0 233501 490005

23-35-01-49
(167.4)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант Физика 11 класс (6)

Место проведения Санкт-Петербург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори воробьёвы горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Суюнова Далера Камиловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«03» апреля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$M_F = rF$

$M_{TR} = \mu(mg - F\sin\alpha)\cdot R$

$ma = F\cos\alpha - F_{тр}$

$V_x = v \quad V_y = \omega \frac{R}{2} = \frac{v}{2}$

$\frac{1}{2}mR^2\beta = -rF + \mu(mg - F\sin\alpha)R$

$\frac{2\sigma}{R}$

$P_0\,ds + 2\sqrt{\pi s}\,\sigma = P_1\,ds$

$r = R\sin(\alpha/2) = R\frac{\alpha}{2}$

$F = 2\pi r\sigma\cdot\sin(\frac{\alpha}{2}) = 2\pi\sigma\cdot R\cdot\frac{\alpha^2}{4}$

$A = \int_0^{\frac{4}{3}\pi R^3} P\,dV = \frac{4}{3}\pi\int_0^{\frac{4}{3}\pi R^3} 3R^2\left(P_A + \frac{2\sigma}{R}\right)dR$

$t = \sqrt{\frac{2S}{g}}$

$B = \frac{\mu_0 I\,dl}{2\pi R^2}$

$\frac{\mu_0 Q}{m R^2}\cdot q\cdot\sqrt{2gR}\cdot\left(\sqrt{\frac{2R-h}{g}} - \sqrt{\frac{R}{g}}\right) = \sqrt{R^2-h^2}$

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

25600000 + 768

25600768 : 3 = 8533589,3

23-35-01-49 (167.4)

(Пятьдесят один) 51

N	1	2	3	4
В	5	4	1	5
З	8	7	10	11

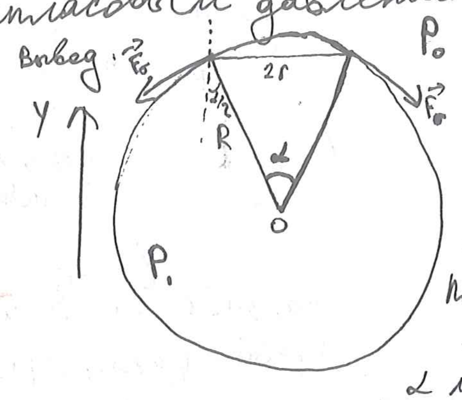
Рыжиков Мороз Мороз

Чистовик

Задание 2

Вопрос: $P_{внутри} - P_{снаружи} = \boxed{\frac{2\sigma}{R}}$. Эту величину называют Лапласовым давлением.

Вывод:



$\exists$ давление снаружи P_0, внутри P_1

рассмотрим участок пузыря, видимый под малым углом α

площадь этого участка $S \approx \pi r^2 = \pi\left(R\frac{\alpha}{2}\right)^2$ (так как α мал, эта площадь - примерно площадь окружности радиуса r, $\sin\alpha \approx \alpha$)

участок мал $\rightarrow$ силы давления направлены вдоль OY

$\exists$ сила поверхностного натяжения F_σ, $F_\sigma = 2\pi r\sigma$, её y-составляющая $F_\sigma\cdot\sin(\frac{\alpha}{2}) \approx 2\pi r\sigma\frac{\alpha}{2} = \pi r\sigma\alpha = \pi R\sigma\frac{\alpha^2}{2}$

Запишем первое условие равновесия в проекции на OY для этого участка пузыря:

$$P_1 S = P_0 S + F_\sigma\cdot\sin(\frac{\alpha}{2})$$

$$P_1\pi R^2\frac{\alpha^2}{4} = P_0\cdot\pi R^2\frac{\alpha^2}{4} + \pi R\frac{\alpha^2}{2}\sigma \quad \Big| : \pi R^2\frac{\alpha^2}{4}$$

$$\boxed{P_1 = P_0 + \frac{2\sigma}{R}}$$

Задача:

работа, затраченная на надувание шара, по модулю равна работе газа, надувающего шар (изменение внутренней энергии 0, т.к. $T = const$).

По определению $dA = P\,dV$

$$A = \int_0^{V_R} P\,dV = \int_0^{\frac{4}{3}\pi R^3}\left(P_A + \frac{2\sigma}{R}\right)d\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) = 4\pi\int_0^{R}\left(P_A + \frac{2\sigma}{R}\right)\cdot R^2\,dR =$$

$$= 4\pi\left(\frac{P_A R^3}{3} + \frac{2\sigma R^2}{2}\right)\Big|_0^{R} = \boxed{4\pi\left(\frac{P_A R^3}{3} + \sigma R^2\right)} = 4\pi R^2\left(\frac{P_A R}{3} + \sigma\right)$$

$$A = 4\pi\cdot(0{,}04)^2\cdot\left(\frac{100000}{3}\cdot 0{,}04 + 0{,}04\right) = \frac{256}{3}\pi\cdot 10^{-6}\cdot 100003 = \boxed{8{,}63\cdot 10^{-6}\cdot\pi}$$

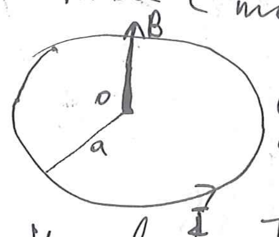
Чистовик.

Задание 3:

Вопрос: $B = \frac{\mu_0 I}{a^2}$ Обоснование: $dB = \frac{\mu_0 I dl}{2\pi d^2}$ (З-н Био-Савара-Лапласа)

$[d\vec{l} \times \vec{r}]$

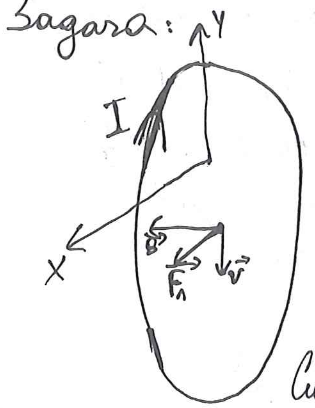
вклад в магнитное поле маленького участка проводника с током. По принципу суперпозиции все вклады $d\vec{B}$ векторно суммируются.



Направление $d\vec{B}$ (и $\vec{B}$) по правилу правой руки, вертикально. Поэтому можно складывать модули $B = \int_0^{2\pi a} \frac{\mu_0 I dl}{2\pi a^2} = \boxed{\frac{\mu_0 I}{\cancel{2}a^2}}$

размерность проверить!

Задача:



В момент, когда частица пролетает через центр кольца, её скорость $v = \sqrt{2gR}$ (ЗСЭ: $mgR = \frac{mv^2}{2}$) и не успевает существенно измениться за время действия силы Лоренца.

Сила Лоренца $F_л = qvB = qv \cdot \frac{\mu_0 I}{\cancel{R^2}} = qv\frac{\mu_0}{R^2}\frac{Q}{t}$

средний ток во время действия $F_л$, I можно заменить на $I_{сред}$ т.к. $B \sim I$ (t - время импульса).

x-скорость частицы после импульса

$v_x = a_x t = \frac{F_л}{m} t = \frac{q}{m} \cdot \frac{v \mu_0 Q}{R^2}$

С такой скоростью по оси X, летит частица до падение на кольцо.

Время от импульса до падения:

$\tau = \tau_{падения} - \tau_{до импульса} = \sqrt{\frac{4R-2h}{g}} - \sqrt{\frac{2R}{g}}$ $\left(\frac{at^2}{2} = S \to t = \sqrt{\frac{2S}{a}}\right)$

Отклонение по оси x

$v_x \tau = \frac{q}{m} \cdot \frac{\sqrt{2gR}\,\mu_0 Q}{R^2}\left(\sqrt{\frac{4R-2h}{g}} - \sqrt{\frac{2R}{g}}\right)$

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

условие + Th Пифагора

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

23-35-01-49 (167,4)

Источник

$$\boxed{\frac{q}{m} = \frac{R^2\sqrt{h^2+2Rh}}{\mu_0 Q\sqrt{2R}\left(\sqrt{4R-2h}-\sqrt{2R}\right)}}$$

$\lambda << d$

Зада~~ча~~ние 4

вопрос: 1) Размеры препятствия ~~??~~ много больше длины волны (не ~~происходит~~ заметна дифракция и интерференция)

2) Лучи идут под небольшими углами к ГОО (параксиальное приближение) $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$

Задача:

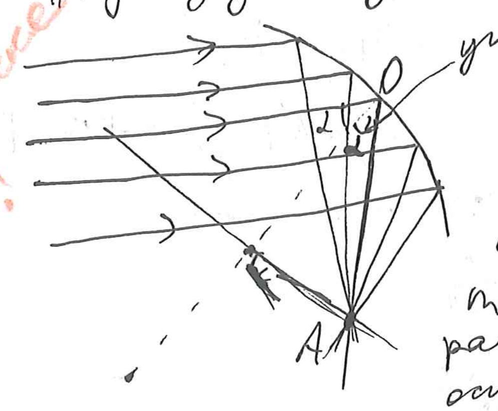
~~б~~удем считать угол $\alpha = 30^\circ$ малым и пользоваться геом. оптикой ($\lambda = \frac{c}{\nu} << 1{,}5$ м)

$\lambda = 4{,}25$ см

источник S далеко, будем считать, что "лучи звука" из него параллельны.

это симметрическое зеркало!

угол падения = угол отражения



В приближении геометрической оптики, ~~все л~~ ~~почти~~ параллельный пучок лучей соберётся в точке в фокальной плоскости участка стены, которая находится перпендикулярно оси от O до центра кривизны и проходит ч/з середину радиуса

Очевидно, в точке пересечения волн (точка A), микрофон будет фиксировать наибольшую амплитуду.

$$\boxed{OA = OF/\cos\alpha} = \frac{R}{2\cos\alpha}$$

$$\boxed{OA = \frac{30}{2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} = 10\sqrt{3}\text{ м} \approx 17{,}1\text{ м}}$$

Задание 1. Чистовик

Вопрос: такого не может быть, т.к.

если центр движется со скоростью v, то угловая скорость $\omega = \frac{v}{R}$

(т.к. $\frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$ один оборот)

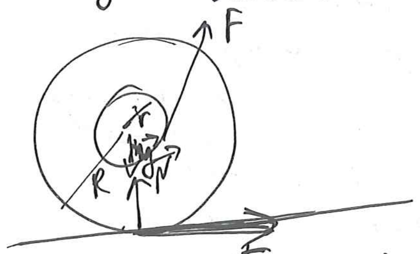
V (скорость точки на горизонт. радиусе)

$V_x = v \quad V_y = -\omega \frac{R}{2} = -\frac{v}{2}$

$\frac{1}{2} = V_x / V_y$ — однозначно задаёт угол к горизонтали и он не 73,74° (+)

Задача:

поедет влево.



$M_F = rF \quad M_{F_{тр}} = F_{тр} R = \mu N R = \mu (Mg - F\sin\alpha) R$

$F_{тр}$ — скольжения, т.к. оно едет

$\frac{1}{2} M R^2 \beta = I\beta = rF + \mu (Mg - F\sin\alpha) R$

$$\beta = \frac{a}{R} = \frac{rF + \mu(Mg - F\sin\alpha)R}{\frac{1}{2} M R^2}$$

$$a = \frac{\left(0{,}48 \cdot \frac{5g}{8} + \mu\left(Mg - \frac{5g}{8}\sin\alpha\right)\right) \cdot 2}{\cancel{M}} = 0{,}6Mg - 10\mu Mg =$$

$$= \cancel{0{,}6g - Mg(\mu - 6)} = \boxed{Mg(0{,}6 - 10\mu)}$$

возможно при $\mu < 0{,}06$

$(0{,}6 - 10\mu > 0)$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

23-35-01-49
(167.4)

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