

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

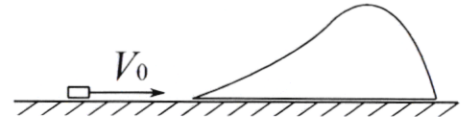
Шифр 5-012

(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.

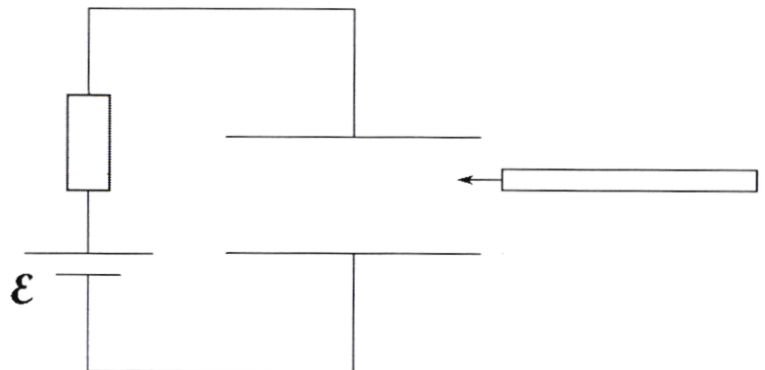


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

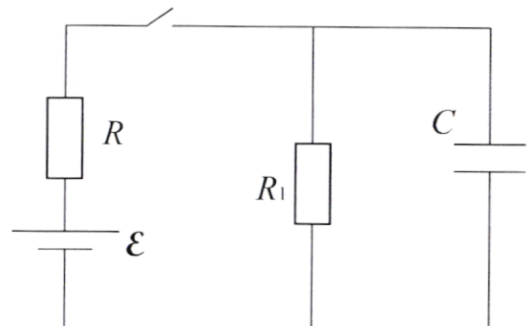
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

№1

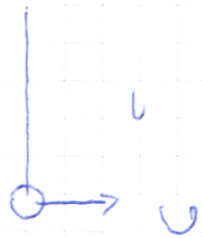


$$l = 50 \text{ см.}$$

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

$$W = \frac{C \cdot \varphi^2}{24} = \frac{q^2}{2(4\pi\epsilon_0 C)}$$

$$C = \frac{q}{U} \rightarrow \text{Вроде}$$



Как-то  
max,  
хз?

$$k = C \cdot \varphi, \quad q = C \cdot \varphi^2$$

$$l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м.}$$

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

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v^2}{2} = m g \cdot h ; \quad h = 2l$$

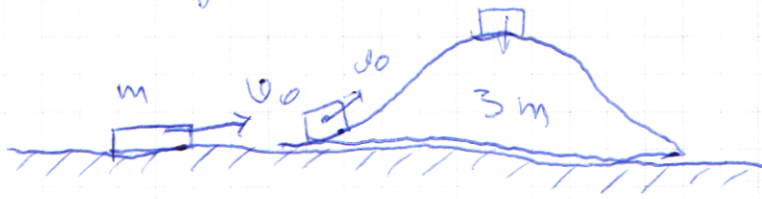
$$\frac{v^2}{2} = g \cdot 2l ; \quad v^2 = 4l \cdot g$$

$$v = \sqrt{4 \cdot l \cdot g} = \sqrt{2 \cdot g} = \sqrt{20} \text{ м/с}$$

Ответ:  $v = \sqrt{20} \text{ м/с}$

12 (задача на ЗСЧ)

Стол магний



$$mgh_{\max} = \frac{m v_{\text{отн}}^2}{2}$$

$$= \frac{m g v^2}{2}$$

Если масса будет  
иметь скорость в  
какую-то величину  
тр.

когда масса выехала

$$\frac{m v_0^2}{2}$$

$$= \frac{4 m v^2}{2}$$

ЗСЧ, вых.  
когда

$$\frac{m v_0^2}{2}$$

$$= \frac{3m + m}{2} \cdot v^2$$

$$; v_0^2 = 4v^2$$

$$v_0 = 2v$$

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

$$\frac{m v^2}{2} = m g h ; h = \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2}{8g}$$

1

$$m v_0 = (3m + m) \cdot v ; v_0 = 4v$$

Решаем ЗСЧ, масса миним. скорость как только масса выехала

$$m v_0 = 4 m v ; v = \frac{v_0}{4} ; m g h_{\max} = \frac{m v^2}{2}$$

$$2 g h_{\max} = \frac{v_0^2}{16} ; h_{\max} = \frac{v_0^2}{32g}$$

2) только не  $v_0$

$$\frac{m v_0^2}{2} = A = \frac{m v^2}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C = \frac{q}{U} \quad ; \quad U = \varepsilon - I_1 \cdot R$$

$$q = C_0 \cdot U \quad ;$$

$$C = \frac{q}{U} \quad ; \quad q = C \cdot U$$

$$W = \frac{C \cdot \varepsilon^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C}$$

$$W = \frac{q^2}{2C_0}$$

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

когда начали вводить:

коэффициент разря-  
жения

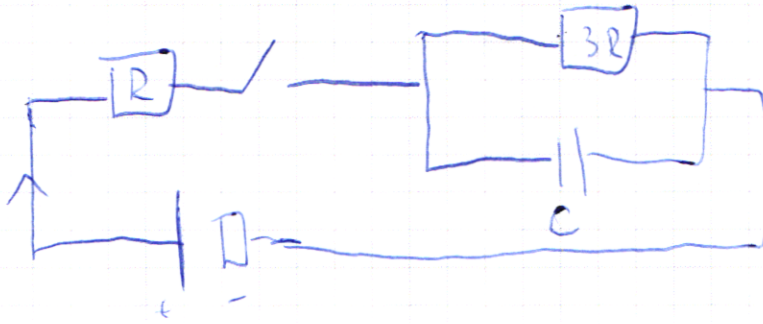
энергия конденсатора

$$\varepsilon = I_2 \cdot R$$

$$W = \frac{q^2}{2C_0} = (I_2 - I_1)^2 R \cdot t$$

$$\frac{q}{2C_0} = |I_2 - I_1| \cdot R = \varepsilon - \varepsilon + I_1 R$$

25



1)  $I = \frac{\epsilon}{R}$

$R_{\text{общ.}} = R + 3R = 4R$

$$I = \frac{\epsilon}{R_{\text{общ.}}} = \frac{\epsilon}{4R}$$

2)  $U = ?$

Напряжением на конденсаторе, такое - же как и напряжением на резисторе

$$I = \frac{U}{3R} ; \quad \frac{\epsilon}{4R} = \frac{U}{3R} ; \quad U = \frac{3}{4} \epsilon$$

3)  $Q = I^2 R C t = W$  (энергия конденсатора)

$$W = \frac{C U^2}{2} = C \cdot \frac{\frac{9}{16} \epsilon^2}{2} = \frac{9}{32} C \epsilon^2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)  $p_k$  - ?

~~Закон Клапейрона Менделеева  
для идеальной смеси~~

~~$$V_1 \cdot p_1 = \nu_1 \cdot R \cdot T_1 ; T_1 = 273 + 24 = 300\text{K}$$~~

~~$$V_2 \cdot p_2 = \nu_2 \cdot R \cdot T_2 ; T_2 = 273 + 15 = 288\text{K}$$~~

По закону Дальтона:

$$p = p_1 + p_2$$

$$p \cdot V = (\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T_{\text{общ}}$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T_{\text{общ}}}{V}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 8.31 \cdot 288}{8.31 \cdot 10^{-3}} = 144 \text{ кПа}$$

$$T_{\text{общ}} = 273 + 15 = 288\text{K}$$

Ответ:

1)  $T_{\text{общ}} = 15^\circ\text{C}$

2)  $p = 144 \text{ кПа}$





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

A - работа по перемещению груза  
v - скорость, с которой шайба  
скользит.

$$A = \frac{3m}{2} \cdot v^2 = \frac{3m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{16} = \frac{3mv_0^2}{32}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{3mv_0^2}{32} = \frac{mv_0^2}{2};$$

$$4mv_0^2 = mv_0^2$$

$$\frac{13mv_0^2}{32} = \frac{mv_0^2}{2}; \quad v^2 = \frac{13}{16} v_0^2$$

Ответ: 1)  $v_{\max} = \frac{v_0^2}{32g}$

2)  $v = \sqrt{\frac{13}{16}} v_0$

$$\begin{array}{r} 283 \\ + 17 \\ \hline 298 \end{array}$$

13

$$V = 8.31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

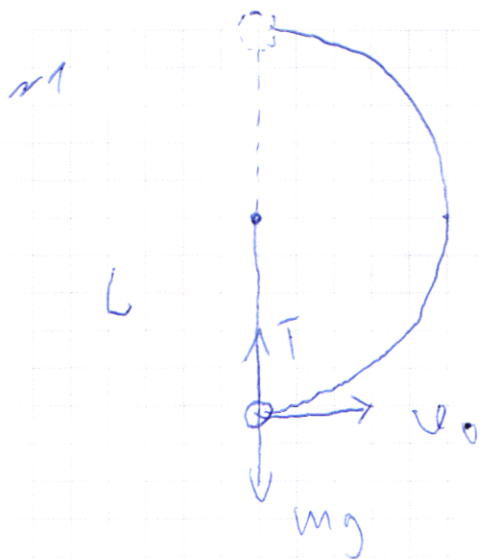
V - полный  
объем

$$1) T_{\text{кокетное}} = \frac{T_1 \cdot \nu_1 + T_2 \cdot \nu_2}{\nu_1 + \nu_2} =$$

$\nu_1$	$T_1 = 27^\circ\text{C}$	$\nu_2 = 0.3 \nu_1$
He		$T = 4^\circ\text{C}$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ \hline 5.4 \\ + 2.1 \\ \hline 7.5 \end{array}$$

$$= \frac{27 \cdot 0.2 + 0.3 \cdot 4}{0.5} = 2(5.4 + 1.2) = 2 \cdot 6.6 = 13.2^\circ\text{C}$$



$$v = 0,5 \text{ м.}$$

~~минимальная скорость~~  
~~скорость должна быть~~  
~~такая, что в верхней~~  
~~точке ее скорость 0.~~  
 в Верхн. точке  $T=0$

В начальный момент времени:

$$ma = m \frac{v_0^2}{L}; \quad T = mg + ma = mg + m \frac{v_0^2}{L}$$

В верхней точке:  $ma = 0$

$$T = ma - mg = 0; \quad mg = ma; \quad g = \frac{v_0^2}{L}$$

$$v_0^2 = gL$$

$$m \frac{v_0^2}{2} - m \frac{v_b^2}{2} = m g h_{\text{max}}$$

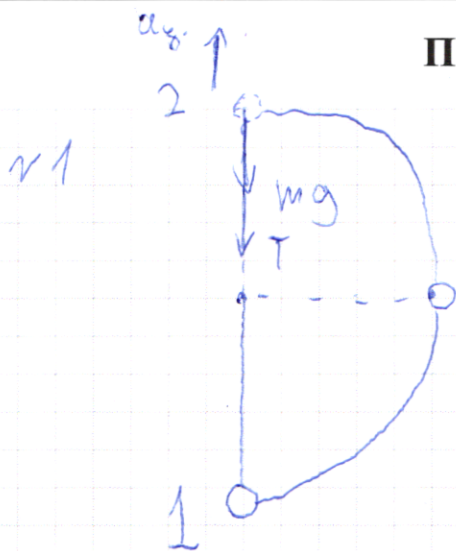
$$v_0^2 - 0 = 4 \cdot g h$$

$$v_0^2 = 5 \cdot g \cdot L = \sqrt{25 \text{ м}^2/\text{с}^2}$$

$$v_0 = 5 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_0 = 5 \text{ м/с}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Надо приложить такую скорость в положении 1, чтобы натяжение нити в положении 2 было равно 0.

Эта скорость будет минимальной, при которой шарик совершит полный оборот.

в положении 2:

$$T = m a_y - mg ; T = 0 ; m a_y = mg ;$$

$$a_y = g ; \frac{v_2^2}{l} = g ; v_2^2 = gl$$

ЗСЭ:

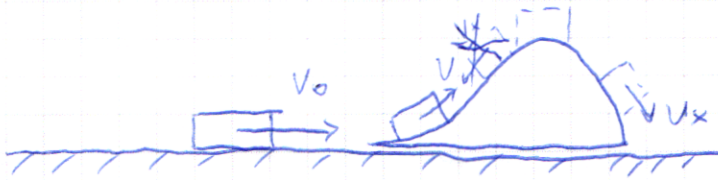
$$m \frac{v_1^2}{2} - m \frac{v_2^2}{2} = m \cdot g \cdot 2l ; v_1^2 - v_2^2 = 4gl$$

$$v_1^2 = 5gl ; v_1 = \sqrt{5gl} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_1 = 5 \text{ м/с}$

№ 2

а) Стол гладкий, майба frictionless без трения по горке



как только майба въехала на горку, горка стала двигаться вместе с майбой и тут работает ЗСЧ:

$$m v_0 = (m + 3m) \cdot v; \quad v = \frac{v_0}{4} \text{ - скорость}$$

майбы и горки в момент, когда майба въехала на горку

ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h_{\max}; \quad \frac{v_0^2}{32 \cdot g} = h_{\max}$$

б) ~~так как~~ ~~он~~ ~~когда~~ ~~майба~~ ~~въехала~~, ~~горка~~ ~~ст~~ ~~так~~ ~~как~~ ~~майба~~ ~~ехала~~ ~~по~~ ~~горке~~ без трения и отрыва, то работает ЗСЭ и майба скатывается с той же скоростью с которой заехала на горку  $v = \frac{v_0}{4}$  Ответ а)  $\frac{v_0^2}{32g} = h_{\max}$  б)  $v = \frac{v_0}{4}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

$$V = 8.31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad T_1 = 24^\circ\text{C} = 300 \text{ K} ; \quad \nu_1 = 0.2 \text{ моль}$$

$$T_2 = 1^\circ\text{C} = 280 \text{ K} ; \quad \nu_2 = 0.3 \text{ моль}$$

1)

$$T_{\text{уст.}} = \frac{T_1 \cdot \nu_1 + T_2 \cdot \nu_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{24 \cdot 0.2 + 0.3 \cdot 1}{0.5} = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$$

2)

По закону Дальтона  $p = p_1 + p_2 + \dots$  —  
уст. давление после разрыва перегородки  
Закон Клапейрона - Менделеев для всего  
объема:

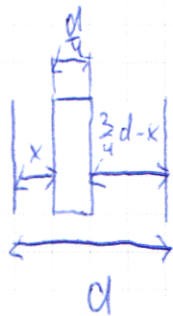
$$p \cdot V = (\nu_1 + \nu_2) \cdot T_{\text{уст.}} \cdot R \quad p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) \cdot T_{\text{уст.}} \cdot R}{V} =$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{8.31 \cdot 288 \text{ K}}{8.31 \cdot 10^{-3}} \text{ (Па)} = 144 \text{ кПа}$$

Ответ: 1)  $T_{\text{уст.}} = 15^\circ\text{C}$  ; 2)  $p = 144 \text{ кПа}$

14

1) Мы заменим наш конденсатор с пластиной, на два последовательно соединённых конденсатора, обкладками которых служат стороны пластины и конденсатора

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d} ; \epsilon = 1$$



$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{x} ; C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{\frac{3}{4} d - x}$$

$$\epsilon = 1$$

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{(\epsilon_0 \cdot S)^2}{x \cdot (\frac{3}{4} d - x)}$$

$$\frac{\epsilon_0 S (\frac{3}{4} d)}{x \cdot (\frac{3}{4} d - x)}$$

$$= \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4} d} = \frac{4}{3} \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} C_0$$

Ответ:  $C = \frac{4}{3} C_0$

2)  $W = \frac{q^2}{2C_0} = (I_2 - I_1)^2 \cdot R \cdot t ; I_2$  - ток после  
 внесения <sup>через резистор</sup>;  $I_1$  - ток перед внесением <sup>через резистор</sup>;  
 $q$  - заряд;  $\frac{q}{2C_0} = \epsilon ; q = 2C_0 \cdot \epsilon$  Ответ:  $I_1 = \frac{q}{R \cdot t} ; I_2 = \frac{q}{R \cdot t} + \epsilon$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

15



1) т.к. подключено послед.  $I_{\text{одн.}} = I_{\text{ск}} + I_{\text{б.к.}}$

$I_{\text{ск}}$  - ток через источник

$$I_{\text{одн.}} = \frac{\varepsilon}{R + 3R} = \frac{\varepsilon}{4R} ; \quad I_{\text{ск}} = \frac{\varepsilon}{4R}$$

2) напряжение на конденсаторе такое же как напряжение на резисторе с сопротивлением  $3R$

ток -  $I = \frac{U}{3R} ; \quad I = I_{\text{одн.}} = \frac{\varepsilon}{4R} = \frac{U}{3R} ; \quad U = \frac{3}{4} \varepsilon$

через резистор с  $R_1 = 3R$

3)  $Q = W$ , где  $W$  - энергия конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot \frac{9}{16} \varepsilon^2}{2} = \frac{9}{32} C \varepsilon^2 = Q$$

Ответ:

1)  $I_{\text{ск}} = \frac{\varepsilon}{4R}$

2)  $U = \frac{3}{4} \varepsilon$

3)  $Q = \frac{9}{32} C \varepsilon^2$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)