物理学・物理学概論

東海大学　理学部
物理学科

TOKAI *Department of Physics School of Science*
Tokai University



・アンペアの法則

電流と磁場の関係

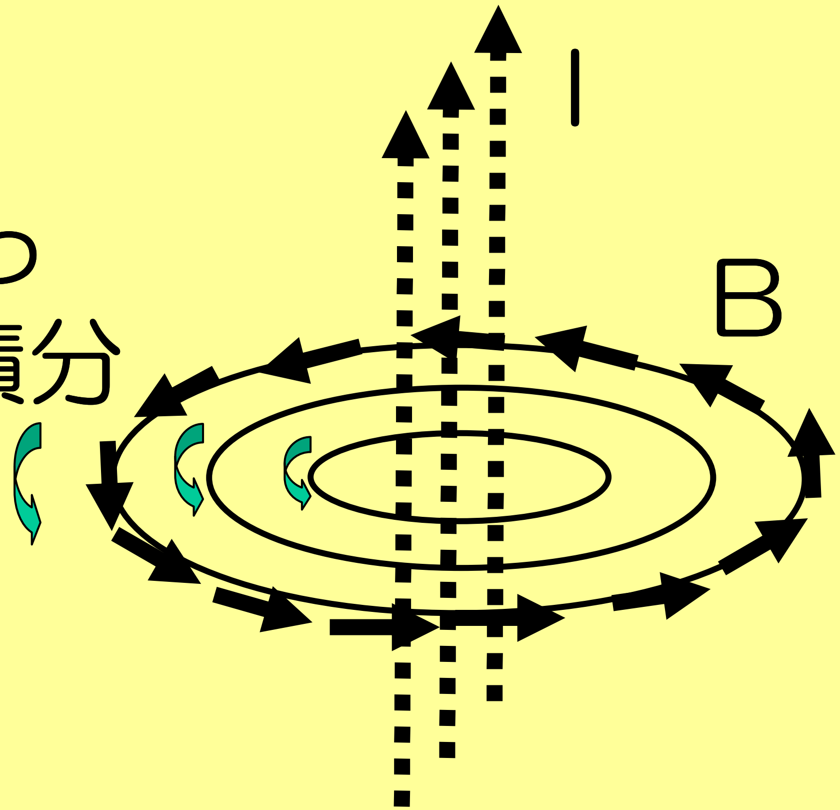
・ファラデーの法則

時間的に変化する磁場と

起電力

・インダクタンス（コイル）

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



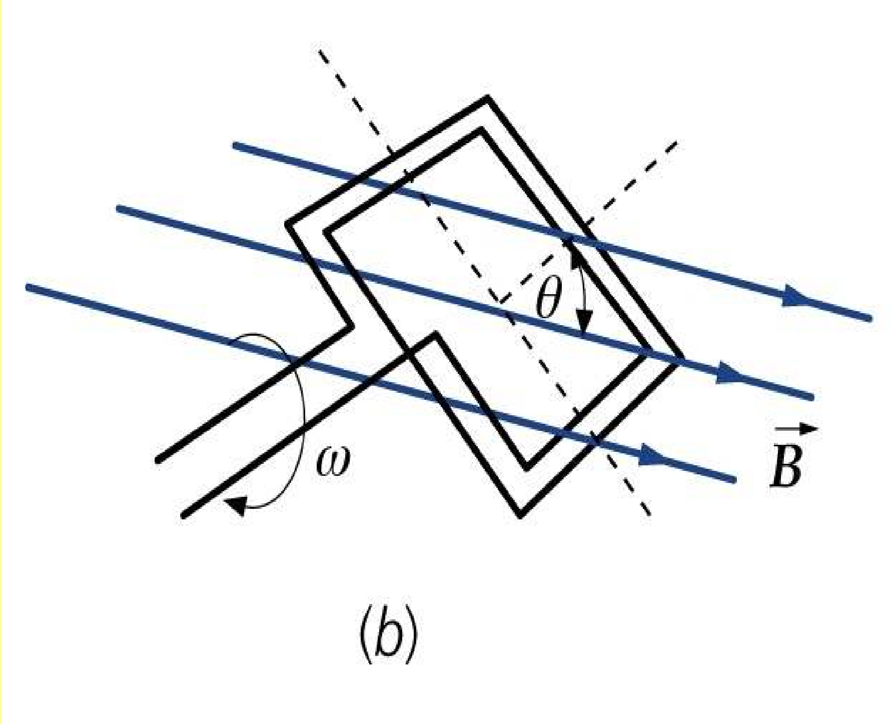
n本電流が貫流したとき

$$\oint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{l} = \mu \boldsymbol{I}\,(\mu n \boldsymbol{I})$$

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

$$-\frac{d}{dt}\boldsymbol{\Phi}_m =$$

$$= \boldsymbol{U} = \oint \boldsymbol{E} \cdot \boldsymbol{dl}$$

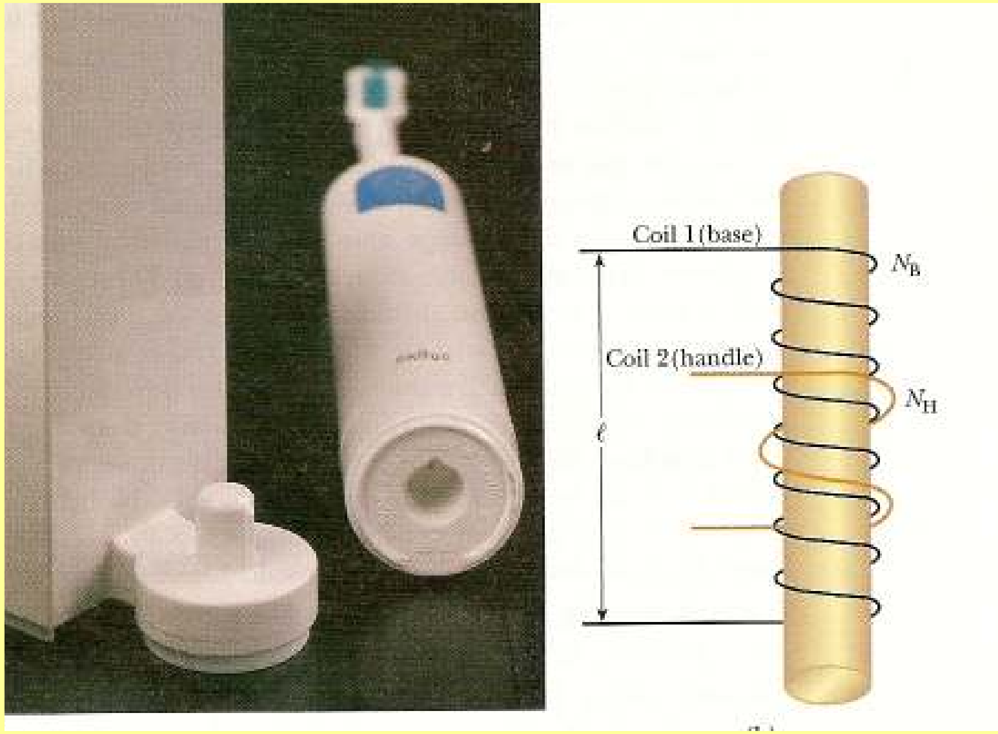


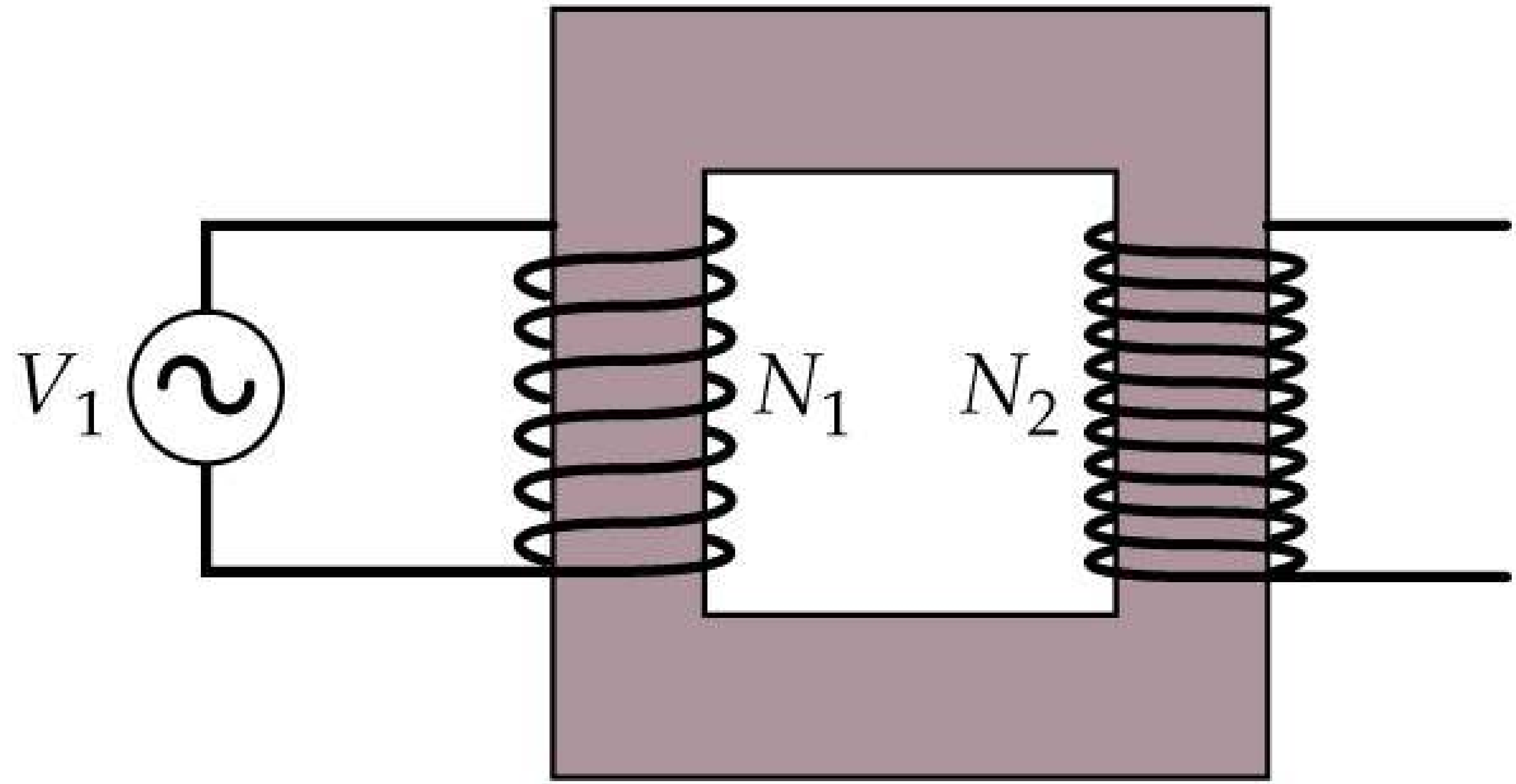
Ｎ巻きのコイルを回路に入れて
回路のスイッチを閉じた。

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

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

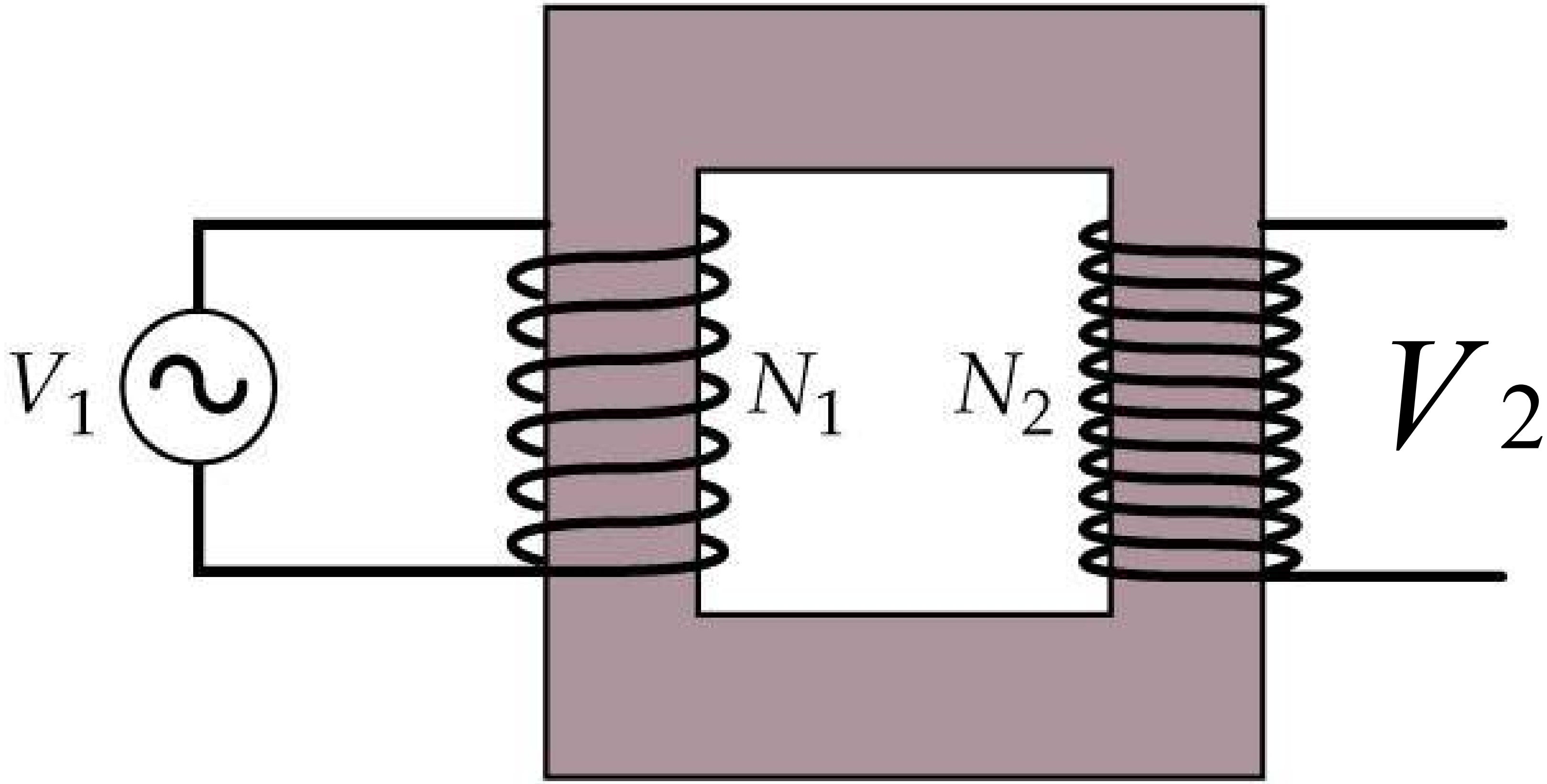
この電動歯ブラシ（ブラウン社製）は、金属の端子がないのに充電できる！


Coil 1 (base)
N_B
Coil 2 (handle)
N_H
ℓ


V_1
N_1
N_2

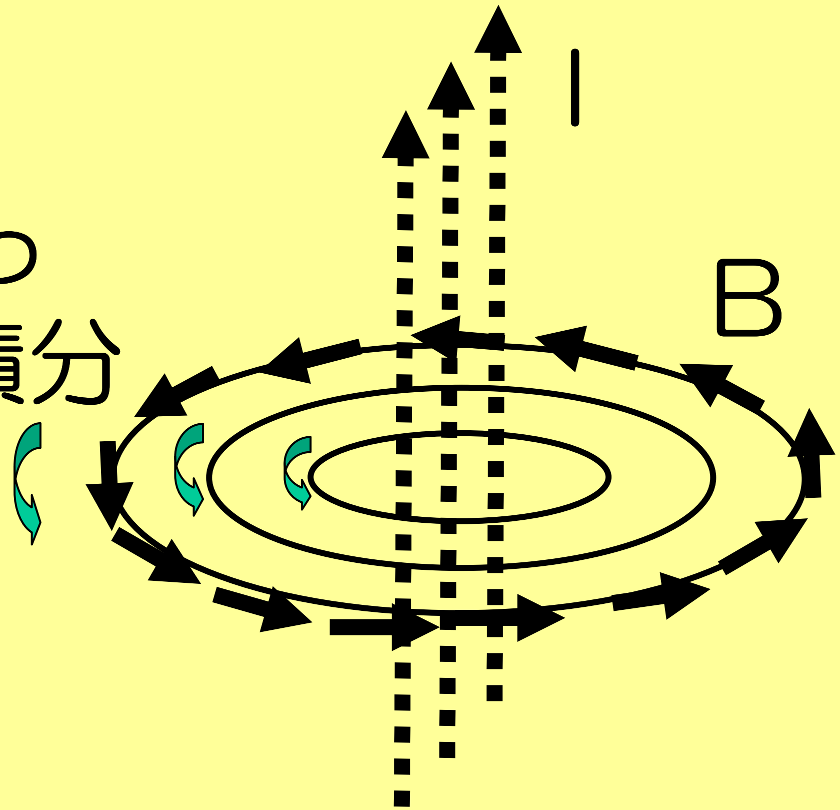
$$V_1 = -N_1 \frac{d}{dt}(\Phi_m)$$

$$V_2 = -N_2 \frac{d}{dt}(\Phi_m)$$



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$

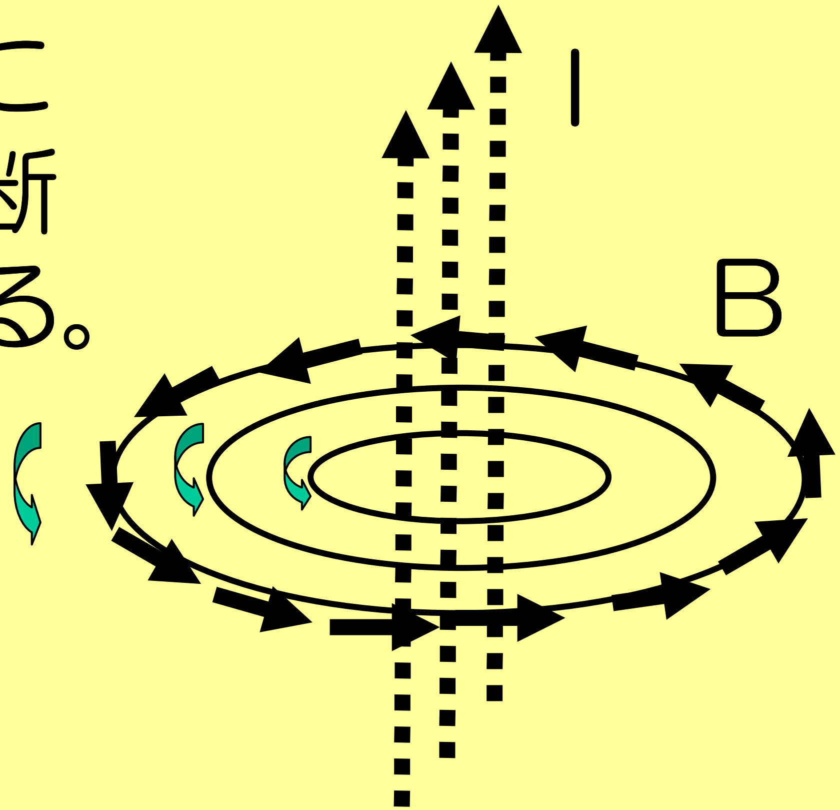
アンペアの法則
任意の閉じた経路に沿ってとった$B\cdot dl$の線積分は、μIに等しい。



N本電流が貫流したとき

$$\oint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{l} = \mu \boldsymbol{I}\,(\mu N \boldsymbol{I})$$

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

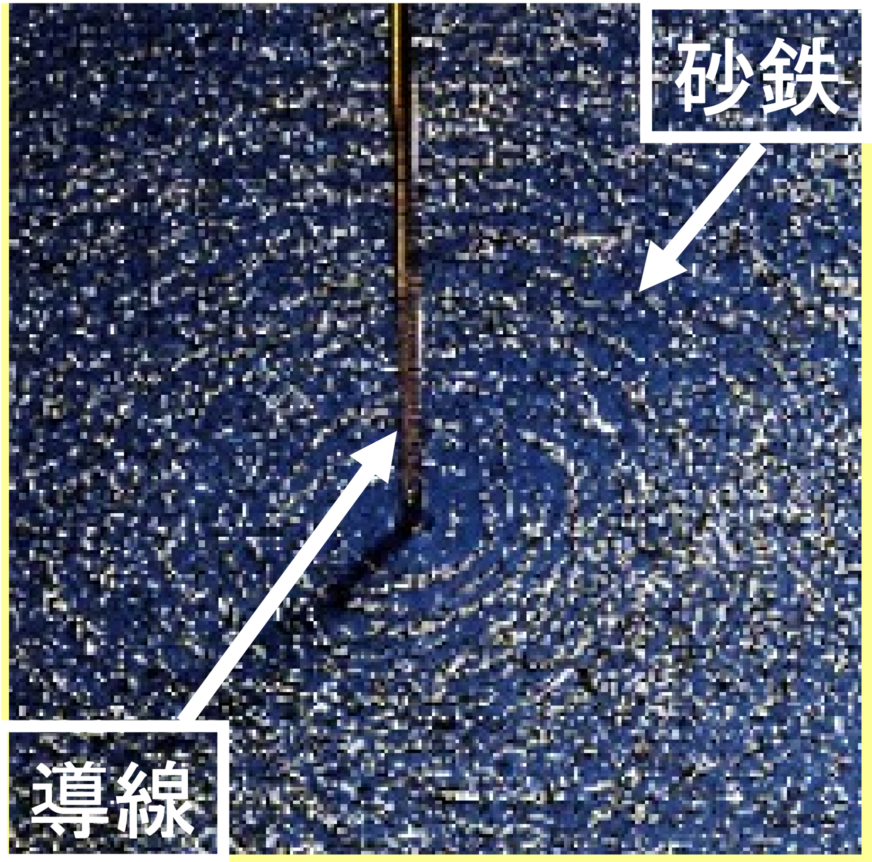
$$\oint \boldsymbol{B} \cdot dl = \mu \boldsymbol{I}\,(\mu N\boldsymbol{I})$$

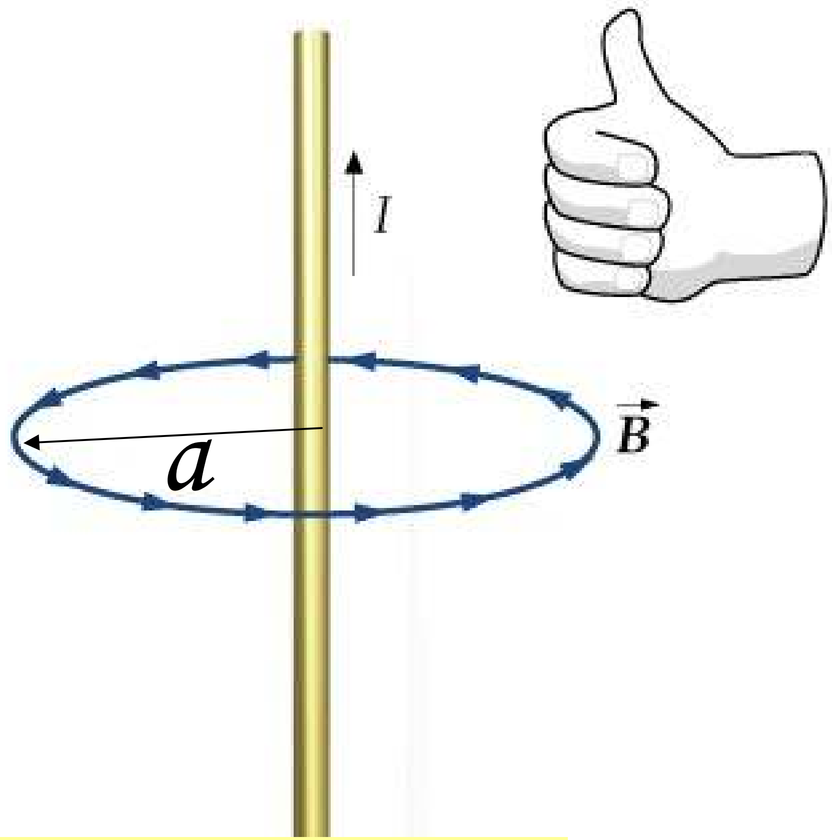
積分する経路dlでいたるところBが一定。
Bと経路dlは常に同じ方向

$$\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mathrm{B} \oint d\boldsymbol{l}$$

$$\downarrow$$

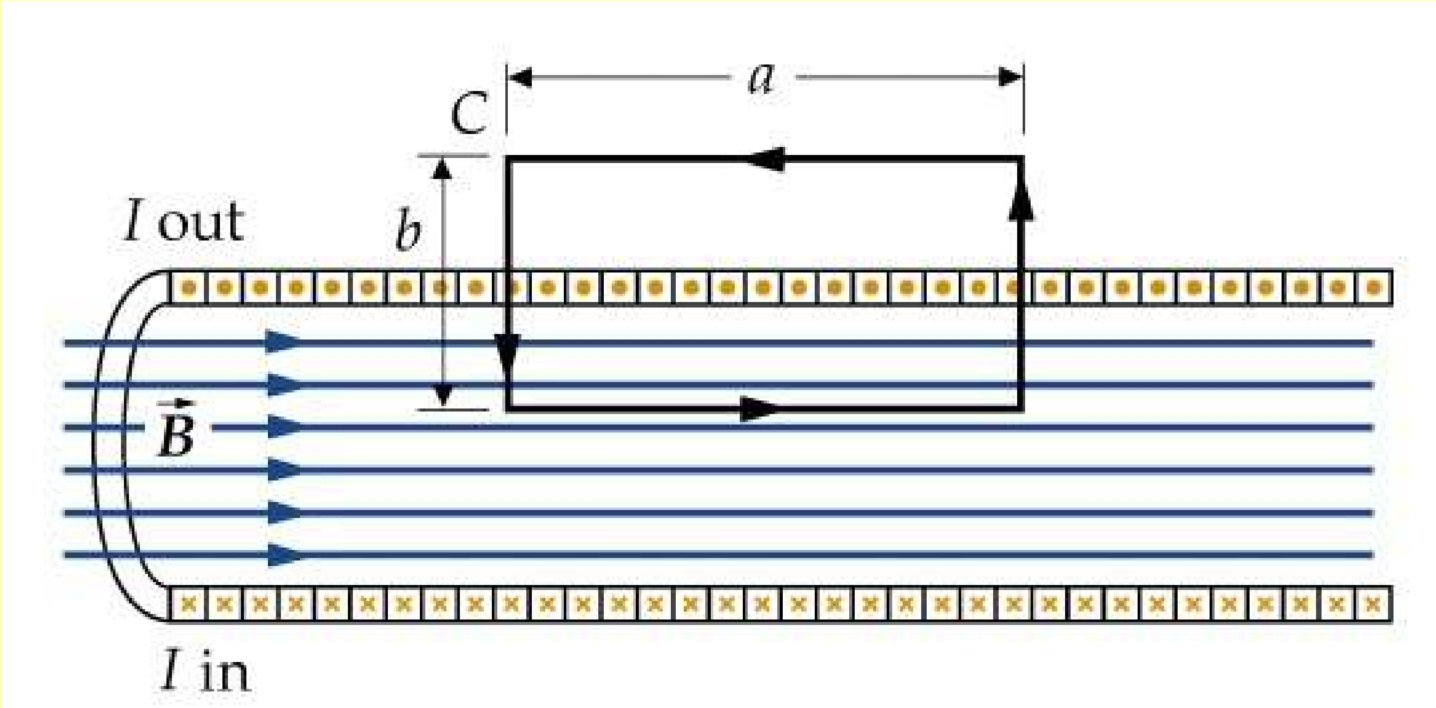
$$\mathrm{B} \oint d\boldsymbol{l} = \left| \boldsymbol{B} \right| \cdot 2\pi a$$



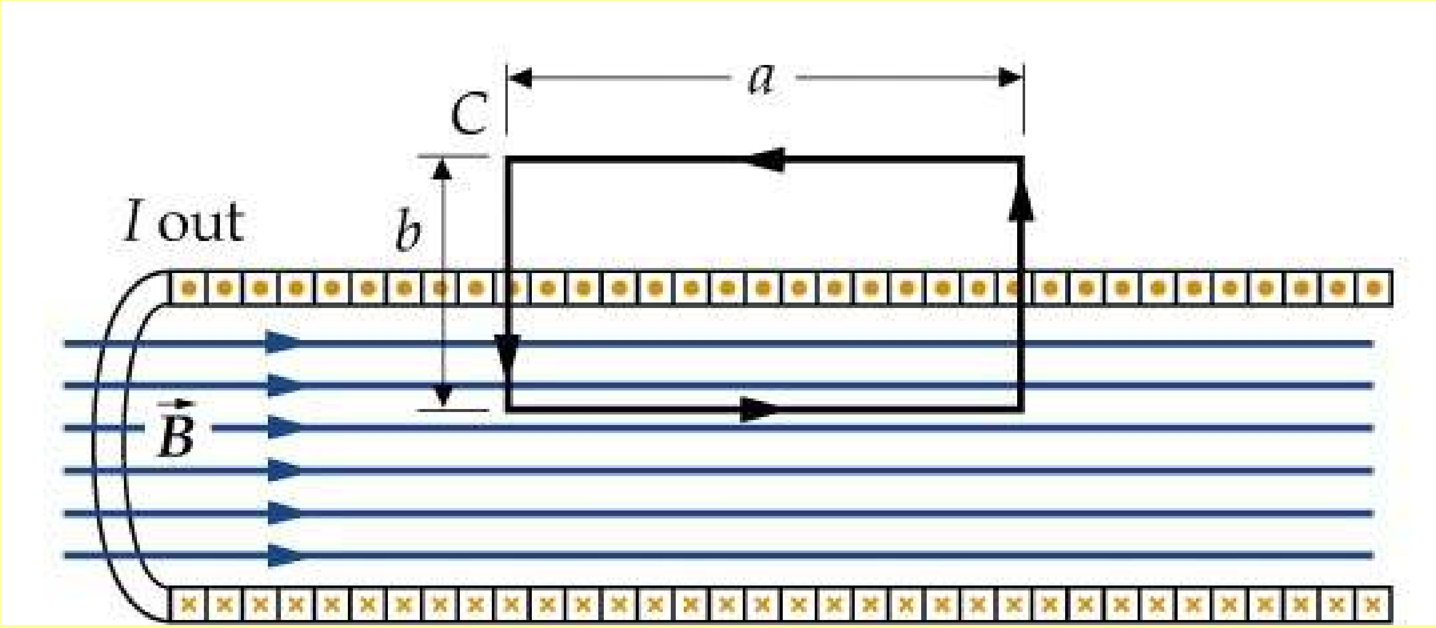


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

渦状の電流を密に多数整列すると・・・・（ソレノイド）

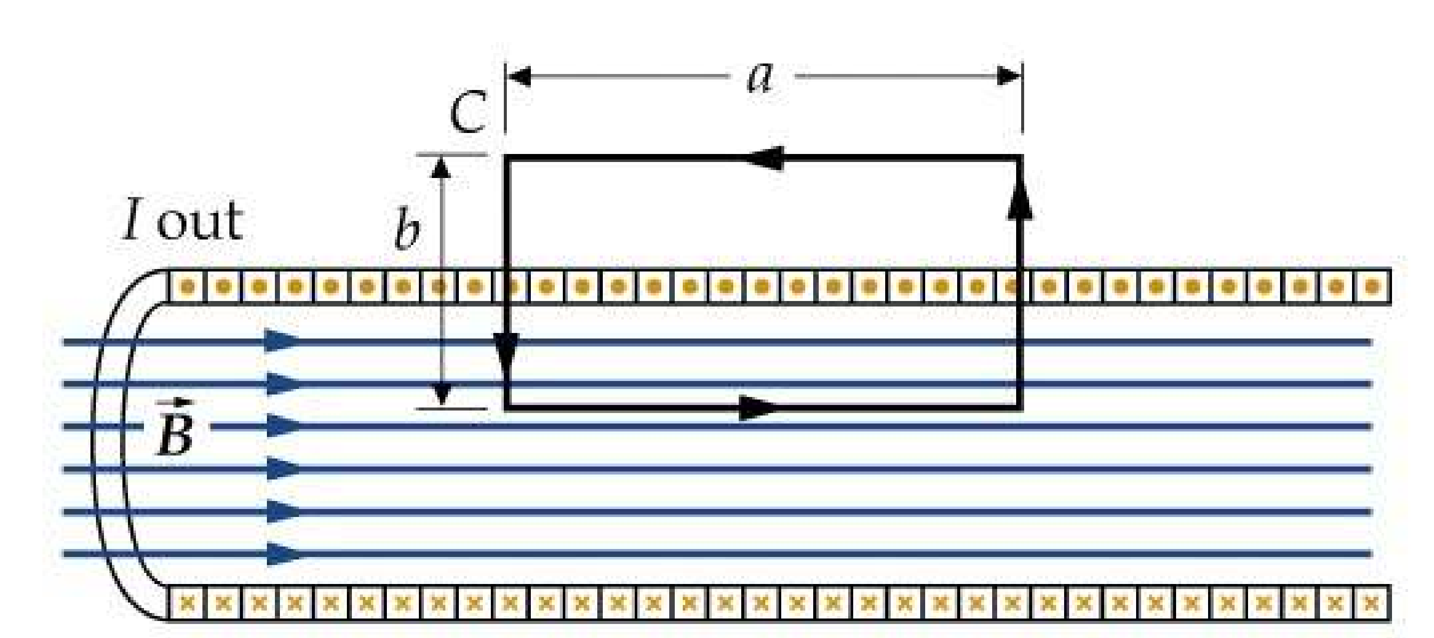


$$\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mu \boldsymbol{I} \, (\mu N \boldsymbol{I})$$



$$\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mu \boldsymbol{I} (\mu N \boldsymbol{I})$$

$$Ba = \mu N \boldsymbol{I}$$



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

・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

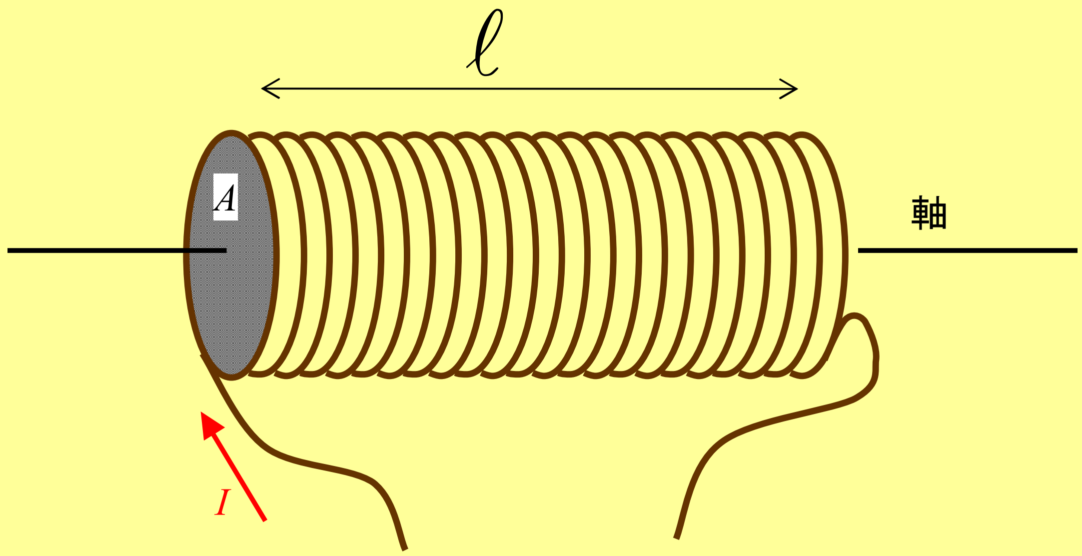
電流と磁場の関係

・ファラデーの法則

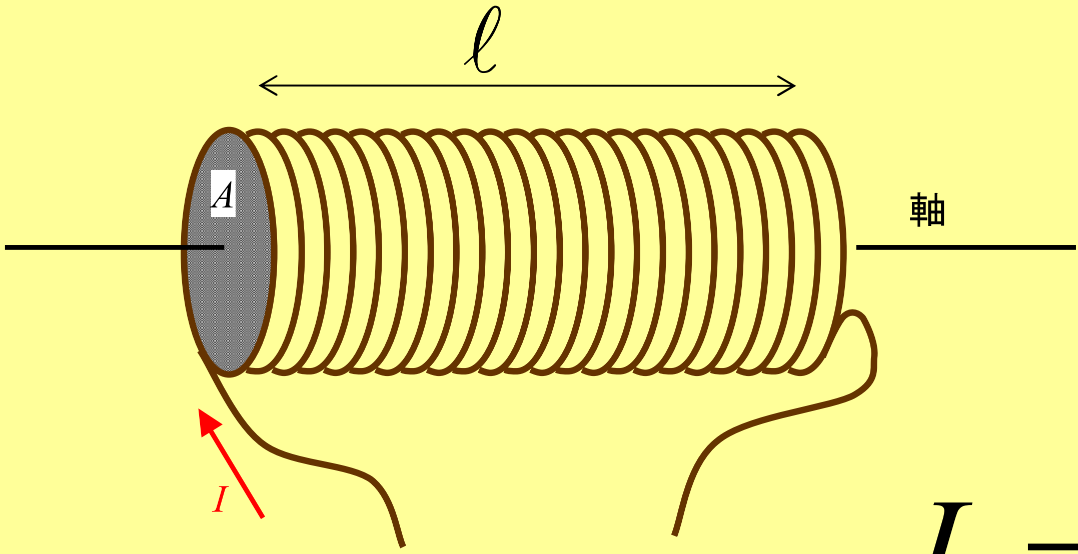
時間的に変化する磁場と

起電力

・インダクタンス（コイル）



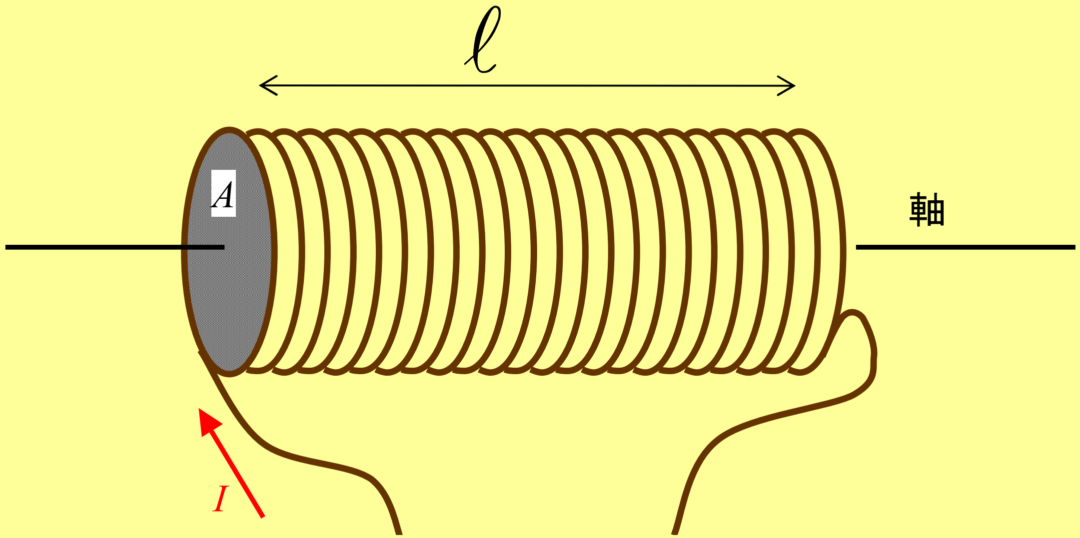
$$B = \mu(N/\ell)I$$



$$\Phi_m = BA = \mu\left(\frac{NA}{\ell}\right)I$$

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

$$L = \frac{N\Phi_m}{I} = N\mu\left(\frac{NA}{\ell}\right)I / I$$



$$L = \frac{N\Phi_m}{I} = N\mu\left(\frac{NA}{\ell}\right)I / I$$

$$L = \frac{N\Phi_m}{I} = \mu\frac{N^2 A}{\ell}$$

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。

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

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

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

H：ヘンリー

・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）

ポイント*II*

$$\oint E \cdot \boldsymbol{dl} = -\frac{\boldsymbol{d\Phi}_m}{\boldsymbol{dt}}$$

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

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = \mathrm{U}$$

断面積Sの閉回路を横切る磁束の総数の時間的変化は、
閉回路の起電力と等しい

$$-\frac{d}{dt}\boldsymbol{\Phi}_m = -S\frac{d}{dt}\boldsymbol{B}$$

$$= \boldsymbol{U} = \oint \boldsymbol{E}\cdot \boldsymbol{dl}$$

今日のポイント*II*

$$\oint E \cdot \boldsymbol{dl} = -\frac{\boldsymbol{d\Phi}_m}{\boldsymbol{dt}}$$

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：磁束と電流が何回交わったか）

$$\boxed{\begin{aligned} P &= IV, \\ W &= \int P\,dt \end{aligned}}$$

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

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

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

$$\boxed{\begin{aligned} P &= IV, \\ W &= \int P\,dt \end{aligned}}$$

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

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

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

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

トロイドコイルでは

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

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

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 \qquad N\Phi_m = LI$$

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

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

単位体積あたりの
エネルギーは？

$$w_m = W_m \Big/ V = \frac{1}{2} n \cdot \frac{\left|B\right| S I}{S l}$$

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left|B\right| n I}{l}$$

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

$$\left|\boldsymbol{B}\right| \cdot \boldsymbol{l} = \boldsymbol{\mu n I}$$ なので

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

１Ｃの電荷が１m/s で
磁場に垂直に運動する。

磁場中で受ける力→１Ｎであった。

１Ｔの磁場

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

$$[B] = T = \frac{\mathrm{Wb}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C} \cdot \mathrm{m/s}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A} \cdot \mathrm{m}}$$

磁束の総数
（断面全体を貫く磁束）

$$\Phi_{\mathrm{m}} = BS$$

$$\left(= \iint \mathrm{B} \cdot \mathrm{ds} \right)$$

$$[\Phi_{\mathrm{m}}] = \mathrm{Wb} \quad [\mathrm{B}] = \mathrm{T} = \frac{\mathrm{Wb}}{\mathrm{m}^2}$$

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = \mathrm{U}$$

$$[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}\Phi_{\mathrm{m}}] = \frac{\mathrm{Wb}}{\mathrm{s}}$$

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

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = \mathrm{U}$$

$$[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}\Phi_{\mathrm{m}}] = \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2}{(\mathrm{C}\cdot\mathrm{m/s})\cdot\mathrm{s}}$$

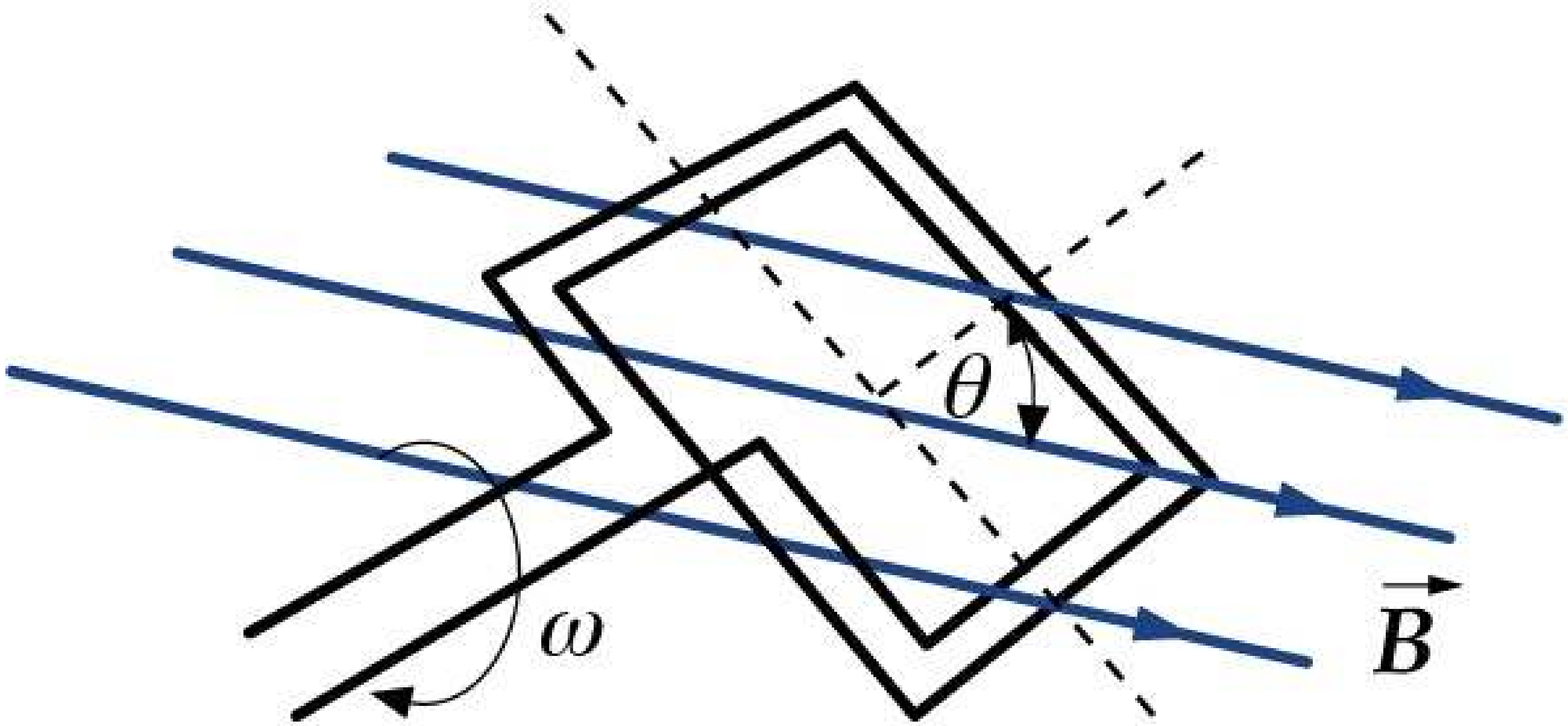
$$= \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{C}}$$

$$-\frac{d}{dt}(\text{磁束の総数}) = \mathrm{U}$$

$$[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}\Phi_{\mathrm{m}}] = \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2}{(\mathrm{C}\cdot\mathrm{m/s})\cdot\mathrm{s}}$$

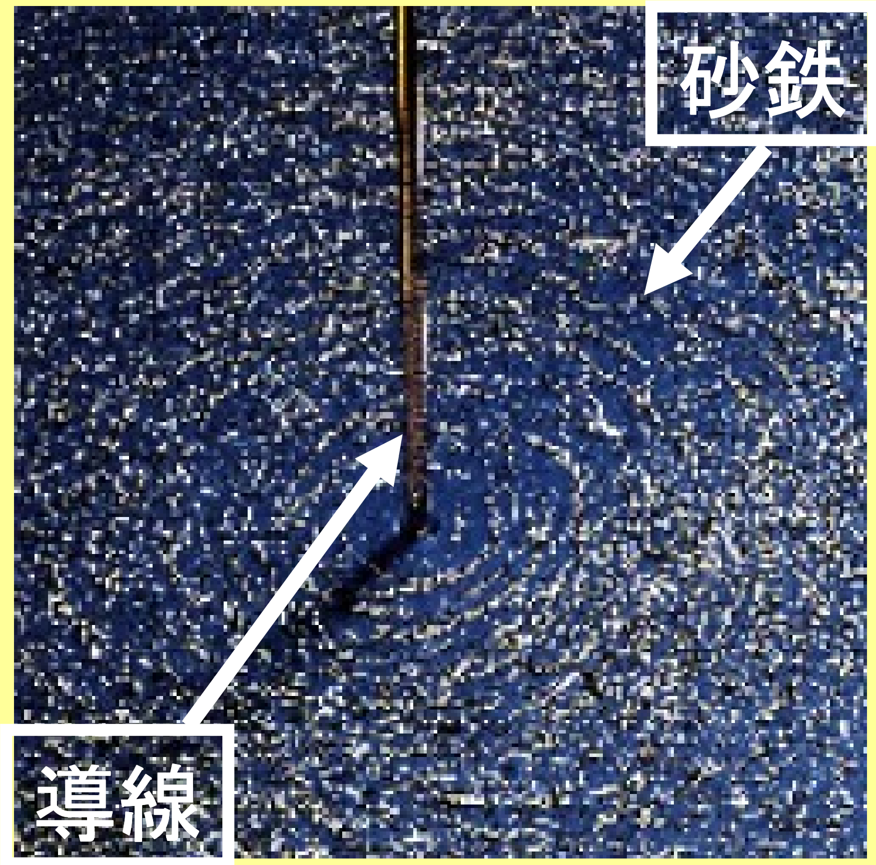
$$= \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{C}}$$

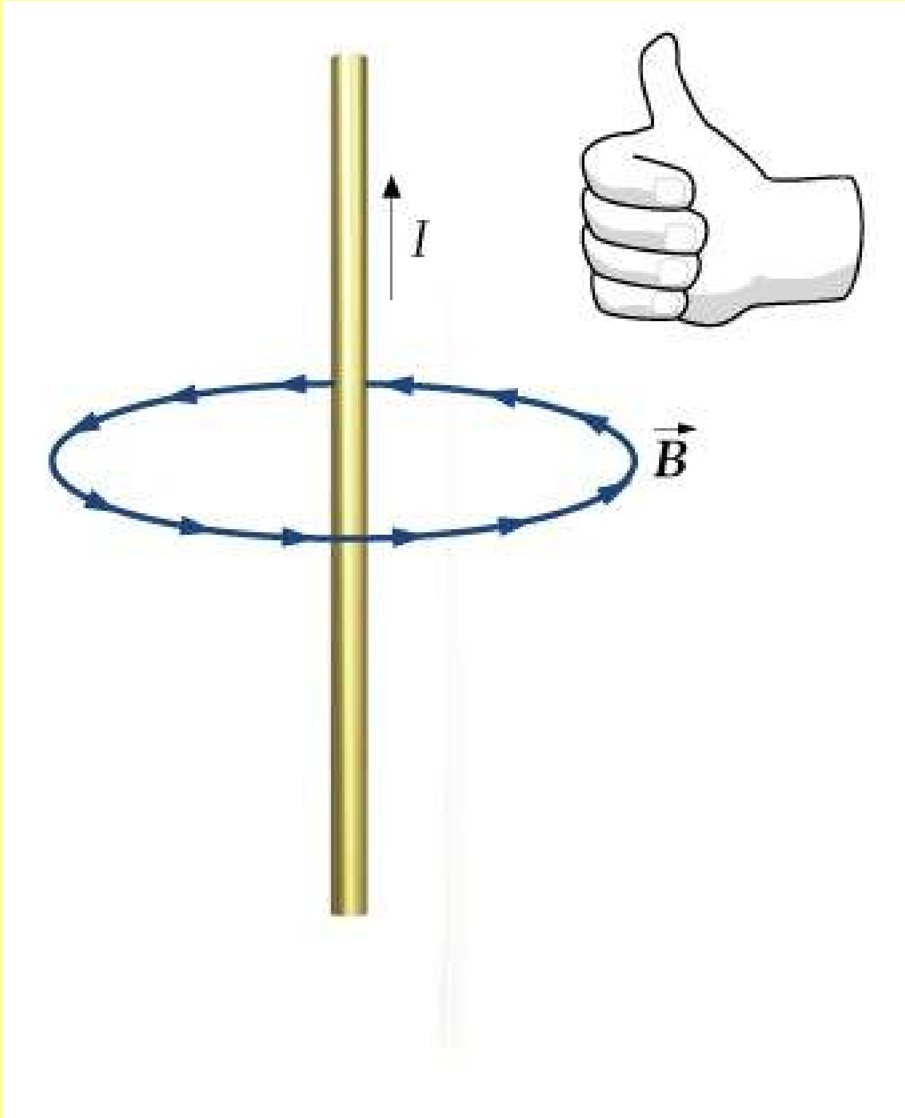
$$[U] = \mathrm{V} = J/C$$



(b)

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。