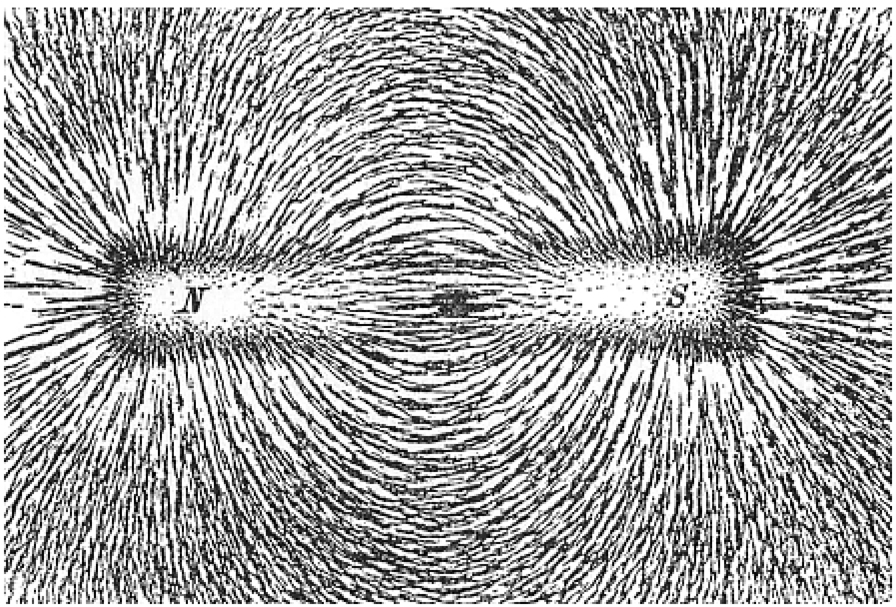
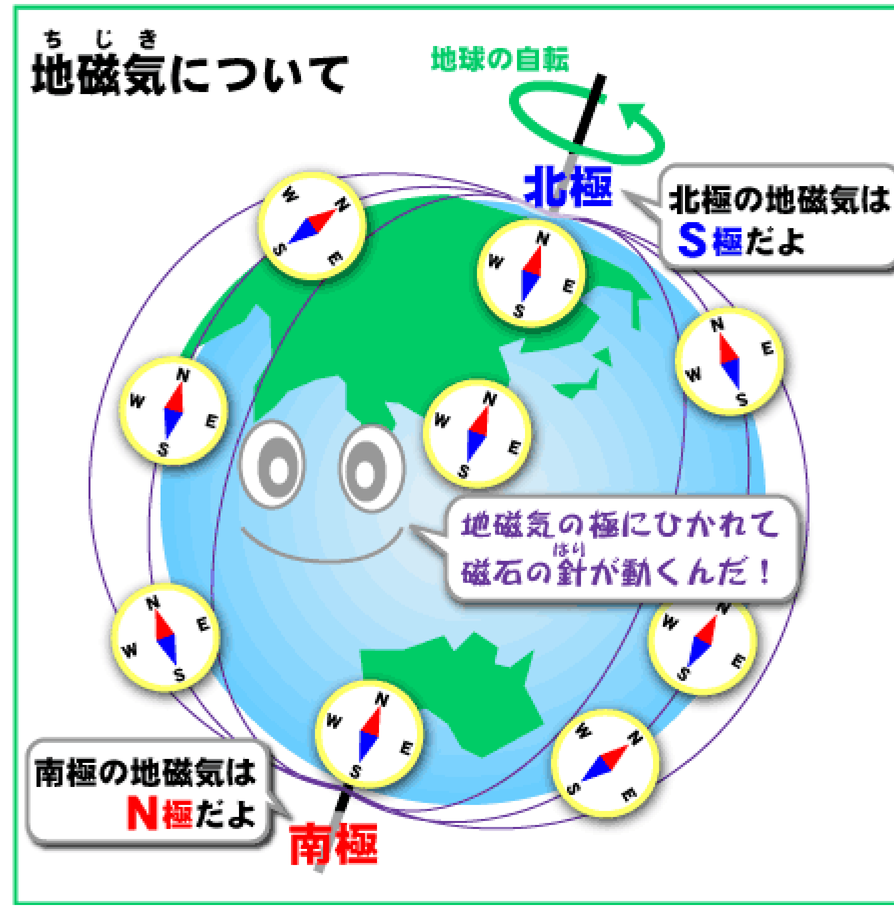
磁性

しかし、電荷 に相当する「磁荷」は見つかっていない。



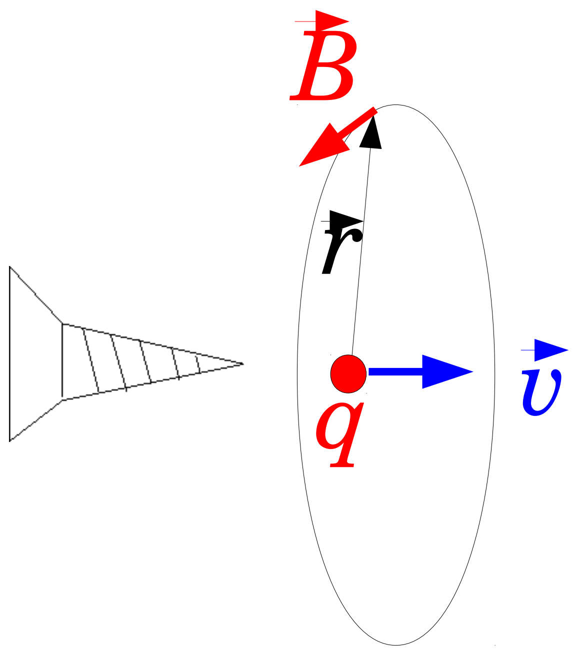


磁荷: 別名磁気単極子

なら、「誰が」磁場をつくっているのか？

磁性の「犯人」も、やっぱり電荷

電荷が動くと、磁力線と言う輪をつくる。



つくる電荷の大きさに比例
強さは距離の二乗に反比例
} 電場と共通

- 方向を表すため、外積を用いる。
- 作られる磁場の強さは電荷の速度にも比例する、

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot q\frac{\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$$

内積と外積　(・ と ×)

(注、・は普通の掛け算でも使う。)

内積　$\vec{a}\cdot\vec{b}=a\cdot b\cdot\cos\theta$

二つのベクトルから
普通の数(スカラー)へ

外積　$\vec{a}\times\vec{b}=\vec{c}$

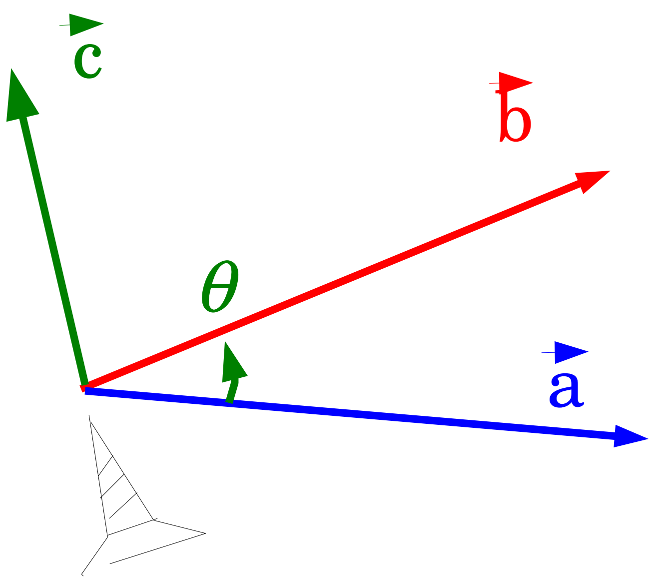
二つのベクトルから
ベクトルへ

大きさ　$a\cdot b\cdot\sin\theta$

方向は右ネジの進行方向

$$(\rightarrow\ \vec{b}\times\vec{a}=-\vec{a}\times\vec{b})$$

掛ける順番で結果が変わる!

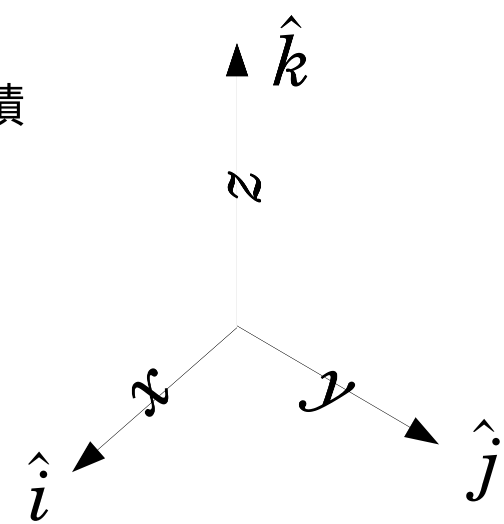


座標軸に平行な
単位ベクトルの外積

$$\hat{i}\times\hat{j}=\hat{k}$$

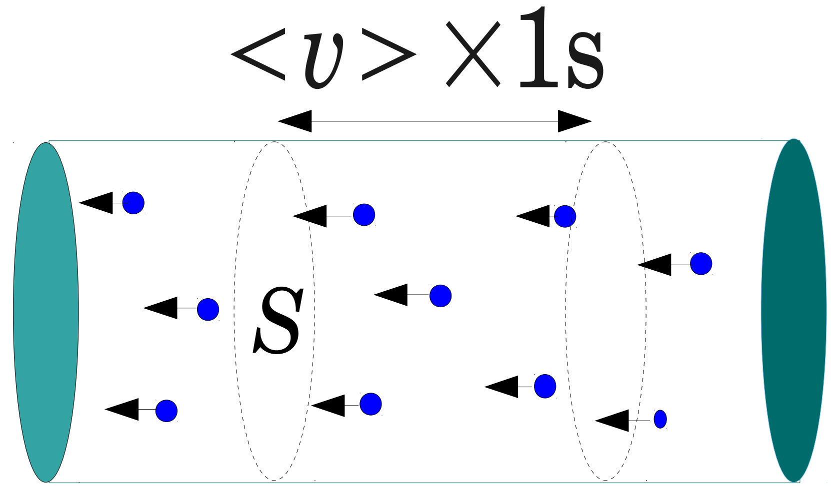
$$\hat{j}\times\hat{k}=\hat{i}$$

$$\hat{k}\times\hat{i}=\hat{j}$$



電流

断面積



単位時間(1s)に断面を通過する電荷の量 = 体積 $\left[S<v>\right]$ の中の移動できる電荷

(方向も考えて)

$$\boxed{\vec{I} = -e\rho_e S <\vec{v}>}$$

ただし、ρ_e は移動できる電子(自由電子)の密度

粘性抵抗(速度に比例する抵抗)を仮定すると、 $<\vec{v}> = \alpha\vec{E}$

ここでα は導体の性質により決まる定数。

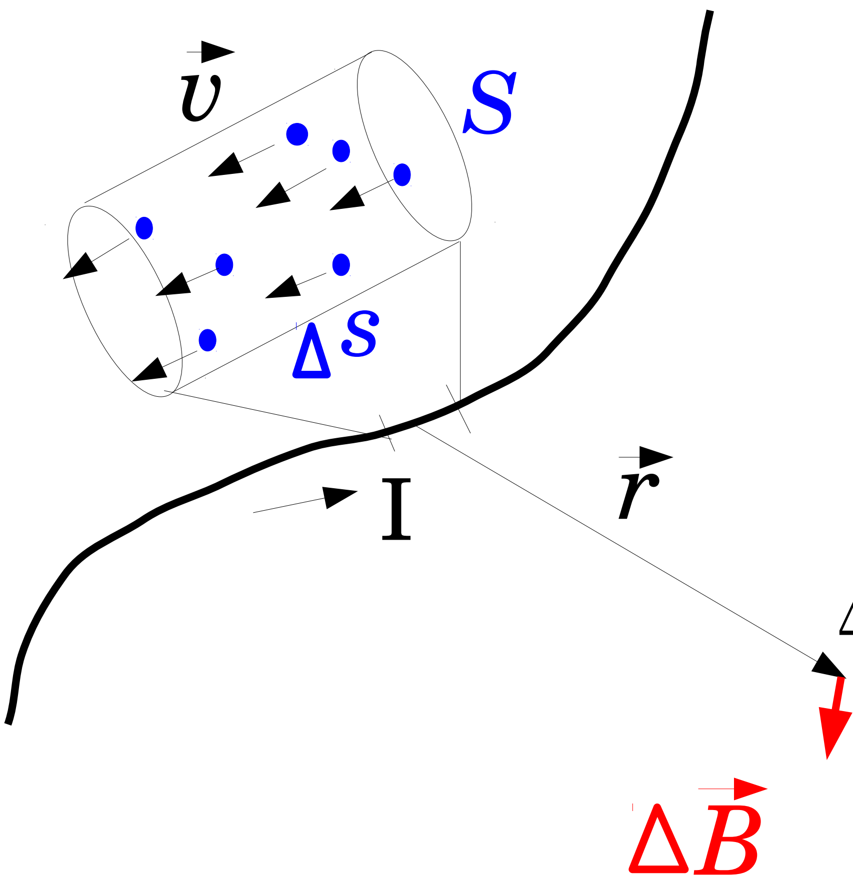
(方向を忘れて、)

$$I = e\rho_e S\cdot\alpha\frac{V}{l} = \boxed{\frac{S}{l}\left[e\rho_e\alpha\right]}V$$

電流が電位差に比例する

電流がつくる磁場 (電流と磁場は相性がよい)

短い区間を流れる電流のつくる磁場は、その中の
電荷(電子)のつくる磁場の合計で与えられる。



$$\vec{I} = -e\,\rho_e S < \vec{v} >$$ 電流の定義

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot(-e)\frac{\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$$ 電子一個のつく磁場

この区間の中の自由電子の数は

$$N_e = \rho_e \cdot S \cdot \Delta s$$

したがって、

$$\Delta\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{[\vec{I}\cdot\Delta s]\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{\vec{I}\times\hat{r}}{r^2}\Delta s$$

ビオ・サバールの法則

変化しない(定常)電流のつくる磁場を、静磁場と呼ぶ事がある。

ベクトルの積について

$$\vec{a}=(a_x, a_y, a_z)$$

$$\vec{b}=(b_x, b_y, b_z)$$

すべてのベクトル成分の掛け合わせ行列をつくる

$$\begin{pmatrix} a_x b_x, & a_x b_y, & a_x b_z \\ a_y b_x, & a_y b_y, & a_y b_z \\ a_z b_x, & a_z b_y, & a_z b_z \end{pmatrix}$$

内積はこの行列の
対角成分の和

$$\vec{a}\cdot\vec{b}=a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

外積は、積を作る2つの成分以外の
成分を作る。

ただし、積を取る順番で正負に別れる

$$\begin{pmatrix} a_x b_x, & a_x b_y, & a_x b_z \\ a_y b_x, & a_y b_y, & a_y b_z \\ a_z b_x, & a_z b_y, & a_z b_z \end{pmatrix}$$

$$\vec{a}\times\vec{b}=(a_y b_z - a_y b_z, a_z b_x - a_x b_z, a_x b_y - a_y b_x)$$

確認事項

二つのベクトル $\vec{a}$, $\vec{b}$ がある。これらのベクトルの内積と、外積について、

1. $\vec{a}\cdot\vec{b}$ 、 $\vec{a}\times\vec{b}$ それぞれの大きさを示せ。

2. $\vec{a}\cdot\vec{b}$ 、 $\vec{a}\times\vec{b}$ それぞれの大きさが、最大になるときの条件はなにか。

3, $\vec{a}\cdot\vec{b}$ 、 $\vec{a}\times\vec{b}$ それぞれの大きさが、最小(=0)になる条件はなにか。