

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 10-01
Часть 1

1. Пусть V_0 - начальная скорость. Пусть A - точка броска, B - точка максимального подъема, C - точка столкновения. Пусть время $t_{AC} = t_{BC} = \tau$. Тогда $t_{AB} = 2\tau$, $t_{ABC} = 3\tau$.

$$1) H = V_0 \cdot 3\tau - \frac{1}{2}g(3\tau)^2, \quad H = V_0\tau - \frac{1}{2}g\tau^2. \text{ Отсюда } \tau = \sqrt{\frac{2H}{3g}}.$$

$$2) V_0 = g \cdot 2\tau = 2\sqrt{\frac{2}{3}gH}. \quad 3) S = H + 2 \cdot \frac{1}{2}g\tau^2 = \frac{5}{3}H. \quad \text{Задачу можно решить и другими способами.}$$

2. Плотность шара $\rho_0 = 3\rho$, его объем $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $r = 2R$ - расстояние от центра шара до оси вращения.

$$1) N_1 = \rho_0 Vg - \rho Vg = (\rho_0 - \rho)Vg = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho g.$$

2) Горизонтальная составляющая силы Архимеда $F_{A1} = \rho V \cdot \omega^2 r$. Вертикальная составляющая силы Архимеда $F_{A2} = \rho Vg$. На шар действуют еще сила давления N_2 со стороны дна, сила Q со стороны стенки и сила тяжести, равная $\rho_0 Vg$. По второму закону Ньютона для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A1} + Q \sin \alpha = \rho_0 V \cdot \omega^2 r$, $F_{A2} + N_2 - \rho_0 Vg - Q \cos \alpha = 0$. Отсюда, с

учетом выражений для ρ_0 , V и r , находим $N_2 = (\rho_0 - \rho)V \left(\frac{\omega^2 r}{\tan \alpha} + g \right) = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho (\omega^2 R + g)$.

3. Обозначим $T = 354$ К, $P_H = 0,5 \cdot 10^5$ Па, V_1 - начальный объем.

$$1) \text{ При сжатии часть пара превратится в воду и пар станет насыщенным. } P_1 = \frac{P_H}{1,8} \approx 0,28 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$2) P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT. \quad V_1 = \frac{m}{\mu} \frac{RT \cdot 1,8}{P_H}. \quad \text{Конечный объем } V_2 = \frac{V_1}{3,5} = \frac{m}{\mu} \frac{RT \cdot 1,8}{P_H \cdot 3,5} \approx 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 5,0 \text{ л.}$$

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 10-01
Часть 2

$$4. 1) \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}(g \sin \alpha)t_1^2. \quad \text{Тогда } t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

2) Пусть $M = 3m$ - масса клина, a - ускорение клина, a_0 - ускорение шайбы относительно клина, N - сила нормальной реакции клина на шайбу. Ускорение шайбы равно сумме переносного (ускорения клина) и относительного ускорений. Уравнение движения для клина в проекциях на горизонтальную ось $F - N \sin \alpha = Ma$. Уравнение движения для шайбы в проекциях на нормаль к поверхности клина

$$N - mg \cos \alpha = ma \sin \alpha. \quad \text{Отсюда } a = \frac{F - mg \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} = \frac{19}{42}g.$$

$$3) \text{ Уравнение движения для шайбы в проекциях на ось вдоль поверхности клина } mg \sin \alpha = m(a_0 + a \cos \alpha). \quad \text{Тогда } a_0 = g \sin \alpha - a \cos \alpha = \frac{5}{21}g. \quad \text{Относительно клина } \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}a_0 t_2^2.$$

$$\text{Отсюда } t_2 = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{14H}{g}}.$$

$$5. 1) PV = \nu RT, \quad (P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nu R(T + \Delta T). \quad \text{Отсюда } \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} \approx \frac{\Delta T}{T}. \quad \text{У нас}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = 0,02, \quad \frac{\Delta V}{V} = -0,01. \quad \text{Тогда } \frac{\Delta T}{T} = 0,01, \quad \text{температура увеличилась на 1\%.}$$

$$2) \Delta Q = \Delta U + \Delta A. \quad \Delta U = \nu \frac{3}{2} R \Delta T, \quad \Delta A = P \Delta V. \quad \text{Тогда } \frac{\Delta Q}{\Delta A} = \frac{3}{2} \left(\frac{\Delta P / P}{\Delta V / V} + 1 \right) + 1 = -\frac{1}{2}.$$

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 10-02
Часть 1

1. Пусть A – точка броска, B – точка максимального подъема, C – точка столкновения. Пусть время $t_{AC} = t_{BC} = \tau$. Тогда $t_{AB} = 2\tau$, $t_{ABC} = 3\tau$.

$$1) V_0 = g \cdot 2\tau, \quad \tau = \frac{V_0}{2g}, \quad t = 3\tau = \frac{3V_0}{2g}.$$

$$2) x = \frac{3\tau}{\tau} = 3. \quad 3) H = V_0\tau - \frac{1}{2}g\tau^2 = \frac{3}{8}\frac{V_0^2}{g}. \quad \text{Задачу можно решить и другими способами.}$$

2. Плотность шара $\rho_0 = 6\rho$, его объем $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $r = \frac{3}{2}R$ – расстояние от центра шара до оси вращения.

$$1) N_1 = \rho_0 Vg - \rho Vg = (\rho_0 - \rho)Vg = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho g.$$

2) Горизонтальная составляющая силы Архимеда $F_{A1} = \rho V \cdot \omega^2 r$. Вертикальная составляющая силы Архимеда $F_{A2} = \rho Vg$. На шар действуют еще сила давления N_2 со стороны дна, сила Q со стороны стенки и сила тяжести, равная $\rho_0 Vg$. По второму закону Ньютона для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A1} + Q \sin \alpha = \rho_0 V \cdot \omega^2 r$, $F_{A2} + N_2 - \rho_0 Vg - Q \cos \alpha = 0$. Отсюда, с

учетом выражений для ρ_0 , V и r , находим $N_2 = (\rho_0 - \rho)V \left(\frac{\omega^2 r}{\operatorname{tg} \alpha} + g \right) = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho (\omega^2 R + g)$.

3. Обозначим $T = 354$ К, $P_H = 0,5 \cdot 10^5$ Па, V_1 – начальный объем, V_2 – конечный объем.

$$1) \text{ При сжатии часть пара превратится в воду и пар станет насыщенным. } P_1 = \frac{P_H}{3,6} \approx 0,14 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$2) P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT. \quad V_1 = 7V_2. \quad \text{Начальная масса пара } m = \frac{P_H \mu V_2}{RT} \cdot \frac{7}{3,6} \approx 10^{-3} \text{ кг} = 1 \text{ г.}$$

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 10-02
Часть 2

$$4. 1) \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}(g \sin \alpha)t_1^2. \quad \text{Тогда } t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}} = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

2) Пусть $M = 2m$ – масса клина, a – ускорение клина, a_0 – ускорение шайбы относительно клина, N – сила нормальной реакции клина на шайбу. Ускорение шайбы равно сумме переносного (ускорения клина) и относительного ускорений. Уравнение движения для клина в проекциях на горизонтальную ось $F - N \sin \alpha = Ma$. Уравнение движения для шайбы в проекциях на нормаль к поверхности клина

$$N - mg \cos \alpha = ma \sin \alpha. \quad \text{Отсюда } a = \frac{F - mg \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} = \frac{13}{66}g.$$

$$3) \text{ Уравнение движения для шайбы в проекциях на ось вдоль поверхности клина } mg \sin \alpha = m(a_0 + a \cos \alpha). \quad \text{Тогда } a_0 = g \sin \alpha - a \cos \alpha = \frac{15}{22}g. \quad \text{Относительно клина } \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}a_0 t_2^2.$$

$$\text{Отсюда } t_2 = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{11H}{3g}}.$$

$$5. 1) PV = \nu RT, \quad (P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nu R(T + \Delta T). \quad \text{Отсюда } \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} \approx \frac{\Delta T}{T}. \quad \text{У нас}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = -0,01, \quad \frac{\Delta V}{V} = 0,02. \quad \text{Тогда } \frac{\Delta T}{T} = 0,01, \quad \text{температура увеличилась на 1\%.$$

$$2) \Delta Q = \Delta U + \Delta A. \quad \Delta U = \nu \frac{3}{2} R \Delta T, \quad \Delta A = P \Delta V. \quad \text{Тогда } \frac{\Delta Q}{\Delta U} = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta V / V}{\Delta P / P + \Delta V / V} = \frac{7}{3}.$$