

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись       |
|------------|------|-------------|---------------|
| 69         |      |             | <i>Андрей</i> |
| Шифр       |      |             | 920315        |

№1.

Время движения Антона  $T_A$



Разделим его на три части:

1. Разгон ( $S_1 = \frac{S}{3}$ ) при равноускоренном движении

$$S_1 = \frac{v_m^2}{2a}; \quad v_m = \sqrt{\frac{2aS}{3a}}, \quad t_1 = \frac{v_m}{a} = \sqrt{\frac{2S}{3a}}$$

2. Равномерное движение ( $S_2 = \frac{S}{3}$ )

$$t_2 = \frac{S_2}{v_m} = \frac{\frac{S}{3}}{\sqrt{\frac{2aS}{3a}}} = \frac{\frac{S}{3}}{\sqrt{\frac{2aS}{3a}}}$$

3. Торможение ( $S_3 = \frac{S}{3}$ ) т.к. симметрично разгону

$$t_3 = \sqrt{\frac{2S}{3a}} \Rightarrow \text{в сумме из этих значений, общее время}$$

$$\text{Антон: } T_A = t_1 + t_2 + t_3$$

$$T_A = \sqrt{\frac{2S}{3a}} + \sqrt{\frac{\frac{S}{3}}{\frac{2aS}{3a}}} + \sqrt{\frac{2S}{3a}}$$

Время движения Бориса  $T_B$

Так как у Бориса движение происходит не по расстоянию, а по времени, его путь тоже делится на три части по времени  $\frac{T_B}{3}$

1. Разгон  $\rightarrow$  за первую треть времени он разогнается с ускорением  $a$ , разогнается и достигает скорости  $v_m$ , путь за это время:

$$S_1 = \frac{1}{2}a \left( \frac{T_B}{3} \right)^2$$

2. Равномерное движение:

за вторую треть времени он движется с постоянной скоростью  $v_m$

$$S_2 = v_m \cdot \frac{T_B}{3}$$

3. Торможение  $\rightarrow$  т.к. процесс симметричен разгону путь на торможении равен  $S_1$

$$\text{Общий путь } S = S_1 + S_2 + S_3 = 2S_1 + S_2$$

$$S = a \frac{T_B^2}{9} + v_m \frac{T_B}{3}$$

представим

$$v_m = \sqrt{\frac{2aS}{3}} \Rightarrow T_B > T_A$$

Ответ: Борис придет первым к финишу

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             | 920315  |

№5

Дано:

И:

Решение:

$$V = 5000 \text{ м}^3$$

$$P = 110 \text{ кПа}$$

$$T = 43^\circ \text{C}$$

$$P_{\text{ж}} = 100 \text{ кПа}$$

$$K_{\text{H}_2} = 10\%$$

$$K_{\text{H}_2} = 90\%$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$P = 9000 \text{ Па}$$

$$m = ?$$

$$316 \text{ K}$$

Определим плотность воздуха в исходных и новых условиях V.

Воздух содержит водяной пар, поэтому его плотность:

$$\rho = \frac{P_d}{R_d} = \frac{P_v}{R_v}$$

$P_d \Rightarrow$  давление сухого воздуха  
 $P_v \Rightarrow$  парциал. давл. сухого пара

$$R_d = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{уд. давл. сух. возд.}$$

$$R_v = 461,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{уд. давл. вод. пара}$$

Исходные условия (влажность 10%)

$$P_{v1} = 0,1 \cdot 9000 = 900 \text{ Па}$$

$$P_{d1} = 100.000 - 900 = 99100 \text{ Па}$$

$$\rho_1 = \frac{99100}{287 \cdot 316} + \frac{900}{461,5 \cdot 316} = 1,077 + 0,0068 = 1,084 \text{ кг/м}^3$$

Новые условия (влажность 90%)

$$P_{v2} = 0,9 \cdot 9000 = 8100 \text{ Па}$$

$$P_{d2} = 100.000 - 8100 = 91900 \text{ Па}$$

$$\rho_2 = \frac{91900}{287 \cdot 316} + \frac{8100}{461,5 \cdot 316} = 0,996 + 0,056 = 1,052 \text{ кг/м}^3$$

Изм. выталкивающей сил. (сила Архимеда)

$$F_B = \rho V g$$

При увеличении влажности плотность воздуха увеличивается, а значит, уменьшается выталкивающая сила

$$\Delta F_B = (\rho_1 - \rho_2) V g$$

$$\Delta F_B = (1,084 - 1,052) \cdot 5000 \cdot 9,81$$

$$\Delta F_B = 0,28 \cdot 5000 \cdot 9,81$$

$$\Delta F_B = 1373 \text{ Н}$$

$\Rightarrow$  Вычислим массу сброшенного балласта чтоб компенсировать уменьшение выталкивающей силы и обеспечить ср. скорость движения

$$m g = \Delta F_B$$

$$m = \frac{1373}{9,8} = 140,9 = 141 \text{ кг}$$

$$\text{Ответ: } m_{\text{балласт}} = 141 \text{ кг}$$

185

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

№1  
Найдём заряды через потенциал  
Потенциал, создаваемый точечным зарядом  $q$  на расстоянии  $r$ , выра-  
жается формулой

$$\varphi = \frac{kq}{r}, \quad \text{где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Тогда для каждого заряда

$$q_1 = \frac{\varphi_1 a}{k}, \quad q_2 = \frac{\varphi_2 a}{k}, \quad q_3 = \frac{\varphi_3 a}{k}$$

Средствами сил взаимодействия  
для взаимодействия между двумя зарядами определяется законом  
Кулона

$$F = k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$

Сила взаимодействия на  $q_1$  со стороны  $q_2$  и  $q_3$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{a^2} = \frac{k}{a^2} \left( \frac{\varphi_1 a}{k} \right) \left( \frac{\varphi_2 a}{k} \right) = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{k}$$

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{a^2} = \frac{\varphi_1 \varphi_3}{k}$$

Все силы направлены по сторонам треугольника,  
который равнобедренный  
используем правило параллелограмма

$$F_1 = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12}F_{13} \cos 60^\circ}$$

$$F_1 = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \varphi_3} \Rightarrow \text{ответ } 2\sqrt{5}$$

№2  
Минимальное (натурально) расстояние между точками  
определяется как

$$L_{\min} = \sqrt{d^2 - \frac{d^2 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)^2}{(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)^2 + (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)^2}}$$

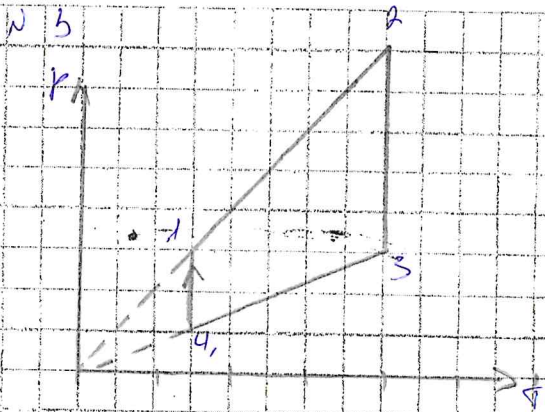
где  $d = 5\text{ м}$  - расстояние между точками,  $\alpha_1, \alpha_2$  -  
углы бросков

Если углы симметричны ( $\alpha_1 + \alpha_2 \neq 180^\circ$ ), миним  
могут быть равны, и  $L_{\min} = 0$

ответ  $L_{\min} = 0$

25

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |



$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 3 \cdot 10^{-5}$$

из графика видно,  
что  $\alpha = 60^\circ$  Дан.

$$\eta = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} \cdot 100\% = 30\%$$

Ответ: коэффициент полезного действия  
машин составляет 30%.

— 25