

マクスウェルの誘導磁場の法則

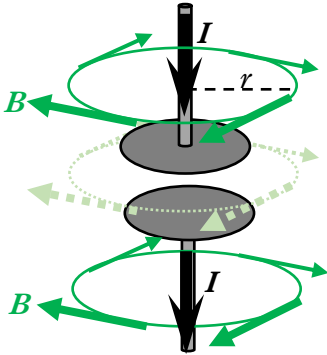
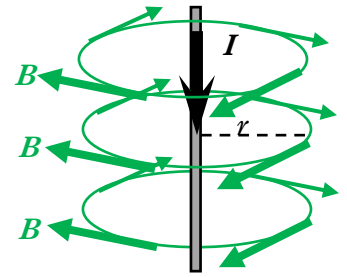
組	番	
---	---	--

直線電流 I から半径 r 離れた周辺には、磁束密度 $B = \frac{\mu I}{2\pi r}$ ができることは学んだ。

この公式は次のように言い換えることができる。

『電流 I から半径 r 離れた円周上に回転する磁束密度 B が出来て、その磁束密度を円周上で一周足し合わせる(円周×磁束密度)と透磁率×電流になる。』

$$2\pi r \times B = \boxed{} \cdots (*)$$



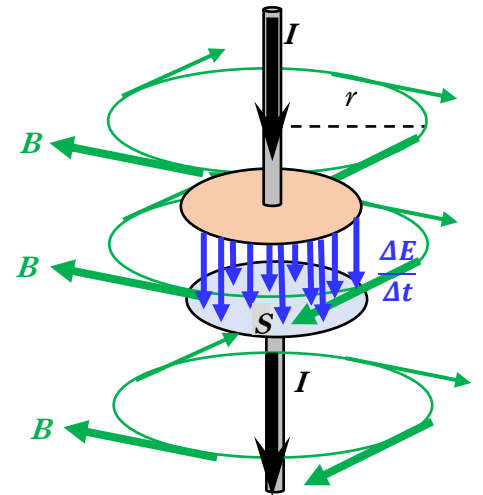
この状況を充電中のコンデンサーで周辺まで含めて考えてみる。コンデンサーを充電するために接続された導線を流れる電流 I は周辺に磁束密度を作り、導線から r 離れた円周上では $2\pi r \times B = \boxed{}$ が成り立つ。

これは導線がコンデンサーの極板に達するまで、導線のまわりで成り立つ。ところが、コンデンサーの極板と極板の間は、絶縁されているので電流 I は流れてなく 0 である。するとコンデンサーの極板と極板の間の部分の周辺では磁束密度 B は急に 0 になってしまう。

このことが奇妙だと思ったマクスウェルは、極板間の周辺にも導線の部分と同じ磁束密度が出来ているはずだと考えた。では電流に替わってこのコンデンサーの極板間の周囲に磁束密度 B を作り出すものは何か。

電流が導線を流れるとコンデンサーの極板に電荷 Q が増える。電荷は極板間に電場 E を作る。すると極板間には【電流】の代わりに【増加する電場】が存在する。そこで【電流】の代わりに極板間の【電場の増加率の電場が存在する面積分の合計】したもの(電場の増加率×極板面積) $\frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$ を考えた。

$$2\pi r \times B = a \times \frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$$



a は何か比例定数で、上下の導線部分の μI と $a \times \frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$ が等しくなるようにする。

ここから比例定数 a を求める。そのため極板間の電場 $\frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$ と電流 I の関係式を見つける。

ΔE はコンデンサーの電場なので $E = \frac{V}{\boxed{}}$ という公式から $\Delta E = \frac{\Delta V}{\boxed{}}$ 成り立つ。電流 I とコンデンサーの関係は、電流 I が流れ込むと電荷 Q が増えるので $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ が成り立つ。コンデンサーは $Q = \boxed{} V$ なので、 $\Delta Q = \boxed{} \Delta V$ が成り立つ。

したがって、極板間の電場の変化の合計 $\frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$ が、周辺 r に電流 I と同じ磁束密度の合計 $2\pi r \times B$ を作るには $\mu I = 2\pi r \times B = a \times \frac{\Delta E}{\Delta t} \times S$ となる a を求めればよい。

$$\mu I = \mu \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \mu \boxed{} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \mu \boxed{} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

ところで $C = \epsilon \frac{S}{\boxed{}}$ なので

$$\mu I = \mu \boxed{} \frac{\Delta E}{\Delta t} = \boxed{} S \times \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \therefore a = \boxed{}$$

$\epsilon S \frac{\Delta E}{\Delta t}$ も電流 I の存在と同じ効果で変位電流と呼ぶ。マクスウェルは電流による磁場の法則(*)を電流がない場合も含めた

$$2\pi r \times B = \mu I + \boxed{} S \times \frac{\Delta E}{\Delta t} \cdots (**)$$

に修正し、これを使うと、電磁波が $c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ という光の速さで伝搬することから、光=電磁波であることを示した。