

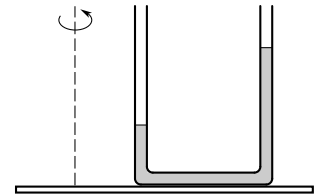
Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Билет 1

2012 г.

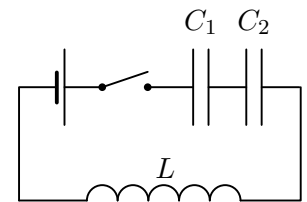
1. Небольшая шайба массой m соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкого закреплённого полушара. С какой силой действует шайба на полушар в момент, когда касательная составляющая ускорения шайбы равна $a_\tau = \frac{3}{5}g$?

2. Изогнутая трубка состоит из одного горизонтального колена и двух вертикальных колен. Трубка укреплена на платформе, вращающейся с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси (см. рис.). Вертикальные колена находятся на расстояниях R и $3R$ от оси вращения. Установившаяся разность уровней (по высоте) налитой в трубку жидкости в вертикальных коленах равна H . Найдите угловую скорость вращения платформы. Диаметр трубки значительно меньше её длины.



3. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. Найдите КПД цикла, если при изобарическом расширении газ совершил работу A , а работа газа во всём цикле $A_{\text{ц}} > 0$.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсаторы были не заряжены. После замыкания ключа максимальный ток в катушке равен I_0 .



1) Найдите ЭДС источника.

2) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе C_1 .

5. Груз, висящий на пружине, совершает вертикальные колебания, двигаясь перпендикулярно главной оптической оси линзы с фокусным расстоянием $F = 18$ см. На экране, который можно перемещать, получено изображение груза. При этом максимальная скорость изображения оказалась в 3 раза больше максимальной скорости груза.

1) Найдите расстояние между грузом и линзой.

2) На какое расстояние и куда (по отношению к грузу) следует переместить линзу, чтобы максимальная скорость изображения увеличилась в 2 раза по сравнению с предыдущей?

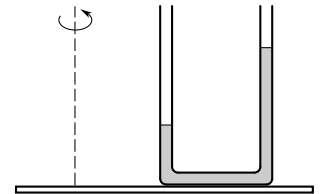
Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Билет 2

2012 г.

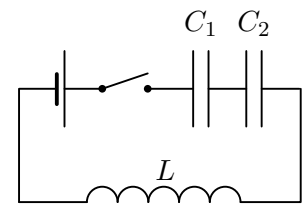
1. Небольшая шайба массой m соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкого закреплённого полушара. Найдите касательную составляющую ускорения шайбы (в единицах g) в момент, когда шайба действует на полушар с силой $\frac{1}{2}mg$.

2. Изогнутая трубка состоит из одного горизонтального колена и двух вертикальных колен. Трубка укреплена на платформе, вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси (см. рис.). Вертикальные колена находятся на расстояниях R и $2R$ от оси вращения. Найдите установившуюся разность уровней (по высоте) налитой в трубку воды в её вертикальных коленах. Диаметр трубки значительно меньше её длины.



3. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. КПД цикла равен η . Найдите отношение работ, совершённых газом на изобарах.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсаторы были не заряжены. После замыкания ключа максимальное напряжение на конденсаторе C_1 равно U_0 .



1) Найдите ЭДС источника.

2) Найдите максимальный ток после замыкания ключа.

5. Шарик, висящий на пружине, совершает вертикальные колебания, двигаясь перпендикулярно главной оптической оси линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см. На экране, который можно перемещать, получено изображение шарика. При этом максимальная скорость изображения оказалась в 2 раза меньше максимальной скорости шарика.

1) Найдите расстояние между шариком и линзой.

2) На какое расстояние и куда (по отношению к шарик) следует переместить линзу, чтобы максимальная скорость изображения увеличилась в 12 раз по сравнению с предыдущей?

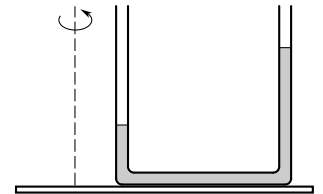
Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Билет 3

2012 г.

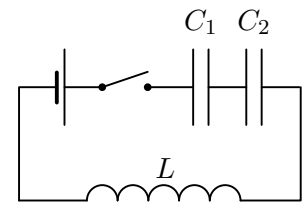
1. Небольшая шайба массой m соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкого закреплённого полушара. С какой силой действует шайба на полушар в момент, когда касательная составляющая ускорения шайбы равна $a_\tau = \frac{5}{13}g$?

2. Изогнутая трубка состоит из одного горизонтального колена и двух вертикальных колен. Трубка укреплена на платформе, вращающейся с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси (см. рис.). Вертикальные колена находятся на расстояниях R и $5R$ от оси вращения. Установившаяся разность уровней (по высоте) налитой в трубку жидкости в вертикальных коленах равна H . Найдите угловую скорость вращения платформы. Диаметр трубки значительно меньше её длины.



3. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. Найдите КПД цикла, если при изобарическом сжатии над газом совершили работу A , а работа газа во всём цикле $A_{\text{ц}} > 0$.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсаторы были не заряжены. После замыкания ключа максимальный ток в катушке равен I_0 .



1) Найдите ЭДС источника.

2) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе C_2 .

5. Болт, висящий на пружине, совершает вертикальные колебания, двигаясь перпендикулярно главной оптической оси линзы с фокусным расстоянием $F = 32$ см. На экране, который можно перемещать, получено изображение болта. При этом максимальная скорость изображения оказалась в 8 раз больше максимальной скорости болта.

1) Найдите расстояние между болтом и линзой.

2) На какое расстояние и куда (по отношению к болту) следует переместить линзу, чтобы максимальная скорость изображения уменьшилась в 4 раза по сравнению с предыдущей?

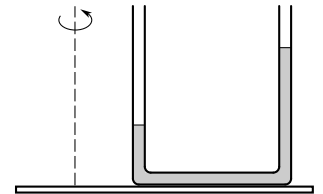
Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Билет 4

2012 г.

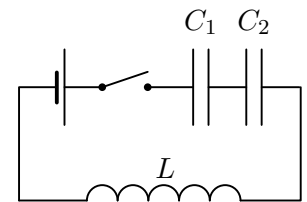
1. Небольшая шайба массой m соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкого закреплённого полушара. Найдите касательную составляющую ускорения шайбы (в единицах g) в момент, когда шайба действует на полушар с силой $\frac{1}{3}mg$.

2. Изогнутая трубка состоит из одного горизонтального колена и двух вертикальных колен. Трубка укреплена на платформе, вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси (см. рис.). Вертикальные колена находятся на расстояниях R и $4R$ от оси вращения. Найдите установившуюся разность уровней (по высоте) налитой в трубку воды в её вертикальных коленах. Диаметр трубки значительно меньше её длины.



3. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. Найдите КПД цикла, если работа, совершённая над газом при изобарическом сжатии, в три раза меньше работы, совершённой газом при изобарическом расширении.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсаторы были не заряжены. После замыкания ключа максимальное напряжение на конденсаторе C_2 равно U_0 .



1) Найдите ЭДС источника.

2) Найдите максимальный ток после замыкания ключа.

5. Гайка, висящая на пружине, совершает вертикальные колебания, двигаясь перпендикулярно главной оптической оси линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см. На экране, который можно перемещать, получено изображение гайки. При этом максимальная скорость изображения оказалась в 3 раза меньше максимальной скорости гайки.

1) Найдите расстояние между гайкой и линзой.

2) На какое расстояние и куда (по отношению к гайке) следует переместить линзу, чтобы максимальная скорость изображения уменьшилась в 2 раза по сравнению с предыдущей?

Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Решения

Билет 1

1. Пусть α — угол между радиусом, проведённым к шайбе, и вертикалью.

$$mg \cos \alpha - N = \frac{mv^2}{R}, \quad \frac{mv^2}{2} = mg(R - R \cos \alpha)$$

$$N = mg(3 \cos \alpha - 2).$$

$$mg \sin \alpha = ma_\tau, \quad a_\tau = \frac{3}{5}g \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}, \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}.$$

$$N = \frac{2}{5}mg.$$

2. Мысленно выделенный столбик жидкости сечением S в горизонтальном колене имеет массу $m = \rho S(3R - R) = 2\rho SR$. Ускорение центра масс $a_c = \omega^2 \frac{3R+R}{2} = 2\omega^2 R$. По второму закону Ньютона $\rho g HS = ma_c$. Угловая скорость $\omega = \frac{\sqrt{gH}}{2R}$.

3. Пусть в процессе 1–2 изобарического расширения газ получил количество теплоты Q_{12} . Тогда

$$Q_{12} = \nu \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + A, \quad Q_{12} = \nu \frac{5}{2}R(T_2 - T_1).$$

Отсюда $Q_{12} = \frac{5}{2}A$. КПД цикла $\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{12}} = \frac{2A_{\text{ц}}}{5A}$.

4. Общая ёмкость $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

1) При максимальном токе напряжение на конденсаторе C будет равно ЭДС источника \mathcal{E} . От момента замыкания до момента максимального тока работа источника $A = C\mathcal{E} \cdot \mathcal{E} = C\mathcal{E}^2$. Из ЗСЭ

$$A = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI_0^2}{2}$$

получаем

$$\mathcal{E} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} = I_0 \sqrt{\frac{L(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}}.$$

2) При максимальном напряжении U_1 на C_1 (и одновременно максимальном напряжении U_m на C) будет равен нулю ток в цепи. ЗСЭ от момента замыкания до момента нулевого тока: $CU_m \cdot \mathcal{E} = \frac{1}{2}CU_m^2$. Отсюда $U_m = 2\mathcal{E}$. На C_1 максимальное напряжение

$$U_1 = \frac{2\mathcal{E}C_2}{C_1 + C_2} = 2I_0 \sqrt{\frac{LC_2}{C_1(C_1 + C_2)}}.$$

5. 1) Начальное поперечное увеличение $\Gamma_1 = 3$.

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad \Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow d_1 = F \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = 24 \text{ см.}$$

2) Конечное поперечное увеличение $\Gamma_2 = 3 \cdot 2 = 6$.

$$d_1 - d_2 = F \left(\frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2} \right) = 3 \text{ см.}$$

Линзу надо переместить на 3 см к грузу.

Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Решения

Билет 2

1. $\cos \alpha = \frac{5}{6}, \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{11}}{6}, \quad a_\tau = \frac{\sqrt{11}}{6}g.$

2. $H = \frac{3\omega^2 R^2}{2g}.$

3. Пусть 1–2 — изобарическое расширение, 2–3 — адиабатическое расширение, 3–4 — изобарическое сжатие, 4–1 — адиабатическое сжатие.

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} + Q_{34}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{34}}{Q_{12}},$$

$$Q_{12} = \nu \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) + A_{12} = \nu \frac{5}{2} R(T_2 - T_1), \quad Q_{34} = \nu \frac{3}{2} R(T_4 - T_3) + A_{34} = \nu \frac{5}{2} R(T_4 - T_3).$$

Отсюда $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}, Q_{34} = \frac{5}{2}A_{34}$, отношение работ $\frac{A_{12}}{A_{34}} = \frac{1}{\eta - 1} < 0$.

4. 1) При максимальном напряжении на C_1 заряд конденсаторов $C_1 U_0$, ток равен нулю. ЗСЭ:

$$C_1 U_0 \cdot \mathcal{E} = \frac{1}{2} C_1 U_0^2 + \frac{(C_1 U_0)^2}{2C_2}.$$

Отсюда $\mathcal{E} = \frac{U_0(C_1 + C_2)}{2C_2}.$

2) При максимальном токе I_0 напряжение на конденсаторе ёмкостью $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ будет равно ЭДС \mathcal{E} . ЗСЭ:

$$C \mathcal{E} \cdot \mathcal{E} = \frac{C \mathcal{E}^2}{2} + \frac{L I_0^2}{2}.$$

Отсюда $I_0 = \mathcal{E} \sqrt{\frac{C}{L}}$. Окончательно $I_0 = \frac{U_0}{2} \sqrt{\frac{C_1(C_1 + C_2)}{C_2 L}}$.

5. 1) $\Gamma_1 = \frac{1}{2}, \quad d_1 = F \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = 36 \text{ см.}$

2) $\Gamma_2 = \frac{1}{2} \cdot 12 = 6, \quad d_1 - d_2 = F \left(\frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2} \right) = 22 \text{ см.}$ Линзу надо переместить на 22 см к шарiku.

Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Решения

Билет 3

1. $\sin \alpha = \frac{5}{13}, \quad \cos \alpha = \frac{12}{13}. \quad N = \frac{10}{13}mg.$

2. $\omega = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{gH}{3}}.$

3. Пусть 1–2 — изобарическое расширение, 2–3 — адиабатическое расширение, 3–4 — изобарическое сжатие, 4–1 — адиабатическое сжатие.

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{12}}, \quad Q_{12} + Q_{34} = A_{\text{ц}}, \quad Q_{34} = \nu \frac{3}{2} R(T_4 - T_3) + (-A), \quad Q_{34} = \nu \frac{5}{2} R(T_4 - T_3).$$

Отсюда $\eta = \frac{2A_{\text{ц}}}{2A_{\text{ц}} + 5A}.$

4. 1) $\mathcal{E} = I_0 \sqrt{\frac{L(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}}. \quad 2) U_1 = \frac{2\mathcal{E} C_1}{C_1 + C_2} = 2I_0 \sqrt{\frac{LC_1}{C_2(C_1 + C_2)}}.$

5. 1) $\Gamma_1 = 8. \quad d_1 = F \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = 36 \text{ см}.$

2) $\Gamma_2 = 8/4 = 2. \quad d_1 - d_2 = F \left(\frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2} \right) = -12 \text{ см}.$ Линзу надо переместить на 12 см от болта.

Олимпиада «ФИЗТЕХ-2012» (физика)

Решения

Билет 4

1. $\cos \alpha = \frac{7}{9}$, $\sin \alpha = \frac{4\sqrt{2}}{9}$. $a_\tau = \frac{4\sqrt{2}}{9}g$.

2. $H = \frac{15\omega^2 R^2}{2g}$.

3. См. бил. 2. По условию $\frac{A_{12}}{-A_{34}} = 3$. Ответ: $\eta = \frac{2}{3}$.

4. 1) $\mathcal{E} = \frac{U_0(C_1 + C_2)}{2C_1}$. 2) $I_0 = \frac{U_0}{2} \sqrt{\frac{C_2(C_1 + C_2)}{C_1 L}}$.

5. 1) $\Gamma_1 = 1/3$. $d_1 = F \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = 80$ см.

2) $\Gamma_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$. $d_1 - d_2 = F \left(\frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2} \right) = -60$ см. Линзу надо переместить на 60 см от гайки.