

# 물리 2 및 실험 기말시험

학과 학번 이름

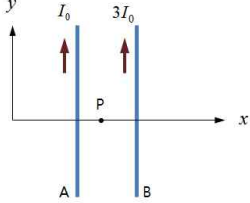
학기: 2015년 2학기 일시: 2015. 12. 16 (수) 오후 7:00~8:00

[학습성과 1 : 70%, 학습성과 4 : 30%]

\*주의사항: 1. 특별한 지시가 없는 한, 모든 주관식 문제의 풀이과정을 논리정연하게 보여야함  
2. 계산기는 쓰지 말 것 3. 뒷면에도 문제가 있음 4. 난이도는 주관적일 수 있음

점수

1. 다음 그림은 무한히 긴 두 직선 도선 A와 B가  $x$ 축에 수직으로  $xy$ 평면상에서 서로 평행하게 놓여있는 것을 나타낸다. 두 직선 도선 A와 B에는 각각  $I_0$ 와  $3I_0$ 의 전류가 흐르며  $x$ 축 위의 P점에서 자기장의 세기는 영이다. 다음의 질문들에 각각 답하시오. ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A$ ) (20점)(난이도 중)



(가) 도선 A와 B의 위치가 각각  $x_A = 4cm$ 와  $x_B = 8cm$

라면 P점의 위치  $x_P$ 는 얼마인가? (5점)

(sol)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

도선 A의 전류  $I_0$ 와 도선 B의 전류  $3I_0$ 에 의해 점 P에 형성되는 자기장의 크기  $B$ 는 영이므로,

$$B_{AP} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(x_P - x_A)}, B_{BP} = \frac{3\mu_0 I_0}{2\pi(x_B - x_P)}$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(x_P - x_A)} = \frac{3\mu_0 I_0}{2\pi(x_B - x_P)}$$

$$\rightarrow (x_B - x_P) = 3(x_P - x_A)$$

$$\Rightarrow x_P = 5cm$$

(나)  $I_0 = 1A$ 라면, 두 도선 중간 지점에서의 자기장의 크기와 방향을 구하시오. (5점)

(sol)

$$B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi d} - \frac{3\mu_0 I_0}{2\pi d}, d = \frac{x_B - x_A}{2} = 2cm$$

$$|B| = \frac{\mu_0 I_0}{\pi d} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} Tm/A) \times 1A}{\pi \times 2 \times 10^{-2} m} = 20\mu T$$

방향은 지면 앞으로 나오는 방향

(다) 두 도선 사이 작용하는 단위길이 당 힘의 크기는 얼마인가? (10점)

(sol)

$$\frac{F}{\ell} = \frac{3\mu_0 I_0^2}{2\pi(x_B - x_A)}$$

$$= \frac{3 \times (4\pi \times 10^{-7} Tm/A) \times 1A}{2 \times \pi \times 4 \times 10^{-2} m} = 15\mu N/m$$

2. 그림과 같이 반지름이 a 인 원통형 파이프 컵절을 따라 전류  $I_1$ 이 흐르고 중심의 철심을 따라 전류  $I_2$ 가 반대방향으로 흐르고 있다. 앙페르법칙을 이용하여 도선 중심축으로부터의 거리가 r 인 점에서의 자기장의 세기를 다음의 경우에 대해 각각 구하시오. (10점)(난이도 하)

(가) 파이프의 안쪽 공간, ( $r < a$ ) (5점)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{내부}};$$

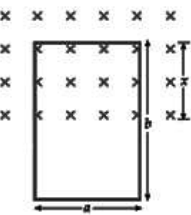
$$B 2\pi r = \mu_0 I_2; B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

(나) 파이프 밖의 빈 공간, ( $r > a$ ) (5점)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{내부}};$$

$$B 2\pi r = \mu_0 |I_1 - I_2|; B = \frac{\mu_0 |I_1 - I_2|}{2\pi r}$$

3. 감은 수 N=80회, 가로 a=20.0 cm, 세로 b=30.0 cm인 직사각형 코일의 절반이 지면을 향하는 B=0.5 T인 자기장 속에 놓여 있다. 코일의 저항 R은 10.0 옴이고 x=15.0 cm이다. (25점)(난이도 중)



(가) 자기장이 1초 동안 일정하게 0.5T에서 1.0T로 증가하였다. 이때 유도전류의 크기와 방향을 구하시오. (10점)

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -Nab \frac{dB}{dt} = -80 \times 0.2 \times 0.15 \times 0.5 = -1.2 V$$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = 0.12 A, \text{ 반시계 방향}$$

면적벡터의 방향을 정의할 때 2가지 불명확성이 있으므로 기전력의 계산결과에서는 부호가 큰 의미 없음.

(나) 이후 자기장이 1.0 T인 정자기장 상태에서 코일이 2.0 m/s로 오른쪽으로 움직일 때 유도전류의 크기와 방향을 구하시오. (10점)

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -NBa \frac{dx}{dt} = NBav = -80 \times 1 \times 0.2 \times 2 = -32 V$$

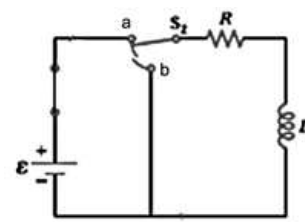
$$I = \frac{\epsilon}{R} = 3.2 A, \text{ 반시계 방향}$$

마찬가지로 기전력의 계산결과에서는 부호가 큰 의미 없음.

(다) 위의 (나) 경우에 N번 감긴 직사각형 코일이 받는 힘의 방향을 구하시오. (5점)

아랫방향

4. 솔레노이드코일(유도계수 L), 저항기(R), 직류전원( $\mathcal{E}$ )이 그림과 같이 회로에 연결되어 있다. L = 30mH, R = 6.0Ω  $\mathcal{E}$  = 12V 이며, 길이가 l인 긴 솔레노이드는 반지름 a=0.05m 이고 N=1000회 도선으로 감겨 있다. (20점) (난이도 중)



(가) 스위치  $S_2$ 가 a에 연결되고 충분한 시간이 흐른 뒤 회로에 흐르는 전류의 세기를 구하시오.(5점)

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{12}{6} = 2A$$

(나) 회로의 시상수  $\tau$ 를 구하시오. (5점)

$$\tau = \frac{L}{R} = 5.0 ms$$

(다) 솔레노이드의 자체유도계수가  $L = \mu_0 N^2 A / l$  이라는 것을 이용하여, 스위치  $S_2$ 가 b로 옮겨지는 순간, 솔레노이드의 중심축으로 부터 거리  $r \approx a$ 만큼 떨어진 곳에서의 유도 전기장 크기를 구하시오. (10점)

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_B}{dt};$$

$$\phi_B = BA = \mu_0 (N/l) I \pi a^2; I = \frac{\epsilon}{R} e^{-t/\tau};$$

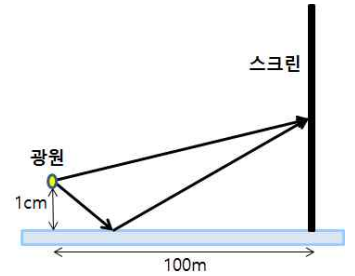
$$-\frac{d\phi_B}{dt} = -\mu_0 (N/l) \frac{\epsilon}{R} \left( \frac{-1}{\tau} \right) e^{-t/\tau} \pi a^2;$$

$$E 2\pi r = \mu_0 (N/l) \frac{\epsilon}{L} e^{-t/\tau} \pi a^2$$

$$E = \frac{\mu_0 N \epsilon a^2}{2r L l} e^{-t/\tau} = \frac{\epsilon}{2r N \pi} e^{-t/\tau} \sim \frac{\epsilon}{2a N \pi} e^{-t/\tau}$$

$$E \sim \frac{0.12}{\pi} V/m$$

5. 한 개의 광원으로 간섭무늬를 만드는 방법은 하나의 광원으로 이중 슬릿을 비추는 방법이 있고 또 로이드거울을 이용하는 방법이 있다. 500nm의 광원을 사용하고 광원은 아래 그림과 같이 스크린으로부터 100m, 거울 위로 1cm되는 곳에 위치한다. (15점)(난이도 중)



(가) 거울위로 첫 번째 어두운 띠가 생기는 위치를 구하시오. (10점)

로이드거울의 첫 번째 어두운 띠는 d=2cm 인 더블슬릿에서 첫 번째(m=1)의 밝은 무늬 위치와 동일하므로

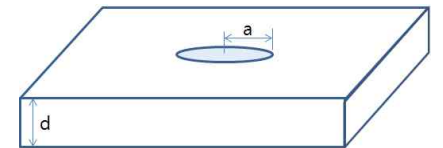
$$y_m = \frac{m\lambda D}{d} = \frac{1(5 \times 10^{-7})(10^2)}{(2 \times 10^{-2})} = 2.5 \times 10^{-3} m$$

(나) 두 어두운 띠 사이의 간격을 구하시오.(5점)

무늬 사이의 간격은 일정하므로

$$y = \frac{\lambda D}{d} = \frac{(5 \times 10^{-7})(10^2)}{(2 \times 10^{-2})} = 2.5 \times 10^{-3} m$$

6. 그림과 같이 수영장에 덮개가 덮여있고, 이 덮개에는 반지름이 a인 원형 구멍이 뚫어져 있다. 수심이 d일 때, 구멍을 통해 볼 수 있는 수영장 바닥의 넓이를 구하시오. (공기의 굴절률은 1, 물의 굴절률은 n 이라 하자).(10점) (난이도 상)



$$A = \pi R^2; R = (a + d \tan \theta_c); \sin \theta_c = 1/n;$$

$$\tan \theta_c = 1/\sqrt{n^2 - 1};$$

$$A = \pi \left( a + \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}} \right)^2$$