

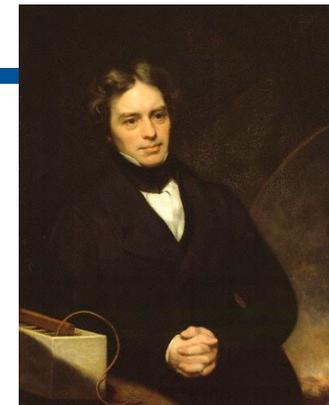
基礎物理学 II

(第10回) 電流と磁場 (3)

【今日の内容】

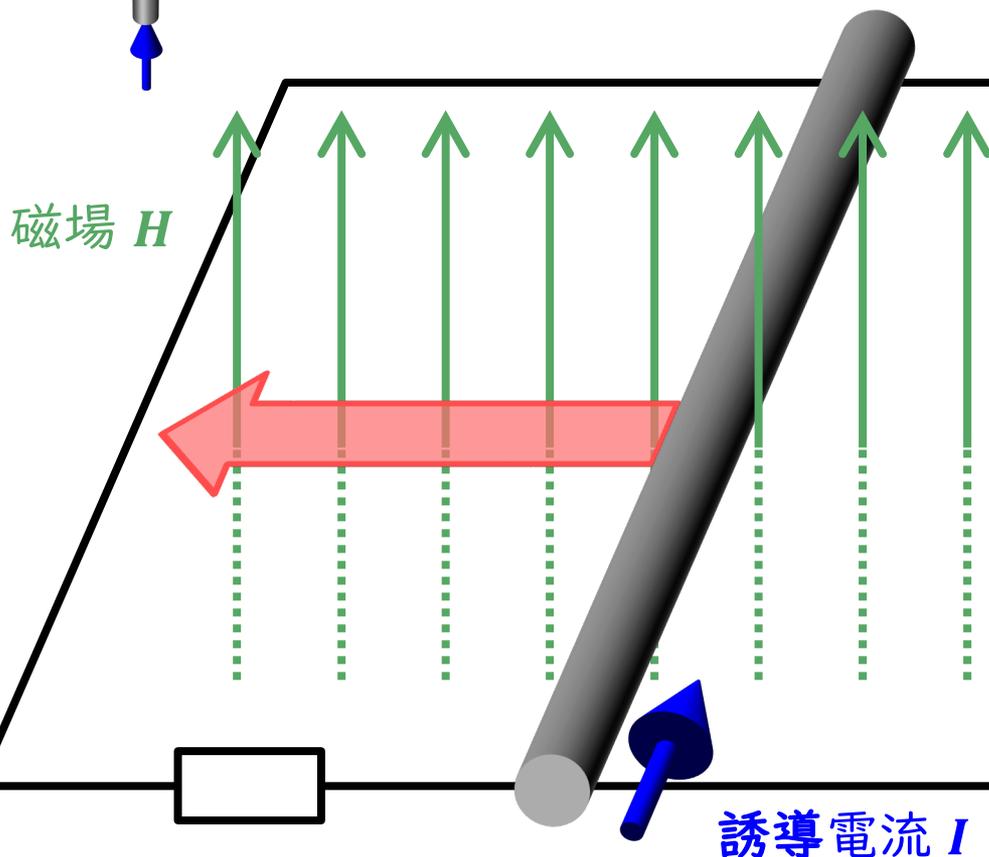
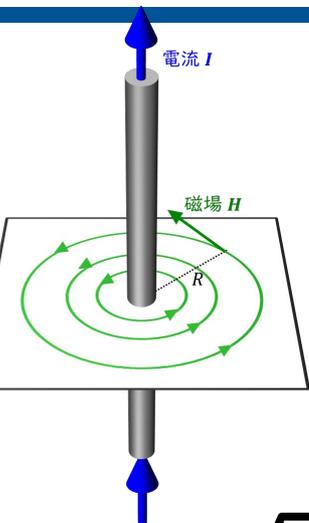
- 電磁誘導に関する法則
- 磁場中における荷電粒子の運動

(復習) 電磁誘導



M. Faraday
(1791-1867)

電流から磁場を作ることができる。
では、磁場から電流を作ることにはできないだろうか。



コの字型の導線に金属棒をおいて
回路にする

一様に磁場を印加する

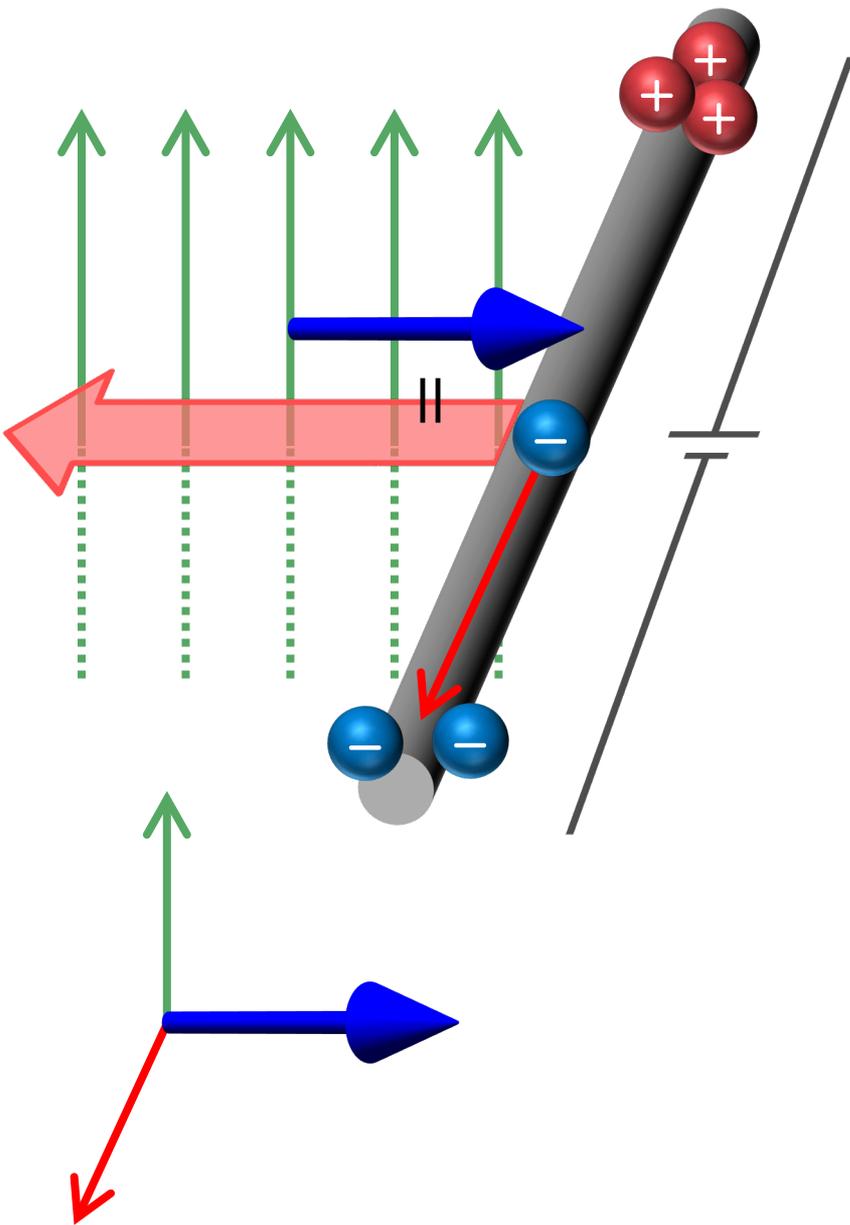
静止しているときは電流は流れない

矢印の方向に金属棒を動かすと
電流(誘導電流)が流れる。

これを 電磁誘導 という

誘導電流 I

(復習) 電磁誘導はなぜ起きるか



金属棒の中には電子を考える

金属棒が左に動くとき、電子も左に動く。

これは電流が右に流れたのと同じ。

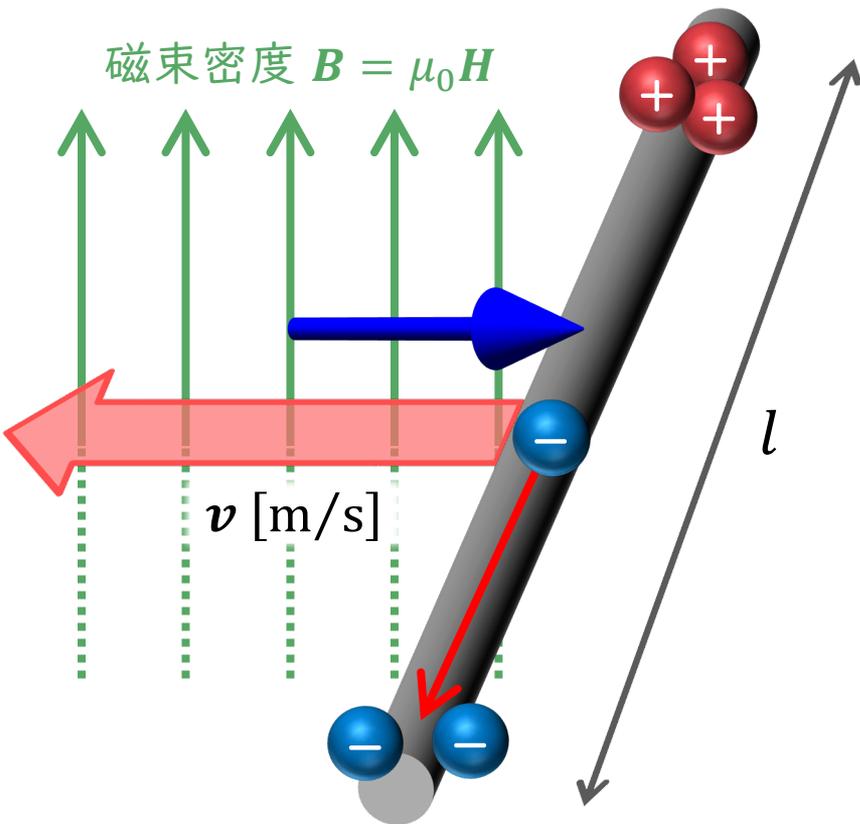
磁場中を電流が流れるとローレンツ力がはたらく

電子は手前向きに力を受けて手前側に移動する

金属棒の手前側に電子が集まり、奥側には正電荷が残るので電位差が生じる

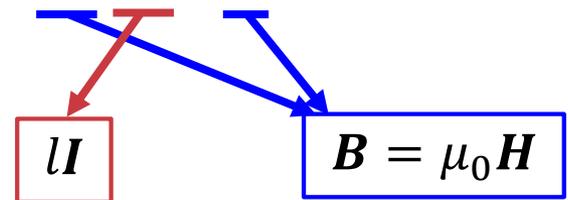
これを 誘導起電力 という

電磁誘導の定式化



電流が磁場から受ける力は

$$F = \mu_0 l (I \times H)$$



いま、金属棒が一定速度 v [m/s] で動いたとすると、電荷もその速度で動くので

$$lI = l \frac{dQ}{dt} = q \frac{dx}{dt} = qv$$

$$\therefore \boxed{F =}$$

:磁場中の荷電粒子にはたらく

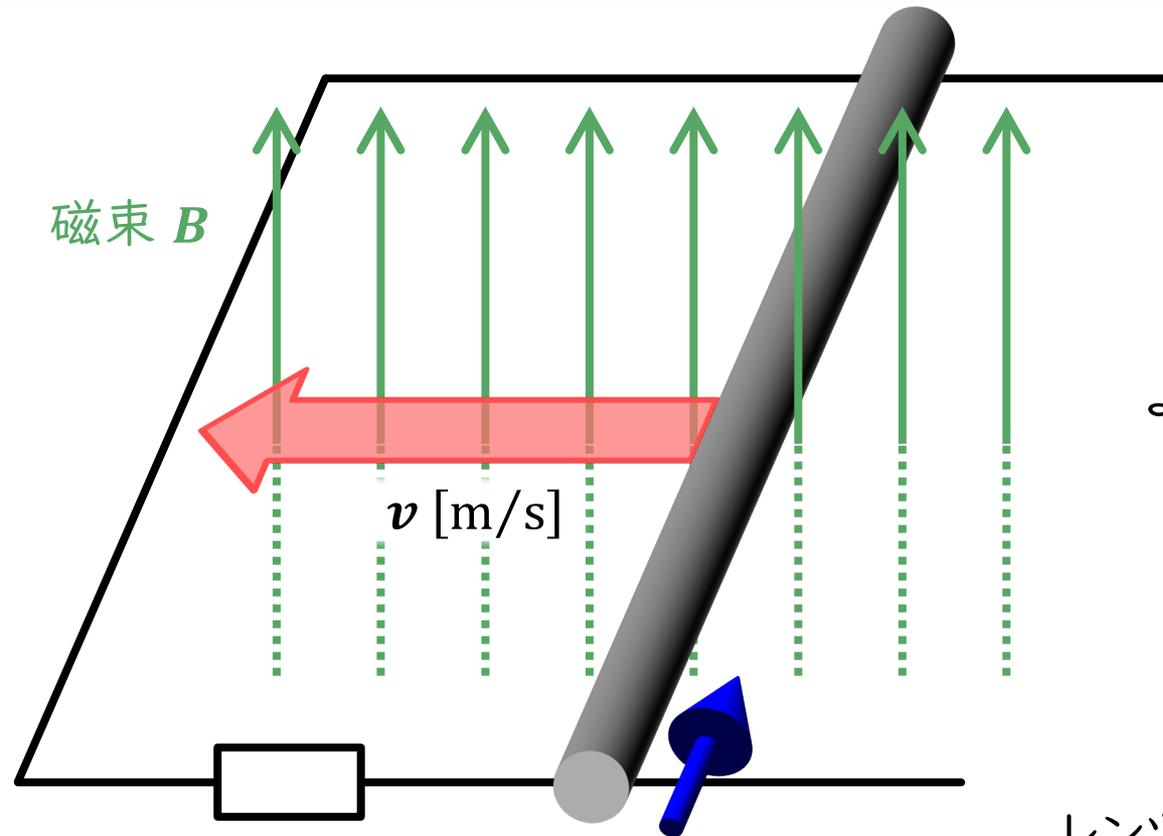
金属棒の両端に寄せられた電荷間の電位差は

$$V = El = \frac{F}{q} l = \frac{qv \times B}{q} l$$

$$\boxed{V =}$$

:コの字回路の場合の

電磁誘導の式の一般化



レンツの法則 (Lenz's law)

誘導起電力は、それによって流れる誘導電流がつくる磁束が、外からの磁束変化を打ち消す向きに生じる

レンツの法則から磁束変化を考えてみる

時間 Δt の間に金属棒が $v\Delta t$ 動くので、コイルの面積変化 ΔS は

$$\Delta S = lv\Delta t$$

よって、誘導起電力の大きさは

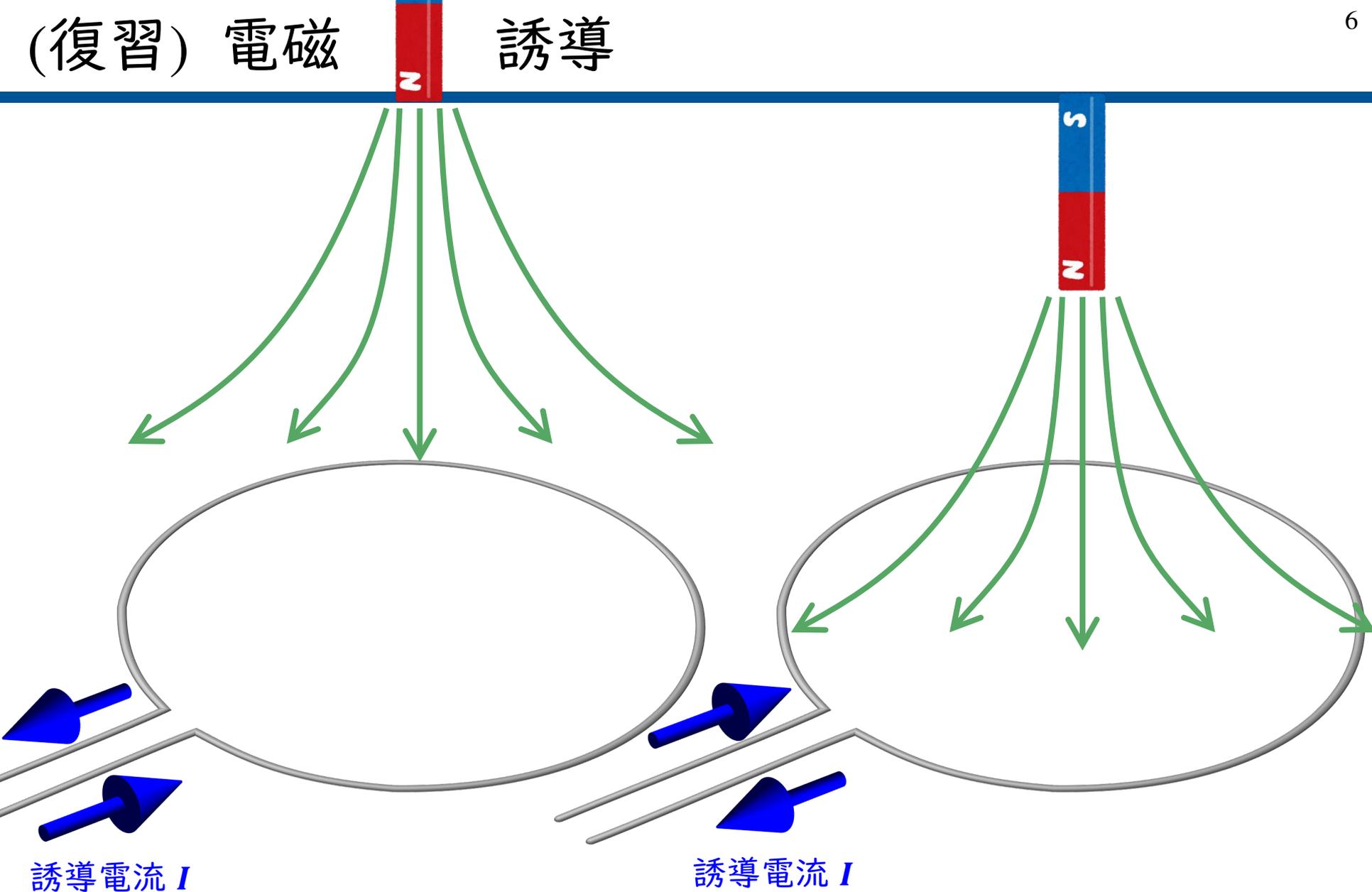
$$|V| = |l(\mathbf{v} \times \mathbf{B})| = lvB$$

$$= \frac{\Delta S}{\Delta t} B = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

レンツの法則に従って、向きも含めると

$$V = \quad =$$

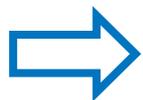
これは面積が変化するときだけでなく磁束密度の変化にも対応する



誘導電流 I

誘導電流 I

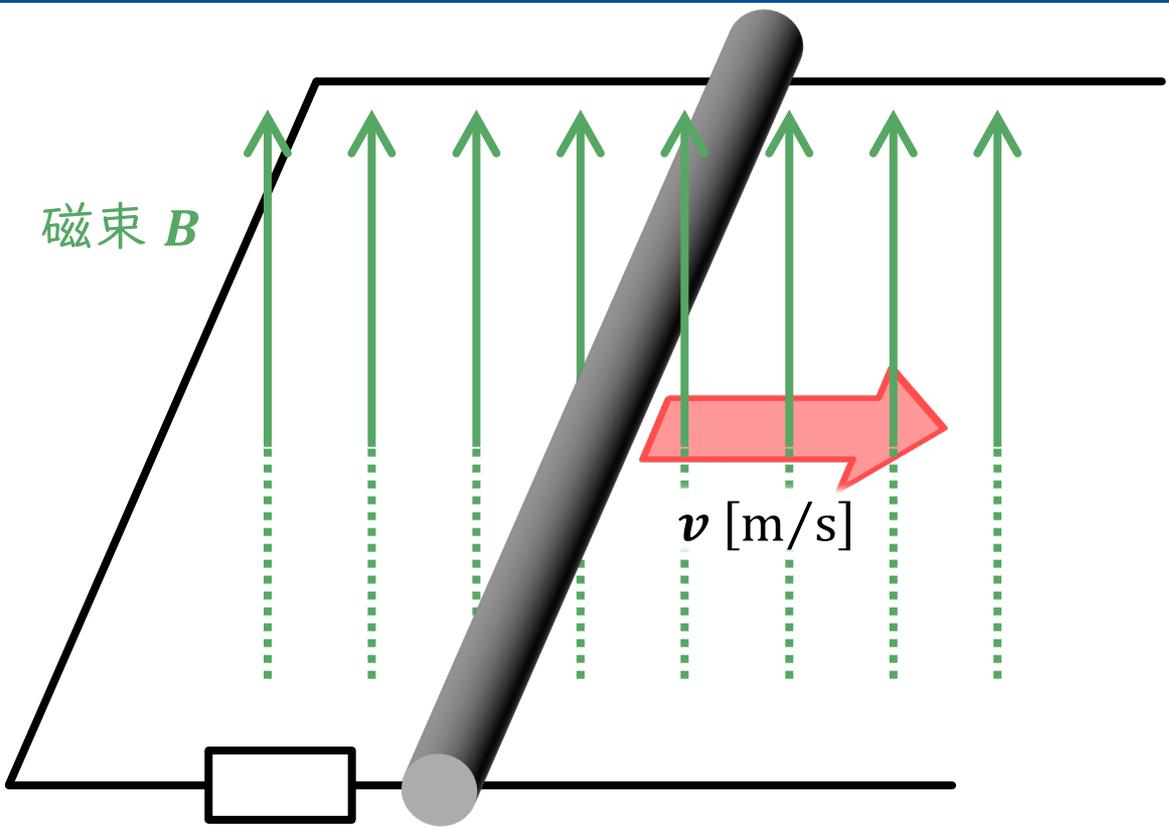
コイル内の磁場の変化



誘導起電力が生じる

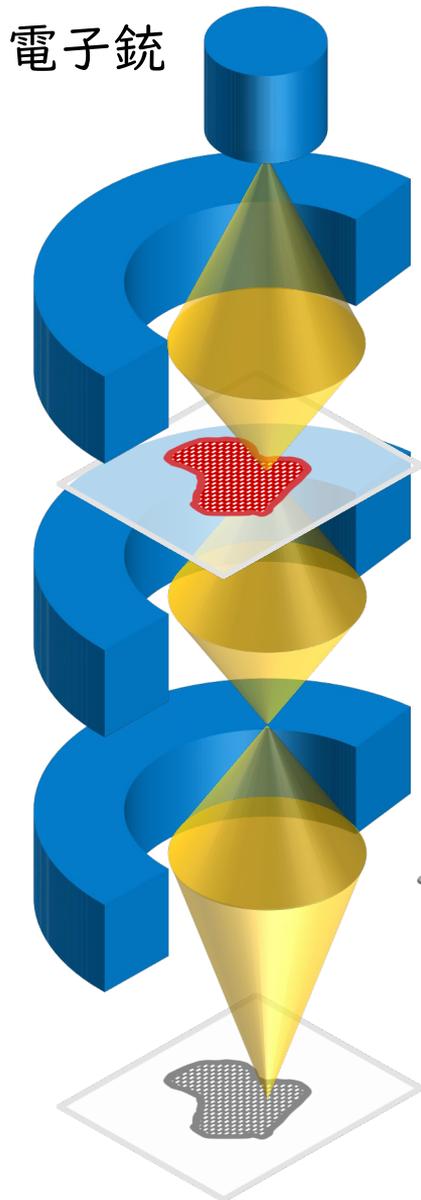
$$V = \quad =$$

演習1 電磁誘導の法則



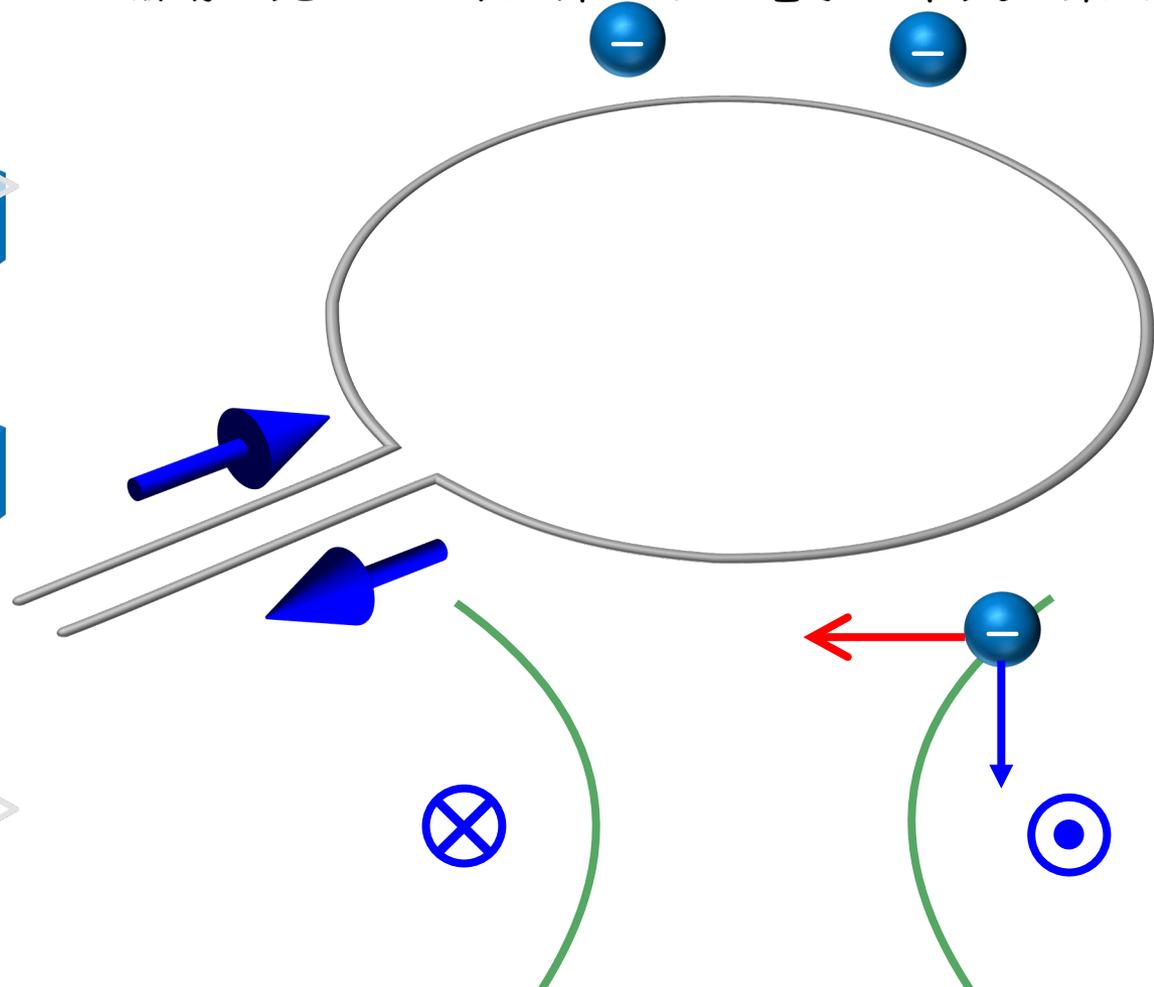
左図のコの字回路において
磁界の磁束密度 0.2 T
金属棒の長さ 0.3 m
動かす速度 $v = 5 \text{ m/s}$
のとき、誘導起電力何Vか
また電位が高いのは手前と
奥でどちらか

[閑話] 電子顕微鏡の電磁レンズ



電子顕微鏡において電子を集光させるのにローレンツ力が応用されている

レンズは基本はコイルで流す電流によってコイル内に磁場を発生させ、上部からの電子を中央に集める



集光
レンズ

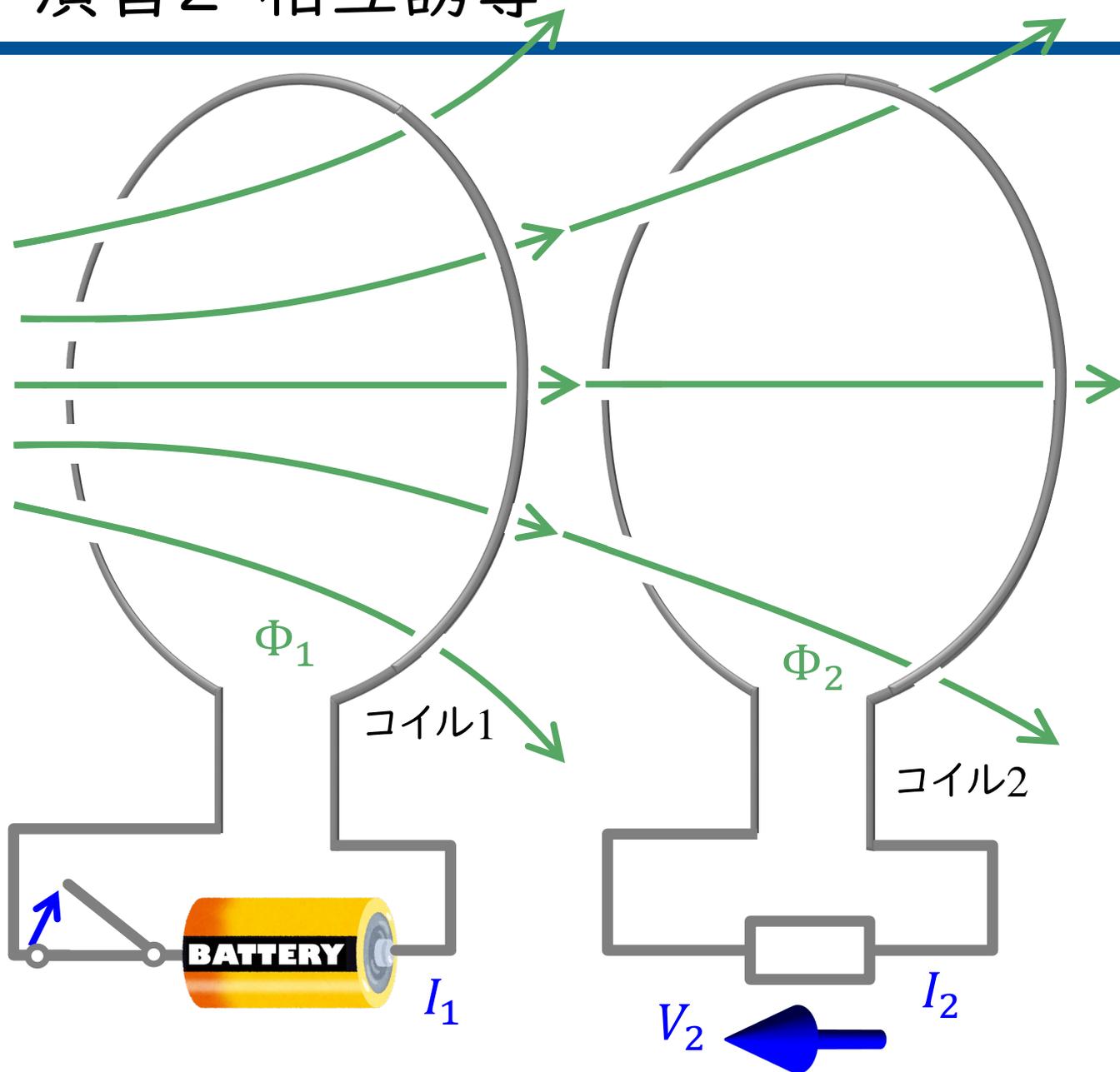
試料

対物
レンズ

投影
レンズ

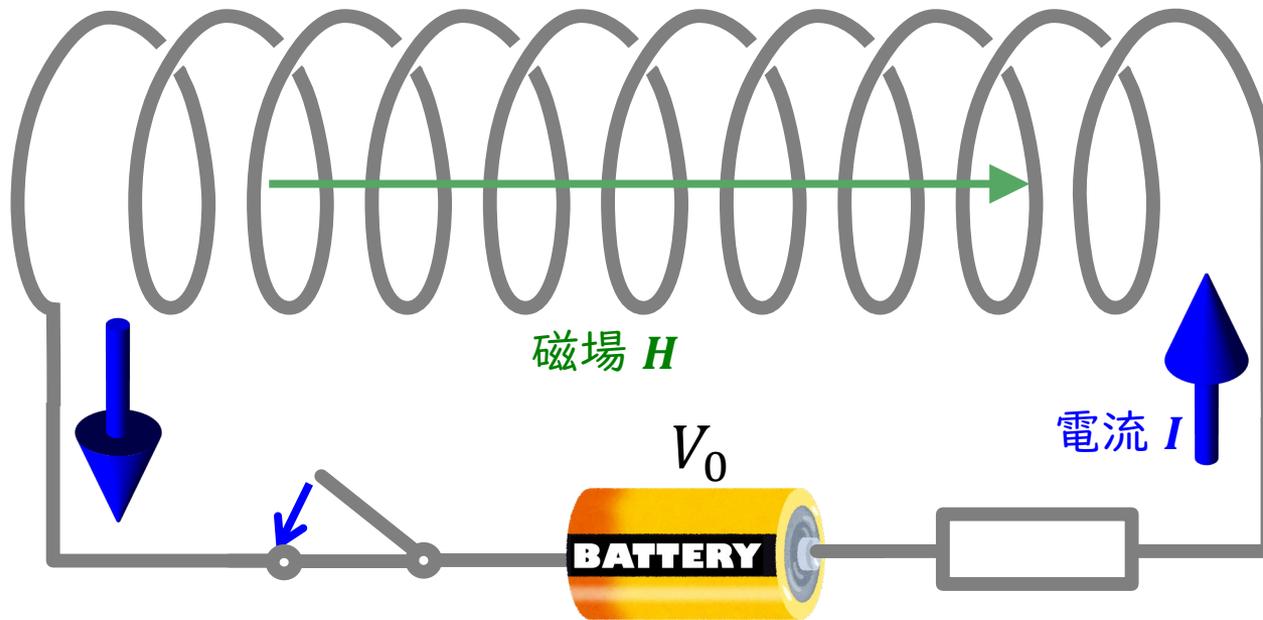
蛍光
スクリーン

演習2 相互誘導



コイル1に20Aの電流を流し、これを1/100 [s]の間に一様に減らして0にしたとき、コイル2に0.2Vの起電力が生じた。相互インダクタンスはいくらか

自己インダクタンス

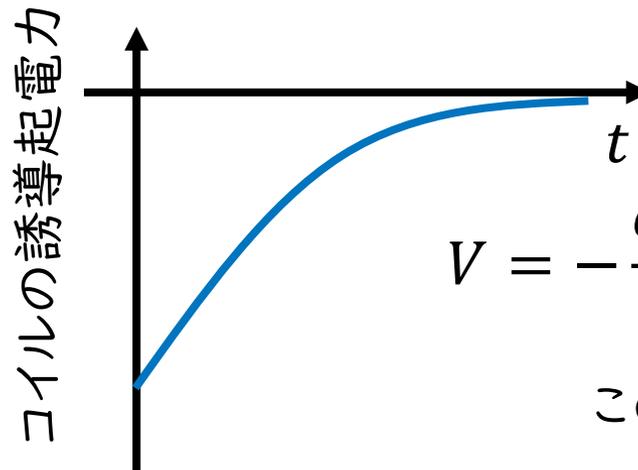
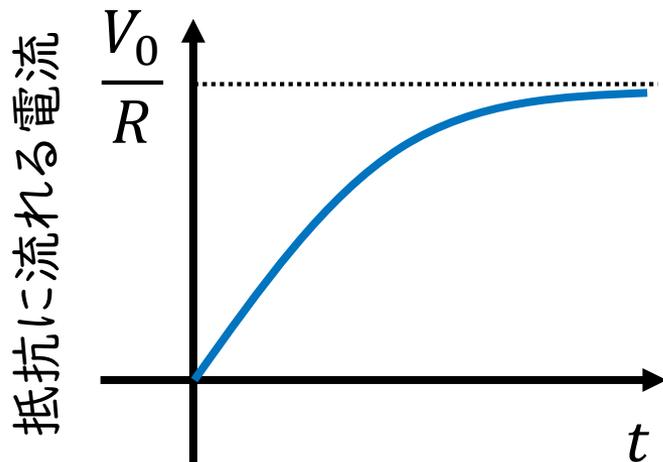


スイッチON

コイルに電流が流れると磁場が発生する

コイル内の磁束増加を妨げる方向(レンツの法則)に磁束が生じるように誘導起電力が生じる

誘導起電力によってコイルに流れる電流はゆっくりと上昇する



$$V = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

この比例定数 L を

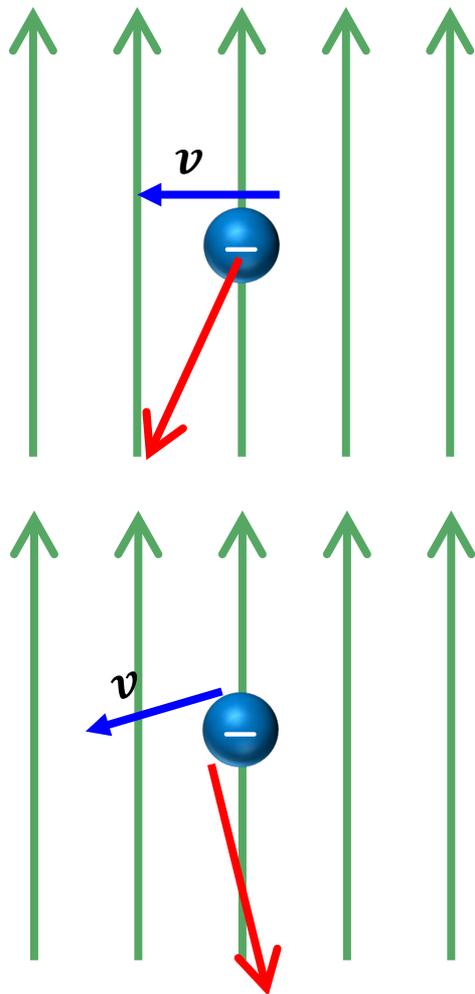
という

ローレンツ力

磁場中の荷電粒子にはたらく ローレンツ力

$$F = qv \times B$$

磁束密度 $B = \mu_0 H$



磁場中の電子が左方向に速度 v で少し動くと
電子にはローレンツ力がはたらく

$$F = -|q|v \times B$$

ローレンツ力の向きは _____ になる

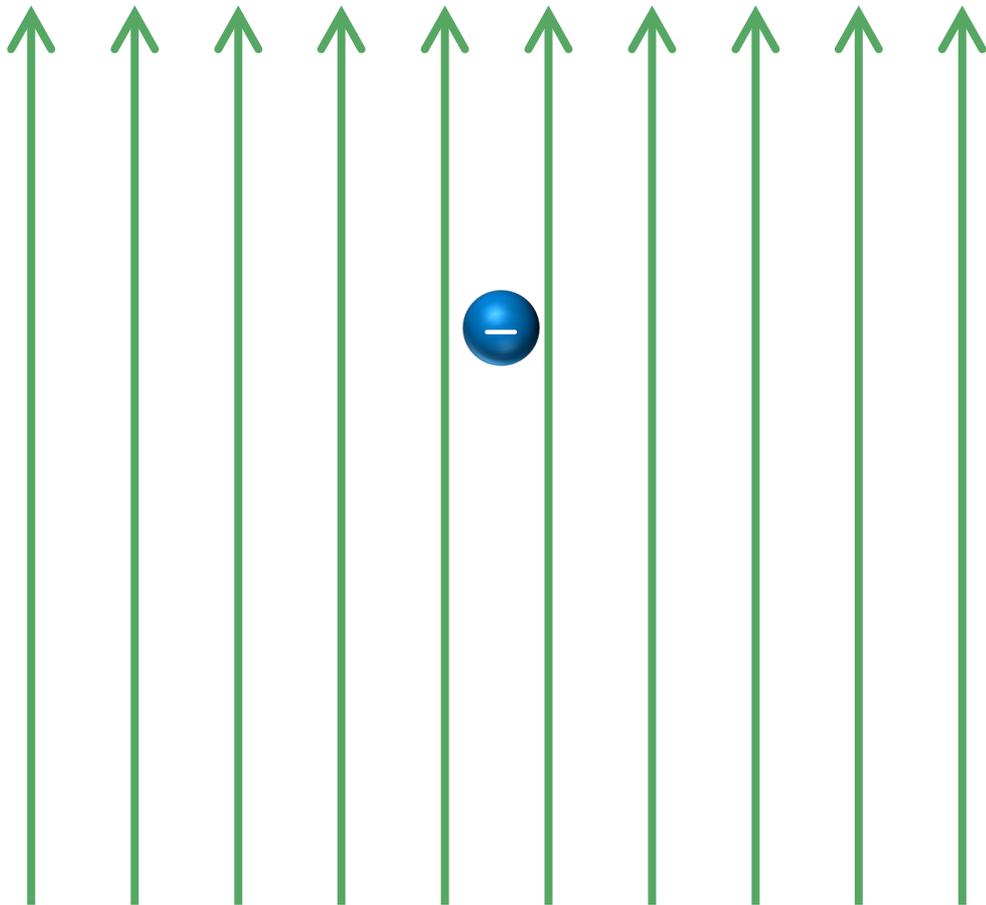
元々の左向きの電子はローレンツ力により
手前側に引っ張られ、

電子の移動方向が左向きから
少し手前になるとローレンツ力の向きも
少し右向きになる

これを繰り返すので

ローレンツ力

磁束密度 $B = \mu_0 H$



電子は円運動をする

運動方程式を立てると

よって回転半径は

となる。

演習3 ローレンツ力

鉛直上向きに磁束密度 0.50 T の一様な磁場中を陽子 (電荷: $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) が $2.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ の速度で東向きに運動している。陽子が磁場から受ける力の向きと大きさを求めなさい。

磁束密度 B

