

Государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
дополнительного образования детей  
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ»

2014-2015 учебный год

Муниципальный этап

11 класс, ОТВЕТЫ

350000 г. Краснодар,  
ул. Красная, 76  
тел. 259-84-01  
E-mail: cdodd@mail.ru

Председатель предметно-методической  
комиссии: Тумаев Е.Н., д.ф.-м.н., доцент

### ОТВЕТ к задаче № 1

**Решение.** Выберем оси координат, как показано на рис. 1. При этом начало координат совместим с начальной точкой полета. Тогда по оси  $x$  движение тела равномерное с постоянной скоростью  $v_0$  и  $x = v_0 t$  ( $v_x = v_0$ ). По оси  $y$  движение ускоренное с ускорением  $a_y = g$  и начальной скоростью  $v_{0y} = 0$ ,  $y = gt^2/2$ ,  $v_y = gt$ .

Если скорость в точке  $A$  направлена под углом  $45^\circ$  к горизонту, то

$$v_y/v_x = \operatorname{tg}\alpha = 1.$$

Момент времени, когда это произойдет, определим из равенства

$$gt_1 = v_0,$$

тогда

$$t_1 = v_0/g.$$

Подставив  $t_1$  в уравнение движения, найдем координаты точки  $A$ :

$$x_A = v_0^2/g, \quad y_A = v_0^2/2g.$$

Отсюда

$$\Delta s = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} = \sqrt{5}v_0^2/2g,$$
$$\Delta s = 45\text{м}.$$

**Разбалловка:**

- 1) чертёж – 3 балла,
- 2) учет того факта, что угол к горизонту  $45$  градусов и запись тангенса угла – 2 балла,
- 3) нахождение координат точки – 3 балла,
- 4) окончательный числовой ответ – 2 балла.

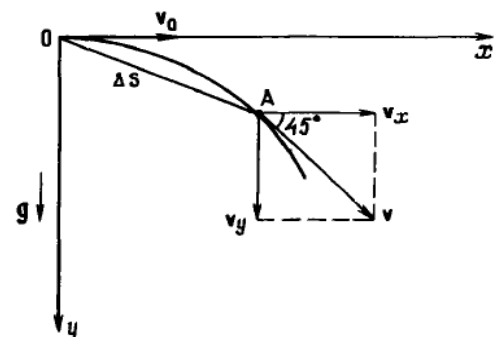


Рис.

## ОТВЕТ к задаче № 2

**Решение.** Человек при ходьбе отталкивается от доски, действуя на нее силой  $F_1$ . На доску действуют четыре силы: сила тяжести  $F_{T1} = Mg$ , сила нормальной реакции  $N_1$ , сила давления человека на доску  $F_d$  и сила трения  $F_1$  со стороны человека. (Именно благодаря этой внешней силе человек может двигаться; при

отсутствии силы трения, под действием только внутренних сил центр тяжести человека не будет перемещаться.) Сила  $F_1$  компенсирует составляющую силы тяжести, направленную вниз вдоль наклонной плоскости. Условие равновесия доски запишется в виде

$$0 = F_{T1} + N_1 + F_d + F_1.$$

На человека действуют сила тяжести  $F_{T2} = mg$ , сила нормальной реакции  $N_2$ , сила трения со стороны доски  $F_2$ , направленная вниз (по 3-му закону Ньютона),  $F_2 = -F_1$ . Основной закон динамики для человека имеет вид

$$ma = F_2 + mg + N_2.$$

Выберем оси  $x$  и  $y$ , как показано на рис. 2

В проекциях на оси координат уравнение запишется в виде:

$$\text{на ось } x \quad 0 = F_1 - Mg \sin \alpha,$$

$$\text{на ось } y \quad 0 = N_1 - F_d - Mg \cos \alpha,$$

$$\text{на ось } x \quad ma = -mg \sin \alpha - F_2,$$

$$\text{на ось } y \quad 0 = N_2 - mg \cos \alpha.$$

По 3-му закону Ньютона  $F_1 = F_2$ . Из уравнения (2.84) следует:  $F_1 = Mg \sin \alpha$ .  
получим

$$ma = -mg \sin \alpha - Mg \sin \alpha,$$

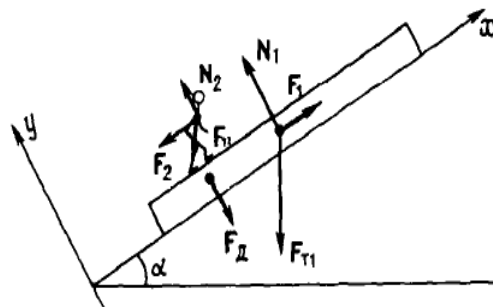
откуда окончательно искомое ускорение  $a$  определится выражением

$$a = -\frac{M+m}{m}g \sin \alpha.$$

Ускорение человека должно быть направлено вниз по наклонной плоскости. Однако направление ускорения не указывает направления движения. Если человек бежит вверх, то он должен бежать равнозамедленно, если вниз, то равноускоренно.

**Разбалловка:**

- 1) условие равновесия доски – 2 балла,
- 2) запись второго закона Ньютона – 3 балла,
- 3) решение предыдущего уравнения – 5 баллов.



### ОТВЕТ к задаче № 3

**Решение.** На тело (рис. ) действуют две силы: сила тяжести  $F_T = mg$  и выталкивающая сила  $F_{\text{выт}}$ . Условие равновесия тела запишется в виде

$$F_{\text{выт}} + F_T = 0.$$

Чтобы вычислить выталкивающую силу, определим плотности жидкости на уровне верхней 1 и нижней 2 граней куба, считая длину куба равной  $a$ :

$$\rho_1 = \rho_0 + \alpha(h_0 - a/2) \text{ и } \rho_2 = \rho_0 + \alpha(h_0 + a/2),$$

тогда среднее значение плотности жидкости

$$\rho_{\text{ср}} = (1/2)(\rho_1 + \rho_2) = \rho_0 + \alpha h_0.$$

Выталкивающая сила, действующая на куб, равна

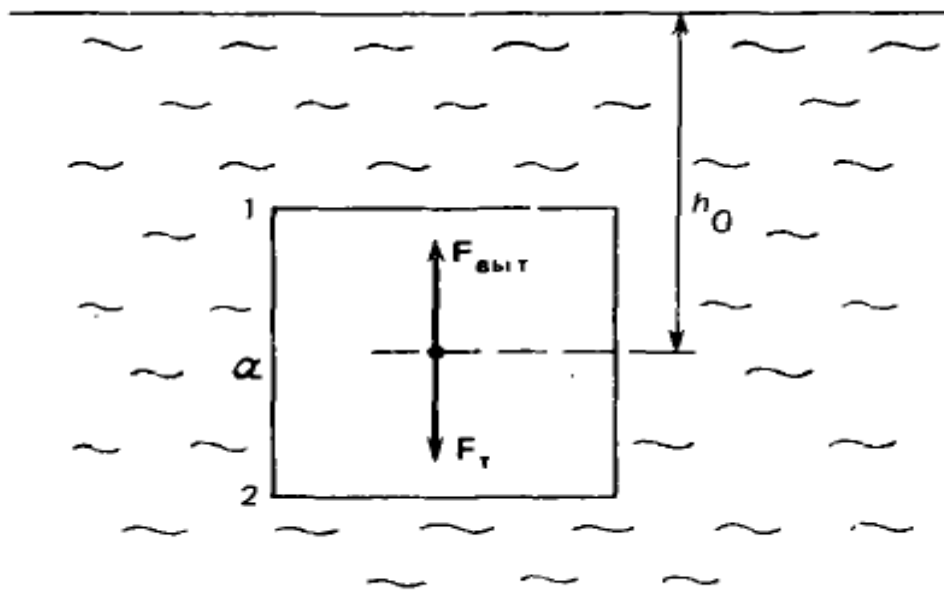
$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{ср}} V g = (\rho_0 + \alpha h_0) a^3 g.$$

получим

$$\rho a^3 g = (\rho_0 + \alpha h_0) a^3 g,$$

откуда

$$h_0 = (\rho - \rho_0) / \alpha.$$



**Разбалловка:**

- 1) запись условия равновесия тела – 2 балла,
- 2) определение плотностей жидкости – 3 балла,
- 3) нахождение среднего значения плотности – 2 балла,
- 4) формула выталкивающей силы – 2 балла,
- 5) запись формулы глубины погружения – 1 балл.

## ОТВЕТ к задаче № 4

Решение. Объем, занимаемый газом при данных температуре и давлении, можно определить из уравнения Клапейрона — Менделеева:

$$PV = (m/M)RT,$$

молярная масса углекислого газа  $\text{CO}_2$   $M = 0,044$  кг/моль:

$$V = \frac{mRT}{MP}.$$

Этот объем газа проходит через сечение  $S$  за время  $\tau$ , следовательно

$$V = vS\tau,$$

откуда

$$v = \frac{V}{S\tau} = \frac{mRT}{MPS\tau},$$
$$v = \frac{2,5 \cdot 8,31 \cdot 290}{0,044 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \cdot 300} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,52 \text{ м/с}.$$

Проверим размерность полученного результата:

$$[v] = \frac{\text{кг} \cdot (\text{Дж/моль} \cdot \text{К}) \cdot \text{К}}{(\text{кг/моль}) \cdot (\text{Н/м}^2)\text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Разбалловка:

- 1) вывод формулы объема из уравнения состояния – 2 балла,
- 2) запись формулы объема газа, проходящего через сечение в единицу времени – 2 балла,
- 3) запись формулы скорости и нахождение ее численного ответа – 6 баллов.

## ОТВЕТ к задаче № 5

Решение. Для закипания воды в чайнике по условию задачи требуется одно и то же количество теплоты  $Q_0$ . При включении первой секции

$$Q_0 = (U_0^2/R_1)t_1,$$

где  $R_1$  — ее сопротивление. При включении второй секции

$$Q_0 = (U_0^2/R_2)t_2,$$

где  $R_2$  — сопротивление второй секции нагревателя.  
, получаем

$$\frac{U_0^2}{R_1}t_1 = \frac{U_0^2}{R_2}t_2, \quad \text{или} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{t_1}{t_2},$$

откуда

$$R_2 = R_1(t_2/t_1).$$

При включении двух секций последовательно их общее сопротивление равно  $R = R_1 + R_2$ , следовательно,

$$Q_0 = \frac{U_0^2}{R}t_{\text{посл}} = \frac{U_0^2}{R_1 + R_2}t_{\text{посл}}.$$

$$\frac{U_0^2}{R_1} t_1 = \frac{U_0^2}{R_1 + R_2} t_{\text{посл}}, \quad \text{или} \quad \frac{t_1}{R_1} = \frac{1}{R_1(1 + t_2/t_1)} t_{\text{посл}},$$

$$t_{\text{посл}} = t_1 + t_2 = 2400 \text{ с} = 40 \text{ мин.}$$

При параллельном соединении секций их общее сопротивление равно

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 R_1 t_2 / t_1}{R_1 + R_1 t_2 / t_1} = R_1 \frac{t_2}{t_1 + t_2},$$

откуда

$$\frac{U_0^2}{R'} t_{\text{пар}} = \frac{U_0^2}{R_1} t_1,$$

или

$$t_{\text{пар}} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 450 \text{ с} = 7,5 \text{ мин.}$$

**Разбалловка:**

- 1) формула количества теплоты при включении первой секции – 2 балла,
- 2) формула количества теплоты при включении второй секции – 2 балла,
- 3) получение времени для последовательного включения – 3 балла,
- 4) получение времени для параллельного включения – 3 балла.