

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

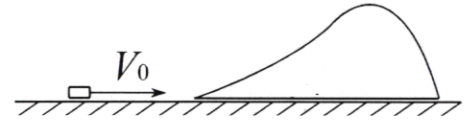
Шифр 5-027

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, 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.

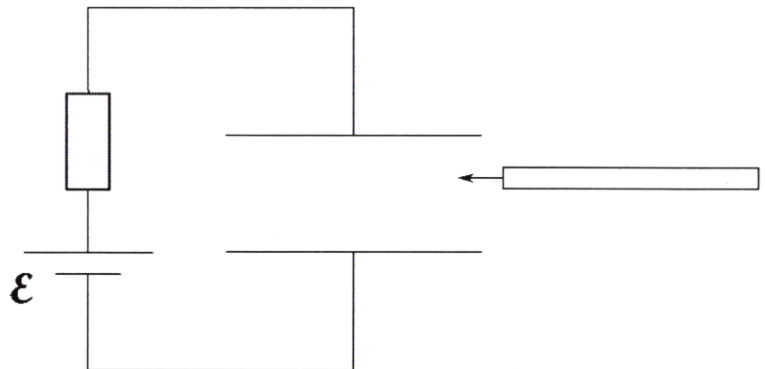


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

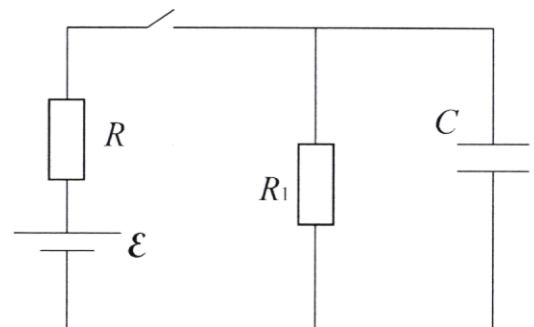
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

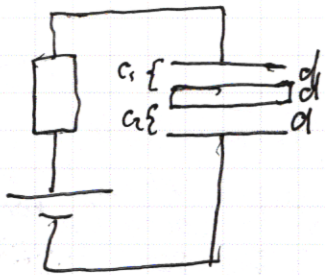


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



№ 4 Мы можем представить этот конденсатор как состоящий из 2-х параллельных  $\Rightarrow C_{\text{од}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

Т.к.  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  то  $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1}{2}$  где  $C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} \Rightarrow 3C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow C_{\text{н (искомое)}} = \frac{C_1}{2} = \frac{3}{2} C_0$$

Для нахождения заряда воспользуемся внутренней конденс.

$$\frac{CU^2}{2} - \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{Q_1 U}{2} - \frac{Q_2 U}{2} = U(C - C_2) = Q_1 - Q_2 \quad Q_1 - Q_2 = \text{иск.}$$

$$C = C_{\text{н}} \quad C_2 = C_0 \quad Q_1 - Q_2 = \Delta Q \quad U = \epsilon \Rightarrow \Delta U = \epsilon(\epsilon - \epsilon_0) = 6\epsilon(1.5 - 1) = \frac{6\epsilon\epsilon_0}{2}$$

Ответ:  $\frac{3}{2} C_0$ ;  $\frac{6\epsilon\epsilon_0}{2}$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

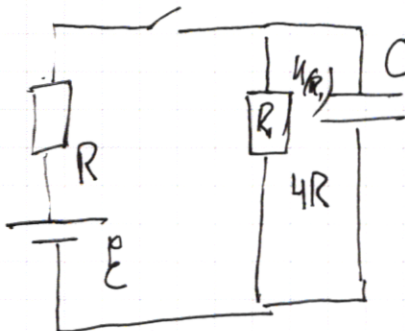
Сразу скажем о том что:  $T_1, T_2$  — темп. в 1-ой и 2-ой частях  
 $V_1, V_2$  — объём в частях  
 $P_1, P_2$  — давл. в частях

$T_1, V_1, P_1$	$T_2, V_2, P_2$
-----------------	-----------------

Скажем о том что при прорыве перегородки  $T_{cp} = \frac{\sqrt{V_1 T_1} + \sqrt{V_2 T_2}}{\sqrt{V_1 + V_2}}$   
Далее скажем о том что можно воспользоваться  
уравнением  $pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{(V_1 + V_2) R T_{cp}}{V_1 + V_2}$  где  $V_1 + V_2 = V$   
Значит  $p = \frac{(\sqrt{V_1 T_1} + \sqrt{V_2 T_2}) R}{V}$  Подставим числа  $T_{cp} = 284 K = 11^\circ C$

$$p = \frac{112 \cdot 8.31}{8.31 \cdot 10^{-3}} = 112 \cdot 10^3 \text{ Pa или } 112 \text{ kPa} \quad \text{Ответ: } 11^\circ C; 112 \text{ kPa.}$$

№ 5



1) Найти ток через источник после замыкания ключа значим конденсатор не заряжен,  $\Rightarrow R_C = 0 \Rightarrow$  весь ток идет через  $C \Rightarrow E = IR$  т.к. по  $R_1$  ток не идет, а  $R_C = 0 \Rightarrow I = \frac{E}{R}$

2) При установившемся напряжении значим ~~то~~ <sup>через</sup>  $R_1$  идет ток значит  $E = I_2 5R = I_2 \cdot \frac{E}{5R} \Rightarrow I_{(R_1)} = 0.8E$  т.к.  $I_{(R_1)} = I_2 R_1$ ,  $R_1 = 4R$   
Значит  $U(C)$  будет равен  $U_{(R_1)}$  и будет равен  $0.8E$ .

3) После размыкания ~~перемычки~~ весь ток пойдет через  $R_1$  и вся энергия  $C$  перейдет в  $Q$  (теплота)  $\Rightarrow \frac{CU^2}{2} = Q$   
т.к.  $U = 0.8E = \frac{C \cdot 6.4E^2}{2} = Q \Rightarrow Q = 3.2CE^2$

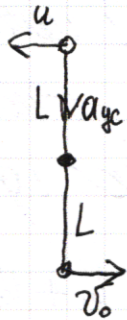
Ответ  $I = \frac{E}{R}$ ;  $U_{(C)} = 0.8E$ ;  $Q = 3.2CE^2$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 1 Эту задачу можно решить используя закон сохр. энергии и знания об законах Ньютона

$L$  — длина нити  $u$  — скорость на шарике на высоте

$v_0$  — искомая скорость

$$2L \frac{mv_0^2}{2} = 2mgL + \frac{mu^2}$$


Для того чтобы показать что скорость минимально достаточная нужно сказать что сила натяжения в верхней точке стала равной 0 значит

$$m a_{\text{ц}} = mg \Rightarrow \frac{m u^2}{L} = mg \Rightarrow u^2 = gL \Rightarrow \text{подставим в ЗСЭ}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgL + \frac{mgL}{2} \Rightarrow v_0^2 = 5gL \Rightarrow v_0 = \sqrt{5gL} = 3 \frac{m}{c}$$

Ответ:  $3 \frac{m}{c}$

Задача № 2



Для начала опишем движение: 1) в первой момент времени скорость есть только  $y$  (m)  $\Rightarrow E = E_k = \frac{mv_0^2}{2}$

$\Rightarrow p = mv_0$

2) во второй момент времени (m) забралась на (4m) и у (4m) появилась своя скорость (u.) и y (m) скорость стала (u\_1) применим закон сохр. эн.

$$1) \frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mu_0^2}{2} + \frac{mu_1^2}{2}$$

$$2) mv_0 = 4mu_0 + mu_1$$

$$u_1 = v_0 - 4u_0$$

$$u_1^2 = v_0^2 - 8u_0v_0 + 16u_0^2$$

$$v_0^2 = 4u_0^2 + v_0^2 - 8u_0v_0 + 16u_0^2$$

$$8u_0v_0 = 20u_0^2$$

$$u_0 = \frac{8}{20}v_0 = \frac{2}{5}v_0 = \frac{1}{4}v_0$$

$$u_0 = \frac{1}{4}v_0$$

Далее когда будет съезжать тело по  $v_{\text{кн}} = u_1 + u_0$   
 потому что скорости разнонаправлены.

$$v_{\text{кн}} = 0.6v_0$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{3v_0^2}{8g}; v_{\text{кн}} = 0.6v_0$$

и закон сохр. импульса ~~mp~~

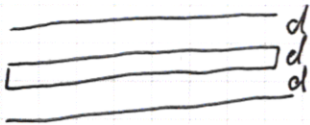
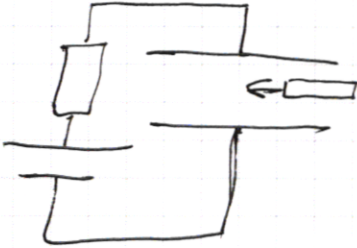
Выразим из 2-го (u) и подставим во 2-е

$$\text{или } u_1^2 = \frac{3}{4}v_0^2 \quad mgh = \frac{mv^2}{2} - 3CЭ$$

$$h = \frac{u_1^2}{2g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

Скорость с которой он начал движение на горке = скорости с которой закончим (относ. земли)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{3d} \Rightarrow \frac{S \epsilon \epsilon_0}{2d}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{d} \cdot \frac{S \epsilon \epsilon_0}{d} = \frac{S^2 \epsilon^2 \epsilon_0^2}{d^2} : \frac{2 S \epsilon \epsilon_0}{d} = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{2d}$$

$$\frac{3}{8} v^2 \quad \frac{3}{5} v_0^2$$

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

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

$$v_0^2 - u_1^2 = \frac{1}{16} v^2 = 4u_0^2$$

$$u_0^2 = \frac{1}{16} v^2 = \frac{1}{4} u_1^2$$

$$\frac{C u^2}{2} = \frac{Q u}{2}$$

$$\frac{C u^2}{2} - \frac{C_2 u^2}{2} = \frac{u^2}{2} (C - C_2) = I^2 R =$$

$$Q = Q u = E$$

$$u = \frac{Q}{C}$$

$$\frac{Q u}{2} - \frac{Q_2 u}{2} = \frac{u^2}{2} (C - C_2) = \frac{u}{2} (Q - Q_2)$$

$$C - C_2 = (C_0 - \frac{3}{2} C_0) u =$$

$$C_0 u (1.5 - 1) = \frac{1}{2} C_0 u$$

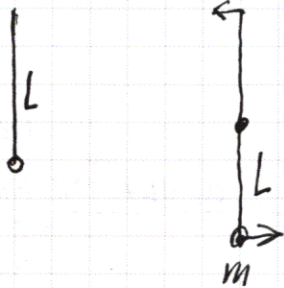


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{mu^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mg2L + \frac{mgL}{2}$$

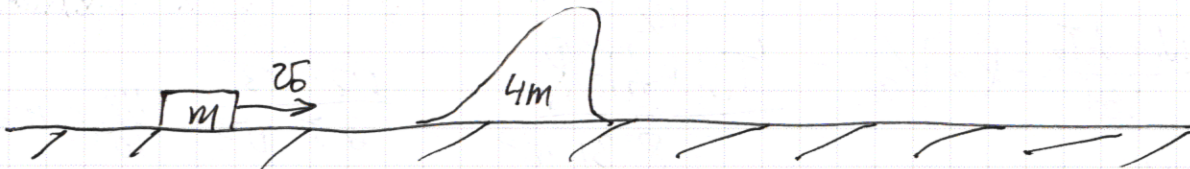
$$v^2 = 4gL + gL$$

$$v = \sqrt{5gL}$$

$$ma = mg -$$

$$m \frac{u^2}{L} = mg$$

$$u = \sqrt{gL}$$



$$mv_0 = m4u + m(v_0 - u)$$

m +

$$mv_0 = 4mu + mv_0$$

m

$$\frac{mu^2}{2} = mgh$$

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

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$20u^2 = 8v_0^2$$

$$u = \frac{2}{5}v_0$$

$$v_0^2 = 4u^2 + u_0^2$$

$$v_0 = 4u + u_0$$

$$u_0 = v_0 - 4u$$

$$v_0^2 = 4u^2 + v_0^2 - 8uv_0 + 16u^2$$

V =

M =

124	7°C
v =	v2 = 24
01	

$$p_1 V_1 = \sqrt{1} RT_1$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{2} RT_2$$

$$p = nKT$$

$$p_3 (V_1 + V_2) = (\sqrt{1} + \sqrt{2}) RT_3$$

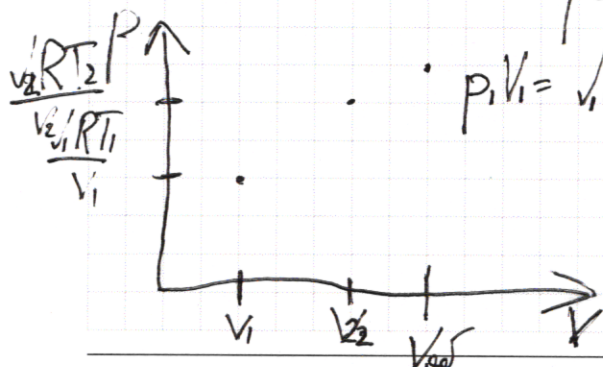
$$p_1 V_1 = \sqrt{1} RT_1$$

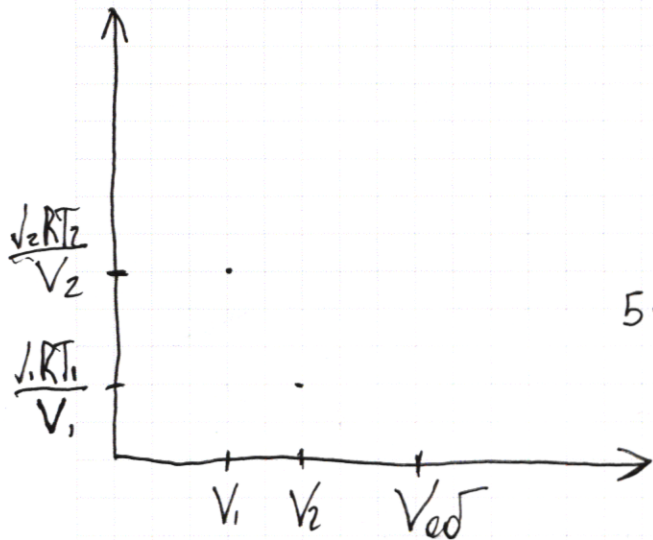
$$p_2 V_2 = \sqrt{2} RT_2$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$\frac{N}{N_A} = \sqrt{}$$

$$p = \frac{1}{3} n$$





$$5 \cdot 18 = 50 + 40 = 90$$

$$5 \cdot 1.8 = 5 + 4 = 9$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{1}T_1 + \sqrt{2}T_2}{\sqrt{1} + \sqrt{2}} = \frac{0.1 \cdot (127 + 273) + 0.4 \cdot (273)}{0.5}$$

$$\frac{142}{0.5} = 284 \text{ K} \Rightarrow$$

$$284 - 273 = 11^\circ \text{C}$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{1} R T_1$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{2} R T_2$$

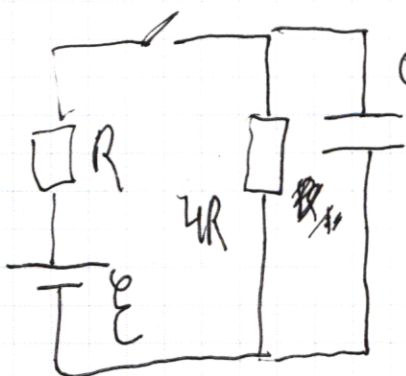
$$p = \frac{\sqrt{0.5} R T_{\text{ср}}}{V} = 0$$

$$\frac{280 \cdot 4}{0.5} = 80 + 32 = 112$$

$$\frac{T_1 V_1 + \sqrt{2} T_2 V_2}{V_{\text{ср}}} \cdot R = V_{\text{ср}} = \frac{(T_1 V_1 + \sqrt{2} T_2 V_2) R}{8.31 \cdot 10^{-3}} = \frac{112 \cdot 8.31}{8.31 \cdot 10^{-3}} = \frac{112}{10^{-3}} = 112 \cdot 10^3$$

$$= 112000 \text{ Pa}$$

1000



$$c) \quad \mathcal{E} = R I \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\mathcal{E} = I_2 5R \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$U_2 = 4R \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{4}{5} \mathcal{E}$$

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



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-027

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)