

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

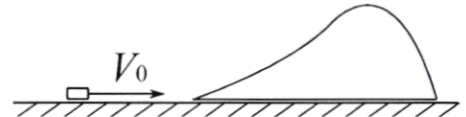
Шифр 16-007

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 шайба массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $3m$  (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

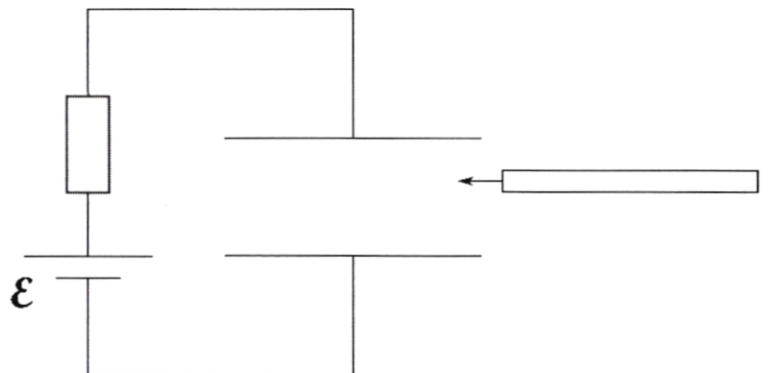


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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  $27^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,2$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,3$  моль. Перегородка прорывается.

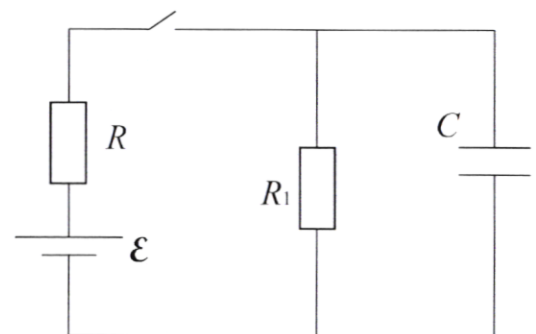
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 4 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  $R$ ,  $R_1=3R$ . 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?



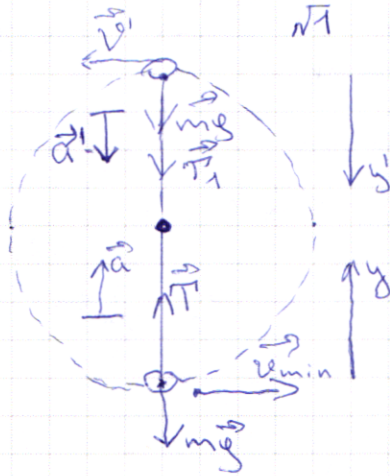
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$l = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_{\text{min}} = ?$$



когда шарик внизу:

$$(y): ma = T - mg$$

когда шарик сверху:

$$(y'): ma' = T_1 + mg$$

$$|v| = |v_{\text{min}}|, v' = -v_{\text{min}}, v_{\text{min}} = -v'$$

$$|at| = |a'l| = |a'l|$$

$$ma' - ma = T_1 + mg - T + mg$$

$$ma + ma' = T + T_1$$

$$2ma' = T + T_1$$

Запишем закон сохранения энергии для данной системы, если бы  $v_{\text{min}} \neq v'$

~~$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mgl + \frac{mv'^2}{2} \quad | : m$$~~

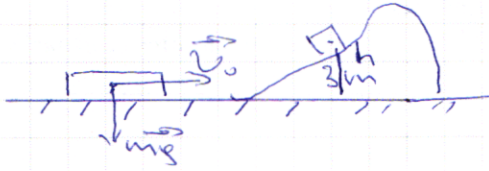
Докажем, что при сохранении энергии кинетическая энергия шарика внизу равна его потенциальной энергии сверху. Тогда закон сохранения энергии будет выглядеть так:

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mgl \Leftrightarrow v_{\text{min}}^2 = 4gl \Leftrightarrow v_{\text{min}} = 2\sqrt{gl}$$

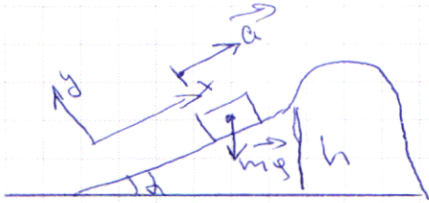
$$v_{\text{min}} = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,5} = 2\sqrt{5} \approx 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $2\sqrt{5} \approx 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\sqrt{2}$

$\sqrt{2}$ Дано:  $m, 3m$  $F_{тр} = 0$ 

1) Рассмотрим шайбу уже на горке.



Проекции

$$(x) ma = mg \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{S}, \quad S = \frac{v^2 + v_0^2}{2a}, \quad \text{ко м.т. } v^2 = 0$$

(шайба потом остановится), то  $S = \frac{v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_0^2}{2S}$

$$\frac{m v_0^2}{2S} = m g \frac{h}{S} \quad | \cdot S : m$$

$$\frac{v_0^2}{2} = g h \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}; \quad v_0' - \text{скорость шайбы, при подкате на горку}$$

Законом сохранения импульса;  $v_0'$  - скорость горки после взлета шайбы

$$m v_0 = m v_0' + 3m v_0' \quad | : m$$

$$3v_0' = v_0 - v_0' \Leftrightarrow v_0' = \frac{v_0 - v_0'}{3} \quad (1)$$

Законом сохранения энергии

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0'^2}{2} + \frac{3m v_0'^2}{2} \quad | : m \cdot 2 \text{ и подставим (1)}$$

$$v_0^2 = v_0'^2 + 3 \frac{(v_0 - v_0')^2}{3} \quad | \cdot 3 \Leftrightarrow 3v_0^2 = 3v_0'^2 + v_0^2 - 2v_0 v_0' + v_0'^2$$

$$4v_0'^2 - 2v_0 v_0' - 2v_0^2 = 0 \quad | : 2 \Leftrightarrow 2v_0'^2 - v_0 v_0' - v_0^2 = 0$$

$$D = v_0^2 - 4 \cdot (-v_0^2) = v_0^2 + 4v_0^2 = 5v_0^2$$

$$v_0' = \frac{v_0 + 3v_0}{2 \cdot 2} = \frac{4v_0}{4} = v_0$$

$$v_0' = \frac{v_0 - 3v_0}{4} = -\frac{v_0}{2} \quad - \text{не удовл. условию}$$

Если  $v_0' = v_0$ , то  $v_0' = v_0 - v_0 = 0 \Rightarrow$  горка не сдвигается

нельзя с места после взлета шайбы  $\Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} =$

$$= \frac{v_0^2}{2g} = \boxed{\frac{v_0^2}{20}}$$

Рассмотрим теперь случай, когда шайба будет двигаться с горки:

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

З.С.У

$\mu V_0' = 3\mu V'' \rightarrow \mu V_0''$ ;  $V''$  - скорость турки после сжатия шайбы;  $V_0''$  - скорость шайбы после сжатия.

З.С.Э:  $\frac{\mu V_0'^2}{2} = \frac{3\mu V''^2}{2} + \frac{\mu V_0''^2}{2}$

Мы видим, что З.С.Э эквивалентен З.С.Т при подбросе шайбы  $\Rightarrow$

$$\begin{cases} V'' = \frac{V_0' + V_0''}{3} \\ V_0'^2 = 3 \frac{(V_0' + V_0'')^2}{9} + V_0''^2 \cdot 3 \end{cases}$$

$$3V_0'^2 = V_0'^2 + 2V_0'V_0'' + V_0''^2 + 3V_0''^2$$

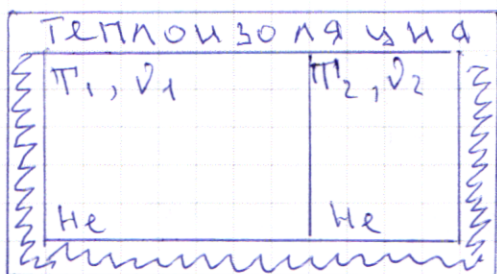
$$4V_0'^2 + 2V_0'V_0'' - 2V_0''^2 = 0 \quad | : 2$$

$$2V_0'^2 + V_0'V_0'' - V_0''^2 = 0$$

$$D = V_0'^2 + 4 \cdot 2V_0'^2 = 9V_0'^2$$

$$\begin{cases} V_0'' = \frac{-V_0' + 3V_0'}{4} = \frac{V_0'}{2}, \text{ а так } V_0' = V_0, \text{ то } V_0'' = \frac{V_0}{2} \\ V_0'' = \frac{-V_0' - 3V_0'}{4} = -V_0' - \text{ не удовлетворяет условию} \end{cases}$$

Ответ: 1)  $h = \frac{V_0^2}{2g}$ ; 2)  $V_0'' = \frac{V_0}{2}$



Перегородку  
уравняем

Дано:  $V = 8,31 \cdot 10^3 \text{ м}^3$

$R = 8,31$

$V_1 = 0,2 \text{ моль}$

$T_1 = t_1 + 273 \text{ К} = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ К}$

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

$V_2 = 0,3 \text{ моль}$

$p_1^0$  ?  $p_2^0$  ? конечные давления  
(температура, к-ая установилась)

1)  $T$ -? Занесли первый закон термодинамики

$Q = \Delta U + A_T$ ; т.к. сосуд теплоизолирован, то тепло не передается окружающей среде  $\Rightarrow Q = 0 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  и работа тоже равна нулю. Но т.к. перегородка прорывается то изменение внутренней энергии будет выглядеть следующим образом

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T, \text{ где } \nu = \frac{V}{V_M}, \text{ а т.к.}$$

мы знаем  $V$ , то можем найти усредненную температуру  $T$

$$\frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) = \frac{3}{2} R \cdot \nu \cdot T \quad | : \frac{3}{2} R$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \frac{\nu}{V_M} T \Rightarrow T = \frac{V_M (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{\nu}$$

$$T = \frac{22,4 (0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280)}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 10^3 \cdot \frac{22,4 (60 + 84)}{8,31} =$$
$$= \frac{10^3 \cdot 22,4 \cdot 144}{8,31} = 10^3 \cdot 22,4 \cdot 17,34 = 224 \cdot 1734 = \text{слишком большое число} = 388\,416 \text{ K} - \text{не может быть такая температура} \Rightarrow$$

часть энергии ушла на прорывание перегородки  $\Rightarrow \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \frac{\nu}{V_M} R T + A_T$

$$\text{Далее, что } A_T = 0 \text{ и } \Rightarrow \text{мы не умножаем на}$$

объем, тогда:  $\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \nu_1 T + \nu_2 T \Rightarrow T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} =$$

$$= \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = 144 \cdot 2 = 288 \text{ K}$$

Чтобы найти  $p$  можем воспользоваться уравнением Менделеева - Клапейрона:  $pV = \nu RT$

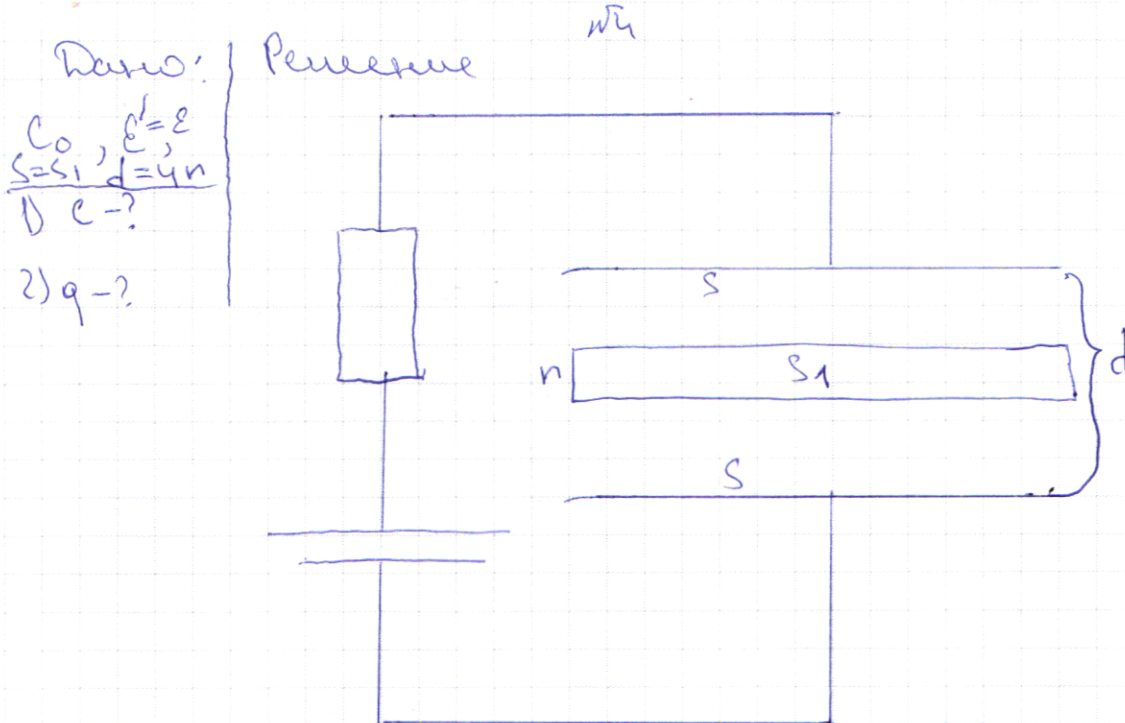
$$\text{Найдем } \nu; \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{T} = \frac{144}{288} = 0,5 \text{ моль} \Rightarrow p = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{22,4 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 144 \cdot 10^3 \text{ Па} = 144 \text{ кПа}$$

Ответ: 1) 288 K; 2) 144 кПа

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В цепи находится два конденсатора соединённых параллельно. Рассмотрим сначала конденсатор без пластины:  $C_0 = \frac{q_0}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow S = \frac{C_0 \cdot d}{\epsilon_0}$

Общая ёмкость параллельных конденсаторов равна

$$C = C_1 + C_2 = 2C_1, \text{ так как } C_1 = C_2$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\left(\frac{d-n}{2}\right)} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3n}{2}} = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{3n} \Rightarrow C = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{3n}, \text{ но т.к.}$$

конденсатор воздушный, то

$$C = \frac{4 \epsilon_0 \cdot \frac{C_0 \cdot 4n}{\epsilon_0}}{3n} = \frac{16 \epsilon_0}{3}$$

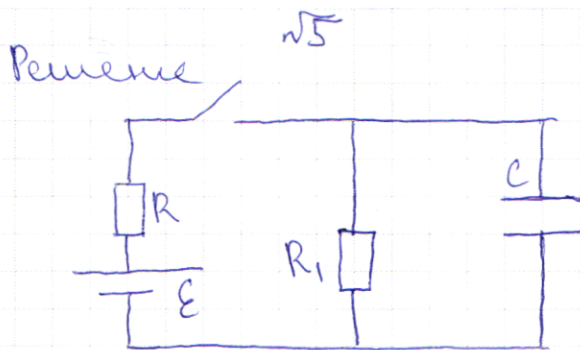
$$C = \frac{4 \epsilon_0 S}{3n}, \text{ но т.к. } S = \frac{C_0 d}{\epsilon_0}, \text{ то}$$

$$C = \frac{16 C_0}{3}$$

$$q = C \cdot \epsilon = \frac{16 C_0 \epsilon}{3}$$

Ответ:  $\frac{16 \cdot C_0}{3} = C, q = \frac{16 \cdot C_0 \cdot \epsilon}{3}$

Дано:  
 $C, \varepsilon, R$   
 $L = R$   
 $R_1 = 3R$



$$1) y_0 = \frac{\varepsilon}{R_0 + R}$$

$$R_0 = \frac{R \cdot 3R}{R + 3R} = \frac{3R^2}{4R} = \frac{3R}{4}$$

$$y_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{3R}{4} + R} = \boxed{\frac{4\varepsilon}{7R}}$$

1)  $y_0$  - ?  
 (ток, сразу после замыкания)

2)  $U_0$  - ?  
 (сп. ед. напряжения на  $C$ -эле)

2)  $U_0$  - ?

$$C = \frac{q}{U}$$

3)  $Q$  - ?  
 (ка-во электронов после размыкания)

$$y_R = y_0 = \frac{U_R}{R} \Rightarrow U_R = \frac{4\varepsilon}{7}$$

$$y_1 = \frac{U_R}{R_1} = \frac{4\varepsilon}{7 \cdot 3R} = \frac{4\varepsilon}{21R} \Rightarrow y_C = \frac{12\varepsilon - 4\varepsilon}{21R} = \frac{8\varepsilon}{21R}$$

$$U_C = U_{R_1} = y_1 \cdot R_1 = \frac{4\varepsilon}{21R} \cdot 3R = \frac{4\varepsilon}{7}$$

$$U_0 = U_C = \frac{4\varepsilon}{7}$$

$$3) Q = W = \frac{C U^2}{2} = \frac{C \cdot 16\varepsilon^2}{2 \cdot 7} = \frac{8C\varepsilon^2}{21}$$

Ответ:  $y_0 = \frac{4\varepsilon}{7R}$ ;  $U_0 = \frac{4\varepsilon}{7}$ ;  $Q = \frac{8C\varepsilon^2}{21}$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0^2 = v_0'^2 + 3v_0'^2 \quad \text{Получаем } \text{из } mgh$$

$$v_0^2 = v_0'^2 + 3v_0'^2 - 6v_0 \cdot v_0' + 5v_0'^2$$

$$0 = 4v_0'^2 + 2v_0'^2 - 6v_0 \cdot v_0'$$

$$0 = 2v_0'^2 + v_0'^2 - 3v_0 \cdot v_0'$$

$$0 = 3v_0'^2 - 4 \cdot 2 \cdot v_0'^2 = v_0'^2$$

$$v_0' = \frac{3v_0 + v_0}{4} = v_0 \quad \text{не подходит, но тогда шарик не съеден}$$

$$v_0' = \frac{3v_0 - v_0}{4} = \frac{v_0}{2}$$

$$mv_0 = \frac{mv_0}{2} + \frac{mv_0}{2} \quad \text{подходит}$$

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

$$h = \frac{\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2g} = \frac{v_0^2}{8g} = \frac{v_0^2}{80}$$

Если добавим  $mgh$

а скорость шарика  
наил. конечная  
шарик падает  
0

$$v_0^2 = 2v_0'^2 + 3v_0'^2 - 6v_0 \cdot v_0' + 5v_0'^2$$

$$0 = 5v_0'^2 - 6v_0 \cdot v_0' + 2v_0'^2$$

$$0 = 7v_0'^2 - 4 \cdot 5 \cdot 2v_0'^2 < 0 \quad \text{не подходит } v_0'' = ?$$

$$mv_0' + 3m \frac{v_0'}{2} = -mv_0'' + 3m v_0'' ; v_0'' =$$

$$v' = \frac{v_0 - v_0'}{3} ; v_0^2 = v_0'^2 + 3 \frac{v_0^2 - 2v_0 v_0' + v_0'^2}{9} \quad | \cdot 3$$

$$3v_0^2 = 3v_0'^2 + v_0^2 - 2v_0 v_0' + v_0'^2$$

$$4v_0'^2 - 2v_0 v_0' - 2v_0^2 = 0$$

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

$$0 = v_0^2 + 8v_0^2 = 9v_0^2$$

$$\begin{cases} v_0' = \frac{v_0 + 3v_0}{4} = v_0 \\ v_0 = \frac{v_0 - 3v_0}{4} = -\frac{2v_0}{4} \end{cases}$$

$$3v_0' = 3v_0'' - v_0''$$

$$v_0'' = \frac{v_0' + v_0''}{3}$$

$$3 \cdot c \cdot \rho: \quad \frac{3mv_0'^2}{2} = \frac{3mv_0''^2}{2} + \frac{mv_0''^2}{2}$$

$$v_0'^2 = \frac{v_0'^2 + 2v_0'v_0'' + v_0''^2}{3} + v_0''^2 \quad | \cdot 3$$

$$3v_0'^2 = v_0'^2 + 2v_0'v_0'' + v_0''^2 + 3v_0''^2$$

$$4v_0'^2 + 2v_0'v_0'' - 2v_0''^2$$

$$d = \frac{144}{288} = 0,5 \text{ мкм}$$

$$p = 10^3 \cdot 0,5 \cdot 288 = 144 \text{ кПа}$$

Дано:

$$\frac{e_0, E}{C-?}$$

E

$$C = \frac{q}{U} = \frac{e \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$C_1 = \frac{q}{U}$$

$$C_2 = \frac{q}{U}$$

$$q = C_1 U + C_2 U$$

одн

$$C U$$

$$C = C_1 + C_2$$

$$U = \frac{q}{C}$$

U

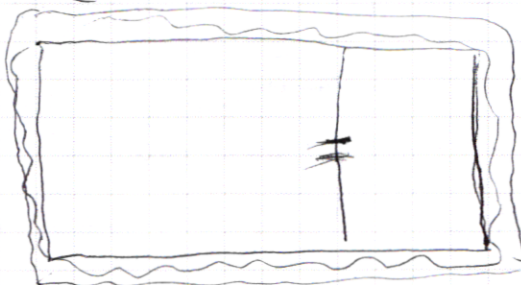
U

U

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:  
 $V = 831 \cdot 10^{-3}$   
 $T_1 = 300 \text{ K}$   
 $T_2 = 280 \text{ K}$   
 $\nu_1 = 0,12 \text{ моль}$   
 $\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$   
 $p = 2$

Решение



$$Q = \Delta U + A \Gamma$$

$Q = 0$  т.к. сосуд теплоизолирован

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,12 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = \frac{(60 + 84) \cdot 2}{0,5}$$

$$= 144 \cdot 2 = 288 \text{ K}$$

$$pV = \nu R T$$

известно

$$\nu = 0,5$$

$$\begin{array}{r} 1734 \\ 224 \\ \hline 6836 \\ 3468 \\ \hline 388416 \end{array}$$

$$pV = \nu R T$$

$$\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 = \frac{V}{V_m} R T + \nu_1 R T + \nu_2 R T$$

$$T = \frac{22,4 \cdot 10^3 \cdot 144}{0,5 + 831} = \frac{22,4 \cdot 144 \cdot 10^3}{831}$$

$$V_m = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

$$\frac{288}{831}$$

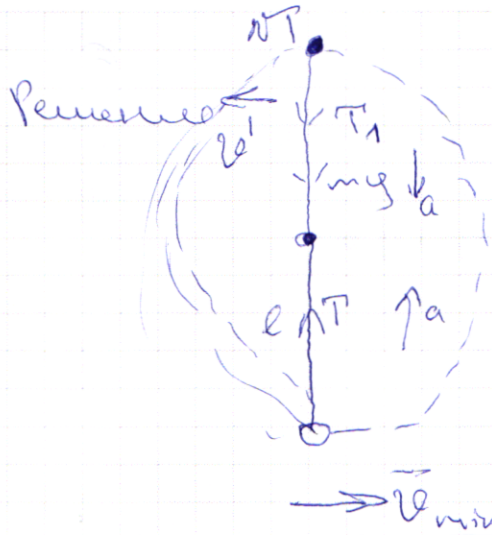
$$\frac{2240}{831}$$

$$\frac{831}{5817}$$

$$\begin{array}{r} 14400 \quad | \quad 831 \\ 831 \quad | \quad 17,34 \\ \hline 6090 \\ 5817 \\ \hline 2730 \\ 2493 \\ \hline 3370 \\ 3324 \\ \hline 46 \end{array}$$

$$\omega = v_0^2 + 4 \cdot 7 \cdot 2v_0^2 = v_0^2 + 56v_0 \neq$$

Дано:  
 $l = 0,5 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $v_{\text{min}} = ?$



Круг шарик вниз:

$$ma = T - mg$$

Круг шарик вверх:

$$ma = T_1 + mg$$

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

$$T - mg = T_1 + mg$$

$$T - T_1 = 2mg$$

$$T \neq T_1$$

Попробуем 3. л. з.:  $\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mgl + \frac{mv_0^2}{2}$

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{l} = T - mg \Rightarrow mv_{\text{min}}^2 = l(T - mg)$$

$$\frac{mv_0^2}{l} = T_1 + mg \Rightarrow mv_0^2 = l(T_1 + mg) \quad T = T_1$$

$$l(T - mg) = 4mgl + l(T_1 + mg)$$

$$l(T - T_1 - mg - mg) = 4mgl$$

~~$0 = 4mgl$~~

Возможно

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mgl \Leftrightarrow v_{\text{min}}^2 = 4gl \Rightarrow v_{\text{min}} = 2\sqrt{10 \cdot 0,5} = 2\sqrt{5}$$

Если ускорения равны, то и скорости равны  $v' = v_{\text{min}}$

Попробуем  $T = T_1$ , но ускорения не равны

$$\begin{cases} ma = T - mg \\ ma_1 = T + mg \end{cases} \quad \begin{cases} m(a+g) = m(a_1-g) \\ a_1 - a = 2g \end{cases} \quad \begin{matrix} a - a_1 = -2g \\ a_1 = \frac{v'^2}{l}, a = \frac{v_{\text{min}}^2}{l} \end{matrix}$$

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mgl + \frac{mv'^2}{2} \quad | \cdot 2 : m \quad v'^2 - v_{\text{min}}^2 = 2gl$$

$$v_{\text{min}}^2 = 2gl + v'^2 = 2gl + v_{\text{min}}^2 + 2gl \quad v'^2 = v_{\text{min}}^2 + 2gl$$

$$v_{\text{min}}^2 = v_{\text{min}}^2 + 4gl \Rightarrow \text{нельзя не کنیم}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = \frac{m (v_{\min}^2 + 2gl)}{2} \Rightarrow a = a_1$$

Упруг, черенки одинаковы, но разные силы натяжения

$$m a = T - m g \Rightarrow \text{скорости одинаковы}$$

$$m a = T_1 + m g$$

Положим 3.с.4

$$k v_{\min} = - k v^1$$

$$k v_{\min}^2 = 2 k g l$$

$$v_{\min} = \sqrt{20} = 4,47 \frac{m}{c}$$

$$\text{Если } T = T_1$$

~~$$m \left( \frac{v_{\min}^2}{2} + g \right) = m \left( \frac{v_{\min}^2}{2} - g \right)$$~~

$$m \left( \frac{v_{\min}^2 - v^2}{2} \right) = T - T_1 - 2mg$$

$$m (v_{\min}^2 - v^2) = 4mg l$$

$$4mg l = T - T_1 - 2mg$$

$$mg(4l + 2) = T - T_1$$

$$\frac{v_{\min}^2 - v^2}{0,5} = g \cdot 4 \Rightarrow v_{\min}^2 - v^2 = 20 \quad v^2 - v_{\min}^2 = 2gl$$

$$\frac{v_{\min}^2 - 20}{2} + mg l - 2 = \frac{v_{\min}^2}{2}$$

$$2ma = m(a + g) + m(a - g)$$

$$\frac{v_{\min}^2}{2} = 2gl$$

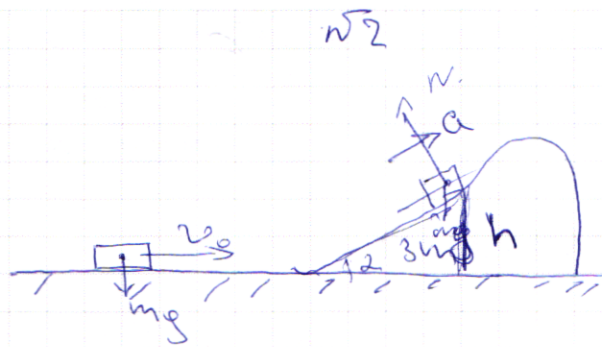
$$\frac{v_{\min}^2 - v^2}{2} = -2mg$$

$$v_{\min}^2 + 2mg l = v^2$$

$$v_{\min} = \sqrt{8 \cdot 10} = \sqrt{80} = 2\sqrt{20} = 8,94 \frac{m}{c}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ 2,2 \\ 4,4 \\ 4,4 \\ 8,8 \\ \hline 4,4 \\ + 2,2 \\ \hline 6,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ 2,2 \\ 4,4 \\ 4,4 \\ 8,8 \\ \hline 4,4 \\ + 2,2 \\ \hline 6,6 \end{array}$$



З.С.У.  $mv_0 = v_1(m+3m)$

$v_1 = \frac{1}{4} v_0$  - скорость  
вверх с маятвом

м.б.о  
 $mv_0 = v_1 \cdot 3m + v_0' \cdot m$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_0'^2}{2}$  Попробуем  $gh = h$

$mv_0^2 = 2mgh + 3mv_1^2 + mv_0'^2$  и обозначим  $mv_0'$

$v_0^2 - 3v_1^2 - v_0'^2 = 2gh$   $\frac{mv_0^2}{2} + \frac{3m(\frac{v_0}{4})^2}{2} = \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_0'^2}{2}$   
 $v_0'^2 = \frac{5v_0^2}{4} - \frac{v_0'^2}{4}$

$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgh + \frac{3mv_1^2}{2}$

Разберем когда маятник в вершине

$ma = mg \sin \alpha$ ;  $S = \frac{v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_0^2}{2S}$

$\frac{mv_0^2}{2S} = mg \cdot \frac{h}{S}$

$\sin \alpha = \frac{h}{S}$

$3v_0^2 = 6v_0'^2 + v_0^2 - 2v_0 v_0'^2 + v_0'^2 - 2v_0 v_0' - 2v_0^2 = 0$

$\frac{v_0^2}{2} = gh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$  - на какую высоту выскочит маятник

Как необходимо найти скорость маятника при падении на черную. Попробуем по З.С.У

$mv_0 = mv_0' + 3mv_1'$  Попробуем З.С.Э.:

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0'^2}{2} + \frac{3mv_1'^2}{2} + mgh$   $v_1' = \frac{v_0 - v_0'}{3} = \frac{v_0}{4}$

$v_0^2 = 2v_0'^2 + 3(v_0 - v_0')^2 = 2v_0'^2 + 3v_0^2 - 6v_0 v_0' + 3v_0'^2$

~~$3v_0'^2 = 2v_0 v_0'$ ,  $3v_0'^2 - 2v_0 v_0' = 0$   $3v_0' - 2v_0 = 0$~~

~~$v_0' = \frac{2}{3} v_0$   $h = \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{2g} = \frac{2}{9g} v_0^2 = \frac{v_0^2}{45}$~~



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

16-007

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

16-007

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)