

アンペールの法則

() 組 () 番 氏名 ()

電流が作る磁界

アンペールの法則

「磁界を任意の閉曲線上で積分するとその閉曲線で囲まれた内部を流れる電流に等しくなる」という法則
もう少し分かりやすく書き直すと、

「磁気量が 1 [Wb] の磁荷が任意の閉曲線上を1周するときに受ける仕事の和は、
その閉曲線を貫く電流に等しい」という法則

例 「直線電流が作る磁界」

電流が I [A] の直線電流から距離 r [m] はなれた位置での磁界の強さは
閉曲線を電線を中心とする半径 r [m] として考える。その位置は電線からみて回転対称な位置だから、
磁界の強さは等しく、その大きさを H [A/m] (向きは円周方向)とすると、

その閉曲線上で磁荷 1 [Wb] が受ける力は $f = mH$ の公式より、 H [N] (向きは円周方向)である。

よって、1周するときの仕事は $W = H \times 2\pi r$ (仕事=力 × 距離) である。

仕事が閉曲線を貫く電流に等しいから、 $I = H \times 2\pi r$ が成立する。

よって、直線電流の周りにできる磁界の強さの公式 $H = \frac{I}{2\pi r}$ が導かれた。

※ 直線電流のような「都合の良い閉曲線」が一般には見つからないので、上で説明したような簡単な計算には
ならないため、一般的に、磁界の強さを求めることは無理になります。この方法が使えるのはソレノイド内部に
できる磁界の強さのだけです。(一般には「ビオ・サバールの法則」を使って磁界の強さを求めます)

入門 単位長さ当たりの巻数が n [回/m] のソレノイドに電流を I [A] 流したとき、ソレノイド内部にできる磁界
の強さが均一となること、また、磁界の強さが $H = nI$ であることを、分かりやすく説明しなさい。

アンペールの法則 (解説)

() 組 () 番 氏名 ()

電流が作る磁界

アンペールの法則

「磁界を任意の閉曲線上で積分するとその閉曲線で囲まれた内部を流れる電流に等しくなる」という法則
もう少し分かりやすく書き直すと、

「磁気量が 1 [Wb] の磁荷が任意の閉曲線上を1周するときを受ける仕事の和は、
その閉曲線を貫く電流に等しい」という法則

例 「直線電流が作る磁界」

電流が I [A] の直線電流から距離 r [m] はなれた位置での磁界の強さは
閉曲線を電線を中心とする半径 r [m] として考える。その位置は電線からみて回転対称な位置だから、
磁界の強さは等しく、その大きさを H [A/m] (向きは円周方向)とすると、

その閉曲線上で磁荷 1 [Wb] が受ける力は $f = mH$ の公式より、 H [N] (向きは円周方向)である。

よって、1周するときの仕事は $W = H \times 2\pi r$ (仕事=力 × 距離) である。

仕事が閉曲線を貫く電流に等しいから、 $I = H \times 2\pi r$ が成立する。

よって、直線電流の周りにできる磁界の強さの公式 $H = \frac{I}{2\pi r}$ が導かれた。

※ 直線電流のような「都合の良い閉曲線」が一般には見つからないので、上で説明したような簡単な計算には
ならないため、一般的に、磁界の強さを求めることは無理になります。この方法が使えるのはソレノイド内部に
できる磁界の強さのだけです。(一般には「ビオ・サバールの法則」を使って磁界の強さを求めます)

入門 単位長さあたりの巻数が n [回/m] のソレノイドに電流を I [A] 流したとき、ソレノイド内部にできる磁界
を考えてみよう。

ソレノイドは長さが十分に長いコイルである。よって、ソレノイドの内部はコイルの端の影響を受けない。

- ① 長さ方向の磁界の強さと向き同じになる(向きはソレノイド軸の方向)。(両端がないので異なる理由がない)
- ② コイルの外側でも、磁界はソレノイド軸に平行方向成分には存在しても、垂直方向成分は存在しない。
- ③ コイルから十分に遠く離れた位置での磁界の強さはゼロと見なせる(これは常識的な仮定)。

以上を元に、アンペールの法則でソレノイド内部に生じる磁界の強さを求める。

右図に示す2つの閉回路 ABCD(青)、A' B' CD(赤) について考えてみる。

AB の位置での磁界の強さを H 、A' B' の位置での磁界の強さを H' とする。AB、A' B' の距離を d とすると、1 [Wb] の移動での仕事は Hd 、
 $H'd$ である。

BC、B'C および、DA、DA' の移動では、②より、軸に垂直な方向の磁界が生じないので移動方向の力はゼロになる。よって、移動に対して仕事はゼロになる。

DC 間の移動では、③より磁界がゼロと見なせるので力が生じない。よって、移動に際して仕事は不要だ。以上を元に、2つの閉回路についてアンペールの法則を適用すると、 $Hd = H'd = n d I$ が成立する。よって、

$H = H'$ となるからソレノイドの内部には均一な磁界が生じる。また、ソレノイド内部にできる磁界の強さの公式 $H = nI$ が導かれたことになる。

