31장 페러데이의 법칙 연습문제 풀이

1. 납작한 고리 도선의 넓이가 $8.00\,\mathrm{cm}^2$이고 고리면에 수직 방향인 자기장의 크기가 $1.00\,\mathrm{s}$동안 $0.50\,\mathrm{T}$에서 시작하여 $2.50\,\mathrm{T}$까지 변한다. 고리의 저항이 $2.00\,\Omega$일 때 고리에 흐르는 유도 전류는 얼마인가?

sol)

예제 31.1 참고

$$|\epsilon| = \left|\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}\right| = \frac{\Delta(\vec{B}\cdot\vec{A})}{\Delta t} = \frac{(2.50\,\mathrm{T}-0.50\,\mathrm{T})(8.00\times10^{-4}\,\mathrm{m}^2)}{1.00\,\mathrm{s}}$$

$$= 1.60\,\mathrm{mV}$$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{1.60\,\mathrm{mV}}{2.00\,\Omega} = 0.80\,\mathrm{mA}$$

2. 도선을 25번 감은 지름이 $1.00\,\mathrm{m}$인 원형코일이 있다. $50.0\,\mu\mathrm{T}$크기의 지구 자기장 방향으로 코일 축이 놓여 있다가 $0.20\,\mathrm{s}$동안에 180° 뒤집어진다. 코일에 발생되는 평균 기전력의 크기는 얼마인가?

sol)

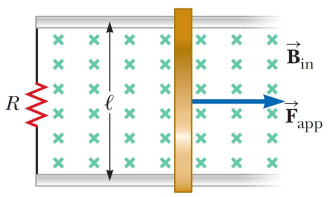
식 31.3 참고

$$\epsilon = -N\frac{\Delta(\vec{B}\cdot\vec{A})}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} \leftarrow A = \pi r^2$$

$$= -NBA\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t} = -NB\pi r^2\left(\frac{\cos\theta_f - \cos\theta_i}{\Delta t}\right)$$

$$= -25\,(50.0\times10^{-6}\,\mathrm{T})[\pi(0.50\,\mathrm{m})^2]\left(\frac{\cos180^\circ - \cos0^\circ}{0.20\,\mathrm{s}}\right) = 9.82\,\mathrm{mV}$$

9. 그림은 마찰 없이 미끄러지는 막대를 위에서 본 모습이다. 저항은 $R = 6.00\,\Omega$이고 $2.50\,\mathrm{T}$인 자기장이 종이면 안쪽으로 향하고 있다. $l = 1.20\,\mathrm{m}$이라 하자. 저항기에 $0.50\,\mathrm{A}$의 전류가 흐르기 위하여 도체 막대는 얼마의 속력으로 이동해야 하는가?

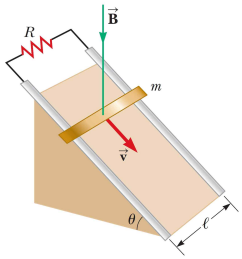


sol)

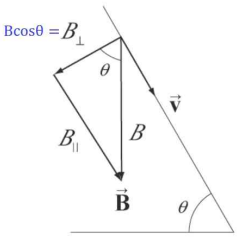
예제 31.2 참고

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{Blv}{R} \text{ 에서 } v = \frac{IR}{Bl} = \frac{(0.50\,\mathrm{A})(6.00\,\Omega)}{(2.50\,\mathrm{T})(1.20\,\mathrm{m})} = 1.00\,\mathrm{m/s}$$

11. 그림과 같이 질량 $m = 0.20\,\text{kg}$인 막대가 마찰 없이 두 레일 위를 미끄러져 내려오고 있다. 두 레일은 서로 거리 $l = 1.20\,\text{m}$만큼 떨어져 있고, 레일이 위치한 경사면은 지면과 $\theta = 25.0^\circ$의 각도를 이루고 있다. 저항기의 저항값은 $R = 1.00\,\Omega$이고, 크기가 $B = 0.50\,\text{T}$인 균일한 자기장은 막대가 운동하는 전 영역에서 연직 아래로 향하고 있다. 막대가 레일을 따라 미끄러져 내려오는 일정한 속력 v는 얼마인가?



sol)

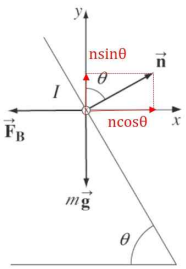


◆ 전체 자기장은 도체에 수직이지만, 속도에는 수직이 아니다.
속도에 수직인 자기장 성분 $B_\perp = B\cos\theta$

◆ $\epsilon = B_\perp lv\cos\theta,\ I = \dfrac{Blv\cos\theta}{R}$

◆ $F = IlB\sin 90.0^\circ = IlB = \dfrac{B^2l^2v\cos\theta}{R}$

(막대 내부의 전류가 지면 안쪽으로 흐르고 자기장은 아래쪽을 향하므로 막대에는 왼쪽 방향으로 자기력 작용)



$$\sum F_x = -F + n\sin\theta = 0 \rightarrow n\sin\theta = F = \frac{B^2l^2v\cos\theta}{R}$$

$$\sum F_y = -mg + n\cos\theta = 0 \rightarrow n\cos\theta = mg$$

$$\frac{n\sin\theta}{n\cos\theta} = \frac{\dfrac{B^2l^2v\cos\theta}{R}}{mg} \rightarrow v = \frac{mgR\sin\theta}{B^2l^2\cos^2\theta}$$

$$\therefore v = \frac{(0.20\,\text{kg})(9.80\,\text{m/s}^2)(1.00\,\Omega)\sin 25.0^\circ}{(0.50\,\text{T})^2(1.20\,\text{m})^2\cos^2 25.0^\circ} = 2.80\,\text{m/s}$$

17. $900\,\text{rev/min}$으로 회전할 때 기전력이 $24.0\,\text{V}$인 어떤 발전기가 있다. 이 발전기가 $500\,\text{rev/min}$으로 회전하면 얼마만큼의 기전력을 만드는가?

sol)

식 31.11 참고

$\dfrac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \dfrac{\omega_2}{\omega_1}$ 에서 $\epsilon_2 = \left(\dfrac{\omega_2}{\omega_1}\right)\epsilon_1 = \left(\dfrac{500\,\text{rev/min}}{900\,\text{rev/min}}\right)24.0\,\text{V} = 13.3\,\text{V}$