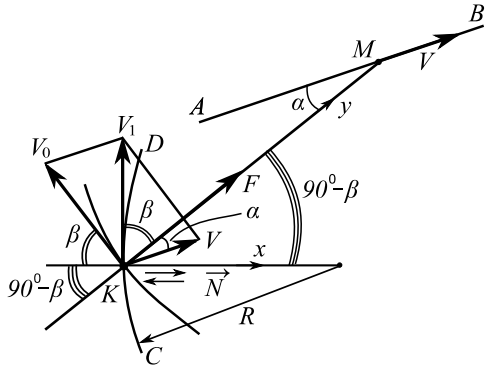
Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-01



1. 1) $V_1\cos\beta = V\cos\alpha$. $V_1 = \dfrac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \dfrac{75}{68}V = 75$ см/с.

2) $V_0 = V_1\sin\beta + V\sin\alpha = V\left(\dfrac{\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + \sin\alpha\right) = \dfrac{77}{68}V = 77$ см/с.

Другой способ: $V_0^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)$,

$V_0 = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)} = 77$ см/с.

3) $F\cos\left(90^0-\beta\right) - N = \dfrac{mV_1^2}{R}$ - на x в ЛСО. $F - N\sin\beta = \dfrac{mV_0^2}{l}$ - на y в ИСО «муфта».

$F = \dfrac{15}{16}\dfrac{m}{R}\left(V_0^2 - V_1^2\right) = \dfrac{15\cdot 19}{68^2}\dfrac{mV^2}{R} = 1{,}5\cdot 10^{-3}$ Н.

2. 1) $\dfrac{C_{12}}{C_{23}} = \dfrac{C_V}{C_P} = \dfrac{3}{5}$. **2)** $\dfrac{Q_{23}}{A_{23}} = \dfrac{\nu C_P\left(T_3-T_2\right)}{P_2\left(V_3-V_2\right)} = \dfrac{\nu C_P\left(T_3-T_2\right)}{\nu R\left(T_3-T_2\right)} = \dfrac{C_P}{R} = \dfrac{5}{2}$.

3) $P = \alpha V$. $V_3 = kV_1$. $A = \dfrac{1}{2}\left(P_3-P_1\right)\left(V_3-V_1\right) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2\left(k-1\right)^2$.

$Q_{123} = \nu\dfrac{3}{2}R\left(T_3-T_1\right) + p_3\left(V_3-V_1\right) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2\left(k-1\right)\left(5k+3\right)$. $\eta = \dfrac{A}{Q_{123}} = \dfrac{k-1}{5k+3} = \dfrac{1}{5}\left(1-\dfrac{8}{5k+3}\right)$. При $k=\infty$ $\eta = \eta_{MAX} = 0{,}2$.

3. 1) $\dfrac{3}{4}d = \dfrac{0+V_1}{2}T$. $V_1 = \dfrac{3d}{2T}$. **2)** $\dfrac{3}{4}d = \dfrac{1}{2}aT^2$, $a = \dfrac{qE}{m} = \dfrac{q}{m}\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S} = \gamma\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$. $Q = \dfrac{3}{2}\dfrac{\varepsilon_0 Sd}{\gamma T^2}$. **3)** Скорости на бесконечности и в середине конденсатора равны. $V_1^2 = 2a\cdot\dfrac{3}{4}d, V_2^2 = 2a\cdot\dfrac{1}{4}d$. $V_2 = \dfrac{\sqrt{3}}{3}V_1 = \dfrac{\sqrt{3}}{2}\dfrac{d}{T}$.

4. Пока диод открыт $E + \left(-LI'\right) - U = U_0$. U – напряжение на конденсаторе (между прав. и лев. обкл.).

1) Сразу после замыкания $E + \left(-LI'\right) - U_1 = U_0$. $I' = \dfrac{E-U_1-U_0}{L} = 30$ А/с.

2) При $I = I_M$ $I' = 0$. $E + 0 - U = U_0$. $U = E - U_0, q = C\left(E-U_0\right)$. ЗСЭ:

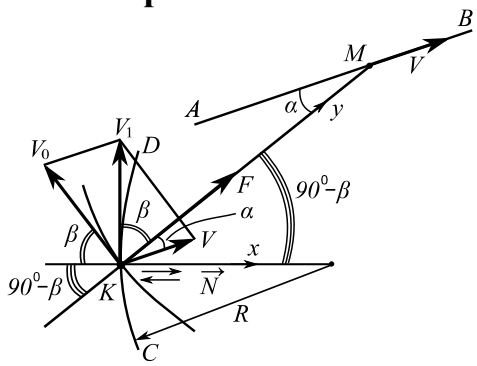
$E\Delta q = U_0\Delta q + \dfrac{1}{2}LI_M^2 + \left(\dfrac{1}{2}CU^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $\Delta q = C\left(E-U_0\right) - CU_1$. $I_M = \left(E-U_0-U_1\right)\sqrt{\dfrac{C}{L}} = 0{,}06$ А.

3) ЗСЭ: $E\left(CU_2 - CU_1\right) = U_0\left(CU_2 - CU_1\right) + 0 + \left(\dfrac{1}{2}CU_2^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $U_2 = 2\left(E-U_0\right) - U_1 = 11$ В.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \dfrac{3}{2}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $f = \dfrac{dF}{d-F} = 3F$ от линзы. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{3F/4}{F} = \dfrac{3}{4}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \dfrac{f}{d} = 2$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$. Скорость изображения в системе $u = \dfrac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = 10V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-02



1. 1) $V_1\cos\beta = V\cos\alpha$. $V_1 = \dfrac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \dfrac{51}{40}V = 51$ см/с.

2) $V_0 = V_1\sin\beta + V\sin\alpha = V\left(\dfrac{\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + \sin\alpha\right) = \dfrac{77}{40}V = 77$ см/с.

Другой способ: $V_0^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)$,

$V_0 = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)} = 77$ см/с.

3) $F\cos\left(90^0 - \beta\right) - N = \dfrac{mV_1^2}{R}$ - на x в ЛСО. $F - N\sin\beta = \dfrac{mV_0^2}{l}$ - на y в ИСО «муфта». $F = \dfrac{15\cdot 17}{64}\dfrac{m}{R}\left(V_0^2 - V_1^2\right) = \dfrac{15\cdot 17\cdot 13}{400}\dfrac{mV^2}{R} = 0,78$ Н.

2. 1) $\dfrac{C_{23}}{C_{31}} = \dfrac{C_V}{C_P} = \dfrac{3}{5}$. **2)** $\dfrac{Q_{12}}{A_{12}} = \dfrac{(U_2 - U_1) + A_{12}}{A_{12}} = \dfrac{U_2 - U_1}{A_{12}} + 1 = \dfrac{\nu C_V(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2}P_2V_2 - \frac{1}{2}P_1V_1} + 1 = \dfrac{\nu C_V(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)} + 1 = 4$.

3) $P = \alpha V$. $V_2 = kV_1$. $A = \dfrac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2(k-1)^2$.

$Q_{12} = \nu\dfrac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \left(\dfrac{1}{2}P_2V_2 - \dfrac{1}{2}P_1V\right) = \dfrac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) + \left(\dfrac{1}{2}P_2V_2 - \dfrac{1}{2}P_1V\right) = 2\alpha V_1^2\left(k^2 - 1\right)$.

$\eta = \dfrac{A}{Q_{12}} = \dfrac{1}{4}\dfrac{k-1}{k+1} = \dfrac{1}{4}\left(1 - \dfrac{2}{k+1}\right)$. При $k = \infty$ $\eta = \eta_{MAX} = 0,25$.

3. 1) $0,8d = \dfrac{0 + V_1}{2}T$. $T = \dfrac{8}{5}\dfrac{d}{V_1}$. **2)** $U = Ed = \dfrac{F}{q}d = \dfrac{ma}{q}d = \dfrac{md}{q}\dfrac{V_1^2}{2\cdot 0,8d} = \dfrac{5}{8}\dfrac{V_1^2}{\gamma}$. **3)** Скорости на бесконечности и в середине конденсатора равны. $V_1^2 - V_0^2 = 2a\cdot\dfrac{d}{2}$, $V_1^2 - 0 = 2a\cdot 0,8d$. $V_0 = \sqrt{\dfrac{3}{8}}V_1$.

4. Пока диод открыт $-E + (-LI') + U = U_0$. U – напряжение на конденсаторе (между прав. и лев. обкл.).

1) Сразу после замыкания $-E + (-LI') + U_1 = U_0$. $I' = \dfrac{-E + U_1 - U_0}{L} = 10$ А/с.

2) При $I = I_M$ $I' = 0$. $-E + 0 + U = U_0$. $U = E + U_0, q = C(E + U_0)$. ЗСЭ:

$-E\Delta q = U_0\Delta q + \dfrac{1}{2}LI_M^2 + \left(\dfrac{1}{2}CU^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $\Delta q = CU_1 - C(E + U_0)$. $I_M = (-E - U_0 + U_1)\sqrt{\dfrac{C}{L}} = 0,02$ А.

3) ЗСЭ: $-E(CU_1 - CU_2) = U_0(CU_1 - CU_2) + 0 + \left(\dfrac{1}{2}CU_2^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $U_2 = 2(E + U_0) - U_1 = 2$ В.

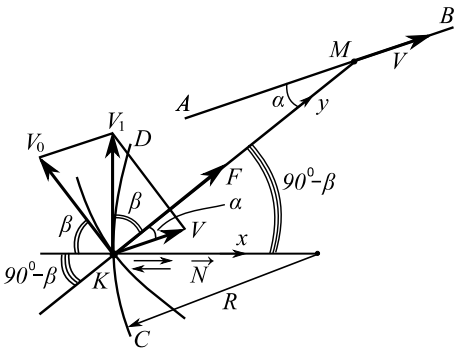
.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \dfrac{5}{3}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $f = \dfrac{dF}{d - F} = \dfrac{5}{2}F$ от линзы. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{8F/15}{F} = \dfrac{8}{15}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \dfrac{f}{d} = \dfrac{3}{2}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \dfrac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \dfrac{51}{10}V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-03



1. 1) $V_1\cos\beta = V\cos\alpha$. $V_1 = \dfrac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \dfrac{25}{17}V = 50$ см/с.

2) $V_0 = V_1\sin\beta + V\sin\alpha = V\left(\dfrac{\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + \sin\alpha\right) = \dfrac{28}{17}V = 56$ см/с.

Другой способ: $V_0^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)$,

$V_0 = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)} = 56$ см/с.

3) $F\cos\left(90^0-\beta\right) - N = \dfrac{mV_1^2}{R}$ - на x в ЛСО. $F - N\sin\beta = \dfrac{mV_0^2}{l}$ - на y в ИСО «муфта». $F = \dfrac{20}{9}\dfrac{m}{R}\left(V_0^2 - V_1^2\right) = \dfrac{20\cdot 53}{3\cdot 17^2}\dfrac{mV^2}{R} = 0,08$ Н.

2. 1) $\dfrac{C_{12}}{C_{23}} = \dfrac{C_V}{C_P} = \dfrac{3}{5}$. **2)** $\dfrac{U_3-U_2}{A_{23}} = \dfrac{\nu C_V\left(T_3-T_2\right)}{P_2\left(V_3-V_2\right)} = \dfrac{\nu C_V\left(T_3-T_2\right)}{\nu R\left(T_3-T_2\right)} = \dfrac{3}{2}$.

3) $P = \alpha V$. $V_3 = kV_1$. $A = \dfrac{1}{2}\left(P_3-P_1\right)\left(V_3-V_1\right) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2\left(k-1\right)^2$.

$Q_{123} = \nu\dfrac{3}{2}R\left(T_3-T_1\right) + p_3\left(V_3-V_1\right) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2\left(k-1\right)\left(5k+3\right)$. $\eta = \dfrac{A}{Q_{123}} = \dfrac{k-1}{5k+3} = \dfrac{1}{5}\left(1-\dfrac{8}{5k+3}\right)$. При $k=\infty$ $\eta = \eta_{MAX} = 0,2$.

3. 1) $V_1^2 = 2a\cdot\dfrac{7}{10}d$, $\dfrac{2}{10}d = \dfrac{1}{2}aT^2$. $T = \dfrac{\sqrt{14}}{5}\dfrac{d}{V_1}$. **2)** $a = \dfrac{|q|E}{m} = \dfrac{|q|}{m}\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S} = \gamma\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$, $V_1^2 = 2a\cdot\dfrac{7}{10}d$. $Q = \dfrac{5}{7}\dfrac{\varepsilon_0 S V_1^2}{\gamma d}$.

3) Скорости на бесконечности и в середине конденсатора равны. $V_1^2 = 2a\cdot\dfrac{7}{10}d, V_2^2 = 2a\cdot\dfrac{2}{10}d$.

$V_2 = \sqrt{\dfrac{2}{7}}V_1$.

4. Пока диод открыт $E + \left(-LI'\right) - U = U_0$. U – напряжение на конденсаторе (между прав. и лев. обкл.).

1) Сразу после замыкания $E + \left(-LI'\right) + U_1 = U_0$. $I' = \dfrac{E+U_1-U_0}{L} = 70$ А/с.

2) При $I = I_M$ $I' = 0$. $E + 0 - U = U_0$. $U = E - U_0, q = C\left(E-U_0\right)$. ЗСЭ:

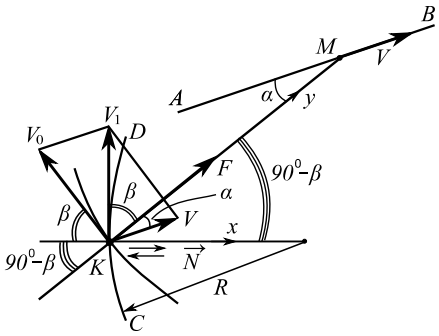
$E\Delta q = U_0\Delta q + \dfrac{1}{2}LI_M^2 + \left(\dfrac{1}{2}CU^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $\Delta q = C\left(E-U_0\right) - \left(-CU_1\right)$. $I_M = \left(E-U_0+U_1\right)\sqrt{\dfrac{C}{L}} = 0,14$ А.

3) ЗСЭ: $E\left(CU_2 - \left(-CU_1\right)\right) = U_0\left(CU_2 - \left(-CU_1\right)\right) + 0 + \left(\dfrac{1}{2}CU_2^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $U_2 = 2\left(E-U_0\right) + U_1 = 12$ В.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \dfrac{5}{4}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $f = \dfrac{dF}{d-F} = 5F$ от линзы. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{3F/4}{F} = \dfrac{3}{4}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \dfrac{f}{d} = 4$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$. Скорость изображения в системе $u = \dfrac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = 40V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-04



1. 1) $V_1\cos\beta = V\cos\alpha$. $V_1 = \dfrac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \dfrac{17}{10}V = 3,4$ м/с.

2) $V_0 = V_1\sin\beta + V\sin\alpha = V\left(\dfrac{\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + \sin\alpha\right) = \dfrac{21}{10}V = 4,2$ м/с.

Другой способ: $V_0^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)$,

$V_0 = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2VV_1\cos(\alpha+\beta)} = 4,2$ м/с.

3) $F\cos\left(90^0-\beta\right) - N = \dfrac{mV_1^2}{R}$ - на x в ЛСО. $F - N\sin\beta = \dfrac{mV_0^2}{l}$ - на y в ИСО «муфта». $F = \dfrac{15\cdot 17}{64}\dfrac{m}{R}\left(V_0^2 - V_1^2\right) = \dfrac{15\cdot 17\cdot 19}{800}\dfrac{mV^2}{R} = 5,1$ Н.

2. 1) $\dfrac{C_{23}}{C_{31}} = \dfrac{C_V}{C_P} = \dfrac{3}{5}$. **2)** $\dfrac{U_2 - U_1}{A_{12}} = \dfrac{\nu C_V\left(T_2 - T_1\right)}{\frac{1}{2}P_2V_2 - \frac{1}{2}P_1V_1} = \dfrac{\nu C_V\left(T_2 - T_1\right)}{\frac{1}{2}\nu R\left(T_2 - T_1\right)} = 3$.

3) $P = \alpha V$. $V_2 = kV_1$. $A = \dfrac{1}{2}\left(P_2 - P_1\right)\left(V_2 - V_1\right) = \dfrac{1}{2}\alpha V_1^2\left(k-1\right)^2$.

$$Q_{12} = \nu\frac{3}{2}R\left(T_2 - T_1\right) + \left(\frac{1}{2}P_2V_2 - \frac{1}{2}P_1V\right) = \frac{3}{2}\left(P_2V_2 - P_1V_1\right) + \left(\frac{1}{2}P_2V_2 - \frac{1}{2}P_1V\right) = 2\alpha V_1^2\left(k^2 - 1\right).$$

$\eta = \dfrac{A}{Q_{12}} = \dfrac{1}{4}\dfrac{k-1}{k+1} = \dfrac{1}{4}\left(1 - \dfrac{2}{k+1}\right)$. При $k = \infty$ $\eta = \eta_{MAX} = 0,25$.

3. 1) $V_1^2 - 0 = 2a\cdot 0,8d$, $a = \dfrac{|q|E}{m} = \gamma\dfrac{U}{d}$. $\gamma = \dfrac{5}{8}\dfrac{V_1^2}{U}$. **2)** $T = 2\cdot\dfrac{0,8d}{\left(0+V_1\right)/2} = \dfrac{3,2d}{V_1} = \dfrac{16d}{5V_1}$. **3)** Скорости на бесконечности и в середине конденсатора равны. $V_1^2 - V_0^2 = 2a\cdot\dfrac{d}{2}$, $V_1^2 - 0 = 2a\cdot 0,8d$. $V_0 = \sqrt{\dfrac{3}{8}}V_1$.

4. Пока диод открыт $-E + \left(-LI'\right) + U = U_0$. U – напряжение на конденсаторе (между прав. и лев. обкл.).

1) Сразу после замыкания $-E + \left(-LI'\right) + U_1 = U_0$. $I' = \dfrac{-E + U_1 - U_0}{L} = 5$ А/с.

2) При $I = I_M$ $I' = 0$. $-E + 0 + U = U_0$. $U = E + U_0, q = C\left(E + U_0\right)$. ЗСЭ:

$-E\Delta q = U_0\Delta q + \dfrac{1}{2}LI_M^2 + \left(\dfrac{1}{2}CU^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $\Delta q = CU_1 - C\left(E + U_0\right)$. $I_M = \left(-E - U_0 + U_1\right)\sqrt{\dfrac{C}{L}} = 0,01$ А.

3) ЗСЭ: $-E\left(CU_1 - CU_2\right) = U_0\left(CU_1 - CU_2\right) + 0 + \left(\dfrac{1}{2}CU_2^2 - \dfrac{1}{2}CU_1^2\right)$. $U_2 = 2\left(E + U_0\right) - U_1 = 5$ В.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \dfrac{9}{5}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $f = \dfrac{dF}{d - F} = \dfrac{9}{4}F$ от линзы. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{8F/15}{F} = \dfrac{8}{15}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \dfrac{f}{d} = \dfrac{5}{4}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \dfrac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \dfrac{85}{24}V$.

Критерии оценивания. Ол-да «Физтех». 2020 г.
Билеты 11-01, 11-02, 11-03, 11-04

Задача 1. (10 очков)

1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ……. 2 очка
   Численный ответ на 1-й вопрос ……. 2 очка
2) Есть любое правильное выражение v_0 через v, v_1, β, α ……..... 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

Задача 2. (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 3. (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 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) Найдено d .....… 1 очко
   Ответ на 1-й вопрос .....… 3 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ……..……. 4 очка
3) Найдена скорость изображения в зеркале ……..……. 1 очко
   Ответ на 3-й вопрос .....…… 1 очко

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-05

1. 1) Имеем гармонические колебания с амплитудой A. Пусть x – отклонение от положения равновесия в искомые моменты. $\gamma = 2$. $\gamma k(A-x) = k(A+x), mg = kA, mg - k(A-x) = ma$. Отсюда $a = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}g = \frac{1}{3}g$.

2) В искомые моменты скорости одинаковы. Поэтому $\frac{T_1}{T_2} = 1$.

3) $\alpha = \frac{0,5k(2A)^2}{0,5mV_M^2} = \frac{k}{m}\cdot\frac{4A^2}{V_M^2}$, $V_M = \omega A, \omega^2 = \frac{k}{m}$. Отсюда $\alpha = 4$.

Замечание. Задачу можно решить, не используя теорию колебаний, а только из ЗСЭ и 2-го зак. Ньютона.

2. 1) $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = k$, $P_2V_2 = \nu RT_2, P_1V_1 = \nu RT_1$. Отсюда $T_2 = k^2T_1$. $T_2 = 4T_1$.

2) $P_2V_2 = P_3V_3, P_1V_1 = P_4V_4$, $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$, $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4}$. Отсюда $\frac{P_1}{P_3} = 1$.

3) $\nu C_{12}(T_2 - T_1) = \nu\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \left(\frac{1}{2}p_2V_2 - \frac{1}{2}p_1V_1\right)$. $\nu C_{12}(T_2 - T_1) = \nu\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$. $C_{12} = 2R$.

3. 1) $I_C(0) = E/r = E/R$. **2)** $P = U_CI_C = U_R(I_E - I_R), E = U_R + I_Er, U_R = I_RR$. Отсюда $P = -\frac{R(R+r)}{r}I_R^2 + \frac{RE}{r}I_R$. Максимальная мощность при $I_R = I_0 = \frac{E}{2(R+r)}$. Ток через конденсатор сразу после размыкания $I_C = I_0 = \frac{E}{2(R+r)} = \frac{E}{4R}$. Заметим, что выразить и исследовать мощность на конденсаторе можно через ток через конденсатор или источник, или через напряжение на конденсаторе.

3) $Q = \frac{1}{2}CU_C^2 = \frac{1}{2}CU_R^2 = \frac{1}{2}C(I_0R)^2 = \frac{1}{32}CE^2$.

4. 1) $I_{30} = \frac{E}{R_3 + R_4} = 1$ А. **2)** Пусть A и B – точки соединения R_1 с R_2 и R_3 с R_4, соответственно. Диод будет открыт при замкнутом ключе, если при разомкнутом ключе $\varphi_A - \varphi_B > U_0$, т.е. $U_3 - U_1 > U_0$. Имеем $\frac{E}{R_3+R_4}R_3 - \frac{E}{R_1+R_2}R_1 > U_0$, $R_1 < 28$ Ом. **3)** Ток через диод $I_D = \frac{P_D}{U_0} = 1,25$ А.

Для нижнего контура $I_3R_3 + (I_3 + I_D)R_4 = E$, $I_3 = 0,75$ А.

Для правого верхнего контура $(I_3 + I_D)R_4 - (I_1 - I_D)R_2 + U_0 = 0$, $I_1 = \frac{5}{3}$ А.

Для наружного контура $I_1R_1 + (I_1 - I_D)R_2 = E$, $R_1 = 3$ Ом.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \frac{3}{2}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $|f| = \frac{dF}{d+F} = \frac{3}{5}F$ от линзы, мнимое. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \frac{3F/4}{F} = \frac{3}{4}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{2}{5}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{2}{5}V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-06

1. 1) Имеем гармонические колебания с амплитудой A. Пусть x – отклонение от положения равновесия в искомые моменты. $\gamma = \frac{5}{2}$. $\gamma k(A-x) = k(A+x), mg = kA, mg - k(A-x) = ma$. Отсюда $a = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}g = \frac{3}{7}g$.

2) В искомые моменты скорости одинаковы. Поэтому $\frac{T_1}{T_2} = 1$.

3) $\alpha = \frac{0,5k(2A)^2}{0,5mV_M^2} = \frac{k}{m}\cdot\frac{4A^2}{V_M^2}$, $V_M = \omega A, \omega^2 = \frac{k}{m}$. Отсюда $\alpha = 4$.

Замечание. Задачу можно решить, не используя теорию колебаний, а только из ЗСЭ и 2-го зак. Ньютона.

2. 1) $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4} = k$, $P_3V_3 = \nu RT_2, P_4V_4 = \nu RT_1$. Отсюда $T_2 = k^2T_1$. $T_2 = 3,61T_1$.

2) $P_2V_2 = P_3V_3, P_1V_1 = P_4V_4$, $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$, $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4}$. Отсюда $\frac{V_2}{V_4} = 1$.

3) $\nu C_{34}(T_1 - T_2) = \nu\frac{3}{2}R(T_1 - T_2) + \left(\frac{1}{2}p_4V_4 - \frac{1}{2}p_3V_3\right)$. $\nu C_{34}(T_1 - T_2) = \nu\frac{3}{2}R(T_1 - T_2) + \frac{1}{2}\nu R(T_1 - T_2)$. $C_{34} = 2R$.

3. 1) $U_R(0) = 0$. **2)** $P = U_CI_C = U_R(I_E - I_R), E = U_R + I_Er, U_R = I_RR$. Отсюда $P = -\frac{R(R+r)}{r}I_R^2 + \frac{RE}{r}I_R$.

Максимальная мощность при $I_R = I_0 = \frac{E}{2(R+r)} = \frac{E}{6R}$. Заряд конденсатора $q = CU_C = CI_0R = \frac{1}{6}CE$.

Заметим, что выразить и исследовать мощность на конденсаторе можно через ток через конденсатор или источник, или через напряжение на конденсаторе.

3) $P_M = P(I_0) = \frac{E^2}{24R}$.

4. 1) $I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = 2$ А. **2)** Пусть A и B – точки соединения R_1 с R_2 и R_3 с R_4, соответственно. Диод будет открыт при замкнутом ключе, если при разомкнутом ключе $\varphi_B - \varphi_A > U_0$, т.е. $U_1 - U_3 > U_0$. Имеем $\frac{E}{R_1+R_2}R_1 - \frac{E}{R_3+R_4}R_3 > U_0$, $R_3 < 66$ Ом. **3)** Ток через диод $I_D = \frac{P_D}{U_0} = 3$ А.

Для наружного контура $I_1R_1 + (I_1 + I_D)R_2 = E$, $I_1 = 1,5$ А.

Для правого верхнего контура $(I_1 + I_D)R_2 - (I_3 - I_D)R_4 + U_0 = 0$, $I_3 = \frac{13}{4}$ А.

Для нижнего контура $I_3R_3 + (I_3 - I_D)R_4 = E$, $R_3 = 2$ Ом.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \frac{12}{5}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $|f| = \frac{dF}{d+F} = \frac{12}{17}F$ от линзы, мнимое. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \frac{8F/15}{F} = \frac{8}{15}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{5}{17}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{10}{51}V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-07

1. 1) Имеем гармонические колебания с амплитудой A. Пусть x – отклонение от положения равновесия в искомые моменты. $\gamma = 3$. $\gamma k(A-x) = k(A+x), mg = kA, mg - k(A-x) = ma$. Отсюда $a = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}g = \frac{1}{2}g$.

2) В искомые моменты скорости одинаковы. Поэтому $\frac{T_1}{T_2} = 1$.

3) $\alpha = \frac{0,5k(2A)^2}{0,5mV_M^2} = \frac{k}{m}\cdot\frac{4A^2}{V_M^2}$, $V_M = \omega A, \omega^2 = \frac{k}{m}$. Отсюда $\alpha = 4$.

Замечание. Задачу можно решить, не используя теорию колебаний, а только из ЗСЭ и 2-го зак. Ньютона.

2. 1) $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = k$, $P_2V_2 = \nu RT_2, P_1V_1 = \nu RT_1$. Отсюда $T_2 = k^2T_1$. $T_2 = 3,24T_1$.

2) $P_2V_2 = P_3V_3, P_1V_1 = P_4V_4$, $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$, $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4}$. Отсюда $\frac{P_1}{P_3} = 1$.

3) $\nu C_{12}(T_2 - T_1) = \nu\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \left(\frac{1}{2}p_2V_2 - \frac{1}{2}p_1V_1\right)$. $\nu C_{12}(T_2 - T_1) = \nu\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$. $C_{12} = 2R$.

3. 1) $I_E(0) = E/r = E/(3R)$. **2)** $P = U_CI_C = U_R(I_E - I_R), E = U_R + I_Er, U_R = I_RR$. Отсюда $P = -\frac{R(R+r)}{r}I_R^2 + \frac{RE}{r}I_R$. Максимальная мощность при $I_R = I_0 = \frac{E}{2(R+r)} = \frac{E}{8R}$. Непосредственно перед размыканием $E = I_0R + I_Er, I_C = I_E - I_0$. Тогда $I_C = \frac{E}{6R}$.

Заметим, что выразить и исследовать мощность на конденсаторе можно через ток через конденсатор или источник, или через напряжение на конденсаторе.

3) $Q = \frac{1}{2}CU_C^2 = \frac{1}{2}CU_R^2 = \frac{1}{2}C(I_0R)^2 = \frac{1}{128}CE^2$.

4. 1) $I_{30} = \frac{E}{R_3 + R_4} = 1$ А. **2)** Пусть A и B – точки соединения R_1 с R_2 и R_3 с R_4, соответственно. Диод будет открыт при замкнутом ключе, если при разомкнутом ключе $\varphi_A - \varphi_B > U_0$, т.е. $U_3 - U_1 > U_0$. Имеем $\frac{E}{R_3+R_4}R_3 - \frac{E}{R_1+R_2}R_1 > U_0$, $R_1 < 5$ Ом. **3)** Ток через диод $I_D = \frac{P_D}{U_0} = 2$ А.

Для нижнего контура $I_3R_3 + (I_3 + I_D)R_4 = E$, $I_3 = 0,5$ А.

Для правого верхнего контура $(I_3 + I_D)R_4 - (I_1 - I_D)R_2 + U_0 = 0$, $I_1 = 4$ А.

Для наружного контура $I_1R_1 + (I_1 - I_D)R_2 = E$, $R_1 = 0,5$ Ом.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = 2F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $|f| = \frac{dF}{d+F} = \frac{2}{3}F$ от линзы, мнимое. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \frac{3F/4}{F} = \frac{3}{4}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{1}{3}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{5}{18}V$.

Олимпиада «Физтех». 2020 г. Физика. Решения. Вариант 11-08

1. 1) Имеем гармонические колебания с амплитудой A. Пусть x – отклонение от положения равновесия в искомые моменты. $\gamma = 4$. $\gamma k(A-x) = k(A+x), mg = kA, mg - k(A-x) = ma$. Отсюда $a = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}g = \frac{3}{5}g$.

2) В искомые моменты скорости одинаковы. Поэтому $\frac{T_1}{T_2} = 1$.

3) $\alpha = \frac{0,5k(2A)^2}{0,5mV_M^2} = \frac{k}{m}\cdot\frac{4A^2}{V_M^2}$, $V_M = \omega A, \omega^2 = \frac{k}{m}$. Отсюда $\alpha = 4$.

Замечание. Задачу можно решить, не используя теорию колебаний, а только из ЗСЭ и 2-го зак. Ньютона.

2. 1) $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4} = k$, $P_3V_3 = \nu RT_2, P_4V_4 = \nu RT_1$. Отсюда $T_2 = k^2T_1$. $T_2 = 2,89T_1$.

2) $P_2V_2 = P_3V_3, P_1V_1 = P_4V_4$, $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$, $\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_3}{V_4}$. Отсюда $\frac{V_2}{V_4} = 1$.

3) $\nu C_{34}(T_1 - T_2) = \nu\frac{3}{2}R(T_1 - T_2) + \left(\frac{1}{2}p_4V_4 - \frac{1}{2}p_3V_3\right)$. $\nu C_{34}(T_1 - T_2) = \nu\frac{3}{2}R(T_1 - T_2) + \frac{1}{2}\nu R(T_1 - T_2)$. $C_{34} = 2R$.

3. 1) $I_R(0) = 0$. **2)** $P = U_CI_C = U_R(I_E - I_R), E = U_R + I_Er, U_R = I_RR$. Отсюда $P = -\frac{R(R+r)}{r}I_R^2 + \frac{RE}{r}I_R$.

Максимальная мощность при $I_R = I_0 = \frac{E}{2(R+r)} = \frac{E}{10R}$. Напряжение на конденсаторе $U_C = I_0R = \frac{1}{10}E$.

Заметим, что выразить и исследовать мощность на конденсаторе можно через ток через конденсатор или источник, или через напряжение на конденсаторе.

3) $P_M = P(I_0) = \frac{E^2}{80R}$.

4. 1) $I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = 1$ А. **2)** Пусть A и B – точки соединения R_1 с R_2 и R_3 с R_4, соответственно. Диод будет открыт при замкнутом ключе, если при разомкнутом ключе $\varphi_B - \varphi_A > U_0$, т.е. $U_1 - U_3 > U_0$. Имеем $\frac{E}{R_1+R_2}R_1 - \frac{E}{R_3+R_4}R_3 > U_0$, $R_3 < 10$ Ом. **3)** Ток через диод $I_D = \frac{P_D}{U_0} = 0,8$ А.

Для наружного контура $I_1R_1 + (I_1 + I_D)R_2 = E$, $I_1 = 0,6$ А.

Для правого верхнего контура $(I_1 + I_D)R_2 - (I_3 - I_D)R_4 + U_0 = 0$, $I_3 = \frac{4}{3}$ А.

Для нижнего контура $I_3R_3 + (I_3 - I_D)R_4 = E$, $R_3 = 1,5$ Ом.

5. 1) Изображение в зеркале на расстоянии $d = \frac{8}{9}F$ от линзы. Изображение в системе на расстоянии $|f| = \frac{dF}{d+F} = \frac{8}{17}F$ от линзы, мнимое. **2)** $\mathrm{tg}\alpha = \frac{8F/15}{F} = \frac{8}{15}$.

3) Поперечное увеличение $\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{9}{17}$. Скорость изображения в зеркале $2V$. $u\cos\alpha = 2V\Gamma^2$.

Скорость изображения в системе $u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{54}{85}V$.

Критерии оценивания. Ол-да «Физтех». 2020 г.
Варианты 11-05, 11-06, 11-07, 11-08

Задача 1. (10 очков)

1) Правильно записаны все необходимые ур-я …….…… 2 очка
   Ответ на 1-й вопрос ……..…… 2 очка
2) Прав. записаны все необходимые ур-я или есть обоснование 2 очка
   Ответ на 2-й вопрос ……...… 2 очка
3) Правильно записаны все необходимые ур-я ……...… 1 очко
   Ответ на 3-й вопрос ……...… 1 очко

Задача 2. (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 3. (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 4. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос .....… 3 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ……..…… 4 очка
3) Найден ток через диод ……..…… 1 очко
   Ответ на 3-й вопрос .....…… 2 очка

Задача 5. (10 очков)

1) Найдено d .....… 1 очко
   Ответ на 1-й вопрос .....… 3 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ……..…… 4 очка
3) Найдена скорость изображения в зеркале ……..…… 1 очко
   Ответ на 3-й вопрос .....…… 1 очко