KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

전자의 물질파 간섭 · 흑체 복사 평형

※ 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	전기장에서 가속된 전자의 이중 슬릿 간섭무늬	10분 · 8분	5점
문제 2	레이저를 받는 구형 흑체의 복사 평형	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-30 **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.

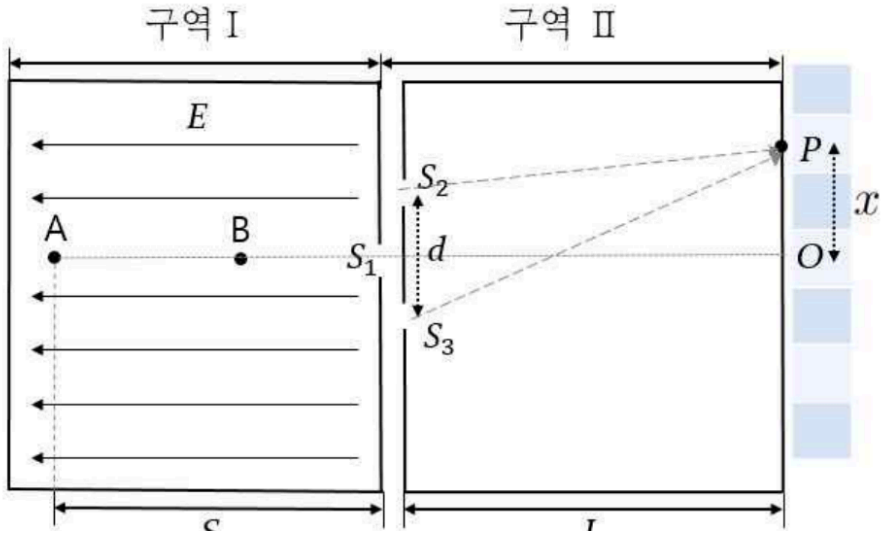
문제 1 전기장에서 가속된 전자의 물질파 간섭

물리학 I · II | 드브로이 물질파, 등가속도 운동, 이중 슬릿 간섭무늬 간격 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

질량 m, 속력 v인 입자는 파장이 $\lambda = h/(mv)$인 물질파의 성질을 갖는다(h는 플랑크 상수). 파장 λ인 파동이 간격 d인 두 슬릿을 지나 거리 L ($L \gg d$) 떨어진 스크린에 닿을 때, 중심 O에서 x만큼 떨어진 점에서는 $dx/L = m'\lambda$이면 보강 간섭, $dx/L = (m' + 1/2)\lambda$이면 상쇄 간섭이 일어난다($m' = 0, 1, 2, ...$). 따라서 이웃한 어두운 무늬 사이의 간격은 $\lambda L/d$이다.

[그림 1]과 같이 구역 I에는 세기가 일정한 전기장이 있어 질량 m인 전자가 수평 방향으로 등가속도 운동을 한다. 구역 II에는 전기장이 없어 전자가 등속으로 나아간다. 두 구역 어디에도 자기장은 없고 중력은 무시한다.



[그림 1] 구역 I에서 가속된 전자가 단일 슬릿 S_1을 지나 이중 슬릿 S_2, S_3를 통과하여 스크린에 간섭무늬를 만든다.

전자가 구역 I의 점 A를 지날 때 물질파의 파장은 λ_0이고, A를 지난 지 1초 뒤에 A와 같은 수평선 위에 있는 점 B를 지날 때 파장은 $\lambda_0/2$이다. 전자는 A에서부터 거리 S만큼 더 나아가 단일 슬릿 S_1을 지나고, 이어서 간격이 d인 이중 슬릿 S_2, S_3를 통과한다. 이중 슬릿에서 스크린까지의 거리는 L이며 d에 비해 매우 크다. 이때 스크린에 생긴 어두운 무늬들의 간격은 $\lambda_0 L/(5d)$였다.

(1) A를 지날 때의 전자의 속력 v_0를 m, λ_0, h로 나타내고, 구역 I에서 전자의 가속도 a를 구하시오. **[1점]**

(2) 단일 슬릿 S_1을 지날 때 전자의 물질파 파장과 속력을 구하고, 전자가 A에서 S_1까지 가는 데 걸린 시간을 구하시오. **[1점]**

(3) 거리 S를 m, λ_0, h로 나타내시오. 이어서 구역 I의 전기장 세기만 처음의 $1/6$로 줄였을 때 어두운 무늬의 간격이 처음의 몇 배가 되는지 구하시오. (A의 위치, S, d, L은 그대로이다.) **[2점]**

(4) 구역 I의 전기장 세기를 처음의 k배($k > 0$)로 바꾸었을 때 어두운 무늬의 간격이 처음의 몇 배가 되는지 k의 식으로 나타내시오. 또 그 간격이 처음의 2배가 되는 k를 구하고, $k \to 0$인 극한에서의 값을 해석하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

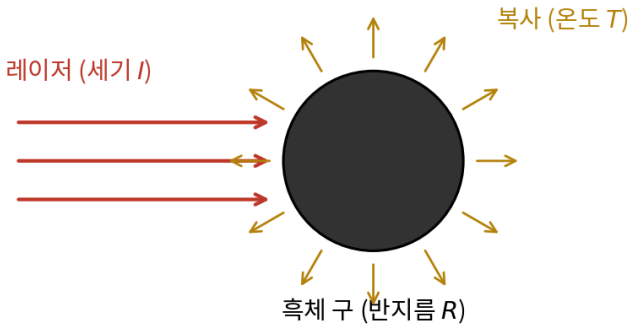
문제 2 레이저를 받는 구형 흑체의 복사 평형

물리학 Ⅰ·Ⅱ | 슈테판-볼츠만 법칙, 빈의 변위 법칙, 복사 평형, 흡수 단면적과 방출 면적 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

절대 온도 T인 흑체는 표면의 단위 넓이에서 단위 시간당 σT^4의 복사 에너지를 내보낸다($\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$ W/m²·K⁴). 또 흑체가 내보내는 복사 에너지는 모든 파장에 걸쳐 연속적으로 분포하는데, 단위 파장당 복사 에너지가 가장 큰 파장 $\lambda_{\max}$는 절대 온도에 반비례하여 $\lambda_{\max} = 2.9/T$ (mm)로 주어진다.

[그림 2]와 같이 반지름이 R인 구형 흑체에 세기가 $I = 11.4$ W/m²인 평행 레이저 빔을 수직으로 쪼인다. 레이저를 켜기 전 이 흑체의 온도는 27°C로 일정하게 유지되고 있었다.



[그림 2] 한쪽에서 평행 레이저 빔을 받으며 사방으로 복사를 내보내는 반지름 R인 구형 흑체.

흑체 표면의 온도는 어디서나 같다고 보고, 흑체의 크기는 레이저 빔의 단면에 비해 매우 작아 빔이 구를 완전히 덮는다. 흑체는 쪼인 레이저 빛을 모두 흡수하며 반사·산란은 없다. 흑체 주위의 온도와 환경은 레이저를 켠 뒤에도 변하지 않는다. 필요하면 $81.5^{1/4} = 3.005$를 쓰시오.

(1) 레이저를 켜기 전, 흑체의 온도가 일정하게 유지되는 까닭을 복사 에너지의 출입으로 설명하고, 흑체가 단위 시간당 내보내는 복사 에너지를 σ, R를 써서 나타내시오. **[1점]**

(2) 레이저를 켠 뒤 흑체가 단위 시간당 레이저로부터 흡수하는 에너지를 I, R로 나타내시오. 이때 쓰는 넓이가 흑체의 겉넓이가 아닌 까닭을 밝히시오. **[1점]**

(3) 레이저를 켠 뒤 흑체의 온도가 더 이상 변하지 않게 되었을 때의 온도 T를 구하시오. 또 그때 단위 파장당 복사 에너지가 최대가 되는 파장 $\lambda_{\max}$를 구하고, 레이저를 켜기 전과 견주어 파장 분포가 어떻게 달라지는지 설명하시오. **[2점]**

(4) 같은 흑체를 주위 복사가 전혀 없는 우주 공간에 두고 같은 레이저만 쪼일 때의 평형 온도와 $\lambda_{\max}$를 구하시오. 또 $\lambda_{\max}$를 가시광선 영역인 500 nm까지 끌어내리려면 레이저의 세기가 얼마여야 하는지 구하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 30 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 30 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	드브로이 물질파 $\lambda = h/(mv)$, 등가속도 운동 $v = v_0 + at$와 $v^2 = v_0^2 + 2aS$, 이중 슬릿 무늬 간격 $\Delta x = \lambda L/d$, 전기장과 가속도의 비례 관계
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 물질파 파장과 속력이 반비례한다는 관계를 써서 두 지점의 정보를 속력과 가속도로 옮길 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 간섭무늬 간격이 파장에 비례한다는 사실에서 거꾸로 파장과 속력을 읽어내고, 등가속도 운동으로 시간을 구할 수 있는지 평가한다.
· 1-(3) 등가속도 운동의 두 식을 적절히 골라 거리 S를 구하고, 조건이 바뀌어도 S가 그대로임을 이용해 $v^2 = v_0^2 + 2aS$로 간결하게 처리할 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 특정한 값 $1/6$에서 얻은 결과를 일반적인 배율 k로 확장하고, 역으로 조건을 만족하는 k를 구하며 극한을 물리적으로 해석할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(2)	물리학 I — 빛과 물질의 이중성	물질파의 파장이 운동량에 반비례함을 이해하고 적용할 수 있다.
(2)(3)	물리학 I · II — 역학과 에너지	등가속도 직선 운동의 식을 상황에 맞게 선택하여 적용할 수 있다.
(3)(4)	물리학 II — 전자기장과 빛	이중 슬릿 간섭무늬의 간격이 파장에 비례함을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	빛과 물질의 이중성 — 물질파와 전자 현미경
고등학교 물리학 II	전자기장과 빛 — 빛의 간섭, 전기장 속 전하의 운동

4. 문항 해설

(1) $\lambda_0 = h/(mv_0)$에서 $v_0 = h/(m\lambda_0)$이다. 1초 뒤 파장이 절반이면 속력은 두 배이므로 1초 동안 속력이 v_0만큼 늘었고, 가속도의 크기는 $a = v_0/(1\ \mathrm{s}) = h/(m\lambda_0)$이다. (2) 어두운 무늬 간격은 $\lambda L/d$이고 이것이 $\lambda_0 L/(5d)$이므로 S_1에서의 파장은 $\lambda_0/5$, 속력은 $5v_0$이다. $v = v_0 + at$에서 $5v_0 = v_0 + at$이므로 $t = 4v_0/a = 4$초이다. (3) $S = v_0 t + (1/2)at^2 = 4v_0 + 8v_0 = 12v_0 \cdot (1\ \mathrm{s})$이므로 $S = 12h/(m\lambda_0)$이다($v^2 = v_0^2 + 2aS$로 확인하면 $25v_0^2 = v_0^2 + 2v_0^2 S'$에서 $S' = 12$로 일치한다). 전기장이 $1/6$이면 가속도도 $1/6$이므로 $v^2 = v_0^2 + 2(a/6)S = v_0^2(1 + 24/6) = 5v_0^2$에서 $v = \sqrt{5}v_0$, 파장은 $\lambda_0/\sqrt{5}$이다. 무늬 간격은 파장에 비례하므로 $\left(\lambda_0/\sqrt{5}\right)/(\lambda_0/5) = \sqrt{5}$배가 된다. (4) 일반적으로 $v^2 = v_0^2(1 + 24k)$이므로 파장은 $\lambda_0/\sqrt{1+24k}$이고, 무늬 간격의 배율은 $5/\sqrt{1+24k}$이다. 이 값이 2가 되는 k는 $1 + 24k = 25/4$에서 $k = 7/32$이고, $k \to 0$이면 배율이 5에 가까워지는데 이는 전자가 λ_0 그대로 슬릿에 닿는 상황이다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$v_0 = h/(m\lambda_0)$와 $a = h/(m\lambda_0)$를 구하고 근거를 밝힌 경우	1
(2)	$\lambda = \lambda_0/5$, $v = 5v_0$를 얻고 $t = 4$초를 구한 경우	1
(3)	$S = 12h/(m\lambda_0)$를 구한 경우 (1점) / 전기장이 $1/6$일 때 $v = \sqrt{5}v_0$를 얻어 무늬 간격이 $\sqrt{5}$배임을 보인 경우 (1점)	2
(4)	배율 $5/\sqrt{1+24k}$를 구하고 $k = 7/32$와 $k \to 0$의 해석을 함께 제시한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 처음 속력과 가속도

드브로이 관계 $\lambda = h/(mv)$에서 A를 지날 때

$$\lambda_0 = \frac{h}{mv_0} \quad\Longrightarrow\quad v_0 = \frac{h}{m\lambda_0}.$$

B에서는 파장이 $\lambda_0/2$로 절반이므로 속력은 두 배인 $2v_0$이다. 구역 Ⅰ에서는 등가속도 운동이므로 1초 동안 속력이 v_0만큼 늘어난 것이고

$$a = \frac{2v_0 - v_0}{1\ \text{s}} = \frac{v_0}{1\ \text{s}} = \frac{h}{m\lambda_0}.$$

(수치로는 v_0의 값과 a의 값이 같고, 단위만 m/s와 m/s²로 다르다.)

(2) 슬릿에서의 파장·속력과 걸린 시간

이중 슬릿에서 이웃한 어두운 무늬 사이의 간격은 $\Delta x = \lambda L/d$이다. 이것이 $\lambda_0 L/(5d)$와 같으므로

$$\frac{\lambda L}{d} = \frac{\lambda_0 L}{5d} \quad\Longrightarrow\quad \lambda = \frac{\lambda_0}{5}\ .$$

파장이 $1/5$이면 속력은 5배이므로 S_1을 지날 때

$$v = 5v_0 = \frac{5h}{m\lambda_0}.$$

등가속도 운동 $v = v_0 + at$에 $a = v_0/(1\ \text{s})$를 넣으면

답

$$5v_0 = v_0 + v_0 t \quad\Longrightarrow\quad t = 4\ \text{s}\ .$$

(3) 거리 S와 전기장을 줄였을 때의 무늬 간격

① **거리 S.** $t = 4$초 동안 간 거리이므로

$$S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 4v_0 \cdot (1\ \text{s}) + \frac{1}{2}v_0 \cdot 16(1\ \text{s}) = 12v_0(1\ \text{s}).$$

$$S = \frac{12h}{m\lambda_0}.$$

$v^2 = v_0^2 + 2aS$로 확인하면 $(5v_0)^2 = v_0^2 + 2v_0 S/(1\ \text{s})$에서 $24v_0^2 = 2v_0 S/(1\ \text{s})$, 곧 $S = 12v_0(1\ \text{s})$로 같은 결과를 얻는다.

② 전기장을 $1/6$로 줄였을 때. 전자가 받는 힘은 $F = eE$이고 $a = F/m$이므로 가속도는 전기장 세기에 비례한다. 따라서 새 가속도는 $a' = a/6$이다. A의 위치와 S는 그대로이므로 시간을 거치지 않고 $v^2 = v_0^2 + 2a'S$를 바로 쓰면

$$v'^2 = v_0^2 + 2 \cdot \frac{a}{6} \cdot 12v_0(1\ \text{s}) = v_0^2 + 4v_0^2 = 5v_0^2 \quad \Longrightarrow \quad v' = \sqrt{5}v_0.$$

새 파장은 $\lambda' = h/(mv') = \lambda_0/\sqrt{5}$이고, 무늬 간격은 파장에 비례하므로

답

$$\frac{\Delta x'}{\Delta x} = \frac{\lambda_0/\sqrt{5}}{\lambda_0/5} = \frac{5}{\sqrt{5}} = \sqrt{5} \approx 2.2.$$

곧 어두운 무늬의 간격이 $\sqrt{5}$배로 넓어진다.

> 시간으로 풀면 $12v_0(1\ \text{s}) = v_0 t + (1/2)(v_0/6)t^2$에서 $t^2 + 12t - 144 = 0$, $t = 6\left(\sqrt{5} - 1\right) \approx 7.4$초가 되어 더 오래 걸린다. 그러나 묻는 것은 슬릿에 닿는 순간의 속력뿐이므로 시간을 거치지 않는 $v^2 = v_0^2 + 2aS$가 훨씬 빠르다.

(4) 일반적인 배율 k

전기장을 k배로 하면 가속도도 k배이므로 $a' = ka$이고, $S = 12v_0(1\ \text{s})$는 그대로이므로

$$v'^2 = v_0^2 + 2(ka)S = v_0^2(1 + 24k) \quad \Longrightarrow \quad \lambda' = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 + 24k}}.$$

처음 간격은 $\lambda_0/5$에 대응하므로 배율은

$$\frac{\Delta x'}{\Delta x} = \frac{1/\sqrt{1 + 24k}}{1/5} = \frac{5}{\sqrt{1 + 24k}}.$$

$k = 1$이면 1배, $k = 1/6$이면 $5/\sqrt{5} = \sqrt{5}$배로 (3)의 결과와 맞는다. 이 값이 2가 되려면

$$\frac{5}{\sqrt{1 + 24k}} = 2 \quad \Longrightarrow \quad 1 + 24k = \frac{25}{4} \quad \Longrightarrow \quad k = \frac{7}{32} \approx 0.22\ .$$

답 배율 $= 5/\sqrt{1 + 24k}$, 2배가 되는 $k = 7/32$. $k \to 0$이면 배율이 5에 가까워지는데, 이는 전기장이 사라져 전자가 v_0 그대로, 곧 파장 λ_0 그대로 슬릿에 닿는 경우이다. 이때 간격은 $\lambda_0 L/d$로 처음의 5배이며, 이것이 이 장치에서 얻을 수 있는 간격의 상한이다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

> · 추가 질문: "구역 Ⅰ의 전기장 세기를 E, 전자의 전하량 크기를 e라 할 때 E를 m, λ_0, h, e로 나타내 보라." ($a = eE/m = h/(m\lambda_0)$에서 $E = h/(e\lambda_0)$, 단위는 1초 기준)
> · 추가 질문: "전자가 A에서 정지해 있었다면 이 풀이는 어디서 무너지는가?" ($v_0 = 0$이면 λ_0가 무한대가 되어 문제의 조건 자체가 성립하지 않는다)
> · 검토 의견: (2)에서 어두운 무늬 간격을 밝은 무늬 간격의 절반으로 잘못 아는 경우가 있다. 두 간격이 모두 $\lambda L/d$로 같다는 점을 그림으로 확인시킨다. (3)의 둘째 물음에서 시간을 다시 구하려다 이차방정식에서 막히는 경우가 많으므로, "S가 변하지 않았다"는 사실을 짚어 $v^2 = v_0^2 + 2aS$로 유도하게 한다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 30 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	슈테판-볼츠만 법칙 $P/A=\sigma T^4$, 빈의 변위 법칙 $\lambda_{\max}=2.9/T$ (mm), 복사 평형, 흡수 단면적 πR^2와 방출 면적 $4\pi R^2$
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) “온도가 일정하다”는 말을 흡수 일률과 방출 일률이 같다는 식으로 옮기고, 슈테판-볼츠만 법칙을 구의 겉넓이와 결합할 수 있는지 평가한다.
· 2-(2) 평행 빔이 구에 쪼일 때 가로막는 넓이가 겉넓이 $4\pi R^2$가 아니라 대원의 넓이 πR^2임을 기하로 설명할 수 있는지 평가한다.
· 2-(3) 두 넓이의 차이를 반영한 복사 평형식을 세워 R가 저절로 소거됨을 확인하고, 빈의 변위 법칙으로 파장 분포의 변화까지 정량적으로 해석할 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 조건을 바꾸어 주위 복사가 없는 경우를 다루고, 거꾸로 목표 온도에서 필요한 세기를 T^4 비례 관계로 역산할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(3)	물리학 I — 열과 에너지	복사 평형의 뜻을 알고 흡수와 방출의 균형으로 설명할 수 있다.
(1)(2)	물리학 II — 양자와 빛	슈테판-볼츠만 법칙을 이용하여 흑체가 방출하는 복사 일률을 구할 수 있다.
(3)(4)	물리학 II — 양자와 빛	빈의 변위 법칙으로 흑체 복사의 파장 분포와 온도의 관계를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	열과 에너지 — 복사와 복사 평형, 지구의 열수지
고등학교 물리학 II	양자와 빛 — 흑체 복사, 슈테판-볼츠만 법칙과 빈의 변위 법칙

4. 문항 해설

(1) 온도가 일정하다는 것은 단위 시간당 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지가 같다는 뜻이다. 레이저를 켜기 전에는 주위로부터 받는 복사와 스스로 내보내는 복사가 균형을 이루며, 방출 일률은 겉넓이 $4\pi R^2$에 σT_0^4를 곱한 $4\pi R^2\sigma T_0^4$이다($T_0=300$ K). (2) 평행 빔이 구를 지나며 가로막히는 넓이는 진행 방향에서 본 그림자의 넓이, 곧 대원의 넓이 πR^2이므로 흡수 일률은 $I\pi R^2$이다. 겉넓이를 쓰면 빛이 닿지 않는 뒷면까지 세는 잘못이 된다. (3) 새 평형에서 $4\pi R^2\sigma T^4=4\pi R^2\sigma T_0^4+I\pi R^2$이므로 πR^2이 소거되어 $T^4=T_0^4+I/(4\sigma)$이다. 수치로 $T^4=81\times10^8+0.5\times10^8=81.5\times10^8$, $T=100\times81.5^{1/4}\approx300.5$ K이다. 이때 $\lambda_{\max}=2.9/300.5$ mm $\approx9.65\mu$m로, 켜기 전의 9.67μm보다 약 0.15% 짧아지고 총 방출 에너지는 $81.5/81=1.006$배가 된다. (4) 주위 복사가 없으면 $4\pi R^2\sigma T^4=I\pi R^2$에서 $T=(I/(4\sigma))^{1/4}=(5\times10^7)^{1/4}\approx84$ K, $\lambda_{\max}\approx34.5\mu$m이다. $\lambda_{\max}=500$ nm이려면 $T=2.9/(5.0\times10^{-4})$ mm 환산으로 5800 K이고, $I=4\sigma T^4\approx2.6\times10^8$ W/m²이다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	흡수 일률 = 방출 일률임을 밝히고 방출 일률 $4\pi R^2\sigma T_0^4$를 쓴 경우	1
(2)	흡수 일률 $I\pi R^2$를 쓰고 대원의 넓이를 쓰는 까닭을 밝힌 경우 (겉넓이 $4\pi R^2$를 쓰면 0점)	1
(3)	$T^4 = T_0^4 + I/(4\sigma)$에서 $T \approx 300.5$ K를 구한 경우 (1점) / $\lambda_{\max} \approx 9.65\mu$m와 분포 변화를 설명한 경우 (1점)	2
(4)	$T = (I/(4\sigma))^{1/4} \approx 84$ K와 $\lambda_{\max} \approx 34.5\mu$m, 그리고 $I \approx 2.6 \times 10^8$ W/m²를 구한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 레이저를 켜기 전의 복사 평형

온도가 변하지 않는다는 것은 흑체가 단위 시간당 받아들이는 에너지와 내보내는 에너지가 정확히 같다는 뜻이다. 레이저를 켜기 전에는 주위의 복사를 흡수하는 일률과 스스로 내보내는 복사 일률이 균형을 이루고 있었다. 흑체는 **겉넓이 전체**에서 복사를 내보내므로 $T_0 = 27°\text{C} = 300$ K에서

$$P_{\text{방출}} = \sigma T_0^4 \cdot 4\pi R^2.$$

이 값이 곧 주위로부터 흡수하는 일률과 같다. 레이저를 켠 뒤에도 주위 환경은 변하지 않으므로 이 흡수 일률은 그대로 유지된다.

(2) 레이저로부터 흡수하는 일률

레이저는 한쪽에서 들어오는 **평행 빔**이다. 구가 이 빔에서 가로채는 에너지는 빔의 진행 방향에서 구를 바라볼 때 생기는 그림자의 넓이에 비례하고, 그 넓이는 구의 대원의 넓이이다.

$$P_{\text{레이저}} = I \cdot \pi R^2 = 11.4\pi R^2 \ \ \text{W}\ .$$

겉넓이 $4\pi R^2$를 쓰면 빛이 전혀 닿지 않는 뒷면까지 빛을 받는 것으로 세게 되어 네 배 과대평가가 된다. 반면 **방출**은 표면 어디에서나 일어나므로 겉넓이 $4\pi R^2$를 쓴다. 이처럼 흡수 넓이와 방출 넓이가 다른 것이 이 문제의 핵심이다.

(3) 새로운 평형 온도와 파장 분포

평형에서 "방출 = 주위로부터의 흡수 + 레이저 흡수"이므로

$$\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 = \sigma T_0^4 \cdot 4\pi R^2 + I \cdot \pi R^2.$$

양변을 $4\pi R^2$으로 나누면 반지름 R가 소거되어

$$\sigma T^4 = \sigma T_0^4 + \frac{I}{4} \quad\Longrightarrow\quad T^4 = T_0^4 + \frac{I}{4\sigma}.$$

수치를 넣으면 $T_0^4 = 300^4 = 81 \times 10^8$ K⁴, $I/(4\sigma) = 11.4/(4 \times 5.7 \times 10^{-8}) = 0.5 \times 10^8$ K⁴이므로

$$T^4 = 81.5 \times 10^8 \ \text{K}^4 \quad\Longrightarrow\quad T = 100 \times 81.5^{1/4} \ \ \text{K} = 100 \times 3.005 \ \ \text{K}\ .$$

답

$$T \approx 300.5 \ \ \text{K} \quad (\approx 27.5°\ \text{C}).$$

레이저를 켜도 온도는 약 0.5 K밖에 오르지 않는다.

빈의 변위 법칙에서

$$\lambda_{\max} = \frac{2.9}{T} \ \ \text{mm} = \frac{2.9}{300.5} \ \ \text{mm} = 9.65 \times 10^{-3} \ \ \text{mm} = 9.65\mu \ \text{m}\ .$$

켜기 전에는 $2.9/300 = 9.67\mu$m였으므로 봉우리가 약 0.15%만큼 **짧은 파장 쪽으로** 아주 조금 옮겨 간다. 분포의 모양은 그대로 연속 스펙트럼이고, 봉우리는 여전히 파장 10μm 안팎의 적외선 영역에 있다. 곡선 아래 넓이에 해당하는 총 방출 에너지는 T^4에 비례하므로 $81.5/81 = 1.006$배, 곧 약 0.6% 늘어난다.

> 레이저가 보태는 일률은 원래 복사 일률의 $I/(4\sigma T_0^4) = 0.6\%$에 지나지 않는다. $T \propto (\text{흡수 일률})^{1/4}$이므로 온도 변화율은 그 $1/4$인 약 0.15%가 되어, 위에서 얻은 0.46 K의 상승과 들어맞는다.

(4) 주위 복사가 없을 때와 필요한 레이저 세기

① **우주 공간.** 주위로부터 흡수하는 복사가 없으므로 평형식에서 T_0^4 항이 사라진다.

$$\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 = I \cdot \pi R^2 \quad \Longrightarrow \quad T = \left(\frac{I}{4\sigma}\right)^{1/4} = (5.0\times 10^{7})^{1/4} \ \text{K}\ .$$

$$T \approx 84 \ \text{K}, \quad \lambda_{\max} = \frac{2.9}{84} \ \text{mm} \approx 34.5\mu \ \text{m}\ .$$

같은 레이저인데도 온도가 300.5 K에서 84 K로 크게 떨어지는 것은, 앞 문제에서 온도를 거의 다 떠받치고 있던 것이 레이저가 아니라 **주위의 복사**였기 때문이다.

② **봉우리를 500 nm로 옮기려면.** 빈의 변위 법칙에서

$$T = \frac{2.9}{5.0\times 10^{-4}} \ \text{K} = 5800 \ \text{K}\ .$$

주위 복사를 무시하면 $I = 4\sigma T^4$이므로

답

$$I = 4\times 5.7\times 10^{-8}\times (5800)^4 \approx 2.6\times 10^{8} \ \text{W/m}^2.$$

처음 세기의 약 2×10^7배이다.

온도는 흡수 일률의 네제곱근에 비례하므로, 온도를 2배로 올리려면 세기를 16배로 해야 한다. 적외선 영역의 봉우리를 가시광선까지 끌어내리는 데 터무니없이 큰 세기가 필요한 까닭이 여기에 있다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “흑체 대신 레이저 빛의 절반을 반사하는 회색체를 놓으면 평형 온도는 어떻게 달라지는가?” (키르히호프 법칙에 따라 흡수율과 방출률이 같으므로, 모든 파장에서 같은 비율이면 양변에서 함께 약분되어 온도는 변하지 않는다)
· 추가 질문: “구가 아니라 빔에 수직으로 놓인 얇은 원판이라면 평형 온도는 어떻게 되는가?” (흡수 $I\pi R^2$, 방출은 양면 $2\pi R^2$이므로 $\sigma T^4 = \sigma T_0^4 + I/2$가 되어 더 뜨거워진다)
· 검토 의견: (2)에서 흡수 넓이로 겉넓이를 쓰는 실수가 가장 결정적이다. “빔의 진행 방향에서 구를 바라보면 어떤 모양으로 보이는가”를 먼저 묻는다. (3)에서 R를 끝까지 들고 가다 소거되는 것을 보지 못하는 경우에는, 흡수와 방출이 모두 R^2에 비례한다는 점을 미리 지적하게 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