Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 16-003

(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 α=60° 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, скользивший 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 шарику, 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.

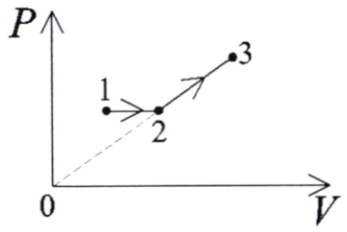
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся υ_1= 1/2 моль одноатомного идеального газа при температуре T_1=200 К и υ_2=1/3 моль другого одноатомного газа при температуре T_2=300 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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

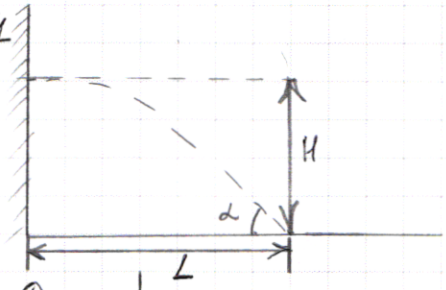
15-003

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Дано:
$\alpha = 60°$
$t_0 = 2$ сек

L - ?
H - ?

Т.к. мяч упруго ударился об стену и вернулся на изначальное место, то t_1 - время полета мяча до удара равно t_2 - время полета мяча после удара, следовательно $t_1 + t_2 = t_0$
$t_1 = 1c$ $t_2 = 1c$. Т.к. удар произошел в середине полета, то во время удара высота подъема мяча была максимальной

$H = V_{0y} t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$ или $h = \frac{g t_1^2}{2} = 5$ м.

$H = V_{0y} - \frac{g t_1^2}{2}$

$5 = V_{0y} - 5$

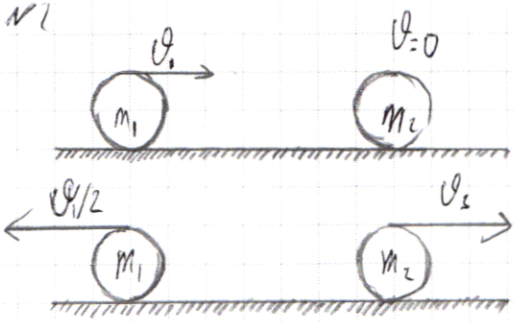
$V_{0y} = 10 \frac{м}{с}$

$V_0 = \cancel{10\sqrt{5}}$ ~~$\sin 60° V_{0y} = 5\sqrt{3} \frac{м}{с} \approx 8{,}4 \frac{м}{с}$~~ $\frac{V_{0x}}{\sin\alpha} = \frac{10}{\sqrt{3}}$

$V_{0x} = \cos\alpha \cdot V_0 = \frac{10}{\sqrt{3}}$

$L = V_{0x} \cdot t_1 = \frac{10}{\sqrt{3}}$

№2



V_1 - скорость шарика m_1 до удара
V_2 - скорость шарика массой m_2 после удара.
Т.к. удар упругий, то относительная скорость этих двух шариков не изменилась, $|\vec{V_1} - 0| = |\frac{\vec{V_1}}{2} - V_2|$
Спроецируем: $|V_1| = |-\frac{V_1}{2} - V_2|$ $\frac{V_1}{2} = V_2$

☐ черновик ■ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Рассмотрим импульсы двух шариков:

$$\vartheta_3 = \frac{\vartheta_1}{2}$$

$$m_1 \vartheta_1 + m_2 \cdot 0 = m_1 \frac{\vartheta_1}{2} + m_2 \vartheta_3$$

$$m_1 \vartheta_1 = m_1 \frac{\vartheta_1}{2} + m_2 \frac{\vartheta_1}{2}$$

$$m_1 \vartheta_1 = \frac{\vartheta_1}{2}(m_1 + m_2)$$

$$2m_1 = m_1 + m_2$$

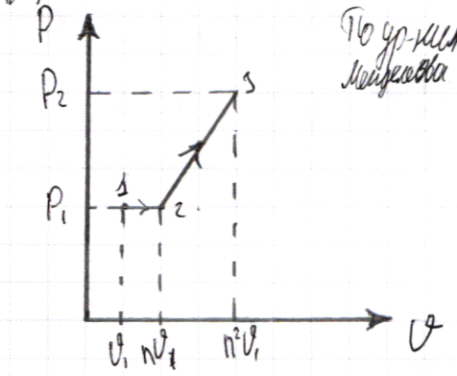
$$m_1 = m_2$$

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

$$\frac{\vartheta_3}{\vartheta_1} = \frac{\vartheta_1}{2\vartheta_1} = \frac{1}{2}$$

P_x - давл. в точке x V_x - объем в точке x T_x - температура в точке x A_{xy} работа совершаемая на промежутке от x до y

№5



По ур-нию Менделеева:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_1 2\vartheta_1}{T_2} = \frac{2P_1 4\vartheta_1}{T_3}$$

$$\frac{T_1}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{2P_1 4V_1} = \frac{1}{8}$$

Дано:

$n = 2$

$\frac{T_3}{T_1}$ - ?

$\frac{A_{12}}{A_{23}}$ - ?

Работа газа численно равна площади фигуры под графиком, описывающим изменение газа в коорд-тах P от V

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2P_1(n\vartheta_1 - \vartheta_1)}{(P_1+P_2)(n^2\vartheta_1 - n\vartheta_1)} = \frac{\cancel{2P_1\vartheta_1(n-1)}}{\cancel{P_1}(1+n)\cancel{\vartheta_1 n(n-1)}} = \frac{1}{1+n} = \frac{1}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

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

$\nu_2 = \frac{1}{3}$

$T_1 = 200K$

$T_2 = 300K$

$T_3 - ?$

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

P_1 и P_2 - давления 1 и 2 газа соотв до смеш

P_1' и P_2' - давления 1 и 2 газа соотв после смеш

$P_3 = P_1' + P_2'$

$\nu_3 = \nu_1 + \nu_2$

$P_1' V_3 = \nu_1 R T_1$

$P_1' = \frac{100R}{V_3}$

$P_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1}$

$P_2' V_3 = \nu_2 R T_2$

$P_2' = \frac{100R}{V_3}$

$P_3 = \frac{\cancel{100R(\nu_2 + \nu_1)}}{2\nu_3}$ $\frac{200R}{\nu_3}$

$\frac{P_3}{P_1} = \frac{200R \cdot \nu_1}{\nu_3 \cdot 100R} = \frac{2\nu_1}{\nu_2 + \nu_1}$

$P_3 V_3 = (\nu_1 + \nu_2) R T_3$

$200 = \frac{5}{6} T_3$

$T_3 = 240K$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-003

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)»

16-003

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)»

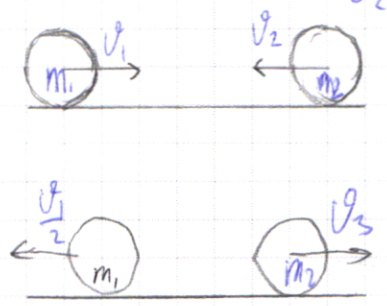
16-003

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



$v_2 = v$

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 \frac{v_1}{2} + m_2 v_3$

$\cancel{v_3 = 2v_2}$

$\cancel{m_1 \frac{v_1}{2} + m_2 (v_2 - v_3) = 0}$

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1/2 + m_2 v_3$

$\frac{m_1 v_1 - m_1 \frac{v_1}{2}}{m_2}$

$\frac{5P_1V_1^2T_3}{300(V_1+V_2)RT_1}$

$\frac{P_0}{P_1} = \frac{5P_1V_1T_3}{600(V_1+V_2)} : \frac{\frac{3}{2}V_1RT_1}{V_1} =$

$P_0 = P_1 + P_2$

$m_1 v_1 = -m_1 \frac{v_1}{2} + m_2 v_3$

$Q = 0$

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_1(V_1+V_2)}{T_3}$

$m_1 \frac{0{,}5v_1}{2} = m_2 v_3$

$P_1V_1 = \frac{3}{2}\nu_1 RT_1$

$P_2V_2 = \frac{3}{2}\nu_2 RT_2$

$P_1' = \frac{P_1V_1 \cdot T_3}{T_1 \cdot (V_1+V_2)}$

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{2v_3}$

$\frac{P_1V_1T_2}{P_2V_2T_1} = \frac{\frac{3}{2}\nu_1 R T}{\frac{3}{2}\nu_2 R} = \frac{3}{2}$

$P_2' = \frac{P_2V_2 \cdot T_3}{T_2(V_1+V_2)}$

$\frac{P_1V_1 \cdot 300}{P_2V_2 \cdot 200} = \frac{3}{2}$

$P_1V_1 = P_2V_2$

$P_0 = \frac{P_1V_1 \cdot T_3}{200(V_1+V_2)} + \frac{P_2V_2T_3}{300(V_1+V_2)}$

$= \frac{3P_1V_1T_3 + 2P_1V_1T_3}{600(V_1+V_2)} = \frac{5P_1V_1T_3}{600(V_1+V_2)}$

№3

$-m_1 v_1 + M v_2 = 4m_1 v_1 + M v_3$

$5m_1 v_1 + M(v_3 - v_2) = 0$

$\frac{m_1 v_1}{M(v_2 - v_3)} = \frac{1}{5}$

№5

$\frac{PV}{T} = \frac{P2V}{T_1}$

$2T = T_1$

$2T = \frac{T_2}{4}$

$8T = T_2$

$\frac{P2V}{T_1} = \frac{2P4V}{T_2}$ Ст

$4T_1 = T_2$

$\frac{A_{12}}{A_{23}} =$

$= \frac{P \cdot (2V - V)}{(P+2P)(4V-2V)} = \frac{PV}{3P \cdot 2V} =$

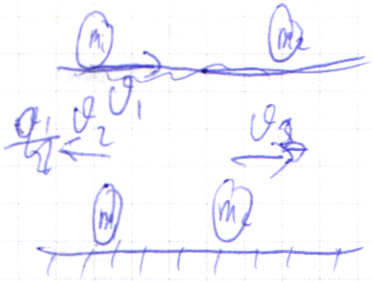
$= \frac{1}{6}$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$$m_1 v_1 = m_1 v_2 + m_2 v_3$$

$$\frac{m_1(v_1 - v_2)}{m_2 v_3} = +1$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{v_3}{v_1 - v_2} = \frac{2v_3}{v_1}$$

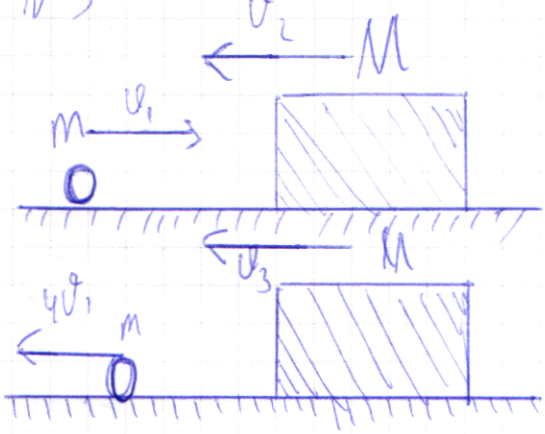
$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{v_1}{2}}{\frac{v_1}{2}} = 1$$

$$v_1 = v_2 + v_3$$

$$v_1 = \frac{v_1}{2} + v_3$$

$$\frac{v_1}{2} = v_3$$

№3



$$v_2 - v_1 = v_3 + 4v_1 \qquad \frac{v_1}{v_2} - ?$$

$$v_2 - v_3 = 5v_1$$

$$v_1 + v_2 = 4v_1 - v_3$$

$$3v_1 = v_2 + v_3$$

$$-mv_1 + Mv_2 = 4v_1 m + v_3 M$$

$$5mv_1 + M(v_3 - v_2) = 0$$

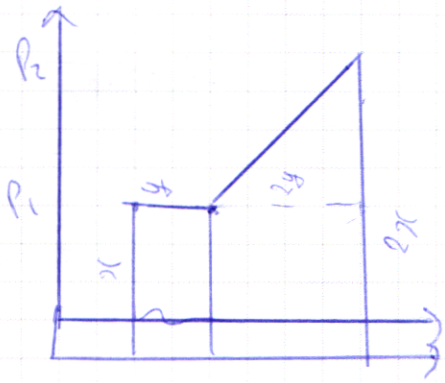
$$5mv_1 + M(v_2 + v_3 - 2v_2) = 0$$

$$5mv_1 + 3Mv_1 - 2Mv_2 = 0$$

$$v_1(5m + 3M) - 2Mv_2 = 0$$

$$\frac{v_1(5m + 3M)}{2Mv_2} = 1$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{2M}{5m + 3M}$$



■ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)