0 277159 740006

27-71-59-74
(5.16)

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**
**имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант ________________

Место проведения Москва
город

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Николаева Ивана Анатольевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Вку -

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$$7 \cdot \frac{R}{2 \cdot 5 \cdot 1} \cdot 2\pi = \frac{14 \cdot \pi \cdot R}{25} = \frac{14 \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}14 \cdot 30}{25} = 30$$

$$d^2 l = d^2 x + d^2 y$$

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_м + \rho_в}{2} = \frac{m + m_л}{V \; 0{,}56} \Rightarrow \left(\frac{dl}{dx}\right)^2 = 1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2$$

$$l = \sqrt{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2} \cdot \frac{R}{\upsilon_1} \, d\varphi \qquad m_л = \frac{V(\rho_м + \rho_в)}{2} - m = \qquad l' = \sqrt{1 + (y')^2}$$

$$= \frac{100 \cdot (9{,}2 + 1)}{2} - 20 = \quad 1{,}92 \cdot 50 - 20 =$$

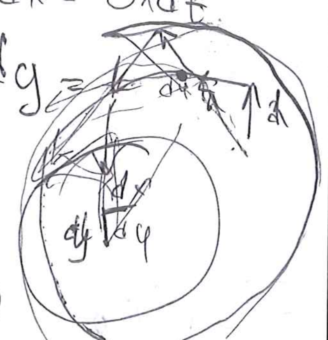
$$l = \int_a^b \sqrt{1 + (y')^2} = \quad d\varphi = \frac{\upsilon_1}{R} dt$$

$$1{,}92 \cdot 50 = 96{,}00$$

$$dx = \upsilon_1 dt$$

$$dy =$$

$$d\varphi = \frac{\upsilon_1}{R} dt$$



$$m_ф \cdot (\theta - t_1) + m_1(\theta - t_1) + m_3$$

$$(C_ф m_ф + m_1 C_в)(\theta - t_1) + m_3 C_в \cdot (\theta - t_3) + m_2 (0 - t_2) + m_2 \lambda + m_2 (\theta - 0) = 0$$

$$\theta \, (C_ф m_ф + m_1 C_в + m_3 C_в + m_2) = (C_ф m_ф + m_1 C_в) t_1 + m_3 C_в t_3 + m_2 t_2 + m_2 \lambda = 0$$

$$\theta = \frac{(C_ф m_ф + m_1 C_в) t_1 + m_3 C_в t_3 + m_2 (C_л t_2 - \lambda)}{C_ф m_ф + m_1 C_в + m_3 C_в + m_2 C_в}$$

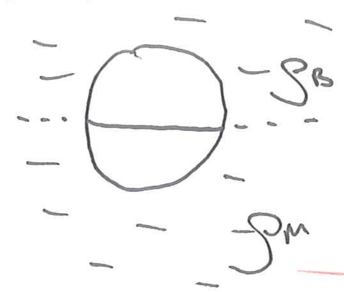




27-71-59-74 (5.16)

5 — 12; 4 — 20; 3 — 20; 2 — 29; 1 — 5; Σ — 77 (Семьдесят семь)

№2.




Если шарик находится на половину в воде и на половину в масле, то средняя плотность в которую он погружен $\rho_{ср} = \frac{\rho_в \cdot \frac{V}{2} + \rho_м \cdot \frac{V}{2}}{V} = \frac{\rho_в + \rho_м}{2}$;

~~Тогда при условии $\rho$~~

Тогда из II з. Н: $0 = m'g - F_A \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow (m + m_л) g = \frac{\rho_в + \rho_м}{2} \cdot g \cdot V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_л = \frac{\rho_в + \rho_м}{2} \cdot V - m = \frac{1 + 0{,}92}{2} \cdot 50 \cdot 100 - 20 =$$

$$= \boxed{762} \quad От: m_л = 762.$$

Пропущен

Нужно явно записать $F_A$ для шарика

№3.

~~Запишем ур-ние теплового баланса сначала после добавки~~ после всех добавок:

$$m_ф C_ф \cdot (\theta - t_1) + m_1 C_в (\theta - t_1) + m_3 C_в (\theta - t_3) + m_2 C_л (0 - t_2) + m_2 \lambda + m_2 C_в (\theta - 0) = 0$$

$$\theta \, (m_ф C_ф + m_1 C_в + m_3 C_в + m_2 C_в) = t_1 (m_1 C_в + m_ф C_ф) + m_3 C_в t_3 + m_2 C_л t_2 - m_2 \lambda \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{(m_1 C_в + m_ф C_ф) t_1 + m_3 C_в t_3 + m_2 (C_л t_2 - \lambda)}{m_ф C_ф + m_1 C_в + m_3 C_в + m_2 C_в} =$$

$$= \cancel{\frac{(0{,}3\cdot 4200+0{,}5\cdot 500)\cdot 90+0{,}4\cdot 4200\cdot 5 - 0{,}25(340\cdot 10^3+10\cdot 100)}{0{,}5\cdot 500+(0{,}3+4200\ 0{,}4+0{,}25)\cdot 4200}} =$$

№3.

Запишем ~~тепловой~~ УТБ после добавки $m_3$:

$$(m_ф c_ф + m_1 c_в)(t_1 - \Theta) = m_3 c_в(\Theta - t_3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Theta = \frac{m_3 c_в t_3 + (m_ф c_ф + m_1 c_в)t_1}{m_ф c_ф + m_1 c_в + m_3 c_в} =$$

$$= \frac{0{,}4\cdot 4200\cdot 5 + (500\cdot 0{,}5 + 0{,}3\cdot 4200)\cdot 90}{500\cdot 0{,}5 + \cancel{0{,}3\cdot 4200}(0{,}3+0{,}4)\cdot 4200} =$$

$$= \frac{168\cancel{0}\cdot 5 + 1510\cdot 9\cancel{0}}{25\cancel{0} + 294\cancel{0}} \approx 45{,}2^\circ C$$

Теперь запишем УТБ после добавки $m_2$:

$$\cancel{(m_ф c_ф + m_1 c_в)(\Theta - \Theta')} +$$

$$(m_ф c_ф + m_1 c_в + m_3 c_в)(\Theta - \Theta') = m_2 c_л(0 - t_2) + m_2\lambda + m_2 c_в(\Theta' - 0)$$

$$\Theta' = \frac{m_ф c_ф + (m_1+m_3)c_в)\Theta + m_2 c_л t_2 - m_2\lambda}{m_ф c_ф + (m_1+m_2+m_3)c_в} =$$

$$= \frac{(500\cdot 0{,}5 + (0{,}3+0{,}4)\cdot 4200)\cdot 45{,}2 - 0{,}25(340\cdot 10^3 + 100\cdot 10)}{500\cdot 0{,}5 + (0{,}3+0{,}25+0{,}4)c_в} \approx$$







Черновик

341/2

$$\frac{(500\cdot 0{,}5 + 4200\cdot 0{,}3)\cdot 90 + 0{,}4\cdot 4200\cdot 5 - 0{,}25\cdot(340\cdot 10^3 + 2100\cdot 10)}{}$$

$500\cdot 0{,}5 = 250$

$4200\cdot \frac{3}{10} = 1260$, $+ = 1510$

$1260 + 420 = 1680$

$1510 \times 90 = 135900$

$1680 \times 5 = 8400$

$10^3 + 340\cdot 10^3 = 341\cdot 10^3$

$341 : 4 = 85{,}25$; $852500$

$$\frac{135900 + 8400 - 8525\cdot 10^2}{}$$

$85{,}2\cdot 10^3 = 85250$

$250 + 2940 = 3190 \cdot 45{,}2$

$3190 \times 45{,}2 = 144188{,}0$

$144188 - 85250 = 58938$

$58938$

$\cos\alpha - \sin\alpha$

240

$42 \times 95 = 3990$; $3990 + 250 = 4240$

$4\cdot 36\cdot 60$; $\frac{420\cdot 44}{70} = 6\cdot 60 = 77$

$$\frac{144188 - \cancel{0{,}25}\cdot 85250}{\cancel{0{,}95}\cdot \cancel{95\cdot 42 + 250}} \approx$$

$0{,}95\cdot 4200 + 250$

$58938 : 4240 = 13{,}$ ($42400$, $16538$, $12720$, $38180$)

$38180 : 4240 = 9$ ($38160$)

Черновик

~~$m_ф c_ф (t_1 - \Theta^2)$~~

$\Theta(t_1-\Theta)(m_ф c_ф + m_1 c_в) = (\Theta - t_3) m_3 \Rightarrow$

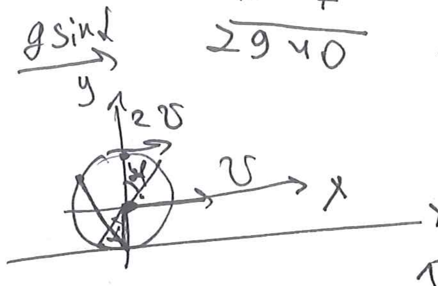
$\Rightarrow \Theta = \dots \qquad P =$

$420 \cdot 7 = 2940$

$360 : 77 = 4{,}6$; $308$; $520$

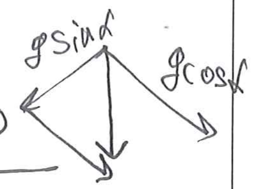
$168 \cdot 5 = 840$

$g \sin\alpha$



$1510 \cdot 9 = 13590$; $13590 + 840 = 14430$

$\frac{14430}{319}$



~~$\vec{v}(t) =$~~

$\vec{r}(t) = (R\sin\varphi, R\cos\varphi)$

~~$\vec{v}(t) =$~~

~~$\vec{v}(t) = (R$~~

$14430 : 319 = 45{,}24 \approx$; $1276$; $1670$; $1595$; $750$; $638$; $1420$

$4240 \cdot 9 = 38160$

$R = \frac{R_0}{N}; \Rightarrow P = \frac{U^2 N}{R_0};$

$\frac{U^2 N}{R_0} = \alpha \cdot \rho_в \cdot c \cdot (t_2 - t_1);$

$R_0 = \frac{U^2 N}{\alpha \rho_в c (t_2 - t_1)} \Rightarrow l = \frac{U^2 N \pi d^2}{4\alpha \rho_в c (t_2-t_1) \rho} \Rightarrow$

$\Rightarrow L = Nl = \frac{\cancel{N^2 U^2 \pi} (NUd)^2 \pi}{4\alpha \rho_в c (t_2 - t_1)\rho}$





27-71-59-74 (5.16)

$\approx \boxed{13{,}9^\circ C}$

Ответ: $\Theta' = 13{,}9^\circ C$. +

№4.

~~$R_0$ - сопротивление 1 спирали.~~

~~$R_0 = \frac{\rho l}{S}$; $P$ - мощность водонагрев. $P = \frac{U^2}{\frac{R_0}{N}} = \frac{NU^2}{R_0}$;~~

~~Запишем условия для установившейся температуры:~~

~~$P\cancel{t} = \alpha \cancel{t} \cdot c \rho_0 (t_2 - t_1)$~~

~~$\frac{NU^2}{R_0} = \alpha c \rho_0 (t_2 - t_1) \Rightarrow R_0 = \frac{NU^2}{\alpha c \rho_0 (t_2 - t_1)} \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow L = Nl = \frac{U^2 S N^2}{\alpha c \rho_0 (t_2 - t_1) \rho} = \cancel{2 \cdot 500^2 \cdot 3{,}14} =$~~

~~$= \frac{U^2 \pi d^2 N^2}{4\alpha c \rho_0 \rho (t_2 - t_1)} = \frac{3{,}14 \cdot 200^2 \cdot 0{,}6^2 \cdot \cancel{2^2}}{4 \cdot \cancel{4} \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 1{,}1 \cdot 4200 (40 - 8{,}5)}$~~

~~$\approx \frac{3{,}14 \cdot 200^2 \cdot 0{,}6^2}{4 \cdot 4200 \cdot 1{,}1 \cdot 31{,}5} \approx$~~

№4.

$R_0 = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow P = \frac{U^2}{\frac{R_0}{N}} = \frac{NU^2}{R_0} = \frac{NU^2 S}{\rho l}; \Rightarrow$

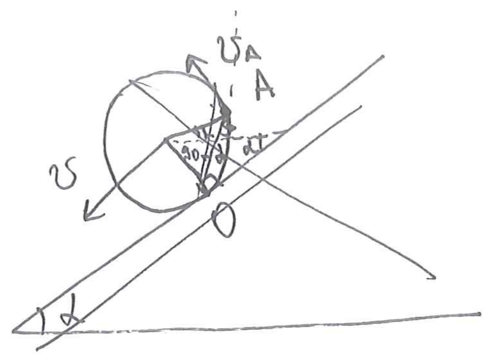
$\Rightarrow P \cdot \cancel{\tau} = \alpha \cancel{\tau} c \rho_0 (t_2 - t_1) \Rightarrow l = \frac{NU^2 S}{\alpha c \rho_0 \rho (t_2 - t_1)} \Rightarrow$

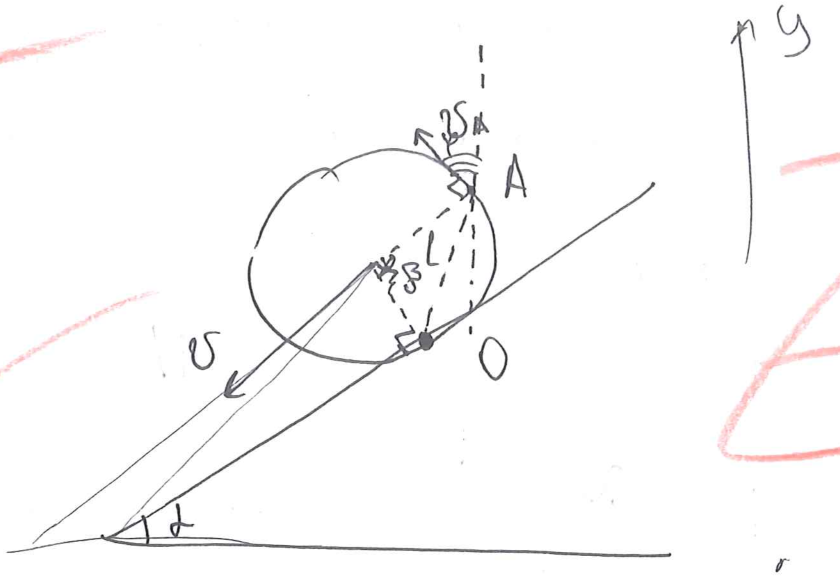
$\Rightarrow L = Nl = \frac{N^2 U^2 \pi d^2}{4\alpha c \rho_0 \rho (t_2 - t_1)} = \frac{\cancel{2}^2 \cdot 200^2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}6^2}{\cancel{4} \cdot 4 \cdot \cancel{10^{-5}} \cdot 10^3 \cdot 1{,}1 \cdot (40 - 8{,}6) \cdot 4200}$

$= \frac{200^2 \cdot 0{,}6^2 \cdot 3{,}14 \cdot 60}{4200 \cdot 4 \cdot 1{,}1 \cdot 31{,}4 \cdot 10} = \frac{40000 \cdot 36 \cdot 10^{-2} \cdot 60}{4200 \cdot 4{,}4 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 36 \cdot 60}{420 \cdot 4{,}4} \approx \boxed{5м}$

Ответ: $\boxed{L = 5м}$ +

№5.





$v_A \perp$ т.к. O – МЦС, то $\frac{v_A}{l} = \frac{v}{R} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow v_A = \frac{v l}{R} = \frac{v\sqrt{2R^2-2R^2\cos\beta}}{R} = \sqrt{2}\, v\sqrt{1-\cos\beta}$;

$\varphi = 90° - (\alpha + \beta) = \frac{\pi}{3} - \beta$;

$v_y = v_A \cdot \cos\varphi = \sqrt{2}\, v\sqrt{1-\cos\beta}\,\cos(\frac{2\pi}{3}-\beta)$

Для $H_{max}$ $v_y$ – max. $l = R$

$\Rightarrow (\sqrt{2}\, v\sqrt{1-\cos\beta}\,\cos(\frac{2\pi}{3}-\beta))' = 0 \Rightarrow$

$-\sqrt{2}\, v \cdot \frac{1 \cdot \sin(\frac{2\pi}{3}-\beta)}{2\sqrt{1-\cos\beta}} = 0 \Rightarrow \beta = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow$





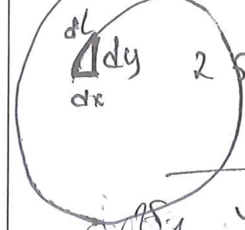
$dl = \sqrt{dy^2 + dx^2} = \sqrt{l'}$ Черновик. $= \sqrt{\frac{dy}{dx}}$

$R = \frac{R_0}{2}$; $\Rightarrow P = \frac{u^2}{\frac{R_0}{2}} = \frac{2u^2}{R_0}$;

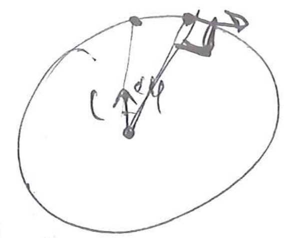
$dl = d^2y + d^2x$

$\frac{2u^2}{R_0} \cdot t = dt \cdot c_B(t_2 - t_1)$

$(\frac{6}{100})^2$ $(l')^2 = d^2y$



$2\,50000 \cdot \frac{36}{10000} \cdot 3,14$ $dl = d\varphi$



$4,4 \cdot 4200 \cdot 31,5$

$dl = \frac{R v_2}{v_1} d\varphi$ $d\varphi = \frac{v_1 dt}{R}$; $l = dt\, v_2 =$

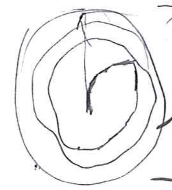
$= \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 25}{4,4 \cdot 4200 \cdot 31,5} = \frac{314 \cdot 36 \cdot 25}{4200 \cdot 315 \cdot 44}$ $= \frac{d\varphi R v_2}{v_1}$

$dl = d\varphi \cdot \frac{R v_2}{v_1}$; $\varphi = \frac{v_1}{v_2}$

$= \frac{314 \cdot 9 \cdot 25}{4200 \cdot 315 \cdot 11} \approx \frac{4 \cdot 36}{42 \cdot 4,4} =$

$d\varphi = \frac{v_2}{R} dt$ $\frac{R v_2 \cdot 40 \cdot 36}{v_1 \cdot 42 \cdot 44 \cdot 11}$ $= \frac{36}{77}$

$942 \times 25$ $l = \frac{v_2^2}{v_1} dt$ 23550



7710, 1884, 23550 $\frac{R v_2}{v_1}$ $\frac{v_2^2}{v_1} dt$

23550 / 6644000 = 0,00

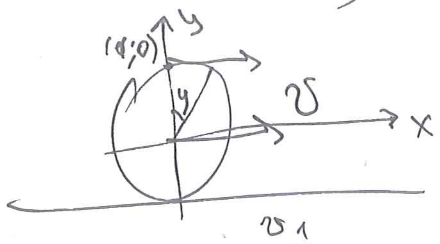
$1400 \times 315$: 7000, 1400, 4200, 604000

$dl = \frac{v_2^2}{v_1} dt$ 604000

$l = \frac{v_2^2}{v_1} \cdot \frac{942}{11} R$ 604000 + 6040000 = 6644000

$\frac{30 \cdot 24}{25} = \frac{144}{5} = 24 \times 1{,}2 = 28,8$ м.

$g\sin\alpha$ Черновик.



$\vec{r}(t)$ = (R sin φ

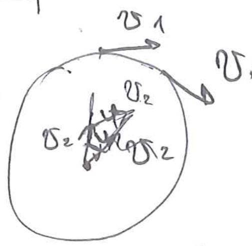
$\vec{r}(t) = (R\sin(\omega t), R\cos(\omega t))$

$\vec{v}(t) = (\omega R\cos(\omega t), -\omega R\sin(\omega t))$

$d\varphi = \frac{v_1}{R}dt$

$\varphi = \frac{v_1}{R}l$

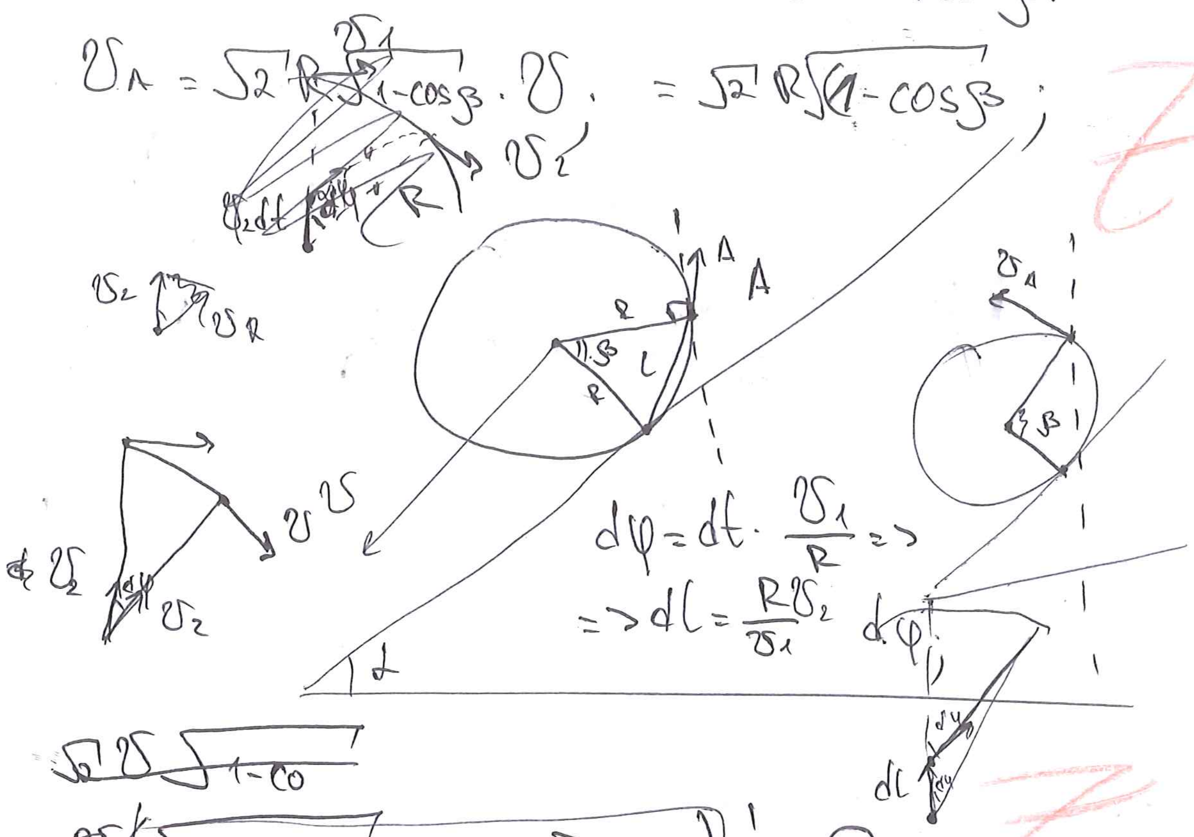
$dl =$



$a = g\sin\alpha$

$l = \sqrt{2R^2 - 2\cos\beta R^2} =$

$v_A = \sqrt{2}\,R\sqrt{1-\cos\beta}\cdot v_1 = \sqrt{2}\,R\sqrt{1-\cos\beta}$;



$d\varphi = dt\cdot\frac{v_1}{R} \Rightarrow$

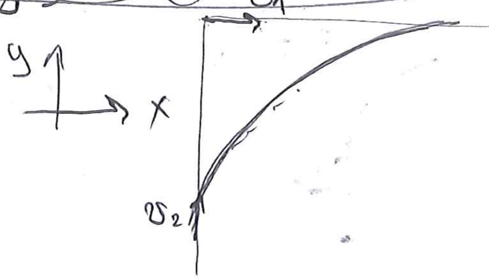
$\Rightarrow dl = \frac{Rv_2}{v_1}d\varphi$

$\sqrt{2}\,v\sqrt{1-\cos}$

$\left(\sqrt{2(1-\cos\beta)}\cdot\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)\right)' = 0$

$\frac{1}{2\sqrt{2(1-\cos\beta)}}\cdot\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)$

$y$:







27-71-59-74 (5.16)

$\Rightarrow v_A = \sqrt{2}\,v\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{3}} = \sqrt{2}\,v\sqrt{1-\frac{1}{2}} =$

$= v \Rightarrow H_{max} = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{(v_A\cdot\cos\varphi)^2}{2g} =$

$= \frac{(v\cdot\cos 0)^2}{2g} = \boxed{\frac{v^2}{2g}}$;

1.

Ответ: $H_{max} = \frac{v^2}{2g}$;

$\sin\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right) = 2(1-\cos\beta)\cos\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right)$

$\Rightarrow \sqrt{2}\,v\cdot\frac{1\cdot\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)}{2\sqrt{1-\cos\beta}} - \sqrt{2}\,v\sin\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\cos\beta}}$

$\sqrt{1-\cos\beta}$

$\Downarrow$

$\frac{\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)}{2\sqrt{1-\cos\beta}} - \sin\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)\sqrt{1-\cos\beta} = 0$

$\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) - 2\sin\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)(1-\cos\beta) = 0 \,|\, :\sin\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)$

~~$\cos\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) - 2\sqrt{1-\cos^2\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)}(1-\cos\beta) = 0$~~

~~$tg\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) - 2tg$~~

$1 - tg\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) - 2(1-\cos\beta) = 0$

$tg\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) = 2(1-\cos\beta)$

$\sqrt{\frac{1}{\cos^2\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)} - 1} = 2(1-\cos\beta)$

~~$-\cos^2\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right) + 1 = 2(1-\cos\beta)\cos^2\left(\frac{2\pi}{3}-\beta\right)$~~

$\sqrt{\frac{1-\cos^2\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right)}} = 2(1-\cos\beta)$

$1-\cos^2\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right) = 4(1-\cos\beta)^2\cos^2\left(\frac{\pi}{3}-\beta\right)$

~~Вообще $H_{max} = \frac{v_y^2}{2g}$~~

Для $H_{max}$ $v_y$ - max $\Rightarrow (\sqrt{2}\,v\sqrt{1-\cos\beta}\cos(\frac{\pi}{3}-\beta))' = 0$

$$\frac{1}{2\sqrt{1-\cos\beta}}\cdot\cos(\frac{\pi}{3}-\beta) - \sin(\frac{\pi}{3}-\beta)\sqrt{1-\cos\beta} = 0$$

~~$\cos(\frac{\pi}{3}-\beta) - 4\sin(\frac{\pi}{3}-\beta)(1-\cos\beta) = 0$~~

~~$\cos(\frac{\pi}{3}-\beta) = 4\sin(\frac{\pi}{3}-\beta)(1-\cos\beta)$~~

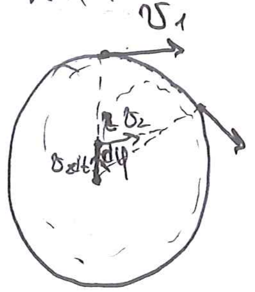
~~$\Leftrightarrow \cos^2(\frac{\pi}{3}-\beta) = 16(1-\cos^2(\frac{\pi}{3}-\beta))(1-\cos\beta)$~~

$\cos(\frac{\pi}{3}-\beta) - 2\sin(\frac{\pi}{3}-\beta)(1-\cos\beta) = 0$. Найдем $\angle\beta \Rightarrow$ найдем $\angle\varphi$. В итоге $\boxed{H_{max} = \frac{(v\cos\varphi)^2}{2g}}$

?

12

№1.



$d\varphi = \frac{v_1}{R}dt \Rightarrow dl = dt\,v_2 = d\varphi\cdot\frac{R v_2}{v_1}$

~~$\Rightarrow$ Через данное время~~

~~$\Rightarrow l = \frac{R v_1}{v_2}$~~

Через данное время $d\varphi =$

не решено

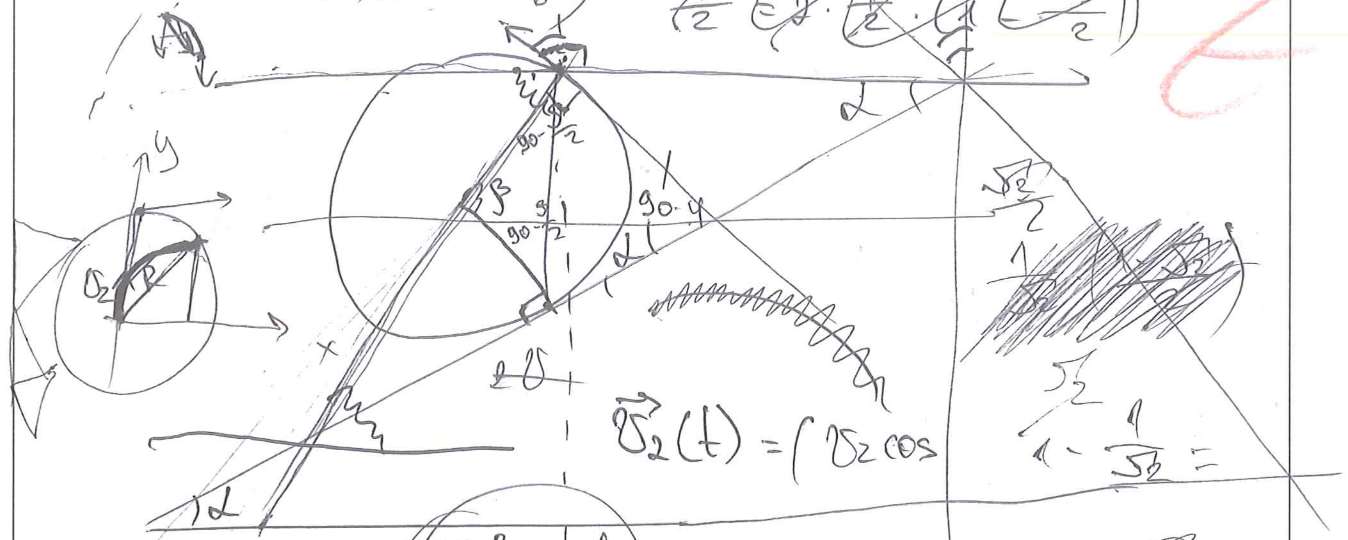




Черновик.

$\cos\frac{\pi}{6} = 2\sin(\frac{\pi}{6})(1-\cos\frac{\pi}{6})$

$\frac{\sqrt{3}}{2} = 2\cdot\frac{1}{2}\cdot(1-\frac{\sqrt{3}}{2})$



$\vec{v}_2(t) = (v_2\cos$

$y = v_2 \quad y = \frac{v_2^2}{v_1}dt$

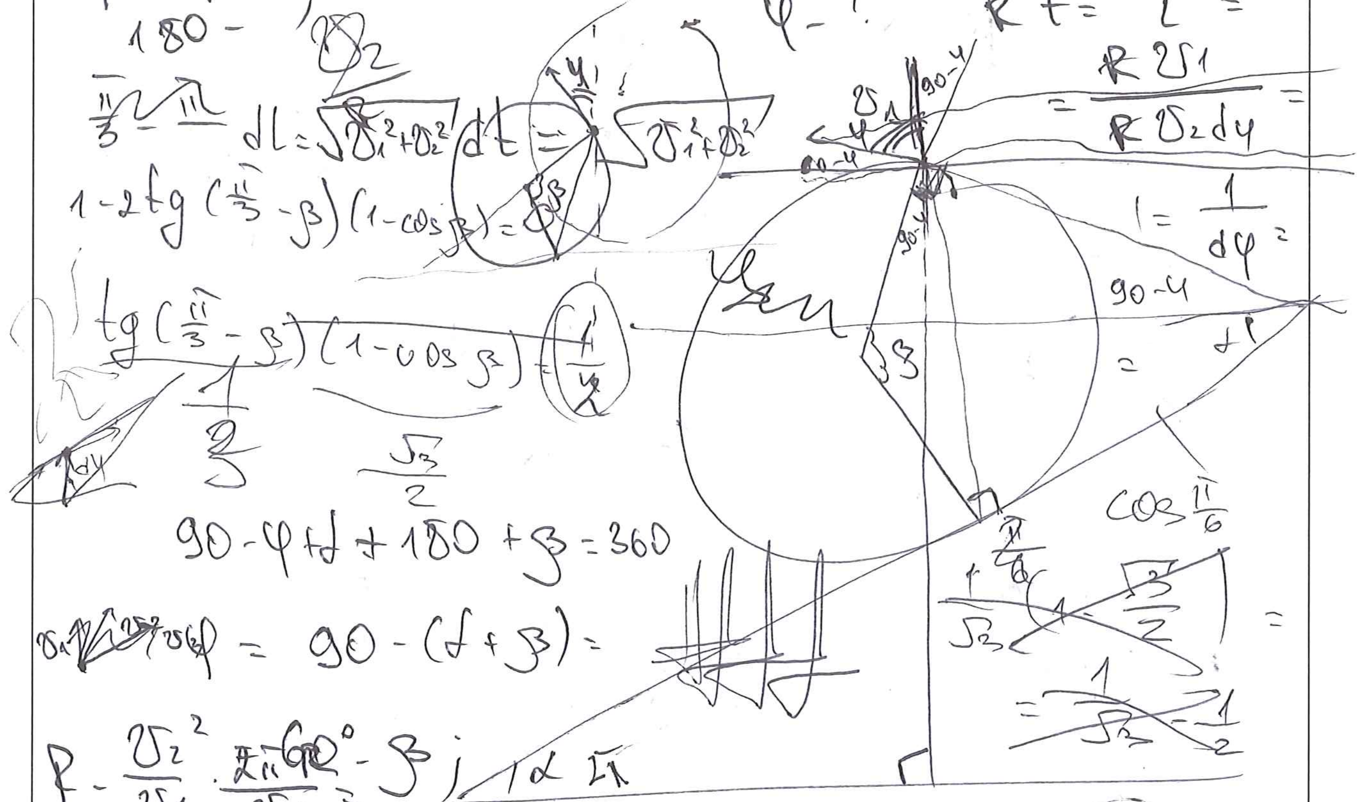
$d\varphi = \frac{v_1}{R}dt$ $\quad 90 - \varphi + \alpha + \beta = 180 \Rightarrow \varphi =$

$\varphi$ - ? $\quad Rt = \frac{R}{l} = \frac{R v_1}{R v_2 d\varphi}$

$\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6}$ $\quad dl = \sqrt{v_1^2+v_2^2}\,dt = \sqrt{v_1^2+v_2^2}$

$1 - 2\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3}-\beta)(1-\cos\beta) = 0$

$\operatorname{tg}(\frac{\pi}{3}-\beta)(1-\cos\beta) = \frac{1}{2}$



$90 - \varphi + \alpha + 180 + \beta = 360$

$\varphi = 90 - (\alpha + \beta) =$

$R - \frac{v_2^2}{v_1}\cdot\frac{\pi}{v_1} = 60° - \beta$

$\cos\frac{\pi}{6}(1-\frac{\sqrt{3}}{2}) = \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{2}$

$H = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow \sqrt{2}\,v\sqrt{1-\cos\beta} = v$

$\varphi = \frac{v_1}{}$ $\quad \varphi = \frac{2\pi}{3} - \beta \Rightarrow$

$\omega = \frac{v_1}{R}$

$d\varphi = \frac{v_1}{R}dt \Rightarrow dt = \frac{d\varphi R}{v_1}$; $\quad l = v_2 dt = \frac{d\varphi\cdot R v_2}{v_1}$