Часть 1

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

Шифр: **21206170**

ID профиля: **852935**

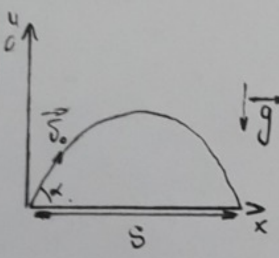
Вариант 3

Чистовик

№1

Дано:
$\alpha = 60^\circ$
$S = 17$ м
---
1) υ_0
2) F

Решение



1) Т.к. на камень действует только лишь сила тяжести (постоянная), то его движение считается равноускоренным:

$$\vec{S} = \vec{\upsilon}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$x:\ S = \upsilon_0 \cos\alpha\, t$

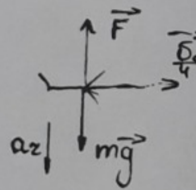
$y:\ 0 = \upsilon_0 \sin\alpha\, t - \frac{g t^2}{2} \ :\ t \neq 0$

$\upsilon_0 \sin\alpha = \frac{g t}{2}$

$t = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \Rightarrow S = \upsilon_0 \cos\alpha \cdot \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$\upsilon_0 = \sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} = 14\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

2) Рассмотрим силы действующие на самолет в верхней точке траектории



F - вертикальная составляющая силы аэродинамической
mg - сила тяжести.

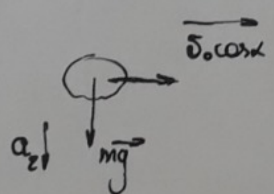
По II-ому закону Ньютона

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$

$ma_ц = mg - F$, где $a_ц$ – центростремительное ускорение.

$a_ц = \frac{\left(\frac{\upsilon_0}{4}\right)^2}{R}$, где R - радиус кривизны траектории в данной точке.

Для его нахождения вновь рассмотрим полет камня.



В верхней точке траектории камень обладает только горизонтальной составляющей скорости $\upsilon = \upsilon_0 \cos\alpha$, II закон Ньютона:

$mg = a_{ц.с.} \cdot m \Rightarrow a_{ц.с} = g = \frac{\upsilon^2}{R} \Rightarrow R = \frac{\upsilon_0^2 \cos^2\alpha}{g}.$

$a_ц = \frac{\upsilon_0^2}{16R} = \frac{g}{16\cos^2\alpha} \Rightarrow F = mg - ma_ц = \frac{16\cos^2\alpha - 1}{16\cos^2\alpha} mg = 7{,}5\ Н$

Ответ: 1) $14\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) 7,5 Н

21206170 (U852935 M1283500)

Чистовик

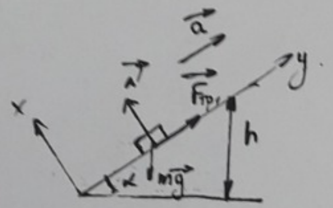
№2.

Дано:
$\alpha = 30^\circ$
$\mu_1 = 0,81$
$\mu_2 = 0,11$
$h = 2м$

1) T
2) H

Решение.

1) Рассмотрим силы действующие на коробку на участке торможения:



II закон Ньютона:

$m\vec{a}_1 = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{тр1}$

$x: N - mg\cos\alpha = 0$

$y: ma_1 = F_{тр1} - mg\sin\alpha$

По закону Кулона-Амонтона: $F_{тр1} = \mu_1 N = \mu_1 mg\cos\alpha$

$a_1 = (\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)g = const \Longrightarrow$ Движение равноускоренное. Воспользуемся формулой для кинематики равноускоренного движения:

$S_y = \upsilon_{1y}t - \frac{a_y t^2}{2}$, где S_y – проекция перемещения $(S_y = \frac{h}{\sin\alpha})$, υ_{1y} – проекция конечной скорости; a_y – проекция ускорения $(a_y = (\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)g)$

$$-\frac{h}{\sin\alpha} = -\frac{(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)gt^2}{2}$$

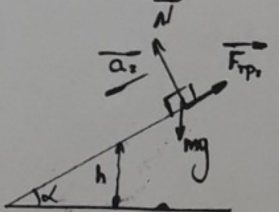
$$t = T = \sqrt{\frac{2h}{g}\cdot\frac{1}{\sin\alpha(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)}} = 2с$$

2) Вначале найдем скорость коробки на высоте h:

$\upsilon_{0y} = a_y T$, при $\upsilon_y = 0$

$$\upsilon_{0y} = (\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)g\sqrt{\frac{2h}{\sin\alpha(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)g}} = \sqrt{2gh\cdot\frac{\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha}}$$

Рассмотрим силы, действующие на коробку на участке разгона:



II закон Ньютона:

$m\vec{a}_2 = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{тр2}$

$x: N - mg\cos\alpha = 0$

$y: ma_{2y} = mg\sin\alpha - \mu_2 mg\cos\alpha$

$a_2 = (\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)g = const$. Воспользуемся еще одним уравнение для кинематики равноускоренного движения:

$$\frac{H-h}{\sin\alpha} = \frac{\upsilon_{0y}^2}{2a_{2y}} \Rightarrow H = h + \frac{\upsilon_{0y}^2\sin\alpha}{2a_{2y}} = h + \frac{\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha}\cdot h = \frac{(\mu_1 - \mu_2)\cos\alpha}{\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha}h = 3м.$$

Ответ: 1) 2с. 2) 3м

Чистовик:

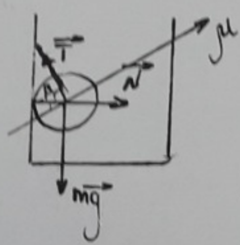
№3.

Дано:
$R = 0{,}05$ м
$l = 15$ см
$m = 0{,}8$ кг
$\omega = 10\ \frac{рад}{с}$

1) N
2) α

Решение

1) Рассмотрим силы, действующие на шар в первом случае:

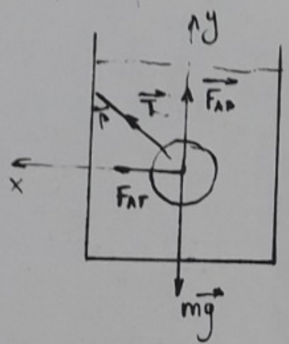


Т.к. шар находится в равновесии то для него можно записать первое условие равновесия:

$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = \vec{0}$. В проекции на ось μ ($\mu \perp \vec{T}$)

μ: $N\sin\beta - mg\cos\beta = 0 \Rightarrow N = mg\,ctg\beta$, где β-угол между $\vec{T}$ и горизонтом. Причем $\cos\beta = \frac{R}{R+l} \Rightarrow N = \frac{R}{\sqrt{l^2+2Rl}}\,mg \approx 2$ Н.

2) Рассмотрим силы, действующие на шар после его погружения в воду:



II закон Ньютона для шара:

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{АВ} + \vec{F}_{АГ}$, где $\vec{F}_{АВ}$ и $\vec{F}_{АГ}$ – вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда соответственно:

$x: ma_{ц.с} = T\sin\beta + F_{АГ}$

$y: F_{АВ} + T\cos\beta = mg$

Воспользуемся следующими соотношениями:

$a_{ц.с} = \omega^2 \cdot x$, где x – расстояние от центра шара до стенки сосуда. ($x = (R+l)\sin\beta$)

$a_{ц.с} = \omega^2 (R+l)\sin\beta$

$F_{АВ} = \rho_0 g \cdot V$ (ρ_0 – плотность воды, V – объем шара)

$F_{АГ} = \rho_0\, a_{ц.с} V = \rho_0 \omega^2 (R+l) V \sin\beta$

$$\begin{cases} T\sin\beta = \omega^2 (R+l)\sin\beta\,(m - \rho_0 V) \\ T\cos\beta = g(m - \rho_0 V) \end{cases}$$

Поделим одно уравнение на другое:

$$tg\beta = \frac{\omega^2 (R+l)}{g}\sin\beta$$

$$\cos\beta = \frac{g}{\omega^2 (R+l)}$$

$$\alpha = \beta = \arccos\left(\frac{g}{\omega^2 (R+l)}\right) = 60^\circ$$

Ответ: 1) 2 Н 2) 60°

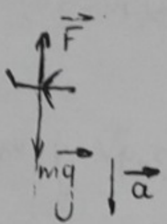
0,6 Черновик

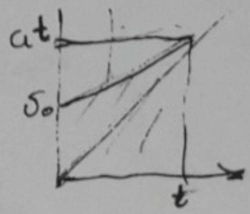
$\frac{2h}{g}$ · 0,7.

$$\frac{h \cdot \frac{\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha} \cdot \sin\alpha}{2 \cdot (\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) g} = \frac{\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha} g.$$

$$g t^2 = \frac{2h}{\sin\alpha}$$

$$ctg\beta = \frac{R}{R+\ell} \cdot \frac{R+\ell}{\sqrt{\ell(\ell+2R)}}$$



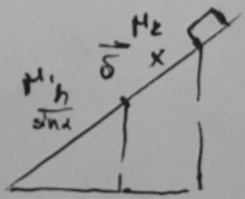


$\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha + \mu_1\cos\alpha - \sin\alpha.$

$$\sqrt{1 - \frac{R^2}{R^2 + \ell^2 + 2R\ell}} = \sqrt{\frac{\ell^2 + 2R\ell}{R^2 + 2R\ell + \ell^2}}$$

$$\frac{v_0^2}{16} \cdot \frac{g}{v_0^2\cos^2\alpha} =$$

$$= \frac{\sqrt{\ell^2 + 2R\ell}}{R+\ell}$$



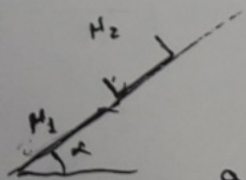
$$mg\left(1 - \frac{1}{16\cos^2\alpha}\right) = \frac{16\cos^2\alpha - 1}{16\cos^2\alpha}$$

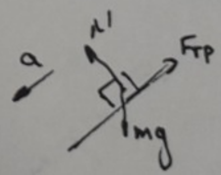
$$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{a_2 t^2}{2}.$$

$v = (g\sin\alpha - g\mu_2\cos\alpha) t_1.$

$v = (g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha) t_2$

$\frac{H}{\sin\alpha}$ $\qquad \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{v_{0y}^2 - v_{0y}^2}{2a_{2y}}$





$H - h =$

$v = (g\sin\alpha - \mu_2 g\cos\alpha) t_2$

$v = (\mu_1 g\cos\alpha - g\sin\alpha) t_1$

$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{v^2}{2(}$

$ma = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

$a_2 = g\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha$

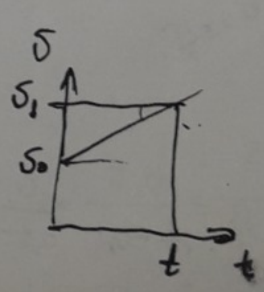
$a_1 = g\sin\alpha - \mu_1 g\cos\alpha$

$a_2 = (\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) g$

$a_1 = (\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha) g$

$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{v}{2} t_1$

$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{-a_1 t_1^2}{2}$



$v_1 t - t.$

$v_x = v_{0x} + a_x t$

$$S_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

$$s_x = v_x t - \frac{a_x t^2}{2}$$

21206170 (U852935 M1283500)

Часть 2

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

Шифр: **21206170**

ID профиля: **852935**

Вариант 3

Чистовик.

№ 4

$m=5{,}5\cdot10^{-3}$ кг

$t_0=0°C$

$S=5\cdot10^{-2}$ м^2.

$p_0=10^5$ Па

$c=4180\ \frac{Дж}{кг\cdot K}$

$t_к=100°C$.

$r=2{,}26\cdot10^6\ \frac{Дж}{кг}$

$c_p=2200\ \frac{Дж}{кг\cdot K}$.

1) Q_1

2) H

Решение

1) Чтобы нагреть воду от температуры t_0 до температуры $t_к$, требуется сообщить количество теплоты Q_1, равное $Q_1=cm(t_к-t_0)=2{,}3$ кДж.

2) Сначала сообщаемая энергия пойдет на парообразование воды, поэтому часть сообщенной энергии – rm. Затем, когда в сосуде останется только пар, теплота, которую подводят к газу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение им работы:

$$Q=A+\Delta U=p_0 S\Delta h+\frac{i}{2}\nu R\Delta T=\frac{i+2}{2}p_0S\Delta h,$$ где $Q=Q_2-rm$

По закону Клайперона-Менделеева:

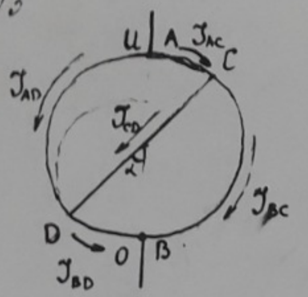
$p_0S\Delta h=\nu R\Delta T \Rightarrow Q=\frac{i+2}{2}p_0S\Delta h$. Для водяного пара число степеней свободы равно 6: $i=6 \Rightarrow \Delta h=\frac{Q}{4p_0S}=\frac{Q_2-rm}{4p_0S}=1{,}25$ м.

Ответ: 1) $Q_1=2{,}3$ кДж 2) $H=1{,}25$ м

21206170 (U852935 M1283501)

Чистовик

№5



В начале определим сопротивление участков цепи. AC, BD, BC, AD

$R_{AC}=R_{BD}=\frac{\alpha}{2\pi}R$

$R_{BC}=R_{AD}=\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R.$

Расставим токи в цепи, как на рисунке.

1) $P=J_{AD}^2\cdot R_{AD}+J_{AC}^2R_{AC}+J_{BC}^2\cdot R_{BC}+J_{BD}^2\cdot R_{BD}=\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R(J_{AD}^2+J_{BC}^2)+\frac{\alpha}{2\pi}R(J_{AC}^2+J_{BD}^2)$

Закон сохранения заряда:

$J_{AC}=J_{CD}+J_{BC}$

$J_{AD}+J_{CD}=J_{BD}$

$J_{AD}+J_{AC}=J_{BD}+J_{BC}$

Падения напряжения между т. A и B составляет U, поэтому!

$J_{AC}\cdot\frac{\alpha}{2\pi}R+J_{BC}\cdot\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R=U$

Условия равенства потенциалов в т. C и D:

$U-\varphi=J_{AD}\cdot\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R=J_{AC}\cdot\frac{\alpha}{2\pi}\Longrightarrow J_{AD}(\pi-\alpha)=J_{AC}\cdot\alpha\Longrightarrow J_{AD}=\frac{\alpha}{\pi-\alpha}\cdot J_{AC}$

$\varphi=J_{BD}\cdot\frac{\alpha}{2\pi}R=J_{BC}\cdot\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R\Longrightarrow J_{BD}\cdot\alpha=J_{BC}(\pi-\alpha)\Longrightarrow J_{BD}=\frac{\pi-\alpha}{\alpha}J_{BC}$ $\Longrightarrow$ φ - потенциал перемычки.

$$\Longrightarrow\begin{cases}\frac{\pi}{\pi-\alpha}J_{AC}=\frac{\pi}{\alpha}J_{BC}\\ \alpha J_{AC}+\pi J_{BC}-\alpha J_{BC}=\frac{2\pi U}{R}\end{cases}\quad\begin{cases}J_{BC}=\frac{\alpha}{\pi-\alpha}J_{AC}\\ \alpha J_{AC}+\alpha J_{AC}=\frac{2\pi U}{R}\end{cases}\Longrightarrow\begin{cases}J_{AC}=\frac{\pi U}{\alpha R}\\ J_{BC}=\frac{\pi U}{(\pi-\alpha)R}\end{cases}\Longrightarrow\begin{matrix}J_{AD}=\frac{\pi U}{(\pi-\alpha)R}\\ J_{BD}=\frac{\pi U}{\alpha R}\end{matrix}$$

Итак, $P=\frac{\pi-\alpha}{2\pi}R\frac{2\pi^2U^2}{(\pi-\alpha)^2R^2}+\frac{\alpha}{2\pi}R\cdot\frac{2\pi^2U^2}{\alpha^2R^2}=\frac{\pi U^2}{(\pi-\alpha)R}+\frac{\pi U^2}{\alpha R}=\frac{\pi^2U^2}{\alpha(\pi-\alpha)R}=10{,}8$ Вт.

2) Выразим ток через перемычку через угол α с помощью ЗСЗ:

$J_{CD}=J_{AC}-J_{BC}=\frac{\pi U}{\alpha R}-\frac{\pi U}{(\pi-\alpha)R}=\frac{(\pi-2\alpha)U}{\alpha(\pi-\alpha)R}\Longrightarrow\alpha^2-\pi\left(1+\frac{2U}{JR}\right)\alpha+\frac{\pi^2U}{JR}=0$, где $J=J_{CD}$.

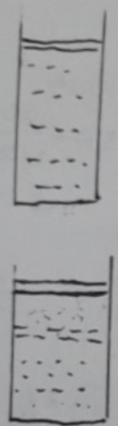
$D=\pi^2\left(1+\frac{4U^2}{J^2R^2}\right)$

$\alpha=\frac{\pi\left(1+\frac{2U}{JR}\right)\pm\pi\sqrt{1+\frac{4U^2}{J^2R^2}}}{2}=\left(1+\frac{2U}{JR}\pm\sqrt{1+\frac{4U^2}{J^2R^2}}\right)\cdot\frac{\pi}{2}\Longrightarrow\pi-\alpha=\left(1-\frac{2U}{JR}\mp\sqrt{1+\frac{4U^2}{J^2R^2}}\right)\cdot\frac{\pi}{2}$

$\cancel{\frac{1}{n}=\frac{\alpha}{\pi-\alpha}=\frac{1+\frac{2U}{JR}\pm\sqrt{1+\frac{4U^2}{J^2R^2}}}{1-\frac{2U}{JR}\mp\sqrt{1+\frac{4U^2}{J^2R^2}}}\Longrightarrow n=3}$ $\quad\alpha=\left[\begin{matrix}\frac{3\pi}{2}>\pi\\ \frac{\pi}{4}\end{matrix}\right.\Longrightarrow\alpha=\frac{\pi}{4},\ \pi-\alpha=\frac{3\pi}{4}\Longrightarrow n=3.$

3) Как было показано ранее $P=\frac{\pi^2U^2}{\alpha(\pi-\alpha)R}$, при $\alpha=\frac{\pi}{4}$ получаем $P=8$ Вт.

Ответ: 1) ~~5,4~~ 10,8 Вт 2) 3 3) 8 Вт.



$\boxed{Q_1 = cm(t_k - t_0)}$

$Q_2 = rm$

$Q' = Q_2 - rm$

$Q' = \frac{5}{2}A = \frac{5}{2}p_0 S \Delta H$

$4180 \cdot 100 =$

$Q_1 = cm(t_k - t_0)$

$Q_2 = rm + c_p m(t - t_k)$

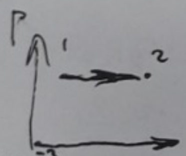
$\frac{5}{2}p_0 S\Delta h$

$\frac{5}{2}p_0 S\Delta h = Q_2 - rm$

$\Delta h = \frac{2}{5}\frac{(Q_2 - rm)}{p_0 S}$

$J_{CD} + J_{AC} + J_{BD} - J_{CD} = J_{BD} + J_{BC}$

$J_{AD} + J_{AC} - J_{BC} = J_{BD}$



$J_{AC} =$

$(t - t_k) = \frac{Q_2 - rm}{c_p m} = \frac{5000}{2200}$

$rm = 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-3} =$

$= 2{,}26 \cdot 5{,}5 \cdot 1000$

17430

12430

$5000 = \frac{5}{2}p_0 S\Delta h$

$\frac{\alpha}{\bar{u}-\alpha} \cdot J_{AC} + J_{AC} = \frac{\bar{u}-\alpha}{\alpha} J_{BC} + J_{BC}$

$J_{AC} + J_{BC} =$

$\frac{\alpha + \bar{u} - \alpha}{}$

$\frac{5000}{2200 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-3}} =$

$40 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}200$

$2000 = 10^5 \cdot 500 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta h$

40 см

484

$\Delta h = 40$ см!

$= \frac{5000}{2{,}2 \cdot 5{,}5}$

$\bar{u} - k\frac{\bar{u}}{2} =$

$\alpha J_{AC} = \frac{2\bar{u}}{R}U$

$140\,^\circ C$.

$= \frac{\bar{u}}{2}(2 - k) = \frac{\bar{u}}{2}\left(2 - 1 - \frac{2U}{R} \mp \sqrt{1 + \frac{4U^2}{g^2R^2}} = \right.$

$\alpha^2 - \bar{u}\alpha - \frac{2\bar{u}U}{gR}\alpha + \frac{\bar{u}^2 U}{gR} = 0$

$\alpha^2 - \bar{u}\left(1 + \frac{2U}{gR}\right)\alpha + \frac{\bar{u}^2 U}{gR} = 0$

$\frac{\bar{u}-\alpha}{8\bar{u}} R \cdot \frac{8\bar{u}^2 U^2}{(\bar{u}-\alpha)^2 R^2} =$

$= \bar{u}U^2$

$\frac{\bar{u}U}{R}\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\bar{u}-\alpha}\right) =$

$\frac{\alpha}{8\bar{u}} R \cdot \frac{8\bar{u}^2 U^2}{\alpha^2 R^2} = \bar{u}U$

$D = \bar{u}^2\left(1 + \frac{2U}{gR}\right)^2 - \frac{4\bar{u}^2 U}{gR} =$

$= \frac{\bar{u} - \alpha - \alpha}{\alpha(\bar{u}-\alpha)}$

$= \bar{u}^2\left(1 + \frac{4U}{gR} + \frac{4U^2}{g^2R^2} - \frac{4U}{gR}\right) =$

$\frac{\bar{u}U^2}{R}\left(\frac{1}{\bar{u}-\alpha} + \frac{1}{\alpha}\right) =$

$\frac{\bar{u}U}{Rg}\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\bar{u}-\alpha}\right) = 1.$

$= \bar{u}^2(1$

$= \frac{\alpha + \bar{u} - \alpha}{\alpha(\bar{u}-\alpha)}$

$\frac{\bar{u}U}{gR}(\bar{u} - 2\alpha) = \bar{u}\alpha - \alpha^2$

21206170 (U852935 M1283501)