0 784024 480009

78-40-24-48
(49.7)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Алексахина Дмитрия Вадимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«5» марта 2023 года

Подпись участника
ДА

78-40-24-48 (49,7)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	5	20	2	67 (шестьдесят семь)

[illegible] [illegible] [illegible] Головчиц [illegible]

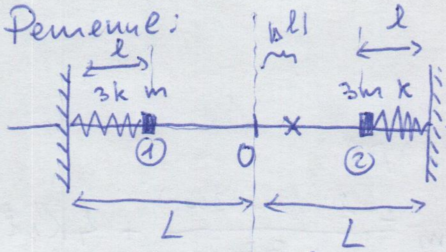
1+ 2+ 3+ 4± 5+ 6+

Задача 1.2.2. Чистовик

Дано:
$L = 20$ см
~~[illegible]~~
$l = 10$ см
~~W~~ $= 3$ Р*

$3k$ – ?

Решение:



Грузы будут совершать гармонические колебания.
Зависимость координата груза 1 от времени:

$x_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_{10})$, A_1 – амплитуда колеб.
$\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$, φ_{10} – нач. фаза.

$v_{1x} = x_1'(t) = -A_1\omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi_{10})$

Нач. условия $x_1'(0) = 0$; $x_1(t=0) = -(L-l)$

$x_1'(t=0) = 0 = -A_1\omega_1 \sin\varphi_{10} \Rightarrow \varphi_{10} = 0$

$x_1(t=0) = -L + l = A_1 \cos(0) \Rightarrow A_1 = -(L-l)$

Получаем $x_1(t) = -(L-l)\cos\omega_1 t$; $v_{1x}(t) = (L-l)\omega_1 \sin\omega_1 t$

Аналогично для груза 2: $x_2(t) = A_2\cos(\omega_2 t + \varphi_{20})$; $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$

$v_{2x}(t) = x_2'(t) = -A_2\omega_2 \cdot \sin(\omega_2 t + \varphi_{20})$

$v_{2x}(t=0) = 0 = -A_2\omega_2\sin\varphi_{20} \Rightarrow \varphi_{20} = 0$

$x_2(t=0) = L - l = A_2 \cos 0 \Rightarrow A_2 = L - l$

$x_2(t) = (L-l)\cos\omega_2 t$; $v_{2x}(t) = -(L-l)\omega_2 \sin\omega_2 t$

Найдём координату места столкновение грузов: $x_1(\tau) = x_2(\tau)$

$-(L-l)\cos\omega_1\tau = (L-l)\cos\omega_2\tau$

$\cos\omega_1\tau + \cos\omega_2\tau = 0$

$2\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau\right)\cos\left(\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau\right) = 0$

$\left[\begin{array}{l} \frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau_1 = \frac{\pi}{2} \\ \frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau_2 = \frac{\pi}{2} \end{array}\right. \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \tau_1 = \frac{\pi}{\omega_1+\omega_2} \\ \tau_2 = \frac{\pi}{\omega_1-\omega_2} \end{array}\right.$

Т.к. $\tau_1 < \tau_2$, то момент времени нужно брать именно τ_1.

Координата места столкновения $x_1(\tau) = x_2(\tau) = (L-l)\cos\left(\frac{\pi\omega_2}{\omega_1+\omega_2}\right) = (L-l)\cos\left(\frac{\pi}{1+\frac{\omega_1}{\omega_2}}\right) = (L-l)\cos\frac{\pi}{4} = \frac{L-l}{\sqrt{2}}$

Модули деформаций пружин в этот момент $\Delta l_1 = \Delta l_2 = \frac{L-l}{\sqrt{2}} = \Delta l$

Скорости грузов перед столкновением: $v_{1x}(\tau) = (L-l)\omega_1 \cdot \sin\left(\frac{\pi\omega_1}{\omega_1+\omega_2}\right) = (L-l)\omega_1 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{1+\frac{\omega_2}{\omega_1}}\right) = (L-l)\omega_1 \sin\frac{3}{4}\pi = \frac{(L-l)\omega_1}{\sqrt{2}}$

$v_{2x}(\tau) = -(L-l)\omega_2 \cdot \sin\left(\frac{\omega_2\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -(L-l)\omega_2\sin\frac{\pi}{4} = \frac{-(L-l)\omega_2}{\sqrt{2}}$

Закон сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе:

$m\vec{v}_1 + 3m\vec{v}_2 = 4m\vec{u}$

ox: $mv_{1x} + 3mv_{2x} = 4mu_x \Rightarrow u_x = \frac{v_{1x}}{4} + \frac{3}{4}v_{2x} = \frac{(L-l)\omega_1}{4\sqrt{2}} + \frac{3}{4}\cdot\frac{-\omega_2(L-l)}{\sqrt{2}} = \frac{L-l}{4\sqrt{2}}(\omega_1 - 3\omega_2)$ $= 0$ ✓

Задача 1.2-2 Чистовик

~~Закон сохранения энергии~~:

$$\cancel{\frac{m v_x^2}{2} + \frac{3m v_{2x}^2}{2} + \frac{k \Delta l^2}{2} + \frac{3k \Delta l^2}{2}} =$$

Полная мех. энергия после удара:

$$W = \frac{4m u_x^2}{2} + \frac{3k\Delta l^2}{2} + \frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{1}{2}\left(4m\frac{(L-l)^2(\omega_1 - 3\omega_2)^2}{32} + 4k\Delta l^2\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{8}m(L-l)^2\left(\frac{3k}{m} - 6\sqrt{\frac{3k}{m}}\cdot\sqrt{\frac{k}{3m}} + 9\cdot\frac{k}{3m}\right) + 4k\cdot\frac{(L-l)^2}{2}\right) =$$

$$= \frac{1}{16}m(L-l)^2\left(\frac{3k}{m} - 6\frac{k}{m} + \frac{3k}{m}\right) + k(L-l)^2 =$$

$$= \frac{1}{16}(L-l)^2\cdot 0 + k(L-l)^2 = k(L-l)^2$$

$$k = \frac{W}{(L-l)^2}$$

Жёсткость первой пружины:

$$3k = \frac{3W}{(L-l)^2} = \frac{3\cdot 3\,Дж}{(0{,}2м - 0{,}1м)^2} = 900\frac{Н}{м}$$

Ответ: $3k = \frac{3W}{(L-l)^2}$

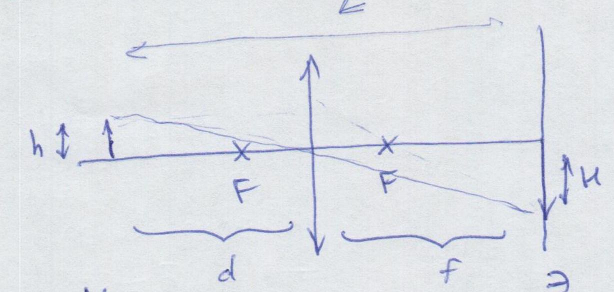
$3k = 900\frac{Н}{м}$

78-40-24-48 (49,7)

Задача 4.5.2 Чистовик.

Дано:
$D = 6$ дптр
$\Gamma = 3$

$L - ?$



$$F = \frac{1}{D}$$

$$\frac{h}{H} = \frac{d}{f}$$ – из подобия треугольников.

$$\Gamma = \frac{H}{h}$$, из подобия треугольников $\Gamma = \frac{f}{d}$, $f = \Gamma d$

Формула тонкой собирающей линзы: $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$$D = \frac{d+f}{df} = \frac{d+\Gamma d}{\Gamma d^2} = \frac{d(\Gamma+1)}{d^2\Gamma} = \frac{\Gamma+1}{d\Gamma}$$

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

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

$$L = f + d = \frac{\Gamma+1}{\Gamma D} + \frac{\Gamma+1}{D} = \frac{\Gamma+1+(\Gamma+1)\Gamma}{D\Gamma} = \frac{(\Gamma+1)^2}{D\Gamma} = \frac{4^2}{6\cdot 3} = \frac{16}{18} = \frac{8}{9} \approx 0{,}89\text{м}$$

Ответ: $L = \frac{(\Gamma+1)^2}{D\Gamma} = 89$ см. +

Задача 2.9.2

Дано:
$S = 100\text{см}^2 = 10^{-4}\cdot100\ \text{м}^2$
$T = 127°C = 400K$
$h = 0{,}83$ м
$p_H = 2{,}5\cdot10^5$ Па
$p_0 = 10^5$ Па
$\mu = 18\cdot10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
$R = 8{,}3\cdot\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot K}$
$g = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
$M = 100$ кг

$m - ?$

~~Т.к. вода находится под давлением~~ $\cancel{p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 + \frac{100\cdot10}{100\cdot10^{-4}} = 2\cdot10^5 (\text{Па})}$
~~то её температура кипения выше 100°С и объёмом воды~~
~~Пренебрегая давлением водяного пара при 0°С можно~~
~~считать, что поршень вначале был у дна трубки.~~
~~В конечном состоянии, под поршнем будет~~
~~находится ненасыщенный водяной пар~~
В конечном состоянии под поршнем будет находится ненасыщенный водяной пар, вся вода испарится. Это следует из того, что, если бы вода не испарилась, под поршнем был бы насыщенный водяной пар с давлением $2{,}5\cdot10^5$ Па. А давление на газ равно $p_0 + \frac{Mg}{S} = 2\cdot10^5$ Па
т.е. пар выталкивает поршень до того момента, как давление пара станет $p = p_0 + \frac{Mg}{S} = 2\cdot10^5$ Па. К этому моменту вода полностью испарится

Конечное состояние пара: $p\cdot h\cdot S = \frac{m_\Pi}{\mu}RT$ – уравнение Менделеева-Клапейрона

$$m_\Pi = \frac{phS}{RT}\mu = \frac{(p_0S+Mg)h}{RT}\mu = 0{,}009(\text{кг}) = 9(\text{г})$$

Масса воды $m = m_\Pi = 9$ г

Ответ: $m = \frac{\mu}{RT}(p_0S + Mg) = 9$ г

78-40-24-48 (49.7)

~~Чистовик.~~ Задача 3.9.2 Черновик

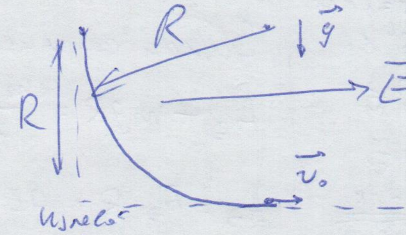
Дано:
$R = 1м$
$r = 0{,}25м$
$m = 1г = 10^{-3} кг$
$q = 10^{-6} Кл$
$E = 10^{3} В/м$
$g = 10 м/с^2$

Решение:

1) Найдём скорость v_0 бусинки при съезде по дуге окр. радиуса R:

Закон сохранения энергии:

$$\underbrace{mgR + F_э \cdot R}_{\text{Работа электрического поля}} = \frac{mv_0^2}{2} \quad ; F_э = qE$$

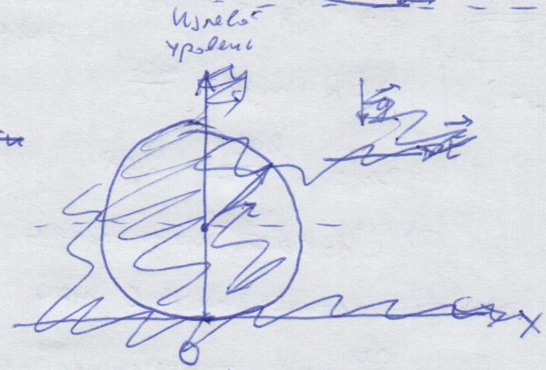


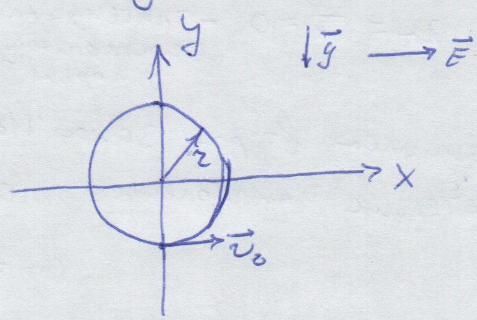
$$v_0^2 = 2gR + \frac{2qER}{m}$$

~~2) Уравнение окружности~~

~~нижней полуокружности: y =~~

2) Уравнение ~~левой половины~~ ~~полуокружности~~ окружности: $x = \pm\sqrt{r^2 - y^2}$





Закон сохранения энергии

$$A_э + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgy$$

$A_э = F_э \cdot x = qEx$ – работа эл. поля

$$\pm qE\sqrt{r^2 - y^2} + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgy$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gy \pm \frac{2qE}{m}\sqrt{r^2 - y^2}}$$

$$\frac{dv}{dy} = \frac{1}{2\sqrt{\dots}}\left(-2g \pm \frac{2qE}{m}\frac{1}{2\sqrt{r^2-y^2}}\cdot(-2y)\right) = 0 \text{ – экстремум при } \frac{dv}{dy} = 0$$

$$g \pm \frac{qE \cdot y}{m\sqrt{r^2 - y^2}} = 0$$

$$(r^2 - y^2)\left(\frac{gm}{qE}\right)^2 = y^2$$

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

$$y = \pm\frac{\frac{mgr}{qE}}{\sqrt{1 + \left(\frac{mg}{qE}\right)^2}}$$

Экстремальные v:

$$v = \sqrt{v_0^2 \mp \frac{2mg^2 r}{qE\sqrt{1 + \left(\frac{mg}{qE}\right)^2}} \pm \frac{2qE}{m}\sqrt{r^2 - \frac{m^2 g^2 r^2}{q^2E^2\left(1 + \left(\frac{mg}{qE}\right)^2\right)}}}$$

$$v_{min} = \sqrt{v_0^2}$$

Задача 3.9.2 ~~Чистовик~~ Черновик.

Дано:

$R = 1\,м$

$r = 0{,}25\,м$

$m = 1\,г = 10^{-3}\,кг$

$q = 10^{-6}\,Кл$

$E = 10^{3}\,\frac{В}{м}$

$g = 10\,\frac{м}{с^2}$

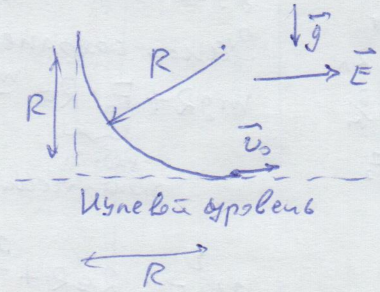
$r \le \frac{(qE+mg)R}{mg+\sqrt{q^2E^2+m^2g^2}}$

$v_{min} - ?$

Решение:

1) Найдём скорость бусинки v_0 при прохождении дуги окр. радиусом R.

Закон сохранения энергии:



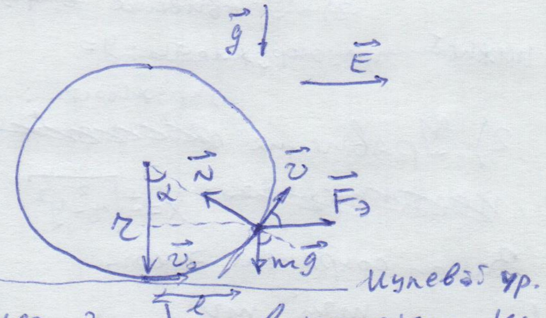
$$A_э + mgR = \frac{mv_0^2}{2}$$

$A_э = F_э \cdot R = qER$ — работа электрического поля.

$$qER + mgR = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{2qER}{m} + 2gR$$

2) Скорость v принимает экстремальное значение при



$a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$ — тангенциальная составляющая ускорения бусинки.

Запишем второй закон Ньютона (ИСО — Земля) в проекции на касательное направление: $ma_\tau = -mg\sin\alpha + F_э\cos\alpha$

$$a_\tau = \frac{qE}{m}\cos\alpha - g\sin\alpha$$

Пусть при $\alpha = \alpha_0$ $a_\tau = 0$: $\frac{qE}{m}\cos\alpha_0 - g\sin\alpha_0 = 0$

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{qE}{mg}$$ / при этом уже скорость бусинки максимальна.

В этот момент бусинка находится на высоте $r - r\cos\alpha_0$

Закон сохранения энергии:

$$F_э \cdot l + \frac{mv_0^2}{2} = mgr(1-\cos\alpha_0) + \frac{mv_{min}^2}{2}\ ; \ l = r\sin\alpha_0$$

$$\cos\alpha_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha_0}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{qE}{mg}\right)^2}} = \frac{mg}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}}$$

$$\sin\alpha_0 = \operatorname{tg}\alpha_0 \cdot \cos\alpha_0 = \frac{qE}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}}$$

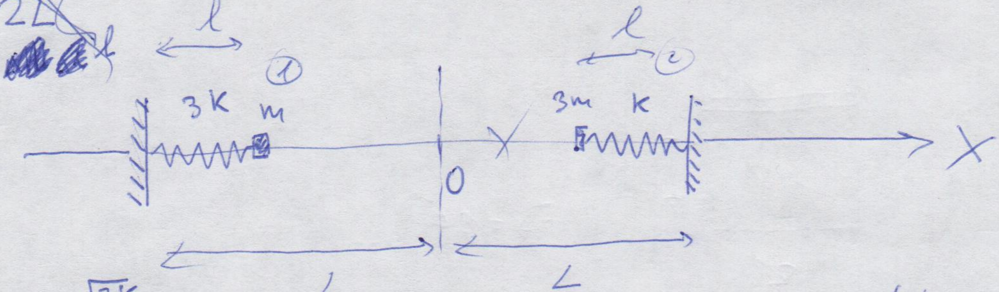
Получаем:

$$qE \cdot r \cdot \frac{qE}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}} + \frac{m}{2}\left(\frac{2qER}{m} + 2gR\right) = mgr\left(1 - \frac{mg}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}}\right) + \frac{mv_{min}^2}{2}$$

$$\frac{r}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}}\left(q^2E^2+m^2g^2\right) + qER + mgR - mgr = \frac{m}{2}v_{min}^2$$

$$v_{min} = \sqrt{\frac{2r}{m}\sqrt{q^2E^2+m^2g^2} + \frac{2qER}{m} + 2g(R-r)} \approx \sqrt{19{,}5}\ \frac{м}{с} \approx 4{,}7\ \frac{м}{с}$$

периодик Задача 1



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

1) $x_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_{01})$

$x_1'(t) = -A_1\omega_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_0)$

$x_1'(0) = 0: \quad \sin\varphi_0 = 0$

$\varphi_0 = 0$

$x_1(0) = -(L-l) = l-L$

$l-L = A_1$

$A_1 = -(L-l)$

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

2) $x_2(t) = A_2\cos(\omega_2 t + \varphi_{02})$

$x_2'(t) = -A_2\omega_2\sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$

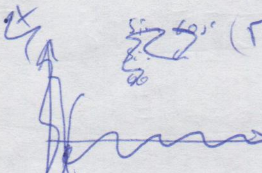
$x_2'(0) = 0 \Rightarrow \sin\varphi_{02} = 0$

$\varphi_{02} = 0$

$x_2(0) = L-l$

$L-l = A_2$

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



$(\Gamma+1)\left(\frac{1}{\Omega}+\frac{1}{\Gamma\Omega}\right)$

$(\Gamma+1)$

$x_1(\tau) = x_2(\tau)$

$-(L-l)\cos\omega_1\tau = \cancel{(L-l)}\cos\omega_2\tau$

$\cos(\omega_1\tau) + \cos(\omega_2\tau) = 0$

$-2\sin\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau \sin\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau = 0$

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

$\left[\begin{array}{l} \frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau = \pi \\ \frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau = \pi \end{array}\right. \Rightarrow$ $\tau = \frac{2\pi}{|\omega_2-\omega_1|}$, $\tau = \frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}$

$\tau_1 = \frac{2\pi}{\omega_1+\omega_2}; \ \tau_2 =$

$\frac{9}{0{,}1^2} = \frac{9}{0{,}01}$

$2\cos\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau\,\cos\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau = 0$

$\left[\begin{array}{l} \frac{\omega_1+\omega_2}{2}\tau = \frac{\pi}{2} \\ \frac{\omega_1-\omega_2}{2}\tau = \frac{\pi}{2} \end{array}\right. \Rightarrow$ $\tau_1 = \frac{\pi}{\omega_1+\omega_2}$

$\wedge$

$\tau_2 = \frac{\pi}{\omega_1-\omega_2}$

$\tau = \frac{\pi}{\omega_1+\omega_2}$ $\qquad \frac{8}{9}$

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

$x_1(\tau) = -(L-l)\cos\left(\frac{\omega_1\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -(L-l)\cos\left(\pi\cdot\frac{1}{1+\underbrace{\frac{\omega_2}{\omega_1}}_{\frac{1}{3}}}\right) = -(L-l)\cos\left(\frac{3}{4}\pi\right) = \left(L-l\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

$v_{1x}(\tau) = (L-l)\omega_1\sin(\omega_1\tau) = (L-l)\omega_1$

X

$\sqrt{x} =$

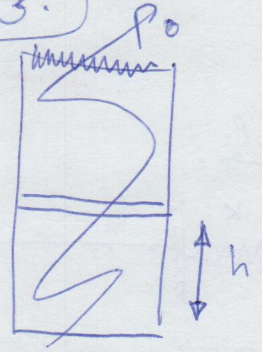
$m v_{1x} + 3m v_{2x} = 4m u_x$

$W = \frac{k x_1(\tau)^2}{2} + \frac{k(x_2(\tau))^2}{2} + \frac{4m u^2}{2}$

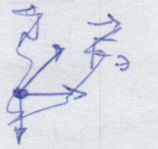
$8 : 9 = 0{,}88888$

$-\frac{8}{0}$, $\frac{80}{-72}$, 8

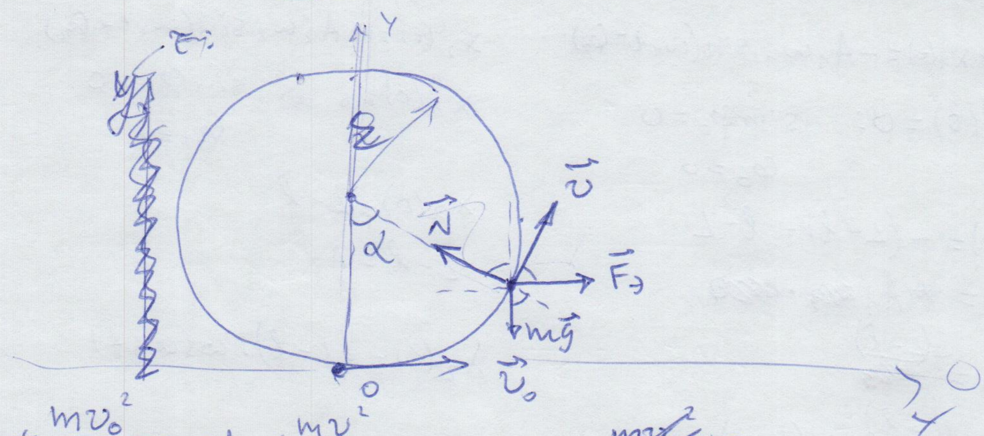
Черновик задачи 3.



$F_э = qE$



$\vec{N} + \vec{F_э} + m\vec{g} = m\vec{a}$



$$A_э + \frac{mv_0^2}{2} = mgy + \frac{mv^2}{2}$$

$A_э = qEx$

$$qEx + \frac{mv_0^2}{2} = mgy + \frac{mv^2}{2}$$

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} + r \qquad \frac{2qEx}{m} + \frac{mv_0^2}{2} = 2mg\left(\sqrt{r^2-x^2}+r\right) + \frac{mv^2}{2}$$

$$\cancel{qE\left(\sqrt{r^2-x^2}+r\right) + \frac{mv_0^2}{2} = mg}$$

$$v(x) = \sqrt{\frac{2qE}{m}x + v_0^2 - 2gr - 2g\sqrt{r^2-x^2}}$$

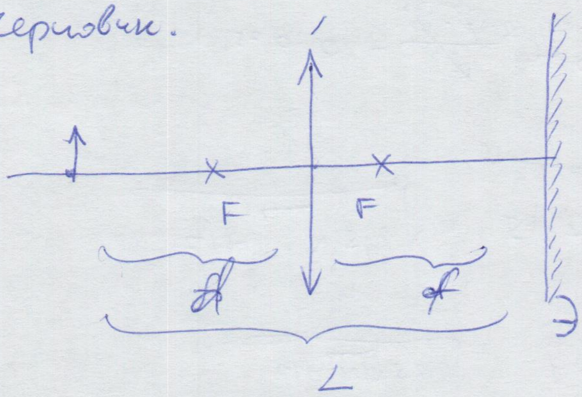
$$\frac{dv}{dx} = \frac{1}{2\sqrt{\dots}}\left(\frac{2qE}{m} + \frac{2g\,2x}{\sqrt{r^2-x^2}}\right) = 0$$

$$\cancel{\frac{2qE}{m} = 2gx} \qquad \frac{2g}{\sqrt{r^2-x^2}}x = -\frac{2qE}{m}$$

$$4g^2x^2 = \left(\frac{2qE}{m}\right)^2(r^2-x^2)$$

$$x = \dots$$

Черновик.



$\sqrt{19{,}5} \quad 4^2$

$\Gamma = \frac{f}{d}$

$$\frac{2qE}{m}\sqrt{\frac{r^2 m^2 g^2 + q^2E^2r^2 - m^2g^2r^2}{m^2g^2+q^2E^2}}$$

$$v^2 = v_0^2 \mp \frac{2mg^2 r}{qE\sqrt{1+\left(\frac{mg}{qE}\right)^2}} \pm \frac{2qE}{m}\sqrt{r^2 - \frac{m^2g^2r^2}{m^2g^2+q^2E^2}} =$$

$$= v_0^2 \mp \frac{2mg^2r}{\sqrt{q^2E^2+m^2g^2}} \pm \frac{\frac{2q^2E^2r}{m}}{\sqrt{m^2g^2+q^2E^2}}$$

$$v_0^2 \pm \left(\mp 2m^2g^2r \pm \frac{2q^2E^2r}{}\right)$$

$m\sqrt{\dots}$

$\frac{M}{S} = \frac{1000}{100} \quad \frac{4}{6\cdot 3} = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$

$273 + 127 = 400$

$\frac{P}{T} \quad \frac{10^5}{373} = \frac{2\cdot 10^5}{}$

$\frac{10^{-6}\cdot 10^3}{10\cdot 10}$ arctg 0,1 — 0,1 черновик $\sqrt{\frac{0{,}5}{2\cdot10^{-3}}\sqrt{10^{-12}\cdot10^{6}+10^{-6}\cdot100}+\frac{2\cdot10^{-6}\cdot10^{3}}{10^{-3}}+20\cdot0{,}75}=$

$0{,}25\cdot10^{3}$

$10^{-6}+10^{-4}$ $=\sqrt{250\cdot\frac{1}{100}\sqrt{\frac{101}{100}}+2+15}=\sqrt{2{,}5\sqrt{\ }+17}$

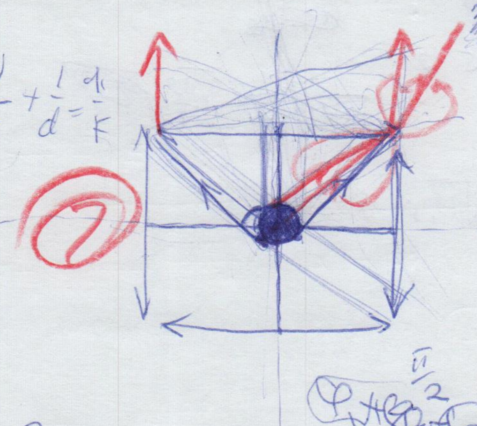
$\frac{1}{1000000}+\frac{1}{1000}$

$\frac{1}{10000}\left(\frac{1}{100}+1\right)$ $2{,}5+17$ $\frac{1}{100}+1$ $\sqrt{0{,}25\sqrt{101}+17}$

$20\frac{101}{100}$ $\sqrt{19{,}5}$ $2{,}5$

$\frac{20\cdot3}{4}$ $10^{-6}+10^{-4}=10^{-4}\left(10^{-2}+1\right)$

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



N

В верхн точке:

$\frac{mv^2}{r}=N+mg$

$N=\frac{mv^2}{r}-mg=m\left(\frac{v^2}{r}-g\right)=$

$=m\left(\frac{2qER}{mr}+2g\frac{R}{r}-2g-g\right)=$

$\frac{2R}{r}\left(\frac{qE}{m}+g\right)-3g$

$v\left(\frac{\pi}{2}\right)=\sqrt{v_0^2+\frac{2qEr}{m}-2gr}$

$v_0^2=\frac{2qER}{m}+2gR$ $\frac{mv^2}{2}+2mgr=\frac{mv_0^2}{2}$

$\frac{2}{0{,}25}\left(\frac{10^{-6}\cdot10^{3}}{10^{-3}}\right)$

$v^2+4gr=\frac{2qEr}{m}+2gR$ $22\cdot\frac{1}{4}-30$

$\frac{mv^2}{r}=mg$

$v^2=\frac{2qEr}{m}+2g(R-2r)$

$r=\frac{v^2}{g}=$

$r=\frac{2qEr}{m}+2R-4r$

$\frac{2\cdot10^{-6}\cdot10^{3}\cdot0{,}25}{1{,}7\cdot10^{-3}}-20\cdot0{,}25\cdot1{,}7$

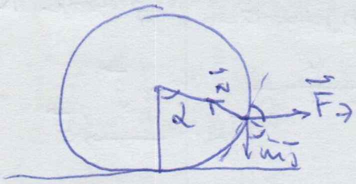
$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$

$\frac{dv}{dt}=\frac{2\cdot10^{-6}\cdot10^{3}\cdot0{,}25}{10^{-6}}-20\cdot0{,}25\cdot0{,}25=$

$0{,}5\cdot10^{3}-$

$\sqrt{22{,}5}=\sqrt{\frac{22{,}5}{2{,}25\cdot10}}\sqrt{2{,}25}=1{,}5$

черновик



$$\frac{mv^2}{r} = N - mg\cos\alpha - qE\sin\alpha$$

$$N = \frac{mv^2}{r} + mg\cos\alpha + qE\sin\alpha =$$

$$= \frac{m}{r}\left(v_0^2 + \frac{2qEr}{m}\sin\alpha - 2gr + 2gr\cos\alpha\right) + mg\cos\alpha + qE\sin\alpha =$$

$$= \frac{m}{r}\left(\frac{2qER}{m} + 2gR + \frac{2qEr}{m}\sin\alpha - 2gr + 2gr\cos\alpha\right) + mg\cos\alpha + qE\sin\alpha =$$

$$= \frac{2qER}{r} + \frac{2mgR}{r} + 3qE\sin\alpha - 2mg + 3mg\cos\alpha$$

$$K = \frac{mg}{qE} \qquad N = \frac{2R}{r} + \frac{2R}{r}K + 3\sin\alpha - 2K + 3K\cos\alpha =$$

$$\frac{10^{-3}\cdot 10}{10^{-6}\cdot 10^{3}} = 10^{-2}\cdot 10^{6}\cdot 10^{-3} = 10$$

$$\cancel{\frac{2R+2RK-2rK}{3r}}$$

$$N\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{2R}{r} + \frac{2R}{r}K + 3 - 2K$$

$$\frac{2}{0{,}25} + \frac{2}{0{,}25}\cdot 10 + 3 - 20 =$$

$$2\cdot 10^{-6}$$

$$= 8 + 80 - 20 - 3 = 65\text{ Н}$$

$$\sqrt{\frac{2\cdot 10^{-6}\cdot 10^{-3}}{10^{-3}} + 20} = \sqrt{22}$$

$$\frac{36\cdot \cancel{0{,}83}}{\cancel{8{,}3}\cdot 4000} = \frac{9}{1000}$$

$$\frac{\cancel{(10^5\cdot 100\cdot 10^{-4}+1000)}\cdot 0{,}83}{8{,}3\cdot 400}\cdot 18\cdot 10^{-3} =$$

$$\frac{10^5\cdot 100\cdot 10^{-4}+1000}{18\cdot 10^{-3}}\cdot 8{,}3\cdot 400 =$$

$$v_n = v$$

$$\frac{8{,}3}{9} \quad \frac{83}{90} \qquad = \frac{2\cdot 10^{3}\cdot 8{,}3\cdot 400}{18\cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{800\cdot 8{,}3}{18}\cdot 10^{6} = \frac{400\cdot 8{,}3}{9}$$

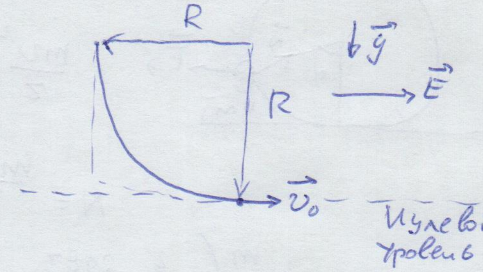
Задача 3.9.2. Чистовик.

Дано:
$r = 0{,}25$ м
$R = 1$ м
$m = 10^{-3}$ кг
$q = 10^{-6}$ Кл
$E = 10^{3}\ \frac{В}{м}$
$g = 10\ \frac{м}{с^2}$
$r \le \frac{(qE+mg)R}{mg+\sqrt{q^2E^2+m^2g^2}}$

v_{min} – ?

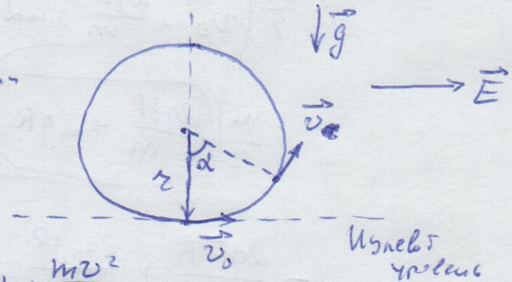
1) Найдём из закона сохранения энергии скорость v_0 бусинки в нижней части дуги окружности радиусом R.

$$\underbrace{qE\cdot R}_{\text{работа электрического поля}} + mgR = \frac{mv_0^2}{2}$$



$$v_0^2 = \frac{2qER}{m} + 2gR$$

2) Закон сохранения энергии при движении по витку:



$$\frac{mv_0^2}{2} + qE\cdot r\cdot \sin\alpha = mg(r - r\cos\alpha) + \frac{mv^2}{2}$$

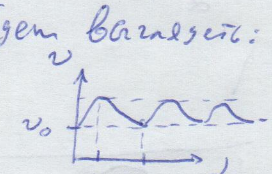
$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2qEr}{m}\sin\alpha - 2gr(1-\cos\alpha)}$$

Условие экстремальности скорости бусинки: $\frac{dv}{d\alpha} = 0$

$$\frac{dv}{d\alpha} = \frac{1}{2\sqrt{\ldots}}\left(\frac{2qEr}{m}\cos\alpha_0 - 2gr\sin\alpha_0\right) = 0$$

+ $\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{qE}{mg}$ – при этом значении угла достигается максимальная скорость.

При одном обороте в нижней точке скорость снова станет равной v_0, т.е. схематически график $v(\alpha)$ будет выглядеть:



Значит минимальная скорость бусинки при её движении по витку равна v_0

$$v_{min} = v_0 = \sqrt{\frac{2qER}{m} + 2gR} = \sqrt{22}\left(\frac{м}{с}\right) \approx 4{,}5\left(\frac{м}{с}\right)$$

–

Ответ: $v_{min} = \sqrt{\frac{2qER}{m} + 2gR} \approx 4{,}5\left(\frac{м}{с}\right)$ –