KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

다이오드 회로 · 트랜지스터 증폭

※ 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	가변저항 분압 회로에 연결된 p-n 접합 다이오드	10분 · 8분	5점
문제 2	npn 트랜지스터 증폭 회로의 바이어스 설계	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-25 **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.

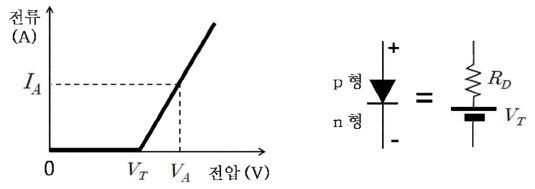
문제 1 다이오드의 문턱 전압과 전류가 흐르기 시작하는 조건

물리학 I · II | p-n 접합 다이오드, 전류-전압 특성곡선, 옴 법칙, 중첩 원리, 테브낭 등가 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

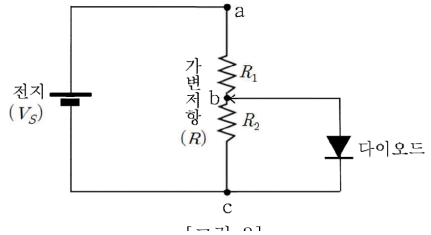
문항 및 제시문

p-n 접합 다이오드는 p형 쪽에 높은 전위를 걸어 주는 순방향에서만 전류를 흘린다. 다만 순방향이라고 해서 곧바로 전류가 흐르는 것은 아니고, 걸린 전압이 어떤 문턱 전압 V_T를 넘어서야 비로소 전류가 생긴다. [그림 1]의 왼쪽은 이러한 다이오드의 전류–전압 특성곡선을 단순화한 것으로, 전압이 V_T에 이를 때까지 전류가 0이고 그 뒤로는 일정한 기울기로 증가하는 직선이다. 이 직선의 기울기의 역수를 다이오드의 동적 저항 R_D라 한다. 순방향 전압이 V_T보다 큰 동안 다이오드는 [그림 1]의 오른쪽처럼 **기전력 V_T인 전지와 저항 R_D를 직렬로 이은 소자**와 똑같이 행동한다.

[그림 2]는 이 다이오드를 가변저항에 연결한 회로이다. 가변저항은 전체 저항이 R인 저항선의 양 끝이 단자 a, c이고, 중간의 접촉점 b를 움직여 a–b 사이 저항 R_1과 b–c 사이 저항 R_2를 바꿀 수 있다. 언제나 $R_1 + R_2 = R$이다. 전지는 전압이 일정한 V_S이고 양극이 a 쪽에, 음극이 c 쪽에 연결되어 있다. 다이오드는 b와 c 사이에 연결되어 R_2와 병렬을 이루며, b에서 c로 흐르는 방향이 순방향이다.



[그림 1] 다이오드의 단순화한 전류–전압 특성곡선과 그에 대응하는 등가 소자.



[그림 2] 가변저항 a–b–c와 b–c에 병렬로 연결된 다이오드.

이 회로의 값은 $V_S = 5.0$ V, $R = 200$ Ω, $V_T = 1.0$ V, $R_D = 100$ Ω이다. 도선의 저항과 전지의 내부 저항은 무시한다. 모든 물음에서 풀이 과정을 밝히시오.

(1) [그림 1]의 특성곡선에서 전류가 I_A일 때 다이오드에 걸린 전압 V_A를 V_T, R_D, I_A로 나타내시오. 또 이 결과가 오른쪽 등가 소자와 어떻게 대응되는지 설명하시오. **[1점]**

(2) $R_2 = 100$ Ω으로 맞추었을 때 다이오드에 흐르는 전류의 세기를 구하시오. **[1점]**

(3) R_2를 0에서부터 서서히 증가시킨다. 다이오드에 전류가 흐르기 시작하는 순간의 R_2를 구하시오. 이어서 그보다 큰 R_2에 대하여 다이오드 전류 I를 R_2의 식으로 나타내시오. **[2점]**

(4) 다이오드 전류가 20 mA가 되는 R_2와 그때 다이오드가 소비하는 전력을 구하시오. 또 전지 전압만 V_S로 바꾸었을 때 전류가 흐르기 시작하는 R_2를 V_S의 식으로 일반화하고, 아무리 R_2를 키워도 전류가 흐르지 않는 V_S의 범위를 밝히시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

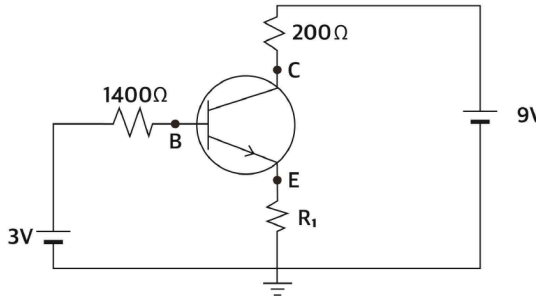
문제 2 트랜지스터 증폭 회로의 바이어스와 모터 구동

물리학 I · II | npn 트랜지스터, 전류 증폭률, 베이스·컬렉터·이미터 전류, 직렬 회로, 음의 되먹임 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

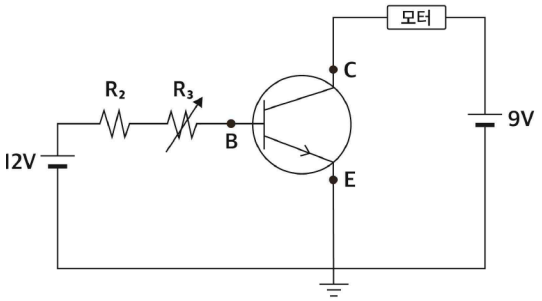
문항 및 제시문

npn 트랜지스터는 이미터(E)–베이스(B)–컬렉터(C) 세 단자를 가진 반도체 소자로, 이미터–베이스를 순방향으로, 베이스–컬렉터를 역방향으로 걸어 주면 작은 베이스 전류 I_B로 큰 컬렉터 전류 I_C를 조절할 수 있다. 이때 $\beta = I_C / I_B$를 전류 증폭률이라 하고, 세 전류 사이에는 $I_E = I_B + I_C$가 성립한다. 베이스–이미터는 p-n 접합이므로 그 사이의 전압이 접합 전위차 V_{BE}에 이르러야 베이스 전류가 흐르며, 전류가 흐르는 동안 이 전압은 V_{BE}로 거의 일정하게 유지된다.

[그림 3]은 이미터에 저항 R_1을 끼운 증폭 회로이다. 3 V 전지의 양극이 1400 Ω 저항을 거쳐 베이스에, 컬렉터는 200 Ω 저항을 거쳐 9 V 전지의 양극에 연결되고, R_1의 아래쪽과 두 전지의 음극은 모두 접지되어 전위가 0이다. [그림 4]는 같은 트랜지스터로 모터를 돌리는 회로로, 12 V 전지가 고정 저항 R_2와 가변저항 R_3를 거쳐 베이스에 연결되고, 컬렉터는 모터를 거쳐 9 V 전지에 연결되며 이미터는 저항 없이 바로 접지되어 있다.



[그림 3] 이미터 저항 R_1을 가진 증폭 회로.



[그림 4] 가변저항 R_3로 모터 전류를 조절하는 회로.

[그림 3]에서는 $V_{\mathrm{BE}} = 0.7$ V, $\beta = 100$이고, [그림 4]에서는 $V_{\mathrm{BE}} = 0.6$ V, $\beta = 100$이다. 모터에 흐르는 전류는 컬렉터 전류와 같다고 본다. 모든 물음에서 풀이 과정을 밝히시오.

(1) [그림 3]에서 컬렉터 전류가 $I_C = 20$ mA가 되도록 하려고 한다. 베이스 쪽 회로에 대한 전압 관계식을 세우고 R_1을 구하시오. **[1점]**

(2) (1)에서 구한 R_1을 쓸 때 컬렉터와 이미터 사이의 전압 V_{CE}를 구하고, 이 트랜지스터가 증폭 작용을 하는 상태(베이스–컬렉터가 역방향)에 있는지 판정하시오. **[1점]**

(3) [그림 4]에서 모터가 작동할 수 있는 전류는 190 mA 이상 570 mA 이하이다. R_3는 0에서 $R_{3,\max}$까지 변한다. 가변저항을 전 범위에서 돌릴 때 모터 전류가 꼭 이 구간을 빠짐없이 훑고 벗어나지는 않도록 하는 R_2와 $R_{3,\max}$를 구하시오. **[2점]**

(4) 트랜지스터를 바꾸어 β가 50에서 200까지 달라질 수 있다고 하자. [그림 3]의 회로에서 I_C를 β의 식으로 나타내고 양 끝 값을 구하시오. R_1을 뺀 회로($R_1 = 0$)와 비교하여 이미터 저항이 하는 구실을 설명하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 25 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 25 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	p-n 접합 다이오드, 문턱 전압 V_T와 동적 저항 R_D, 전류-전압 특성곡선, 중첩 원리, 테브낭 등가 전원, 분압
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 그래프의 기울기라는 수학적 정보를 소자의 등가 모형으로 번역할 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 다이오드를 전지와 저항의 직렬로 바꾼 뒤 중첩 원리 또는 테브낭 등가로 한 번에 전류를 구하는 회로 해석 능력을 평가한다.
· 1-(3) “전류가 흐르기 시작한다”는 말을 $I = 0$이라는 경계 조건으로 옮기고, 그 순간에는 다이오드로 전류가 가지 않아 R_1과 R_2가 단순 직렬이 된다는 통찰을 끌어낼 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 얻은 일반식을 거꾸로 풀어 설계값을 정하고, 문자 V_S로 일반화하여 회로가 작동할 조건을 제시할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)	물리학 I — 물질과 전자기장	p-n 접합 다이오드의 정류 작용을 전류-전압 특성으로 설명할 수 있다.
(2)(3)	물리학 I — 전기와 자기	옴 법칙과 저항의 직렬·병렬 연결을 이용하여 회로의 전류와 전압을 구할 수 있다.
(3)(4)	물리학 II — 전자기장	여러 전원이 있는 회로를 중첩 원리로 해석하고 결과를 일반화할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	물질과 전자기장 — 반도체와 다이오드, 전기 회로
고등학교 물리학 II	전자기장 — 전기 회로의 해석, 전원과 저항

4. 문항 해설

(1) 특성곡선의 직선부는 $(V_T, 0)$을 지나고 기울기가 $1/R_D$이므로 $I_A = (V_A - V_T)/R_D$, 곧 $V_A = V_T + I_A R_D$이다. 이는 전지 V_T와 저항 R_D를 직렬로 지날 때의 전압 강하와 같은 꼴이다. (2) 다이오드를 떼어낸 b–c 양단에서 본 테브낭 등가는 $V_{\text{th}} = V_S R_2/R = 2.5$ V, $R_{\text{th}} = R_1 R_2/R = 50$ Ω이다. 따라서 $I = (2.5 - 1.0)/(50 + 100) = 0.010$ A $= 10$ mA이다. 중첩으로 풀어도 $1/60 - 1/150 = 1/100$ A로 같다. (3) 전류가 흐르기 시작하는 순간은 $I = 0$인 순간이므로 다이오드 양단 전압이 꼭 V_T이고, 전류가 가지 않으므로 R_1과 R_2는 단순 직렬이다. 회로 전류는 $V_S/R = 1/40$ A이고 R_2에 걸린 전압이 1.0 V이므로 $R_2 = 40$ Ω이다. 일반식은 $I = 5(R_2 - 40)/(20000 + 200R_2 - R_2^2)$이다. (4) $I = 0.020$ A에서 $R_2 = 150$ Ω이고 $V_D = V_T + IR_D = 3.0$ V, 소비 전력은 $IV_D = 60$ mW이다. 일반화하면 $V_S R_2/R = V_T$에서 $R_2 = RV_T/V_S = 200/V_S$이고, $R_2 \le R = 200$ Ω이어야 하므로 $V_S \ge 1.0$ V, 즉 $V_S < V_T$이면 어떤 R_2에서도 전류가 흐르지 않는다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	기울기의 역수가 R_D임을 써서 $V_A = V_T + I_A R_D$를 유도하고 등가 소자와 대응시킨 경우	1
(2)	다이오드를 V_T 전지와 R_D의 직렬로 바꾸어 $I = 10$ mA를 구한 경우 (중첩·테브낭 어느 쪽이든 인정)	1
(3)	$I = 0$ 조건에서 R_1, R_2가 직렬임을 밝혀 $R_2 = 40$ Ω을 구한 경우 (1점) / $I = 5(R_2 - 40)/(20000 + 200R_2 - R_2^2)$ 형태의 일반식을 세운 경우 (1점)	2
(4)	$R_2 = 150$ Ω과 60 mW를 구하고 $R_2 = 200/V_S$, $V_S \geq 1.0$ V를 제시한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 특성곡선과 등가 소자

직선부는 점 $(V_T, 0)$에서 출발하고 기울기가 $1/R_D$이므로

$$I_A = \frac{V_A - V_T}{R_D} \quad \Longrightarrow \quad V_A = V_T + I_A R_D \ .$$

오른쪽 등가 소자를 위에서 아래로 지나면 저항 R_D에서 $I_A R_D$만큼, 전지에서 V_T만큼 전압이 떨어지므로 양단 전압이 $V_T + I_A R_D$이다. 두 표현이 같으므로 순방향 영역에서 다이오드는 이 직렬 소자로 바꾸어 놓을 수 있다.

> $I_A = 0$을 넣으면 $V_A = V_T$가 되어, 전류가 막 흐르기 시작하는 순간의 다이오드 전압이 문턱 전압임을 확인할 수 있다. 전압이 V_T보다 작으면 이 등가 소자는 쓸 수 없고 다이오드는 끊어진 것으로 본다.

(2) $R_2 = 100$ Ω일 때의 다이오드 전류

$R_1 = 200 - 100 = 100$ Ω이다. 다이오드를 떼어내고 b–c 양단을 보면, 전지 V_S와 R_1, R_2가 만드는 분압 회로이므로

$$V_{\text{th}} = V_S \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \times \frac{100}{200} = 2.5 \ \text{V}, \quad R_{\text{th}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 50 \ \ \Omega \ .$$

여기에 다이오드의 등가(V_T 전지 + R_D)를 다시 붙이면 하나의 단일 고리가 되어

$$I = \frac{V_{\text{th}} - V_T}{R_{\text{th}} + R_D} = \frac{2.5 - 1.0}{50 + 100} = \frac{1}{100} \ \text{A} = 10 \ \ \text{mA} \ .$$

중첩 원리로도 같은 값을 얻는다. V_T를 0으로 두면 R_2와 R_D의 병렬이 50 Ω이므로 다이오드 가지의 전압은 $5 \times 50/150 = 5/3$ V, $I_a = (5/3)/100 = 1/60$ A이다. V_S를 0으로 두면 전체 저항이 $R_D + R_1 \parallel R_2 = 150$ Ω이므로 $I_b = -1/150$ A이고, $I = 1/60 - 1/150 = 1/100$ A이다.

(3) 전류가 흐르기 시작하는 R_2와 전류의 일반식

전류가 막 흐르기 시작하는 순간에는 $I = 0$이므로 다이오드 양단 전압은 $V_D = V_T + IR_D = V_T = 1.0$ V이다. **이 순간 다이오드로는 전류가 전혀 가지 않으므로** R_1과 R_2는 단순한 직렬이고 회로 전류는

$$I_{\text{회로}} = \frac{V_S}{R} = \frac{5.0}{200} = \frac{1}{40} \ \ \text{A} \ .$$

다이오드는 R_2와 병렬이므로 R_2에 걸린 전압이 곧 V_D이다.

$$R_2 \times \frac{1}{40} = 1.0 \quad \Longrightarrow \quad R_2 = 40 \ \ \Omega \ .$$

$R_2 > 40$ Ω인 일반적인 경우에는 (2)의 방법을 문자로 되풀이한다. $R_1 = R - R_2$이므로

$$V_{\text{th}} = \frac{V_S R_2}{R} = \frac{R_2}{40}, \quad R_{\text{th}} = \frac{R_2(R - R_2)}{R} = \frac{R_2(200 - R_2)}{200}$$

이고, 따라서

$$I = \frac{V_{\text{th}} - V_T}{R_{\text{th}} + R_D} = \frac{R_2/40 - 1}{(R_2(200 - R_2))/200 + 100} = \frac{5(R_2 - 40)}{20000 + 200R_2 - R_2^2} \quad (R_2 \geq 40\ \ \Omega).$$

답 $R_2 = 40\ \Omega$에서 전류가 흐르기 시작하며, 그 위에서는 위 식을 따른다. 검산: $R_2 = 100\ \Omega$을 넣으면 $I = 5 \times 60/(20000 + 20000 - 10000) = 300/30000 = 0.010$ A로 (2)의 값과 일치하고, $R_2 = 200\ \Omega$에서는 다이오드에 전원이 그대로 걸려 $I = (5 - 1)/100 = 0.040$ A가 되는데 위 식도 $5 \times 160/20000 = 0.040$ A를 준다.

(4) 설계값과 일반화

$I = 0.020$ A를 (3)의 식에 넣으면 $5(R_2 - 40) \times 50 = 20000 + 200R_2 - R_2^2$에서 $R_2^2 + 50R_2 - 30000 = 0$, 곧 $(R_2 - 150)(R_2 + 200) = 0$이므로

$$R_2 = 150\ \ \Omega, \quad V_D = V_T + IR_D = 1.0 + 0.020 \times 100 = 3.0\ \ \text{V}, \quad P_D = IV_D = 0.060\ \ \text{W} = 60\ \ \text{mW}\ .$$

전지 전압을 V_S로 바꾸어도 전류가 흐르기 시작하는 조건은 "R_2에 걸린 전압 $= V_T$"로 같다. 이때는 다이오드로 전류가 가지 않아 R_1, R_2가 직렬이므로

$$\frac{V_S R_2}{R} = V_T \quad \Longrightarrow \quad R_2 = \frac{RV_T}{V_S} = \frac{200}{V_S}\ \ \Omega\ .$$

답 가변저항이 줄 수 있는 R_2의 최댓값은 $R = 200\ \Omega$이므로 $200/V_S \leq 200$, 즉 $V_S \geq 1.0$ V여야 한다. 다시 말해 $\boldsymbol{V_S < V_T}$**이면** 가변저항을 끝까지 돌려도 다이오드 양단 전압이 문턱을 넘지 못해 전류가 전혀 흐르지 않는다. $V_S = 2.5$ V이면 $R_2 = 80\ \Omega$에서, $V_S = 1.0$ V이면 가변저항을 끝까지 돌린 $R_2 = 200\ \Omega$에서 겨우 전류가 시작된다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: "다이오드를 거꾸로 달면 R_2를 아무리 키워도 전류가 흐르지 않는 까닭을 등가 모형으로 설명해 보라." (역방향에서는 등가 모형을 쓸 수 없고 가지가 끊어진 것과 같다)
· 추가 질문: "테브낭 저항 $R_{\text{th}} = R_2(200 - R_2)/200$은 $R_2 = 100\ \Omega$에서 50 Ω으로 최대가 된다. 그런데도 전류는 R_2가 커질수록 계속 증가하는 까닭은 무엇인가?" (분자의 $V_{\text{th}} - V_T$가 더 빠르게 커지기 때문)
· 검토 의견: (3)에서 $I = 0$ 조건을 쓰지 못하고 R_2를 미지수로 둔 채 복잡한 분수식을 세우다 계산이 꼬이는 경우가 가장 흔하다. "전류가 0이면 그 가지는 없는 것과 같다"는 말을 던져 직렬 회로로 환원하도록 유도한다. 분모를 2000으로 잘못 쓰는 등 자릿수 실수도 잦으므로, (2)의 값 10 mA를 일반식에 되넣어 검산하게 하면 좋다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 25 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 I , 물리학 II
핵심 개념 및 용어	npn 트랜지스터, 전류 증폭률 $\beta = I_C/I_B$, $I_E = I_B + I_C$, 베이스 접합 전위차 V_{BE}, 바이어스 설계, 음의 되먹임
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) 트랜지스터 회로를 “베이스 고리의 전압 관계식 + 전류 사이의 제약”으로 분해하여 미지 저항을 정하는 설계 계산 능력을 평가한다.
· 2-(2) 구한 바이어스가 실제로 증폭 영역에 있는지 각 단자의 전위를 계산해 스스로 검증하는 태도를 평가한다.
· 2-(3) 가변저항의 양 끝값이 전류의 양 끝값에 대응한다는 구조를 파악하여 두 개의 미지 저항을 동시에 정할 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 소자의 성질이 변할 때 회로 성능이 얼마나 흔들리는지를 식으로 따지고, 이미터 저항의 음의 되먹임을 설명할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(2)	물리학 I — 물질과 전자기장	트랜지스터의 증폭 작용을 베이스 전류와 컬렉터 전류의 관계로 설명할 수 있다.
(1)(3)	물리학 I — 전기와 자기	직렬 회로에서 전압이 각 저항에 나뉘어 걸림을 이용해 미지의 저항을 구할 수 있다.
(4)	물리학 II — 전자기장	회로 변수의 변화가 결과에 미치는 영향을 식으로 분석할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	물질과 전자기장 — 반도체 소자, 트랜지스터의 증폭 작용
고등학교 물리학 II	전자기장 — 전기 회로와 전원, 저항의 연결

4. 문항 해설

(1) $I_B = I_C/\beta = 0.20$ mA, $I_E = I_B + I_C = 20.2$ mA이다. 베이스 고리를 따라가면 $3 = 1400 I_B + V_{\mathrm{BE}} + R_1 I_E$이므로 $3 - 0.28 - 0.7 = 2.02 = R_1 \times 0.0202$에서 $R_1 = 100$ Ω이다. (2) 이미터 전위는 $V_E = R_1 I_E = 2.02$ V, 컬렉터 전위는 $V_C = 9 - 200 I_C = 5.0$ V이므로 $V_{\mathrm{CE}} = 2.98$ V이다. 베이스 전위는 $V_B = V_E + V_{\mathrm{BE}} = 2.72$ V로 V_C보다 낮아 베이스–컬렉터가 역방향이며, 트랜지스터는 증폭 영역에 있다. (3) 이미터가 바로 접지되어 있으므로 $I_B = (12 - 0.6)/(R_2 + R_3) = 11.4/(R_2 + R_3)$이고 $I_C = 100 I_B = 1140/(R_2 + R_3)$이다. $R_3 = 0$에서 전류가 최대이므로 $1140/R_2 = 0.570$에서 $R_2 = 2.0$ kΩ, $R_3 = R_{3,\max}$에서 최소이므로 $1140/(R_2 + R_{3,\max}) = 0.190$에서 $R_2 + R_{3,\max} = 6.0$ kΩ, 즉 $R_{3,\max} = 4.0$ kΩ이다. (4) $I_C = (3 - V_{\mathrm{BE}})/(1400/\beta + R_1(1 + 1/\beta))$이므로 $\beta = 50$에서 17.7 mA, $\beta = 200$에서 21.4 mA로 약 10 % 안쪽이다. $R_1 = 0$이면 $I_C = \beta \times 2.3/1400$으로 82 mA에서 329 mA까지 네 배 변한다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$I_B = I_C/\beta$, $I_E = I_B + I_C$를 쓰고 베이스 고리의 전압식에서 $R_1 = 100\ \Omega$을 구한 경우 (I_E 대신 I_C를 쓰면 0.5점)	1
(2)	$V_E = 2.02$ V, $V_C = 5.0$ V에서 $V_{CE} = 2.98$ V를 구하고 $V_B < V_C$로 증폭 영역임을 판정한 경우	1
(3)	$I_C = 1140/(R_2 + R_3)$를 세우고 $R_3 = 0$이 최대 전류에 대응함을 밝혀 $R_2 = 2$ kΩ을 구한 경우 (1점) / $R_{3,\max} = 4$ kΩ을 구한 경우 (1점)	2
(4)	$I_C(\beta)$ 식을 세워 17.7 mA 21.4 mA를 구하고 $R_1 = 0$인 경우와 비교해 음의 되먹임을 설명한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 이미터 저항 R_1

$\beta = 100$이므로

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{20\ \text{mA}}{100} = 0.20\ \text{mA}, \quad I_E = I_B + I_C = 20.2\ \text{mA}\ .$$

3 V 전지의 양극에서 1400 Ω, 베이스–이미터 접합, R_1을 차례로 지나 접지로 돌아오는 고리에서 전압의 합은 0이므로

$$3 = 1400 I_B + V_{BE} + R_1 I_E .$$

수치를 넣으면 $1400 \times (2.0 \times 10^{-4}) = 0.28$ V이므로

$$3 - 0.28 - 0.7 = 2.02 = R_1 \times (2.02 \times 10^{-2}) \quad \Longrightarrow \quad R_1 = 100\ \Omega\ .$$

> I_E 대신 I_C를 쓰면 $R_1 = 101\ \Omega$이 나온다. β가 클수록 두 값의 차이가 작아지지만, 이미터 저항에는 베이스 전류까지 합한 I_E가 흐른다는 점을 분명히 해야 한다.

(2) V_{CE}와 동작 영역 판정

이미터 저항의 아래쪽이 접지이므로 이미터 전위는

$$V_E = R_1 I_E = 100 \times 0.0202 = 2.02\ \text{V}\ .$$

컬렉터 쪽은 9 V 전지에서 200 Ω을 지나 내려오므로

$$V_C = 9 - 200 I_C = 9 - 200 \times 0.020 = 5.0\ \text{V}\ .$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5.0 - 2.02 = 2.98\ \text{V}\ .$$

베이스 전위는 $V_B = V_E + V_{BE} = 2.72$ V이다.

답 $V_B = 2.72\ \text{V} < V_C = 5.0\ \text{V}$이므로 베이스–컬렉터 접합에는 역방향 전압이 걸려 있고, 베이스–이미터는 $V_{BE} = 0.7$ V로 순방향이다. 두 조건이 모두 만족되므로 이 트랜지스터는 증폭 작용을 하는 상태에 있다. (V_{CE}가 0에 가까워지면 더 이상 증폭하지 못하고 포화된다.)

(3) 모터 구동용 R_2와 $R_{3,\max}$

[그림 4]에서는 이미터가 바로 접지되므로 베이스 고리는 $12 = (R_2 + R_3) I_B + V_{BE}$이다. 따라서

$$I_B = \frac{12 - 0.6}{R_2 + R_3} = \frac{11.4}{R_2 + R_3}, \quad I_C = \beta I_B = \frac{1140}{R_2 + R_3} \quad (\text{A},\ R\ \text{단위}\ \Omega).$$

R_3가 커질수록 I_C는 작아지므로 **$R_3 = 0$일 때 전류가 최대, $R_3 = R_{3,\max}$일 때 최소**이다. 전류가 190 mA에서 570 mA까지 빠짐없이 훑으면서 그 밖으로 나가지 않으려면 두 끝이 정확히 맞물려야 한다.

$$\frac{1140}{R_2} = 0.570 \quad \Longrightarrow \quad R_2 = 2000 \ \ \Omega = 2.0 \ \ \mathrm{k\Omega}$$

$$\frac{1140}{R_2 + R_{3,\max}} = 0.190 \quad \Longrightarrow \quad R_2 + R_{3,\max} = 6000 \ \ \Omega$$

$$R_{3,\max} = 6000 - 2000 = 4000 \ \ \Omega = 4.0 \ \ \mathrm{k\Omega}\ .$$

답 $R_2 = 2$ kΩ, $R_{3,\max} = 4$ kΩ. R_3를 0에서 4 kΩ까지 돌리면 $I_C = 1140/(2000 + R_3)$가 570 mA에서 190 mA까지 연속으로 변하므로 모터 전류를 자유롭게 조절하면서도 안전 범위를 벗어나지 않는다. 검산: $R_3 = 1$ kΩ이면 $I_C = 1140/3000 = 380$ mA로 구간 안이다.

(4) β가 변할 때의 안정성

(1)의 관계식에 $I_B = I_C/\beta$, $I_E = I_C(1 + 1/\beta)$를 넣고 I_C에 대해 풀면

$$I_C = \frac{3 - V_{\mathrm{BE}}}{1400/\beta + R_1(1 + 1/\beta)} = \frac{2.3}{1400/\beta + 100(1 + 1/\beta)}.$$

$\beta = 50$: 분모 $= 28 + 102 = 130$이므로 $I_C = 17.7$ mA.
$\beta = 100$: 분모 $= 14 + 101 = 115$이므로 $I_C = 20.0$ mA.
$\beta = 200$: 분모 $= 7 + 100.5 = 107.5$이므로 $I_C = 21.4$ mA. $R_1 = 0$이면 $I_C = \beta(3 - V_{\mathrm{BE}})/1400 = \beta \times 1.643$ mA이므로 $\beta = 50$에서 82 mA, $\beta = 200$에서 329 mA로 **정확히 네 배** 변한다.

답 이미터 저항이 있으면 β가 네 배 변해도 I_C는 17.7 mA에서 21.4 mA로 약 10 % 안에서만 흔들린다. I_C가 커지려 하면 $V_E = R_1 I_E$가 함께 올라가 베이스–이미터에 실제로 걸리는 전압이 줄고, 그 결과 I_B가 줄어 I_C의 증가를 스스로 억제한다. 이것이 이미터 저항의 **음의 되먹임**이며, 분모에서 R_1 항이 β에 거의 무관한 상수로 남는 것이 그 수학적 표현이다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “(3)에서 모터의 내부 저항을 10 Ω이라 하자. 570 mA가 흐를 때 V_{CE}는 얼마이며 트랜지스터는 여전히 증폭 영역에 있는가?” ($9 - 0.57 \times 10 = 3.3$ V가 컬렉터에 남아 능동 영역 유지)
· 추가 질문: “가변저항 대신 베이스 전류를 빠르게 켜고 끄는 방식으로 모터의 평균 전류를 조절하면 무엇이 좋아지는가?” (트랜지스터의 열손실 $V_{\mathrm{CE}} I_C$가 줄어든다)
· 검토 의견: (1)에서 이미터 저항에 흐르는 전류를 I_C로 잘못 잡는 실수가 가장 잦으므로 $I_E = I_B + I_C$를 먼저 확인시킨다. (3)에서는 $R_3 = 0$이 최대 전류에 대응한다는 대응 관계를 뒤집어 놓고 식을 세우는 경우가 많으니 “저항을 키우면 베이스 전류는 어떻게 되는가”를 먼저 묻는다.

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