

授業予定(変更されたシラバス ver.2)

- | | |
|---------------|---------------|
| ①原子の構造と電気力 | ⑨電流が作る磁場1 (小) |
| ②クーロンの法則 | ⑩電流が作る磁場2 |
| ③電場1 (小) | ⑪ローレンツ力1 (小) |
| ④電場2 (小) | ⑫ローレンツ力2 (小) |
| ⑤電位1 (小) | ⑬電磁誘導 (小) |
| ⑥電位2 | ⑭発展 (+確認試験2) |
| ⑦電流1 (小) | ⑮まとめ |
| ⑧電流2 (+確認試験1) | ⑯期末試験 |

基礎物理A《学習到達目標》

- 1) 電気力と電場の関係を説明できる。
- 2) 電位と静電エネルギーを説明できる。
- 3) ミクロな視点で電流を説明できる。
- 4) ローレンツ力と磁場(磁束密度)の関係を説明できる。
- 5) 直線電流がつくる磁束密度を図を使って説明できる。

第12回目 ローレンツ力2

今日の授業の目的

- ① 運動している荷電粒子が磁場から受けるローレンツ力を求める.
- ② 平行電流は互いに力を及ぼし合う.

§ 8 ローレンツカ (つづき)

◇電流が磁場から受ける力

(テキスト p.95～96)

力の大きさ F :

$$F = I\ell B \sin \theta$$

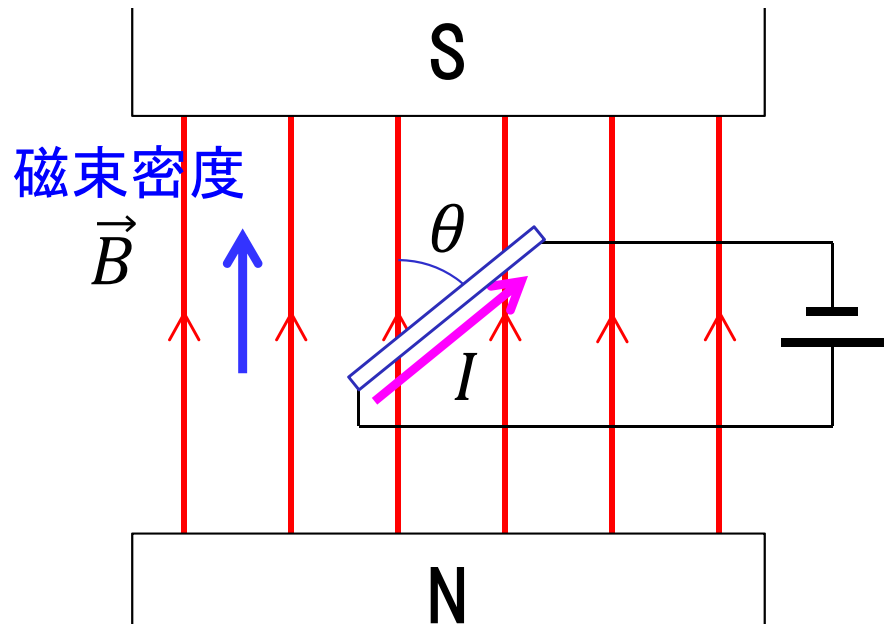
☆力の方向: 電流の向きと
磁場の向きの両方に垂直.

☆力の向き:
フレミングの左手の法則

電流

= 電荷(自由電子)の流れ

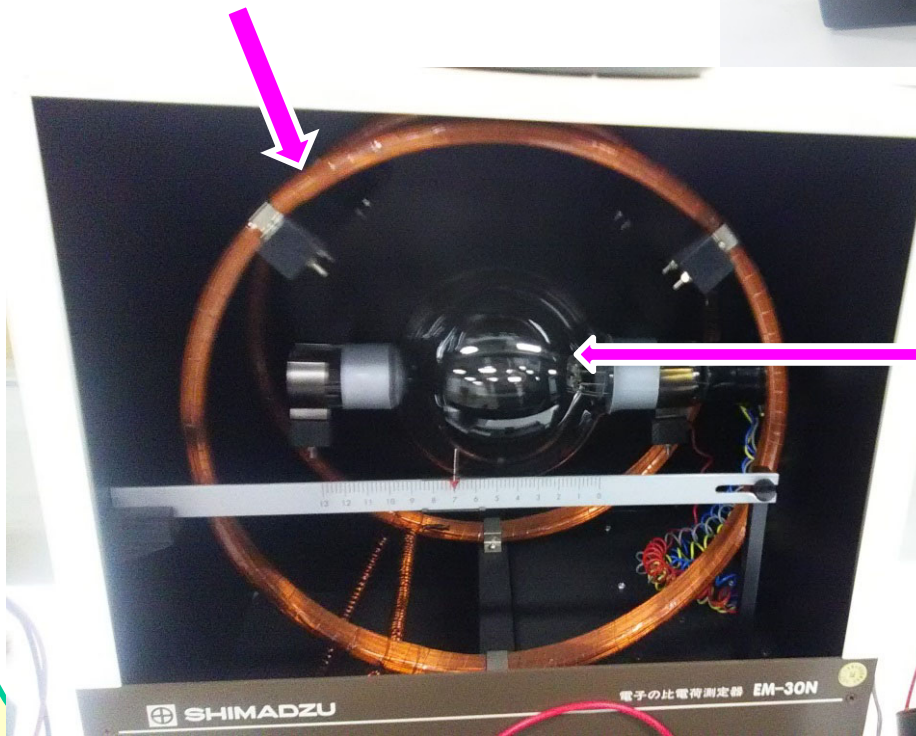
⇒ 運動している電荷(荷電粒子)も力を受ける?



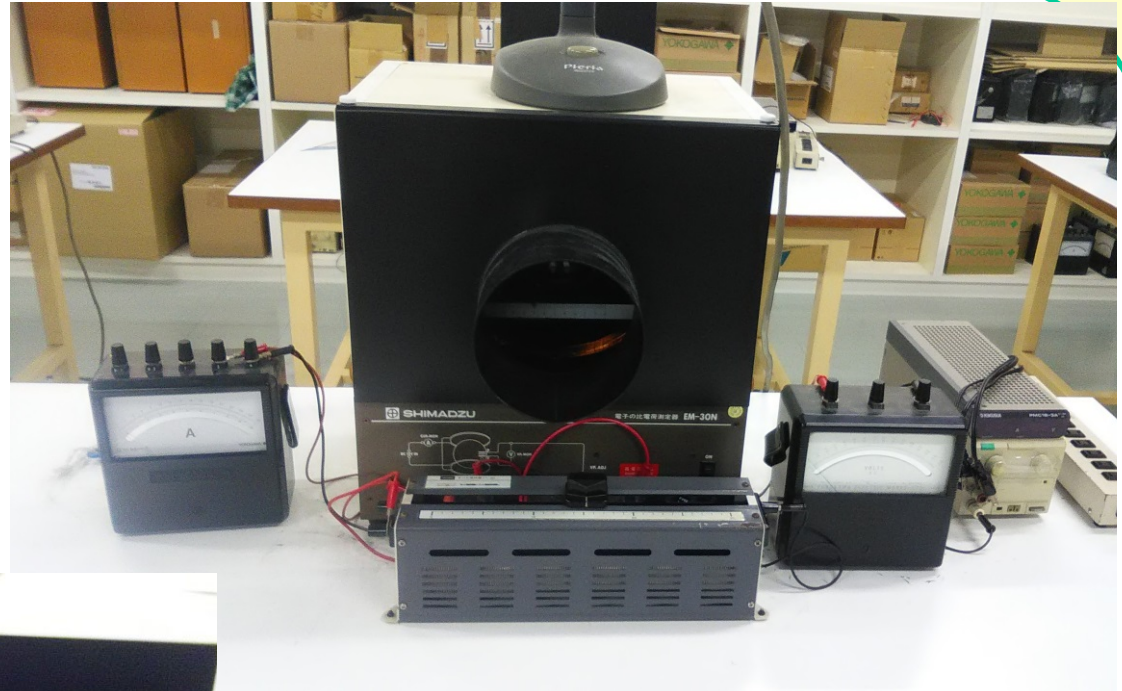
基礎工学実験 2年前期または後期

4. 電子の比電荷

電磁石



ほぼ真空の
ガラス管
(管球)



電子の比電荷 e/m

基礎物理 § 8 (問題B8⑰)

ローレンツ力を受けて、電子が等速円運動をする。

$$ma = F \quad a = R\omega^2: \text{向心加速度}$$

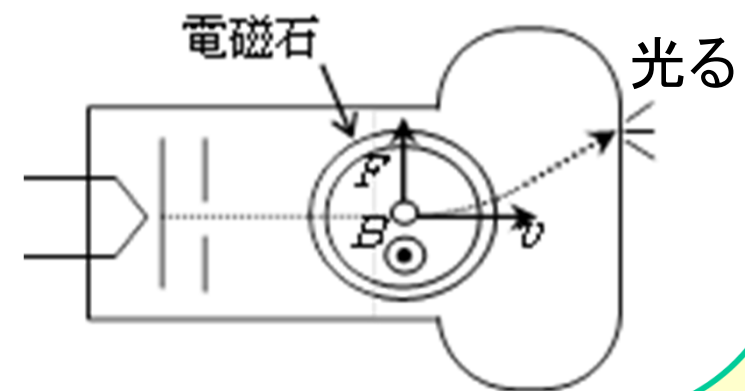
$$F = evB: \text{ローレンツ力}$$

e は何? 電子1個の電荷

m は何? 電子1個の質量

(旧式テレビのブラウン管の原理と同じ)

磁場(磁界) の中で運動する
荷電粒子(電気をもった粒子)は、
力を受けて進行方向が 曲がる



◇ローレンツ力

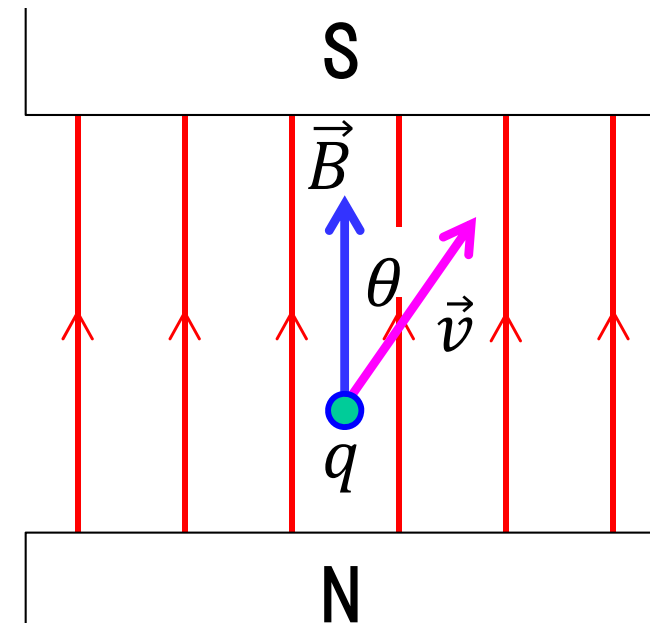
(テキスト p.97～98)

力の大きさ F :

$$F = |qvB \sin \theta|$$

☆力の方向: 速度 $\vec{v}$ と磁束密度 $\vec{B}$ (磁場)の向きの両方に垂直.

☆力の向き:
フレミングの左手の法則



運動している電荷が磁場から力を受ける。

ローレンツ力

◇ローレンツ力

(テキスト p.97~98)

☆力の向き:

フレミングの左手の法則

$q > 0$ (正電荷)の場合
左手の

中指を電荷の速度 $\vec{v}$

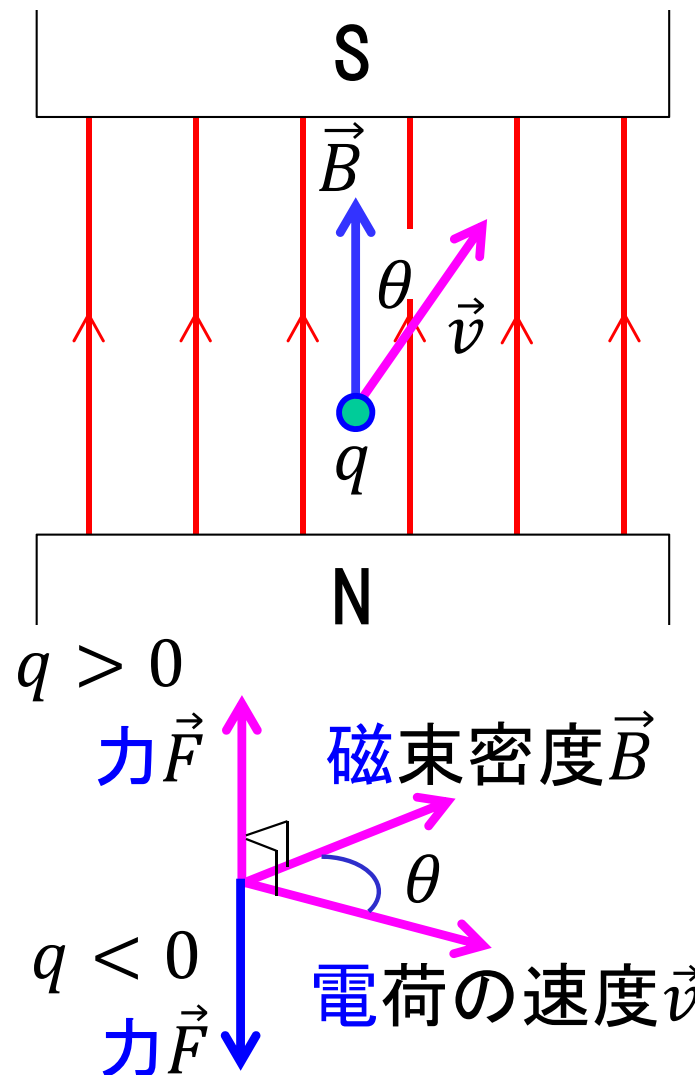
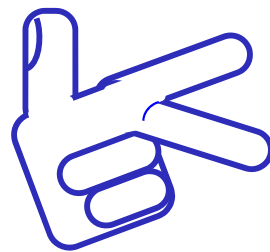
人差し指を磁束密度 $\vec{B}$

親指の向きが力 $\vec{F}$ の向き

$q < 0$ (負電荷)の場合

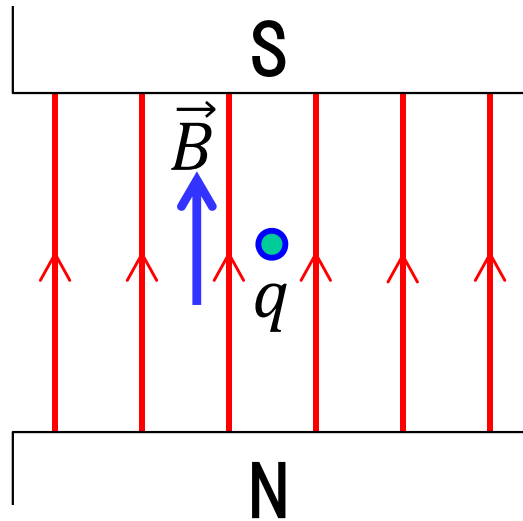
親指の向きと逆が

力 $\vec{F}$ の向き

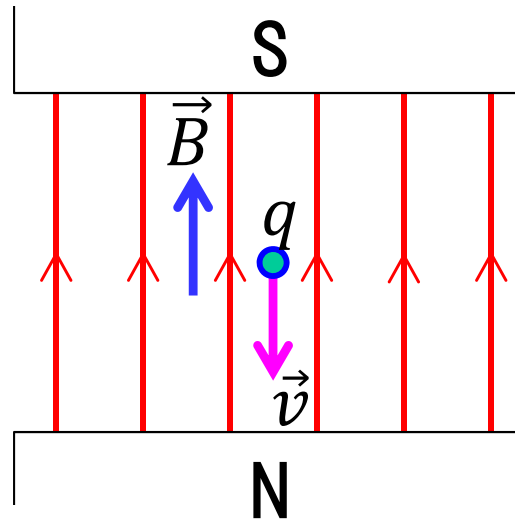


◇ローレンツ力

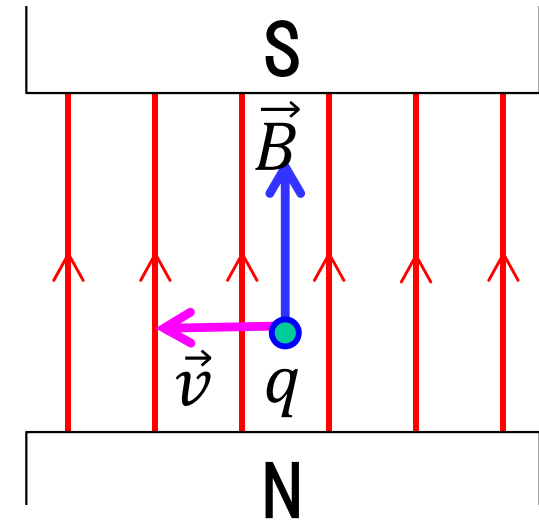
(テキスト p.97~98)



q が磁場中で
静止



q が磁力線
に沿って



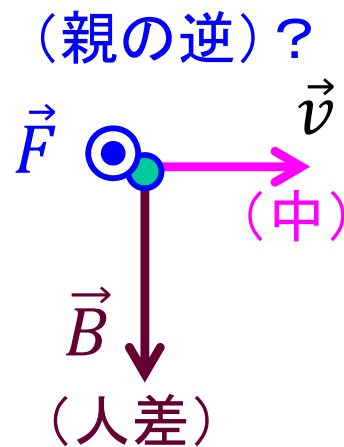
$\theta = 90^\circ \left(\text{or } \frac{\pi}{2} \right)$

◇電流が磁場から受ける力

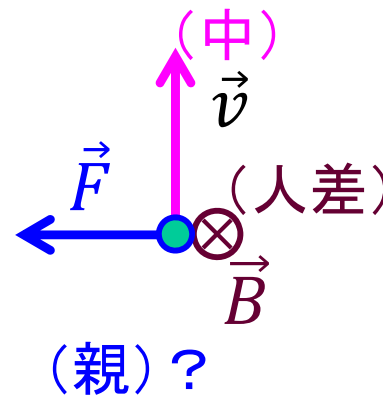
(テキスト p.97~98)

フレミングの左手の法則を用いて、次の各状況でローレンツ力の向きを求めよ。

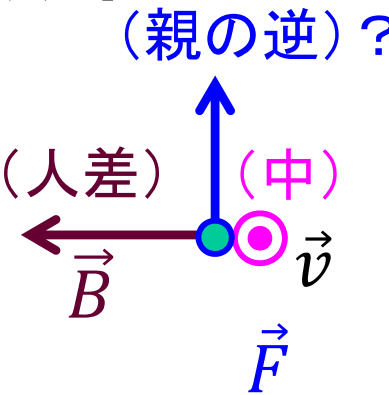
(a) $q < 0$



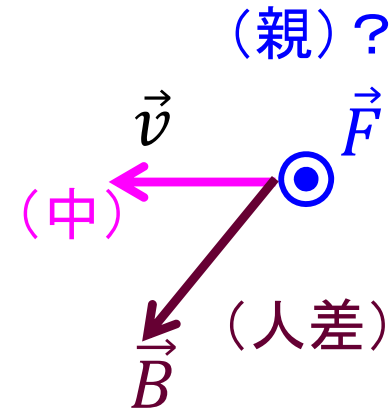
(b) $q > 0$



(c) $q < 0$



(d) $q > 0$



◇ローレンツ力

(テキスト p.98～99)

導線の断面積 S , 長さ ℓ

金属の自由電子の数密度 n

長さ ℓ にある自由電子の数 N

$$N = nV = n\ell S$$

1個の自由電子が受けるローレンツ力

$$f = evB \sin \theta$$

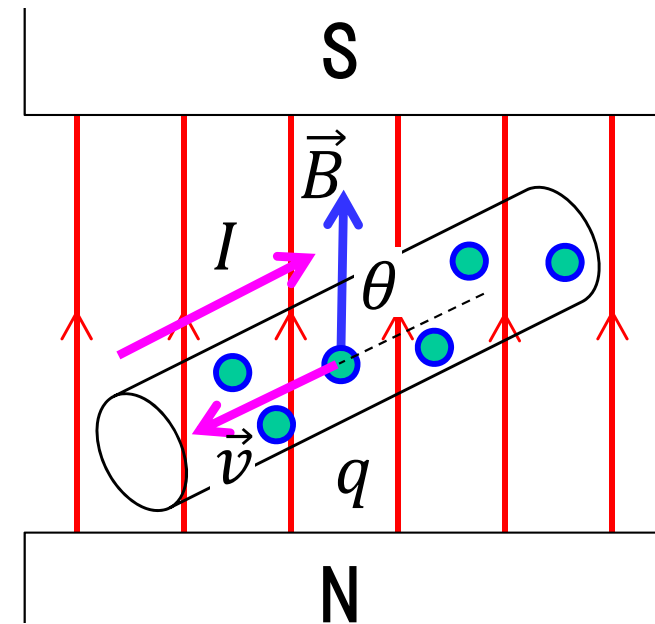
N 個の自由電子のローレンツ力の和

$$F = Nf = n\ell S \cdot evB \sin \theta$$

$$= envS \cdot \ell B \sin \theta$$

電流と自由電子 $I = envS$

$$\therefore F = I \cdot \ell B \sin \theta$$

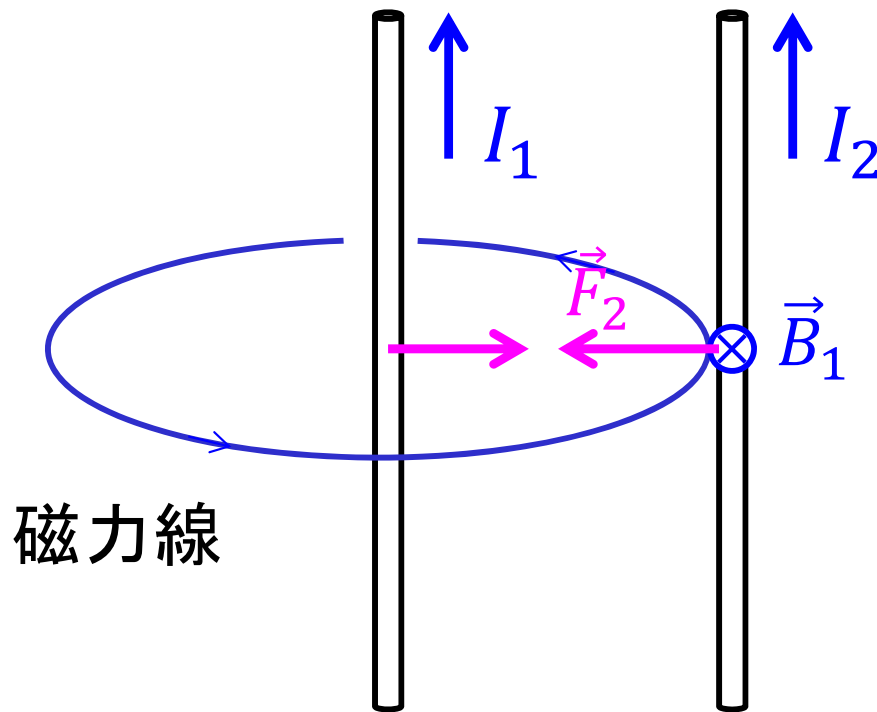


導体中の自由電子が受ける
ローレンツ力
⇒電流が磁場から受ける力

◇平行電流の間に働く力

(テキスト p.99～101)

平行に置かれた2本の直線電流の間に働く力(大きさと向き)は, ここまで学んだことを用いて理解できる。



$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi r}$$

$$B_1 = \mu H_1$$

$$F_2 = I_2 \ell B_1$$

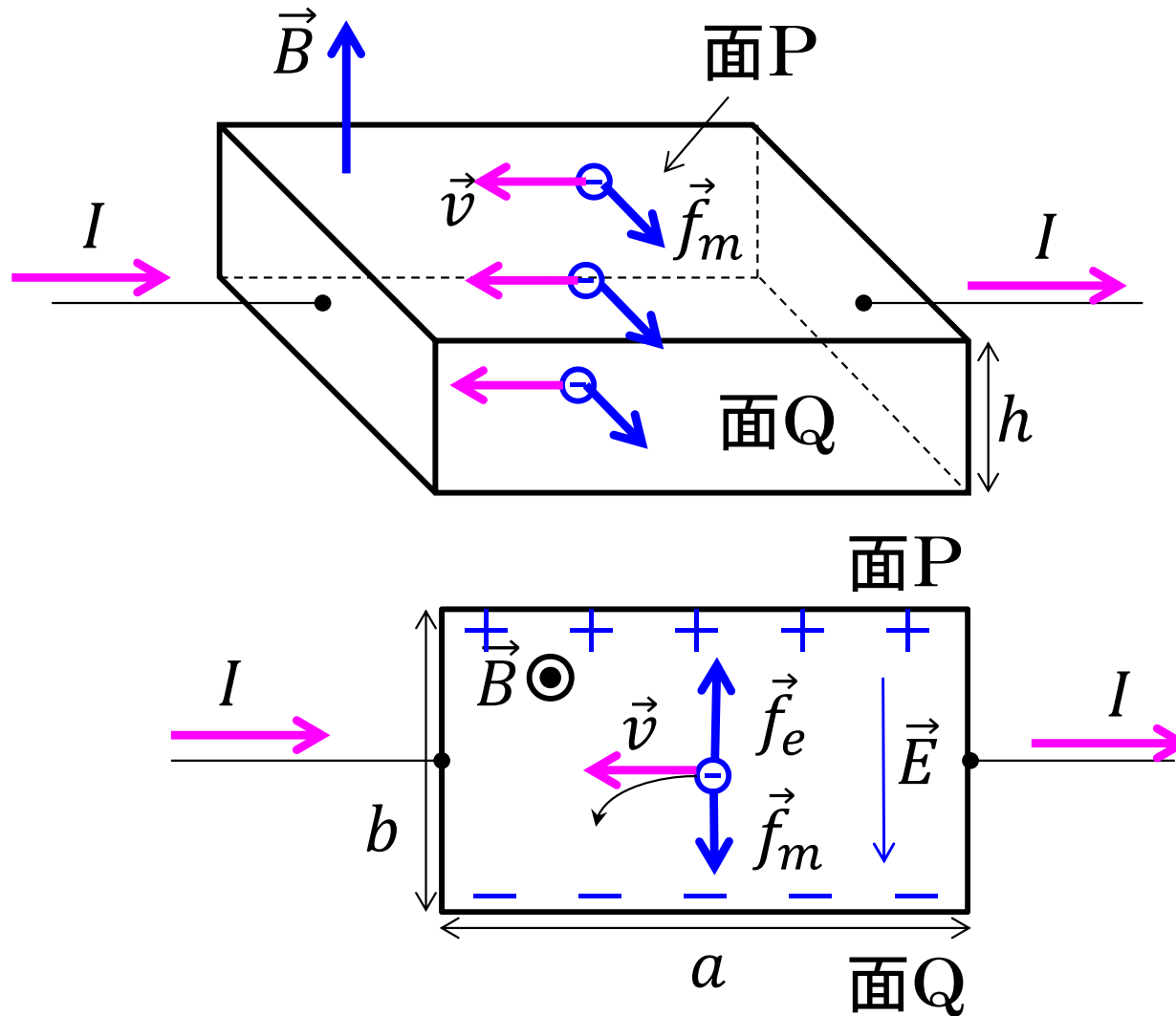
$$= I_2 \ell \mu \frac{I_1}{2\pi r}$$

$$= \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \ell$$

◇ホール効果

(テキスト p.101～103)

磁束密度の大きさ B の一様な磁場中に、直方体の導体
(または半導体)を置き、電流を流す。



◇ホール効果

(テキスト p.101～103)

$$1. \quad I = envS = envbh$$

$$\Rightarrow v = \frac{I}{enbh}$$

$$2. \quad f_m = evB$$

電子の軌道が面Q側に曲がる。
面Q側に電子が集まる。

面Q側が負に。面P側が正に。PからQに向かって $\vec{E}$ 。

$f_e = eE$ f_e と f_m がつり合うまで電荷移動が起こる。

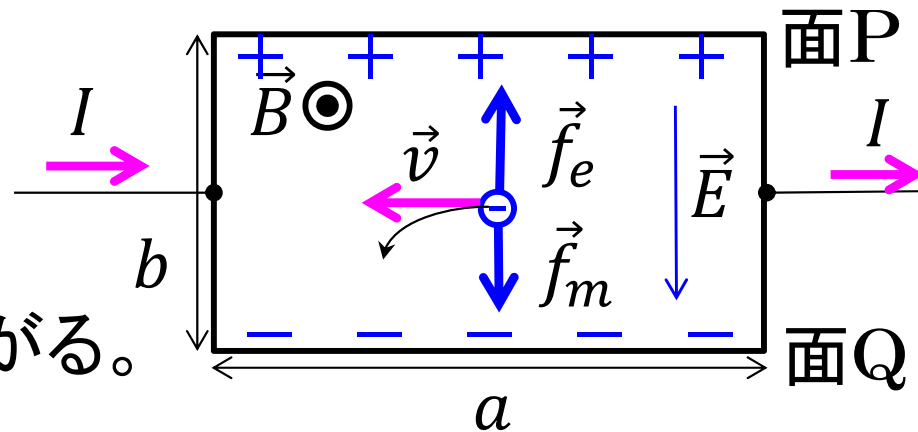
$$eE = evB \Rightarrow E = vB$$

$$\text{ホール電圧 (P-Q間)} \quad V = Eb = vBb = \frac{IBb}{enbh} = \frac{IB}{enh}$$

ホール効果の利用: ①磁束密度 B の測定

②自由電子の数密度 n の測定

③電流の担い手の正負 (P型, N型)

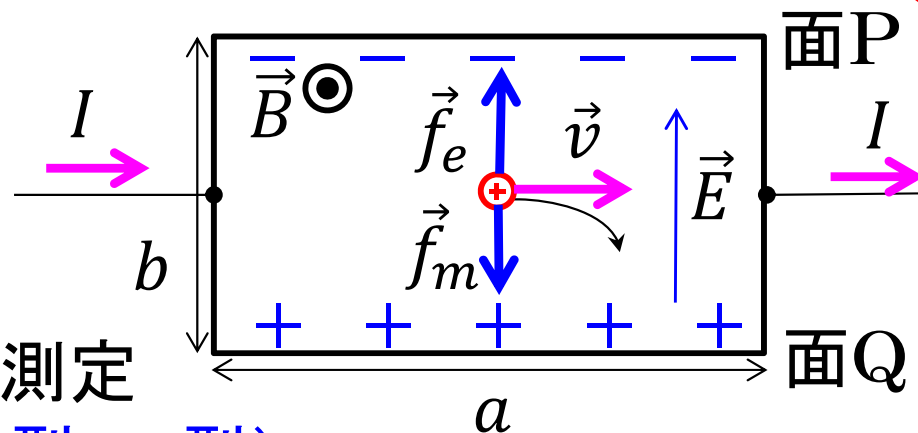


◇ホール効果

(テキスト p.101～103)

$$\text{ホール電圧 } V = \frac{IB}{enh}$$

- ①磁束密度 B の測定
- ②自由電子の数密度 n の測定
- ③電流の担い手の正負(P型, N型)



P型半導体・・・正孔(電子の穴)が電流を担う。

(ホール電圧の符号(高低)が逆になる。)

正孔・・・電子が正電荷を持っているようにふるまう。

$n = 8.4 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$, $B = 1.0 \text{ T}$, $I = 0.10 \text{ A}$, $h = 0.5 \text{ mm}$,
のときのホール電圧 V は? $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

$$\begin{aligned} V &= \frac{IB}{enh} = \frac{0.10 \text{ A} \times 1.0 \text{ T}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 8.4 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \times 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}} \\ &= 1.5 \times 10^{-8} \text{ V} = 15 \text{ nV} \end{aligned}$$

- ・レポート問題（解答用紙付き）
を必ず持って帰ること