Шифр: 10-05

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

Район Приозерский

Школа МОУ СОШ №1

Класс 10

ФИО Макаренко Александр Олегович

Чистовик

1	2	3	4	5	
6	5	1	0	1	13

10-05

Задача 10.1.

Ускорение шарика $\vec{a}$ можно разложить на две составляющие: тангенциальное и центростремительное. Центростремительное ускорение обусловлено тем, что под действием силы натяжения нити шарик движется по окружности радиусом R, $a_ц = \omega^2 R$;

Тангенциальное ускорение обусловлено силой сопротивления воздуха, причем по условию $F = kV$, $\Rightarrow a_\tau = \frac{kV}{m}$;

Заметим, что $tg\alpha = \frac{a_\tau}{a_ц} = \frac{kV}{m\omega^2 R}$, причем $V = \omega R$ т.к шарик движется по окружности: $tg\alpha = \frac{k\omega R}{m\omega^2 R} = \frac{k}{m\omega}$, $\omega = \frac{k}{m\,tg\alpha} = \frac{k}{m} \cdot ctg\alpha$;

Заметим, что a_τ — производная от V по времени;

$V' = \frac{kV}{m}$; $V' - \frac{k}{m}V = 0$; $V' = \frac{dV}{dt}$; $\frac{dV}{dt} = \frac{k}{m} \cdot V$; $\frac{dV}{V} = \frac{k\,dt}{m}$;

Решая данное дифференциальное уравнение, получим

$\int \frac{dV}{V} = \int \frac{k}{m} dt$; $\ln|V| + C_1 = \frac{kt}{m} + C_2$; $C_2 - C_1 = C$;

$\ln V = \frac{kt}{m} + C$; $V = e^{\frac{kt}{m} + C} = e^{\frac{kt}{m}} \cdot e^C$; e^C — константа; $e^C = C^*$

$V = C^* \cdot e^{\frac{kt}{m}}$; $V = \omega R$; $\omega = \frac{Ce^{\frac{kt}{m}}}{R}$

Так как $\vec{V}$ всегда направлена против движения, то $C = e^{-kh}$, поэтому $\omega = \frac{Ce^{-\frac{kt}{m}}}{R}$; $\int \omega = \int \frac{Ce^{-\frac{kt}{m}}}{R}$,

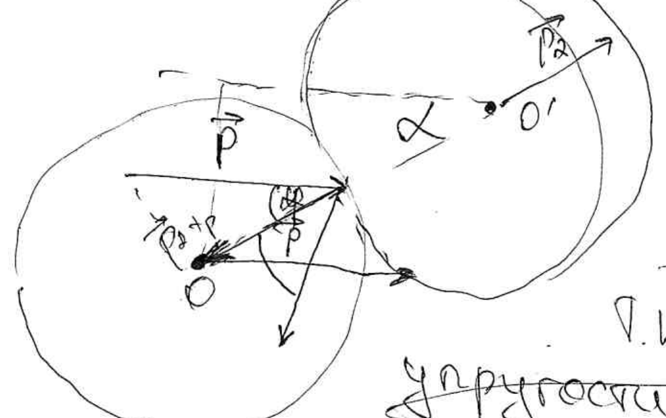
$\varphi = \frac{Cme^{-\frac{kt}{m}}}{kR}$; Поскольку m и k, R константы, то

$\varphi = C^* e^{-\frac{kt}{m}}$;

Чистовик

10.2.

Заметим, что поскольку a, b, c не лежат на одной прямой, то удар не центральный.

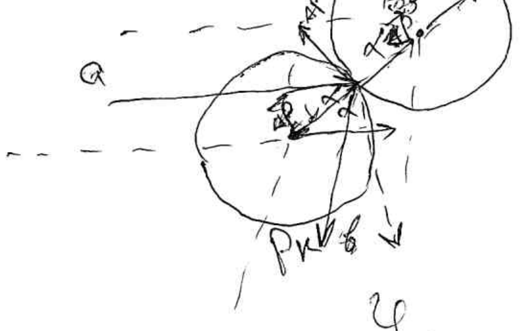


~~Если угол α, под которым произошло соударение шайб, близок к 90°, то траектория первой шайбы почти не изменится.~~

Т.к. массы шайб и коэффициенты ~~упругости~~ одинаковы, как и ~~шайбы~~ сами

угол ~~αдл~~ α — угол между вектор $\vec{P_1}$ и OO'; $\alpha \leq 90°$

После столкновения вторая шайба полетит по линии, соединяющей центр масс: OO' ~~немного~~ приобрет импульс $\vec{P_2}$, первая шайба же ~~уменьшит~~ изменит свой импульс на $\vec{P_2}+\Delta\vec{P}$, где ΔP возникает из-за неабсолютности упругого столкновения. Заметим, что $\Delta\vec{P}$ ~~коллинеарен~~ перпендикулярен вектору $\vec{P_2}$, а и первая шайба полетит по тем же углом



$180°-\alpha$, что и ~~перв~~ вторая (угол падения равен углу отр.), но из-за того что часть энергии переходит в тепло, угол первой шайбы будет немного ближе к 180°, чем у второй (влияние дополнительного $\Delta\vec{P}$), и меньший угол будет меньше 2α.

Угол между направлениями b и c равен

$360° - \cancel{180} - 135° - 60° = 165°$

Заметим, что ни при каком α угол между разлетающимися шайбами не может быть ~~больше~~ меньше 90° ($180-\alpha \geq 90$, т.к. $\alpha \leq 90°$), поэтому вариант b не подходит. для налетающей шайбы

Чистовик

Зад. 10.1 (продолжение) 10-05

Заметим, что $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_y^2}$;

подставляя, получаем

$a = \omega R\sqrt{\omega^2 + \frac{k^2}{m^2}}$; но $a_\tau = a\sin\alpha$, а $a_y = a\cos\alpha$, =>

=> $a_y\ \omega^2 R = \omega R\sqrt{\omega^2 + \frac{k^2}{m}} \cdot \cos\alpha \rightarrow \omega^2 \frac{k}{m\sqrt{\frac{1}{\cos^2\alpha} - 1}}$

$\cdot \frac{k\omega R}{m} = \sqrt{\omega^2 + \frac{k^2}{m^2}} \cdot \sin\alpha \Rightarrow \omega = \frac{k}{m}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\alpha} - 1}$.

так как $tg\alpha = \frac{a_\tau}{a_y} = \frac{k}{m} ctg\alpha$, то можем проинтегрировать систему уравнений, чтобы получить зависимость $\varphi(\alpha)$:

$$\begin{cases} \int\omega = \int\frac{k}{m} ctg\alpha \,/\cdot d\alpha \\ \int\omega = \frac{k}{m}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\alpha} - 1} \,/\cdot d\alpha \\ \int\omega = \frac{k}{m}\sqrt{\frac{1}{\cos^2\alpha} - 1} \cdot (d\alpha) \end{cases}$$

используя 1-е уравнение системы, ~~находим~~ находим интеграл и С находим используя 2 и 3 уравнения

6 ~~0~~

10.1

Задача 10.5

Значения открытия диода могут быть равны 4В и 5В, судя по рис.4, т.к. через диод течет ток, и общее сопротивление увеличится, если диод подключен параллельно:

1б

Возможные варианты:

На промежутке 5:6; сила тока не меняется, что позволяет предположить, что это конденсатор, а 5В + или 4В (исключая вариант диода) - напряжение пробоя;

1б

Задача 10.4

Вязкое трение жидкости заставляет оба шара двигаться по окружности

Чистовик. 10.2 (продолжение) 10-05

Вариант „С" не подходит, так как угол α должен быть сравним с $180° - 165° = 15°$, а угол между „а" и „С" чуть меньше чем 2α, но он равен $60°$; $60 > 15 \cdot 2$;

Вариант а подходит, потому что угол α ~~тан~~ $= 180° - 135° = 45°$, угол между „а" и „с" равен 60, $60 < 45 \cdot 2 \Rightarrow$ подходит вариант а.

2)

А). угол между предполагаемой траекторией при абсолютно упругом столкновении равен $180 - 2\alpha = 90°$.

Тогда $\vec{p_1} = \vec{p_2} + \vec{p_3}$, (причем $\vec{p_3}$ - вектор при абсолютно упругом столкновении)

Потеря импульса, перешедшего в тепло, относится к первой шайбе, вторая же полетит по ~~в.кос~~ необходимой траектории, а конечный вектор $\vec{P}_{1кон}$ равен $\vec{p_3} + \Delta\vec{p}$;

Т.к. $2\alpha = 90°$, то верно: $p_1^2 = p_2^2 + p_3^2 \Rightarrow p_2 = \sqrt{p_1^2 - p_3^2}$;

$(mV_2)^2 = (mV_1)^2 - (mV_3)^2$; $V_2 = \sqrt{V_1^2 - V_3^2}$;

~~В силу~~ Т.к. шайбы на одной поверхности, то отношение расстояний будет равно $\frac{|V_2|}{|V_k|}$,

Для первой шайбы $\alpha = 45°$, $\Rightarrow \vec{p_k} = \vec{p_3} + \Delta\vec{p}$

$p_k = \sqrt{p_3^2 + p_2^2 - 2p_1p_2\cos\alpha}$;

поэтому $\frac{V_2}{V_k}$ будет равносильно $\frac{\sin\alpha}{S_1}$ $\frac{\sin 90°}{\sin\alpha} \approx 1,15$

Ответ: 1,15;

б) доля кинетической энергии, перешедшей в тепло, равна $\left(\frac{V_2}{V_k}\right)\cdot\left(\frac{V_2-V_k}{(V_2^2-V_k^2)}\right)^{-1}$; так как $E_k=\frac{mv^2}{2} => E\sim V^2$, а $p\sim V$:

$0{,}15\cdot(\sqrt{0{,}15})^{-1}=0{,}39=39\%$

Ответ: 39%

Задача

10.3

~~Сначала~~ Поскольку по закону Генри $m_{пог}\sim p$, то $\Delta m_{пог}=kp$;

Тогда в первом случае $\Delta m_{пог_1}=k\Delta p=\frac{km_0g}{S}$, а во втором случае $\Delta m_{пог_2}=k\Delta p_2=\frac{2km_0g}{S}$;

$V_1=Sh_1=\frac{Sh}{2}=10^{-7} м^3=10^{-4} л$;

Количество вещ-ва CO_2 равно: $\nu=\frac{V_1}{V_m}$, где V_m - молярный ~~масса~~ объем; $\mu(CO_2)=44$; $V_m=22{,}4 л$;

$\nu\approx0{,}0000044$ моль, а $m=\mu\cdot\nu => m=44\cdot0{,}0000044\approx0{,}0002$ гр.

Заметим, что давление углекислого газа увеличится во столько раз, сколько составляет $\frac{p_1}{p_0}\cdot\frac{V_1}{V_0}\cdot\frac{m}{m_{пог}-m_{пог}}$;

После добавления второй гири растворилась ещё одна порция газа, равная предыдущей, но объем изменился на другую величину; следовательно,

$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}=\frac{V_{0k}}{V_{1k}}$

15