

2022년 2학기 물리학 II

김현철^{*1,†} and HuiJae-Lee^{1,‡}

¹Hadron Theory Group, Department of Physics,
Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea
(Dated: Autumn Semester, 2022)

Due date: 2022년 9월 26일 15:30-16:15

Quiz 8

문제 1 [20pt]. 반지름이 R 인 원형고리에 전류 I 가 흐르고 있다. 고리 중심에서의 자기장의 크기를 구하여라.

풀이 : 비오-사바르 법칙을 이용해 원형 고리 전류에 의한 자기장을 구해보자. 전류가 흐르는 지점으로부터 r 만큼 떨어진 곳에 생성되는 자기장 \vec{B} 는

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

이다. I 은 전류, $d\vec{l}$ 는 도선을 따르는 미소길이이고 \hat{r} 는 방향 벡터이다.

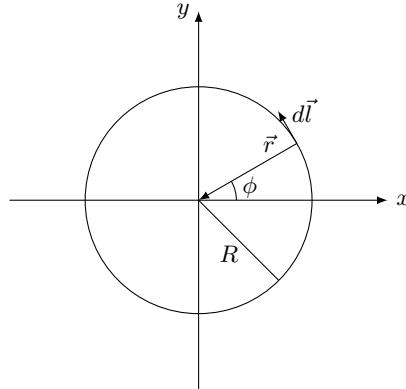


FIG. 1: xy 평면에 놓여있는 원형도선

이제 반지름이 R 이고 전류 I 가 흐르는 원형 도선을 생각하자. \vec{r} 은 도선 위의 한 점에서 도선의 중심으로 향하는 벡터이고 ϕ 는 \vec{r} 과 x 축이 이루는 각도이다. 여기서 전류는 시계 반대 방향으로 흐른다. 이 경우 벡터 \vec{r} 과 $d\vec{l}$ 로부터 $d\vec{l} \times \hat{r}$ 을 다음과 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \vec{r} &= -R \cos \phi \hat{i} - R \sin \phi \hat{j}, \quad d\vec{l} = Rd\phi(-\sin \phi \hat{i} + \cos \phi \hat{j}) \\ \implies d\vec{l} \times \hat{r} &= Rd\phi(-\sin \phi \hat{i} + \cos \phi \hat{j}) \times (-\cos \phi \hat{i} - \sin \phi \hat{j}) = Rd\phi(\cos^2 \phi + \sin^2 \phi) \hat{k} \end{aligned} \quad (2)$$

따라서 미소 벡터 $d\vec{l} \times \hat{r}$ 는

$$d\vec{l} \times \hat{r} = Rd\phi \hat{k} \quad (3)$$

* Office: 5S-436D (면담시간 매주 수요일-16:15~19:00)

[†]Electronic address: hchkim@inha.ac.kr

[‡]Electronic address: hjlee6674@inha.edu

이고 도선이 완전한 원형이므로 식 (1)의 적분구간은 $0 < \phi < 2\pi$ 임에 유의하여 자기장 \vec{B} 를 구할 수 있다.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi} R \hat{k} d\phi = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} (2\pi R) \hat{k} = \frac{\mu_0 I}{2R} \hat{k}. \quad (4)$$

원형 도선에 의해 도선 중심에서 생성되는 자기장 \vec{B} 는 크기 $\frac{\mu_0 I}{2R}$ 를 가지고 z 축 방향을 향한다.

문제 2 [20pt]. 반지름이 a 인 원통형 금속막대가 있고 그 바깥에 (같은 축을 가지며) 안쪽 반지름이 b 이고 바깥쪽 반지름이 c 인 원형 금속관이 있다. 가운데 있는 금속막대와 바깥의 관에 크기가 같고 방향이 반대인 전류가 흐르고 있다면

(가) 축으로부터의 거리 r 이 a 보다 작은 경우,

(나) $a < r < b$ 인 경우,

(다) $r > c$ 인 경우의 자기장을 각각 구하여라.

풀이 :

문제 3 [30pt]. 그림 2처럼 생긴 도선에 전류 i 가 흐른다. 이 전류는 모양이 똑같이 생긴 두 개의 반원형의 도선으로 나뉘어, 다시 합친다. 이 원형 모양의 도선 중심 C 에서 자기장을 구하여라.

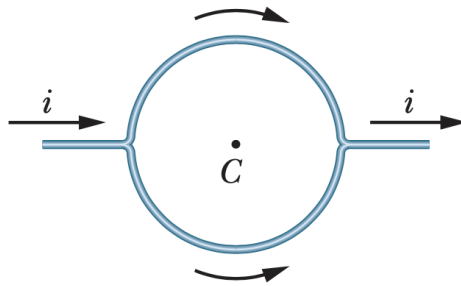


FIG. 2: 문제 3

풀이 :

문제 4 [50pt]. 그림 3은 반지름이 $a = 4.00$ cm인 긴 원통형 도체에 반지름이 $b = 1.50$ cm의 긴 원통형 구멍이 도체의 축과 평행되게 나 있는 걸 보여주는 단면이다. 이 구멍의 중심은 원형 도체의 중심에서부터 $d = 2.00$ cm 떨어져 있다. 이 원통형 도체에는 전류 $i = 5.25$ A가 균일하게 흐르고 있다고 하자.

(가) 이 구멍의 중심에서 자기장은 얼마인가?

(나) $b = 0$ 일 때와 $d = 0$ 일 때의 결과를 구하고 논하여라.

풀이 :

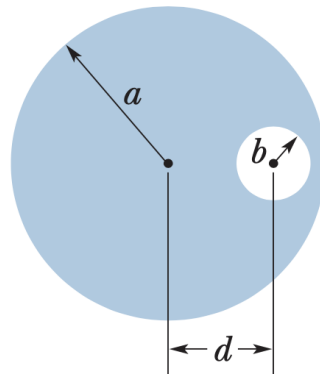


FIG. 3: 문제 4