Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21205586**

ID профиля: **815833**

Вариант 4

Чистовик.

№1.

1) Известно, что при броске под углом к горизонту α с начальной скоростью V_k максимальная высота подъёма ~~равна~~ $H = \frac{V_k^2 \sin^2\alpha}{2g}$. Отсюда, $V_k = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{2\sqrt{2\cdot10\cdot10}}{\sqrt{2}} = \frac{20\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 20\ \frac{м}{с}$.

2) Т.к. скорость ~~полета~~ самолёта в течение всего полёта была постоянной, то ~~на самолет~~ у самолёта имелась лишь нормальная составляющая ускорения (тангенциальная равна нулю). Представим движение ~~R~~ самолёта в верхней точке как движение по окружности радиуса R (радиус кривизны) ~~R~~ — в пределе. ~~Т.к.~~ Ускорение самолёта в этот момент $a = \frac{R}{m} = \frac{mg}{2m} = \frac{g}{2}$, и направлено вниз (но это не важно). Тогда верно, что $\frac{g}{2} = \frac{V_c^2}{R} \Rightarrow V_c = \sqrt{\frac{gR}{2}}$.

R найдём из следующих соображений: у камня (из п. 1), который двигался по той же самой траектории. В этой точке скорость равна $V_k\cos\alpha = 10\sqrt{2}\ \frac{м}{с}$. А ускорение равно g. Отсюда:

$$g = \frac{V_k^2\cos^2\alpha}{R} \Rightarrow R = \frac{(V_k\cos\alpha)^2}{g} = \frac{200}{10} = 20\ м.$$

$$V_c = \sqrt{\frac{gR}{2}} = \sqrt{\frac{10\cdot20}{2}} = \sqrt{100} = 10\ \frac{м}{с}.$$

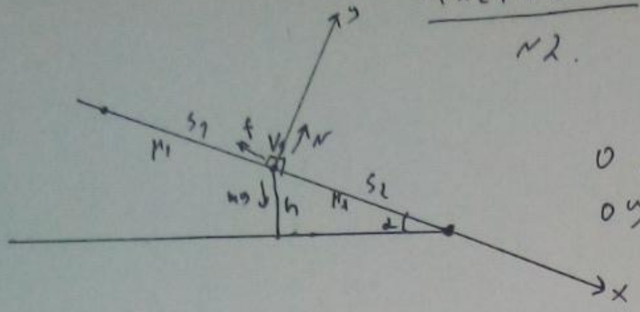
Ответ: 1) $V_k = 20\ \frac{м}{с}$.

$V_c = 10\ \frac{м}{с}$.

21205586 (U815833 M1279981)

Чистовик.

№2.



Запишем 2З Н для коробки:

OX: $mg\sin\alpha - f = ma$

OY: $mg\cos\alpha - N = 0$.

$f = \mu N = \mu mg\cos\alpha$.

$ma = mg\sin\alpha - f = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \Rightarrow$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{7}{25}$

• $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.

Пусть S_1 − путь, который прошло тело до $h = 1,4$ м.

А S_2 − путь после $h = 1,4$ м до остановки. a_2 − уск. коробки на участке 2 (после $h = 1,4$).

~~Найдём~~ Выразим S_2. $S_2 = \frac{0^2 - v_1^2}{2a_2}$.

$a_2 = g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) = -\frac{g}{5} = -2\ \frac{м}{с^2}$.

$S_2 = \frac{-v_1^2}{-4} = \frac{v_1^2}{4}$. ~~Для нахождения v_1 воспользуемся обратимостью движения по участку 2. Пусть коробка ехала время t_2 по нему. Тогда $S_2 = \frac{-a_2 t_2^2}{2}$. $v_1 = 0 + a_2 t_2$ $0 - a_2 t_2 = -a_2 t_2$~~

Из геометрических соображений, $S_2 = \frac{h}{\sin\alpha} =$ ~~$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{7}{25}$~~ $= \frac{1,4\cdot 25}{7} = 5$ м. $v_1 = \sqrt{4S_2} = 2\sqrt{5}\ \frac{м}{с}$.

Найдём ~~ускорен~~ S_1. $a_1 = g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha) = 0,2224g = 2,224\ \frac{м}{с^2}$

$S_1 = \frac{v_1^2 - 0^2}{2a_1} \approx 4,5$ м. $v_1 = 2\sqrt{5} \approx 4,47\ \frac{м}{с}$

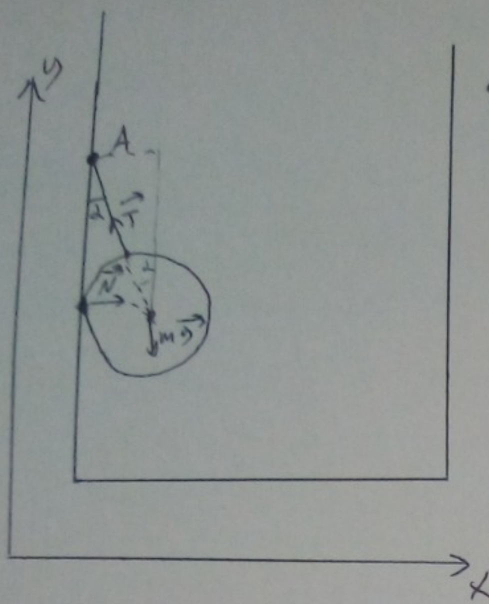
$S = S_1 + S_2 \approx 9,5$ м.

Заметим, что на участке 1 ускорение коробки положительно, и на участке 2 − отрицательно (не ускорение, а его проекция на ось движения OX), значит, скорость максимальна, когда тело было в точке перехода между 1 и 2 и максимальная за все время движения скорость v_1, которая и есть максимальная за все время движения.

Ответ: 1) $4,47\ \frac{м}{с}$; 2) 9,5 м.

Чистовик

№3



1) Пусть угол между нитью и стенкой цилиндра равен α, а сила натяж. нити равна T. Запишем 2 з-н в проекции на оси, изображённые на рисунке (и воспользуемся тем, что положение равновесное).

$$Ox: N - T\sin\alpha = 0$$

$$Oy: T\cos\alpha - mg = 0.$$

Запишем ур-е моментов сил относительно полюса A, пользуясь следующими замечаниями:

1) Система в равновесии

2) На тело действуют 3 силы, а значит, из статики, их линии действия пересекаются в одной точке ~~A~~.

mg приложена к ц. масс (к центру шара из однородности). N приложена к т. соприкосновения шара и цилиндра и направлена к центру шара (перпендикулярно поверхности соприкосновения). Отсюда, линия действия $\vec{T}$ ~~продолжение~~ также проходит через центр шара.

$$\cancel{N(l+R)\sin\alpha = mgR} \cdot N(l+R)\cos\alpha = mg(l+R)\sin\alpha$$

$$N = mg\,tg\,\alpha. \quad tg\,\alpha = \frac{R}{\sqrt{l^2+2Rl}}.$$

$$N = \frac{mgR}{\sqrt{l^2+2Rl}}. \qquad N = T\sin\alpha; \; mg = T\cos\alpha.$$

$$N^2 + (mg)^2 = T^2$$

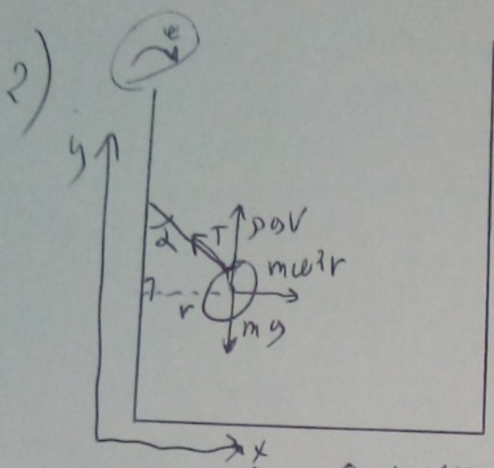
$$\frac{m^2g^2R^2}{l^2+2Rl} + m^2g^2 = T^2 \Rightarrow T = \frac{mg(R+l)}{\sqrt{l^2+2Rl}} \approx \frac{104\sqrt{3}}{3} \approx 60 H.$$

$$F = T \Rightarrow F = \frac{mg(R+l)}{\sqrt{l^2+2Rl}} \approx 60 H.$$

21205586 (U815833 M1279981)

Чистовик

№3 продолжение.

2) 

Перейдем в НСО, ~~в кот~~ которая вращается с угловой скоростью ~~...~~ ω (ω - скорость вращения ц-а в лаб. СО) относительно оси z, ~~относительно которой вращается~~ проходящей через точку крепления нити со стенкой цилиндра.

Учтём фиктивную центробежную силу $m\omega^2 r$, направленную ~~от пере~~ от шара перпендикулярно оси вращения в лабораторной СО. Это нужно, чтобы применять законы динамики в НСО, где они по-хорошему не выполняются.

В этой СО шар покоится. Запишем 2ЗН на оси, показанные на рисунке:

ox: $m\omega^2 r - T\sin\alpha = 0$

oy: $T\cos\alpha + \rho g V - mg = 0$.

$r = (l+R)\sin\alpha$; $V = \cancel{\frac{4}{3}R^3}\ \frac{4}{3}\pi R^3$ (шар погружен полностью).

$$T = \frac{mg - \rho g V}{\cos\alpha} = 2(mg - \rho g V) \approx 61{,}1\ Н.$$

$$\omega = \sqrt{\frac{T\sin\alpha}{mr}} = \sqrt{\frac{T\sin\alpha}{m(l+R)\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{T}{m(l+R)}} \approx 8{,}57\ \cancel{рад}\ \frac{рад}{с}.$$

$$T_{вр} = \frac{2\pi}{\omega} \approx 0{,}733\ с.$$

Ответ: $F \approx 60\ Н$; $T \approx 0{,}733\ с$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205586**

ID профиля: **815833**

Вариант 4

Чистовик

№4

1) До начала испарения к воде подвели такое кол-во теплоты, которое нагрело ее до $t_{кип.} = 100°C$.

$Q_1 = cm\Delta t = 4180 \cdot 0{,}01 \cdot (100-20) = 3344$ Дж.

2). Рассмотрим процесс по частям:

1) Сначала теплота шла на нагрев воды до $t_{кип.}$
2) Далее теплота пошла на парообразование
3) Оставшаяся теплота (если есть) пошла на нагрев насыщенного пара.

~~Теплоты, необходимая~~

Q_2 (теплота, необходимая для превращения в пар всей жидкости) $= rm = 22600$ Дж.

Q_3 (теплота, которая пошла на нагрев пара) $=$
$= Q - Q_1 - Q_2 = 7056$ Дж.

$Q_3 = c_p m (T - t_{кип.}) \Rightarrow T = \frac{Q_3}{c_p m} + t_{кип} \approx 421°C \approx 694 K$.

(в т.к. поршень легкий ~~и ...~~, то ~~...~~ Σ сил, действующих на поршень $= 0$, и т.к. нет трения, то ~~...~~ силы, созданные наружным давлением и давлением содержимого сосуда, равны $\Rightarrow$ давление ~~...~~ пара в сосуде $= p_0$). (насыщенный пар не является идеальным газом, но опыты показывают, что уравнение М-К верно для него)

~~3)~~ Из уравнения Менделеева-Клапейрона, имеем:

$V = \frac{\nu R T}{p_0}$. $\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{10 г}{18 г/моль} = \frac{5}{9}$ моль $\Rightarrow V = \frac{\frac{5}{9} \cdot 8{,}31 \cdot 694 К}{1{,}0 \cdot 10^5 Па} \approx$

$\approx 0{,}03204 м^3 \approx 32 л$.

Ответ: $Q_1 = 3344$ Дж; $V \approx 32 л$.

1

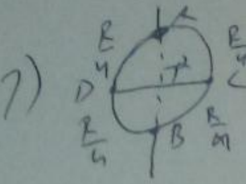
21205586 (U815833 M1279982)

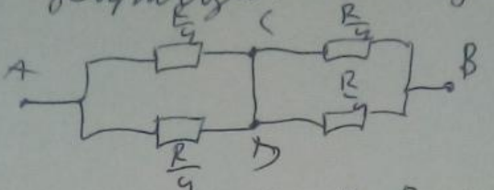
Источник

№5

Нарисуем экв. цепь:

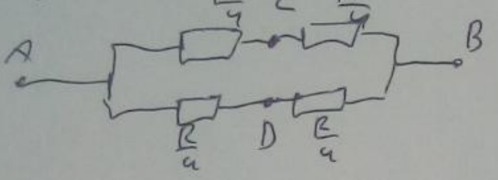
2

1) 



~~Т.к. $\frac{R}{4}\cdot\frac{R}{4}=\frac{R}{4}\cdot\frac{R}{4}$ ток по перемычке~~

Т.к. перед нами сбалансированный мост Уитстона, ток по перемычке не течёт, откуда имеем следующую цепь:

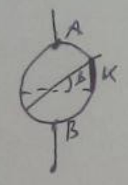


Т.к сопр. одинаковые.
~~Т.к.~~ $\varphi_C-\varphi_A=\varphi_B-\varphi_C=\frac{U}{2}$

$\varphi_D-\varphi_A=\varphi_B-\varphi_D=\frac{U}{2}$

$\Rightarrow P$

$$P=\frac{4\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R}+\frac{4\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R}+\frac{4\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R}+\frac{4\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R}=4\frac{U^2}{R}=32\text{ Вт}.$$

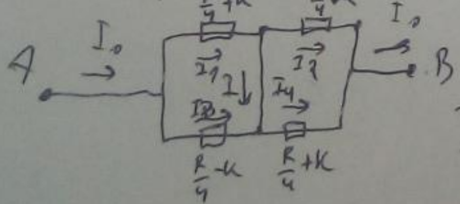
2) 

Пусть k – сопротивление дуги, отмеченной жирным на рисунке. k линейно зависит от длины дуги, которая линейно зависит от β.

$k(\beta)=n\beta+m$. Ясно, что $k(0)=0$; $k\left(\frac{\pi}{2}\right)=\frac{R}{4}$. Отсюда:

$m=0,\ n=\frac{R}{2\pi}\Rightarrow k(\beta)=\frac{R}{2\pi}\beta.$

Нарисуем экв. цепь и расставим токи в ней



~~Из 2ПК~~ Пусть $a=\frac{R}{4}+k$

$b=\frac{R}{4}-k.$

По 2ПК:

$aI_1=bI_3.$

По 1ПК:

$I_1+I_3=I_2+I_4=I_0.$

$I_1=I_2+I.$

$aI_1=bI_0-bI_1\Rightarrow I_1=I_0\frac{b}{a+b}$ аналогично $I_2=I_0\frac{a}{a+b}$

$I_3=I_0\frac{a}{a+b}$ $\qquad I_4=I_0\frac{b}{a+b}$

$I_0\frac{b}{a+b}=I_0\frac{a}{a+b}+I\Rightarrow\frac{I}{I_0}=\frac{b-a}{a+b}=\frac{-4k}{R}$. Значит, мы не угадали направление I, но всё равно, $\left|\frac{I}{I_0}\right|=\frac{4k}{R}$.

~~$\frac{I}{I_0}=$~~ $I_0\frac{ab}{a+b}+I_0\frac{ab}{a+b}=U$ (2ПК). $2I_0\frac{ab}{a+b}=U.$

ЧИСТОВИК

№5 продолжение

$$\frac{ab}{a+b} = \frac{2\left(\frac{R}{4}+k\right)\left(\frac{R}{4}-k\right)}{R} = \frac{\frac{R^2}{8}-2k^2}{R}$$

3

$$I_0 = \frac{4Ik}{R}$$

$$I_0 = \frac{U}{2}\cdot\frac{R}{\frac{R^2}{8}-2k^2}$$

...

Если ~~R~~ общее сопротивление цепи $R_э$, то

$I_0 = \frac{U}{R_э}$; $\boxed{\frac{IRR_э}{4U} = k}$

Тогда $B = \frac{2\pi}{R}k = \frac{2\pi I R_э}{4U}$.

3) Зная k, мы знаем a и b, отсюда, знаем I_1, I_2, I_3, I_4, а также соотв. сопротивления. Отсюда мощность ~~P~~ можно посчитать по формуле $P = I^2R$ для каждого отдельного резистора а затем сложить.

Ответ: 1) 32 ВТ; 2) $\frac{2\pi I R_э}{4U}$