,05 м/с

Ответ: 4,05 м/с

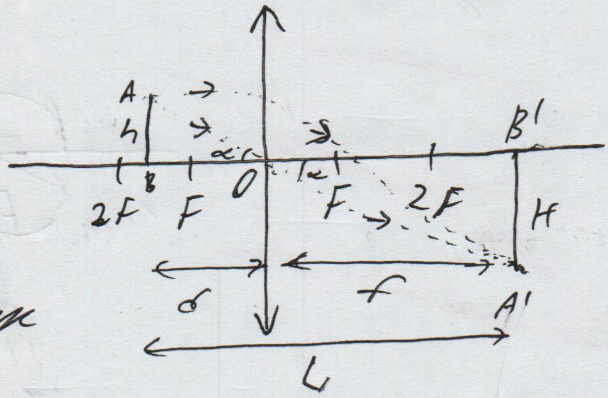
Задача 4.5.2.

Дано: $D = 6$ дптр

$\Gamma = 3$; $L = d+f$

Найти: L

Решение:



~~Обозначим:~~

$\angle AOB = \angle A'OB'$ ~~так~~ $=\alpha$ как вертикальные

тогда: $\frac{h}{d} = \frac{H}{f} = \sin\alpha$

$\Rightarrow \frac{f}{d} = \frac{H}{h} = \Gamma = 3 \Rightarrow f = 3d$

Основное ур-ние тонкой линзы:

$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{4}{3d} \Rightarrow d = \frac{4}{3}F = \frac{4}{3D} =$

$= \frac{4}{3\cdot 6\text{ дптр}} = \frac{2}{9}$ м

$L = d+f = 4d = 4\cdot\frac{2}{9}$ м $= \frac{8}{9}$ м

Ответ: $\frac{8}{9}$ м

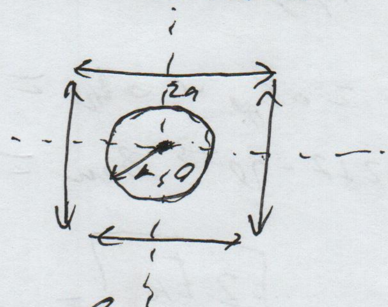
20

Чистовик 6 из 7

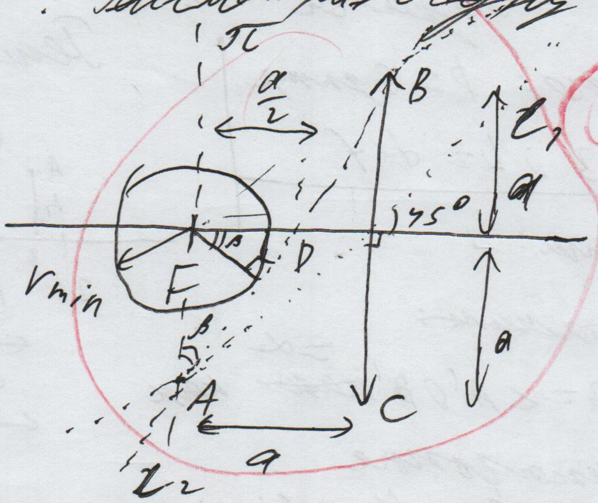
Дано: F = a; R = 2,25 см

Найти: r

Решение:



Для того чтобы свет излучался по всем направлениям, на сферическом источнике света ~~должны быть хотя бы 4 точки, из~~ ~~которых~~ ~~должны быть~~ точки, из которых ~~свет может~~ исходящий луч света ~~светом~~ имеет угол ~~отражения~~ преломления с краем ~~линзой~~ линзы ~~45°~~ 45°. Рассмотрим одну из линз:



(F = a, т.к. ~~отн. центр~~ точка O ~~является~~ является центром квадрата, образующегося линзами в плоскости рисунка)

На рисунке: П — фокальная плоскость

l_1 — прямая, в которую вписано множество точек, ~~свет~~ исходящий из которых свет ~~составит~~ будет иметь угол отражения 45°. A — точка пересеч-я l_1 и П.

По свойству фок. плоскости: ~~При~~ AC ~~⊥l при A∈l~~ для любой прямой l_1

Чистовик 7 из 7

Продолжение задачи 5.3.2

проходящей через A, что ~~выходящий~~ преломлённый луч будет параллелен l_1 $\Rightarrow$ угол преломления составит $45°$

l_2 — прямая, проходящая через A и через край линзы.

Обозначим: ~~B – край линзы~~ B, C – края линзы. $\angle BAF = \beta$. Точка пересеч-я AB с главной оптической прямой – D.

$\Rightarrow FD = \frac{a}{2}$. Угол между перп. к AB из F и глав. опт. прямой равен β. Тогда:

+

$r_{min} = \cancel{F}\frac{a}{2} \cdot \cos\beta = \frac{a}{2}\cancel{A} \cdot \frac{2a}{AB} = \cancel{A} \cdot \frac{2a^2}{\sqrt{2a^2+a^2}} =$

$= \frac{a}{\sqrt{5}} \Rightarrow a = \sqrt{5}R = 325 \text{ см} \cdot \sqrt{5} =$

$=$

+

Только при этом значении!

Ответ: ~~$2{,}25 \cdot \sqrt{5}$ см~~ $2{,}25 \cdot \sqrt{5}$ см.

Черновик 9

$4,09 \cdot 4,05 = 16,4025$

$4,06 \cdot 4,06 = 16,4836$

$4,2 \cdot 4,2 = 17,64$

$4,1 \cdot 4,1 = 16,81$

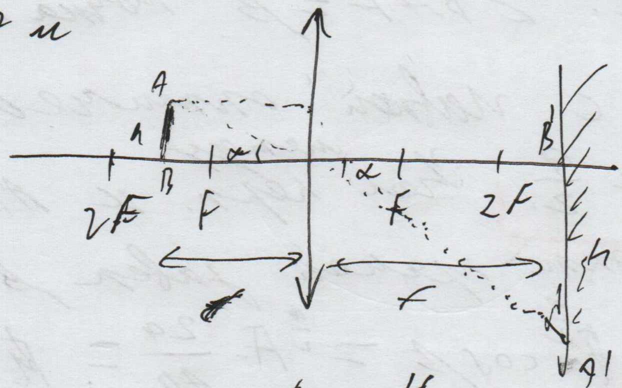
N 4.5.2

$D = 6$ дптр, $\Gamma = 3$

$F = \frac{1}{6}$ м $\approx 0,167$ м

$L - ?$

$L = f + d$



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

$\sin\alpha = \frac{h}{d} = \frac{H}{f} \Rightarrow$

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 3 \Rightarrow f = 3d$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = D$

$\frac{4}{3d} = D \Rightarrow$

$d = \frac{4}{3D} = \frac{4}{3 \cdot 6 \text{ дптр}} = \frac{4}{18 \text{ м}} = \frac{2}{9}$ м

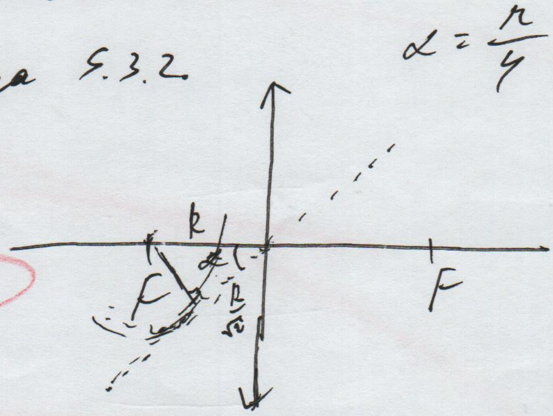
$L = d + f = 4d = \frac{8}{9}$ м

Задача 9.3.2.

$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$a = F;\ k = 2{,}25$ см

$F - ?$



Черновик 4

$f'(x) = 3x \; x^n \Rightarrow f'(x) = nx^{n-1}$

$f(x) = \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}} \Rightarrow f'(x) = \frac{x^{-\frac{1}{2}}}{2} = \frac{1}{2\sqrt{x}}$

$g(x) = 2r - x; \; f(x) = \sqrt{x}$

$(f(g(x)))' = f'(g(x)) \cdot g'(x) = f'(2r - x) \cdot g'(x) =$

$= \frac{1}{2\sqrt{2r-x}} \cdot (-1) = -\frac{1}{2\sqrt{2r-x}}$

$\frac{1}{362} = \frac{10}{362} = \frac{50}{181} =$

$1{,}00000 \,|\, 362$

$7{,}574 + 1{,}23 = 8{,}237$

$8{,}237 \cdot 2 = 16{,}474$

$131{,}00000 : 181 = 0{,}72307$

$136{,}00000 : 181 = 0{,}75138$

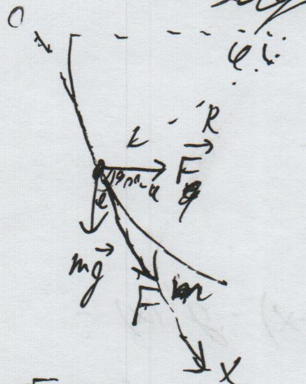
$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

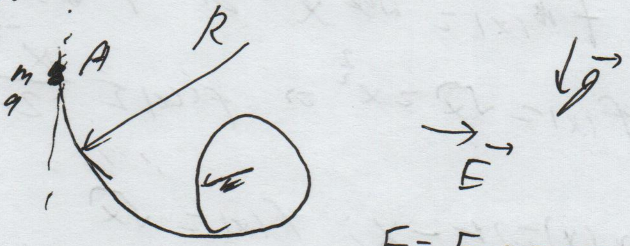
удалить

ааа

Черновик 3

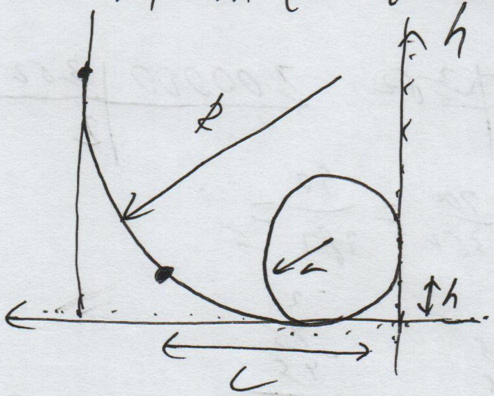
Задача 3.9.2.





$F = E \cdot q = const$

$Ox: F = \overset{F_1}{mg} \cdot \sin\varphi + \overset{F_2}{F_q} \cdot \cos\varphi = F_1 \cdot \sin\varphi + F_2 \cos\varphi$



$\Pi_m = mgh$

$\Pi_q = EqL$

$E_K + E_\Pi = const$

$E_K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$

v минимальна при E_Π макс.

$E_\Pi = \Pi_m + \Pi_q = mgh + EqL = F_1 h + F_2 L$

Выход: ~~$(h+r)^2 + (L+r)^2 = r^2$~~

$(L-r)^2 + (h-r)^2 = r^2$

$L^2 - 2Lr + h^2 - 2hr + r^2 = 0$

$D = 4r^2 - 4 \cdot 1 \cdot (h^2 - 2hr + r^2) =$

$= 3r^2 + 2hr - 4h^2 =$

Верхняя точка окружности: $(h-r)^2 + (L-r)^2 = r^2$

$h = \sqrt{(L-r)^2 + r^2} + r =$

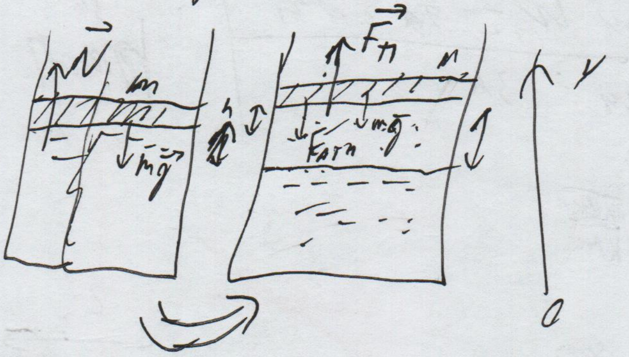
$= \sqrt{r}$

Черновик $= S = 100 cm^2 = 0{,}7 \cdot дм^2 = 397 м^2$

Задача 2.9.2

Дано: S, M, t_1, t_2, h_1, p_H, μ, R, g, p_0

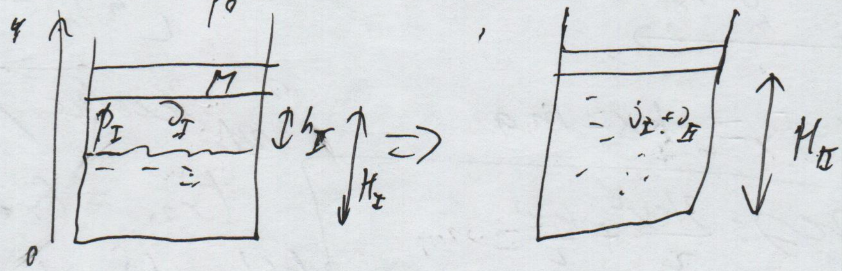
Найти: h



Oy:

$F_{П} - mg - F_{атм} = 0$

$p_H S - mg - p_0 S = 0$



Oy: $p_I S - p_0 S - Mg = 0$

$p_I = p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 Па + \frac{10 кг \cdot 10 м/с^2}{397 м^2} =$

$= 2 \cdot 10^5 Па < p_H \Rightarrow$ вся вода испарилась

$H_I = \frac{m}{\rho \cdot S}$; $\frac{V_I}{S} = \frac{m}{\rho \cdot S} + \frac{\nu R T_2}{p_I \cdot S}$ переобозначим $p_I \Rightarrow p$

$H_{II} = \frac{V_{II}}{S} = \frac{(\nu_I + \nu_{II}) R T_2}{p_I \cdot S}$

$h = H_{II} - h_1 = \frac{(\nu_I + \nu_{II}) R T_2}{p S} - \frac{\nu_{II} \cdot M \mu}{p S} - \frac{\nu_I R T}{p S}$

При $\nu_I = 0$: $\boxed{h = \frac{\nu R T_2}{p S} - \frac{\nu \mu}{\rho p S}} = \frac{m\left(\frac{RT_2}{\mu} - 1\right)}{p S} \Rightarrow$

$p S h = \nu R T$

$h = \frac{\nu R T}{p S} = \frac{2 \cdot 8{,}3 \cdot 400}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2}} = 3{,}83$

$h = \frac{m \frac{RT_2}{\mu} - 1}{p h S}$

$\frac{кг \cdot \frac{м^2}{с^2} \cdot \frac{1}{кг} \cdot \frac{1}{К} \cdot К \cdot \frac{1}{моль}}{\frac{кг}{м^3} \cdot \frac{кг}{моль} \cdot кг \cdot \frac{м^2}{с^2} \cdot \frac{1}{м^2} \cdot \frac{кг}{моль}} =$

$\frac{кг \cdot \frac{м^2}{с^2}}{\frac{кг}{м^3} \cdot \frac{кг \cdot м^2}{с^2 \cdot м^2 \cdot м^2}}$; $\frac{Дж}{Па \cdot м^2} = \frac{кг \cdot \frac{м^2}{с^2}}{кг \cdot \frac{м}{с^2} \cdot м^2} = \frac{1}{м}$

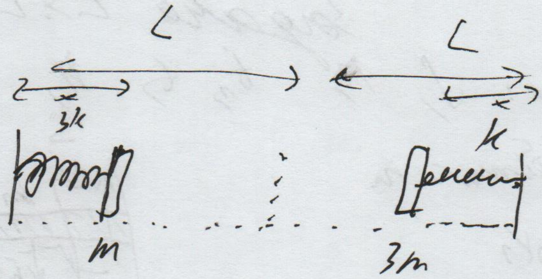
Черновик 1

№1.2.2

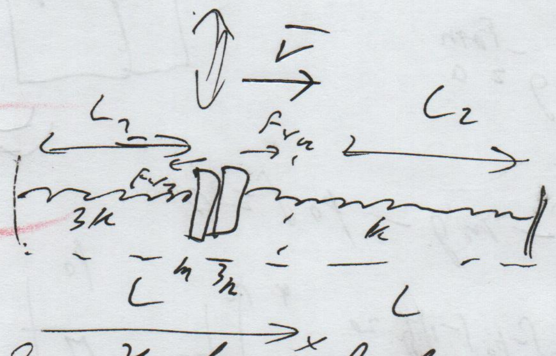
Дано: $L = 10$ см

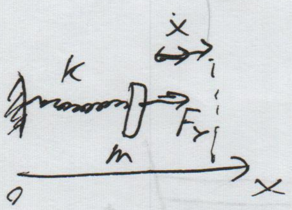
$x = 10$ см; $v = 3$ м

Найти: $3k$



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





$Ox: F_y = -kx = ma$

ЗСЭ: $\frac{3kx^2}{2} + \frac{kx^2}{2} =$

$= m$

Условие равновесия:

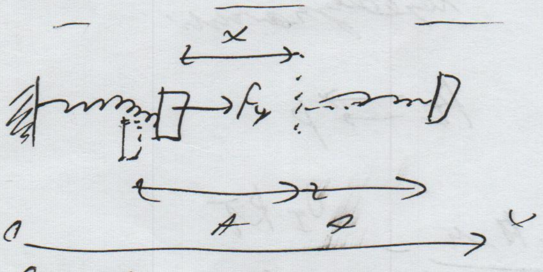
$F_{y1} = F_{y2}$

$3k(L - L_1) = k(L_2 - L) = k($

$= k(2L - L_1 - L) = k(L - L_1)$

$3L - 3L_1 = L - L_1$

$2(L - L_1) = 0 \Rightarrow L_1 = L = L_2$



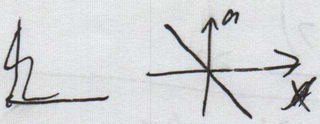
$Ox: F_y = -kx = ma$

$F(x) = -kx$

$a(x) = -\frac{kx}{m} = -\frac{k}{m}x$

При $x = \pm A$: $v = 0$

$\frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{k}{m}x$



$v = \int -\frac{k}{m}x\,dt =$

При $x = -A$: $\Delta t \to 0$: $\Delta v = a \Delta t$; $\Delta x = v\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2}$

$v_2 = v_1 + a\Delta t$; $x_2 = x_1 + v_2\Delta t = x_1 + v_1\Delta t + a\Delta t^2 \to x_1 + v_1\Delta t$, $\Delta t \to 0$

$v_1 = 0$