

# 自然科学 II（物理学）

---

## 第 1 回

白倉 尚貴

# 授業スケジュール

## 教材

- 配付資料
- 教科書
  - 臨床検査学講座 物理学
  - 電気回路の範囲のみ

## 成績評価

- 期末試験

## 質問

- 授業終了後
- 質問用メールアドレス
- どんなことでも気軽に聞いてください！！

## 日程（全7回）

- 4/9 電流
- 4/16 直流回路
- 4/23 電磁誘導
- 5/7 交流回路1
- 5/14 交流回路2
- 5/21 過渡応答・定常状態
- 5/28 顕微鏡・分光

# 授業の情報

## 講義資料

- <http://naoki-sh.github.io/documents/physic>

## 質問

- 授業後
- メール
  - shirakuranaoki.se8(at mark)is.naist.jp
  - 名前を本文に入れる
  - PCからのメールが受信拒否になってないか確認

# 今回の授業

4/10 電流 (教科書 p.103-107)

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

# 今回の授業

## 4/10 電流

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

# 電流と抵抗とオームの法則

## 電流の定義

1秒間に1クーロン [C] の電荷  
が流れる電流 = 1アンペア[A]

電気は電子(負の電荷)や正孔  
(正の電荷)などの粒の動き  
として考えられる

電流 = 電荷の流れ

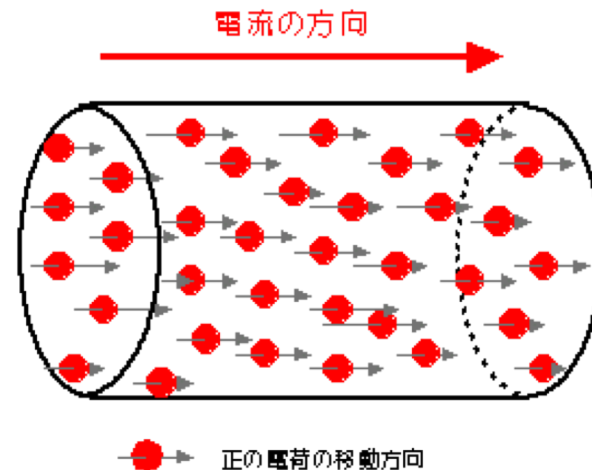


図. A - 3 - 3 電流の方向

# 電流と抵抗とオームの法則

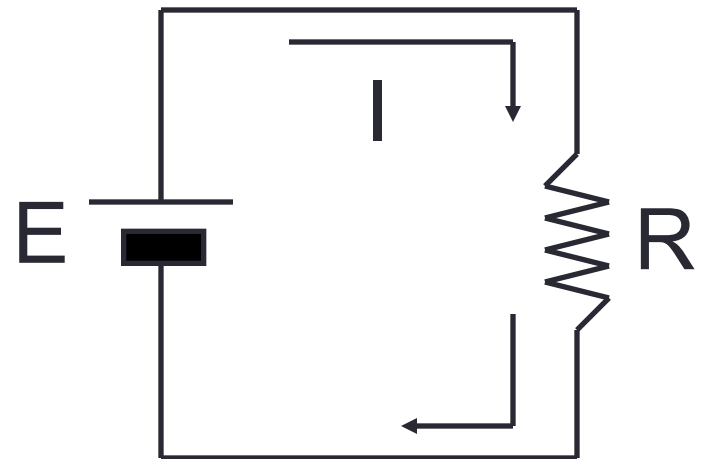
- ・ オームの法則

右図のように抵抗Rを接続すると、  
起電力E[ボルト:V]に対する  
電流I[アンペア:A]は

$$E = RI$$

この関係を **オームの法則** という

Rは導体の性質で決定  
単位は[オーム: $\Omega$ ]



# 電流と抵抗とオームの法則

- コンダクタンス

抵抗の逆数  $1/R$  を電気伝導率(コンダクタンス)といい、電気の流れやすさを示す

- 抵抗 $R$ の決定

導線の長さを $l$ 、導線の断面積を $S$ とすると

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho$ (ロー): 抵抗率[オームメートル:  $\Omega\text{m}$ ]

導線(導体)の種類によって決まる定数



# 今回の授業

## 4/10 電流

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

# 抵抗接続

右図の様に抵抗 $R_1$ と $R_2$ を接続することを**直列接続**という

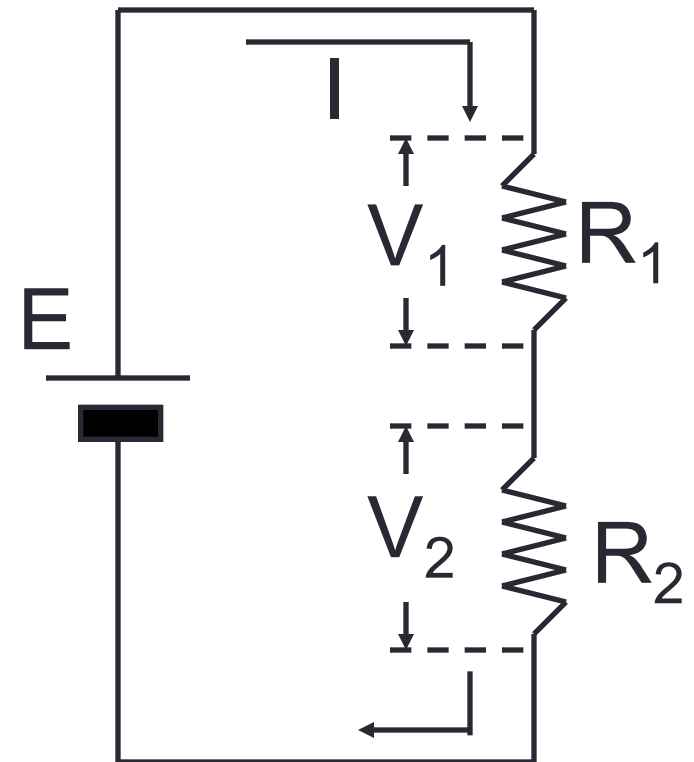
直列接続において、全抵抗は

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

起電力 $E$ は

$$\begin{aligned} E &= R_1 I + R_2 I + \dots + R_n I \\ &= V_1 + V_2 + \dots + V_n \end{aligned}$$

電池電圧 $E$ は各抵抗によって生ずる  
電圧降下の和

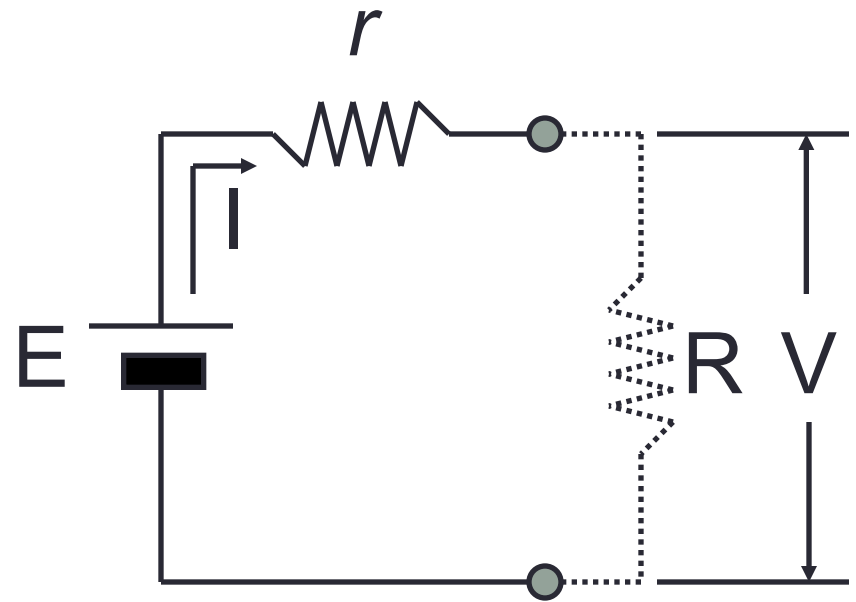


# 抵抗接続

右図の様な回路の出力電圧  $V$  は、抵抗に流れる電流を  $I$  とすると

$$V = E - rI$$

通常電池から抵抗  $R$  の到達するまでの導線などの抵抗を  $r$  としてあらわし、**内部抵抗** とよぶ



# 抵抗接続

右図の様に抵抗 $R_1$ と $R_2$ を接続することを **並列接続** という

各抵抗に流れる電圧は $E$ で  
各抵抗に流れる電流は

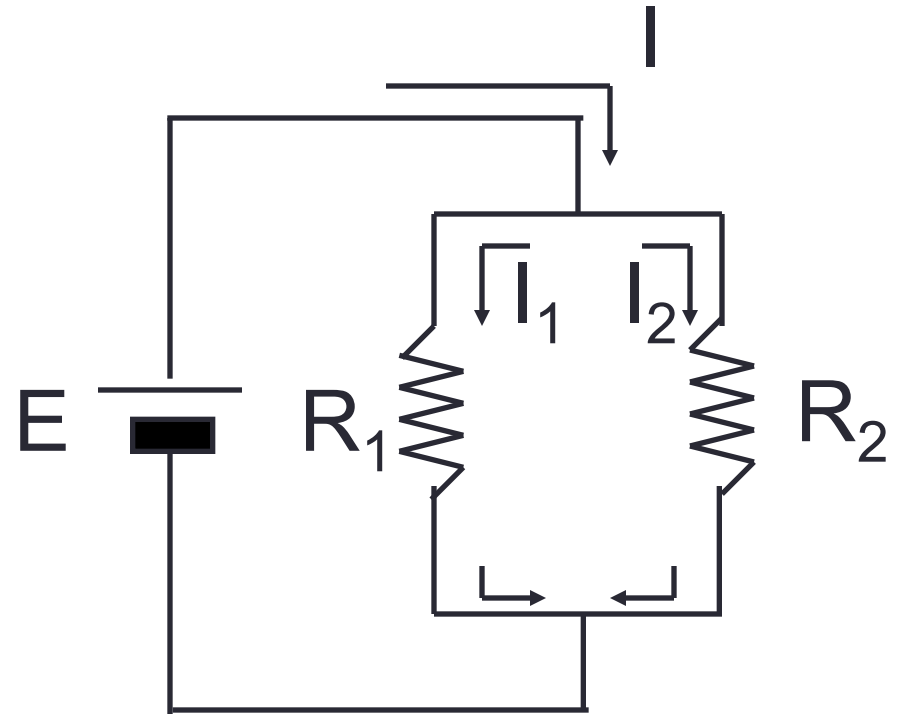
$$I_1 = E / R_1, \quad I_2 = E / R_2$$

回路全体の抵抗を $R$ とすると

$$E / R = E / R_1 + E / R_2 + \dots + E / R_n$$

すなわち

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n$$



# 今回の授業

## 4/10 電流

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

# 電力とジュール熱

抵抗 $R$ に電流 $I$ を流すと熱が発生するが、そのときの仕事の大きさ $P$ はワット[W]で表し、そこで消費される電力と等しい

$$P = RI^2 = VI \text{ [W]}$$

抵抗 $R$ に電流  $I$  を  $t$  秒間流すとジュール熱が発生する。  
したがって、 $W \times \text{秒}$ の単位がジュール[J]となる。

この単位は力学と共通であり、ジュールは力学では仕事量、ワットは力学では仕事率である。

# おさらい

オームの法則  $E = RI$

抵抗Rの決定  $R = \rho \frac{l}{S}$

直列接続の合成抵抗  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

内部抵抗を考慮した電圧  $V = E - rI$

並列接続の合成抵抗  $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$

電流が行う仕事の大きさ・電力  $P = RI^2 = VI [W]$

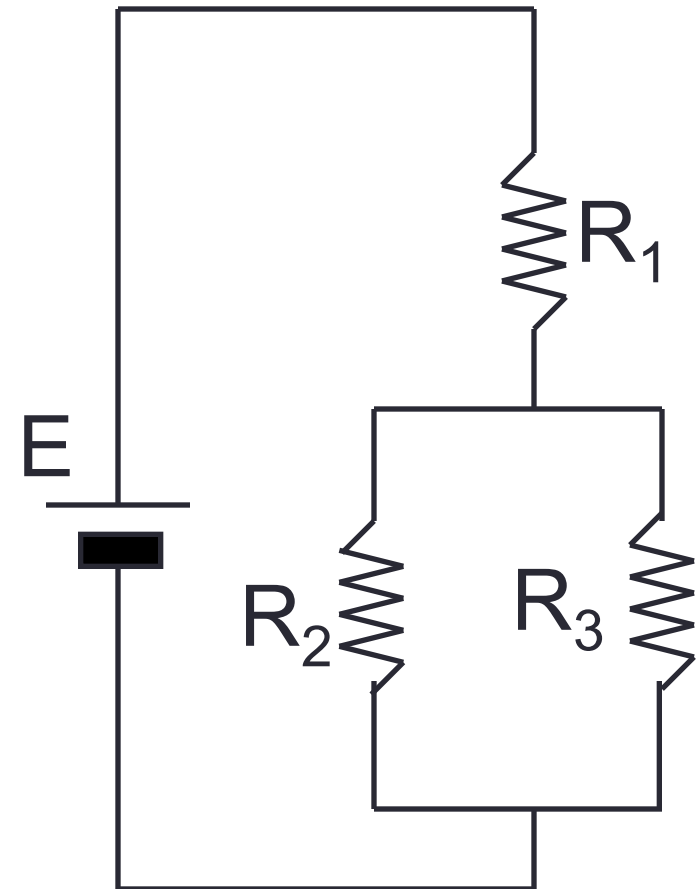
# 例題1

右図の様な回路を作成したときの  
全体の合成抵抗 $R$ を求めよ。

(抵抗の値は  
それぞれ $R_1=20, R_2=10, R_3=10[\Omega]$ )

また電池電圧を $E = 100\text{V}$ として、全  
体の電力 $P$ を求めよ。

(回路全体の電流 $I$ は、電池電圧 $E$ を  
合成抵抗 $R$ で割ることで求められる  
 $I = E / R$ )





# 例題1 解答

解答

$$R = R_1 + \{R_2 R_3 / (R_2 + R_3)\} = 20 + \{10 \times 10 / (10 + 10)\} \\ = 25 [\Omega]$$

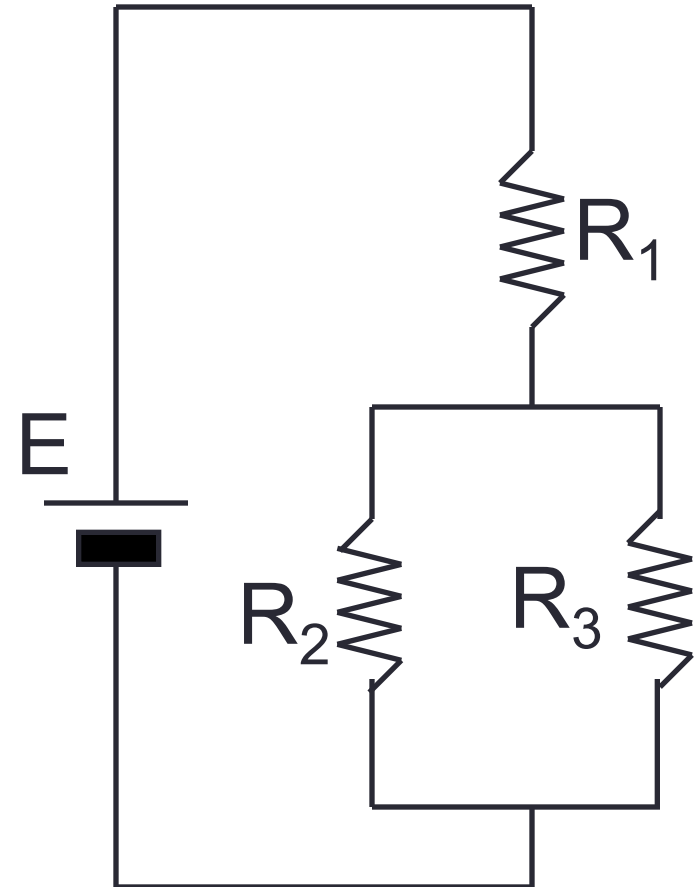
$$I = E / R = 100 / 25 = 4 [\text{A}]$$

$$P = I E = 4 \times 100 = 400 [\text{W}]$$

# 演習1

右図の様な回路を作成したときの  
全体の合成抵抗 $R$ を求めよう。(抵抗  
の値はそれぞれ $R_1=10, R_2=20, R_3 =$   
 $30[\Omega]$ )

また電池電圧を $E = 220\text{V}$ として、全  
体の電力 $P$ を求めよう。



# 演習1 解答

解答

$$R = R_1 + \{R_2 R_3 / (R_2 + R_3)\} = 10 + \{20 \times 30 / (20 + 30)\} \\ = 22 [\Omega]$$

$$I = E / R = 220 / 22 = 10 [\text{A}]$$

$$P = I E = 10 \times 220 = 2200 [\text{W}]$$

# 今回の授業

## 4/10 電流

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

# 電流と磁界

まっすぐな導線に電流Iを流す⇒  
図のような磁界(磁力線)が発生

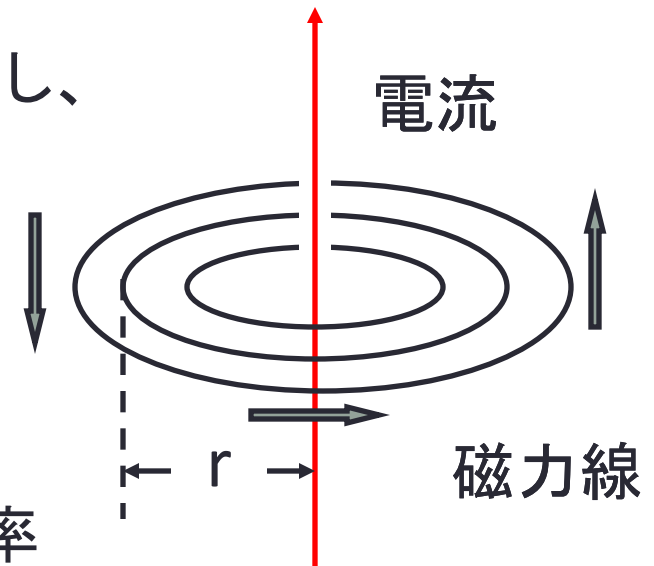
磁界の強さは導線からの距離rに反比例し、  
磁束密度をB[T:テスラ]とすると

$$B = k \frac{I}{r}$$

ここで  $k = \mu_0 / 2\pi$  であり

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$\mu_0$ : 真空中の透磁率



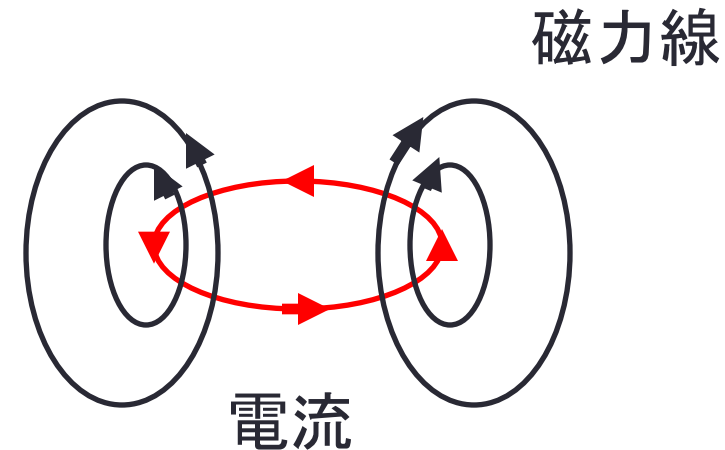
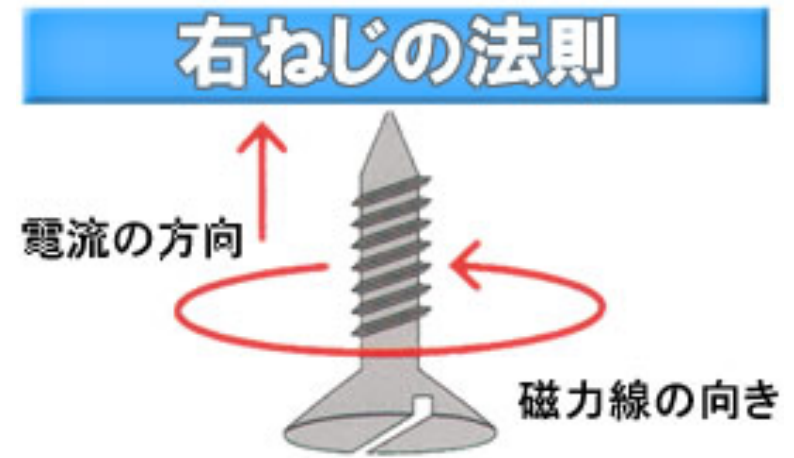
右図のような磁束密度の線を磁力線と言う。

# 電流と磁界

電流によって発生する磁束密度の方向は、**右ネジの法則**に従う

一方、右下図の様に1つの円形導線に電流を流すと生じる磁力線は図のようになる

この場合、導線の外部より内部のほうが磁界は強くなっている。



# 今回の授業

## 4/10 電流

- 電流と抵抗とオームの法則
- 抵抗接続
- 電力とジュール熱
- 電流と磁界
- 電流が受ける力

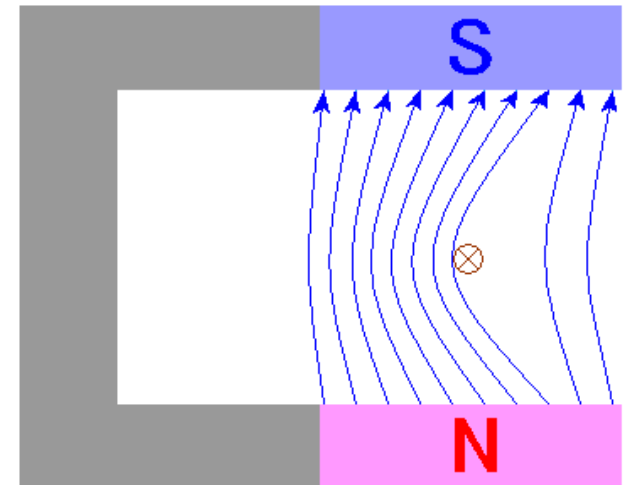
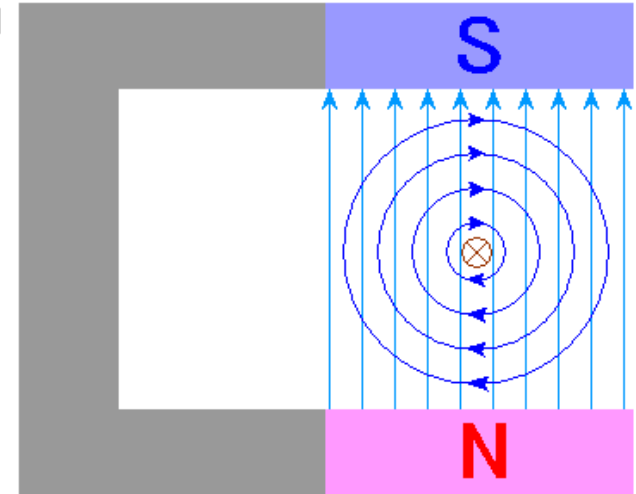
# 電流が受ける力

右図の様に磁石の間に電流を流す  
⇒図の様に磁力線発生

同じ方向の磁力線⇒強めあう  
反対方向の磁力線⇒弱めあう

右下図の様に磁力線が変化  
磁力線が密な左から疎な右へ  
電流は力を受ける

(C)図





# 電流が受ける力

右下図で示す様に、力、磁界、電流の向きがそれぞれ親指、人差し指、中指を垂直になるように曲げた方向に向けた時と等しくなる。

これを **フレミングの左手の法則** という

電流に働く力は導線に流れる電流が大きいほど、また磁石の磁界が強いほど大きい

力の向き

磁界の向き



電流の向き

# おさらい

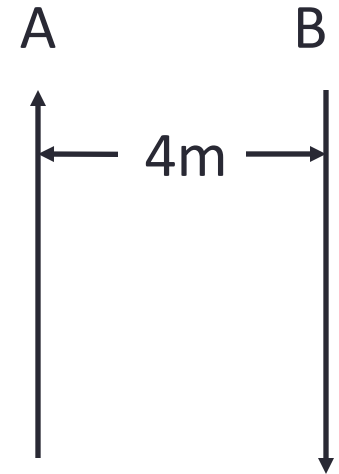
磁束密度  $B = k \frac{I}{r}$

磁束密度の定数  $k = \mu_0 / 2\pi$

定数を代入した磁束密度  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

## 例題2

上方向に流れる電流A:10[A]と下方向に流れる電流B:20[A]が距離 4m離れて置かれている。



(1)電流Aが電流Bの位置につくる磁束密度Bの大きさはいくらか。向きは紙面奥、手前どちらの方向か。透磁率 $\mu_0$ と $\pi$ の記号を解答中に用いて良い。

(2)二つの電流に働く力の向きはどちらか。

ヒント:(2)はそれぞれの電流とその場所の磁界の向きからフレミングの左手の法則を用いる

## 例題2の解答

(1) 電流A が電流Bの場所につくる磁束密度

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2 \pi r} = \mu_0 \times 10 / (2 \times \pi \times 4) \\ &= 1.25 \mu_0 / \pi \end{aligned}$$

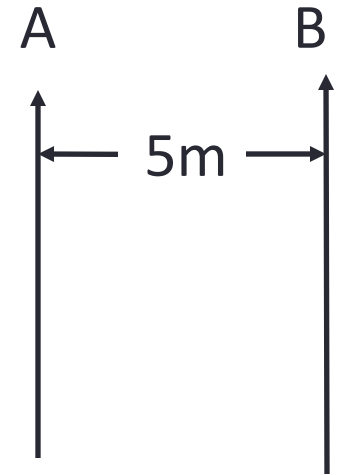
右ねじの法則より紙面奥方向に働く

(2) お互いの電流がつくる磁界はどちらも紙面奥に向かう

フレミングの左手の法則より二つの間には遠ざかる力が働く

## 演習2

上方向に流れる電流A:20[A]と電流B:40[A]が距離 5m離れて置かれている。



(1)電流Aが電流Bの位置につくる磁束密度Bの大きさはいくらか。向きは紙面奥、手前どちらの方向か。

(2)二つの電流に働く力の向きはどちらか。透磁率 $\mu_0$ と $\pi$ の記号を解答中に用いてよいこととする。

## 演習2の解答

- (1) 電流A が電流Bの場所につくる磁束密度  
右ねじの法則より紙面奥方向に働く

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r} = \mu_0 \times 20 / (2 \times \pi \times 5)$$

$$= 2 \mu_0 / \pi$$

- (2) 磁界はBの場所で紙面奥、Aの場所で紙面手前方向であるから、フレミングの左手の法則より二つの間は近づく力が働く