KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

강자성과 퀴리 온도 · 전기 진동과 공명

※ 면접위원(감독관)의 “시작” 신호가 있기 전에는 절대로 문제지를 펼치지 마십시오. ※

수험번호		**성 명**	
모집단위		**고사실**	
입실 시각	시 분	**감독관 확인**	(서명)

■ 시험 구성

문항	주제	준비·답변	배점
문제 1	자기 구역과 대자율의 온도 의존성	10분 · 8분	5점
문제 2	LC 회로의 에너지 진동과 RLC 회로의 공명	10분 · 8분	5점
계	출제 범위: 물리학 Ⅰ · 물리학 Ⅱ	준비 20분 · 답변 문항당 8분 내외	**10점**

■ 수험생 유의사항

1. 휴대전화·스마트워치 등 모든 전자기기는 전원을 끈 뒤 감독관에게 제출하십시오. 소지 사실이 확인되면 **부정행위**로 간주되어 해당 전형 지원이 무효 처리됩니다.
2. 문제지는 표지 포함 총 **3쪽**입니다. “시작” 신호 후 쪽수와 인쇄 상태를 먼저 확인하고, 이상이 있으면 즉시 손을 들어 알리십시오.
3. 준비 시간(20분) 동안 문제지 여백과 배부된 메모지에 풀이를 정리할 수 있습니다. 계산기·참고 서적·본인 필기구 이외의 물품은 사용할 수 없습니다.
4. 면접실에서는 문제지와 메모지를 지참하고, 면접위원의 질문 순서에 따라 **근거를 들어 구술**로 답하십시오. 최종 결과만 말하는 답변은 배점의 일부만 인정됩니다.
5. 면접위원은 답변 도중 추가 질문을 할 수 있으며, 이는 감점 요소가 아니라 평가 절차의 일부입니다.
6. 문제지·메모지는 면접 종료 후 **전량 회수**됩니다. 문항 내용을 기록·촬영·유출하는 행위는 부정행위로 처리됩니다.
7. 문항에 이상이 있다고 판단되더라도 임의로 조건을 바꾸지 말고, 본인이 세운 가정을 명확히 밝힌 뒤 답하십시오.
8. 면접 종료 신호 후에는 답변을 계속할 수 없습니다. 시간 배분에 유의하십시오.

문항 코드 KAIST형 · PHYSICS-26 **제작** 2026. 9. **봉인 상태 확인** 개봉 흔적이 있으면 배부 전 감독관에게 알리십시오.

본 문항은 KAIST 면접 및 구술고사 공개 문항 형식에 맞추어 자체 제작한 **비공식 창작 모의문항**입니다. KAIST의 공식 또는 예상 문항이 아니며, 특정 대학의 실제 시험 문항을 옮긴 것이 아닙니다.

문제 1 강자성체의 대자율과 퀴리 온도

물리학 I · II | 자기 구역, 유도 자화와 잔류 자화, 대자율, 퀴리 온도, 퀴리-바이스 법칙 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

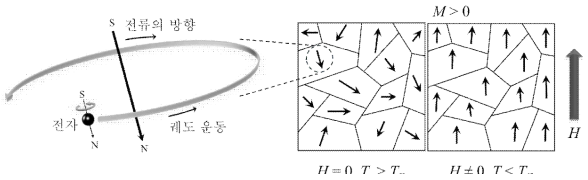
문항 및 제시문

원자 안에서 전자는 핵 둘레를 도는 궤도 운동과 스스로 도는 스핀을 함께 가지며, 이 둘이 모두 작은 원형 전류처럼 작용하여 원자마다 자기 모멘트를 만든다. 자기장에 반응하는 물질을 자성체라 하고, 그중 자석에 잘 달라붙는 물질을 강자성체라 한다. [그림 1]의 왼쪽은 전자의 궤도 운동이 자기 모멘트를 만드는 모습을, 오른쪽 두 칸은 강자성체 내부를 확대한 것으로 자기 모멘트의 방향이 같은 원자들이 모여 이룬 작은 영역인 **자기 구역**을 보여 준다.

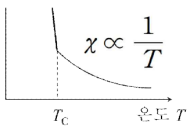
온도가 높고 외부 자기장이 없으면 열적 요동 때문에 자기 구역들의 방향이 제멋대로여서 전체 자화가 0이고, 물질은 상자성처럼 행동한다. 세기 H인 외부 자기장을 걸면 구역들이 그 방향으로 정렬하여 자화 M이 생기는데, 이를 유도 자화라 하고

$$M = \chi H$$

로 쓴다. 비례 상수 χ를 대자율이라 하며, 원자 자기 모멘트가 외부 자기장 방향으로 정렬하려는 정도를 나타낸다. [그림 2]처럼 상자성 상태의 대자율은 온도에 반비례하여 $\chi \propto 1/T$를 따르다가, 임계 온도인 **퀴리 온도** T_C에 가까워지면 급격히 커진다. 외부 자기장 속에서 퀴리 온도 아래로 식은 강자성체는 외부 자기장을 치워도 자화가 남는데, 이를 잔류 자화라 한다.



[그림 1] 전자의 궤도 운동이 만드는 자기 모멘트와 강자성체 내부의 자기 구역.



[그림 2] 대자율 χ의 온도 의존성과 퀴리 온도 T_C.

어떤 강자성체 시료에 세기가 일정한 외부 자기장 H를 걸어 둔 채 온도를 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 서서히 내리며 유도 자화 M을 잰다. $T_1 > T_2 > T_C$인 두 온도에서 잰 자화를 각각 M_1, M_2라 한다. 모든 물음에서 근거를 들어 설명하시오.

(1) 대자율의 개념을 이용하여 M_1과 M_2의 크기를 비교하고, 그렇게 되는 까닭을 원자 자기 모멘트의 정렬과 열적 요동의 경쟁으로 설명하시오. **[1점]**

(2) 상온에서 철로 만든 클립은 자석에 달라붙는다. 이때 자석이 지닌 자성과 클립이 띠게 되는 자성을 퀴리 온도, 유도 자화, 잔류 자화와 연관 지어 각각 설명하시오. **[1점]**

(3) 퀴리 온도 위에서 대자율을 더 정확히 기술하는 식으로 $\chi = C/(T - T_C)$(C는 양의 상수)가 알려져 있다. 이 시료의 퀴리 온도가 $T_C = 900$ K이고 $T_1 = 1800$ K, $T_2 = 1200$ K일 때 M_2/M_1을 구하시오. 같은 두 온도에 대해 $\chi \propto 1/T$를 쓴 경우의 값과 비교하고, 두 식이 갈라지는 까닭을 밝히시오. 또 $M = 2M_1$이 되는 온도를 두 식으로 각각 구하여 어느 쪽이 물리적으로 타당한지 논하시오. **[2점]**

(4) 영구 자석을 퀴리 온도보다 높은 온도로 달구었다가 외부 자기장이 없는 곳에서 식히면 자성이 사라진다. 그 까닭을 [그림 1]의 자기 구역으로 설명하시오. 또 자석에서 떼어 낸 클립이 약한 자성을 얼마 동안 지니는 경우가 있는데, 그 까닭도 함께 설명하시오. **[1점]**

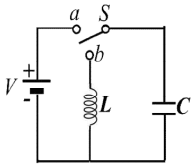
메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

문제 2 LC 회로의 에너지 진동과 RLC 회로의 공명

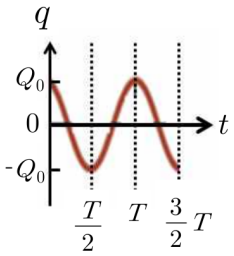
물리학 II | 전기 진동, 전기 에너지와 자기 에너지, 리액턴스와 임피던스, 공명, 교류 평균 전력, 자체 유도 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

[그림 3]은 직류 전원 V, 스위치 S, 코일 L, 축전기 C로 이루어진 회로이다. S를 a에 연결하면 축전기가 충전되고, 충분히 충전된 뒤 S를 b로 옮기면 코일과 축전기만의 고리가 되어 전하가 왕복한다. 전하량 q인 축전기의 전기 에너지는 $U_E = q^2/(2C)$, 전류 I가 흐르는 코일의 자기 에너지는 $U_B = LI^2/2$이고, 저항이 없으면 두 에너지의 합이 일정하게 유지되면서 서로 번갈아 옮겨 다닌다. 전하와 전류는 고유 진동수 $f = 1/\left(2\pi\sqrt{LC}\right)$로 진동한다. [그림 4]는 S를 b로 옮긴 순간을 $t = 0$으로 하여 축전기 한쪽 극판의 전하량 q를 나타낸 것이다.

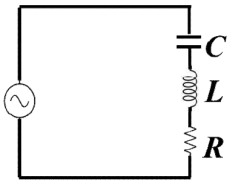


[그림 3] 직류 전원·스위치·코일·축전기로 이루어진 회로.



[그림 4] 한쪽 극판의 전하량 q의 시간 변화. 주기는 T이다.

[그림 5]는 교류 전원에 C, L, R를 직렬로 이은 회로이다. $X_C = 1/(2\pi fC)$, $X_L = 2\pi fL$이고 최대 전류는 $I_0 = V_0/\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$이다($V_0$는 전원의 최대 전압). 전원의 진동수가 회로의 고유 진동수와 같아지면 $X_L = X_C$가 되어 전류가 가장 커지는데 이를 공명이라 한다. 저항의 평균 소비 전력은 $\overline{P} = I_0^2 R/2$이다. 코일에 변하는 전류가 흐르면 자체 유도가 일어나며, 자체 유도 계수 L은 코일을 지나는 자기력선속이 클수록 커진다.



[그림 5] 교류 전원에 C, L, R를 직렬로 이은 회로.

(1) [그림 4]에 맞추어 전류 I, 전기 에너지 U_E, 자기 에너지 U_B의 시간 변화를 각각 개형으로 그리고, 세 그래프의 주기를 서로 비교하시오. **[1점]**

(2) [그림 3]에서 $V = 200$ V, $C = 10\mu$F, $L = 0.01$ H이다. 진동의 주기 T를 구하시오. 또 $t = 0$에서의 전기 에너지와 $t = 3T/4$에서의 자기 에너지를 에너지 보존을 이용하여 구하시오. (계산에서 $\pi \approx 3$, $\sqrt{10} \approx 3$으로 둔다.) **[1점]**

(3) [그림 5]에서 $C = 100\mu$F, $L = 0.1$ H, $R = 20$ Ω이고, 전원의 최대 전압은 $V_0 = 20$ V, $2\pi f = 100\sqrt{2}$ rad/s이다. 최대 전류 I_0와 평균 전력 $\overline{P}$를 구하고, 소비 전력이 3 W 이상이어야 켜지는 전구가 켜지는지 판정하시오. 이어서 코일 속에 철심을 서서히 밀어 넣었더니 전구가 점점 밝아지다가 어느 위치에서 가장 밝아졌다. 그때의 L, I_0, $\overline{P}$를 구하고 가장 밝아진 까닭을 설명하시오. **[2점]**

(4) (3)에서 가장 밝아진 순간 코일 양단에 걸리는 최대 전압을 구하시오. 그 값이 전원의 최대 전압보다 큰데도 에너지 보존에 어긋나지 않는 까닭을 설명하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 26 회 — 출제 의도 · 채점 기준 · 예시 답안

수험생에게 배부하지 마십시오. 이 부분은 문항정보(일반정보·출제 근거·문항 해설·채점 기준·예시 답안·추가 질문)를 담고 있으며, 면접 후 문항 검토와 피드백에 사용합니다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 26 회 · 문제 1]

1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	KAIST형 자체 제작 모의 면접
계열(과목) / 문항번호	물리학 / 문제 1
출제 범위 (과목명)	물리학 I , 물리학 II
핵심 개념 및 용어	자기 구역, 유도 자화 $M=\chi H$, 대자율의 온도 의존성, 퀴리 온도 T_C, 퀴리-바이스 법칙 $\chi = C/(T-T_C)$, 잔류 자화
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 그래프로 주어진 $\chi \propto 1/T$를 $M=\chi H$에 결합하여 두 측정값의 대소를 판정하고, 그 근거를 미시적 경쟁 관계로 설명할 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 같은 강자성체라도 자화를 얻은 내력에 따라 잔류 자화와 유도 자화로 나뉜다는 점을 구분하여 설명할 수 있는지 평가한다.
· 1-(3) 정성적으로만 주어진 온도 의존성을 두 개의 구체적 모형으로 바꾸어 수치를 계산하고, 두 모형이 갈라지는 지점을 퀴리 온도에서의 발산으로 해석할 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 자기 구역이라는 그림 수준의 모형으로 가열·냉각과 잔류 자화라는 두 현상을 일관되게 설명할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(3)	물리학 I — 물질과 전자기장	물질의 자성을 원자의 자기 모멘트와 자기 구역으로 설명할 수 있다.
(2)(4)	물리학 II — 전자기장	강자성체의 자화 과정과 잔류 자화를 자기 구역의 변화로 설명할 수 있다.
(3)	물리학 II — 전자기장	자료에 주어진 비례 관계를 식으로 옮겨 정량적으로 비교할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	물질과 전자기장 — 물질의 자성, 강자성체와 상자성체
고등학교 물리학 II	전자기장 — 자기화와 자기 구역, 영구 자석

4. 문항 해설

(1) 같은 H에서 $M=\chi H$이므로 M의 대소는 곧 χ의 대소이고, T_C 위에서는 χ가 온도에 반비례하므로 $T_2<T_1$에서 $\chi_2>\chi_1$, 따라서 $M_2>M_1$이다. 온도가 낮을수록 정렬을 흩트리는 열에너지 k_BT가 작아 같은 자기장으로도 더 많은 자기 모멘트를 줄 세울 수 있다. (2) 자석과 철은 모두 퀴리 온도가 상온보다 훨씬 높아 강자성 상태에 있다. 자석은 외부 자기장 속에서 퀴리 온도 아래로 식어 만들어진 잔류 자화를 지닌 영구 자석이고, 클립은 자석이 만드는 외부 자기장에 의해 그 자리에서 유도 자화가 생겨 자석 쪽으로 끌린다. (3) $\chi = C/(T-T_C)$에서 $M_2/M_1 = (T_1-T_C)/(T_2-T_C) = 900/300 = 3$이고, $\chi \propto 1/T$에서는 $T_1/T_2 = 3/2$이다. 퀴리 온도에서 먼 고온에서는 두 식이 거의 같지만 T가 T_C에 가까워질수록 퀴리-바이스 식은 발산하여 훨씬 큰 값을 준다. $M=2M_1$은 퀴리-바이스 식에서 $T-900=450$, 곧 $T=1350$ K이고, $\chi \propto 1/T$에서는 $T=900$ K $=T_C$가 되어 이미 강자성 영역이므로 쓸 수 없다. (4) 퀴리 온도 위로 달구면 열적 요동이 정렬을 이겨 자기 구역이 흩어지고, 외부 자기장 없이 식으면 구역들이

제멋대로인 방향으로 다시 굳어 전체 자화가 0이 된다. 클립은 자석에서 떼어 낸 뒤에도 구역 벽이 원래 자리로 완전히 돌아가지 못해 약한 잔류 자화를 남긴다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$M=\chi H$와 $\chi\propto 1/T$에서 $M_2>M_1$을 밝히고 열적 요동과의 경쟁으로 설명한 경우	1
(2)	자석을 잔류 자화, 클립을 유도 자화로 구분하고 둘 다 T_C가 상온보다 높아 강자성임을 언급한 경우	1
(3)	$M_2/M_1=3$과 $3/2$를 각각 구한 경우 (1점) / $T=1350$ K를 구하고 $\chi\propto 1/T$가 주는 $T=T_C$가 모순임을 지적한 경우 (1점)	2
(4)	가열·냉각 후 자기 구역이 무작위로 굳어 자화가 사라짐을 설명하고, 클립의 약한 잔류 자화를 구역 벽의 되돌아가지 못함으로 설명한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 두 온도에서 잰 자화의 비교

외부 자기장의 세기 H가 같으므로 $M=\chi H$에서 자화의 대소는 곧 대자율의 대소이다. $T_1>T_2>T_C$이므로 두 온도 모두 퀴리 온도보다 높아 시료는 상자성처럼 행동하고, [그림 2]에서 이 영역의 대자율은 온도에 반비례한다.

$$T_2<T_1 \quad\Longrightarrow\quad \chi_2>\chi_1 \quad\Longrightarrow\quad M_2>M_1\ .$$

답 온도가 낮을수록 자화가 크다. 자기 모멘트를 자기장 방향으로 줄 세우려는 상호작용 에너지는 온도와 무관한데, 그 정렬을 흩트리는 열운동 에너지는 k_BT에 비례하여 온도와 함께 커진다. 따라서 온도가 낮을수록 **정렬 대 요동**의 싸움에서 정렬이 유리해져 같은 H로도 더 큰 M을 얻는다.

(2) 자석과 클립이 지니는 자성

철과 영구 자석의 재료는 모두 퀴리 온도가 상온보다 훨씬 높으므로 상온에서 둘 다 **강자성 상태**에 있다. 다만 자화를 얻은 내력이 다르다.

- **자석**: 외부 자기장을 걸어 둔 채 퀴리 온도 아래로 식혀 자기 구역들이 한 방향으로 정렬된 채 굳은 것이다. 그래서 외부 자기장을 치워도 자화가 그대로 남는 **잔류 자화**를 지니며, 이것을 영구 자석이라 한다.
- **클립**: 처음에는 구역들의 방향이 제멋대로여서 전체 자화가 0이다. 자석을 가까이 하면 자석이 만드는 외부 자기장이 걸려 구역들이 그 방향으로 정렬하는 **유도 자화**가 생긴다.

답 유도 자화로 클립의 자석 쪽 끝에는 자석의 극과 반대인 극이 생기므로 둘 사이에 인력이 작용하여 달라붙는다. 자석은 잔류 자화, 클립은 그 자리에서 생긴 유도 자화라는 점이 핵심 차이이다.

(3) 퀴리-바이스 법칙에 의한 정량 비교

H가 같으므로 $M_2/M_1=\chi_2/\chi_1$이다. $\chi=C/(T-T_C)$를 쓰면

$$\frac{M_2}{M_1}=\frac{C/(T_2-T_C)}{C/(T_1-T_C)}=\frac{T_1-T_C}{T_2-T_C}=\frac{1800-900}{1200-900}=\frac{900}{300}$$

$$\frac{M_2}{M_1}=3.$$

한편 $\chi\propto 1/T$를 쓰면

$$\frac{M_2}{M_1}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{1800}{1200}=\frac{3}{2}=1.5.$$

$T\gg T_C$인 아주 높은 온도에서는 $T-T_C\approx T$이므로 두 식이 거의 같은 값을 준다. 그러나 T가 T_C에 가까워지면 퀴리-바이스 식의 분모가 0으로 가면서 χ가 발산하고, 두 값의 차이가 커진다. 발산은 자기 모멘트들이 서로를 정렬시키는 상

> 호작용 때문에 외부 자기장이 아주 약해도 자화가 크게 생기는 상태, 곧 자발 자화가 시작되기 직전임을 뜻한다. $\chi \propto 1/T$는 이 상호작용을 무시한 식이므로 T_C 근처를 설명하지 못한다.

$M = 2M_1$이 되는 온도를 각각 구하면, 퀴리-바이스 식에서는

$$\frac{C}{T-900} = 2 \cdot \frac{C}{1800-900} \quad \Longrightarrow \quad T - 900 = 450 \quad \Longrightarrow \quad T = 1350 \ \text{K}$$

이고, $\chi \propto 1/T$에서는 $1/T = 2/1800$에서 $T = 900$ K가 된다.

답 $T = 1350$ K가 타당하다. $\chi \propto 1/T$가 주는 900 K는 바로 퀴리 온도 T_C 자신이어서, 그 온도에서는 이미 강자성으로 바뀌어 상자성 영역의 식 자체가 성립하지 않는다. 자화가 두 배가 되는 온도는 퀴리 온도보다 충분히 높은 1350 K이며, 실제 측정에서 자화가 1350 K쯤에서 벌써 두 배로 늘어난다는 사실이 $\chi \propto 1/T$가 아니라 퀴리-바이스 법칙을 뒷받침하는 증거가 된다.

(4) 가열·냉각과 떼어 낸 클립의 자성

영구 자석을 달구었다 식히는 경우: 퀴리 온도 위에서는 열운동 에너지가 자기 모멘트를 정렬시키는 상호작용을 이겨 [그림 1] 왼쪽 칸처럼 자기 구역의 방향이 완전히 제멋대로가 된다. 이 상태에서 외부 자기장 없이 식히면 구역들이 어느 한 방향을 고를 까닭이 없으므로 서로 다른 방향으로 굳는다.

> 모든 구역의 자기 모멘트를 벡터로 더하면 서로 상쇄되어 전체 자화가 0이 되므로 자석의 자성이 사라진다. 다시 자화시키려면 외부 자기장을 걸어 둔 채 퀴리 온도 아래로 식혀야 한다.

떼어 낸 클립이 약한 자성을 지니는 경우: 자석에 붙어 있는 동안 클립 안에서는 자기장 방향과 가까운 구역이 커지고 다른 구역은 줄어드는 식으로 구역 사이의 경계가 이동한다. 자석을 떼어 외부 자기장을 없애도 경계가 처음 자리로 완전히 되돌아가지 못하고 일부가 그대로 남는다.

답 그래서 클립에도 약한 잔류 자화가 남아 한동안 다른 클립을 끌어당길 수 있다. 다만 철은 경계가 쉽게 움직이는 물질이어서 남는 자화가 작고, 흔들거나 두드려 구역 경계를 흩트리면 곧 사라진다. 반대로 영구 자석용 재료는 경계가 잘 움직이지 않아 잔류 자화가 오래 간다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: "T_C보다 낮은 온도에서도 $\chi = C/(T - T_C)$를 그대로 쓸 수 있는가? 식에 $T < T_C$를 넣으면 무슨 일이 일어나는가?" (분모가 음수가 되어 $\chi < 0$이라는 뜻 없는 결과가 나오며, 이 식은 상자성 영역에서만 성립한다)
· 추가 질문: "자석을 반으로 쪼개면 N극만 남은 조각을 얻을 수 있는가? 자기 구역 그림으로 답해 보라."
· 검토 의견: (1)에서 "온도가 낮으면 자화가 크다"는 결론만 말하고 $M = \chi H$라는 연결 고리를 밝히지 않는 답이 많으므로, "두 측정에서 같은 것과 다른 것이 무엇인가"를 먼저 묻는다. (3)에서는 비를 거꾸로 잡아 $1/3$로 답하는 실수가 잦으니 "온도가 낮은 쪽이 분자인가 분모인가"를 확인시킨다. (2)에서 클립도 영구 자석이 된다고 답하는 경우에는 (4)의 잔류 자화 논의와 구분하여 다시 묻는다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 26 회 · 문제 2]

1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	KAIST형 자체 제작 모의 면접
계열(과목) / 문항번호	물리학 / 문제 2
출제 범위 (과목명)	물리학 II
핵심 개념 및 용어	전기 진동, $U_E = q^2/(2C)$와 $U_B = LI^2/2$, 고유 진동수 $f = 1/\left(2\pi\sqrt{LC}\right)$, 리액턴스와 임피던스, 공명, 평균 전력 $\overline{P} = I_0^2 R/2$, 자체 유도
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) 전하 그래프에서 전류를 변화율로 읽고, 두 에너지가 제곱에 비례하므로 주기가 절반이 됨을 파악하는지 평가한다.
· 2-(2) 고유 진동수 식에 수치를 넣어 주기를 구하고, 에너지 보존만으로 특정 시각의 자기 에너지를 결정할 수 있는지 평가한다.
· 2-(3) 임피던스로 평균 전력을 판정하고, 철심이 자체 유도 계수를 키워 공명을 만든다는 인과를 연결할 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 코일 전압이 전원 전압을 넘는 결과를 계산하고, 위상 관계로 에너지 보존과 모순이 없음을 밝힐 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(2)	물리학 II — 전자기장	코일과 축전기 회로에서 전기 에너지와 자기 에너지의 전환을 설명할 수 있다.
(2)(3)	물리학 II — 전자기장	RLC 회로의 임피던스와 공명 조건을 이해하고 전류와 소비 전력을 구할 수 있다.
(3)(4)	물리학 II — 전자기장	자체 유도 계수가 코일의 자기력선속에 따라 달라짐을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 II	전자기장 — 전기 진동, 자체 유도, 교류 회로와 공명
고등학교 물리학 I	전기와 자기 — 축전기와 전기 에너지, 전력

4. 문항 해설

(1) $q = Q_0\cos(2\pi t/T)$이므로 전류는 그 변화율인 $I = -I_0\sin(2\pi t/T)$로 q보다 $T/4$ 앞선다. $U_E \propto q^2$, $U_B \propto I^2$이므로 두 에너지는 음이 아닌 값으로 $T/2$마다 되풀이되며 합이 일정하다. (2) $LC = 10^{-7}$이므로 $f = 500$ Hz, $T = 2$ ms이다. $t = 0$에서 전류가 0이므로 전체 에너지는 $U_{E0} = CV^2/2 = 0.2$ J뿐이다. $t = 3T/4$는 전하가 0, 전류가 최대인 시각이므로 $U_B = 0.2$ J이다. (3) $X_L = 10\sqrt{2} \approx 14.1$ Ω, $X_C = 50\sqrt{2} \approx 70.7$ Ω이므로 $Z = \sqrt{400 + 3200} = 60$ Ω이다. 따라서 $I_0 = 1/3$ A, $\overline{P} = 10/9 \approx 1.1$ W로 3 W에 못 미쳐 불이 켜지지 않는다. 철심을 넣으면 자기력선속이 커져 L이 커지고 X_L이 X_C에 다가가 공명이 일어난다. 공명 조건 $L = 1/((2\pi f)^2 C) = 0.5$ H에서 $Z = R = 20$ Ω, $I_0 = 1$ A, $\overline{P} = 10$ W로 전구가 가장 밝다. (4) 공명에서 코일 양단 최대 전압은 $I_0 X_L \approx 71$ V로 전원의 20 V보다 크지만, 코일과 축전기의 전압이 서로 반대 위상이라 합이 0이 되어 전원은 저항의 전압만 감당한다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	I를 q의 변화율로 보아 $T/4$ 앞선 사인 곡선으로 그리고, 두 에너지가 음이 아니며 주기가 $T/2$임을 밝힌 경우	1
(2)	$T = 2$ ms와 $U_{E0} = 0.2$ J를 구하고 에너지 보존으로 $t = 3T/4$에서 $U_B = 0.2$ J를 얻은 경우	1
(3)	$Z = 60\ \Omega$에서 $I_0 = 1/3$ A, $\overline{P} \approx 1.1$ W를 구해 켜지지 않음을 판정한 경우 (1점) / 공명 조건에서 $L = 0.5$ H, $I_0 = 1$ A, $\overline{P} = 10$ W를 구하고 자기력선속–자체 유도–공명의 인과를 설명한 경우 (1점)	2
(4)	코일 양단 최대 전압 $50\sqrt{2} \approx 71$ V를 구하고 위상이 반대인 축전기 전압과 상쇄됨을 설명한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 전류와 두 에너지의 시간 변화

[그림 4]는 $q = Q_0\cos(2\pi t/T)$이다. 전류는 전하량의 시간 변화율이므로

$$I = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = -I_0\sin\!\left(\frac{2\pi t}{T}\right), \quad I_0 = \frac{2\pi Q_0}{T}.$$

> $\boldsymbol{I}$**–**$\boldsymbol{t}$: $t = 0$에서 0이고 곧바로 음의 쪽으로 내려가 $t = T/4$에서 $-I_0$, $T/2$에서 0, $3T/4$에서 $+I_0$, T에서 0이 되는 사인 곡선이다. 전하가 최대일 때 전류가 0이고 전하가 0일 때 전류가 최대이므로, 전류는 전하보다 $T/4$만큼 앞선다.

$U_E = U_{E0}\cos^2(2\pi t/T)$, $U_B = U_{B0}\sin^2(2\pi t/T)$이므로

> $\boldsymbol{U_E}$**–**$\boldsymbol{t}$: $t = 0$에서 최댓값 U_{E0}, $T/4$에서 0, $T/2$에서 다시 U_{E0}인 곡선.
> $\boldsymbol{U_B}$**–**$\boldsymbol{t}$: $t = 0$에서 0, $T/4$에서 최댓값 U_{B0}, $T/2$에서 다시 0인 곡선. 두 곡선은 서로 위아래가 뒤집힌 모양이다.

답 q와 I의 주기는 T이지만 U_E, U_B는 전하·전류의 **제곱**에 비례하므로 부호가 사라져 주기가 $T/2$로 절반이 된다. 또 두 에너지는 언제나 음이 아니고, 모든 시각에서 $U_E + U_B = U_{E0} = U_{B0}$로 일정하다.

(2) 주기와 두 시각의 에너지

$LC = 0.01 \times (10 \times 10^{-6}) = 10^{-7}$이므로 $\sqrt{LC} \approx 3 \times 10^{-4}$이고 $f = 1/\left(2\pi\sqrt{LC}\right) \approx 500$ Hz이다. 따라서

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500} = 2 \times 10^{-3}\ \text{s} = 2\ \text{ms}\,.$$

$t = 0$에서는 축전기가 전원 전압까지 충전되고 코일에 전류가 없으므로 모든 에너지가 축전기에 있다.

$$U_{E0} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times (10 \times 10^{-6}) \times 200^2 = 0.2\ \text{J}\,.$$

회로에 저항이 없으므로 $U_E + U_B$는 언제나 0.2 J로 일정하다. $t = 3T/4$는 [그림 4]에서 $q = 0$인 시각이므로 $U_E = 0$이고, 따라서

답

$$U_B(3T/4) = U_{E0} - 0 = 0.2\ \text{J}\,.$$

이때 전류는 최대이고 그 크기는 $I_0 = \sqrt{2U_B/L} = \sqrt{40} \approx 6.3$ A이다. $t = T/4$에서도 $U_B = 0.2$ J이지만 전류의 방향이 반대이다.

(3) RLC 회로의 전류·전력과 공명

$2\pi f = 100\sqrt{2}$ rad/s이므로

$$X_L = 2\pi f L = 100\sqrt{2}\times 0.1 = 10\sqrt{2} \approx 14.1 \ \ \Omega, \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{100\sqrt{2}\times 10^{-4}} = 50\sqrt{2} \approx 70.7 \ \ \Omega .$$

$X_L - X_C = -40\sqrt{2}$이므로 $(X_L - X_C)^2 = 3200$이고

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{400 + 3200} = \sqrt{3600} = 60 \ \ \Omega .$$

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{20}{60} = \frac{1}{3} \ \ \text{A}, \quad \overline{P} = \frac{I_0^2 R}{2} = (1/9)\times\frac{20}{2} = \frac{10}{9} \approx 1.1 \ \ \text{W} .$$

답 $\overline{P} \approx 1.1$ W < 3 W이므로 전구에 불이 켜지지 않는다.

철심을 넣기 전에는 $X_L < X_C$이므로 임피던스를 줄이려면 X_L을 키워야 한다. 철은 강자성체여서 코일 속에 들어가면 자기화되어 자기력선속을 크게 늘리고, 그만큼 자체 유도 계수 L이 커진다. 철심이 깊이 들어갈수록 X_L이 X_C에 다가가고, 두 값이 같아지는 위치에서 공명이 일어난다.

$$2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \quad\Longrightarrow\quad L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} = \frac{1}{2\times 10^4 \times 10^{-4}} = 0.5 \ \ \text{H}$$

$$Z = R = 20 \ \ \Omega, \quad I_0 = \frac{20}{20} = 1 \ \ \text{A}, \quad \overline{P} = \frac{1^2\times 20}{2} = 10 \ \ \text{W} .$$

답 공명에서 $L = 0.5$ H(처음의 다섯 배), $I_0 = 1$ A, $\overline{P} = 10$ W이다. 코일과 축전기의 전압이 완전히 상쇄되어 임피던스가 최솟값 20 Ω이 되므로 전류가 가장 커지고, 전력은 전류의 제곱에 비례하므로 처음의 아홉 배가 되어 전구가 가장 밝아진다.

(4) 공명에서 코일 양단의 전압

공명 상태에서 $X_L = X_C = 50\sqrt{2}$ Ω이고 $I_0 = 1$ A이므로 코일 양단의 최대 전압은

$$V_{L0} = I_0 X_L = 1\times 50\sqrt{2} \approx 71 \ \ \text{V} .$$

축전기 양단의 최대 전압 $V_{C0} = I_0 X_C$도 같은 값이다.

답 두 전압은 크기가 같지만 **위상이 정확히 반대**여서 어느 순간에나 합이 0이다. 따라서 전원이 감당하는 것은 저항에 걸리는 $I_0 R = 20$ V뿐이고 키르히호프 법칙에 어긋나지 않는다. 코일과 축전기는 에너지를 소비하지 않고 반 주기마다 주고받기만 하므로, 그 사이를 오가는 에너지가 전원이 공급한 에너지보다 커도 무방하다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: "철심을 공명 위치보다 더 깊이 밀어 넣으면 전구는 어떻게 되는가?" ($X_L > X_C$가 되어 임피던스가 다시 커지므로 어두워진다)
· 추가 질문: "(2)의 회로에 저항이 있으면 [그림 4]는 어떻게 달라지는가?" (감쇠 진동)
· 검토 의견: (1)에서 U_E, U_B를 음수까지 내려가는 곡선으로 그리는 실수가 가장 많으므로 "에너지가 음수일 수 있는가"를 되묻는다. (3)에서 $\overline{P}$의 2를 빠뜨리는 실수가 잦으니 전류 비 $1/3 \to 1$과 전력 비 $1 \to 9$를 검산하게 한다.

PARTNER SERVICE

써봄 AI 논술 첨삭 서비스

말로 준비한 답, 글로 써 보면 빈틈이 보인다.

구술 답안을 글로 정리해 올리면, AI가 평가 기준에 따라 채점하고 상세한 피드백을 준다.

4개 영역 점수

논리구조 · 근거타당성 · 주장명확성 · 언어표현을 영역별 점수로 제공한다.

상세 피드백

강점, 개선점, 구체적 제안사항을 함께 짚어 준다.

간편한 업로드

PDF · DOCX · TXT 파일을 지원하고, 최대 10편까지 일괄 처리한다.

리포트 저장

첨삭 결과 리포트를 PDF로 내려받아 다시 볼 수 있다.

이 모의고사와 함께 쓰는 법

① 문항마다 내 답변을 한 편의 글로 정리한다. 결론 → 근거 → 검증 순서로 쓴다.

② writegrow.net 에 답안을 올려 영역별 점수와 피드백을 받는다.

③ 예시답안과 비교해 빠진 논리 단계를 채우고, 다시 써서 점수 변화를 확인한다.

회원가입 시 3회 무료 분석

Google Gemini 기반 AI가 논술문을 자동 분석한다.

writegrow.net