Шифр: С-7

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап
по физике
2018/2019
Ленинградская область

Район Волховский

Школа МОБУ СОШ N1

Класс 11

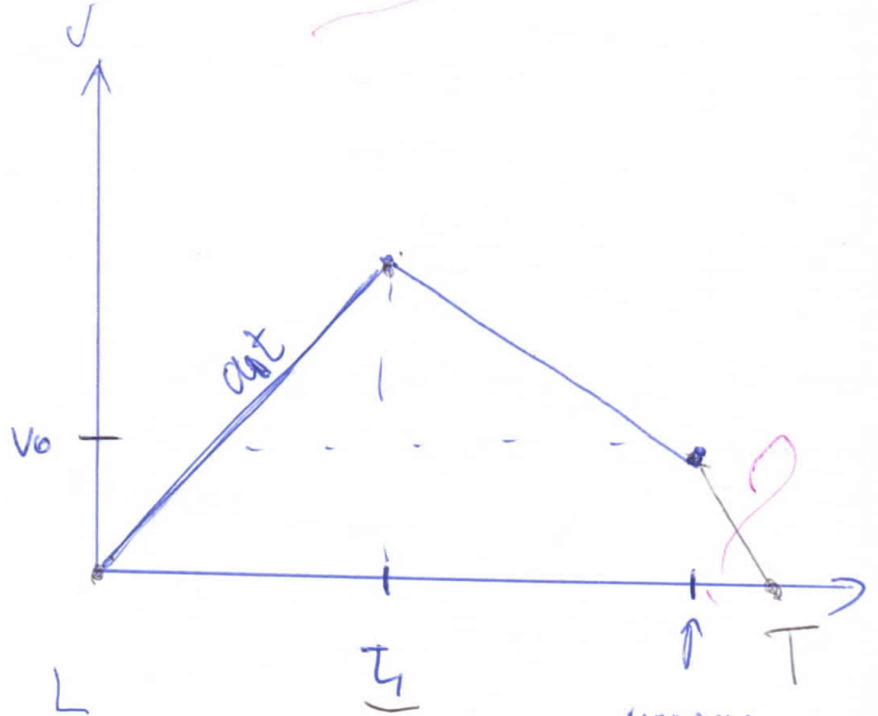
ФИО Гурьева София Дмитриевна

Задача 1 $\boxed{\text{Чистовик}}$ $\boxed{C-+}$

Если автомобиль движется без нач. ск., то он начинает движение под действ. силы трения

при въезде авт. должен иметь ускорение a_2

$$ma_1 = \frac{mg}{4}\mu \qquad a_1 = \frac{\mu g}{4} \qquad a_2 = \cancel{\frac{\mu g}{2}}$$



$$\frac{L}{2} = \frac{\cancel{m}g\mu}{4}\frac{\tau_1^2}{2}$$

$$\tau_1 = 2\sqrt{\frac{L}{g\mu}}$$

$$v_0 = \frac{\mu g}{4}\cdot 2\sqrt{\frac{L}{g\mu}} = \frac{\sqrt{\mu g L}}{2}$$

$$\frac{L}{2} = v_0$$

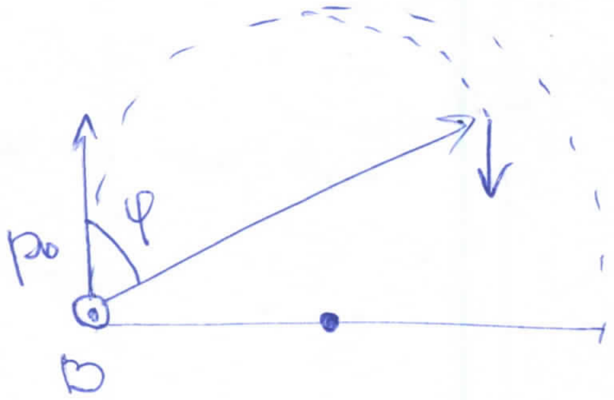
$$\frac{L}{2} = v_{01}\cdot\tau_2 - \frac{a_1\tau_2^2}{2}$$

0,5

1	2	3	4	5	Σ
0,1	2	6	2		10

12

3



Имп. част. направлен противоположно начальному через половину периода, т.к. круговая частота и период обращения не зависит от тангенц. сост. скорости частицы

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi}{qB}, \quad \omega = qB$$

Сила, действ. на част. со ст. магн. поля работы не совершает. Изменение имп. происходит за счёт силы сопротивления

начальный радиус кривизны $R_0 = \cancel{\frac{p_0}{mqB}}$

$$m\frac{dv_n}{dt} = q\cdot v_\tau \cdot B \qquad \frac{dp_n}{dt} = qv_\tau B$$

$$m\frac{dv_\tau}{dt} = F_{сопр} = -\alpha v_\tau \qquad \frac{dp_\tau}{dt} = -\alpha v_\tau$$

$$F_A = q[v_\tau B]$$

$$F_c = -\alpha v_\tau$$

$$\frac{p_0^2}{2m} = A_{сопр} = \int F_c(S)\cdot dS$$

$$\Delta p = p_0(1-\cos\varphi)$$

Ответ: $|\vec{r}| = R_0$

Задача 4

Перейдем в с.о., вращ. с частотой

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

при малом отклонении на шарик действ. силы; возращ. его в центр воронки

$$\Delta h = \frac{(\omega_0 x)^2}{2g} \qquad \alpha \approx \frac{\Delta h}{x} = \frac{\omega_0^2 \cdot x}{2g}$$

$$\beta = 180 - 2(90 - \alpha) \approx \frac{\omega_0^2 \cdot x}{g}$$

$$m\ddot{x} = -m\omega_0^2 \cdot x \cancel{- mg \cdot \frac{\omega_0^2 x}{g}}$$

$$\ddot{x} + x(2\omega_0^2) = 0$$

получили уравнение гармонич. колебаний

$$\omega = \omega_0\sqrt{2}$$

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{2}}$$

Ответ: $\frac{T_0}{\sqrt{2}}$

2 балл

Чистовик

С-7

Задача 3   При малых ΔT можно считать давл. пост.

Подведённая теплота пошла на изменение внутр. энергии и совершение работы

$$Q = A + U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

во второй части сосуда тепла не подводилось

$$U_2 = A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 \; ?$$

?

$$\frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 + \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

Ответ: $\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$

$$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

6

Задача 2

Куб симметричен относит. т. O, т.е можно принять всю его массу сконц. в т. O

тогда, приняв φ на бесконечности равным 0 найдем гр. пот. т. A

$$\varphi_A = G\frac{M}{OA}$$, где M – масса планеты

$$\frac{mv_1^2}{2} = G\frac{M}{OA} \qquad \frac{v_1^2}{2} = \frac{GM}{OA}$$

3

работа по перемещ. на беск. равна φ_A

т.е. $v_1 = v_2$

Задача 3

Подведённая теплота пошла на изменение внутренней энергии газа в левой части сосуда и совершение работы над газом в правой части

$$Q = A + \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

К правой части тепла не подводилось

$$A = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

$$\frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 = \nu R\Delta T$$

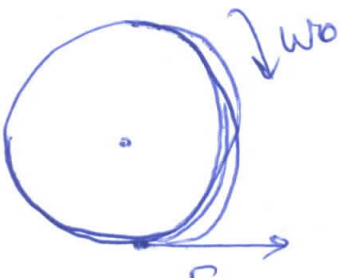
$$\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$$

Ответ: $\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

Задача 1

Рассмотрим одно из колёс автомобиля



Если автомобиль движется без начальной скорости, то ~~[illegible]~~ он пройдет под действием силы трения

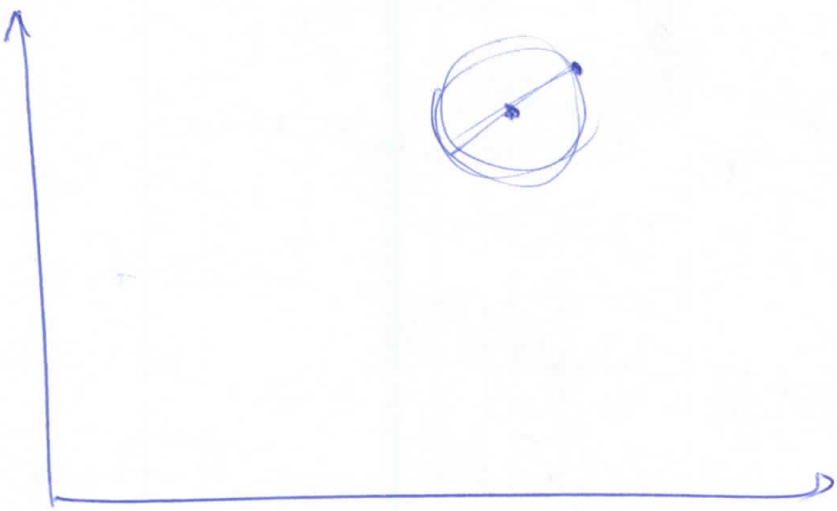
$$ma = \frac{mg}{4}\mu$$ (учтено, что колес у автомобиля 4)

$$a = \frac{\mu g}{4}$$

при попадании на участок с коэф. тр. 2μ передние колёса преобр. ускорение $a = \frac{\cancel{m}g\mu}{2}$

т.е. на участок 2м автомобиль должен въехать со скоростью, ~~чтобы движение продолжалось без проскальзывания~~

v_0



$a_1 = \frac{\mu g}{4}$ $\qquad \frac{a_1 t^2}{2}$

$a_2 =$

$v_1 = a_1 \cdot t_1$

$\Delta h = m($ $\qquad a_2 =$ $\qquad mR^2 \cdot \beta = F_T \cdot R$

$\cancel{mgh} = \frac{\cancel{m}(\omega x)^2}{2}$ $\qquad \beta = \frac{F_T}{mR} = \frac{g\mu}{2R}$

$h = \frac{(\omega x)^2}{2g}$ $\qquad \omega_0 = \frac{v_0}{R}$

$T = \frac{2\pi R}{v_0}$ $\qquad F_T = \frac{mg\mu}{\cancel{4}2}$

$\cancel{\frac{g\mu}{2R} \cdot \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{v_0}{R}}$

$N = mg\sin\alpha = mg\frac{\omega^2 x}{2g} = \frac{m\omega^2 x}{2}$

$\alpha \approx \frac{\Delta h}{x} = \frac{\omega^2 x}{2g}$

задача 2

Т.к. куб симметричен относит. т. O и однороден гравитационный потенц. в т. A (пот. на бесконечности 0)

$$\Delta \varphi_{AO} = G\frac{M}{OA}$$, где M - масса планеты

$$\frac{mv_1^2}{2} = G\frac{M}{OA} \qquad \frac{v_1^2}{2} = \frac{GM}{mOA}$$

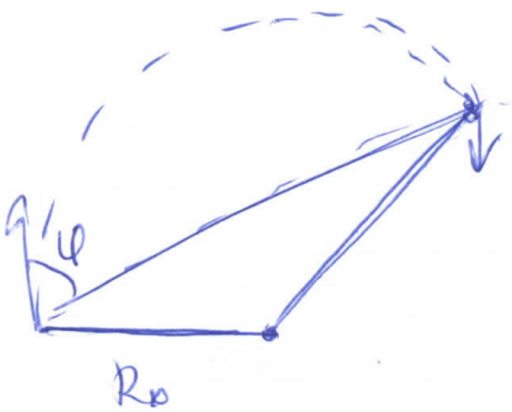
$$\Delta R = R_0 - r \cdot \cancel{\cos\varphi} \sin\varphi$$

$$\Delta R =$$

$$\frac{S}{\langle v \rangle}$$

$$\cancel{\ } \quad Кл \cdot \frac{м}{с} \cdot Тл = Н$$

$$\cancel{Кл = \frac{Н}{с}}$$



$$p = \frac{кл\ м}{с}$$

q B

$d\varphi$

$$R(\varphi) \cdot d\varphi = dS = R(\varphi) \cdot \omega \cdot dt$$

$$\frac{dp}{dt} = \qquad dp = F \cdot dt$$

$$dp = F \cdot dt = F\frac{d\varphi}{\omega} \qquad F = -\alpha V_\tau$$

$$p_0(1-\cos\varphi) = \qquad \frac{mV_\tau^2}{2} = F \cdot dS = -\alpha V_\tau \cdot dS$$

$$\frac{p_0^{2}}{2m} = -\alpha \frac{p}{m} \cdot S$$

$$dp = -2\alpha\, p \cdot dS$$

$$dS = R(\varphi) \cdot d\varphi = R(\varphi)\, \omega \cdot dt$$

$$\Delta R = R_0 = \frac{p_0}{m \cdot qB}$$

Когда произойдет остановка радиус кривизны траектории изменится до 0, остановка произойдёт

$$\Delta p = p_0 (1 - \cos\varphi)$$

$$V_0 = \omega_0 R \qquad \omega_0 = \frac{V_0}{R}$$

$\longrightarrow \circlearrowleft \omega \quad T = \frac{2\pi R}{V_0}$

$$\beta \cdot T = \frac{V_0}{R}$$

$$\frac{\mu m g}{4} \cdot R$$

$$\cancel{mR^2} \beta = \frac{\mu m g}{4} \cancel{R}$$

$$\beta = \frac{\mu g}{4R}$$

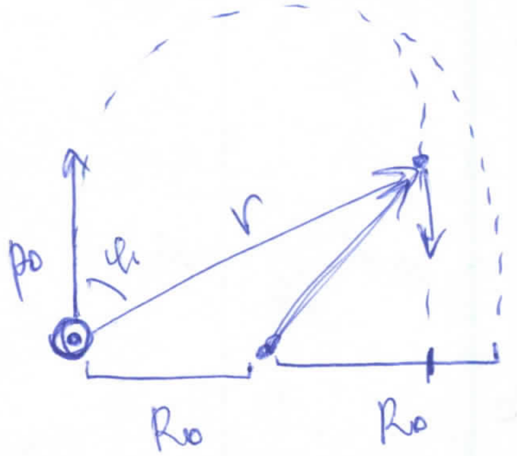
Задача 5

Дано:

q, B, p_0, φ

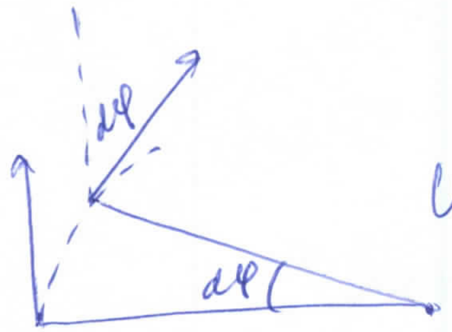
1) S до остановки

2) $|\vec{r}|$ до ост.



Импульс частицы направлен противоположно начальному через половину периода. Т.к. период обращения не зависит от скорости частицы, то на время наличие сопротивления не влияет

$$T = \frac{2\pi}{qB}$$, ~~угловая скорость~~ круговая частота $\omega = qB$



Сила действ. на частицу со ст. магнитного поля работы не совершает

$$m\frac{dv_n}{dt} = q \cdot v_\tau \cdot B \qquad \frac{dv_n}{dt} = \frac{q v_\tau B}{m}$$

$$m\frac{dv_\tau}{dt} = -\alpha v_\tau \qquad \frac{dv_\tau}{dt} = -\frac{\alpha v_\tau}{m}$$

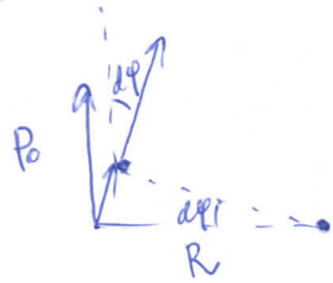
$$d\varphi = \omega \cdot dt$$

$$\cancel{\frac{v_n}{v_\tau} = \frac{qB}{\alpha} = const}$$

$$dp = F \cdot dt = F\frac{d\varphi}{\omega}$$

Рассмотрим малый промежуток времени

$$dw_n = B \cdot v$$



$$dS = R \cdot d\varphi$$

$$qvB = \frac{v^2}{R}$$

$$v = qBR$$

$$\frac{p_0^2}{2m} = A\ сопр$$

$$\omega = \frac{v}{R} = q \cdot B$$

$$m\frac{dv}{dt} = F\ сопр$$

$$T = \frac{2\pi}{qB}$$

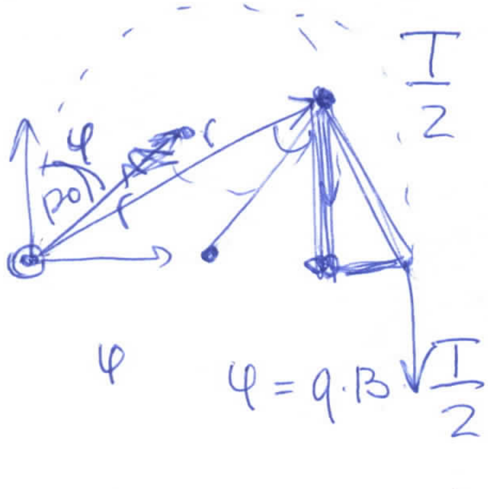
$$dp = F_{сопр} \cdot dt$$

$$R = \frac{v}{qB}$$

За период

перемещение обусловлено только действием силы сопр.

проекция имп. на перп. напр. должна ост. пост. ~~равной 0~~



$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{qB}$$

Когда частица остановится её импульс будет равен 0, т.к. работа совершается только силой сопротивления, изм. имп. p_0 обусловлено действием этой силы

φ

$$\varphi = q \cdot B \cdot \frac{T}{2}$$

$$p = \frac{кг\,м}{с}$$

За время dt

радиус вектор поворачивается на

B $\quad dv = \frac{2\alpha}{m} \cdot dS$

$$d\varphi = \omega \cdot dt = q \cdot B \cdot dt$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cdot S$$

$\Delta R =$

$$\varphi = \omega \cdot \frac{T}{2}$$

$$\omega = \frac{2\varphi}{T} =$$

$$\frac{mv^2}{2} = \alpha \cdot S$$

$$m\frac{dv_n}{dt} = q \cdot v_\tau \cdot B$$

$\Sigma F =$

$\downarrow F_{сопр}$

$$m\frac{dv_\tau}{dt} = -\alpha \cdot v_\tau$$

v_τ v_n F_n.

$$qv_\tau \cdot B = \frac{v_n^2}{R}$$

$$m\frac{v_n^2}{R} = q \cdot v_\tau \cdot B$$

$$\frac{v_n}{v_\tau} = const$$

$$v_n = \sqrt{qv_\tau B \cdot R}$$

$$m\underbrace{v_n^2} = q\underbrace{v_\tau} B \cdot R \qquad v_n = \sqrt{\frac{qv_\tau BR}{m}}$$

$$\omega = \frac{v_n}{R} = \sqrt{\frac{qv_\tau B}{R}}$$

$$v_n = \omega R \qquad \omega = \frac{v_n}{R} = \sqrt{\frac{qv_\tau B}{Rm}}$$

$$\cancel{T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{Rm}{qv_\tau B}}} \qquad T = \frac{2\pi R}{v_\tau}$$

$$\cancel{\frac{m}{qB}}\frac{dv_n}{dt} = \cancel{\frac{m}{\alpha}}\frac{dv_\tau}{dt}$$

$$m\frac{dv_n}{dt} = qv_\tau \cdot B$$

$$m\frac{dv_\tau}{dt} = -\alpha \cdot v_\tau$$

$$\frac{v_\tau}{v_n} = const$$

Начальная энергия частицы $E_0 = \frac{p_0^2}{2m}$

dl

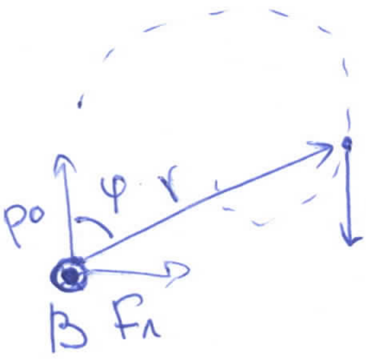
Поле B работы не совершает.
работа совершается только силой сопротивления

B. C.O

Задача 5

вых 14-12 — 14 15

изменение импульса частицы происходит только за счет силы сопротивления.



Если бы не было силы сопротивления, то момент, когда имп. ч. напр. противоположно начальному

(т.е. через половину периода обращения, который не зависит от скорости, а значит и в присутств. сопротивления остается тем же)

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{qB}$$

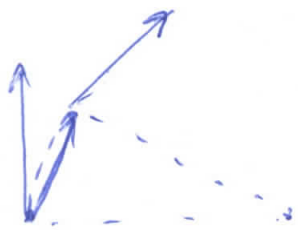
За малое время dt радиус-вектор поворачивается на малый угол $d\varphi$

$$d\varphi = \omega \cdot dt = q \cdot B \cdot dt$$

$$dS = R \cdot d\varphi = R \cdot q \cdot B \cdot dt = V_\tau(t) \cdot dt$$

$p_0 = F_{сопр.} \cdot t$, где t - всё время движения

пусть α - коэф. сопр. среды



$$\frac{mv^2}{2} = \alpha \cdot V \cdot S$$

$$dV_\tau = \frac{2\alpha}{m} \cdot dS = \frac{2\alpha}{m} R(\varphi) \cdot d\varphi$$

$$\cancel{R_0 = \frac{P_0}{mqB}}$$

$$m\frac{V_\tau^2}{R} = V_\tau q B$$

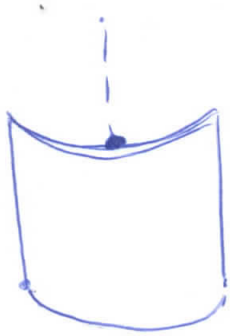
$$dV_\tau = q \cdot B \cdot dR$$

$$\frac{V_\tau}{R} = q \cdot B$$

$$\frac{dp}{dt} = F_{comp}$$

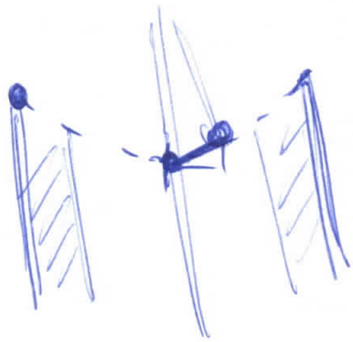
Задача 4

Перейдём в систему ~~[illegible]~~



радиус кривизны воронки

$\alpha \approx \frac{x}{R}$



$\Delta h \cdot g = \frac{\Delta v^2}{2}$

$\Delta v = \omega R$

$\Delta h \cdot g = \frac{(\omega \cancel{x})^2}{2}$

$\Delta h = \frac{(\omega x)^2}{2g}$

$d\alpha \approx \frac{\Delta h}{x} = \frac{\omega x}{2g}$

$\Delta h\, mg$

$\Delta E =$

$\Delta h = R \cdot \cancel{\alpha} (1 - \frac{d\varphi}{2})$

$\Delta h = R \cdot \cos\varphi \approx R(1 - \frac{\varphi}{2})$

$\cos\varphi = \sqrt{1 - \varphi^2} =$

$\frac{m(\omega x^2)}{2} +$

$R(v_\tau) = \frac{m v_\tau}{qB}$

$d\varphi = \frac{dR}{}$

2

$$F = G\frac{\cancel{m}\cdot M}{R^2} = \cancel{m}\cdot a$$

v_1

$$\ddot{x} + G$$

v_2

$$\varphi_G = G\frac{M}{R}$$

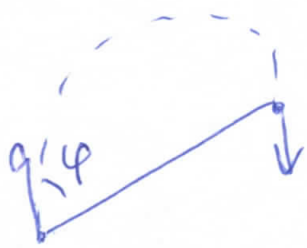
$$\Delta\varphi = \varphi_G = \frac{mv_1^2}{2} = G\frac{M}{R}$$

$$\frac{M}{mR} = \frac{v_1^2}{2}$$

$$T = \frac{2\pi}{qB}$$

$$\omega_0 = \frac{v_\tau}{R} = q\cdot B$$

$$R_0 = \frac{v_0}{qB} = \frac{p_0}{qB\cdot m}$$



$$m\frac{dv_{\cancel{r}}}{dt} = v_\tau\cdot q\cdot B$$

$$m\frac{dv_\tau}{dt} = -\alpha v_\tau$$

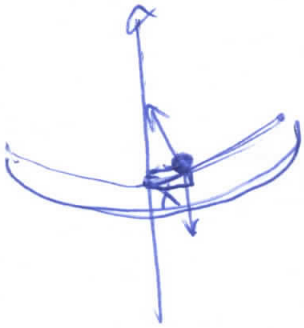
$$\omega' = \frac{2(2\pi-\varphi)}{T}$$

C-7

Задача 4

Перейдем в с.о., вращающ. с частотой

$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$



$$\cancel{m\ddot{x} = -mg\frac{x}{R} - m\omega_0 \cdot x}$$

$$\cancel{\ddot{x} + \left(\frac{g}{R} + \omega_0\right) \cdot x = 0}$$

R - радиус кривизны воронки вблизи центра

Без учёта кривизны воронки

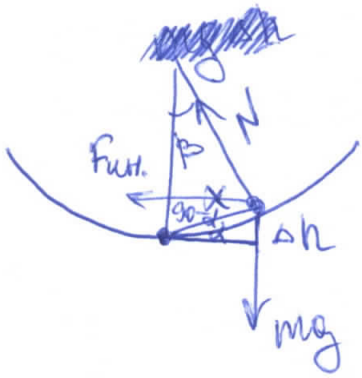
$\omega = \omega_0$

$T = T_0$

С учётом кривизны воронки

$\Delta h = \frac{(\omega x)^2}{2g}$ $\quad \alpha \approx \frac{\Delta h}{x} = \frac{\omega_0^2 x}{2g}$

$\beta \cong 180 - 2(90 - \alpha) = 2\alpha$



$\beta = 180 - 180 + 2\alpha$

$$m\ddot{x} + mg\frac{\omega_0^2 x}{g} + m\omega_0^2 x = 0$$

$$\ddot{x} + x\left(\omega_0^2 + \omega_0^2\right) = 0$$

$$\ddot{x} + x\, 2\omega_0^2 = 0$$

$\omega = \omega_0$

$T = \frac{T_0}{\sqrt{2}}$

Ответ: $\frac{T_0}{\sqrt{2}}$

Задача 3

Подведённое тепло пошло на изменение внутр. эн. г. в левой части сосуда и совершение работы над газом в правой

$$Q = A + \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

т.к. к правой ч. тепла не подводилось и она теплоизолирована от левой

$$A = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

$$\frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 = \nu R\Delta T$$

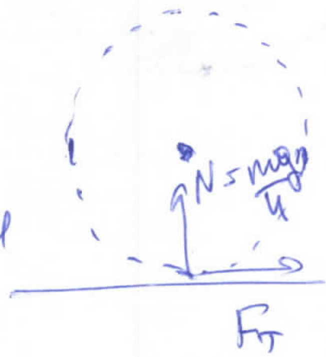
$$\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$$

Ответ: $\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

Задача 1

т.к. автомобиль начинает движение без начальной скорости, то часть пути он будет двигаться с ускорением $a_1 = \frac{\mu g}{4}$



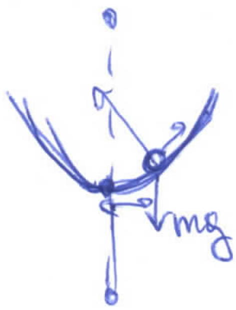
при въезде на второй участок ускорение со стороны силы трения

$$a_2 = \frac{\mu g}{2}$$

для остановки автомобиля нужно, чтобы

$dp = F \cdot dS$

$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ $\qquad$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ – частота вращения сосуда



Во вращающ. с.о.

$m \cdot \omega \cdot x$

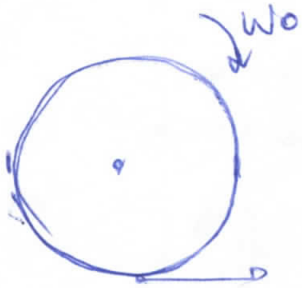
$$\boxed{\cancel{m\ddot{x} = -m\omega^2 x}}$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

$$\omega = \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

$$T = T_0$$

$\mu \qquad 2\mu \quad | \quad t_n \quad ; \quad v_0 \qquad L$



$$f_T = \frac{mg}{4} \cdot \mu$$

$$\frac{mg}{4}\mu = ma$$

$$a = \frac{g\mu}{4}$$

$$L = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \frac{2L}{a} = \frac{8L}{g\mu}$$

Задача 3

При малых изменениях температуры можно считать малыми изменения давление

Вторая часть газа нагрелась и сжалась, при этом теплоты к ней не подводилось, работу над ней совершил газ из левой части

$$\Delta A = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

Т.к. ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ газ в левом сосуде расширился при малом изменении температуры, можно считать, что вся подведенная теплота пошла на совершение работы

$$Q = \Delta A = \nu R \cdot \Delta T$$

$$\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

$$\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$$

$Q = 2\nu R\Delta T$ ~~[illegible]~~

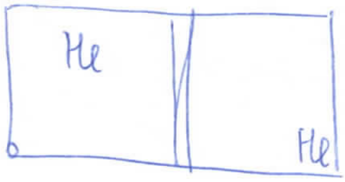
~~[illegible]~~

$$Q = \Delta U - A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T - \nu R\Delta T_2 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

$$\Delta T_2 =$$

Задача 3

можем ли считать, что подведенная теплота пошла на



$$\frac{5}{2}\nu R\Delta T = P\cdot\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

т.о $\Delta T_2 = \frac{5}{3}\Delta T$

$\boxed{\Delta T}$ ν

при малых изменениях температуры можно считать малым изменение давления

ΔT_2 –? Q –?

до подведения теплоты

$P_1V_1 = \nu RT_1$ в обеих частях сосуда

$$\boxed{Q = \delta A + \Delta U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T}$$

подведенная теплота не может быть больше данного значения

Газ совершил работу по расширению

давления равны в любой момент времени

$$\Delta A = P\cdot\Delta V = \nu R\Delta T$$

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

$$\nu R\Delta T + \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

$\Delta T_2 = \Delta T$ –?

вторая часть тоже нагрелась

вторая часть нагрелась и сжалась при этом теплоты к ней не подводили

первое начало т.д.

$$\Delta A = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2$$

Первая половина получила тепло и расширилась из-за малости изменения температуры можно считать, что температура в левой части не изменилась

$$P_2(V_1+\Delta V) = \nu R(T_1+\Delta T) = \nu RT_1$$

$$P_2\ (V_1-\Delta V) = \nu RT_2 \quad T_2 = (T_1+\Delta T_2)$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta T}$$

$$Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P\cdot\Delta V$$

$$\downarrow$$

$$P\cdot\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

1. при малом изменении температуры можно считать малым изменение давления

Температура газа в левой части

$P = \nu R \frac{T}{V}$

$\cancel{TV} - \Delta V\cdot T + \Delta T\cdot V - \cancel{\Delta T \Delta V} =$

$= \cancel{TV} + \Delta T_2 V + \Delta V T + \cancel{\Delta V \Delta T_2}$

$P = \nu R \frac{T+\Delta T}{V+\Delta V} = \frac{T+\Delta T_2}{V-\Delta V}$ $\quad 2\Delta V T = V(\Delta T - \Delta T_2)$

$TV - \Delta V\cdot T = VT + V\Delta T_2 + \Delta V T + \Delta V \Delta T_2 \approx 0$

$2\Delta V\cdot T = -V\cdot\Delta T_2$

В левой части изотермич. расширение $\quad \Delta V\cdot T = -\frac{V\Delta T_2}{2} =$

в правой $\quad \Delta T_2 = -2\Delta T$

$Q = \nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_2$

$\Delta T_2 = \frac{2}{3}\Delta T$

$Q = \nu R \Delta T +$

Задача 5

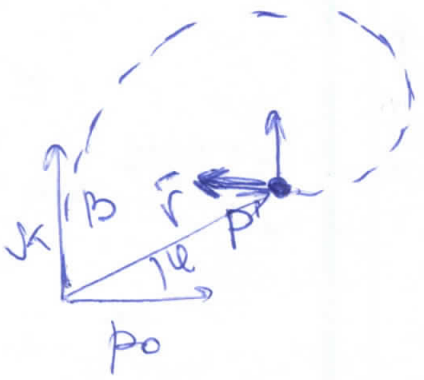
$q \quad F_{сопр} \sim v \quad p_0 \perp B$

т.е. после полного оборота

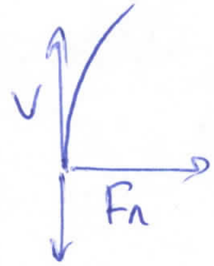
$\varphi \quad \vec{p_0}$

S до остановки

$|\vec{r}|$ - ?



$F_л = qv\cdot B$



на τ-напр

$m\frac{dv_n}{dt} = qv_\tau B = \frac{mv_n^2}{R}$

$m\frac{dv_\tau}{dt} = -\alpha v$

Задача 11.1 $\boxed{C-7}$

1) При подвешивании скрепки прогиба почти не наблюдается. В дальнейшем в работе масса скрепки не учитывается.

(1,5)

$F_i = m_i \cdot g$ $\qquad m_i = m_0 \cdot i$, где i - номер опыта (кол-во гаек)

$m_0 = 10,0 \cdot 10^{-3}$ (2)

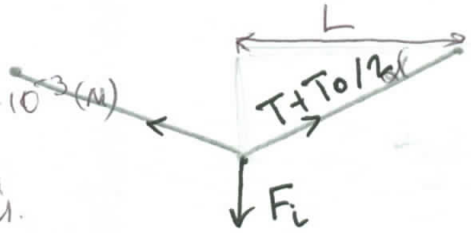
1	2	Σ
2,5	5	7,5

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_i, мН	F_0	$2F_0$	$3F_0$	$4F_0$	$5F_0$	$6F_0$	$7F_0$	$8F_0$	$9F_0$	$10F$
h, мм	7	15	20	25	30	33	35	40	45	47

(1)

$F_0 = 100 \pm 0,5$ (мН)

$L = 15$ (см) $= 15 \cdot 10^{-2}$ (м) $= 150 \cdot 10^{-3}$ (м)



Полученная на графике зависимость является линейной.

Соответственно сила, компенсирующая F_i в вертикальном направлении подчиняется закону Гука и зависимость имеет вид

$$F_i = k_0 \cdot h \cancel{= (T+T_0)} \cdot \sin\alpha = (T+T_0)\frac{h}{\sqrt{h^2+L^2}}$$

$$h(F) = \frac{1}{k_0} \cdot F_i + C$$

из полученного графика $\frac{1}{k_0} = \frac{25}{600} = \frac{5}{120}$

$$k_0 = \frac{120}{5} = 24 \left(\frac{Н}{м}\right)$$

при $F_i = 0$ график пересекает

$h = 5$ мм $= 5 \cdot 10^{-3}$ (м)

Данная ситуация соответствует положению, если бы до добавления грузов у нас была бы приложена

Вертикальная сила $F_0 = k_0 \cdot h_0 = T_0 \cdot \sin\alpha = T_0 \dfrac{h_0}{\sqrt{h_0^2 + L^2}}$

$$T_0 = k_0 \sqrt{h_0^2 + L^2}$$

$$T_0 = 24 \cdot \sqrt{5^2 + 150^2} \cdot 10^{-3} \approx 24 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \approx 1200 \text{ (мН)}$$

$$T_0 = 1,2 \text{ (Н)}$$

$$F_i = (2T + T_0)\frac{h}{\sqrt{L^2 + h^2}}$$

$$T = \left(F_i \frac{\sqrt{L^2 + h_i^2}}{h_i} - T_0\right) : 2$$

$$\Delta l \cdot k = \left(F_i \frac{\sqrt{L^2 + h_i^2}}{h_i} - T_0\right) : 2$$

$$\Delta l = \sqrt{L^2 + h_i^2} - L$$

$$k = \left(F_i \frac{\sqrt{L^2 + h_i^2}}{h_i} - T_0\right) / 2\left(\sqrt{L^2 + h_i^2} - L\right)$$

Ответ: $T_0 = 1,2$ (Н)

$k_0 = 24 \left(\frac{Н}{м}\right)$

2,5 балл

Задание 11.2

(C-7)

1) Измерим напряжение на батарейке и начальное напряжение на ~~конденсаторе~~ ящике

$U_Б = 1{,}620 \pm 0{,}005$ (В)

$U_{я0} = 0{,}250 \pm 0{,}005$ (В)

Из условия можно установить, что суммарный заряд на схеме после соединения конденсаторов

$$Q_0 = (C_1 + C_2) \cdot U \quad , \text{ где } U = 10 \text{ (В)}$$

Суммарный заряд на обкладках, соединенных через резистор 0

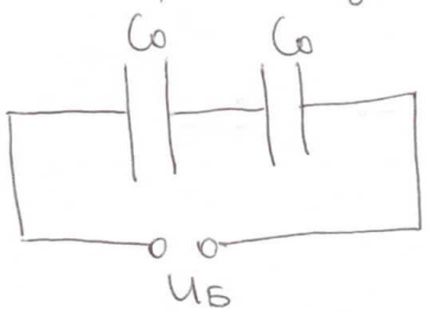
Ёмкость экв. схемы после соединение: $C_0' = 2\dfrac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

По з-ну сохранения заряда

$$U_{я0} \cdot C_0' = (C_1 + C_2) \cdot U$$

$$\frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)^2} = \frac{U}{2U_{я0}} \quad (1)$$

2) Далее ~~[illegible]~~ подключим ящик последовательно с эталонным конденсатором, предварительно разрядив его



по з-ну сохранения заряда

$$U_{01}(C_1 + C_2) = C_0 \cdot U_{02}$$

U_{01} – напр. на ящике, U_{02} – на эт. конд.

$$(C_1 + C_2) = C_0 \frac{U_{02}}{U_{01}} \quad (2)$$

~~[illegible]~~

	U_{02}	U_{01}	
N1	$1{,}32 \pm 0{,}005$	$0{,}30 \pm 0{,}005$	
N2	$1{,}29 \pm 0{,}005$	$0{,}31 \pm 0{,}005$	В
N3	$1{,}33 \pm 0{,}005$	$0{,}29 \pm 0{,}005$	
Ср. зн.	$1{,}30 \pm 0{,}005$	$0{,}30 \pm 0{,}005$	

$\cancel{C_1 + C_2 = \ldots 10^{-3}\ (Ф)}$

$\cancel{C_1 \cdot C_2 = \ldots \cdot \frac{10}{2 \cdot 0{,}25} \cdot 10^{-6} = 0{,}09 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 1{,}8 \cdot 10^{-6}\ (Ф)^2}$

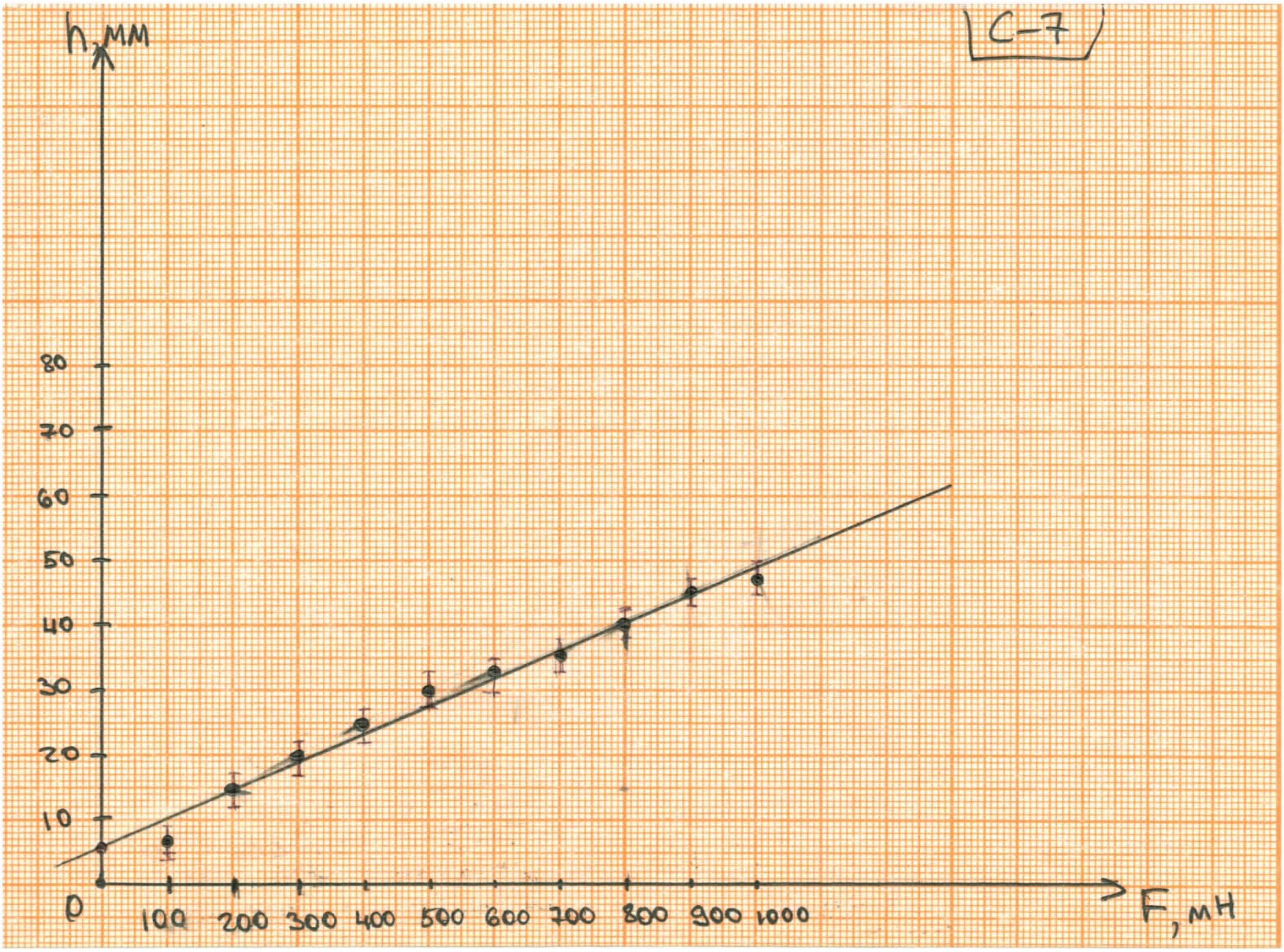
$C_1 + C_2 = 4{,}3 \cdot 10^{-3}\ (Ф)$

$C_1 \cdot C_2 = (4{,}3)^2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}\ (Ф)^2$

Решая систему получаем:

$C_1 = 0{,}42 \pm 0{,}25\ (мФ)$

$C_2 = 0{,}38 \pm 0{,}25\ (мФ)$


C-7
h, мм
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
F, мН