電磁気学 B 演習　第 2 回解答

1. (1) 図のように閉ループ①、②をとる。キルヒホッフの第二法則より、①について

$$V = R_1 I_1 + R_2 I_2$$

②について

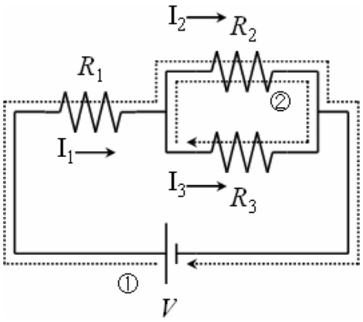
$$0 = R_2 I_2 - R_3 I_3$$

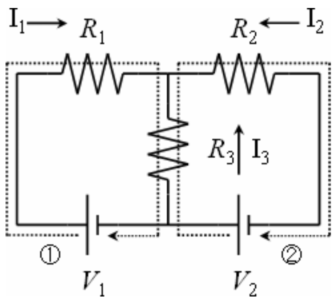
また、キルヒホッフの第一法則より

$$I_1 = I_2 + I_3$$

これらを連立方程式として解くと、

$$I_1 = \frac{R_2 + R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V\,,\quad I_2 = \frac{R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V\,,\quad I_3 = \frac{R_2}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V$$





(2) (1)と同様にして

$$V_1 = R_1 I_1 - R_3 I_3$$

$$V_2 = R_3 I_3 - R_2 I_2$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

これを解くと、

$$I_1 = \frac{R_2 + R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_1 + \frac{R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_2$$

$$I_2 = -\frac{R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_1 - \frac{R_3 + R_1}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_2$$

$$I_3 = -\frac{R_2}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_1 + \frac{R_1}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}V_2$$

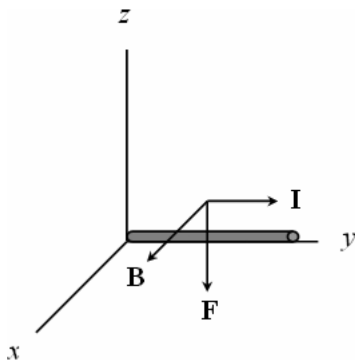
2. ローレンツの式より

$$\mathbf{F} = I\int d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

$$= 10\int_0^4 dl\mathbf{a}_\mathbf{y} \times 0.05\mathbf{a}_\mathbf{x} = 0.5 \times 4(-\mathbf{a}_\mathbf{z})$$

$$= -2\mathbf{a}_\mathbf{z}$$

よって導体の受ける力は Z 軸負の方向に 2 [N]である。



3. 電流I_1が電流I_2の場所に作る磁束密度の大きさは

$$B_{12} = \frac{\mu_o I_1}{2\pi r}$$

であり、向きは電流I_2に垂直である。よって電流I_2が受ける単位長さあたりの力は

$$F = I_2 B_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

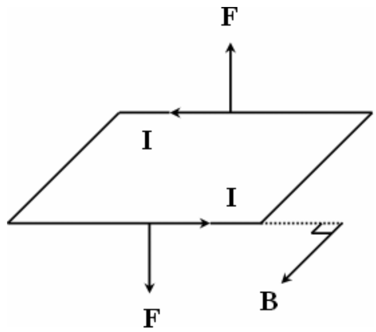
である（お互いが引き合う向き)。電流I_1が受ける力も同じである。

4. (1) 図のように力 **F** を受ける。その大きさは

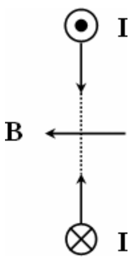
$$F = IBL = I(N\mu_0 H)L$$

よって磁束が長さ a の辺と垂直な場合、$F = IN\mu_0 Ha$。

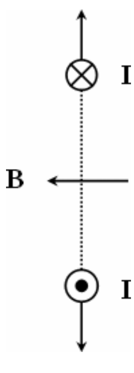
B の辺と垂直な場合、$F = IN\mu_0 Hb$。



(2) 図の通り（横から見た図)。

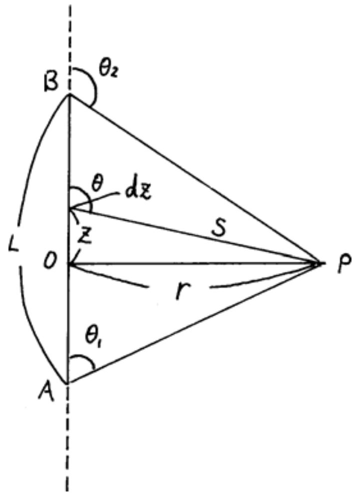


不安定なつりあい



安定なつりあい

5. 図のような有限長の電流が任意の点 P に作る磁場は、次のように表せる。



$$H=\frac{I}{4\pi r}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\sin\theta d\theta=\frac{I}{4\pi r}\left(\cos\theta_1-\cos\theta_2\right)$$

これを利用して、辺ABの電流により点Pに生ずる磁場B_{AB}は、

$$H_{AB}=\frac{I}{4\pi r}\left(\cos\theta_1+\cos\theta_2\right)$$

ここで、

$$\cos\theta_1=\cos\theta_2=\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2+x^2}},\ r=\sqrt{a^2+x^2}$$

である。H_{AB}のOPに垂直な方向の成分は辺CDの電流により生じる磁場と打ち消し合う。したがって、辺AB、辺CDの電流により作られる磁場H_1は、OP方向に、

$$H_1=2\times H_{AB}\times\frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}}=\frac{Iab}{\pi\left(a^2+x^2\right)\sqrt{a^2+b^2+x^2}}$$

同様に辺 BC、辺 DA の電流により作られる磁場 H2 は、a と b を交換して、

$$H_2=\frac{Iab}{\pi\left(b^2+x^2\right)\sqrt{a^2+b^2+x^2}}$$

よって、合成磁場は

$$H=H_1+H_2=\frac{Iab}{\pi\sqrt{a^2+b^2+x^2}}\left\{\frac{1}{a^2+x^2}+\frac{1}{b^2+x^2}\right\}\quad [\mathrm{A/m}]$$

で点 O から点 P へ向かう向きである。