0 789989 810007

78-99-89-81
(113.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант ____________

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы!
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Клямторного Артёма Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

сдал 16-21 ~~09~~ —

Дата
«04» апреля 2025 года

Подпись участника

Черновик

$J = \int dm \cdot r^2$

$J = \int dm \cdot r^2 = m \cdot r^2$

$J_k = m_k r^2$

$dJ = dm \cdot r^2$

$dm = \frac{m}{\pi R^2} \cdot dr$

$F_н = \sigma \cdot S$

$dm = \frac{2\pi r \cdot dr}{\pi R^2} \cdot m$

$J = m \int \frac{2r \cdot dr}{R^2} \cdot r^2 = \frac{m}{R^2} \int 2r^3 \cdot dr$

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

N, α, mg, $F_{тр}$, ω_0

$mg \sin\alpha \cdot \frac{l}{2} = N \sin\alpha \cdot l$

$N = \frac{mg}{2}$; $F_{тр} = \frac{mg}{2}\mu$

$J\frac{d\omega}{dt} = \frac{mg\mu}{2} \cdot R$

$dm = \frac{2\pi r \cdot dr}{\pi R^2} \cdot m$

$J = \frac{2m}{R^2} \int_{R/2}^{R} r^3 \cdot dr = \frac{2M}{R^2}\left(\frac{R^4}{4} - \frac{R^4}{16 \cdot 4}\right) = \frac{2MR^2}{2 \cdot 4}\left(1 - \frac{1}{16}\right)$

$J = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{15}{16}$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$; $\omega = 2\pi\nu$; $\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$

$\omega = \frac{2\pi N}{t}$; $15MR \cdot \frac{2\pi N}{t} = \frac{16\mu mg}{(1+\mu)} t$

$\frac{J\omega_0^2}{2} + A_{тр} = 0$

$J\omega_0^2 = 2A_{тр} = \frac{\mu mg}{2(1+\mu)} \cdot S = \frac{\mu mg}{2(1+\mu)} \cdot 2\pi R \cdot N$

78-99-89-81 (113.3)

	1	2	3	4
В	5	2	1	4
3	20	7	20	6

66 (шестьдесят шесть)

(Чуксева А.В.)

Чистовик

Вопрос 1: Так как цилиндр скатывается без проскальзывания, скорость точки, которая касается поверхности будет равна нулю: $v_c - \omega R = 0$. Из этого мы делаем вывод, что $v_c = \omega R$; $\omega = \frac{v_c}{R}$.

По ЗСЭ: $mgh = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$;

$J = \sum m_i r_i^2$; $J = \int_0^R \frac{m}{R^2\pi} \cdot 2\pi r \cdot dr \cdot r^2 = \frac{2m}{R^2}\int_0^R r^3 \cdot dr = \frac{mR^2}{2}$

$mgh = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{mR^2 \cdot v_c^2}{4 \cdot R^2} = \frac{3mv_c^2}{4}$; $\boxed{v_c = \sqrt{\frac{4}{3}gh} = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}}$

№1

Дано:
$M; m; \omega_0$
$R; \alpha = 45°$
$N_1 = 65$
$\mu = 0{,}3$

$N_2 - ?$

Решение: Когда колесо крутилось против часовой: Пусть l – длина стержня. Так как стержень находится в равновесии:

ур-ние моментов: $mg\frac{l}{2} \cdot \sin\alpha = Nl \cdot \sin\alpha + F_{тр} \cdot l \cdot \cos\alpha$

Так как $\alpha = 45$; $\sin\alpha = \cos\alpha$; $F_{тр} = \mu \cdot N$; $mg = 2N(1+\mu)$

$N = \frac{mg}{2(1+\mu)}$; $F_{тр} = \frac{\mu g m}{2(1+\mu)}$. По 3-ему закону Ньютона, сила трения, с которой колесо действует на стержень равна по модулю и противоположна по направлению силе трения, с которой стержень действует на колесо.

Ур-ние вращательного движения:

$J\frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu mg}{2(1+\mu)} \cdot R$

$J = \int_{R/2}^{R} \frac{2\pi r \cdot dr}{\pi R^2} \cdot M \cdot r^2$

$J = \frac{2M}{R^2}\int_{R/2}^{R} r^3 \cdot dr = \frac{2M}{R^2} \cdot \left(\frac{R^4}{4} - \frac{R^4}{4 \cdot 16}\right)$

$J = \frac{MR^2}{2}\left(1 - \frac{1}{16}\right) = \frac{MR^2}{2} \cdot \frac{15}{16} = \frac{15MR^2}{32}$

$\frac{15MR^2}{32 \cdot 16} \cdot \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu mg}{2(1+\mu)} R$

$\frac{15}{16} MR \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu mg}{(1+\mu)}$

$\int_{\omega_0}^{0} 15MR\,d\omega = -\frac{16\mu mg}{1+\mu}\int_0^t dt$

$15MR\omega_0 = \frac{16\mu mg}{1+\mu} \cdot t$

$\omega_0 = 2\pi\nu$; $\nu = \frac{N}{t}$; $\omega_0 = \frac{2\pi N}{t}$

Так как время нам никак не известно, такой способ нам не подходит. Будем идти через энергию.

ЗСЭ: $\frac{J\omega_0^2}{2} + A_{тр} = 0$; $\frac{J\omega_0^2}{2} = -A_{тр}$

$A_{тр} = -F_{тр} \cdot S = -\frac{\mu mg}{2(1+\mu)} \cdot 2\pi R \cdot N$, тогда

Чистовик

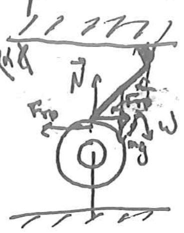
$$J\omega_0^2 = \frac{2\mu m g}{1+\mu}\cdot \pi R N_1$$

$$\frac{15MR^2}{32}\cdot\omega_0^2 = \frac{2\mu m g}{1+\mu}\cdot\pi R N_1$$

$$N_1 = \frac{15MR\omega_0^2\cdot(1+\mu)}{64\mu m g\pi}$$

$$N_1 = \frac{J\omega_0^2(1+\mu)}{2\mu m g\pi R}$$

Когда диск раскрутим ~~против~~ по часовой: $N\sin\alpha\,\ell = mg\sin\alpha\frac{\ell}{2} + F_{тр}\sin\alpha\,\ell$



$$N = \frac{mg}{2} + F_{тр};\ \frac{1}{2}mg = N(1-\mu)$$

$$N = \frac{mg}{2(1-\mu)};\ F_{тр} = \frac{\mu m g}{2(1-\mu)}$$

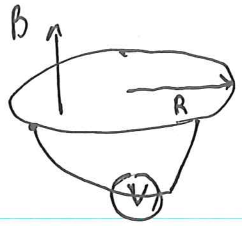
ЗСЭ: $\frac{J\omega_0^2}{2} + A_{тр} = 0;\ \frac{J\omega_0^2}{2} = \frac{\mu m g}{2(1-\mu)}\cdot 2\pi R N_2$

$$N_2 = \frac{J\omega_0^2(1-\mu)}{2\mu m g\pi R}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1+\mu}{1-\mu};\quad N_2 = \frac{N_1\cdot(1-\mu)}{1+\mu} = \frac{65\cdot 0{,}7}{1{,}3} = 50\cdot 0{,}7 = 35$$

Ответ: 35 оборотов

Вопрос 3: $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\pi R^2\cdot\frac{dB}{dt};\ B_{(t)} = B_0 + \beta t;\ \frac{dB}{dt} = \beta$



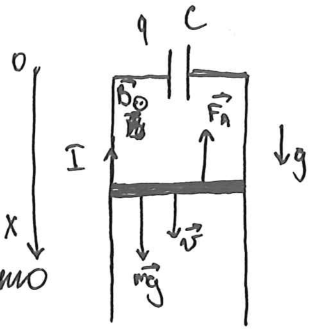
$\mathcal{E}_i = -\pi R^2\cdot\beta$. Вследствии изменения магнитного потока в кольце будет возникать $\mathcal{E}_i = -\pi R^2\beta$; минус показывает направление ~~изменения~~ возникающего тока, относительно изменения Φ. Таким образом показания вольтметра будут равны $\boxed{U_V = \pi R^2\cdot\beta}$

1б.

№3

Дано:
$l;\ d;\ \rho$
$\gamma;\ B$
$C;\ x_{(t)}$ – ?

Решение: $R = \frac{\rho l}{S}$; $S = dl \Rightarrow R = \frac{\rho}{d}$



Заслонка в этой задаче будет эквивалентна металлическому стержню той же массы и сопротивления.

$\mathcal{E} = Bvl$; По 2-ому правилу Кирхгофа: $Bvl = IR + \frac{q}{C}$

$$Bvl = \frac{I\rho}{d} + \frac{q}{C}$$

По 2-ому закону Ньютона:

$ma = mg - BIl$; $I = \frac{m(g-a)}{Bl} = \frac{\gamma l d}{2B}g$;

$$B\frac{dv}{dt}l = \frac{I}{C}$$

$m = \gamma\cdot l^2\cdot d$; $\frac{\gamma\cdot l^2\cdot d(g-a)}{Bl} = \frac{\gamma l d}{2B}g$; $\boxed{a = \frac{g}{2}} = const$

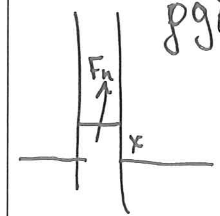
$$Bal = \frac{I}{C}$$

$$Bgl = 2\frac{I}{C}$$

Черновик.

~~$\sin\alpha_0 = n_2$~~

$\frac{1}{\sin\beta_0} = n$; $\boxed{\sin\beta_0 = \frac{2}{3} = \frac{1}{1{,}5}}$

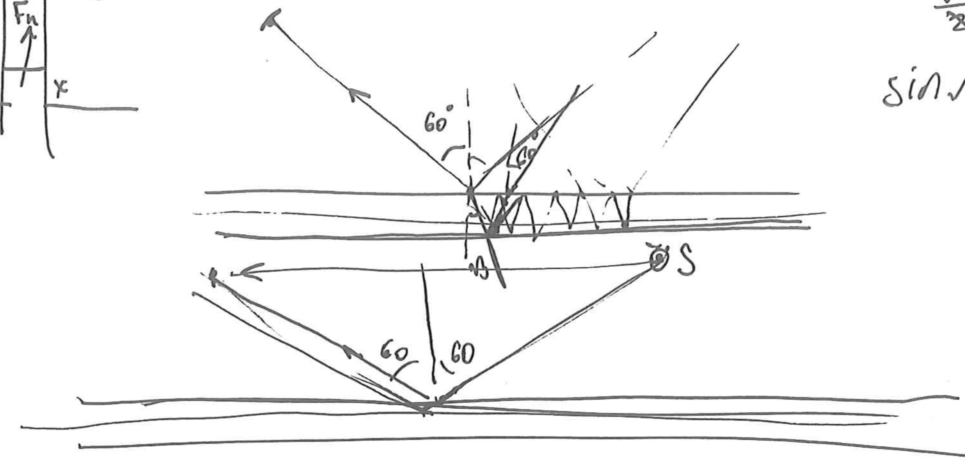


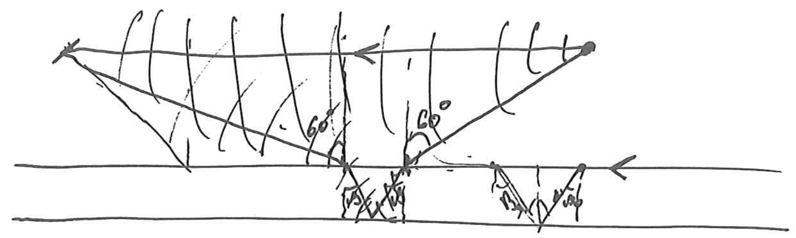
$\rho g S x = F_n = \sigma S \Pi$ – ?

$\beta_0 > \beta$

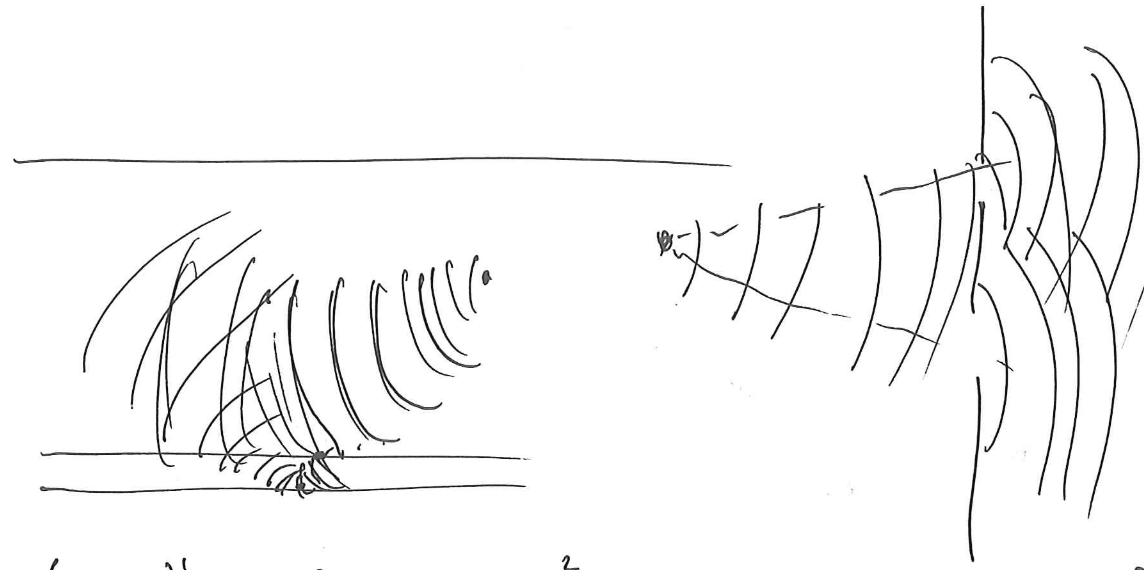
$$\frac{\sin\beta}{\frac{\sqrt3}{2}} = \frac{2}{3}$$

$$\sin\beta = \frac{\sqrt3}{3} = \frac{1}{1{,}7}$$





$$\oint \vec E\cdot d\vec l = \mathcal{E}$$

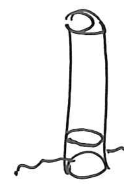


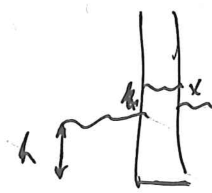
$$\left(\frac{\sin x}{\cos x}\right)' = \frac{-\sin^2 x - \cos^2 x}{\cos^2 x} = -\frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\rho g h = \rho g h + \rho g x - \frac{F}{S}$$

$F = \sigma\cdot S\cdot\rho$

$\frac{F}{S} = \rho g x$





$\boxed{\sigma = g x}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

78-99-89-81 (113.3)

$B \cancel{B} g \cancel{\alpha} = 2 \cdot \frac{\pi \cancel{B} d g}{\cancel{2B} C}$; $\cancel{C = \pi d}$ $\boxed{C = \frac{\pi d}{B^2}}$

Заслонка будет двигаться равноускоренно

$\cancel{x_{(t)} = v_0 t}$ $v_{(t)} = at = \frac{g}{2} t$

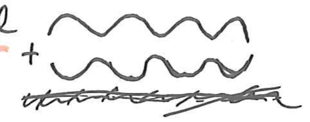
$x_{(t)} = \cancel{v_0 t} + \frac{at^2}{2}$; $\boxed{x_{(t)} = \frac{gt^2}{4}}$

Ответ: $C = \frac{\pi d}{B^2}$; $x_{(t)} = \frac{gt^2}{4}$

Вопрос 4: Чтобы на экране наблюдались интерференционные полосы, надо чтобы источники испускающие ~~их~~ свет были когерентными + : они должны испускать свет с одной частотой и разность начальных фаз волн всегда должна быть постоянной ($\varphi_{01} - \varphi_{02} = const$) +

Интерференция – явление ~~сложения~~ наложения волн.

Чтобы на экране наблюдался минимум интерференционной картины, волны должны идти в противофазе + и уничтожать друг друга. (чтобы минимумы одной волны накладывались на максимумы другой волны и наоборот). ~~Надо~~ ~~Чтобы на экр~~ Для этого должно выполняться условие минимума: $\Delta = \frac{k\lambda}{2}$; Δ – разность хода волн; нечетное k – целое число ; λ – длина волны, а также источники должны быть когерентными.

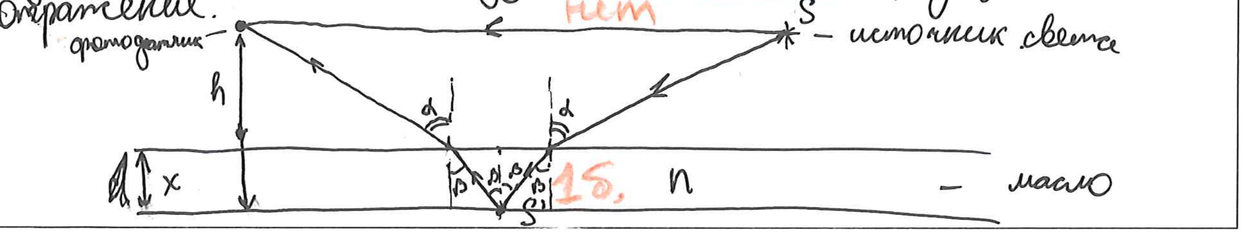


№4

Дано:
$\lambda = 500$ нм
$\alpha = 60°$
$n = 1{,}5$
$T = 15$ мин
$v_{исп}$ – ?

Решение: Интенсивность света будет меняться из-за интерференции и уменьшении ширины масляной плёнки +(1б). ~~В зависимости от ширины~~ ~~на~~ — Разность хода между когерентными источниками будет зависеть от толщины масляной плёнки и за ~~Т~~ Т будет изменяться на λ. +(3б)

Одним из источников будет сам источник, другим – его отражение. нет



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

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$; $\sin\alpha = n\sin\beta$. Пусть расстояние между (Чистовик) источником света и фотодатчиком будет равно L; тогда Расстояние, которое прошёл свет от источника — L; расстояние, которое свет прошёл от отражения — S_2

$$S_2 = S_{\text{м}} + S_{\text{в}}$$

$$S_{\text{м}} \cdot \sin\beta + S_{\text{в}} \cdot \sin\alpha = \frac{L}{2}$$

Пусть x — толщина слоя масла.

$$S_{\text{м}} = \frac{x}{\cos\beta}$$

$$x \cdot \operatorname{tg}\beta + S_{\text{в}} \cdot \sin\alpha = \frac{L}{2}$$

Пусть h — расстояние от ~~из~~ фотодатчика до воды.

$S_{\text{в}} = \frac{h-x}{\cos\alpha}$; ~~$S_{\text{в}}$~~ $x\operatorname{tg}\beta + (h-x)\operatorname{tg}\alpha = \frac{L}{2} = \text{const}$

Так как при изменении ~~высоты~~ толщины ~~воды~~ плёнки масла α и β меняться не будут: $v_{\text{исп}}\operatorname{tg}\beta - v_{\text{исп}}\operatorname{tg}\alpha = 0$

$$S_2 = \frac{x}{\cos\beta} + \frac{h-x}{\cos\alpha};$$

$\Delta = S_2 - L = \frac{x}{\cos\beta} + \frac{h-x}{\cos\alpha} - L$ — разность хода;

~~cos~~ $'\alpha$

$$\frac{d\Delta}{dt} = \frac{v_{\text{исп}}}{\cos\beta} - \frac{v_{\text{исп}}}{\cos\alpha}$$

~~$d\Delta = v_{\text{исп}} dt / (\cos\alpha - \cos$~~

~~$d\Delta = v_{\text{исп}} \cdot dt$~~.

$$\int_0^{\lambda} d\Delta = v_{\text{исп}}\left(\frac{1}{\cos\beta} - \frac{1}{\cos\alpha}\right)\int_0^T dt$$

$$\lambda = v_{\text{исп}}\left(\frac{1}{\cos\beta} - \frac{1}{\cos\alpha}\right)T$$

$$\boxed{v_{\text{исп}} = \frac{\lambda\cos\alpha\cdot\cos\beta}{T(\cos\alpha - \cos\beta)}}$$

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

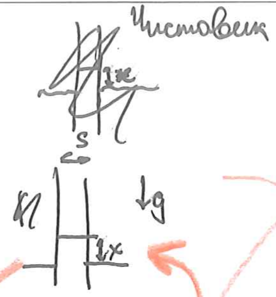
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

78-99-89-81
(113.3)

Вопрос 2. Дано: $x_1 = 0{,}004$ м; $\sigma_2 = 4\sigma_1$; $\rho_2 = 3\rho_1$

Чистовик



$F_н \sim \sigma$; $\sigma \sim \rho g x S$; так как g и S не

$F_н = \rho g x S$ поменялись; $\Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\rho_1 x_1}{\rho_2 x_2}$

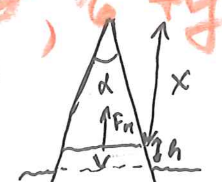
$x_2 = \frac{\rho_1 x_1 \sigma_2}{\rho_2 \sigma_1} = \frac{\cancel{\rho_1} x_1 \cdot 4 \cancel{\sigma_1}}{3 \cancel{\rho_1} \cdot \cancel{\sigma_1}}$; $x_2 = \frac{x_1}{3} = \cancel{0{,}5 мм}$

Ответ: ~~0,5 мм~~.

что это?

в какую сторону? Вниз или в ту же

№2



Дано:
$\alpha; \rho; \sigma$
$h(x) - ?$

$V \approx hl\alpha x$; так как α – малый угол

$\rho g h \cdot \alpha x l = F_н$; $F_н \sim \sigma$; $F_н = S\sigma$

$x >> \sqrt{\frac{2\sigma}{\alpha \rho g h}}$; $\rho g h \alpha x l = \cancel{F_н}\, S\sigma$; $S = \alpha x l$

l – длина пластин; $\rho g h = \sigma$

нет ответа

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