выход: 15:54
возвращение: 15:56

0 152953 560008

15-29-53-56
(144.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

сдано 17:01

Вариант ____________

Место проведения Санкт-Петербург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Новоселова Александра Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«4» апреля 2025 года

Подпись участника

Новог

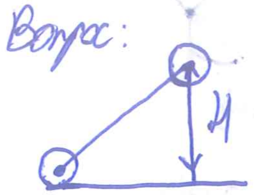
15-29-53-56
(144.3)

№	1	2	3	4	Σ
	5	4	2	5	16
	13	20	4	18	55

Σ' 71

Черновика нет

1) Вопрос:

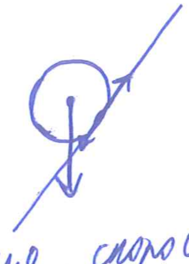


закон сохранения энергии

$mgH = E_k$

$E_k = \frac{mU^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$

U – скорость центра масс цилиндра
ω – его угловая скорость

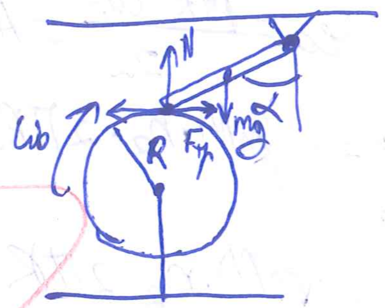


т.к. цилиндр скатывается без проскальзывания, скорость ~~нижней точки~~ точки соприк-ия цилиндра $=0 \Rightarrow \omega R = U$ $\quad \omega = \frac{U}{R}$ $\quad J = mR^2$

$E_k = \frac{mU^2}{2} + \frac{mR^2 \cdot \frac{U^2}{R^2}}{2} = mU^2$

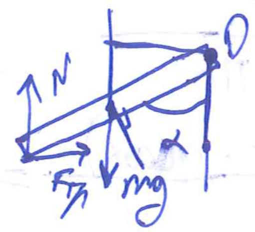
$mgH = mU^2$ $\quad U = \sqrt{gH}$ +

Задача:



M; R; ω0
m; α = 60°
$n_1 = 160$
n_2 – ?

$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$
$\cos 60° = \frac{1}{2}$
$\sin 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$



Найдем значение $F_{тр}$

т.к. стержень находится в покое отн. точки O:

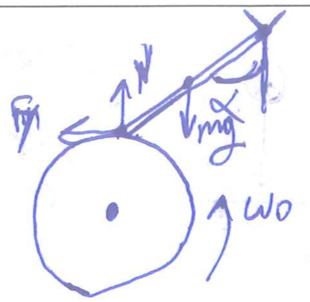
$F_{тр} = \mu N$; ? $l \cdot N \cdot \sin\alpha = \frac{l}{2} mg \cdot \sin\alpha + l \cdot \mu N \cdot \cos\alpha$

не обознач.

$N \cdot \sin\alpha = \frac{mg \cdot \sin\alpha}{2} + \mu N \cos\alpha$

$N(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = \frac{mg \cdot \sin\alpha}{2}$; $N = \frac{mg \cdot \sin\alpha}{2(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)}$

$F_{тр} = \mu N$



для 2-го случая:

$$\cancel{l}\cdot N\cdot\sin\alpha + \cancel{l}\cdot\mu N\cdot\cos\alpha = \frac{\cancel{l}}{2}mg\cdot\sin\alpha$$

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

$$N = \frac{mg\cdot\sin\alpha}{2(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)}$$ ЗИМЕ.

$$E_0 = \frac{MR^2\cdot\omega_0^2}{2} = A_{Fтр2}$$

$$A_{Fтр2} = (\mu N)\cdot n_2\cdot 2\pi R$$

$$\frac{MR^2\cdot\omega_0^2}{2} = (\mu N)\cdot n_2\cdot 2\pi R$$

$$n_2 = \frac{MR^2\cdot\omega_0^2}{2\mu N\cdot 2\pi R}$$

$$n_2 = \frac{MR^2\cdot\omega_0^2\cdot 2(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)}{4\mu mg\cdot\sin\alpha\,\pi R} =$$

$$= \frac{MR^2\cdot\omega_0^2(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)}{2\mu mg\cdot\sin\alpha\,\pi}$$

Ошибка?

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

$$\cancel{\frac{l_0'}{d'}=\frac{l_0}{d}}$$

$$\cancel{l_0'=\frac{l_0 d'}{d}}$$

$$\cancel{l_0=\frac{l_0 d'}{d}+L\cdot\sin\alpha}$$

$$\cancel{l_0\left(1-\frac{d'}{d}\right)=L\cdot\sin\alpha}$$

$$\begin{cases}\frac{b}{d'}=\frac{a}{d} & a=\frac{bd}{d'}\\ \frac{bd}{d'}-b=L\cdot\cos\alpha\end{cases}$$

$$b\left(\frac{d}{d'}-1\right)=L\cdot\cos\alpha \qquad b=\frac{L\cdot\cos\alpha}{\frac{d}{d'}-1}=\frac{L\cdot\cos\alpha\, d'}{d-d'}$$

$$a=\frac{L\cdot\cos\alpha\cdot d}{d-d'} \qquad b=\frac{L\cdot\cos\alpha\, d'}{d-d'}$$

$$-\frac{1}{F}=\frac{1}{a}-\frac{1}{b} \qquad \frac{1}{F}=\frac{1}{b}-\frac{1}{a}$$

$$F=\frac{ab}{a-b}$$

$$F=\frac{L\cos\alpha\cdot d\cdot L\cos\alpha\, d'}{(d-d')^2\,\cancel{\left(\frac{L\cos\alpha}{d-d'}\right)}\cancel{(d-d')}}$$

$$F=\frac{L\cdot\cos\alpha\, d\cdot d'}{(d-d')^2} \qquad \cos\alpha=\sqrt{1-\left(\frac{13}{85}\right)^2}$$

Ответ: $F=\frac{0{,}85м\cdot\sqrt{1-\left(\frac{13}{85}\right)^2}\cdot 0{,}002м\cdot 0{,}0012\,м}{(0{,}002м-0{,}0012м)^2}$

15-29-53-56
(144.3)

№3) Вопрос.

потенциал создаваемой внутри себя сферой 2R, такой же как создаваемый его же на своей поверхности, деленный на ε

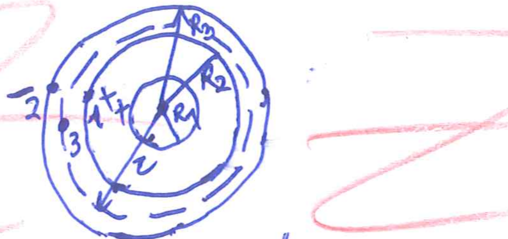
$$\varphi_2=\frac{-kq}{2R} \qquad \varphi_1(A)=\cancel{\frac{kq}{\varepsilon\cdot 3R}}\ \frac{kq}{R+\frac{1}{2}\varepsilon R}$$

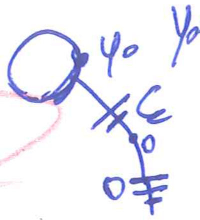
$$\varphi_2(A)=\frac{-kq}{2R\varepsilon} \qquad \cancel{\varphi_A=\frac{2kq}{3\varepsilon R}-\frac{kq}{2\varepsilon R}}=$$

$$=\cancel{\frac{kq}{\varepsilon R}\left(\frac{4}{6}-\frac{3}{6}\right)=\frac{kq}{6\varepsilon R}} \qquad \varphi_A=\frac{kq}{R(1+\frac{1}{2}\varepsilon)}-\frac{kq}{2\varepsilon R}=$$

$$=\frac{kq}{R}\left(\frac{1}{1+\frac{1}{2}\varepsilon}-\frac{1}{2\varepsilon}\right)$$

Задача: $R_1=0{,}2\,м$ $\varepsilon=120\,В$





$\varphi_0=120\,В$

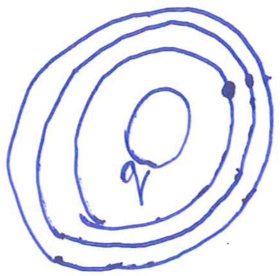
$$\varphi_0=\frac{kq}{R_1} \qquad q=\frac{\varphi_0 R_1}{k}$$

При внесении внутрь шарика ~~с~~ с зарядом, диэлектрик, окружающий его, поляризуется.

$$\varphi_1=\frac{kq}{R_2}=\frac{\varphi_0 R_1}{R_2}$$

?

$$\varphi_2=\frac{\varphi_0 R_1}{R_2+\varepsilon(R_3-R_2)}$$

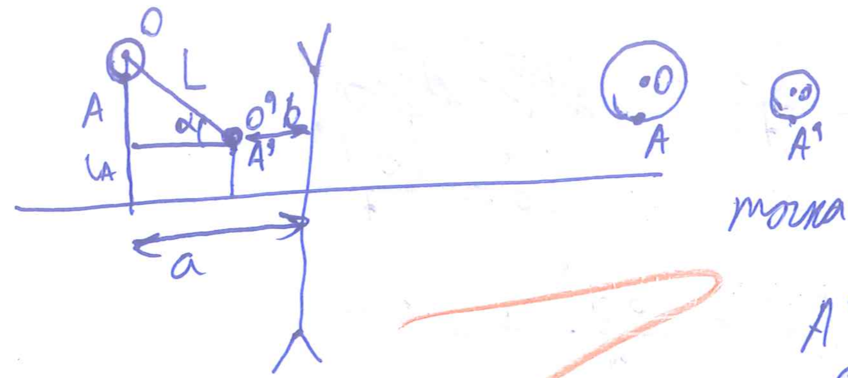


Можно представить систему окружающего диэлектрика в виде сферического конденсатора.

№3 ~~1→2~~ $\cancel{\leftarrow V=const}$

~~2→3~~ $\cancel{\leftarrow T=const}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



$d' = 1,2$ мм

$d = 2$ мм.

точка A – крайняя точка шарика

A' – изображение

O; O' – центры шарика и изображения соответственно

$\cancel{\frac{1}{F}} =$ $\cancel{\frac{b}{l_A'} = \frac{a}{l_A}}$

Для собирающей: $-\frac{1}{F} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$ $\frac{b}{l_0'} = \frac{a}{l_0}$

$$\begin{cases} l_0 = l_0' + L\cdot\sin\alpha \\ \frac{b}{d'} = \frac{a}{d} \\ \frac{b}{l_0'} = \frac{a}{l_0} \\ a-b = L\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

$bl_0 = al_0'$ $l_0 = \frac{al_0'}{b}$

$\cancel{\frac{al_0'}{b} = l_0' + L\cdot\sin\alpha}$ $\cancel{l_0' = \frac{L\cdot\sin\alpha}{\frac{a}{b}-1}}$

$\cancel{l_0 = \frac{a}{b}\left(\frac{L\cdot\sin\alpha}{\frac{a}{b}-1}\right)}$

$\cancel{\frac{b(\frac{a}{b}-1)}{L\cdot\sin\alpha} = \frac{a}{\frac{a}{b}\left(\frac{L\sin\alpha}{\frac{a}{b}-1}\right)}}$

$\frac{a-b}{L\cdot\sin\alpha} =$

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

$$\eta_2 = \frac{0{,}2\cdot 0{,}8}{\left(1-\frac{0{,}2}{0{,}5}\right)\cdot(0{,}8)+0{,}2} = \frac{0{,}16}{(1-0{,}4)\cdot 0{,}8+0{,}2} =$$

$$= \frac{0{,}16}{0{,}6\cdot 0{,}8+0{,}2} = \frac{0{,}16}{0{,}48+0{,}2} = \frac{0{,}16}{0{,}68} = \frac{16}{68} = \frac{8}{34} = \frac{4}{17}$$ +

Ответ?

№4) Вопрос

\+ прямое

\- перевернутое

~~Можно, ~~ ~~у рассеи~~

Можно.

У рассеивающей линзы может быть только $\Gamma_p \in (0;1)$, т.к. изображение прямое мнимое, уменьшенное.

У собирающей: $\Gamma_c \in (-\infty;0)\cup(1;+\infty)$, т.к. мнимые изображения у линзы увеличенные прямые, а действительные перевернутые и может быть как уменьшенное, так и увеличенное. +

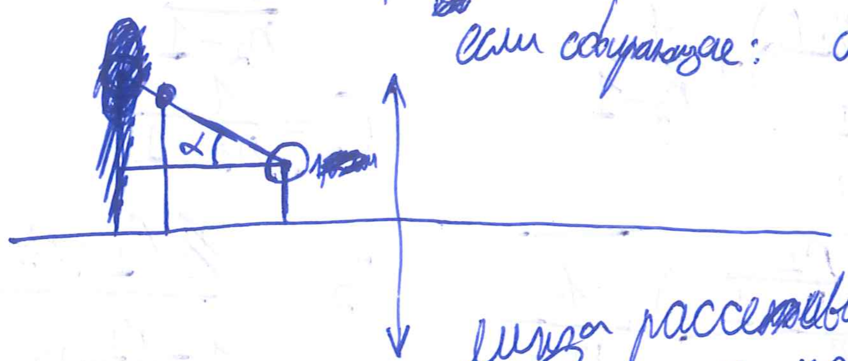
Задача:

$d = 2$ мм

$L = 85$ см

$\alpha = \arcsin\left(\frac{13}{85}\right) \approx 88^\circ$

если собирающая: $d' = 1{,}2$ мм



Линза рассеивающая, т.к. поперечный размер изображения уменьшился ✓

15-29-53-56
(144.3)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№2) Вопрос.

$1\to 2$ $V=\text{const}$; $p\uparrow$ $Q_{12} = 333$ Дж

$2\to 3$ $T=\text{const}$ $p\downarrow$ $Q_{23}-?$

p_1 p_2 $(p_3=p_1)$

V_1 $(V_2=V_1)$ V_3

$\Delta p = p_2\cdot 0{,}1$ $Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$p_1 = p_2 - p_2\cdot 0{,}1$ $Q_{23} = A$

$1\to 2$: $\Delta p\cdot V = \nu R\Delta T$ $Q_{12} = \frac{3}{2}p_2\cdot 0{,}1\cdot V_1$

$2\to 3$ $A_{\substack{T=\text{const}\\2-3}} = \nu RT_2\cdot \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) =$

$\nu RT_2 = p_2V_1$

$\frac{V_3}{V_2} = \frac{p_2}{p_3} = \frac{p_2}{p_2-p_2\cdot 0{,}1} = \frac{1}{1-0{,}1} = \frac{1}{0{,}9}$

$A_{\substack{T=\text{const}\\2-3}} = p_2V_1\cdot \ln\left(\frac{10}{9}\right) = Q_{23}$

$\frac{Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{\ln\left(\frac{10}{9}\right)}{\frac{3}{2}\cdot 0{,}1}$

$Q_{12} = \frac{3}{2}p_2V_1\cdot 0{,}1$

Ответ?

$Q_{23} = \frac{2\ln\left(\frac{10}{9}\right)}{0{,}3}\cdot Q_{12}$; $Q_{23} = \frac{2\ln\left(\frac{10}{9}\right)}{0{,}3}\cdot 333$ Дж.

Задача. $V=\text{const}$ $T=\text{const}$ $\frac{Q_{V=\text{const}}}{A_{ц}} = \text{const}$

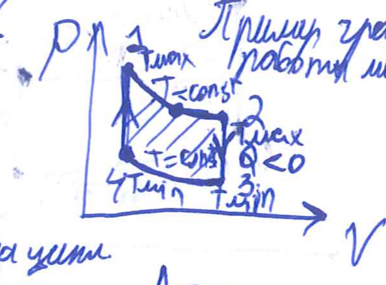
~~Для одной из~~ Для машины 1:

$T_{1max} = n_1T_{1min}$; $n_1 = 1{,}5$ $\eta_1 = 20\%$

для маш. 2:

$T_{2max} = T_{2min}$; $n_2 = 1{,}8$ $\eta_2-?$

Пример графика работы машины:



$Q_V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$Q_{V_1} = \frac{3}{2}\nu R(T_{1max}-T_{1min})$

теплота полученная за цикл

$Q_1 = A_{ц_1} + Q_{V_1}$ $\eta_1 = \frac{A_{ц1}}{A_{ц1}+Q_{V1}}$

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

$$\frac{Q_{V1}}{A_{a1}} = \frac{Q_{V2}}{A_{a2}} \qquad Q_{V2} = \frac{i}{2}\nu R(T_{2max} - T_{2min})$$

$$Q_{V2} = \frac{i}{2}\nu R(n_2 T_{2min} - T_{2min})$$

$$\eta_1 = \frac{A_{a1}}{A_{a1} + \underbrace{\frac{i}{2}\nu R(n_1 T_{1min} - T_{1min})}_{Q_{V1}}} \qquad T_{1min} = T_1 \quad T_{2min} = T_2$$

$\eta_2 - ?$

$$\eta_2 = \frac{A_{a2}}{A_{a2} + \underbrace{\frac{i}{2} T_{2min}\nu R(n_2 - 1)}_{Q_{V2}}}$$

$$\cancel{\eta_1 A_{a1} + \eta_1 \frac{i}{2}\nu R(n_1 - 1) = A_{a1}}$$

$$\cancel{A_{a1} = \frac{\frac{i}{2}\nu R T_1(n_1 - 1)}{1-\eta_1} = \frac{\eta_1 Q_{V1}}{1-\eta_1}}$$

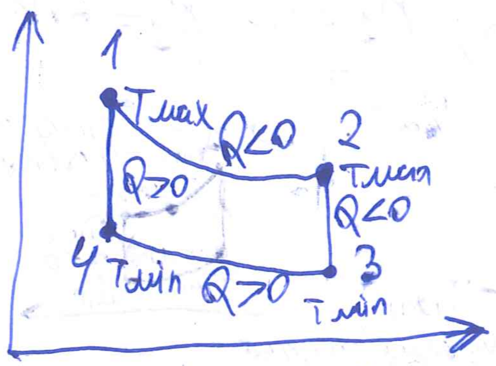
$$\cancel{\frac{\frac{i}{2}\nu R T_1(n_1-1)}{\frac{i}{2}}}$$

$$\eta_1 = \frac{A_{a1}}{A_{a1} + Q_{V1}}$$

$$\eta_1 A_{a1} + \eta_1 Q_{V1} = A_{a1}$$

$$A_{a1} = \frac{\eta_1 Q_{V1}}{1-\eta_1} \qquad \frac{Q_{V1}(1-\eta_1)}{\eta_1 Q_{V1}} = \frac{Q_{V2}}{A_{a2}}$$

$\eta_1 = 20\%$ $\eta_2 - ?$



$$\frac{Q_{V1}}{A_{a1}} = \frac{Q_{V2}}{A_{a2}}$$

$$\eta_1 = \frac{A_{a1}}{Q_{V1} + |A_{34}|}$$

$$\cancel{\frac{A_{34}}{A_{a1}} = \frac{\nu R T_{min}\ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}{\nu R T_{max}\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}}$$

$$\cancel{\frac{A_{34}}{A}} \qquad \frac{A_{34}}{A_{a1}} = \frac{\nu R T_{min}\ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{<0}}{\underbrace{\nu R T_{max}\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}_{>0} + \underbrace{\nu R T_{min}\ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}_{<0}} =$$

$$\left|\frac{A_{34}}{A_{a1}}\right| = \frac{T_{min}\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{T_{max}\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right) - T_{min}\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)} =$$

$$= \frac{T_{min}}{T_{max} - T_{min}} = C = \frac{|A_{34}|}{A_{a1}} \qquad |A_{34}| = C \cdot A_{a1}$$

$$\eta_1 = \frac{A_{a1}}{Q_{V1} + C\cdot A_{a1}}$$

$$\eta_1 Q_{V1} + \eta_1 C A_{a1} = A_{a1}; \quad A_{a1} = \frac{\eta_1 Q_{V1}}{1-\eta_1 C}$$

$$\frac{Q_{V1}}{\frac{\eta_1 Q_{V1}}{1-\eta_1 C}} = \frac{Q_{V2}}{A_{a2}}$$

$$\frac{1-\eta_1 C}{\eta_1} = \frac{Q_{V2}}{A_{a2}} \qquad Q_{V2} = A_{a2}\left(\frac{1-\eta_1 C}{\eta_1}\right)$$

Для η_2 аналогично

$$\eta_2 = \frac{A_{a2}}{Q_{V2} + C_2 A_{a2}} \qquad C_2 = \frac{T_{2min}}{T_{2max} - T_{2min}}$$

$$C_2 = \frac{T_{2min}}{n_2 T_{2min} - T_{2min}} = \frac{1}{n_2 - 1}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{\left(\frac{1-\eta_1 C}{\eta_1}\right) + \frac{1}{n_2-1}} \qquad C = \frac{1}{n_1 - 1}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{\left(\frac{1-\frac{\eta_1}{n_1-1}}{\eta_1}\right) + \frac{1}{n_2-1}} \qquad \eta_2 = \frac{\eta_1(n_2-1)}{\left(1-\frac{\eta_1}{n_1-1}\right)(n_2-1) + \eta_1}$$

$$\eta_2 = \frac{0{,}2(1{,}8-1)}{\left(1-\frac{0{,}2}{1{,}5-1}\right)(1{,}8-1) + 0{,}2}$$