Шифр: 11-09

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап
по физике
2019/2020
Ленинградская область

Район Тосненский

Школа МБОУ СОШ школа №1

Класс 11

ФИО Чориев Михаил Давлатович

Добавлено 2 балла

11-09

11.1. ~~для начала рассмотрим второй случай~~:

найдем какая напряженность создается на расстоянии r от центра сферы:

$$E = \frac{kq(r)}{r^2} = \frac{k\rho V}{r^2} = \frac{4\pi k\rho r^3}{3r^2} = \frac{4\pi k\rho r}{3};$$

тогда сила, действующая на заряд на расстоянии r от центра сферы равна: $F = \frac{4\pi k\rho q}{3} r$.

рассмотрим второй случай:

$\frac{4\pi k\rho q}{3} r + ma = 0$ (r считаем от центра сферы)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{3m}{4\pi k\rho q}} \Rightarrow t_ш = \pi\sqrt{\frac{3m}{4\pi k\rho q}}$$ 1.5б 0.5б.

для того, чтобы шарик зашел в сферу необходимо, чтобы его заряд должен быть отрицательным, иначе он просто оттолкнется от сферы. 0.5б

рассмотрим теперь ~~второй~~ первый случай.

т.к $l \ll d$, то можно считать, что начальная сила, действующая на дальний шарик $F \approx \frac{4\pi k\rho q}{3} \cdot \frac{d}{2}$ 1б

т.к шарики заряжены разноименно, то результирующая сила

$F = \frac{4\pi k\rho q}{3} r - \frac{4\pi k\rho q(r-l)}{3} = \frac{4\pi k\rho q l}{3}$ отсюда видно, что ближний шарик должен быть заряжен отрицательно. 0.5б

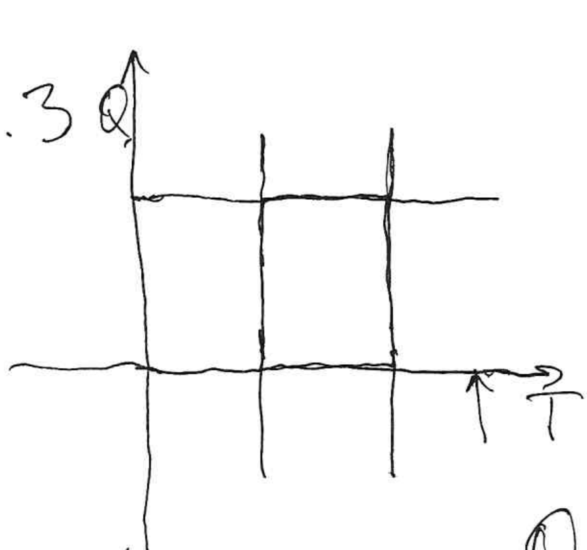
$\frac{4\pi k\rho q l}{3} = ma$; $d = \frac{at_д^2}{2}$; $t_д = \sqrt{\frac{2d}{a}}$; $t_д = \sqrt{\frac{6md}{4\pi k\rho q l}} = \sqrt{\frac{3md}{2\pi k\rho q l}}$.

$\frac{t_ш}{t_д} = \pi\sqrt{\frac{l}{2d}}$; ~~$l^2 =$~~ $l = \frac{2d\, t_ш^2}{\pi^2 t_д^2}$ 0.5б.

Ответ: $l = \frac{2d}{\pi^2}\left(\frac{t_ш}{t_д}\right)^2$ в обоих случаях шарики заряжены отрицательно. 1б

1	2	3	4	5	Σ
9	0	0	5	0	14

11.3

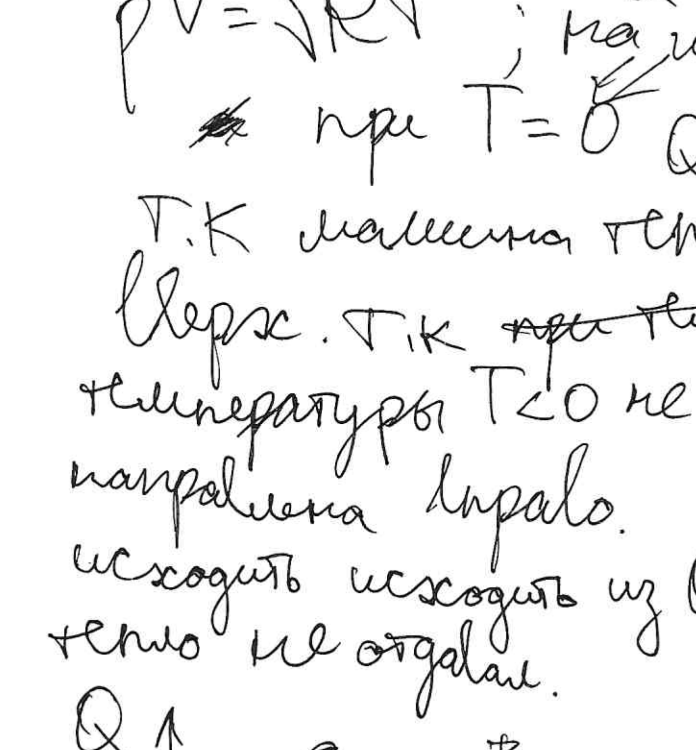


предположим, что линия указанная стрелкой уходит в 0 ~~тогда~~ по координате T, тогда эта линия покажет 0 и по координате Q, т.к ~~при T=0~~

$pV = \nu RT$; на изотерме $Q = \int p(V)\Delta V = \int \frac{\nu RT}{V}\Delta V$

при $T=0$ $Q=0$

Т.к машина тепловая, то Q будет стрелкой вверх. Т.к ~~при температуре T<0 ничего~~ температуры $T<0$ не бывает, то ось T будет направлена вправо. отрезок ab должен исходить исходить из $Q=0$ т.к до этого газ тепло не отдавал.



таким образом алгоритм искомого построения:

1) взять прямоугольник
2) продлить его стороны
3) выбрать одну из прямых и назвать ее уходящей в 0. (это ось T)
4) перпендикулярно ей на некотором расстоянии от прямоугольника нарисовать ось Q.
5) нарисовать ab и восстановить цикл.

диаграмма с подписанными осями координат подписана слева как цикл.

2/4

11-09

11.2.

1) рассмотрим петлю, как пружину; петля в равновесии тогда, когда преобразовывается в круг, радиус которого равен $\frac{L}{2\pi}$; диаметр: $\frac{L}{\pi}$, тогда

$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{m v_m^2}{2}$, где $\Delta x = \left(\frac{L}{\pi} - x_0\right)$; k-жесткость

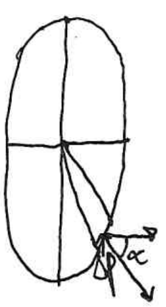
+1

$v_m^2 = \frac{k}{m}\left(\frac{L}{\pi}-x_0\right)^2$; $v_m = \left(\frac{L}{\pi}-x_0\right)\sqrt{\frac{k}{m}}$

найдем k   со стороны петли на куб действует сила Ампера

$k\Delta x = F_A$

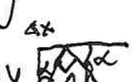
найдем F_A. рассмотрим петлю, как эллипс:



нас интересует только горизонтальная составляющая F_A: $F_A\cos\alpha$

1-0

$\Delta F_A = yB\Delta l$, где $\Delta l \to 0$.



из рисунка видно, что $\Delta l = \frac{\Delta y}{\cos\alpha}$;

будем считать, что $x_0 \approx \frac{L}{\pi}$, тогда справедлива формула $x_0 y_0 \approx \pi\left(\frac{L}{2\pi}\right)^2$; $y_0 \approx \frac{L^2}{4\pi x_0}$

откуда $k\Delta x = yBy_0$; $k\left(\frac{L}{\pi}-x_0\right) = yB\frac{L^2}{4\pi x_0}$;

$k = \frac{yBL^2}{4x_0(L-\pi x_0)}$; $v_m = \left(\frac{L}{\pi}-x_0\right)\sqrt{\frac{yBL^2}{4mx_0(L-\pi x_0)}}$

2). $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; тело будет двигаться под действием магнитной пружины время: $t_m = \frac{T}{4}$ за это время оно достигнет максимальной скорости. $t_m = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$

$t_m = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{4mx_0(L-\pi x_0)}{yBL^2}} = \pi\sqrt{\frac{mx_0(L-\pi x_0)}{yBL^2}}$

+1

2-6 -0

Ответ: 1) $v_m = \left(\frac{L}{\pi}-x_0\right)\sqrt{\frac{yBL^2}{4mx_0(L-\pi x_0)}}$;

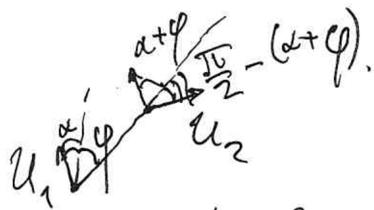
2) $t_m = \pi\sqrt{\frac{mx_0(L-\pi x_0)}{yBL^2}}$

3/4

11.4.

1)

до



после.

при этом проекции скоростей на стержень должны быть одинаковыми:

① $u_1 \cos(\alpha+\varphi) = u_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\alpha+\varphi)\right) = u_2 \sin(\alpha+\varphi)$;

по закону сохранения энергии:

$$\frac{2mv_{c0}^2}{2} = \frac{2mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

, где v_{c0} и v_c - скорости центра масс до и после

$I = 2mr^2$.

② $v_{c0}^2 = v_c^2 + (\omega r)^2$

~~Вращательное движение создается скоростью перпендикулярн~~ $\omega = \frac{2u_1 \sin(\alpha+\varphi)}{L} = \frac{2u_2 \cos(\alpha+\varphi)}{L}$

(Вращение будет происходить вокруг центра масс).

③ $u_1 \sin(\alpha+\varphi) = u_2 \cos(\alpha+\varphi)$

из ① и ③ получим, что $\alpha+\varphi = \frac{\pi}{4}$; $u_1 = u_2$.

$\omega = \frac{\sqrt{2}u_1}{L}$; $v_{c0} = \frac{mv_0 + mv_0}{2m} = v_0$. (1)

$\vec{v}_c = \frac{m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2}{2m}$; $v_c = \frac{\sqrt{u_1^2+u_2^2}}{2} = \frac{u_1}{\sqrt{2}}$; (0.5)

$v_0^2 = \frac{u_1^2}{2} + \left(\frac{\sqrt{2}u_1}{L} \cdot \frac{L}{2}\right)^2$; $v_0^2 = u_1^2$; $v_0 = u_1$;

$v_c = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$; $\omega = \frac{v_0\sqrt{2}}{L}$ (1)

2) Т.к. трения нет, то из внешних сил на шарик действует только сила реакции опоры и mg $\Rightarrow \alpha = 0$.

Ответ: 1) $v_c = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$; $\omega = \frac{v_0\sqrt{2}}{L}$ $\varphi = \frac{\pi}{4}$.

(1.5) (1) 2) $\varphi = \frac{\pi}{4}$.

4/4.