

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 06-033

(заполняется секретарём)

Вариант 10-04

1. Мальчик бьет ногой по мячу, который лежал на горизонтальной поверхности земли на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Мяч полетел под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту и после упругого столкновения со стеной упал через время $t_0=2$ секунды после начала полета на то же место, где лежал вначале.

- 1) На каком расстоянии L от стены лежал мяч вначале?
- 2) Найти высоту H от поверхности земли до места удара мяча о стену.
Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

2. Шарик массой m_1 , скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с шариком массой m_2 , который покоился на той же поверхности. После центрального упругого удара шарик массой m_1 начал двигаться в обратном направлении со скоростью в 2 раза меньшей начальной.

- 1) Найти отношение масс $\frac{m_2}{m_1}$.
- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 к скорости шарика массой m_1 до столкновения.

3. Навстречу шарiku, скользящему по гладкой горизонтальной поверхности, движется по той же поверхности брусок. Шарик и брусок движутся вдоль одной прямой. Скорость шарика перпендикулярна грани бруска, о которую он ударяется. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого удара шарик движется в обратном направлении со скоростью, которая в 4 раза больше его начальной скорости.

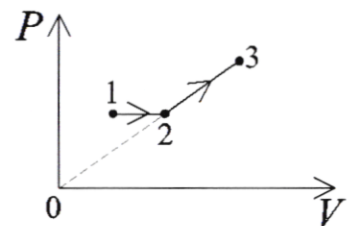
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся $\nu_1=1/2$ моль одноатомного идеального газа при температуре $T_1=200 \text{ К}$ и $\nu_2=1/3$ моль другого одноатомного газа при температуре $T_2=300 \text{ К}$. Кран открывается, газы в сосудах смешиваются.

- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_1 .

5. Объем идеального газа увеличивается в $n=2$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=2$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $\alpha = 60^\circ$
 $t_0 = 2s$

1) $L = ?$
2) $H = ?$

Решение:

он упал на то же место, где и стал
выпалше =>

2) $H = \frac{gt^2}{2} + v_0 t = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow H = \frac{10}{2} \cdot 2^2 = 20 \text{ м.}$

1) $\text{tg} \alpha = \frac{H}{L}$ $L = \frac{H}{\text{tg} \alpha} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,56 \text{ м.}$

Ответ: 1) $L = 11,56 \text{ м}$
2) $H = 20 \text{ м}$

② $v_2 = \frac{v_{10}}{2}$

1) $\frac{m_1}{m_2} = ?$
2) $\frac{v_2}{v_1} = ?$

Решение:

$\frac{3m_1 v_1^2}{4} = m_2 v_2^2$ $m_1 v_{10} = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_0}{2}$

$\frac{3m_1 v_0^2}{4} = m_2 v_0^2$ $\frac{m_1 v_{10}^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_0^2}{4}$

$\Rightarrow \frac{3m_1 v_0}{2} = m_2 v_2$ $\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{2v_2}{3v_0}$

$\Rightarrow \frac{3m_1 v_0^2}{4} = m_2 v_0^2$ $\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{4v_2^2}{3v_0^2}$

$\Rightarrow \frac{2m_2}{3m_1} = \sqrt{\frac{4m_2}{3m_1}}$ $\Rightarrow \frac{4m_2^2}{9m_1^2} = \frac{4m_2}{3m_1} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$

2) $\frac{v_{10}}{v_2} = \frac{2m_2}{3m_1} = \frac{2 \cdot 3}{3} = 2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_{10}} = \frac{1}{2}$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$; $\frac{v_2}{v_0} = \frac{1}{2}$

③ $M \gg m$

$v_2 = 2v_1$
 $v_1^0 = ?$
 $v_2^0 = ?$

Решение:

$m v_1^0 - M v_2^0 = -4m v_1^0$

$\frac{m v_1^0}{2} + \frac{M v_2^0}{2} = \frac{16m v_1^0}{2}$

$\Rightarrow M v_2^0 = 5m v_1^0$

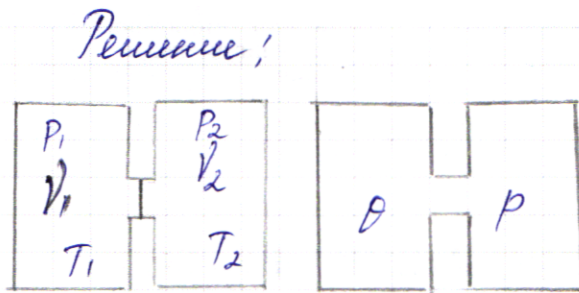
$\Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{5v_1^0}{v_2^0}$

$\Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{15v_1^0}{v_2^0} \Rightarrow \frac{5v_1^0}{v_2^0} = \frac{15v_1^0}{v_2^0} \Rightarrow \frac{v_1^0}{v_2^0} = \frac{1}{3}$

Ответ: $\frac{v_1^0}{v_2^0} = \frac{1}{3}$

④ $V_1 = 0,5 \text{ моль}$
 $V_2 = \frac{1}{3} \text{ моль}$
 $T_1 = 200 \text{ K}$
 $T_2 = 300 \text{ K}$

1) $\theta = ?$
 2) $\frac{P}{P_1} = ?$



$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200}{\frac{1}{3} \cdot 300} = 1$$

$$P(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2) R \theta$$

$$P = \frac{(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}) R \theta}{2V}$$

$$\theta - T_1 = T_2 - \theta$$

$$2\theta = T_1 + T_2$$

$$\theta = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ K}$$

$$P_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{\nu_1 R T_1}{\frac{5}{6} R \theta} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200}{\frac{5}{6} \cdot 250} = \frac{12}{25}$$

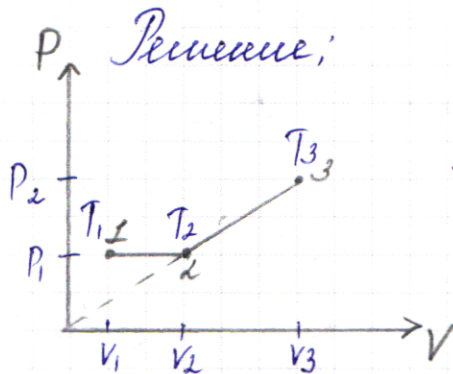
$$\text{Ⓢ} \frac{12}{25}$$

Ответ: $\theta = 250 \text{ K}$
 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{12}{25}$

⑤

$n=2$

1) $\frac{T_k}{T_H} = ?$
 2) $\frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$



$$T_k = T_3 \quad T_H = T_1$$

$$1) P = \text{const.} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_1 V_2 = \nu R T_2}{P_2 V_3 = \nu R T_3} \Rightarrow \frac{P_1 V_2}{P_2 V_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = 2T_1 \Rightarrow \frac{2T_1}{T_3} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{8} \Rightarrow$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 8$$

$$2) A_{12} = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_1$$

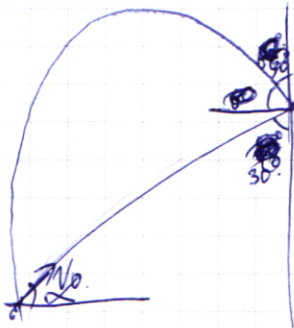
$$A_{23} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{2} + (V_3 - V_2) \cdot P_1 = (V_3 - V_2) \left(\frac{P_2 - P_1 + P_1}{2} \right) = (V_3 - V_2) \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \text{Ⓢ}$$

$$\text{Ⓢ} \frac{V_2 \cdot \frac{3P_1}{2}}{A_{23}} \Rightarrow \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{P_1 V_1}{\frac{3}{2} P_1 V_2} = \frac{1}{\frac{3}{2} \cdot 2} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{T_k}{T_H} = \frac{T_3}{T_1} = 8$; $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) 4)

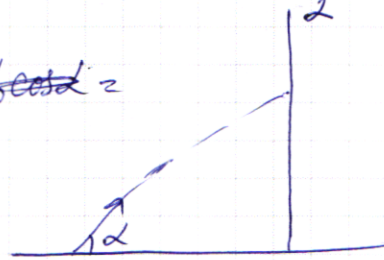


$$H = -v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{20}{1}$$

$$20 / 1,73$$

$$v_0 \cos \alpha =$$



$$\frac{2000}{173} \approx 11,56$$

$$v_0 \cos \alpha t_1 = v_0 t_0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\frac{940}{865} \approx 1,08$$

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

$$L \operatorname{tg} \alpha = -2v_0 + 5 \cdot 4$$

$$H = \frac{gt^2}{2} = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}$$

$$v_0 = \frac{20 - L \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

$$m_1 v = m_1 v' - m_2 u$$



$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = m_1 \frac{v_1}{2} + m_2 u$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{4} + \frac{m_2 u^2}{2}$$

$$\frac{3m_1 v_1^2}{4} = m_2 (u^2 - v_2^2)$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{4(u^2 - v_2^2)}{3v_1^2}$$

$$m v - M u = 4 m v$$

$$\frac{m}{M} = \frac{4}{5v}$$

$$+ M u = + 5 m v$$

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{M u^2}{2} = \frac{16 m v^2}{2}$$

$$m_1 v_1 = m_2 (v_1 + u)$$

$$\frac{M u^2}{2} = \frac{15 m v^2}{2}$$

$$v^3 = 4u^3$$

$$\frac{m}{M} = \frac{v^2}{4^2} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{v^3}{4^3} =$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \neq m_1 \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{3m_1 v_1}{2} = m_2 v_2$$

$$\frac{2m_2}{3m_1} = \sqrt{\frac{4m_2}{3m_1}}$$

$$\frac{4m_2}{9m_1} = \frac{4m_2}{3m_1}$$

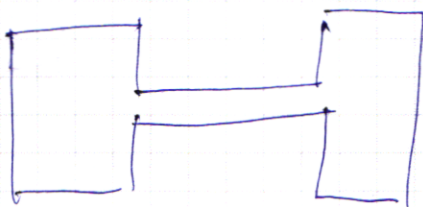
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{4}$$

$$\frac{3m_1 v_1^2}{4} = m_2 v_2^2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{4m_2}{3m_1}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{4}$$



$$V_1 R T_1 = P_1 V$$

$$V_2 R T_2 = P_2 V$$

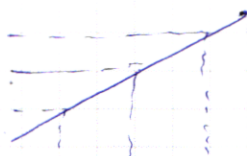
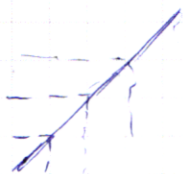
$$P(V+V) = (V_1 + V_2) R T$$

$$2PV = (V_1 + V_2) R \cdot T$$

$$T_2 - \theta = \theta - T_1$$

$$T_2 + T_1 = 2\theta$$

$$\theta = \frac{T_1 + T_2}{2}$$



K1

$$P_1 = \frac{V R T_2}{V_2} \quad P_2 = \frac{V R T_3}{V_3}$$

$$\frac{P_1 V_2}{P_2 V_3} = \frac{V R T_2}{V R T_3}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{2 T_2}{T_3}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{T_2}{T_3}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-033

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)»

06-033

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)»

06-033

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)