

---

## 物理学 A(電磁気学) 試験問題

---

(教官名) 新田英雄 (クラス) 理 1 04,05,13 (試験実施日) 平成 16 年 2 月 10 日 (火) 4 限  
(15:00-16:30, 90 分)

教科書等の持ち込み不可, 答案用紙: 両面 1 枚, 計算用紙: 必要.

真空中に電荷密度  $\rho(r, t)$ 、電流密度  $j(r, t)$  が分布しているとき電場  $E(r, t)$  磁束密度  $B(r, t)$  は Maxwell 方程式

$$\operatorname{div} E = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad \operatorname{rot} B - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E}{\partial t} = \mu_0 j, \quad \operatorname{div} B = 0, \quad \operatorname{rot} E + \frac{\partial B}{\partial t} = 0$$

を満たす。ここに  $\epsilon_0$  と  $\mu_0$  は、それぞれ真空の誘電率と透磁率である。問題の解答に用いる物理量は、明確にその定義を与えること。また、問題が互いに関連すると考えられるときは他の問題で得られた結論を用いてよい。解答には SI 単位系を用いること。

- 以下の 2 つの実験結果の概略を述べよ。また、それらの実験事実を表す式は、Maxwell 方程式からどのようにして導かれるかを示せ。特に、電場および磁場 (磁束密度) の定義は明確に与えること。
  - 点電荷間にはたらく力に関する、Coulomb の実験。
  - 平行な 2 直線状の定常電流間にはたらく力に関する、Ampère の実験。
- 点電荷  $q, -q$  が距離  $d$  だけ離れて結びついている。これを (電気) 双極子という。
  - 双極子の中心から距離  $r$ 、双極子の向きから角度  $\theta$  をなす位置での電場の大きさを求めよ。ただし双極子の向きとは、 $-q$  から  $q$  に向かう双極子軸の向きとする。
  - 上で求めた電場の大きさの、 $r \gg d$  における近似式を求めよ。(0 は正解ではないとする。)
- 水素原子の古典力学的描像は、陽子の周りを電子が半径  $a_B$  (Bohr 半径という) の円を描きながら一定の速さ  $v_B$  (Bohr 速度という) で回っているというものである。このとき、
  - 電子の運動を定常電流とみなした場合、その電流の大きさを求めよ。
  - その電流が陽子の位置につくる磁束密度を求めよ。
- いくつかの電荷が電場  $E$  と磁束密度  $B$  の存在する空間を運動している。電場と磁場は時間的に変動しているとする。電荷の運動エネルギーの総和を  $K$  とおく。このとき、

$$\frac{dK}{dt} = \int_V E \cdot j \, d^3r$$

が成り立つことを示せ。ここに  $j$  は電荷のつくる電流密度、 $V$  は考えている空間全体を表す。

(以上)