

**Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. 10 класс. Вариант 10-01**

1. 1)  $(2,5V_0)^2 = V_B^2 + (V_0 \cos \alpha)^2$ .  $V_B = \sqrt{(2,5V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = V_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,6 \text{ м/с}$ .

2)  $V_B = V_0 \sin \alpha + gt$ .  $t = \frac{V_B - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{g} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ с} \approx 1,3 \text{ с}$ .

3)  $L = V_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{V_0^2}{2g} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ м} \approx 5,1 \text{ м}$ .

2. 1)  $N = (M + m)g = 6mg$ .

2)  $2F_0 = \mu N$ ,  $F_0 = 3\mu mg$ .

3)  $a = \frac{2F - \mu N}{M + m} = \frac{F}{3m} - \mu g$ .  $V = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \left( \frac{F}{3m} - \mu g \right)}$ .

3. 1)  $F_1 = mg \sin \alpha$ .

2) Ускорение  $a = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$ . Уравнение второго закона Ньютона в проекциях на направление нити  $F_2 - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$ .  $F_2 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$ .

4. 1) Расстояние по горизонтали между верхними уровнями  $L = h_1 + h_2$ .  $\rho a L = \rho g (h_2 - h_1)$ . Отсюда

$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} g = \frac{g}{5} \approx 2 \text{ м/с}^2.$$

2) После «исчезновения» ускорения будут колебания масла около равновесного положения. Пусть  $\sigma$  - масса единицы длины масла в трубке. Масса всего масла  $m = \sqrt{2} (h_1 + h_2) \sigma$ . Максимальная

кинетическая энергия  $K = \frac{1}{2} m V^2$  при прохождении положения равновесия. Изменение потенциальной

энергии масла  $\Delta W = \sigma \frac{h_2 - h_1}{2} \sqrt{2} g x$ , где  $x = \frac{h_2 - h_1}{2}$  - расстояние (по высоте) начальных уровней масла от равновесного положения уровней. По ЗСЭ  $K = \Delta W$ . Из записанных уравнений

$$V = \sqrt{\frac{1}{2} g \frac{(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1}} \approx 0,2 \text{ м/с}.$$

5. 1)  $P = \frac{\rho_n RT}{\mu}$ ,  $\rho_n = \frac{\mu P}{RT}$ .  $x_1 = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu P}{\rho RT} \approx 5 \cdot 10^{-4}$ .

2) Пусть  $V$  - начальный объем пара. Сконденсируется объем  $V_K = V - \frac{V}{\gamma} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V$ . Масса воды  $m_B = V_K \rho = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V \frac{\mu P}{RT}$ . Объем воды  $V_B = \frac{m_B}{\rho} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V \frac{\mu P}{\rho RT}$ .  $x_2 = \frac{V / \gamma}{V_B} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\rho RT}{\mu P} = \frac{1}{(\gamma - 1) x_1} \approx 540$ .

**Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. 10 класс. Вариант 10-02**

1. 1)  $(2V_0)^2 = V_B^2 + (V_0 \cos \alpha)^2$ .  $V_B = \sqrt{(2V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = 5\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 18 \text{ м/с}$ .

2)  $V_B = V_0 \sin \alpha + gt$ .  $t = \frac{V_B - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с} \approx 1,3 \text{ с}$ .

3)  $\frac{1}{2} mV_0^2 + mgH = \frac{1}{2} m(2V_0)^2$ .  $H = \frac{3V_0^2}{2g} \approx 15 \text{ м}$ .

2. 1)  $N = (M + m)g = 3mg$ .

2)  $2F_0 = \mu N$ ,  $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$ .

3)  $a = \frac{2F - \mu N}{M + m} = \frac{2F}{3m} - \mu g$ .  $t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$ .

3. 1)  $N_1 = mg \cos \alpha$ .

2) Ускорение  $a = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$ . Уравнение второго закона Ньютона в проекциях на нормаль к нити  $N_2 - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$ .  $N_2 = m(g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha) \cos \alpha$ .

4. 1) Расстояние по горизонтали между верхними уровнями  $L = h_1 + h_2$ .  $\rho a L = \rho g (h_2 - h_1)$ . Отсюда

$$h_2 = \frac{g+a}{g-a} h_1 \approx \frac{70}{3} \text{ см.}$$

2) После «исчезновения» ускорения будут колебания масла около равновесного положения. Пусть  $\sigma$  - масса единицы длины масла в трубке. Масса всего масла  $m = \sqrt{2} (h_1 + h_2) \sigma$ . Максимальная

кинетическая энергия  $K = \frac{1}{2} mV^2$  при прохождении положения равновесия. Изменение потенциальной

энергии масла  $\Delta W = \sigma \frac{h_2 - h_1}{2} \sqrt{2} gx$ , где  $x = \frac{h_2 - h_1}{2}$  - расстояние (по высоте) начальных уровней масла от равновесного положения уровней. По ЗСЭ  $K = \Delta W$ . Из записанных уравнений с учетом выражения

для  $h_2$  получаем  $V = \sqrt{\frac{1}{2} g \frac{(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1}} = \sqrt{\frac{a^2 h_1}{g - a}} \approx \frac{2}{\sqrt{15}} \approx 0,52 \text{ (м/с)}$ .

5. 1)  $P = \frac{\rho_n RT}{\mu}$ ,  $\rho_n = \frac{\mu P}{RT}$ .  $x_1 = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu P}{\rho RT} \approx 2,6 \cdot 10^{-5}$ .

2) Пусть  $V$  - начальный объем пара. Сконденсируется объем  $V_k = V - \frac{V}{\gamma} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V$ . Масса воды  $m_B = V_k \rho = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V \frac{\mu P}{RT}$ . Объем воды  $V_B = \frac{m_B}{\rho} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V \frac{\mu P}{\rho RT}$ .  $x_2 = \frac{V/\gamma}{V_B} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\rho RT}{\mu P} = \frac{1}{(\gamma - 1)x_1} \approx 8,5 \cdot 10^3$ .

**Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех». 2020 г.  
10 класс. Варианты 10-01, 10-02**

**Задача 1. (10 очков)**

- 1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 3 очка  
Численный ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 1 очко  
Численный ответ на 3-й вопрос ..... 1 очко

Если тело брошено не вниз, а вверх, то совершена подмена задачи! Максимальная оценка за вопросы задачи: 1) – 3 очка, 2) – 0 очков, 3) – 1 очко.

**Задача 2. (10 очков)**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 3 очка  
Ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 3 очка  
Ответ на 3-й вопрос ..... 1 очко

**Задача 3. (10 очков)**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 4 очка  
Ответ на 2-й вопрос ..... 2 очка

**Задача 4. (10 очков)**

- 1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко
- 2) Есть понимание, что будет ..... 1 очко  
Есть применение ЗСЭ ..... 1 очко  
Аналитический ответ на 2-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко

**Задача 5. (10 очков)**

- 1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко
- 2) Аналитический ответ на 2-й вопрос ..... 5 очков  
Численный ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко

**Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. 10 класс. Вариант 10-03**

1. 1)  $(2V_0)^2 = V_B^2 + (V_0 \cos \alpha)^2$ .  $V_B = \sqrt{(2V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = 5\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 18 \text{ м/с}$ .

2)  $V_B = V_0 \sin \alpha + gt$ .  $t = \frac{V_B - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = \frac{1}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с} \approx 1,3 \text{ с}$ .

3)  $\frac{1}{2} m V_0^2 + mgH = \frac{1}{2} m (2V_0)^2$ .  $H = \frac{3V_0^2}{2g} \approx 15 \text{ м}$ .

2. 1)  $m_1 V_0 = (M + 2m) V_1$ .  $V_1 = \frac{m_1 V_0}{M + 2m}$ .

2)  $(V_0 + V_1)T = L$ .  $T = \frac{L}{V_0 + V_1} = \frac{L(M + 2m)}{V_0(M + 2m + m_1)}$ .

3)  $V_2 = 0$ .

3. Направим ось  $x$  вдоль поверхности клина вверх.

1)  $F_1 \cos \alpha - mg \sin \alpha = 0$ .  $F_1 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$ .

2)  $F_2 \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$ .  $a = \omega^2(L + R)$ .  $\frac{R}{L + R} = \sin \alpha$ .  $R = \frac{L \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$ .

$$F_2 = m \left( g \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{\omega^2 L}{1 - \sin \alpha} \right).$$

4.  $P_0 = \rho g H_0$ ,  $H_0 = 740 \text{ мм}$ . Пусть  $L$  - длина горизонтального колена. По второму закону Ньютона для жидкости в горизонтальном колене  $(P_0 + \rho g H)S - 0 = \rho g L S a_0$ .  $a_0 = \frac{H_0 + H}{L} g$ .

1)  $P_1 = \rho g H_1$ .  $P_1 S - 0 = \frac{2}{3} \rho L S a_0$ .  $H_1 = \frac{2}{3} (H_0 + H) = 520 \text{ мм}$ .  $P_1 = \rho g H_1 = 520 \text{ мм рт. ст.}$

2)  $(P_0 + \rho g H)S - P_2 S = \frac{1}{3} \rho L S \cdot 0,6 a_0$ .  $P_2 = \rho g H_2$ . С учетом выражения для  $a_0$  получаем

$$H_2 = 0,8(H_0 + H) = 624 \text{ мм}. \quad P_2 = \rho g H_2 = 624 \text{ мм рт. ст.}$$

3)  $(P_0 + \rho g H)S - P_3 S = \rho L S \cdot 0,8 a_0$ .  $P_3 = \rho g H_3$ . С учетом выражения для  $a_0$  получаем

$$H_3 = 0,2(H_0 + H) = 156 \text{ мм}. \quad P_3 = \rho g H_3 = 156 \text{ мм рт. ст.}$$

5. 1)  $P_0 L S = \frac{5mRT}{\mu}$ .  $m = \frac{\mu P_0 L S}{5RT} \approx 0,14 \text{ г}$ .

2) Пар внизу частично конденсируется, а сверху вся вода испарится и пар станет ненасыщенным. Это подтвердится расчетом.  $0,99 P_0 (L + h) S = \frac{6mRT}{\mu}$ . Поршень сместится вниз на

$$h = \frac{6}{5 \cdot 0,99} L - L \approx \frac{1}{5} L = 0,12 \text{ м} = 12 \text{ см}.$$

**Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. 10 класс. Вариант 10-04**

1. 1)  $(2,5V_0)^2 = V_B^2 + (V_0 \cos \alpha)^2$ .  $V_B = \sqrt{(2,5V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = V_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6}$  м/с  $\approx 19,6$  м/с.

2)  $V_B = V_0 \sin \alpha + gt$ .  $t = \frac{V_B - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{g} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3})$  с  $\approx 1,3$  с.

3)  $L = V_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{V_0^2}{2g} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3})$  м  $\approx 5,1$  м.

2. 1)  $m_1 V_0 = (M + 2m) V_1$ .  $V_0 = \frac{M + 2m}{m_1} V_1$ .

2)  $L = (V_0 + V_1) T = \frac{M + 2m + m_1}{m_1} V_1 T$ .

3)  $V_2 = 0$ .

3. Направим ось  $x$  вдоль поверхности клина вверх.

1)  $F_1 \cos \alpha - mg \sin \alpha = 0$ .  $F_1 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$ .

2)  $F_2 \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$ .  $a = \omega^2 (L + R)$ .  $\frac{R}{L + R} = \sin \alpha$ .  $L + R = \frac{R}{\sin \alpha}$ .

$$F_2 = m \left( g \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} \right).$$

4.  $P_0 = \rho g H_0$ ,  $H_0 = 752$  мм. Пусть  $L$  - длина горизонтального колена. По второму закону Ньютона для жидкости в горизонтальном колене  $(P_0 + \rho g H) S - 0 = \rho g L S a_0$ .  $a_0 = \frac{H_0 + H}{L} g$ .

1)  $P_1 = \rho g H_1$ .  $P_1 S - 0 = \frac{1}{2} \rho L S a_0$ .  $H_1 = \frac{1}{2} (H_0 + H) = 400$  мм.  $P_1 = \rho g H_1 = 400$  мм рт. ст.

2)  $(P_0 + \rho g H) S - P_2 S = \frac{1}{2} \rho L S \cdot 0,25 a_0$ .  $P_2 = \rho g H_2$ . С учетом выражения для  $a_0$  получаем

$$H_2 = \frac{7}{8} (H_0 + H) = 700 \text{ мм. } P_2 = \rho g H_2 = 700 \text{ мм рт. ст.}$$

3)  $(P_0 + \rho g H) S - P_3 S = \rho L S \cdot 0,3 a_0$ .  $P_3 = \rho g H_3$ . С учетом выражения для  $a_0$  получаем

$$H_3 = 0,2 (H_0 + H) = 560 \text{ мм. } P_3 = \rho g H_3 = 560 \text{ мм рт. ст.}$$

5. 1)  $P_0 L S = \frac{4mRT}{\mu}$ .  $m = \frac{\mu P_0 L S}{4RT} \approx 0,15$  г.

2) Пар внизу частично конденсируется, а сверху вся вода испарится и пар станет ненасыщенным. Это подтвердится расчетом.  $0,98 P_0 (L + h) S = \frac{5mRT}{\mu}$ . Поршень сместится вниз на

$$h = \frac{5}{4 \cdot 0,98} L - L \approx \frac{1}{4} L. \text{ Сконденсируется } \Delta m \approx \frac{1}{4} \cdot (4m) = m = 0,15 \text{ г.}$$

**Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех». 2020 г.  
10 класс. Варианты 10-03, 10-04**

**Задача 1. (10 очков)**

- 1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 3 очка  
Численный ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 1 очко  
Численный ответ на 3-й вопрос ..... 1 очко

Если тело брошено не вниз, а вверх, то совершена подмена задачи! Максимальная оценка за вопросы задачи: 1) – 3 очка, 2) – 0 очков, 3) – 1 очко.

**Задача 2. (10 очков)**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 3 очка  
Ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко
- 3) Ответ на 3-й вопрос ..... 2 очка

**Задача 3. (10 очков)**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 4 очка  
Ответ на 2-й вопрос ..... 2 очка

**Задача 4. (10 очков)**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 4 очка
- 2) Ответ на 2-й вопрос ..... 4 очка
- 3) Ответ на 3-й вопрос ..... 2 очка

**Задача 5. (10 очков)**

- 1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
Численный ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко
- 2) Есть понимание, что пар внизу начнет конденсироваться .... 1 очко  
Правильная формула для смещения поршня ..... 4 очка  
Численный ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко