

2023.11.15 第十四次作业

卢科政 夏业志

2023 年 12 月 13 日

题目 1. (课本 4.12) 一根很长的同轴电缆, 由一导体圆柱 (半径为 a) 和一同轴导体圆管构成, 导体圆管的内、外半径分别为 b, c , 沿导体柱和导体管通以反向电流, 电流强度均为 I , 且均匀分布在导体的横截面上, 求:(1) 导体圆柱内 ($r < a$);(2) 两导体之间 ($a < r < b$);(3) 导体圆管内 ($b < r < c$);(4) 电缆外 ($r > c$) 各处的磁感应强度大小.

解答. 这道题考察安培环路定理的运用 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I$

(1)

在导体圆柱内 ($r < a$), $\Sigma I = \frac{I}{\pi a^2} \pi r^2$, 因此有:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \frac{I}{\pi a^2} \pi r^2 = \frac{\mu_0 I r}{2\pi a^2} \quad (1)$$

(2)

两导体之间 ($a < r < b$), $\Sigma I = I$, 因此有:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (2)$$

(3)

导体圆管内 ($b < r < c$), $\Sigma I = I - \frac{r^2 - b^2}{c^2 - b^2} I$, 因此有:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - b^2}{c^2 - b^2}\right) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(\frac{c^2 - r^2}{c^2 - b^2}\right) \quad (3)$$

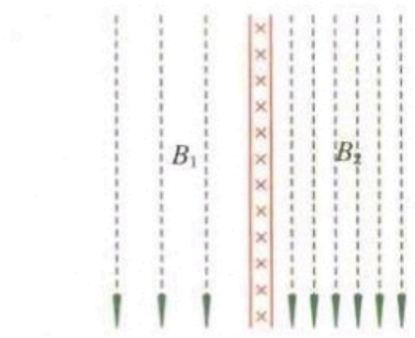
(4)

电缆外 ($r > c$), $\Sigma I = 0$, 因此有:

$$B = 0 \quad (4)$$

题目 2. (课本 4.20) 将一电流均匀分布的无限大载流平面放入均匀磁场 B_0 中, 放入后平面两侧的磁感应强度分别为 B_1 和 B_2 , 如图所示。求 (1) 无限大载流平面的电流密度 i ; (2) 无限大载流平面单位面积上的安培力。

解答.



(1). 无限大载流平面在其两侧激发均匀磁场，磁感应强度的大小为 $\frac{\mu_0}{2}j$ ，方向相反（详见书中例题 4.4），则可以判断出电流流向为垂直纸面向内， B_1 和 B_2 满足：

$$B_1 = B_0 - \frac{\mu_0}{2}j, B_2 = B_0 + \frac{\mu_0}{2}j$$

得到：

$$B_0 = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

$$j = \frac{B_2 - B_1}{\mu_0}$$

(2). 由于载流平板不会受自己产生磁场的作用，所以载流平面受到的力是外磁场 \vec{B} 作用的结果，在平面上取一个面元 $dS = dxdy$ ，由于 $\vec{j} \perp \vec{B}$ ，则根据安培定律：

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

则单位面积上的安培力为：

$$\frac{dF}{dS} = \frac{j dS B_0}{dS} = j B_0 = \frac{1}{2\mu_0} (B_2^2 - B_1^2)$$

方向向左