KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

광전 효과 · 질량-에너지 등가

※ 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	광전 효과 — 두 파장의 측정으로 플랑크 상수 구하기	10분 · 8분	5점
문제 2	핵융합과 특수 상대성 — 에너지 분배와 시간 지연	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-12 **제작** 2026. 9. **봉인 상태 확인** 개봉 흔적이 있으면 배부 전 감독관에게 알리십시오.

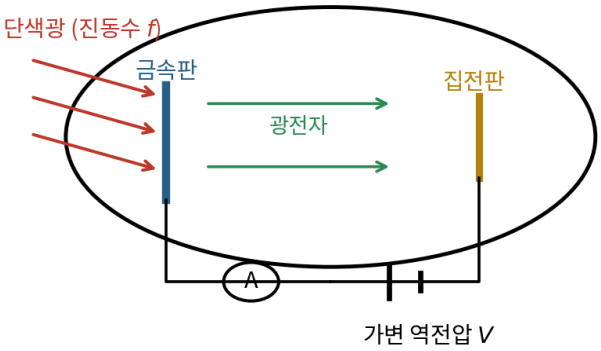
본 문항은 KAIST 면접 및 구술고사 공개 문항 형식에 맞추어 자체 제작한 **비공식 창작 모의문항**입니다. KAIST의 공식 또는 예상 문항이 아니며, 특정 대학의 실제 시험 문항을 옮긴 것이 아닙니다.

문제 1 광전 효과

물리학 Ⅰ·Ⅱ | 광양자설, 일함수, 정지 전압, 문턱 진동수, 에너지 보존 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

[그림 1]과 같이 진공관 속 금속판에 단색광을 비추어 튀어나오는 광전자를 모으고, 반대 전압을 걸어 전류가 완전히 0이 되는 전압(정지 전압) V_s를 측정하였다. 파장 $\lambda_1 = 400\ \text{nm}$인 빛에서는 $V_s = 1.0\ \text{V}$, 파장 $\lambda_2 = 300\ \text{nm}$인 빛에서는 $V_s = 2.0\ \text{V}$였다. 빛의 속력은 $c = 3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s}$, 전자의 전하량의 크기는 $e = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$이다.



[그림 1] 광전 효과 실험 장치 — 역전압을 걸어 광전류가 0이 되는 전압을 측정한다.

빛은 진동수 f에 대해 $E = hf$인 에너지 덩어리(광자)로 금속에 흡수되며, 전자가 금속을 벗어나는 데 필요한 최소 에너지를 일함수 W라 한다. 튀어나온 광전자의 최대 운동 에너지는 정지 전압과 $K_{\max} = eV_s$의 관계가 있다.

(1) 두 파장의 빛의 진동수 f_1, f_2를 각각 구하시오. **[1점]**

(2) 광전 효과의 에너지 관계식을 세우고, 두 측정값으로부터 플랑크 상수 h와 이 금속의 일함수 W를 각각 구하시오. (W는 J과 eV 단위로 모두 나타내시오.) **[2점]**

(3) 이 금속의 문턱 진동수 f_0과 문턱 파장 λ_0을 구하시오. 파장 $700\ \text{nm}$인 빛을 아무리 세게 비추어도 광전자가 나오지 않는 까닭을 밝히시오. **[1점]**

(4) 빛의 세기만 두 배로 늘리면 광전류의 크기와 정지 전압이 각각 어떻게 변하는지 판정하시오. 또 이 결과가 빛을 파동으로만 보는 관점에서 설명되지 않는 까닭을 밝히시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

문제 2 핵융합과 특수 상대성

물리학 I · II | 질량 결손, 질량-에너지 등가, 운동량 보존, 시간 지연과 길이 수축 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

[그림 2]는 중수소($^2_1\mathrm{H}$)와 삼중수소($^3_1\mathrm{H}$)가 융합하여 헬륨($^4_2\mathrm{He}$)과 중성자가 되는 반응을 나타낸 것이다.

$$^2_1\mathrm{H} + {}^3_1\mathrm{H} \rightarrow {}^4_2\mathrm{He} + {}^1_0\mathrm{n} + Q$$

각 입자의 질량은 $^2_1\mathrm{H} = 2.0141\ \mathrm{u}$, $^3_1\mathrm{H} = 3.0160\ \mathrm{u}$, $^4_2\mathrm{He} = 4.0026\ \mathrm{u}$, $^1_0\mathrm{n} = 1.0087\ \mathrm{u}$이고, $1\ \mathrm{u}$에 해당하는 에너지는 $931.5\ \mathrm{MeV}$이다. 반응 전 두 핵은 거의 정지해 있다고 본다.

처음에 두 핵은 정지 · $1\ \mathrm{u} = 931.5\ \mathrm{MeV}/c^2$



[그림 2] 중수소와 삼중수소의 핵융합 반응.

(1) 이 반응의 질량 결손을 구하고, 방출되는 에너지 Q를 MeV 단위로 유효 숫자 세 자리까지 구하시오. **[1점]**

(2) 반응 전 전체 운동량이 0이었음을 이용하여 헬륨과 중성자의 운동량 크기가 같음을 보이고, 중성자가 가져가는 에너지의 비율을 두 입자의 질량으로 나타내시오. 이어서 중성자의 운동 에너지를 MeV 단위로 구하시오. **[2점]**

(3) 이 융합 반응으로 생성된 중성자가 공기 중의 질소와 반응하여 뮤온이 만들어지는 과정을 생각하자. 정지 상태의 뮤온의 평균 수명은 $2.2\ \mu\mathrm{s}$이다. 뮤온이 광속의 0.98배로 움직일 때 지상의 관측자가 재는 평균 수명과, 그 동안 뮤온이 지나는 거리를 구하시오. ($\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$) **[1점]**

(4) (3)에서 뮤온과 함께 움직이는 관측자가 보기에는 수명이 여전히 $2.2\ \mu\mathrm{s}$이다. 그런데도 두 관측자가 '뮤온이 지상에 도달했다'는 사실에 동의하는 까닭을 길이 수축으로 설명하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 12 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 12 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	광양자설 $E = hf$, 일함수, 정지 전압 $eV_s = hf - W$, 문턱 진동수, 광전류와 빛의 세기
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 파장과 진동수의 관계를 쓰고 단위를 바르게 환산할 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 두 측정값으로 연립방정식을 세워 미지의 보편 상수와 물질 고유 상수를 분리해 내는 **실험 해석** 능력을 평가한다. 기울기가 h, 절편이 W라는 구조를 파악해야 한다.
· 1-(3) 문턱 조건의 의미를 알고 특정 파장에서 광전자가 나오지 않는 까닭을 광자 하나하나의 에너지로 설명할 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 세기와 진동수가 각각 무엇을 지배하는지 구분하고, 고전 파동 이론으로 설명되지 않는 지점을 짚을 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)	물리학 Ⅰ — 파동과 정보 통신	파동의 속력, 진동수, 파장의 관계를 이해하고 적용할 수 있다.
(2)(3)	물리학 Ⅰ·Ⅱ — 빛과 물질의 이중성	광전 효과를 광양자설로 설명하고 일함수와 문턱 진동수를 구할 수 있다.
(4)	물리학 Ⅱ — 빛과 물질의 이중성	광전 효과의 실험 결과가 빛의 입자성을 뒷받침함을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 Ⅰ	빛과 물질의 이중성 — 광전 효과, 광양자설
고등학교 물리학 Ⅱ	빛과 물질의 이중성 — 빛의 입자성, 물질파

4. 문항 해설

(1) $f = c/\lambda$에서 $f_1 = 7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$, $f_2 = 1.0 \times 10^{15}\ \text{Hz}$이다. (2) $eV_s = hf - W$를 두 파장에 대해 쓰고 변끼리 빼면 W가 소거되어 $h = e(V_{s2} - V_{s1})/(f_2 - f_1) = 1.6 \times 10^{-19}/(2.5 \times 10^{14}) = 6.4 \times 10^{-34}\ \text{J·s}$이다. 이어서 $W = hf_1 - eV_{s1} = 4.8 \times 10^{-19} - 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2.0\ \text{eV}$이다. (측정값에서 얻은 h는 실제값 6.63×10^{-34}과 자릿수가 같다.) (3) $f_0 = W/h = 5.0 \times 10^{14}\ \text{Hz}$, $\lambda_0 = c/f_0 = 600\ \text{nm}$이다. 700 nm 빛의 광자 에너지는 약 1.8 eV로 일함수 2.0 eV보다 작으므로, 광자 하나로는 전자를 떼어 낼 수 없고 세기를 키워도 광자의 '개수'만 늘 뿐 하나하나의 에너지는 그대로다. (4) 세기를 두 배로 하면 광자 수가 두 배가 되어 광전류는 두 배가 되지만, 광자 하나의 에너지가 그대로이므로 최대 운동 에너지와 정지 전압은 변하지 않는다. 파동 이론이라면 세기를 키우면 전자가 더 큰 에너지를 받아야 하고, 약한 빛에서도 기다리면 에너지가 쌓여 전자가 나와야 하는데 실제로는 둘 다 관측되지 않는다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$f_1 = 7.5 \times 10^{14}$ Hz, $f_2 = 1.0 \times 10^{15}$ Hz를 구한 경우	1
(2)	$eV_s = hf - W$를 세우고 두 식을 연립하여 $h = 6.4 \times 10^{-34}$ J·s를 구한 경우 (1점) / $W = 3.2 \times 10^{-19}$ J $= 2.0$ eV를 구한 경우 (1점)	2
(3)	$f_0 = 5.0 \times 10^{14}$ Hz, $\lambda_0 = 600$ nm를 구하고 광자 하나의 에너지가 일함수보다 작아 세기와 무관함을 설명한 경우	1
(4)	광전류는 두 배, 정지 전압은 불변임을 밝히고 파동 관점으로 설명되지 않는 까닭을 제시한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 두 빛의 진동수

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3.0 \times 10^{8}}{400 \times 10^{-9}} = 7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

$$f_1 = 7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}, \quad f_2 = \frac{3.0 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{15}\ \text{Hz}\ .$$

(2) 플랑크 상수와 일함수

광자 하나의 에너지가 일함수를 넘은 몫이 전자의 최대 운동 에너지가 되고, 그 값이 정지 전압으로 측정된다.

$$eV_s = hf - W.$$

두 파장에 대해

$$eV_{s1} = hf_1 - W, \quad eV_{s2} = hf_2 - W$$

를 세우고 변끼리 빼면 W가 사라진다.

$$e(V_{s2} - V_{s1}) = h(f_2 - f_1) \quad \Longrightarrow \quad h = \frac{e(V_{s2} - V_{s1})}{f_2 - f_1}.$$

$$h = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times (2.0 - 1.0)}{1.0 \times 10^{15} - 7.5 \times 10^{14}} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{2.5 \times 10^{14}} = 6.4 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}\ .$$

이 값을 첫 식에 되돌려 넣으면

$$W = hf_1 - eV_{s1} = 6.4 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{14} - 1.6 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-19} - 1.6 \times 10^{-19}.$$

답 $W = 3.2 \times 10^{-19}$ J $= \frac{3.2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.0$ eV.

V_s–f 그래프를 그리면 기울기가 h/e, 가로축 절편이 문턱 진동수, 세로축 절편이 $-W/e$가 된다. 즉 **기울기는 금속의 종류와 무관한 보편 상수**이고 절편만 금속에 따라 달라진다는 것이 광양자설의 핵심 예측이며, 이 실험으로 얻은 6.4×10^{-34}은 알려진 값 6.63×10^{-34} J·s와 같은 자릿수로 일치한다.

(3) 문턱 진동수와 문턱 파장

광전자가 겨우 튀어나오는 조건은 $hf_0 = W$이므로

$$f_0 = \frac{W}{h} = \frac{3.2 \times 10^{-19}}{6.4 \times 10^{-34}} = 5.0 \times 10^{14}\ \text{Hz}, \quad \lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.0 \times 10^{8}}{5.0 \times 10^{14}}.$$

$$f_0 = 5.0 \times 10^{14}\ \text{Hz}, \quad \lambda_0 = 6.0 \times 10^{-7}\ \text{m} = 600\ \text{nm}\ .$$

파장 700 nm 빛의 광자 에너지는 $hc/\lambda \approx 2.7 \times 10^{-19}\ \text{J} \approx 1.7\ \text{eV}$로 일함수 2.0 eV보다 작다.

답 전자는 광자 하나를 통째로 흡수하거나 흡수하지 않을 뿐이므로, 광자 하나의 에너지가 일함수보다 작으면 어떤 전자도 금속을 벗어날 수 없다. 빛의 세기를 키우는 것은 **광자의 개수**를 늘리는 것이지 광자 하나의 에너지를 키우는 것이 아니므로, 아무리 세게 비추어도 광전자는 나오지 않는다.

(4) 빛의 세기를 두 배로 할 때

광전류: **두 배**가 된다. 정지 전압: **변하지 않는다**.

세기가 두 배이면 1초에 도달하는 광자 수가 두 배이므로 튀어나오는 광전자 수도 두 배가 되어 전류가 두 배가 된다. 그러나 광자 하나의 에너지 hf는 그대로이므로 전자의 최대 운동 에너지 $hf - W$도 그대로이고, 따라서 정지 전압도 변하지 않는다.

빛을 연속적인 파동으로만 보면 두 가지가 설명되지 않는다.

- **세기 의존성**: 파동이라면 세기가 클수록 전자가 받는 에너지가 커져 최대 운동 에너지와 정지 전압이 함께 커져야 한다. 실제로는 정지 전압이 진동수만의 함수다.
- **문턱과 즉시성**: 파동이라면 진동수가 낮아도 오래 비추면 에너지가 쌓여 결국 전자가 나와야 하고, 아주 약한 빛에서는 지연 시간이 관측되어야 한다. 실제로는 문턱 진동수 아래에서는 전혀 나오지 않고, 문턱 위에서는 아무리 약해도 즉시 나온다.

답 이 세 가지(문턱의 존재, 정지 전압의 진동수 의존, 즉시성)가 빛이 hf 단위의 덩어리로 흡수된다는 입자성의 직접적인 증거다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “일함수가 더 큰 금속으로 바꾸면 V_s–f 그래프는 어떻게 달라지는가?” (기울기 그대로, 오른쪽으로 평행이동)
· 추가 질문: “광전자의 최대 운동 에너지가 2.0 eV일 때 그 전자의 물질파 파장은 대략 얼마인가?”
· 검토 의견: (2)에서 한 측정값만으로 h를 구하려다 미지수 두 개를 풀 수 없게 되는 경우가 많다. ‘미지수가 둘이면 식이 둘 필요하다’는 점을 먼저 확인하게 한다. 단위 환산에서 eV와 J을 섞어 쓰는 실수가 잦으므로 계산 중에는 J로 통일하게 지도한다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 12 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	질량 결손과 $E=mc^2$, 핵융합, 운동량 보존에 의한 에너지 분배, 시간 지연, 길이 수축
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) 질량 결손을 정확히 계산하고 에너지로 환산할 수 있는지 평가한다.
· 2-(2) 방출 에너지가 두 입자에 '반씩' 나뉘지 않고 운동량 보존에 따라 질량의 역수 비로 나뉜다는 점을 유도할 수 있는지 평가한다. 이 문항의 핵심이다.
· 2-(3) 시간 지연을 수치로 적용하고 그 결과를 이동 거리로 연결할 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 두 관성계의 설명이 서로 다르면서도 같은 결론에 이른다는 상대성 이론의 정합성을 설명할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)	물리학 I — 물질과 전자기장 / 역학과 에너지	질량 결손과 핵반응에서 방출되는 에너지를 질량-에너지 등가로 설명할 수 있다.
(2)	물리학 I — 역학과 에너지	운동량 보존 법칙을 적용하여 반응 후 입자의 운동을 분석할 수 있다.
(3)(4)	물리학 I · II — 특수 상대성 이론	시간 지연과 길이 수축을 이해하고 관성계에 따른 측정값의 차이를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	특수 상대성 이론 — 시간 지연, 길이 수축, 질량-에너지 등가
고등학교 물리학 I	역학과 에너지 — 운동량 보존 법칙

4. 문항 해설

(1) 반응 전 질량의 합은 $2.0141+3.0160=5.0301$ u, 반응 후는 $4.0026+1.0087=5.0113$ u이므로 질량 결손은 0.0188 u이고 $Q=0.0188\times 931.5\approx 17.5$ MeV이다. (2) 반응 전 운동량이 0이므로 두 생성물의 운동량은 크기가 같고 방향이 반대다. 비상대론적으로 $K=p^2/(2m)$이므로 운동 에너지는 질량에 반비례하여 $K_n/K_{\mathrm{He}}=m_{\mathrm{He}}/m_n$이고, 중성자의 몫은 $m_{\mathrm{He}}/(m_{\mathrm{He}}+m_n)=4.0026/5.0113\approx 0.799$이다. 따라서 $K_n\approx 0.799\times 17.5\approx 14.0$ MeV이다. 가벼운 입자가 에너지의 80%를 가져간다는 이 결과가 핵융합로에서 중성자를 열원으로 쓰는 이유다. (3) $\gamma=1/\sqrt{1-0.98^2}=1/\sqrt{0.0396}\approx 5.03$이므로 수명은 $2.2\times 5.03\approx 11$ μs이고 이동 거리는 $0.98\times 3.0\times 10^8\times 11\times 10^{-6}\approx 3.3\times 10^3$ m이다. (4) 뮤온의 계에서는 수명이 2.2 μs로 짧은 대신 지상까지의 거리가 $1/\gamma$배로 수축하여 $3.3\ \text{km}/5.03\approx 6.5\times 10^2$ m가 되므로, 그 거리를 지나는 데 걸리는 시간이 수명 안에 들어온다. 두 계는 설명의 방식이 다르지만 '도달한다'는 사건에는 반드시 일치한다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	질량 결손 $0.0188\ \text{u}$를 구하고 $Q \approx 17.5\ \text{MeV}$를 얻은 경우	1
(2)	운동량 보존에서 두 운동량의 크기가 같음을 보이고 $K \propto 1/m$을 유도한 경우 (1점) / 중성자의 몫 $m_{\text{He}}/(m_{\text{He}}+m_n) \approx 0.80$과 $K_n \approx 14.0\ \text{MeV}$를 구한 경우 (1점)	2
(3)	$\gamma \approx 5.0$, 수명 약 $11\ \mu\text{s}$, 이동 거리 약 $3.3\times10^{3}\ \text{m}$를 모두 구한 경우	1
(4)	뮤온의 계에서 거리가 $1/\gamma$배로 수축하여 수명 안에 도달함을 보이고 두 설명이 모순이 아님을 밝힌 경우	1

6. 예시 답안

(1) 질량 결손과 방출 에너지

$$m_{\text{전}} = 2.0141 + 3.0160 = 5.0301\ \text{u}, \quad m_{\text{후}} = 4.0026 + 1.0087 = 5.0113\ \text{u}$$

$$\Delta m = 5.0301 - 5.0113 = 0.0188\ \text{u}, \quad Q = \Delta m c^2 = 0.0188 \times 931.5 \approx 17.5\ \text{MeV}\ .$$

반응물 질량의 약 0.37%가 에너지로 바뀐 것으로, 화학 반응에서 나오는 에너지(분자당 수 eV)보다 백만 배 이상 크다.

(2) 두 생성물의 에너지 분배

반응 전 두 핵이 거의 정지해 있으므로 전체 운동량은 0이고, 반응 후에도 보존되어야 하므로

$$\vec{p}_{\text{He}} + \vec{p}_n = 0 \quad \Longrightarrow \quad |\vec{p}_{\text{He}}| = |\vec{p}_n| \equiv p.$$

두 입자 모두 광속에 비해 느리므로 $K = p^2/(2m)$을 쓸 수 있다. 운동량이 같으면

$$K_{\text{He}} = \frac{p^2}{2m_{\text{He}}}, \quad K_n = \frac{p^2}{2m_n} \quad \Longrightarrow \quad \frac{K_n}{K_{\text{He}}} = \frac{m_{\text{He}}}{m_n}.$$

즉 **운동 에너지는 질량에 반비례**한다. 따라서 중성자가 가져가는 비율은

$$\frac{K_n}{Q} = \frac{K_n}{K_n + K_{\text{He}}} = \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{He}} + m_n} = \frac{4.0026}{5.0113} \approx 0.799.$$

답 $K_n \approx 0.799 \times 17.5 \approx 14.0\ \text{MeV}$, $K_{\text{He}} \approx 3.5\ \text{MeV}$.

가벼운 중성자가 에너지의 약 80%를 가져간다. 핵융합 발전에서 이 14 MeV 중성자가 노벽의 리튬 블랭킷에 흡수되어 열을 내고 동시에 삼중수소를 재생산하는 반면, 전기를 띤 헬륨은 자기장에 갇혀 플라스마 자체를 다시 가열하는 데 쓰인다. 에너지가 '반씩' 나뉜다고 잘못 보면 이 설계의 핵심을 놓친다.

(3) 움직이는 뮤온의 수명과 이동 거리

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.98^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9604}} = \frac{1}{\sqrt{0.0396}} \approx 5.03.$$

지상의 관측자가 재는 수명은 고유 수명의 γ배이므로

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 = 5.03 \times 2.2\ \mu\text{s} \approx 11\ \mu\text{s}\ .$$

그 동안 지나는 거리는

$$d = v \Delta t = 0.98 \times 3.0 \times 10^{8} \times 11 \times 10^{-6} \approx 3.3 \times 10^{3}\ \text{m} = 3.3\ \text{km}\ .$$

답 시간 지연을 고려하지 않으면 $0.98c \times 2.2\ \mu\text{s} \approx 6.5 \times 10^{2}\ \text{m}$밖에 가지 못한다고 계산되어, 실제로 높은 고도에서 생성된 뮤온이 지상의 검출기에 도달하는 관측 사실을 설명할 수 없다.

(4) 뮤온과 함께 움직이는 관측자의 설명

뮤온 자신의 계에서는 뮤온이 정지해 있으므로 수명은 고유 수명 $2.2\ \mu\text{s}$ 그대로다. 대신 그 계에서는 지면이 $0.98c$로 다가오며, 생성 지점에서 지상까지의 거리가 운동 방향으로 $1/\gamma$배만큼 수축해 보인다.

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{3.3 \times 10^{3}\ \text{m}}{5.03} \approx 6.5 \times 10^{2}\ \text{m}\ .$$

이 거리를 지나는 데 걸리는 시간은

$$t' = \frac{L}{v} = \frac{6.5 \times 10^{2}}{0.98 \times 3.0 \times 10^{8}} \approx 2.2\ \mu\text{s}$$

로 뮤온의 수명과 같다.

답 지상의 관측자는 “수명이 5배로 늘어나서 긴 거리를 갔다”고 설명하고, 뮤온의 계에서는 “수명은 그대로지만 가야 할 거리가 5분의 1로 줄었다”고 설명한다. 설명의 방식은 다르지만 ‘뮤온이 지상에 도달한다’는 **사건**에 대한 결론은 완전히 같다.

시간 지연과 길이 수축은 서로 독립된 두 현상이 아니라 같은 로런츠 변환의 두 얼굴이며, 어떤 관성계에서 기술하든 사건의 일치 여부는 바뀌지 않는다. 이것이 상대성 원리가 요구하는 정합성이다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “(2)에서 중성자의 운동 에너지 14 MeV는 정지 질량 에너지 약 940 MeV의 1.5%다. 비상대론적 근사가 타당한가?”
· 추가 질문: “핵융합이 핵분열보다 단위 질량당 에너지가 큰 까닭을 결합 에너지 곡선으로 설명해 보라.”
· 검토 의견: (2)에서 에너지를 반씩 나누거나 질량에 비례하여 나누는 오답이 가장 흔하다. 운동량이 같을 때 $K = p^2/(2m)$이라는 식을 먼저 쓰게 하면 방향이 잡힌다. (4)에서 “뮤온의 계에서는 지상에 도달하지 못한다”는 모순된 답을 내는 경우가 있으므로, 사건의 일치는 관성계와 무관하다는 원칙을 확인한다.

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