



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 4

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Геометрия Ворожбитов Сорки»  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Полынова Алексей Константиновича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

15:49 Сдал Руденко

Дата  
«04» апрель 2025 года

Подпись участника  
[Signature]

Черновик

$$E_k = E_{\text{пот}} + E_{\text{вр}}$$

$$E_{\text{вр}} = L \frac{\omega^2}{2}; \quad L = \int_0^R \rho \cdot 2\pi r^3 dr; \quad \rho = \frac{m}{\pi R^2} \left| \begin{array}{l} H = k_2 \cdot m/c^2 \\ L = k_2 \cdot m^2 \end{array} \right.$$

$$\int_0^R \frac{2m}{R^2} r^3 dr = \frac{2m}{R^2} \cdot \frac{R^4}{4} = \frac{1}{2} m R^2$$

$$v = \omega R$$

$$F = \frac{m v^2}{2} + L \frac{\omega^2}{2} = \frac{m \omega^2 R^2}{2} + m \omega^2 R^2 = \frac{3m \omega^2 R^2}{2}$$

$$= \frac{3m \omega^2 R^2}{2} = \frac{3m v^2}{2} = mgH$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{3}}$$

$$\begin{cases} M = \text{н.м} \\ [E] = c^{-2} [L] \cdot c^{-2} = \text{н.м} \\ L = \text{н.м} \cdot c^2 \end{cases}$$

$$M = F \cdot R$$

$$a = \epsilon R = \frac{E}{m} = \frac{M}{mR}$$

$$M = \epsilon m R^2$$

$$L = m R^2$$



$$\int_0^R (v^2 - 2Rdr - dr^2) = -2\pi r dr$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \frac{\mu M_c}{\cos d}$$

$$M_c = M_T + M_{\text{тр}} = M_T + F_{\text{тр}} \cdot \cos d$$

$$F_{\text{тр}} = \mu (F_T + F_{\text{тр}} \cdot \cos d) = \mu F_T + \mu F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}1} = \frac{\mu}{1-\mu} F_T; \quad F_{\text{тр}2} = \frac{\mu}{1+\mu} F_T$$

$$F_{\text{тр}1} = \frac{1+\mu}{1-\mu} F_{\text{тр}2}$$

$$A = E_k = 65 \cdot 2\pi R \cdot F_{\text{тр}2} = N \cdot 2\pi R \cdot F_{\text{тр}1}$$

$$\frac{1+\mu}{1-\mu} N = 65A$$

$$\frac{65}{13} = 5$$

Черновик

№1.

Вопрос:

вопрос ставит. без подсказывания  $v_T$  - скорость краёв при вращ.

$$v_T = v \text{ (скорость центра); } \omega = \frac{v}{R}$$

по теореме Пифагора:  $E_k = E_{\text{вращ}} + E_{\text{пер}} = L \frac{\omega^2}{2} + m \frac{v^2}{2}$

из 3. с. 9  $[E_k] = \text{Атм} = mgH$

L для тонкого цилиндра:  $L \frac{\omega^2}{2} = \frac{m v^2}{2} = \frac{m \omega^2 R^2}{2}$

$$L = m R^2$$

можно L для цилиндра:  $L = \int dm r^2 = \int \rho dS r^2 = \int_0^R \rho \cdot 2\pi r \cdot r^2 dr = \int_0^R \rho \cdot 2\pi r^3 dr = \frac{2\pi \rho R^4}{4} = \frac{1}{2} m R^2$

$$E_k = E_{\text{вращ}} + E_{\text{пер}} = mgH = \frac{m R^2 \omega^2}{4} + \frac{m v^2}{2} = \frac{m v^2}{4} + \frac{m v^2}{2} = \frac{3m v^2}{4}$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} gH} = 2 \sqrt{\frac{gH}{3}}$$

Задача:

м.к. стержень не вращ, то

$$N \cdot l \cdot \sin d = M_c, \text{ где}$$

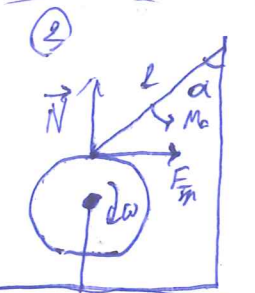
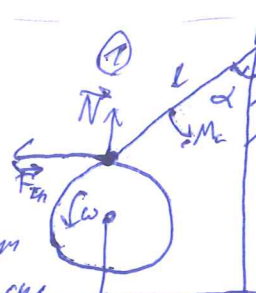
$$M_c = M_{\text{тр}} - F_{\text{тр}} \cos d \quad \left| \begin{array}{l} M_c - \text{момент} \\ \text{оставшихся сил} \end{array} \right.$$

$$M_c = M_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}} l \cos d$$

$$N_1 = \frac{M_c}{l \sin d} = \frac{M_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}} \cos d}{l \sin d} = \frac{F_{\text{тр}1}}{\mu}$$

$$F_{\text{тр}} (1 + \mu \cos d) = \frac{\mu M_{\text{тр}1}}{\mu \sin d} = F_{\text{тр}1}$$

$$F_{\text{тр}1} = \frac{F_{\text{тр}1}}{1 + \mu \cos d}$$



$$A_{\text{тр}} = E_{\text{к}0} = 65 \cdot 2\pi R \cdot F_{\text{тр}1} = N \cdot 2\pi R \cdot F_{\text{тр}1} = N \cdot 2\pi R \cdot \frac{F_{\text{тр}1}}{1 + \mu \cos d}$$

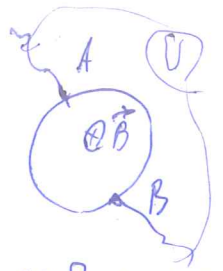
$$N = \frac{65 \cdot 1 - \mu \cos d}{1 + \mu \cos d} = 65 \cdot \frac{1 - 0,3}{1 + 0,3} = 37,5$$

107 (Григорьев В.А.)  
108 (Кузнецов А.В.)

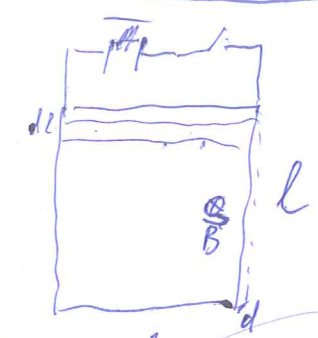
неверно

№3  
 Вопрос;  
 $\oint E dl = \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \mathcal{E}_i; R = \oint \rho dl$   
 из симметрии и однородности:  $E = const; \rho = const$   
 $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\oint E dl}{\oint \rho dl} = \frac{E}{\rho}$ ; тогда падение напр. на участке  $dl$ :  
 $dU = I dR = I \rho dl = E dl = d\mathcal{E} \Rightarrow U_{AB} = \int_A^B (d\mathcal{E} - dU) = 0$

числовик  
 $\rho = \frac{R}{2\pi r}$



Задача;  
 для каждого поперечного сечения  $dl$   $F_A$  одна  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow F_A$  для участка:  $F_A = BIl$



$ma = mg - BIl$   
 $a = g - \frac{BIl}{m} = g - \frac{B \cdot l \cdot d g}{2B \cdot l \cdot d} = \frac{g}{2}$   
 $x(t) = \frac{at^2}{2} = \frac{gt^2}{4}$  ответ

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

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

$\dot{I}R = B\dot{v}l - \frac{\dot{q}}{C} = Bal - \frac{\dot{I}}{C}$ ; н.к.  $I = const \Rightarrow \dot{I} = 0$   
 $Bal = \frac{\dot{I}}{C}$

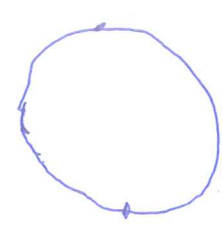
$C = \frac{I}{Bal} = \frac{2I}{Bgl} = \frac{2 \cdot \tau \cdot d g}{2B^2 g} = \frac{\tau d}{B^2}$  ответ

черновик

$\frac{d\Phi}{dt} = \oint E dl = \mathcal{E}_i$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\oint E dl}{\oint \rho dl} =$

$\approx \frac{E}{\rho} \Rightarrow$  падение напр.  $\Rightarrow$  д.с.  $\Rightarrow$  напряж. = 0



$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{\rho}{d}$   $\dot{v} = \frac{\mathcal{E} - BIl}{m} = g - \frac{\dot{q}}{C}$

$\frac{d}{dt} I = l v - \frac{q}{C}$

$q + \frac{C\rho}{d} \dot{q} = l v C$

$\dot{q} + \frac{C\rho}{d} \ddot{q} = g l C - \frac{\dot{q} B C}{d}$

$\dot{I} \left(1 + \frac{BC}{Ed}\right) + \frac{C\rho}{d} \dot{I} = g l C$ ;  $I = const \Rightarrow \dot{I} = 0$

$\frac{E l d g}{2B} + \frac{C l g}{2} =$

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

$F = ma$   
 $\dot{v} = \frac{F}{m} = \frac{F}{\tau l d} = \frac{g - I B l}{\tau l d}$

$I = \frac{v}{R} = \frac{\mathcal{E} - U_c}{R} = \frac{Bvl - q}{R}$

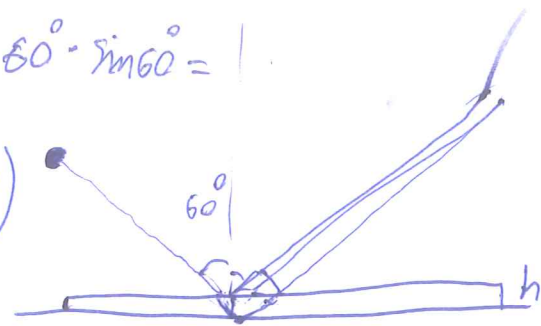
$\dot{I} = \frac{Bl}{R} \dot{v} - \frac{1}{RC} \dot{q} = \frac{Bg - B^2 I l}{\tau R l d} - \frac{\dot{I}}{RC}$ ;  $I = const \Rightarrow \dot{I} = 0$

$BgC - CB^2 I - \tau l d \dot{I} = 0$

Черновик

$$\Delta l = \frac{2hn}{\cos 60^\circ} - 2h \operatorname{tg} 60^\circ \cdot \sin 60^\circ =$$

$$= \frac{2hn}{\cos 60^\circ} - 2h \sin^2 60^\circ$$



16-83-97-13  
(113.3)

Черновик

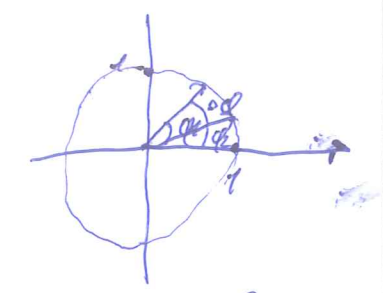
На Вопрос;

Условие интерференции минимума в точке - разность фаз  
приходящих лучей  $\Delta \varphi = \pi + 2\pi k; k \in \mathbb{Z}$  оптическая разность хода +  
тогда волны в противофазе; лучей  $\Delta l = \frac{\lambda}{2} + \lambda n; n \in \mathbb{Z}$   
Если фазы представим в виде одинаковых векторов:

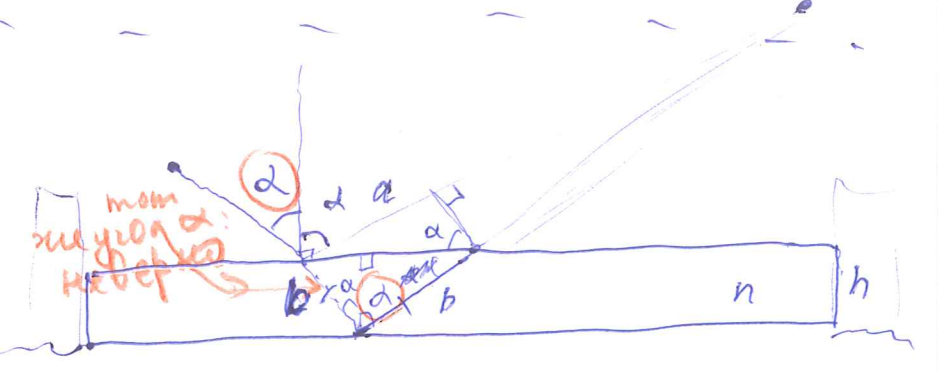
и сложим их по алгеб. Косинусов

$$\text{напряж. } E_{\Sigma}^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \Delta \varphi$$

$I \propto E_{\Sigma}^2 \Rightarrow I_{\min}$  при  $\cos \Delta \varphi = -1$   
неоптимальный вариант (Контрастность)



Задача  
 $\alpha = 60^\circ$



интерференция от лучей, отражившаяся от пов. масла и от пов. воды (2.5)

Оптическая разность хода  $\Delta l = 2nb - a =$

$$= \frac{2hn}{\cos d} - 2h \operatorname{tg} d \cdot \sin d = \frac{2hn}{\cos d} (n - \sin^2 d)$$

разность разностей хода для соседних максимумов 15 + 35  $= \lambda k$

$$\frac{2h_1}{\cos d} (n - \sin^2 d) = \frac{\lambda}{2} + \lambda k; k \in \mathbb{Z}$$

$$\frac{2h_2}{\cos d} (n - \sin^2 d) = \frac{\lambda}{2} + \lambda(k+1)$$

$$2(h_2 - h_1) \frac{(n - \sin^2 d)}{\cos d} = \lambda \Rightarrow h_2 - h_1 = \frac{\lambda \cos d}{2(n - \sin^2 d)}$$

$$\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{\Delta t} = \frac{\lambda \cos d}{2T(n - \sin^2 d)} = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot 15 \cdot 60 \cdot (1.5 - \frac{\sqrt{3}}{4})} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-7}}{5600 \cdot (1.5 - \frac{\sqrt{3}}{4})} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{5600 \cdot \frac{3}{4}} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{2800} = \frac{5}{28} \cdot 10^{-9} \text{ м/с} \approx \frac{5}{28} \text{ нм/с}$$

16-83-97-13  
(113.3)№2 *числовик*

Вопрос;  
 $\Delta p = \rho g \Delta h = \frac{F_{кан}}{S}$ ;  $F_{кан} \sim \sigma$

$$F_{кан2} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} F_{кан1} = \eta F_{кан1} \quad \begin{matrix} S = const \\ g = const \end{matrix}$$

$$\Delta h_1 \cdot \rho_1 g = \frac{F_{кан1}}{S}$$

$$\Delta h_2 \cdot \rho_2 g = \frac{F_{кан2}}{S} = \frac{\eta F_{кан1}}{S} = \Delta h_1 \cdot \rho_1 g$$

$$\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \cdot 8 = 1$$

$$\boxed{\Delta h_2} = \frac{\Delta h_1}{8} = \frac{16 \text{ мм}}{8} = \boxed{2 \text{ мм}}$$

*Новое направление  
не указано*