

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

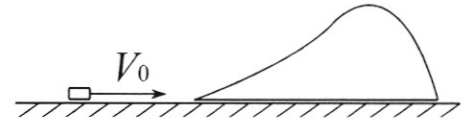
9-16

(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.

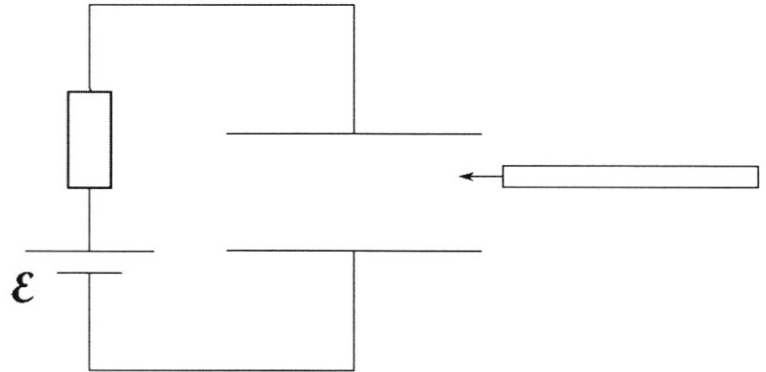


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

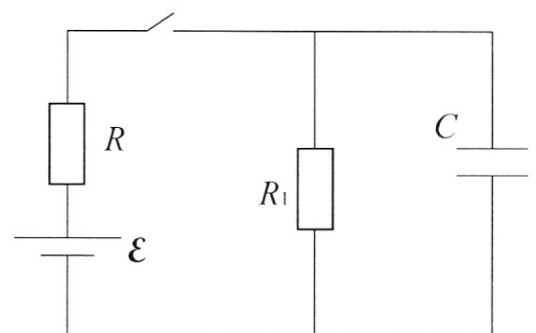
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (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 , \mathcal{E} , 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

U - напряжение на обкладках конденсатора
Формула заряда: $q = UC$

$q_1 = UC_0$ - заряд, который пройдёт
через резистор до начала введения пластины

$q_2 = UC = \frac{3}{2} UC_0$ - заряд, прошедший ~~от~~
введённой пластины (прошло время)

$\Rightarrow q = q_2 - q_1 = \frac{3}{2} C_0 U - C_0 U = \frac{1}{2} C_0 U$ -
заряд, прошедший через резистор
после начала введения пластины

$$\varepsilon = IR + U \quad (\text{по прав. у. Кирхгофа})$$

$$I = 0; \Rightarrow \varepsilon = U$$

$$\Rightarrow q = \frac{C_0 \varepsilon}{2}$$

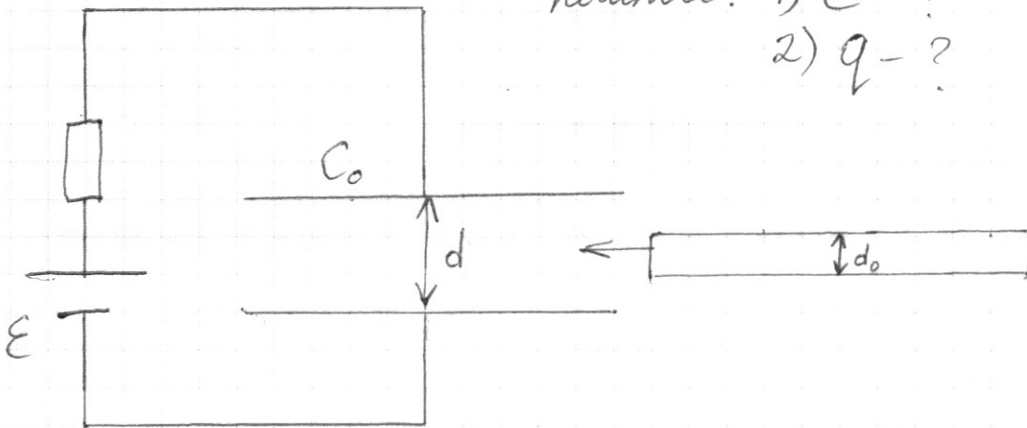
Ответ: 1) $C = \frac{3}{2} C_0$ - ёмкость конденсатора
с пластиной

2) $q = \frac{C_0 \varepsilon}{2}$ - заряд, который пройдёт
через резистор после начала введения
пластины

4.

Дано: C_0 ; ϵ ; $d_0 = \frac{1}{3}d$

Найти: 1) C - ?
2) q - ?



Ищем

1) Емкость воздушного конденсатора равна:

$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$; где $\epsilon_0 = 1$, т.к. конденсатор воздушный.

$\Rightarrow C_0 = \frac{\epsilon S}{d}$; S - площадь пластин конденсатора

Т.к. форма поверхности пластин совпадает с формой поверхности диэлектрика конденсатора

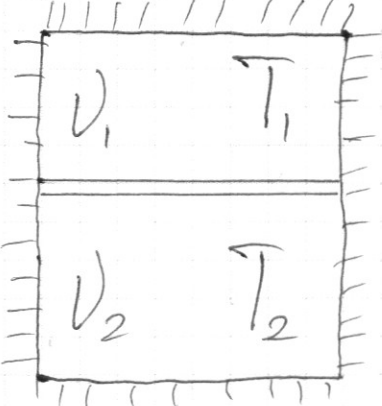
$$\Rightarrow d' = d - d_0 = d - \frac{1}{3}d = \frac{2}{3}d$$

Но если, емкость конденсатора с диэлектриком будем равна:

$$C = \frac{\epsilon S}{d'} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

2) Как только вводят пластину в конденсатор изменяется емкость конденсатора и, следовательно, значение заряда.
Для данной цепи напряжение $U = \text{const}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.) 

Дано: $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $t_1 = 127^\circ \text{C}$;
 $V_1 = 0,1 \text{ моль}$; $t_2 = 7^\circ \text{C}$;
 $V_2 = 0,4 \text{ моль}$.

Найти: 1) T - ?
 2) p - ?

Решение

1) Известно, что в процессе участвует целый-одноатомный газ. $\Rightarrow i = 3$
 Для начала найдем абсолютные температуры:

$$T_1 = t_1 + 273^\circ = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

$$T_2 = t_2 + 273^\circ = 7 + 273 = 280 \text{ K}$$

п.к. перегородка разрывается, газы из обеих частей смешиваются и займут промежуток периметрическое равновесие, а молекулы $V = V_1 + V_2$

Формула кал-ва применимо для одноатомно газе: $Q = \frac{3}{2} \nu RT$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1; \quad Q_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$$

температура, которая устанавливается после установившейся температуры.

$$\Rightarrow a = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT; T_2 < T < T_1$$

По ЗСЭ: $\frac{3}{2} v_1 R (T_1 - T) = \frac{3}{2} v_2 R (T - T_2)$

~~$$v_1 T_1 - v_1 T = v_2 T - v_2 T_2$$~~

~~$$v_1 T_1 - v_1 T = v_2 T - v_2 T_2$$~~

$$T = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_2 + v_1}$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = 2(40 + 112) = \boxed{304 \text{ K}} = 31^\circ \text{C}$$

2) Уравнение Менделеева - Клапейрона

$$pV = \nu RT$$

Для конечного количества в сосуде:

$$pV = (v_1 + v_2)RT$$

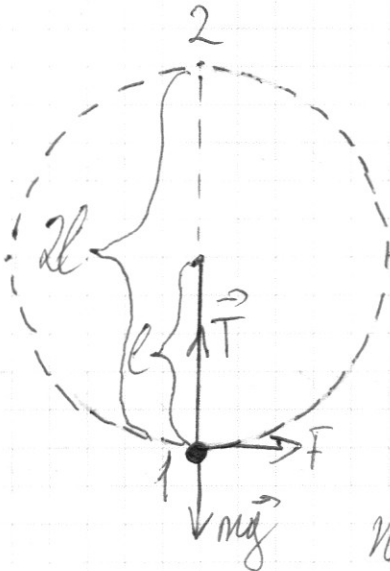
$$p = \frac{(v_1 + v_2)RT}{V}$$

$$p = \frac{(0,1 + 0,4) \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \boxed{152 \cdot 10^3 \text{ Па}}, \text{ мм}$$

152 кПа 31°C
 Ответ: 1) ~~201 К~~ — температура, которая устанавливается в сосуде после установившейся температуры.
 2) $p = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$ — конечное давление в сосуде

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



Дано: $l = 0,18 \text{ м}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$
Найти: $v_{\text{min}} - ?$

Решение

М.к. нить лёгкая, по её
массе можно пренебречь.
Чтобы шарик совершил
полный оборот, двигаясь по

окружности, он должен пересечь точку
2 (вершок). По закону сохранения энергии
в точке 1 $E_n = 0$; $E_k = \text{max}$; в
точке 2 $E_n = \text{max}$; $E_k = 0$. Следовательно
чтобы пересечь точку 2 шарик должен
иметь такую же минимальную энергию
в м. 1, какая потенциальная энергия
имеется у шарика в м. 2.

\Rightarrow ЗСЭ

$$\frac{mv^2}{2} = mgh, \text{ применяем для поиска}$$

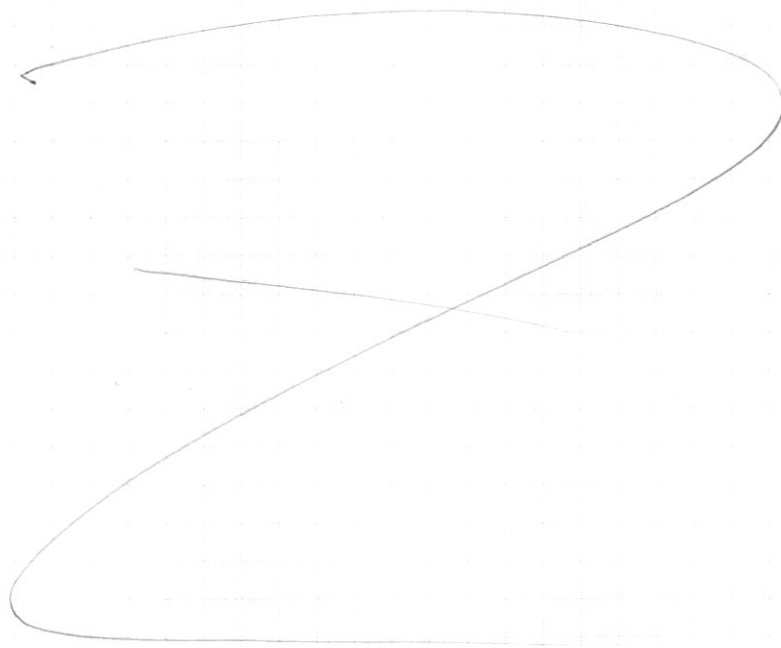
условий:

$$\frac{mv^2}{2} = mg2l$$

$$v = \sqrt{4gl} = 2\sqrt{gl}$$

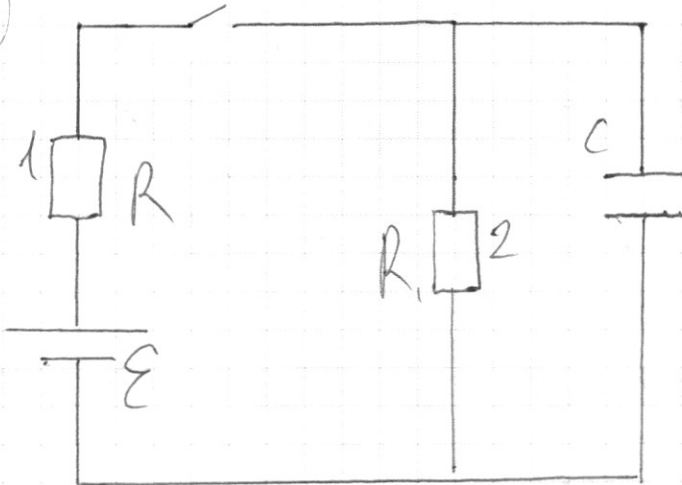
$$\begin{aligned} v &= 2\sqrt{10 \cdot 0,18} = 2\sqrt{1,8} = 2\sqrt{\frac{9}{5}} = \\ &= 2\sqrt{9 \cdot \frac{1}{5}} = 6\sqrt{\frac{1}{5}} = 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \approx 6 \cdot \frac{1}{2,25} = \\ &= 6 \cdot \frac{4}{9} = \frac{8}{3} \approx 2,67 \text{ м/с} - \text{минимальная горизонтальная} \\ &\text{иная скорость.} \end{aligned}$$

Ответ: 2,67 м/с — минимальная горизонтальная скорость, которую нужно сообщить шару, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

8.



Дано: R ; C ; ε

$$R_1 = 4R$$

Найти: 1) I - ?

2) U - ?

3) Q - ?

Решение

1) По закону Ома

$$\varepsilon = IR + IR_1;$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R + R_1} \quad \text{— ток через цепочку}$$

справа после замкнутого ключа

$$I = \frac{\varepsilon}{R + 4R} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

2) Формула напряжения: $U = IR$ т.к на конденсаторе соединенная параллельно не напрягается, как и в режиме 2 (I — одна ветвь цепи; и параллельно соединены)

$$U = IR_1 = \frac{\varepsilon}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5} \varepsilon \quad \text{— напряжение на}$$

конденсаторе при замыкании ключа.

3) Формула энергии конденсатора:

$$Q = \frac{CU^2}{2}$$

После размыкания ключа выделившаяся энергия, накопившаяся в конденсаторе

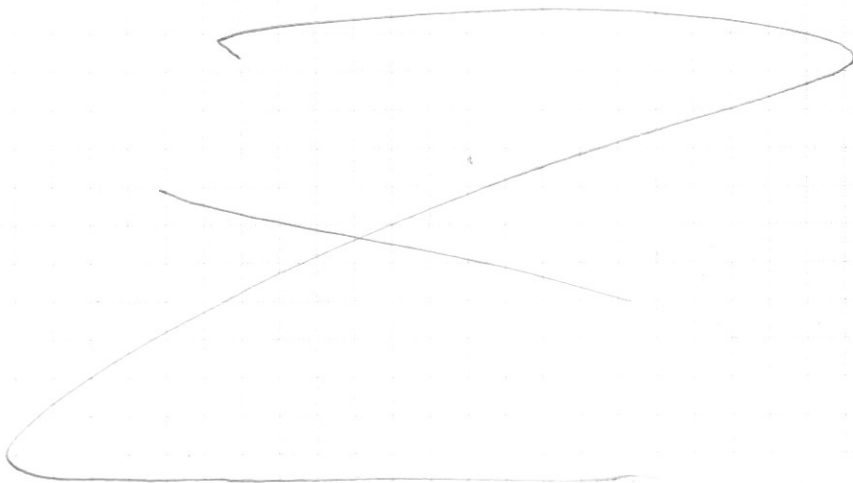
$$\Rightarrow Q = \frac{16 \text{ Э}^2}{25} \cdot \frac{C}{2} = \frac{16 CE^2}{50} =$$

$$= \frac{4}{25} CE^2 \quad - \text{ энергия, выделившаяся}$$

после размыкания ключа.

Ответ: 1) $U = \frac{E}{5R}$ - ток сразу после замыкания ключа

2) $U = \frac{4}{5} E$ - напряжение, которое установилось на конденсаторе при замыкании ключа.

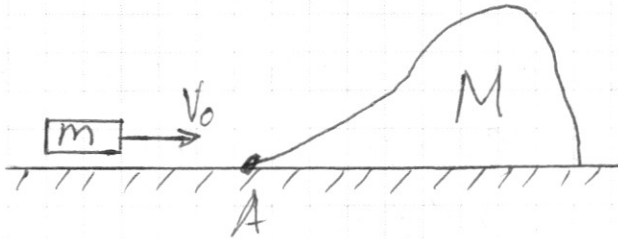


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.

Дано: m ; V_0 ; $M = 4m$

Найти: 1) V_{max} - ?
2) σ - ?



Решение

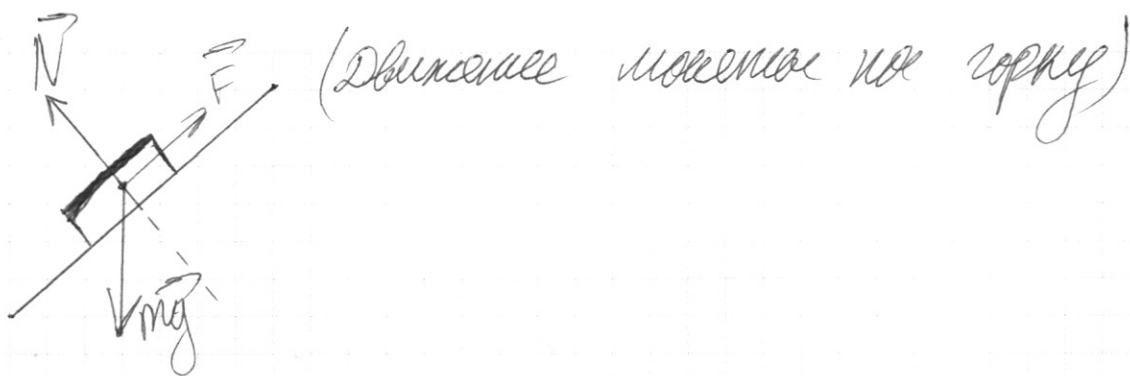
1) Сначала, это кажется сложным по поводу горизонтальной ступи, значит, что она движется по ступи без силы трения $F_{\text{тр}} = 0$.

Тогда кажется сложным с постоянной скоростью V_0 по горизонтальной ступи. Она имеет наибольшую кинетическую энергию (т.е. в $m \cdot A - E_k = \text{max}$) $\Rightarrow V_0 = \text{max}$.

Не сложно, по каким условиям масса покинута на верш, поэтому:
по ЗСЭ.

$$\frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = m g H_{\text{max}}$$

$$H_{\text{max}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$



2) Маша после столкновения (подпрыгнув) с горкой будет двигаться вверх и оттолкнется по склону, так и оттолкнется горка, при этом горка также будет обладать скоростью. Закон сохранения импульса:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

Для нашей системы

$m v_0 = (M + m) V$; где V - скорость горки, а известно что до столкновения горка покоилась.

$$V = \frac{m v_0}{M + m} \text{ - ск-ль горки}$$

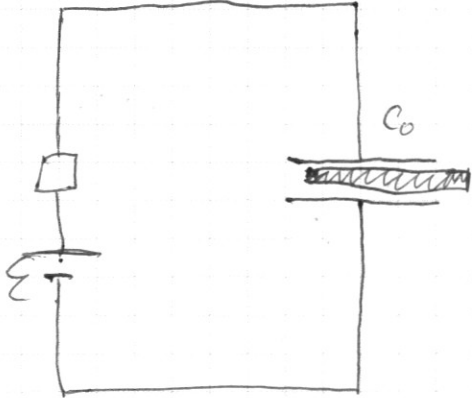
$$2gh = v^2 - v_0^2 \text{ - формула без времени}$$

$$v = \sqrt{2gh + v_0^2} \text{ - скорость маши}$$

Ответ: 1) $K_{\text{маш}} = \frac{v_0^2}{2g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



$$C_0 \cdot \epsilon \quad h = d$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon S}{d'}$$

$$\epsilon_0 = 1$$

$$q = UC; \quad U - \text{const}$$

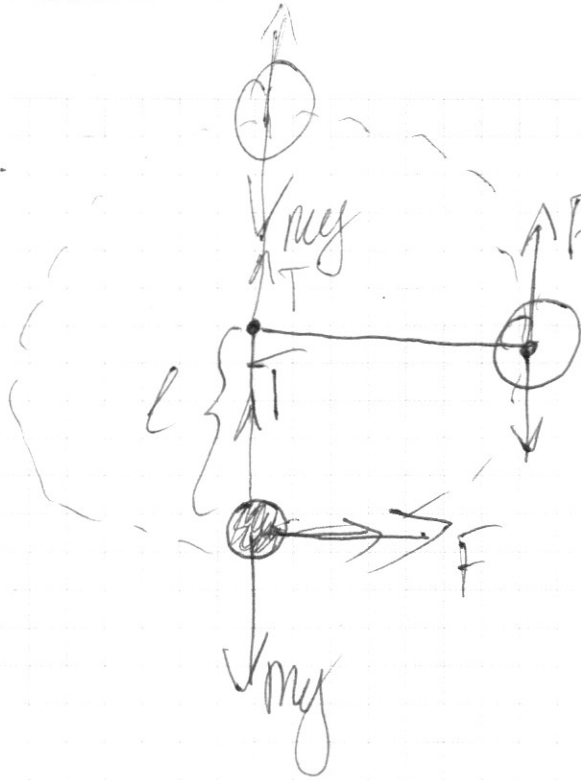
$$d' = d - h = \frac{2}{3}d$$

$$C = \frac{\epsilon S}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

$$2) \quad C = \frac{q}{U}; \quad q_1 = UC_0;$$

$$Q = \frac{3}{2} C_0 U - C_0 U = \frac{1}{2} C_0 U$$

1.



$R = l; g = 10 \text{ m/s}^2$

$v = ?$

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

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

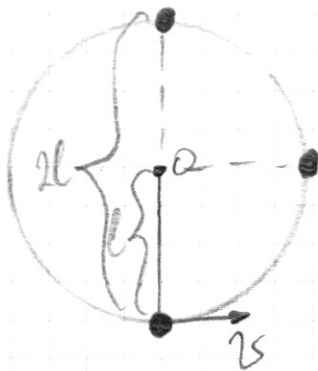
$\omega^2 R$

$\frac{mv^2}{2} = 2mgl$

$\Rightarrow v^2 = \frac{4mgl}{m} = 4gl$

$v = \sqrt{4gl} = 2\sqrt{gl}$

$2gl = v^2 - v_0^2$



$a = \frac{v^2}{l}$

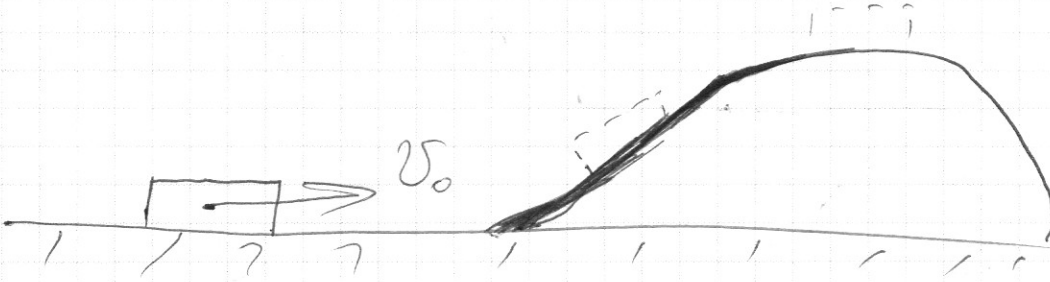
$m\vec{a} = T - mg$

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

$$2,25 = 2 \frac{1}{4} = \frac{9}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $\frac{4}{9}$ m; v_0 ;
4m



$$h_m = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$m v_0 = 4m v + m v'$$

$$v_0 = 4v + v'$$

по ЗСЭ: $\frac{m v_0^2}{2} = m g h$ $v_0 = 3v$

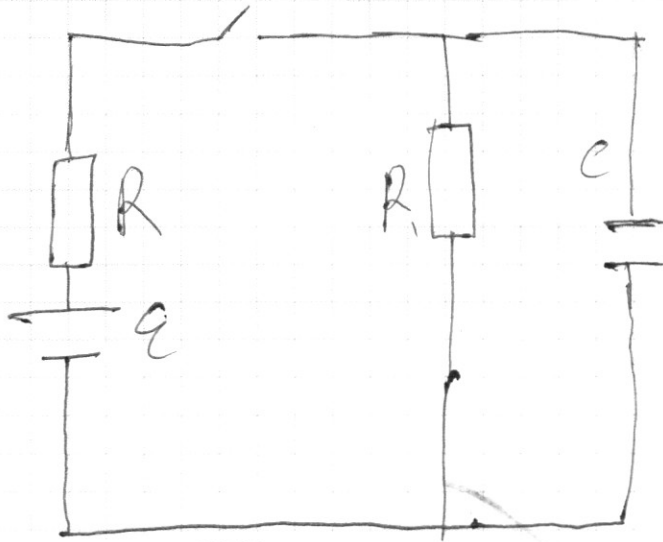
$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v = \frac{v_0}{5}$$

~~$\frac{8}{3} = 2,6$ $\frac{6}{\sqrt{5}} = 2,74$~~

$m v_0 = 5m v$ — ск-ть бруска, когда останется
мечетка

5.



$$R_1 = 4R.$$

$$C; \varepsilon; R$$

$$U_c = U$$

$$\varepsilon = IR + IR_1; I = \frac{\varepsilon}{R + R_1}$$

$$1) I = \frac{\varepsilon}{5R}$$

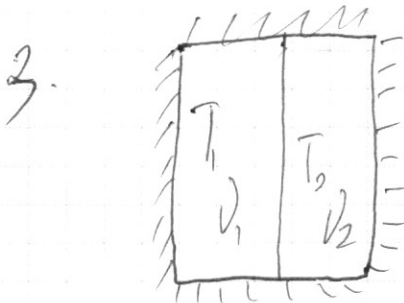
$$U = IR = \frac{\varepsilon}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5} \varepsilon$$

$$2) U = \frac{4}{5} \varepsilon$$

$$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{q}{2C} = \frac{C}{2} \cdot \frac{16}{25} \varepsilon^2 =$$

$$= \frac{16}{50} C \varepsilon^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\nu_0 = 4 + 2 = 273 + 127 = 400$

$T_1 = 400 \text{ K} \quad \nu_1 = 0,1 \text{ моль}$

$T_2 = 280 \text{ K} \quad \nu_2 = 0,4 \text{ моль}$

$V = \text{const}; \quad \nu = \nu_1 + \nu_2 = 0,5 \text{ моль}$

$Q = \frac{i}{2} \nu R T$

$Q_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$

$Q_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$

T - сред. тем.

$\nu_0 \text{ ЗСЭ: } Q_1 + Q_2 = 0$

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

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

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

$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_2 + \nu_1} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} =$

$= 2(40 + 112) = 304$

$$pV = \nu RT$$

$$pV = (\nu_1 + \nu_2) RT$$



$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304 \cdot 10^{-3}}{8,31}$$

$$= 152 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 304 \\ 213 \\ \hline 31 \end{array}$$

