

授業予定(変更されたシラバス)

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

§ 6 電流

(つづき)

◇電力

(テキスト p.70～71)

電流は仕事をする。

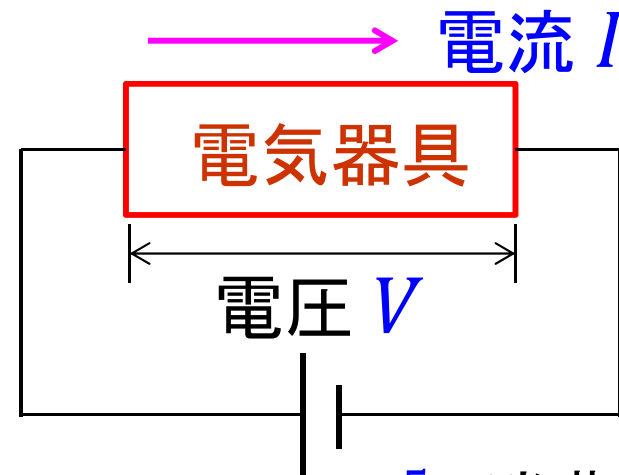
熱・光・力学的エネルギーなど
に変換して利用

60W(ワット)の電球

単位 $W = J/s$ は仕事率の単位

1時間つけっぱなし $\Rightarrow 60W \times 3600s = 2.16 \times 10^5 J$ 消費した

$$\boxed{\text{電力 } P = IV} \quad [W]$$



練習 抵抗値が 5.5Ω の導体に, $110V$ の電圧を加えた。

①流れる電流 I は? ②導体の消費電力 P は?

$$\textcircled{1} I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ V}}{5.5 \Omega} = 20 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} P = IV = 20 \text{ A} \times 110 \text{ V} = 2200 \text{ W}$$

◇電力

(テキスト p.70～71)

$$\text{電力 } P = IV$$

[W]

Δt 秒 $\longrightarrow$ 電流 I

Δt 秒間に強さ I の電流が流れた。
通過した電気量 q は？

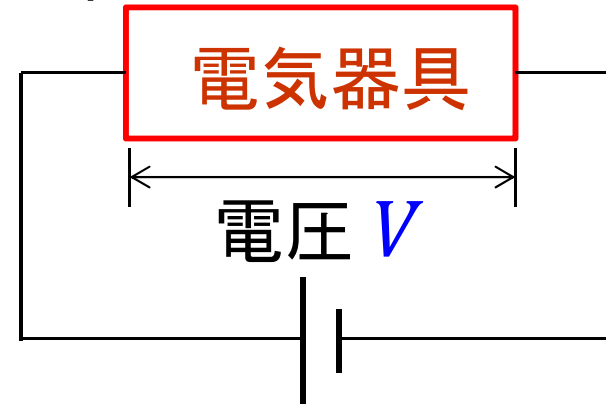
$$q = I\Delta t$$

電気がした仕事 W は？ $\Rightarrow$ 電流は W だけ仕事をする。

$$W = qV = I\Delta t \cdot V$$

電流がした仕事率 P は？

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{I\Delta t \cdot V}{\Delta t} = IV$$



◇電力

(テキスト p.71)

$$\text{電力 } P = IV \quad [\text{W}]$$

導体に電流を流すと熱を発生する。

ジュール熱

電気ヒーターの原理

送電のとき，送電線での発熱は無駄なエネルギー消費

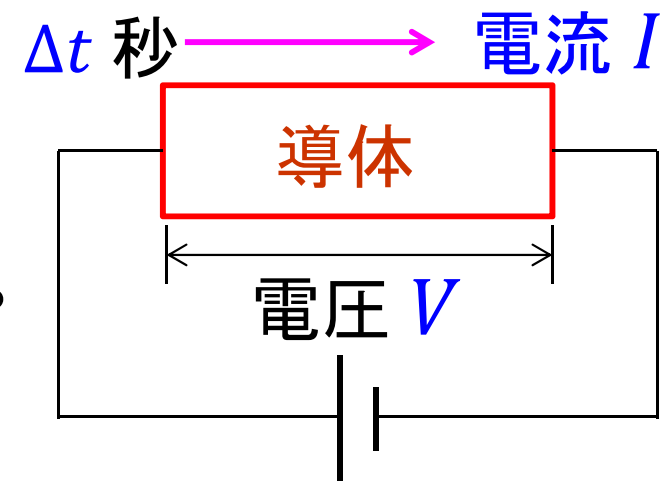
電流を Δt 秒間流したときの発熱量 Q [J]

$$Q = P\Delta t = IV \cdot \Delta t$$

練習 抵抗値 5.5Ω の導体に， 110V の電圧を加えたときの消費電力は 2200W であった。

5分間電圧を加え続けたとき発生するジュール熱は？

$$Q = P\Delta t = 2200\text{W} \times 300\text{s} = 6.6 \times 10^5 \text{J}$$



◇電力

(テキスト p.69)

$$\text{ジュール熱 } Q = P\Delta t = IV \cdot \Delta t \quad [\text{J}]$$

自由電子の運動から
ジュール熱 Q を考えよう

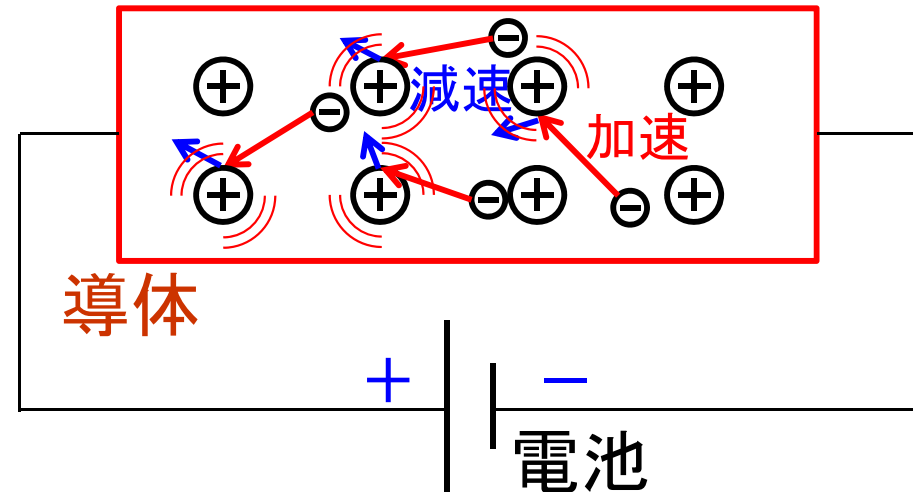
導体に電圧を加える
(電気エネルギー)

自由電子が**加速**される
(運動エネルギー)

自由電子が陽イオンと**衝突**
(電流が導体に**仕事**をする)

陽イオンが**振動**
(ジュール**熱**の発生)

熱と仕事・エネルギーの関係は、基礎物理Bで詳しく学ぶ



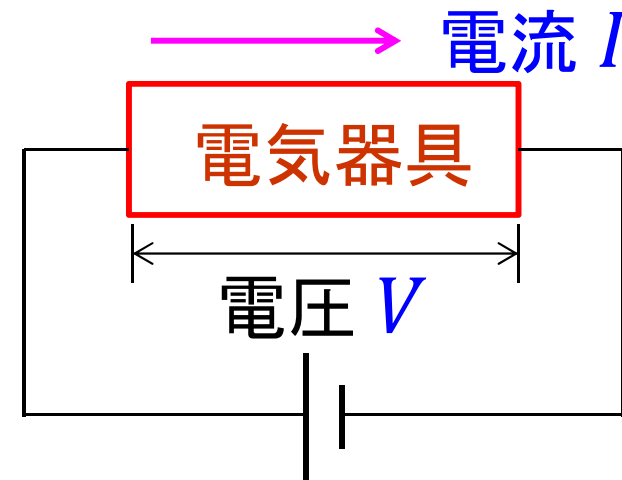
◇電力

(テキスト p.68～69)

電流は仕事をする。

熱・光・力学的エネルギーなど
に変換して利用

$$\text{電力 } P = IV \quad [\text{W}]$$



電流50Aの契約で100Vの電気を使っている家庭は、最大何ワット[W]までの電気製品を使えるか？

電気料金の請求書にある[kWh] (キロワット時)は何の単位か？

電気製品のカタログを見たら、
600W(ワット)の電子レンジの消費電力が1200Wだった。
この違いは何？ 電気代に関係するのはどちら？

◇電流と自由電子の運動の関係 (テキスト p.70～71)

自由電子の
電気量 $-e$

平均の速さ v

通過したのは
何[C]?

導体

電流 I 断面積

S

$v \times (1 \text{ s})$

数密度 $n [\text{m}^{-3}]$

: 単位体積 (1 m^3) あたりに含まれる自由電子の個数

1秒間に断面積を通過した(自由電子が占める)体積

$$S \times v \times (1 \text{ s})$$

1秒間に通過した自由電子の個数 $N = n \times vS$

電流の強さ = 1秒間に通過した電気量 $I = eN = envS$

電流の強さ

$$I = envS$$

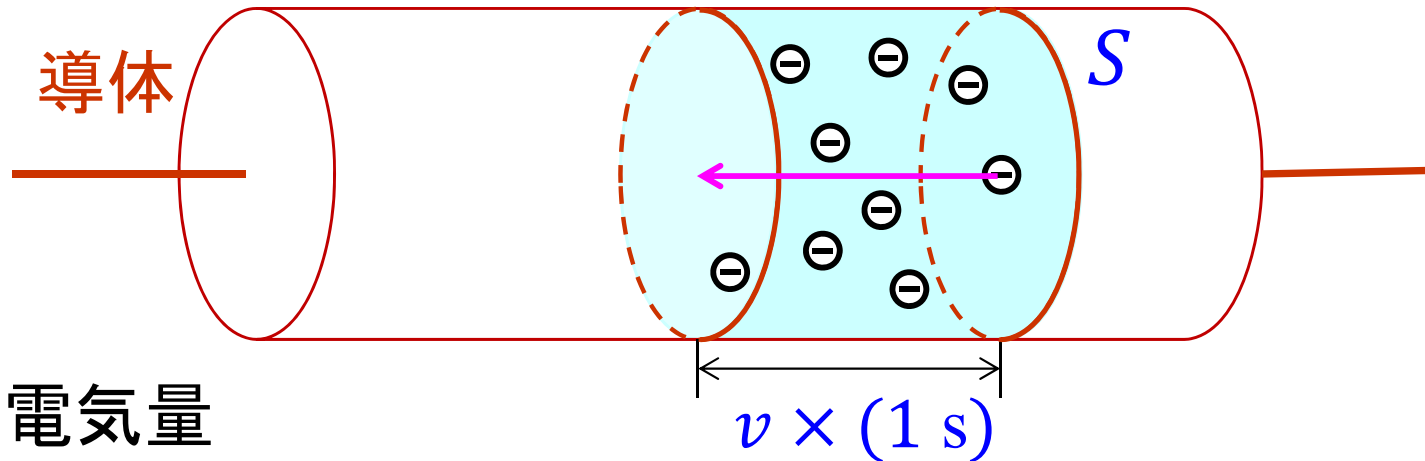
◇電流と自由電子の運動の関係 (テキスト p.70～71)

電流の強さ

$$I = envS$$

電流 I

断面積



自由電子の電気量

$$-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

銅の数密度を $n = 8.4 \times 10^{28} [\text{m}^{-3}]$ とする。

断面積 1.0 mm^2 , 長さ 2.0 m の銅線に 20 A の電流が流れている。自由電子の平均の速さ v を求めよ。

$$I = envS \text{ より } v = I/(enS)$$

$$v = \frac{20 \text{ A}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 8.4 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \times 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 1.5 \times 10^{-3} [\text{m/s}]$$

◇直列接続と並列接続

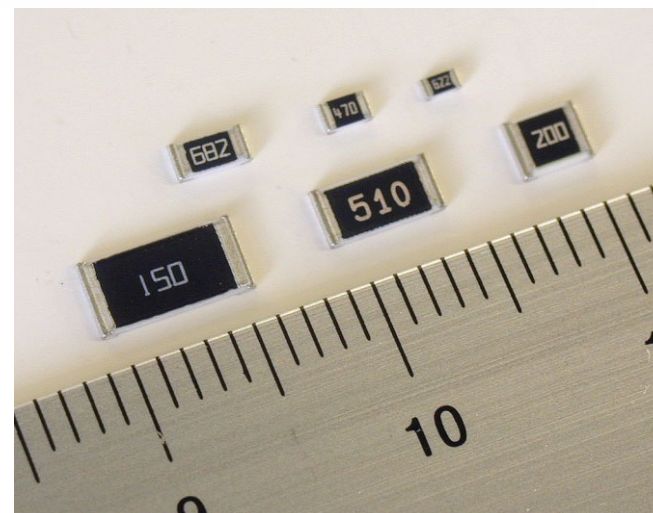
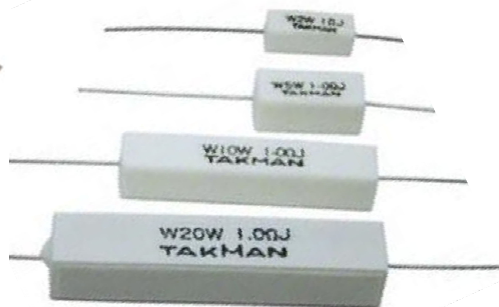
(テキスト p.72～73)

オームの法則

$$V = RI$$

抵抗器(抵抗)

回路記号:



◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72～73)

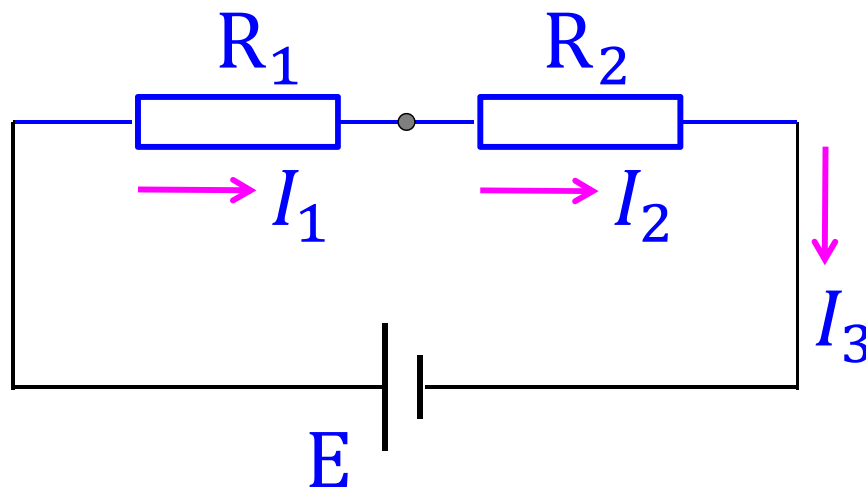
オームの法則

$$V = RI$$

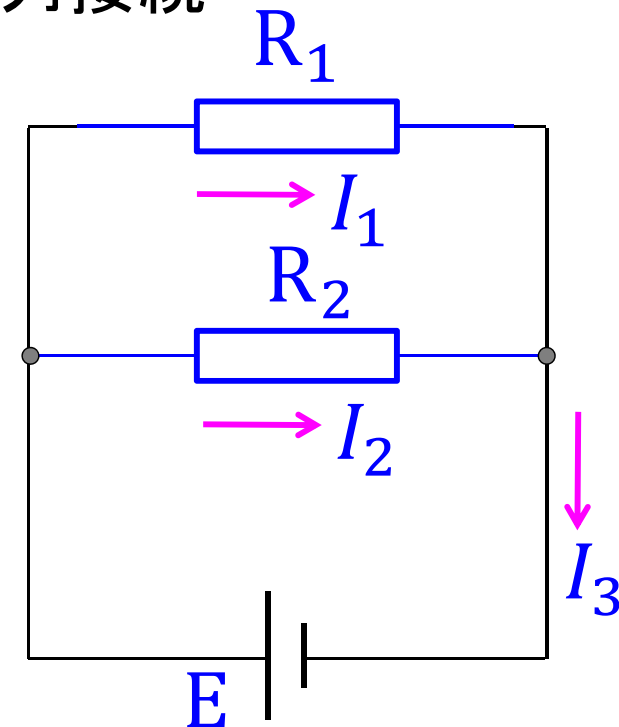
抵抗器(抵抗)

回路記号: 

直列接続



並列接続



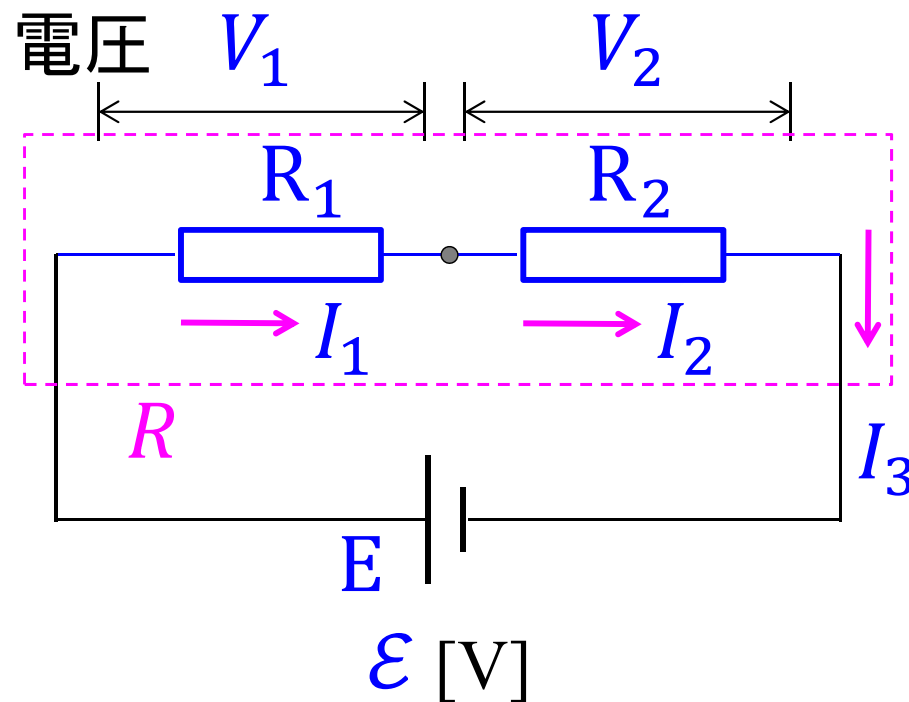
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72～73)

オームの法則

$$V = RI$$

直列接続



電流について

$$I_1 = I_2 = I_3$$

の関係が成り立つ。

オームの法則より

$$V_1 = R_1 I_1, V_2 = R_2 I_2$$

電圧について

$$\mathcal{E} = V_1 + V_2$$

の関係が成り立つ。

したがって,

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= R_1 I_1 + R_2 I_2 \\ &= (R_1 + R_2) I_3 \\ &= R I_3\end{aligned}$$

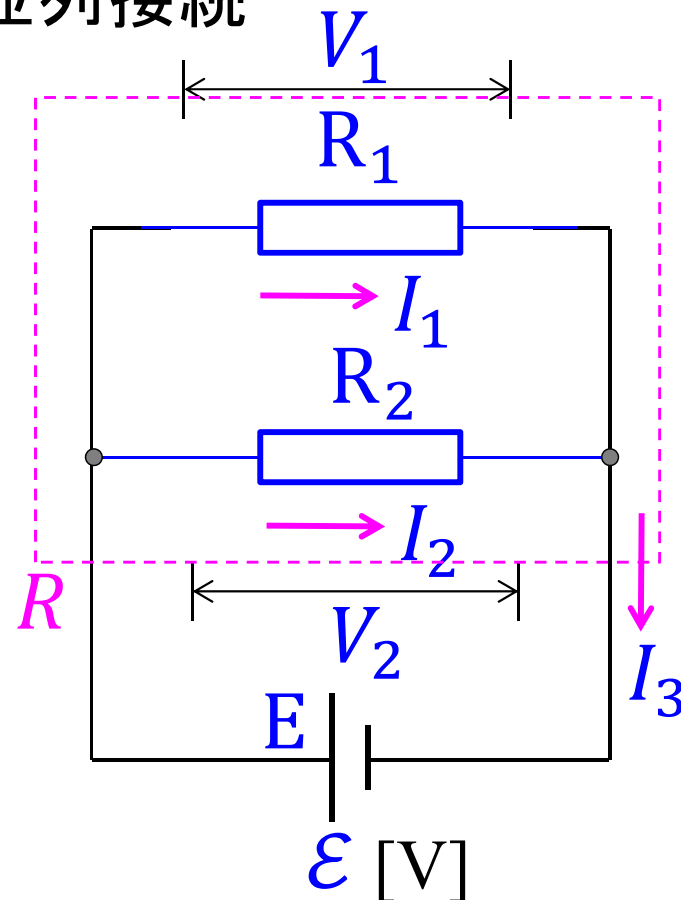
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72～73)

オームの法則

$$V = RI$$

並列接続



電流について

$$I_3 = I_1 + I_2$$

の関係が成り立つ。

オームの法則より

$$V_1 = R_1 I_1, V_2 = R_2 I_2$$

電圧について

$$\mathcal{E} = V_1 = V_2$$

の関係が成り立つ。

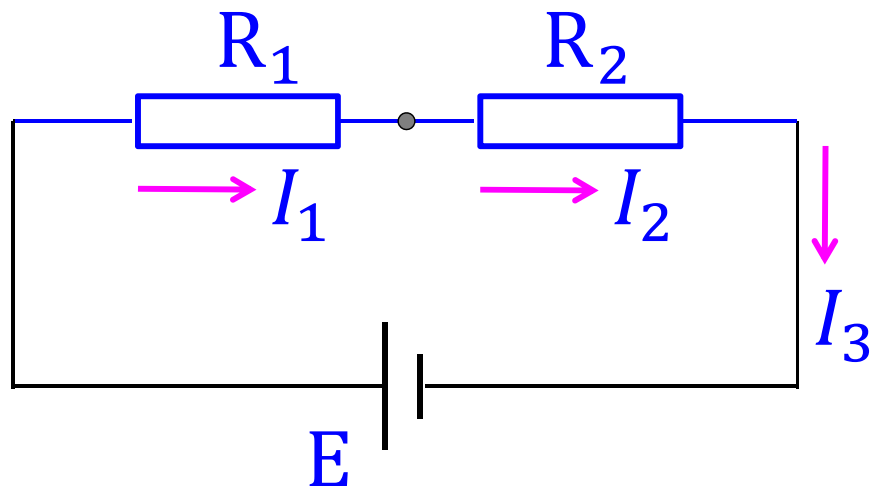
したがって,

$$\begin{aligned} I_3 &= V_1/R_1 + V_2/R_2 \\ &= \mathcal{E} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \mathcal{E} \frac{1}{R} \end{aligned}$$

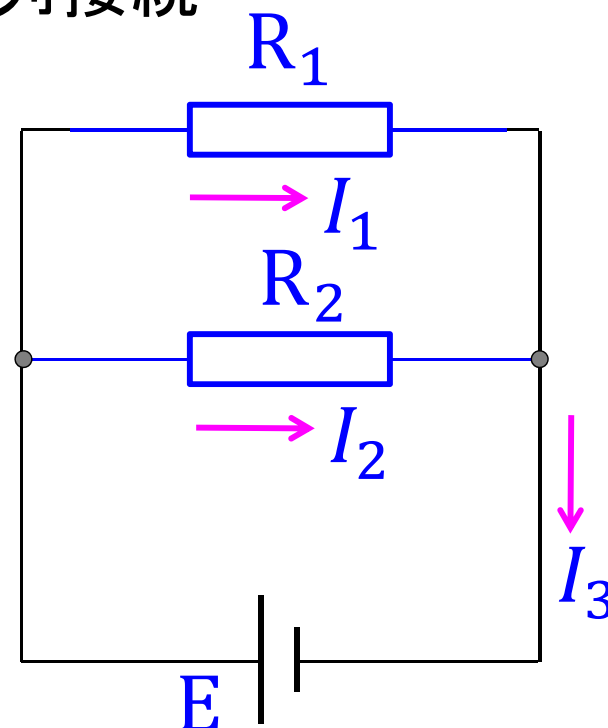
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72～73)

直列接続



並列接続



$$R_1 = 40.0 \, \Omega, \quad R_2 = 10.0 \, \Omega, \quad \mathcal{E} = 100 \text{ V}$$

とする。それぞれの回路で I_1 , I_2 , I_3 を求めよ。

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9回目 電流が作る磁場1

今日の授業の目的

- 磁場の定義式より, 磁場と磁気力の関係を理解する.
- 磁力線と磁場の対応関係を理解する.
- 直線電流が作る磁場.

§ 7 磁場

◇磁気力と磁荷

(テキスト p80～81)

磁石

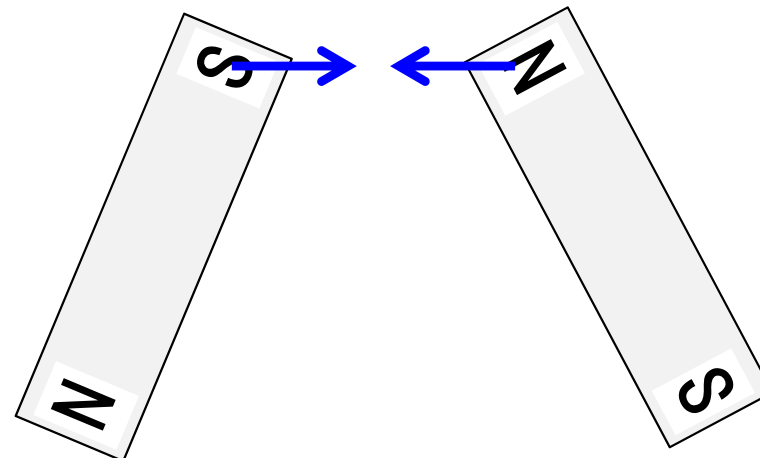
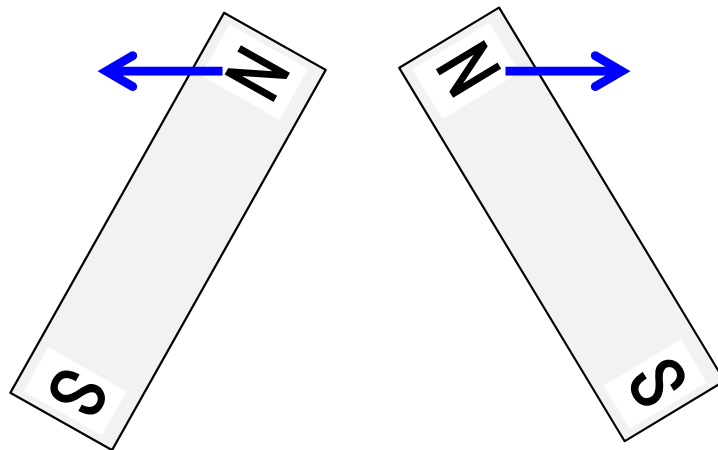


磁極 N極 ⇒ 正極
S極 ⇒ 負極

※この対応関係は覚える

同種の磁極を近づけると斥力
異種の磁極を近づけると引力

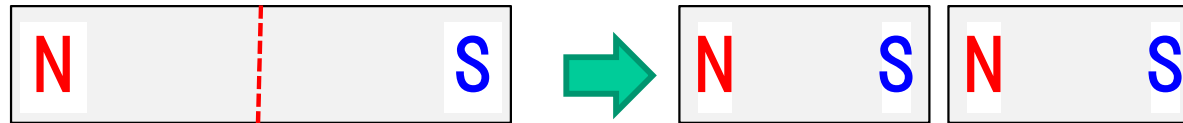
地球は大きな磁石
N極はどこ？



◇磁気力と磁荷

(テキスト p80～81)

単独の磁極は存在しない ※電気と異なる点



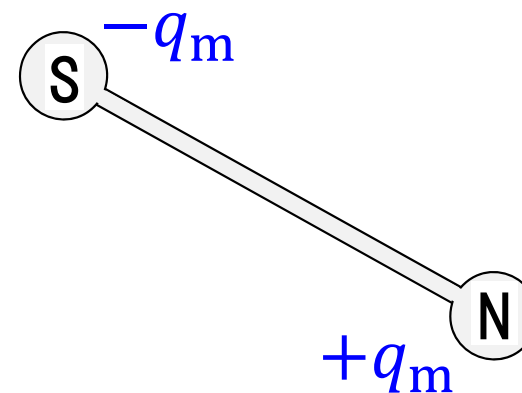
単独の電荷は存在する



正電荷 負電荷

単独磁極(点磁荷)の代用
⇒十分に細長い棒磁石

磁気量または磁荷 q_m
単位: Wb(ウェーバー)



◇磁気力と磁荷

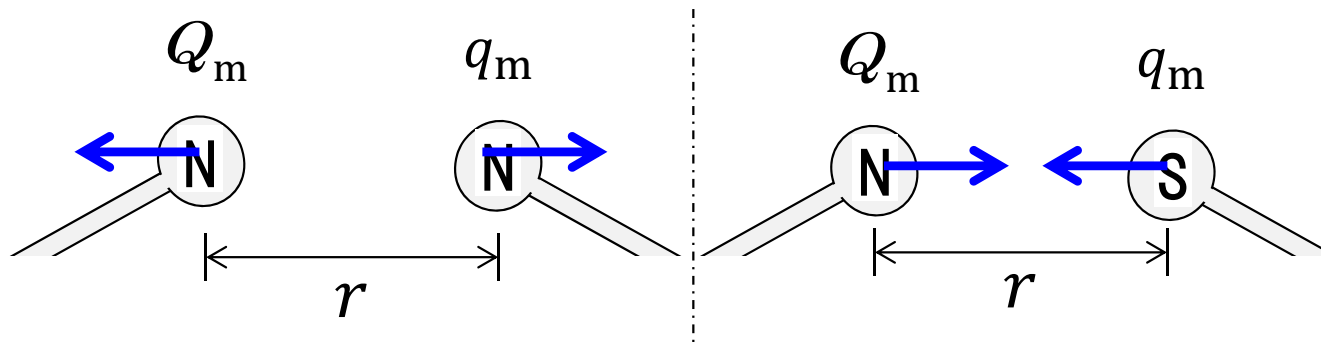
(テキスト p80～81)

磁気力に関するクーロンの法則

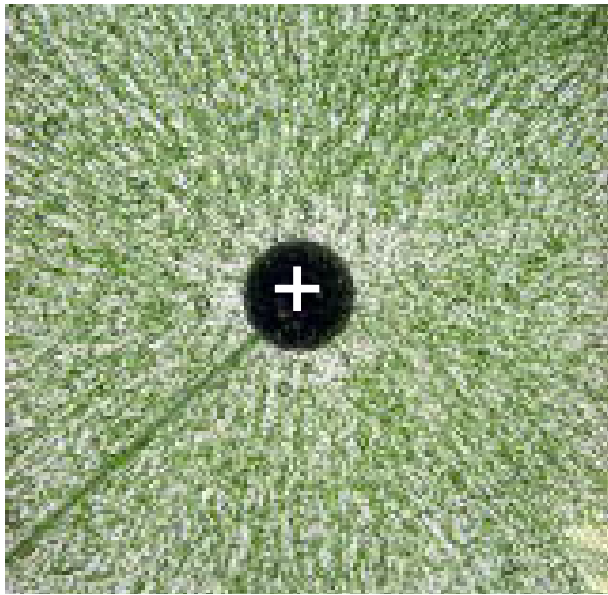
$$F_m = \left| k_m \frac{Q_m q_m}{r^2} \right| \text{ [N]}$$

※電気と対応させて理解

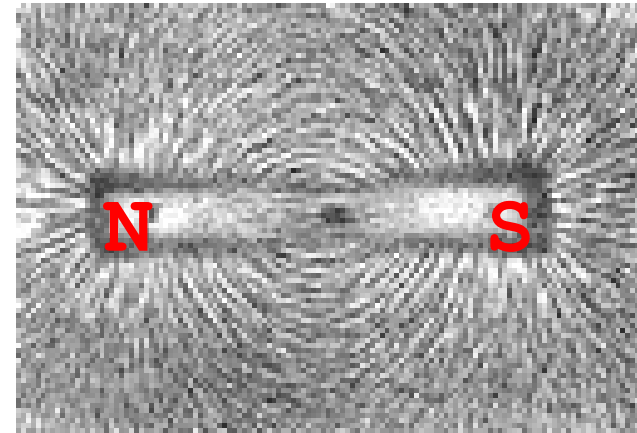
真空中の定数 $k_{m0} = 6.33 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Wb}^2$



なぜ電場・磁場を思いついたか？



帯電した電極の周りに
糸状に並ぶ小さな種



磁石のまわりに
振りかけた砂鉄

→ 種や砂鉄を取り除いても、電荷や磁石のまわりに
糸状の何かは残る とファラデーは考えた

◇磁場と磁力線

(テキスト p82～84)

磁石(磁荷)のまわりには磁場ができる。

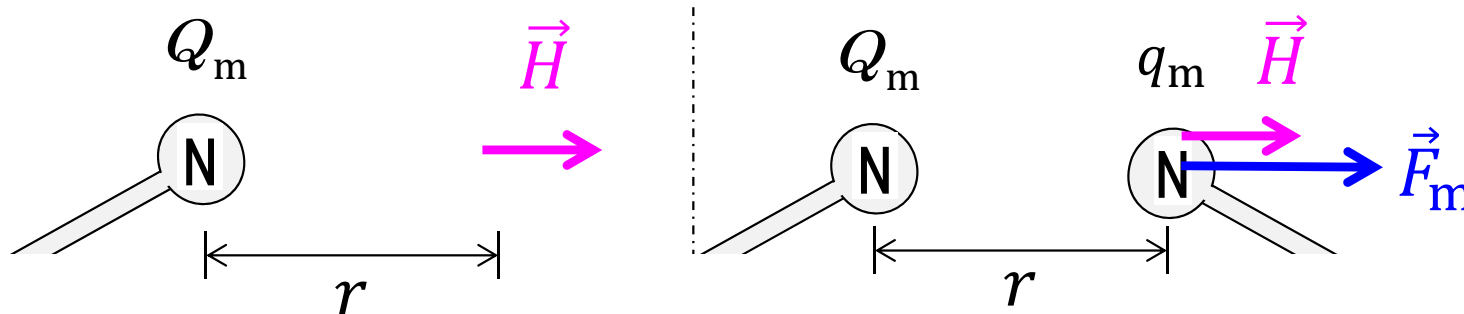
⇒ 磁場中に置かれた磁荷は磁場から力を受ける。

＜近接作用＞

$$\vec{F}_m = q_m \vec{H} \quad [\text{N}]$$

※電気と対応させて理解

$\vec{H}$: 磁場ベクトル(磁場) 単位 N/Wb



◇磁場と磁力線

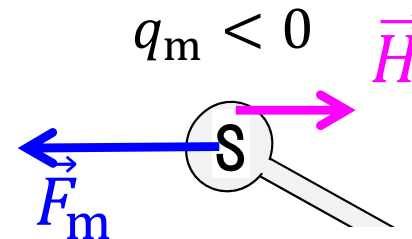
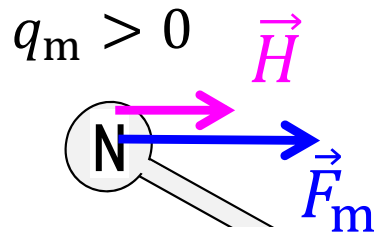
(テキスト p82～84)

磁場の定義式

$$\vec{F}_m = q_m \vec{H} \quad [\text{N}]$$

※電気と対応させて理解

ベクトルの定数倍(スカラー倍)の式



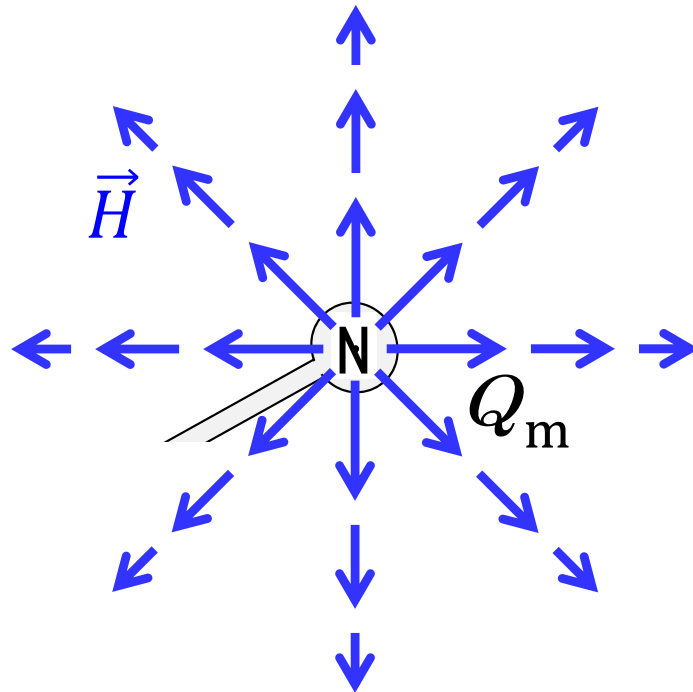
◇ 磁力線

(テキスト p.83～84)

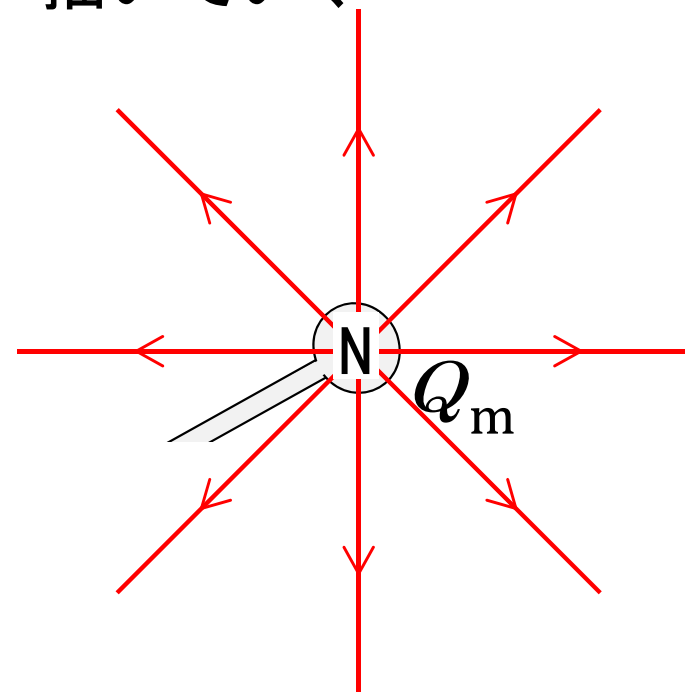
正磁荷 $Q_m > 0$ の周りを
埋め尽くす磁場ベクトル



各点での磁場の矢印に
沿って向き付きの曲線を
描いていく



矢印をたくさん描く
必要がある



磁場の様子を見やすく表せる
⇒ 磁力線

◇ 磁力線

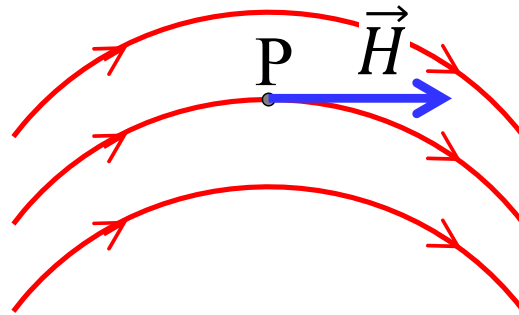
(テキスト p.83～84)

磁力線と磁場(ベクトル)の対応関係

一般に磁力線は曲線となる。

磁力線が描かれているとき、

磁場 $\vec{H}$ はどのようなベクトルになるか

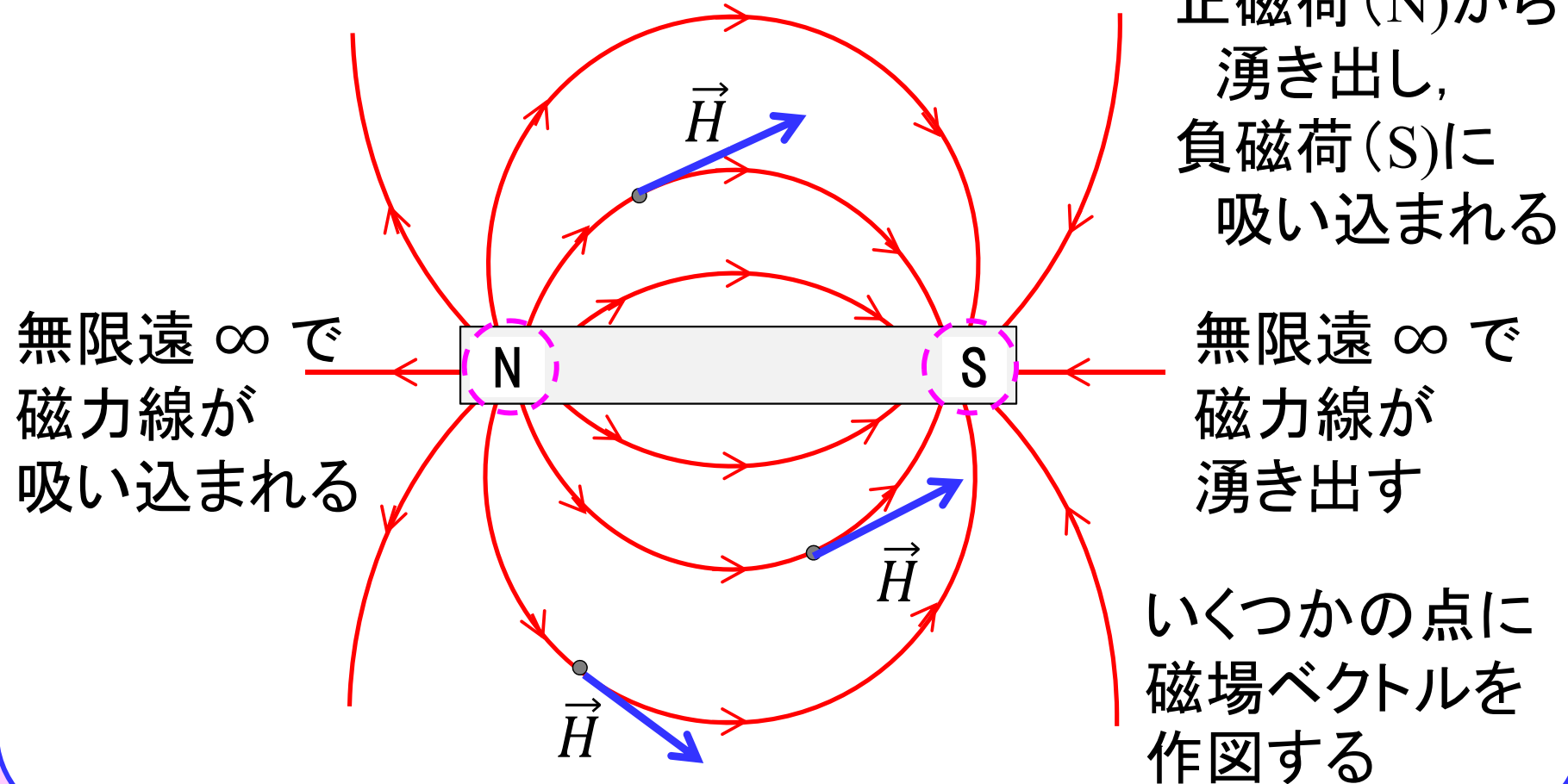


磁力線は、その線上の各点で
磁場 $\vec{H}$ に接するように描かれている

◇ いろいろな状況での磁力線

(テキスト p.83～84)

練習 棒磁石のまわりの磁力線

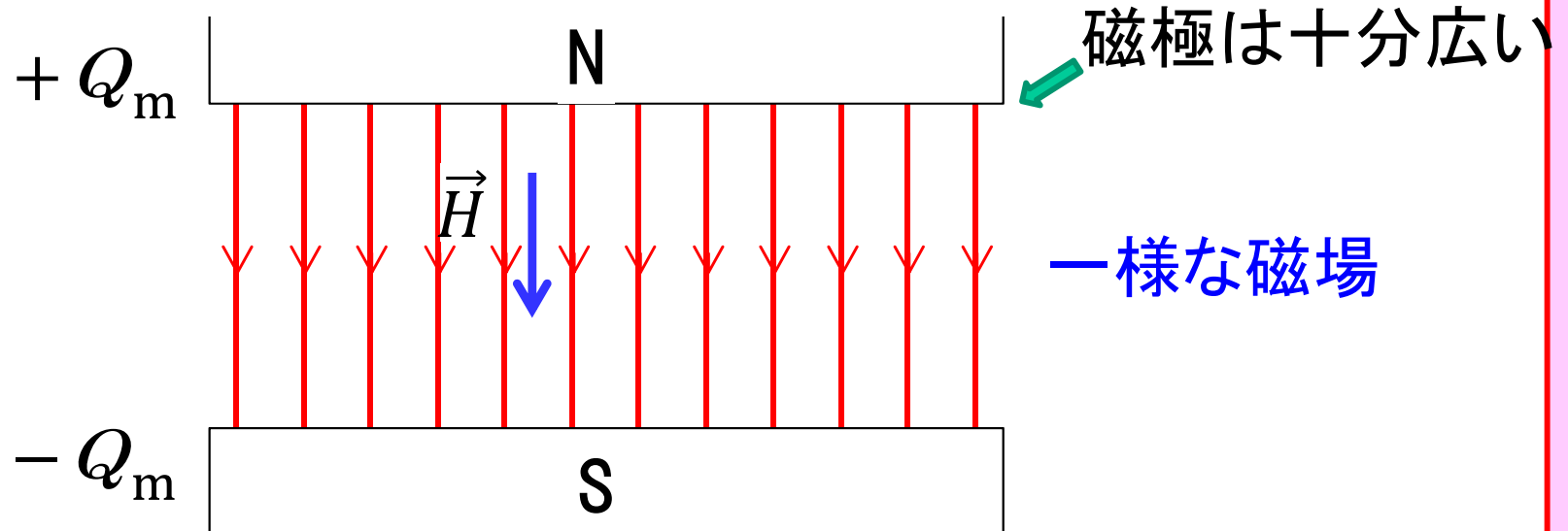


磁力線を描くときのコツは水の流れをイメージして磁力線を引いていくこと

◇いろいろな状況での磁力線

(テキスト p.83～84)

[練習] 2枚の平板の形をしたN極とS極を向い合わせる



正磁荷の平板から負磁荷の平板に向かって、
平板磁極と垂直に等間隔で磁力線が並んでいる。
平板磁極の間にのみ磁力線ができる。

- ・レポート問題（解答用紙付き）
を必ず持って帰ること