今日の重要事項

電磁誘導　　回路を貫く磁束Φの時間変化　——＞　回路に起電力　V_e

・磁束Φの定義

$$\Phi = \int_S B_n dS \ \Phi \qquad (6.2)$$
（S は回路が囲む面、B_n は磁束密度の S に垂直な成分）

$$= BS$$
（但し、S 上で磁束密度が一定値 B で垂直の場合）

電磁誘導の公式

$$V_e = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad (6.1)$$

小テストと解答例

半径 a の無限に長い円筒状のものがあるとき、以下の問に答えよ。

1) 円筒内部に一様な電荷が密度 ρ であるとき、円筒外部の電場の様子を図に描け。
(図は略)円筒表面から外に向かって放射状の電場が存在。

2) 円筒の外部の電場を求めるために、ガウスの法則を適用する閉曲面を図に描け。
(図は略)円筒の中心と同じ中心を持つ半径 r 高さ h の円柱の表面。

3) 閉曲面の内部に存在する電荷を求めよ。
閉曲面(円柱)の半径 r が円筒の半径 a より小さい時($r<a$)は、$\pi r^2 \times h \times \rho$。
円柱の半径 r が電線の半径 a より大きい時($r>a$)は、$\pi a^2 \times h \times \rho$

4) 円筒の内と外の電場の大きさを求めよ。
電場は閉曲面の円柱の側面から垂直に出るので、ガウスの法則の左辺は、

$$\varepsilon_0 \int_S E_n dS = 2\pi\varepsilon_0 rhE(r)$$

従って、

$$E(r) = \begin{cases} \dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0} & (r < a) \\ \dfrac{a^2 \rho}{2\varepsilon_0 r} & (r > a) \end{cases}$$

次に円筒に電流が一様に電流密度 i で流れているときを考える。

5) 円筒の外部での磁束密度の様子を図に描け。
(図は略)円筒の外側に渦巻状の磁場が存在。

6) 磁束密度を求めるために、アンペールの法則を適用する閉曲線を図に描け。
(図は略)円筒の中心と同じ中心を持つ半径 r の円周

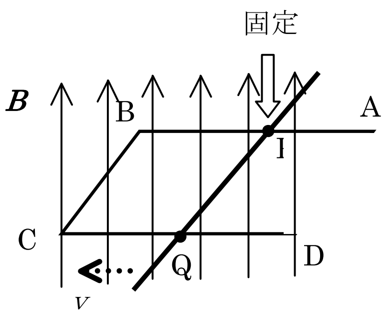
7) 円筒の中と外の磁束密度の大きさを求めよ。
($r<a$)のとき、閉曲線を縁にする面(半径 r の円)を貫く電流は、$\pi r^2 \times i$。
($r>a$)のとき、電流は、$\pi a^2 \times i$。

一方、磁束密度は閉曲線(半径 r の円周)上で一定で接する方向にあるので、アンペールの法則の左辺は、

$$\int_C B \cdot ds = 2\pi r B(r)$$
。

従って、

$$B(r) = \begin{cases} \dfrac{\mu_0 i r}{2\varepsilon_0} & (r < a) \\ \dfrac{\mu_0 a^2 i}{2r} & (r > a) \end{cases}$$

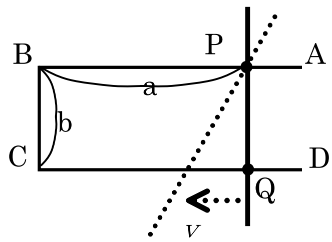


練習問題

右図のようにコの字型の導線 ABCD に、導体棒を点 P、点 Q で接触させて閉じた回路を作る。この回路を回路面に垂直な一様な磁場(磁束密度 B)の中に置き、点 P を固定して、点 Q を図中矢印の方へ一定の速度 v ですべらせる BP の長さを a、BC の長さを b とするとき、時刻 t=0 での CQ の長さが a である場合について

（１）　時刻 t での BPQC の面積を求めよ。

（２）　回路に生じる起電力の向き、大きさを求めよ。



電磁気学 III のページ：
http://www.phys.konan-u.ac.jp/~ichida/Lectures/Em3/index.html

市田の e-mail アドレス：ichida@konan-u.ac.jp