0 689580 240008

68-95-80-24
(144.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11, 4

Место проведения Ростов-на-Дону
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьёвы горы!"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Попкова Дмитрия Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 дополнительный лист

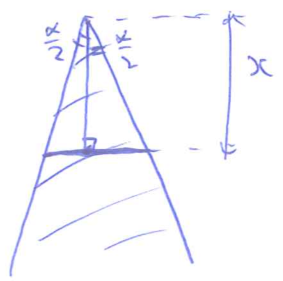
Дата

«4» апреля 2025 года

Подпись участника

Задача 2 продолжение: чистовик

А также вид сверху



В сечении ⊥ биссектрисе плоского угла картина представляет собой такую, как была бы при опускании тонкого сосуда радиуса $R(x) \approx \frac{\alpha x}{2}$. +

По формулам, показанным в ответе на вопрос, получаем: $h(x) = \frac{2\sigma}{\rho g R(x)} = \frac{4\sigma}{\rho g \alpha x}$ – выполнено при данных в условии $x \gg \sqrt{\frac{2\sigma}{\alpha \rho g}} \Leftrightarrow x \gg \frac{4\sigma}{\rho g \alpha x} = h(x)$

Ответ: $h(x) = \frac{4\sigma}{\rho g \alpha x}$

68-95-80-24 (144.2)

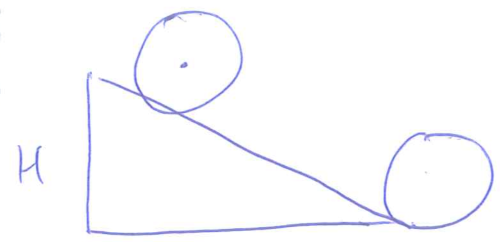
№	1	2	3	4
Т	5	5	0	5
З	20	16	13	14

15

63/78

черновик

$\sqrt{g}$



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

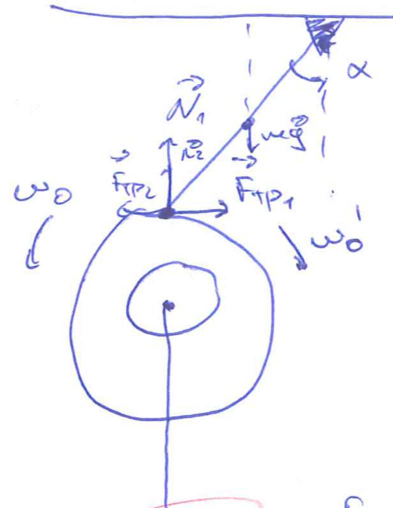
$\omega R = V.$

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{mR^2}{4}\omega^2 = \frac{3}{4}mV^2 \Rightarrow \frac{3}{4}V^2 = gH$

$\boxed{V = \frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{gH}}$ ⊕

2 1 δ) $I = I_1 + I_2 = \frac{mR^2}{2} + \frac{m l R^2}{8}$

$\frac{\varepsilon'}{m} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon_g} =$



$N_1 L\sin\alpha = F_{тр1}\cos\alpha L + mg\frac{L}{2}\sin\alpha$

$\frac{F_{тр1}}{\mu}L\cdot\frac{1}{\sqrt2} - F_{тр1}\cdot L\frac{1}{\sqrt2} = mg\frac{L}{2}\sin\alpha.$

$F_{тр1}\left(\frac{\sqrt2}{\mu\sqrt2} - \frac{1}{\sqrt2}\right) = mg\frac{L}{2\sqrt2}$

$F_{тр1}\left(\frac{1}{\mu} - 1\right) = \frac{mgL}{2}$

$F_{тр1} = \frac{\mu mgL}{2(1-\mu)}$

$I\varepsilon = F_{тр}\cdot R$

$\varepsilon_1 = \frac{\mu mgLR}{2I(1-\mu)}$

$\omega(t) = \omega_0 - \varepsilon_1 t$, где $T = \frac{\omega_0}{\varepsilon_1}$

$n = \int \omega(t)dt = \int \omega_0 dt - \int \varepsilon_1 t dt = \omega_0 T - \frac{\varepsilon_1 T^2}{2} =$

$= \omega_0 T - \frac{\mu mgLR}{2I}T^2 = \frac{\omega_0^2}{\varepsilon_1} - \frac{\varepsilon_1}{2}\cdot\frac{\omega_0^2}{\varepsilon_1^2} = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_1}$

$n_1 = \frac{\omega_0^2 I}{2\mu mgLR}$;

$N_2 L\sin\alpha + F_{тр2}L\cos\alpha = mg\frac{L}{2}\sin\alpha$

$\frac{F_{тр2}}{\mu} + F_{тр2} = \frac{mgL}{2}$

$F_{тр2} = \frac{\mu mg}{2(\mu+1)}$

Ответ?

Черновик

$F_{тр2}\cdot R = \varepsilon_2 I \Rightarrow \varepsilon_2 = \frac{F_{тр2}R}{I} = \frac{\mu mgR}{2I(\mu+1)}$

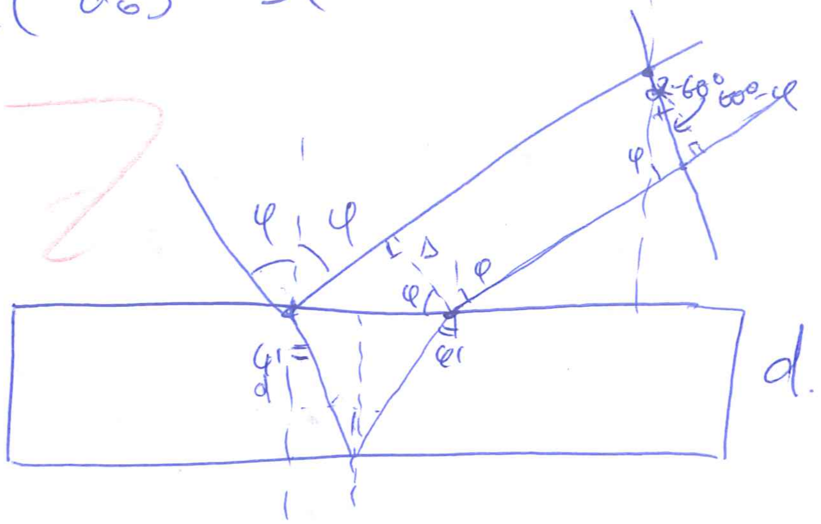
$n_2 = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_2} = \cancel{\frac{\omega_0^2\cdot 2I(\mu+1)}{2\mu mgR}}$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{\mu mgR}{2I(\mu+1)}\cdot\frac{2I(1-\mu)}{\mu mgR} = \frac{1-\mu}{1+\mu}\Rightarrow$

$n_2 = \frac{1+\mu}{1-\mu}\cdot n_1 = \frac{1,3}{0,7}\cdot 5$

$\frac{x}{\Delta} = tg(60^\circ-\varphi)$

$I(d_0) = I(d_0 - vT)$



$S_1 = l_1$

$S_2 = l_1 + \Delta\, tg(60^\circ-\varphi) + \frac{d(n+\ldots)}{\cos\varphi'}$

$\frac{dn}{\sqrt{1-\frac{\sin^2\varphi}{n^2}}} = \frac{dn^2}{\sqrt{n^2-\sin^2\varphi}}$ $\quad \sin\varphi' = \frac{\sin\varphi}{n}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№4. Вопрос: ~~Пусть на экран падают волны, составляющие которых зависимость:~~ Чистовик

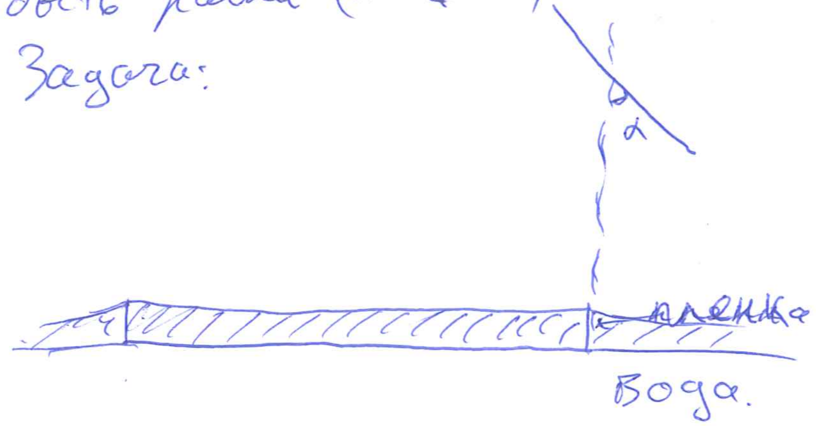
$\cancel{E_1 = E_{1m}\cos(\omega_1 t + k_1 x + \varphi_1)}$

$\cancel{E_2 = E_{2m}\cos(\omega_2 t + k_2 x + \varphi_2)}$

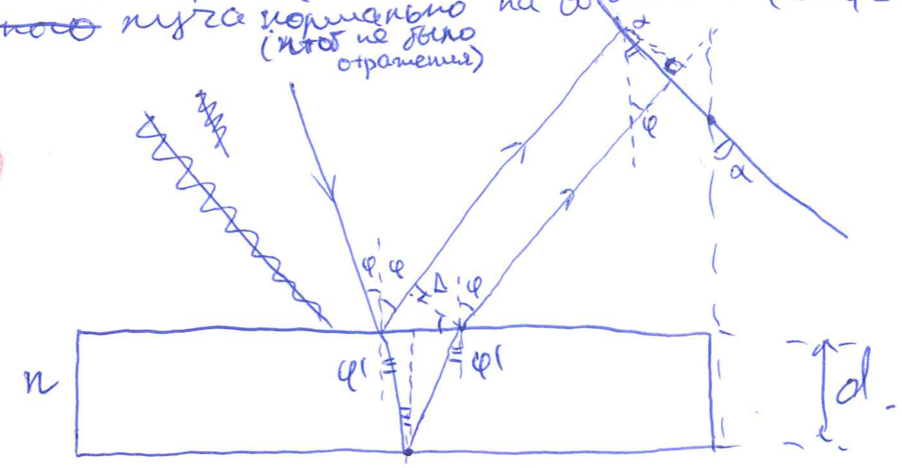
~~Интенсивность света $I \sim E^2 \Rightarrow$~~

~~$I_{1+2} =$~~ При совпадение частот и длин волн, а также обеспечении ~~одинаковости~~ постоянства разности фаз падающих пучков, волны будут наз. когерентными и будут образовывать интерференционную картину. Чтобы наблюдался минимум, разность фаз должна быть равна $(\pi + 2\pi k) = \pi(2k+1)$, $k \in \mathbb{Z}$.

Задача:



Периодичность изменения интенсивности света позволяет сказать, что $I(d_0) = I(d_0 - vT)$, где v – искомая скорость. Рассмотрим падение ~~произвольного~~ пучка нормально на объектив ($\alpha+\varphi = 90^\circ$).
(чтоб не было отражения)

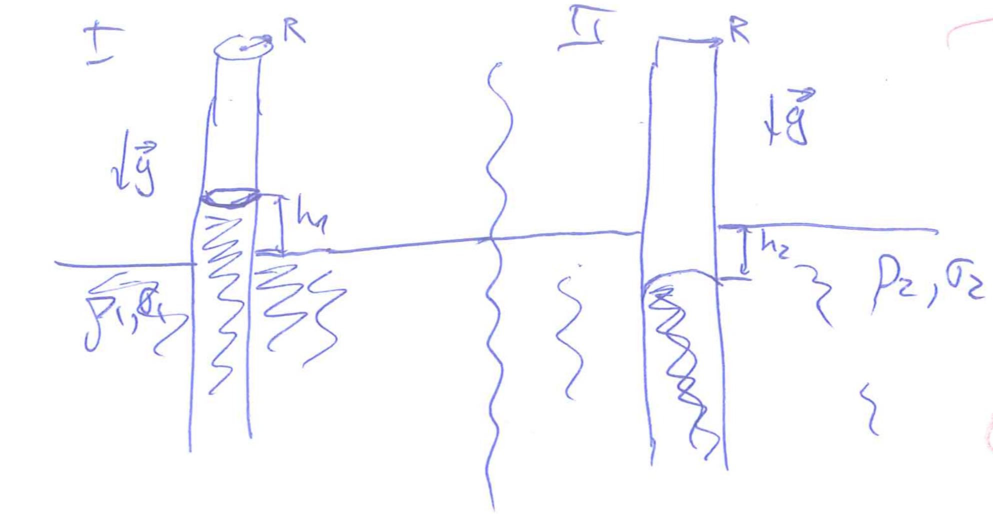


Разность опт. хода $\Delta S = \cancel{\Delta\, tg(90^\circ-\varphi)} + \Delta \sin\varphi + \frac{2d}{\cos\varphi'}\cdot n$

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

Чистовик

№2. Вопрос:



I Сила пов. натяжения будет удерживать воду:

$\sigma_1 2\pi R = \rho_1 \cdot g \cdot \pi R^2 \cdot h_1 \Rightarrow h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g R}$

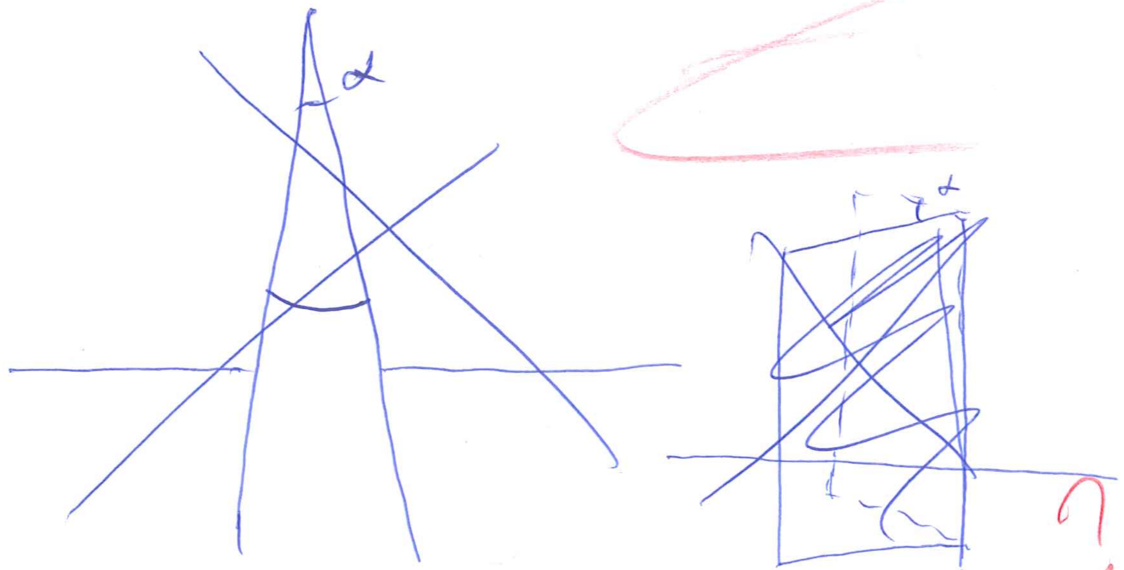
II Сила пов. натяжения будет "отталкивать" воду:

$\sigma_2 \cdot 2\pi R = \rho_2 g \pi R^2 h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{2\sigma_2}{\rho_2 g R} \Rightarrow$

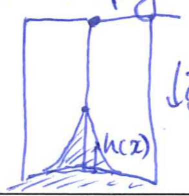
$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\sigma_2 \rho_1}{\sigma_1 \rho_2} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2} \Rightarrow h_2 = \frac{1}{2} h_1 = 2$ мм. +

Опустится на 2 мм из-за несмачивания

Задача:



Посмотрим на конструкцию в анфас

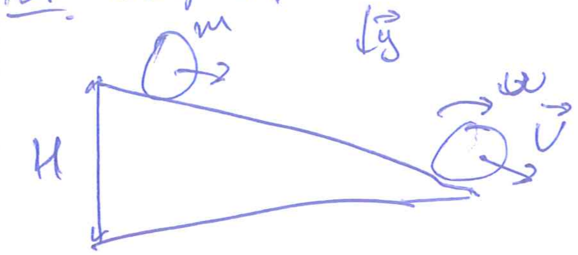


продолжение следует далее...

68-95-80-24
(144.2)

ЧИСТОВИК.

№1. Вопрос:



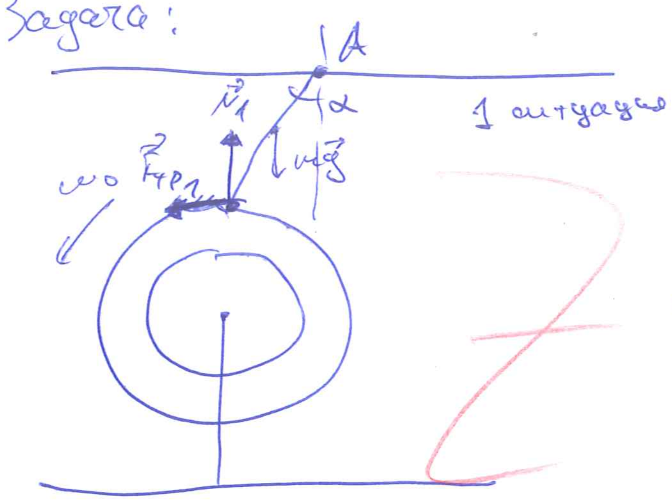
По ЗСЭ: $mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$

$I = \frac{mR^2}{2} \Rightarrow$

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{m\omega^2 R^2}{4}$

Проскальзывания нет $\Rightarrow$ $\omega R = V \Rightarrow mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{4} = \frac{3}{4} mV^2 \Rightarrow V^2 = \frac{4}{3} gH \Rightarrow V = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{gH}$ +

Задача:



Пусть I – момент инерции колеса. Тогда по ур-нию вращ. движ.: $I\varepsilon = \sum M$

Для колеса $\sum M = F_{тр} \cdot R$ – для оси, проходящей через центр колеса ⊥ рисунку.

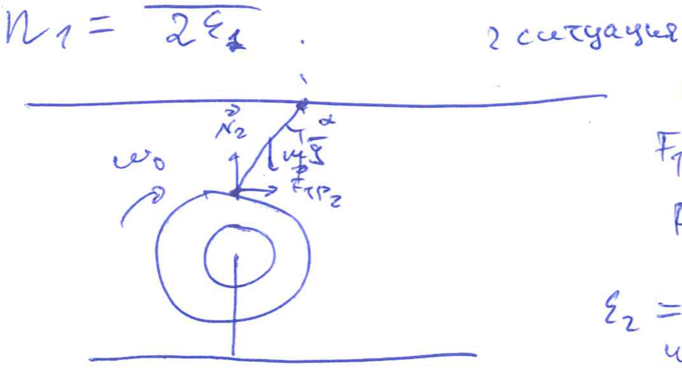
Запишем правило моментов от-но т. A для стержня:

$mg\frac{L}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} - F_{тр1} L \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = N_1 L \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$; $N_1 = \frac{F_{тр1}}{\mu} \Rightarrow$

$\frac{mg}{2} = F_{тр1}\left(\frac{1}{\mu} + 1\right) \Rightarrow F_{тр1} = \frac{\mu mg}{2(1+\mu)}$

$\varepsilon_1 = \frac{F_{тр1} \cdot R}{I} = \frac{\mu mgR}{2I(1+\mu)}$. По аналогии с равноускоренным движением ($S = \frac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2a_x}$):

$n_1 = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_1}$.



Правило моментов:

$F_{тр2} L \frac{1}{\sqrt{2}} + mg\frac{L}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = N_2 L \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$

$F_{тр2} = \frac{\mu mg}{2(1-\mu)}$

$\varepsilon_2 = \frac{\mu mgR}{2I(1-\mu)}$

$n_2 = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_2} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{1-\mu}{1+\mu}$

$\frac{1-\mu}{1+\mu} \Rightarrow n_2 = \frac{1-0{,}3}{1+0{,}3} \cdot 65 = \frac{0{,}7}{1{,}3} \cdot 65 = \frac{7}{13} \cdot 5 \cdot 13 = 35.$

Ответ: 35 об.

чистовик

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

нач. 19:50

черновик

$\frac{\Delta d}{\Delta t} = ?$

$X \gg$

$X \cdot \frac{X\alpha}{2} \gg \frac{\sigma}{\rho g}$.

$X \gg R$

$X \gg \frac{\sigma}{\rho g R}$

$\sigma \cdot 2l =$

$2\pi R \cdot \sigma = \rho S h g.$

$2\pi R\sigma = \pi R^2 \rho h g.$

$\sigma R = \frac{1}{2}\rho g h R$

$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$

$h = \frac{2\sigma}{\rho g R} = \frac{2\sigma}{\rho g \cdot \frac{\alpha}{2} \cdot x} = \frac{4\sigma}{\rho g \alpha x}$ $p_n = \frac{2\pi R\sigma}{\pi R^2} = \frac{2\sigma}{R}.$

$I: \rho_1 g h_1 = \frac{2\sigma_1}{R}$

$\left.\begin{matrix}\rho_1 g h_1 = \frac{2\sigma_1}{R} \\ \rho_2 g h_2 = \frac{2\sigma_2}{R}\end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2 h_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2 \sigma_1}{\sigma_2 \rho_1} = \frac{8}{4} = 2 \Rightarrow$

$R = \frac{\alpha}{2}x$ $h_1 = 2h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{1}{2}h_1$

$x^2 \alpha \rho g \gg 2\sigma$

$x \ll d.$

$h(x) = ?$

$mg v dt = I^2 R dt + C u du.$

$mgv = I^2 R + C u \cdot \dot{u}$

$mg\alpha t = I^2 R + \xi I \cdot u.$

$mg\alpha t = I^2 R + uI \Rightarrow$

$u = \frac{mg\alpha t}{I} - IR.$

$x^2 \alpha \rho g \vee 2\sigma$

ρ, σ

черновик

$F = \sigma l$

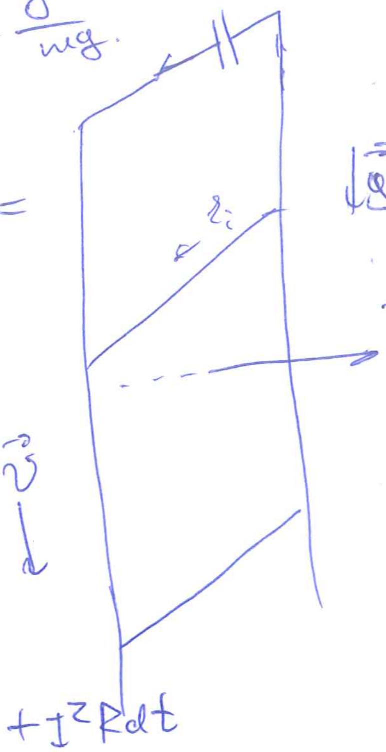
$p = \frac{\sigma}{l}$; $\sigma l = mg$; $l = \frac{mg}{\sigma}$

$CU = I$

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

$p = \frac{\sigma^2}{mg}$

$\rho V g = p$



$\mathcal{E}_i = U_c + IR$

$B v L = U_c + IR$ $\quad U = \frac{q}{c}$

$mgv\,dt = CU\,dU$

$mgv = CU \cdot \frac{dU}{dt}$

$mgv = UI \Rightarrow$

$v(t) \Rightarrow ?$

$v(t) \Rightarrow U(t) \Rightarrow \dot{U}(t)$

$ma = mg - BIL = const.$

$v = at$; $\frac{v}{U} = \frac{I}{mg} \Rightarrow$

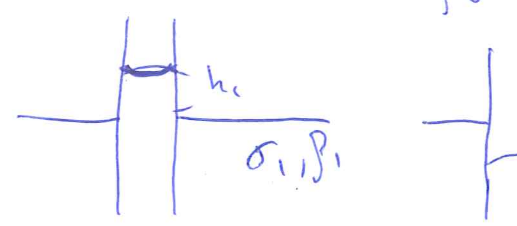
$CUdU + I^2 R dt$

$U = \frac{mgv}{I} = \frac{mg}{I} \cdot at = \frac{mga}{I} \cdot t$

$\dot{U} = \frac{mga}{I} = \frac{I}{C} \Rightarrow C = \frac{I^2}{mga}.$

~~$F = \sigma_1 l$~~

$\frac{\sigma_1^2}{2\rho g R}$



h_1 $\quad \sigma_1, \rho_1$ $\quad 4\sigma_1, 8\rho_1$

$\frac{H^2 \cdot м^3}{м^2 \cdot кг} = \frac{H^2 \cdot м}{кг} = \frac{кг^2 \cdot м^2 \cdot м}{c^4 \cdot кг} =$

$g \quad \rho_1 g h_1 = p_1 = \frac{\sigma_1^2}{2p_1} =$

$\frac{\sigma_1}{2p_1} = \frac{H \cdot м^3}{м \cdot кг} = \frac{H \cdot м^2}{кг}$

$p = \frac{F}{S} = \frac{H}{м^2}$ $\quad \frac{м}{c^2} \cdot \frac{кг}{м^3} \cdot м = \frac{кг \cdot м}{c^2}$

$\frac{кг \cdot м}{c^2 \cdot м^2} = \frac{кг}{c^2 \cdot м}$ $\quad \frac{H}{м^2}$ $\quad \frac{\sigma_1^2}{2\rho g R} =$ $\quad \left[\frac{F^2 g}{l^2 \cdot \rho \cdot g R}\right]$

$\frac{H^2 \cdot м^2}{2H} = \frac{H \cdot м^2}{}$

68-95-80-24
(144.2)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

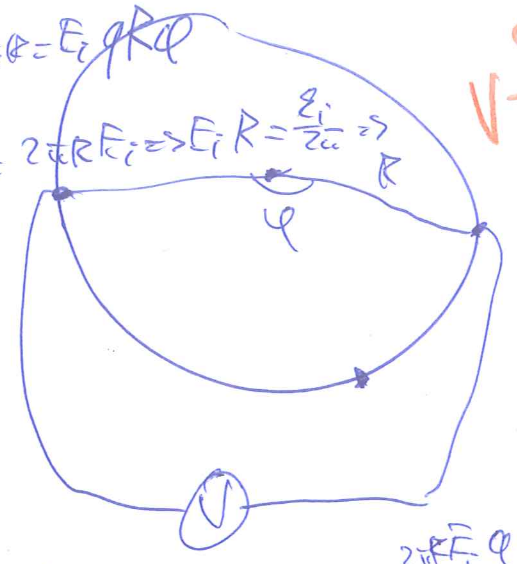
2. а) черновик

$\otimes \vec{B}$

$A = E_i \cdot q \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot 2\pi R = E_i q R \varphi$

$\mathcal{E}_i = \frac{2\pi R E_i q}{q} = 2\pi R E_i \Rightarrow E_i R = \frac{\mathcal{E}_i}{2\pi} \Rightarrow$

$\mathcal{E}_{\varphi} = E_i R \varphi = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \mathcal{E}_i$



$V - ?$

$\frac{dB}{dt} = \beta$

$\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E}_i = \beta S.$

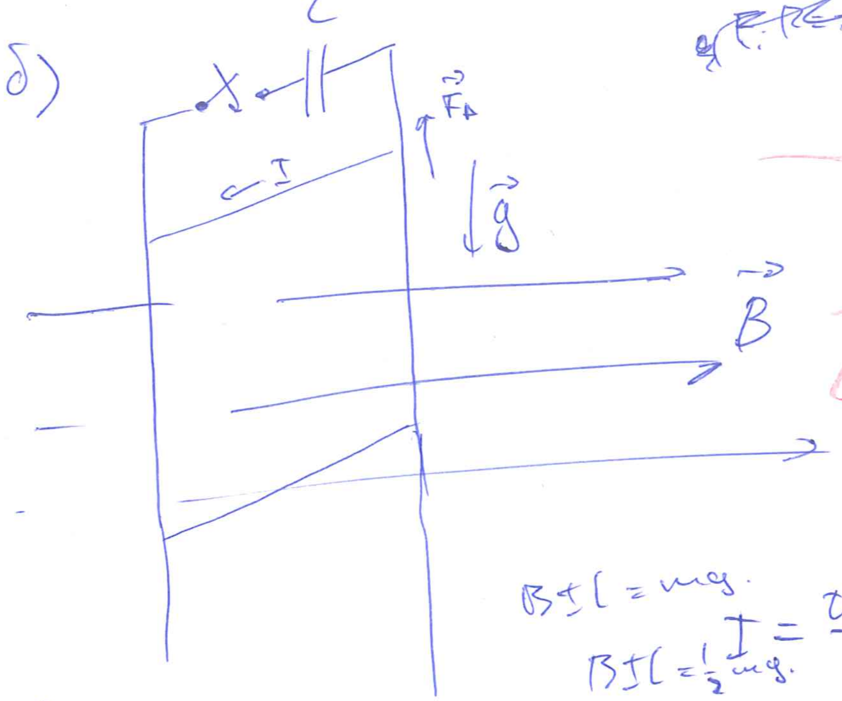
$\frac{\varphi}{2\pi} \cdot \mathcal{E}_i$

$A = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot E_i \cdot 2\pi R = \varphi R E_i q$

$2\pi R E_i q = \varphi R E_i q$

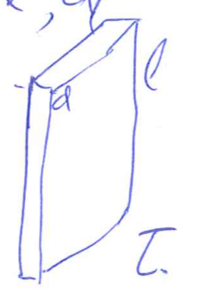
$\frac{A}{q} = \varphi R E_i$

б) C



$\vec{F}_A$ $\quad \vec{g}$ $\quad \vec{B}$

$l \times l, d$



l $\quad d$ $\quad \tau$ $\quad \rho$

$R = \rho \frac{l}{S}$

$BIl = mg.$

$BIl = \frac{1}{2} mg.$ $\quad I = \frac{\tau l d}{2B} \cdot g$

$m = \tau \cdot l^2 d.$

$IR + U_c = BvL$

$U_c = \boxed{BvL} - IR = \frac{mgv}{I} - IR.$

~~$ma = mg - BIL = const.$~~

$ma = mg - Bl \cdot \frac{\tau l d}{2B} \cdot g = mg - \frac{1}{2} \tau l^2 d g = \frac{1}{2} mg.$

$a = \frac{1}{2} g.$

$\mathcal{E}_i = BvL$

$U_c + IR = \mathcal{E}_i = BvL$

$ma = mg - BIL = const.$

$U_c = BvL - IR.$

$U_c = BLat - IR$

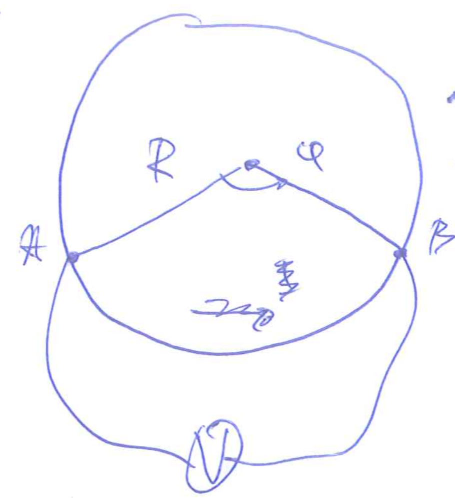
$v(t) = at$

$mgv\,dt = dW = CUdU$

$mgv = CU \cdot BLa.$

$mgv = C \cdot (BLat - IR) BLa.$

№3. Вопрос: $\otimes \vec{B}$ (чистовик)



$\uparrow \mathcal{E}_i, E_i$

$\cancel{\varphi \in (0; \pi]}$

$\varphi \in (0; 2\pi)$

Пусть центральный угол, образуемый точками присоединения A и B вольтметра, равен φ. Пусть E_i – величина вихревого эл. поля, создаваемого вокруг кольца из-за изменения магнитного потока через него, а $\mathcal{E}_i$ – ЭДС индукции. ~~$\mathcal{E}$~~ V – показания вольтметра.

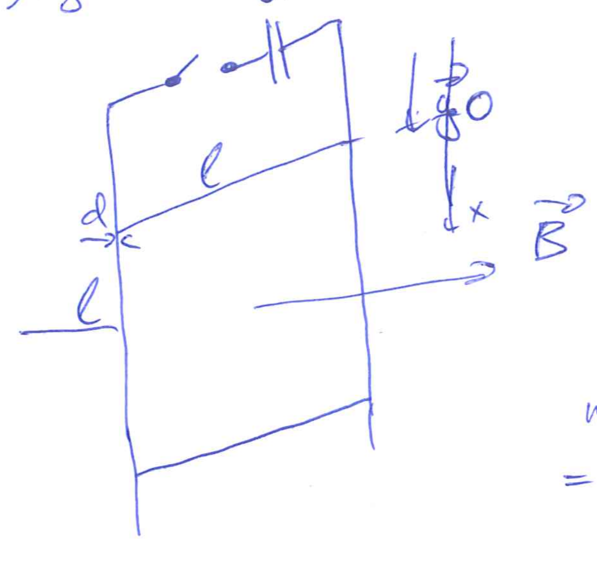
Возьмём ~~частицу~~ пробный заряд Δq и рассмотрим его движение от A к B.

Работа вихр. поля $A_{поля} = E_i \cdot \varphi R \cdot q = Vq$; $A^{поля}_{полн} = \mathcal{E}_i q = 2\pi R \cdot E_i q \Rightarrow$

$$\frac{Vq}{\mathcal{E}_i q} = \frac{E_i \varphi R \cdot q}{2\pi R E_i q} = \frac{\varphi}{2\pi} \Rightarrow V = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \mathcal{E}_i$$

$$\mathcal{E}_i = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \beta S \Rightarrow V = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \beta S, \text{ где } \varphi \in (0; 2\pi)$$

Задача: C $\quad m = \tau \cdot d l^2$



II з-н. Ньютона для пластины будет иметь вид: $ma_x = mg - F_A$

~~$\mathcal{E}$~~ Пластина для тока будет просто как провод $\Rightarrow$

$F_A = BIl \Rightarrow$

$ma_x = ma = mg - BIl =$

$= g\tau d l^2 - Bl \cdot \frac{\tau l d g}{2B} = \frac{1}{2}\tau d l^2 g \Rightarrow$

$a = \frac{1}{2}g$ ✓ ~~$\frac{1}{2}$~~ $v(t) = \frac{1}{2}g t$

~~$x(t) = \int_0^t v(t)dt = \frac{1}{2}g\int_0^t t\,dt = \frac{gt}{4}$~~

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$$x(t) = \int_0^t v(t)dt = \frac{1}{2}g\int_0^t t\,dt = \frac{gt^2}{4}.$$

(чистовик)

При этом P_B – мощность работы магн. поля $= 0 \Rightarrow A_{\mathcal{E}_i} + A_{F_A} = 0 \Rightarrow$ По ЗСЭ: $mgv\,dt = dW + \delta Q = CUdU + I^2 R\,dt$, где C – ёмкость конденсатора, U – его напряжение $\Rightarrow$

$mgv = CU\dot{U} + IR$; $(C\dot{U} = I \Rightarrow I^2R + UI = mgv \Rightarrow$

~~$U = \frac{mg}{I} \cdot v = \frac{mg^2}{2I} \cdot t \Rightarrow \dot{U} = \frac{mg^2}{2I}$;~~

~~$C \cdot \frac{mg^2}{2I} = I \Rightarrow C = \frac{2I^2}{mg^2}$~~

~~Ответ: $x(t) = \frac{gt^2}{4}$, $v_x(t) = \frac{g}{2}t$, $a_x(t) = \frac{g}{2}$~~

~~$C = \frac{2I^2}{mg^2} = \frac{2 \cdot \tau^2 l^2 d^2 g^2}{4B^2 \cdot g^2 \cdot \tau \cdot d \cdot l^2} = \frac{\tau d}{2B^2}$~~

$$U = \frac{mgv - I^2R}{I} = \frac{mgv}{I} - IR =$$

$$= \frac{mg^2 t}{2I} - IR \Rightarrow \dot{U} = \frac{mg^2}{2I}; \quad C \cdot \frac{mg^2}{2I} = I \Rightarrow$$

$$C = \frac{2I^2}{mg^2}$$

Ответ: $x(t) = \frac{gt^2}{4}$ ✓, $v_x(t) = \frac{g}{2}t$ ✓, $a_x(t) = \frac{g}{2}$

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

Задача №4. продолжение

Условие периодичности даёт нам факт того, что ~~при~~ через время kT разность хода ΔS уменьшится на $k\lambda$, $k = 1, 2, 3, \dots$ Таким образом:

честовик

$\cancel{\Delta S_1 - \Delta S_2 = \frac{2}{\cos\varphi} \cdot vT =}$ $\Delta S_1 - \Delta S_2 = \frac{2n}{\cos\varphi'}(d_1 - d_2) = \lambda.$

$d_1 - d_2 = vT \Rightarrow \frac{2n}{\cos\varphi'} \cdot vT = \lambda$, $\cos\varphi' = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\varphi}{n^2}} \Rightarrow$

$\cancel{vT =} \frac{\lambda \sin\alpha}{2n} \Rightarrow v = \frac{\lambda \sin\alpha}{2Tn} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 1,5} =$

$= \frac{5\sqrt{3} \cdot 10^{-7}}{6 \cdot 15 \cdot 60} \frac{м}{с} = \frac{500\sqrt{3}}{5400} \frac{нм}{с} = \frac{5\sqrt{3}}{54} \frac{нм}{с}$

$\sin\varphi = \cos\alpha$

Ответ: $\frac{5\sqrt{3}}{54} \frac{нм}{с}$

$vT = \frac{\lambda n \sqrt{n^2 - \sin^2\varphi}}{2n^2} \Rightarrow v = \frac{\lambda}{2Tn^2}\sqrt{n^2 - \sin^2\varphi} =$

$= \frac{500 \cdot \frac{4}{9}}{2 \cdot 15 \cdot 60 \cdot} \sqrt{\frac{9}{4} - \frac{1}{4}} \frac{нм}{с} = \frac{5}{18}\sqrt{2} \cdot \frac{4}{9} \frac{нм}{с} = \frac{10\sqrt{2}}{81} \frac{нм}{с}$

Ответ: $\frac{10\sqrt{2}}{81} \frac{нм}{с}$