Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-05

1. 1) $V_0 = V_1\cos\alpha_1 = V_2\cos\alpha_2 = V_3\cos\alpha_3$. $V_1 = \dfrac{V_0}{\cos\alpha_1} = \dfrac{3\sqrt{2}}{4}V_0$.

2) $A_{12} = \dfrac{1}{2}mV_2^2 - \dfrac{1}{2}mV_1^2 = \dfrac{1}{2}mV_0^2\left(\dfrac{1}{\cos^2\alpha_2} - \dfrac{1}{\cos^2\alpha_1}\right) = \dfrac{5}{48}mV_0^2$.

3) Пусть H - высота стены. За время t_{12} длина троса уменьшается на $\dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Имеем $V_0 t_{12} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Аналогично $V_0 t_{23} = \dfrac{H}{\sin\alpha_2} - \dfrac{H}{\sin\alpha_3}$. Отсюда $t_{23} = t_{12}\dfrac{1/\sin\alpha_2 - 1/\sin\alpha_3}{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_2} = \dfrac{2}{3}t_{12}$.

2. 1) $(P_0 + P_0/5)V_1 = (P_0 - P_0/5)V_2$. Отсюда $V_2 = \dfrac{3}{2}V_1$.

2) Модуль изменения объема пара равно приближенно изменению объема воздуха. $P_0(V_2 - V_1) = \dfrac{\Delta m}{\mu}RT_0$. Зная V_2, находим $\Delta m = \dfrac{1}{2}\dfrac{P_0V_1\mu}{RT_0}$.

3) Изменится только внутренняя энергия массы пара Δm, перешедшего в воду. При испарении $L\Delta m = -\Delta U + A$, $A \approx P_0(V_2 - V_1)$. Тогда $\Delta U = -\dfrac{1}{2}P_0V_1\left(\dfrac{L\mu}{RT_0} - 1\right) < 0$.

3. 1) Потенциал внутреннего шара станет нуль: $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_2} + \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} = 0$. $q = -Q\dfrac{r_2}{r_1}$.

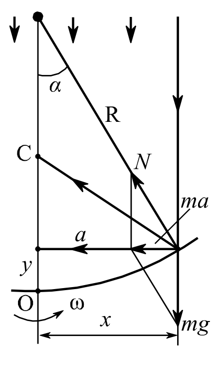
2) Энергия W_0 есть энергия конденсатора, у которого одна обкладка – внешняя поверхность внешнего шара, а другая – бесконечность. Емкость этого конденсатора $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. $W_0 = \dfrac{Q^2}{2C_2} = \dfrac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$.

3) Система состоит из двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2. Обкладки первого – внешняя поверхность внутреннего шара и внутренняя поверхность внешнего шара. Обкладки второго - внешняя поверхность внешнего шара и бесконечность. Можно показать, что $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$, $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. По ЗСЭ начальная энергия этих конденсаторов $W_Н$ перейдет в конечную энергию $W_К$ и теплоту: $W_Н = W_К + W$. У нас $W_H = 0 + W_0 = \dfrac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$, $W_K = \dfrac{q^2}{2C_1} + \dfrac{(Q+q)^2}{2C_2}$. $W = \dfrac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\dfrac{r_2}{r_1^2}$.

4. 1) Сопротивление параллельно соединенных R_2 и вольтметра R_{2V} =6R/5. $V_1 = \dfrac{E_0}{R_1 + R_{2V}}R_{2V} = \dfrac{6}{11}E_0$.

2) ЭДС индукции равна kS и «направлена» против часовой стрелки. Пусть ток I_1 через R_1 и ток I через вольтметр идут «вверх», а ток I_2 через R_2 - «вниз». По правилам Кирхгофа $I_2 = I_1 + I$, $kS - E_0 = I_1R_1 + I_2R_2$, $E_0 = -I_1R_1 + IR_V$. Отсюда $I = \dfrac{kS + 2E_0}{11R}$. $V_2 = |I|R_V = \dfrac{3}{11}(2E_0 + kS)$.

5. 1) Малый «кусочек» жидкости массой m на поверхности жидкости имеет ускорение $a = \omega^2 x$. Из второго закона Ньютона $\text{tg}\alpha = \dfrac{ma}{mg}$. Имеем $\text{tg}\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$. Так как угол α мал, то $\text{tg}\alpha = \dfrac{x}{R-y} \approx \dfrac{x}{R}$. Итак, $\dfrac{\omega^2 x}{g} = \dfrac{x}{R}$. Отсюда радиус кривизны $R = \dfrac{g}{\omega^2} = 90\,\text{см}$.



2) Изображение в т. С на расстоянии $L = \dfrac{1}{2}R = 45\,\text{см}$ от т. О. Это можно показать, рассматривая поверхность жидкости вблизи т. О как сферическое зеркало. Можно сразу сказать, что изображение в фокусе зеркала или рассмотреть ход падающего и отраженного лучей при малом α.

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-06

1. 1) $V_0 = V_1\cos\alpha_1 = V_2\cos\alpha_2 = V_3\cos\alpha_3$. $V_2 = \dfrac{V_0}{\cos\alpha_2} = \dfrac{4\sqrt{7}}{7}V_0$.

2) $A_{23} = \dfrac{1}{2}mV_3^2 - \dfrac{1}{2}mV_2^2 = \dfrac{1}{2}mV_0^2\left(\dfrac{1}{\cos^2\alpha_3} - \dfrac{1}{\cos^2\alpha_2}\right) = \dfrac{31}{126}mV_0^2$.

3) Пусть H - высота стены. За время t_{12} длина троса уменьшается на $\dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Имеем $V_0 t_{12} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Аналогично $V_0 t_{13} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_3}$. Отсюда $t_{13} = t_{12}\dfrac{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_3}{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_2} = \dfrac{9}{8}t_{12}$.

2. 1) $(P_0 + P_0/6)V_1 = (P_0 - P_0/6)V_2$. Отсюда $V_2 = 7V_1/5$.

2) Модуль изменения объема пара равно приближенно изменению объема воздуха. $P_0(V_2 - V_1) = \dfrac{\Delta m}{\mu}RT_0$. Зная V_2, находим $\Delta m = \dfrac{2}{5}\dfrac{P_0 V_1 \mu}{RT_0}$.

3) Изменится только внутренняя энергия массы пара Δm, перешедшего в воду. При испарении $L\Delta m = -\Delta U + A$, $A \approx P_0(V_2 - V_1)$. Тогда $\Delta U = -\dfrac{2}{5}P_0 V_1\left(\dfrac{L\mu}{RT_0} - 1\right) < 0$.

3. 1) Потенциал внешнего шара станет нуль: $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} + \dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1} = 0$. $q_1 = -Q$.

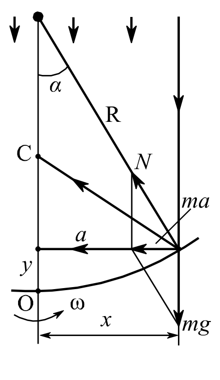
2) Энергия W_1 есть энергия конденсатора, у которого одна обкладка – внешняя поверхность внутреннего шара, а другая – внутренняя поверхность внешнего шара. Заряды обкладок Q и -Q. Можно показать, что емкость этого конденсатора $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$. $W_1 = \dfrac{Q^2}{2C_1} = \dfrac{Q^2(r_1 - r_2)}{8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}$.

3) Система состоит из двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2. Обкладки первого – внешняя поверхность внутреннего шара и внутренняя поверхность внешнего шара. Обкладки второго - внешняя поверхность внешнего шара и бесконечность. Можно показать, что $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$, $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. По ЗСЭ начальная энергия этих конденсаторов $W_Н$ перейдет в конечную энергию $W_К$ и теплоту: $W_Н = W_К + W$. У нас $W_H = W_1 + \dfrac{(Q-q)^2}{2C_2} = W_1 + \dfrac{(Q-q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$, $W_K = W_1 + 0$. $W = \dfrac{(Q-q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$.

4. 1) Сопротивление параллельно соединенных R_2 и вольтметра R_{2V} =12R/7. $V_1 = \dfrac{E_0}{R_1 + R_{2V}}R_{2V} = \dfrac{12}{19}E_0$.

2) ЭДС индукции равна kS и «направлена» против часовой стрелки. Пусть ток I_1 через R_1 и ток I через вольтметр идут «вверх», а ток I_2 через R_2 - «вниз». По правилам Кирхгофа $I_2 = I_1 + I$, $kS + E_0 = -I_1R_1 + IR_V$, $E_0 = -I_1R_1 - I_2R_2$. Отсюда $I = \dfrac{1}{19}\dfrac{3E_0 + 4kS}{R}$. $V_2 = |I|R_V = \dfrac{4}{19}(3E_0 + 4kS)$.

5. 1) Малый «кусочек» жидкости массой m на поверхности жидкости имеет ускорение $a = \omega^2 x$. Из второго закона Ньютона $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{ma}{mg}$. Имеем $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$. Так как угол α мал, то $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{x}{R-y} \approx \dfrac{x}{R}$. Итак, $\dfrac{\omega^2 x}{g} = \dfrac{x}{R}$. Отсюда радиус кривизны $R = \dfrac{g}{\omega^2} = 160$ см.



2) Изображение в т. С на расстоянии $L = \dfrac{1}{2}R = 80$ см от т. О. Это можно показать, рассматривая поверхность жидкости вблизи т. О как сферическое зеркало. Можно сразу сказать, что изображение в фокусе зеркала или рассмотреть ход падающего и отраженного лучей при малом α.

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-07

1. 1) $V_0 = V_1\cos\alpha_1 = V_2\cos\alpha_2 = V_3\cos\alpha_3$. $V_3 = \dfrac{V_0}{\cos\alpha_3} = \dfrac{5}{3}V_0$.

2) $A_{13} = \dfrac{1}{2}mV_3^2 - \dfrac{1}{2}mV_1^2 = \dfrac{1}{2}mV_0^2\left(\dfrac{1}{\cos^2\alpha_3} - \dfrac{1}{\cos^2\alpha_1}\right) = \dfrac{77}{90}mV_0^2$.

3) Пусть H - высота стены. За время t_{12} длина троса уменьшается на $\dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Имеем $V_0 t_{12} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Аналогично $V_0 t_{23} = \dfrac{H}{\sin\alpha_2} - \dfrac{H}{\sin\alpha_3}$. Отсюда $t_{23} = t_{12}\dfrac{1/\sin\alpha_2 - 1/\sin\alpha_3}{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_2} = \dfrac{3}{8}t_{12}$.

2. 1) $(P_0 + P_0/7)V_1 = (P_0 - P_0/7)V_2$. Отсюда $V_2 = \dfrac{4}{3}V_1$.

2) Модуль изменения объема пара равно приближенно изменению объема воздуха. $P_0(V_2 - V_1) = \dfrac{\Delta m}{\mu}RT_0$. Зная V_2, находим $\Delta m = \dfrac{1}{3}\dfrac{P_0 V_1 \mu}{RT_0}$.

3) Изменится только внутренняя энергия массы пара Δm, перешедшего в воду. При испарении $L\Delta m = -\Delta U + A$, $A \approx P_0(V_2 - V_1)$. Тогда $\Delta U = -\dfrac{1}{3}P_0 V_1\left(\dfrac{L\mu}{RT_0} - 1\right) < 0$.

3. 1) Потенциал внутреннего шара станет нуль: $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_2} + \dfrac{-Q_0}{4\pi\varepsilon_0 r_1} = 0$. $q = Q_0\dfrac{r_2}{r_1}$.

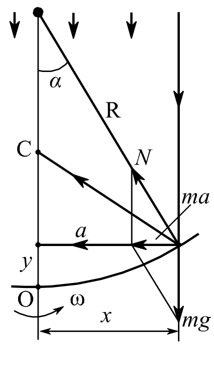
2) Энергия W_0 есть энергия конденсатора, у которого одна обкладка – внешняя поверхность внешнего шара, а другая – бесконечность. Емкость этого конденсатора $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. $W_0 = \dfrac{(-Q_0)^2}{2C_2} = \dfrac{Q_0^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$.

3) Система состоит из двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2. Обкладки первого – внешняя поверхность внутреннего шара и внутренняя поверхность внешнего шара. Обкладки второго - внешняя поверхность внешнего шара и бесконечность. Можно показать, что $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$, $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. По ЗСЭ начальная энергия этих конденсаторов W_H перейдет в конечную энергию W_K и теплоту: $W_H = W_K + W$. У нас $W_H = 0 + W_0 = \dfrac{Q_0^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$, $W_K = \dfrac{q^2}{2C_1} + \dfrac{(-Q_0+q)^2}{2C_2}$. $W = \dfrac{Q_0^2}{8\pi\varepsilon_0}\dfrac{r_2}{r_1^2}$.

4. 1) Сопротивление параллельно соединенных R_2 и вольтметра $R_{2V} = 4R/3$. $V_1 = \dfrac{E_0}{R_1 + R_{2V}}R_{2V} = \dfrac{4}{7}E_0$.

2) ЭДС индукции равна kS и «направлена» против часовой стрелки. Пусть ток I_1 через R_1 и ток I через вольтметр идут «вверх», а ток I_2 через R_2 - «вниз». По правилам Кирхгофа $I_2 = I_1 + I$, $kS - E_0 = I_1 R_1 + I_2 R_2$, $E_0 = -I_1 R_1 + IR_V$. Отсюда $I = \dfrac{kS + 2E_0}{14R}$. $V_2 = |I|R_V = \dfrac{2}{7}(2E_0 + kS)$.

5. 1) Малый «кусочек» жидкости массой m на поверхности жидкости имеет ускорение $a = \omega^2 x$. Из второго закона Ньютона $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{ma}{mg}$. Имеем $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$. Так как угол α мал, то $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{x}{R-y} \approx \dfrac{x}{R}$. Итак, $\dfrac{\omega^2 x}{g} = \dfrac{x}{R}$. Отсюда радиус кривизны $R = \dfrac{g}{\omega^2} = 40$ см.



2) Изображение в т. С на расстоянии $L = \dfrac{1}{2}R = 20$ см от т. О. Это можно показать, рассматривая поверхность жидкости вблизи т. О как сферическое зеркало. Можно сразу сказать, что изображение в фокусе зеркала или рассмотреть ход падающего и отраженного лучей при малом α.

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-08

1. 1) $V_0 = V_1\cos\alpha_1 = V_2\cos\alpha_2 = V_3\cos\alpha_3$. $V_2 = \dfrac{V_0}{\cos\alpha_2} = \dfrac{3\sqrt{5}}{5}V_0$.

2) $A_{12} = \dfrac{1}{2}mV_2^2 - \dfrac{1}{2}mV_1^2 = \dfrac{1}{2}mV_0^2\left(\dfrac{1}{\cos^2\alpha_2} - \dfrac{1}{\cos^2\alpha_1}\right) = \dfrac{11}{30}mV_0^2$.

3) Пусть H - высота стены. За время t_{12} длина троса уменьшается на $\dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Имеем $V_0t_{12} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_2}$. Аналогично $V_0t_{13} = \dfrac{H}{\sin\alpha_1} - \dfrac{H}{\sin\alpha_3}$. Отсюда $t_{13} = t_{12}\dfrac{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_3}{1/\sin\alpha_1 - 1/\sin\alpha_2} = \dfrac{16}{15}t_{12}$.

2. 1) $(P_0 + P_0/8)V_1 = (P_0 - P_0/8)V_2$. Отсюда $V_2 = 9V_1/7$.

2) Модуль изменения объема пара равно приближенно изменению объема воздуха. $P_0(V_2 - V_1) = \dfrac{\Delta m}{\mu}RT_0$. Зная V_2, находим $\Delta m = \dfrac{2}{7}\dfrac{P_0V_1\mu}{RT_0}$.

3) Изменится только внутренняя энергия массы пара Δm, перешедшего в воду. При испарении $L\Delta m = -\Delta U + A$, $A \approx P_0(V_2 - V_1)$. Тогда $\Delta U = -\dfrac{2}{7}P_0V_1\left(\dfrac{L\mu}{RT_0} - 1\right) < 0$.

3. 1) Потенциал внешнего шара станет нуль: $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} + \dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1} = 0$. $q_1 = -Q$.

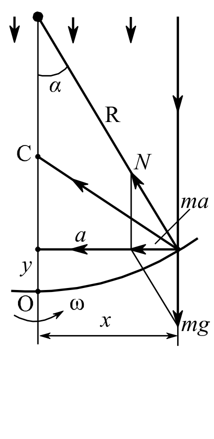
2) Энергия W_1 есть энергия конденсатора, у которого одна обкладка – внешняя поверхность внутреннего шара, а другая – внутренняя поверхность внешнего шара. Заряды обкладок Q и -Q. Можно показать, что емкость этого конденсатора $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$. $W_1 = \dfrac{Q^2}{2C_1} = \dfrac{Q^2(r_1 - r_2)}{8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}$.

3) Система состоит из двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2. Обкладки первого – внешняя поверхность внутреннего шара и внутренняя поверхность внешнего шара. Обкладки второго - внешняя поверхность внешнего шара и бесконечность. Можно показать, что $C_1 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$, $C_2 = 4\pi\varepsilon_0 r_1$. По ЗСЭ начальная энергия этих конденсаторов $W_Н$ перейдет в конечную энергию $W_К$ и теплоту: $W_Н = W_К + W$. У нас $W_H = W_1 + \dfrac{(Q+q)^2}{2C_2} = W_1 + \dfrac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$, $W_K = W_1 + 0$. $W = \dfrac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$.

4. 1) Сопротивление параллельно соединенных R_2 и вольтметра R_{2V} =15R/8. $V_1 = \dfrac{E_0}{R_1 + R_{2V}}R_{2V} = \dfrac{15}{23}E_0$.

2) ЭДС индукции равна kS и «направлена» против часовой стрелки. Пусть ток I_1 через R_1 и ток I через вольтметр идут «вверх», а ток I_2 через R_2 - «вниз». По правилам Кирхгофа $I_2 = I_1 + I$, $kS + E_0 = -I_1R_1 + IR_V$, $E_0 = -I_1R_1 - I_2R_2$. Отсюда $I = \dfrac{1}{23}\dfrac{3E_0 + 4kS}{R}$. $V_2 = |I|R_V = \dfrac{5}{23}(3E_0 + 4kS)$.

5. 1) Малый «кусочек» жидкости массой m на поверхности жидкости имеет ускорение $a = \omega^2 x$. Из второго закона Ньютона $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{ma}{mg}$. Имеем $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$. Так как угол α мал, то $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{x}{R-y} \approx \dfrac{x}{R}$. Итак, $\dfrac{\omega^2 x}{g} = \dfrac{x}{R}$. Отсюда радиус кривизны $R = \dfrac{g}{\omega^2} = 62{,}5$ см.



2) Изображение в т. С на расстоянии $L = \dfrac{1}{2}R \approx 31$см от т. О. Это можно показать, рассматривая поверхность жидкости вблизи т. О как сферическое зеркало. Можно сразу сказать, что изображение в фокусе зеркала или рассмотреть ход падающего и отраженного лучей при малом α.