

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-01

1. 1) $T_1 \cos \alpha - T_2 \sin \alpha - mg = 0$. $T_1 = \frac{5}{3} mg$.

2) $T_1 \sin \alpha + T_2 \cos \alpha = m\omega^2 R$. $\omega = \frac{\sqrt{13}}{3} \sqrt{\frac{g}{R}}$.

2. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} (T_1^2 - T_0^2) = \nu \frac{3}{2} R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$, то $T_1 = 2T_0$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2} R$. Имеем $R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2} R$. Отсюда

$T_2 = \frac{3}{2} T_0$.

3. 1) $V/V_0 = 1$, так как сила Лоренца перпендикулярна скорости и её работа равна нулю.

2) В поле частица движется с постоянной скоростью по дуге окружности радиусом R . При этом, дуге соответствует центральный угол, равный α . Имеем: $\frac{mV^2}{R} = qVB$, $t = \frac{R\alpha}{V}$.

Итак, $t = \frac{m\alpha}{qB} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ с} = 0,55 \text{ нс}$.

4. 1) Пусть ток I_1 через средний источник идет вверх, а ток I_2 через правый источник идет вниз. По второму правилу Кирхгофа для левого и наружного контуров $\varepsilon - \frac{3}{4}\varepsilon = I_1 R$, $\frac{3}{4}\varepsilon - \frac{1}{2}\varepsilon = I_2 2R$. Отсюда

$I_1 = \frac{\varepsilon}{4R}$, $I_2 = \frac{\varepsilon}{8R}$. Ток через ключ $I = I_1 - I_2 = \frac{\varepsilon}{8R}$, идет налево.

2) При разомкнутом ключе ток $I_0 = \frac{\varepsilon - \varepsilon/2}{R + 2R} = \frac{\varepsilon}{6R}$, напряжение $U_1 = \varepsilon - I_0 R = \frac{5\varepsilon}{6}$. При замкнутом ключе напряжение $U_2 = \frac{3\varepsilon}{4}$. Отношение напряжений $\frac{U_2}{U_1} = \frac{9}{10}$.

5. 1) Линза может быть только собирающая.

2) В одном случае предмет находится между фокусом и точкой на двойном фокусном расстоянии, а в другом – между фокусом и линзой. Пусть в первом случае предмет находится от ближайшего фокуса на расстоянии δ_1 , а во втором - на расстоянии δ_2 . Увеличение в первом случае $\Gamma = \frac{F}{\delta_1}$, а во втором -

$\Gamma = \frac{F}{\delta_2}$. Отсюда видно, что $\delta_1 = \delta_2 = \frac{F}{\Gamma}$. Перемещение предмета $x = \delta_1 + \delta_2 = \frac{2F}{\Gamma}$. Отношение

перемещения к фокусному расстоянию $\frac{x}{F} = \frac{2}{\Gamma} = \frac{1}{2}$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-02

1. 1) $T_1 \cos \alpha + T_2 \cos \beta - mg = 0$. $T_2 = \frac{5}{11} mg$.

2) $T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = m\omega^2 R$. $\omega = \sqrt{\frac{10g}{11R}}$.

2. $\nu C \Delta T = \nu C_V \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_V) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu \alpha R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu \alpha R \frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\frac{1}{2} \nu \alpha R \frac{1}{T_0} (T_1^2 - T_0^2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$ и $T_1 = \frac{5}{4} T_0$, то $\alpha = \frac{4}{3}$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_V) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_V = \frac{3}{2} R$. Имеем $\frac{4}{3} R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2} R$.

Отсюда $T_2 = \frac{9}{8} T_0$.

3. 1) $V/V_0 = 1$, так как сила Лоренца перпендикулярна скорости и её работа равна нулю.

2) В поле частица движется с постоянной скоростью по дуге окружности радиусом R . При этом, дуге соответствует центральный угол $\alpha = 2\beta$. Имеем: $\frac{mV^2}{R} = eVB$, $t = \frac{R\alpha}{V} = \frac{2R\beta}{V}$.

Итак, $B = \frac{2m\beta}{et} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 5 \text{ мТл}$.

4. 1) Пусть ток I_1 через средний источник идет вверх, а ток I_2 через правый источник идет тоже вверх.

По второму правилу Кирхгофа для левого и наружного контуров $\varepsilon + \frac{\varepsilon}{3} = I_1 R$, $\frac{3}{2} \varepsilon - \frac{\varepsilon}{3} = I_2 2R$. Отсюда

$I_1 = \frac{4\varepsilon}{3R}$, $I_2 = \frac{11\varepsilon}{12R}$. Ток через ключ $I = I_1 + I_2 = \frac{9\varepsilon}{4R}$, идет налево.

2) При разомкнутом ключе ток $I_0 = \frac{3\varepsilon/2 - \varepsilon}{R + 2R} = \frac{\varepsilon}{6R}$, напряжение $U_1 = \frac{3}{2} \varepsilon - I_0 2R = \frac{7\varepsilon}{6}$. При замкнутом ключе напряжение $U_2 = -\frac{\varepsilon}{3}$. Отношение напряжений $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{2}{7}$.

5. 1) Линза может быть только собирающая.

2) В одном случае предмет находится между фокусом и точкой на двойном фокусном расстоянии, а в другом – между фокусом и линзой. Пусть в первом случае предмет находится от ближайшего фокуса на расстоянии δ_1 , а во втором - на расстоянии δ_2 . Увеличение в первом случае $\Gamma = \frac{F}{\delta_1}$, а во втором -

$\Gamma = \frac{F}{\delta_2}$. Отсюда видно, что $\delta_1 = \delta_2 = \frac{F}{\Gamma}$. Перемещение предмета $x = \delta_1 + \delta_2 = \frac{2F}{\Gamma}$. У нас $x = 0,4F$.

Увеличение $\Gamma = \frac{2F}{x} = 5$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-03

1. 1) $T_1 \sin \beta - T_2 \cos \beta - mg = 0$. $T_1 = \frac{5}{2} mg$.

2) $T_1 \cos \beta + T_2 \sin \beta = m\omega^2 R$. $\omega = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{19g}{2R}}$.

2. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu \frac{2}{3} R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu \frac{2}{3} R \frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\frac{1}{3} \nu R \frac{1}{T_0} (T_1^2 - T_0^2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$, то $T_1 = \frac{7}{2} T_0$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2} R$. Имеем $\frac{2}{3} R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2} R$.

Отсюда $T_2 = \frac{9}{4} T_0$.

3. 1) $V/V_0 = 1$, так как сила Лоренца перпендикулярна скорости и её работа равна нулю.

2) В поле частица движется с постоянной скоростью по дуге окружности радиусом R . При этом, дуге соответствует центральный угол, равный α . Имеем: $\frac{mV^2}{R} = qVB$, $t = \frac{R\alpha}{V}$.

Итак, $B = \frac{m\alpha}{qt} = 0,066 \text{ Тл} = 66 \text{ мТл}$.

4. 1) Пусть ток I_1 через средний источник идет вниз, а ток I_2 через правый источник идет тоже вниз. По второму правилу Кирхгофа для левого и наружного контуров $\frac{3}{2} \varepsilon - \varepsilon = I_1 R$, $\frac{3}{2} \varepsilon + 2\varepsilon = I_2 3R$. Отсюда

$I_1 = \frac{\varepsilon}{2R}$, $I_2 = \frac{7\varepsilon}{6R}$. Ток через ключ $I = I_1 + I_2 = \frac{5\varepsilon}{3R}$, идет направо.

2) При разомкнутом ключе ток $I_0 = \frac{2\varepsilon + \varepsilon}{R + 3R} = \frac{3\varepsilon}{4R}$, напряжение $U_1 = \varepsilon - I_0 R = \frac{\varepsilon}{4}$. При замкнутом ключе напряжение $U_2 = \frac{3\varepsilon}{2}$. Отношение напряжений $\frac{U_2}{U_1} = 6$.

5. 1) Линза может быть только собирающая.

2) В одном случае предмет находится между фокусом и точкой на двойном фокусном расстоянии, а в другом – между фокусом и линзой. Пусть в первом случае предмет находится от ближайшего фокуса на расстоянии δ_1 , а во втором - на расстоянии δ_2 . Увеличение в первом случае $\Gamma = \frac{F}{\delta_1}$, а во втором -

$\Gamma = \frac{F}{\delta_2}$. Отсюда видно, что $\delta_1 = \delta_2 = \frac{F}{\Gamma}$. Перемещение предмета $x = \delta_1 + \delta_2 = \frac{2F}{\Gamma}$. Отношение

перемещения к фокусному расстоянию $\frac{x}{F} = \frac{2}{\Gamma} = \frac{2}{3}$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-04

1. 1) $T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \alpha - mg = 0$. $T_2 = \frac{17}{60} mg$.

2) $T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \alpha = m\omega^2 R$. $\omega = 2\sqrt{\frac{g}{5R}}$.

2. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu \alpha R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu \alpha R \frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\frac{1}{2} \nu \alpha R \frac{1}{T_0} (T_1^2 - T_0^2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$ и $T_1 = 3T_0$, то $\alpha = \frac{3}{4}$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2} R$. Имеем $\frac{3}{4} R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2} R$.

Отсюда $T_2 = 2T_0$.

3. 1) $V/V_0 = 1$, так как сила Лоренца перпендикулярна скорости и её работа равна нулю.

2) В поле частица движется с постоянной скоростью по дуге окружности радиусом R . При этом, дуге соответствует центральный угол $\alpha = 2\beta$. Имеем: $\frac{mV^2}{R} = eVB$, $t = \frac{R\alpha}{V} = \frac{2R\beta}{V}$.

Итак, $t = \frac{2m\beta}{Be} = 0,25 \cdot 10^{-9}$ с = 0,25 нс.

4. 1) Пусть ток I_1 через средний источник идет вверх, а ток I_2 через правый источник идет тоже вверх.

По второму правилу Кирхгофа для левого и наружного контуров $\varepsilon + 2\varepsilon = I_1 R$, $2\varepsilon - \frac{3\varepsilon}{4} = I_2 4R$. Отсюда

$I_1 = \frac{3\varepsilon}{R}$, $I_2 = \frac{5\varepsilon}{16R}$. Ток через ключ $I = I_1 + I_2 = \frac{53\varepsilon}{16R}$, идет налево.

2) При разомкнутом ключе ток $I_0 = \frac{3\varepsilon/4 + \varepsilon}{R + 4R} = \frac{7\varepsilon}{20R}$, напряжение $U_1 = \varepsilon - I_0 R = \frac{13\varepsilon}{20}$. При замкнутом

ключе напряжение $U_2 = -2\varepsilon$. Отношение напряжений $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{40}{13}$.

5. 1) Линза может быть только собирающая.

2) В одном случае предмет находится между фокусом и точкой на двойном фокусном расстоянии, а в другом – между фокусом и линзой. Пусть в первом случае предмет находится от ближайшего фокуса на расстоянии δ_1 , а во втором - на расстоянии δ_2 . Увеличение в первом случае $\Gamma = \frac{F}{\delta_1}$, а во втором -

$\Gamma = \frac{F}{\delta_2}$. Отсюда видно, что $\delta_1 = \delta_2 = \frac{F}{\Gamma}$. Перемещение линзы $x = \delta_1 + \delta_2 = \frac{2F}{\Gamma}$. У нас $x = \frac{2}{7} F$.

Увеличение $\Gamma = \frac{2F}{x} = 7$.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 11-01, 11-02, 11-03, 11-04

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 6 очков

Задача 2. (10 очков)

- 1) Правильный ЗСЭ в приращениях 2 очка
- Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Записано условие, что $C = C_V$ 1 очко
- Есть обоснование этого 1 очко
- Ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Есть объяснение 1 очко
- Ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- Аналитический ответ на второй вопрос 3 очка
- Численный ответ на второй вопрос 1 очко

Задача 4. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
- Ответ на первый вопрос 2 очка
- Не указано направление тока (слова, на рис.) – снимать 1 очко
- 2) Найдено напряжение до замыкания 2 очка
- Найдено напряжение после замыкания 2 очка
- Ответ на второй вопрос 1 очко
- Потеря знака – снимать 1 очко

Задача 5. (10 очков)

- 1) Попытка обоснования ответа на первый вопрос 1 очко
- Ответ на первый вопрос без обоснования 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- Ответ на второй вопрос 4 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-05

1. 1) $T_A = mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{7 - \pi}{7} mg$.

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha$.

Отсюда $T_B = T_A + \frac{2}{21} mg$. $T_B = \frac{23 - 3\pi}{21} mg$.

2. $V_2 = \frac{3}{2} V_1$, $V_3 = \frac{9}{4} V_1$. $P_2 = \frac{3}{2} P_1$.

1) $T_2 = \frac{3}{2} T_1$, $T_3 = \frac{27}{8} T_1$.

2) $A_{12} = \frac{1}{2} \nu RT_1$, $A_{23} = \frac{15}{16} \nu RT_1$. $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{23}{16} \nu RT_1$.

3) $Q = \nu \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) + A_{123} = 5\nu RT_1$.

3. Сила Лоренца $F = qVB \sin \alpha$. Здесь V – скорость. Сила трения $F_{TP} = \mu qVB \sin \alpha$.

1) $F_{TP1} = \mu q \frac{V_0}{2} B \sin \alpha = 0,3 \mu q V_0 B$.

2) $-\mu qVB \sin \alpha = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$. $-\mu qV \Delta t \cdot B \sin \alpha = m \Delta V$. $-\mu q \Delta x B \sin \alpha = m \Delta V$.

Суммирование дает $-\mu qSB \sin \alpha = m(0 - V_0)$. $S = \frac{5mV_0}{3\mu qB}$.

4. 1) $U = \frac{2}{3} \varepsilon$. 2) $I = \frac{\varepsilon}{3R}$.

3) В установившемся режиме после размыкания ключа напряжение на конденсаторе равно ε .

Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU^2}{2} = \frac{5}{18} C\varepsilon^2$.

Работа источника $A = (C\varepsilon - CU)\varepsilon = \frac{C\varepsilon^2}{3}$. По 3СЭ $Q = A - \Delta W_C = \frac{1}{18} C\varepsilon^2$.

5. 1) Расстояния равны. Обозначим их через d .

2) $\frac{1}{d} + \frac{1}{d+S} = \frac{1}{F}$, $\frac{d+S}{d} = \Gamma = 2$. Отсюда $F = \frac{2}{3} S = 18$ см.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-06

1. 1) $T_A = \frac{1}{2} mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{8 - \pi}{16} mg.$

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha.$

Отсюда $T_B = T_A + \frac{3}{32} mg.$ $T_B = \frac{19 - 2\pi}{32} mg.$

2. $V_2 = 2V_1, \quad V_3 = V_1. \quad P_2 = P_1, \quad P_3 = \frac{1}{2} P_1.$

1) $T_2 = 2T_1, \quad T_3 = \frac{1}{2} T_1.$

2) $A_{12} = \nu RT_1, \quad A_{23} = -\frac{3}{4} \nu RT_1. \quad A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{1}{4} \nu RT_1.$

3) $Q = \nu \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) + A_{123} = -\frac{1}{2} \nu RT_1.$

3. Сила Лоренца $F = qVB \sin \alpha.$ Здесь V – скорость. Сила трения $F_{тр} = \mu qVB \sin \alpha.$

1) $F_{тр1} = \mu q \frac{V_0}{4} B \sin \alpha = \frac{3}{28} \mu q V_0 B.$

2) $-\mu qVB \sin \alpha = m \frac{\Delta V}{\Delta t}. \quad -\mu qV \Delta t \cdot B \sin \alpha = m \Delta V. \quad -\mu q \Delta x B \sin \alpha = m \Delta V.$

Суммирование дает $-\mu qSB \sin \alpha = m(V_0/4 - V_0). \quad S = \frac{7mV_0}{4\mu qB}.$

4. 1) $U = \frac{1}{5} \varepsilon. \quad 2) I = \frac{\varepsilon}{5R}.$

3) В установившемся режиме после размыкания ключа напряжение на конденсаторе равно $\varepsilon.$

Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU^2}{2} = \frac{12}{25} C\varepsilon^2.$

Работа источника $A = (C\varepsilon - CU)\varepsilon = \frac{4}{5} C\varepsilon^2.$ По 3СЭ $Q = A - \Delta W_C = \frac{8}{25} C\varepsilon^2.$

5. 1) Расстояния равны. Обозначим их через $d.$

2) Пусть H_0 - высота стрелки, H_1 и H_2 - высоты изображений.

$\frac{1}{d} + \frac{1}{d+x} = \frac{1}{F}, \quad \frac{H_1}{H_0} = \frac{d}{d+x}, \quad \frac{H_2}{H_0} = \frac{d+x}{d}, \quad \frac{H_2}{H_1} = 9.$ Отсюда $d = \frac{x}{2}, \quad x = \frac{8}{3} F = 40 \text{ см.}$

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-07

1. 1) $T_A = mg \frac{l - \pi R/2}{l} = \frac{6 - \pi}{6} mg.$

2) Мысленно переместим участок АЕ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha.$

Отсюда $T_B = T_A + \frac{5}{18} mg.$ $T_B = \frac{23 - 3\pi}{18} mg.$

2. $V_2 = \frac{3}{2} V_1,$ $V_3 = \frac{9}{4} V_1.$ $P_2 = \frac{3}{2} P_1.$

1) $T_2 = \frac{9}{4} T_1,$ $T_3 = \frac{27}{8} T_1.$

2) $A_{12} = \frac{5}{8} \nu RT_1,$ $A_{23} = \frac{9}{8} \nu RT_1,$ $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{7}{4} \nu RT_1.$

3) $Q = \nu \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) + A_{123} = \frac{85}{16} \nu RT_1.$

3. Сила Лоренца $F = qVB \sin \alpha.$ Здесь V – скорость. Сила трения $F_{тр} = \mu qVB \sin \alpha.$

1) $F_{тр1} = \mu q \frac{V_0}{3} B \sin \alpha = \frac{2}{15} \mu q V_0 B.$

2) $-\mu qVB \sin \alpha = m \frac{\Delta V}{\Delta t}.$ $-\mu qV \Delta t \cdot B \sin \alpha = m \Delta V.$ $-\mu q \Delta x B \sin \alpha = m \Delta V.$

Суммирование дает $-\mu qSB \sin \alpha = m(V_0/3 - V_0).$ $S = \frac{5mV_0}{3\mu qB}.$

4. 1) $U = \frac{3}{4} \varepsilon.$ 2) $I = \frac{\varepsilon}{4R}.$

3) В установившемся режиме после размыкания ключа напряжение на конденсаторе равно $\varepsilon.$

Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU^2}{2} = \frac{7}{32} C\varepsilon^2.$

Работа источника $A = (C\varepsilon - CU)\varepsilon = \frac{1}{4} C\varepsilon^2.$ По ЗСЭ $Q = A - \Delta W_C = \frac{1}{32} C\varepsilon^2.$

5. 1) Расстояния равны. Обозначим их через $d.$

2) Пусть H_0 - высота стрелки, H_1 и H_2 - высоты изображений.

$\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} = \frac{1}{F},$ $\frac{H_1}{H_0} = \frac{L-d}{d},$ $\frac{H_2}{H_0} = \frac{d}{L-d},$ $\frac{H_1}{H_2} = 4.$ Отсюда $d = \frac{L}{3},$ $F = \frac{2}{9} L = 10 \text{ см.}$

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-08

1. 1) $T_A = mg \frac{l - 3\pi R/2}{l} = \frac{6 - \pi}{6} mg.$

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_A x - T_B x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha.$

Отсюда $T_B = T_A - \frac{1}{12} mg.$ $T_B = \frac{11 - 2\pi}{12} mg.$

2. $V_2 = 2V_1, V_3 = V_1. P_2 = P_3 = 2P_1.$

1) $T_2 = 4T_1, T_3 = 2T_1.$

2) $A_{12} = \frac{3}{2} \nu RT_1, A_{23} = -2\nu RT_1. A_{123} = A_{12} + A_{23} = -\frac{1}{2} \nu RT_1.$

3) $Q = \nu \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) + A_{123} = \nu RT_1.$

3. Сила Лоренца $F = qVB \sin \alpha.$ Здесь V – скорость. Сила трения $F_{TP} = \mu qVB \sin \alpha.$

1) $F_{TP1} = \mu q \frac{3V_0}{5} B \sin \alpha = \frac{4}{15} \mu q V_0 B.$

2) $-\mu qVB \sin \alpha = m \frac{\Delta V}{\Delta t}. -\mu qV \Delta t \cdot B \sin \alpha = m \Delta V. -\mu q \Delta x B \sin \alpha = m \Delta V.$

Суммирование дает $-\mu qSB \sin \alpha = m(0,6V_0 - V_0). S = \frac{0,9mV_0}{\mu qB}.$

4. 1) $U = \frac{1}{6} \varepsilon. 2) I = \frac{\varepsilon}{6R}.$

3) В установившемся режиме после размыкания ключа напряжение на конденсаторе равно $\varepsilon.$

Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{CU^2}{2} = \frac{35}{72} C\varepsilon^2.$

Работа источника $A = (C\varepsilon - CU)\varepsilon = \frac{5}{6} C\varepsilon^2.$ По ЗСЭ $Q = A - \Delta W_C = \frac{25}{72} C\varepsilon^2.$

5. 1) Расстояния равны. Обозначим их через $d.$

2) Пусть H_0 - высота стрелки, H_1 и H_2 - высоты изображений.

$\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} = \frac{1}{F}, \frac{H}{H_0} = \frac{L-d}{d}, \frac{h}{H_0} = \frac{d}{L-d}, \frac{H}{h} = \frac{9}{4}.$ Отсюда $d = \frac{2L}{5}, L = \frac{25}{6} F = 150 \text{ см}.$

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 11-5, 11-6, 11-7, 11-8

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
- Ответ на второй вопрос 4 очка

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 4 очка
- 3) Ответ на третий вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ур-е 2 закона Ньютона 2 очка
- Правильно записаны все остальные необходимые ур-я 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка
- 3) Найдено U_C в установившемся режиме после размыкания ... 1 очко
- Есть ЗСЭ 1 очко
- Ответ на третий вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Попытка обосновать равенство расстояний 1 очко
- Ответ на первый вопрос без обоснования 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
- Ответ на второй вопрос 4 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-09

1. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,8mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,4mg$.

3) $T_3 = 1,5T_1 = 1,2mg$, $ma_\tau = mg \sin \varphi$, $T_3 - mg \cos \varphi = \frac{mV_3^2}{R}$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_\tau = \frac{\sqrt{29}}{15} g$.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{12}}{-A_{31}} = \alpha$, $x = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{3}{2} \alpha$. 2) $\eta = 1 - \frac{2}{5\alpha}$.

3. Шарик будет двигаться сначала вверх по винтовой линии с уменьшающимся шагом, а затем вниз по винтовой линии с увеличивающимся шагом.

1) $0 = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$. Отсюда $t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$.

2) $\frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{R} = q(V_0 \cos \alpha)B$. Отсюда $R = \frac{mV_0 \cos \alpha}{qB}$. Период $T = \frac{2\pi R}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$. Шарик совершил

целое число оборотов: $t = nT = n \frac{2\pi m}{qB}$. Отсюда $B = \frac{2\pi m}{qt} n$. Окончательно $B = \frac{\pi mg}{qV_0 \sin \alpha} n$, где

$n = 1, 2, 3, \dots$.

4. После замыкания K_2 общая емкость $C_0 = \frac{2}{3} C$, заряд $q_0 = \frac{2}{3} C\varepsilon$. Пусть при размыкании K_3 напряжение

на $2C$ равно U_1 . Тогда $\varepsilon - 4U_1 - U_1 = 0$. $U_1 = \frac{\varepsilon}{5}$. Заряд на $2C$ равен $q_1 = 2CU_1 = \frac{2}{5} C\varepsilon$.

1) Отношение зарядов $\frac{q_1}{q_0} = \frac{3}{5}$.

2) Теперь при замкнутом K_3 . Изменение энергии конденсаторов $\Delta W_C = \left(\frac{1}{2} \cdot 2CU_1^2 + \frac{1}{2} C(4U_1)^2 \right) - \frac{1}{2} C_0 \varepsilon^2 = \frac{2}{75} C\varepsilon^2$. Прошедший через источник заряд

$q = C4U_1 - q_0 = \frac{2}{15} C\varepsilon$. Работа источника $A = q\varepsilon = \frac{2}{15} C\varepsilon^2$. По ЗСЭ теплота $Q = A - \Delta W_C = \frac{8}{75} C\varepsilon^2$.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $d + f = L$. Отсюда $d^2 - dL + LF = 0$. Так как изображение увеличенное, то

$d = \frac{L - \sqrt{L(L - 4F)}}{2} = 20$ см.

2) $\frac{u}{V} = \frac{L}{d}$. $u = \frac{L}{d} V = 8$ мм/с.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-10

1. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,75mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,5mg$.

3) $T_3 = 1,25T_1 = \frac{15}{16}mg$, $a_n = \frac{V_3^2}{R}$, $T_3 - mg \cos \varphi = ma_n$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_n = \frac{g}{8}$.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A_{12}}{A}$, $x_2 = \frac{-A_{31}}{A_{12}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x_1 = \frac{2}{5\eta}$. 2) $x_2 = \frac{5}{2}(1-\eta)$.

3. Шарик будет двигаться сначала вверх по винтовой линии с уменьшающимся шагом, а затем вниз по винтовой линии с увеличивающимся шагом.

1) $h = V_0 \sin \alpha \cdot \tau - \frac{1}{2}g\tau^2$.

2) $\frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{R} = q(V_0 \cos \alpha)B$. Отсюда $R = \frac{mV_0 \cos \alpha}{qB}$. Период $T = \frac{2\pi R}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$. Шарик совершил

целое число оборотов: $\tau = nT = n \frac{2\pi m}{qB}$. Отсюда $B = \frac{2\pi m}{q\tau}n$, где $n = 1, 2, 3, \dots$.

4. После замыкания K_2 общая емкость $C_0 = \frac{3}{5}C$, заряд $q_0 = \frac{3}{5}C\varepsilon$. Пусть при размыкании K_3 напряжение на C равно U_1 . Тогда $\varepsilon - 4U_1 - U_1 = 0$. $U_1 = \frac{\varepsilon}{5}$. Заряд на C равен $q_1 = CU_1 = \frac{1}{5}C\varepsilon$.

1) Отношение зарядов $\frac{q_1}{q_0} = \frac{1}{3}$.

2) Теперь при замкнутом K_3 . Изменение энергии конденсаторов $\Delta W_c = \left(\frac{1}{2}CU_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2}C(4U_1)^2 \right) - \frac{1}{2}C_0\varepsilon^2 = \frac{1}{5}C\varepsilon^2$. Прошедший через источник заряд

$q = \frac{3}{2}C4U_1 - q_0 = \frac{3}{5}C\varepsilon$. Работа источника $A = q\varepsilon = \frac{3}{5}C\varepsilon^2$. По ЗСЭ теплота $Q = A - \Delta W_c = \frac{2}{5}C\varepsilon^2$.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $d + f = L$. Отсюда $d^2 - dL + LF = 0$. Так как изображение уменьшенное, то

$d = \frac{L + \sqrt{L(L-4F)}}{2} = 36$ см.

2) $\frac{u}{V} = \frac{L}{d}$. $u = \frac{L}{d}V = 4$ мм/с.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-11

1. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,7mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,6mg$.

3) $T_3 = 2T_1 = 1,4mg$, $ma_\tau = mg \sin \varphi$, $T_3 - mg \cos \varphi = \frac{mV_3^2}{R}$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_\tau = \frac{\sqrt{29}}{15} g$.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{23}}{-A_{31}} = \beta$, $x = \frac{A_{12}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{2}{3} \beta$. 2) $\eta = 1 - \frac{3}{5\beta}$.

3. Шарик будет двигаться сначала вверх по винтовой линии с уменьшающимся шагом, а затем вниз по винтовой линии с увеличивающимся шагом.

1) $V_0 \sin \alpha = gt$. Отсюда $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$.

2) $\frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{R} = q(V_0 \cos \alpha)B$. Отсюда $R = \frac{mV_0 \cos \alpha}{qB}$. Период $T = \frac{2\pi R}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$. Шарик совершил

целое число оборотов: $t = nT = n \frac{2\pi m}{qB}$. Отсюда $B = \frac{2\pi m}{qt} n$. Окончательно $B = \frac{2\pi mg}{qV_0 \sin \alpha} n$, где

$n = 1, 2, 3, \dots$.

4. После замыкания K_2 общая емкость $C_0 = \frac{2}{3}C$, заряд $q_0 = \frac{2}{3}C\varepsilon$. При размыкании K_3 заряд на $2C$ равен

$q_{2c} = \frac{3}{4}q_0 = \frac{1}{2}C\varepsilon$, напряжение на $2C$ равно $U_{2c} = \frac{1}{4}\varepsilon$, напряжение на C равно $U_c = \varepsilon - U_{2c} = \frac{3}{4}\varepsilon$.

1) Отношение напряжений $\frac{U_c}{U_{2c}} = 3$.

2) Теперь при замкнутом K_3 . Изменение энергии конденсаторов $\Delta W_c = \left(\frac{1}{2}CU_c^2 + \frac{1}{2} \cdot 2CU_{2c}^2 \right) - \frac{1}{2}C_0\varepsilon^2 = \frac{1}{96}C\varepsilon^2$. Прошедший через источник заряд $q = CU_c - q_0 = \frac{1}{12}C\varepsilon$.

Работа источника $A = q\varepsilon = \frac{1}{12}C\varepsilon^2$. По ЗСЭ теплота $Q = A - \Delta W_c = \frac{7}{96}C\varepsilon^2$.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $d + f = L$. Отсюда $d^2 - dL + LF = 0$. Так как изображение увеличенное, то

$d = \frac{L - \sqrt{L(L - 4F)}}{2} = 15$ см.

2) $\frac{u}{V} = \frac{L}{d}$. $u = \frac{L}{d}V = 5$ мм/с.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 11-12

1. **1)** $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,6mg$. **2)** $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,8mg$.

3) $T_3 = 2,5T_1 = \frac{3}{2}mg$, $a_n = \frac{V_3^2}{R}$, $T_3 - mg \cos \varphi = ma_n$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_n = 0,6g$.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A}{A_{23}}$, $x_2 = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. **1)** $x_1 = \frac{5}{3}\eta$. **2)** $x_2 = \frac{3}{5(1-\eta)}$.

3. Шарик будет двигаться сначала вверх по винтовой линии с уменьшающимся шагом, а затем вниз по винтовой линии с увеличивающимся шагом.

1) $V_0 \sin \alpha = g\tau$, $V = V_0 \cos \alpha$. Отсюда $V = g\tau \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$.

2) $\frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{R} = q(V_0 \cos \alpha)B$. Отсюда $R = \frac{mV_0 \cos \alpha}{qB}$. Период $T = \frac{2\pi R}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$. Шарик совершил

целое число оборотов: $\tau = nT = n \frac{2\pi m}{qB}$. Отсюда $B = \frac{2\pi m}{q\tau}n$, где $n = 1, 2, 3, \dots$.

4. После замыкания K_2 общая емкость $C_0 = \frac{3}{5}C$, заряд $q_0 = \frac{3}{5}C\varepsilon$. При размыкании K_3 заряд на C равен

$q_C = \frac{2}{3}q_0 = \frac{2}{5}C\varepsilon$, напряжение на C равно $U_C = \frac{2}{5}\varepsilon$, напряжение на $1,5C$ равно $U_{1,5C} = \varepsilon - U_C = \frac{3}{5}\varepsilon$.

1) Отношение напряжений $\frac{U_{1,5C}}{U_C} = \frac{3}{2}$.

2) Теперь при замкнутом K_3 . Изменение энергии конденсаторов $\Delta W_C = \left(\frac{1}{2}CU_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2}CU_{1,5C}^2 \right) - \frac{1}{2}C_0\varepsilon^2 = \frac{1}{20}C\varepsilon^2$. Прошедший через источник заряд

$q = \frac{3}{2}CU_{1,5C} - q_0 = \frac{3}{10}C\varepsilon$. Работа источника $A = q\varepsilon = \frac{3}{10}C\varepsilon^2$. По ЗСЭ теплота $Q = A - \Delta W_C = \frac{1}{4}C\varepsilon^2$.

5. **1)** $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $d + f = L$. Отсюда $d^2 - dL + LF = 0$. Так как изображение уменьшенное, то

$d = \frac{L + \sqrt{L(L-4F)}}{2} = 80$ см.

2) $\frac{u}{V} = \frac{L}{d}$. $u = \frac{L}{d}V = 10$ мм/с.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 11-09, 11-10, 11-11, 11-12

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
 Ответ на второй вопрос 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
 Ответ на третий вопрос 1 очко

Задача 2. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Есть понимание (слова, рис.), как движется шарик 1 очко
 Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
 Ответ на второй вопрос 3 очка
 Если ответ только для одного B , то снимать 1 очко

Задача 4. (10 очков)

- Найдены напряжения (заряды) на конд-х перед зам. K_3 2 очка
- Найдены напряжения (заряды) на конд-х при разм. K_3 2 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Есть ЗСЭ 1 очко
 Найдено изменение энергии конденсаторов 1 очко
 Найдена работа источника 1 очко
 Ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
 Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Есть обоснование (рис., слова) связи скоростей 2 очка
 Ответ на второй вопрос 4 очка

Олимпиада «Физтех-2016». МФТИ. 21.02.2016

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Проверяются только чистовики.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полное количество очков.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий. На самой работе около номера каждой оформленной задачи проверяющий ставит суммарные очки за эту задачу красной ручкой и обводит кружком.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко.** Проверяющий проставляет на двойном листе работы количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.
