

501044

Шифр

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Максимов Андрей Сергеевич

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, 1580

Регистрационный номер 1926

Вариант задания 1

Дата проведения « 1 » марта 2020 г.

Подпись участника ЛД

92 (девятьсот два) балла

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

501044

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	10	5	16	16	15	20				22

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

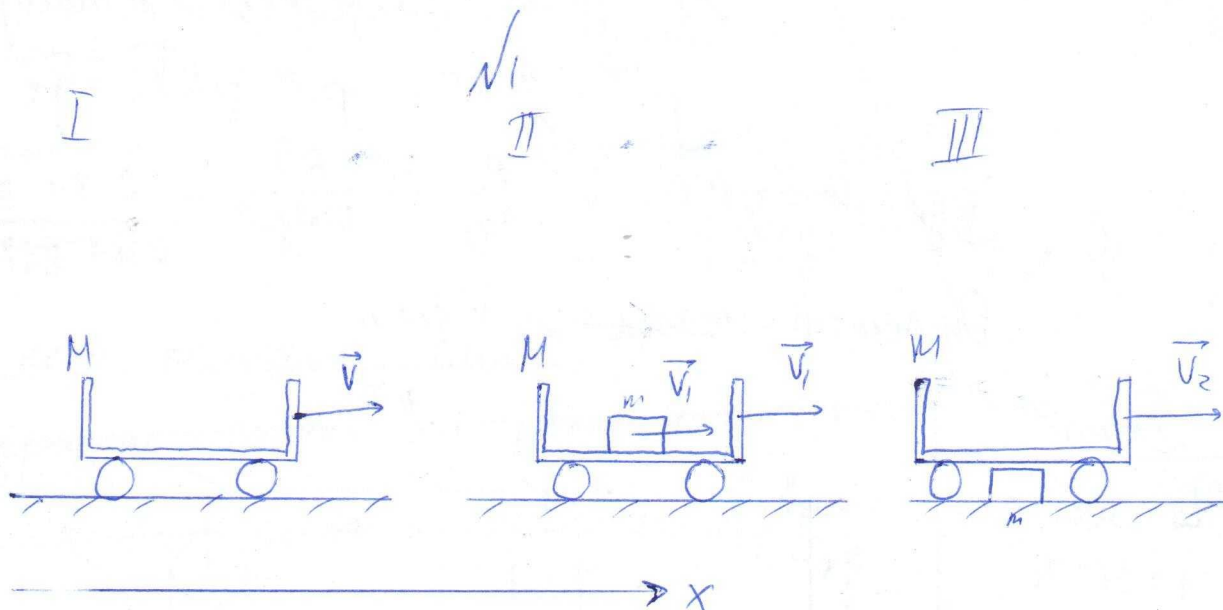
Дано:

$$v = 0,4 \text{ м/с}$$

$$M = 3m$$

$$L = 10 \text{ с}$$

$$v_2 = ?$$



В момент выскочки кирпича его скорость будет той же, что и в момент II \Rightarrow

\Rightarrow после II, но до III запишем ЗСИ:

$$\text{ОХ: } (M+m)v_1 = Mv_2 + mv_2 \Rightarrow \boxed{v_1 = v_2}$$

~~Запишем ЗСИ для моментов I-II:~~

$$\text{ОХ: } \cancel{Mv = (M+m)v_1}, \quad \cancel{3mv = 4mv_1} \Rightarrow v_1 = \frac{3}{4}v = \frac{3}{4} \cdot 0,4 = 0,3 \text{ м/с} = v_2$$

Запишем ЗСИ для I-II:

$$\text{ОХ: } Mv = (M+m)v_1, \quad 3mv = 4mv_1, \quad v_1 = \frac{3}{4}v = \frac{3}{4} \cdot 0,4 = 0,3 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_2 = 0,3 \text{ м/с}$

Ответ: $v_2 = 0,3 \text{ м/с}$

10

Дано:

$$\rho = \text{const.}$$

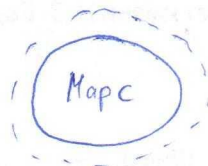
$$M = 44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}} \cdot \text{м}$$

$$T = 300 \text{ К}$$

$$M_{\text{Марс}} = M_3 \cdot 0,103$$

$$Q_M = Q_3 \cdot 0,53$$

$$h = ?$$



№2

$$g_3 = G \frac{M_3}{R_3^2} ; g_M = G \frac{M_M}{R_M^2}$$

$$Q_M = Q_3 \cdot 0,53 \Rightarrow R_M = 0,53 R_3$$

$$M_M = 0,103 M_3$$

$$g_M = \frac{0,103}{0,53^2} \cdot G \frac{M_3}{R_3^2} = \frac{0,103}{0,53^2} \cdot g_3 \approx 0,364 g_3$$

По ур-ю Менделеева-Клайперона:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT ; pM = pRP, \text{ где } p = \rho g h$$

$$\rho g h M = pRP. \quad h = \frac{RP}{Mg_M} = \frac{RP}{0,364 g_3 M} = \frac{8,31 \cdot 300}{0,364 \cdot 9,87 \cdot 44 \cdot 10^{-3}} \approx 15642 \text{ м}$$

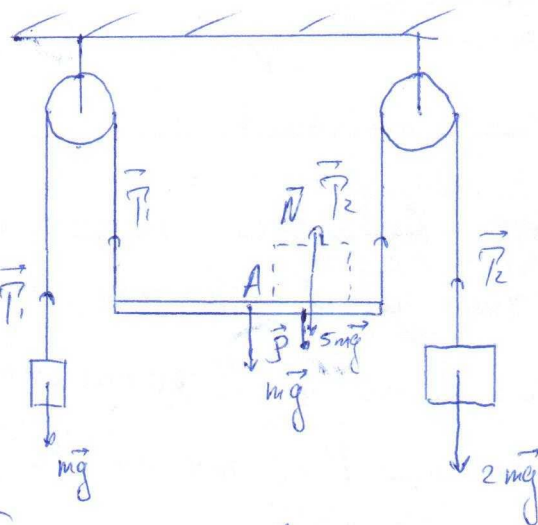
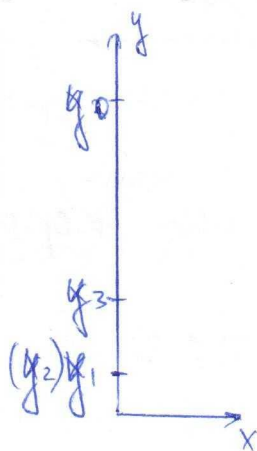
$$\text{Ответ: } h \approx 15642 \text{ м}$$

Дано:

$$L = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$g = 9,87 \text{ м/с}^2$$

$$x = ?$$



Чтобы брусок оставался горизонтальным,

то для его центра масс (м.А) должно выполняться условие равновесия: $\sum_{i=1}^n M_{Fi} = 0. \Rightarrow T_2 \cdot \frac{L}{2} - T_1 \cdot \frac{L}{2} + 5mg \cdot x = 0.$

Если $x < 0$, то груз 5 м

слева от середины бруска, иначе справа

$$-T_2 L + T_1 L = 5mgx \quad (1)$$

Запишем динамическое уравнение движения ~~бруска~~ грузиков на ось:

$$\begin{cases} T_1 - mg = ma_{1y} \\ T_2 - 2mg = 2ma_{2y} \end{cases} :$$

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

$$T_1 - T_2 + mg = 0$$

$$T_1 - T_2 = -mg \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$L(-mg) = 5mgx;$$

$$-L = 5x$$

$$x = -\frac{L}{5} \Rightarrow$$

\Rightarrow груз надо подвесить слева

от середины бруска на расстоянии $x = \frac{30}{5} = 6 \text{ см}$

Ответ: $x = 6 \text{ см}$, слева от середины бруска.

Дано:

$$V(x), x_0, V_0$$

$$x_A = 0$$

$$x_B = 3x_0$$

$$x \in [x_0, 2x_0] \quad v \propto \frac{1}{x}$$

$$t_{AB} = ?$$

$$t_{AB} = t_I + t_{II} + t_{III}$$

$$I, III - v = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = vt$$

$$S_I = x_0 = v_0 \cdot t_I;$$

$$t_I = \frac{x_0}{v_0}$$

$$S_{III} = 3x_0 - 2x_0 = x_0 = \frac{v_0}{2} \cdot t_{III};$$

$$t_{III} = \frac{2x_0}{v_0}$$

$$II: \quad v = \frac{\alpha}{x}; \quad v = \frac{dx}{dt}; \Rightarrow x \cdot dx = \alpha dt;$$

$$\int_{x_0}^{2x_0} x dx = \int_0^{t_{II}} \alpha dt; \quad \frac{4x_0^2}{2} - \frac{x_0^2}{2} = \alpha t_{II}; \quad \frac{3x_0^2}{2} = \alpha t_{II}.$$

$$t_{II} = \frac{3x_0^2}{2\alpha}$$

$$t_{AB} \quad \text{Выясним } \alpha: \quad v = \frac{\alpha}{x}; \quad \alpha = xv = x_0 v_0.$$

$$t_{AB} = \frac{x_0}{v_0} + \frac{3x_0}{2v_0} + \frac{2x_0}{v_0} = \frac{x_0}{v_0} (3 + 1,5) = \frac{9x_0}{2v_0}; \quad \text{Ответ: } t_{AB} = \frac{9x_0}{2v_0}$$

Затем кин. связь
матей:

$$L_1 = x_1 + x_3 - x_0$$

$$y_1 + y_0 + y_3 - y_0$$

$$L_1 = y_1 + y_3 - 2y_0 = \text{const}$$

$$\ddot{L}_1 = 0 = a_{1y} + a_{3y}$$

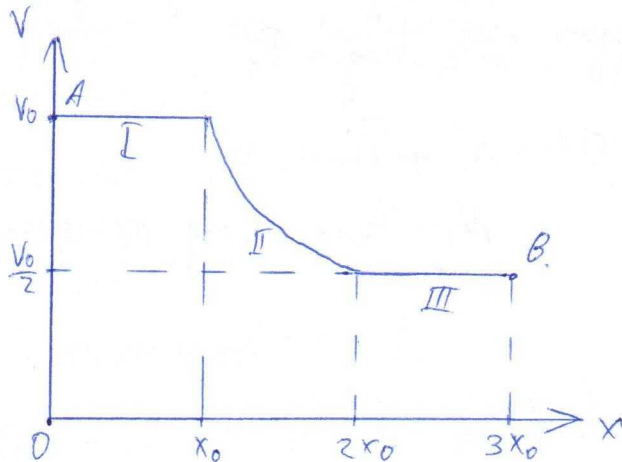
$$L_2 = y_2 - y_0 + y_3 - y_0 = \text{const}$$

$$\ddot{L}_2 = a_{2y} + a_{3y} = 0$$

$$a_{1y} + a_{3y} = a_{2y} + a_{3y} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_{1y} = a_{2y} = -a_{3y}$$

$\sqrt{4}$



16

Дано:

$$L, m, g$$

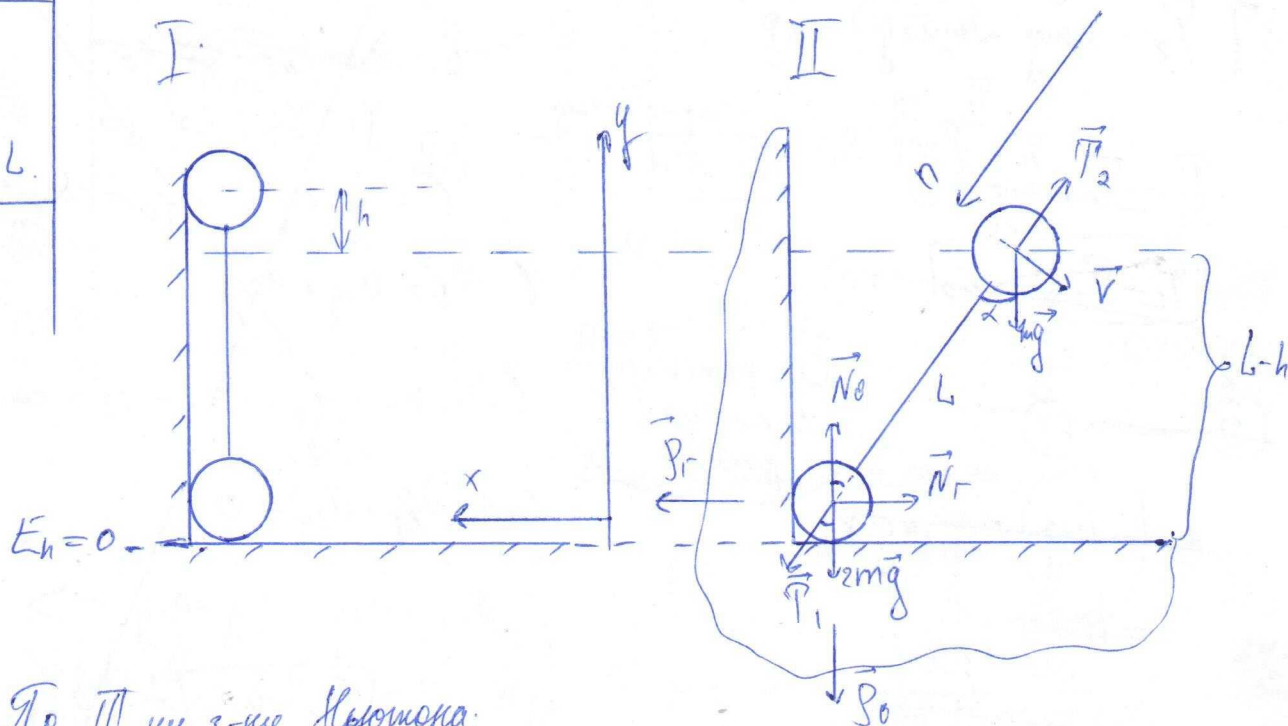
$$h = 0,2L$$

$$r_1 = r_2 = r \ll L$$

~~Найти:~~

$$P_r, P_o = ?$$

№5.



По III му з-ку Ньютона:

$$\vec{N}_0 = -\vec{P}_0; \vec{N}_r = -\vec{P}_r$$

$$\vec{P}_1 = -\vec{P}_2; \Rightarrow P_1 = P_2 = T$$

$$Oy: N_0 - 2mg - T \cos \alpha = 0;$$

$$N_0 = 2mg + T \cos \alpha = 2mg + 0,4mg \cdot 0,8 =$$

$$= 2,32mg = P_0.$$

$$Ox: -N_r + T \sin \alpha = 0.$$

$$N_r = T \sin \alpha = 0,4mg \cdot 0,6 = 0,24mg =$$

$$= P_r$$

Запишем динамическое ур-е
дв-х шариков на оси:

$$Ox: mg \cos \alpha - T = ma_n, \text{ где } a_n = \frac{v^2}{L}$$

П.к. $\vec{T}_2 \perp \vec{v}$ в любой момент t
в промежутке I и II состоянием, то
справедливо ЗСЗ:

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

$$mgh = \frac{mv^2}{2}; v^2 = 2gh = 0,4gL$$

$$mg \cos \alpha - T = m \cdot \frac{0,4gL}{L} = 0,4mg, \text{ где}$$

$$\cos \alpha = \frac{L-h}{L} = \frac{0,8L}{L} = 0,8 = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5} = 0,6.$$

$$0,8mg - T = 0,4mg; \boxed{0,4mg = T}$$

Ответ: $P_r = 0,24mg; P_o = 2,32mg$

16

501044

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

№6.

Дано:

$$V_1 = 2 \text{ моль}$$

$$M_1 = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M_2 = 40 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

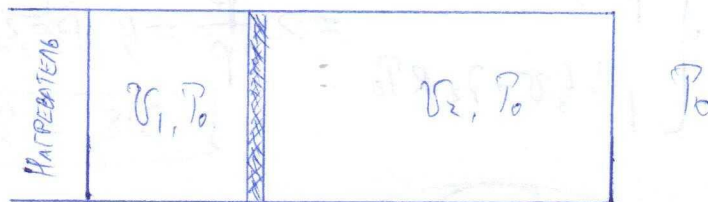
$$P_0, \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$$

$$V_3 = 2V_1$$

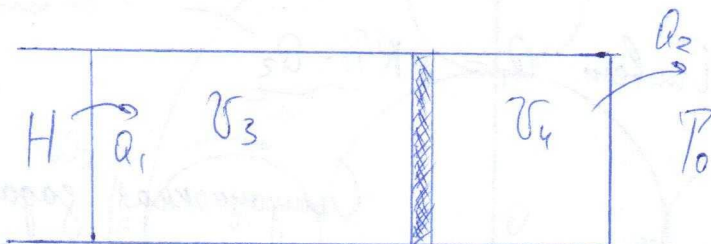
$$Q > Q_2, P_{\text{возд}} = \text{const} = P_0$$

$$Q_1 = ?$$

I



II.



П.к. в обоих состояниях перегородка неподвижна, то I: $p_1 = p_2 = p$; II: $p'_1 = p'_2 = p'$

Пусть общий объём сосуда = V , тогда

$$V = V_1 + V_2 = V_3 + V_4$$

$$V_2 = 2V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{1}{3}V; V_2 = \frac{2}{3}V$$

$$V_3 = 2V_1 = \frac{2}{3}V \Rightarrow V_4 = \frac{1}{3}V$$

П.к. Ar может свободно перемещаться между \leftarrow воздухом, то в II состоянии $P'_2 = P_0$.

По I му началу П.Д:

$$Q_1 = \Delta U_1 + A_1, \text{ где } \Delta U_1 = \frac{3}{2} V_1 R (P'_1 - P_0), \text{ а } A_1 = -A_2$$

$$Q_2 = \Delta U_2 + A_2, \text{ где } \Delta U_2 = 0 (P'_2 = P_2 = P_0) \Rightarrow Q_2 = A_2; A_1 = -Q_2$$

$$Q_1 = \frac{3}{2} \gamma_1 R (T_1' - T_0) + (-Q_2)$$

По ур-ю Менделеева - Виланейрона:

$$\begin{cases} P'v_1 = \gamma_1 R T_0 \\ P'v_3 = \gamma_1 R T_1 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p \cdot \frac{1}{3} v = \gamma_1 R P_0 \\ p' \cdot \frac{2}{3} v = \gamma_1 R P_1' \end{array} \Rightarrow \frac{2p'}{p} = \frac{P_1'}{P_0}, \quad P_1' = P_0 \cdot \frac{2p'}{p} \right\} \Rightarrow P_1' = P_0 \cdot \frac{4p}{p} = 4P_0$$

$$\begin{cases} p \cdot \frac{2}{3} V = \gamma_2 R T_0 \\ p' \cdot \frac{1}{3} V = \gamma_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{p'}{2p} = 1, \quad p' = 2p$$

$$Q_1 = \frac{3}{2} \gamma_1 R \cdot 3T_0 - Q_2 = \frac{9}{2} \gamma_1 R T_0 - Q_2 = 9 R T_0 - Q_2$$

Answer: $Q_1 = 9R\bar{T}_0 - Q_2$

Дано:

 ω, R
$$w_f = ?$$
$$w_2 = ?$$

Я.к. передача
сделана из шестерёнок,
то можно говорить,
что проскальзывания
нет.

I: r - радиус
сечения \Rightarrow

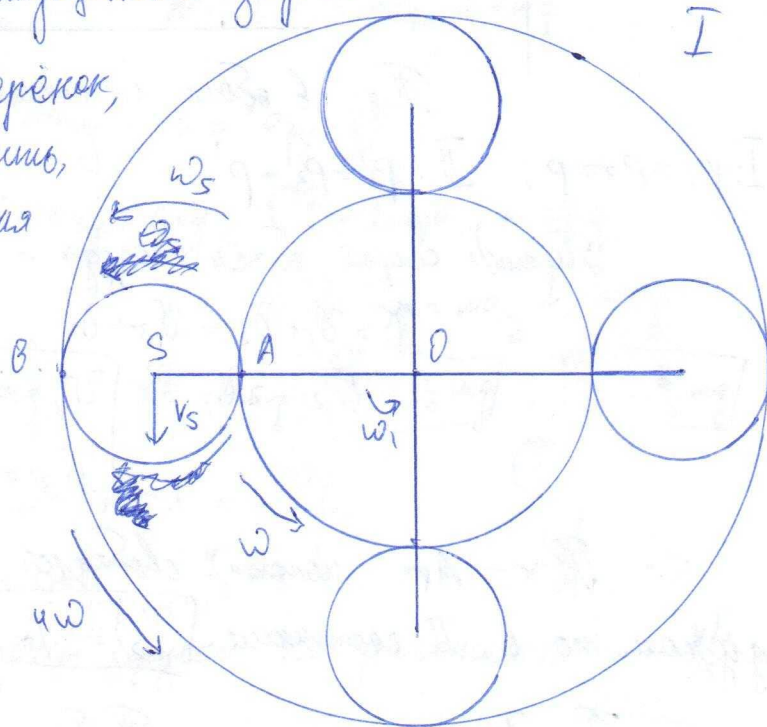
$$\Rightarrow r = \frac{2R - R}{2} = \frac{R}{2}$$

Отк. водила верно
уравнение:

$$w_1(R+r) = V_3$$

$$\omega_1 = \frac{2V_S}{3R}$$

Ситуационная задача №10.5



Будем считать направление против часовой стрелки положительным, иначе — отрицательным.

Тогда, найдём v_B :

$$v_B = 4\omega \cdot 2R = 8\omega R$$

$$v_A = \omega R$$

с другой стороны по 3-ку сложения скоростей:

$$\begin{cases} v_B = v_S + \omega_S \frac{R}{2} \\ v_A = v_S - \omega_S \frac{R}{2} \end{cases}$$

$$v_B - v_A = \omega_S R; \quad 4\omega R = \omega_S R; \quad \omega_S = 4\omega$$

$$v_S = \underbrace{8\omega R}_{v_B} - \underbrace{4\omega \cdot \frac{R}{2}}_{\omega_S \frac{R}{2}} = \frac{9}{2} \omega R$$

$$\boxed{\omega_1 = \frac{2}{3R} \cdot \frac{9}{2} \omega R = 3\omega}$$

II:

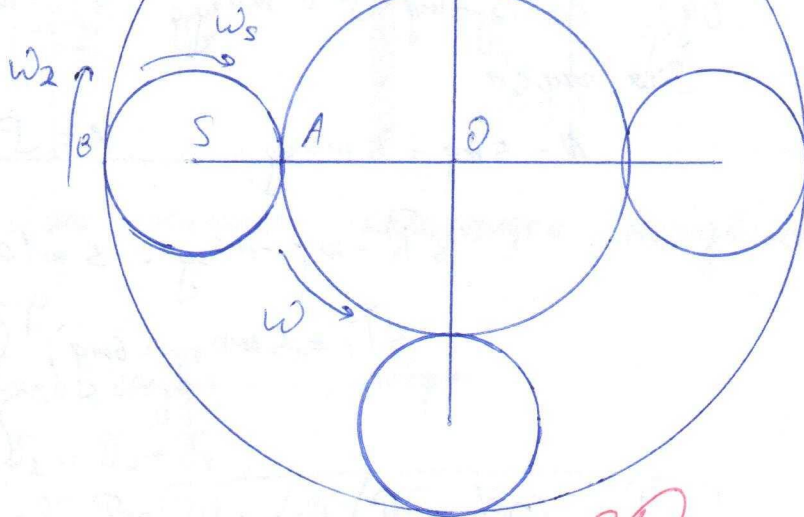
$$v_A = \omega R$$

$$|v_B| = 2\omega_2 R$$

Данн. м. S:

$$|v_A| = |v_B| = |\omega_S R| = \omega_S R$$

$$\Rightarrow \omega R = 2\omega_2 R; \quad \omega_2 = \frac{\omega}{2}$$

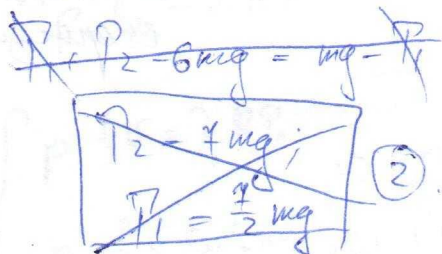


20

Ответ: $\omega_1 = 3\omega; \quad \omega_2 = \frac{\omega}{2}$

Запишем дик-е ур-е дв-я бруска на оу: №3 (продолжение)

$$\begin{cases} P_1 + P_2 - 6mg = m a_{3y} \\ P_1 - mg - m a_{1y} = -m a_{3y} \end{cases}$$



Запишем кин. св-ва:

$$\begin{aligned} L_1 &= y_0 - y_1 + y_0 - y_3 = \text{const} \\ \dot{L}_1 &= 0 = -a_{1y} - a_{3y}; \quad a_{1y} = -a_{3y} \\ L_2 &= y_0 - y_3 + y_0 - y_2 = \text{const} \\ \dot{L}_2 &= -a_{3y} - a_{2y} = 0; \quad a_{2y} = -a_{3y} \end{aligned} \Rightarrow \boxed{a_{1y} = a_{2y} = -a_{3y}}$$

$$\textcircled{2} \rightarrow \textcircled{1}: L(P_1 - P_2) = 5mgx; \quad L\left(\frac{4}{3}mg - 4mg\right) = 5mgx$$

$$-\frac{4mgL}{3} = 5mgx$$

$x = -\frac{4L}{15} \rightarrow$ груз будет слева от середины

на расстоянии $x = \frac{4L}{15} = \frac{4 \cdot 30}{15} = 8 \text{ см}$

По III закону Ньютона $\vec{N} = -\vec{P}$;

оу: $P_1 + P_2 - mg - P = m a_{3y}; \quad 3P_1 - mg - m a_{3y} = P$

Для груза:

$$N - 5mg = 5m a_{3y}; \quad N = P = 5m a_{3y} + 5mg$$

$$3P_1 - mg - m a_{3y} = 5m(a_{3y} + g)$$

$$3P_1 = 6m a_{3y} + 6mg; \quad \begin{cases} P_1 = 2m a_{3y} + 2mg \\ P_1 - mg = m a_{1y} = -m a_{3y} \end{cases}$$

$$P_1 = 2(mg - P_1) + 2mg; \quad 3P_1 = 4mg; \quad \boxed{P_1 = \frac{4}{3}mg}; \quad \boxed{P_2 = \frac{8}{3}mg}$$

$$\textcircled{2} \rightarrow \textcircled{1}: L(P_1 - P_2) = 5mgx = -P_1 L.$$

$$5mgx = -\frac{4}{3}mgL; \quad x = -\frac{4L}{15} \Rightarrow$$

груз будет слева от середины бруска на расстоянии $x = \frac{4L}{15} = \frac{4 \cdot 30}{15} = 8 \text{ см}$

Ответ: $x = 8 \text{ см}$, слева от середины бруска.