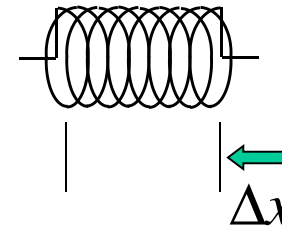


1. 電磁気学Iのおさらい
2. 電流と電流密度
3. オームの法則
4. 金属電子論
5. 準定常電流
6. 電流間に生じる力と磁場
7. ローレンツ力
8. 電流が作る磁場
9. アンペールの法則
10. 前半のまとめと確認
11. 磁束と電磁誘導
12. 自己インダクタンスと相互インダクタンス
13. 磁場のエネルギー
14. 交流回路と複素インピーダンス
15. まとめと

バネのエネルギー → 歪みのエネルギー



$$U = \int_0^{\Delta x} kx dx = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$$

コンデンサーのエネルギー

→ 電極間の真空中に生じた静電場のエネルギー

コンデンサーのエネルギー、電場のエネルギー

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$

平行電極の場合、電極間の距離  $d$  で、電極間の電圧と電場の関係は

$$V = Ed$$

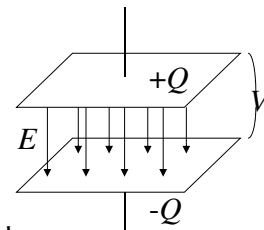
平行電極の面積を  $S$  とすると、電気容量  $C$  は、

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

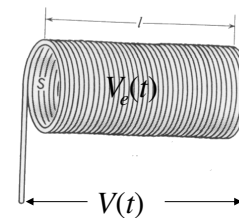
従って、エネルギーは、

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 S}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 (Sd) E^2$$

単位体積あたりの電場のエネルギー  $u_e = \frac{U}{Sd} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$  (2.13)



## 4.4 磁場のエネルギー



コイルに流れる電流  $I(t)$  を増やしていく

コイルに流れる電流  $I(t)$

$$I(0) = 0 \rightarrow I(T) = I$$

電流が時間変化するので、コイルに起電力  $V_e(t)$  が発生する。

$$V_e(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI(t)}{dt}$$

電流を流すためには、 $V_e$  に打ち勝つ電位差  $V(t)$  を外部からかけなければならない。

$$V(t) = -V_e(t) = L \frac{dI(t)}{dt}$$

電位(電圧) $V$ の位置に電荷 $\Delta q$ を置いたときの  
位置エネルギー $\Delta U$ は

$$\Delta U = V \Delta q$$

電流 $I(t)$ が流れている時、短い時間 $\Delta t$ の間に移動する  
電荷量 $\Delta q$ は

$$\Delta q = I(t) \Delta t$$

この時に行われる仕事 $\Delta W$ は

$$\Delta W = \Delta U = VI(t) \Delta t$$

したがって、時刻0から $t_1$ までの間になされる仕事 $W$ は、

$$W = \int_0^T dW = \int_0^T V(t)I(t) dt$$

$$\begin{aligned} W &= \int_0^T V(t)I(t) dt \\ &= L \int_0^T \frac{dI(t)}{dt} I(t) dt \\ &= \frac{L}{2} \int_0^T \frac{d}{dt} \{I(t)\}^2 dt \\ &= \frac{L}{2} [I(t)^2]_0^T = \frac{1}{2} LI^2 \quad (4.4) \end{aligned}$$

これが、コイルに電流 $I$ が流れている時のエネルギー

||

コイル周辺に生じた磁場エネルギー

単位長さあたりの巻き数 $n$ 、長さ $l$ 、  
断面積 $S$ のソレノイド

$$L = \mu_0 n^2 l S$$

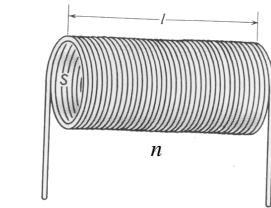
電流のエネルギー $U$ は

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 l S I^2$$

$$= \frac{lS}{2\mu_0} B^2 \quad \longleftarrow \quad B = \mu_0 nI$$

単位体積あたりの磁場のエネルギー $u_m$ は  $B = \mu_0 H$

$$u_m = U / (lS) = \frac{1}{2\mu_0} B^2 = \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \frac{1}{2} BH \quad (4.5)$$



電磁場のエネルギー

単位体積あたりの電場のエネルギー

$$u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2\epsilon_0} D^2 = \frac{1}{2} ED \quad (2.13)$$

単位体積あたりの磁場のエネルギー $u_m$ は

$$u_m = \frac{1}{2\mu_0} B^2 = \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \frac{1}{2} BH \quad (4.5)$$

## 例題

始め、スイッチはAにあって、一定の電流 $I_0$ が流れていた。 $t=0$ にスイッチをBに切り替えたあと、抵抗で発生するジュール熱はいくらか。

