0 959978 140006

95-99-78-14
(139.1)

сдала 16.15

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 6

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьёвы горы!"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Голомысовой Марии Михайловны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«3» апреля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$$\frac{a}{\cos\alpha}\cdot\sin\alpha\cdot\frac{a}{\cos\alpha}\cdot d\alpha\cdot\frac{1}{\cos\alpha} = \frac{a^3}{\cos^3\alpha}$$

$$= \frac{1}{a}\sin\alpha\, d\alpha \qquad -\frac{2}{R}$$

$$\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cdot 2a = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$\frac{2\sqrt{2gR-2gh}-\sqrt{2gR}}{2g} = \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{\sqrt{2gR}\,\mu_0 Q}\cdot 2R \cdot \frac{m}{q}$$

$$\frac{2\sqrt{R}\cdot\sqrt{2}\cdot\sqrt{2-\frac{h}{R}}-\sqrt{R}\cdot\sqrt{2}}{2\sqrt{g}} = \frac{\sqrt{2}\cdot\sqrt{2Rh-h^2}\cdot\sqrt{R}}{\sqrt{g}\cdot\mu_0 Q}\cdot\frac{m}{q}$$

$$\sqrt{2-\frac{h}{R}}-\frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2R-h^2}}{\mu_0 Q}\cdot\lambda \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{\mu_0 Q}{\sqrt{2Rh-h^2}}\cdot\frac{2\sqrt{2-\frac{h}{R}}-1}{2}$$

$1{,}8^2 = 3{,}24$

$$\frac{2}{62{,}8} = \frac{1}{31{,}4} = 0{,}3332$$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2}$

$\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{1}{4}$

$0{,}96^3$: $0{,}96 \times 0{,}96 = 0{,}9216$; $0{,}6336$

$0{,}96 \times 0{,}6 = 0{,}576$

300

$\sqrt{3}$, $\sqrt{2}$: $1{,}5^2 = 2{,}25$; $1{,}6^2 = 2{,}56$; $1{,}7^2 = 2{,}89$

$$\frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha}+1 = 5 = \frac{1}{\sin^2\alpha} \Rightarrow \sin^2\alpha = \frac{1}{5}, \quad \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$1 - 0{,}6336 = 0{,}3664 \approx 0{,}36$

$0{,}6$

$450 : 80 = 5{,}62$

$$\frac{5}{4}-\frac{0{,}6336}{4}+0{,}576 = \frac{4{,}3664}{4}+0{,}576 = 1{,}0916+0{,}576 = 1{,}6676$$

$1{,}3^2 = 1{,}69$

$17 : 4 = 4{,}25$

$1{,}0916 + 0{,}5760 = 1{,}6676$

$$\frac{340}{8000} = \frac{34}{800} = \frac{17}{400}$$

$$\frac{4{,}25}{100} = 4{,}25 \text{ см}$$

95-99-78-14 (39.1)

Оценка изменена по результатам апелляции.

(по задаче ...)

5 I

~~4~~

N	T	3
1	5	5
2	5	9
3	5	7
4	5	8
W	19	30

Чистовик

№2

Вопрос: p_c, $p_в$, σ

Мыльная плёнка создаёт дополнительное лапласовское давление $p_л = \frac{4\sigma}{R}$ (коэффициент "4", т.к. плёнка имеет 2 поверхности)

тогда $p_c + \frac{4\sigma}{R} = p_в \Rightarrow \boxed{p_в - p_c = \frac{4\sigma}{R}}$ +

т.к. система в равновесии

лапласовское давление плёнки радиусами R_1 и R_2 $p_л = \frac{\sigma}{R_1}+\frac{\sigma}{R_2}$

поэтому для сферы $p_л = \frac{2\sigma}{R}$

Задача:

~~$A = E_к$ ← конечная энергия системы~~

~~$E_к = 2\sigma S = 2\sigma\cdot(4\pi R^2)$~~

~~$A + A_A = E_к$ ← конечная энергия системы~~

~~A_A — работа атмосферы, когда в ней расширяется пузырь~~

~~A — необходимая работа~~

~~$A_A = -p_A\Delta V = -p_A\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$~~

~~$E_к = 2\sigma S = 2\sigma\cdot(4\pi R^2) = 8\pi R^2\sigma$~~

~~$A = 8\pi R^2\sigma + \frac{4}{3}\pi R^3 p_A$~~

~~$A = 4\pi R^2\left(2\sigma + \frac{1}{3}p_A\cdot R\right) \approx 3{,}14\cdot 4\cdot 0{,}04^2\,м^2\left(2\cdot 0{,}04 + \frac{1}{3}\cdot 10^5\cdot 0{,}04\right)$~~

v

Пузырёк надувают медленно, поэтому можно сказать, что в каждый момент времени $p_г = \frac{4\sigma}{R}+p_A$

$A = A_г$ — работа газа: $\delta A_г = p_г\cdot dV = \left(\frac{4\sigma}{R}+p_A\right)\cdot 4\pi R^2 dR$

$$A_г = \int_0^R 16\pi R\sigma\, dR + 4\pi R^2 p_A\, dR = 8\pi R^2\sigma + \frac{4}{3}\pi R^3 p_A$$

$$A = 4\pi R^2\left(2\sigma + \frac{1}{3}p_A\cdot R\right) = 4\cdot 3{,}14\cdot 0{,}04^2\,м^2\cdot\left(0{,}08\,\frac{Н}{м} + \frac{1}{3}\cdot 10^5\,Па\cdot 0{,}04\,м\right) \approx 4\cdot\frac{3}{3}\cdot 0{,}04^3\cdot 10^5 = \frac{4^4}{10^6}\cdot 10^5$$

(то же самое можно получить через работу атмосферы: $A + A_A = E_к$

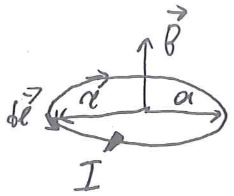
$A_A = -p_A\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$

$E_к = 2\sigma S = 8\pi R^2\sigma$)

Ответ: $A \approx 25{,}6$ Дж ($\pi \approx 3$ и $2 \ll \frac{10^5}{3}$)

№31 Чистовик

Вопрос:



~~из закона~~ по закону Био-Савара

Лапласа: $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}$

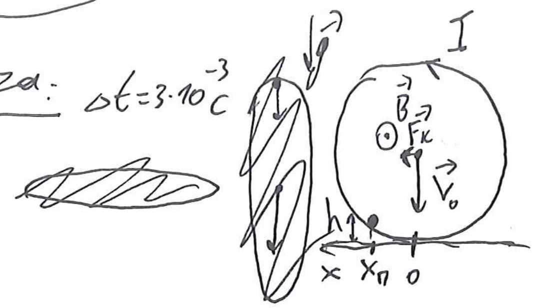
тогда $dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cdot a}{a^3} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a^2} \cdot 2\pi a = \frac{\mu_0 I}{2a}$ +

т.к. $d\vec{l} \perp \vec{r} \Rightarrow |[d\vec{l} \times \vec{r}]| = |d\vec{l}| \cdot |\vec{r}|$

$|\vec{r}| = a$

$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$

Задача: $\Delta t = 3 \cdot 10^{-3}$ с



1). $mgR = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gR}$ – скорость с которой пылинка пролетала центр

За время протекания заряда будем считать, что пылинка не успела сдвинуться или изменить свою скорость ~~на~~ заметно, этим можно пренебречь.

т.к. $\Delta V \approx g \cdot 3 \cdot 10^{-3} \approx 0{,}03$ м/с $\ll V_0$ (V_0 порядка 3–4 м/с)

Тогда можно считать, что на частицу подействовала сила $F_K = qBV_0 = qV_0 \cdot \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{qV_0\mu_0}{2R} \cdot \frac{Q}{\Delta t}$, где q – заряд частицы

т.к. $I \approx \frac{Q}{\Delta t}$ и в центре кольца (а мы считаем, что частица сдвинуться не успела) $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

$F_K = ma_x = m\frac{\Delta V_x}{\Delta t} = \frac{qV_0\mu_0}{2R} \cdot \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta V_x = \frac{q}{m} \cdot V_0 \cdot \frac{\mu_0 Q}{2R}$

$\frac{q}{m}$ – искомая величина

тогда: $\begin{cases} R - h = V_0 t + \frac{gt^2}{2} \\ t = \frac{x_п}{\Delta V_x} \end{cases}$, где $x_п$ – координата по ~~X~~ OX, где упала частица, O – центр кольца

$x_п = \sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \sqrt{2Rh - h^2}$

Черновик

$0{,}03$

$\frac{2\delta}{R} + p_A = p_2$

$\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)' = 4$

$dA_1 = \left(\frac{2\delta}{R} + p_A\right) \cdot dV = \left(\frac{2\delta}{R} + p_A\right) \cdot 4\pi R^2 dR$

$\frac{1}{3{,}14}$

$dA_2 = 8\delta R dR + 4\pi R^2 p_A dR$

$\frac{6{,}28 - 1}{3{,}14} =$

$12{,}5 + 12{,}5 = 62{,}5$

$A_2 = 24\delta R^2 + \frac{4}{3}\pi R^3 p_A$

$0{,}09$ $\quad$ $0{,}5$

$\frac{\delta}{R_1} + \frac{\delta}{R_2}$

$12{,}5 + 12{,}5 = 62{,}5$

$4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}04^3 \left(2 + \frac{10^8}{3}\right)$

$4^4 = \frac{256}{10}$

$628 = 4 \cdot 157 \approx 4 \cdot 12{,}5$

$\mu_0 \cdot \frac{\frac{2}{\pi} 2414 \cdot 10^{-3} \cdot}{\sqrt{2 \cdot 0{,}628 \cdot 0{,}02}} \left(\sqrt{2 - \frac{3{,}2}{6{,}28}} - \frac{1}{2}\right) =$

$1{,}256 \rightarrow 2{,}512$

$\approx \mu_0 \cdot \frac{2414 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2 \cdot 12{,}5 \cdot 10^{2} \cdot \sqrt{0{,}1}}} \cdot 0{,}9$

$6{,}5 : 8 = 0{,}8125$

$\frac{10}{20}$

π $\quad$ 10

$3{,}14 \times 12 = 6\,28 + 314 = 37{,}68$

$\sqrt{0{,}1}$

$= \mu_0 \cdot \frac{1207 \cdot 9}{125 \cdot \sqrt{0{,}1} \cdot 10} \approx$

$0{,}9^2 = 0{,}81$

$\frac{2414 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}9}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}333 \cdot 125} =$

$0{,}1^2 = 0{,}01$

$\approx \mu_0 \cdot \frac{1207 \cdot 30}{1250} = \mu_0 \cdot \frac{36210}{1250} \approx 3\mu_0$

$99 \times 99 = 891 + 891 = 0{,}9801$

$0{,}5^2 = 0{,}25$

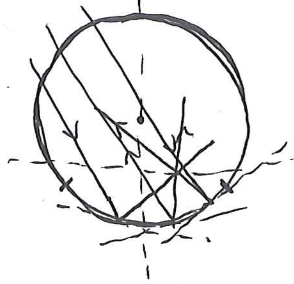
$0{,}3^2 = 0{,}09$

$0{,}333333333$

$36210 : 1250 = 2{,}9$

-2500

11210



$\frac{1207 \cdot 9}{1250 \cdot 0{,}3333} \approx \frac{1207 \cdot 30}{1250}$

$= \frac{1207 \cdot 9 \cdot 10^{-9}}{3{,}333 \cdot 10^{-4} \cdot 125} = \frac{1207}{125} \cdot 3$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

95-96-78-14 (139.1)

Чистовик

$\cancel{R+h = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{\Delta V_x} + \frac{g}{2} \cdot \frac{2Rh-h^2}{\Delta V_x^2}}$

$$gt^2 + 2V_0 t - 2(R-h) = 0$$

$$D = 4V_0^2 + 8g(R-h) \Rightarrow t = \frac{-V_0 + 2\sqrt{V_0^2 + 2g(R-h)}}{2g} = \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{\Delta V_x}$$

$$\frac{2\sqrt{2gR + 2gR - 2gh} - \sqrt{2gR}}{2g} = \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{\sqrt{2gR} \cdot \mu_0 Q} \cdot 2R \cdot \frac{m}{q}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{\mu_0 Q}{\sqrt{2Rh-h^2}} \cdot \frac{2\sqrt{2-\frac{h}{R}} - 1}{2} \cancel{\approx \mu_0 \cdot 2414 \cdot 10^{-3}} \approx \frac{\mu_0 Q}{\sqrt{2Rh}} \cdot \frac{2\sqrt{2-\frac{h}{R}} - 1}{2}$$

$h << R$, поэтому $2Rh - h^2 = h(2R-h) \approx 2Rh$

$\cancel{2\sqrt{2-\frac{h}{R}} \approx 2}$

$$\frac{q}{m} \approx 30\mu_0 \left[\frac{Кл}{кг}\right] = 30 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \approx 376{,}8 \cdot 10^{-7} \approx 37{,}7 \ \frac{мкКл}{кг}$$

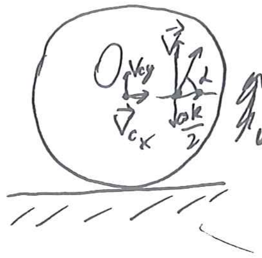
Ответ: $\frac{q}{m} \approx \cancel{30\mu_0 \left[\frac{Кл}{кг}\right]} \approx 37{,}7 \ \frac{мкКл}{кг}$

$\frac{q}{m} = \frac{\mu_0 Q}{\sqrt{2Rh-h^2}} \cdot \frac{2\sqrt{2-\frac{h}{R}} - 1}{2} \approx \frac{\mu_0 Q}{\sqrt{2Rh}} \cdot \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right)$, с учётом $h << R$

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

№1) Частовик

Вопрос:



движение без проскальзывания $\Rightarrow V_{cx} = \omega R$,
ω – угловая скорость вращения
V_{cx} – скорость центра масс по OX

~~$V\cos\alpha = V_c \Rightarrow V = \frac{V_c}{\cos\alpha}$~~
~~$V\sin\alpha = \frac{\omega R}{2} \Rightarrow \frac{V_c}{\cos\alpha}\cdot\sin\alpha = \frac{V_c}{2}$~~
~~$V_c = V\sqrt{1}$~~

Видимо у центра есть ещё и составляющая по OY, иначе было бы: $\begin{cases} V\cos\alpha = V_c \\ V\sin\alpha = \frac{\omega R}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{V_c}{\cos\alpha}\cdot\sin\alpha = \frac{V_c}{2} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2}$, а это не так

(+) АК

тогда: $\begin{cases} V\cos\alpha = V_{cx} \\ V\sin\alpha = V_{cy} - \frac{\omega R}{2} = V_{cy} - \frac{V_{cx}}{2} = V_{cy} - \frac{V\cos\alpha}{2} \Rightarrow V_{cy} = V\left(\sin\alpha + \frac{\cos\alpha}{2}\right) \end{cases}$

тогда $V_c = \sqrt{V_{cx}^2 + V_{cy}^2} = \sqrt{V^2\cos^2\alpha + V^2\sin^2\alpha + V^2\frac{\cos^2\alpha}{4} + V^2\cos\alpha\sin\alpha} =$

$= V\cdot\sqrt{\frac{5}{4} - \frac{\sin^2\alpha}{4} + \cos\alpha\sin\alpha}$

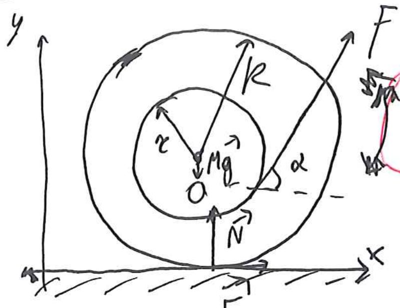
~~$\cos\alpha\sin\alpha \ll \sin^2\alpha$, т.к. $\cos\alpha \ll \sin\alpha$ $(\cos\alpha = \sqrt{1-0{,}96^2})$ тогда $V_c \approx V\cdot\sqrt{\frac{5}{4} - \frac{\sin^2\alpha}{4}} = \frac{V}{2}\sqrt{5-}$~~

$\cos\alpha = \sqrt{1-0{,}96^2} = \cancel{\sqrt{0{,}6336}} \approx \sqrt{1-0{,}6336} = \sqrt{0{,}3664} \approx 0{,}6$

тогда $V_c \approx V\cdot\sqrt{\frac{5}{4} - \frac{0{,}6336}{4} + 0{,}576} = V\cdot\sqrt{1{,}6676} \approx V\cdot\sqrt{1{,}69} = 1{,}3V$

$\boxed{V_c = 1{,}3V}$

Задача:



(пока не знаем в какую сторону $\vec{F}_{тр}$)

АК ?

пусть катушка имеет угловую скорость ω

Тогда центр масс скорость V_c

причём $V_{cx} = \omega R$

$\Downarrow$

1). ~~$|a_x| = |\varepsilon R|$~~ $a_x = -\varepsilon R$

2). $Fr + F_{тр}R = -\frac{MR^2}{2}\varepsilon$?

3). $F\cos\alpha + F_{тр} = Ma_x$?

тогда $\frac{2Fr}{R} + 2F_{тр} = +F\cos\alpha + F_{тр}$

$(F_{тр} = F(\cos\alpha - 2\frac{r}{R}))$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

95-99-78-14 (13Сз)

Чистовик

$F\cos\alpha + F\cos\alpha - 2F\frac{r}{R} = Ma_x$

$a_x = \frac{2F}{M}\left(\cos\alpha - \frac{r}{R}\right) = \frac{5}{4}g(\cos\alpha - 0{,}48)$

$\cos\alpha \approx 0{,}6 \Rightarrow a_x \approx \frac{5}{4}g(0{,}6-0{,}48) = 0{,}15g = 1{,}5\ м/с^2$

т.е. система начнёт движение вправо с $a_x \approx 1{,}5\ м/с^2$

$F_{тр} = \frac{5}{8}Mg\left(\cos\alpha - \frac{2r}{R}\right) < 0$ (т.е. сила трения влево)

$|F_{тр}| \le \mu N$

по OY: $F\sin\alpha + N = Mg \Rightarrow N = Mg - \frac{5}{8}Mg\sin\alpha$

$\frac{5}{8}Mg\left(\frac{2r}{R} - \cos\alpha\right) \le \mu Mg\left(1 - \frac{5}{8}\sin\alpha\right)$

$\mu \ge \frac{5}{8}\cdot\frac{\frac{2r}{R}-\cos\alpha}{1-\frac{5}{8}\sin\alpha} \approx \frac{5}{8}\cdot\frac{0{,}96-0{,}6}{1-\frac{5}{8}\cdot0{,}96} = \frac{5}{8}\cdot\frac{0{,}36}{1-0{,}6} = \frac{1}{2}\cdot\frac{0{,}09}{0{,}4} = \frac{0{,}45}{0{,}8} \approx 0{,}56$

ответ: $a_x \approx 1{,}5\ м/с^2$; $a_x = \frac{2F}{M}\left(\cos\alpha - \frac{r}{R}\right)$

$\mu \ge \frac{45}{80} \approx 0{,}56$; $\mu \ge \frac{F}{Mg}\cdot\frac{\frac{2r}{R}-\cos\alpha}{1-\frac{F}{Mg}\sin\alpha}$

([illegible] ускорение ε)

$F\cos\alpha - \frac{F\cos\alpha}{3} - \frac{2}{3}\frac{r}{R}F = Ma_x \Rightarrow a_x = \frac{2F}{3M}\left(\cos\alpha - \frac{r}{R}\right) = \frac{5}{12}g(\cos\alpha - 0{,}48)$

$\cos\alpha \approx 0{,}6 \Rightarrow a_x \approx \frac{5}{12}g(0{,}6-0{,}48) = 0{,}05g = 0{,}5\ м/с^2$

т.е. система начнёт движение вправо с $a_x = 0{,}5\ м/с^2$

$F_{тр} = -\frac{1}{3}F\left(\cos\alpha + \frac{2r}{R}\right) < 0$ (т.е. сила трения влево)

$|F_{тр}| \le \mu N$

по OY: $F\sin\alpha + N - Mg = 0 \Rightarrow N = Mg - \frac{5}{8}Mg\sin\alpha$

$\frac{5}{8}\cdot\frac{1}{3}Mg\left(\cos\alpha + \frac{2r}{R}\right) \le \mu Mg\left(1 - \frac{5}{8}\sin\alpha\right) \Rightarrow \mu \ge \frac{5}{24}\cdot\frac{\cos\alpha + \frac{2r}{R}}{1-\frac{5}{8}\sin\alpha} \approx \frac{5}{24}\cdot\frac{0{,}6+0{,}96}{1-0{,}6} = \frac{5}{24}\cdot\frac{1{,}56}{0{,}4}$

$= \frac{50}{24}\cdot0{,}39 = \frac{50}{8}\cdot0{,}13 = \frac{6{,}5}{8} = 0{,}8125$

ответ: $a_x = \frac{2}{3}\frac{F}{M}\left(\cos\alpha - \frac{r}{R}\right) \approx 0{,}5\ м/с^2$ (вправо)

$\mu \ge \frac{1}{3}\frac{F}{Mg}\cdot\frac{\cos\alpha + \frac{2r}{R}}{1-\frac{F}{Mg}\sin\alpha} \approx 0{,}8$

Не зачёркнуто

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

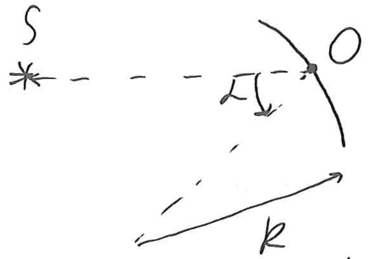
№4 Чистовик

Вопрос: Если не рассматривается распространение света в щелях и отверстиях размерами порядка длин волн, ~~...~~ и огибание светом объектов размерами порядка длин волн, преломлении на объектах размерами —||—, отражении на ~~объектах размерами —||—~~. Т.е. явления, где пренебрежение волновыми эффектами невозможно, или явления, основанные на волновых эффектах (интерференция, ~~...~~ дифракционные решётки и т.п.)

(~~строение белков~~ в микроскоп) (тоннелирование микроскопа для увеличения до размера белков)

А также, если не стоит задача объяснить именно физику указанного процесса.

Задача:



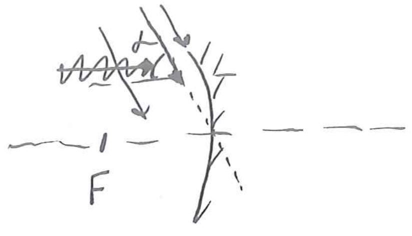
$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{340}{8000} = 4{,}25$ см $\ll 1{,}5$ м $\ll 30$ м

значит волновыми эффектами при отражении можно пренебречь.

Тогда рассмотрим задачу так: падает ~~луч света~~ пучок света $\parallel SO$

(пучок света, т.к. волновой фронт звука от источника на таком маленьком участке стены, находящемся очень далеко от источника, представляет из себя почти плоскость, т.е. пучок параллельных лучей (пл-ть))

Этот пучок отражается от зеркала кривизной R. Нужно найти ~~фокус~~ точку, в которой лучи сфокусируются. Т.к. мы пренебрегаем волновыми эффектами, то можно считать, что в фокус приходят когерентные лучи с одинаковой фазой. Тогда их амплитуды складываются и ~~...~~ свет/звук становится "ярче".



$^*\left|\frac{1}{F}\right| = \left|(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\right| = \left|(-1-1)\cdot\frac{1}{R}\right| = \frac{2}{R}$

$F = \frac{R}{2}$

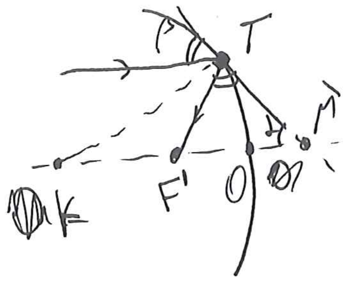
фокальная пл-ть

M — точка в которой фокусируются лучи, тогда там нужно ставить микрофон.

Тогда $MO = \frac{FO}{\cos\alpha} = \frac{R/2}{\cos 30^\circ} = \frac{15м}{\sqrt{3}}\cdot 2 = 10\sqrt{3}м \approx 17м$

Ответ: на расстоянии $\sim 17м = \frac{R}{2\cos 30^\circ}$ следует ставить микрофон.

* можно найти F геометрически:



$\angle KTO$ $\angle KTM' = 90^\circ$

$\beta = \alpha$ т.к. луч $\parallel KO = \angle T_1OO$

значит $\angle F'TM' = \angle F'M'T \Rightarrow F'T = F'M'$

а значит медиана в прямоугольном треугольнике обладает таким св-вом $\Rightarrow F'M' = KF'$

при ~~...~~ малом угле $\angle TKM'$ $KM' \approx KO \approx R$

поэтому $F'O \approx F'M' \approx \frac{R}{2}$, т.е. $F = \frac{R}{2}$

(формула, использованная, что $\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$ тоже справедлива при малых углах)

№1

в номер 1: ответ: $a_x \approx 1{,}5 м/с^2$; $a_x = \frac{2F}{M}\left(\cos\alpha - \frac{?}{R}\right)$

движение вниз

$\mu \geq \frac{F}{Mg}\cdot\frac{\frac{2?}{R} - \cos L}{1 - \frac{F}{Mg}\sin L}$

верхняя часть стержня не засчитывается

Решение АК от 24.03.26: повысить оценку на 2 балла

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников "Покори Воробьёвы Горы!" Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова академику В.А. Садовничему ученицы 11 класса ГБОУ Гимназии на Юго-западе № 1543 им. Ю.В. Завельского улица 26 Бакинских Комиссаров, д.3, к.5 Марии Михайловны Голомысовой

апелляция.

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы (49) за мою работу заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что:

За задачу №1 должно быть выставлено как минимум 10, как максимум 16 баллов, при такой оценке: полностью по критериям 1, 3 и 4 (5 баллов) и как минимум на половину по критериям 5, 6, 7 и 8 $\left(\frac{10}{2}=5\text{ баллов}\right)$ и 1б. по критерию 2.

Так как решение строится на 2х верных уравнениях 2) и 3) динамики, написанных на странице 7 (1-ая страница решения):
$$\begin{cases} Fr+F_{тр}R=-\frac{MR^2}{2}\varepsilon & (2)\\ F\cos\alpha+F_{тр}=Ma_x & (3)\end{cases}$$

но дальше в решении был потерян минус, который стоял в уравнении 2.

В зачеркнутом решении, которое написано, что не зачёркнуто на странице 10 (2-ая страница решения), было выбрано другое направление вращения, и там минус потерян не был, где и получается правильный ответ (см. последние 2 строчки страницы 10): $F\cos\alpha+F_{тр}=-\frac{2Fr}{R}-2F_{тр}$

$$3F_{тр}=-\frac{2Fr}{R}-F\cos\alpha \Rightarrow F_{тр}=-\frac{2}{3}\frac{Fr}{R}-\frac{F\cos\alpha}{3}$$

подставим в (3): $F\cos\alpha-\frac{2}{3}\frac{Fr}{R}-\frac{F\cos\alpha}{3}=\frac{2}{3}F\left(\cos\alpha-\frac{r}{R}\right)=Ma_x$

(также и в оригинальном решении, но с другим знаком)

$$a_x=\frac{2}{3}\frac{F}{M}\left(\cos\alpha-\frac{r}{R}\right)<0,\ \text{т.к. } \cos\alpha\approx 0{,}28,\ \frac{r}{R}=0{,}48$$

Но в решении также неправильно был посчитан $\cos\alpha$, из-за чего и получается, что $a_x>0$ и движение вправо, хотя решение без арифметической ошибки даёт верный ответ, где $a_x<0$ и катушка является непослушной. Условие на μ: $|F_{тр}|\leq\mu N$ указано, и формула для μ верная,

с точностью до числа, т.к. $\cos\alpha$ был подставлен 0,6, а не 0,28:

$$\mu \geq \frac{1}{3}\frac{F}{Mg}\cdot\frac{\cos\alpha+\frac{2r}{R}}{1-\frac{F}{mg}\sin\alpha}=\frac{5}{24}\cdot\frac{0{,}28+0{,}96}{1-\frac{5}{8}0{,}96}=\frac{5}{24}\cdot\frac{1{,}24}{0{,}4}\approx 0{,}6458\approx 0{,}646$$

(написано в решении): см. ~~не~~ зачёркнутую часть, которая сказано, что не зачёркнуто)

По критерию 2, решение может быть оценено на 1 б., т.к. без ошибки получается, что $a_x < 0$, что и означает не послушную катушку.

24.04.2026
(дата)

(подпись)