

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

7 1 лист 

Шифр

501129

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

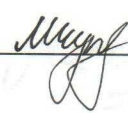
Фамилия И. О. участника Чупахин Михаил Дмитриевич

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, микр. №80

Регистрационный номер 4951

Вариант задания 1, 10.4

Дата проведения "01" 03 20 20г.

Подпись участника 

50 (пятьдесят) баллов

Dief

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

501129

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	9	7	5	2	15	2				50

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1,10.4

№2.

Дано:

$$\mu_{CO_2} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

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

$$M = 0,103 M_3$$

$$R = 0,53 R_3$$

$$p = \text{const}$$

h-?

Решение:



По II закону Ньютона:

$$G \frac{mM}{R^2} = m\alpha$$

$$\frac{GM}{R^2} = \alpha$$

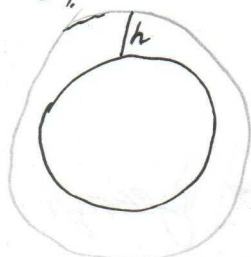
$$\alpha_{земли} = g = 9,87 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha_{Марса} = \frac{G M_{Марса}}{R_{Марса}^2} = \frac{G \cdot 0,103 M_3}{0,53^2 R_3} \approx 0,306 g$$

2). По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$pV = \nu RT; \quad pV = \frac{m}{\mu_{CO_2}} RT; \quad p = \frac{m}{V \mu_{CO_2}} RT; \quad p = \frac{\rho_{CO_2} RT}{\mu_{CO_2}}$$

3)

h - высота атмосферы, тогда давление на поверхности Марса равно $p = \rho_{CO_2} g_{Марса} h$

4) из (3) и (2) $\Rightarrow \frac{\rho_{CO_2} RT}{\mu_{CO_2}} = \rho_{CO_2} g_{Марса} h$. Так как $\rho_{CO_2} = \text{const}$, то можно сократить $\frac{RT}{\mu_{CO_2}} = g_{Марса} h \Rightarrow h = \frac{RT}{\mu_{CO_2} g_{Марса}} = \frac{8,31 \cdot 300}{44 \cdot 10^{-3} \cdot 0,306 \cdot 9,87} \approx 6000 \text{ м}$

$$= \frac{8,31 \cdot 300}{44 \cdot 10^{-3} \cdot 0,306 \cdot 9,38} = 186,6 \cdot 10^3 = 186,6 \text{ км}$$

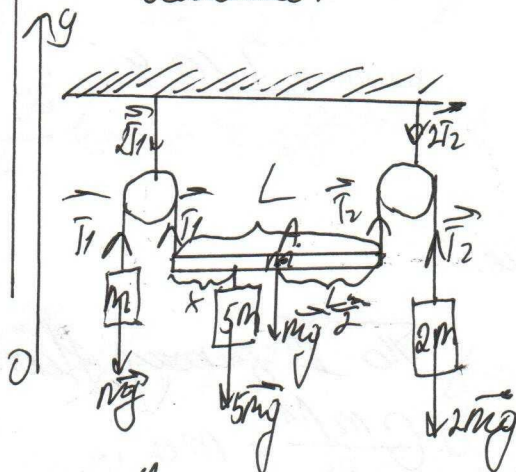
Омбери: $h = 186,6 \text{ км}$

N3

Дано:
 $m; L = 30 \text{ см}$
 $2m; 5m$

Сл:
 $0,3 \text{ м}$

Решение:



1. По II закону Ньютона:

$$\text{ОГ: } T_1 - mg = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{T_1 - mg}{m}$$

$$\text{ОГ: } T_2 - 2mg = 2ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{T_2 - 2mg}{2m}$$

$a_1 = a_2$, т.к. тросок остается в горизонтальном положении

$$\frac{T_1 - mg}{m} = \frac{T_2 - 2mg}{2m} \Rightarrow T_1 - mg = \frac{T_2 - 2mg}{2}; 2T_1 - 2mg = T_2 - 2mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = 2T_1$$

$$2. \begin{cases} \sum \vec{F} = 0 \\ \sum \vec{M} = 0 \end{cases}$$

Возьмем точку, которая будет осью вращения за центр тросика.

$$\sum \vec{M} = 0: T_1 \cdot \frac{L}{2} - 5mg \left(\frac{L}{2} - x \right) - 2T_1 \cdot \frac{L}{2} = 0$$

$$-T_1 \cdot \frac{L}{2} = 5mg \cdot \frac{L}{2} - 5mgx$$

$$5mgx = 5mg \frac{L}{2} + T_1 \frac{L}{2}; \quad x = \frac{2,5mgL + T_1 L}{5mg} \quad (2)$$

$$3) \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

Для системы:

$$Oy: 6mg - T - 2T = 6ma$$

$$6mg - 3T = 6m \frac{T - mg}{m}$$

$$6mg - 3T = 6T - 6mg$$

$$12mg = 9T$$

$$T = \frac{12}{9}mg = \frac{4}{3}mg \quad (*)$$

4) подставим (*) в (2):

$$x = \frac{2,5mgL + \frac{4}{3}mgL}{5mg} = \frac{15mgL + 8mgL}{6 \cdot 5mg} = \frac{23L}{30}$$

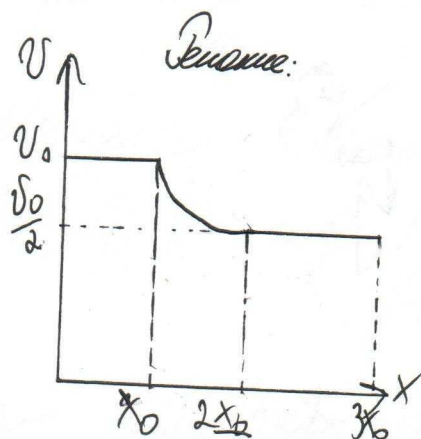
Ответ: куча находится у раз на расстоянии $x = \frac{23L}{30}$ с левого края бруса.

N4

Дано:

$$[x_0; 2x_0]: v = \frac{k}{x}$$

t-?



1) $[0; x_0]$:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$x_0 = 0; \quad a = 0 \Rightarrow x = v_0 t$$

$$x_0 = v_0 t \Rightarrow t_{0x_0} = \frac{x_0}{v_0}$$

2) $[x_0; 2x_0]$

$$v = \frac{k}{x}$$

$$\frac{v_0}{2} = \frac{k}{x_0} \Rightarrow k = \frac{2v_0 x_0}{2}$$

Решение $x_3 > x_2 > x_1$, маневр $x_3 x_2 = x_2 - x_1$ $x_3, x_2, t \in [x_0, 2x_0]$

$$Q = \frac{v_1 - v_0}{t}$$

$$vx = \text{const} \quad t = \frac{v_0 x_0}{2v} = \frac{v_0}{v} \cdot \frac{x_0}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_0 = -\frac{v_0 x_0}{2 \cdot 2x_0} + \frac{v_0}{t} \cdot t^2 \Rightarrow t = \frac{v_0 x_0}{2v} \quad t = \frac{2x_0}{3v_0}$$

$$3) [2x_0 : 3x_0]$$

$$x = x_0 + \frac{v_0}{2}t + \frac{at^2}{2} \quad t = \frac{2x_0}{v_0}$$

$$t = \frac{x_0}{v_0} + \frac{1}{3} \frac{x_0}{v_0} + 2 \frac{x_0}{v_0} = \frac{13x_0}{3v_0}$$

$$\text{Ответ: } \frac{13x_0}{3v_0}$$

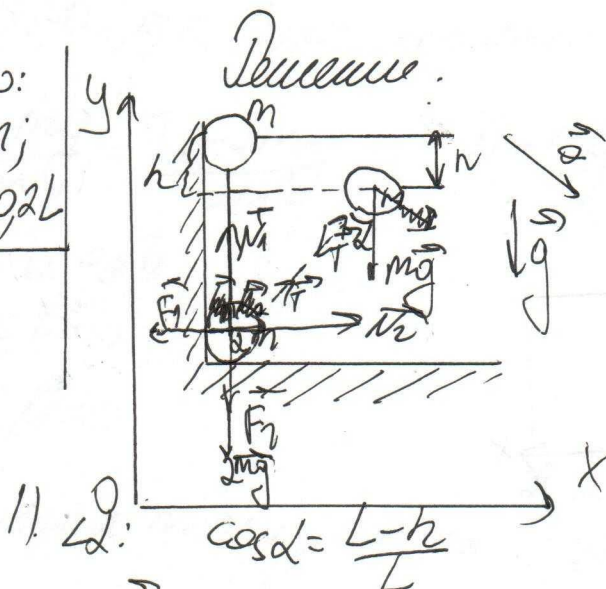
N5.

Дано:

$2m; m;$

$L, h = 0.2L$

$F_1 = ?$
 $F_2 = ?$



$$d) \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$Oy: -mg + T \cos \alpha = ma \sin \alpha \quad (1)$$

$$Ox: +T \sin \alpha = ma \cos \alpha \Rightarrow T = ma \cot \alpha \quad (*)$$

$$(*) \rightarrow (1) \Rightarrow -mg + ma \cot \alpha \cos \alpha = ma \sin \alpha$$

$$a = \frac{g}{\cot \alpha \cos \alpha - 1}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

501129

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1,10.4

$$3) T = m \cdot \frac{g}{\text{ctg} \alpha \cos \alpha - 1} \cdot \text{ctg} \alpha = \frac{mg \text{ctg} \alpha}{\text{ctg} \alpha \cos \alpha - 1}$$

$$4) \sum \vec{F} = m \vec{a}$$

По условию задачи:

$$OX: N_2 - T \cos(90 - \alpha) = 0$$

$$N_2 = T \sin \alpha \Rightarrow N_2 = \frac{mg \cos \alpha}{\text{ctg} \alpha \cos \alpha - 1} = \frac{mg \frac{L-h}{L}}{\frac{\cos \alpha}{\sqrt{1-\cos^2 \alpha}} \cdot \cos \alpha - 1} =$$

$$= \frac{mg(L-h)}{\frac{(L-h)^2}{\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}} \cdot L^2 - 1} = \frac{mg(L-h)}{L \cdot \frac{\sqrt{(L-h)^2 - L^2 \sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}}{\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}} \cdot L} = \frac{mgL(L-h)\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}{(L-h)^2 - L^2 \sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}$$

$$\text{По III закону Ньютона: } |N_2| = |F_1| \Rightarrow F_1 = \frac{mgL(L-h)\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}{(L-h)^2 - L^2 \sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}$$

$$5) OY: -2mg + N_1 - T \cos \alpha = 0$$

$$N_1 = T \cos \alpha + 2mg = mg \left(\frac{\text{ctg} \alpha \cos \alpha}{\text{ctg} \alpha \cos \alpha - 1} + 2 \right) =$$

$$= mg \left(\frac{3 \text{ctg} \alpha \cos \alpha - 2}{\text{ctg} \alpha \cos \alpha} \right) = mg \left(\frac{3 \cos^2 \alpha}{\frac{\cos^2 \alpha}{\sqrt{1-\cos^2 \alpha}}} - 2 \right) = mg \left(\frac{3 \cos^2 \alpha - 2 \sqrt{1-\cos^2 \alpha}}{\cos^2 \alpha} \right) =$$

$$= mg \left(\frac{3 \cdot \frac{(L-h)^2}{L^2} - 2 \sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}{\left(\frac{L-h}{L}\right)^2} \right) L^2$$

$$\text{По III закону Ньютона } |N_1| = |F_2|$$

Ответ: $F_1 = \frac{mgL(L-h)\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}{(L-h)^2 - L^2\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2}}$ - дано на верном уровне.

$F_2 = mg \left(\frac{3(L-h)^2}{L^2} - 2\sqrt{1-\left(\frac{L-h}{L}\right)^2} \right) L^2$

N6.

Дано:

$\gamma_{He} = 2 \text{ моль}$

$i = 3$

$T_{He0} = T_{Ar0} = T_0$

$V_{He0} = 1$

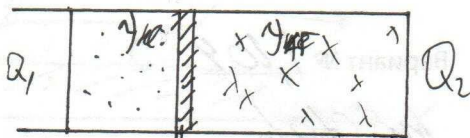
$V_{Ar0} = 2$

$V_{He1} = 2V_{He0}$

$Q_2; T_0 = \text{const}$

$Q_1 = ?$

Решение:



1) По II закону Ньютона:

ОХ: $p_{He0}S - p_{Ar0}S = 0 \Rightarrow p_{He0}S = p_{Ar0}S \Rightarrow p_{He0} = p_{Ar0}$

2) По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$p_{He0} \frac{V}{3} = \gamma_{He} R T_0 \quad (1)$

$p_{Ar0} \frac{2V}{3} = \gamma_{Ar} R T_0 \quad (2)$

(1) ÷ (2): $\frac{\frac{V}{3}}{\frac{2V}{3}} = \frac{\gamma_{He}}{\gamma_{Ar}} \Rightarrow \gamma_{Ar} = 2\gamma_{He}$

3) $Q_1 + \frac{i}{2} \gamma_{He} R (T_{He1} - T_0) = Q_2 \quad (5)$

4) $p_{He2} \frac{2V}{3} = \gamma_{He} R T_{He1} \quad (3)$

$p_{Ar2} \frac{V}{3} = \gamma_{Ar} R T_{Ar2} \quad (4)$

(3) ÷ (4): $\frac{\frac{2V}{3}}{\frac{V}{3}} = \frac{\gamma_{He}}{\gamma_{Ar}} \cdot \frac{T_{He1}}{T_{Ar2}} \Rightarrow T_{He1} = \frac{T_{Ar2}}{4} \Rightarrow T_{He1} = 4T_{Ar2} = 4T_0$

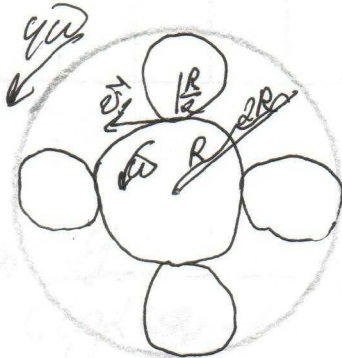
5) (4) → (5) → $Q_1 + \frac{i}{2} \gamma_{He} R (4T_0 - T_0) = Q_2$

$Q_1 = Q_2 - \frac{i}{2} \gamma_{He} R 3T_0 = Q_2 - 9RT_0 = Q_2 - 9 \cdot 8,31 \cdot T_0 =$

$$= (Q_2 - 74,89 \text{ Тб}) \text{ Дка}$$

$$\text{Ответ: } (Q_2 - 74,89 \text{ Тб}) \text{ Дка}$$

N10.9



$$1) \quad v_1 = \omega R$$

$$v_2 = 8\omega R$$

$$v = \omega \cdot \frac{R}{2} \Rightarrow \omega = \frac{2v}{R}$$

$$\omega_1' = \frac{2\omega R}{R} = 2\omega$$

$$\omega_2' = \frac{16\omega R}{R} = 16\omega$$

$$\omega_x = |\omega_2' - \omega_1'| = 14\omega$$

2)



$$v = \omega R$$

$$v_1 = \frac{v}{2} = \frac{\omega R}{2} = \omega_x \cdot 2R \Rightarrow \omega_x = \frac{\omega R}{4R} = \frac{\omega}{4}$$

и

$$\text{Ответ: } 1) \omega_x = 14\omega ; 2) \omega_x = \frac{\omega}{4}$$

N1

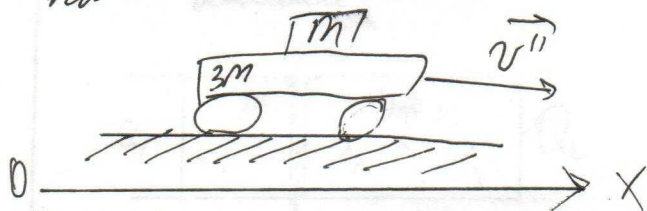
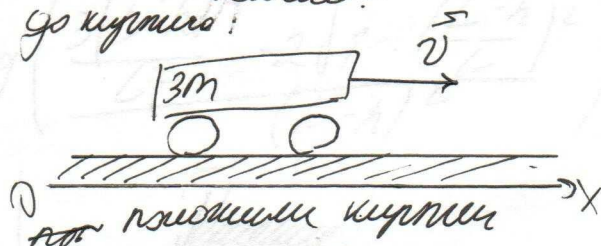
Дано:

$$V = 0,4 \text{ м/с}$$

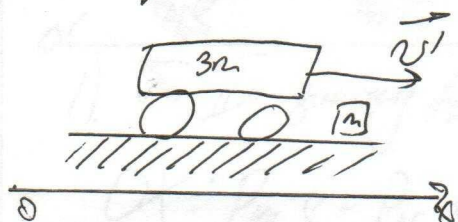
$$t = 10 \text{ с}$$

$$V' = ?$$

Решение:
до купирования:



после купирования:



По закону сохранения энергии:

$$\frac{3mV_0^2}{2} = \frac{4mV''^2}{2}$$

По закону сохранения импульса:

$$0x: 3mV_0 = 4mV''$$

$$V'' = \frac{3V_0}{4}$$

$$4mV'' = 3mV' + mV'' \Rightarrow 3mV'' = 3mV' \Rightarrow V' = V'' = \frac{3V_0}{4} = 0,3 \text{ м/с}$$

Ответ: $V' = 0,3 \text{ м/с}$