

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA LA FIZICĂ

etapa raională/municipală/zonală

19 februarie 2023

Clasa a 10

ЗАДАЧА 1.

(10,0 б.)

P1. Движущаяся частица массой m сталкивается с покоящейся частицей массой M . В результате столкновения, частица массой m отклоняется на угол $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$, а частица массой M – на угол $\alpha_2 = 30^0$ по отношению к первоначальному направлению движения частицы массой m . Отношение масс частиц $\frac{M}{m} = 5$.

Определить:

P1.1. Закон сохранения энергии. **(2,5 б.)**

P1.2. Во сколько раз изменилась кинетическая энергия системы
в результате столкновения. **(5,5 б.)**

P1.3. Относительное изменение (в процентах) кинетической энергии системы. **(2,0 б.)**

РЕШЕНИЕ

P1.1. Кинетическая энергия системы:

a) До столкновения $E_c = \frac{mv_1^2}{2}$ (1),
где v_1 – начальная скорость частицы массой m ; **(1,0 б.)**

b) После столкновения $E'_c = \frac{m(v'_1)^2}{2} + \frac{M(v'_2)^2}{2}$, (2)
где v'_1 и v'_2 – скорости частиц массами m и M , соответственно. **(1,0 б.)**

c) $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{m(v'_1)^2}{2} + \frac{M(v'_2)^2}{2}$ **(0,5 б.)**

P1.2. Отношение энергий

a)
$$\frac{E'_c}{E_c} = \frac{\frac{m(v'_1)^2}{2} + \frac{M(v'_2)^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}} = \frac{(v'_1)^2}{v_1^2} + \frac{M}{m} \frac{(v'_2)^2}{v_1^2}. \quad (3)$$
 (0,5 б.)

b) Закон сохранения импульса $m\vec{v}_1 = m\vec{v}'_1 + M\vec{v}'_2$. **(1,0 б.)**

Рисунок 1.1. с векторами скорости до и после столкновения **(1,0 б.)**

Проекции:

$$\text{на ось } OX: \quad mv_1 = Mv_{2x}^/ \quad \text{или}$$

$$mv_1 = Mv_2^/ \cos \alpha_2 \quad (4) \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$\text{На ось } OY: \quad 0 = mv_1^/ - Mv_2^/ \sin \alpha_2 \quad \text{или}$$

$$mv_1^/ = Mv_2^/ \sin \alpha_2 \quad (5) \quad (0,5 \text{ б.})$$

Из уравнения (4) определим отношение

$$\dots \frac{v_2^/}{v_1^/} = \frac{m}{M} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_2}. \quad (6) \quad (0,4 \text{ б.})$$

Отношение уравнений (5) и (4) равно

$$\frac{mv_1^/}{mv_1} = \frac{Mv_2^/ \sin \alpha_2}{Mv_2^/ \cos \alpha_2}, \quad \text{откуда}$$

$$\frac{v_1^/}{v_1} = \operatorname{tg} \alpha_2. \quad (7) \quad (0,4 \text{ б.})$$

Подставляем (6) и (7) в формулу (3)

$$\frac{E_c^/}{E_c} = \operatorname{tg}^2 \alpha_2 + \frac{M}{m} \left(\frac{m}{M} \right)^2 \frac{1}{\cos^2 \alpha_2} = \operatorname{tg}^2 \alpha_2 + \frac{m}{M} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha_2}. \quad (1,0 \text{ б.})$$

Используя численные значения из условия задачи получаем

$$\frac{E_c^/}{E_c} = 0,6. \quad (0,2 \text{ б.})$$

P1.3. Изменение кинетической энергии

$$\Delta E_c = E_c^/ - E_c \quad (\text{согласно (1) и (2)}) \quad \dots (0,5 \text{ б.})$$

Относительное изменение кинетической энергии (в процентах)

$$\frac{\Delta E_c}{E_c} \cdot 100\% = \frac{E_c^/ - E_c}{E_c} \cdot 100\% = \left(1 + \frac{m}{M} \right) \operatorname{tg}^2 \alpha_2 + \frac{M}{m} - 1 = -40\% \quad (1,5 \text{ б.})$$

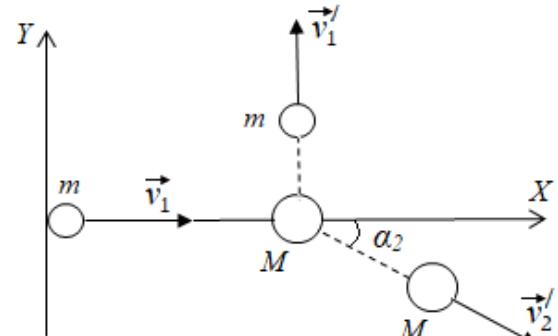


Fig. 1.1

ЗАДАЧА 2.

(10,0 б.)

P2. Пластиковый шарик падает с высоты $h=0,3 \text{ м}$ на поверхность воды в сосуде и через $0,5 \text{ с}$ достигает в нем глубины $d = 0,7 \text{ м}$. При этом сила сопротивления воды F_r составляет 20% от силы тяжести шарика. Плотность воды – 10^3 кг/м^3 , ускорение свободного падения – 10 м/с^2 .

Определить:

P2.1. Ускорение, с которым движется шарик в воде. (3,3 б.)

P2.2. Максимальную глубину, на которую опускается шарик. (1,7 б.)

P2.3. Плотность шарика. (5,0 б.)

РЕШЕНИЕ:

P2.1. a) $v_{01} = 0$ – начальная скорость шарика; v_{02} – скорость, с которой шарик входит в воду,

t_1 – время полета шарика в воздухе; t_2 – время движения шарика в воде до остановки.

Уравнение движения шарика в воздухе

$$h = \frac{gt_1^2}{2} \quad (1,0 \text{ б.})$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,245 \text{ с.} \quad (0,1 \text{ б.})$$

$$v_{02} = gt_1 = 2,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (1,0 \text{ б.})$$

b) Уравнение движения шарика в воде

$$d = v_{02}t_2 - \frac{at_2^2}{2} \quad (1,0 \text{ б.})$$

$$a = \frac{2(v_{02}t_2 - d)}{t_2^2} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (0,2 \text{ б.})$$

P2.2. Максимальная глубина, на которую опускается шарик

$$d_{max} = \frac{v^2 - v_{02}^2}{2a}. \quad (1,5 \text{ б.})$$

$$v = 0, d_{max} = 0,714 \text{ м} \quad (0,2 \text{ б.})$$

P2.3. Рисунок, с приложенными к шарику силами (Рис. 2.1) (1,5 б.)

Проекция сил на ось OY, согласно II-му закону Ньютона:

$$-G + F_A + F_r = ma, \quad (1,0 \text{ б.})$$

$$\text{где } G = mg = \rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} g, \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$F_A = \rho_{\text{в}} V_{\text{ш}} g, \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$F_r = fG = f\rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} g = 0,2\rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} g, \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$\text{где } f = 0,2 \quad (20 \% \text{ от силы тяжести}) \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$m = \frac{G}{g} = \rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}}. \quad (0,25 \text{ б.})$$

Тогда второй закон Ньютона

$$-\rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} g + \rho_{\text{в}} V_{\text{ш}} g + 0,2\rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} g = \rho_{\text{ш}} V_{\text{ш}} a \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$\rho_{\text{ш}}(a + 0,8g) = \rho_{\text{в}} g$$

$$\rho_{\text{ш}} = \frac{\rho_{\text{в}} g}{a + 0,8g} = 0,82\rho_{\text{в}} = 8,2 \cdot 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (0,25 \text{ б.})$$

(1,0 б.)

(0,5 б.)

(0,5 б.)

(0,5 б.)

(0,25 б.)

(0,5 б.)

(0,25 б.)

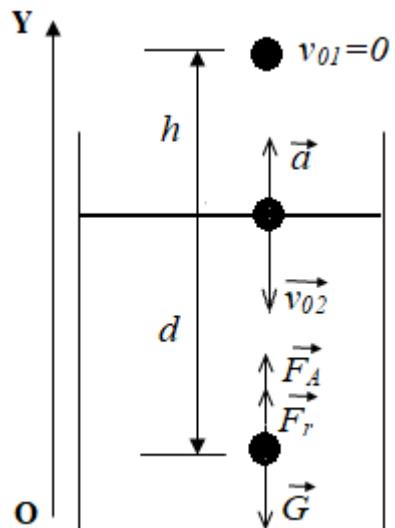


Рис. 2.1.

ЗАДАЧА 3.

(10,0 б.)

P 3. Вдоль наклонной плоскости, составляющей 30° с горизонтом, бросают снизу вверх тело. Через $t_1 = 1$ с тело находится на расстоянии $s_1 = 11,25$ м от места бросания, через $t_2 = 2$ с – тело останавливается и затем начинает двигаться вниз.

Определить:

P3.1. Начальную скорость v_0 , с которой тело было брошено

на наклонную плоскость. (2,5 б.)

P3.2. Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью. (3,5 б.)

P3.3. Скорость, с которой тело возвращается на место бросания. (2,5 б.)

P3.4. Время, в течение которого тело возвращается в начальное положение. (1,5 б.)

РЕШЕНИЕ

P3.1. а) При подъеме тела с отрицательным ускорением a_r через время t_2 тело останавливается и скорость

$$v_{t_2} = v_0 - a_r t_2 = 0, \quad (1,0 \text{ б.})$$

$$\text{откуда } a_r = \frac{v_0}{t_2}. \quad (0,2 \text{ б.})$$

$$\text{б) } s_1 = v_0 t_1 - a_r \frac{t_1^2}{2} \text{ или } s_1 = v_0 t_1 - \frac{v_0 t_1^2}{t_2^2}. \quad (1,0 \text{ б.})$$

$$v_0 = \frac{s_1}{t_1 - \frac{t_1^2}{2t_2}}, \quad v_0 = 15 \text{ м/с}, \quad a_r = 7,5 \text{ м/с}^2. \quad (0,3 \text{ б.})$$

P3.2. При движении снизу вверх с ускорением a_r :

а) За рисунок с приложенными к телу силами (рис. 3.1) (1,5 б.)

б) Согласно II-му закону Ньютона проекции сил:

$$\text{OX: } F_{fr} + G_x = m a_r; \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$\text{OY: } N - G_y = 0; \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$G_x = mg \cdot \sin\alpha; \quad G_y = mg \cdot \cos\alpha \quad (0,4 \text{ б.})$$

$$F_{fr} = \mu N = \mu mg \cdot \cos\alpha \quad (0,2 \text{ б.})$$

$$\mu mg \cdot \cos\alpha + mg \cdot \sin\alpha = m \frac{v_0}{t_2} \quad (0,3 \text{ б.})$$

$$\mu = \frac{\frac{v_0}{t_2} - g \sin\alpha}{g \cos\alpha}; \quad \mu = 0,288. \quad (0,1 \text{ б.})$$

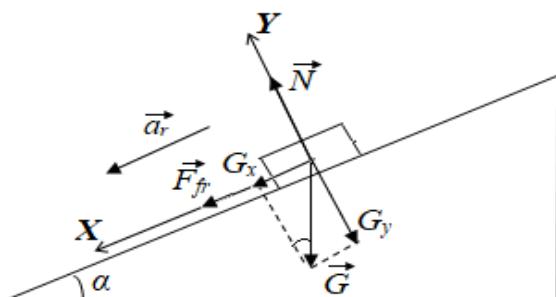


Рис. 3.1. Движение вверх

P3.3. При движении тела вниз с ускорением a_c :

a) $v_c^2 - v_{0c}^2 = 2a_c s_2$, где в точке, соответствующей максимальному подъему,

$$v_{0c} = v_{t_2} = 0 \quad (1,0 \text{ б.})$$

и $s_2 = v_0 t_2 - \frac{a_r t_2^2}{2} = 15 \text{ м.} \quad (0,5 \text{ б.})$

b) Проекция сил на ось ОХ (Рис. 3.2) при движении тела вниз:

$$-\mu mg \cdot \cos\alpha + mg \cdot \sin\alpha = ma_c, \quad (0,5 \text{ б.})$$

откуда $a_c = g \sin\alpha - \mu g \cos\alpha;$

$$a_c = 2,5 \text{ м/с}^2. \quad (0,2 \text{ б.})$$

$$v_c = \sqrt{2a_c s_2} = 8,66 \text{ м/с.} \quad (0,3 \text{ б.})$$

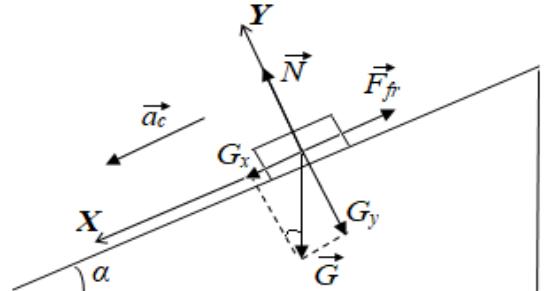


Рис. 3.2. Движение вниз

P3.4. Общее время движения тела при подъеме t_2 и спуске t_c до точки бросания:

$$t = t_2 + t_c. \quad (0,8 \text{ б.})$$

$$v_c = a_c t_c, \quad \text{откуда} \quad t_c = \frac{v_c}{a_c} = 3,46 \text{ с.} \quad (0,5 \text{ б.})$$

$$t = 5,46 \text{ с.} \quad (0,2 \text{ б.})$$