# Часть 1

Олимпиада: **Физика, 9 класс (1 часть)**

Шифр: **21204679**

ID профиля: **819454**

Вариант 3

# Чистовик. лист 1.

**№1**

$M = 0{,}45\text{кг} = 450\text{г}$

$\rho_0 = 1000\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\rho = 900\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0{,}9\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$t_1 = 30°C$

$V_1 = 25\text{см}^3$

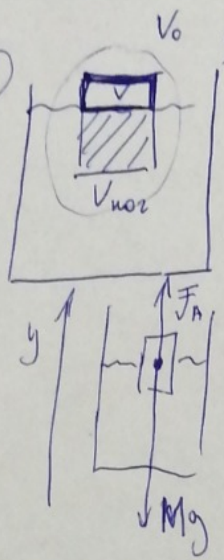
$\lambda = 3{,}36\cdot10^5\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$c = 4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot°C}$

$V - ?$

$m - ?$

1




1) пусть весь объем льда: $V_0$
объем погруженой части: $V_{пог}$,
Тогда $V = V_0 - V_{пог}$

2) т.к лед находится в равновесии $\Sigma\vec{F} = 0$, запишем равенство сил на $Oy$:

$F_a - Mg = 0$

$F_a = V_{пог}\rho_0 g$

$M = \rho V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{M}{\rho}$

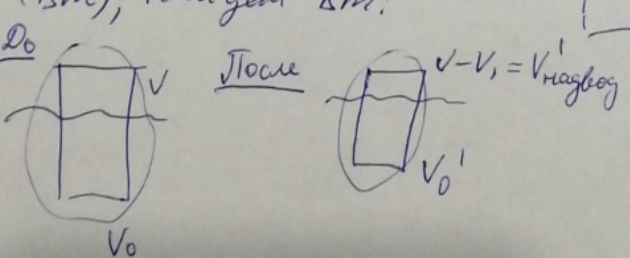
$V_{пог}\rho_0 g - \rho V_0 g = 0$

$\Rightarrow \frac{V_{пог}}{V_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$

$V = V_0 - V_{пог} = V_0\left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right) = V_0\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0}$

$$\boxed{V = \frac{M(\rho_0 - \rho)}{\rho_0\rho}} = 50\text{см}^3$$

2) Мы добавили какую-то массу воды ($m$) и из-за этого какая-то часть льда растаяла ($\Delta m$), найдем $\Delta m$:




1) $V_0\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = V_{надв} = V$ – из 1 части

$\Rightarrow V_0'\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = V - V_1 = V'_{надв}$

$V_0' = \frac{(V - V_1)\rho_0}{\rho_0 - \rho}$

2) $\Delta m = \rho(V_0 - V_0')$

$V_0 = \frac{V\rho_0}{\rho_0 - \rho}$

$V_0' = \frac{(V - V_1)\rho_0}{\rho_0 - \rho}$

$\Delta m = \rho\left(\frac{V\rho_0 - V\rho_0 + V_1\rho_0}{\rho_0 - \rho}\right) = \frac{V_1\rho\rho_0}{\rho_0 - \rho}$

3) Запишем УТБ для системы когда она пришла в тепловое равновесие:

$\Delta m\lambda = \underbrace{c_в m\Delta t}_{\text{остывание воды пошло на таяние льда}}$

$\Delta t = t_1 - t_0$

$t_0 = 0°C$, т.к система вода + лед $\Rightarrow \Delta t = t_1$

$$\Rightarrow \boxed{m = \Delta m\frac{\lambda}{c_в t_1} = \frac{V_1\rho\rho_0\lambda}{c_в t_1(\rho_0 - \rho)}} = 0{,}6\text{кг} = 600\text{г}$$

$$\boxed{\begin{aligned}\text{Ответ. } V &= \frac{M(\rho_0 - \rho)}{\rho_0\rho} = 50\text{см}^3\\ m &= \frac{V_1\rho_0\rho\lambda}{c_в t_1(\rho_0 - \rho)} = 0{,}6\text{кг}\end{aligned}}$$

# Чистовик. лист 2

**№2**

$v_0 = 10\,\frac{м}{с}$

$a = 2\,\frac{м}{с^2}$

$S = 12\,м$

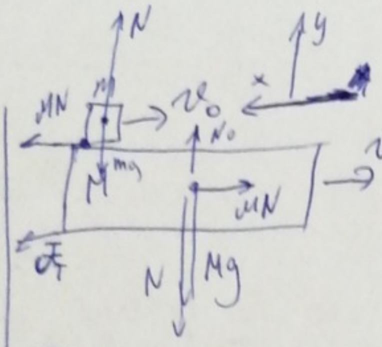
$g = 10\,\frac{м}{с^2}$

$L$ – ?

$\mu$ – ?

$T$ – ?

$u_{max}$ – ?




$F_т = Ma$ – по условию

1) пусть масса коробки $m$, а платформы $M$

Расставим силы:

Второй закон Ньютона для коробки:

$Oy$: $N - mg = a_y m$

$\Rightarrow N = mg$

$Ox$: $ma_0 = \mu N = \mu mg \Rightarrow a_0 = \mu g$

Для платформы:

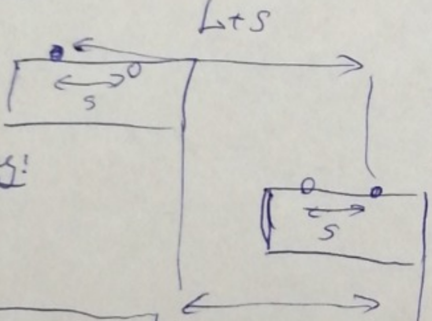
$Ox$: $Ma' = \underset{(F_т)}{Ma} - \mu N = Ma - \mu mg$

$a' = a - \mu g\frac{m}{M}$, т.к мы можем предположить что масса платформы много больше массы коробки $M \gg m$

$\frac{m}{M} \to 0$

$\Rightarrow a' = a$

Начало:




$\boxed{2aS = v_к^2 - v_н^2}$

2) Из кинематики для платформы

$-2a'L = 0^2 - v_0^2$

$\Rightarrow \boxed{L = \frac{v_0^2}{2a}} = 25\,м$

Из кинематики для коробки:

$-\underset{\mu g}{2a_0}(L+S) = 0^2 - v_0^2$

$\Rightarrow \mu = \frac{v_0^2}{2g(L+S)} = \frac{v_0^2}{2g\left(S + \frac{v_0^2}{2a}\right)} = \frac{2av_0^2}{2g(2Sa + v_0^2)}$

$\boxed{\mu = \frac{av_0^2}{g(2aS + v_0^2)} \approx 0{,}135}$

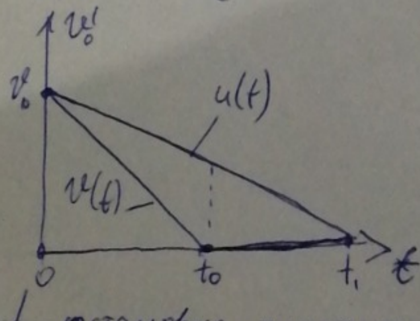
3) Исследуем зависимость $v(t)$ и $u(t)$

$v(t) = v_0 - at$ – до остановки после $v=0$

$u(t) = v_0 - \mu g t$

$\mu g < a$

$\mu g = 1{,}35\,\frac{м}{с}$, $a = 2\,\frac{м}{с}$




$t_0$ – остановка платформы

$t_1$ – остановка коробки

Чистовик. лист 3

№2 (продолжение)

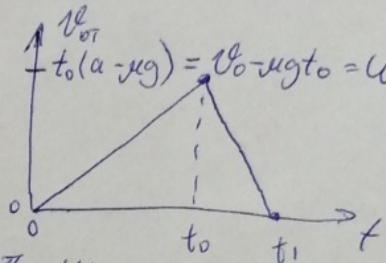
~~Ответ~~ ~~Ответ~~

4) Посмотрим на $v_{от}(t)$

$v_{от}(t) = u(t) - v(t)$

$$v_{от}(t) = \begin{cases} v_0 - \mu g t - v_0 + at, & t \in [0; t_0] \\ v_0 - \mu g t - 0, & t \in [t_0; t_1] \end{cases}$$

$$v_{от}(t) = \begin{cases} t(a - \mu g), & t \in [0; t_0] \\ v_0 - \mu g t, & t \in [t_0; t_1] \end{cases}$$




Как можно видеть из графика $u_{max}$ достигается при $t = t_0$, а относительная скорость коробки растет на промежутке от 0 до $t_0$ $\Rightarrow T = t_0 - 0$

$t_0 a = (v_0 - 0) = \Delta v$ – т.к равноускоренное движение

$\Rightarrow t_0 = \frac{v_0}{a}$

$$\Rightarrow \boxed{T = t_0 = \frac{v_0}{a}} = 5с$$

$$u_{max} = \frac{v_0}{a}(a - \mu g) = v_0 - \frac{v_0}{a}\mu g = \frac{v_0}{a}\left(a - \frac{a v_0^2}{2aS + v_0^2}\right) = v_0 - \frac{v_0^3}{2aS + v_0^2}$$

$$u_{max} = \frac{2aSv_0 + v_0^3 - v_0^3}{2aS + v_0^2}$$

$$u_{max} = \left(2v_0 aS + \cancel{v_0^3} - \cancel{v_0^3}\right)\frac{1}{2aS + v_0^2}$$

$$\boxed{u_{max} = \frac{2aSv_0}{2aS + v_0^2}} \approx 3{,}24\ \frac{м}{с}$$

Ответ:

$$L = \frac{v_0^2}{2a} = 25м$$

$$\mu = \frac{a v_0^2}{g(2aS + v_0^2)} \approx 0{,}135$$

$$T = \frac{v_0}{a} = 5с$$

$$u_{max} = \frac{2aS v_0}{2aS + v_0^2} \approx 3{,}24\ \frac{м}{с}$$

21204679 (U819454 M1282334)

Чистовик. лист 4.

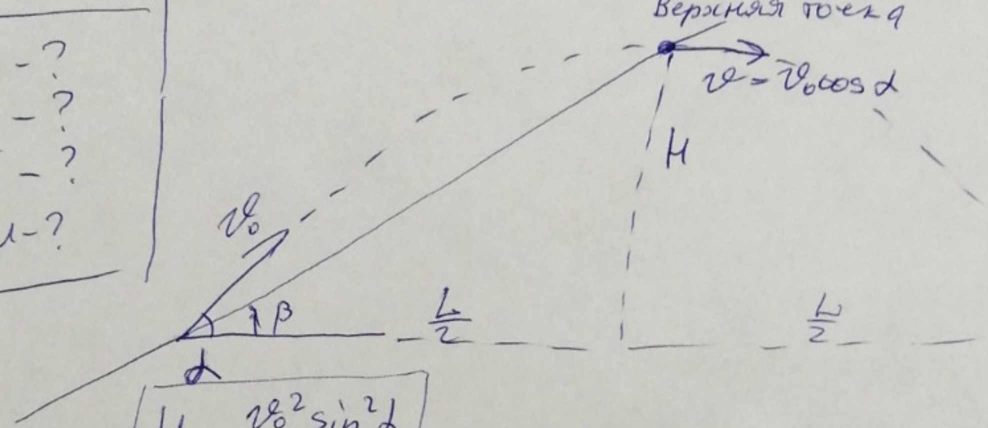
№3

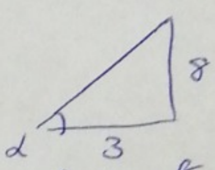
$v_0 = 12\,\frac{м}{с}$

$tg\,\alpha = \frac{8}{3}$

$H - ?$
$\beta - ?$
$T - ?$
$\mu - ?$

1) т.к в условии сказано, что при падении $v$ была горизонтальна, это возможно только в верхней точке траектории полёта мешка;




$tg\,\alpha = \frac{8}{3}$

$\sin\alpha = \frac{8}{\sqrt{3^2+8^2}}$

$\boxed{H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}}$ - общеизвестная формула для верхней точки

$\boxed{H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}} = \frac{12\cdot 12}{2\cdot 10}\cdot\frac{64}{9+64} \approx 6{,}3\,м$

$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{2\sin\alpha\cos\alpha\, v_0^2}{g}$ - общеизвестная формула для дальности полёта

$tg\,\beta = \frac{2H}{L} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha \cdot g}{2g \cdot \sin\alpha\cos\alpha\, v_0^2} = \frac{\sin\alpha}{2\cos\alpha} = \frac{1}{2} tg\,\alpha = \frac{4}{3}$ - из треугольника

$\boxed{tg\,\beta = \frac{1}{2} tg\,\alpha} = \frac{4}{3}$

$T = t_1 + t_2$ ← скольжения
в полете

$t_1 = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$ - т.к верхняя точка

~~Второй закон Ньютона!~~

~~$O_y$: $mg\cos\beta = N$~~

~~$O_x$: $ma = \mu N + mg\sin\beta$~~

~~$ma = \mu mg\cos\beta + mg\sin\beta$~~

~~$a = g(\cos\beta\cdot\mu + \sin\beta)$~~

~~$t_2 a = v\cos\beta$~~

~~$t_2 = \frac{v_0\cos\alpha\cos\beta}{g(\cos\beta\,\mu + \sin\beta)}$~~

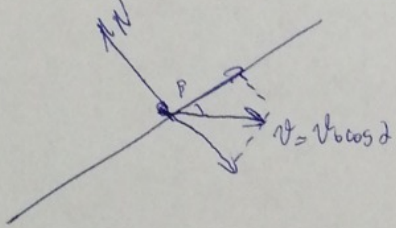
~~$T = \frac{v_0\sin\alpha}{g} + \frac{v_0\cos\alpha\cos\beta}{g(\cos\beta\,\mu + \sin\beta)}$~~

~~$T = \frac{v_0}{g}\left(\sin\alpha + \frac{\cos\alpha\cos\beta}{\mu\cos\beta + \sin\beta}\right)$~~

Чистовик, лист 5.

№3 (продолжение)

$$N\,dt = m v_{5i}$$



Черновик

№2

$v_0 = 10\frac{м}{с}$

$a = 2\frac{м}{с^2}$

$S = 12м$

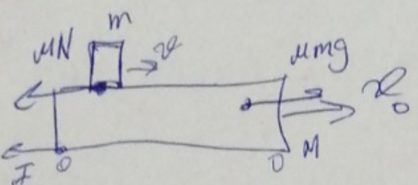
$g = 10\frac{м}{с^2}$

$L - ?$

$\mu - ?$

$T - ?$

$u_{max} - ?$




$F_T = Ma$

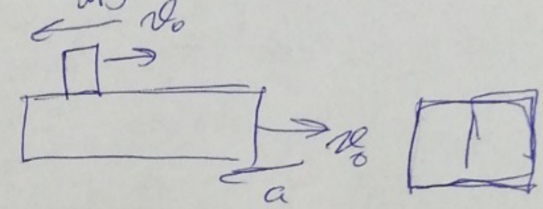
$F_T - \mu mg = Ma'$

$Ma - \mu mg = Ma'$

$2aL = v_0^2 - \cancel{v}^2$

$L = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{10 \cdot 10}{2 \cdot 2} = \frac{100}{8} = 12,5м$

$\frac{2 \cdot 100}{\cancel{10} \cdot (4 \cdot 12 + 100)} = \frac{20}{48+100} = \frac{20}{148}$




$\mu mg = ma_0 \Rightarrow a_0 = \mu g$

$2(L+S)a_0 = v_0^2 - \cancel{v}^2$

$\frac{100}{2 \cdot 10(12,5+12)}$

$= \frac{5}{}$

$\mu m g (S+L) = \frac{v_0^2 m}{2}$

$2(L+S)\mu g = v_0^2$

$\mu = \frac{v_0^2}{2(S+L)g}$ $\quad \frac{20}{48+100} =$

$\mu = \frac{v_0^2}{2(L+S)g} = \frac{10 \cdot 10}{2 \cdot 10 \cdot (12,5+12)} = \frac{10}{2 \cdot 24,5} = \frac{10}{49} \approx 0,2$

$\frac{100}{2 \cdot 10 \cdot 12}$

$MSg$

$a' = a - \mu g \frac{m}{M} = a - \frac{v_0^2 \quad m}{2(L+S)M}$

$\mu = \frac{v_0^2}{2Sg} = \frac{10 \cdot 10}{2 \cdot 12 \cdot 10} = \frac{5}{12} \approx 0,42$

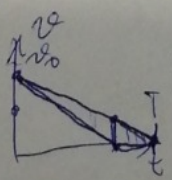
$2a'L = v_0^2$

$v_0 t = u - v = v_0 - \mu g t -$

$at - \mu g t = t(a - \mu g)$

$u = v_0 - \mu g t$

$v = v_0 - at$



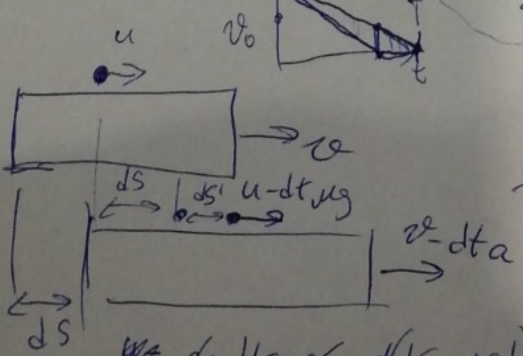

$a - \frac{v_0^2 m}{2(L+S)M} = \frac{v_0^2}{2L}$

$dS' = udt - vdt$

$dS' = dt(u - v)$

$2dv\,v = 2adS$

$dS = vdt$




$v^2 - (v - dta)^2 = 2adS$

$2dta v - \cancel{dt^2 a^2} = 2adS$

$2dt\,a\,v = 2adS$

$2av = 2a\frac{dS}{dt} = 2av$

$\cancel{\mu}udt\cancel{\mu g} = \cancel{\mu}(dS + dS')\cancel{\mu g}$

$udt = vdt + dS'$

Черновик.

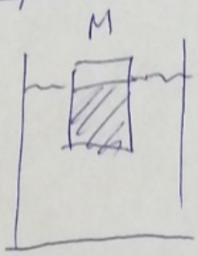
№1

$M = 0{,}45\,кг$
$\rho_0 = 1\,\frac{г}{см^3}$
$\rho = 0{,}9\,\frac{г}{см^3}$

1) $V$ — ?

$t_1 = 30°C$
2) $V_1 = 25\,см^3$

$m$ — ?
$c = 4200$
$\lambda = 336 \cdot 10^3$



$V_{пог}\rho_в g = V\rho_0 g$

$V_{пог}$

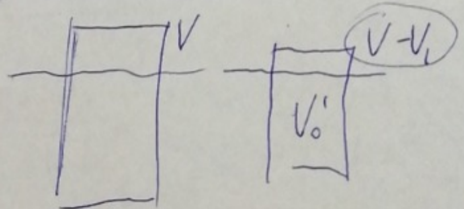
$V_{пог}\rho_0 g = V_0\rho g$

$\frac{V_{пог}}{V_0} = \frac{\rho}{\rho_0} = 0{,}9$

$V = V_0 - V_{пог} = V_0\frac{\rho_0-\rho}{\rho_0}$

$V_0\rho = M \Rightarrow V_0 = \frac{M}{\rho}$

$\boxed{V = \frac{M(\rho_0-\rho)}{\rho_0\rho}}$



$V_0 = \frac{V\rho_0}{\rho_0-\rho}$

$V_0' = \frac{(V-V_1)\rho_0}{\rho_0-\rho}$

$t_0 = t_{остановки}$

$\frac{2\cdot2\cdot12\cdot10}{2\cdot2\cdot12+100}$

$\Delta m = \rho(V_0 - V_0') = \rho\left(\frac{V\rho_0 - V\rho_0 + V_1\rho_0}{\rho_0-\rho}\right) = \frac{\rho V_1\rho_0}{\rho_0-\rho}$

$\frac{2\cdot2\cdot12\cdot10}{2\cdot2\cdot12+100}$

$\Delta m\lambda = c_в m(t_1 - t_0)$

$\frac{450г\cdot(1-0{,}9)}{0{,}9\frac{г}{см^3}\ 1} = \frac{4500\,см^3}{9}\cdot 0{,}1 = \frac{450}{9} = 50\,см^3$

$25 \cdot 9 = 225$

$25 \cdot 9 = 225$

$\Delta m = \frac{V_1\rho\rho_0}{\rho_0-\rho} = \frac{25\cdot1\cdot0{,}9}{1-0{,}9} = 25\cdot9 = 225г$

$\frac{480}{148}$

$m = \cancel{225г}\ 0{,}225кг\cdot\frac{336\,000}{4200\cdot30} = 0{,}6кг$

$0{,}225\cdot\frac{336\,000}{30\cdot4200}$

21204679 (U819454 M1282334)

Черновик

№3

$v_0 = 12\,\frac{м}{с}$

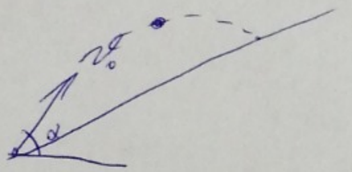
$tg\alpha = \frac{8}{3}$

$H$ - ?

$\beta$ - ?

$T$ - ?

$м$ - ?


$$\frac{144}{2} = \frac{72}{10} \cdot \frac{64}{73}$$

# Часть 2

Олимпиада: **Физика, 9 класс (2 часть)**

Шифр: **21204679**

ID профиля: **819454**

Вариант 3

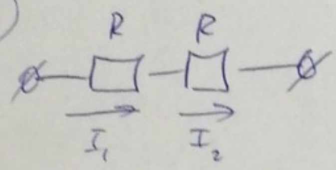
## Чистовик. лист 1.

**№5**

$U = 6$ В
$P = 1$ Вт

$R$ - ?
$R_1$ - ?
$P_{max}$ - ?

(1)




$I_1 = I_2$ - правило Кирхгофа

1) $U = IR + IR$ - закон ома

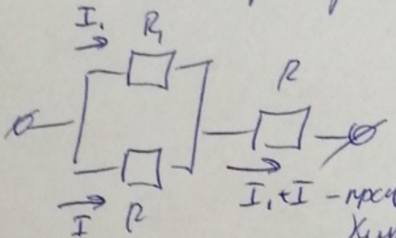
$U = 2IR \Rightarrow I = \frac{U}{2R}$

$P = I_0 U$, $= IU = \frac{U^2}{2R}$

$I_0 = I$

$\Rightarrow \boxed{R = \frac{U^2}{2P}} = 18$ Ом

(2)




$I_1 + I$ - правило Кирхгофа

2) $I_1 R_1 = IR = U_1$

$I_1 = I\frac{R}{R_1}$

$U = IR + IR + I_1 R = 2IR + I\frac{R^2}{R_1}$

$\Rightarrow I = \frac{U}{2R + \frac{R^2}{R_1}} = \frac{UR_1}{2R_1R + R^2}$

4) $P_{max} = P_1\left(\frac{R}{2}\right)$ - из 3

$P_{max} = \frac{U^2 \cdot R_1}{(2R_1 + R)^2} = \frac{U^2 \cdot \frac{R}{2}}{\left(2\cdot\frac{R}{2} + R\right)^2} = \frac{U^2 \cdot \frac{R}{2}}{(R+R)^2} = \frac{U^2}{8R} = \frac{U^2}{8U^2}\cdot 2P = \frac{P}{4} = 0{,}25$ Вт

Ответ. $R = \frac{U^2}{2P} = 18$ Ом

$R_1 = \frac{U^2}{4P} = 9$ Ом

$P_{max} = \frac{P}{4} = 0{,}25$ Вт

3) $P_1 = U_1 I_1 = IR \cdot I\frac{R}{R_1} = \frac{I^2R^2}{R_1} = \frac{U^2R_1^2R^2}{R_1(2R_1R+R^2)^2}$

$P_1 = \frac{U^2R_1R^2}{(2R_1R+R^2)^2} = \frac{U^2R_1R^2}{R^2(2R_1+R)^2} = \frac{U^2R_1}{(2R_1+R)^2}$

возьмем производную:

$P_1' = \frac{U^2}{(2R_1+R)^4}\left(1\cdot(2R_1+R)^2 - R_1(2R_1+R)\cdot 2\cdot 2\right)$

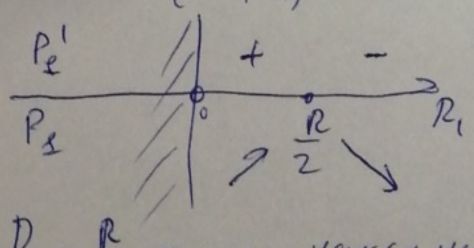
$P_1' = \frac{U^2}{(2R_1+R)^4}\cdot\left(4R_1^2 + 4\cancel{RR_1} + R - 8R_1^2 - 4\cancel{RR_1}\right)$

$P_1' = \frac{U^2(R - 4R_1^2)}{(2R_1+R)^4}$, $R_1 > 0$

$4R_1^2 = R$

$R_1^2 = \frac{R}{4}$

$\left[\begin{array}{l} R_1 = \frac{R}{2} \\ R_1 = -\frac{R}{2} \;\varnothing \end{array}\right.$




$R_1 = \frac{R}{2}$ - точка максимума $R_1 = \frac{U^2}{4P} = 9$ Ом

# Чистовик. лист 2

**№4**

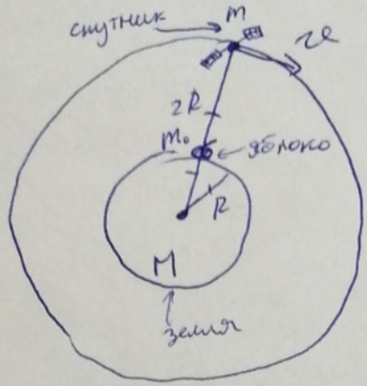
$R = 6400$ км

$g = 10 \frac{м}{с^2}$, $R_0 = 2R$

$T$ - ?

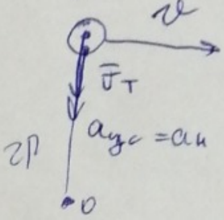
$T_1$ - ?

$v$ - ?




1) Рассмотрим силы действующие на яблоки и на спутник:

• спутник:




Второй закон Ньютона

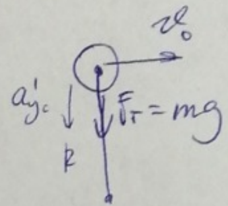
$$F_T = m a_n = m\frac{v^2}{2R}$$

$$F_T = G\frac{\cancel{m}M}{(2R)^2} = \cancel{m}\frac{v^2}{\cancel{2R}}$$

$$\frac{GM}{2R} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{2R}}$$

• яблоко




Второй закон Ньютона:

$$F_T = m_0 g = m_0 a'_{цс} = m_0\frac{v_0^2}{R}$$

$$F_T = G\frac{\cancel{m_0}M}{R^2} = \cancel{m_0}g$$

$$\Rightarrow \boxed{GM = gR^2}$$

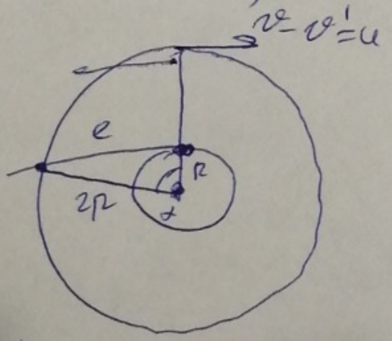
$$v_0 = \sqrt{gR}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{gR^2}{2R}} = \sqrt{\frac{gR}{2}}}$$

2) $$T = \frac{2\pi \cdot 2R}{v} = \frac{4\pi R}{v}$$

$$\boxed{T = \frac{4\pi R}{\sqrt{gR}}\sqrt{2}}$$

3) Перейдем во вращательную систему связанную с человеком (яблоком)




$$\frac{v'}{v_0} = \frac{2R}{R}$$

$$v' = 2v_0$$

$$u = v - 2v_0 = \sqrt{\frac{gR}{2}} - 2\sqrt{gR} = $$

$$= \sqrt{gR}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = \sqrt{gR}\cdot\frac{1-2\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

и направлено в другую сторону

$$u = \sqrt{gR}\,\frac{2\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}$$

Возьмем какой-то момент времени $t$, когда угол между начальным и конечным положением относительно центра земли $\alpha$:

тогда $l = \sqrt{R^2 + 4R^2 - 4R^2\cos\alpha} = R\sqrt{5-4\cos\alpha}$, $l_{min} = l(1) = R$ когда друг над другом

4) возьмем производную $l'(\alpha) = v(\alpha)$:

$$v(\alpha) = R\cdot\frac{1}{2\sqrt{5-4\cos\alpha}}\cdot -4(-\sin\alpha) = 2R\frac{\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

5) Для нахождения $v_{max}$ возьмем вторую производную:

$$v'(\alpha) = 2R\cdot\frac{1}{5-4\cos\alpha}\left(\cos\alpha\sqrt{5-4\cos\alpha} - \sin\alpha\frac{4\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}\right)$$

Черновик

$P_1' = u^2 R^2 \cdot \left(\frac{R_1}{(2R_1R + R)^2}\right)' \quad P_1' = u^2 R^2 \cdot \quad 1(2R_1R+R)^2 - 2(2R_1R+R) \cdot 2$

$u^2 \quad \frac{1(2R_1+1)^2 - R_1 \cdot 2(2R_1+1) \cdot 2}{\sim\sim}$

$R = 1$

$R = 2$

$4R_1^2 + 4R_1 + 1 - 4R_1(2R_1+1) =$

$= 4R_1^2 + \cancel{4R_1} + 1 - 8R_1^2 - \cancel{4R_1} = 0$

$-4R_1^2 + 1 = 0$

$R_1$

$\frac{\frac{R}{2}}{(R+1)^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

$\frac{1}{(2+1)^2} = \frac{1}{9}$

$\omega = \frac{v_0}{R} = \sqrt{\frac{g}{R}}$

$\omega = \frac{v_0}{2R}$

$\frac{1}{9} \quad \frac{2}{25}$

$\ell \qquad \ell = R\sqrt{5 - 4\cos\alpha}$

$v = R \frac{2\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}$

$\frac{M}{m} c^2$

$a =$

21204679 (U819454 M1282335)

# Черновик

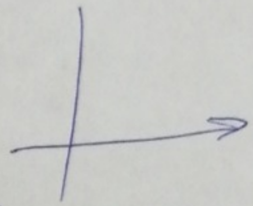
$$a' = \frac{2R}{(5-4\cos\alpha)\sqrt{5-4\cos\alpha}} \cdot \left(\cos\alpha(5-4\cos\alpha) - 4\sin^2\alpha\right)$$

$$5\cos\alpha - 4\cos^2\alpha - 4\sin^2\alpha = 5\cos\alpha - 4$$

$$a' = \frac{2R}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

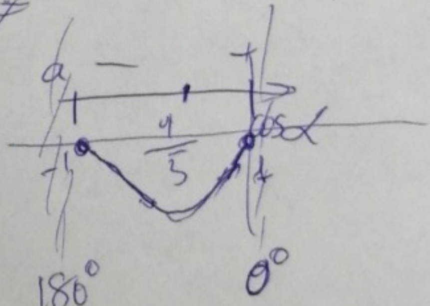
$$a' = \frac{2R(5\cos\alpha-4)}{(5-4\cos\alpha)\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

$$a'(180) = \frac{2R\cdot 0}{\sqrt{5+4}} \qquad \cos\alpha = \frac{4}{5} \qquad \cos\alpha$$



$$\cos\alpha > \frac{5}{4} >$$

$$a(0^\circ) =$$




$$a = R\frac{4\sin\alpha}{2\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

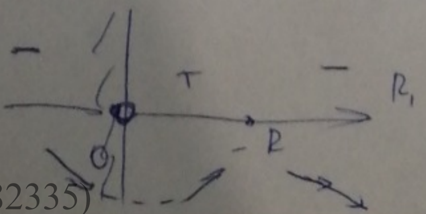
$$a = 2R\frac{\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

$$\frac{\varphi}{R_\pi} = \frac{2R_1R + R^2}{R_1^2 R} = \frac{2R_1R}{R_1^2R} + \frac{R^2}{R_1^2R} = \frac{2\cancel{R_1}\cancel{R}}{R_1^{\cancel{2}}\cancel{R}} + \frac{R^{\cancel{2}}}{R_1^2\cancel{R}} = \frac{2}{R_1} + \frac{R}{R_1^2}$$

$$\left(\frac{1}{R_1}\right)' = \frac{-2}{R_1^2} + \frac{-2R}{R_1^3} = -2\left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{R}{R_1^3}\right) =$$

$$R_1 = -R$$

$$= -2\,\frac{R_1+R}{R_1^3}$$



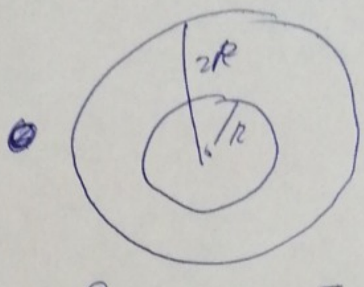
# Черновик.

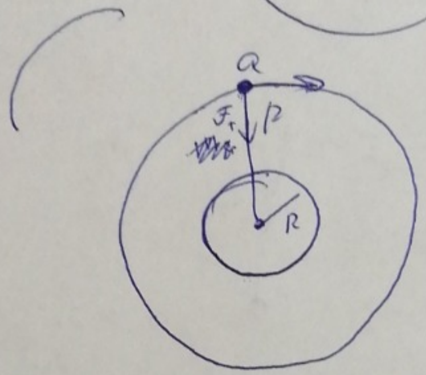
**№1**

$R_0 = 2R$
$R = 640$ км
$g = 10$ м/с$^2$

$T - ?$

$T_1 - ?$
$v - ?$




$$F_т = m a_ц = \frac{m v^2}{2R}$$

$$\boxed{\frac{м^3}{с^2 \cdot кг}} \cdot \frac{кг}{м^2} = \frac{м}{с^2} \cdot кг$$

$$F_т = G\frac{\cancel{m}M}{(2R)^2} = \frac{\cancel{m}v^2}{2R}$$

$$\frac{GM}{2R} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{2R}}$$

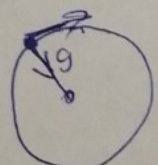
$$\omega = \frac{v}{R} = \sqrt{\frac{GM}{2R^3}}$$

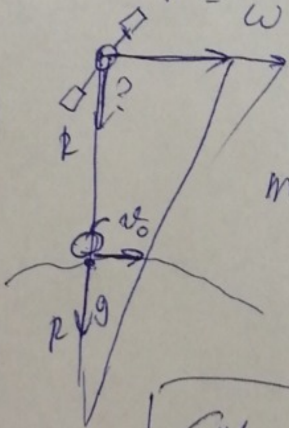
$T = 2\pi$

$$\omega = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{2R^3}{GM}}$$

$$\frac{\cancel{м^3}}{с^2 \cdot \cancel{кг}} \cdot \cancel{кг} \cdot \frac{1}{\cancel{м^3}}$$




$$ma = \frac{m v_0^2}{R} =$$

$$\cancel{m}g = \frac{\cancel{m} v_0^2}{R}$$

$$v_0 = \sqrt{gR}$$

$$\frac{m v_0^2}{R} = \boxed{\cancel{m}g = G\frac{\cancel{m}M}{R^2}}$$

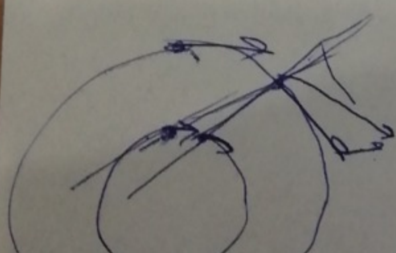
$$\boxed{GM = gR^2}$$

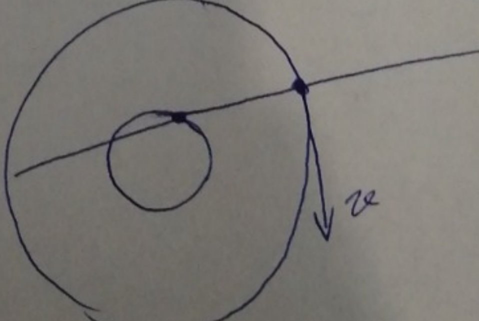
$$G = \frac{gR^2}{M} \qquad GM = gR^2$$

$$T = \sqrt{\frac{2R^3}{GM}} = \sqrt{\frac{2R^3}{gR^2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{2R}} = \sqrt{\frac{gR^2}{2R}} = \sqrt{\frac{gR}{2}}$$

$$v_0 = \sqrt{gR}$$






21204679 (U819454 M1282335)

Черновик

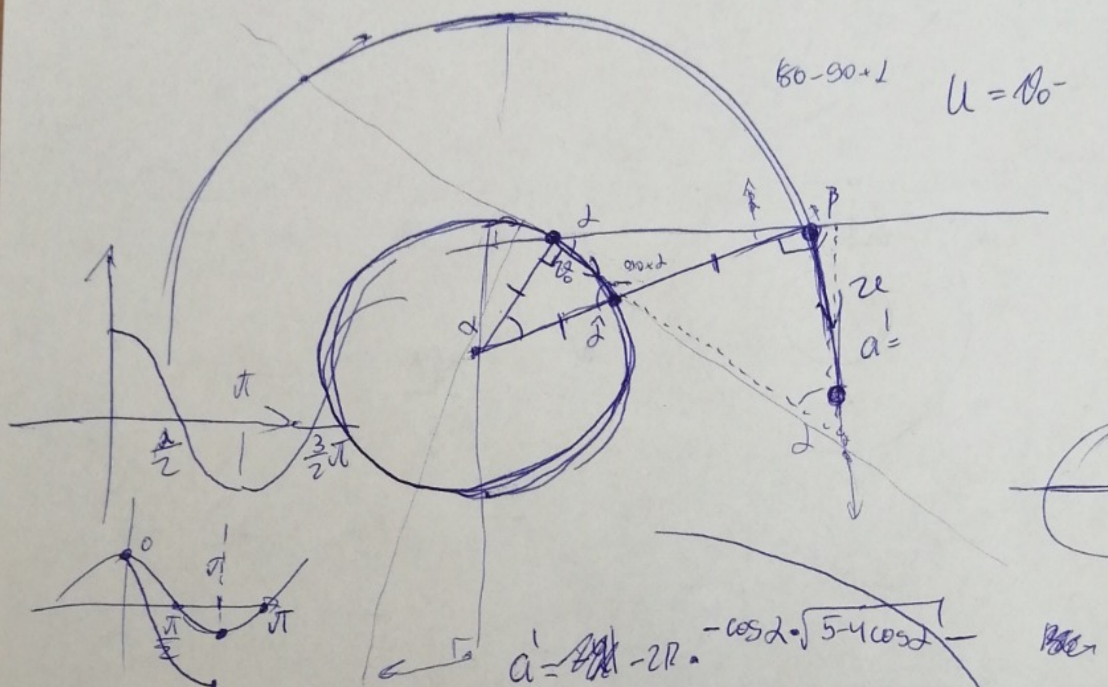
$\sin'\alpha = \cos\alpha$

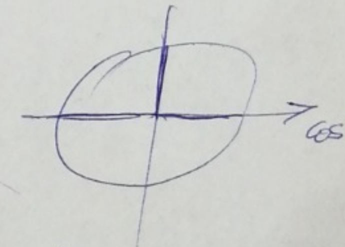
$\cos'\alpha = -\sin\alpha$

$$a' = \frac{2R \cdot}{5-4\cos\alpha} \cdot \left( \cos\alpha\sqrt{5-4\cos\alpha} - \frac{4\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}} \cdot \sin\alpha \right)$$

$180-90+\alpha$

$u = v_0 -$



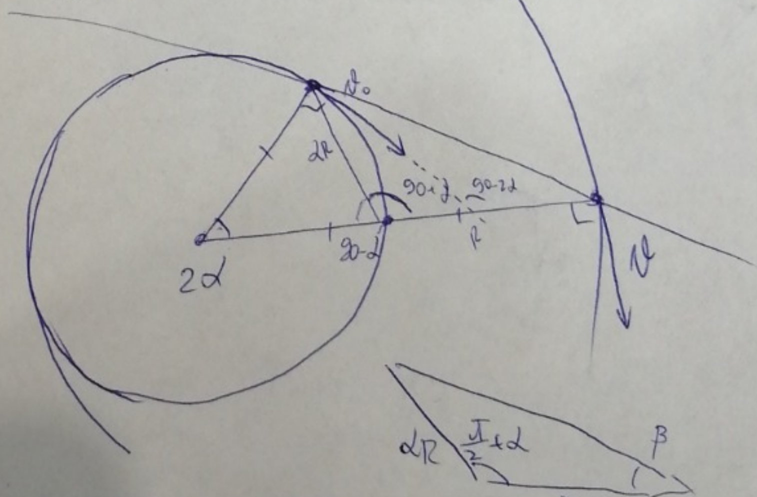


$$a' = -2R \cdot {}^{-\cos\alpha \cdot \sqrt{5-4\cos\alpha} -}$$

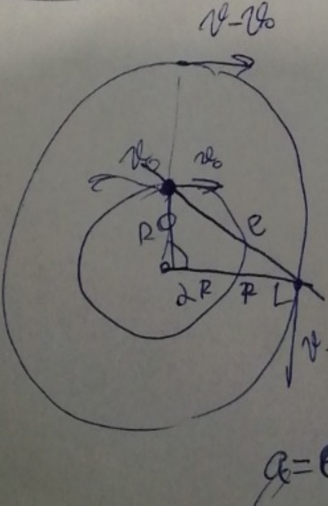
$\cos\alpha \in [1; -1]$

$$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - v'u}{v^2}$$

$$\boxed{a = 2R \frac{\sin\alpha}{\sqrt{5-4\cos\alpha}}}$$



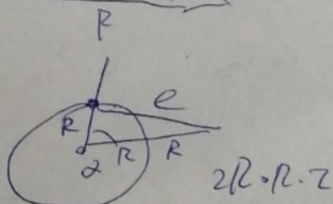
$v - v_0$



$$e = \sqrt{R^2 + 4R^2 - 4R^2\cos\alpha}$$

$$a = e' = R \cdot \frac{4\sin\alpha}{2\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$

$$a = e' = R \cdot \frac{4 \cdot \sin\alpha}{2\sqrt{5-4\cos\alpha}}$$



$2R \cdot R \cdot 2$

$$e^2 = R^2 + 4R^2 - 4R^2\cos\alpha$$

$e = \cancel{5R^2}$

$$e = R\sqrt{5-4\cos\alpha}$$

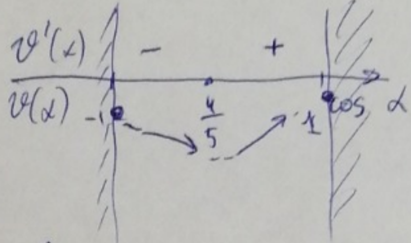
Чистовик. лист 3.

№2 (продолжение)

$$v'(\alpha)=\frac{2R}{(5-4\cos\alpha)\sqrt{(5-4\cos\alpha)}}\left(\cos\alpha(5-4\cos\alpha)-\sin\alpha\cdot 4\sin\alpha\right)$$

$$v'(\alpha)=\frac{2R(5\cos\alpha-4)}{\underbrace{(5-4\cos\alpha)\sqrt{5-4\cos\alpha}}_{0<\ \ >0}}$$

т.к. $\cos\alpha\in[1;-1]$



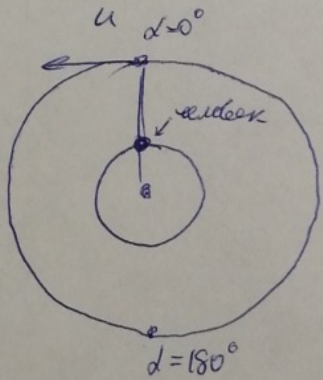

точки максимума $\cos\alpha=-1$ или $\cos\alpha=1$
$\alpha=180^\circ$ $\quad$ $\alpha=0^\circ$

$$v(180^\circ)=2R\frac{\sin(180^\circ)}{\sqrt{5-4\cos(180)}}=0$$

$$v(0^\circ)=2R\frac{\sin(0^\circ)}{\sqrt{5-4\cos(0^\circ)}}=0$$

$\boxed{v_{max}=0}$ – в момент когда $\alpha=0$ или $\alpha=180^\circ$

б)




$$T_1=\frac{2\pi\cdot 2R}{2u}=\frac{2\pi R}{u}=\frac{2\pi R\cdot\sqrt{2}}{\sqrt{gR}(2\sqrt{2}-1)}=\frac{2\pi\sqrt{2R}}{\sqrt{g}(2\sqrt{2}-1)}$$

Ответ. $T=\frac{4\sqrt{2R}\pi}{\sqrt{g}}$

$T_1=\frac{2\pi\sqrt{2R}}{\sqrt{g}(2\sqrt{2}-1)}$

$v=0$