

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 3-048

(заполняется секретарём)

Вариант 10-03

1. Мальчик бьет ногой по мячу, который лежал на горизонтальной поверхности земли, на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Мяч полетел под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту и после упругого столкновения со стеной упал через время $t_0=1,5$ 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 3 раза меньшей начальной.

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

3. Навстречу шарика, 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 2 раза больше его начальной скорости.

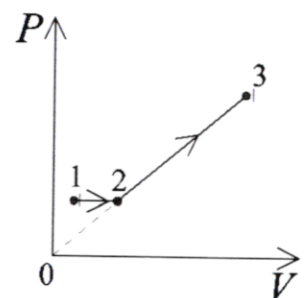
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся $\nu_1=1/3$ моль одноатомного идеального газа при температуре $T_1=300 \text{ К}$ и $\nu_2=1/5$ моль другого одноатомного идеального газа при температуре $T_2=500 \text{ К}$. Кран открывается, газы в сосудах смешиваются.

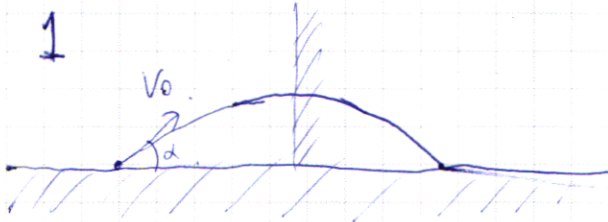
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ 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



g - ускорение свободного падения.

Если не вставить стену, то мяч пройдёт путь $2L$

$$v_0 t \cos \alpha = 2L$$

$$v_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$$

Ответ: $L = 9,74 \text{ м}$

$H = 2,8125 \text{ м}$

$$v_0 = gt = 15 \text{ м/с}$$

$$L = \frac{v_0 t \cos \alpha}{2} = \frac{45 \sqrt{3}}{8} = 9,74 \text{ м}$$

Если мяч упал там где лежал значим стена, на расстоянии L от мяча.

$$H = v_0 \frac{t}{2} \sin \alpha - \frac{gt^2}{8} = \frac{45}{16} \text{ м} = 2,8125 \text{ м}$$

2. ~~$m_1(v_{01} + v_1) = m_2$~~

$$m_1 v_{01} = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

где v_{01} - начальная скорость шарика массой m_1 ,

v_1 - конечная скорость шарика массой m_1 ,

v_2 - конечная скорость шарика массой m_2 .

$$m_1 v_{01} = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{m_1 v_{01}^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

$$m_1 (v_{01}^2 - v_1^2) = m_2 v_2^2$$

$$8. m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$9. m_1 v_1^2 = m_2 \cdot \frac{16 m_1^2}{m_2^2} \cdot v_1$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 2$$

$$\frac{4}{3} m_1 v_{01} = m_2 v_2$$

$$\frac{2}{3} v_{01} = v_2$$

$$\frac{v_2}{v_{01}} = \frac{2}{3} \approx 0,667$$

$$m_1 (v_{01} + v_1) = m_2 v_2$$

$$\frac{v_{01}}{v_1} = 3$$

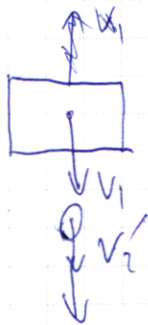
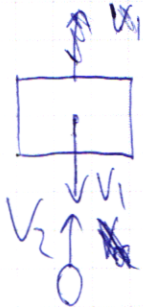
$$4 m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$v_2 = 4 \frac{m_1}{m_2} \cdot v_1$$

$$\text{Ответ: } \frac{m_2}{m_1} = 2$$

$$\frac{v_2}{v_{01}} = \frac{2}{3} \approx 0,667$$

3.



v_1 — ~~то~~ скорость бруска

v_2 — начальная скорость шарика

v_2' — конечная скорость шарика

Если взглянуть от системы бруска то скорость шарика будет $v_2 + v_1$, а после удара $v_1 + v_2$.

Давайте уже смотрим от системы земли

$$v_2' = v_1 - v_2 + v_1 = 2v_1 + v_2$$

~~$$2v_1 = v_2$$~~
~~$$2 \cdot (2v_1 + v_2) = v_2$$~~

$$\frac{2v_1 + v_2}{2} = v_2$$

$$2v_1 = v_2$$

~~$$v_2 = v_2$$~~

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2} = 0,5$$

~~Ответ 0,667~~

Ответ 0,5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ν T - конечная температура

$$\nu_1 = \nu_2$$

$$\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 375 \text{ K}$$

P - конечная давление.

$$P \cdot (\nu_1 + \nu_2) = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{\cancel{\nu_1 + \nu_2}}$$

$$P = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{(\nu_1 + \nu_2)}$$

P_2 - начальная давление сосуда температурой T_2

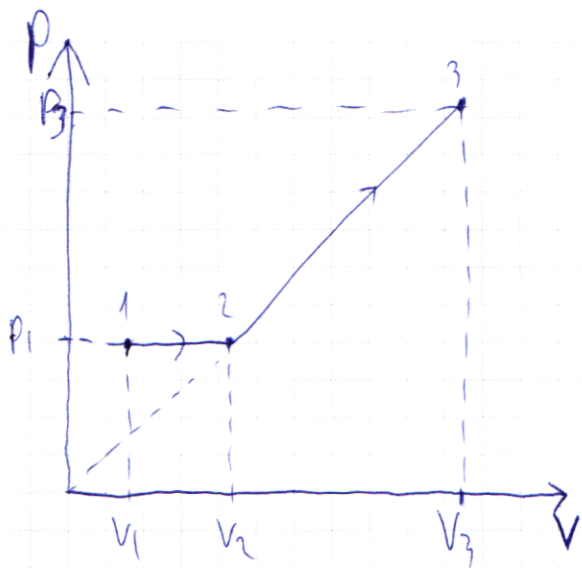
$$P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{\nu_2}$$

$$\frac{P}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{(\nu_1 + \nu_2)} \cdot \frac{\nu_2}{\nu_2 R T_2} = 1$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{1}{2}$$

Ответ - $T = 375 \text{ K}$

$$\frac{P}{P_2} = 1$$



$V_1; V_2; V_3$ — объёмы в точках 1; 2; 3.
 $P_1; P_1; P_3$ — давления в точках 1; 2; 3.

$$\frac{V_2}{V_1} = n$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\frac{V_3}{V_2} = n$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = n^2$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{P_3}{P_1} \cdot \frac{V_3}{V_1} = n^3 = 27$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_2} = n$$

$$A_1 = P_1 \cdot (V_2 - V_1)$$

$$A_2 = (V_3 - V_2) \frac{(P_3 + P_1)}{2}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2 \cdot R (nV_1 - V_1)}{(n^2 V_1 - nV_1)(nP_1 + P_1)} = \frac{2 \cdot (n-1)}{n \cdot (n+1)(n-1)} = \frac{2(n-1)}{n \cdot (n^2-1)}$$

$$= \frac{1}{6}$$

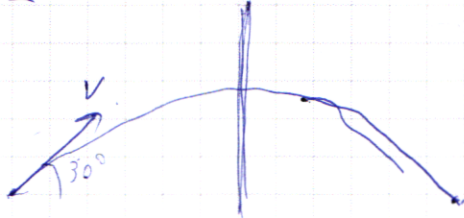
Ответ — $\frac{T_3}{T_1} = 27$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $2L$

$$H = V_0 \frac{t}{2} \sin \alpha - \frac{gt^2}{8} = \frac{45}{16} = 28125 \text{ м}$$



$$V_0 t \cos \alpha = 2L$$

~~$$2(V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}) = 0$$~~

~~$$2V_0 t \sin \alpha - 2gt^2 = 0$$~~

$$2V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$$

~~$$V_0 = 2gt$$~~

$$V_0 = gt$$

~~$$gt^2 \cos \alpha = 2L$$~~

$$2gt \cdot t \cos \alpha = 2L$$

~~$$L = \frac{gt^2 \cos \alpha}{2}$$~~

$$L = \frac{15\sqrt{3}}{2} = 13 \text{ м}$$

$$H = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} =$$

$$V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$V_0 = gt = 15 \text{ м/с}$$

$$L = \frac{V_0 t \cos \alpha}{2} = \frac{45\sqrt{3}}{8} = 9,74 \text{ м}$$

$$\begin{array}{l}
 m_1; m_2 \\
 \frac{v_{01}}{v_1} = 3 \\
 \frac{m_2}{m_1} = 2 \\
 \frac{v_2}{v_{01}} = ?
 \end{array}$$

$$m_1(v_{01} + v_1) = m_2 v_2$$

$$m_1 v_{01} = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$4 m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$v_2^2 = \frac{16 m_1^2 v_1^2}{m_2^2}$$

$$\frac{m_1 v_{01}^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

$$m_1(v_{01}^2 - v_1^2) = m_2 v_2^2$$

$$m_1 8 v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$8 m_1 v_1^2 = m_2 \cdot \frac{16 m_1^2}{m_2^2} \cdot v_1^2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 2$$

$$4 m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$4 m_1 v_1 = 2 m_1 v_2$$

✓

$$\frac{4}{3} m_1 v_{01} = m_2 v_2$$

$$\frac{2}{3} v_{01} = v_2$$

$$\frac{v_2}{v_{01}} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{v_{01}}{v_2} = \frac{3}{2} = 1,5$$



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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

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)