대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

1. 균일한 자기장 내에서 움직이는 전하는 힘을 받는다. 이 힘이 최대가 되려면 전하는 어느 방향으로 움직여야 하는가? 또 힘이 최소가 되려면 어느 방향으로 움직여야 하는가?

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}, \qquad F_B = qvB\sin\theta$$

θ가 90° or 270° 일때 (자기장에 수직하게 움직일 때) $\Rightarrow$ 최대
θ가 0° or 180° 일때 (자기장에 평행하게 움직일 때) $\Rightarrow$ 최소 (힘을 받지 않는다.)

2. 전하 q가 자기장 B에서 속도 v로 움직일 때 받는 힘 F에 대해 옳은 설명은? **(c)**

(a) F는 v에 수직하지만 B에 수직할 필요는 없다.
(b) F, v, B가 서로 수직하다.
(c) F는 v와 B에 수직하지만, v와 B가 서로 수직할 필요는 없다.
(d) v는 B에 수직하지만, F에 수직할 필요는 없다.
(e) F의 크기는 전하량의 크기 q와 무관하다.

3. 전하량이 q인 대전된 입자들이 속도 v로 균일한 자기장 B로 들어간다. 이때 자기장이 대전된 입자에 미치는 영향으로 옳지 않은 것은? **(e)**

(a) 입자에 자기력을 발생시킨다.
(b) 입자를 가속시킨다.
(c) 입자가 원운동 하도록 구심력을 발생시킨다.
(d) 입자의 운동량을 변화시킨다.
(e) 입자의 운동에너지를 변화시킨다.

4. 균일한 전기장 E가 $+y$축 방향으로 작용하고 있는 공간으로 $+x$축 방향으로 움직이는 전자가 진입한다. 이때, 전자가 등속으로 직진하게 하려면 자기장 B를 어느 방향으로 가해 주어야 하는가? 또, 이 경우 전자의 운동에너지는 어떻게 되는가? (단, 전자의 질량은 m이다.)

$\vec{F}_E = q\vec{E} \qquad q = -e$ (음전하이므로 $\vec{E}$ 가 $+y$ 방향이면 $\vec{F}_E$ 는 $-y$ 방향이다.)

$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad q = -e$ (음전하이고 $\vec{v}$ 가 $+x$ 방향이므로)
($\vec{F}_B$ 가 $+y$ 방향이려면 $\vec{B}$ 의 방향은 $+z$ 방향이다.)

$$\begin{cases} F_E = qE \\ F_B = qvB\sin 90^\circ \end{cases} \quad \Rightarrow \quad qE = qvB\sin 90^\circ \quad \Rightarrow \quad v = \frac{E}{B}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{E}{B}\right)^2 = \frac{1}{2}m\frac{E^2}{B^2} = \frac{mE^2}{2B^2}$$

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

5. 전자가 균일한 자기장 $\vec{B} = (0.200\,\hat{i} + 0.500\,\hat{j})\,\mathrm{T}$ 와 전기장 $\vec{E} = (-1.00\,\hat{k})\,\mathrm{N/C}$ 속에서 움직이고 있다. 전자의 속력이 $\vec{v} = (2.00\,\hat{i} - 3.00\,\hat{j})\,\mathrm{m/s}$일 때 전자가 받는 로렌츠힘의 크기와 방향을 구하여라. 전자의 질량과 전하량은 각각 m과 $-e$이다.

$$\vec{v}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2.00 & -3.00 & 0 \\ 0.200 & 0.500 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= \{(2.00\times 0.500) - (-3.00\times 0.200)\}\,\hat{k}\ \mathrm{T\cdot m/s} = (1.60\,\hat{k})\ \mathrm{T\cdot m/s}$$

$$\vec{F}_E = q\vec{E} = (-1.60\times 10^{-19})\ \mathrm{C}\times(-1.00\,\hat{k})\ \mathrm{N/C} = (1.60\times 10^{-19}\,\hat{k})\ \mathrm{N}$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v}\times\vec{B} = (-1.60\times 10^{-19})\ \mathrm{C}\times(1.60\,\hat{k})\ \mathrm{T\cdot m/s} = (-2.56\times 10^{-19}\,\hat{k})\ \mathrm{N}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q\vec{E} + q\vec{v}\times\vec{B} = (1.60\times 10^{-19}\,\hat{k})\ \mathrm{N} + (-2.56\times 10^{-19}\,\hat{k})\ \mathrm{N}$$

$$= (-0.96\times 10^{-19}\,\hat{k})\ \mathrm{N} = (-9.6\times 10^{-20}\,\hat{k})\ \mathrm{N}$$

6. 균일한 자기장이 있는 공간으로 전자와 양성자가 자기장에 수직인 방향으로 같은 속도를 가지고 입사한다. 두 입자가 받는 자기력의 크기와 방향을 비교하여라.
또, 두 입자가 그리는 원운동 궤적의 반지름 비율은 얼마인가?

$$F_{Bp} = evB\sin 90^\circ = evB$$

$$F_{Be} = -evB\sin 90^\circ = -evB$$

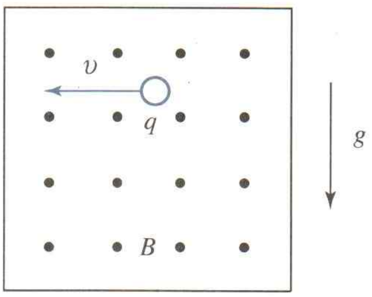
$\Rightarrow$ 자기력의 크기는 같고 방향은 반대이다.

$$F_B = qvB\sin 90^\circ = qvB$$

$$F_c = ma_c = m\frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow\quad r = \frac{mv}{qB} \quad\Rightarrow\quad r \sim m \quad\Rightarrow\quad \frac{r_e}{r_p} = \frac{m_e}{m_p}$$

7. 그림과 같이 지면 바깥쪽으로 향하는 균일한 자기장과 중력장이 존재하는 공간에 전하량 q인 입자가 v의 속력으로 등속도운동을 하고 있다. 이때, 입자의 전하량 q의 크기와 부호를 구하여라.
단, 입자의 질량은 m이고 중력가속도는 g이다.



$$\begin{cases} F_B = qvB \\ F_g = mg \end{cases} \quad\Rightarrow\quad qvB = mg \quad\Rightarrow\quad q = \frac{mg}{vB}$$

($\vec{g}$ 가 $-y$ 방향이므로 $\vec{F}_g$ 는 $-y$ 방향이다.)

($\vec{F}_B$ 가 $+y$ 방향이려면 q 는 $+$전하이다.)

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

8. 초기 속도 $v_0 = 4.00 \times 10^3\ \mathrm{m/s}$인 어떤 입자를 균일한 자기장과 전기장이 있는 공간에 입사시켰더니 경로가 휘어지지 않고 등속도운동을 하였다. 균일한 자기장의 크기가 $0.600\ \mathrm{T}$일 때 전기장의 크기와 방향을 구하여라.

< 로렌츠 힘 >

$$\begin{cases} \vec{F}_E = q\vec{E} \\ \vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \end{cases} \Rightarrow \quad \vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0$$

$$\Rightarrow \quad \vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} = 0$$

($\vec{E}$ 와 $\vec{v} \times \vec{B}$ 는 서로 반대방향)
($\vec{v}$, $\vec{E}$, $\vec{B}$ 셋은 서로 수직)
($\vec{B}$가 x방향, $\vec{v}_0$가 y방향, $\vec{E}$가 z방향)

$$\Rightarrow \quad E = vB\sin\theta = v_0 B \sin 90^\circ = v_0 B$$
$$= (4.00 \times 10^3\ \mathrm{m/s}) \times (0.600\ \mathrm{T})$$
$$= 2.40 \times 10^3\ \mathrm{N/C}$$
$$= 2.40 \times 10^3\ \mathrm{V/m}$$

9. 질량이 m이고 전하량이 $-e$인 전자들이 전위차 V에 의하여 정지 상태에서 가속되고 자기장 B에 의하여 속도에 수직한 방향으로 편향된다. 전자 궤적의 반지름을 구하여라.

$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = qV \quad \Rightarrow \quad v^2 = \frac{2qV}{m} \\ qvB = m\frac{v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad v^2 = \frac{r^2q^2B^2}{m^2} \end{cases} \Rightarrow \quad \frac{2qV}{m} = \frac{r^2q^2B^2}{m^2} \quad \Rightarrow \quad r^2 = \frac{2mV}{qB^2}$$

$$\Rightarrow \quad r = \sqrt{\frac{2mV}{qB^2}} = \sqrt{\frac{2mV}{eB^2}}$$

10. 균일한 자기장 B속에서 등속원운동을 하는 질량이 m이고 전하량이 q인 입자가 있다. 이 입자의 원 궤도상에서 이 입자에 의한 전류의 크기를 구하여라.

$$qvB = m\frac{v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{rqB}{m}$$

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{q}{T} = \frac{q}{2\pi r/v} = \frac{q}{2\pi r}v = \frac{q}{2\pi r}\frac{rqB}{m} = \frac{q^2B}{2\pi m}$$

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

11. 진공 튜브 안에서 전자가 정지 상태로부터 $20.0\,\mathrm{kV}$ 의 전위차로 가속된 다음 진행방향에 수직한 균일한 자기장에 의해 원호를 그리며 운동한다. 원호의 반지름이 $0.150\,\mathrm{m}$라고 한다면 자기장의 크기는 얼마인가?

$$\begin{cases} \Delta K = W \quad \Rightarrow \quad \dfrac{1}{2}mv^2 = qV \quad \Rightarrow \quad v^2 = \dfrac{2qV}{m} \\ F_B = F_c \quad \Rightarrow \quad qvB = m\dfrac{v^2}{R} \quad \Rightarrow \quad v^2 = \dfrac{R^2q^2B^2}{m^2} \end{cases} \Rightarrow \quad \frac{2qV}{m} = \frac{R^2q^2B^2}{m^2}$$

$$\Rightarrow \quad B = \sqrt{\frac{2mV}{qR^2}} = \sqrt{\frac{2m_eV}{eR^2}} = \sqrt{\frac{2\times(9.11\times10^{-31}\,\mathrm{kg})\times(20.0\times10^3\,\mathrm{V})}{(-1.60\times10^{-19}\,\mathrm{C})\times(0.150\,\mathrm{m})^2}}$$

$$\approx 0.000318\,\mathrm{T}$$

12. 매우 긴 직선 도선에 $5.00\,\mathrm{A}$의 일정한 전류가 $+x$방향으로 흐르고 있다. 여기에 주어진 균일한 자기장 벡터가 $\vec{B} = 0.200(T)\,\hat{i} - 0.300(T)\,\hat{j}$일 때 도선에 작용하는 단위길이 당 힘을 벡터로 나타내라.

$$\vec{F}_B = I\vec{l}\times\vec{B} = l\vec{I}\times\vec{B} \qquad (\ \vec{l}\text{ 의 방향은 실질적으로 } I \text{ 의 방향을 따르므로 })$$

$$\frac{\vec{F}_B}{l} = \vec{I}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 5.00 & 0 & 0 \\ 0.200 & -0.300 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= \{(5.00\times(-0.300)) - (0)\}\,\hat{k} = (-1.50\,\mathrm{A}\cdot\mathrm{T})\,\hat{k} = (-1.50\,\mathrm{N/m})\,\hat{k}$$

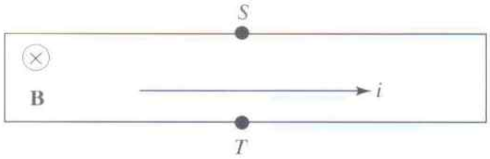
13. 균일한 자기장 내에서 전류가 흐르는 평면고리는 돌림힘을 받는다. 이 돌림힘이 최대가 되기 위한 고리의 방향은?

$$\vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B}, \qquad \tau = \mu B\sin\theta$$

θ가 90° or 270° 일때 (고리가 자기장에 수평일 때) $\Rightarrow$ 최대

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

14. 그림과 같이 도체 내 전류가 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른다. 자기장은 지면으로 들어가는 방향이고 점 S의 전위가 점 T의 전위보다 높다. 전하 운반자의 부호를 결정하여라.



전하 운반자가 양전하(+)라면 $V_S > V_T$ 이 되어야 하고,
전하 운반자가 음전하(−)라면 $V_S < V_T$ 이 되어야 한다.

$V_S > V_T$ 이므로 양전하(+)는 위쪽, 음전하(−)는 아래쪽으로 몰렸다는 의미이다.

따라서, 전하 운반자는 양전하(+)라고 판단하는 것이 타당하다.

15. 길이가 $0.200\ \mathrm{m}$ 인 구리막대가 저울 위에 놓여 있고 이 막대에는 전류가 흐르고 있다. 막대에는 이 막대와 수직한 방향으로 크기 $0.0700\ \mathrm{T}$ 의 균일한 수평 방향의 자기장이 걸려있다. 이 막대에 작용하는 자기력을 저울로 측정한 값은 $0.240\ \mathrm{N}$ 이다. 이 막대에 흐르는 전류는 얼마인가?

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

$$F_B = IlB\sin\theta = IlB\sin 90^\circ = IlB \quad \Rightarrow \quad I = \frac{F_B}{lB} = \frac{0.240\ \mathrm{N}}{(0.200\ \mathrm{m}) \times (0.0700\ \mathrm{T})} = \frac{120}{7}\ \mathrm{A}$$

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

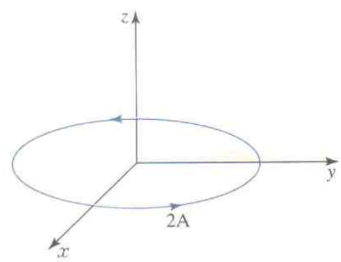
16. 자기모멘트가 $\mu = 1.30\ \mathrm{A \cdot m^2}$인 네모회로가 처음에 $0.750\ \mathrm{T}$의 균일한 자기장에 평행한 방향으로 자기모멘트의 방향을 갖고 있다. 이 네모회로를 90° 회전시킨 경우 위치에너지의 변화는 얼마인가?

$$\Delta U = U_f - U_i = (-\mu B \cos 90^\circ) - (-\mu B \cos 0^\circ)$$

$$= \mu B = (1.30\ \mathrm{A \cdot m^2}) \times (0.750\ \mathrm{T}) = 0.975\ \mathrm{T \cdot A \cdot m^2} = 0.975\ \mathrm{J} \quad (\text{증가})$$

	전기쌍극자	자기쌍극자
모멘트	$\vec{p} = q\vec{L}$	$\vec{\mu} = I\vec{A}$
회전력	$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} = pE\sin\theta$	$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} = \mu B \sin\theta$
일	$dW = -\tau\, d\theta = -pE\sin\theta\, d\theta$	$dW = -\tau\, d\theta = -\mu B \sin\theta\, d\theta$
	$W = pE\cos\theta = \vec{p} \cdot \vec{E}$	$W = \mu B \cos\theta = \vec{\mu} \cdot \vec{B}$
에너지	$dU = -dW = +pE\sin\theta\, d\theta$	$dU = -dW = +\mu B \sin\theta\, d\theta$
	$U = -pE\cos\theta = -\vec{p} \cdot \vec{E}$	$U = -\mu B \cos\theta = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$

17. 반지름이 $20.0\ \mathrm{cm}$이고 xy 평면상에 놓여 있는 원형 도선에 $2.00\ \mathrm{A}$의 전류가 z축 꼭대기 위에서 내려다보았을 때 반시계 방향으로 흐른다. 이때 다음 질문에 답하여라.



(가) 자기쌍극자 모멘트의 세기와 방향은?

$\vec{\mu} = I\vec{A}$

세기 : $\mu = IA = I\pi r^2 = (2.00\ \mathrm{A}) \times \pi \times (0.200\ \mathrm{m})^2 \approx 0.25\ \mathrm{A \cdot m^2}$

방향 : 오른나사 법칙에 의해 z 방향

(나) 균일한 자기장을 $+y$방향으로 $0.100\ \mathrm{T}$의 크기로 가했을 때 이 원형 도선의 자기 위치 에너지와 돌림힘의 크기를 구하여라.

$U = -\mu B \cos 90^\circ = 0\ \mathrm{J}$

$\tau = \mu B \sin 90^\circ = (0.25\ \mathrm{A \cdot m^2}) \times (0.100\ \mathrm{T}) = 0.025\ \mathrm{N \cdot m}$

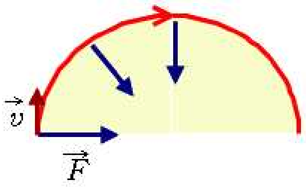
(다) 균일한 자기장을 $+z$방향으로 $0.100\ \mathrm{T}$의 크기로 가했을 때 이 원형 도선의 자기 위치 에너지와 돌림힘의 크기를 구하여라.

$U = -\mu B \cos 0^\circ = -(0.25\ \mathrm{A \cdot m^2}) \times (0.100\ \mathrm{T}) = 0.025\ \mathrm{J}$

$\tau = \mu B \sin 0^\circ = 0\ \mathrm{N \cdot m}$

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

18. 초기에 북쪽으로 속도 $4.00 \times 10^6\ \mathrm{m/s}$로 운동하기 시작한 전자가 반원궤도를 그리면서 동쪽으로 $10.0\ \mathrm{cm}$ 떨어진 곳에 도달하였다.



(가) 이러한 반원궤도를 그리도록 하는 데 필요한 자기장의 크기와 방향을 구하여라.

$v = 4.00 \times 10^6\ \mathrm{m/s}, \qquad 2r = 0.100\ \mathrm{m} \qquad \Rightarrow \qquad r = 0.0500\ \mathrm{m} = 5.00 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}$

$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad q = -e$ (음전하이므로)

(오른나사 법칙에 의해)

($\vec{B}$의 방향은 지면 안쪽으로 들어가는 방향이다.)

$F_B = evB\sin\theta = evB\sin 90^\circ = evB = m\dfrac{v^2}{r}$ < 구심력 >

$$\Rightarrow \qquad B = \frac{mv}{er} = \frac{(9.11 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}) \times (4.00 \times 10^6\ \mathrm{m/s})}{(1.60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}) \times (5.00 \times 10^{-2}\ \mathrm{m})} = 4.55 \times 10^{-4}\ \mathrm{T} = 4.55\ \mathrm{G}$$

(나) 이 전자가 동쪽 지점에 도달하는 데 걸린 시간을 구하여라.

$$t = \frac{\pi r}{v} = \frac{3.14 \times (5.00 \times 10^{-2}\ \mathrm{m})}{4.00 \times 10^6\ \mathrm{m/s}} \approx 3.93 \times 10^8\ \mathrm{s}$$

19. 지름이 $0.800\ \mathrm{m}$인 원형 도선이 12회 감겨 있다. 도선에는 $3.00\ \mathrm{A}$의 전류가 흐른다. 이 원형 도선에 $0.600\ \mathrm{T}$ 크기의 균일한 자기장이 가해지고 도선이 자유롭게 회전할 수 있다고 할 때,

(가) 도선에 작용하는 최대 돌림힘은 얼마인가?

$\vec{\mu} = NI\vec{A} \qquad \mu = NIA = NI\pi r^2 = 12 \times (3.00\ \mathrm{A}) \times \pi \times (0.400\ \mathrm{m})^2 = 5.76\pi\ \mathrm{A \cdot m^2}$

$\tau = \mu B\sin 90^\circ = (5.76\pi\ \mathrm{A \cdot m^2}) \times (0.600\ \mathrm{T}) = 3.456\pi\ \mathrm{N \cdot m} \approx 10.86\ \mathrm{N \cdot m}$

(나) 도선의 어떤 위치에서 돌림힘이 절반으로 줄어드는가?

$\tau = \mu B\sin 30^\circ = \dfrac{1}{2} \times (5.76\pi\ \mathrm{A \cdot m^2}) \times (0.600\ \mathrm{T}) = 1.728\pi\ \mathrm{N \cdot m} \approx 5.43\ \mathrm{N \cdot m}$

자기모멘트 방향과 자기장 방향의 사잇각이 30° 일 경우

도선 면과 자기장 방향의 사잇각이 60° 일 경우

20. 질량이 $1.50\times10^{-15}\,\mathrm{kg}$인 양전하가 균일한 자기장 $\vec{B}=-0.200(\mathrm{T})\hat{k}$이 주어진 공간에 진입하였다. 진입할 때 입자의 속도는 $\vec{v}=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})(4\hat{i}-3\hat{j}+6\hat{k})$이고, 이 때 자기력에 의한 힘의 크기는 $2.00\,\mathrm{N}$이다.

(가) 양전하의 전하량을 구하라. 답안지 답 : $1.25\,\mu\mathrm{C}$

$$\vec{v}\times\vec{B}=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})\begin{vmatrix}\hat{i} & \hat{j} & \hat{k}\\ 4 & -3 & 6\\ 0 & 0 & -0.200\end{vmatrix}$$

$$=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})\left[\{(-3)\times(-0.200)-0\}\hat{i}+\{0-(4)\times(-0.200)\}\hat{j}\right]\mathrm{T}$$

$$=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})(0.600\,\hat{i}+0.800\,\hat{j})\,\mathrm{T}$$

$$|\vec{v}\times\vec{B}|=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})\sqrt{(0.600)^2+(0.800)^2}\;\mathrm{T}=1.00\times10^{6}\;\mathrm{T\cdot m/s}$$

$$F_B=|\vec{F}_B|=q|\vec{v}\times\vec{B}|=q\left(1.00\times10^{6}\;\mathrm{T\cdot m/s}\right)=2.00\,\mathrm{N}$$

$$q=\frac{2.00\,\mathrm{N}}{1.00\times10^{6}\;\mathrm{T\cdot m/s}}=2.00\times10^{-6}\,\mathrm{C}=2.00\,\mu\mathrm{C}$$ 답안지 답과 다르네~?

(나) 입자의 가속도를 구하라. 답안지 답 : $1.33\times10^{15}\,\mathrm{m/s^2}$

$$\begin{cases}F_B=2.00\,\mathrm{N}\\ F_c=ma_c=m\dfrac{v_t^2}{R}\end{cases}\quad\Rightarrow\quad F_c=F_B\quad\Rightarrow\quad ma_c=2.00\,\mathrm{N}$$

$$\Rightarrow\quad a_c=\frac{2.00\,\mathrm{N}}{m}=\frac{2.00\,\mathrm{N}}{1.50\times10^{-15}\,\mathrm{kg}}=\frac{4}{3}\times10^{15}\,\mathrm{m/s^2}$$ OK

(다) 입자의 운동 경로가 나선형이 됨을 설명하고
원형 운동 성분의 반지름을 구하라. 답안지 답 : $0.03\,\mathrm{m}$

자기장에 의한 원운동과 z방향 속도 성분에 의한 등속도운동의 조합 = 나선운동

$$v_t=(1.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})\sqrt{4^2+(-3)^2}=5.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s}$$

$$\begin{cases}F_B=2.00\,\mathrm{N}\\ F_c=ma_c=m\dfrac{v_t^2}{R}\end{cases}\quad\Rightarrow\quad R=\frac{v_t^2}{a_c}=\frac{(5.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})^2}{\frac{4}{3}\times10^{15}\,\mathrm{m/s^2}}=0.01875\,\mathrm{m}$$

답안지 답과 다르네~?

$$\Rightarrow\quad R=\frac{mv_t}{qB}=\frac{(1.50\times10^{-15}\,\mathrm{kg})(5.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})}{(2.00\times10^{-6}\,\mathrm{C})(0.200\,\mathrm{T})}=0.01875\,\mathrm{m}$$

$$\Rightarrow\quad R=\frac{mv_t}{qB}=\frac{(1.50\times10^{-15}\,\mathrm{kg})(5.00\times10^{6}\,\mathrm{m/s})}{(1.25\times10^{-6}\,\mathrm{C})(0.200\,\mathrm{T})}=0.03\,\mathrm{m}$$ OK

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

20. 질량이 $1.50\times10^{-15}\,\mathrm{kg}$인 양전하가 균일한 자기장 $\vec{B} = -0.200\,(\mathrm{T})\,\hat{k}$이 주어진 공간에 진입하였다. 진입할 때 입자의 속도는 $\vec{v} = (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})\,(4\,\hat{i} - 3\,\hat{j} + 6\,\hat{k})$이고, 이 때 자기력에 의한 힘의 크기는 $2.00\ \mathrm{N}$이다. **혹시 오타?** $1.00 \rightarrow 1.60$

(가) 양전하의 전하량을 구하라. 답안지 답 : $1.25\ \mu\mathrm{C}$

$$\vec{v}\times\vec{B} = (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & -3 & 6 \\ 0 & 0 & -0.200 \end{vmatrix}$$
$$= (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})\left[\{(-3)\times(-0.200)-0\}\,\hat{i} + \{0-(4)\times(-0.200)\}\,\hat{j}\right]\ \mathrm{T}$$
$$= (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})(\,0.600\,\hat{i} + 0.800\,\hat{j}\,)\ \mathrm{T}$$

$$|\vec{v}\times\vec{B}| = (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})\sqrt{(0.600)^2+(0.800)^2}\ \mathrm{T} = 1.60\times10^{6}\ \mathrm{T\cdot m/s}$$

$$F_B = |\vec{F}_B| = q\,|\vec{v}\times\vec{B}| = q\,(1.60\times10^{6}\ \mathrm{T\cdot m/s}) = 2.00\ \mathrm{N}$$

$$q = \frac{2.00\ \mathrm{N}}{1.60\times10^{6}\ \mathrm{T\cdot m/s}} = 1.25\times10^{-6}\ \mathrm{C} = 1.25\ \mu\mathrm{C}$$ OK~^^;

(나) 입자의 가속도를 구하라. 답안지 답 : $1.33\times10^{15}\ \mathrm{m/s^2}$

$$\begin{cases} F_B = 2.00\ \mathrm{N} \\ F_c = ma_c = m\dfrac{v_t^2}{R} \end{cases} \Rightarrow \quad F_c = F_B \quad \Rightarrow \quad ma_c = 2.00\ \mathrm{N}$$

$$\Rightarrow \quad a_c = \frac{2.00\ \mathrm{N}}{m} = \frac{2.00\ \mathrm{N}}{1.50\times10^{-15}\ \mathrm{kg}} = \frac{4}{3}\times10^{15}\ \mathrm{m/s^2}$$ OK

(다) 입자의 운동 경로가 나선형이 됨을 설명하고
원형 운동 성분의 반지름을 구하라. 답안지 답 : $0.03\ \mathrm{m}$

자기장에 의한 원운동과 z방향 속도 성분에 의한 등속도운동의 조합 = 나선운동

$$v_t = (1.60\times10^{6}\ \mathrm{m/s})\sqrt{4^2+(-3)^2} = 8.00\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

$$\begin{cases} F_B = 2.00\ \mathrm{N} \\ F_c = ma_c = m\dfrac{v_t^2}{R} \end{cases} \Rightarrow \quad R = \frac{v_t^2}{a_c} = \frac{(8.00\times10^{6}\ \mathrm{m/s})^2}{\frac{4}{3}\times10^{15}\ \mathrm{m/s^2}} = 0.048\ \mathrm{m}$$

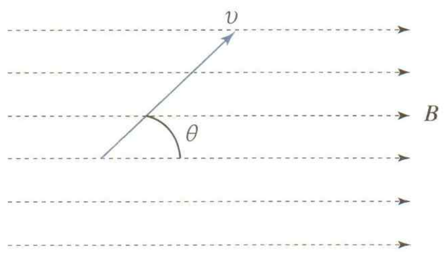
답안지 답과 다르네~ㅠㅠ

$$\Rightarrow \quad R = \frac{mv_t}{qB} = \frac{(1.50\times10^{-15}\ \mathrm{kg})(8.00\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(1.25\times10^{-6}\ \mathrm{C})(0.200\ \mathrm{T})} = 0.048\ \mathrm{m}$$

$$\Rightarrow \quad R = \frac{mv_t}{qB} = \frac{(1.50\times10^{-15}\ \mathrm{kg})(8.00\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(2.00\times10^{-6}\ \mathrm{C})(0.200\ \mathrm{T})} = 0.03\ \mathrm{m}$$ OK

대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (19장) - by 송현석

21. 그림과 같이 $+x$ 방향의 균일한 자기장 B 속의 원점 O에서 초속도 v로 x축과 θ의 각도로 전자가 방출되었다.
다음 각 경우 전자의 운동은 어떻게 되는가?



(가) $\theta = 0^\circ$ 일 때 등속 직선운동

(나) $\theta = 90^\circ$ 일 때 등속 원운동

(다) $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 일 때 x축 방향으로 진행하는 나선운동

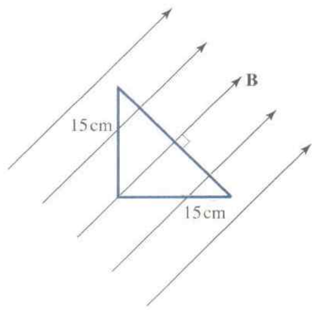
(라) $\theta = 45^\circ$ 인 경우, 전자가 1회전할 때 전자가 $+x$방향으로 진행하는 거리는 얼마인가?
(단, 전자의 질량은 m이고 전하량은 e이다.)

$$ev_y B = m\frac{v_y^2}{r} \quad \Rightarrow \quad v_y = \frac{reB}{m}$$

$$v_y = \frac{2\pi r}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi r}{v_y} = \frac{2\pi r}{reB/m} = \frac{2\pi m}{eB}$$

$$x = v_x T = (v\cos 45^\circ)T = v\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{2\pi m}{eB} = \frac{\sqrt{2}\,\pi m v}{eB}$$

22. 한 변의 길이가 $15.0\ \mathrm{cm}$ 인 직각이등변삼각형에 $2.00\ \mathrm{A}$ 의 전류가 흐른다. 빗변에 수직하고 삼각형의 면과 나란하며 세기가 $0.700\ \mathrm{T}$ 인 균일한 자기장에 의해 삼각형의 두 등변에 작용하는 자기력의 세기는 얼마인가?



$\vec{F}_B = I\vec{l}\times\vec{B}$, $F_B = IlB\sin\theta$ 오른나사 법칙

두 등변 : $F_B = 2Il_{등변}B\sin 45^\circ = 2Il_{등변}B\frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}\,Il_{등변}B$

$$= \sqrt{2}\times(2.00\ \mathrm{A})\times(0.150\ \mathrm{m})\times(0.700\ \mathrm{T}) \approx 0.3\ \mathrm{N}$$

빗변 : $F_B = Il_{빗변}B\sin 90^\circ = Il_{빗변}B$

$$= (2.00\ \mathrm{A})\times(0.150\ \mathrm{m}\times\sqrt{2})\times(0.700\ \mathrm{T}) \approx 0.3\ \mathrm{N}$$

$\langle\ \vec{F}_{빗변} = -\vec{F}_{두\ 등변}\ \rangle$
두 등변과 빗변에 작용하는 자기력의 크기는 같고 방향은 반대이므로 빗변을 축으로 회전한다.