

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 15-015

(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 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 2 раза больше его начальной скорости.

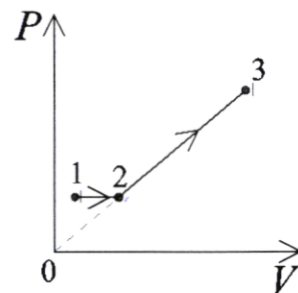
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

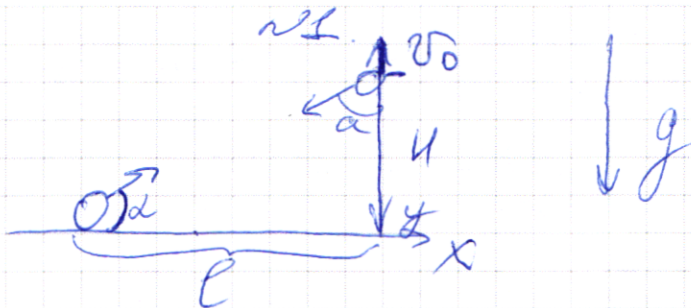


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_0 = 1,5 \text{ c}$$



a) l - ?

b) h - ?

$$v = v_0 = gt; \quad |v_0| = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ м/с}$$

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

$$l = 15 \cdot 1,5 + \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 15 \cdot 1,5 + \frac{10 \cdot 2,25}{2}$$

$$= 22,5 + 11,25 = 33,75 \text{ м}$$

$$F_{\text{грав}} = mgh; \quad F_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

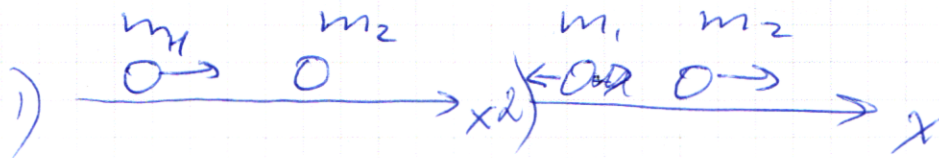
$$gh = \frac{v^2}{2}$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{225}{20} = 11,25 \text{ м}$$

Ответ: $l = 33,75 \text{ м}$
 $h = 11,25 \text{ м}$

а) 2

Дано:
 m_1, v_1
 m_2



$\frac{m_2}{m_1} - ?$

$\frac{v_2}{v_1} - ?$

$$a) m_1 v_1 = -m_1 \frac{v_1}{3} + m_2 v_2 \quad | : m_1$$

$$v_1 = \frac{-v_1 m_1}{3 m_1} + \frac{m_2 v_2}{m_1}$$

$$v_1 + \frac{v_1}{3} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{v_2}{\cancel{3}}$$

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

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

$$b) m_1 v_1 = -m_1 \frac{v_1}{3} + m_2 v_2 \quad | : v_1$$

$$m_1 = -\frac{m_1}{3} + m_2 \frac{v_2}{v_1}$$

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

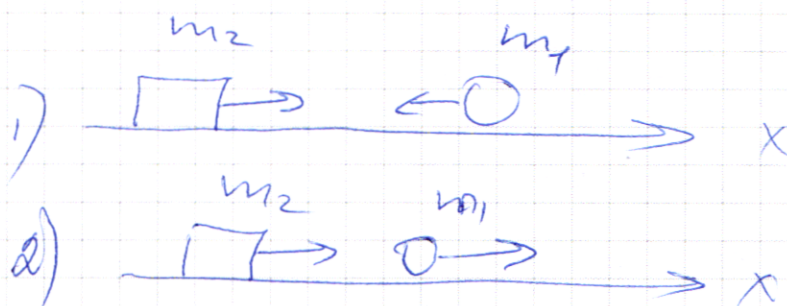
$$\frac{4 m_1}{3 m_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ответ: а) $\frac{m_2}{m_1} = \frac{4 v_1}{3 v_2}$; б) $\frac{v_2}{v_1} = \frac{4 m_1}{3 m_2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

03

Дано:
 m_1, m_2
 v_1
 v_2
 v_1
 v_2



~~$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2 + 2 m_1 v_1 \quad | : v_2$$

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

$$m_2 - m_2$$~~

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2 + 2 m_1 (v_1 + v_2) \quad | : v_2$$

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

$$- m_1 \frac{v_1}{v_2} = 2 m_1 \left(\frac{v_1}{v_2} + 1 \right)$$

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

$$\left| \frac{v_1}{v_2} \right| = \frac{2}{3}$$

Ответ: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}$

Дано:

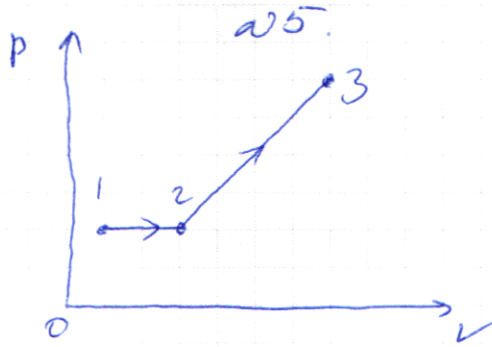
$$n=3$$

$$m=3$$

$$\frac{T_H}{T_K} = ?$$

$$A_{12} = ?$$

$$A_{23}$$



$$\Sigma E = Q + A$$

$$A = \Sigma E - Q$$

$$VI = \Sigma E - Q$$

$$3V_H T_H = \Sigma E_{12} - Q_{12}$$

$$9V_H T_K = \Sigma E_{23} - Q_{23}$$

$$\frac{1 T_H}{3 T_K} = \frac{\Sigma E_{12} - Q_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$\frac{T_H}{T_K} = \frac{3(\Sigma E_{12} - Q_{12})}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\Sigma E_{12} - Q_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{T_H}{T_K} = \frac{3(\Sigma E_{12} - Q_{12})}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\Sigma E_{12} - Q_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

104.

Дано:

$$V_1 = 3 \text{ моль}$$

$$V_2 = 5 \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 500 \text{ К}$$

T_k - ?

$$\frac{P_k}{P_2} = ?$$

$$PV = \nu RT$$

$$P_k 2V = (\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T_k, \text{ где } P_k - \text{конечное давление}$$

T_k - конечная температура

$$P_2 = \frac{\nu_2 RT}{V}; P_2 V_2 = 100 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$\frac{P_k}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T_k}{2 \cdot \nu_2 \cdot R T_2} = \frac{\frac{8}{15} \cdot 8,31 \cdot T_k}{2 \cdot 5 \cdot 500 \cdot 8,31}$$

$$= \frac{8 T_k}{15 \cdot 200} = \frac{8 T_k}{3000}$$

$$T_k = \frac{P_k 2V}{(\nu_1 + \nu_2) R} = \frac{P_k \cdot 2V}{\frac{8}{15} \cdot 8,31} = \frac{30 P_k V}{66,48}$$

$$\frac{P_k}{P_1} = \frac{8 T_k}{15 \cdot 200} = \frac{P_k}{P_2}$$

значит давление в соединённых сосудах одинаковое, ~~тоже количество молекул~~



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24.

Рако: $I = 3$
 $V_1 = 3$ моль
 $V_2 = 5$ моль
 $T_1 = 300$ К
 $T_2 = 500$ К



$R_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} = C \cdot \frac{p_2}{T_2}$

- а) $T = ?$
- б) $\frac{p_1}{p_2} = ?$

$pV = \nu RT$; $\nu_1 RT_1 = \nu_2 RT_2$

~~$\nu_2 RT_2 = p R$~~

$\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 300}{3} = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 500}{5}$

$\frac{\nu RT_1}{p_1} = \frac{\nu RT_2}{p_2}$

~~$p = \frac{p_2 \cdot V_2}{V_1}$~~

$\frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot 300 = \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot 500$

$p_1 V_1 = 100$
 $p_2 V_2 = 100$

~~$\frac{1}{2} RT = p$~~

$p_1 V_1 = 100 \cdot 8,31 = 831$
 $V_2 V_2 = 100 \cdot 8,31 = 831$

1) $\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 300 = 450 \cdot 8,31$ (P)
 2) $\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 500 = 750 \cdot 8,31$ (P)

$\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 300 = \frac{P}{V}$

$\frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot T_1 = \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot T_2$ (P)

$\frac{1}{2} RT = p$; $\frac{1}{2} \cdot \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} = p$; $\frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} = p$

$n=3p$ | $A_{12} = Q_{12} + \theta_{12}$ ~~...~~ + Σ | $PV = \sum RT$
 $t_k = ?$ | $\Sigma F_{12} = Q_{12} + \theta_{12}$ $\frac{y}{z}$ - мощ
 $\frac{A_1}{A_2} = ?$ | $A_{12} = \theta_{12}$

$P_k \cdot 2V = (V_1 + V_2) \cdot R \cdot \theta_{12}$
 ~~$P_k \cdot 2V = \dots$~~

$\frac{1}{2} RT = \frac{PV}{\dots}$; $PV = \sum RT$

$\frac{1}{2} RT = \frac{PV}{\dots}$ $\frac{\text{на. м.}}{\text{с. м.}}$

$\frac{3}{2} \cdot 300 \cdot 8,31 = \frac{PV}{\frac{1}{3}}$ | $\cdot \frac{1}{3}$

$\textcircled{2} 100 / 8,31 = PV$

~~$\frac{1}{2} PV = \dots$~~

$\frac{1}{2} RT = \dots$ PV

~~$\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 300 = 3 \cdot 8,31 \cdot 100 \cdot \frac{1}{3}$~~

$\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot \frac{1}{3} = 8,31 \cdot 300 \cdot \frac{1}{3}$
 $PV = 100$

$\frac{3}{2} RT = \dots$ ~~$8,31 \cdot 3 = 2,77$~~

$13450 \cdot 8,31 =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

$$\Sigma E_{12} = Q_{12} + A_{12} \quad \left| \quad \cancel{A_{12}} = \Sigma E_{12} - Q_{12} \right.$$

$$\Sigma E_{23} = Q_{23} + A_{23} \quad \left| \quad \cancel{A_{23}} = \Sigma E_{23} - Q_{23} \right.$$

~~$\frac{1}{2} A_{12} = P_{12} V$~~

~~$\frac{1}{2} A_{23} = P_{23} V$~~

$$3V \frac{1}{4} \frac{1}{M} = \Sigma E_{12} - Q_{12}$$

$$9V \frac{1}{4} \frac{1}{K} = \Sigma E_{23} - Q_{23}$$

$$\Sigma E_{23} = E_{12} + E_{23}$$

~~$3V \frac{1}{4} \frac{1}{M}$~~

$$\frac{1}{3TK} \rightarrow \frac{\Sigma E_{12} - Q_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

~~$9V \frac{1}{4} \frac{1}{K}$~~

$$\frac{T_H}{TK} = \frac{3(\Sigma E_{12} - Q_{12})}{\Sigma E_{23} - Q_{23}} = \frac{3E_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{\Sigma E_{12} - Q_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}} = \frac{\Sigma E_{12}}{\Sigma E_{23} - Q_{23}}$$

$$TK = \frac{8TKR_2}{15003000} \cdot A \cdot \frac{1}{R_2}$$

$$= \frac{8 \cdot TK \cdot 15 \cdot 8,31 \cdot 500}{1500 \cdot 8 \cdot 8,31}$$

$$TK = \frac{8TK \cdot 100}{500}$$

~~TK~~

$T = 3$
 $V_1 = 3$ моль
 $V_2 = 5$ моль
 $P_1 = 300$ кПа
 $P_2 = 500$ кПа

н.ч.

$V_1 P_1 T_1 = \nu R T_2$
 $V_2 P_2 T_2 = \nu R T_2$

$PV = \nu RT = \frac{8}{15} \cdot 8,31$

$P_{кв} V = (V_1 + V_2) \cdot R \cdot T_{кв}$

$T_{кв} = \frac{P_{кв} V}{\nu R}$

$T_{кв} = \frac{3 T_{кв} \cdot P_2}{\nu R}$

$T_{кв} = ?$
 $\frac{P_1}{P_2} = ?$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$

~~$\frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 3 = 500 \cdot 100$~~

~~$\frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot T_{кв} = \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot T_{кв}$~~

~~$\frac{1}{2} P_1 =$~~

$\frac{P_{кв} V}{P_2 V} = \frac{(V_1 + V_2) \cdot R \cdot T_{кв}}{V_2 R T_2}$

$P_2 = \frac{V_2 R T_2}{V}$

$\frac{P_{кв}}{P_2} = \frac{\frac{8}{15} \cdot T_{кв}}{\frac{2}{5} \cdot 500} = \frac{\frac{8}{15} \cdot T_{кв}}{200}$

$\frac{P_{кв}}{P_1} = \frac{\frac{8}{15} \cdot T_{кв}}{\frac{2}{3} \cdot 300} = \frac{\frac{8}{15} \cdot T_{кв}}{200}$

~~$P_{кв} \cdot \frac{V_2 R T_2}{P_2} = (V_2 + V_1) \cdot R \cdot \frac{200 P_{кв}}{\frac{8}{15} \cdot P_2}$~~

~~$P_{кв} \cdot 2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot 500 = (V_2 + V_1) \cdot R \cdot \frac{200 P_{кв}}{\frac{8}{15} \cdot P_2}$~~

~~$P_{кв} = 200 \cdot 8,31 = \frac{8}{15} \cdot 200 \cdot P_{кв}$~~

$\frac{P_{кв}}{P_2} = \frac{P_{кв}}{P_1} = \frac{\frac{8}{15} T_{кв}}{200} \quad \frac{P_2}{P_1} = 1$

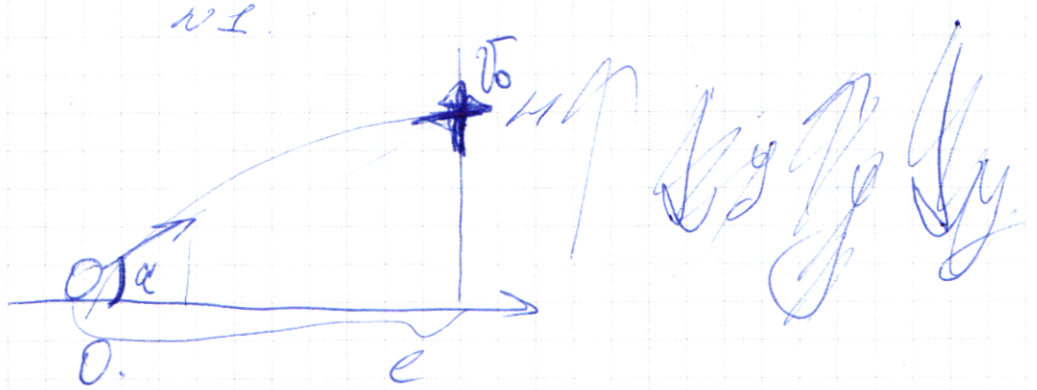
$\frac{1}{2} R T_{кв} = P_{кв} V$

$V = \frac{\frac{1}{2} R T_{кв}}{P_{кв}}$

если равнение было 1:1, то после открития манометра оно не изменится.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1,5 \text{ c}$
 а) $L = ?$
 б) $H = ?$



$L = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$
 $v - v_0 = g t$
 $v = v_0 - g t$
 $L = v_0 t + \frac{v^2 - v_0^2}{-2g}$
 $L = \frac{m v^2}{2}, E = m g h$

~~$m v^2 = m v_0^2$~~
 ~~$L = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$~~
 ~~$L = \frac{v_0 t^2}{2}$~~

$v - v_0 = g t, |v_0| = g t = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ м/с}$

$L = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$

$L = 15 \cdot 1,5 + \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 15 + 5 \cdot 2,25 = 15 + 11,25 = 26,25 \text{ м}$
 $= 15 - 11,25 = 3,75 \text{ м}$

$\frac{m v^2}{2} = m g h$

$\frac{2,25}{2} = 10 \cdot h; h = \frac{2,25}{20} = 0,1125 \text{ м}$

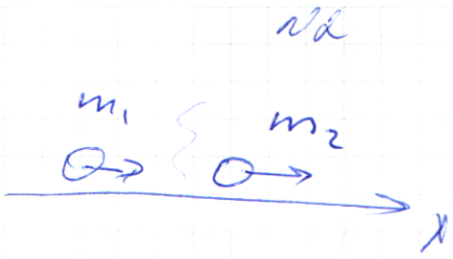
Дано:

m_1, v_1

m_2

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

$\frac{v_2}{v_1}$



а) $m_1 v_1 = -m_1 \frac{v_1}{3} + m_2 v_2 \quad | : m_1$

$v_1 = -\frac{v_1}{3} + \frac{m_2}{m_1} v_2$

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

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

б) $m_1 v_1 = -m_1 \frac{v_1}{3} + m_2 v_2 \quad | : v_1$

$m_1 = -\frac{m_1}{3} + m_2 \frac{v_2}{v_1}$

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

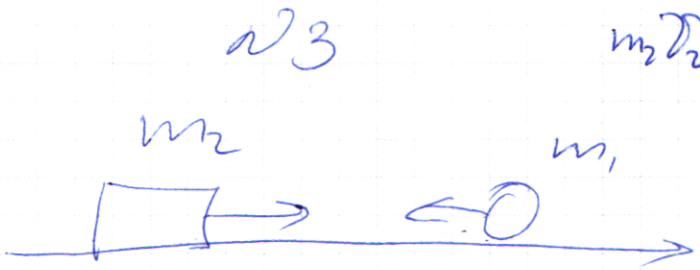
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{4}{3} m_1}{m_2}$

Дано:

m_1, m_2

v_1

$\frac{v_1}{v_2}$



$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2 + m_1 (2v_1 + 2v_2)$

$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2 + m_1 (2v_1 + 2v_2) \quad | : v_2$

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

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

$m_1 \left(\frac{3v_1}{v_2} \right) = \frac{m_2 - m_1}{v_2}$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{+3m_1}$

~~$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2 + m_1 (2v_1 + 2v_2)$~~
~~нужно сделать иначе~~
~~или иначе~~
 ~~$-m_1 v_1 = m_1 (2v_1 + 2v_2)$~~