Шифр Т26

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

«Будущее Сибири»

2 этап (заключительный)

Письменная работа

на олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия: КУЦЬ

Имя: АНДРЕЙ

Отчество: СЕРГЕЕВИЧ

Учащийся 11 класса школы № СУНЦ НГУ

города Новосибирска

(города/села, района)

Новосибирской области

(области)

Дата рождения 07.04.1997

Контактная информация – телефон(ы) : +79618776632

E-mail: feron45@mail.ru

Пункт проведения этапа НГУ

Дата проведения этапа 15 февраля 2015 г.

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e – mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись

Шифр | Т-26

Олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

2 этап (**заключительный**)   2014–2015 учебный год

ФИЗИКА

Общий балл	Дата	Ф. И. О. членов жюри	Подписи членов жюри
59	15.02.15 15.02.15	Ненашев А.В. Лемзин С.Ч.	

Председатель жюри: Макмудин М.М.

ОЛИМПИАДА
«БУДУЩЕЕ СИБИРИ»

НГУ Т № 26

1	2	3	4	5	6	Σ
10	10	10	10	10	9	59

(N1) До изменений:

Пусть v_0 - скорость, с которой запускается мячик.

m-масса мячика

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$

$v_0^2 = 2gh$

$v_0 = \sqrt{2gh}$

После изменений: (считаем, что Незнайка запускает шарик с одной и той же скоростью)

Найдем скорость v_1 на высоте $H=10м$

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgH$

$v_0^2 - 2gH = v_1^2$

$2gh - 2gH = v_1^2$

$v_1 = \sqrt{2g(h-H)}$

Теперь найдём высоту, на которую поднимется шарик вместе, где ускор. своб. падения ~~поле тяжести~~ $\frac{g}{2}$, с нач. скоростью v_1. Тогда потенц. энер. тела массы m на высоте $h = \frac{mgh}{2}$

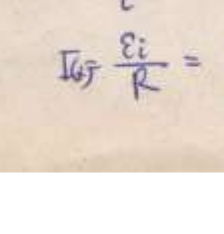
ЗСЭ: $\frac{mv_1^2}{2} = mg\frac{H_1}{2}$ (в верхней точке $v=0$)

$H_1 = \frac{v_1^2}{g} = 2(h-H) = 2\cdot(20-10) = 20$

Тогда, $H_{полное} = H + H_1 = H + 2(h-H) = 10+20 = 30м$

Ответ: 30м. (+)

(N4)



Из-за изменения потока через кольцо возникает ЭДС индукции

По закону Фарадея:

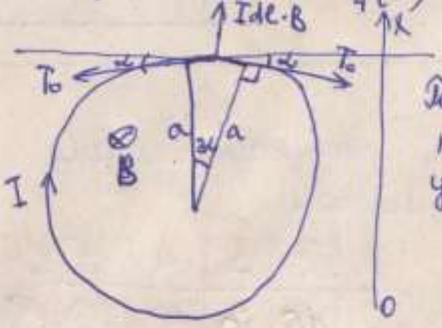
$$\mathcal{E}_i = -\frac{d(B(t)\cdot\pi a^2)}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} = -\pi a^2 \cdot \frac{dB(t)}{dt} = -\pi a^2\cdot\left(-\frac{2t\cdot B_0}{\tau^2}\right) = \frac{2B_0\pi a^2}{\tau^2}\cdot t$$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{2B_0\pi a^2}{R\tau^2}\cdot t$

На каждый кусочек проволоки будет действовать сила Ампера $F_A = I[d\vec{l}\times\vec{B}]$

$$I(\tau/2) = \frac{2B_0\pi a^2}{R\tau^2}\cdot\frac{\tau}{2} = \frac{B_0\pi a^2}{R\tau}$$

$$B(\tau/2) = B_0\left(1-\frac{\tau^2}{4\tau^2}\right) = \frac{3}{4}B_0$$



Рассмотрим малый участок кольца, который виден из центра под малым углом 2α. Можем считать его прямым ~~проводом~~ участком (т.к. беск. малый)

Поток через кольцо уменьшается ~~с течение~~ в течение времени => будет создавать индукционный ток, компенсирующий это изменение. Значит, ток будет направлен так, как показано на рисунке. По правилу векторного пр-ия сила Ампера будет растягивать кольцо. (см. рис.)

Рассмотрим момент, когда $t - \tau/2$ (ещё не разорвалось пока)

$\sin\alpha \approx \alpha$ для малых α

2з.Н на Ox: $\quad Idl\cdot B = 2T_0\sin\alpha \approx 2T_0\alpha$

$dl \approx a\cdot 2\alpha \Rightarrow \quad \cancel{2}Ia\cancel{\alpha}\cdot B(\tau/2) = \cancel{2}T_0\cancel{\alpha}$

т.к. 2α-малый

$T_0 = IBa$ в момент времени $t=\tau/2$

$$T_0 = \frac{B_0\pi a^2}{R\tau}\cdot\frac{3}{4}B_0\cdot a$$

$$T_0 = \frac{3}{4}B_0^2\frac{\pi a^3}{R\tau}$$

$$a^3 = \frac{4}{3}\frac{T_0R\tau}{B_0^2\pi}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{4}{3}\frac{T_0R\tau}{B_0^2\pi}}$$

+

(N2) продолжение

$$\frac{V}{v} = \frac{l\cos\varphi - \frac{\sqrt{2}}{2}l}{\frac{\sqrt{2}}{2}l - l\sin\varphi} = \frac{l\,(\cos 45\cdot \overset{\approx 1}{\cos\Delta\varphi} + \sin 45\cdot\sin\Delta\varphi) - \frac{\sqrt{2}}{2}l}{\frac{\sqrt{2}}{2}l - l\cdot(\sin 45\cdot \underset{\approx 1}{\cos\Delta\varphi} - \sin\Delta\varphi\cos 45)} =$$

$$= \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}l\sin\Delta\varphi}{\frac{\sqrt{2}}{2}l\sin\Delta\varphi} = 1$$

$V = v$

Подставляем в ЗСЭ: $\frac{kq^2}{\sqrt{2}l} - \frac{kq^2}{2l} = \frac{(\sqrt{2}-1)}{2}\frac{kq^2}{l} = 3mV^2$

$$\Downarrow$$

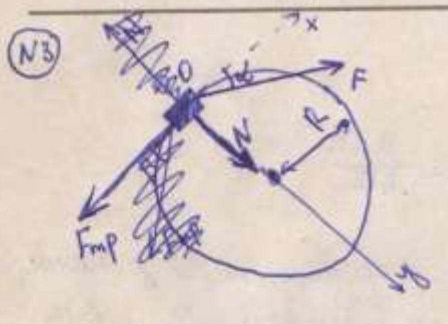
$$V = v = \sqrt{\frac{(\sqrt{2}-1)\,kq^2}{6ml}} \Leftarrow V^2 = v^2 = \frac{(\sqrt{2}-1)}{6}\frac{kq^2}{lm}$$

(+)

ОЛИМПИАДА
«БУДУЩЕЕ СИБИРИ»

НГУ Т № 26

(N3)



2з.Н. Ox: $F\cos\alpha - F_{тр} = 0$, т.к. скорость установилась

~~$\cos\beta = \frac{F}{F_{тр}}\cos\alpha$~~

~~$Oy: N + F\sin\alpha + F_{тр}\sin\beta = \frac{m v_{уст}^2}{R}$~~

~~$v_{уст}^2 = \frac{R}{m}\left(F\sin\alpha + F_{тр}\sqrt{1-\frac{F^2}{F_{тр}^2}\cos^2\alpha}\right) = \frac{R}{m}\left(F\sin\alpha + \sqrt{F_{тр}^2 - F^2\cos^2\alpha}\right)$~~

$F_{тр} = \mu N$

$F_{тр} = F\cos\alpha$

$\mu N = F\cos\alpha$

$N = \frac{F\cos\alpha}{\mu}$

Сила трения направлена против скорости тела относит., но так как кольцо закреплено, то это и будет $v_{уст}$

$$Oy: \quad F\sin\alpha + N = \frac{m v_{уст}^2}{R}$$

$$F\sin\alpha + \frac{F\cos\alpha}{\mu} = \frac{m v_{уст}^2}{R}$$

$$\frac{F(\mu\sin\alpha + \cos\alpha)}{\mu} = \frac{m v_{уст}^2}{R}$$

$$\frac{F\cdot R}{\mu\cdot m}(\mu\sin\alpha + \cos\alpha) = v_{уст}^2$$

$$\mu\sin\alpha + \cos\alpha > 0$$

$$\Rightarrow$$

$\mu > -ctg\alpha$, ~~но по условию~~ $\mu < ctg\alpha$

~~значит такое невозможно~~

отсюда, $\boxed{v_{уст} = \sqrt{\frac{F\cdot R}{m\cdot\mu}\cdot(\mu\sin\alpha + \cos\alpha)}}$ +

Заметим, что если N направлена в противоположную сторону, то мы получим $\mu\sin\alpha - \cos\alpha > 0$

$\Downarrow$

$\mu > ctg\alpha$, что по условию неверно

Мы рассматривали силу тяжести со стороны кольца, т.к. силой тяжести следует пренебречь (по условию)

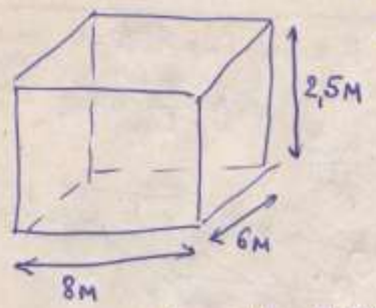
(N5) Считаем, что воздух идеальный газ, т.е. для него выполняется уравнение состояния

Пусть вначале $P_0 = 10^5$ Па

$V_0 = 6\cdot 8\cdot 2{,}5 = 120\,м^3$

$T_0 = 25°C = 298\,K$

$\mu = 0{,}029$ кг/моль



$$P_0V_0 = \frac{m_1}{\mu}RT_0 \Rightarrow m_1 = \frac{\mu P_0 V_0}{RT_0}$$

Затем пусть давление изменилось с 760мм. рт.столба до 750мм рт.ст.

Т.к. зависимость между давлением в мм рт.столба и в Па линейна, то

10^5 Па – 760мм рт.ст.

x – 750мм. рт.ст.

$x \approx 9{,}85\cdot 10^4$ Па

При этом считаем, что температура уменьшилась немного ~~пропорционально в тоже кол-во раз~~. $T_1 \approx 296\,K$

Ур-е состояния после изменения:

$$P_1V_0 = \frac{m_2}{\mu}RT_1$$

$$m_2 = \frac{\mu P_1 V_0}{RT_1}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{\mu V_0}{R}\left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_0}{T_0}\right) = -1{,}173\,кг$$

, т.е. масса воздуха уменьшилась примерно на 1кг

Если бы мы считали $T_0 = const$, то

$$\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{\mu V_0}{RT_0}(P_1 - P_0) = \frac{0{,}029\cdot 120}{8{,}31\cdot 298}\cdot 0{,}15\cdot 10^4 \approx 2{,}1\,кг,$$

т.е. уменьшение было бы примерно на 2кг.

Если бы давление увеличивалось, то масса воздуха в комнате тоже увелич.

В зависимости от изменения температуры и давления мы можем рассчитывать изменение массы воздуха в жилой комнате

(№6) Вначале, когда контейнер не был заполнен водой, присутствовал малый наклон (потому что масса прищепок небольшая). ~~Пр~~ После того, как налили воду в контейнер, наклон стал заметным.

На банку действуют сила Архимеда, тяжести банки, воды в банке, прищепки.

Записав 2 з.Н на вертикальную ось поймём, что $F_A = const$

$$\underset{\substack{\text{масса}\\\text{банки}}}{m_0g} + \underset{\text{прищепки}}{mg} + \underset{\substack{\text{воды}\\\text{в банке}}}{Mg} - F_A = 0$$

Т.к. банка неподвижна, то $\Sigma M_{сил} = 0$.

1) Допустим, банка отклонилась также немного (вообще не отклониться она не может т.к. в любом случае сущ-ет ненулевой момент сил)

Будем считать $M \gg m, m_0$

Момент силы (от-но центра масс банки) тяжести воды перестал быть нулевым. Но его плечо мало, как и плечи ~~сил~~ остальных. $M \gg m, m_0 \Rightarrow$ равновесия быть не может при малом отклонении, т.к. эта добавка в виде момента силы тяжести воды достаточно велика по сравнению с другими и $\Sigma M = 0$ выполниться не может, при малом отклонении ~~(способными компенсир~~ При малом отклонении может только компенсироваться только момент силы mg, но добавка не может (нужно отклонение побольше)

Значит, банка начнет наклоняться и дальше.

Но плечо силы Mg меняется значительно медленнее, чем плечи силы Архимеда и тяжести прищепки. Поэтому при некотором ~~плечах~~ немалом отклонении равновесие может быть возможно (или он утонет, что по опыту неверно)

Сила Архимеда действует только на погруженный в воду объем банки

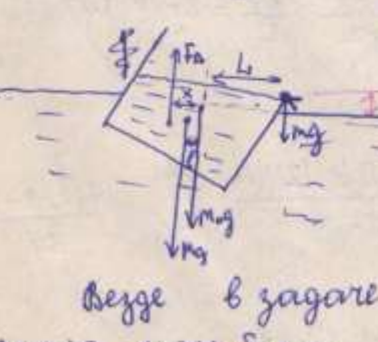
объемы треугольных частей равны

$F_A = const$

$$F_A x + mg L = Mg\ell$$

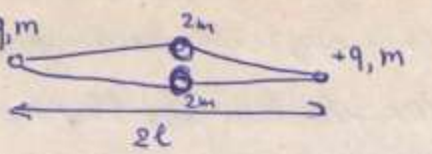
т.к. линии действия силы не могут одновременно все пересекаться в одной точке

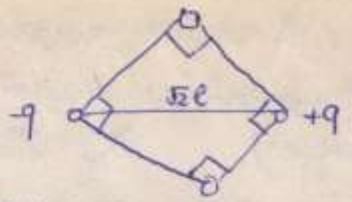
ℓ - мало



Везде в задаче рассматриваются моменты сил от-но центра масс банки.

№2



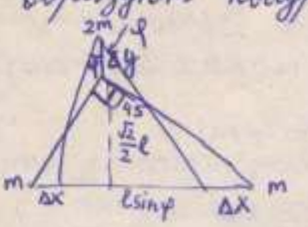


Запишем закон сохранения энергии:

$$-\frac{kq^2}{2\ell} = -\frac{kq^2}{\sqrt{2}\ell} + 2\cdot\frac{2mV^2}{2} + 2\cdot\frac{m\upsilon^2}{2}$$

Понятно, что скорости у шариков масс 2m между собой будут равны, т.к. они совершают одинаковое движение и силы, действующие на них равны. То же самое для шариков масс m.

Нам осталось найти соотношение скоростей V и υ, когда шарики образуют квадрат.



Рассмотрим малое смещение шариков с этого положения или ситуацию через бесконечно малое время после достижения квадрата

$\Delta\varphi$ - малый, ~~обозначенный на рис~~

$\varphi+\Delta\varphi=45$

В течении этого времени Δt можем считать скорости шариков постоянными

⇓

$\Delta y = V\Delta t$

$\Delta x = \upsilon\Delta t$

⇓

$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{V}{\upsilon}$

$$\Delta y = \ell\cos\varphi - \frac{\sqrt{2}}{2}\ell$$

$$\Delta x = \frac{\sqrt{2}}{2}\ell - \ell\sin\varphi$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{V}{\upsilon} = \frac{\ell\cos\varphi - \frac{\sqrt{2}}{2}\ell}{\frac{\sqrt{2}}{2}\ell - \ell\sin\varphi}$$

~~Возьмем~~ $\left.\begin{array}{l}\cos\varphi\approx 1\\ \sin\varphi\approx 0\end{array}\right\}$ т.к. φ-малый угол

Тогда $\frac{V}{\upsilon} = \frac{\ell-\frac{\sqrt{2}}{2}\ell}{\frac{\sqrt{2}}{2}\ell} = \frac{(2-\sqrt{2})\ell}{\sqrt{2}\ell} = (\sqrt{2}-1)$

$V = (\sqrt{2}-1)\upsilon \Rightarrow V^2 = (3-2\sqrt{2})\upsilon^2$

Подставляем в ЗСЭ: $\frac{kq^2}{\sqrt{2}\ell} - \frac{kq^2}{2\ell} = \frac{(\sqrt{2}-1)}{2}\cdot\frac{kq^2}{\ell} = 2m\upsilon^2(3-2\sqrt{2}) + m\upsilon^2$

$$\frac{(\sqrt{2}-1)}{2}\frac{kq^2}{\ell} = m\upsilon^2(6-4\sqrt{2}+1) = (7-4\sqrt{2})m\upsilon^2$$

$$\upsilon^2 = \frac{\sqrt{2}-1}{2(7-4\sqrt{2})}\cdot\frac{kq^2}{m\ell} = \frac{(\sqrt{2}-1)(7+4\sqrt{2})}{2\cdot 17}\frac{kq^2}{m\ell} = \frac{7\sqrt{2}+8-7-4\sqrt{2}}{34} = \frac{3\sqrt{2}+1}{34}\frac{kq^2}{m\ell} \Rightarrow \upsilon = \sqrt{\frac{3\sqrt{2}+1}{34}\frac{kq^2}{m\ell}}$$

$$V^2 = \frac{(3\sqrt{2}+1)(3-2\sqrt{2})}{34}\frac{kq^2}{m\ell} = \frac{9\sqrt{2}-2\sqrt{2}+3-12}{34}\frac{kq^2}{m\ell} = \frac{7\sqrt{2}-9}{34}\frac{kq^2}{m\ell}$$

$$V = \sqrt{\frac{7\sqrt{2}-9}{34}\frac{kq^2}{m\ell}}$$