

[第 10 回目] マックスウエル方程式と電磁波

考える内容

- 電磁気の基本法則のまとめ
物理用語

- 変位電流 (密度) $i_d = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$

今日の授業の目標

マックスウエル方程式

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \operatorname{div} \mathbf{B} &= 0 \\ \operatorname{rot} \mathbf{B} &= \mu_0 \left(\mathbf{i} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \end{aligned}$$

他に

$$\begin{aligned} &\text{電場・磁場の定義} \\ &\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \\ &\text{電荷の保存則} \\ &\operatorname{div} \mathbf{i} = - \frac{\partial \rho}{\partial t} \end{aligned}$$

ニュートン力学 (運動方程式) と両立しない 特殊相対性理論 [統合]

電磁波 = 電磁場の変化は波として伝わる (「場」という新しい実在の発見)

$$\text{電磁波の速さ} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s} = \text{光速}$$

問い 「光は、波か粒子か？」

光は波 (電磁波) である

(しかし、それで完全な答えか?) 量子力学 [光量子]

次回予定 [第 11 回目] 光電効果と光量子 (教科書 160 ページまで)

レポート問題 第 10 回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること!

マックスウエル方程式の 4 つの式を書け。[教科書 141 ページの式 (5.51)(5.94)(5.123)(5.118)]

 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$ と $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ の数値を用いて光速 c を計算せよ。[教科書の式 (5.136) を参照] $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ の単位が、速度の単位 m/s となることを示せ。

電磁場の変化が空間を伝わっていく波を何というか。その種類を 3 つ以上あげよ。

電気と磁気のクーロンの法則はそれぞれ $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$, $F_m = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{q_m Q_m}{r^2}$ と表される。

ここで、電荷の単位 C と磁荷の単位 Wb は、独立には決められない。その理由はなにか。

解答用紙 学籍番号 _____ 氏名 _____

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること！

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{\quad \cdot \quad}} =$$

単位はそれぞれ, $[\epsilon_0] = \frac{C^2}{Nm^2}$, $[\mu_0] = \frac{N}{A^2}$ だから

$$\left[\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \right] = \frac{1}{\sqrt{\quad \cdot \quad}} =$$

種類

1 C の電荷量の大きさを定め、電荷量を C 単位で測ることに決める。距離 (長さ) r の単位は , 力 F_e の単位は と決まっているから、クーロンの法則 の

比例係数から、真空の誘電率 ϵ_0 の値は実験から決まる。 ϵ_0 の値が決まると光速 c の値は実験から定まるので、 の関係から、 μ_0 の値が決まる。 μ_0 の値が決まると

磁気についてのクーロンの法則 $F_m = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{q_m Q_m}{r^2}$ の が決まる。すると、

大きさが等しい2つの磁荷 q_m と Q_m を、距離 $r = 1m$ だけ離れたときに、 $F_m = \frac{1}{4\pi\mu_0}$ [N]の力が働く磁気量として、磁荷の単位量 1 Wb の大きさは決まってしまう。