0 546190 260003

54-61-90-26
(113.1)

дешиф

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 4

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьевы горы!
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Чариковой Александры Михайловны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

16:06, сдала, Руденко

Дата
«4» апреля 2025 года

Подпись участника
АЧар

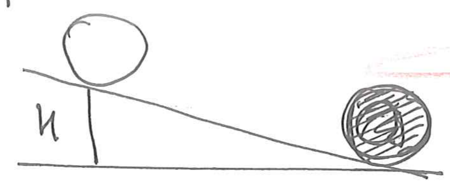
54-61-90-26
(113.1)

	1	2	3	4	Σ
Т	5	5	2	3	95
Э	20	20	20	20	

(2я решения нет)

дешифр

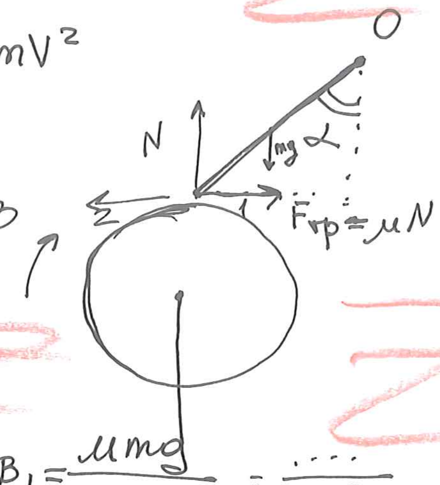
Черновик



$I = \frac{mR^2}{2}$ катятся?

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{4} = \frac{3}{4}mV^2$

$\frac{3}{4}V^2 = gH \qquad V = 2\sqrt{\frac{gH}{3}}$



① $I = \frac{4mR^2}{8} - \frac{mR^2}{8} = \frac{3}{8}mR^2$. β

а) $\frac{mg}{2} = N_1 - \mu N_1$

б) $\frac{mg}{2} = \mu N_2 + N_2$

$N_1 = \frac{mg}{2(1-\mu)}$ $\quad \beta_1 I = \mu N_1 \quad \beta_1 = \frac{\mu mg}{2I(1-\mu)} = \frac{\dots}{0{,}7}$

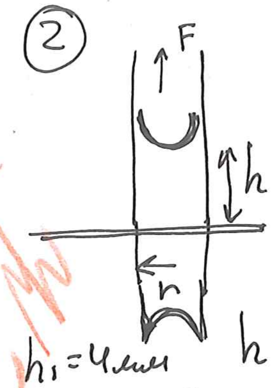
$N_2 = \frac{mg}{2(1+\mu)}$ $\quad \beta_2 I = \mu N_2 \quad \beta_2 = \frac{\mu mg}{2I(1+\mu)} = \frac{\dots}{1{,}3}$

$\beta_1 > \beta_2$

$t_1 \sim \frac{x}{0{,}7} = 65$

$t_2 \sim \frac{x}{1{,}3} - ?$

$\frac{65}{13} \cdot 7 = \boxed{35}$

② 

$F = l\sigma$
$W = S\sigma$

$2\pi r \cdot \sigma = \rho g \cdot \pi r^2 h$

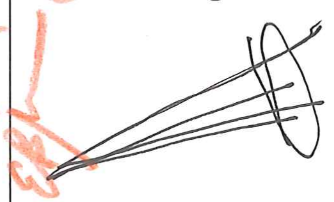
$2\sigma = \rho g h r$

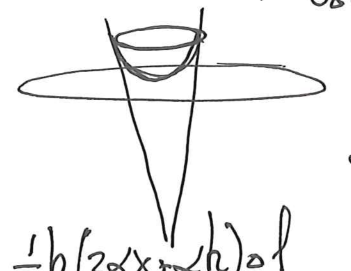
$\boxed{\frac{2\sigma}{r} = \rho g h}$

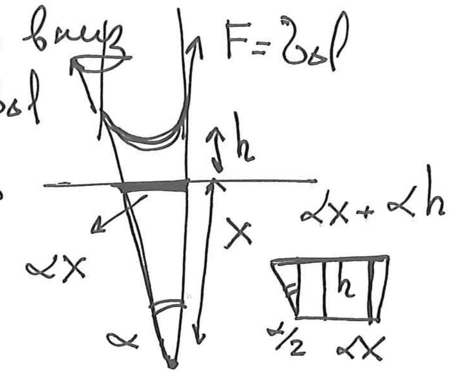
$h_1 = 4$мм $\quad h = \frac{2\sigma}{r\rho g}$

$\sigma_2 = 4\sigma_1$
$\rho_2 = 8\rho_1$ $\quad |h_2| = h \cdot \frac{4}{8} = \frac{h}{2} = 2$мм вниз

$F = \sigma_б l$







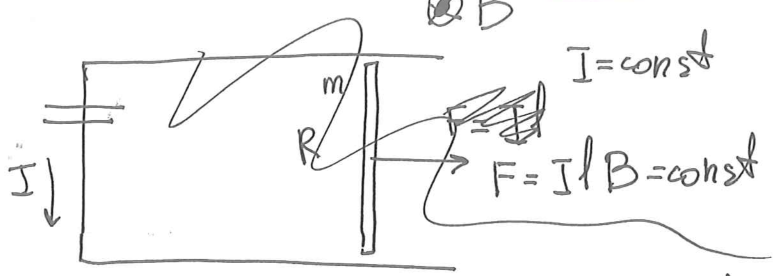
$V = \frac{1}{2}h(2\alpha x + \alpha h)\alpha l$

$mg = \rho g \alpha l h \frac{1}{2}\alpha(2x+h) = 2\sigma_б l \cos\alpha$

Решать?

Черновик

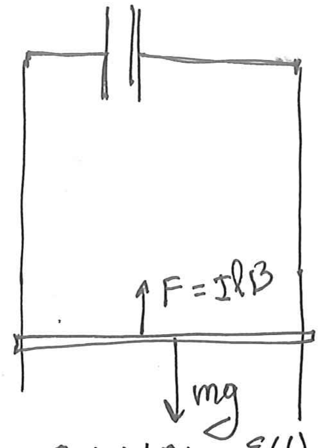
$|\mathcal{E}| = |\pi R^2 \beta|$



$I = const$

$F = IlB = const$

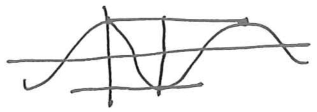
$a = const$

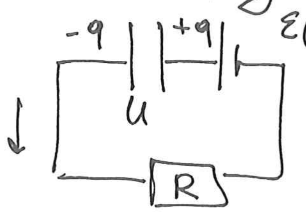


$\mathcal{E}(V) = BVl$

$V(t) = at$

$\mathcal{E}(t) = Blat$





$q = CU$

$q' = const$

$I = const$ $q(t) = It$

$U = \frac{q}{C}$

$\mathcal{E} - U = IR$

$U(t) = U_0 + \frac{It}{C}$

$\mathcal{E} - \frac{q}{C} = IR$

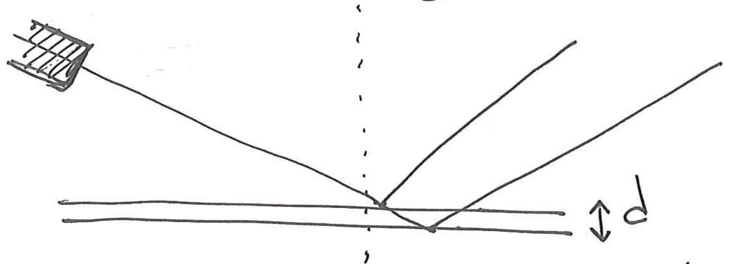
$\beta lat - \frac{It}{C} = IR$

$\boxed{\begin{matrix}\lambda_1(2k+1)\\ \lambda_2(2n+1)\end{matrix}}$

$\frac{I\omega_0^2}{2} = 2\pi k_1 N_1 \mu$

$\frac{I\omega_0^2}{2} = 2\pi k_2 N_2 \mu$

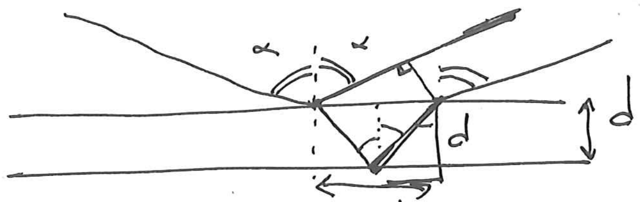
4



$\sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\sin\beta = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\cos\beta = \sqrt{\frac{2}{3}}$



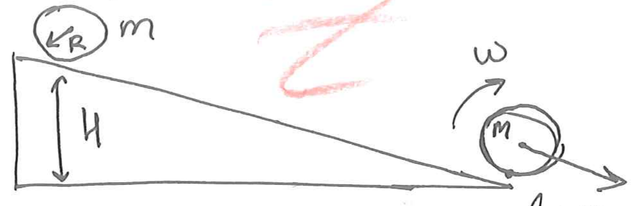
$\Delta l = \frac{2dn}{\cos\beta} -$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

① Вопрос:



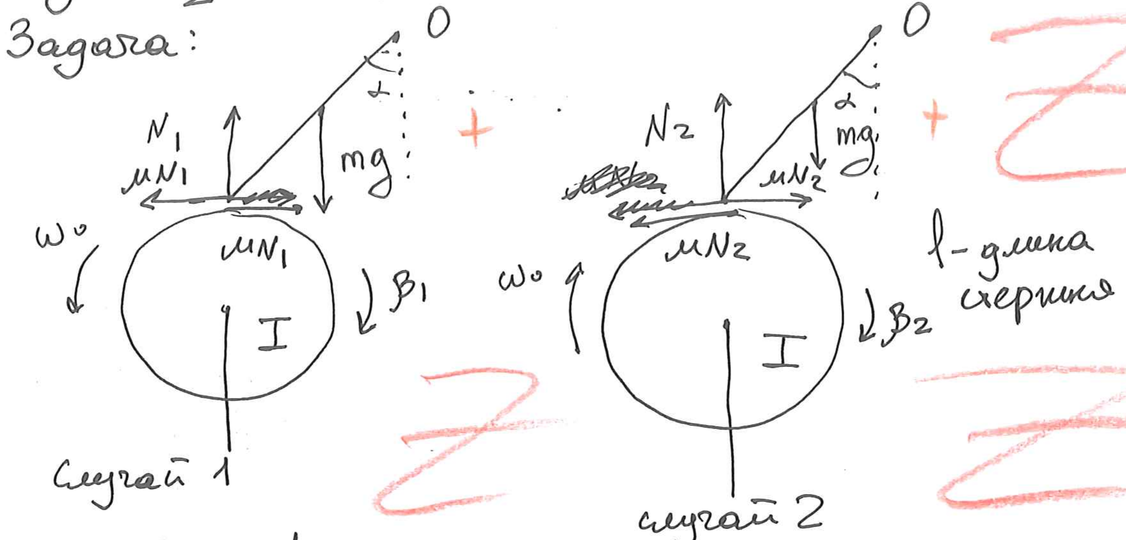
Т.к цилиндр не проскальзывает, то есть точка его соприкосновения с плоскостью в каждый момент времени не двигается, $V=\omega R$

ЗСЭ: (по закону Кенига):

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$, где I для цилиндра $I = \frac{mR^2}{2}$

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{\frac{mR^2}{2}\cdot\left(\frac{V}{R}\right)^2}{2} \Rightarrow mgH = \frac{3}{4}mV^2$ $\boxed{V = 2\sqrt{\frac{gH}{3}}}$

Задача:



Отн. O для 1 случая моменты сил:

$mg\cdot\frac{l}{2}\sin\alpha = \mu N_1 l\cos\alpha + lN_1\sin\alpha \Rightarrow N_1 = \frac{mg\sin\alpha}{2(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)}$

Отн O моменты сил для 2 случая:

$mg\frac{l}{2}\sin\alpha = lN_2\sin\alpha - \mu N_2\cos\alpha \Rightarrow N_2 = \frac{mg\sin\alpha}{2(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}$

Законы вращательного движения:

1: $\begin{cases} \beta_1 I = \mu N_1 R \\ \omega_0 = \beta_1\tau_1\text{; } \tau_1 \text{ - время торможения} \\ 2\pi k_1 = \omega_0\tau_1 - \frac{\beta_1\tau_1^2}{2}\text{, } k_1 = 65\text{, кол-во оборотов} \end{cases}$

$2\pi k_1 = \frac{\omega_0^2}{2\beta_1} = \frac{\omega_0^2}{2}\cdot\frac{I}{\mu N_1 R}$, то есть при прочих равных $k \sim \frac{1}{N}$.

$k_1 N_1 = \frac{\omega_0^2 I}{4\pi\mu R} = const = k_2 N_2$

$k_1\frac{\cancel{mg\sin\alpha}}{2(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)} = k_2\frac{\cancel{mg\sin\alpha}}{2(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}$

$k_2 = \boxed{k_1\frac{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}} = 65\,\frac{1-0,3}{1,3} = \frac{7}{13}\cdot 65 = \boxed{35}$

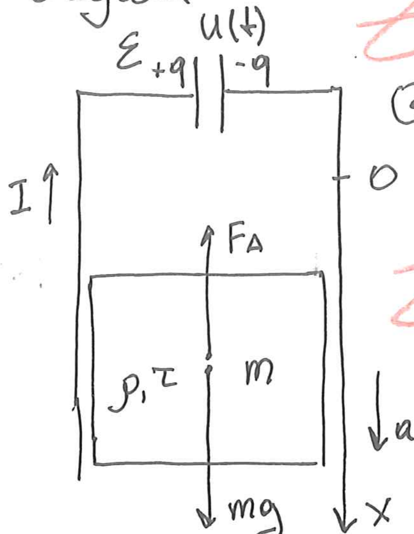
Чистовик

(3) Вопрос:

$\odot B$

$\mathcal{E} = -\varphi' = -SB' = -\pi R^2 B$
по закону э.м. индукции Фарадея.
Видимо, $\boxed{\pi R^2 B}$ и покажет вольтметр.

Задача:



$F_A = BIl$, $I = const \Rightarrow F_A = const$

$F_A = Bl \cdot \frac{\tau l d}{2B} g = \frac{\tau l^2 d g}{2}$

$mg = l^2 d \tau g \Rightarrow F_A = \frac{mg}{2}$

ВЗН: $mg - F_A = ma$

$a = \frac{g}{2}$

$|\mathcal{E}| = \varphi' = (SB)' = BS' = BVl$

Заслонка движется равноускоренно, и в начале она покоилась $\Rightarrow$

$V(t) = at = \frac{gt}{2}$

$\mathcal{E}(t) = Bl\frac{gt}{2}$

Если принять за $x=0$ начальное положение заслонки, то

$x(t) = \frac{at^2}{2} = \frac{gt^2}{4}$ - это и есть закон движения заслонки

$R = \rho \cdot \frac{l}{ld} = \frac{\rho}{d}$

$q(t) = cU(t)$

$I = q'(t) = cU'(t)$, тогда

$U(t) = U_0 + \frac{I}{c}t$

(U_0 - начальное напряжение)

По правилу Кирхгофа для контура:

$\mathcal{E}(t) - U(t) = IR$

$Bl\frac{gt}{2} - \frac{I}{c}t - U_0 = IR$

U_0 и IR - константы, тогда

$\begin{cases} U_0 = -IR \\ \frac{It}{c} = \frac{Blgt}{2} \ \forall t \end{cases} \Rightarrow \frac{I}{c} = \frac{Blg}{2}$

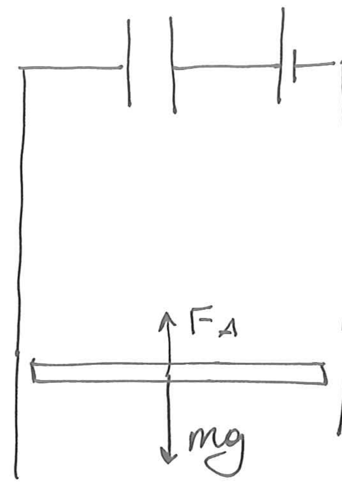
$c = \frac{2I}{Blg} = \frac{\tau l d g}{2B} \cdot \frac{\cancel{2}}{Blg} = \frac{\tau d}{B^2}$

Ответ: $V(t) = \frac{gt}{2}$

$x(t) = \frac{gt^2}{4}$

$C = \frac{\tau d}{B^2}$

Черновик



$a = \frac{g}{2}$

$F_A = IBl = \frac{\tau l d}{2B} g \cdot Bl = \frac{\tau l^2 d g}{2} = \frac{mg}{2}$

$U' = \frac{I}{C}$

$U(t) = U_0 + \frac{I}{C}t$

$\mathcal{E}(t) = BVl = Blat$

$\mathcal{E}(t) - U(t) = const$

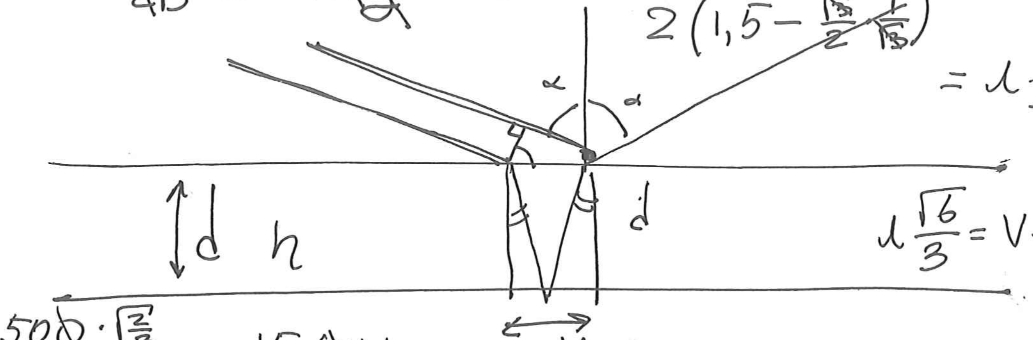
$Bla = \frac{I}{C}$

$C = \frac{I}{Bla} =$

$= \frac{\tau l d}{4B} g \cdot \frac{\cancel{2}}{Blg} = \frac{\tau d}{B^2}$

$\frac{\lambda \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}}{2(1{,}5 - \frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt3})} = \lambda\sqrt{\frac{2}{3}} =$

$= \lambda\frac{\sqrt6}{3} = V \cdot$



$\lambda\frac{\sqrt6}{3} = V \cdot 15 \cdot 60$

$\frac{500 \cdot \sqrt{\frac23}}{2(1.5 - \frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt3})} = 15 \cdot 60 V$

$\frac{1}{\cos\beta}$ $2d\,\cancel{tg\beta}\,h - 2d\,tg\beta\sin\alpha = k\lambda$

$50\sqrt{\frac23} = 15 \cdot 6 V$

$5\sqrt{\frac23} = 9V$

$\frac{2d}{\cos\beta}\left(n - \frac{\sin\alpha\,\cancel{\sin\beta}}{n}\right) = k\alpha$

$500\frac{\sqrt6}{3} = V \cdot 15 \cdot 60$

$\frac{2d}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}}\left(n - \frac{\sin\alpha^2}{n}\right) = k\alpha$ 90

$10\frac{\sqrt6}{3} = V \cdot 30$

$2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = k\alpha$

$d = \frac{k\alpha}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$

$\frac{\gamma}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = VT$

$V = \frac{\gamma}{2T\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = \frac{500}{2\cdot15\cdot60\sqrt{\frac94 - \frac34}} =$

$\frac{5}{18} \cdot \frac{2}{\sqrt6} = \frac{5}{9\sqrt6} = \frac{5\sqrt6}{54}$

Чистовик

(4) Задача, 2 страница

$d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda\cos\beta}{2(n-\sin\alpha\sin\beta)} = VT$, V – искомая скорость

$$V = \frac{\lambda\cos\beta}{2T(n-\sin\alpha\sin\beta)} = \frac{\lambda\sqrt{1-\frac{\sin^2\alpha}{n^2}}}{2T\left(n-\frac{\sin^2\alpha}{n}\right)} = \frac{\lambda\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}{2T(n^2-\sin^2\alpha)} =$$

$$= \boxed{\frac{\lambda}{2T\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}} = \cancel{\frac{500\,нм}{2\cdot 0{,}25\,с\sqrt{\frac{9}{4}-\frac{3}{4}}} = 1000\,нм/с\cdot\frac{2}{\sqrt6}} =$$

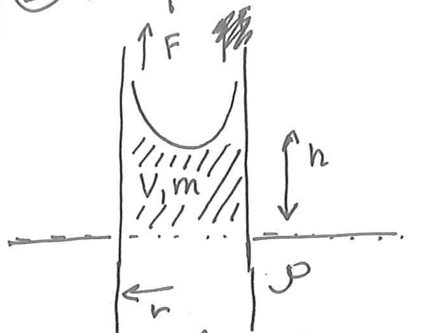
$$\cancel{= 1000\,нм\cdot\frac{\sqrt6}{3}\,нм/с}$$

$$= \frac{500\,нм}{2\cdot 15\cdot 60\,с\sqrt{\frac{9}{4}-\frac{3}{4}}} = \frac{5}{18\frac{\sqrt6}{2}}\,нм/с = \frac{5}{9\sqrt6}\,нм/с = \boxed{\frac{5\sqrt6}{54}\,нм/с}$$

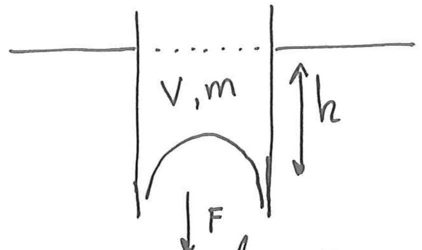
54-61-90-26
(113.1)

Чистовик

(2) Вопрос



смачивание



несмачивание

$F = l\sigma$, где $l = 2\pi r$

$F = mg = V\rho g = h\cdot\pi r^2\rho g$

$h\cdot\pi r^2\rho g = 2\pi r\sigma$

$\frac{2\sigma}{r} = \rho g h$ $\quad\boxed{h = \frac{2\sigma}{\rho g r}}$ – это для идеального смачивания поверхности.

При несмачивании будет все ровно то же самое с точностью до знака: F будет в другую сторону, а h отмеряться вниз.

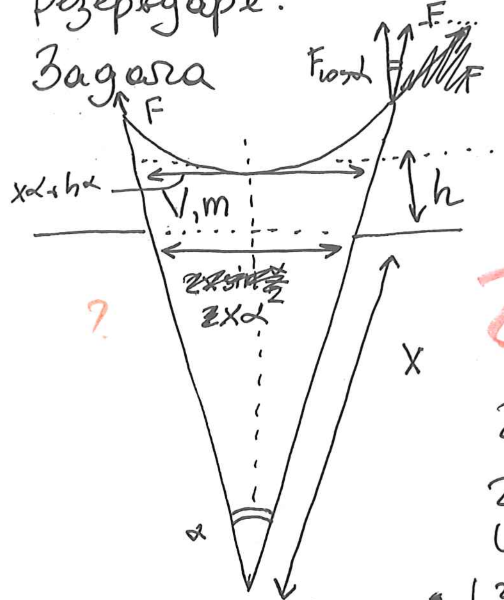
Тогда для 1 случая:

$h_1 = \frac{2\sigma}{\rho g r} = 4\,мм$

Для второго: $h_2 = \frac{2\cdot 4\sigma}{8\rho g r} = \frac{h_1}{2} = 2\,мм$, только вниз.

Итого: вода будет на 2 мм ниже, чем в остальном резервуаре.

Задача



$\alpha = \sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha$ т.к. α малый

Рассмотрим кусочек пластин шириной dl

$F = dl\,\sigma$

$V = dl\,\frac12 h(x\alpha + x\alpha + h\alpha) = dl\,\frac{h\alpha}{2}(2x+h)$

$m = \rho V = \frac{dl\,\rho h\alpha}{2}(2x+h)$

$2F\cos\alpha = mg$

$2\,dl\,\sigma\cos\alpha = \frac{dl\,\rho h\alpha}{2}(2x+h)g$

$4\sigma\cos\alpha = \rho\alpha h(2x+h)$

$h^2 + 2hx - \frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho\alpha g} = 0$

$\frac{D}{4} = x^2 + \left(\frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho\alpha g}\right)$

$h = \boxed{-x + \sqrt{x^2 + \left(\frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho g\alpha}\right)}}$

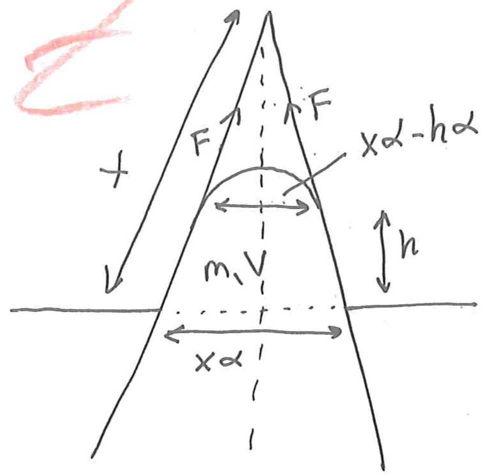
Или, если учесть, что $x^2 \gg \frac{2\sigma}{\alpha\rho g}$, то есть $x + \sqrt{x^2 + \frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho g\alpha}} \approx 2x$

$\boxed{h = \frac{2\sigma\cos\alpha}{\alpha\rho g x}}$

Чистовик

② Задача, часть 2.

Может быть, что пластины опущены по-другому (это четко не описано в задаче):



~~Тогда~~ Проделаем все то же самое:

$F = \Delta l \sigma$

$V = \frac{1}{2} h \Delta l \alpha (2x - h)$

$m = \rho V = \frac{1}{2}\rho h \Delta l \alpha (2x-h)$

$mg = 2F\cos\alpha$

$\frac{1}{2} g\rho h \cancel{\Delta l} \alpha (2x-h) = 2\cancel{\Delta l}\sigma\cos\alpha$

$h(2x-h) = \frac{4\sigma\cos\alpha}{g\rho\alpha}$

$h^2 - 2xh + \frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho g\alpha} = 0$

$\frac{D}{4} = x^2 - \left(\frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho g \alpha}\right)$

$\boxed{h = x \pm \sqrt{x^2 - \left(\frac{4\sigma\cos\alpha}{\rho g\alpha}\right)}}$

Или, если снова воспользоваться приближением, мы получим то же $\boxed{h = \frac{2\sigma\cos\alpha}{\alpha\rho g x}}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

④ Вопрос

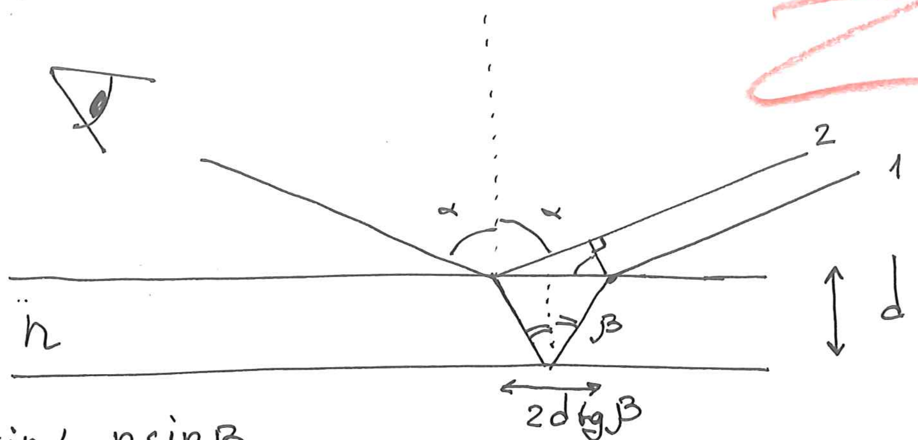
когерентные?

~~Пусть одна волна описывается~~

Минимум будет когда разность фаз между этими волнами будет ~~$\frac{\pi}{2}$ или $\frac{\pi}{2}$ или другие~~ ~~$\pi(2k+1)$~~, то ~~есть $\frac{1}{2}(2k+1)$ $\frac{\pi}{2}$~~ π. Другими словами, разность хода между этими лучами будет $\frac{\lambda}{2}$.

Тогда, если одна волна это $A\sin(\omega t)$, то вторая $A\sin(\omega t + \pi) = -A\sin(\omega t)$ и их сумма, очевидно, 0.

Задача



$\sin\alpha = n\sin\beta$

$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\cos\beta = \sqrt{\frac{2}{3}}$

$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Запишем оптическую разность хода лучей, показанных на рисунке:

$\Delta l = \frac{2dn}{\cos\beta} - 2d\,\mathrm{tg}\beta\sin\alpha - \frac{\lambda}{2}$

Минимум будет когда $\Delta l = \lambda(k + \frac{1}{2})$; ~~...~~ $k \in \mathbb{Z}$

(при записи Δl считаем, что n масла $> n$ воды и не прибавляем еще раз $\frac{\lambda}{2}$. Это никак не влияет на ответ — все равно считать разность)

$\frac{2dn}{\cos\beta} - 2d\,\mathrm{tg}\beta\sin\alpha - \frac{\lambda}{2} = \lambda(k + \frac{1}{2})$

$\frac{2d}{\cos\beta}(n - \sin\alpha\sin\beta) = \lambda k$

$d_k = \frac{\lambda k\cos\beta}{2(n - \sin\alpha\sin\beta)}$; d_k — толщина слоя, при которой случается k-й минимум.

Между двумя минимумами проходит время T.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!