



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шарафутдиновой Юлии Александровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вход 13:42 Руденко
Приход 13:47 Руденко

+1 лист МД

Работа сдана 15:08 Ф.П. Созерин

Дата

Подпись участника

«5» марта 2023 года

90-29-64-52

(47.8)

Задача № 2.9.1

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$\mu = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м/моль}$$

$$T = 125^\circ \text{C} = 400 \text{ К}$$

$$p_n = 2.5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м/моль}$$

$$R = 8.3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

h?

$$h = \frac{m_{\text{пара}} R T}{\mu S (p_0 + \frac{Mg}{S})} = \frac{m R T}{\mu S (p_0 + \frac{Mg}{S})}$$

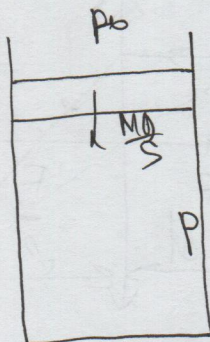
$$h = \frac{9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8.3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 400 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{моль}} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 (10^5 \text{ Па} + \frac{100 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2})} =$$

$$= \frac{8.3 \cdot 4}{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4}} \text{ м} = \frac{8.3}{20} \text{ м} = 0.415 \text{ м} = 41.5 \text{ см}$$

Ответ: $h = 83 \text{ см}$.

[Мистовик]

Решение:



$p = p_0 + \frac{Mg}{S}$ — давление в сосуда после нагревания

$$p = 10^5 \text{ Па} + \frac{100 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} < p_n \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ влажность $< 100\% \Rightarrow$ вся вода пар $\Rightarrow m_{\text{пара}} = m$
 $pV = \nu RT$ — ур-ие Клапейрона-Менделеева

$$(p_0 + \frac{Mg}{S}) \cdot S \cdot h = \frac{m_{\text{пара}} R T}{\mu}$$

Решение и ответ
 верны

20 Кочки

①

Задача №4.5.1

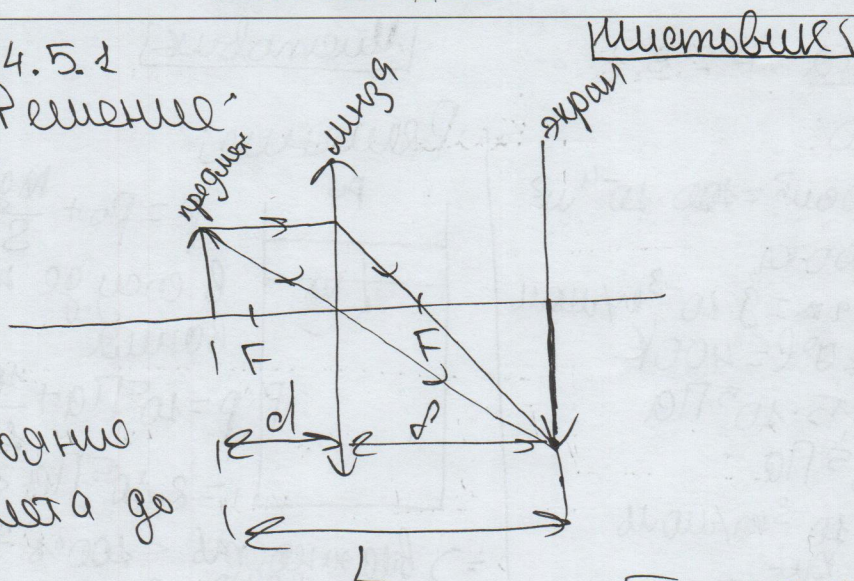
Дано:

$\Gamma = 3$

$L = 80 \text{ см}$

Найти D ?

Решение:



d — расстояние от предмета до линзы

f — расстояние от линзы до изображения по формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

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

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

$$L = d + f = d + \Gamma d = d(\Gamma + 1) \Rightarrow d = \frac{L}{\Gamma + 1}$$

$$D = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma \cdot \frac{L}{\Gamma + 1}} = \frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma L}$$

$$D = \frac{(3 + 1)^2}{3 \cdot 0,8 \text{ м}} = \frac{160}{3 \cdot 8} \text{ дптр} = \frac{20}{3} \text{ дптр} = 6,6 \text{ дптр}$$

Ответ: $D = 6,6 \text{ дптр}$.

Задача №1.2.4

Четовник

Дано:

$$L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

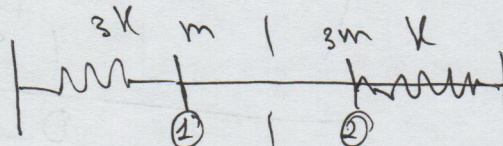
$$S = 2L = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

$$3k = m$$

$$k = 3 \text{ м}$$

$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

Решение:



1. введём ось x так, чтобы ~~о~~ соответствовал недеформированному состоянию пружин

уравнения для координат для 1 пружины: $x_1 = -(L-b) \cdot \cos \omega_1 t$

для 2 пружины: $x_2 = (L-b) \cos \omega_2 t$

столкновение произойдёт в момент, когда $x_1 = x_2$

$$-(L-b) \cos \omega_1 t = (L-b) \cos \omega_2 t$$

$$-\cos \omega_1 t = \cos \omega_2 t$$

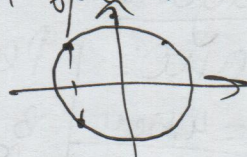
скорости грузов в этот момент: $v_1 = (L-b) \omega_1 \sin \omega_1 t$

$$v_2 = -(L-b) \omega_2 \sin \omega_2 t$$

столкновение произойдёт в момент времени

$$\cos(\pi - \omega_1 t) = \cos \omega_2 t$$

$$\begin{cases} \pi - \omega_1 t = \omega_2 t + 2\pi k \\ \pi - \omega_1 t = -\omega_2 t + 2\pi k, k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_0}{m}}$$

$$\Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

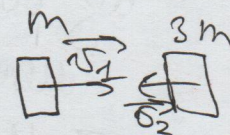
$$\Rightarrow \omega_1 = 3\omega_2 \Rightarrow \begin{cases} 4\omega_2 t = \pi + 2\pi k \\ 2\omega_2 t = \pi + 2\pi k \end{cases}$$

$$\begin{cases} t = \frac{\pi + 2\pi k}{4\omega_2} \\ t = \frac{\pi + 2\pi k}{2\omega_2} \end{cases}$$

столкновение произойдёт в момент $t = t_{\min} > 0 \Rightarrow t = \frac{\pi}{4\omega_2}$ ✓

2. Столкновение:

ЗДУ:

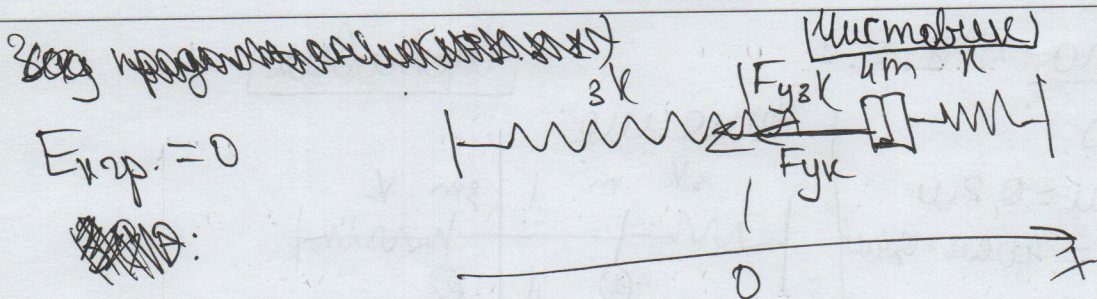


$$x: m v_1 + 3m v_2 = 4m v$$

$$u = \frac{v_1 + 3v_2}{4} = \frac{(L-b)\omega_1 \sin \omega_1 t - 3(L-b)\omega_2 \sin \omega_2 t}{4} =$$

$$= \frac{L-b}{4} (3\omega_2 \sin(3\omega_2 \cdot \frac{\pi}{4\omega_2}) - 3\omega_2 \sin(\omega_2 \cdot \frac{\pi}{4\omega_2})) =$$

$$= \frac{L-b}{4} \cdot 3\omega_2 (\sin \frac{3\pi}{4} - \sin \frac{\pi}{4}) = 0 \Rightarrow E_{\text{пруж}} = 0 \quad \text{③} \quad \checkmark$$



В момент столкновения ~~и~~ силы упругости обеих пружин направлены против оси ox

ЗРФ: $E_{\text{упр.}} + \frac{3k \cdot x^2}{2} + \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{3k \cdot A^2}{2} + \frac{k \cdot A^2}{2}$

$4kx^2 = 4kA^2 \Rightarrow A = |x| = |(L-b) \cos \omega_2 t| =$

$= |(L-b) \cos(\omega_2 \cdot \frac{\pi}{4\omega_2})| = |(L-b) \cos \frac{\pi}{4}|$

$A = |(20\text{см} - 10\text{см}) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}| = 10\text{см} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2}\text{см} \approx 5,4\text{см} = 7\text{см}$

Ответ: $A = 5\sqrt{2}\text{см} \approx 7\text{см}$

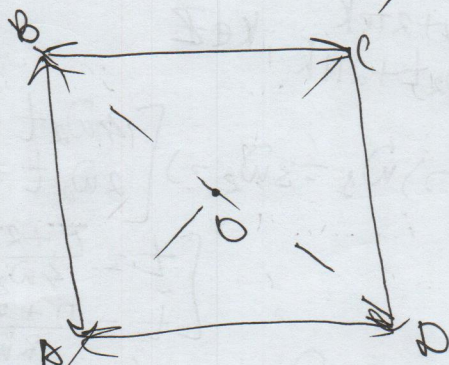
Задача №5.3.1

Дано:

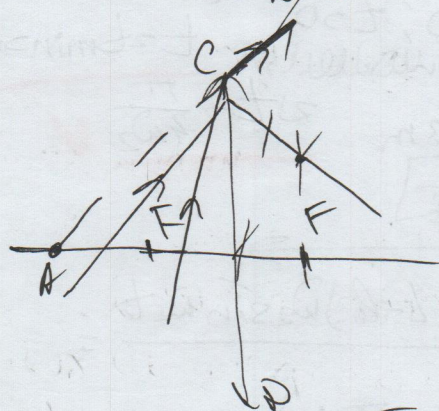
$2a = 4,5\text{см}$

$R_{\text{min}} = ?$

Решение:

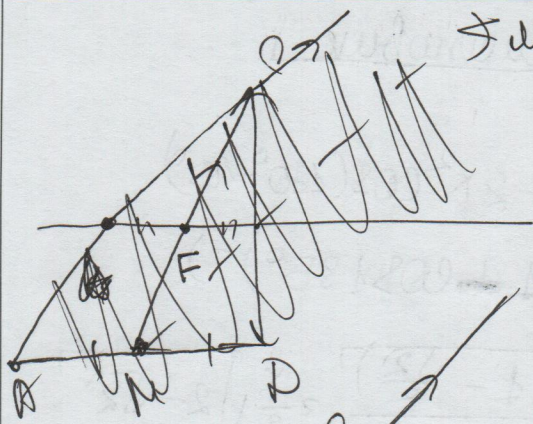


оптическая система симметрична относительно прямых BD и AC



из рис. видно, что ~~луч~~ (AE) может быть освещен только лучом, проходящим между фокусом и линзой: в силу симметрии оптической системы крайний луч (луч совпадающий с прямой AP)

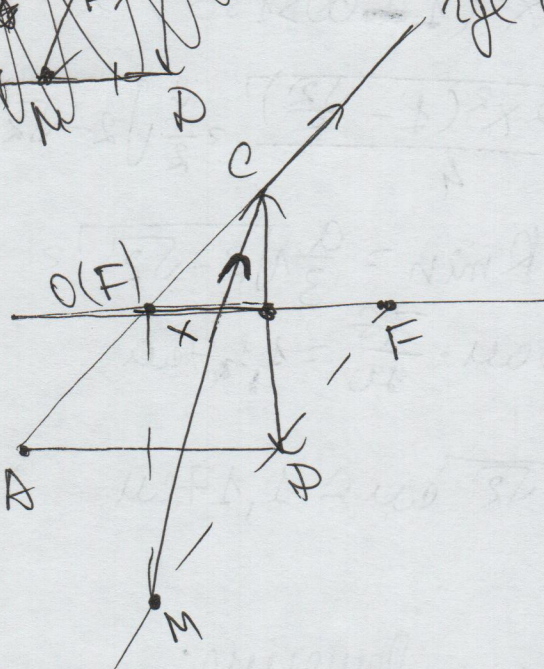
(4)



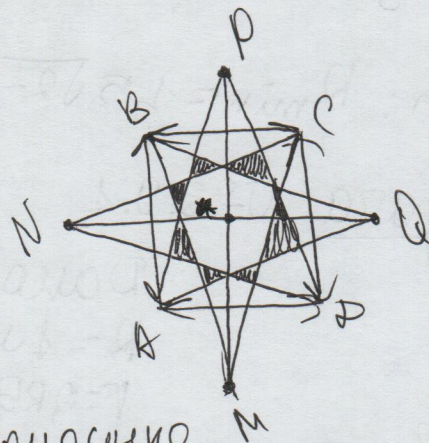
линия CD

Методика

из рис. видно, что такой
луч создаётся лучом ME,
где $OM \perp AD$ и $OM = CD$

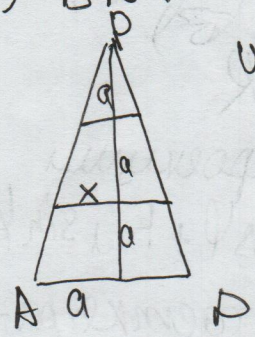


Рассмотрим всю
оптическую
систему:

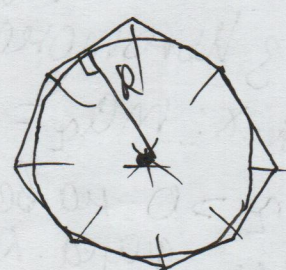


в силу симметрии
относительно
прямых AO, MP, BD и AE
заштрихованные на рисунке
треугольники равны $\Rightarrow$ многоугольник в
центре - правильный 8-угольник
лучи MC, BQ и др. - касательные $\Rightarrow$ они являются
касательными к сферическому источнику

$\triangle APR$

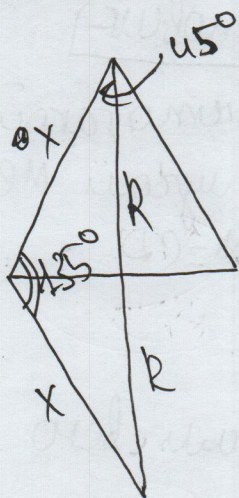


из подобия $\frac{x}{a} = \frac{2a}{3a} \Rightarrow x = \frac{2}{3}a$



т.к. 8-уг. - правильный,
 $R = h$ - высота $\triangle$
треугольника
со сторонами x и y
при вершине $\frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$

5



Числовые

по т. кос

$$(R)^2 = 2x^2 - 2x^2 \cos(180^\circ - 45^\circ)$$

$$4R^2 = 2x^2 (1 - \cos 135^\circ)$$

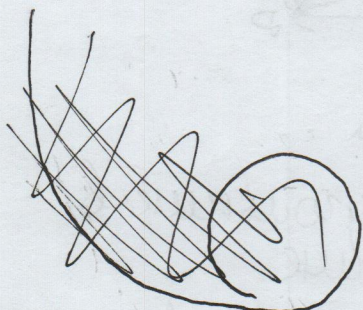
$$\Rightarrow R = \sqrt{\frac{2x^2(1 - \frac{\sqrt{2}}{2})}{4}} = \frac{x}{2} \sqrt{2 - \sqrt{2}}$$

$$x = \frac{2a}{3} \Rightarrow R_{\min} = \frac{a}{3} \sqrt{2 - \sqrt{2}}$$

$$= \frac{4,5 \text{ см}}{3} \sqrt{2 - \sqrt{2}} \approx 1,5 \text{ см} \cdot \frac{28}{10} = 1,17 \text{ см}$$

Ответ: $R_{\min} = 1,5 \sqrt{2 - \sqrt{2}} \text{ см} \approx 1,17 \text{ см}$.

Задача №8.9.1



Дано:

$$R = 1 \text{ м}$$

$$r = 0,25 \text{ м}$$

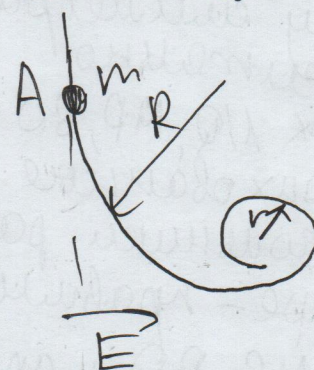
$$m = 12$$

$$q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$E = 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\sigma_{\max} = ?$$

Решение:

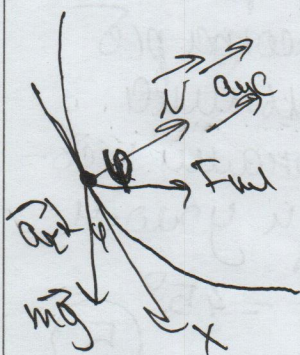


$a_{\text{кр}} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow \sigma_{\text{максимальна в точке, в кот. } a_{\text{кр}} = 0, \text{ а за этого } a_{\text{кр}} \geq 0 \text{ (сохраняется)}$

1. $\times$ ~~неверно~~ - окружность радиуса R

но 2 3. Нютона в проекции на ось x: $ma_{\text{кр}} = mg \cos \varphi + F_{\text{эл}} \sin \varphi$

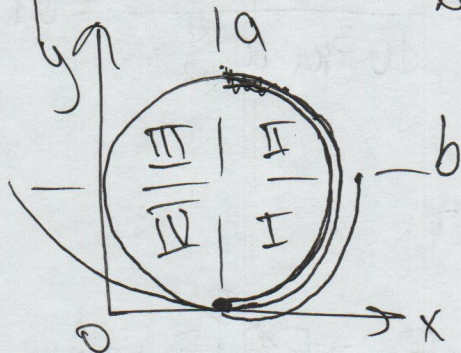
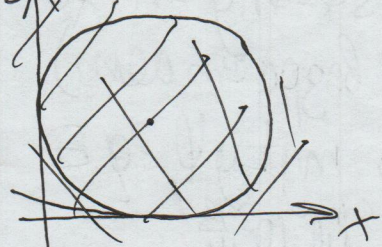
$\Rightarrow a_{\text{кр}} > 0$ на всей участке радиуса R $\Rightarrow \sigma \uparrow$



(6)

Числовик

2. $\rightarrow$ виток радиуса r



введём систему координат как показано на рисунке

виток - окружность, ур.-ие:

$$(x-r)^2 + (y-r)^2 = r^2 \quad +$$

$$(x-r)^2 = (r-y+r)(x+y-r)$$

$$x-r = \pm \sqrt{y(2r-y)} \quad +$$

$$x = r \pm \sqrt{y(2r-y)}$$

~~Введем систему координат~~ $E_k + E_n = E_0 + A_{ки}$

$E_k = E_0 + A_{ки} - E_n \rightarrow \Delta E = A_{ки} - E_n$ макс.

$\Delta E = qEx - mgy \rightarrow$ скорость бушки будет на правой стороне

1. $x = r + \sqrt{y(2r-y)}$

$\Delta E = qEr + qE\sqrt{2ry-y^2} - mgy$

$\Delta E' = qE \cdot \frac{2r-2y}{2\sqrt{2ry-y^2}} - mg > 0$

$\frac{qE(r-y)}{\sqrt{2ry-y^2}} > mg$

$q^2 E^2 (r-y)^2 > (mg)^2 (2ry-y^2)$

$r^2 - 2ry - y^2 > (\frac{mg}{qE})^2 (2ry-y^2)$

витка будет больше, чем в (.), симметричной ей относительно только правый

а т.к. $y_1 = y_2$ $x_1 > x_2$

аналогично скорость бушки на левой стороне витка будет больше, чем в (.), симметричной ей относительно правый в (.) так скорость будет в (.), расположенный в на участке, обозначенном на рис. I

7

3.4 участок I Числовик

по 2.3. Ньютона в пр-вом касат. к x :

$$m a_x = F_w \cos \varphi - mg \sin \varphi$$

$$m \dot{v} = q E \cos \varphi - mg \sin \varphi > 0$$

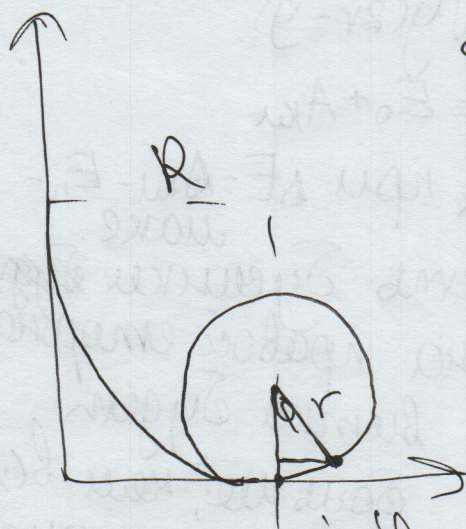
(скорость возрастает)

$$\varphi \in [0; \frac{\pi}{2}) \Rightarrow mg \tan \varphi < q E$$

$$\tan \varphi < \frac{q E}{mg} = \frac{10^{-6} \text{ Кл} \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,1$$

$$\tan \varphi < 0,1 \Rightarrow \varphi \in [0; \frac{\pi}{2})$$

4. Введём систему координат:



$$3(9): E_k + E_n = E_{k0} + E_{n0} + A_{kw}$$

$$\frac{m \dot{v}_{\max}^2}{2} + mgr(1 - \cos \varphi) =$$

$$= mgr + q E (R + r \sin \varphi)$$

$$m \dot{v}_{\max}^2 = mgr - rr(1 - \cos \varphi) + q E (R + r \sin \varphi)$$

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = 0,1 \Rightarrow \sin \varphi = 0,1 \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = 10 \sin \varphi$$

$$\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$$

$$101 \sin^2 \varphi = 1 \Rightarrow \sin \varphi = \sqrt{\frac{1}{101}}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{100}{101}}$$

$$\dot{v}_{\max} = \sqrt{g(R - r(1 - \cos \varphi)) + \frac{q E}{m} (R + r \sin \varphi)}$$

$$= \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (1 \text{ м} - \frac{1}{4} \text{ м} (1 - \sqrt{\frac{100}{101}})) + \frac{10^{-6} \text{ Кл} \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{10^{-3} \text{ кг}} (1 \text{ м} + \frac{1}{4} \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{1}{101}})}$$

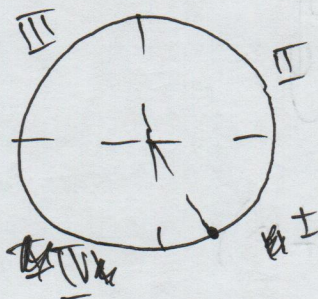
$$\approx \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (1 \text{ м} - \frac{1}{4} \text{ м} (1 - \sqrt{\frac{100}{101}})) + \frac{1 \text{ м}^2}{\text{с}^2} + \frac{1}{4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \sqrt{\frac{1}{101}}} \approx 3,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $\dot{v}_{\max} \approx 3,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

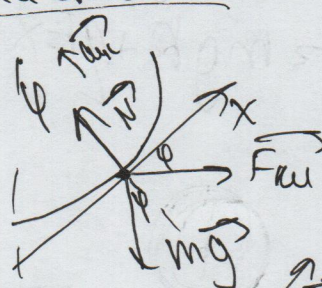
8

Чернов
2. & виток радиуса r

~~Чернов~~ Черновик



участок I: по 2 3. Ньютона



$$x: m a_{\tau} = F_{ext} \cos \varphi - mg \sin \varphi$$

$$m a_{\tau} > 0$$

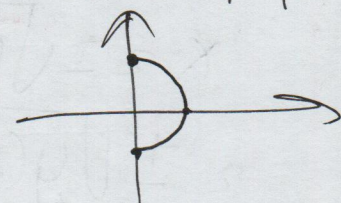
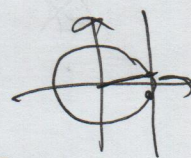
$$\cos \varphi q E - mg \sin \varphi > 0$$

$$\varphi \in [0; \frac{\pi}{2}) \Rightarrow q E - mg \tan \varphi > 0$$

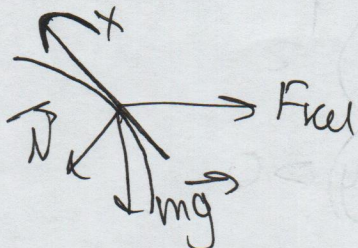
$$\tan \varphi < \frac{q E}{mg}$$

$$\tan \varphi < \frac{10^{-6} \text{ Кл} \cdot 10^3 \text{ В}}{10^{-3} \text{ кг} \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 0,1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi \in [0; \frac{\pi}{2})$$



участок II:



из направления действия сил очевидно, что $a_{\tau} < 0$

$$x^2 + y^2 = 0$$

$$10^{-3} x - 10^{-2} y = \Delta E$$

$$x - 10 y = \Delta E$$

$$a_{\tau} = q E x =$$

$$mg = 10^{-3} \cdot 10^4 = 10^{-2} y$$



$$x > y$$

$$y < x$$

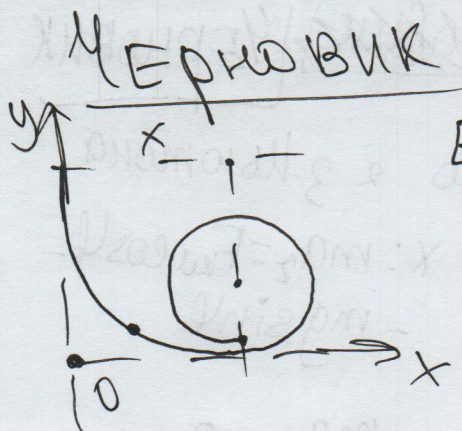


$$\frac{0,1}{\sqrt{1-0,1^2}} \approx 1$$

$$10 - \frac{5}{2} + \frac{5}{2} \sqrt{\frac{100}{101}} + 1 + \frac{1}{4} \sqrt{\frac{1}{101}}$$

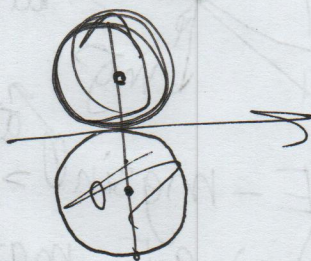
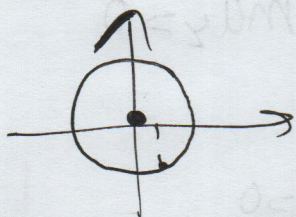
$$\sqrt{11} \approx 3,3$$

$$\begin{array}{r} x \ 3 \ 2 \quad x \ 3 \ 3 \\ + 1 \ 2 \ 4 \quad + 1 \ 2 \ 4 \\ \hline 10 \ 2 \quad 10 \ 8 \ 9 \end{array}$$



$$E_k = mgR + A_{\text{эл}} - mgh =$$

$$= mgR + qEx - mgy$$



$$O(0; +r)$$

$$x^2 + (y-r)^2 = r^2$$

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

$$x = \pm \sqrt{(r-y+r)(r+y-r)}$$

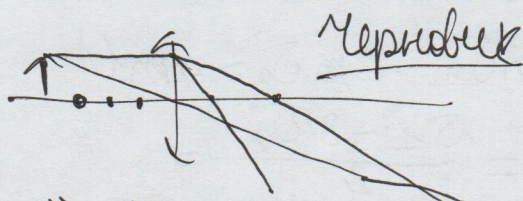
$$= \pm \sqrt{y(2r-y)} = \pm \sqrt{2ry - y^2}$$

$$(E_k)' = (mgR + qE \sqrt{y(2r-y)} - mgy)' =$$

$$= -mg \pm qE \cdot \frac{1}{2\sqrt{2ry-y^2}} \cdot (2r-2y) > 0$$

$$-mg \pm \frac{qE(r-y)}{\sqrt{2ry-y^2}}$$

$$1 - mg + qE$$



Черновик

$$g \text{ см}^3 : 100 \text{ см}^2 = 0,09 \text{ см} = 0,9 \text{ мм}$$

$$p = \frac{mg}{S} + p_0 = 10^5 + \frac{100 \cdot 10}{100 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^5$$

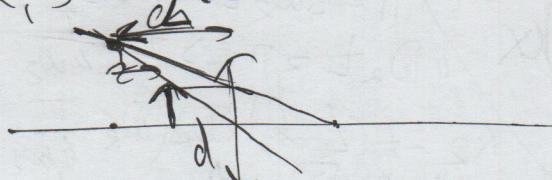
$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} R(t + 273)$$

$$p \cdot S \cdot h = \frac{m}{\mu} R(t + 273) \Rightarrow h = \frac{m R(t + 273)}{\mu p S}$$

$$= \frac{9 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot (273 + 273)}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{8,3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5} = 4,15 \cdot \frac{1}{10} = 0,415 \text{ м}$$

$$2,5 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4}$$



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

$$L+d = 3d$$

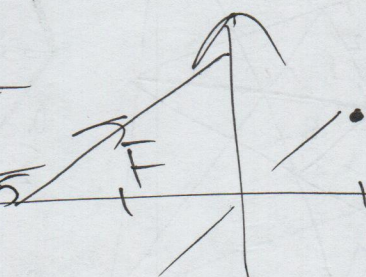
$$d = \frac{L}{2}$$

$$\frac{1}{15 \text{ см}} = \frac{1}{d} + \frac{1}{15 \text{ см}}$$

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{4}{3d} = \frac{4 \cdot 2}{3 \cdot 15} = \frac{8}{45}$$

$$D = \frac{8}{45} \text{ дптр} = \frac{20}{3} \times \frac{29}{72} = \frac{20 \cdot 29}{216} = \frac{580}{216} = \frac{145}{54}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 75 \\ \hline 160 \\ 210 \\ \hline 2400 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 553 \\ + 553 \\ \hline 1106 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 73 \\ \times 73 \\ \hline 219 \\ 511 \\ \hline 5329 \end{array}$$

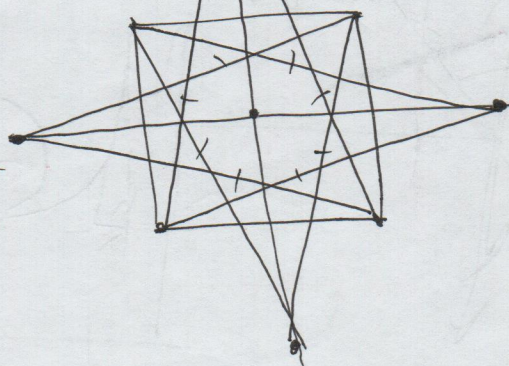
$$\sqrt{2} \approx 1,4$$

$$4,2 - 1,4 = 2,8$$

$$\frac{60}{100} = 0,6$$

$$\frac{7,3}{100}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 78 \\ \hline 336 \\ 2940 \\ \hline 3282 \end{array}$$

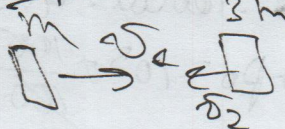


$$60 - 49 = 11$$

$$\begin{array}{r} 624 \\ \times 78 \\ \hline 5000 \\ 5000 \\ \hline 48912 \end{array}$$

$$\sqrt{0,6} = \sqrt{\frac{60}{100}} \approx \frac{7,8}{100}$$

Мерноверк

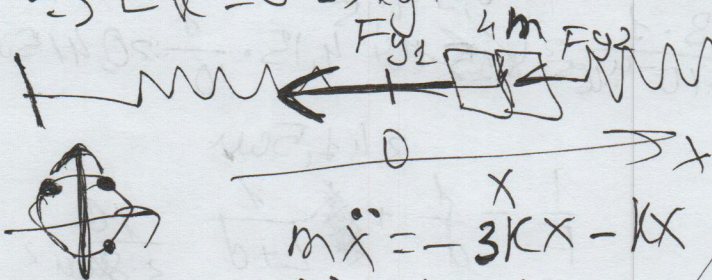


$$3\text{CU: } m\ddot{x}_1 - 3m\ddot{x}_2 = 4m\mu$$

$$\mu = \frac{\ddot{x}_1 - 3\ddot{x}_2}{4}$$

$$\begin{aligned} & (L-l) \cdot 3\omega_2 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \omega_2 t} - 3 \cdot (L-l) \omega_2 \sqrt{1 - \cos^2 \omega_2 t} \\ & \Rightarrow 3\omega_2(L-l) \cdot \sin \omega_2 t - 3\omega_2(L-l) \sin \omega_2 t = 0 \end{aligned}$$

$\Rightarrow E_k = 0 \Rightarrow \text{eq. E uem. - Enpyatun}$



$$m\ddot{x} = -3kx - kx$$

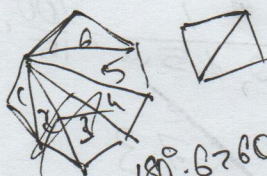
$$m\ddot{x} + 4kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{4k}{m}x = 0$$

$$\begin{aligned} -\cos 3\omega_2 t &= \cos \omega_2 t \\ \cos(\pi - 3\omega_2 t) &= \cos \omega_2 t \end{aligned}$$

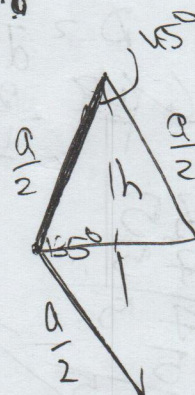
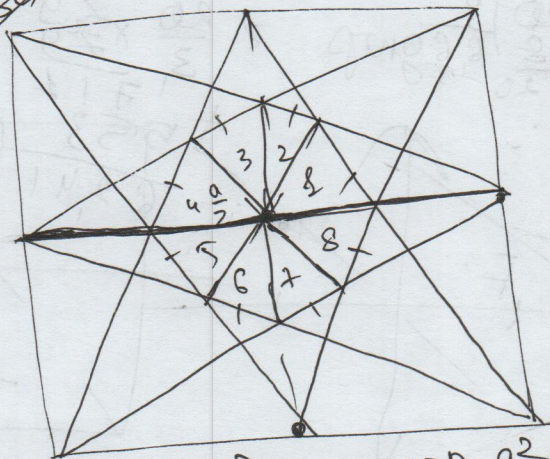
$$\begin{aligned} \pi - 3\omega_2 t &= \omega_2 t \\ 4\omega_2 t &= \pi \Rightarrow t = \frac{\pi}{4\omega_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= +(L-l) \cos\left(\omega_2 \cdot \frac{\pi}{4\omega_2}\right) \\ &= +(L-l) \frac{\sqrt{2}}{2} = A_0 \end{aligned}$$

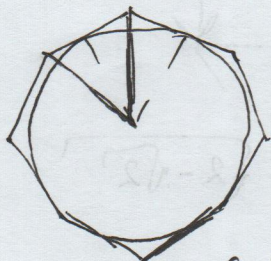


$$\begin{aligned} 180^\circ - 67.680^\circ + 180^\circ &= 192.32^\circ \\ \frac{360^\circ}{8} &= 45^\circ \end{aligned}$$

$$180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$$

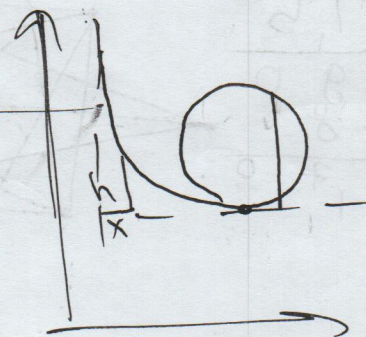
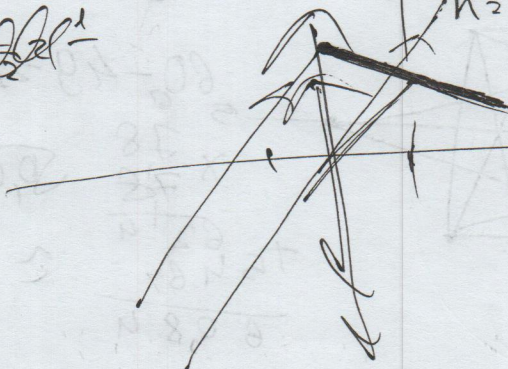


$mgh - \min$

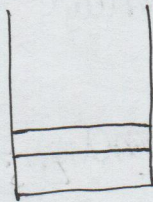


$60^\circ \times 2 = 120^\circ$

$$\begin{aligned} (2h)^2 &= \frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4} - 2 \cos 135^\circ \cdot \frac{a^2}{4} \\ rh &= \sqrt{\frac{a^2}{4} (2 + 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2})} = \frac{a}{2} \sqrt{2 + \sqrt{2}} \\ h &= \frac{a}{4} \sqrt{2 + \sqrt{2}} \approx r \end{aligned}$$



Черновики

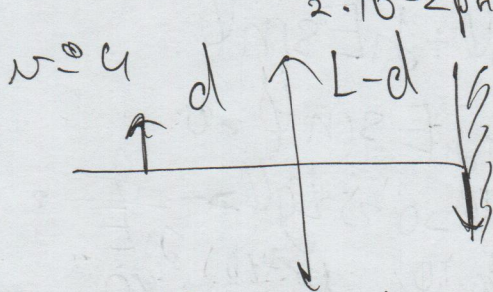


$$\rho = \frac{Mg}{S} + \rho_0 = \rho_{\text{ртг}}$$

$$\frac{100 \cdot 10^4 \text{ Н/м}}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^5$$

$$2 \cdot 10^5 < \rho_{\text{ртг}}$$

$$\rho_{\text{ртг}} \cdot S \cdot h = \rho_n \frac{m \pi R T}{\mu}$$



$$\frac{L-d}{d} = 3$$

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

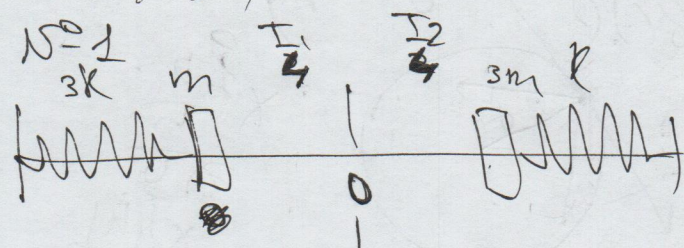
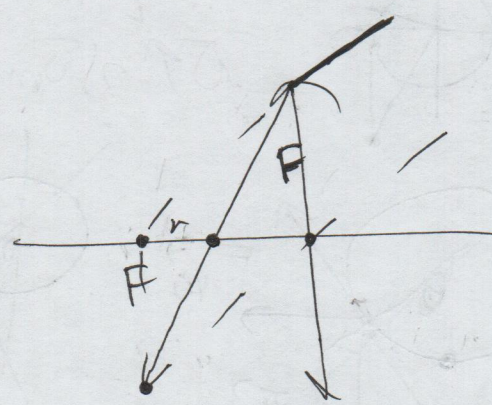
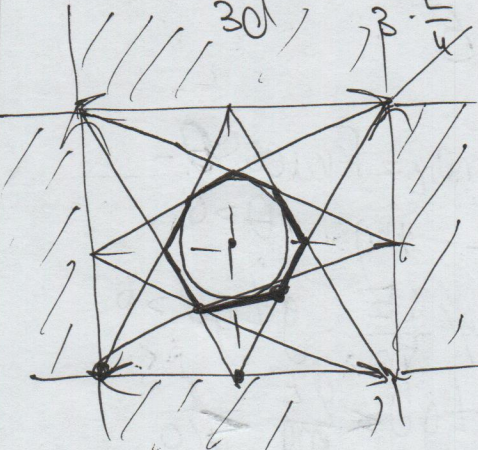
$$L-d = 3d$$

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{L-d}$$

$$L = 4d$$

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

$$D = \frac{4}{3d} = \frac{4}{3 \cdot \frac{L}{4}} = \frac{16}{3L}$$



$$\omega_1 = \sqrt{\frac{3K}{m}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{3m}}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sqrt{3K/m}}{\sqrt{K/3m}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{K}}{\sqrt{K}} \cdot \frac{\sqrt{3m}}{\sqrt{m}} = 3$$

$$\omega_1 = 3\omega_2$$

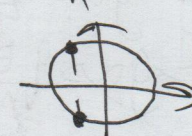
$$x_1 = (L-l) \cdot \cos \omega_1 t$$

$$x_2 = (L-l) \cos \omega_2 t$$

$$-(L-l) \cos 3\omega_2 t = (L-l) \cos \omega_2 t$$

$$-\cos 3\omega_2 t = \cos \omega_2 t$$

$$\cos 3\omega_2 t = -\cos \omega_2 t$$



$$|\cos 3\omega_2 t| = |\cos \omega_2 t|$$

$$y_1 = (L-l) \omega_1 \sin \omega_1 t$$

$$y_2 = -(L-l) \omega_2 \sin \omega_2 t \quad k \geq 0$$

$$\cos \omega_2 t = \cos (\pi - 3\omega_2 t)$$

$$\omega_2 t = \pi - 3\omega_2 t + 2\pi k$$

$$\omega_2 t = -\pi + 3\omega_2 t + 2\pi k$$

$$4\omega_2 t = \pi + 2\pi k$$

$$-2\omega_2 t = -\pi + 2\pi k$$

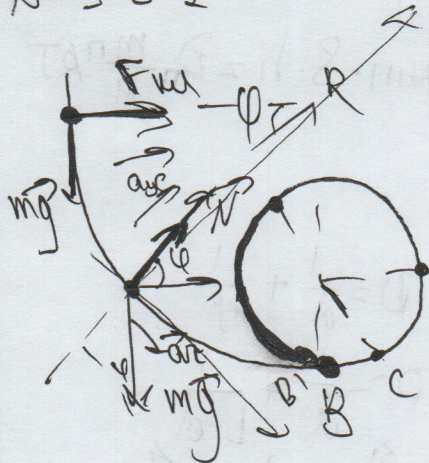
$$2\omega_2 t = \pi - 2\pi k$$

$$t_{\min} = \frac{\pi}{4\omega_2}$$

$$t = \pi$$

N=3.9.1

Чирковик



$$x: -mg \sin \varphi + F_k \cos \varphi = m a_{\varphi}$$

$$y: F_k \cos \varphi + mg \sin \varphi = m a_r$$

$$\frac{q}{m} = \delta$$

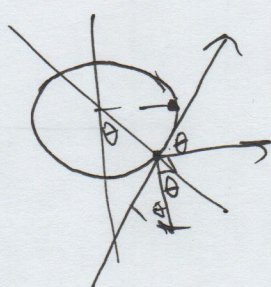
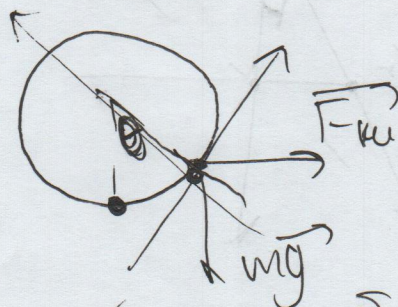
$$a_r = g \cos \varphi + \delta E \sin \varphi$$

$$v = g \cos \varphi + \delta E \sin \varphi = 0$$

$$g + \delta E \tan \varphi = 0 \Rightarrow \tan \varphi = -\frac{g}{\delta E}$$

$$= -\frac{mg}{qE} = -\frac{10^{-3} \cdot 10}{10^{-6} \cdot 10^3} = -\frac{10^{-3} \cdot 10}{10^{-3}} = -10$$

$$v \uparrow \Rightarrow \Delta m = -b(\cdot)B$$



$$m a_r = F_k \cos \theta - mg \sin \theta > 0$$

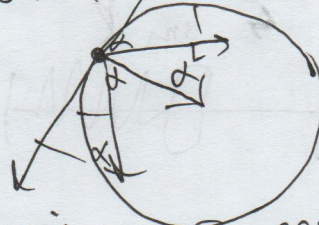
$$\frac{qE}{m} - g \tan \theta > 0$$

$$\tan \theta < \frac{qE}{mg} < 10$$

$$\Delta m = -b(\cdot)B$$



$$y:$$



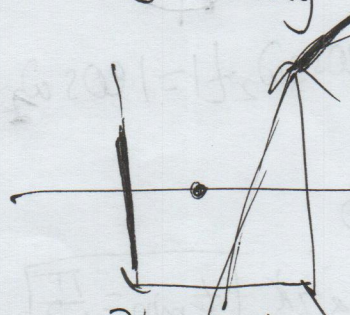
$$mg \sin \alpha - F_k \cos \alpha = m a_r$$

$$g \sin \alpha - \frac{F_k}{m} \cos \alpha > 0$$

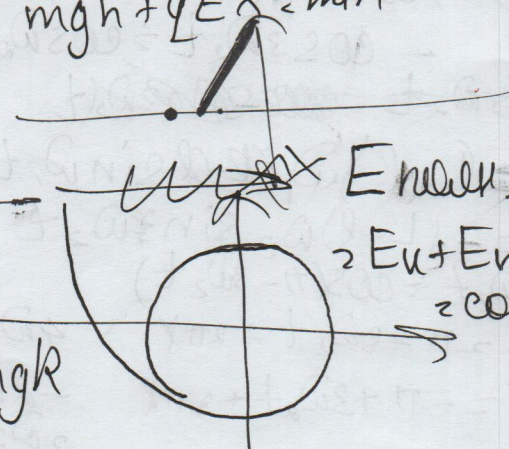
$$g \tan \alpha - \frac{qE}{m} > 0$$

$$\Rightarrow g \alpha > \frac{qE}{mg} = \frac{1}{10}$$

$$mgh + qEx = \min$$



$$\frac{mv^2}{2} + mgh + qEx = mgr$$



$$E_{\text{мех.м.}} =$$

$$= E_k + E_n + A_{\text{тр}} = \text{const} = mgr$$

Оценка
уменьшена
с "81" на "83"
2024

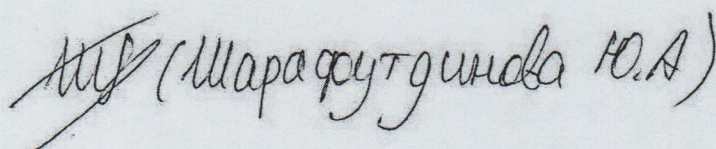
Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю «физика»
Шарафутдиновой Юлии
Александровны

Апелляция

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 81 балл, поскольку полагаю, что за задачу номер 5 балл выставлен не в соответствии с критериями. В моем решении верно указан ход лучей в оптической системе, что в соответствии с критериями может оцениваться большим количеством баллов.

Подтверждаю, что я ознакомлена с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

25 марта 2023 года

 (Шарафутдинова Ю.А.)