

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

501089

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника

Сухомаров Олег Андреевич

Город, № школы (образовательного учреждения)

г. Москва, школа №1580

Регистрационный номер

1378

Вариант задания

10.5

Дата проведения " 1 " мая 20 20 г.

Подпись участника

[Подпись]

43 (сорок три балла) 

501089

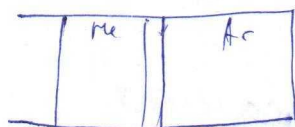
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего
						X				
10	10	4	5	5	9	0				43

Шифр

заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии

Вариант № $\frac{1}{105}$

N 6



Дано:
 $T_0 = T_1 = 2 \text{ мбв}$,
 $T_0, \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$
 $Q_2 = 3$
 $Q_1 = 1$

Пусть V_2 - нач. об. газа аргона

~~В параллельном состоянии:~~
 Закон Менделеева-Клапейрона для
 аз. газа, где V - объем газа

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

В параллельном состоянии: $\frac{V_1 R T_0}{V_0} = \frac{V_2 R T_0}{2V_0} \Rightarrow V_1 = \frac{V_2}{2} \Rightarrow V_2 = 2V_1$

Пусть U_1 - начальная вл. энергия газа, U_2 - конечная
 вл. энергия газа, A - работа, соверш. газом

$$Q_1 = U_2 - U_1 + A, \quad U_2 = \frac{i}{2} k T, \quad U_1 = \frac{i}{2} k T_0, \quad A = \int p(V) dV$$

т.е. ~~$p_1(V) = p_2(V)$~~ , а ~~$p_1 = \frac{V_2 R T}{V_2 - V_1}$~~ ~~$p_2 = \frac{V_2 R T}{2V_2 - V_1}$~~

Работа, соверш. газом при расширении, равна
 работе изотермического расширения, равному Q_2
~~температуре~~ ~~изотермического~~ ~~расширения~~ ~~газа~~ ~~аргона~~
 $A = A_2 = -\nu_2 C_v \ln \frac{V_2}{2V_1} + Q_2$, где $C_v = \frac{i}{2} R$, $V_2 = 2V_1 - 2V_1 = V_1$
 аргон, $V_1 = 3V - V = 2V$ - начальный объем аргона

$$A = -\nu_2 \frac{i}{2} R \ln \frac{1}{2} + Q_2$$

По закону сохранения энергии аргона $p_2 = \frac{\nu_2 R T_0}{V_2}$
~~конеч.~~ конеч. давление газа p_2 равно давлению $p_1 = \frac{\nu_1 R T_0}{V_1}$
 аргона. Тогда конечная температура газа $T = \frac{p_2 \cdot 2V}{\nu_2 R}$

$$T = \frac{2p_2 V}{V_1 R} = \frac{2V_2 R T_0 \cdot V}{V V_1 R} = \frac{2V_2}{V_1} T_0 = 4T_0$$

$$\text{Тогда } U_2 = \frac{i}{2} k T = 2i k T_0$$

$$\text{Тогда } Q_1 = U_2 - U_1 + A =$$

$$= 2i k T_0 - \frac{i}{2} k T_0 + Q_2 - V_2 \frac{i}{2} R \ln \frac{1}{2} =$$

$$= \frac{3i}{2} k T_0 + Q_2 - V_2 \frac{i}{2} R \ln \frac{1}{2} =$$

$$= \frac{9}{2} k T_0 + Q_2 - 4 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 3 \cdot R \ln \frac{1}{2}$$

(где k - уст. Больцмана, R - универсальная газ. постоянная)

9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10										

501089

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 10.5

N1

Т.ч. импульс меняется аннуировано, его начальная скорость равна 0. Пусть \vec{v}_1 - скорость тела с импульсом \vec{p} после того как его положили. Из закона сохранения импульса: $3m\vec{v} = 4m\vec{v}_1$ где m - масса шара. $3m\vec{v} = 4m\vec{v}_1 \Rightarrow \vec{v}_1 = \frac{3\vec{v}}{4} = \frac{3 \cdot 0,4 \text{ м/с}}{4} = 0,3 \text{ м/с}$

В момент когда шар падает, его скорость равна скорости тела и не имеет внешних сил \Rightarrow скорость тела не изменяется. Когда тело есть шариком, ~~то~~ \Rightarrow скорость тоже не изменяется, Т.ч. время, прошедшее

Ответ: 0,3 м/с

N2

Пусть p - давление на поверхности Марса. Т.ч. $p = \rho g h$, где ρ - плотность атмосферы, g - ускор. свободного падения на Марсе, h - высота атмосферы. Объем атмосферы V равен разности объемов планет с атмосферой и планеты: $V = \frac{4}{3}\pi(R+h)^3 - \frac{4}{3}\pi R^3$ где R - радиус Марса. Масса атмосферы $m = \rho V$. По закону Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{\mu}RT$ $\rho g h V = \frac{\rho V}{\mu}RT$ $g h = \frac{RT}{\mu} \Rightarrow h = \frac{RT}{\mu g}$ где R - универсальная газовая постоянная, μ - молярная масса.

Масса m : $m_0 g = G \frac{m_0 M}{r^2}$ $g = G \frac{M}{r^2}$ где M - масса Марса.

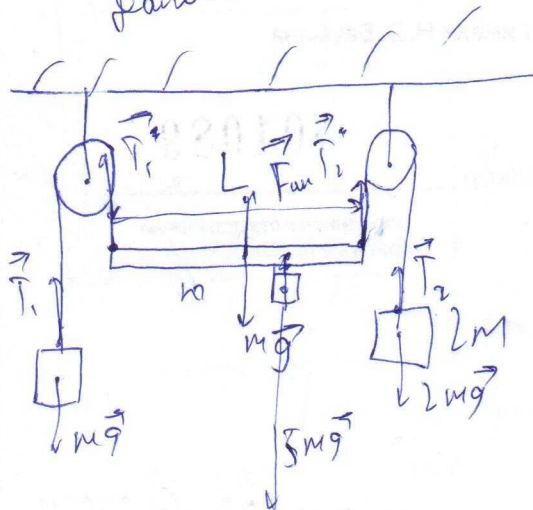
По условию: $M = 0,103 M_{\text{З}}$, $r = 0,53 R_{\text{З}}$, где $M_{\text{З}}$ - масса Земли, $R_{\text{З}}$ - радиус Земли. Пусть $g_{\text{З}} = 9,87 \text{ м/с}^2$ - ускор. св. падения на Земле. $g_{\text{З}} = G \frac{M_{\text{З}}}{R_{\text{З}}^2}$

$$g = G \frac{0,103 M_{\text{З}}}{0,53^2 R_{\text{З}}^2} = \frac{0,103}{0,53^2} G \frac{M_{\text{З}}}{R_{\text{З}}^2} = \frac{0,103}{0,53^2} g_{\text{З}}$$

$$h = \frac{RT \cdot 0,53^2}{\mu \cdot 0,103 g_{\text{З}}} = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 0,53^2}{44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,103 \cdot 9,87 \text{ м/с}^2} = 15655 \text{ м}$$

Ответ: 15655 м

N 3
 Дано: $L = 0,4 \text{ м}$ найти: x



Т.к. $mg + 5mg > mg + 2mg$, то брусок в движении, а левый и правый брусочки фиксированы для левого бруска в пр-ции по Оу
 - ма,
 $y: mg - T_1 = 0 \Rightarrow T_1 = mg$, где T_1 - сила натяжения нити левого бруска
 II закон Ньютона для
 правого бруска в пр-ции по Оу
 $0z: ma_2$, где T_2 - сила натяжения нити правого бруска
 $2mg - T_2 = 0 \Rightarrow T_2 = 2mg$, остается горизонтально
 Т.к. брусок движется горизонтально,
 а нить нерастяжима, то $a_1 = a_2 = a$, где
 a - общее ускорение бруска
 II закон Ньютона для бруска
 $mg - T_1 = ma \Rightarrow T_1 = m(g + a)$
 $2mg - T_2 = 2ma \Rightarrow T_2 = 2m(g + a)$

II закон Ньютона для бруска в пр-ции по Оу:

$$mg + 5mg - T_1 - T_2 = 6ma$$

$$6mg - m(g + a) - 2m(g + a) = ma$$

$$6mg - mg - mg - 2mg - 2ma = ma$$

$$3mg = 3ma$$

$$a = \frac{3}{4}g$$

$$T_1 = \frac{7}{4}mg \quad T_2 = \frac{7}{2}mg$$

4

Перейдем в неинерциальную систему отсчета, связанную с бруском. Тогда введем силу инерции $\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}$, действующую на центр масс. $F_{ин} = ma = mg$

Тогда брусок движется горизонтально, если сумма моментов сил относительно оси равна 0. Пусть ось - в левый край бруска, x_0 - расстояние от левого края до точки, где висит брусок. Тогда расстояние 5 м

$$mg \frac{L}{2} + 5mg x = F_{ин} \frac{L}{2} + T_2 L$$

$$mg \frac{L}{2} + 5mg x = mg \frac{L}{2} + 2mg L$$

$$5x = 2L \quad x = \frac{2L}{5}$$

$$mg \frac{L}{2} + 5mg x_0 = F_{ин} \frac{L}{2} + T_2 L$$

$$mg \frac{L}{2} + 5mg l_0 = \frac{3}{4} mg \frac{L}{2} + \frac{7}{2} mg L$$

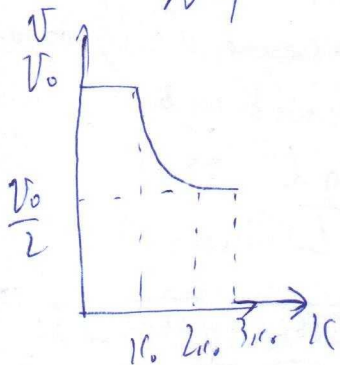
$$\frac{L}{2} + 510 = \frac{3}{8} L + \frac{7}{2} L$$

$$5K_0 = \frac{27}{8} L \quad K_0 = \frac{27}{40} L$$

Т. к. $x_0 > \frac{1}{2}L$ то ~~до~~ груз расст 5м поскелен
справа. Расст. е от центра до пел $x = x_0 - \frac{1}{2}L = \frac{27}{40}L - \frac{1}{2}L = \frac{1}{20}L$.

$$\gamma_C = 0,05 \cdot 0,3M = 0,015M$$

Отв: $x = 0,015 \text{ м}$



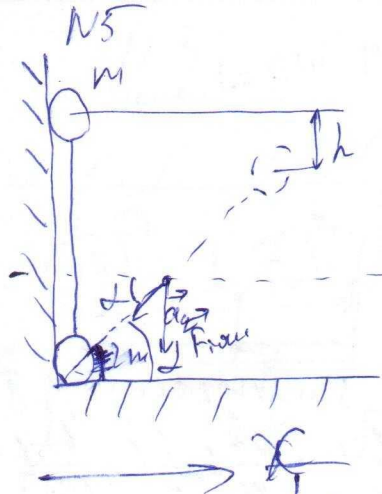
Время загрузки автомобиля на интервале

Время, затраченное автомобилем на интервале $[20; 320]$ $t_s = \frac{30 - 20}{v_0/2} = \frac{20}{v_0}$

Рассмотрим интервал $[x_0; x_1]$

Пусть $x(t)$ — функция, зависящая от времени, t — время. Тогда $v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$. По условию: $v(t) = \frac{k}{x(t)}$, где k — величина постоянная. Тогда: $\frac{dx(t)}{dt} = \frac{k}{x(t)} \Rightarrow x(t) = \sqrt{\frac{k}{t}}$

$$\Rightarrow x(t) =$$



Скорость шарика массой m на высоте h .
 Из закона сохранения энергии

$$mgL = \cancel{mg(L-h)} + \frac{mv^2}{2} + mg(L-h)$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgL \quad v = \sqrt{2gh}$$

все 2-е см. св.
 почитай $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

Рассмотрим от шарика массу $2m$ от центра масс $\leftarrow \frac{2m \cdot 0 + m \cdot L}{2m + m} = \frac{L}{3}$

Т.е. шарик массой $2m$ стоит на месте, но каждая точка центра тяжести движется по окружности ~~по окружности~~ с центром в шарике массой $2m$. Тогда скорость центра масс $v_c = \frac{v}{3} = \frac{\sqrt{2gh}}{3}$. Т.е. центр масс движется по окружности, но он имеет ~~центростремительное~~ ускорение a_c , направл. к шарике массой $2m$ и равно по модулю $a_c = \frac{v_c^2}{r} = \frac{v^2 \cdot 3}{9 \cdot L} = \frac{v^2}{3L} = \frac{2gh}{3L}$.

Это совпадает с радиусом угла \angle .

$$\sin \angle = \frac{L-h}{L} \quad \cos \angle = \sqrt{1 - \frac{L^2 - 2Lh + h^2}{L^2}} = \frac{\sqrt{2Lh - h^2}}{L}$$

Сила тяжести ~~равна~~ равна $F_{тяж} = 3mg$?
 Пусть N_1 - ~~равнодействующая~~ горизонтальная составляющая реакции, N_2 - сила реакции вертикальной составляющей
 II закон Ньютона для шарика: $F_{тяж} + N_1 + N_2 = m a_c$
 В направлении Ox :

$$N_2 = m a_c \cos \angle \Rightarrow N_2 = m \frac{2gh}{3L} \cdot \frac{\sqrt{2Lh - h^2}}{L}$$

$$N_2 = \frac{2mgh \sqrt{2Lh - h^2}}{3L^2}$$

В направлении Oy :

$$-N_1 + F_{тяж} = m a_c \sin \angle$$

$$N_1 = 3mg - \frac{2mgh(L-h)}{3L^2} = \frac{9mgL^2 - 2mgh(L-h)}{3L^2}$$