

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

501004

Шифр

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Крыловский Илья Игоревич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Долгопрудный, МАОУ «Лицей №5»

Регистрационный номер 3073

Вариант задания 1

Дата проведения " 1 " марта 20 20 г.

Подпись участника

Игорь

62 (шестьдесят два) балла *Виль*

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

501004

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	10	1	0	15	5	20			62

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

участок $[0; x_0]$ автомобиль проедет за $t_1 = \frac{x_0}{v_0}$, участок $[2x_0; 3x_0]$ за $t_3 = \frac{x_0}{\frac{v_0}{2}} = 2 \frac{x_0}{v_0}$

на участке $[x_0; 2x_0]$:

~~$v = \frac{k}{x}; v_0 = \frac{k}{x_0} \Rightarrow k = v_0 x_0 \Rightarrow v(x) = \frac{v_0 x_0}{x}$~~

~~$\frac{dv}{dx} = -v_0 x_0 \frac{1}{x^2}$~~

~~$dv = -v_0 x_0 \frac{1}{x^2} dx$~~

~~$\frac{dv}{dt} = -v_0 x_0 \frac{1}{x^2} \frac{dx}{dt} \Rightarrow a = -v_0 x_0 \frac{v}{x^2} = -v_0^2 x_0 \frac{1}{x^3}$~~

$t_2 = \frac{x_0}{\bar{v}}$

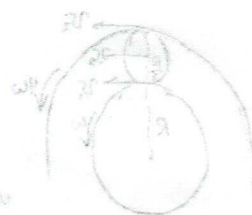
$v(x) = \frac{v_0 x_0}{x}$

$\bar{v} = \frac{\int_{x_0}^{2x_0} v(x) dx}{\int_{x_0}^{2x_0} dx} = \frac{v_0 x_0 \ln \frac{2x_0}{x_0}}{x_0} = v_0 \cdot \ln 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_2 = \frac{x_0}{v_0} \cdot \frac{1}{\ln 2}$

общее время $t_{AB} = \sum_{i=1}^3 t_i = \frac{x_0}{v_0} \left(3 + \frac{1}{\ln 2} \right)$

Ответ: $t_{AB} = \frac{x_0}{v_0} \left(3 + \frac{1}{\ln 2} \right)$



w1

m_0 - масса кирпича; он покатился, $3m_0 v = 4m_0 u \Rightarrow u = \frac{3}{4}v$ - скорость тележки с кирпичом; когда кирпич сбрасывают, импульс тележки сохраняется и она продолжает ехать с u

Ответ: 0,3 м/с

10

w2

ур. Менделеева-Клапейрона $PV = \nu RT \Rightarrow P_0 = \frac{\frac{m}{\mu} RT}{V} = \frac{PRT}{\mu}$ - давление у поверхности

$P = \text{const} \Rightarrow P_0 = \rho g_n h$, т.к. атмосфера тонкая

$$M_n = 0,103 \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}, R_n = 0,53 \cdot 6378 \cdot 10^3 \text{ м}$$

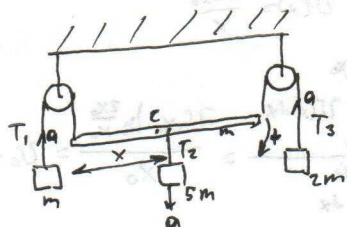
$$g_n = \frac{G M_n}{R_n^2} \approx 3,6 \text{ м/с}^2$$

$$P_0 = \rho g_n h = \frac{PRT}{\mu} \Rightarrow h = \frac{RT}{\mu g} \approx 15,7 \text{ км}$$

10

Ответ: 15,7 км

w3



пусть брусок поехал с ускорением a

по IIз Ньютона $ma = T_2 - T_3 - T_1$

$$T_2 = 5mg - 5ma$$

$$T_3 = 2mg + 2ma$$

$$T_1 = mg + ma$$

$$ma = 5mg - 5ma - 2mg - 2ma - mg - ma =$$

$$= 2mg - 8ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2}{9}g$$

1

чтобы брусок оставался горизонтальным, на него должен действовать момент $M=0$

пусть повесим груз на x от левого конца

относительно ц.м.:

$$M_c = m(g+a)x + 5m(g-a)\left(\frac{4}{2}-x\right) - 2m(g+a)\left(\frac{4}{2}-x\right) = 0$$

$$\frac{11}{9}x + 5 \cdot \frac{7}{9}\left(\frac{4}{2}-x\right) - 2 \cdot \frac{11}{9}\left(\frac{4}{2}-x\right) = 0$$

$$\frac{11}{9}x + \frac{35}{18}4 - \frac{35}{9}x - \frac{22}{9}4 + \frac{22}{9}x = 0$$

$$\frac{9}{18}4 =$$

$$5m(g-a)\left(\frac{4}{2}-x\right) = m(g+a)\frac{4}{2}$$

$$5 \cdot \frac{7}{9}\left(\frac{4}{2}-x\right) = \frac{11}{9} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\frac{35}{9}x - \frac{35}{18}4 = \frac{11}{18}4$$

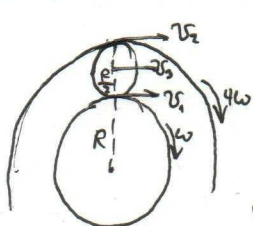
$$35x = 234$$

$$x = \frac{23}{35}4$$

Ответ: на расст. $\frac{23}{35}4$ от левого края, справа от середины

~~Скорость вращения~~ w7 (в.10.5)

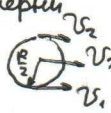
1)



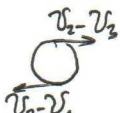
у зубьев сцепленных шестерней одинаковая скорость в точке сцепления

$$v_1 = \omega R, v_2 = \omega_2 \cdot 2R = 6\omega R$$

уговая скорость водила $\omega_B = \omega_{\text{центра сателлита}} \text{ отнес. центра солнечной шестерни}$



\Rightarrow перейдем в С.О. центра сателлита

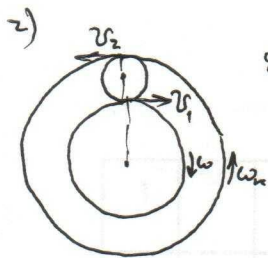


$$v_2 - v_1 = v_3 - v_1 = \omega_c \cdot \frac{R}{2}$$

$$6\omega R - v_3 = v_1 - \omega R \Rightarrow v_3 = \frac{8\omega R + \omega R}{2} = \frac{9}{2}\omega R$$

$$\omega_B = \frac{\frac{9}{2}\omega R}{\frac{3}{2}R} = 3\omega \quad \text{Ответ: } \omega_B = 3\omega$$

20



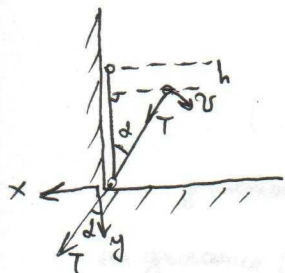
центр сателлита неподвижен $\Rightarrow v_1 = v_2 = \omega R$

$v_2 = \omega_k \cdot 2R$ для короткой шестерни

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

Ответ: $\omega_k = \frac{\omega}{2}$

W5



В процессе на шарик массой m действует сила со стороны стержня T , её работа $A_T = \int (\vec{T}, d\vec{s}) = 0$, т.к. $\vec{T} \perp d\vec{s}$ на протяжении всего движения по окружности \Rightarrow работает gc : $mgL = \frac{mv^2}{2} + mg(L-h) \Rightarrow v^2 = 2gh$

$$\cos \alpha = \frac{L-h}{L} = \frac{0.8}{1} = \frac{4}{5}; \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$a_{gc} = \frac{v^2}{L} = 2g \frac{h}{L} = 0.4g$ - центростремительное ускорение шарика

$$T = mg \cos \alpha - m a_{gc} = mg (\cos \alpha - \frac{h}{L}) = 0.4mg$$

с начала падения шарика $0.8 \leq \cos \alpha \leq 1$, $a_{gc} \leq 0.4g \Rightarrow$ второй шарик не отрывался от плоскостей, т.к. $T > 0$

$$T_x = T \sin \alpha = 0.24mg$$

$$T_y = T \cos \alpha + 2mg = 2.32mg$$

Ответ: $T_x = 0.24mg$, $T_y = 2.32mg$

16

W6

He	Ar
V_0	$2V_0$
P_0	P_0

в начальный момент времени

$$\frac{P_0 V_{He}}{P_0 V_{Ar}} = \frac{\gamma_{He} R T_0}{\gamma_{Ar} R T_0} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{\gamma_{He}}{\gamma_{Ar}} \Rightarrow \gamma_{Ar} = 4 \text{ моле}$$

поршень в равновесии $\Rightarrow P_{0He} = P_{0Ar}$

$$Q_1 \Rightarrow \begin{matrix} 2V_0 & V_0 \\ P_1 & P_1 \end{matrix} \Rightarrow Q_2$$

I нач. термодинамики

$$Q_1 = \Delta U_{He} + A_1 \Rightarrow A_1 = Q_1 - \Delta U_{He}$$

$$-Q_2 = \Delta U_{Ar} + A_2$$

(поршень теплоизолирован)

поршень невесомый и движется без трения $\Rightarrow A_1 = -A_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow -Q_2 = \Delta U_{Ar} - Q_1 + \Delta U_{He} \Rightarrow Q_1 = \Delta U_{Ar} + \Delta U_{He} + Q_2 = \frac{3}{2} (P_1 V_0 - P_0 2V_0) + \frac{3}{2} (P_1 2V_0 - P_0 V_0) + Q_2 = \frac{3}{2} P_1 V_0 - \frac{3}{2} P_0 V_0 + Q_2$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(PV), \text{ т.к. для 1-атомного газа } i=3$$

$$P_{He} = P_{Ar}$$

$$\gamma_{He} R T_0$$

5