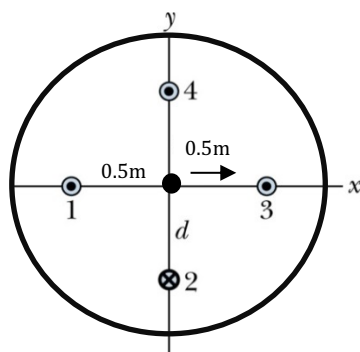


習題四

1. 考慮四條沿 z 軸方向（ $+z$ 為伸出紙面）的長直導線，導線位置與電流方向如圖所示（黑點表示射出紙面，交叉表示射入紙面），電流大小與 $x - y$ 座標位置分別是：

$$I_1 = 4.0 \text{ A}, (-0.5\text{m}, 0), I_2 = 2.0 \text{ A}, (0, -0.5\text{m}),$$

$$I_3 = 2.0 \text{ A}, (0.5\text{m}, 0), I_4 = 2.0 \text{ A}, (0, 0.5\text{m}).$$



- A. 計算在原點 $(0,0)$ 處， x 方向的磁場分量 B_x 與 y 方向的磁場分量 B_y 。(10)

提示：長直導線磁場大小： $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ ， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ 。將對各分量有貢獻的電流個別加總比較方便。

- B. 考慮在原點處有一電荷，電荷量為 2.0 C ，以 4.0 m/s 的速度沿 $+x$ 方向移動，此電荷所受的磁力大小是多少 N ？方向為何？(10)
- C. 考慮一個以原點為圓心的圓，半徑為 0.75m ，根據安培定律，磁場沿此圓為路徑的線積分 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ 等於多少 $\text{T} \cdot \text{m}$ ？提示：應該不需真的算積分，依安培定律就能推得。(10)

解答：

- A. 根據安培右手定則， I_1 與 I_3 所產生的磁場方向為沿 $+y$ 及 $-y$ 方向，

$$B_y = \frac{\mu_0(I_1 - I_3)}{2\pi \times 0.5} = \frac{2\mu_0}{\pi} = 8 \times 10^{-7} \text{ T}$$

I_2, I_4 所產生的磁場方向都是沿 $+x$ 方向，

$$B_x = \frac{\mu_0(I_2 + I_4)}{2\pi \times 0.5} = \frac{4\mu_0}{\pi} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ T}$$

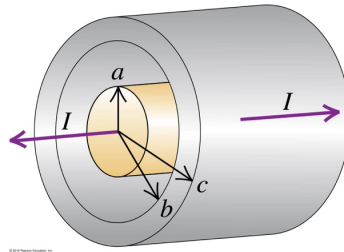
- B. B_x 與電荷速度同向，因此對磁力沒有貢獻。

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} = qv_x B_y \hat{e}_z = 2.0 \cdot 4.0 \cdot 8 \cdot 10^{-7} \hat{e}_z = 6.4 \times 10^{-6} \hat{e}_z$$

大小為 $6.4 \times 10^{-6} \text{N}$ ，方向為 z 方向。

$$C. \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0(I_1 - I_2 + I_3 + I_4) = 6\mu_0 = 24\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m}$$

2. 考慮如下圖之同軸導線，內芯圓柱導線的半徑為 a ，外圓管導線內徑為 b 、外徑為 c ，兩者同軸，兩導線間填充絕緣體。已知內芯導線的電流為 I ，外管導線電流為相反方向，大小相等，如圖所示。計算在距中心軸距離 r 處的磁場大小，考慮 $1. r < a, 2. a < r < b, 3. r > c$ 這三個區域。答案以 μ_0, r, I 表示。(20)



解答：

計算在長直導線外的磁場，可以將圓柱導線的電流視為一長細電流。

因此在 $a < r < b$ ，內芯產生的磁場等於 $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ，外管產生的磁場為零，因此 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 。

在 $r > c$ ，內芯與外管的磁場抵消，磁場為零。

在 $r < a$ ，利用安培定律：

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot \pi r^2 \frac{I}{\pi a^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a^2} r$$