

# マクスウェルの方程式 (演習問題)

v2.4 Dec.2020

凡例: ♣◇ 教科書 ♡ 演習書 ♠ 他文献

番号: \_\_\_\_\_ 氏名: \_\_\_\_\_

1. 静電界について次の問いに答えよ\*<sup>1</sup>。
  - (1) 静電界の定義を述べよ。
  - (2) 基本方程式を積分形で2つ挙げ、その意味を図を用いて説明せよ。
  - (3) 基本方程式を微分形で2つ挙げよ。
2. 静磁界について次の問いに答えよ\*<sup>2</sup>。
  - (1) 静磁界の定義を述べよ。
  - (2) 基本方程式を積分形で2つ挙げ、その意味を図を用いて説明せよ。
  - (3) 基本方程式を微分形で2つ挙げよ。
3. 電磁界について次の問いに答えよ\*<sup>3</sup>。
  - (1) 電磁界の定義を述べよ。
  - (2) 基本方程式を積分形で4つ挙げ、その意味を図を用いて説明せよ。
  - (3) 基本方程式を微分形で4つ挙げよ。
4. 積分形のマクスウェルの方程式から微分形のマクスウェルの方程式を導出せよ。ただし、ガウスの発散定理とストークスの定理は証明済みとして使用してよい。\*<sup>4</sup>。

5. 電磁波は空間3次元+時間1次元の問題である。このような問題を物理学では一般に何次元時空間問題と呼ぶか\*<sup>5</sup>。
6. アンペアの法則とアンペア-マクスウェルの法則の違いを述べよ\*<sup>6</sup>。
7. 保存場の性質とファラデーの法則の違いを述べよ。また、両者の違いをエネルギー保存の観点からも述べよ\*<sup>7</sup>。
8. 構成方程式(補助方程式)を3つ記述せよ\*<sup>8</sup>。
9. ♠ ガウスの発散定理とストークスの定理を証明せよ。\*<sup>9</sup>

## ★ 公式集

### 電磁界の基本方程式 (マクスウェルの方程式)

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s}, \quad \text{or} \quad \nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \left( \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{s}, \quad \text{or} \quad \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q, \quad \text{or} \quad \nabla \cdot \vec{D} = \rho, \quad (3)$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0, \quad \text{or} \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0, \quad (4)$$

\*<sup>1</sup> 答え: (1) 電界が時間的に変化しない場で、磁界は考えない。(2) 保存場の性質とガウスの法則(数式と図は略) (3) 略

\*<sup>2</sup> 答え: (1) 磁界が時間的に変化しない場で、電界は考えない。(2) アンペアの法則と磁束密度に関するガウスの法則(数式と図は略) (3) 略

\*<sup>3</sup> 答え: (1) 電界・磁界ともに時間的に変化する場。(2) ファラデーの法則, アンペア-マクスウェルの法則, ガウスの法則, 磁束密度に関するガウスの法則(数式と図は略) (3) 略

\*<sup>4</sup> 答え: 略

\*<sup>5</sup> 答え: 4次元時空

\*<sup>6</sup> 答え: 変位電流  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  を考慮しているかいないか。

\*<sup>7</sup> 答え: 磁束の時間変化を考慮しているかいないか。また、保存場では電氣的にする仕事とされる仕事は常に等しいが、変動磁場がある場合は電氣的エネルギーが磁気エネルギーに変換されるため、保存場の性質は成立しない。

\*<sup>8</sup> 答え:  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ ,  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ ,  $\vec{B} = \mu \vec{H}$

\*<sup>9</sup> 答え: 略