

некоторую величину, но на эту же величину она должна увеличиться при нагревании до первоначальной температуры (возвращение на изотерму). Этой же величине равно количество теплоты, полученное газом при изохорическом нагревании. Итак (поскольку газ двухатомный),

$$\Delta U = 2,5\nu R\Delta T = 2,5p\Delta V = 2,5 \cdot 700 \text{ Дж} = 1750 \text{ Дж}.$$

Тогда полное количество теплоты составляет

$$Q = 1000 \text{ Дж} + 1750 \text{ Дж} = 2750 \text{ Дж},$$

и термодинамический КПД равен

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{300 \text{ Дж}}{2750 \text{ Дж}} = 0,11 = 11\%.$$

З.Циклов

Ф1814. Одна из квадратных пластин плоского конденсатора закреплена горизонтально, и на нее помещена большая тонкая пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1$. По гладкой верхней поверхности листа диэлектрика может свободно скользить массивная вторая пластина конденсатора, имеющая такие же размеры, как и первая. На обкладки конденсатора помещены заряды Q и $-Q$, и система приведена в равновесие. Сдвинем верхнюю пластину по горизонтали на малое расстояние x параллельно одной из сторон квадрата и отпустим. Найдите период колебаний этой пластины. Площадь каждой из обкладок S , толщина диэлектрика d существенно меньше размеров пластин. Масса подвижной обкладки M .

Расчет сил (горизонтальных!) в данном случае совсем не прост – они обусловлены так называемыми «краевыми эффектами». Но можно посчитать не «в лоб».

Запишем энергию конденсатора в равновесном положении пластин и при смещении верхней пластины на x :

$$W_0 = \frac{Q^2}{2C_0} = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 a^2},$$

$$W_1 = \frac{Q^2}{2C_1} = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 a(a-x)},$$

где $a = \sqrt{S}$ – сторона квадратной пластины. Найдём разность этих энергий с учетом малости x по сравнению с размером a :

$$W_1 - W_0 = \frac{Q^2 dx}{2\epsilon_0 a^3}.$$

Видно, что эта величина пропорциональна смещению x – получается ПОСТОЯННАЯ возвращающая сила, колебания вовсе не гармонические! Это означает, в частности, что период этих колебаний зависит от начального смещения (амплитуды) x .

Итак, сила равна

$$F = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 a^3},$$

тогда ускорение (обозначим его b , поскольку буква a занята) равно

$$b = \frac{Q^2 d}{2M\epsilon_0 a^3},$$

а четверть периода колебаний равна времени возвращения пластины в положение равновесия:

$$0,25T = \sqrt{2x/b}.$$

Отсюда находим период колебаний:

$$T = 8\sqrt{\frac{\epsilon_0 x M a^3}{Q^2 d}} = 8\sqrt{\frac{\epsilon_0 x M S^{3/2}}{Q^2 d}}.$$

А.Зильберман

Ф1815. Для измерения сопротивления резистора собрана схема из батарейки, амперметра и вольтметра, причем вольтметр подключен параллельно резистору и показывает 1 В, а амперметр подключен к ним последовательно и показывает 1 А. После того как приборы в схеме поменяли местами, вольтметр стал показывать 2 В, а амперметр показал 0,5 А. Считая батарейку идеальной, определите по этим данным сопротивление резистора. Хороши ли используемые приборы?

Напряжение батарейки в обоих случаях одно и то же, поэтому, обозначив сопротивление амперметра r , получим

$$1 \text{ В} + r \cdot 1 \text{ А} = 2 \text{ В} + r \cdot 0,5 \text{ А},$$

откуда

$$r = 2 \text{ Ом}.$$

Тогда напряжение батарейки составляет 3 В, напряжение резистора в обоих случаях равно 1 В, а токи через него одинаковы и составляют 0,5 А. При этом получается, что резистор и вольтметр имеют одинаковые сопротивления – по 2 Ом, как и амперметр.

Заметим, что амперметр довольно плохой – при таких измеряемых токах сопротивление его слишком велико. Вольтметр ОЧЕНЬ плохой (еще один такой же амперметр, но с замененной шкалой?). И только резистор и батарейка (особенно батарейка) в этой задаче на что-то годны!

Р.Александров

Ф1816. На тороидальный сердечник, сделанный из материала с очень большой магнитной проницаемостью, намотаны очень тонким проводом две катушки – с числом витков 500 и 510. При измерении индуктивности первой из катушек на постоянном токе – по значению магнитного потока катушки при заданном токе через нее – получили величину 20 Гн. Какова индуктивность второй катушки? Какая индуктивность получится при последовательном соединении катушек? При параллельном соединении? Выводы катушек сделаны проводом большого сечения. Рассеяние магнитного потока считать малым.

Измерять индуктивность на постоянном токе можно несколькими способами. Самый распространенный способ – задать ток через катушку, а потом измерить ее магнитный поток по отбросу стрелки подключенного к ней баллистического гальванометра при отключении катушки от внешней цепи. (Для катушки с большой индуктивностью гальванометр не подходит, нужно применять куда более грубый прибор, но именно в баллистическом режиме – когда ток через прибор практически перестает течь, а стрелка только начинает