

2006年度 物理学基礎論B 試験問題

2007/01/25 鶴剛

問題は6問です。全ての解答用紙に、名前、学生番号、所属学部(および学科)、入学年、回生、組を書いてください。解答は答えのみならず、それを導いた過程も示してください。

全ての問題について、誘電率と誘磁率は真空での値に一致し、それぞれ ϵ_0 、 μ_0 とする。

[注意] 練習問題と、必ずしも全く同じではありません(同じものもありますけど)。問題を良く読んで間違えないように。

問題1

等量の電荷 Q を距離 $2a$ だけ離して置いたとき、これらの垂直2等分線上の電荷 q に作用する力が最大になる位置はどこか。

問題2

半径 a の球体のなかに、単位体積あたり一定の電荷密度 ρ_0 の電荷が分布している。この球体の内外の電場 $E(r)$ と静電ポテンシャル $\phi(r)$ を求めよ。なお r は球体の中心からの距離であり、 $r = a$ における静電ポテンシャルを0とする。

問題3

(1) z 方向に d だけ離れた2つの電荷 $+q$ と $-q$ がある。それぞれの位置を $(0, 0, +d/2)$ 、 $(0, 0, -d/2)$ とした場合、座標 $\vec{r} = (x, y, z)$ での静電ポテンシャル $\phi(\vec{r})$ はどう書けるか。

(2) $r = |\vec{r}|$ に比べ d が十分小さい場合、 $\vec{p} = q(0, 0, d)$ を使うと

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{|\vec{r}|^3} \quad (1)$$

と書けることを示せ。なお \vec{p} を電気双極子モーメントと呼ぶ。

(3) 電気双極子モーメントが $p = 3.0 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$ の分子がある。この分子の双極子の中心から、距離 $r = 2.0 \times 10^{-8} \text{m}$ 、双極子の方向から $\theta = 30^\circ$ の位置に置ける電場の r 方向成分 E_r と θ 方向成分 E_θ を求めよ。

(1,2が出来なくても、3だけでも点数があります)

問題4

半径 a の無限に長い円柱状の導体内を、一様な密度で電流 I が流れているとき、円柱の内外に生じる磁束密度を求めよ。

問題 5

Figure 1 左に示す通り、半径 a の同じ大きさの 2 個の円形回路を中心軸を共通にして、間隔 $2b$ をおいて対置し、その両回路に同じ大きさの電流 I を流す。この時、コイルの中心軸上の midpoint O から測って x の距離の点 P に生じる磁場を求めよ。

さらに、 $a = 2b$ とすると、 O の近傍に中心軸に平行でほとんど一様な磁場ができることを示せ。この 1 対のコイルをヘルムホルツ・コイルという。

問題 6

Figure 1 右に示す通り、無限に長い直線状の導線と同一平面内に、2 辺の長さが a と b の長方形のコイルを、距離 l 離して設置する。直線導線に $I = I_0 \sin \omega t$ の電流を流すとき、長方形コイルを貫く磁束と誘導起電力の最大値を求めよ。なお、誘導電流のつくる磁場は無視して良い。

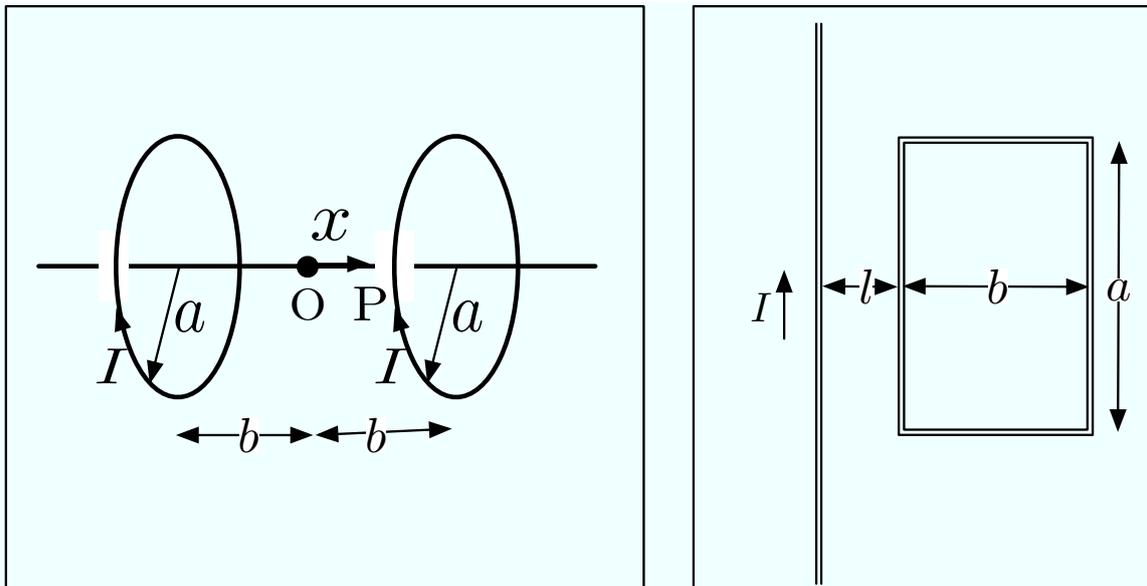


Figure 1: 左: 問題 5 に関する図。右: 問題 6 に関する図。

お疲れ様でした。