

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

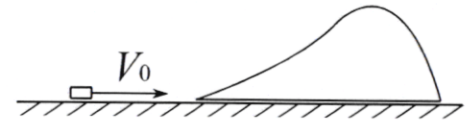
Шифр

(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.

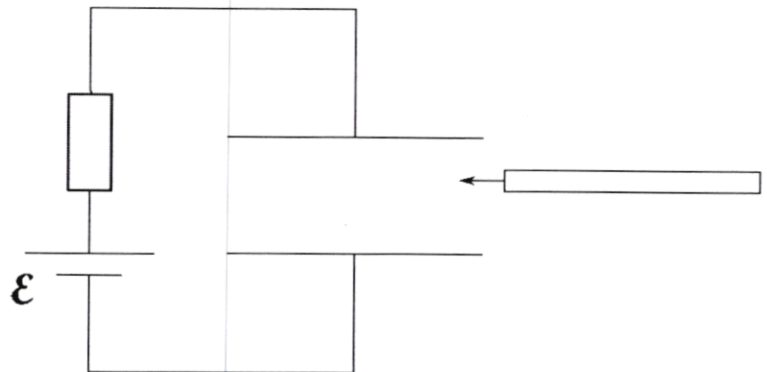


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°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.

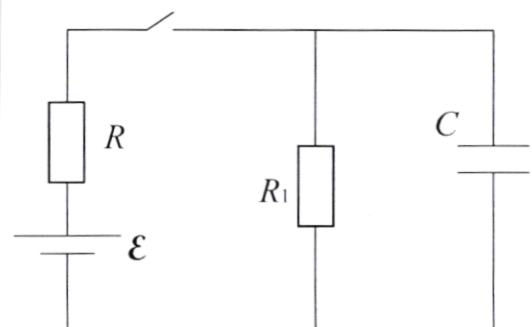
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (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 , ε , 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

3) Дано

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

$$t_1 = 127^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 7^\circ\text{C}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ м}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ м}$$

1) t - ? (в градусах Цельсия)

2) P - ?

Решение

$$cm_1(t-t_1) + cm_2(t-t_2) = 0$$

$$c\nu_1\mu(t-t_1) + c\nu_2\mu(t-t_2) = 0$$

$$\nu_1(t-t_1) + \nu_2(t-t_2) = 0$$

$$0,1(t-127) + 0,4(t-7) = 0$$

$$0,1t - 0,1 \cdot 127 + 0,4t - 2,8 = 0$$

$$0,5t = 15,5$$

$$t = \underline{\underline{31^\circ\text{C}}}$$

$$T = 31 + 273 = 304(\text{K})$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{m_1 + m_2}{\mu} RT = (\nu_1 + \nu_2) RT$$

$$P = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{152000 \text{ (Па斯卡ль)}}}$$

Ответ 1) 31°C

2) 152000 Па斯卡ль

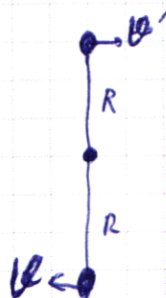
1) Дано

$$R = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

v - ?

решение



$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + 2mgR$$

$$v^2 = v'^2 + 4gR$$

чтобы v была минимальной надо, чтобы v' был минимальным. По условию задан шарик поэтому будет сделан полный оборот, тогда

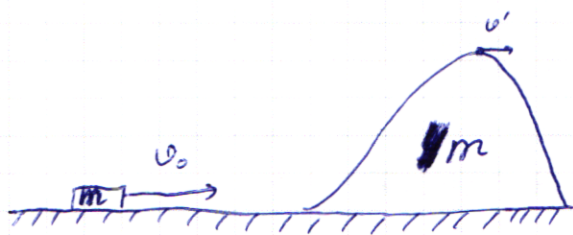
оборот, тогда

$$v'^2 = gR$$

$$v^2 = v'^2 + 4gR = gR + 4gR = 5gR = 9 \text{ м}^2/\text{с}^2 \Rightarrow v = \underline{\underline{3 \text{ м/с}}}$$

Ответ 3 м/с^2

2)



масса шайбы — m
 масса горки — $4m$
 скорость шайбы v_0
 трения нету

Решение

$$m v_0 = 4m v'$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{4m v'^2}{2}$$

$$v' = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gh + 2v'^2$$

$$2gh + 4v'^2 = v_0^2$$

$$2gh = v_0^2 - 4v'^2 = v_0^2 - \frac{4v_0^2}{16} =$$

$$= v_0^2 - \frac{v_0^2}{4}$$

$$gh = \frac{v_0^2}{4} - \frac{v_0^2}{8} = \frac{3v_0^2}{8}$$

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

v_1 — скорость шайбы (конечная)

v_2 — скорость горки

$$m v_1 = 4m v_2 \longrightarrow v_1 = 4v_2$$

$$mgh = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4m v_2^2}{2}$$

$$2gh = v_1^2 + 4v_2^2 = 16v_2^2 + 4v_2^2 = 20v_2^2$$

$$gh = 10v_2^2$$

$$gh = 10 \frac{v_1^2}{16} = \frac{5v_1^2}{8}$$

$$\frac{3v_0^2}{8} = \frac{5v_1^2}{8}$$

$$3v_0^2 = 5v_1^2$$

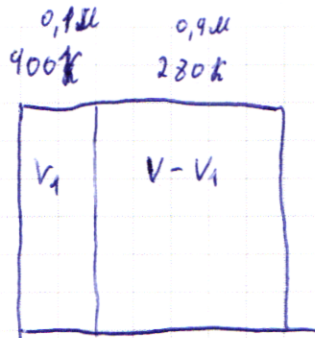
$$v_1^2 = \frac{3v_0^2}{5} = 0,6 v_0^2$$

$$v_1 = \underline{\underline{v_0 \sqrt{0,6}}}$$

ответ 1) $\frac{3v_0^2}{8g}$

2) $v_1 = v_0 \sqrt{0,6}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_1 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$m_1 = \nu_1 \mu$$

$$t_1 = 127$$

$$t_2 = 7$$

$$c m_1 (T - T_1) = c m_2 (T_2 - T)$$

$$\nu_1 \mu (t - t_1) = \nu_2 \mu (t_2 - t)$$

$$\nu_1 (t - t_1) = \nu_2 (t_2 - t)$$

$$0,1(t - 127) = 0,4(7 - t)$$

$$0,1t - 12,7 = 0,4 \cdot 7 - 0,4t$$

$$0,5t = 0,4 \cdot 7 + 12,7 = 15,5$$

$$t = 31$$

Дано

$$t_1 = 127^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 7^\circ\text{C}$$

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

$$\nu_1 = 0,1 \mu$$

$$\nu_2 = 0,4 \mu$$

$t = ?$

$P = ?$

$$PV = \frac{m_1 + m_2}{\mu} R T$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} \quad m = \nu \mu$$

~~масса~~

$$c m_1 (t - t_1) + c m_2 (t - t_2) = 0$$

$$c \nu_1 \mu (t - t_1) + c \nu_2 \mu (t - t_2) = 0$$

$$\nu_1 (t - t_1) + \nu_2 (t - t_2) = 0$$

$$0,1(t - 127) + 0,4(t - 7) = 0$$

$$0,1t - 0,1 \cdot 127 + 0,4t - 0,4 \cdot 7 = 0$$

$$0,1t - 12,7 + 0,4t - 2,8 = 0$$

$$0,5t = 15,5$$

$$0,1t - 12,7 + 0,4t - 2,8 = 0$$

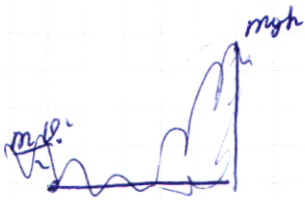
$$0,5t = 15,5 \quad t = 31$$

$$T = 304 \text{ K}$$

$$PV = \frac{m_1 + m_2}{\mu} R T = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

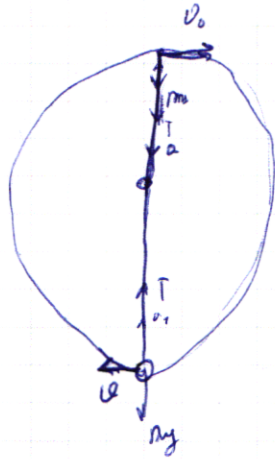
$$P = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 152000 \text{ Па}$$



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

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



$$mg - T = \frac{m v^2}{r}$$

$$T = m \sqrt{\frac{v^2}{r}}$$

$$\frac{v^2}{r}$$

$$\frac{m v^2}{2} = mgl + \frac{m v_0'^2}{2} = \frac{m v'^2}{2}$$

or

$$v = v'$$

$$mg + T_2 = \frac{m v^2}{l}$$

$$T_1 - mg = \frac{m v_0'^2}{l}$$

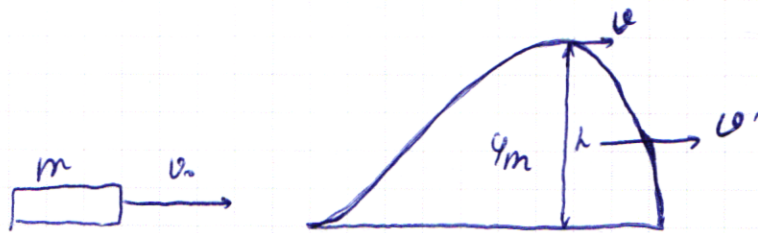
$$T_1 - T_2 = \frac{m (v_0'^2 - v^2)}{l}$$

$$m v_0 = m = \frac{m v_0'^2}{2} + 4m v'^2$$

$$m v_0 = 5m v'^2$$

$$m v_0 = m (v + v') + 4m v'^2$$

$$v_0 = v + v' + 4v' = v + 5v'$$



$$\frac{m v_0'^2}{2} = mgh + \frac{m v^2}{2}$$

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

$$v_0 = 4v' + v + v' = 5v' + v$$

$$\frac{m v_0'^2}{2} = mgh + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{m v_0'^2}{2} = \frac{4m v'^2}{2} + \frac{m (v + v')^2}{2}$$

$$5v' = v$$

$$v = 1.5v'$$

$$\begin{cases} v_0'^2 = 4v'^2 + (v + v')^2 \\ v_0 = 5v' + v \end{cases}$$

$$4v'^2 + v^2 + 2v v' + v'^2 = 25v'^2 + 10v'v + v^2$$

$$v_0^2 = 25v'^2 + 10v'v + v^2$$

$$v^2 - 2v'v - 21v'^2 = 0$$

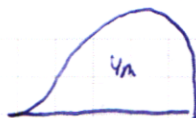
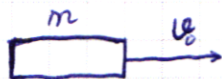
$$10v'^2 + 8v'v = 0$$

$$20v'^2 + 4v'(5v' + 2v) = 0$$

3.5v'

$$v_0 = 5v' + 1.5v' = 7.5v'$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$v_0 = v' + 4v$$

$$v_0^2 = v'^2 + 8v'v + 16v^2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v'^2}{2} + \frac{4m v^2}{2}$$

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

$$v_0^2 = v'^2 + 4v^2 \quad \frac{8v'v + 16v^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v'^2}{2} = \frac{4m v^2}{2}$$

$$8v'v + 16v^2 = 4v^2$$

$$8v'v + 16v^2 = 4v^2$$

$$2v' + 4v = v'$$

$$3v' = -v$$

$$2mg = \frac{mv'}{l} + \frac{mv^2}{l}$$

$$4gl = v'^2 + v^2$$

$$T - mg = \frac{mv'}{l}$$

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

$$mg' \frac{mv'}{2} = \frac{mv'}{l} + 2lmg$$

$$4gl = v'^2 + 2g - 2gl$$

$$v^2 = v'^2 + 4gl$$

$$v^2 = 2gl + 2gl =$$

$$= 20 + 10 \cdot 9,8 =$$

$$= 20 + 98 =$$

$$6gl = 6 \cdot 10 \cdot 9,8$$

$$4g - v'^2 = v'^2 + 4gl$$

$$2v'^2 = 4g - 4gl$$

$$v'^2 = 2g - 2gl$$

$$T_1 - mg = \frac{mv'}{l}$$

$$mg + T_2 = \frac{mv^2}{l}$$

$$2mg = \frac{mv'}{l} + \frac{mv^2}{l}$$

$$2gl = \frac{v'^2}{2} + \frac{v^2}{2}$$

$$2mg = \frac{mv'}{l} + \frac{mv^2}{l}$$

$$2g = \frac{v' - v^2}{l}$$

$$mg \frac{mv'}{l} = \frac{mv'}{l} + mg 2l$$

$$v^2 = v'^2 + 4gl$$

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

$$v^2 = gl$$

$$gl = v^2 = 4$$

$$v^2 - v'^2 = 4gl$$

$$v^2 = \sqrt{4gl} = \sqrt{4 \cdot 10 \cdot 0,18} = \sqrt{72} = 8,485 = 6\sqrt{2} = 6\sqrt{\frac{4}{2}} = \frac{6 \cdot 2}{\sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 2 \sqrt{2}}{2} = 6\sqrt{2}$$

$$v^2 = 5gl \quad v = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = \sqrt{9} = 3$$

$$m\cancel{v_0} = 4m\cancel{v'}$$

$$\frac{m\cancel{v_0}^2}{2} = mgh + \frac{4m\cancel{v'}^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\cancel{v_0} = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gh + 2\cancel{v'}^2 = gh + 2\frac{v_0^2}{16} =$$

$$= gh + \frac{v_0^2}{8}$$

$$gh = \frac{4v_0^2}{8} - \frac{v_0^2}{8} = \frac{3v_0^2}{8}$$

$$gh = \frac{3v_0^2}{8}$$

v' - скорость
вертика

~~где~~

v_1 - конечная скорость шарика

v_2 - скорость верки

$$m\cancel{v_1} = 4m\cancel{v_2}$$

$$mgh = \frac{m\cancel{v_1}^2}{2} + \frac{4m\cancel{v_2}^2}{2}$$

$$\cancel{v_2} = \frac{v_2}{4}$$

$$gh = \frac{v_1^2}{2} + \frac{4\cancel{v_2}^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{8} = \frac{v_1^2}{2} + \frac{3v_1^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{8} = \frac{v_1^2}{2} + \frac{3v_1^2}{32} = \frac{19v_1^2}{32}$$

~~где~~

~~где~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m v_0 = 4m v'$$

$$v' = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{4m v'^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gh + 2v'^2$$

$$v'^2 = \frac{v_0^2}{16}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gh + \frac{2v_0^2}{16} = gh + \frac{v_0^2}{8}$$

$$gh = \frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{8} = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{8} = \frac{3v_0^2}{8}$$

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

~~mgh =~~ v_1 — скорость шайбы
 v_2 — скорость зеркала

$$m v_1 = 4m v_2 \longrightarrow v_1 = 4v_2$$

$$mgh = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4m v_2^2}{2}$$

$$2gh = v_1^2 + 4v_2^2$$

$$2gh = 16v_2^2 + 4v_2^2 = 20v_2^2$$

$$gh = 10v_2^2$$

$$\frac{3v_0^2}{8} = 10v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{3v_0^2}{80}$$

$$\frac{v_1^2}{16} = \frac{3v_0^2}{80}$$

$$v_1^2 = \frac{3 \cdot 16 v_0^2}{80} = \frac{3v_0^2}{5}$$

$$v_1 = \frac{v_0 \sqrt{15}}{5}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

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)