

磁石と磁極 (演習問題)

v2.9 Oct.2018

凡例: ♣ 教科書 ♡ 演習書 ♠ 他文献

番号: _____ 氏名: _____

1. けい素剛板の鉄心にコイルが 200 回巻いてある. (1) この磁路に $\Phi = 9 \times 10^{-4}$ Wb の磁束を通すのに必要な電流 I を求めよ. ただし, この鉄の BH 曲線は図に示す通りである.*¹ (田中, “解説 電気磁気 の考え方・解き方,” p.72, 東京電機大学出版局)

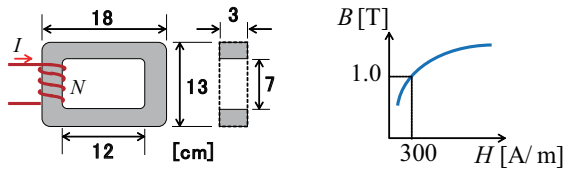


図 1 強磁性体の磁化曲線 1

2. 長さ $l=0.3$ m, 断面積 $A=10^{-2}$ m² の環状鉄心に, コイルが 100 回巻かれている. 電流を $I=6$ A にした場合の磁気抵抗 R_m と磁束 Φ を求めよ. ただし, この鉄の BH 曲線は図に示す通りである.*² (田中, “解説 電気磁気 の考え方・解き方,” p.72, 東京電機大学出版局)

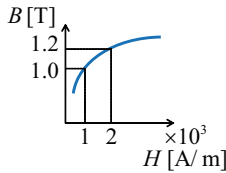


図 2 強磁性体の磁化曲線 2

3. ◇ 図の特性を有する永久磁石材料を用いて図の形状に加工した. (1) エアギャップ内の磁束密度を 0.4 T にするためには, l/δ を幾らにすればよいか. (2) $l=10$ cm, $\delta=5$ mm のとき, エアギャップの磁束密度 B を求めよ.*³ (教科書, 演習 7.8)

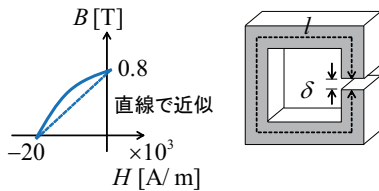


図 3 永久磁石の動作点

4. ♡ 一様に磁化された円柱磁性体がある. この磁性体中の磁束密度は幾らか. また, 磁束密度と磁化の強さおよび磁界の様子を図示せよ. ただし, 磁性体の比透磁率を μ_r とし, 磁化面電流密度は J_{sb} とする. (演習書, 基礎 7.9)
5. 比透磁率 μ_r の環状鉄心に幅 δ [m] のエアギャップが空いている. 起磁力 F を加えたとき次の各量を求めよ. ただし, 磁性体中の磁路の長さを l [m] とし, 磁路の断面は一定で S [m²] とする. (1) 磁束 (2) 鉄心中の磁化の強さ (3) 鉄心の両端に現れる磁極の強さ (教科書, 演習 7.7)
6. ◇ 地磁気は地球の中心に南極に向けて置かれた磁気モーメント m の磁石による磁界と与えられるとして, 地磁気の伏角 ψ と磁気緯度 θ の関係を求めよ. ただし, 伏角は地磁気の磁界が水平面となす角度である. (教科書, 演習 7.11)
7. ♠ 磁化 M [A/m] で磁化された環状鉄心がある. この鉄心の磁路の長さは l [m] で幅 δ [m] のエアギャップが空いている. 減磁率を N とするとき, 鉄心内部の磁界は $H_d = -NM$ で与えられる. N の値を求めよ. また, エアギャップ内の磁界 H_g [A/m] を求めよ.*⁴ (湯本, 電気磁気学の基礎, p.126, 数理工学社)
8. ◇ 磁石のまわりの磁界の様子は電気ダイポールの電界の様子と同じであるから, 電気ダイポールの電荷 $\pm Q$ [C] に対応して, 磁気ダイポールを考えることができる. 磁極の強さ $\pm Q_m = \pm MS$ [Am] の磁石が作る磁界 H [A/m] を求めよ. ただし, 磁極間の距離は電気ダイポールと同じで l [m] とし, $r \gg l$ とする. (教科書, 演習 7.10)
9. ♠ 微小ループ電流による磁界はループ面に垂直な微小磁石 (微小磁気ダイポール) と等価である. 微小ループの面積を S , ループ電流を I としたとき, 磁気ダイポールモーメントは $m = IS$ で与えられる. 微小ループ電流による磁界 H を求めよ. さらに, この磁界 H は距離 l 離れた磁極 $\pm Q_m = \pm MS$ が作る磁界と等価であることを示せ.*⁵
10. ♠ 一様な磁界 H_0 の中に半径 a で透磁率 μ の磁性体球を置いたとき, 磁性体内部の磁界と磁束密度の大きさを求め, 減磁率 N が $1/3$ になることを示せ. (演習書, 応用 7.4, 山村, 電磁気学演習 [新訂版], p.88)

★ 公式集

磁化と磁極, 比透磁率

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}, \quad \vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0\vec{H} + \mu_0\vec{M} = \vec{B}_e + \vec{B}_m, \quad (1)$$

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}, \quad (M \text{ と } H \text{ が比例関係とみなせる線形媒質の場合}) \quad (2)$$

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \chi_m \vec{H}) = \mu_0(1 + \chi_m)\vec{H} = \mu_0\mu_r \vec{H} = \mu \vec{H}, \quad (3)$$

$$Q_m = MS = \sigma_m S, \quad \text{磁極の強さ [A} \cdot \text{m]} \quad \mu_r : \text{比透磁率} \quad (4)$$

*¹ 答え: (1) 0.75 A

*² 答え: 5×10^4 1/H, 1.2×10^{-2} Wb, (磁気抵抗は磁気回路を使うと簡単)

*³ 答え: (1) 31.8, (2) 0.31 T

*⁴ 答え: $N = -\frac{\delta}{l+\delta}, H_g = M \frac{l}{l+\delta}$

*⁵ 答え: $H_r = \frac{m}{2\pi} \frac{\cos\theta}{r^3}, H_\theta = \frac{m}{4\pi} \frac{\sin\theta}{r^3}, H_\varphi = 0,$

ヒント: $I \equiv \int_C \vec{M} \cdot d\vec{l} = MI$