0 679342 360006

67-93-42-36
(139.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 06

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников
наменование олимпиады
„Покори Воробьёвы Горы"

по физике
профиль олимпиады

Шаранова Даниила Евгеньевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Сдал в 16¹⁵

Дата

«3» апреля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

$I=\int r^2 dm=\int r^2\frac{2\pi r dr}{\pi R^2}m=\frac{m}{R^2}\int 2r^3dr=\frac{mR^2}{2}$

$\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{qV}{r^2}\cdot dl\, dS\, n_e=$

$I=\frac{dq}{dt}=\frac{n_e S V dt\cdot q}{dt}=n_e V q=SVq=\frac{I}{n_e}$

$628 \mid 9,8$; 6

$340 \mid 8$; $42,5$

$1,76\cdot 1,76=3,0976$

$1,75\cdot 1,75=3,0625$

$1,73\cdot 1,73=2,9929$

$l=R\delta\sin\alpha+l(1-\frac{\delta^2}{2})$

$R\delta\sin\alpha=\frac{l\delta^2}{2}$

$l=\frac{2R\sin\alpha}{\delta}$

$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=c$

$\mu_0=\frac{1}{c^2\varepsilon_0}$

$5,6\cdot 3,14$

$512\cdot 3,14=1607,68$

$1607\cdot 10^{-6}\approx 1,6\cdot 10^{-3}$

$\frac{\sqrt{0,628\cdot 0,02}}{4\cdot 3,14\cdot 2414}$ $3,14$

$\frac{0,01\sqrt{62,8\cdot 2}}{4\cdot 2414}=0,01\sqrt{125,6}$

Черновик

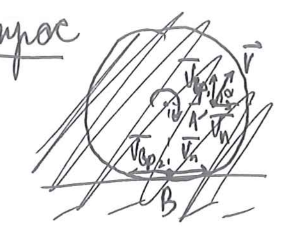
67-93-42-36 (139.1)

58 (пятьдесят восемь)

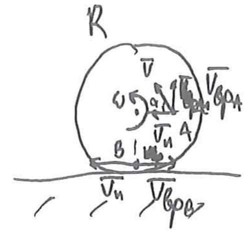
№	1	2	3	4	Σ
Т	5	5	5	4	19
З	5	9	10	15	39

Задание 1

Вопрос



Каждая точка цилиндра участвует во вращательном и пост. движениях, т.е. $\vec{V_i}=\vec{V_{вр\,i}}+\vec{V_п}$ (за искл. центра, движущегося с $\vec{V_п}$)



для т. A: $\vec V=\vec{V_п}+\vec{V_{вр\,A}}$

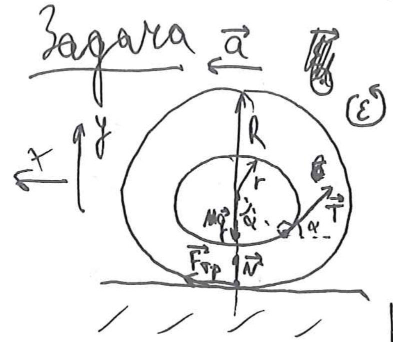
$V_п=V\cos\alpha$; $V_{вр\,A}=\omega\frac{R}{2}=V\sin\alpha$

~~для т. B: $\vec{V_B}=\vec{V_п}+\vec{V_{вр\,B}}$~~

$V_п=V\sqrt{1-\sin^2\alpha}=V\sqrt{1-(\frac{24}{25})^2}=\frac{7}{25}V=0,28V$

Ответ: 0,28 V

Задача



Нить лёгкая ⇒ $T=F=\frac{5}{8}Mg$

Сила натяжения нити прикладывается к катушке по касательной к окр-ти r т.к. нить свободно сматывается

Нижняя точка покоится относительно Земли ⇒ её ускорение: $a-\varepsilon R=0$

$a=\varepsilon R$ – поступ. уск. ц. катушки

Из осн. ур. вр. дин.: $I\varepsilon=Tr-F_{тр}R$,

где $I=\frac{MR^2}{2}$ – момент инерции катушки (мом. ин. цилиндра r пренебрегаем т.к. он лёгкий)

По 2-му з. Н. на ox: $F_{тр}=Ma$?

$\frac{MR^2}{2}\cdot\frac{a}{R}=\frac{5}{8}Mgr-MaR$

$a=g\frac{\frac{5}{8}r}{\frac{R}{2}+R}=g\frac{5r}{12R}=g\frac{5}{12}\cdot\frac{12}{25}=\frac{g}{5}$

По 2-му з. Н. на oy: $N+T\sin\alpha=Mg$

$N=Mg-\frac{5}{8}Mg\cdot\frac{24}{25}=(1-\frac{3}{5})Mg=0,4Mg$

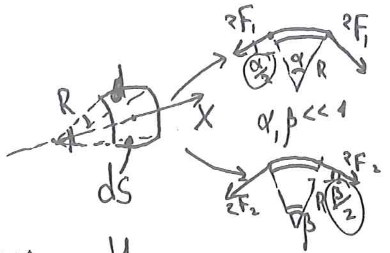
Лист 1 из 5

$F_{тр.ск.} = F_{тр} = Ma = \frac{1}{5}Mg \leq \mu N = \frac{2}{5}\mu Mg \Rightarrow \mu \geq 0{,}5$

Ответ: $a = 0{,}2g$ при $\mu \geq 0{,}5$

$\boxed{\text{Задание 2}}$

Вопрос



Возьмём малую пр-ую часть плёнки $dS \approx \alpha R \cdot \beta R = \alpha\beta R^2$

$F_1 = \beta R \cdot \sigma$

$F_2 = \sigma \cdot \alpha R$

По 1-му з. Н.

На Ox: $(p+\Delta p)dS = p\,dS + 4F_1\frac{\alpha}{2} + 4F_2\frac{\beta}{2}$

$\Delta p \cdot \alpha\beta R^2 = 4\alpha\beta R\sigma \Rightarrow \Delta p = \frac{4\sigma}{R}$ +

~~Задача Мин. Сила, необходимая для надутия пузыря равна ... – такая сила необходима, чтобы превзойти перепад давления.~~

Считая процесс квазистатическим: $\Delta p(r) = \frac{4\sigma}{r}$, где r – радиус пузыря в данный момент времени

$S(r) = 4\pi r^2$

~~$A = \int F dr = \int_0^R \frac{8\sigma}{r} \cdot 4\pi r^2 dr = \int_0^R 32\sigma\pi r\, dr = 16\sigma\pi r^2$~~

Мин. сила, необходимая для надувания: $F = (p_A + \Delta p)S$

$A = \int_0^R F dr = \int_0^R (4\pi r^2 p_A + 16\sigma\pi r)dr = \frac{4}{3}\pi R^3 p_A + 8\sigma\pi R^2$

$A = \frac{4}{3}\pi R^3 p_A + 8\sigma\pi R^2$; $A = \frac{4}{3}\cdot 3{,}14 \cdot (0{,}04м)^3 \cdot 10^5 Па + 8 \cdot 0{,}04\frac{Н}{м} \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}04м)^2$

$\approx 25{,}6$ Дж $+ 51$

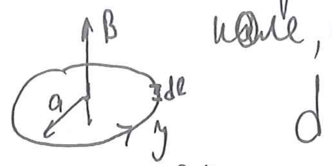
Лист 2 из 5

67-93-42-36 (139.1)

Задание 3

Каждый элемент тока dl создаёт в центре поле, по модулю равное:

Вопрос



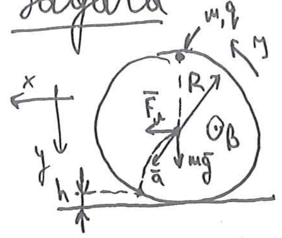
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I\,dl}{a^2}$$

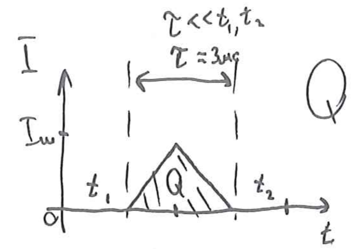
$$B = \oint dB = \int_0^{2\pi a} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\,dl}{a^2} = \frac{\mu_0 I}{2a}$$

Ответ: $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$

+

Задача





$$Q = \int_{(\tau)} I\,dt$$

$$p_л = \int_{(\tau)} F_л\,dt = \int_{(\tau)} q V_{y_1} \frac{\mu_0 I}{2a}\,dt = q V_{y_1} \frac{\mu_0 Q}{2a}$$

По 2-му з. Н. в имп. форме (на x): $m V_x = p_л = q V_{y_1} \frac{\mu_0 Q}{2a}$

Из кинематики: $2gR = V_{y_1}^2 \Rightarrow V_{y_1} = \sqrt{2gR}$ для t_1

для t_2: $(R-h) = V_{y_1} t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = \sqrt{2gR}\, t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$

$$\sqrt{R^2-(R-h)^2} = V_x t_2 \Rightarrow V_x = \frac{\sqrt{R^2-(R-h)^2}}{t_2}$$

$$t_2^2 + 2\sqrt{\frac{2R}{g}}\, t_2 - \frac{2(R-h)}{g} = 0$$

$$t_{2_{1,2}} = -\sqrt{\frac{2R}{g}} \pm \sqrt{\frac{2R}{g} + \frac{2(R-h)}{g}}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{4R-2h}{g}} - \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

$t_1 = \frac{V_{y_1}}{g} = \sqrt{\frac{2R}{g}}$

$t_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot 0{,}628}}{\sqrt{9{,}8}}$ с

– число порядка $0{,}1$ с $>> 3$ мс $\Rightarrow$

$\Rightarrow t_1, t_2 >> \tau \Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{F}_л \parallel Ox$

$$V_x = \frac{\sqrt{R^2-(R-h)^2}}{\sqrt{4R-2h} - \sqrt{2R}} \sqrt{g}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2a V_x}{\mu_0 Q V_{y_1}} = \frac{2a}{\mu_0 Q} \frac{\sqrt{R^2-(R-h)^2}}{\sqrt{2R}\left(\sqrt{4R-2h} - \sqrt{2R}\right)} = \frac{2a}{\mu_0 Q} \frac{\sqrt{R^2-(R-h)^2}}{\sqrt{8R^2-4hR} - 2R}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{a}{\mu_0 Q} \frac{\sqrt{R^2-(R-h)^2}}{\sqrt{2R^2-hR} - R}$$

Если считать $h << R$: $\frac{q}{m} = \frac{a}{\mu_0 Q} \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{\sqrt{2R^2-hR} - R} =$

Лист 3 из 5

~~$= \frac{a}{\mu_0 Q} \frac{\sqrt{2Rh}\left(1-\frac{h}{2R}\right)^{1/2}}{R\left(\sqrt{2}\left(1-\frac{h}{2R}\right)^{1/2}-1\right)} \approx \frac{a}{\mu_0 Q}\sqrt{\frac{2h}{R}} \frac{1-\frac{h}{4R}}{\sqrt{2}-\frac{\sqrt{2}h}{4R}-1}$~~

$$= \frac{a}{\mu_0 Q}\sqrt{\frac{h}{R}} \frac{\sqrt{2R-h_R}}{\sqrt{2-\frac{h}{R}}-1} \approx \frac{a}{\mu_0 Q}\sqrt{\frac{h}{R}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} = \frac{a}{\mu_0 Q}\sqrt{\frac{h}{R}}\left(2+\sqrt{2}\right)$$

где $a = R$ - радиус кольца

$$\frac{q}{m} \approx \frac{\sqrt{Rh}}{\mu_0 Q}\left(2+\sqrt{2}\right)$$

Ответ: $\frac{q}{m} \approx \frac{\sqrt{Rh}}{\mu_0 Q}\left(2+\sqrt{2}\right)$

Задание 4

Вопрос

Ответ: характерные размеры системы много больше длины волны света; лучи, проходящие через ~~линзы~~ опт. приборы — параксиальные +

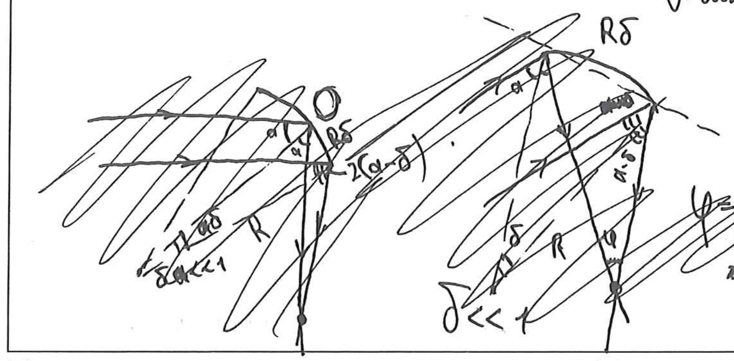
Задача Длина волны звука, издаваемого источником S равна: $\lambda = \frac{c}{\nu}$; $\lambda = \frac{340 \frac{м}{с}}{8 \cdot 10^3 с^{-1}} = 4{,}25 \cdot 10^{-4}$ м $<< 1{,}5$ м +

Следовательно используем следующие приближения:

- ~~звуковые волны распространяются прямыми~~
- распространение звука соответствует законам геометрической оптики +
- стена действует как ~~сферическое~~ тонкое цил. зеркало
- источник достаточно ~~далеко~~ далеко от стены ⇒

⇒ лучи, исходящие из него, параллельны +

Микрофон расположен в точке схождения отражённых лучей



~~$\varphi = \pi - \left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) - \left(\frac{\pi}{2}+\alpha-\delta\right) = \delta$~~

Лист 4 из 5

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

~~Цил. зеркало создаёт~~

Изображение источника, расположенного на ~~по~~ бесконечности, в цил. зеркале располагается в фок. плоскости на расстоянии $F = \frac{R}{2}$ от ~~пл~~ пл-ти зеркала

Таким образом $l = \frac{F}{\cos\alpha} = \frac{R}{2\cos\alpha}$

$l = \frac{30\,м}{\sqrt{3}} = 10\sqrt{3}\,м \approx \cancel{17{,}3} 17\,м$ Ответ: $\approx 17\,м$

$\boxed{\text{Задание 2}}$ Задача Б

Мин. сила, необх. для надувания пузыря это сила, противодействующая перепаду давления: $F = \Delta p S$

$\Delta p = \frac{4\sigma}{r}$; $S = 4\pi r^2$ – т.к. процесс квазистатический

$A = \int_0^R F\,dr = \int_0^R 16\pi\sigma r\,dr = 8\pi\sigma R^2$

$A = 8 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}04\,\frac{Н}{м} \cdot (0{,}04\,м)^2 \approx 1{,}6 \cdot 10^{-3}\,Дж = 1{,}6\,мДж$

Ответ: $A_{min} \approx 1{,}6\,мДж$

Лист 5 из 5

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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