

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 15-009

(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.

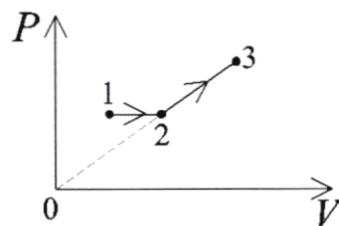
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .



2) Рассмотрим систему Земля-Земля. Она замкнута \Rightarrow
 \Rightarrow Справедлив ЗСЭ. ($E_1 = E_2$)

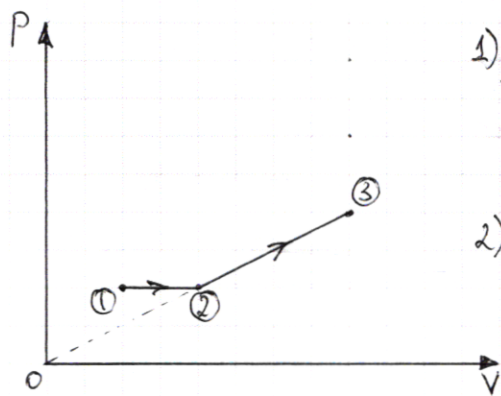
$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} \quad \left| \Rightarrow \quad \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{8} + \frac{m_2 u^2}{2} \Rightarrow \frac{3m_1 v_1^2}{8} = \frac{m_2 u^2}{2} \quad (*)$$

$$(1) \rightarrow (0) \Rightarrow \frac{3m_1 v_1^2}{8} = \frac{m_2 u^2}{2} \Rightarrow 1 = \frac{3m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3} \quad (\Delta)$$

$$(\Delta) \rightarrow (1) \Rightarrow u = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} v \Rightarrow u = \frac{v}{2} \Rightarrow \frac{u}{v} = \frac{1}{2}$$

Ответ: 1) $\frac{1}{3}$; 2) $\frac{1}{2}$.

№5
 $n_1 = 2$
 $n_2 = 2$
 $\frac{T_3}{T_1} = ?$
 $\frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$



1) Рассмотрим участок (12)
 т.к. $P = \text{const}$, то по 3-й Гей-Люссака
 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{2V_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 2T_1 \quad (1)$

2) Рассмотрим участок (23)
 т.к. $P \propto V$, то $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{2V_1} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P_2 = 2P_1$$

По 3-й Клапейрона ($\frac{PV}{T} = \text{const}$)

следует, что $T_3 = 4T_2 \quad (2)$

$$(1) \rightarrow (2) \Rightarrow T_3 = 8T_1 \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 8$$

$$3) \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\Delta \bar{E}_{12}}{\Delta \bar{E}_{23}} \quad (*), \text{ где } \Delta \bar{E}_{12} = \frac{3}{2} k (T_2 - T_1) \quad (0)$$

$$\Delta \bar{E}_{23} = \frac{3}{2} k (T_3 - T_2) \quad (00)$$

$$(1) \rightarrow (0) \Rightarrow \Delta \bar{E}_{12} = \frac{3}{2} k T_1 \quad (\Delta)$$

$$(2) \rightarrow (00) \Rightarrow \Delta \bar{E}_{12} = \frac{3}{2} k 6T_1 \quad (\Delta\Delta)$$

$$(\Delta), (\Delta\Delta) \rightarrow (*) \Rightarrow \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} k T_1}{\frac{3}{2} k 6T_1} = \frac{1}{6}$$

Ответ: 1) 8 раз; 2) $\frac{1}{6}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

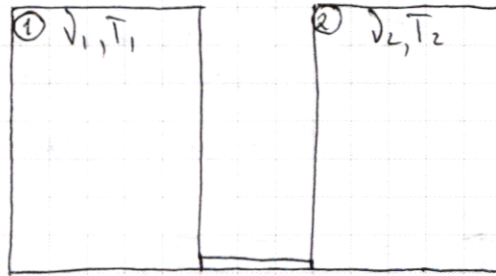
№ 4 $V_1 = V_2 = V$

$$V_1 = \frac{1}{2}$$

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$V_2 = \frac{1}{3}$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$



1) Рассмотрим состояние
газов до открытия крана
по 3-й Менделеевской
формуле ($PV = \nu RT$)

$$\textcircled{1} P_1 V = \nu_1 R T_1 \quad (1)$$

$$\textcircled{2} P_2 V = \nu_2 R T_2 \quad (2)$$

$$T_3 = ?$$

$$\frac{P_3}{P_1} = ?$$

2) Рассмотрим состояние смеси газов после
установившегося теплового равновесия

$$P_3 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3 \quad (3)$$

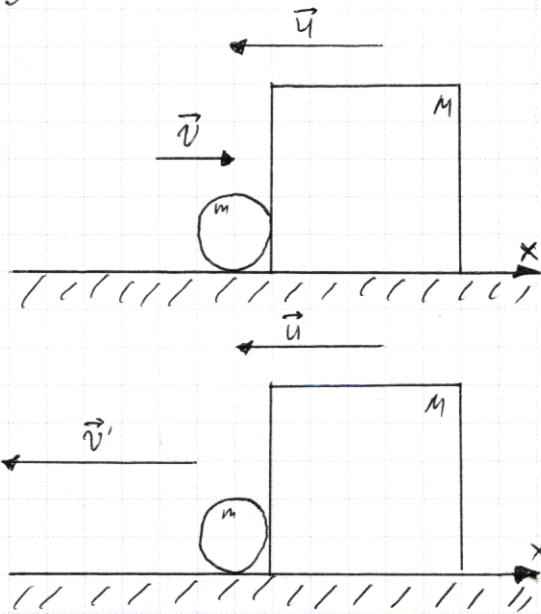
3) Состояние теплового равновесия достигается
при установившемся ($\nu_1 + \nu_2$) $T_3 = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2$ (закон сохранения энергии)
(т.к. газы не взаимодействуют между собой) $\Rightarrow T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot 300}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{200 \cdot 6}{5} = 240 \text{ K} \quad (\star)$$

$$\begin{aligned} \text{4) } \frac{(3)}{(1)} &\Rightarrow \frac{P_3 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3}{P_1 V = \nu_1 R T_1} \Rightarrow \frac{2P_3}{P_1} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_3}{\nu_1 T_1} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_3}{2 \nu_1 T_1} \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}) 240}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 200} = \frac{5 \cdot 240}{200} = 1 \end{aligned}$$

Ответ: 1) 240 K ; 2) 1

N3



$$M \gg m$$

$$V = 4V$$

$$\frac{v}{u} = ?$$

1) Т.к. Брусом массивнее шарика, то он не изменит ни модуль, ни направление скорости.
Тогда рассмотрим ЗИИ для шарика по Ox

$$mV + mU = 4mV \Rightarrow U = 3V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v}{u} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{1}{3}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-009

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)»

15-009

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

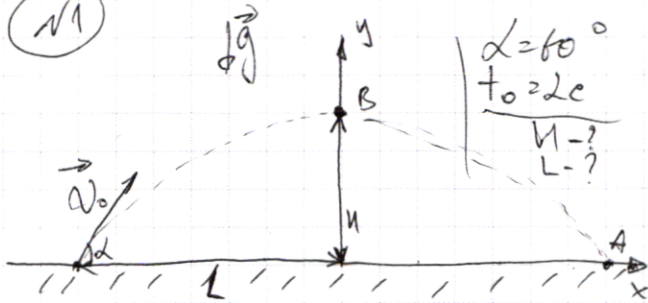


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

11



Ищем по Oy

$$0 = v_0 \cdot \frac{2L}{v_0} \sin \alpha - \frac{gt_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha}$$

по Ox

$$2L = v_0 \cos \alpha \cdot t_0$$

$$2L = \frac{gt_0 t_0 \cos \alpha}{2 \sin \alpha}$$

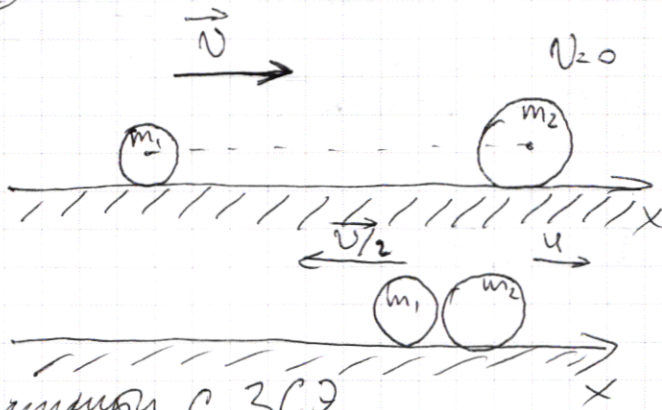
$$\frac{\sqrt{3}}{2} / \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2$$

Ищем по Oy

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 \sin \alpha - gt = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

12



Суммируем 2 сферы
и решим по Rx = 0.
Сравним ЗСВ

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

$$\frac{3m_1 v}{2} = m_2 u \Rightarrow u = \frac{3m_1 v}{2m_2}$$

Суммируем 2 сферы

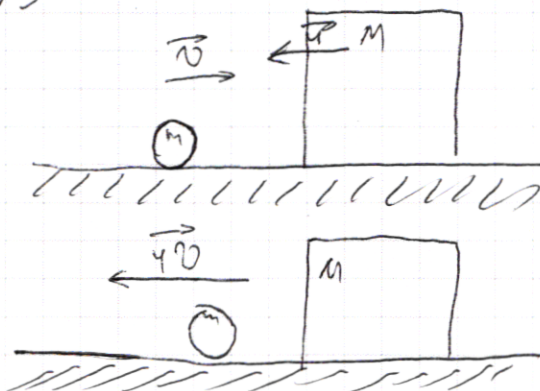
Заметим по ЗСЭ

$$\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_1 v^2}{8} + \frac{m_2 u^2}{2}$$

$$\frac{3m_1 v^2}{8} = \frac{m_2 \left(\frac{3m_1 v}{2m_2} \right)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3m_1 v^2}{8} = \frac{9m_1^2 v^2}{8m_2} \rightarrow 1 = \frac{3m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$$

13



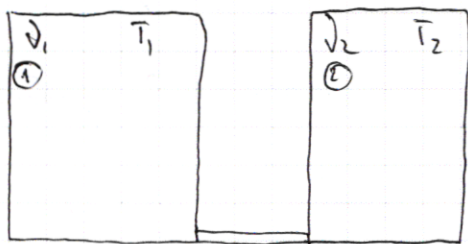
№5
 P_2 (12) $P = \text{const}$
 $V \sim T \Rightarrow T_2 = 2T_1$

$\frac{PV}{T} = \text{const}$
 $\frac{2P_2V}{4T} = \text{const}$

$T_3 = 4T_2 \Rightarrow T_3 = 8T_1$

$T_3 - T_2 = 3T_2 \Rightarrow 3 \cdot 2T_1 = 6T_1$

(4)



① $P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$

② $P_2 V = \nu_2 R T_2$

$P_3 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3$

T_3 — температура равновесия

$(\nu_1 + \nu_2) T_3 = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2$