

Задача 3. Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа CO_2 , масса которого по некоторым оценкам составляет $M = 6 \cdot 10^{16}$ т. Чему равна плотность углекислого газа вблизи поверхности Венеры, если его температура $T = 800$ К? Радиус Венеры $R_B = 6300$ км, а ускорение свободного падения $g_B = 8,2$ м/с². Толщина атмосферы Венеры много меньше радиуса планеты. (1997 г.)

Поскольку толщина атмосферы Венеры много меньше ее радиуса, можно считать, что давление углекислого газа на поверхности планеты равно весу углекислого газа атмосферы Венеры, деленному на площадь ее поверхности:

$$p_0 = \frac{Mg_B}{4\pi R_B^2}.$$

Из уравнения состояния идеального газа можно найти плотность CO_2 :

$$\rho = \frac{Mp_0}{RT},$$

где $M = 44$ г/моль – молярная масса углекислого газа, а $R = 8,3$ Дж/(моль · К) – универсальная газовая постоянная. С учетом предыдущего выражения для p_0 , получим

$$\rho = \frac{MMg_B}{4\pi R_B^2 RT} = 6,54 \text{ кг/м}^3.$$

Задача 4. Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС \mathcal{E} , резистора сопротивлением R , катушки переменной индуктивности, начальное значение которой L_0 , и ключа K (рис.5).

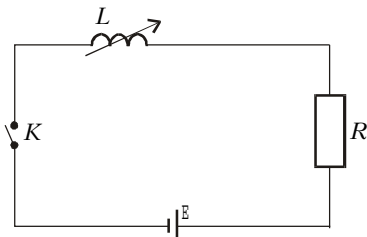


Рис. 5

Через некоторое время после замыкания ключа ЭДС индукции в катушке оказалась равной U_0 . Начиная с этого момента индуктивность катушки изменяют таким образом, что ЭДС в катушке остается неизменной по знаку и по величине и равной U_0 .

1) Определите ЭДС индукции в катушке сразу после замыкания ключа. 2) Найдите зависимость индуктивности катушки от времени после начала изменения индуктивности. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь. (1997 г.)

1) Сразу после замыкания ключа ток в цепи равен нулю. При этом ЭДС индукции в катушке \mathcal{E}_{i0} будет равна ЭДС батареи, взятой с противоположным знаком. Это следует из закона Ома для замкнутой цепи: $\mathcal{E} + \mathcal{E}_{i0} = 0$, откуда

$$\mathcal{E}_{i0} = -\mathcal{E}.$$

2) Пусть в некоторый момент времени ЭДС индукции равна U_0 и «направлена» навстречу ЭДС батареи. Начиная с этого момента ЭДС индукции остается неизменной, следовательно, в соответствии с законом Ома в цепи будет течь постоянный ток:

$$\mathcal{E} - U_0 = I_0 R, \text{ откуда } I_0 = \frac{\mathcal{E} - U_0}{R} = \text{const}.$$

Поскольку ЭДС индукции равна $\frac{d(LI)}{dt}$, а ток $I = \text{const} = I_0$, получаем

$$U_0 = \frac{(\mathcal{E} - U_0)}{R} \frac{dL}{dt}.$$

Разделим переменные:

$$dL = \frac{U_0 R}{\mathcal{E} - U_0} dt,$$

проинтегрируем:

$$\int_{L_0}^L dL = \frac{U_0 R}{\mathcal{E} - U_0} \int_0^t dt$$

и найдем зависимость индуктивности катушки от времени:

$$L = L_0 + \frac{U_0 R t}{\mathcal{E} - U_0}.$$

Задача 5. На двух длинных, гладких, параллельных, горизонтальных и проводящих штангах лежит проводящая перемычка Π массой M (рис.6). Расстояние между штангами l . Через резистор сопротивлением R и разомкнутый ключ K к штангам подключена батарея с постоянной ЭДС.

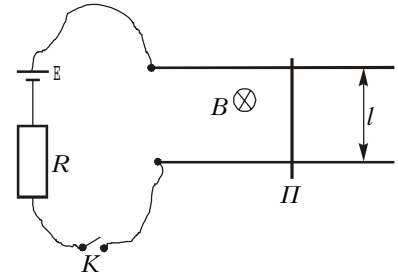


Рис. 6

Штанги расположены в области однородного магнитного поля с индукцией, равной B и направленной от нас перпендикулярно плоскости рисунка. После замыкания ключа в установившемся режиме перемычка достигает скорости v_0 . Пренебрегая внутренним сопротивлением батареи и сопротивлением штанг и перемычки, определите ускорение перемычки сразу после замыкания ключа. (1997 г.)

Сначала найдем ЭДС батареи \mathcal{E} . Это можно сделать, зная величину установившейся скорости перемычки.

Рассмотрим произвольный момент времени после замыкания ключа. По перемычке течет ток I и со стороны магнитного поля на нее действует сила Ампера, равная $F = BIl$ и направленная вправо.

Выберем неподвижную систему координат, в которой будем рассматривать движение перемычки (рис.7). Перемычка движется вдоль оси x . Уравнение движения имеет вид

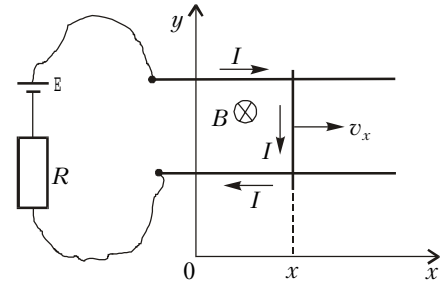


Рис. 7

$$Ma = F, \text{ или } Mv'_x = BIl.$$

Запишем теперь закон Ома для замкнутого контура:

$$\mathcal{E} - Blv_x = IR.$$

Подставляя выражение для тока из этого равенства в предыдущее, получим

$$Mv'_x = \frac{(\mathcal{E} - Blv_x)}{R} Bl,$$

или, после арифметических преобразований,

$$v'_x + \frac{(Bl)^2}{MR} v_x = \frac{\mathcal{E}Bl}{MR}.$$

Это уравнение описывает зависимость скорости v_x перемычки

(Продолжение см. на с. 34)