

в течение которого температура не убывает, а тепло не отводится от газа, возможен. Это означает, что точка 2 лежит справа от адиабаты, проходящей через точку 1. При этом график произвольного процесса $1 \rightarrow 2$, для которого выполняются условия задачи, лежит внутри цикла $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

Обозначим через Q_{12} , Q_{132} и Q_{142} количества теплоты, сообщаемые газу в процессах $1 \rightarrow 2$, $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ и $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ соответственно. Рассмотрим процесс $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$. В нем газ сначала получает количество теплоты Q_{132} , потом отдает Q_{12} , совершая при этом работу $Q_{132} - Q_{12}$, которая равна площади фигуры, ограниченной на диаграмме линиями $1-3$, $3-2$ и $2-1$. Так как эта площадь неотрицательна, то

$$Q_{132} \geq Q_{12}.$$

Рассмотрим аналогичным образом процесс $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$. Работа, которую совершает газ в этом процессе, также неотрицательна и равна $Q_{12} - Q_{142}$, откуда

$$Q_{12} \geq Q_{142}.$$

Из двух неравенств имеем

$$Q_{142} \leq Q_{12} \leq Q_{132}.$$

Поскольку процесс $1 \rightarrow 2$ – произвольный (из числа удовлетворяющих условию задачи), из последнего неравенства следует, что минимальное количество теплоты Q_1 , которое может передаваться газу в таком процессе, равно Q_{142} . Максимальное же количество теплоты Q_2 , которое может передаваться газу в данном процессе, из тех же соображений равно Q_{132} . Таким образом, для того чтобы получить ответ задачи, нужно рассмотреть цикл Карно $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$, КПД которого равен

$$\eta = 1 - \frac{Q_{142}}{Q_{132}} = 1 - \frac{T_1}{T_2}.$$

Отсюда, с учетом того, что $Q_{142} = Q_1$ и $Q_{132} = Q_2$, находим

$$Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1}.$$

О.Шведов

Ф1701. В настоящее время для проведения небольших сварочных работ иногда используют смесь водорода с кислородом, получаемую при электролизе воды. Оцените КПД устройства для электролиза воды, если напряжение между электродами одной его ячейки равно $U = 2$ В. Известно, что при сгорании $m = 2$ г водорода в кислороде выделяется $Q = 0,29$ МДж тепла.

При электролизе воды происходит поляризация электродов, в результате чего ячейка устройства становится гальваническим элементом. ЭДС этого элемента можно найти, полагая, что выделяющаяся при сгорании водорода энергия при электролизе должна быть затрачена на

совершение работы против сторонних электрических сил. В соответствии с законом электролиза Фарадея, для получения массы m водорода через ячейку должен протечь заряд

$$q = \frac{mZeN_A}{M},$$

где $Z = 1$ – валентность, $M = 1$ г/моль – атомарная масса водорода, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль – постоянная Авогадро. Поскольку при этом, как уже говорилось, должна быть совершена работа, численно равная Q , ЭДС элемента равна

$$E = \frac{Q}{q} = \frac{QM}{mZeN_A}.$$

Отсюда для КПД ячейки – он равен КПД соответствующего гальванического элемента – и всего устройства для электролиза воды получаем

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{qE}{qU} = \frac{QM}{mZeN_A U} \approx 0,75 = 75\%.$$

В.Погожев

Ф1702. Параллельные рельсы длиной $2L$ закреплены на горизонтальной плоскости на расстоянии l друг от друга. К их концам подсоединены две одинаковые батареи с ЭДС E (рис.1). На рельсах лежит перемычка массой m , которая может поступательно скользить вдоль них. Вся система помещена в однородное вертикальное магнитное поле с индукцией B . Считая, что

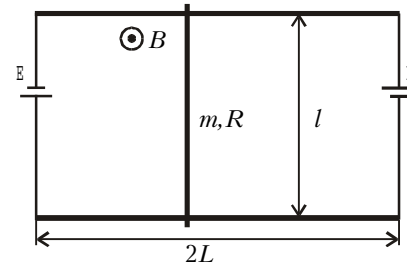


Рис.1

сопротивление перемычки равно R , а сопротивление единицы длины рельсов равно ρ , найдите период малых колебаний, возникающих при смещении перемычки от положения равновесия, пренебрегая затуханием, внутренним сопротивлением источников, сопротивлением контактов, а также индуктивностью цепи.

Вывясним сначала, где находится положение равновесия перемычки. Поскольку батареи имеют одинаковые ЭДС, при схеме их включения, показанной на рисунке 1, разность потенциалов между серединами рельсов равна нулю. Следовательно, если перемычка покоится по середине, ток через нее не протекает и на нее не действует сила Ампера. Значит, это положение и является положением равновесия перемычки. Отметим далее, что при движении перемычки через нее протекает ток, обусловленный как изменением омического сопротивления частей цепи, так и явлением электромагнитной индукции. По правилу Ленца, часть силы Ампера, связанная с индукционным током, приводит к затуханию колебаний (можно показать, что