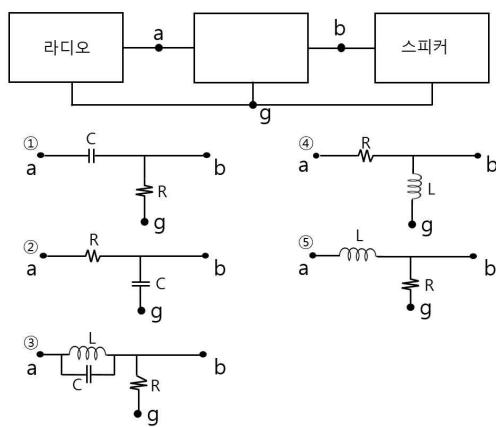


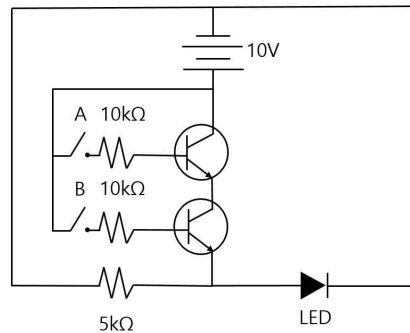
2025학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제 [창의인재/의예과 물리학]

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (15점)

- (가) 코일에 교류가 흐르면 코일은 저항 역할을 하게 되며, 진동수가 클수록 큰 유도 기전력이 발생하여 전류의 흐름을 크게 방해한다.
- (나) 교류 회로에서 축전기는 교류 회로의 진동수가 클수록 축전기의 금속판에 전하가 꽂 차기 전에 반대 방향의 전류가 흐르게 되기 때문에 전류를 방해하는 정도가 작아진다.
- (다) 트랜지스터는 이미터, 베이스, 컬렉터의 세 부분으로 이루어져 있다.
- (라) 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에 전압을 걸어 베이스에 전류가 흐르면 컬렉터에도 전류가 흐르고, 베이스에 전류가 흐르지 않으면 컬렉터에도 전류가 흐르지 않는다. 이러한 성질을 이용하면 디지털 회로에서 트랜지스터를 ‘전류 흐름(1)’ 과 ‘전류 흐르지 않음(0)’ 을 조절하는 스위치처럼 이용할 수 있다. 이를 트랜지스터의 스위칭 작용이라고 한다.



<그림 1-1>



<그림 1-2>

(문제 1-1) <그림 1-1>과 같이 라디오와 스피커가 있고, 그사이에 어떤 회로가 연결되어 있어서 ㉠라디오에서 나오는 소리 중 낮은음 영역은 잘 들리게 하고 높은음 영역은 잘 들리지 않게 하려고 한다. <그림 1-1>의 보기 ① ~ ⑤ 중 ㉠에 적합한 회로를 모두 고르시오. 그리고 그 회로를 선택한 이유를 서술하시오. (10점)

(문제 1-2) <그림 1-2>와 같이 각각의 스위치 A, B에 대해 LED에 불이 들어오는지 아닌지의 여부를 알아 보기로 하자. 이때 스위치를 닫으면 1, 스위치를 열면 0이라 하고, LED에 불이 들어오면 1, 들어오지 않으면 0이라 하자. 이에 근거하여 아래 표의 ㉡ ~ ㉤을 0 또는 1로 채우시오. (5점)

A 스위치	0	0	1	1
B 스위치	0	1	0	1
LED	㉡	㉢	㉣	㉤

[출제의도]

문제 1-1. 교류 회로에서 축전기와 코일이 진동수에 대하여 어떤 방식으로 저항 역할을 하는지 이해하는 능력을 평가하는 문제이다.

문제 1-2. 트랜지스터의 스위칭 작용을 이해하는 문제이다.

[문항해설]

문제 1-1. 교류 회로에서 축전기와 코일이 주파수에 대하여 어떤 방식으로 저항 역할을 하는지 이해하여, 저주파일 때 스피커에 큰 전류가 흐를 수 있는 회로를 선택하고 그 이유를 서술해야 한다.

문제 1-2. 트랜지스터의 스위칭 작용을 이해하여 두 개의 트랜지스터가 직렬로 연결되었을 때 컬렉터에 전류가 흐르는 조건을 고르는 문제이다.

[예시답안]

[문제 1-1] (10점)

답: 2번, 5번 (객관식을 정확히 맞추면 5점, 1개만 정답을 쓰면 3점, 1개 맞고, 1개 틀리면 2점, 1개 맞고, 2개 틀리면 1점, 나머지 경우는 0점)

주관식: 5점

2번의 경우: 진동수가 작을수록 축전기는 큰 저항 역할을 하고, 저항은 진동수특성이 없기에, 진동수가 작을수록 b 지점에서 전압이 크다. 그리고, 축전기와 스피커의 연결에서 축전기의 저항 역할이 크므로, b 지점에서 스피커 쪽으로 흐르는 전류가 커서 낮은 음이 잘 들린다.

5번의 경우: 진동수가 작을수록 코일은 작은 저항 역할을 갖고, 저항은 진동수 특성이 없기에, 진동수가 작을수록 b 지점에서 전압이 크다. 그리고, 저항과 스피커의 연결에서 저항의 저항값이 크므로, b 지점에서 스피커 쪽으로 흐르는 전류가 커서 낮은 음이 잘 들린다.

[문제 1-2] (5점)

㉠ : 0, ㉡ : 0, ㉢ : 0, ㉣ : 1

(객관식을 정확히 맞추면 5점, 나머지는 0점)

【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(25점)

(가) 드브로이는 질량 m 인 입자가 속력 v 로 운동하면 입자의 물질파 파장 λ 는 다음을 만족한다고 제안하였다. $\lambda = \frac{h}{mv}$ (h : 플랑크상수)

(나) 전자는 파동의 성질도 지니고 있기 때문에 간섭 현상이 나타난다.

(다) <그림 2>와 같이 파장이 λ 인 파동이 슬릿 S_2 와 S_3 를 통과하여 스크린의 중심 O 에서 x 만큼 떨어진 점 P 에서 만날 때, 점 P 에서 보강 간섭 또는 상쇄 간섭 현상이 나타나기 위한 조건은 다음과 같다. (λ 는 통과하는 빛의 파장, d 는 이중 슬릿의 간격, L 은 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리, $L \gg d$)

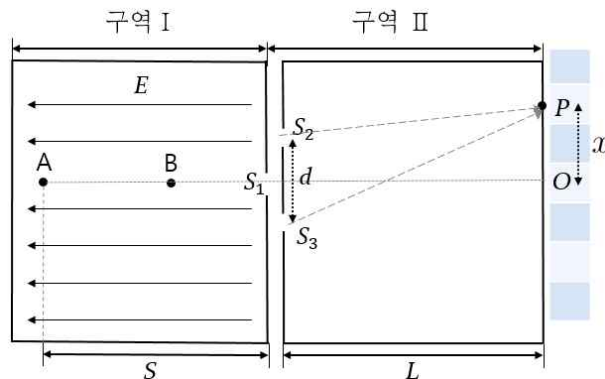
보강 간섭:

$$d \frac{x}{L} = \frac{\lambda}{2}(2m), \quad \text{상쇄 간섭: } d \frac{x}{L} = \frac{\lambda}{2}(2m+1) \quad (m=0,1,2,3, \dots)$$

(라) 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 물체가 가속된다. 가속도 a 는 물체에 작용하는 알짜힘 F 에 비례하고 질량 m 에 반비례한다. 이를 수식으로 나타내면 $F=ma$ 이다.

(마) 전기장 내의 전하 q 가 받는 전기력의 크기가 F 일 때 그곳의 전기장의 세기 E 는 $E = \frac{F}{q}$ 이다.

(바) 어떤 물체가 처음 속도 v_0 와 가속도 a 로 등가속도 직선 운동을 할 때, t 초 후의 속도(v)와 이동 거리(s)는 다음과 같다. $v = v_0 + at, \quad s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$



<그림 2>

(문제 2-1) <그림 2>와 같이 질량 m 인 전자가 구역 I에서 수평 방향으로 균일한 전기장의 영향을 받아 수평 방향으로 등가속도 운동을 하고 있다. 단일 슬릿 S_1 부터 스크린까지는 구역 II에 속하여 전기장의 영향을 받지 않는다. 두 구역에서 자기장의 영향은 전혀 없다. 전자가 A 지점을 지날 때 전자의 물질파 파장은 λ_0 이고, A 지점을 지나고 1초 후 A 지점과 수평 상에 있는 B 지점을 지날 때 파장은 $\frac{\lambda_0}{2}$ 이다. 전자는 구역 I 안에 있는 A 지점부터 거리 S 만큼 지나, 단일 슬릿 S_1 을 지나고 그 후 2중 슬릿을 통과하였다. 2중 슬릿 S_2 와 S_3 의 간격은 d 이다. 2중 슬릿에서 스크린까지 거리는 L 이고, d 에 비해 매우 크다. 스크린에 나타난 어두운 무늬들의 사이 간격이 $\frac{\lambda_0 L}{5d}$ 일 때, 거리 S 를 m, λ_0, h 를 사용하여 나타내시오. (15점)

(문제 2-2) <그림 2>의 구역 I의 전기장의 세기를 (문제 2-1)에 비해 6분의 1로 줄이면, 어두운 무늬들의 사이 간격은 원래 간격의 몇 배가 되는지를 계산하고, 그 계산과정을 적으시오. (10점)

[출제의도]

문제 2-1와 2-2. 전자의 파동성을 이해하고, 균일한 전기장에서 등가속도 운동을 하는 전자의 파장 변화를 구할 수 있고, 파장에 따른 간섭 조건 변화를 이해하는 문제이다.

[문항해설]

문제 2-1. 균일한 전기장 안에서 등가속도 하는 전자가 있다. 이 전자는 파동의 성질을 가지며, 속도가 빨라질수록 파장은 줄어든다. 이 파동은 이중 슬릿을 통과하여 간섭 현상을 만들어 내는데, 파장이 줄어들수록 어두운 무늬 사이의 간격이 줄어든다. 간섭 간격이 주어졌을 때 이 간격으로부터 파장을 구하고, 파장으로부터 전자의 속도와 이동 시간을 알아내어 등가속도 운동에서 이동거리를 계산하는 문제이다.

문제 2-2. 문제 2-1의 경우보다 전기장이 줄어들면, 등가속도가 줄면서 같은 거리를 이동하였을 때 속도도 줄고, 결국 파장도 줄어서 간섭 무늬 간격도 줄어들음을 이해하는 문제이다.

[예시답안]

[문제 2-1] (10점)

A 지점에서 파장과 속도를 각각 λ_0 과 v_0 라고 할 때, $\lambda_0 = \frac{h}{mv_0}$ 로부터 $v_0 = \frac{h}{m\lambda_0}$.

1초 후 B 지점에서 속도는 $v_0 + a$ 이므로, 이때의 파장은 $\lambda = \frac{\lambda_0}{2} = \frac{h}{m(v_0 + a)}$. (1점)

위 식으로부터 가속도를 구하면, $a = \frac{h}{m\lambda_0}$ (2점)

임의의 시간 t 에서 속도는 $v = v_0 + at = \frac{h}{m\lambda_0} + \frac{h}{m\lambda_0}t$ 이고, 이때 물질파의 파장은

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{t+1}. (2점)$$

어두운 무늬 사이의 간격이 $\frac{\lambda_0 L}{5d}$ 이므로 파장은 $\frac{\lambda_0}{5}$ 이다. 이 파장이 되기 위해서는 $t = 4$ 초. (2점)

4초 동안 간 거리는 $S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{h}{m\lambda_0} 4 + \frac{1}{2} \frac{h}{m\lambda_0} 16 = \frac{12h}{m\lambda_0}$ 이다. (2점)

$$S = \frac{12h}{m\lambda_0} (1점)$$

[문제 2-2] (10점)

전기장의 세기가 6분의 1이 되었기 때문에 가속도도 1/6이 되어, $a = \frac{h}{6m\lambda_0}$. (1점)

$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 로부터 거리 S를 가는 동안 걸린 시간 t 을 구한다.

$$\frac{12h}{m\lambda_0} = \frac{h}{m\lambda_0} t + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{6m\lambda_0} \right) t^2 \text{ 로부터 } t = 6(\sqrt{5} - 1) \text{ 를 구한다.}$$

$v = v_0 + at$ 로부터 속도 v 를 구한다.

$$v = v_0 + at = \frac{h}{m\lambda_0} + \frac{h}{6m\lambda_0} (6\sqrt{5} - 6) = \frac{\sqrt{5}h}{m\lambda_0} \text{ (5점)}$$

이때 파장은 $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{5}}$ 이므로 어두운 무늬들의 사이 간격은 $\Delta x = \frac{\lambda L}{d} = \frac{\lambda_0 L}{\sqrt{5} d}$ 이므로 (2점)

원래 값의 $\sqrt{5}$ 배가 되었다. (2점)

(속도 v 를 구하는 별해 :

$v = v_0 + at$, $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 식으로부터, 시간항을 소거하여 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 를 구하여,

구역 I 을 지난 직후의 속도를 구하면,

$$v^2 = v_0^2 + 2as = \left(\frac{h}{m\lambda_0} \right)^2 + 2 \left(\frac{h}{6m\lambda_0} \right) \left(\frac{12h}{m\lambda_0} \right) = 5 \left(\frac{h}{m\lambda_0} \right)^2 \text{ 로 부터}$$

$v = \frac{\sqrt{5}h}{m\lambda_0}$ 이다. (5점)