



0 320662 930003

32-06-62-93

(46.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения ОЦ Лесное поле
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Вихтенко Юлиана Викторовна

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«05» марта 2023 года

Подпись участника

Вух

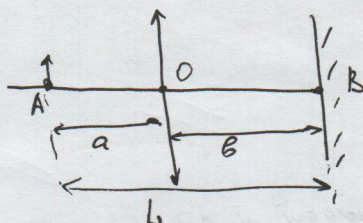
32-06-62-93
(46.1)

Исходник

№ 4.5.1

A - источник (предмет)

B - изображение на экране



Пусть $AO = a$, $OB = b$, по усл. $AB = L$

Увеличение линзы $\Gamma = \frac{b}{a} \Rightarrow b = \Gamma a$

$$L = a + b \Rightarrow b = L - a$$

$$\text{То } b = L - a = \Gamma a \Rightarrow a = \frac{L}{\Gamma + 1}$$

$$b = \frac{\Gamma L}{\Gamma + 1}$$

По 4-ю тонкой линзы опт. сила $D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{\Gamma + 1}{L} + \frac{\Gamma + 1}{L\Gamma} = \frac{(\Gamma + 1)^2}{L\Gamma}$

$$D = \frac{(3+1)^2}{3 \cdot 0,8 \text{ м}} = \frac{4^2}{3 \cdot 0,8 \text{ м}} = \frac{4}{3 \cdot 0,2 \text{ м}} = \frac{20}{3} \text{ диоптр} \approx 6,67 \text{ диоптр.}$$

Ответ: $D = 6,67 \text{ диоптр.}$

№ 2.9.1



На поршень всегда действуют 3 силы: сила давл со стороны атмосферы; сила давлении со стороны газа в сосуде, сила тяжести.

Поршень в равновесии, то по 2-му закону Ньютона:

$$p_0 S + Mg = p S \Rightarrow p = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$p = 10^5 \text{ Па} + \frac{100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па, то есть } p < p_{\text{ри давл нас паров при } T = 400 \text{ К.}}$$

Т.к. изначально в сосуде находилась только вода при $T = 273 \text{ К}$, то если в нем не было паров воды, то изначально высота поршня над дном $h = 0$

Т.к. $p < p_{\text{ри}}$, то при $T = 400 \text{ К}$ в сосуде будет только водяной пар в виде газа. Объем газа $V = Sh$, h - высота, до кот. поднялся поршень, то по ур-ию Менделеева - Клапейрона:

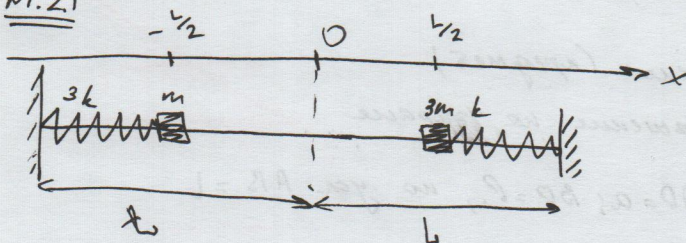
$$p \cdot Sh = \frac{m}{M} p T \Rightarrow h = \frac{m}{M} \frac{p T}{p S} = \frac{m p T}{M S (p_0 + \frac{Mg}{S})}$$

$$h = \frac{9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К}}{1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,83 \text{ м} = 83 \text{ см}$$

Ответ: $h = 83 \text{ см}$

Кислород

Н1.21



Введем ось x с началом на расстоянии L от каждого из стенов.

То нач. координата груза m (назовем 1-ым) $x_{10} = -\frac{L}{2}$; груза $3m$ (2-ой) $x_{20} = \frac{L}{2}$.

По 2-ому 3-му Ньютону:

1-ой: $m\ddot{x} = -3kx \rightarrow m\ddot{x} + 3kx = 0$

2-ой: $3m\ddot{x} = kx \rightarrow 3m\ddot{x} + kx = 0$

Значит 1-ый груз совершает колеб. на пружине с частотой $\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$; $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{3k}}$; уравн. его движения: $x_1 = x_{10}\cos(\omega_1 t)$

2-ой груз совершает колеб. с частотой $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$; $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{\frac{3m}{k}}$; уравн. его движения $x_2 = x_{20}\cos(\omega_2 t)$

То $v_1 = \frac{dx_1}{dt} = -x_{10}\omega_1\sin\omega_1 t = -\frac{L}{2}\omega_1\sin\omega_1 t$

$v_2 = \frac{dx_2}{dt} = -x_{20}\omega_2\sin\omega_2 t = -\frac{L}{2}\omega_2\sin\omega_2 t$

Когда грузы сойдутся в координате x :

$x = -\frac{L}{2}\cos\omega_1 t = \frac{L}{2}\cos\omega_2 t$

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

$\omega_1 t = \frac{\pi}{2} + \omega_2 t$

$t = \frac{\pi}{2} \frac{1}{(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sqrt{\frac{3k}{m}} - \sqrt{\frac{k}{3m}}} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{3m}{k}}$ - время сближения

В этот момент скорости грузов:

$v_{1c} = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}} \sin\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{3m}{k}}\right) = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}} \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{6k}{m}}$

$v_{2c} = -\frac{L}{2} \sqrt{\frac{k}{3m}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{3m}{k}}\right) = -\frac{L}{4} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$

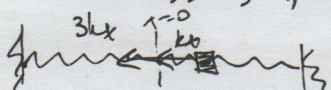
Т.к. грузы сошлись, то по 3-му сокр. импульса:

$m v_{1c} + 3m v_{2c} = 4m v$

$v = \frac{1}{4} (v_{1c} + 3v_{2c}) = \frac{L}{8} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$

Теперь, когда грузы сошлись, можно считать, что один груз массой $4m$ колеблется на одной пружине жесткостью $3k + k = 4k$.

Отклоним груз из н.р. на x



$4m\ddot{x} = -3kx - kx = -4kx$

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

32-06-62-93

(46.1)

Кин. энергия груза сразу после сжатия:

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = 2m \cdot \frac{L^2}{64} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{m} = \frac{4}{64 \cdot 3} kL^2.$$

Координата груза в момент сжатия:

$$x_c = x_0 \cos \omega t = \frac{L}{2} \cos \frac{3\pi}{4} = \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L\sqrt{2}}{4}, \text{ то деформация пружины в этот момент}$$

$$\Delta x = x_c - 0 = \frac{L\sqrt{2}}{4}$$

То пот. энергия деформации сразу после сжатия:

$$W_n = \frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{4k \Delta x^2}{2} = 2k \Delta x^2 = 2k \cdot \frac{L^2 \cdot 2}{4} = kL^2.$$

В момент отклонения в амплитуду груза x_m :

$$W_{k1} = 0 \text{ — кин. энергия груза}$$

$$W_{n1} = \frac{4k \cdot A^2}{2} = 2kA^2 \text{ — пот. энергия деф. пружины.}$$

То по 3-му сохр. энергии:

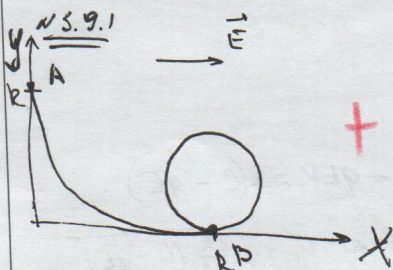
$$W_k + W_n = W_{k1} + W_{n1}$$

$$\frac{4}{64 \cdot 3} kL^2 + kL^2 = 2kA^2$$

$$A^2 = \left(\frac{2}{64 \cdot 3} + \frac{1}{2} \right) L^2 = \frac{2 + 32 \cdot 3}{64 \cdot 3} L^2 = \frac{98}{64 \cdot 3} L^2$$

$$A = L \sqrt{\frac{98}{64 \cdot 3}} = \frac{7L}{8} \sqrt{\frac{2}{3}} = \frac{7}{24} \sqrt{6} L$$

$$\text{Ответ: } A = \frac{7}{24} \sqrt{6} L$$

Введем систему координат $X; Y$ кин. энергия $W_0 = mgr$;

В момент достижения максимальной скорости:

$$W_1 = \frac{mv_{\max}^2}{2} + mgr + q\Phi$$

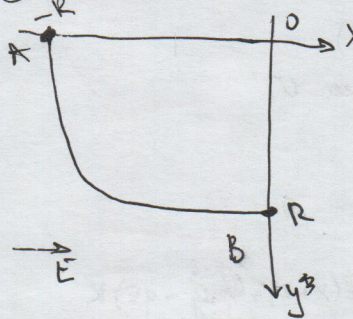
 $A = qE \cdot X$ — работа электрического поля $\vec{E}$, т.к.Электрическое поле потенциально, то его работа будет $A = qE \cdot X$, равна произведению силы, действующей по оси X , на перемещение по X .

$$W_0 = W_1 + A$$

$$mgr = \frac{mv_{\max}^2}{2} + mgr + qE \cdot X; \text{ скорости в с. в. } \frac{mv_{\max}^2}{2} = mgr - mgr - qER = (mg - qE)R$$

Рассмотрим отдельно разные участки движения бусинки:

① Участок А-В.

Введем новую систему координат $x^*; y^*$ в ней: $W_0 = 0$; $W_n = -mgr$ — пот. энергия бусинки

$$A_E = qE \Delta x = qE(x - (-R)) = qE(x + R), x \leq 0$$

Мак. скорость, как достигается на этом участке —

$$v_1 \neq$$

При движении по этому участку: $x \leq 0; y \geq 0$
 $x \geq -R; y \leq R$

Условия

но ЗСЭ:

$$mg \cdot 0 = -mgy + \frac{mv_1^2}{2} + qE(R+x)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgy - qE(x+R).$$

Т.к. происходит движение по окр., то $x^2 + y^2 = R^2 \Rightarrow y = \sqrt{R^2 - x^2}$, то

$$\frac{mv_1^2}{2} = mg\sqrt{R^2 - x^2} - qE(x+R)$$

Т.к. v_1 - макс скорость, то $\frac{dv_1}{dt} = 0$, продифференцируем обе части равенства:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{mg(-2x)dx/dt}{\sqrt{R^2 - x^2}} - qE \frac{dx}{dt}$$

$$mgx = -qE\sqrt{R^2 - x^2}$$

$$(mg)^2 x^2 = (qE)^2 (R^2 - x^2)$$

$$x^2 = \frac{\left(\frac{qE}{mg}\right)^2 R^2}{1 + \left(\frac{qE}{mg}\right)^2} = \frac{(qE)^2 R^2}{(mg)^2 + (qE)^2}$$

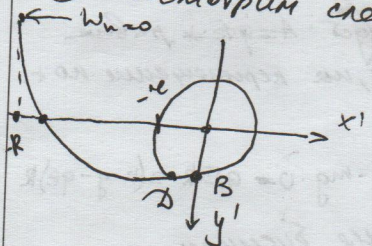
Т.к. $x \leq 0$, то $x = -\frac{qER}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$; обозначим: $\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} = C$.

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} = \frac{mgR}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$$

$$x = -\frac{qER}{C}; y = \frac{mgR}{C}.$$

То подставим эти значения: $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{(mg)^2 R}{C} + \frac{(qE)^2 R}{C} - qER = R(C - qE)$.
Значит макс скорость, достигн. на этом участке равна $v_1 = \sqrt{\frac{2R}{m}(C - qE)}$.

② Рассмотрим следующий участок (кольцевой виток) (B-A):



Введем новую систему координат $x'; y'$.
Потенц. энергия в центре (0,0) равна $W_p = -mg(R - r)$.
в точке с координатами y' :

$$W_n = W_{n0} - mgy'$$

$$W_{nB} = -mgr$$

Работа электростатической силы: $A = qE(x - (-R)) = qE(x+R)$.

Пусть на этом участке максимальная скорость равна v_2 .

По 3-му сохр энергии: на этом участке: $-R \leq x \leq r$; $-r \leq y \leq R$

$$\frac{mv_2^2}{2} - mgr = -mgr - mgy' + \frac{mv_2^2}{2} + qE(x+R).$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = -mgr + mgy' - qE(x+R) + \frac{mv_2^2}{2} = -mgr + mgy' - qE(x+R) + \left(\frac{mg}{C} - qE\right)R$$

Дифференцируем обе части с y -осью $x^2 + y^2 = R^2 \Rightarrow y = \sqrt{R^2 - x^2}$

числовик

32-06-62-93

(46.1)

$$0 = \frac{1}{2} mg \frac{(-2x) dx/dt}{\sqrt{R^2 - x^2}} - qE \frac{dx}{dt}$$

$$x = \frac{mg}{qE} \sqrt{R^2 - x^2}, \text{ то } x \leq 0$$

$$x^2 = \left(\frac{qE}{mg}\right)^2 (R^2 - x^2)$$

$$x^2 = \frac{(qE)^2 R^2}{(qE)^2 + (mg)^2}; \quad x = -\frac{qER}{\sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}} = -\frac{qER}{C}$$

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} = \frac{mgR}{\sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}} = \pm \frac{mgR}{C}$$

1) если $y = +\frac{mgR}{C}$:

$$\frac{mV_{21}^2}{2} = -mgR + \frac{(mg)^2 R}{C} - qER + \frac{(qE)^2 R}{C} = -mgR - qER + CR + (mg - qE)R$$

$$V_{21}^2 = \frac{(CR - qER - mgR)^2}{m} = \frac{(CR - mgR + (mg - qE)R)^2}{m}$$

Сравним с $V_1^2 = \frac{2}{m} CR - \frac{2}{m} qER$

$$V_{21}^2 - V_1^2 = \frac{2}{m} C(R - R) - \frac{2}{m} mgR + \frac{2R}{m} (mg - qE) = 0$$

4) если $y = -\frac{mgR}{C}$:

$$\frac{mV_{22}^2}{2} = -mgR - \frac{(mg)^2 R}{C} - qER + \frac{(qE)^2 R}{C}$$

$$V_{22}^2 = \frac{-2qER - \frac{2}{m} qER - \frac{2R}{cm} ((qE)^2 - (mg)^2)}{2}$$

Сравним с V_1^2 :

$$V_{22}^2 - V_1^2 = -2qR - \frac{2}{m} qER - \frac{2R}{cm} ((qE)^2 - (mg)^2) - \frac{2}{m} CR + \frac{2}{m} qER =$$

$$= -2qR - \frac{2}{cm} (R((qE)^2 - (mg)^2) + C^2 R) =$$

$$= -2qR - \frac{2}{cm} (R((qE)^2 - (mg)^2) + R^2(mg)^2 + (qE)^2 R) = -2qR - \frac{2}{cm} ((mg)^2 R + (qE)^2 R) =$$

то $V_1^2 > V_{22}^2$

Значит V_1 — максимальная скорость, которую развивает тело при движении по данной окружности, то есть

$$V_{\max} = V_1 = \sqrt{\frac{2R}{m} (\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} - qE)}$$

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{10^{-3} \text{ кг}} (\sqrt{(10^{-2} \text{ Н})^2 + (10^{-5} \text{ Н})^2} - 10^{-3} \text{ Н})} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ м}}{1 \text{ кг}} (-5 \cdot 10^{-2} \text{ Н})}$$

$$V_{21}^2 - V_1^2 = \frac{2}{m} C(R - R) - \frac{2}{m} qER + \frac{2R}{m} qE,$$

$$V_{21}^2 - V_1^2 = -2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{101} \cdot \frac{3}{4} \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^{-3} = -2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3}{4} \cdot \sqrt{101} + 13 =$$

$$\approx -15 + 13 = -2 < 0 \Rightarrow V_{21}^2 < V_1^2$$

2) если $y = -\frac{mgx}{E}$:

числовик

$$\frac{mv_{22}^2}{2} = -mgx - \frac{(mg)^2 x}{c} + \frac{(qE)^2 x}{c} + R \frac{(mg - qE)}{m} x$$

$$v_{22}^2 = -2gx - \frac{2x}{m} \frac{(qE)^2 - (mg)^2}{c} + \frac{2R}{m} (mg - qE) x$$

$$v_{22}^2 - v_1^2 = -2gx - \frac{2x}{m} \frac{(qE)^2 - (mg)^2}{c} + 2gx - \frac{4qER}{m} - \frac{2R}{m} c + \frac{2RqE}{m} =$$

$$= 2g(R - x) - \frac{2qER}{m} - \frac{2x}{m} \frac{(qE)^2 - (mg)^2}{c} - \frac{2R}{m} c$$

$$v_{22}^2 - v_1^2 = 2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} \frac{m^2}{c^2} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \frac{m^2}{c^2} - \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{4 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{101}}} \cdot 10^{-6} \cdot 99 \frac{m^2}{c^2} - \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 101 \cdot 10^{-3}}{c^2} =$$

$$= (15 + \frac{99}{\sqrt{101}} - 2\sqrt{101}) \frac{m^2}{c^2} \approx (15 + 9,9 - 20) \frac{m^2}{c^2} \geq 0 \Rightarrow v_{22}^2 \geq v_1^2$$

Значит максимальная скорость, которую достигнет в процессе движения по спирали:

$$v_{22} = \sqrt{2g(R - x) - \frac{4qER}{m} - \frac{2x}{m} \frac{(qE)^2 - (mg)^2}{c}}$$

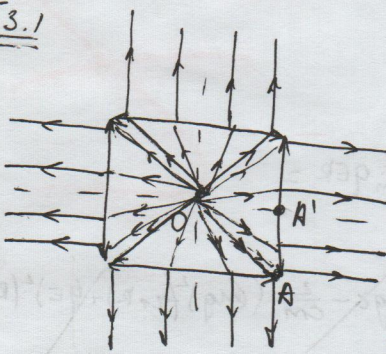
$$= \sqrt{2g(R - x) - \frac{4qER}{m} - \frac{2x}{m} \frac{(qE)^2 - (mg)^2}{c}}$$

$$v_{22} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} - 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 + \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^{-6} \cdot 99}{\sqrt{101}} \cdot 10^3}$$

$$= \sqrt{15 - 4 + \frac{1}{2} \cdot \frac{10^2}{10} \cdot 10^{-34}} \approx \sqrt{11 + 999} \approx \sqrt{1000} \approx 31,6 \frac{m}{c}$$

Ответ: $v_{max} = 3,5 \frac{m}{c}$, $v_{max} = v_{22} = 3,5 \frac{m}{c}$

5.3.1

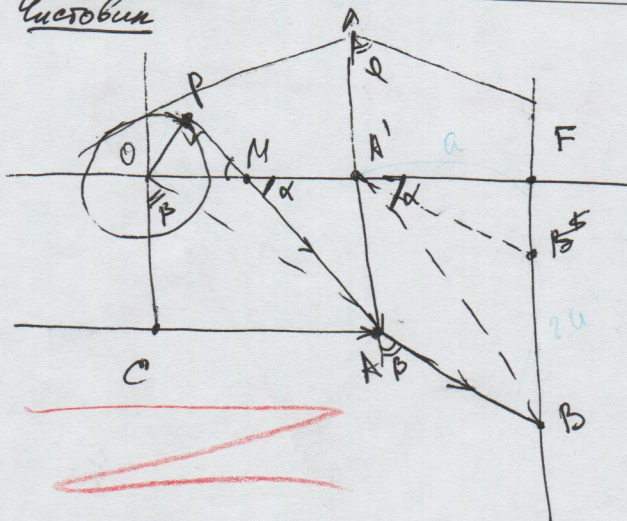


Так как фокус каждой из линз совпадает с положением источника, то если бы источник был точечным (его радиус $R=0$), то свет после преломления из линз шел перпендикулярно линзе. (рис слева)
Значит источник должен иметь ненулевой радиус

Тогда, чтобы лучи, выходящие из линзы освещали все область краиний луч, отражаясь от линзы должен выходить под углом $\varphi = 45^\circ$ к ней (луч A'B)
лучи другие будут под углом большим φ ($\varphi > 45^\circ$)
лучи выходящие из источника по касательным к ней.

Строим A'B' - центр линзы, A'B, то луч выходящий из источника будет перпендикулярен A'B и проходить через O. A, что $\angle A'OP = 90^\circ$, $OP = R$.

Чистовин



$$\sqrt{g} \alpha = \frac{BF}{A'F} = \frac{2a}{a} = 2$$

$$\text{To } \rho_g d = \frac{a}{a - \frac{R}{\sin \alpha}} = 2$$

$$a = 2a - \frac{2R}{\sin \alpha}$$

$$k = \frac{a \sin \alpha}{2}$$

$$\therefore \cot^2 \alpha = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1$$

$$\cot^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{\csc^2 \alpha + 1} = \frac{1}{\frac{1}{\sin^2 \alpha} + 1} = \frac{\sin^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{y}{r} \quad \text{P.k. } y = 2, \text{ so } \sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{1+4}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

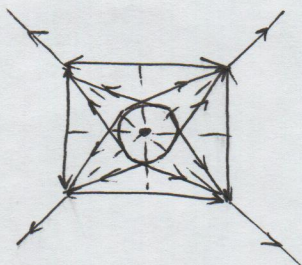
$$\text{so } R = \frac{a \sin d}{2} = \frac{a \cdot 2}{2 \cdot \sqrt{5}} = \frac{a}{\sqrt{5}}.$$

Значит минимальной радиус $R_{\min} = \frac{a}{\sqrt{5}}$.

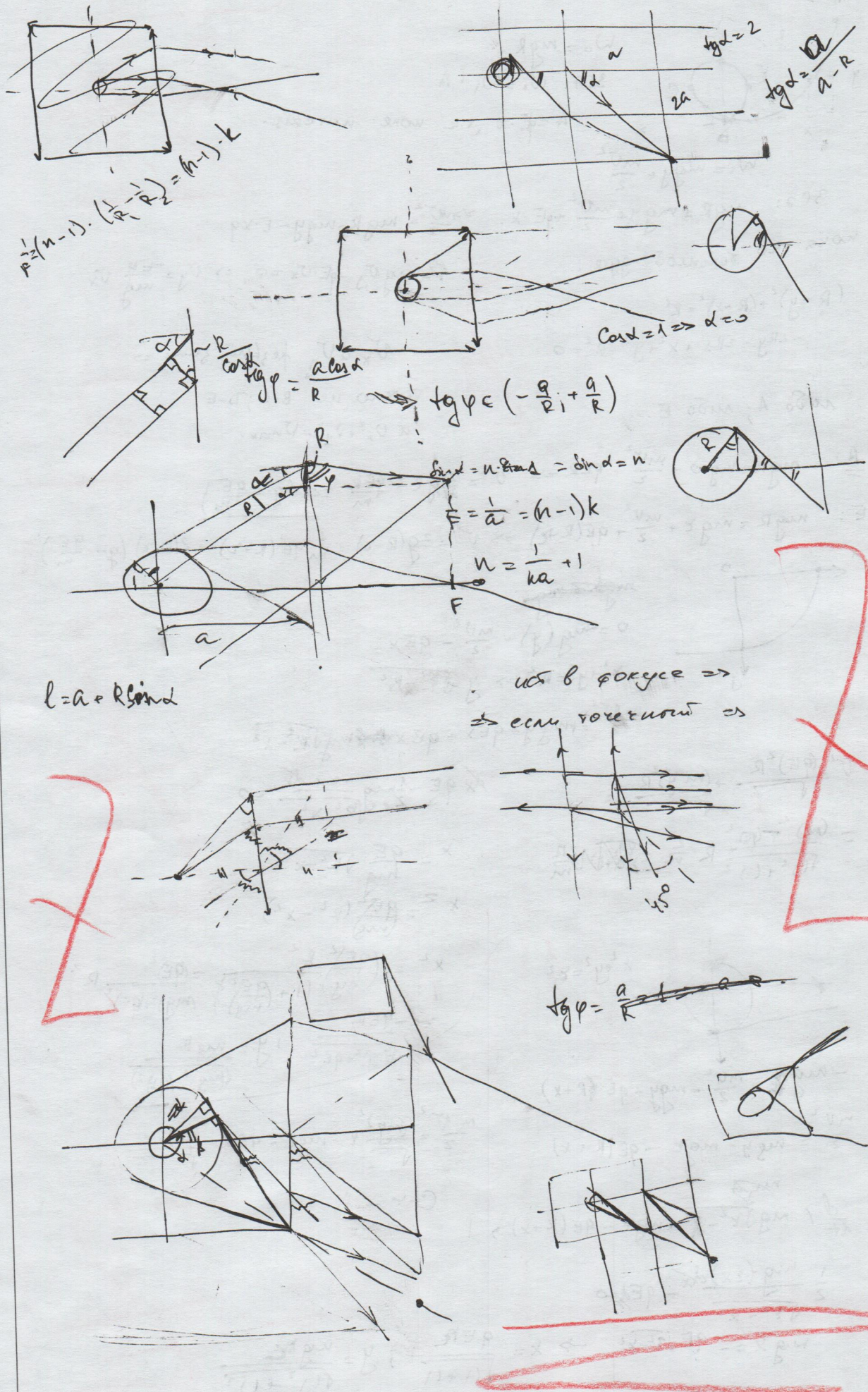
Таким образом для всех лучей схема входа криволинейных лучей, поэтому угол входа α лучей для криволинейных лучей должен быть равен $\beta = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$

а минимальный радиус кривизны $R = \frac{a}{\kappa_{\min}} = \frac{a\sqrt{5}}{5}$

$$R = \frac{2a}{2.15} = \frac{4.5 \text{ cm}}{2.15} = \frac{4.5}{2.15} \sqrt{5} \text{ cm} \approx 99.5 \sqrt{5} \text{ cm} \approx 224 \text{ cm}$$

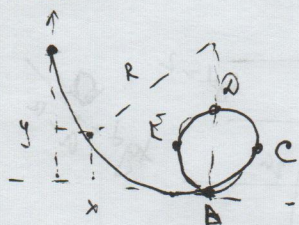


Order: ~~$R = \frac{A \rho L}{n \cdot S}$~~ $R_{min} \approx 2 \mu\Omega$ $R_{min} \approx 1 \mu\Omega$



№3.9.1

Сериовик



$$W_0 = mgr$$

$$ЗСЭ: W_0 = W_1 + A$$

$$A = qE \cdot x, \text{ т.к. поле потенс.}$$

$$W_1 = mgy + \frac{mv^2}{2}$$

$$ЗСЭ: mgr = mgy + \frac{mv^2}{2} + qE \cdot x \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = mgr - mgy - E \cdot xq$$

пока по большому гугу:

$$\frac{1}{2} mgy - qE \cdot x = 0 \Rightarrow v_y = \frac{-qE}{mg} v_x$$

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

$$-2Ry - 2Rx + x^2 + y^2 + R^2 = 0$$

либо A, либо E.

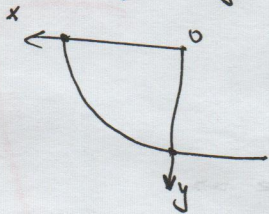
v_x и v_y разных знаков $\Rightarrow$

только на B-C; D-E

$$\text{и } v_x^2 + v_y^2 = v_{\max}^2$$

$$A: mgr = mg \cdot 0 + \frac{mv^2}{2} + qER \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} gr - \frac{2qER}{m} = 2R \left(g - \frac{qE}{m} \right)$$

$$E: mgr = mgy + \frac{mv^2}{2} + qE(R-x) \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} g(R-x) - \frac{2}{m} qE(R-x) = 2(R-x) \left(g - \frac{qE}{m} \right)$$



$$0 = -mgy + \frac{mv^2}{2} - qEx$$

$$x^2 + y^2 = R^2 \Rightarrow y = \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgy + qEx = qEx + mg\sqrt{R^2 - x^2}$$

$$v^2 = \frac{(qE)^2 R}{m} + \frac{(mg)^2 R}{m}$$

$$= \frac{(mg)^2 + (qE)^2}{\sqrt{1^2 + 1^2}} R \cdot \frac{2}{m} = \frac{2R}{\sqrt{2}} \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$$

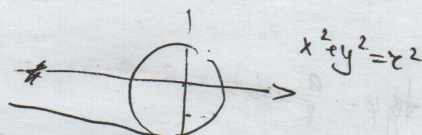
$$dx qE + \frac{1}{2} mg \frac{-2x dx}{\sqrt{R^2 - x^2}} = 0$$

$$x = \frac{qE}{mg} \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$x^2 = \frac{(qE)^2}{(mg)^2} (R^2 - x^2)$$

$$x^2 = \frac{(qE)^2 R^2}{(mg)^2 (1 + \frac{(qE)^2}{(mg)^2})} = \frac{(qE)^2}{(mg)^2 + (qE)^2} R^2$$

$$x = \frac{qER}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}} \quad y = \frac{mgR}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$$



$$-mgy = \frac{mv^2}{2} - mgy + qE(R+x)$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgy - mgy - qE(R+x)$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{(mg)^2}{m} R - mgy - qER - \frac{(qE)^2}{m} R$$

C-x-A

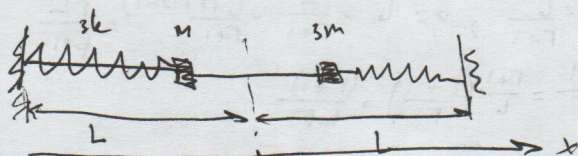
$$\frac{d}{dt} (mg\sqrt{R^2 - x^2} - mgy - qE(R+x)) = 0$$

$$\frac{1}{2} \frac{mg(-2x)dx}{\sqrt{R^2 - x^2}} - qEdx = 0$$

$$mgx = -qE\sqrt{R^2 - x^2} \rightarrow x = \frac{qER}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}} \quad y = \frac{mgR}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$$

11.2.1

гармоника



$$1. m\ddot{x} + 3kx = 0 \quad 3kx$$

$$a = -\frac{3k}{m}x$$

$$2. 3m\ddot{y} + ky = 0 \quad ky$$

$$a = -\frac{k}{3m}y$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{3k}{m}}; T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{3k}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{3m}}; T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{k}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow$$

$$x_1 = \frac{L}{2} \cos \omega_1 t; v_1 = -\frac{L}{2} \omega_1 \sin \omega_1 t$$

$$x_2 = \frac{L}{2} \cos \omega_2 t; v_2 = -\frac{L}{2} \omega_2 \sin \omega_2 t$$

$$x_1 = x_2: -\cos \omega_1 t = \cos \omega_2 t$$

$$\omega_1 t = \frac{\pi}{2} + \omega_2 t$$

$$t = \frac{\frac{\pi}{2}}{\sqrt{\frac{3k}{m}} - \sqrt{\frac{k}{3m}}} = \frac{\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}}{\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{3m}{k}}$$

$$\frac{t}{T_1} = \frac{1}{4 \cdot 2} \sqrt{\frac{3m}{k}} \cdot \sqrt{\frac{3k}{m}} = \frac{3}{8}; \frac{t}{T_2} = \frac{1}{4 \cdot 2} \sqrt{\frac{3m}{k}} \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} = \frac{1}{8} \quad \Delta x_2 = \frac{L}{2} \cos \left(\frac{2\pi}{T_2} \cdot \frac{1}{8} T_2 \right) = \frac{L}{2} \cos \left(\frac{\pi}{4} \right) = \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$x_1 = -\frac{L}{2} \cos \left(\frac{2\pi}{T_1} \cdot \frac{3}{8} T_1 \right) = -\frac{L}{2} \cos \left(\frac{3\pi}{4} \right) = \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L\sqrt{2}}{4}$$

$$x_2 = \frac{L}{2} \cos \left(\frac{2\pi}{T_2} \cdot \frac{1}{8} T_2 \right) = \frac{L}{2} \cos \left(\frac{\pi}{4} \right) = \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L\sqrt{2}}{4}$$

$$\frac{kL^2}{2 \cdot 4} = \frac{kx_1^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{kL^2}{2 \cdot 16} + \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{kL^2}{4} - \frac{kL^2}{8}} = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{L\sqrt{2}}{4} = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{L\sqrt{2}}{4} - \left(-\frac{L}{2}\right) = \frac{L}{4}(\sqrt{2} + 2)$$

$$\Delta x_2 = \frac{L\sqrt{2}}{4} - \frac{L}{2} = \frac{L}{4}(\sqrt{2} - 2)$$

$$v_1 = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}} \sin \left(\frac{3\pi}{4} \right) = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{6k}{m}}$$

$$v_2 = -\frac{L}{2} \sqrt{\frac{k}{3m}} \sin \left(\frac{\pi}{4} \right) = -\frac{L}{2} \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{L}{4} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$$

$$\text{SCU: } m v_1 + 3m v_2 = 4m v$$

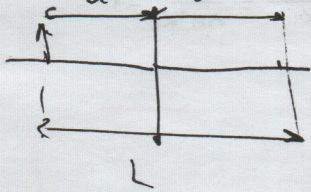
$$v = \frac{v_1 + 3v_2}{4} = \frac{L}{16} \left(\sqrt{\frac{6k}{m}} - \sqrt{\frac{2k}{3m}} \right) = \frac{L}{16} \sqrt{\frac{2k}{m}} \left(\sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = \frac{L}{16} \sqrt{\frac{2k}{m}} \cdot \left(\frac{3-1}{\sqrt{3}} \right) = \frac{L}{8} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$$

$$2 \text{ параллельно пружины } k = 3k + k = 4k$$

$$\frac{4kx \cdot L^2}{64 \cdot 2} = \frac{k A^2}{2} = A = \frac{L}{8} \sqrt{\frac{2}{3}}$$

уч. 5.1 Черновики

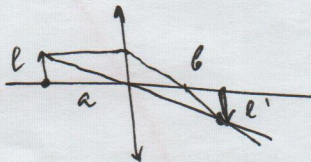
$$\Gamma = 3 = \frac{a}{b} \Rightarrow b = \Gamma a; b = L - a = \Gamma a \Rightarrow a = \frac{L}{\Gamma + 1}; b = L - \frac{L}{\Gamma + 1} = \frac{L(\Gamma + 1 - 1)}{\Gamma + 1} = \frac{\Gamma L}{\Gamma + 1}$$



$$D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{\Gamma + 1}{L} + \frac{\Gamma + 1}{\Gamma L} = \frac{\Gamma + 1}{L} \left(\frac{1}{\Gamma} + 1 \right) = \frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma L}$$

$$D = \frac{4^2}{98 \cdot 3}$$

$$\Gamma = \frac{a}{b} \Rightarrow a = \Gamma b = L - b \Rightarrow b = \frac{L}{\Gamma + 1}; a = \frac{\Gamma L}{\Gamma + 1}$$

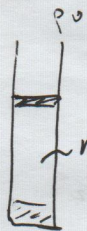


$$D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{\Gamma + 1}{L} + \frac{\Gamma + 1}{\Gamma L} = \frac{\Gamma + 1}{L} \left(\frac{1}{\Gamma} + 1 \right) = \frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma L} = \frac{4^2}{98 \cdot 3} = \frac{4}{98 \cdot 3} = \frac{2}{98 \cdot 3} = \frac{2 \cdot 10}{3} = \frac{20}{3} = 6.66 \dots$$

$$\frac{b}{a} = \frac{a}{b} \quad (Ck - qER - mgL) \frac{L}{m} =$$

$$\Gamma = \frac{b}{a} = \frac{b}{L - b} = 2 \cdot 10^3 \left(-0.010^{-3} \cdot \sqrt{101} \cdot \frac{1}{4} - 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{4} \right) =$$

$$\begin{array}{r} 20 \cdot 10^3 \\ - 18 \cdot 6,6 \\ \hline 20 \\ - 18 \\ \hline \end{array}$$



$$m = 91 \text{ гогн} \quad T = 273 \text{ К} \rightarrow T_1 = 400 \text{ К}$$

$$p_0 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p = \frac{Mg}{S} + p_0 = 10^5 + \frac{10 \cdot 10^2}{10^{-2} \cdot 10^{-4}} = 10^5 + 10^5 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$2 \cdot 10^5 \text{ Па} < 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па} = p_0 \Rightarrow \text{пог поршнем}$$

$$p \cdot Sh = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow h = \frac{mRT_1}{M \cdot pS}$$

$$\text{если сдв } p_{\text{сдв}} : Sh_{\text{сдв}} = p_{\text{сдв}} S_0; p_{\text{сдв}} Sh = p_{\text{сдв}} S_0 = 10^{-6} (10^2 + 1 - 10^3) = \frac{2,25}{99}$$

$$p = p_0 + p_{\text{сдв}} \quad \sim \quad p_{\text{сдв}} = Sh_{\text{сдв}} - p_0 S_0 = 10^{-6} (101 - 1000) = \frac{2025}{99}$$

$$Sh \quad p_{\text{сдв}} = \frac{m}{M} RT$$

$$p_{\text{сдв}} + p_0 = \frac{p_{\text{сдв}} S_0}{Sh} + \frac{mRT}{MSh} = p$$

$$\frac{h_0 p_{\text{сдв}}}{h} - \frac{R T_0 \Delta}{Sh} + \frac{mRT}{MSh} = p$$

$$h_0 C_1 - C_2 + C_3 = C_4 h$$

$$h = h_0 =$$

$$\frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 100}{10^{-6} \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4}} = \frac{8,3}{10} = 0,83 \cdot 10^{-1} = 0,083$$

$$-2gR - \frac{2}{mc} (mg)^2 (R + R) + (qE)^2 (R - R) = -5 - 2 + \frac{4}{2} \sqrt{\frac{99}{101}} \sim -7 + \frac{1}{2} \frac{99}{10} = -7 + 4,95 = -$$

$$-2gR - \frac{2}{mc} qER - \frac{2}{mc} (qE)^2 (mg^2) = -2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} - 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot 1 + \frac{2 \cdot 10^3}{4 \cdot 101} \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 99 =$$