

物理学・物理学概論

東海大学 理学部
物理学科

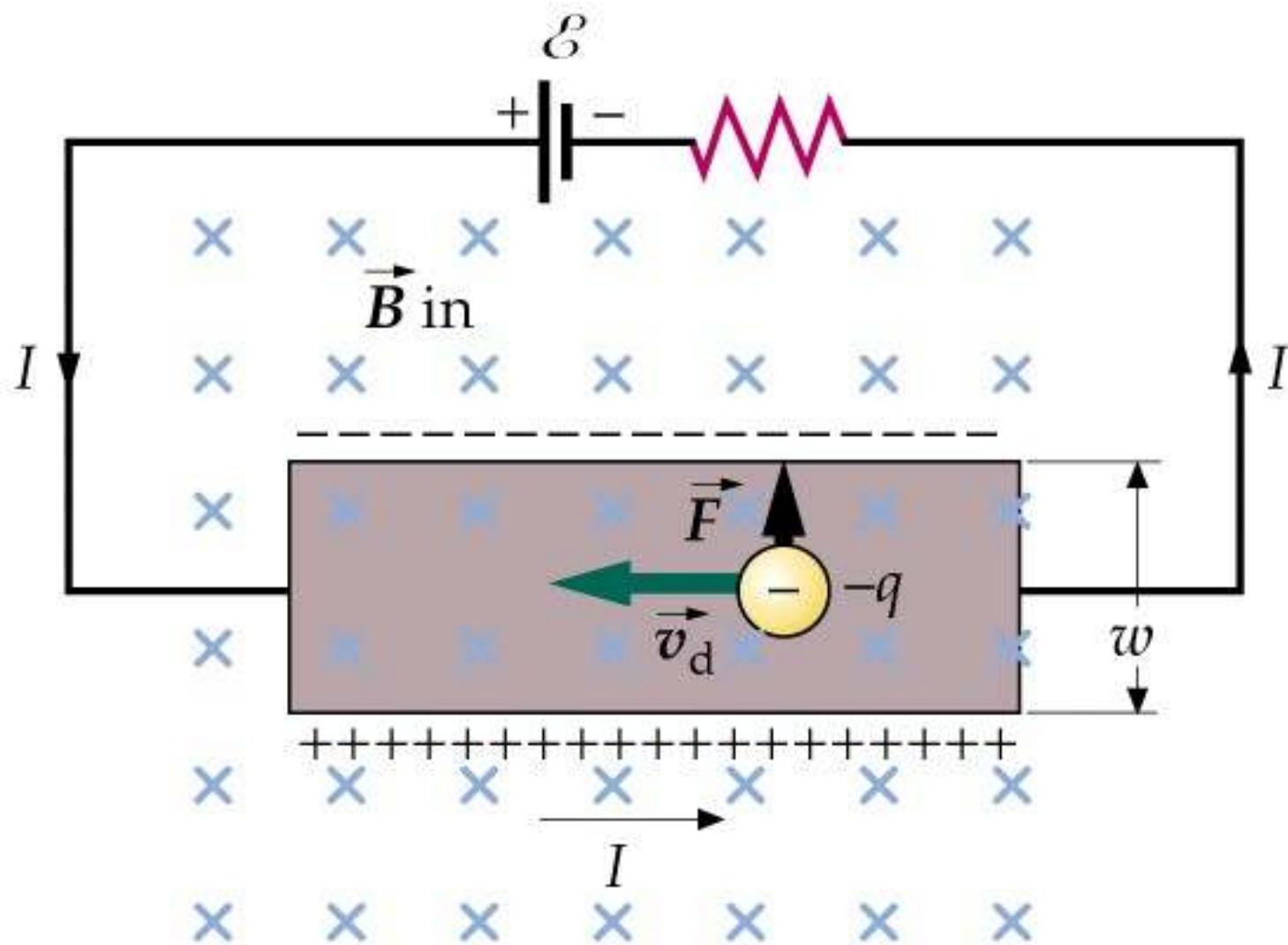


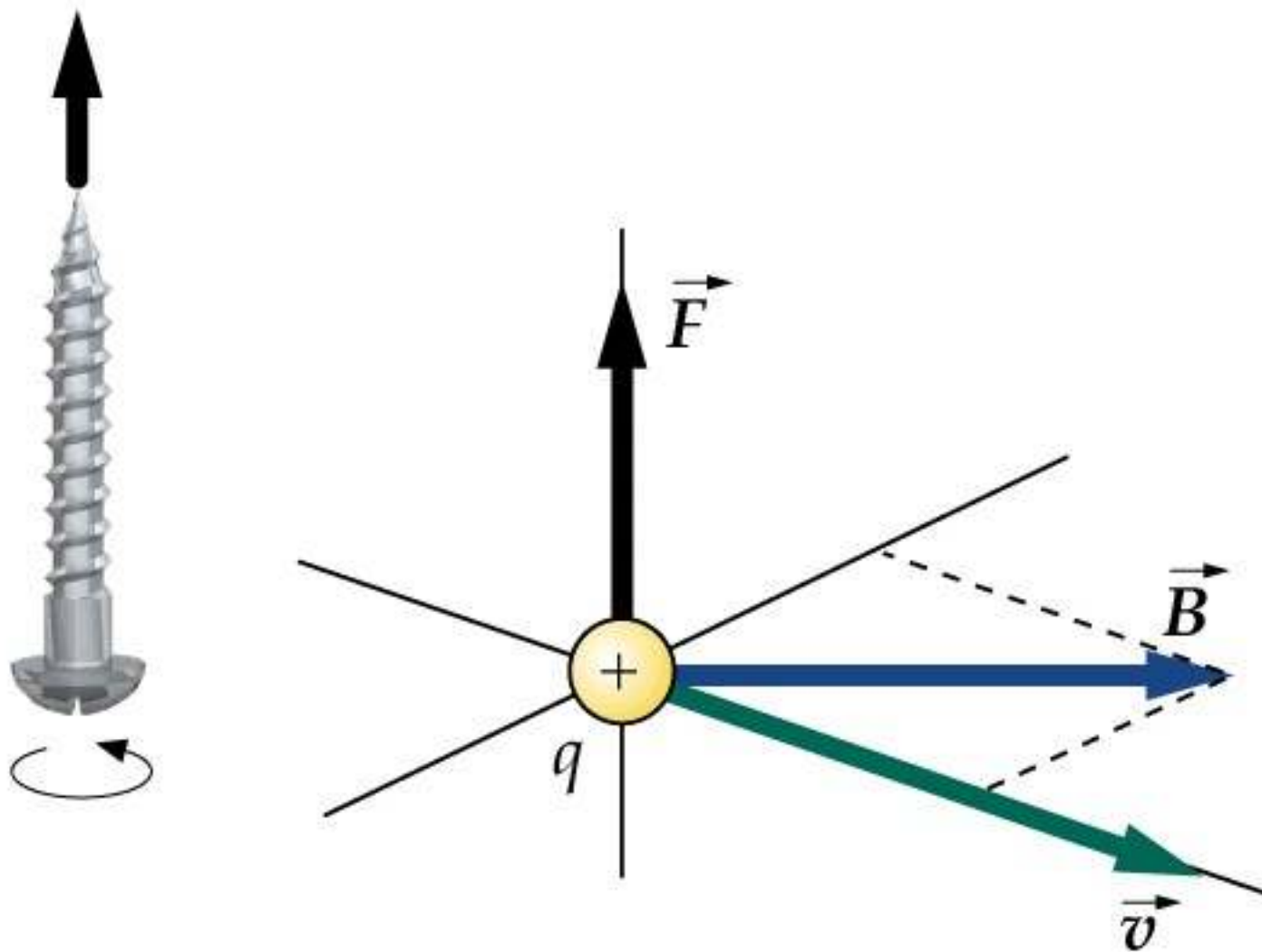
*Department of Physics School of Science
Tokai University*



- アンペアの法則
電流と磁場の関係
- ファラデーの法則
時間的に変化する磁場と
起電力
- インダクタンス（コイル）

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$





“ねじれた(直交)”位置関係で力が働く
(VからBに向かって右回りに見える方向)

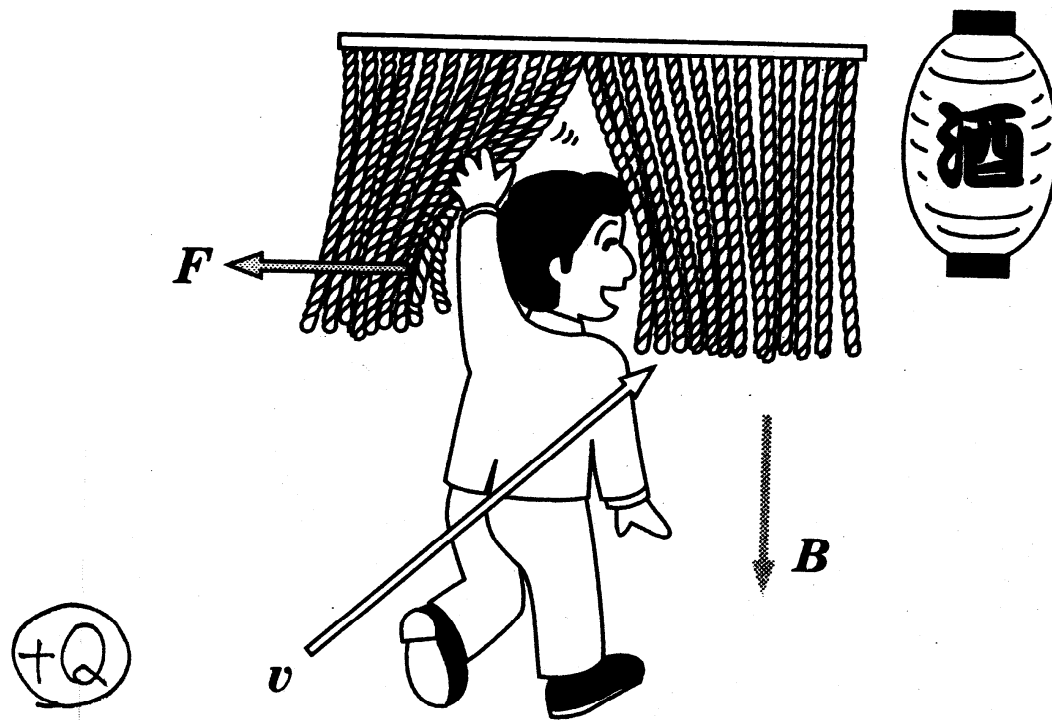
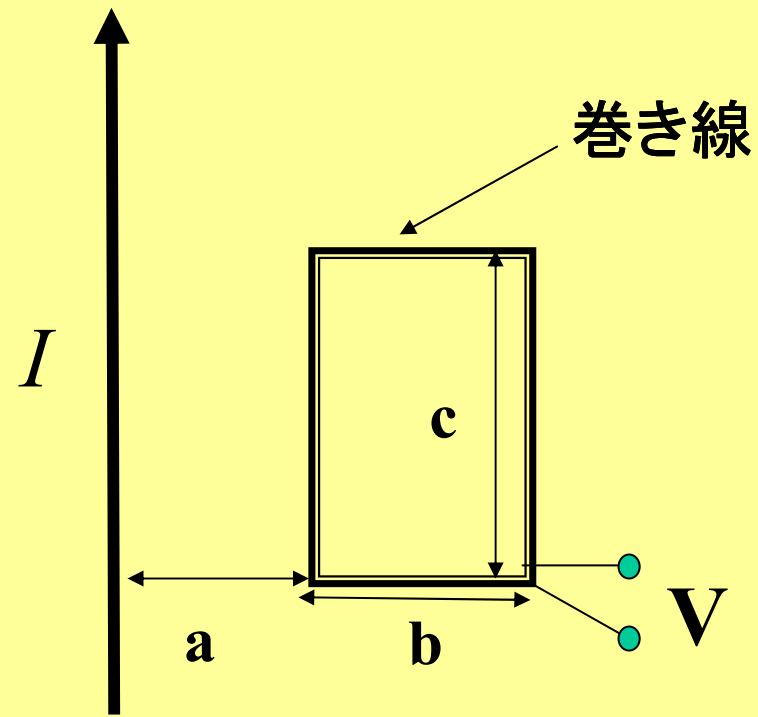


図 7.2 左なわのれんの規則

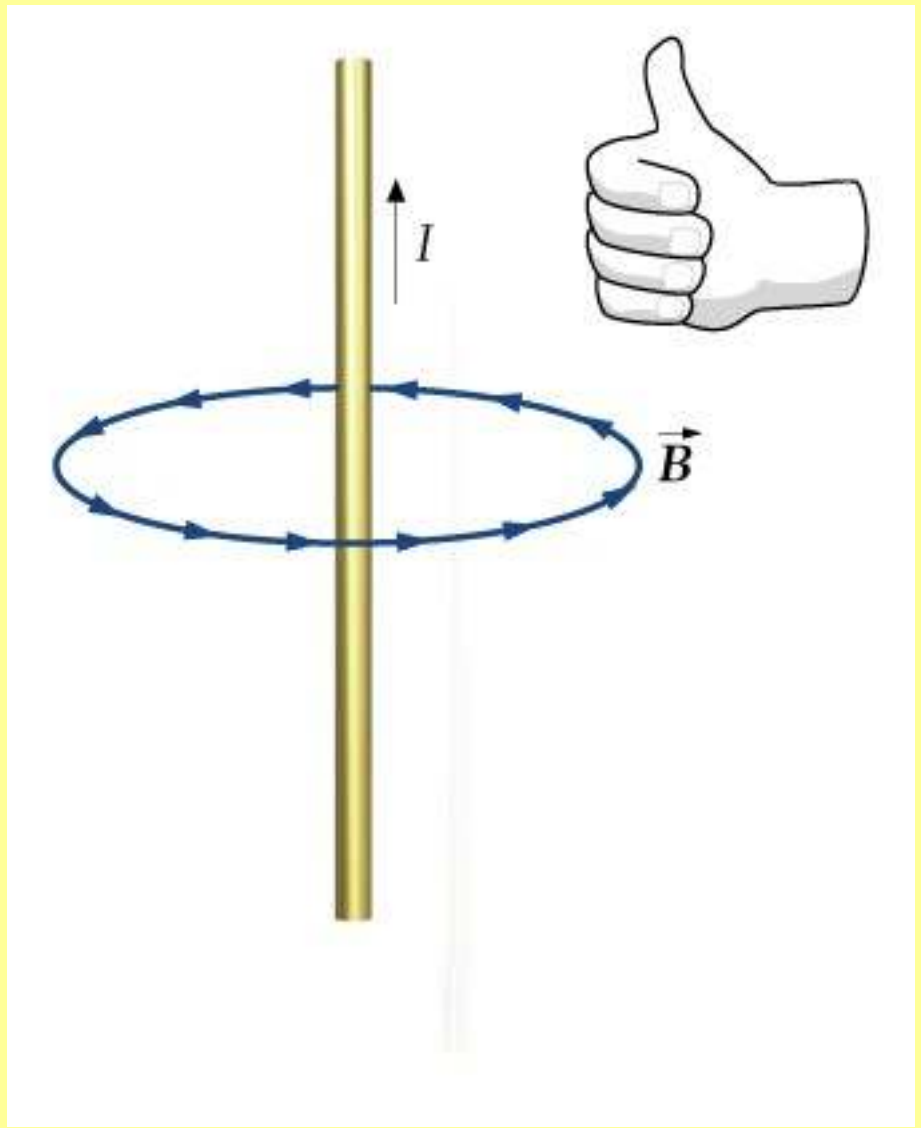
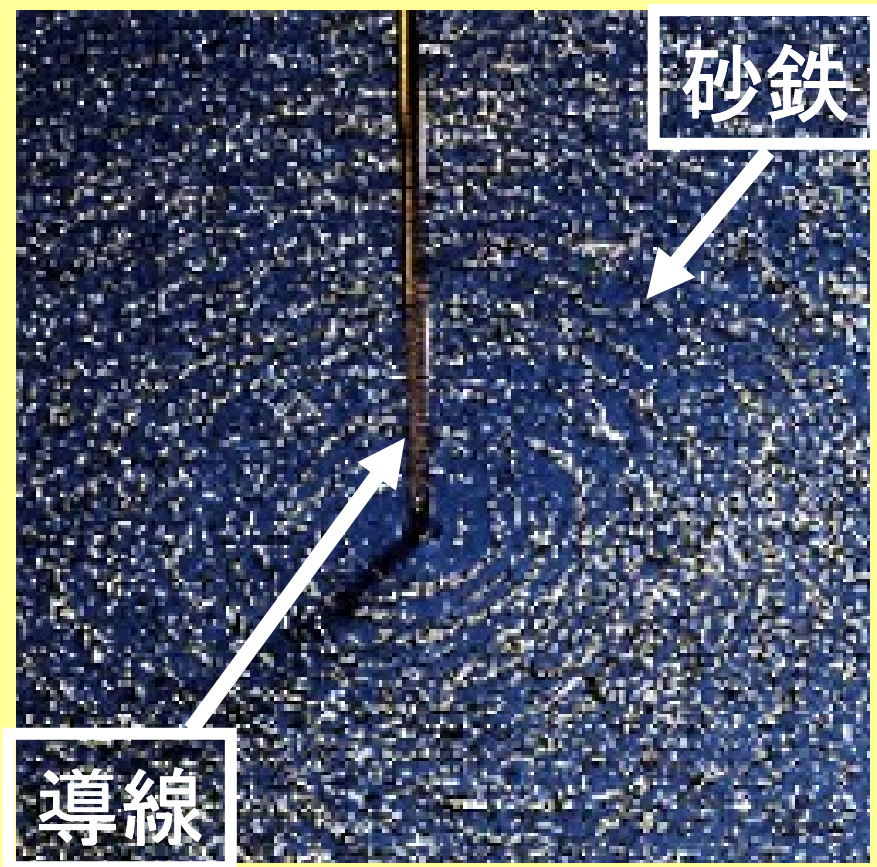
数学の演算ではどう
だろう？

$$\mathbf{v} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

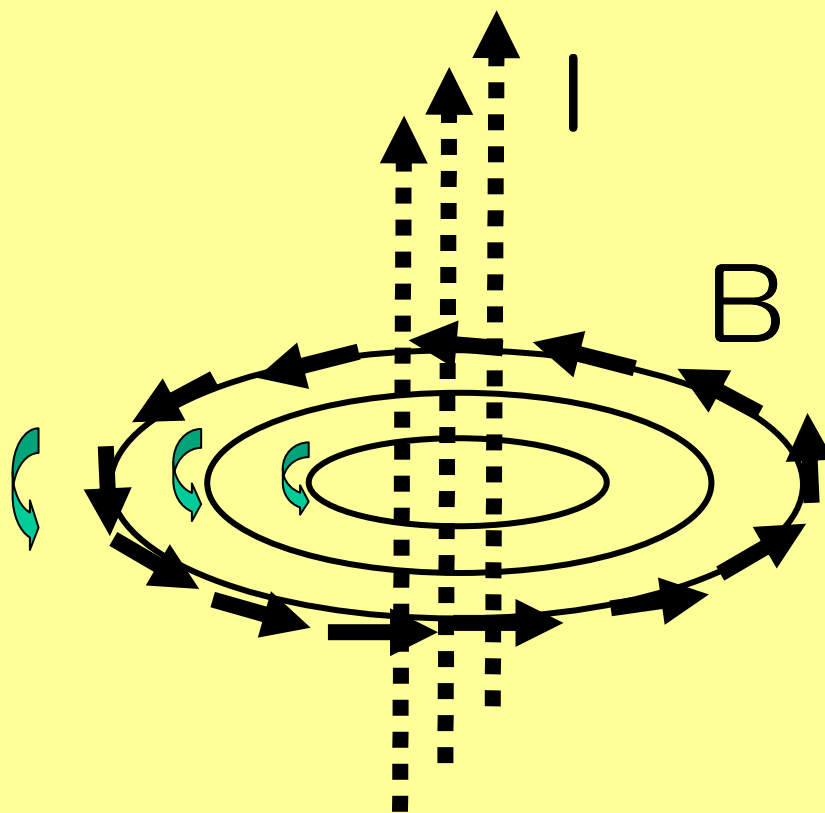
$$\begin{aligned} \mathbf{v} \times \mathbf{B} = & (v_y B_z - v_z B_y) i \\ & + (v_z B_x - v_x B_z) j \\ & + (v_x B_y - v_y B_x) k \end{aligned}$$



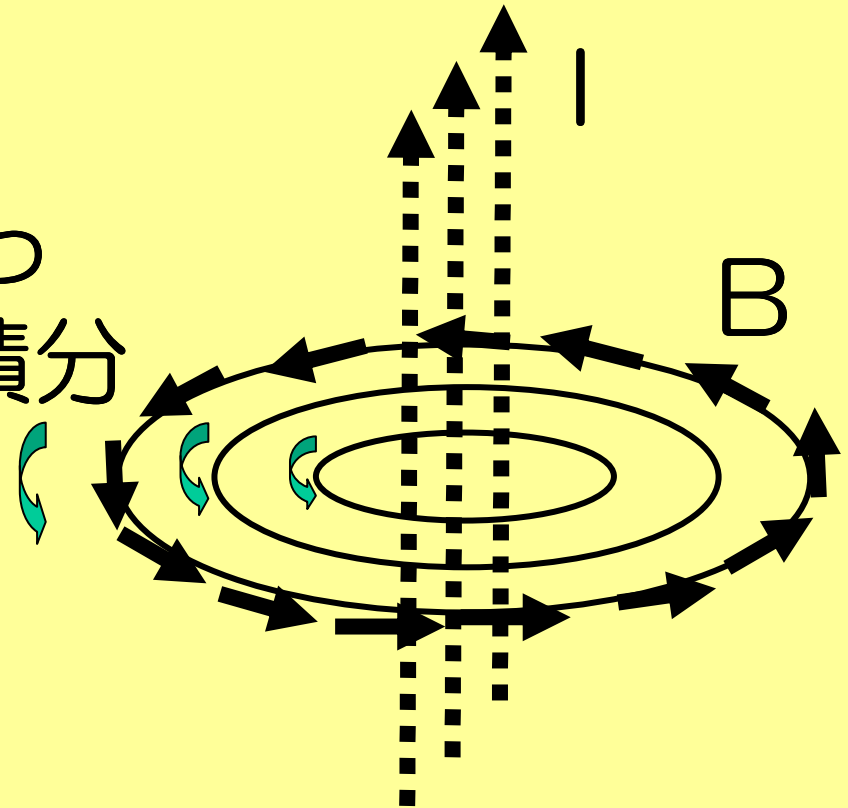
電流は磁場の発生源



線状の電流があるとそれを取り巻き、渦状に磁場ができる。



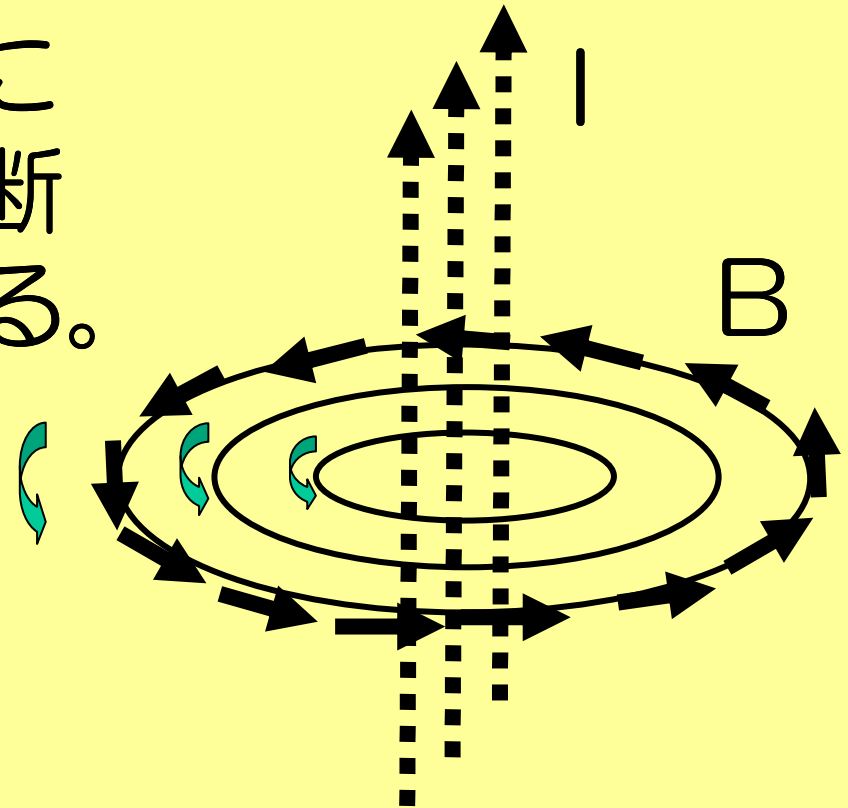
アンペアの法則
任意の閉じた経路に沿っ
てとった $B \cdot dl$ の線積分
は、 μI に等しい。



n本電流が貫流したとき

$$\oint B \cdot dl = \mu I (\mu n I)$$

I はその (B の) 経路によって囲まれる任意の断面を通過する電流である。

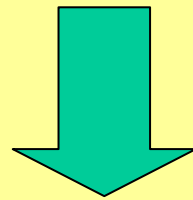


n 本電流が貫流したとき

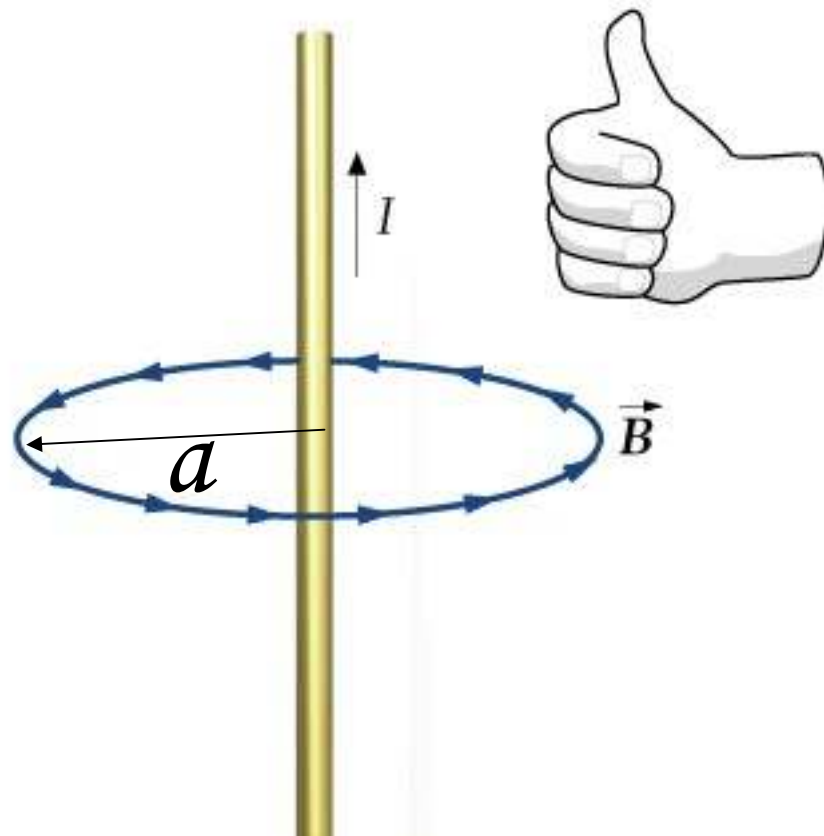
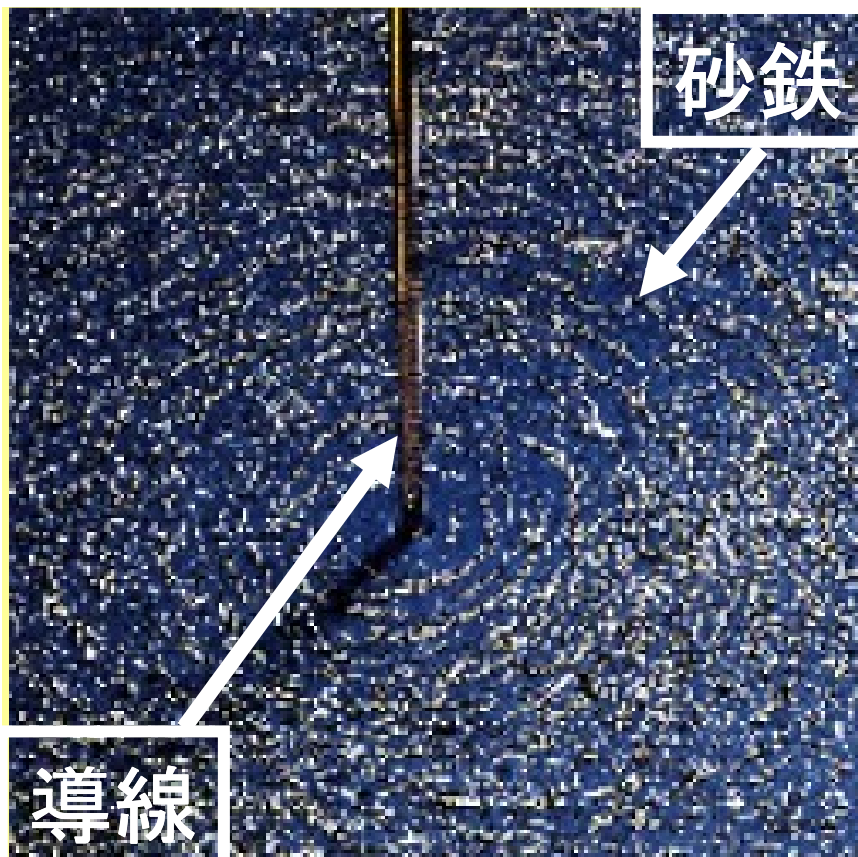
$$\oint B \cdot dl = \mu I (\mu n I)$$

積分する経路 dl でいたるところ B が一定。
 B と経路 dl は常に同じ方向

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = B \oint dl$$

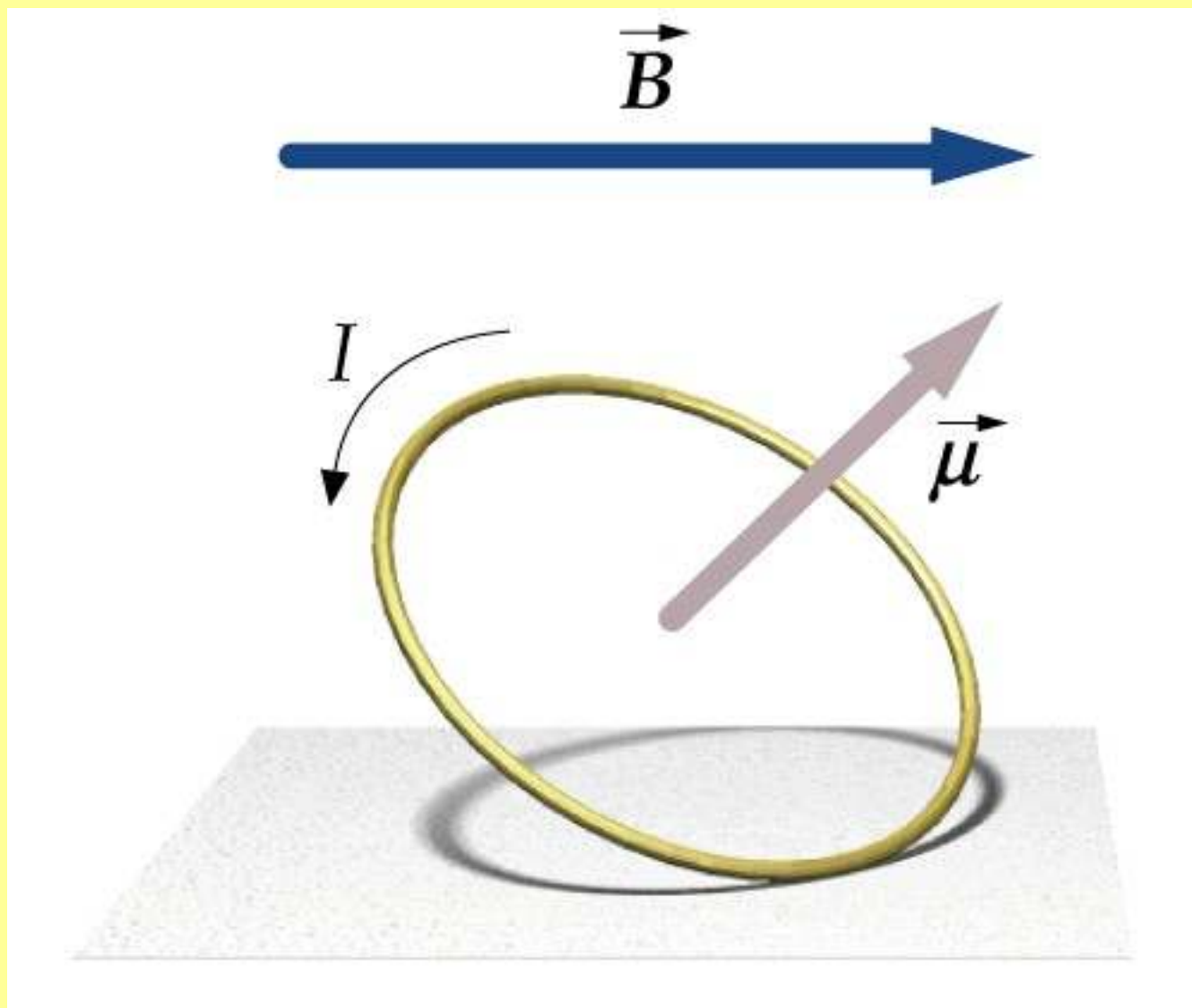


$$B \oint dl = |\mathbf{B}| \cdot 2\pi a$$

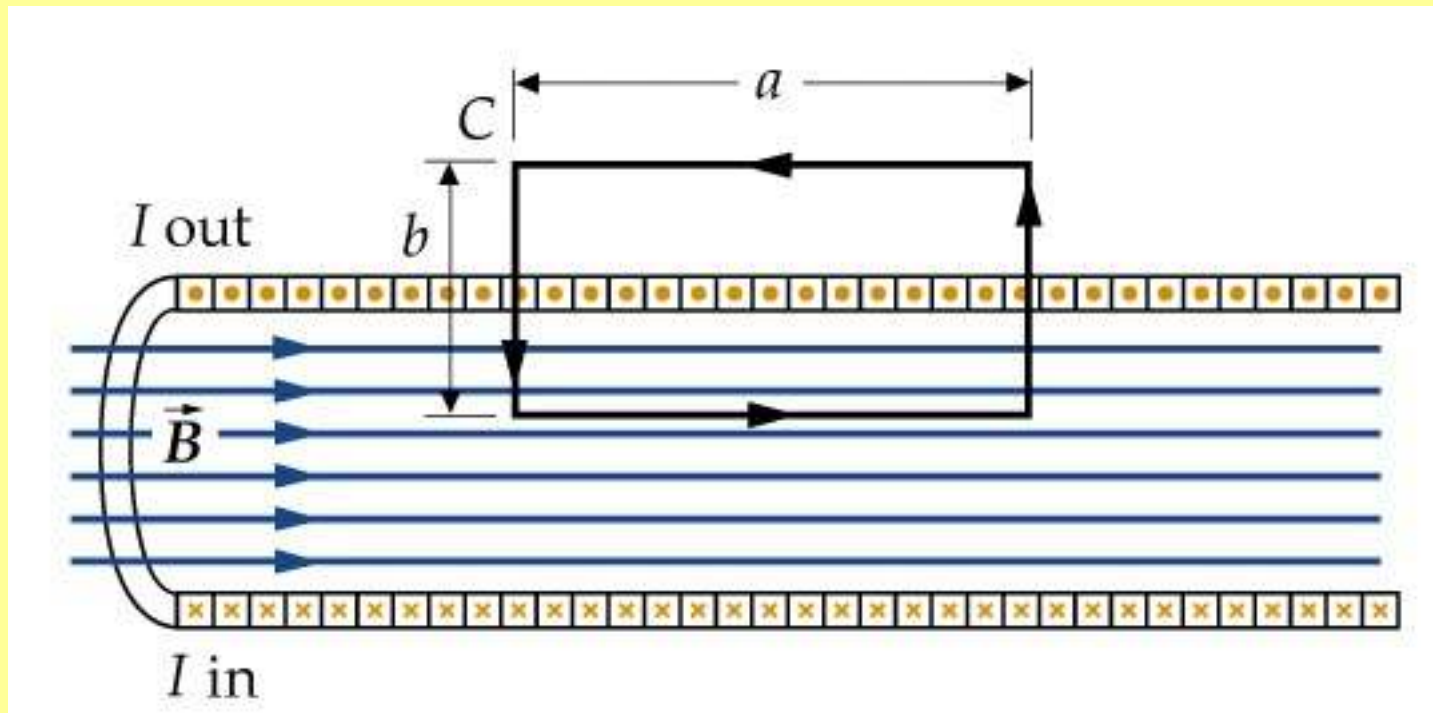


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

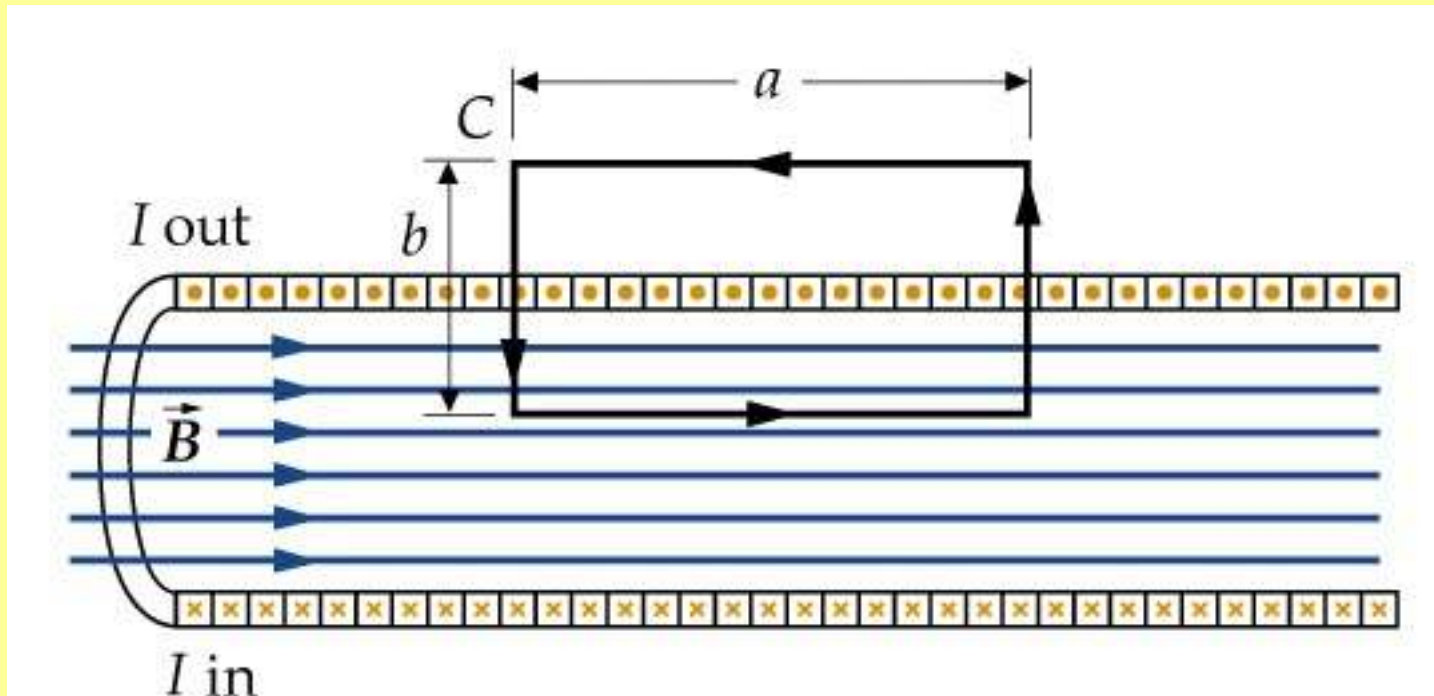
渦状の電流があるとそれを貫く線状の磁場ができる。



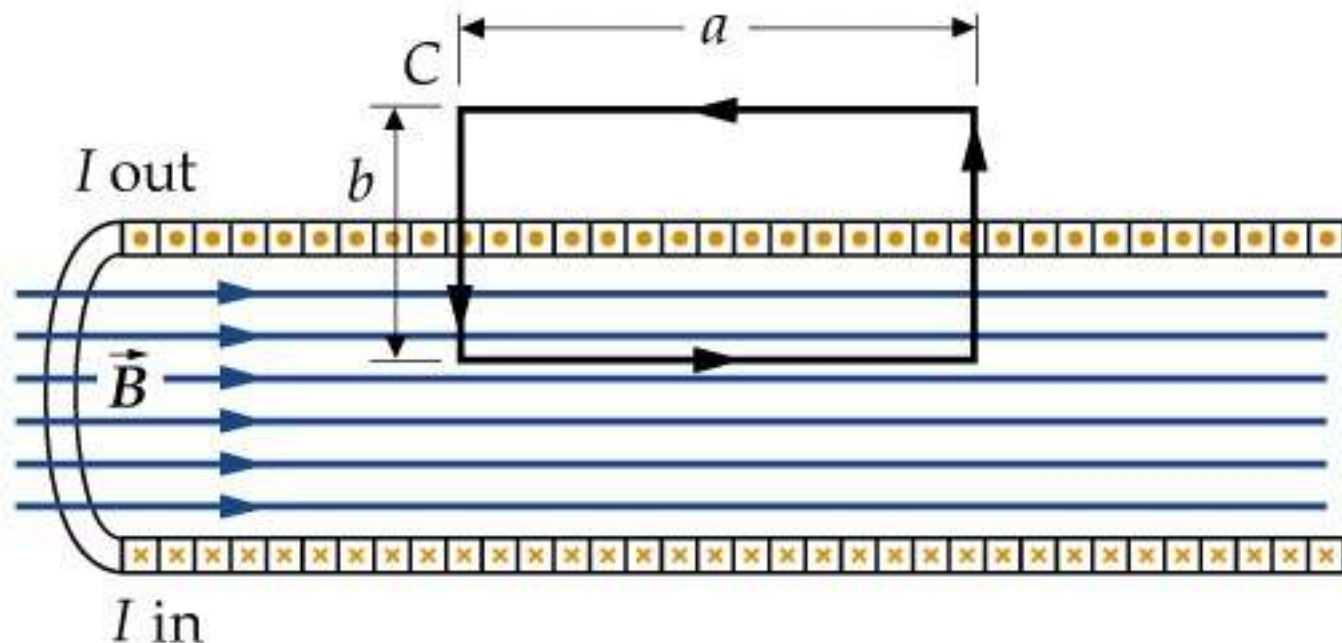
渦状の電流を密に多数整列すると・・・
(ソレノイド)



$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu I \quad (\mu n I)$$



$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu I (\mu n I)$$
$$= B a = \mu N I$$



$$B = \mu (N / a) I = \mu n I$$

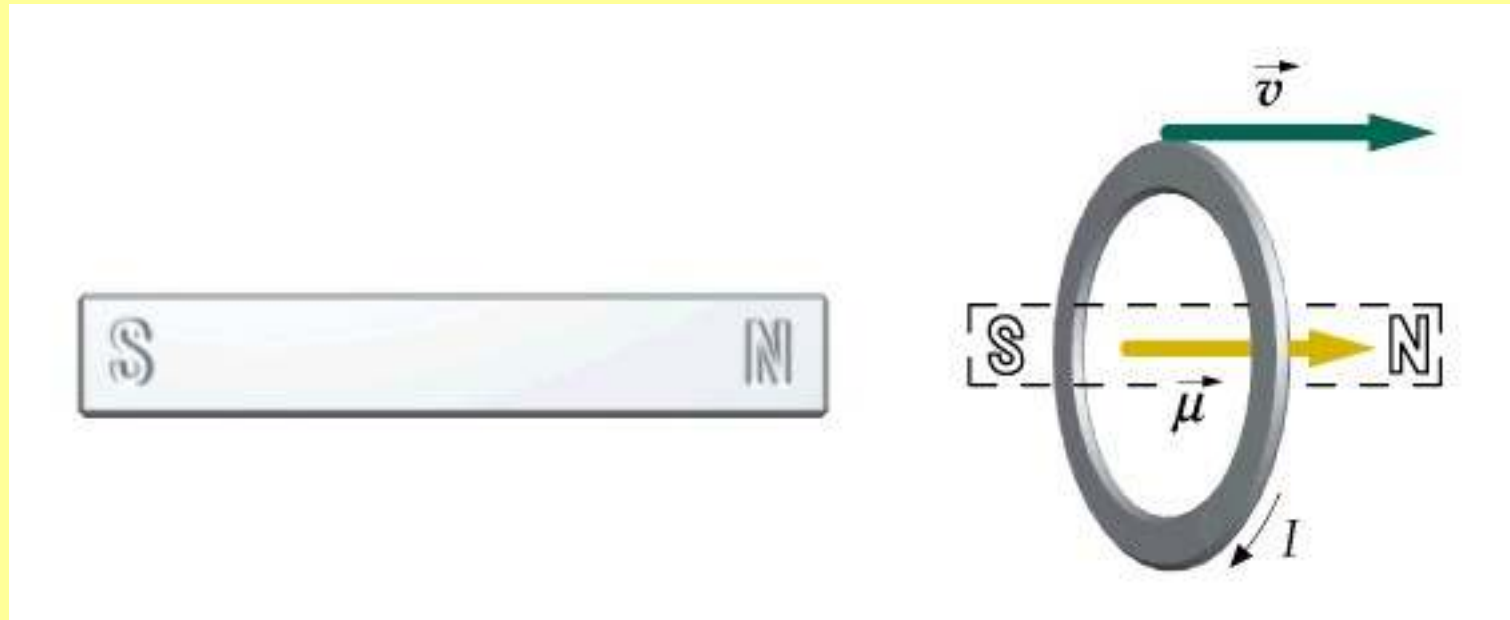
・ 単位長さあたりコイルの巻き数を多くすると磁束密度は大きくなる。→ 磁石の性能が向上する

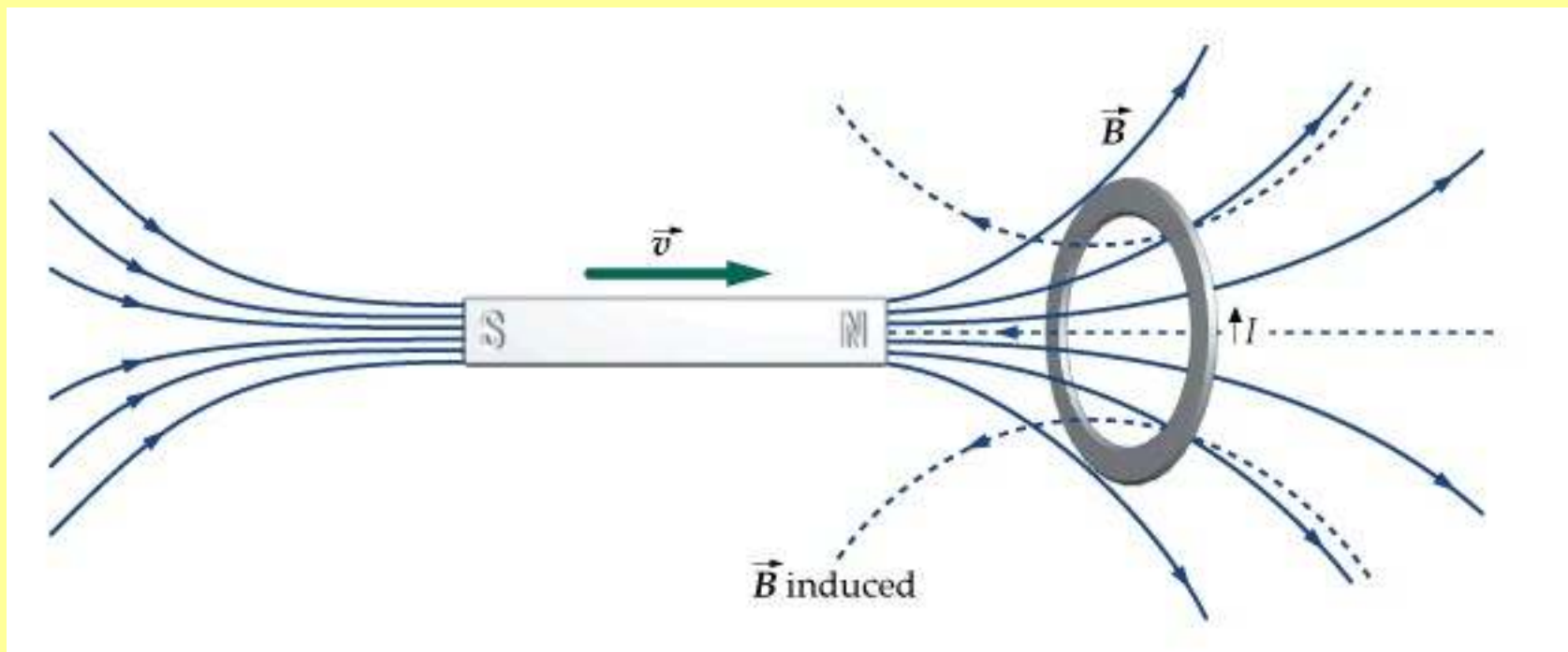
- アンペアの法則
電流と磁場の関係
- ファラデーの法則
時間的に変化する磁場と
起電力
- インダクタンス（コイル）

今日のポイント II

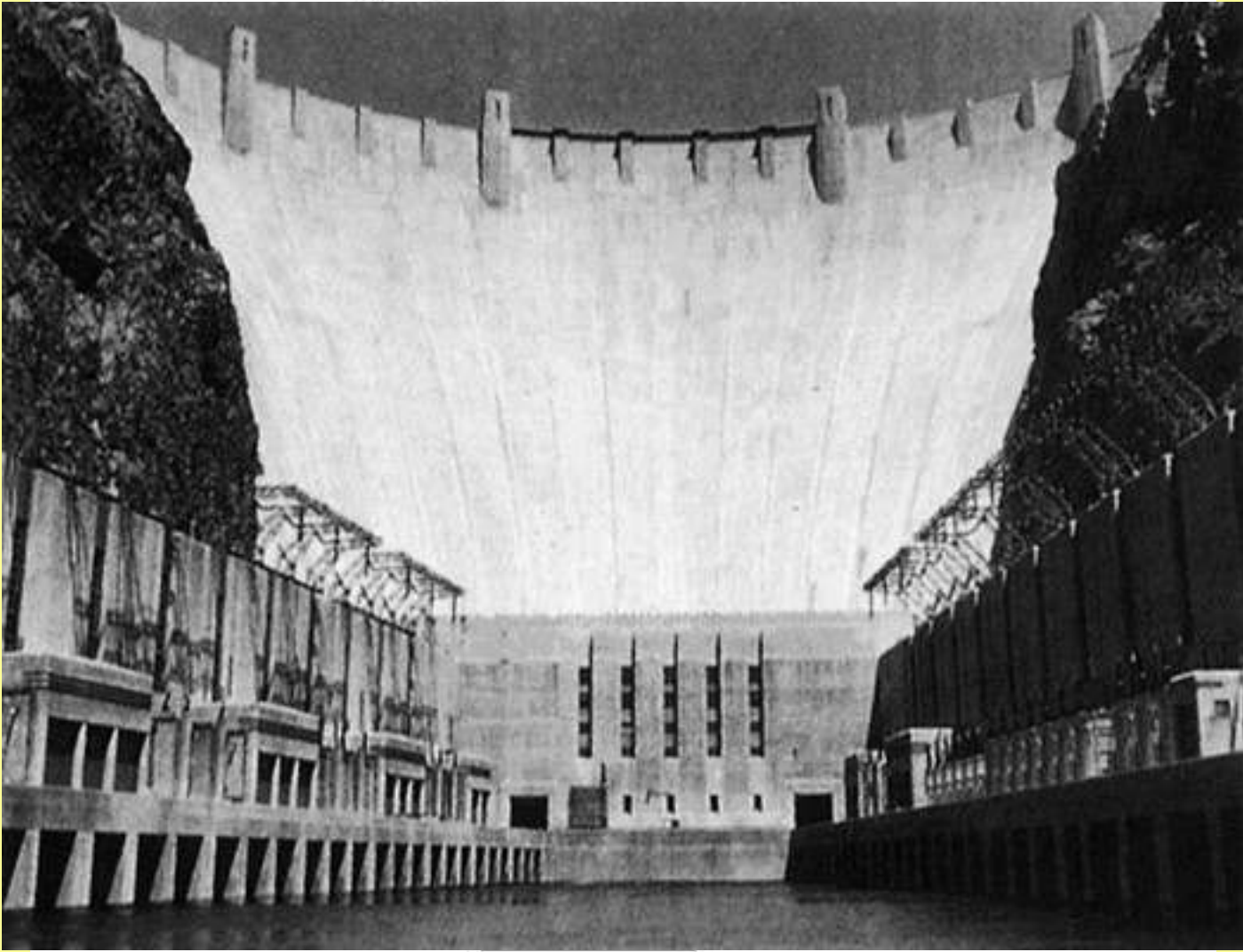
$$\oint E \cdot dl = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

ファラデーの電磁誘導の法則 もっとも簡単な実験

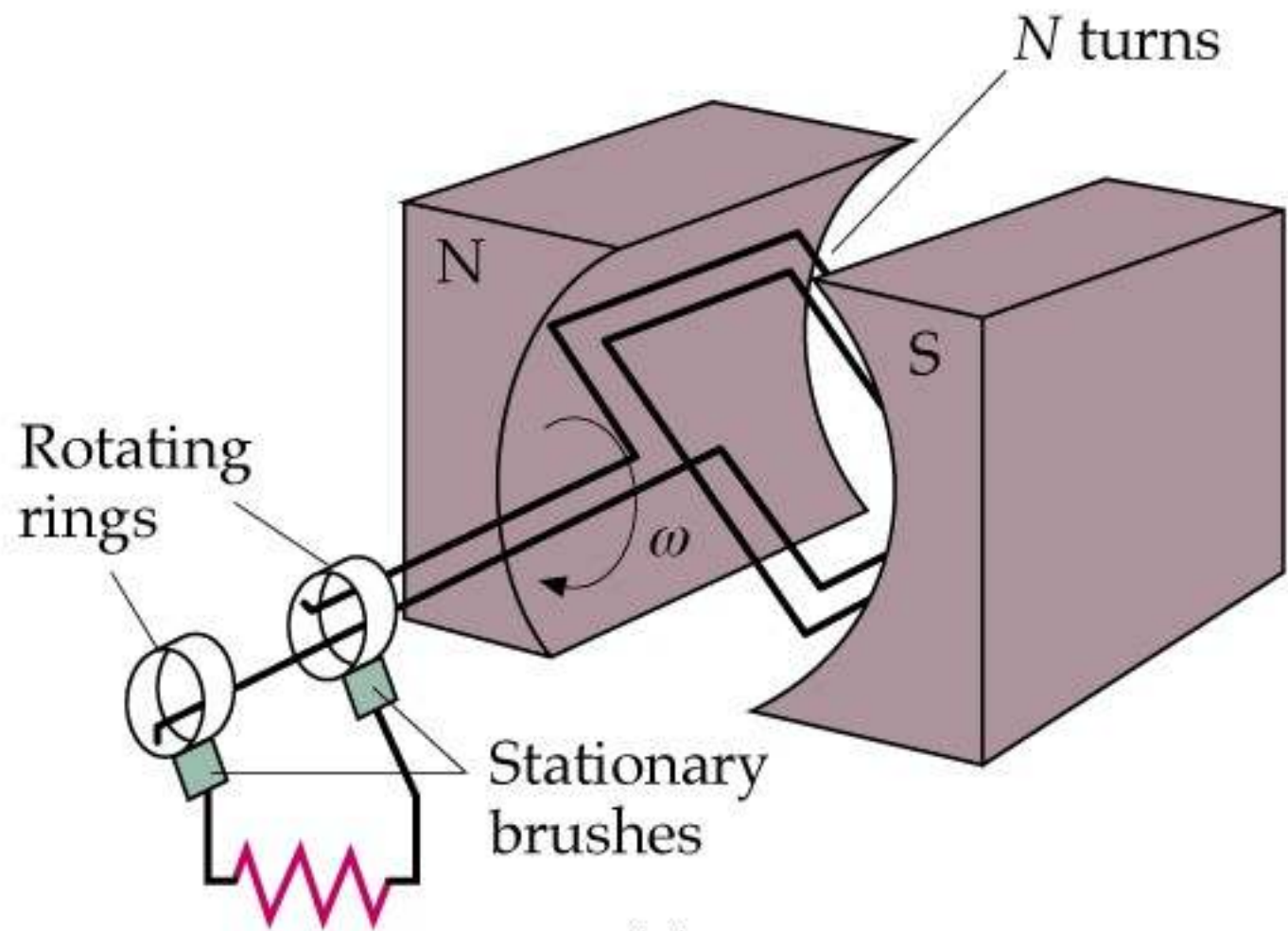




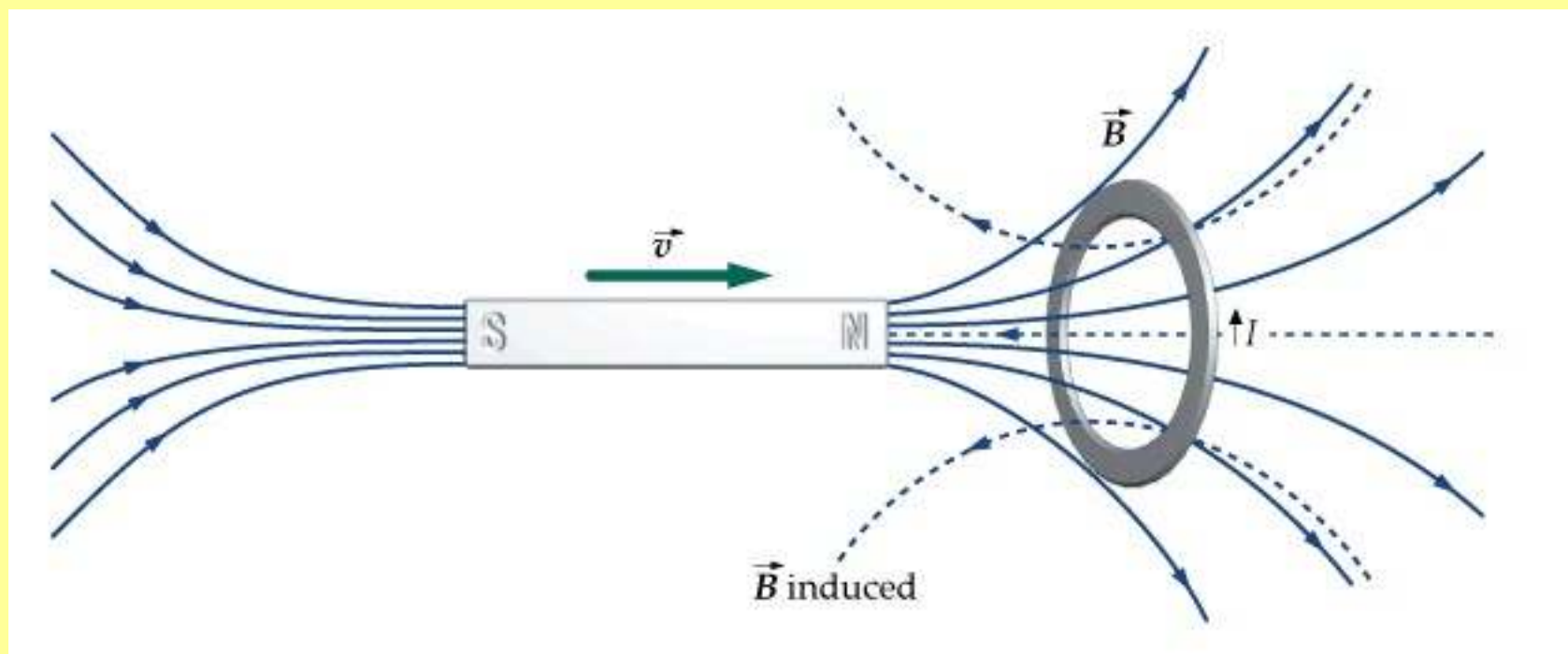
閉回路を横切る磁束の総数の時間的変化は、閉回路の起電力となる







(a)



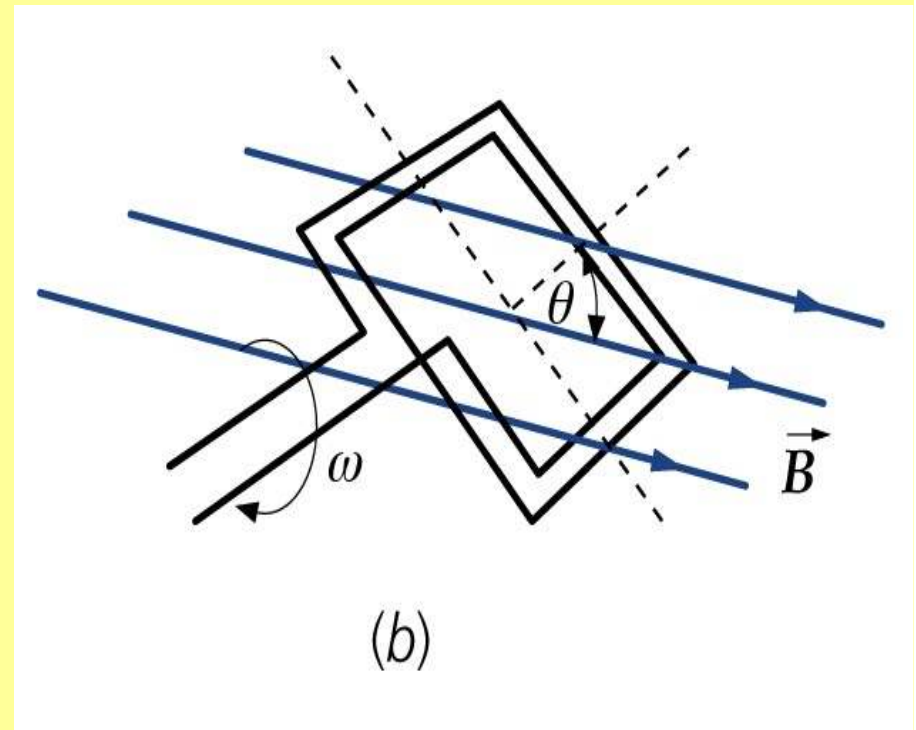
閉回路を横切る磁束の総数の時間的変化は、閉回路の起電力となる

閉回路を横切る磁束の総数の時間的変化は、閉回路の起電力となる

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = U$$

閉回路を横切る磁束の総数の時間的変化は、閉回路の起電力となる

$$-\frac{d}{dt}\Phi_m =$$
$$= U = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$



断面積Sの閉回路を横切る磁束の総数の時間的变化は、
閉回路の起電力と等しい

$$-\frac{d}{dt} \Phi_m = -S \frac{d}{dt} B$$
$$= U = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

今日のポイントII

$$\oint E \cdot dl = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

1 Cの電荷が1 m/s で
磁場に垂直に運動する。

磁場中で受ける力→1 Nであった。

1 Tの磁場

$$[B] = T = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

$$[\mathbf{B}] = \mathbf{T} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} =$$

$$\frac{\text{N}}{\text{C} \cdot \text{m/s}} = \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

磁束の総数
(断面全体を貫く磁束)

$$\Phi_m = BS$$

$$\left(= \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \right)$$

$$[\Phi_m] = \text{Wb} \quad [B] = \text{T} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = U$$

$$\left[\frac{d}{dt} \Phi_m \right] = \frac{\text{Wb}}{\text{s}}$$

$$[U] = V = J / C$$

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = U$$

$$\left[\frac{d}{dt} \Phi_m \right] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{(\text{C} \cdot \text{m/s}) \cdot \text{s}}$$

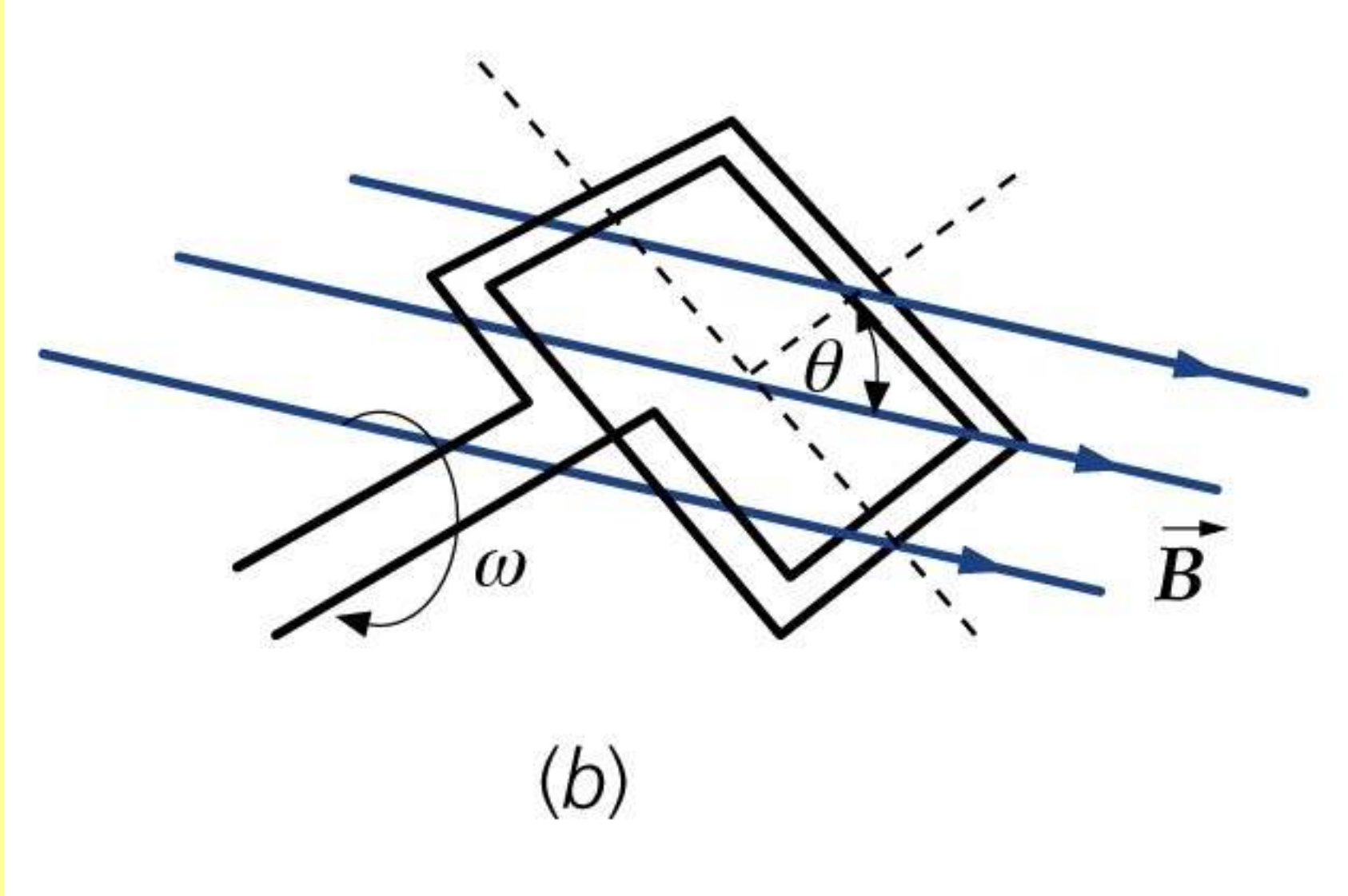
$$= \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}}$$

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = U$$

$$\left[\frac{d}{dt} \Phi_m \right] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{(\text{C} \cdot \text{m/s}) \cdot \text{s}}$$

$$= \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}}$$

$$[U] = \text{V} = \text{J} / \text{C}$$



N巻きのコイルを回路に入れて
回路のスイッチを閉じた。

$$U = -N \frac{d}{dt} (\Phi_m)$$

$$= -L \frac{d}{dt} (I)$$

N巻きのコイルのインダクタンス
(定義、自己インダクタンス)

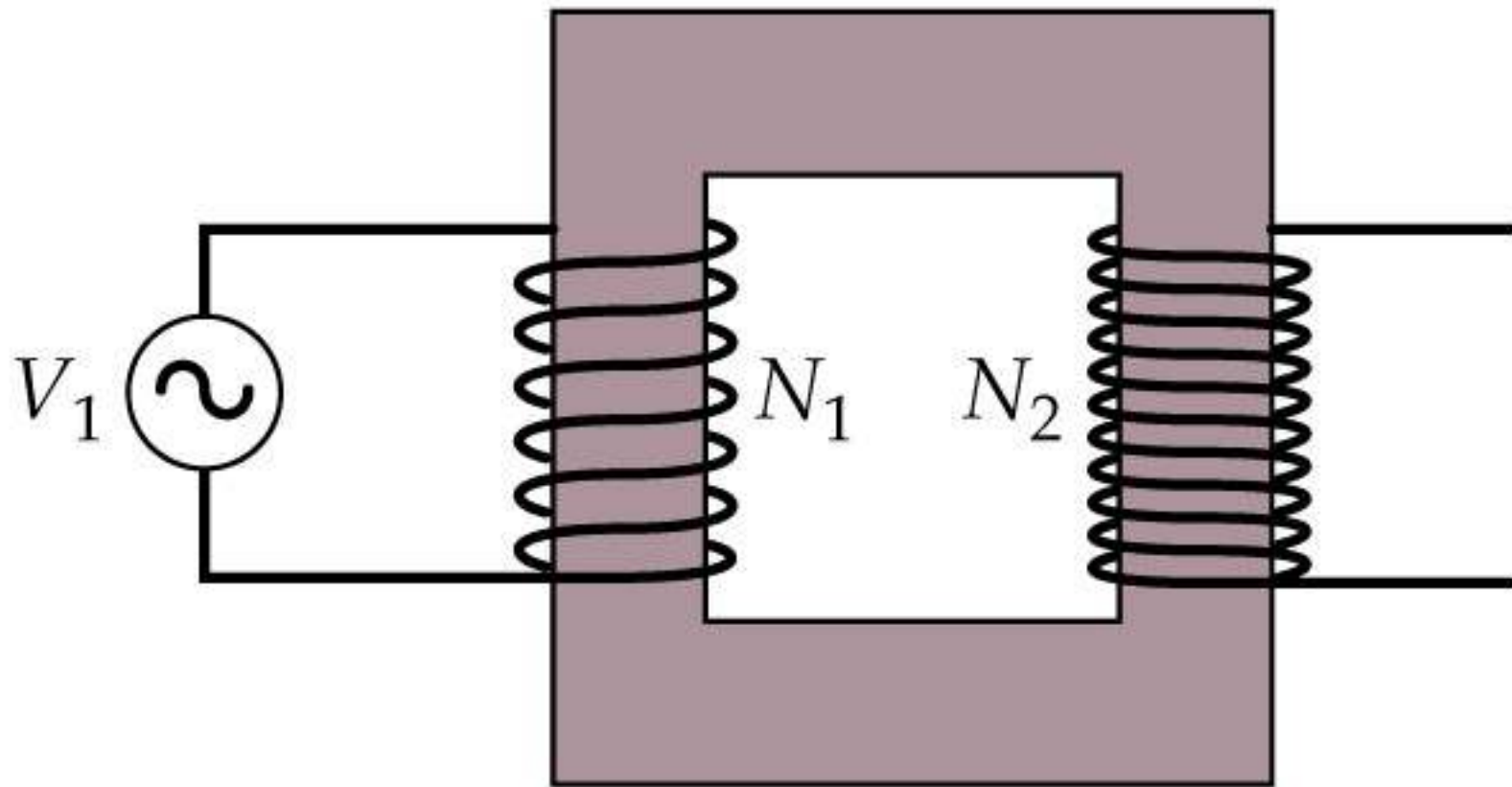
$$N\Phi_m = LI$$

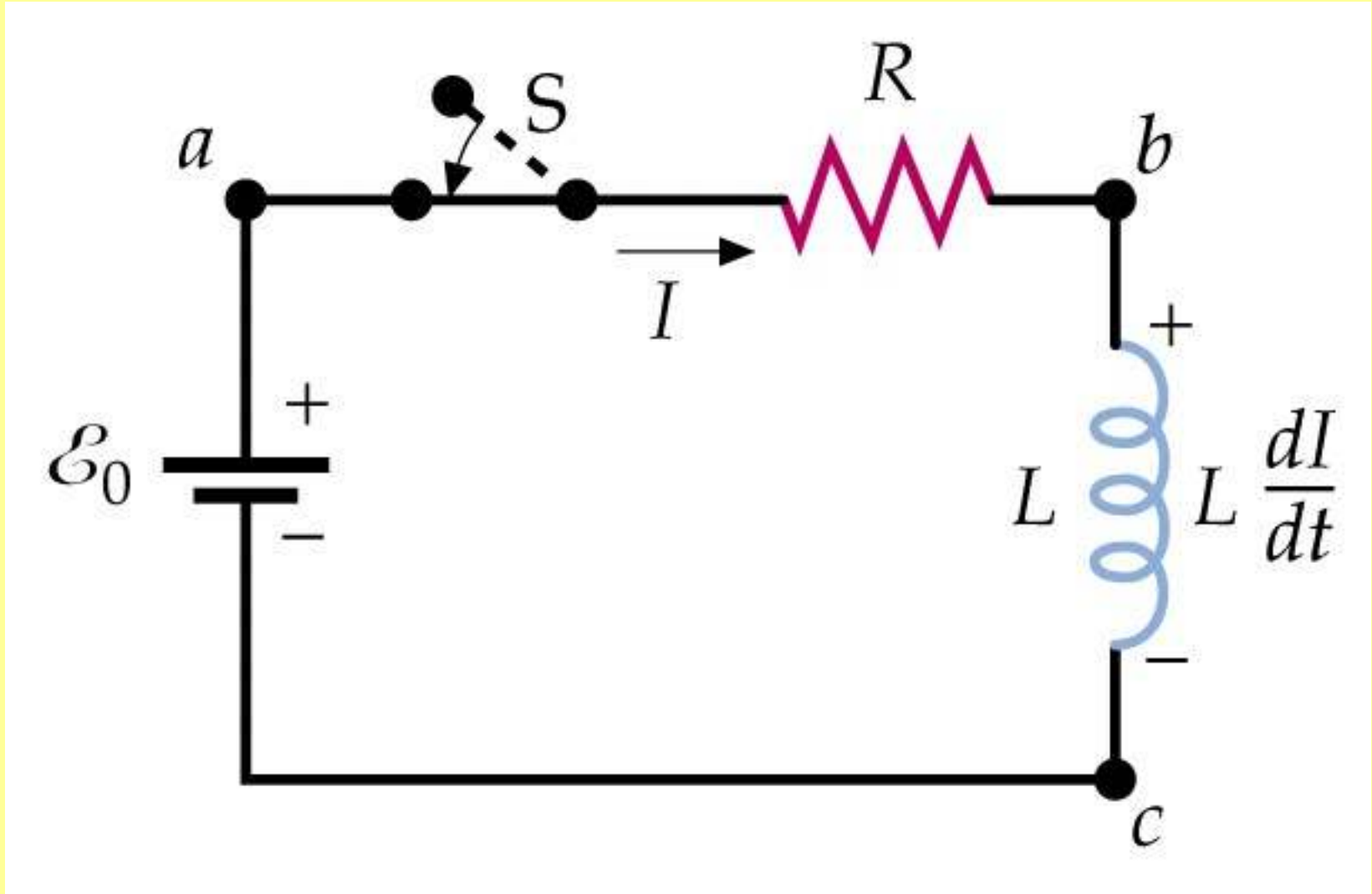
$$L = \frac{N\Phi_m}{I}$$

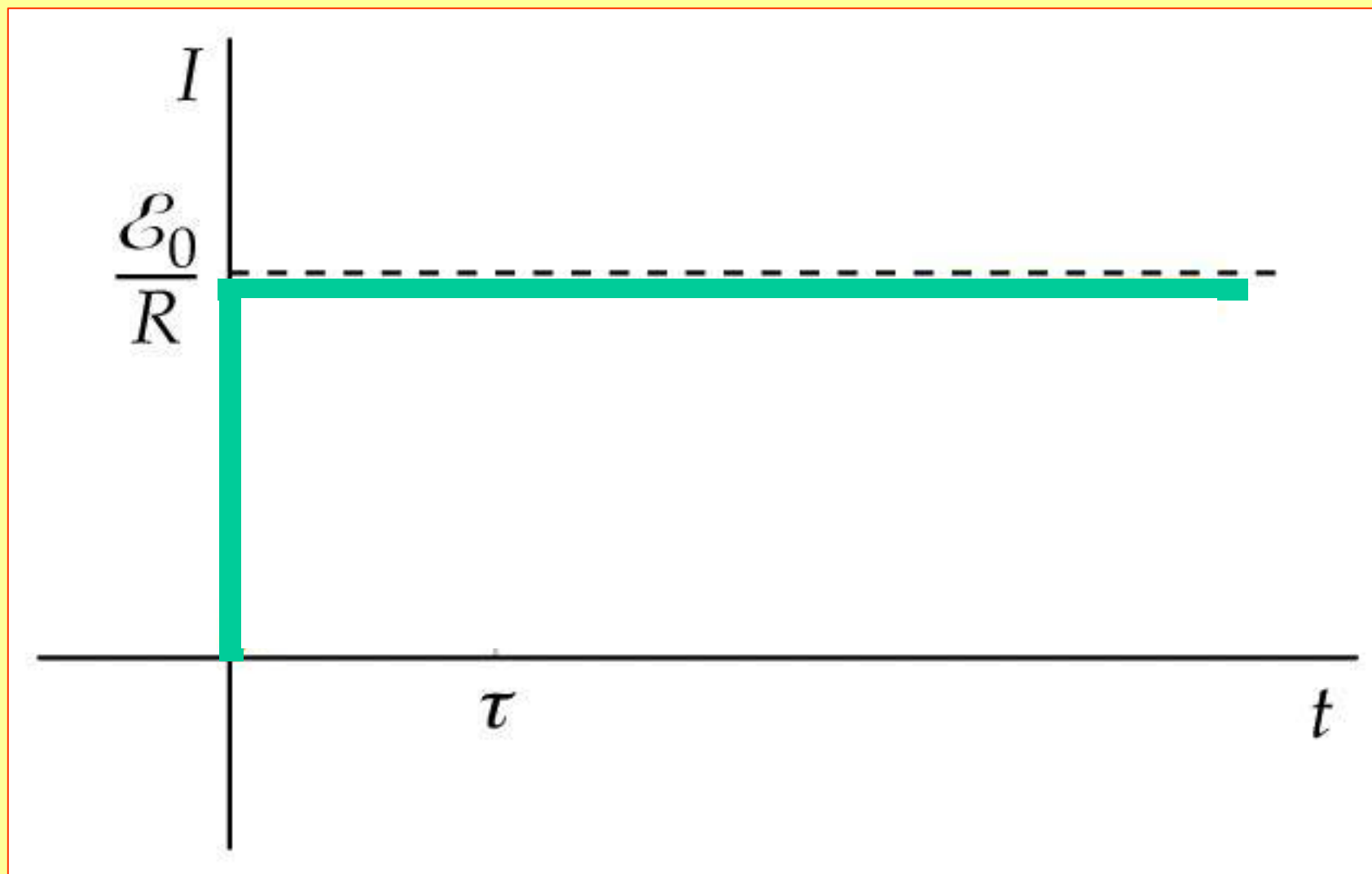
(N：磁束と電流がいくつ交わったか)

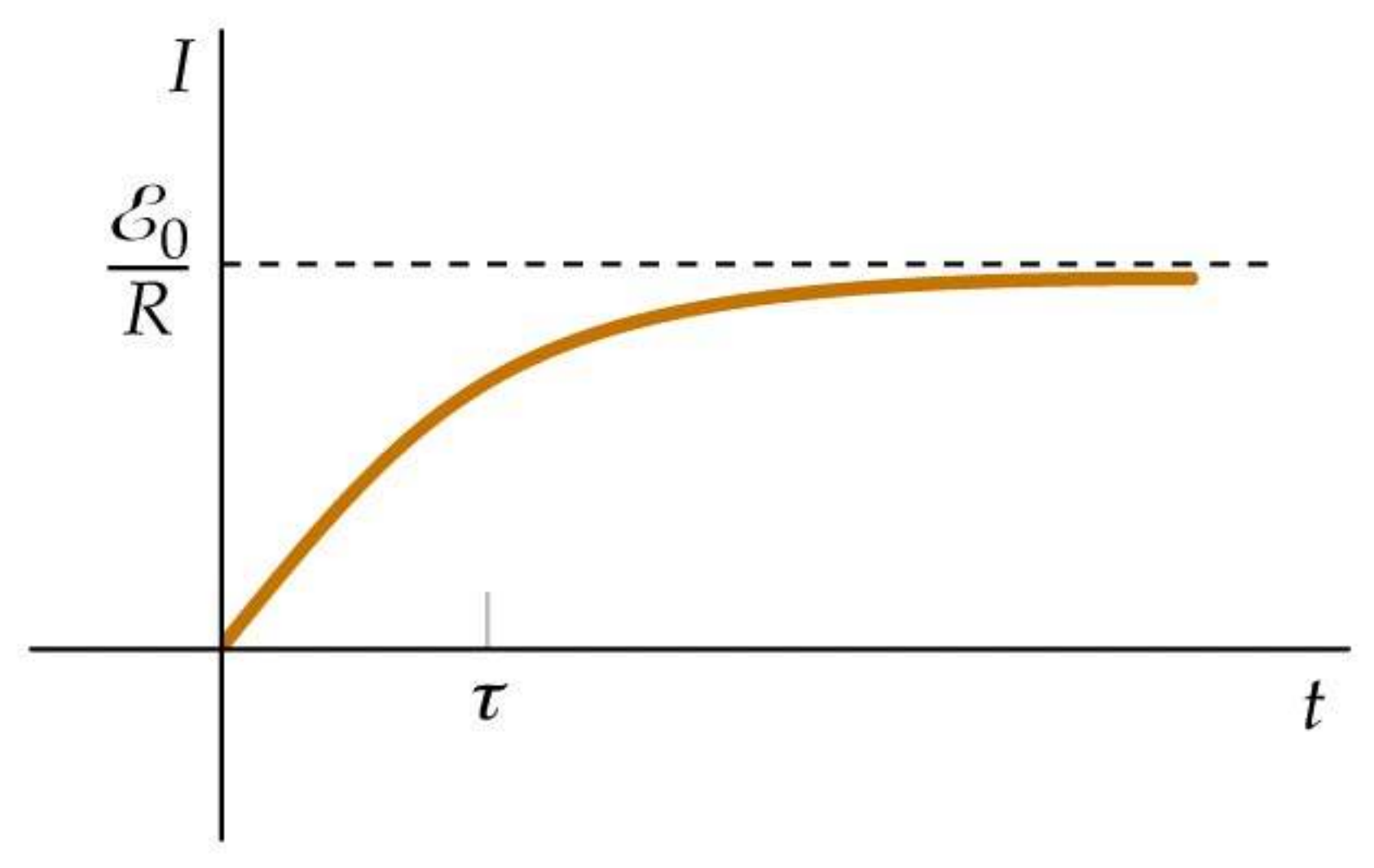
$$L = \frac{U}{\frac{dI}{dt}} = \left[\frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}} \right]$$

H : ヘンリー



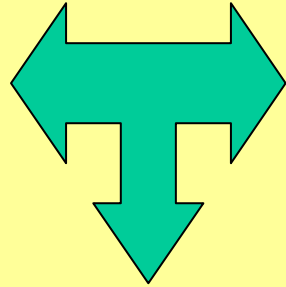






$$P = IV,$$

$$W = \int P dt$$



$$V = L \frac{dI}{dt}$$

$$W = \int \left(L \frac{dI}{dt} \right) \cdot I dt$$

$$= L \int I \cdot \frac{dI}{dt} \cdot dt = \frac{1}{2} LI^2$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu n I$$

トロイドコイルでは

$$|\mathbf{B}| \cdot l = \mu n I, \quad \varphi = |\mathbf{B}| \cdot S$$

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2$$

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 \leftrightarrow N\Phi_m = LI$$

$$W_m = \frac{1}{2} (n \cdot |B| \cdot S) \cdot I$$

$$W_m = \frac{1}{2} (n \cdot |B| \cdot S) \cdot I$$

単位体積あたりの
エネルギーは？

$$w_m = W_m / V = \frac{1}{2} n \cdot \frac{|B|SI}{Sl}$$

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{|B|nI}{l}$$

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{|B|nI}{l}$$

$$|B| \cdot l = \mu nI \quad \text{なので}$$

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{|B|^2}{\mu}$$

$$P = IV,$$

$$W = \int P dt$$

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

$$W = \int \left(C \frac{dV}{dt} \right) \cdot V dt$$

$$= C \int V \cdot \frac{dV}{dt} \cdot dt = \frac{1}{2} CV^2$$