

물리2 및 실험 학기말시험(이론)

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

학기: 2012년 2학기 일시: 2012. 12. 18 (화) 오후 7:00

[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 각각의 문장이 참이면 ○표, 틀리면 ×표 하라.

[30점, 난이도 중](각3점)

(가) 도선의 길이를 두 배로 잡아 늘이면 도선의 단면적은 반으로 줄어 저항은 동일하다.(☒)

(나) 병렬 연결된 저항기의 등가저항은 연결된 어느 저항기의 저항보다 작다.(☐)

(다) 자기장에 수직으로 입사한 중성자는 원운동한다.

(☒)

(라) 사이클로트론 운동의 주기는 입자의 속력이 빨라지면 짧아진다.(☒)

(마) 사이클로트론 내에서 양성자를 가속시킬 때 속력이 증가하여 원운동의 반경이 증가하는 이유는 자기력이 양성자에게 일을 해주기 때문이다. (☒)

(바) 앙페르 법칙은 전류가 정적이고 연속적인 경우 어떤 모양의 폐곡선에 대해서도 성립한다. (☐)

(사) 해변가에서는 해수면과 나란한 투과축을 가진 편광 썬글라스가 눈을 더 보호해 준다. (☒)

(아) 내부 전반사는 항상 굴절률이 큰 물질에서 작은 물질로 입사될 때만 일어 날 수 있다. (☐)

(자) 무편광된 빛이 산란되어 z축으로 진행하면 빛은 편광되어 z축으로 진동한다.(☒)

(차) 단일 슬릿에서 슬릿 폭이 줄어들면 중앙회절극대무늬의 폭은 늘어난다.(☐)

2. 액체-공기 경계면에서 내부 전반사에 대한 임계각이 45° 이다. 만약 액체 안에서 공기로 나가는 광선의 입사각이 경계면에서 30° 라면 공기 중에서 굴절된 광선의 굴절각은 얼마인가? (공기의 굴절률=1) [10점 난이도 하]

임계각조건에 의해서

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2, n_1 \sin 45 = 1, n_1 = \sqrt{2}$$

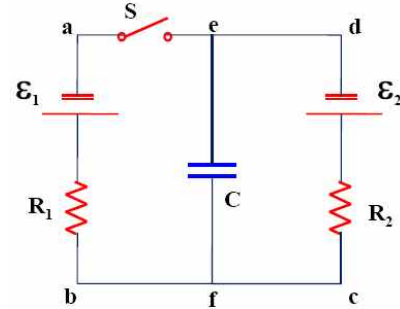
따라서 액체의 굴절률은 $\sqrt{2}$ 이다.

입사각이 30° 일 때의 굴절각은

$$\sqrt{2} \sin 30^\circ = \sin \theta_2, \theta_2 = 45^\circ$$

3. 다음 그림을 보고 아래 물음에 답하시오.

[20점, 난이도 상]



$\varepsilon_1 = 10\text{ V}, \varepsilon_2 = 42\text{ V}, R_1 = 4\Omega, R_2 = 12\Omega, C = 2\mu\text{F}$ 이다.

(가) 스위치 S를 닫고, 오랜 시간이 지나 충전이 완료된 후 e-f 를 지나는 전류의 크기와 방향을 구하시오.(5점)

충전이 다 된 후에는 더 이상 전하가 축전기에 축적되지 못하기 때문에(저항이 무한대가 된다.) e-f 구간에는 전류가 흐르지 않는다.

$$\therefore I_{ef} = 0$$

(나) 이때 폐회로 adcba 에 흐르는 전류의 크기와 방향을 구하시오.(5점)

$$\varepsilon_2 - I(R_1 + R_2) - \varepsilon_1 = 0, I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_1 + R_2} = \frac{32}{16} = 2\text{ A}$$

$I = 2\text{ A}$, 전류의 방향은 시계 방향

(다) 이제 회로에서 두 전지를 제거하고 a점과 저항 R_1 을 바로 연결하고, d점과 저항 R_2 를 바로 연결하여 축전기가 방전을 시작하였다. 이 회로의 등가저항은 얼마인가?(5점)

분기점 e와 f가 회로 eabf와 회로 edcf의 공통된 시작점과 끝점임으로 두 회로에 대한 전압 강하 크기가 같아야 하고 R_1 과 R_2 는 서로 병렬로 연결된 셈이 된다. 따라서 등가 저항은

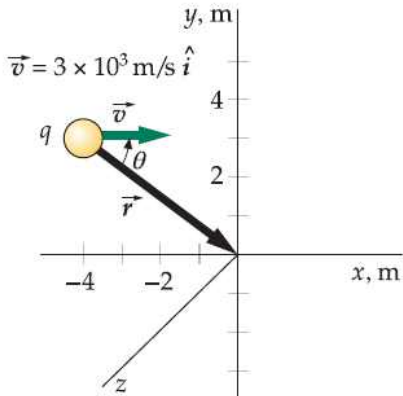
$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{1/4 + 1/12} = 12/4 = 3\Omega$$

(라) 또한 축전기의 전하량이 처음의 절반으로 줄어드는데 걸리는 시간을 구하여라. 단 $Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ 이며 자연로그는 그대로 두어라. (5점)

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \quad 1/2 Q_0 = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \quad -\ln 2 = -t/RC$$

$$t = RC \ln 2 = 3 \times (2 \times 10^{-6}) \times \ln 2 = 6 \ln 2 \mu s$$

4. 전하 $q=25 \mu C$ 의 점입자가 $z=0$ 인 평면에서 $y=3.0 \text{ m}$ 를 따라 속도 $3 \times 10^3 \text{ m/s}$ 로 움직이고 있다. 그림처럼 전하가 $x=-4.0 \text{ m}$, $y=3.0 \text{ m}$ 의 위치에 있을 때 이 전하에 의해 생성된 원점에서의 자기장의 세기와 방향을 구하여라. [10점, 난이도 하] ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [Tm/A]$)

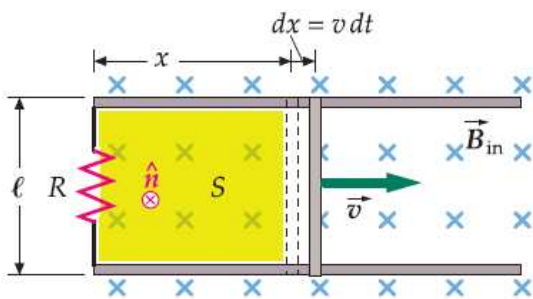


$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \hat{r}}{r^2}, \quad \vec{r} = (4\hat{i} - 3\hat{j})m, \quad \hat{r} = \frac{1}{5}(4\hat{i} - 3\hat{j})$$

$$\vec{B} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{4\pi} \times \frac{(25 \times 10^{-6})(3 \times 10^3 \hat{i}) \times (\frac{4}{5}\hat{i} - \frac{3}{5}\hat{j})}{5^2}$$

$$= -1.8 \times 10^{-10} T \hat{k}$$

5 그림은 저항으로 연결되어 있는 도체 레일 위에서 오른쪽으로 미끄러져 가는 얇은 도체 막대를 보여준다. 지면을 향하는 균일한 자기장 $B=0.6 \text{ T}$, $v=8 \text{ m/s}$, $l=20 \text{ cm}$, $R=24 \Omega$ 이다. [15점, 난이도 하]



(가) 이 폐회로에 유도되는 기전력의 크기를 구하여라. (5점)

$$\varepsilon = Blv = 0.6 \times 0.2 \times 8 = 0.96 V$$

(나) 저항 R에 흐르는 전류의 세기와 방향(시계방향 또는 반시계방향)을 구하여라. (5점)

$$I = \varepsilon / R = 0.96 / 24 = 0.04 A, \text{ 반시계방향}$$

(다) 유도전류가 흐르는 얇은 도체 막대가 받는 자기력의

세기와 방향을 구하시오. (단 상하좌우로 답하시오.) (5점)

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B} = ilB = 0.04 \times 0.2 \times 0.6$$

$$= 48 \times 10^{-4} N, \text{ 왼쪽 방향으로 힘을 받는다.}$$

6. 파장 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 인 레이저에서 나온 광을 각 슬릿의 폭이 a 로 같고 두 슬릿의 간격이 d 인 가느다란 이중 슬릿에 비춘다. 이중 슬릿에서 거리 $L=1 \text{ m}$ 만큼 떨어진 스크린에서 회절 간섭무늬를 관찰한다. 이 때 d 는 L 보다 매우 크다. [15점, 난이도 중]

(가) 이중슬릿에 의한 밝은 무늬 사이의 간격이 5 mm 일 때, 슬릿의 간격이 d 를 계산하라. (5점)

$$d \sin \theta = m \lambda, \quad d \sin \theta \approx d y_m / L = m \lambda, \quad y_m = m \lambda L / d$$

$$y_m - y_{m-1} = \lambda L / d$$

$$\therefore d = \lambda L / (y_m - y_{m-1}) = (500 \times 10^{-9} m) \times 1 m / (5 \times 10^{-3} m)$$

$$= 10^{-4} m = 0.1 mm = 100 \mu m$$

(나) 스크린에 이중슬릿에 의한 간섭무늬와 각 슬릿의 폭에 의한 회절무늬가 동시에 관측되었다. 만약 중앙회절극대무늬에 9개의 간섭무늬가 관측되었다면 슬릿의 폭 a 는 얼마인가? (5점)

$$m = d/a, \quad N = 2m - 1 = 9, \quad m = 5$$

$$\therefore a = d/m = 100 \mu m / 5 = 20 \mu m$$

(다) 이중슬릿에 의한 간섭무늬에서 가장 밝은 무늬가 나타나는 위치는 어디인가? 또, 이곳의 밝기는 슬릿 하나만을 열었을 때 가장 밝은 무늬의 밝기의 몇 배인가? (5점)

회절극대무늬에 의해 $I = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}$ (여기서 δ 는 광경로차에 의한 위상차, I_0 는 슬릿을 통과하는 각 빛의 세기)로 표현되는 간섭무늬의 세기 변조가 다시 변조된다. 이때 가장 밝은 이중 슬릿에 의한 간섭무늬는 $m=0$ 차이고(회절 무늬가 최대로 밝은 곳과 $m=0$ 차인 보강 간섭무늬가 일치하는 곳) 크기는 $4I_0$ 이다. 따라서 하나의 슬릿을 통과한 빛의 세기 I_0 의 4배가 된다. 그림 참조.

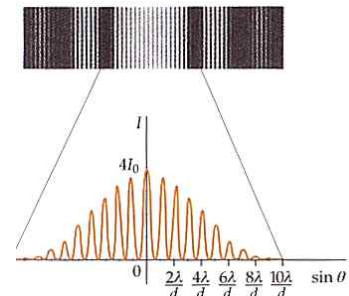


그림) 슬릿의 간격이 d 이고 슬릿의 폭이 a 인 이중 슬릿에 대한 회절 간섭무늬의 형태

<수고 하셨습니다.>