

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-01

1. 1) $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$. Допустимые пределы: $0,21 \text{ м/с}^2 < a_1 < 0,29 \text{ м/с}^2$.

2) Из графика $V_K = 25 \text{ м/с}$. $\alpha = F_K / V_K = 20 \text{ Н·с/м}$. $F_1 - \alpha V_1 = ma_1$. $F_1 = \alpha V_1 + ma_1 = 850 \text{ Н}$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы силы тяги: $770 < F_1 < 930$.

3) $P_1 = F_1 V_1 = 17 \text{ кВт}$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы мощности: $15,5 < P_1 < 18,5$.

2. 1) $P_0 V / 2 = \nu_2 R T_0$, $P_0 V / 4 = \nu_1 R T_0$. Отсюда $\nu_2 / \nu_1 = 2$.

2) В конце давление P , объем газа под поршнем $V - V / 5 - V / 4 = 11V / 20$. Для верхней части

$\frac{P_0 V / 2}{T_0} = \frac{P V / 5}{T}$. Отсюда $P = \frac{25}{8} P_0$. По закону Дальтона $P = P_{\text{АТМ}} + P_1 + P_P$. Здесь $P_{\text{АТМ}}$ - давление

насыщенных паров воды, P_1 - давление от количества ν_1 газа, P_P - давление от вышедшего из воды в

конце количества $\Delta \nu$ газа. $\frac{P_1 \cdot 11V / 20}{T} = \frac{P_0 V / 4}{T_0}$. Отсюда $P_1 = \frac{25}{44} P_0$. $P_P \frac{11}{20} V = \Delta \nu R T$, $\Delta \nu = k P_0 V / 4$.

Отсюда $P_P = \frac{5}{11} k P_0 R T$. Итак, $\frac{25}{8} P_0 = P_{\text{АТМ}} + \frac{25}{44} P_0 + \frac{5}{11} k P_0 R T$. Отсюда $P_0 = \frac{88 P_{\text{АТМ}}}{5(45 - 8kRT)} = \frac{88}{185} P_{\text{АТМ}}$.

3. 1) $a = \frac{(U_1 / d)q}{m} = \frac{Uq}{md}$. 2) $K_1 - K_2 = qU$.

3) Можно показать, что $\varphi_3 = -\varphi_1$. Имеем $\varphi_1 - \varphi_3 = 4U$. Отсюда $\varphi_1 = 2U$. Тогда $\varphi_A = \varphi_1 + \frac{1}{3}U_1 = \frac{7}{3}U$.

$\frac{1}{2}mV_A^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = q(0 - \varphi_A)$. $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{14}{3} \frac{qU}{m}}$.

4. 1) Ток через источник $I_0 = \frac{5}{11} \frac{E}{R}$. $I_{10} = I_0 \frac{3R}{2R+3R} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$.

2) Сразу после замыкания все токи не изменятся, ЭДС индукции в двух левых катушках равна нулю.

$-3LI' = -I_{10}2R$. $I' = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$.

3) Для контура из L и $3L$ $-3L \frac{\Delta I}{\Delta t} + L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I \cdot 0 - I_1 2R$. $-3L\Delta I + L\Delta I_1 = -2R\Delta q$. Суммируем:

$-3L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + L(0 - I_{10}) = -2Rq$. $q = \frac{18}{11} \frac{LE}{R^2}$.

5. 1) $\varphi_1 = (n_2 - 1)\alpha = 0,07$.

2) Изображение сместится перпендикулярно линии «источник-глаз» на $L_1 = (a+h)\varphi_1 = 14,21 \approx 14$ (см).

3) Оптическая система состоит из плоскопараллельной пластины толщиной h с показателем преломления n_1 и двух призм с углом α и показателями преломления n_1 и n_2 .

Пластина приближает изображение на $\Delta = h - h/n_1 = 3$ см.

Призмы отклоняют луч на угол $\varphi = (n_2 - 1)\alpha - (n_1 - 1)\alpha = (n_2 - n_1)\alpha = 0,02$, смещая изображение перпендикулярно линии «источник-глаз» на $x = (a+h-\Delta)\varphi = 4$ см.

Расстояние между источником S и его изображением в системе $L_2 = \sqrt{\Delta^2 + x^2} = 5$ см.

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-02

1. 1) $a_1 = 0,29 \text{ м/с}^2$. Допустимые пределы: $0,25 \text{ м/с}^2 < a_1 < 0,33 \text{ м/с}^2$.

2) Из графика $V_K = 30 \text{ м/с}$. Пусть F_{T1} и F_{TK} - силы тяги при скорости V_1 и в конце разгона.
 $F_{T1} - F_1 = ma_1$, $F_{T1}V_1 = F_{TK}V_K$, $F_{TK} = F_K$. Отсюда $F_1 = F_K V_K / V_1 - ma_1 = 363 \text{ Н}$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы силы сопротивления: $351 < F_1 < 375$.

3) $x = F_1 V_1 / (F_K V_K) = 121 / 150 \approx 0,81$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы величины x : $0,78 < x < 0,84$.

2. 1) $P_0 V / 2 = \nu_2 R T_0$, $P_0 V / 4 = \nu_1 R T_0$. Отсюда $\nu_2 / \nu_1 = 2$.

2) В конце давление P , объем газа под поршнем $V - V / 6 - V / 4 = 7V / 12$. Для верхней части
 $\frac{P_0 V / 2}{T_0} = \frac{P V / 6}{T}$. Отсюда $P = 4P_0$. По закону Дальтона $P = P_{ATM} + P_1 + P_p$. Здесь P_{ATM} - давление насыщенных паров воды, P_1 - давление от количества ν_1 газа, P_p - давление от вышедшего из воды в конце количества $\Delta \nu$ газа. $\frac{P_1 \cdot 7V / 12}{T} = \frac{P_0 V / 4}{T_0}$. Отсюда $P_1 = \frac{4}{7} P_0$. $P_p \frac{7}{12} V = \Delta \nu R T$, $\Delta \nu = k P_0 V / 4$.

Отсюда $P_p = \frac{3}{7} k P_0 R T$. Итак, $P = P_{ATM} + \frac{4}{7} P_0 + \frac{3}{7} k \frac{P_0}{4} R T$. Отсюда $P = \frac{7 P_{ATM}}{6 - 3kRT / 4} = \frac{140}{93} P_{ATM}$.

3. 1) $a = \frac{(U_2 / d) q}{m} = \frac{U q}{m d}$. 2) $K_3 - K_2 = qU$.

3) Можно показать, что $\varphi_3 = -\varphi_1$. Имеем $\varphi_1 - \varphi_3 = 2U$. Отсюда $\varphi_3 = -U$. Тогда $\varphi_A = \varphi_3 + \frac{1}{3} U_2 = -\frac{2}{3} U$.
 $\frac{1}{2} m V_A^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = q(0 - \varphi_A)$. $V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{4}{3} \frac{qU}{m}}$.

4. 1) Ток через источник $I_0 = \frac{3E}{5R}$. $I_{20} = I_0 \frac{R}{R+2R} = \frac{1E}{5R}$.

2) Сразу после замыкания все токи не изменятся, ЭДС индукции в двух левых катушках равна нулю.
 $-LI' = -I_{20} 2R$. $I' = \frac{2E}{5L}$.

3) Для контура из L и $3L$ $-L \frac{\Delta I}{\Delta t} + 3L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = I \cdot 0 - I_2 2R$. $-L \Delta I + 3L \Delta I_2 = -2R \Delta q$. Суммируем:
 $-L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + 3L(0 - I_{20}) = -2Rq$. $q = \frac{4LE}{5R^2}$.

5. 1) $\varphi_1 = (n_2 - 1)\alpha = 0,03$.

2) Изображение сместится перпендикулярно линии «источник-глаз» на $L_1 = a\varphi_1 = 6 \text{ см}$.

3) Оптическая система состоит из плоскопараллельной пластины толщиной h с показателем преломления n_1 и двух призм с углом α и показателями преломления n_1 и n_2 .

Призмы отклоняют луч на угол $\varphi = (n_1 - 1)\alpha - (n_2 - 1)\alpha = (n_1 - n_2)\alpha = 0,01$, смещая изображение перпендикулярно линии «источник-глаз» на $x = a\varphi = 2 \text{ см}$.

Пластина приближает изображение на $\Delta = h - h / n_1 = 4 \text{ см}$.

Расстояние между источником S и его изображением в системе $L_2 = \sqrt{\Delta^2 + x^2} = 2\sqrt{5} \text{ см}$.

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-03

1. 1) $a_0 = 0,43 \text{ м/с}^2$. Допустимые пределы: $0,38 \text{ м/с}^2 < a_0 < 0,48 \text{ м/с}^2$.

2) Из графика $V_K = 25 \text{ м/с}$. $\alpha = F_K / V_K = 24 \text{ Н·с/м}$. $F_0 - \alpha V_0 = ma_0$. $F_0 = \alpha V_0 + ma_0 = 885 \text{ Н}$.

Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы силы тяги: $810 < F_0 < 960$.

3) $P_0 = F_0 V_0 = 8,85 \approx 8,9 \text{ (кВт)}$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы мощности: $8,1 < P_0 < 9,6$.

2. 1) $P_0 V / 2 = \nu_2 RT_0$, $P_0 V / 4 = \nu_1 RT_0$. Отсюда $\nu_2 / \nu_1 = 2$.

2) В конце давление P , объем газа под поршнем $V - V/5 - V/4 = 11V/20$. Для верхней части

$\frac{P_0 V / 2}{T_0} = \frac{PV / 5}{T}$. Отсюда $P = \frac{5}{2} P_0 \frac{T}{T_0}$. По закону Дальтона $P = P_{ATM} + P_1 + P_p$. Здесь P_{ATM} - давление

насыщенных паров воды, P_1 - давление от количества ν_1 газа, P_p - давление от вышедшего из воды в

конце количества $\Delta \nu$ газа. $\frac{P_1 \cdot 11V / 20}{T} = \frac{P_0 V / 4}{T_0}$. Отсюда $P_1 = \frac{5}{11} \frac{T}{T_0}$. $P_p \frac{11}{20} V = \Delta \nu RT$, $\Delta \nu = k P_0 V / 4$.

Отсюда $P_p = \frac{5}{11} k P_0 RT$. Итак, $\frac{5}{2} P_0 \frac{T}{T_0} = P_{ATM} + \frac{5}{11} P_0 \frac{T}{T_0} + \frac{5}{11} k P_0 RT$. Так как $P_{ATM} = 2P_0$, то $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$.

3. 1) $a = \frac{(U_1 / d)q}{m} = \frac{Uq}{md}$. 2) $K_1 - K_2 = qU$.

3) Можно показать, что $\varphi_3 = -\varphi_1$. Имеем $\varphi_1 - \varphi_3 = 3U$. Отсюда $\varphi_1 = \frac{3}{2}U$. Тогда $\varphi_A = \varphi_1 + \frac{1}{4}U_1 = \frac{7}{4}U$.

$\frac{1}{2}mV_A^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = q(0 - \varphi_A)$. $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7}{2} \frac{qU}{m}}$.

4. 1) Ток через источник $I_0 = \frac{7}{19} \frac{E}{R}$. $I_{10} = I_0 \frac{4R}{4R + 3R} = \frac{4}{19} \frac{E}{R}$.

2) Сразу после замыкания все токи не изменятся, ЭДС индукции в двух левых катушках равна нулю.

$-LI' = -I_{10} 3R$. $I' = \frac{12}{19} \frac{E}{L}$.

3) Для контура из L и $3L$ $-L \frac{\Delta I}{\Delta t} + 3L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I \cdot 0 - I_1 3R$. $-L\Delta I + 3L\Delta I_1 = -3R\Delta q$. Суммируем:

$-L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + 3L(0 - I_{10}) = -3Rq$. $q = \frac{31}{57} \frac{LE}{R^2}$.

5. 1) $\varphi_1 = (n_2 - 1)\alpha = 0,07$.

2) Изображение сместится перпендикулярно линии «источник-глаз» на $L_1 = (a + h)\varphi_1 = 7,28 \approx 7,3 \text{ (см)}$.

3) Оптическая система состоит из плоскопараллельной пластины толщиной h с показателем преломления n_1 и двух призм с углом α и показателями преломления n_1 и n_2 .

Пластина приближает изображение на $\Delta = h - h/n_1 = 4 \text{ см}$.

Призмы отклоняют луч на угол $\varphi = (n_2 - 1)\alpha - (n_1 - 1)\alpha = (n_2 - n_1)\alpha = 0,03$, смещая изображение перпендикулярно линии «источник-глаз» на $x = (a + h - \Delta)\varphi = 3 \text{ см}$.

Расстояние между источником S и его изображением в системе $L_2 = \sqrt{\Delta^2 + x^2} = 5 \text{ см}$.

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-04

1. 1) $a_0 = 0,75 \text{ м/с}^2$. Допустимые пределы: $0,65 \text{ м/с}^2 < a_0 < 0,85 \text{ м/с}^2$.

2) Из графика $V_K = 30 \text{ м/с}$. Пусть F_{T0} и F_{TK} - силы тяги при скорости $V_0 = 20 \text{ м/с}$ и в конце разгона. $F_{T0} - F_0 = ma_0$, $F_{T0}V_0 = F_{TK}V_K$, $F_{TK} = F_K$. Отсюда $F_0 = F_K V_K / V_0 - ma_0 = 120 \text{ Н}$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы силы сопротивления: $96 < F_0 < 144$.

3) $x = F_0 V_0 / (F_K V_K) = 0,4$. Допустимым пределам ускорения соответствуют допустимые пределы величины x : $0,32 < x < 0,48$.

2. 1) $P_0 V / 2 = \nu_2 RT_0$, $P_0 V / 8 = \nu_1 RT_0$. Отсюда $\nu_2 / \nu_1 = 4$.

2) В конце давление P , объем газа под поршнем $V - V / 8 - 3V / 8 = V / 2$. Для верхней части

$\frac{P_0 V / 2}{T_0} = \frac{PV / 8}{T}$. Отсюда $P = \frac{16}{3} P_0$. По закону Дальтона $P = P_{ATM} + P_1 + P_P$. Здесь P_{ATM} - давление

насыщенных паров воды, P_1 - давление от количества ν_1 газа, P_P - давление от вышедшего из воды в

конце количества $\Delta \nu$ газа. $\frac{P_1 \cdot V / 2}{T} = \frac{P_0 V / 8}{T_0}$. Отсюда $P_1 = P_0 / 3$. $P_P \frac{1}{2} V = \Delta \nu RT$, $\Delta \nu = k P_0 3V / 8$.

Отсюда $P_P = \frac{3}{4} k P_0 RT$. Итак, $\frac{16}{3} P_0 = P_{ATM} + \frac{1}{3} P_0 + \frac{3}{4} k P_0 RT$. Отсюда $P_0 = \frac{4 P_{ATM}}{20 - 3kRT} = \frac{20}{73} P_{ATM}$.

3. 1) $a = \frac{(U_2 / d)q}{m} = \frac{Uq}{md}$. 2) $K_3 - K_2 = qU$.

3) Можно показать, что $\varphi_3 = -\varphi_1$. Имеем $\varphi_1 - \varphi_3 = 5U$. Отсюда $\varphi_3 = -\frac{5}{2}U$. Тогда

$\varphi_A = \varphi_3 + \frac{1}{4}U_2 = -\frac{9}{4}U$. $\frac{1}{2}mV_A^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = q(0 - \varphi_A)$. $V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{9}{2} \frac{qU}{m}}$.

4. 1) Ток через источник $I_0 = \frac{3E}{7R}$. $I_{20} = I_0 \frac{2R}{4R + 2R} = \frac{1E}{7R}$.

2) Сразу после замыкания все токи не изменятся, ЭДС индукции в двух левых катушках равна нулю.

$-2LI' = -I_{20}4R$. $I' = \frac{2E}{7L}$.

3) Для контура из L и $2L$ $-2L \frac{\Delta I}{\Delta t} + L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = I \cdot 0 - I_2 4R$. $-2L \Delta I + L \Delta I_2 = -4R \Delta q$. Суммируем:

$-2L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + L(0 - I_{20}) = -4Rq$. $q = \frac{15LE}{28R^2}$.

5. 1) $\varphi_1 = (n_2 - 1)\alpha = 0,07$.

2) Изображение сместится перпендикулярно линии «источник-глаз» на $L_1 = a\varphi_1 = 7 \text{ см}$.

3) Оптическая система состоит из плоскопараллельной пластины толщиной h с показателем преломления n_1 и двух призм с углом α и показателями преломления n_1 и n_2 .

Призмы отклоняют луч на угол $\varphi = (n_2 - 1)\alpha - (n_1 - 1)\alpha = (n_2 - n_1)\alpha = 0,03$, смещая изображение перпендикулярно линии «источник-глаз» на $x = a\varphi = 3 \text{ см}$.

Пластина приближает изображение на $\Delta = h - h/n_1 = 4 \text{ см}$.

Расстояние между источником S и его изображением в системе $L_2 = \sqrt{\Delta^2 + x^2} = 5 \text{ см}$.