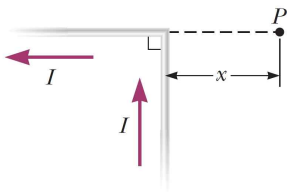
30장 자기장의 원천 연습문제 풀이

1. 1962년 미국 오클라호마 주 털사(Tulsa)의 지구물리 관측소에서 큰 토네이도의 자기장을 측정하였다. 토네이도가 관측소의 동쪽 9.00 Km인 위치에 있을 때, 관측소에서 측정한 자기장의 방향이 북쪽이고 크기가 $B = 1.50 \times 10^{-8}\,\mathrm{T}$ 라면 토네이도의 회오리 깔대기에서 올라가는 (또는 내려오는) 전류의 크기는 얼마인가? 토네이도를 전류가 흐르는 긴 도선이라고 모형화한다.

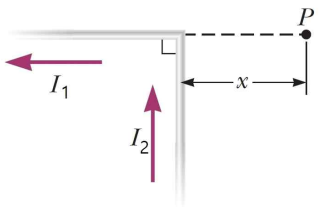
sol)

$B = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I}{r}$ 이용, $I = \frac{2\pi r B}{\mu_o} = \frac{2\pi(9.00\times10^{3}\,\mathrm{m})(1.50\times10^{-8}\,\mathrm{T})}{4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{T}\cdot\mathrm{m/A}} = 675\,\mathrm{A}$

4. 그림처럼 직각으로 구부러진 무한히 긴 직선 도선에 전류 I가 흐른다. 도선의 모서리로부터 거리 x만큼 떨어진 점 P에서의 자기장을 구하라.



sol)



I_1전류는 P점에 대해 수평방향이므로,

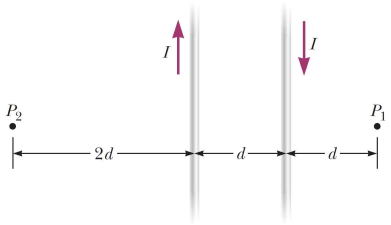
$d\vec{r}\times\hat{r} = 0$이 되므로,

수평전류는 자기장을 생성하지 않는다.

I_2 전류는 P점에 대해 수직방향이고, 무한히 긴 직선 도선의 절반이다.

$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu_o I}{2\pi x}\right) = \frac{\mu_o I}{4\pi x}$$

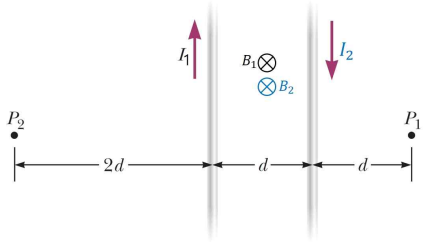
7. 그림에서 보듯이 $d = 10.0\,\text{cm}$ 떨어져 있는 두 도선에 전류 $I = 5.00\,\text{A}$가 서로 반대 방향으로 흐른다.



(a) 두 도선의 중앙지점

sol) 오른손 나사의 법칙으로부터,

I_1에 흐르는 전류로 인해 지면안으로 들어가는 방향으로 B_1이 형성되고, I_2에 흐르는 전류로 인해 지면 안으로 들어가는 방향의 B_2가 형성됨.



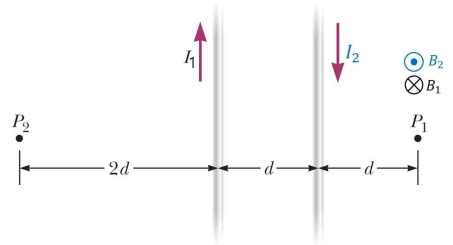
$$B_{net} = -B_1 - B_2 = -\left[\frac{\mu_o I_1}{2\pi r_1} + \frac{\mu_o I_2}{2\pi r_2}\right] = -\frac{\mu_o}{2\pi r}(I_1 + I_2)$$

$$= -\frac{(4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A})}{2\pi\,(5.00 \times 10^{-2}\,\text{m})}(5.00\,\text{A} + 5.00\,\text{A}) = -4.00 \times 10^{-5}\,\text{T}$$

(안으로 들어가는 방향)

(b) 오른쪽 도선으로부터 오른쪽으로 10.0 cm 지점 P_1

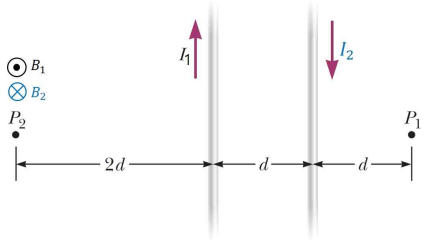
sol)



$$B_{net} = +B_1 - B_2 = \frac{\mu_o}{2\pi}\left[\frac{I_1}{r_1} - \frac{I_2}{r_2}\right] = \frac{4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A}}{2\pi}\left[\frac{5.0\,\text{A}}{0.100\,\text{m}} - \frac{5.00\,\text{A}}{0.200\,\text{m}}\right]$$

$= 5.00 \times 10^{-6}\,\text{T}$ (지면 밖으로 나오는 방향)

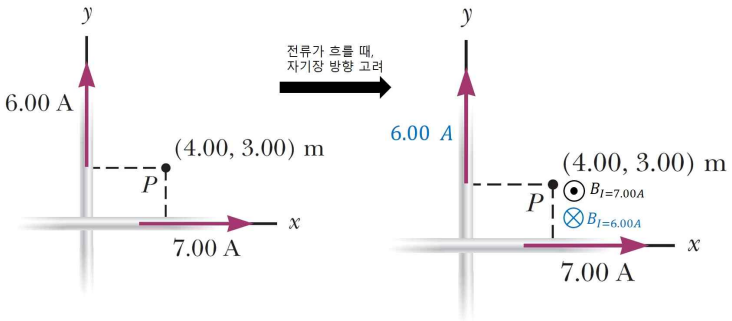
(c) 왼쪽 도선으로부터 왼쪽으로 $2d = 20.0\,\text{cm}$인 지점 P_2에서 알짜 자기장의 크기와 방향을 구하라.



sol) $B_{net} = -B_1 + B_2 = \dfrac{\mu_o}{2\pi}\left[-\dfrac{I_1}{r_1} + \dfrac{I_2}{r_2}\right] = \dfrac{4\pi \times 10^{-7}\,\text{T} \cdot \text{m/A}}{2\pi}\left[-\dfrac{5.00\,\text{A}}{0.30\,\text{m}} + \dfrac{5.00\text{A}}{0.20\,\text{m}}\right]$

$= 1.67 \times 10^{-6}\,\text{T}$

9. 그림과 같이 한 도선에는 x축을 따라 $7.00\,\text{A}$의 전류가 흐르고 다른 도선에는 y축을 따라 $6.00\,\text{A}$의 전류가 흐른다. 좌표가 $x = 4.00\,\text{m}$, $y = 3.00\,\text{m}$ 인 점 P에서 자기장의 크기를 구하라.

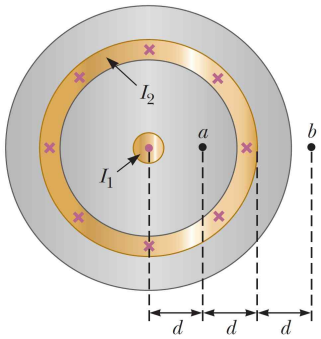


sol)

$B_{net} = +B_1 - B_2 = \dfrac{\mu_o I_1}{2\pi r_1} - \dfrac{\mu_o I_2}{2\pi r_2} = \dfrac{\mu_o}{2\pi}\left(\dfrac{I_1}{r_1} - \dfrac{I_2}{r_2}\right)$

$= \dfrac{(4\pi \times 10^{-7}\,\text{T} \cdot \text{m/A})}{2\pi}\left(\dfrac{7.00\,\text{A}}{3.00\,\text{m}} - \dfrac{6.00\,\text{A}}{4.00\,\text{m}}\right) = 1.67 \times 10^{-7}\,\text{T}$

12. 그림 동축 케이블의 단면이다. 중심 도체는 고무층, 바깥쪽 도체 그리고 또 다른 고무층으로 둘러싸여 있다. 특별한 경우 안쪽 도체에 전류가 종이면으로부터 나오는 방향으로 $I_1 = 1.00\,\mathrm{A}$가 흐르고, 바깥쪽 도체에 흐르는 전류는 $I_2 = 3.00\,\mathrm{A}$이고 종이면으로 들어간다. 거리 $d = 1.00\,\mathrm{mm}$으로 가정한다.



(a) 점 a에서 자기장의 크기와 방향을 구하라.

sol) $B_a = \dfrac{(4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{T\cdot m/A})(1.00\,\mathrm{A})}{2\pi(1.00\times10^{-3}\,m)} = 200\times10^{-6}\,\mathrm{T} = 200\,\mu\mathrm{T}$ (지면 윗방향)

(b) 점 b에서 자기장의 크기와 방향을 구하라.

sol) $I_b = 1.00\,\mathrm{A} - 3.00\,\mathrm{A} = -2.00\,\mathrm{A}$ (지면 안으로 들어가는 방향)

$$B_b = \frac{(4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{T\cdot m/A})(2.00\,\mathrm{A})}{2\pi(3.00\times10^{-3}\,m)} = 133\times10^{-6}\,\mathrm{T} = 133\,\mu\mathrm{T}\text{(지면 아랫방향)}$$