

電磁気学II 中間試験 問題用紙

対象クラス：3300 令和3年7月12日(月)34限実施

担当：宮田(尚)

以下の各問い答えよ。ただし、解答を導出するために必要な過程を示すとともに、最終的な解答は単位を付し導出過程などと区別して解答用紙に記入すること。単位はSI単位系を用いて表記すること。導出過程が示されていないものや、単位が記載されていないなど、導出過程と解答の区別があいまいなものについては採点対象としない。また、特に断らない限り媒質は真空とし、真空の誘電率を ϵ_0 、真空の透磁率を μ_0 とする。

- 以下に示す物理定数は電磁気学を修めた者であれば常識的に覚えていなければならない数値である。それぞれの値を示せ。
 - 真空の誘電率 ϵ_0 (基礎：5点)
 - 真空の透磁率 μ_0 (基礎：5点)
 - 電子の電荷 e (基礎：5点)
 - 電子の静止質量 m (基礎：5点)
- 図1に示すように、 xy 直交座標系において、同量異符号の点磁荷 $\pm m$ が距離 $2a$ に固定された磁気双極子が存在する。このとき以下の問いに答えよ。ただし、 x, y 方向の基準ベクトルをそれぞれ i, j とする。
 - 点Pでの磁界 \mathbf{H} を求めよ。(基礎：10点)
 - 磁気双極子モーメント \mathbf{M} を求めよ。(基礎：5点)
 - 点Pが原点Oより十分遠方にあると仮定すると、 $\sqrt{(x-a)^2 + y^2} \simeq \sqrt{x^2 + y^2}$ 及び $\sqrt{(x+a)^2 + y^2} \simeq \sqrt{x^2 + y^2}$ と近似できる。このことを用いて(a)にて得た磁界 \mathbf{H} を簡略化せよ。(応用：5点)
 - y 方向に一様な磁界 H_0 が存在するとき、磁気双極子にはたらく力のモーメント N を求めよ。(応用：5点)

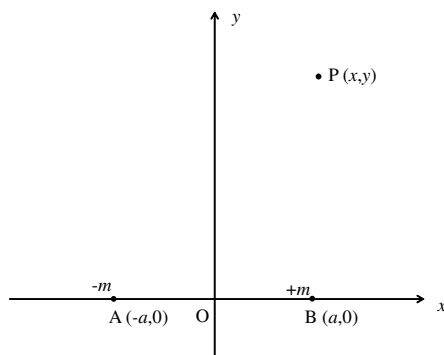


図 1:

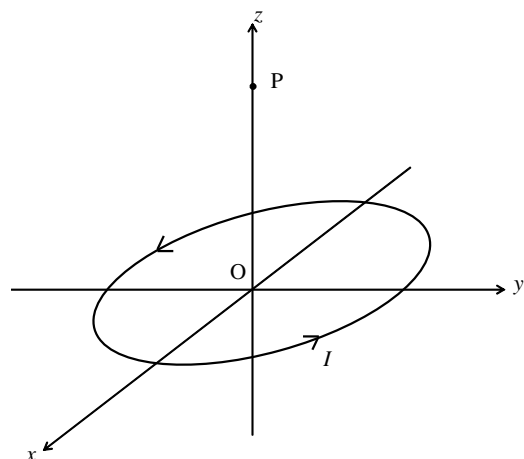


図 2:

- 図2に示すように、 xyz 直交座標空間において、 xy 平面内に原点Oを中心とする半径 a の円形ループ電流 I が流れており、 z 軸上に点P(0,0,h)がある。このとき、点Pに発生する磁界 \mathbf{H} を求めよ。(基礎：10点)

4. 図3に示すように、 xyz 直交座標空間において、 y 軸上の点 $A(0, c_1, 0)$ から点 $B(0, c_2, 0)$ まで y 軸に沿って直線状に流れる電流 I がある。このとき、 x 軸上の点 $P(a, 0, 0)$ に発生する磁界 \mathbf{H} を求めよ。また、電流 I の始点 A と終点 B の座標がそれぞれ $(0, -\infty, 0)$, $(0, \infty, 0)$ となった場合の点 P に発生する磁界 \mathbf{H} を求めよ。 (基礎：15 点)
5. 図4に示すような、半径 a の半円と半径 b の半円が接続された導体に電流 I が流れている。このとき、半円の中心 O に発生する磁界 \mathbf{H} を求めよ。 (基礎：10 点)

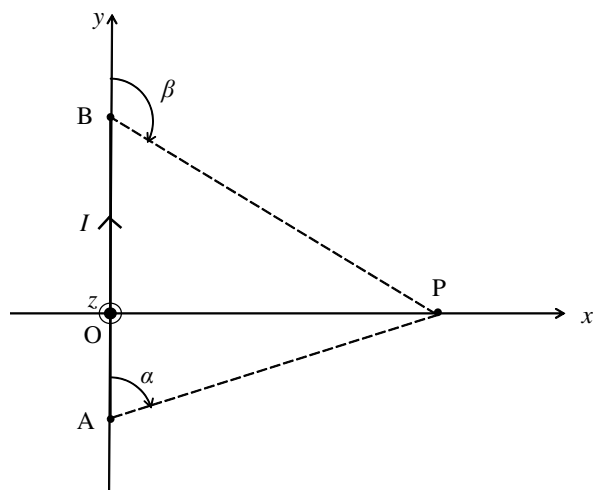


図 3:

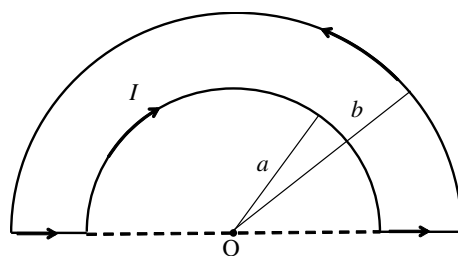


図 4:

6. 図5に示すように、 xyz 直交座標系において TV アニメ版だと「第5使徒ラミエル」、新劇場版だと「第6の使徒」と呼ばれるような $(\pm a, 0, 0)$, $(0, \pm a, 0)$, $(0, 0, \pm a)$ の点を通る正八面体がある。この正八面体の各辺に図のように電流 I が流れている。このとき、原点 O に発生する磁界 \mathbf{H} を求めよ。 (応用：5 点)
7. 磁化されていない強磁性体に磁界 H を外部から印加し、強磁性体内部での磁束密度 B を観測すると、図2に示すような結果が得られた。このとき、図中の行程1: 点 $O \rightarrow$ 点 P_1 、行程2: 点 $P_1 \rightarrow$ 点 P_2 、行程3: 点 $P_2 \rightarrow$ 点 P_3 、行程4: 点 $P_3 \rightarrow$ 点 P_4 、行程5: 点 $P_4 \rightarrow$ 点 P_5 、行程6: 点 $P_5 \rightarrow$ 点 P_6 、行程7: 点 $P_6 \rightarrow$ 点 P_1 の7つの行程に着目して、測定結果を説明せよ。 (基礎：15 点)

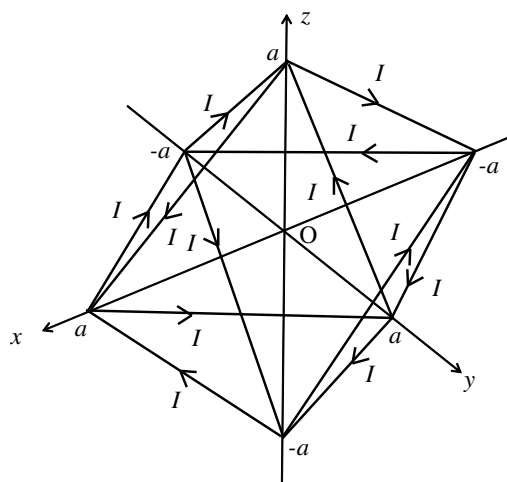


図 5:

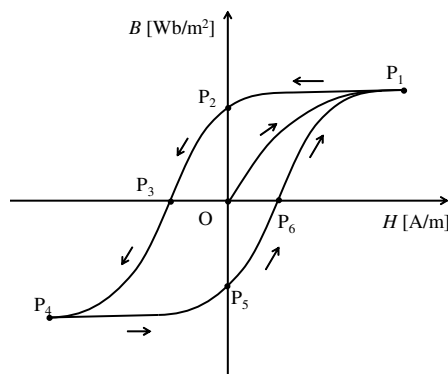


図 6: