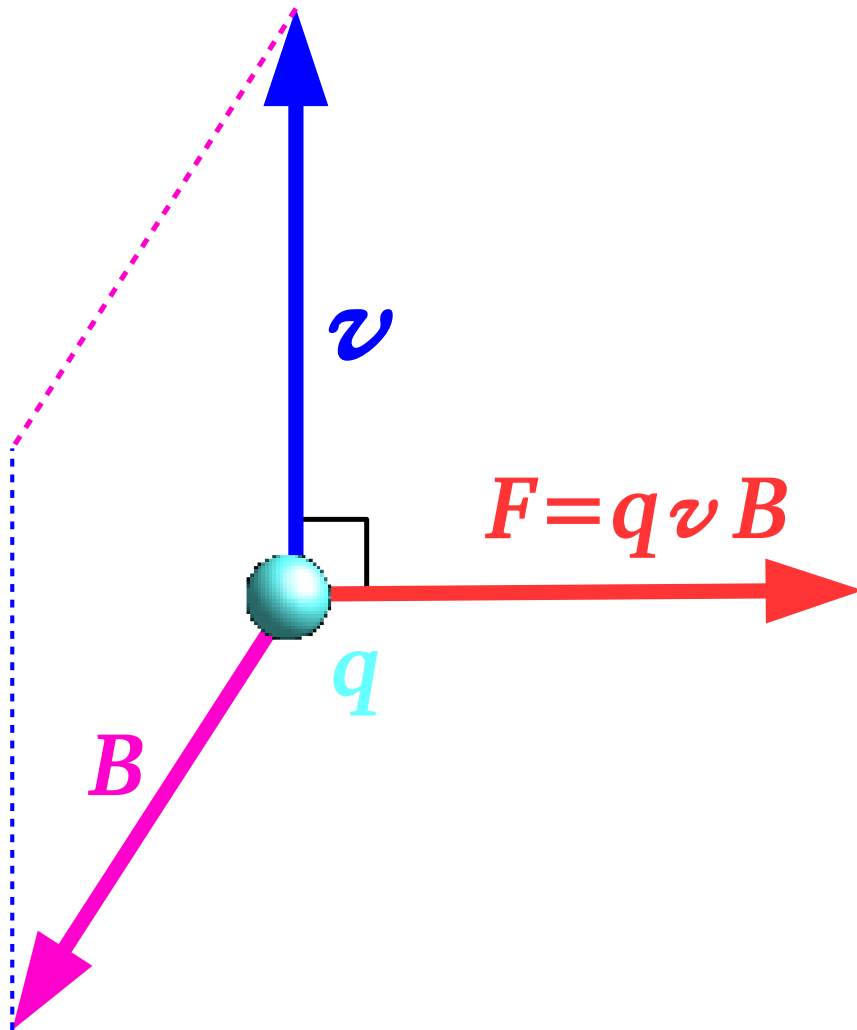


ローレンツ力 — Lorentz force

青木健一郎
日吉物理学教室

2018年度

磁場内の電荷と Lorentz 力



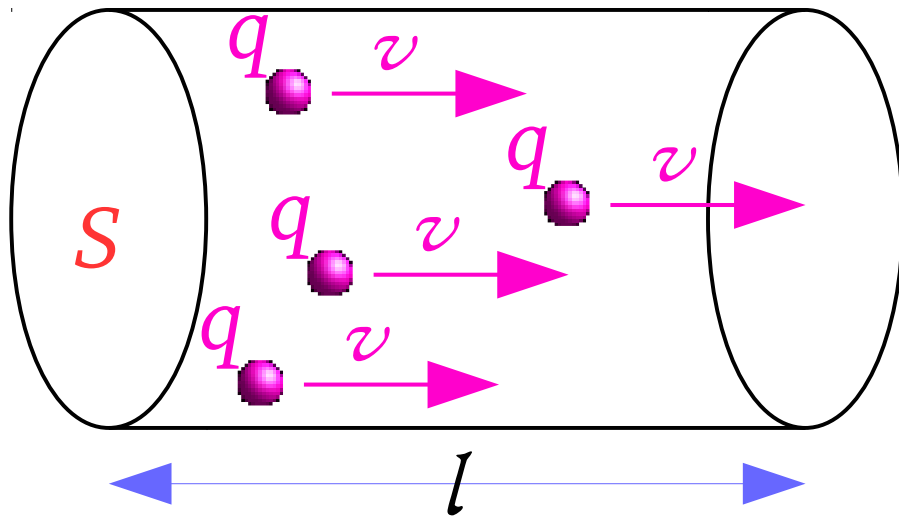
磁場 B 内で電荷 q （速度 \vec{v} ）はどのような力を受けるか？

ローレンツ力 $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

\vec{v} と \vec{B} の作る平面に垂直な方向に力 \vec{F} が働く．力の大きさは \vec{v} , \vec{B} の作る平行四辺形の面積．（「外積」：ベクトル同士の掛け算）「フレミングの左手の法則」

磁場に運動方向が垂直な場合には，力の大きさは $F = qvB$ ．

電流とは？



- 電流は電荷 (q) の流れ. 電線を通る電流 (I) は

$$I = qnSv$$

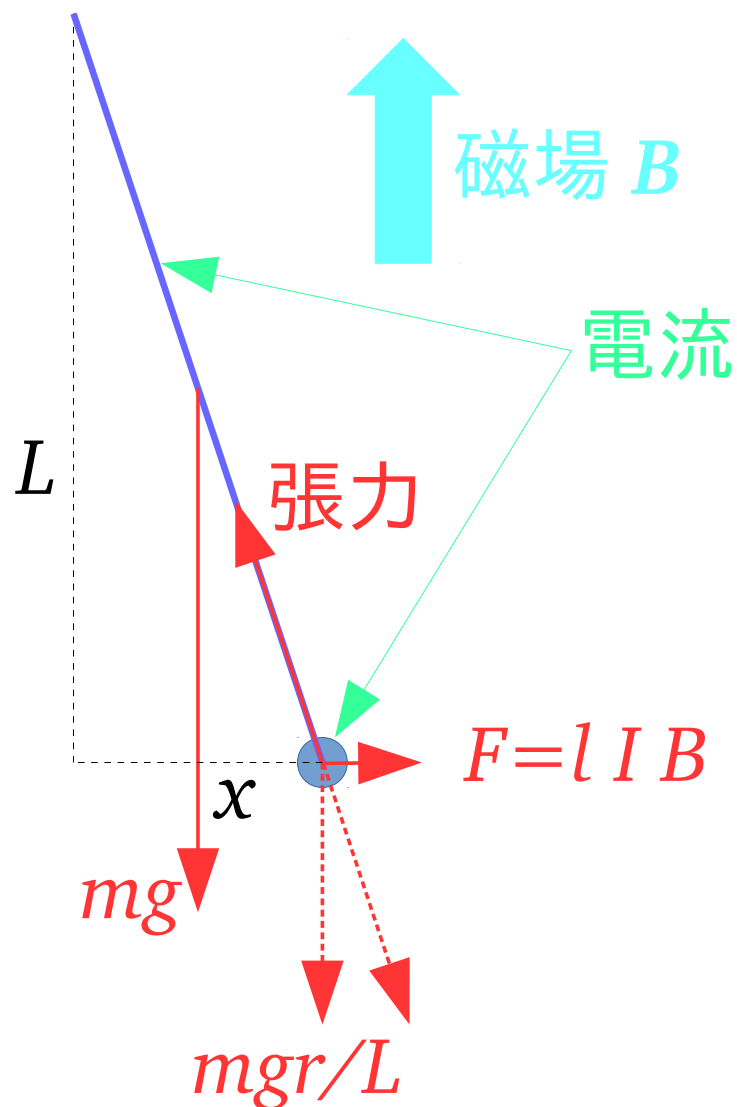
n : 電荷の密度, v : 電荷の速さ,
 S : 電線の断面積.

- 長さ ℓ の電線の中の電荷の数 :

長さ ℓ で磁場に垂直な電流にかかるローレンツ力 : $nS\ell$

$$F_I = nS\ell \times qvB = \ell IB$$

実験の原理



- ブランコに電流を流して、「乗る部分」に磁場をかける.
- 傾いて静止する \Leftrightarrow 重力, ローレンツ力, ブランコの張力が釣り合う.
- てこの原理を使って, 釣り合いの条件:

$$\frac{F}{mgr/L} = \frac{x}{L} \quad \Leftrightarrow \quad F = \frac{mgr}{L^2} x$$

(テキストの式, ブランコの傾き小さければ $[L \gg x]$, L はブランコの長さ).

- ブランコから求めた磁場の強さと、測定器で直接測った磁場の強さを比較.

相対性と電場，磁場

電場 (\vec{E}) と磁場 (\vec{B}) がある場合に電荷が受ける力.

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$

磁場だけある場合

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

電荷が静止している系では（電子が静止して見える人からは）？

⇒ 磁場からは力を受けない！ 力は受けない？

それはあり得ない ⇒ 電場 \vec{E}' (大きさは vB) が生じているはず

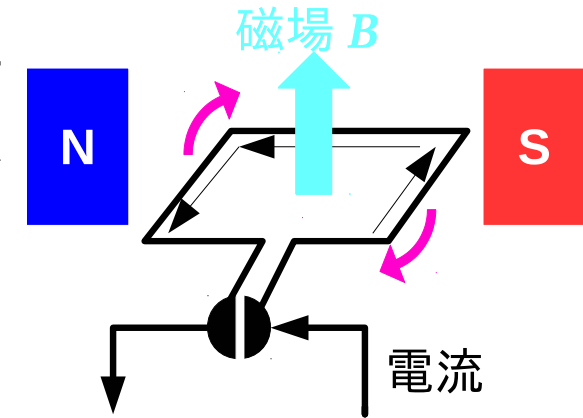
$$\vec{F} = q\vec{E}'$$

動いている人から見ると，磁場が電場に(NSが+-に) 見える！ ← 相対性理論

ローレンツ力と応用

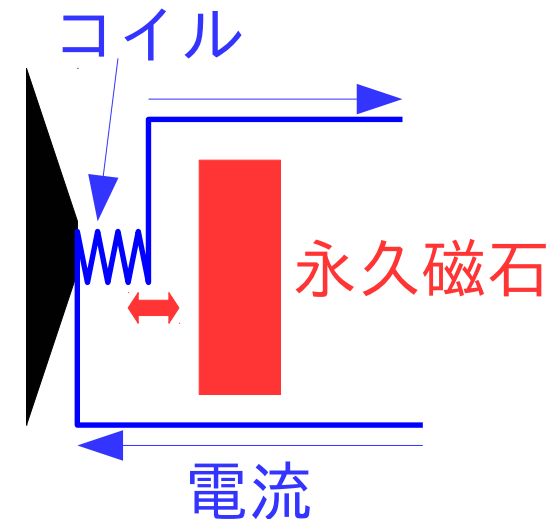
- モーター

電流が電磁場（電磁石）を生じ，永久磁石から力を受けて回る．図の直流モーターでは電磁石の磁場の向きが常に右側を向くようにできている．



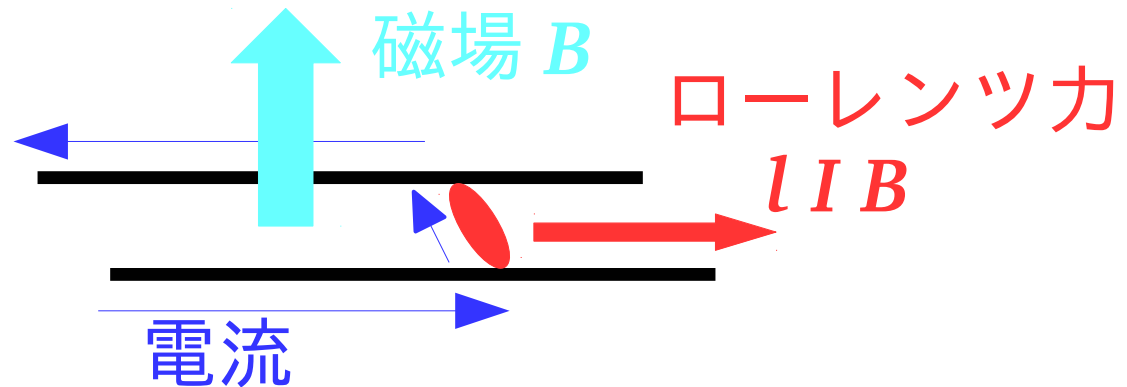
- スピーカー

コイルが電流により（時間的に変化する）電磁石を作り，永久磁石から受ける力により動くことによってコーンが振動．



- レール・ガン

弾が回路の一部になり，電磁場を発生．その磁場から受ける力により弾が発射される．



- 粒子加速器 ← 実験「電子の質量と電荷の比」