

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

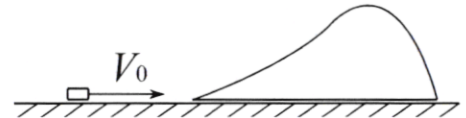
Шифр 15-010

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

2. Небольшая монета массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $4m$  (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.



- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре  $127^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,1$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,4$  моль. Перегородка прорывается.

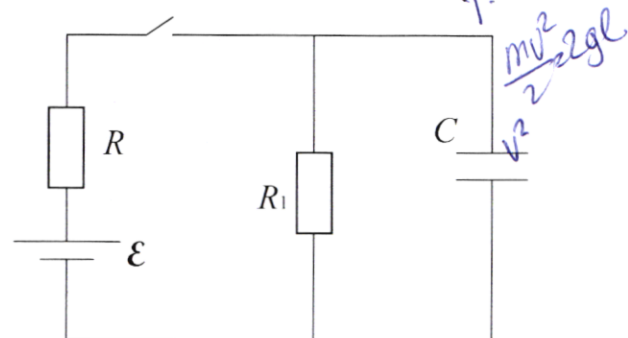
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\varepsilon$  (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в  $R$ ,  $R_1=4R$ . Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .



- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



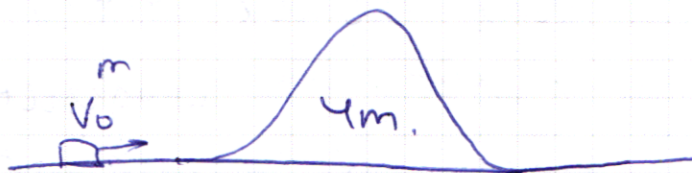
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.

1) ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh.$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \quad h = \frac{v_0^2}{2g}$$



2) ЗСИ:  $mv_0 = mv + 4mu$ . ( $v$  — скорость ланеты, с которой она съезжает с горки)

ЗСЭ:  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{4mu^2}{2}$  горки

$$v_0 = v + 4u.$$

$$v_0^2 = v^2 + 4u^2$$

$$\left. \begin{aligned} (v_0^2 - v^2) &= 4u^2 \\ v_0 - v &= 4u \end{aligned} \right\}$$

$$v_0 + v = 4u.$$

$$v_0 = v + 4u.$$

$$v_0 = v + 4(v_0 + v)$$

$$v_0 = 5v + 4v_0.$$

$$v = -\frac{3}{5}v_0.$$

Ответ: 1)  $v = \frac{3}{5}v_0$ , 2)  $h = \frac{v_0^2}{2g}$ .

N3

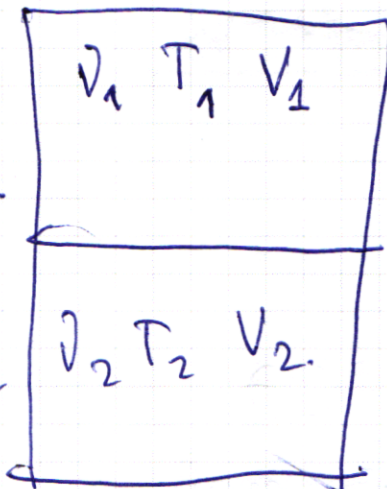
$$T_2 = 7^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 280\text{K}.$$

$T$  — установившаяся температура



$$T_1 = 127^\circ\text{C} + 273 = 400\text{ K}.$$

$V_1$  — объем  $\nu_1$  до прорыва  
 $V_2$  — объем  $\nu_2$  до прорыва.



Изменение внутренней энергии обеих частей одинаково по модулю и противоположно по знаку:

$$\nu \frac{3}{2} \nu_1 R (T_1 - T) = \frac{3}{2} \nu_2 R (T - T_2).$$

$$\nu_1 T_1 - \nu_1 T = \nu_2 T - \nu_2 T_2.$$

$$(\nu_2 + \nu_1) T = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \text{ моль} \cdot 400\text{ K} + 0,4 \text{ моль} \cdot 280\text{ K}}{0,1 + 0,4 \text{ моль}}$$

$$= \frac{40 + 112}{0,5} \text{ K} = 304 \text{ K} = 304 - 273^\circ\text{C} = 31^\circ\text{C}$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

конечное давление  $p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} =$   
 $= \frac{(0,1 + 0,4) \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 304 \text{ K}}{8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}.$

Ответ:  $T = 31^\circ\text{C}$ ,  $p = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}.$

~~М1.~~

~~Чтобы шарик совершил полный оборот в верхней точке горизонтальной скорости не должно быть равно нулю. Нулевой уровень потенциальной энергии отметим в нижней точке.~~



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

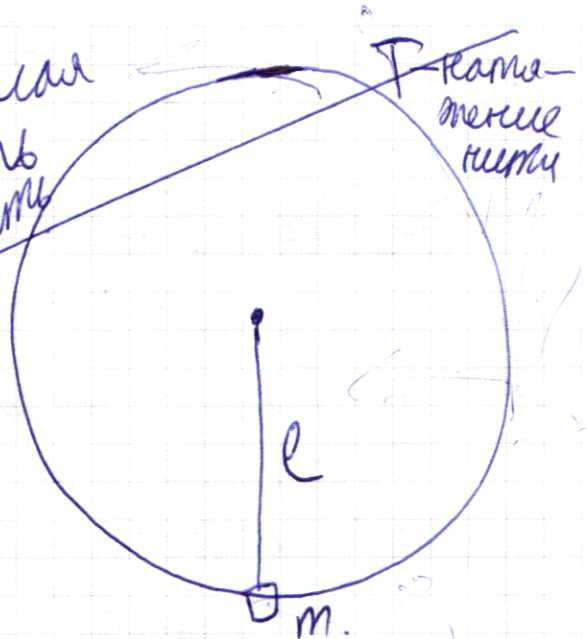
$m$  - масса шарика  
 $l = 18 \text{ см}$

$v$  - искомая  
скорость  
 $v'$  - скорость  
в верхней  
точке

~~$$\frac{mv^2}{2} = 2mgl \quad (3 \text{ с. э.})$$~~

$T = mg$  (II закон Ньютона  
в нижней точке)

~~$$T + mg = \frac{mv^2}{l} = 2mg \Rightarrow v'$$~~



ИЧ.

$d$  - толщина пластины,  $S$  - площадь  
обкладок

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{3d} \quad (\epsilon = 1, \text{ т.к. это воздушный конденсатор})$$

После конденсатор с пластиной есть  
два последовательно соединённых кон-  
денсатора с расстоянием между  
пластинками  $d$ . Тогда искомая  
ёмкость; ~~связка~~  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C'}$  ( $C' = \frac{\epsilon_0 S}{d}$  -  
ёмкость ~~два~~ одного из двух выделенных  
звеньев конденсаторов).

$$\frac{1}{C} = \frac{d}{\epsilon_0 S} + \frac{d}{\epsilon_0 S} \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} C_0.$$

В начале введения пластинки заряд на конденсаторе  $q$ :

$$\frac{q}{C_0} + IR = \mathcal{E}$$

~~(Кирхгофа закон).~~

(~~И~~ правило Кирхгофа).

$I$  — сила тока  
в цепи

$R$  — сопротивление  
в цепи резистора

После введения:

Заряд, прошедший через резистор, есть разность зарядов на конденсаторе до введения и а) когда заряд на конденсаторе максимален б) после введения (не знаю, что <sup>шенно из этого</sup> от меня требуется).

а) Максимальный заряд на конденсаторе  $\frac{3}{2} C_0 \mathcal{E}$

$$\text{Искомый заряд: } \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E} - (C_0 - C_0 IR) =$$

$$= \frac{\mathcal{E} C_0}{2} + C_0 IR.$$

$$\frac{C_0 \mathcal{E}}{2} = C_0 \mathcal{E}_0.$$



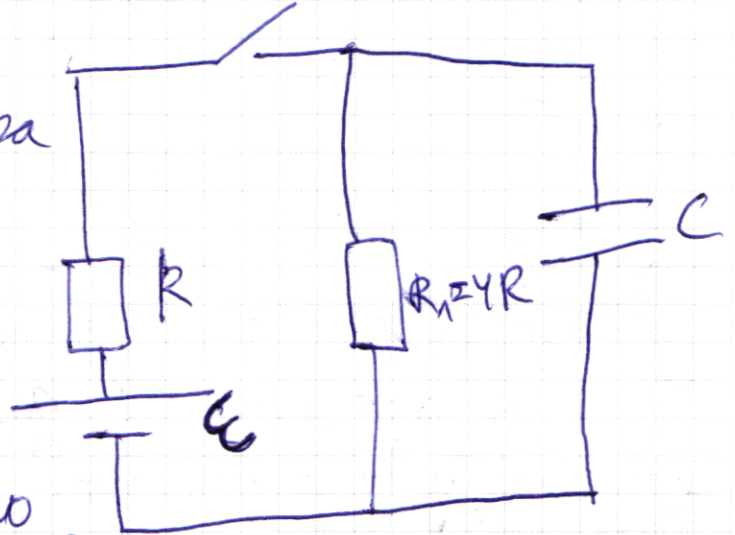
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5.

Для левого контура  
закон Ома:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

Напряжения на  
конденсаторе равно  
напряжению на  $R_1$ , а значит  $U =$   
 $= IR_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5} \mathcal{E}$ .

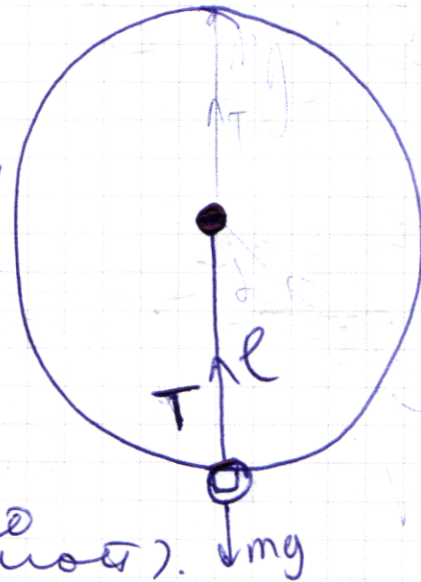


После размыкания ключа выдвинута  
пленка, запасённая в конденсаторе:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{16}{25} \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} = \frac{8}{25} \mathcal{E}^2 C$$

Ответ: 1)  $I = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ ; 2)  $U = \frac{4}{5} \mathcal{E}$ ; 3)  $W = \frac{8}{25} \mathcal{E}^2 C$ .

~~N4. Т-капельки нити  
т-масса шарика  
 $l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$  - длина нити  
 $V_0$  - искомая скорость  
 $V$  - скорость в верхней  
точке (не должна быть  
нулевой или равной нулю,  
иначе шарик будет свободно  
падать вниз по нити).~~





~~$F = mg$  (II закон Ньютона в касательной)  
 $v'$  - скорость шарика при отклонении на  $90^\circ$  от начального положения.~~

~~Потенциальная энергия шарика в верней точке  $2mgl$~~

~~В верней точке ускорение будет равно нулю, но чтобы шарик не замер совсем, у него должна быть скорость, не равная нулю.  
 $v'$  - скорость в верней точке~~

II закон Ньютона:

~~$$2mgl = \frac{mv'^2}{2} \quad 2g = \frac{v'^2}{2}$$~~

~~ЗСЭ:  $\frac{mv_0^2}{2} - 2mgl = \frac{mv'^2}{2}$~~

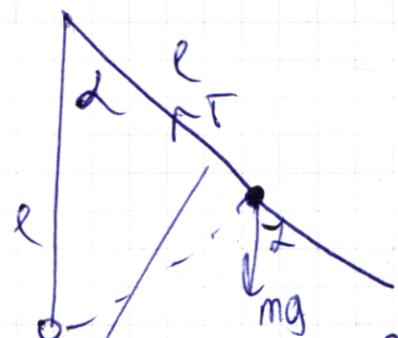
~~$$\frac{v_0^2}{2} - 2gl = \frac{v'^2}{2} \quad \frac{v'^2}{2} = 2gl$$~~

~~$$\frac{v_0^2}{2} = 4gl$$~~

~~$$v_0^2 = 8gl$$~~

~~$$v = \sqrt{8gl} = \sqrt{8 \cdot 10 \cdot 0,18} = 6\sqrt{0,3} \text{ м/с.}$$~~

~~Ответ:  $v = 6\sqrt{0,3} \text{ м/с.}$~~



~~$$T - mg \cos \alpha = \frac{mv^2}{l}$$~~

(II закон Ньютона).

~~$$2mgl - \frac{mv^2}{2} = mgl \cos \alpha$$~~

~~$$2mgl - \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha)$$~~

~~$$mgl(1 + \cos \alpha) = \frac{mv^2}{2}$$~~

~~$$2gl(1 + \cos \alpha) = v^2$$~~

~~$$T = mg \cos \alpha + \frac{mv^2}{l} =$$~~

~~$$= 3mg \cos \alpha + 2mg.$$~~

( $v$  - мгновенная скорость)

$l$  - мгновенный радиус отклонения

~~$$T(180^\circ) = 3mg.$$~~

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q C_0 = q' \frac{3}{2} C_0 \quad \frac{mv^2}{2} = 2mgl.$$

$$\left(\frac{2}{3}q = q'\right)$$

$$\frac{q}{C_0} + IR = \varepsilon.$$

$$2\sqrt{1,8} = 2\sqrt{9 \cdot 0,2}$$

$$6\sqrt{0,2}$$

$$\frac{q'}{\frac{3}{2}C_0} + IR = \varepsilon.$$

$$\frac{3}{2}q + IR = \varepsilon.$$

$$IR + \frac{It}{C_0} = \varepsilon.$$

$$\frac{q}{C_0} \quad \frac{2q'}{3C_0}$$

$$\frac{q}{C_0} + IR = \varepsilon$$

$$\frac{3}{2}C_0 \varepsilon, \quad C_0 IR + It = C_0 \varepsilon.$$

$$C_0 \varepsilon \quad \frac{q}{C_0}$$

$$\frac{3}{2}q, \quad \frac{3}{2}C_0 \varepsilon - \frac{1}{2}C_0 \varepsilon$$

$$\frac{2q'}{3C_0} + IR = \varepsilon$$

I

$$q + IR C_0 = \varepsilon C_0.$$

$$\frac{3q}{3C_0} - IR = \varepsilon$$

$$\frac{3}{2}\varepsilon C_0 - \varepsilon C_0 + IR C_0 = q$$

$$\frac{\varepsilon C_0}{2} + IR C_0 = q.$$

$$q' = \frac{3}{2}q.$$

$$2q' = 3q.$$

$$q' = \frac{3}{2}q.$$

$$\frac{3}{2} \frac{C U^2}{2} - \frac{3}{2} \frac{C \varepsilon^2}{2} =$$

$$q = \frac{3}{2}q.$$

$$\frac{3C(\varepsilon^2 - U^2)}{2} = C\varepsilon$$

$$\frac{q}{\frac{3}{2}C_0} = \varepsilon.$$

$$\pm \left(\frac{\varepsilon}{C_0} + IR\right) = \varepsilon.$$



М1.

$m$  - масса шарика

$v_0$  - искомая скорость

$l = 18 \text{ см}$

Потенциальную энергию считывали от ~~нижней~~ начальной точки, т.е. её максимум  $-2mgl$ .

$$\text{ЗСЭ: } \frac{mv_0^2}{2} \geq 2mgl.$$

$$v_0^2 \geq 4gl.$$

$$v_0 \geq 2\sqrt{gl}$$

$$v_0 \geq 2\sqrt{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,18 \text{ м}} = 6\sqrt{0,2} \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_0 \geq 6\sqrt{0,2} \text{ м/с}$

ЧИСТОВИК!!!



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_1 R T_1}{V_1} = \frac{V_2 R T_2}{V_2}$$

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = 2mgl$$

$$V^2 - V_1^2 = 4gl$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S d}{d^2}$$

$$C = \frac{(\frac{4}{5}\epsilon)^2 C}{\epsilon^2 R + U}$$

$$C = \frac{(\frac{4}{5}\epsilon)^2 C}{\epsilon^2 R + \frac{3\epsilon_0}{5}}$$

$$\frac{(\frac{4}{5}\epsilon)^2 C}{2}$$

$$\frac{q^2}{C} + qR = \epsilon$$

$$C_0 U + IR = \epsilon$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{3d} U^2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} U_1^2$$

$$U^2 = \frac{3}{2} U_1^2$$

$$U_2 = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} U_1$$

$$\frac{mV^2}{2} - mgl = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V^2 - V_0^2 = 2gl$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{2d}$$

$$V_0 \rightarrow gt$$

$$V^2 - 2gl = V_0^2$$







ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_1^2 + mV_2^2}{2}$

$\frac{0,5 \cdot 304}{10^{-3}}$

$\frac{152R}{8,31 \cdot 10^{-3}}$

$\frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V}$

$V_1 T_1 = 280K$

$T = 400K$

$V_1 + V_2 = V$

$P_1 = P_2 = P$

$T_1 = T_2 = T$

$mgh = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_1^2 + mV_2^2}{2}$

$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{mV_1^2 + mV_2^2}{2}$

$mV_0 = mV_1 + mV_2$

$V_0 = V_1 + V_2$

$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2 + mV_2^2}{2} + mgh$

$mV_0^2 = mV_1^2 + mV_2^2 + 2mgh$

$V_0^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2gh$

$V_0 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2gh}$

$V_0 - V_1 = V_2 + \frac{gh}{V_0 + V_1}$

$V_0 - V_2 = V_1 + \frac{gh}{V_0 + V_2}$

$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

$\frac{3}{4} V_0^2 = \frac{5V^2}{4} - \frac{6V}{2}$

$mV_0 = mV + \Delta U$

$mV_0 = mV + 4m\mu$

$V_0 = V + 4\mu$



$$(V_0 - V)(V_0 + V) = 4u^2$$

$$(V_0 - u) = 4u$$

$$V_0 + V = 4u$$

$$V_0 = V + 4u$$

$$V_0 = V + 4V + 4V$$

$$\sqrt{6 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 3}$$

$$\frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = 2T$$

$$\frac{40 + 112}{2} = T$$

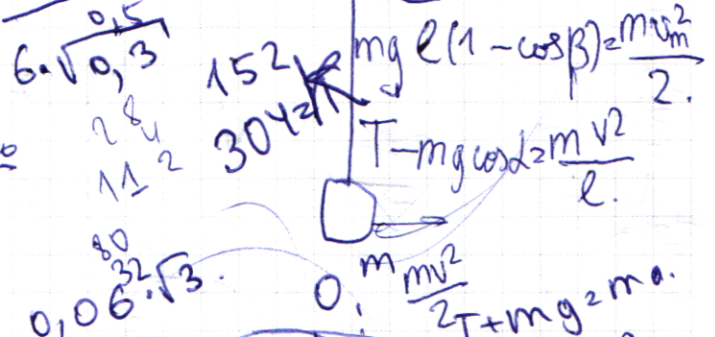
26  
4

$$80 \quad 32$$

$$-3V_0 = 5V$$

$$V_0 = V_2 - \frac{3V_0}{5}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{9V_0^2 m}{25 \cdot 2}$$

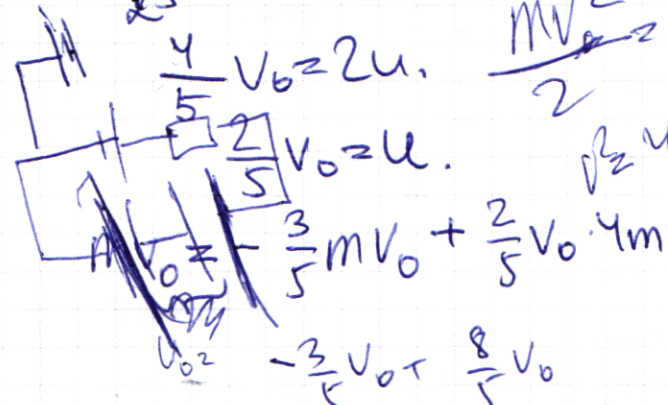
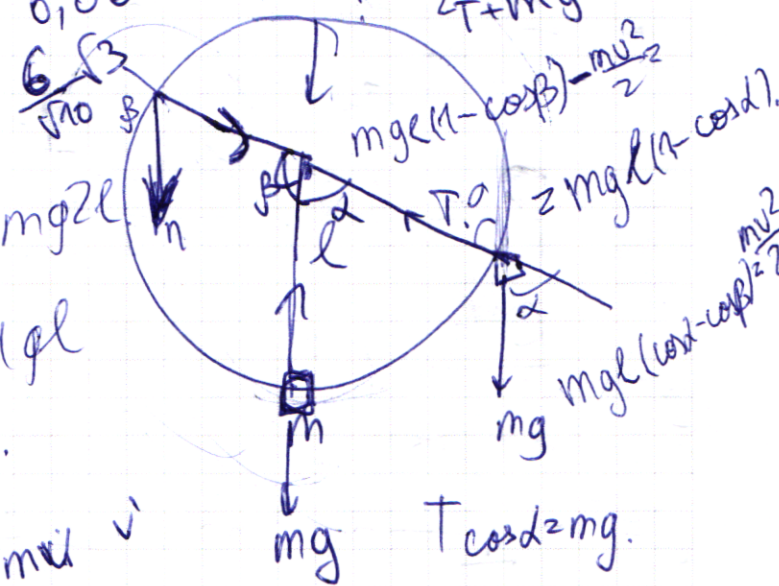


$$V_0^2 = 4u^2 + \frac{9}{25} V_0^2$$

$$\frac{16}{25} V_0^2 = 4u^2$$

$$\frac{4}{5} V_0 = 2u$$

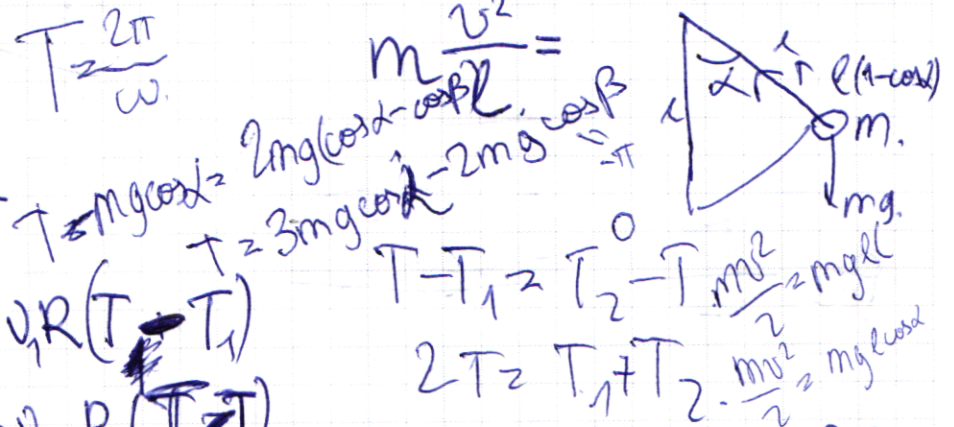
$$\frac{2}{5} V_0 = u$$



$$\frac{V_1 R T_1}{V_1} = \frac{V_2 R T_2}{V_2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$p_1 \frac{(V_1 + V_2) R T}{(V_1 + V_2)} = T = mg \cos \alpha = 2mg(\cos \alpha - \cos \beta)$$



$$\Delta U = \frac{3}{2} V_1 R (T - T_1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V_2 R (T - T_2)$$

$$p_1 \frac{(V_1 + V_2) (T_1 + T_2)}{(V_1 + V_2)}$$

$$V_1 (T - T_1) = V_2 (T_2 - T)$$

$$(V_1 + V_2) T = V_2 T_2 + V_1 T_1$$

$$\sqrt{6 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}$$