



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Роборест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шутило Павел Сергеевич
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

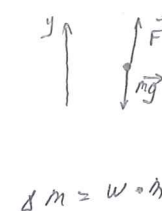
«12» апреля 2025 года

Подпись участника

Шутило

84-56-71-19
(154.2)

Дано:
 $\Delta t = 10 \text{ c}$
 $W = 1\%$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 U



$\Delta m = W \cdot m$

$F + mg = 0$
 $F - mg = 0 \rightarrow$
 $F = \frac{\Delta m U}{\Delta t}$
 $F = + \frac{\Delta m U}{\Delta t}$

$\frac{\Delta m U}{\Delta t} - mg = 0$

$U = \frac{mg \Delta t}{\Delta m}$

$U = \frac{mg \Delta t}{Wm} = \frac{g \Delta t}{W} = \frac{100}{0.01} = 10000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: $U = 10000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Дано: $m_T = 0,5 \text{ м}$
 $T_0 = 5000 \text{ c}$
 $I = 10 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $g = 10$
 $T; t$

Круговый
движение



$v_0 = \frac{2\pi R}{T}$

По окруж. н. в. $\rightarrow 1 \rightarrow 0$
 $m \vec{a}_n + \vec{F}_{n0} = 0$

$\frac{v_0^2}{R} = \frac{G m_2 \cdot m}{R^2 \cdot m} = g$

$\left(\frac{2\pi R}{T_0}\right)^2 = \frac{G \cdot m_2}{R}$
 $T_0^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{G m_2}$

$\frac{4\pi^2 R}{T_0^2} = \frac{G m_2}{R^2}$

полар
на орбите расход $\min \rightarrow F_{\min}$
 считаем оптимальный угол φ , когда

$\sin \varphi - \cos \varphi = \max$

$\cos(90 - \varphi) - \cos \varphi = \max$

$-2 \sin\left(\frac{90 - \varphi + \varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{90 - 2\varphi}{2}\right) = \max$

$-2 \sin(45 - \varphi) = \max \rightarrow \sin(45 - \varphi) = -1 \rightarrow \varphi = 135^\circ$ - оптимальный угол.

поларная



$\rightarrow$ есть гравитация $\rightarrow m \neq \text{const} \rightarrow$
 пусть масса спутника вращается вокруг точки
 $= m k$, где $k \in [0, 1]$
 без топлива - полярная дж

$s = \frac{2\pi R}{T}$

$\alpha = 45^\circ$

$\vec{F}_{\text{грав}} + \vec{F}_n = 0$

$k \cdot m a_y = \frac{s^2}{R} \cdot m \cdot R$

$F_n = \frac{G \cdot m \cdot m_2 \cdot k}{2R^2}$

$(\Delta R^2 + R^2)^2$

$F = \frac{\Delta m \cdot U}{\Delta t}$

$\Delta m = m(1 - k) \leftarrow$ допустим в конце
 точки, в которой окажется спутник в-д
 время T после начала движения.
 $\Delta t = T$ $F = \frac{m(1 - k) U}{T}$

$\text{Oy: } \sin \varphi \cdot F - F_n \cos \varphi = 0$

$\text{Ox: } \cos \varphi \cdot F - F_n \sin \varphi + m k \cdot a_y = 0$ - мог стать по оси

$\sin \varphi F - \cos \varphi F - F_n \sin \varphi + F_n \cos \varphi + m k \cdot a_y = 0$

$F(\sin \varphi - \cos \varphi) - m k a_y = 0$

$F_{\min} = \frac{m k \cdot a_y}{(\sin \varphi - \cos \varphi)_{\max}}$

так куда направлена
сила реакт. тяги?

Возвращаемся к Ox :

$$J = \frac{2\pi R}{T}$$

$$Oy: F_n \sin \alpha = F \sin \varphi$$

$$F = \frac{F_n \sin \alpha}{\sin \varphi}$$

$$\frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} = -1$$

$$\cos \varphi = -F_n \sin \alpha$$

$$\cos \varphi F - F_n \cos \alpha + m \cdot a_y = 0$$

$$\cos \varphi \cdot U \cdot \frac{m(1+k)}{T} - \frac{k \cdot G \cdot m_1 \cdot m_2}{2R^2} \cos \alpha + m \cdot \frac{v^2}{R} = 0 \quad | :m$$

$$\cos \varphi U \frac{1-k}{T} - k \cdot \frac{4\pi^2 R}{T_0^2 \cdot 2} \cos \alpha + k \cdot \frac{2\pi^2 R^2}{RT^2} = 0$$

$$\cos \varphi U \frac{1-k}{T} - k \cdot \frac{2\pi^2 R}{T_0^2} \cos \alpha + \frac{k \cdot 4\pi^2 R^2}{T^2} = 0$$

$$-\frac{F_n}{m} =$$

$$-\frac{F_n \sin \alpha}{m} - \frac{k \cdot 2\pi^2 R}{T_0^2} \cos \alpha + \frac{k \cdot 4\pi^2 R^2}{T^2} = 0$$

$$-\frac{k \cdot 2\pi^2 R}{T_0^2} \sin \alpha - k \cdot \frac{2\pi^2 R}{T_0^2} \cos \alpha + \frac{k \cdot 4\pi^2 R^2}{T^2} = 0 \quad | : 2\pi^2 R$$

$$-\frac{1}{T_0^2} \sin \alpha - \frac{1}{T_0^2} \cos \alpha + \frac{2}{T^2} = 0$$

$$\frac{2}{T^2} = (\cos \alpha + \sin \alpha) \cdot \frac{1}{T_0^2}$$

$$2T_0^2 = T^2 (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$T = \sqrt{\frac{2T_0^2}{\cos \alpha + \sin \alpha}} \quad \text{E} \sqrt{5000} \sqrt{\frac{1}{0.8}}$$

$$T_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{2.16}} = T_0 \cdot \sqrt{2} = 5000 \cdot \sqrt{2}$$

$$T = 5946,035 \text{ c} \approx 5946 \text{ c}$$

$$\sin \varphi F - F_n \sin \alpha = 0$$

$$\sin \varphi U \frac{m(1+k)}{T} - \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{2R^2} \sin \alpha = 0 \quad | :m$$

$$\sin \varphi U \frac{1-k}{T} - \frac{k}{2} g \sin \alpha = 0$$

$$\frac{\sin \varphi U}{T} = \frac{k}{2} g \sin \alpha + \frac{k}{T} \sin \varphi U$$

$$\frac{\sin \varphi U}{T \left(\frac{g}{2} \sin \alpha + \frac{\sin \varphi U}{T} \right)} = k$$

$$k = \frac{\frac{1}{0.2} \cdot 10 \cdot 10^2}{5946 \left(\frac{9.8}{2} \cdot \frac{1}{0.2} + \frac{10 \cdot 10^2}{52 \cdot 5946} \right)} = 9.25169$$

$k \approx 10,5; 9,5$
 следовательно, спутник
 должен не хватить топлива
 на полный оборот по
 локаторной орбите

Будет лететь, пока
 $1 > k > 0,5$

$$k = 0,5 + 0,5 U$$

$$\frac{9,5}{2,5} U = 1$$

$$U = 0,2 U = 0,2 \cdot 10^4 = 2000 \text{ c}$$

$$\frac{U}{1 + \frac{k}{2}} = 0,8$$

$$U_{\text{летит}} = 5946 \text{ c}; 2000 \text{ c}$$

84-56-71-19
(1542)

Дано: $V_1 = V_2$
 $t_1 = 27^\circ\text{C}$
 $t_2 = 97^\circ\text{C}$
 $m_1 = 20\text{ г}$
 $m_2 = 25\text{ г}$, $\mu_1 = \mu_2$

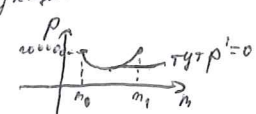
$PV = \nu RT$ $P_1 = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{m_1 RT_1}{\mu_1 V_1}$
 $P_2 = \frac{m_2 RT_2}{\mu_2 V_2}$
 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2 RT_2}{m_1 RT_1} \cdot \frac{\mu_1 V_1}{\mu_2 V_2} = \frac{0,025 \cdot 330}{0,02 \cdot 300} = \frac{5,175}{4} \approx 1,294$
 $\Rightarrow 139,5 \rightarrow 37,5\%$

Ответ: 37,5%

Дано: $V = \text{const}$
 $P_0 = 200\text{ кПа}$
 $m_0 = 1\text{ кг}$
 $m_1 = 3\text{ кг}$
 $P_{\min}; m_2$

$T(m) = \frac{T_0}{4} \left(1 + 3 \frac{m_0^2}{m^2} \right)$
 $PV = \nu RT \Rightarrow P = \frac{\nu RT}{V} = \frac{R m T_0}{\mu V} \left(1 + 3 \frac{m_0^2}{m^2} \right) = \frac{P_0 m}{m_0} \left(1 + 3 \frac{m_0^2}{m^2} \right)$
 $P_0 = \frac{m_0 R T_0}{\mu V}$
 $\frac{T_0}{\mu V} = \frac{P_0}{m_0 R}$
 $\frac{P_0}{m_0} = 4 = 80000$
 $3 m_0^2 = 9 = 3$

$P_0 \min \Rightarrow P' = 0$
 или отсюда крайних точек
 $P' = \left(k m_1 \left(1 + \frac{q}{m_1^2} \right) \right)' = \left(k m_1' \left(1 + \frac{q}{m_1^2} \right) + k m_1 \left(-\frac{q}{m_1^3} \right) \right)' = 0$
 $P' = k \left(1 + \frac{q}{m_1^2} \right) + k m_1 \left(-\frac{q}{m_1^3} \right) = 0$

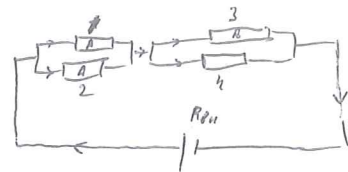
$k m_1^2 + k q - 2 q k = 0$
 $m_1^2 = 2q - q = q$
 $m_1 = \sqrt{q} = \sqrt{3}$
 $\Rightarrow P_1$ или $P_0 = P_{\min}$
 $P_1 = \frac{200000 \cdot 3 \left(1 + 3 \frac{1}{3} \right)}{4} = 200000$
 функция имеет вид


Сюда! При этой массе $P' = 0 \Rightarrow P - \min$.
~~Вывод на основании того, что функция имеет вид U-образной, поэтому минимум находится в точке, где производная равна нулю.~~

$P_{\min} = \frac{P_0 m_2 \left(1 + 3 \frac{m_0^2}{m_2^2} \right)}{m_0} = 193205,0808\text{ Па}$

Ответ: $P_{\min} = 193205,0808\text{ Па}$; $m_2 = \sqrt{3}\text{ кг}$

~ 3. 1.



$$I = \frac{U_{RH}}{R_{общ}} = 5 \text{ A}$$

$$\Delta P \leq 0,05 \text{ A}$$

$$I_1 + I_2 = I = I_3 + I_4$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R = R_{12} + R_{34} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} + R_{общ}$$

$$U_{12} + U_{34} = U = RI$$

$$\frac{U_{12}}{I} = R_{12}$$

$$U_{12} = R_{12} I = \left(\frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 5 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ B}$$

$$I_1 = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ A}$$

$$U_{34} = R_{34} \cdot I = \frac{500}{100+100} \cdot 5 = \frac{500}{200} = 2,5 \text{ B}$$

$$I_3 = \frac{500}{100+100} \cdot 5 = 2,5 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{500}{100+100} \cdot 5 = 2,5 \text{ A}$$

Отв. $I_{1x} = 2 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$; $I_{2x} = 2 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$; $I_{3x} = 2,5 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$; $I_{4x} = 2,5 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$

~ 3. 2.

Дано: $R_A = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$
 $R_B = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$
 $R_C = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$
 $\Delta < 0,05 \%$

$r = 10 \text{ м}$

$\xi = 4 \text{ В}$

$R_1 = 80 \text{ м}$

$R_2 = 240 \text{ м}$

$R_3 = 240 \text{ м}$

$R_4 = 40 \text{ м}$

I_1 полярность

$$I = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{44}{1} = 44 \text{ A}$$

задача 3 не решена

0,05 В

Отв. 44 A ;

84-56-71-19
(154.2)

Черновики КЕТ

Дано:
 $F = 0,5 \text{ м}$

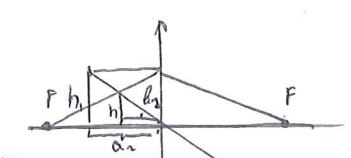
$a \in (F, 2F) \rightarrow (0,5 \text{ м}, 1 \text{ м})$

Ответ: лобиком, действительно, а не (0,5 м, 1 м)

Дано:
 $a_1 = 0,6 \text{ м}$
 $b_1 = 2 \text{ м/с}$
 $v_1 = 4 \text{ м/с}$
 $a_2 = 0,3 \text{ м}$

v_2

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{1,2} = \frac{3}{1,2} = 2,5 \rightarrow F = 0,4$



$\frac{1}{F} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2}$
 $\frac{1}{0,4} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{1,2} \rightarrow a_2 = 1,2 \text{ м}$

$\frac{1}{v_2} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2}$
 $\frac{1}{v_2} = \frac{1}{0,3} + \frac{1}{1,2} = \frac{4}{1,2} = \frac{10}{3}$
 $v_2 = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ м/с}$

Ответ: $0,3 \text{ м/с}$

решено верно