0 258113 590004

25-81-13-59
(113.1)

15:25 выход Руденко
15:28 приход Руденко

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 04

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы!
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Сальниковой Марины Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

сдала в 16.05

Дата

«04» апреля 2025 года

Подпись участника

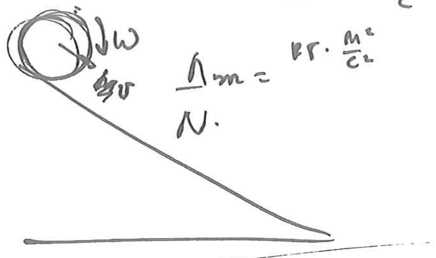
Черновик

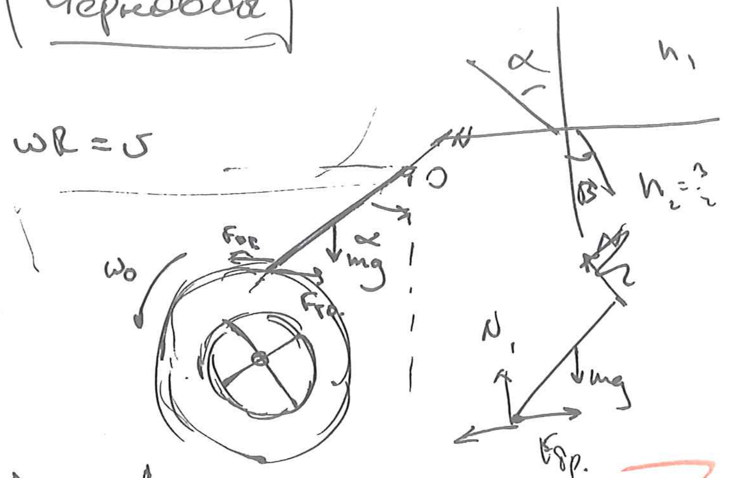
$E\lambda = \frac{m}{c}\cdot M = \frac{m^2}{c}$

$\Lambda_{m} = кг\cdot\frac{м^2}{с^2}$

N.

$\omega R = v$

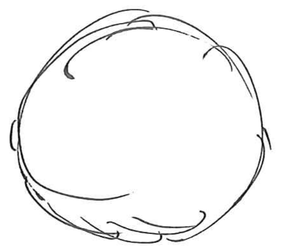




$dJ = \int dM \cdot r^2$

μmg

$n_1 \sin(\alpha)$



$\sigma = \frac{M}{\pi R^2}$

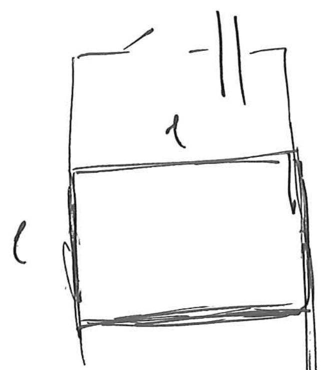
$\frac{0{,}7}{1{,}3}\cdot 65$

$dJ = \sigma\cdot 2\pi r \cdot dr \cdot r^2 =$

$\Rightarrow J =$

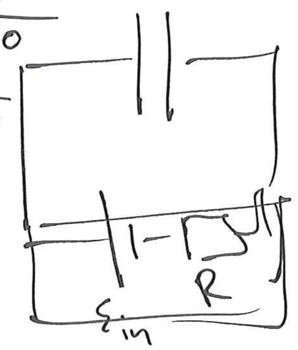
$\Delta p = \sigma\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R}\right)^{-1} = \frac{2\sigma}{R}$

$65 \mid 1{,}3 = 650 \mid 13$



$m = V\tau$

$R = V\rho$



$J = \frac{\tau l d}{2B}g$

$\mathcal{E}_{ind} = B v l$

$d,\ l \times R,\ \rho$ - уд. сопр-е

τ - плотность

$B v l = \frac{q}{c} + JR$

$m\frac{dv}{dt} = BJl - mg = const \Rightarrow v = (BJl - mg)t$

$\frac{q}{c} = Bvl - JR =$

$\frac{q}{c} = B^2 J l^2 - mg \cdot Bvl - \frac{\tau l d}{2B}g \cdot l^2 \cdot \rho =$

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

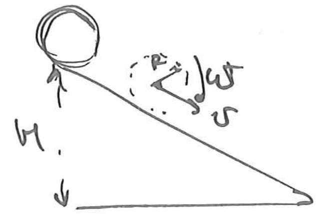
25-81-13-59 (113.1)

Задание 1

Чистовик

Вопрос:

цилиндр однородный $\Rightarrow$ его момент инерции $J = \frac{MR^2}{2}$ +. цилиндр движется без проск-я $\Rightarrow \omega R = v$, где R - радиус цилиндра +



ЗСЭ:

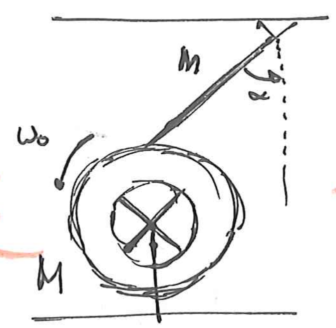
$E_{пот_1} + E_{кин_1} = E_{пот_2} + E_{кин_2}$

$MgH = \frac{Mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{MR^2\cdot\omega^2}{4} = $ +

$= \frac{3Mv^2}{4} \rightarrow MgH = \frac{3Mv^2}{4} \rightarrow v = \sqrt{\frac{4gH}{3}}$

Ответ: $v = 2\sqrt{\frac{gH}{3}}$

Задача



Дано: M, R, ω_0, m, $\alpha = 45°$

$n_1 = 65$ оборотов

$\mu = 0{,}3$

n_2 - ?

Решение:

момент инерции такого цилиндра будет равен моменту инерции диска такой же массы и формы, вычислим для него J

$dJ = dm \cdot r^2$ ← момент инерции тонкого кольца

$dm = \sigma\cdot ds = \sigma\cdot 2\pi r \cdot dr$

$\sigma = \frac{M}{S}$, $S = \pi R^2 - \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \pi R^2 - \frac{\pi R^2}{4} = \frac{3\pi R^2}{4}$

$\sigma = \frac{4M}{3\pi R^2} \rightarrow$

$\Rightarrow dJ = \sigma\cdot 2\pi r \cdot r^2 \cdot dr$

70 (семьдесят)

4	1	3
3	1	16
2	4	20
1	5	30
Σ		70

Чистовик

$$J = \int_{R/2}^{R} \sigma \cdot 2\pi r^3 \cdot dr = \frac{\sigma \cdot \cancel{2}\pi r^4}{\cancel{4}_2}\Bigg|_{R/2}^{R} = \frac{\sigma \cdot \pi}{2} \cdot \left(R^4 - \frac{R^4}{16}\right) =$$

$$= \frac{\sigma\pi}{2}\left(\frac{15R^4}{16}\right) = \frac{\cancel{4}M}{\cancel{3\pi R^2}} \cdot \frac{\cancel{\pi}}{2} \cdot \frac{\cancel{15}^{5} R^{\cancel{4}}}{\cancel{16}_{4}} = \frac{5MR^2}{8}$$

~~ЗСЭ~~: Закон изм. мех. эн.:

$\Delta E = A_{тр.}$

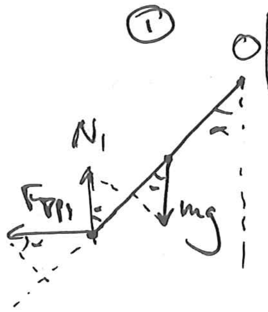
$\Delta E_п = 0$

$\Delta E_к = \frac{J\omega_0^2}{2}$

$A_{тр.} = F_{тр.} \cdot \cancel{N}\, n \cdot 2\pi R$

~~Опыт~~ Опыты различаются только значением силы трения, т.к. она будет разной из-за разного напр-я движения конька: Запишем ур-е моментов отн. точки O.

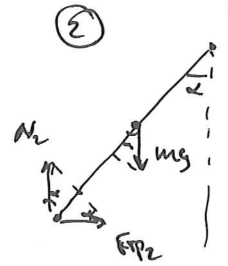
(1)



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

$N_1 = \frac{mg}{2(1+\mu)} \Rightarrow F_{тр1} = \mu N_1 = \frac{\mu mg}{2(1+\mu)}$

(2)



Во втором случае меняется напр-е силы тр-я

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

$N_2 = \frac{mg}{2(1-\mu)} \Rightarrow F_{тр2} = \frac{\mu mg}{2(1-\mu)}$

$\Delta E_1 = \Delta E_2 = \frac{J\omega_0^2}{2} \Rightarrow A_{тр1} = A_{тр2} \Rightarrow F_{тр1} \cdot 2\pi R \cdot n_1 = F_{тр2} \cdot 2\pi R \cdot n_2$

$n_2 = \frac{F_{тр1}}{F_{тр2}} \cdot n_1 = \frac{1-\mu}{1+\mu} \cdot n_1 = \frac{1-0{,}3}{1+0{,}3} \cdot 65 = 35$

Ответ: $n_2 = 35$ оборотов

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

25-81-13-59
(113.1)

Чистовик

Задание 2

Вопрос

$\Delta h_1 = 4$ мм $\quad \Delta h_2 - ?$

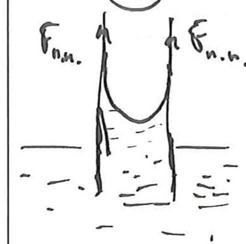
$\sigma_1, \rho_1 \quad \sigma_2 = 4\sigma_1$

$\rho_2 = 8\rho_1$

В первом случае жидкость почти полностью смачивает стекло → краевой угол $\theta_1 \approx 0^\circ$

Во втором случае жидкость почти не смачивает стекло → $\theta_2 \approx 180^\circ$

Значит, в первом случае сила поверх. нат. направлена вверх, а во втором случае – вниз



[illegible]

$\sigma_1 l = m_1 g \approx \rho_1 g \Delta h_1$
т.к. плёнка односторонн.

Во втором случае S и l такие же, но в капилляре из-за изм-е напр-е действия силы уровень жидкости будет ниже, чем во ~~втор~~ всём остальном сосуде ⇒ 8g

$$\frac{\rho_1 \Delta h_1}{\rho_2 \Delta h_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

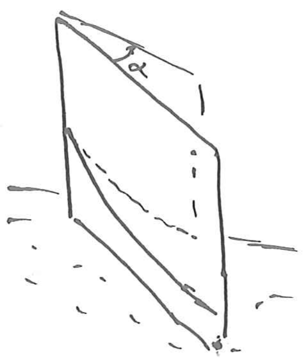
Ошиб.

$$\Delta h_2 = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{8}{1} = 2\Delta h_1$$

1/2

Ответ: жидкость в капилляре будет ниже жидкости во всём резервуаре на $\Delta h_2 = 2\Delta h_1 = 8$ мм

Задача | Чистовик

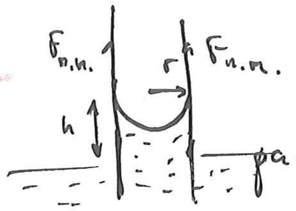


Дано:
$\alpha << 1$
ρ, σ
$x >> \sqrt{\frac{2\sigma}{\alpha\rho g}}$
$\Theta = 180°$
$h(x)$ - ?

Решение:

т.к. сечение пл-тью перп. бисс. двугранного угла имеет форму дуги окр-ти, введём ось OX горизонтально, так, ~~[illegible]~~ чтобы она лежала в пл-ти бисс. двугр. угла. $\Theta \approx 180°$, т.к. смачивание полное ⇒ сила пов. нат. вверх

в разрезе:



т.к. $\alpha << 1$ по усл-ю расстояние между пластинами d зависит от x как $d(x) \approx \alpha x$

$d = 2r \rightarrow r = \frac{d}{2}$ ← радиус окр-ти

$$\Delta p = \rho g h = \sigma \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \approx \frac{\sigma}{r}$$

, т.к. $x >> \sqrt{\frac{2\sigma}{\alpha \rho g}}$. т.к. один из радиусов кривизны много больше другого, и его с хорошей точностью можно не учитывать

радиусы кривизны

$$\rho g h = \frac{\sigma}{r} = \frac{2\sigma}{d} = \frac{2\sigma}{\alpha x} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{h = \frac{2\sigma}{\rho g \alpha} \cdot \frac{1}{x}}$$

Ответ: $h(x) = \frac{2\sigma}{\rho g \alpha} \cdot \frac{1}{x}$

Чистовик

$$\Delta E \sim (v_1^2 - v_2^2) = v_1^2\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = v_1^2\left(\frac{n^2-1}{n^2}\right)$$

$$\approx \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{v_1^2\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)}{v_1^2} = 1 - \frac{1}{n^2} = 1 - \frac{4}{9} = \frac{5}{9}$$

$\frac{5}{9}$ энергии идёт на испарение масла

~~т.к. энергрия тратится периодически "мощность испарения" будет равна энергии половины ...~~

$$Q = P_{ср.} \cdot \tau = P_m \cdot T \cdot \frac{1}{2} \rightarrow P_{исп.} = \frac{2Q}{T} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$v_{исп.} = \frac{2\lambda}{r}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = \frac{2 \cdot 300 \cdot 10^{-5}}{15 \cdot 60} \cdot \frac{5}{9} =$$

$$= \frac{10^{-6}}{20 \cdot 81} \frac{м}{с} = \frac{10^{-6}}{2 \cdot 10^2} \approx 10^{-8} \frac{м}{с}$$

Ответ: $v_{исп.} \approx 10^{-8} \frac{м}{с}$

Чистовик

Задание 4

Вопрос

Чтобы на экране наблюдался интерференционный минимум, ~~в~~ расстояния от этой точки до S_1 и S_2 (источники света) – d_1 и d_2 ~~соотв.~~ должны ~~на~~ были такими, что

$$\frac{d_1}{\lambda_1} = n_1 \in \mathbb{Z}$$

$$\frac{d_2}{\lambda_2} = n_2 \in \mathbb{Z}$$

т.е. в расстоянии от каждого из источников до точки на экране должно быть целое число волн, тогда возникнет "узел", а это и есть интерф. минимум.

Задача

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

Dмин. – ?

Решение:

~~При отражении света теряется половина длины волны~~

$n = \frac{v_1}{v_2}$, где v_1 – скорость света в вакууме, а v_2 – в среде

$v_2 = \frac{v_1}{n}$ $\quad n > 1 \to v_2 < v_1 \to$

⇒ "потерянная" часть энергии идёт на испарение масла

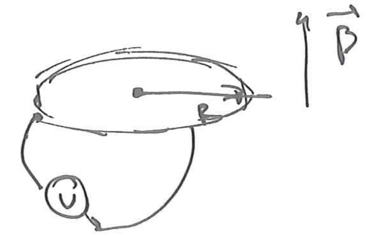
25-81-13-59
(113.1)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

Задание 3

Вопрос:



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

R;

U_v – ?

Решение:

$\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt}$

$\Phi = \int B \cdot dS \cdot \cancel{\dots} = $

$= B \cdot S$

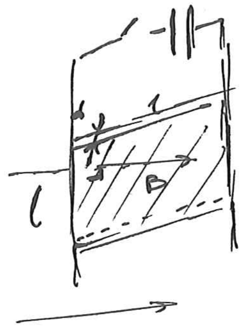
$U_v = |\mathcal{E}_{ind}| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(B \cdot S)}{dt} =$

$= S \cdot \frac{dB}{dt} = S \cdot \beta = \pi R^2 \beta$

т.к. поле меняется, в кольце возникает ЭДС индукции, препятствующая изм-ю поля, ~~на~~ значение которого и покажет вольтметр.

Ответ: $U_v = \pi R^2 \beta$

Задача:



Дано:
$l \times l$, d
ρ – уд. сопр-е
τ – плотность
B, $S = \frac{\tau l d}{2B} g$
c – ?
$x(t)$ – ?

Решение:

$R = l^2 d \cdot \rho$

$m = l^2 d \tau$

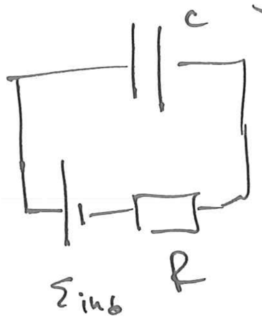
$\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(BS)}{dt} =$

$= -B\frac{dS}{dt} = -Bvl$

площадь за слоем не влияет на ЭДС индукции т.к. это постоянное слагаемое, которое "уходит" при взятии производной

Чистовик

Получаем цепь, в которой вместо заслонки можно нарисовать сопр-е и источник ЭДС инд.:



$$\varepsilon_{ind} = IR + \frac{q}{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{q}{C} = \varepsilon_{ind} - IR$$

$$q = C(\varepsilon_{ind} - IR)$$

$$\frac{dq}{dt} = I = const \Rightarrow q = It + q_0$$

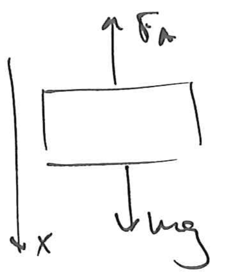
$$q = C(\varepsilon_{ind} - IR), \quad \varepsilon_{ind} = Bvl$$

$$\frac{dq}{dt} = I = \frac{d}{dt}\left(C(\varepsilon_{ind} - IR)\right) = \frac{d}{dt}\cdot C\varepsilon_{ind} - \frac{d}{dt}CIR \to 0$$

т.к. C, I, R – const

$$I = \frac{d}{dt}(C\varepsilon_{ind}) = C\cdot Bl\cdot\frac{dv}{dt}$$

Запишем также II з.Н. для заслонки



$$m\frac{dv}{dt} = -F_A + mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} = -\frac{F_A}{m} + g = -\frac{BIl}{m} + g$$

$$I = C\cdot B\cdot l\cdot\left(-\frac{BIl}{m} + g\right) = -\frac{C}{m}\cdot B^2l^2\cdot I + CBlg$$

$$I = \frac{\tau l d}{2B}g \qquad \frac{\tau l d}{2B}g = C\left(-\frac{B^2l^2}{m}\cdot\frac{\tau\cdot l\cdot d}{2B}\cdot g + Blg\right) =$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$$= C\left(-\frac{B^2\cancel{l^2}}{l^2\cdot \cancel{d}\cdot\cancel{\tau}}\cdot\frac{\cancel{\tau}\cdot l\cdot \cancel{d}}{2\cancel{B}}\cdot g + Blg\right) = C\left(-\frac{Blg}{2} + Blg\right) =$$

$$= \frac{C\cdot Blg}{2} = I = \frac{\tau l\cdot d}{2Bg}$$

$$C = \frac{\tau \cancel{l}\cdot d}{B\cdot g\cdot \cancel{l}\cdot Bg} = \boxed{\frac{\tau d}{B^2g^2}}$$

$$m\frac{dv}{dt} = -F_A + mg = -BIl + mg \qquad \frac{dv}{dt} = a_x = \frac{mg - BIl}{m}$$

B, I, l, m, g – const $\Rightarrow \frac{dv}{dt} = const \Rightarrow$

$\Rightarrow$ это просто движ-е с пост. уск-ем

$x_0 = 0$

$v_0 = 0$

$$v(t) = a_x\cdot t = \left(g - \frac{BIl}{m}\right)t = \left(g - \frac{\cancel{B}\cdot\tau l\cdot d}{2\cancel{B}}\cdot g\cdot\frac{1}{m}\right)t =$$

$$= gt\left(1 - \frac{\cancel{\tau l}\cdot \cancel{d}}{2}\cdot\frac{\cancel{l}}{\cancel{l^2}\cdot\cancel{d\tau}}\right) = \boxed{\frac{gt}{2}}$$

$$x(t) = \frac{a_x t^2}{2} = \frac{g}{2}\cdot\frac{t^2}{2} = \boxed{\frac{gt^2}{4}}$$

Ответ: $C = \frac{\tau d}{B^2g^2}$

$v(t) = \frac{gt}{2}$

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

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