

磁性体の境界条件 (演習問題)

v2.5 Mar.2022

番号: _____ 氏名: _____

1. ♣ 無限平板状の鉄板に磁界 H が一様に加えられている。磁界に対して細いスリットを (1) 垂直に切った場合, (2) 平行に切った場合, (3) 斜め 45° に切った場合, それぞれの場合のスリット内部の磁界の強さを求めよ。ただし鉄の比透磁率を μ_r とする。^{*1} (教科書, 例題 7.2)
2. ◇ 比透磁率 μ_r の半無限大磁性体平面が空気と接している。空気中から一様な磁界 H_0 が境界面に垂直に入射したとき, 磁性体中の磁界の強さと磁化の強さ M を求めよ。^{*2} (演習書, 基礎 7.4)
3. ◇ 強さ H_0 の一様な磁界中に薄い鉄板を磁界に対して (1) 平行に置いた場合, (2) 垂直に置いた場合, それぞれの場合の鉄板内部の磁界の強さと磁化の強さを求めよ。ただし鉄の磁化率を χ_m とする。^{*3} (教科書, 演習 7.2)
4. ♡ 強さ H_0 の一様な磁界中に, 磁化率 χ_m の薄い鉄板を磁界に対し角度 θ 傾けておいた場合, 鉄板内部の磁界の強さと磁化の強さを求めよ。^{*4} (演習書, 応用 7.2)

5. ♠ 半径 a , 比透磁率 μ_r の磁性体球が一様な磁場 \vec{H}_0 の中に置かれている。磁性体球が磁化されることにより, 球内部には一様な磁場 \vec{H} が生じるものとする。また, 球外の磁場は, 外部磁場 \vec{H}_0 と球の中心にある磁気モーメント \vec{m} の磁気双極子による磁場の和として取り扱うことができるとする。磁性体の境界面での境界条件から, \vec{H} と \vec{m} の大きさを求めよ。^{*5} (山村, 電磁気学演習 [新訂版], p.98)
6. ♠ ベクトル形の境界条件は次式で表されることを説明せよ。^{*6}

$$\hat{n}_{21} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{J}_S \quad (1)$$

$$\hat{n}_{21} \bullet (\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0 \quad (2)$$
 ただし, \hat{n}_{21} は媒質 2 から媒質 1 に向かう単位法線ベクトルであり, \vec{J}_S は境界面を流れる面電流密度 [A/m] である.

★ 公式集

境界条件磁界の境界条件

$$\hat{n}_{21} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{J}_S \quad (3)$$

電界の境界条件

$$(\vec{E}_1 - \vec{E}_2) \times \hat{n}_{21} = \vec{M}_S \quad (4)$$

磁束密度の境界条件

$$\hat{n}_{21} \bullet (\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0 \quad (5)$$

電束密度の境界条件

$$\hat{n}_{21} \bullet (\vec{D}_1 - \vec{D}_2) = \rho \quad (6)$$

面電流密度 $\vec{J}_S = 0$ [A/m], 面磁流密度 $\vec{M}_S = 0$ [V/m], 電荷密度 $\rho = 0$ [C/m³] のとき,

$$E_{1t} = E_{2t}, \quad H_{1t} = H_{2t}, \quad \text{接線成分の連続性} \quad (7)$$

$$D_{1n} = D_{2n}, \quad B_{1n} = B_{2n}, \quad \text{法線成分の連続性} \quad (8)$$

^{*1} 答え: (1) $\mu_r H$ (2) H (3) $H \sqrt{\frac{1+\mu_r^2}{2}}$

^{*2} 答え: $\frac{1}{\mu_r} H_0, \frac{\mu_r - 1}{\mu_r} H_0$

^{*3} 答え: (1) $H_0, \chi_m H_0$, (2) $\frac{H_0}{1+\chi_m}, \frac{\chi_m}{1+\chi_m} H_0$

^{*4} 答え: $H_0 \sqrt{\cos^2 \theta + \frac{\sin^2 \theta}{(1+\chi_m)^2}}, \chi_m H_0 \sqrt{\cos^2 \theta + \frac{\sin^2 \theta}{(1+\chi_m)^2}}$

^{*5} 答え: $\frac{3}{\mu_r + 2} H_0, 4\pi a^3 \frac{\mu_r - 1}{\mu_r + 2} H_0$

^{*6} ヒント: 面電流の方向と磁界の方向を図示してみる.