

2025학년도 POSTECH 대학입학전형 선행학습 영향평가 결과보고서

2025년 3월

POSTECH

입학학생처 입학팀

목 차

I. 선행학습 영향평가 개요	3
II. 선행학습 영향평가 진행 절차 및 방법	6
III. 대학별고사 준비 및 시행 과정 분석	11
IV. 차년도 입학전형 반영 및 개선 계획	20
부록. 문항 카드	21

I 선행학습 영향평가 개요

POSTECH은 2025학년도 학부 신입생 전원을 학생부종합전형으로 선발하였으며, 모든 입학전형은 1단계(서류 평가)와 2단계(면접 평가) 결과를 합산하는 방식으로 신입생을 선발하였다. 2014학년도 전형까지 실시했던 수/과학 문제풀이 중심의 구술면접은 선행학습 가능성을 유발할 가능성이 있다고 판단하여, 종합면접 형태로 변경한 바 있다. 2025학년도 입학전형에서도 학생부종합전형의 취지를 충실히 반영하기 위해, 모든 전형의 2단계 평가를 제시문 기반의 구술과정과 지원자가 제출한 서류(생기부) 기반의 구술을 결합해 이를 종합적으로 평가하는 방식으로 운영하였다.

또한 POSTECH은 대학별고사의 선행학습 영향평가를 철저히 수행하기 위해 대학 자체 규정을 제정하고 선행학습 영향평가 위원을 위촉하여 세부적인 영향평가를 실시하였다. 대학별고사가 공교육정상화법의 취지에 부합하고 고등학교 교육과정의 정상적 운영에 기여할 수 있도록 면접·구술시험을 위한 전 과정에서 다양한 사항을 면밀히 검토하며 공정성을 확보하고자 노력하였다. 또한, 단계적인 검토 과정에서 현직 고등학교 교사들의 의견을 수렴하는 절차를 통해 합의된 결과를 도출하였다. 이러한 과정을 통해 공정성과 신뢰성을 높이며, 대학별고사가 고등학교 교육과정의 범위를 벗어나지 않도록 지속적으로 관리하고 있다.

■ 1. 대학별고사 실시 현황

2025학년도 POSTECH 대학별고사는 「공교육 정상화 촉진 및 선행교육 규제에 관한 특별법」 제10조 제1항에 따라 수시모집 총 7개의 전형 모두의 2단계 전형에서 시행된 면접·구술시험으로 정의함

구분	입학전형	모집계열	대학별고사 실시 여부	대학별고사 유형	교과 교육과정 관련 여부
수시	학생부종합 일반전형 I	단일계열	○	면접·구술고사	○
	학생부종합 일반전형 II				
	학생부종합 기회균형 지역인재전형				
	학생부종합 기회균형 통합전형				
	학생부종합 기회균형 저소득층전형				
학생부종합 반도체공학인재전형 I	반도체	○	면접·구술고사	○	
학생부종합 반도체공학인재전형 II	공학과				

■ 2. 전형 및 모집계열별 선행학습 영향평가 실시 결과

1) 선행학습 영향평가 관련 이행사항 점검 결과

구분		점검 사항	점검 결과
법령이행	교칙	선행학습 영향평가 및 입학전형 영향평가위원회 관련 교칙이 있는가?	○
	위원회 구성	입학전형 영향평가위원회에 현직 고등학교 교원이 참여하였는가?	○
	결과 공개	선행학습 영향평가 실시 결과를 학교 홈페이지에 공개하였는가? https://adm-u.postech.ac.kr/admission-helper/notices/?pi=3138	○
영향평가 시행 범위		대학별고사를 실시한 모든 유형의 입학전형에 대하여 선행학습 영향평가를 실시하였는가?	○
자체평가		대학별고사 출제·검토 과정 참여자의 자체평가를 실시하고, 자체평가 결과를 분석하였는가?	○
결과분석	분석 범위	교과 지식에 관련된 모든 문항에 대한 선행학습 영향평가를 충실히 하였는가?	○
	작성의 충실성	교과 교육과정 관련 선행학습 영향평가 결과를 문항카드 등 양식에 충실하게 작성하였는가?	○
	현황표	문항별 적용 교과 현황표를 충실하게 작성하였는가?	○

2) 선행학습 영향평가 실시 결과

구분	입학전형	모집계열	대학별고사 실시 여부	대학별고사 유형	교과 교육과정 관련 여부	영향평가 실시 결과
수시	학생부종합 일반전형 I	단일계열	○	면접· 구술고사	○	준수
	학생부종합 일반전형 II					
	학생부종합 기회균형 지역인재전형					
	학생부종합 기회균형 통합전형	반도체 공학과	○	면접· 구술고사	○	준수
	학생부종합 기회균형 저소득층전형					
	학생부종합 반도체공학인재전형 I					
학생부종합 반도체공학인재전형 II						

3) 선행학습영향평가 대상 문항 총괄표 (문항별 적용 교과 현황)

- 문항 총괄표에 표기된 계열 및 교과에도 불구하고, POSTECH은 특정 교과에 대한 의존 없이 통상적인 고등학교 학생 수준의 논리와 문해력을 이용하여 선행학습 유무에 무관하게 해결할 수 있는 면접·구술고사를 지향

시험 유형	입학 전형	모집 계열 (단위)	모집요강에 제시한 자격기준 과목명	문항 번호	하위 문항 번호	계열 및 교과										
						인문사회			수학	과학				영어		
						국어	사회	도덕		물리학	화학	생명 과학	지구 과학			
면접·구술고사	학생부종합 일반전형 I 학생부종합 일반전형 II 학생부종합 기회균형 지역인재전형 학생부종합 기회균형 통합전형 학생부종합 기회균형 저소득층전형	단일 계열	수학 과학	1	-				○	○						
				2	-				○	○						
				3	-				○			○				
				4	-				○			○				
				5	-				○			○				
				6	-											
				7	-											
				서류 기반	-											
	반도체공학인재전형 I 반도체공학인재전형 II	반도체 공학과	수학 과학	1	-						○					
				2	-				○							
				3	-				○							
				서류 기반	-											

■ 1. 선행학습 영향평가 방법 및 절차에 대한 자체 규정

1) 관련 규정/지침 및 관련 제정일

- POSTECH 위원회 규정 제23장(제67조)
- POSETECH 대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회 운영에 관한 지침

2) 관련 규정 전문

위원회 규정

(중략)

제23장 대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회(신설: 2023. 3. 1)

제67조(대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회) ① 본 대학이 실시하는 대학별고사가 선행학습을 유발하는지에 관한 영향평가에 관한 심의, 평가의 실시 및 결과의 보고 등을 위하여 대학입학전형 선행학습 영향평가위원회를 둔다.

② 대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회의 구성 및 운영 등에 관한 세부 내용은 지침으로 따로 정한다.

(이하 생략)

3) 관련 지침 전문

대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회 운영에 관한 지침

제1조(목적) 본 지침은 「공교육 정상화 촉진 및 선행교육 규제에 관한 특별법」 및 위원회 규정 제67조에 의거하여 대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회(이하 '영향평가 위원회'라 한다) 운영에 관한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) '대학입학전형 선행학습 영향평가'(이하 '영향평가'라 한다)란 학부 신입생을 선발하기 위해 실시한 대학별고사에서 고등학교 교육과정의 범위와 수준을 벗어난 내용이 출제되었는지 여부와 이로 인한 선행학습 유발 요인은 없는지 매년 평가하고, 그 결과를 다음 연도 대학입학전형에 반영토록 하는 일련의 평가활동을 말한다.

제3조 (구성)

- ① 영향평가의 실시를 위하여 대학입학전형 선행학습 영향평가위원회(이하 '영향평가 위원회'라 한다)를 둔다.
- ② 영향평가 위원회는 다음 각호와 같이 구성한다.
 1. 당연직 위원 : 입학학생처장(위원장), 입학학생처 입학팀 팀장(간사)
 2. 임명직 위원 : 입학위원회 위원, 대학입학전형공정관리위원회 위원, 교수, 입학사정관, 입학학생처 고교 자문교사 중 7명 이상
- ③ 임명직 위원은 입학학생처장의 추천으로 총장이 위촉하며 임기는 1년 이내로 하되 연임할 수 있다.
- ④ 1명 이상의 현직 고교 교사가 반드시 포함되도록 위원회를 구성한다.
- ⑤ 회의는 위원장이 소집하고 재적위원 과반수 출석과 출석위원 과반수 찬성으로 의결한다.

제4조 (기능) 영향평가 위원회는 다음 각 호의 사항을 수행한다.

1. 영향평가 방법과 절차에 관한 사항 결정
2. 영향평가 범위와 내용에 관한 사항 결정
3. 영향평가 실시 및 영향평가 결과보고서 작성
4. 영향평가 결과에 대하여 교육부장관이 법 제14조 제1항에 따른 시정·변경 명령 또는 법 제14조 제3항에 따른 조치를 취할 경우 이에 대한 검토

제5조 (영향평가 대상) 학부 신입생을 선발하는 모든 전형의 대학별고사를 영향평가의 대상으로 한다.

제6조 (영향평가 실시)

- ① 영향평가 위원회는 수시모집 최종 합격자 발표 이후 영향평가 대상 전형과 고사를 확정하고 영향평가를 실시하여야 한다.
- ② 영향평가에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.
 1. 선행학습 영향평가 진행 절차 및 방법
 2. 고교 교육과정 범위 및 수준 준수 노력
 3. 고교 교육과정 내 출제 여부 분석
 4. 대학 입학전형 반영 계획 및 개선 노력
- ③ 평가위원별 평가 영역은 영향평가 위원회에서 별도로 정할 수 있다.

제7조 (영향평가 결과의 공개 및 반영) 법 제10조 제2항에 따른 영향평가 결과 및 다음 연도

입학전형에의 반영 계획을 3월 31일까지 입학학생처 입학팀 홈페이지에 게재하여 공개한다.

제8조 (사무관장) 영향평가 위원회의 사무는 입학학생처 입학팀에서 관장한다.

제9조 (수당 등 지급)

- ① 위원회에 참여하는 외부인사에게는 예산의 범위 안에서 수당과 여비를 지급할 수 있다.
- ② 영향평가와 관련하여 위원, 관계전문가 등에게 조사 등을 의뢰한 경우에는 예산의 범위 안에서 연구비 등 필요한 경비를 지급할 수 있다.

제10조 (기타) 영향평가에 관하여 이 규정에서 정하지 아니한 사항은 영향평가 위원회의 의결로 정한다.

<부칙>

제1조 본 지침은 2023년 3월 1일부터 시행한다.

제2조 본 지침 제3조 제3항에도 불구하고, 지침 신설 후 최초로 위촉된 위원의 임기는 2024. 08. 31까지로 한다.

■ 2. 선행학습 영향평가위원회 조직 구성

1) 근거 규정

공교육정상화법 제10조의2(대학등의 입학전형 영향평가위원회)

- ① 대학등의 장은 제10조제2항에 따른 영향평가 실시 방법, 절차 및 내용 등에 관한 사항을 심의하기 위하여 입학전형 영향평가위원회를 설치·운영하여야 한다. ② 제1항에 따른 입학전형 영향평가위원회의 구성 및 운영에 필요한 사항은 해당 대학등의 학교 규칙으로 정한다. 다만, 위원 중 1명 이상은 현직 고등학교 교원으로 하여야 한다. [본조신설 2016.5.29] [[시행일 2016.11.30.]]

2) 조직명 : 대학입학전형 선행학습 영향평가 위원회

3) 기능

- 영향평가를 위한 기본방향 수립, 영향평가 실시, 영향평가 결과보고서 검토 등
- 영향평가 결과에 대하여 교육부장관이 공교육정상화법 제14조제1항에 따른 시정·변경 명령 또는 법 제14조제3항에 따른 조치를 취할 경우 이에 대한 검토

4) 구성

- 입학학생처장(당연직/위원장), 입학학생처 입학팀장(당연직/간사), 교수, 입학사정관, 현직 고등학교 교사 등 총 7명으로 구성

구분	구성	참여인원
내부위원	입학학생처 내부위원	4
	교원	2
외부위원	현직 고등학교 교사	2

No.	구분	소속	직위	성명	비고
1	위원장	입학학생처	입학처장	이**	당연직
2	위원/간사	입학학생처 입학팀	입학팀장	손**	당연직
3	위원(내부)	입학학생처 입학팀	입학사정관	한**	임명직
4	위원(내부)	입학학생처 입학팀	입학사정관	강**	임명직
5	위원(내부)	산업경영공학과	교수	정**	임명직
6	위원(내부)	화학과	교수	심**	임명직
7	위원(외부)	OO고등학교	교사	김**	임명직
8	위원(외부)	OO고등학교	교사	강**	임명직

※ 2024년 9월 15일 위촉

■ 3. 대학별고사 및 선행학습 영향평가 일정 및 절차

1) 선행학습 영향평가 일정

- 2025학년도 선행학습영향평가 위원회 위촉 : 2024. 09. 15.
- 2025학년도 대학별고사 시행 : 2024. 11. 23 ~ 24.
- 선행학습 영향평가 위원회 검토 : 2025. 02. 01. ~ 28.
- 선행학습 영향평가 최종 검토 : 2025. 03. 01. ~ 30.
- 선행학습 영향평가 결과 발표 : 2025. 03. 31. / POSTECH 입학팀 홈페이지

- 2) 선행학습 영향평가의 공정성 확보를 위한 노력
 - 외부 위원은 전원 현직 고등학교 교사로 위촉하는 것을 원칙으로 함

- 3) 선행학습 영향평가의 정확성 확보를 위한 노력
 - 문항 분석은 복수의 위원 간 상호 검증에 의한 것을 원칙으로 함
 - 선행학습 영향평가 위원의 전원 합의 방식으로 검토 결과를 채택

Ⅲ 대학별고사 준비 및 시행 과정 분석

각 전형 및 모집계열별 출제·검토위원회에 참여한 인원 및 고등학교 교원 참여 현황은 아래와 같다.

전형 및 모집계열별 출제·검토위원		전체 위원	교수 위원	교사 위원
단일계열	출제 및 검토위원	5명	4명	1명
반도체공학과	출제 및 검토위원	4명	3명	1명

■ 1. 출제 전

- 1) 관련 위원회 조기 위촉
 - 단일계열 면접출제위원회 : 수시모집 원서 접수 전인 2024년 8월 7일에 위원회 위촉
 - 반도체공학과 면접출제위원회 : 수시모집 원서 접수 전인 2024년 8월 16일에 위원회 위촉
- 2) 간사 제도 운영
 - 고등학교 교육과정에 대한 이해도가 충분한 전임입학사정관 2인(24학년도 대비 1명 증원)이 각 계열별 면접출제위원회 모두에 간사로 참여
- 3) 고교 교육과정 분석 및 책임 숙지
 - 고교 교육과정 총론 및 핵심 성취 기준 검토
 - 고교 교육과정 관련 온라인 교육 이수를 통해 현행 교육과정에 대한 이해도 향상
 - 고교 교과서 구비 및 검토

■ 2. 출제 과정 및 출제 후

- 1) 출제 및 검토 원칙
 - 모집요강에 명시한 2단계 평가 항목 정의 및 평가 내용을 고려하되, 통상적인 고교 교육과정 수준의 개념 이해와 논리를 바탕으로 면접 위원과 지원자 간의 의사소통을 통해 창의적, 논리적 사고 능력 및 커뮤니케이션 역량을 종합적으로 평가함.
 - 면접 문제에 대한 보안성을 강화하기 위해 출제 및 검토 과정에 외부 인사를 참여시키지 않았으며, 이공계 분야를 전공한 전임입학사정관이 검토 과정에 참여함.

※ [참고] 25학년도 모집요강에 따른 2단계 면접평가 안내

- 평가 요소별 세부 안내

구분	평가항목	평가척도	정의
면접 평가	종합적 역량평가	5단계	이공계 분야 연구자로서 필요한 창의적/논리적 사고능력, 학업 태도 및 커뮤니케이션 능력

- 평가 내용 : 면접을 통해 과학공학계의 글로벌 리더로서의 사고력, 이공계 분야 수학을 위한 기본 역량과 태도 등을 종합적으로 평가함

2) 단계별 출제 회의 운영

- 2024년 8월~11월 중, 출제 위원과 간사를 중심으로 분할된 단계별 회의 진행
 - * 단일계열 7차례, 반도체공학과 6차례 진행
- 본교 과거 면접 문제를 바탕으로 출제 방향에 대한 고찰 및 논의 진행
- 각 계열별 피면접자를 대상으로 면접의 수준 및 평가의 적절성과 관련하여 설문 조사를 시행하였으며, 이를 통해 도출된 면접 관련 특성을 공유하고 문제 출제시 반영 하도록 권고
- 회의 단계는 [고교 교육과정에 대한 이해 ▷ 1차 출제 ▷ 출제 문항에 대한 고교 교육과정 준수여부 확인 ▷ 2차 출제 ▷ 출제 문항에 대한 고교 교육과정 준수여부 재확인 ▷ 출제 및 고교 교육과정 준수 여부 재확인 과정의 연속적 반복]으로 진행되며, 이러한 단계별 출제 회의를 통해 공정성과 정확성을 제고

3) 면접 문항 검토

- 모든 출제 회의에 고교 교육과정 및 이공계 분야에 대한 이해도가 높은 전임 입학사정관이 참여하여 제시문 및 출제 문항이 고교 교육과정 범위에 위배되지 않도록 수시로 검토하였으며, 동시에 출제 위원이 공교육 정상화법 준수를 위해 필요한 절차를 잘 따를 수 있도록 행정적 지원을 제공

4) 면접 위원 교육

- 2025학년도 각 계열별 면접 당일, 면접 위원들에게 출제 문항 및 평가 기준을 상세히 안내하여 블라인드 평가 원칙과 고교 교육과정 범위 및 수준을 명확히 전달

5) 면접 시행 후 선행학습 영향평가 위원회 위원 중 외부위원(현직 고등학교 교사) 중심으로 문항을 분석하고 위원회를 통해 분석 결과를 심의/의결

■ 3. 문항 분석 및 평가

1) 문항 분석 결과 요약표

계열	입학전형	평가 대상	교과별 교육 과정 과목명	문항 번호	하위 문항 번호	교육과정 준수 여부		문항 붙임 번호
						범위	수준	
단일 계열	학생부종합 일반전형 I 학생부종합 일반전형II 학생부종합 기회균형 지역인재전형 학생부종합 기회균형 통합전형 학생부종합 기회균형 저소득층전형	면접	수학 물리학 화학	1	-	○	○	문항 카드1
				2	-	○	○	
				3	-	○	○	
				4	-	○	○	
				5	-	○	○	
				6	-	○	○	
				7	-	○	○	
서류기반질문								
반도 체공 학과	학생부종합 반도체공학인재전형 I 학생부종합 반도체공학인재전형II	면접	수학	1	-	○	○	문항 카드2
				2	-	○	○	
				3	-	○	○	
				서류기반 질문				

※ POSTECH의 모든 면접·구술시험은 학생부종합전형의 취지와 목적을 충실히 따르기 위해 지원자가 제출한 서류(생기부) 기반의 질의응답 및 제시문 기반의 구술과정 모두를 시행하고, 이를 종합하는 방식으로 2단계 평가점수가 도출됨. 이때, 제시문 기반의 구술과정은 선행학습 영향평가 대상이나, 서류 기반의 구술과정은 별도의 문항카드를 사용하지 않으므로 선행학습 영향평가 대상에 해당하지 않음. 또한, 표기된 교과별 교육과정 과목명에도 불구하고, 특정 교과에 대한 의존 없이 통상적인 고등학교 학생 수준의 논리와 문해력을 이용하여 선행학습 유무에 무관하게 해결할 수 있는 면접·구술고사를 지향함.

2) 문항 분석 결과

[문항카드 1]	
결과	고등학교 교육과정 범위 및 수준 내 출제 준수 여부 : 적합
분석 내용	주어진 문항들이 소설 속 배경지식에 의존하지 말고 제시문 내용을 기반으로 풀이를 요구하고 있고 실험데이터를 분석하는 데 필요한 연산들이 어렵지 않은 연산들이었으며, 데이터로부터 규칙성을 발견하고 이를 수식화하며, 값을 구해 해결할 수 있는데 교육과정 내의 최소한의 지식을 기반으로 결과를 충분히 도출해 낼 수 있음. 주어진 문항들을 문항에서 지시하는 대로 제시문 내용을 기반으로 풀이한 결과를 아래에 나열하였는데 교육과정 내의 내용임을 확인할 수 있음. 문항1. ① 실험의 의도는 중력가속도를 측정하여 현재 위치한 곳에 대한 정보를 얻는 것이다. ② 주어진 시간의 값을 사용하여,

시험관의 자유낙하 시간의 산술평균은 $\frac{0.39 + 0.38 + 0.42 + 0.40 + 0.36}{5} = 0.39$ 초이다.

다. 물체의 낙하 높이 h , 낙하 시간 t 가 주어졌으므로, 중력가속도 g 에 대해 $h = \frac{1}{2}gt^2$

이고 $t = 0.39$ 초, $h = 1m$ 이므로 $g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2(1)}{0.39^2} = 13.1m/s^2$ 이다.

- ③ 분석결과 중력이 지구보다 강한 곳에 위치함을 파악할 수 있다.

문항2.

- ① 실험의 의도는 중력가속도가 측정 위치에 따라 달라지는지 환경에 있는지 파악하는 것이다.

- ② 주어진 시간의 값을 사용하여,

시험관의 자유낙하 시간의 산술평균은 $\frac{0.36 + 0.33 + 0.35 + 0.37 + 0.34}{5} = 0.35$ 초이다.

다. 물체의 낙하 높이 h , 낙하 시간 t 가 주어졌으므로, 중력가속도 g 에 대해 $h = \frac{1}{2}gt^2$

이고 $t = 0.35$ 초, $h = 1m$ 이므로 $g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2(1)}{0.35^2} = 16.3m/s^2$ 이다.

- ③ 분석결과 위치에 따라 중력가속도가 달라지는 환경에 위치하고 있다.

문항3.

- ① 1000개의 이산화탄소 분자를 소비해 아스트로파지 1개를 생성한다는 제시문의 조건에 의해 일정한 비율로 생성되므로 일차함수식을 활용할 수 있다. 시각 t 에 대해

$$C(t) = C(0) - 1000t, \quad A(t) = A(0) + t$$

이므로

$$C(t) - C(0) = -1000(A(t) - A(0)).$$

- ② 제시문의 표를 통해 $v_A(t)$ 는 $A(t) \times C(t)$ 에 정비례하는 규칙을 파악할 수 있다.

$$v_A(t) = kA(t) \times C(t) \quad (k \text{는 비례상수})$$

에서 $k = 2.3 \times 10^{-23}$ 이다. 따라서, $v_A(t) = 2.3 \times 10^{-23} \times A(t)C(t)$

문항4.

문제 조건이 $A(0) = 1$, $C(0) = 10^{23}$ 이다.

- ① 이산화탄소의 개수에 의해 아스트로파지가 생성되므로 이산화탄소 $C(t)$ 에 대해 순간 증가 속도 $v_C(t)$ 를 먼저 살펴본다. 1000개의 이산화탄소 분자를 소비해 아스트로파지 1개를 생성하므로

$$v_C(t) = -1000v_A(t) = -2.3 \times 10^{-20} \times A(t)C(t)$$

이므로

$$v_C(0) = -2.3 \times 10^{-20} \times A(0)C(0) = -2.3 \times 10^{-20} \times 1 \times 10^{23} = -2300.$$

즉, 이산화탄소 10^{23} 개가 분당 2300개 감소하므로 10분동안 감소변화가 매우 적다. 따라서, 시간 $0 \leq t \leq 10$ 에서 $C(t) \approx C(0) = 10^{23}$ 가 성립되며, $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 1]과 같다.

② ①에 의해 10 분 동안 이산화탄소 입자 수의 변화가 거의 없다고 가정할 수 있으므로

$$\begin{aligned} v_A(t) &= \frac{dA(t)}{dt} = 2.3 \times 10^{-23} \times A(t)C(t) \\ &\approx 2.3 \times 10^{-23} \times C(0) \times A(t) \\ &= 2.3 \times A(t) \\ \frac{dA(t)}{dt} &= 2.3 \times A(t) \quad \dots(1) \end{aligned}$$

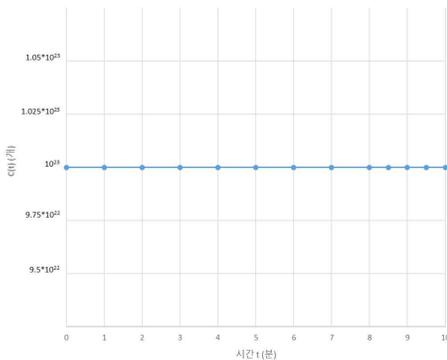
소량의 아스트로파지가 충분한 양의 이산화탄소와 함께 용기에 준비될 경우 아스트로파지 입자 수는 시간에 대해 지수함수의 그래프의 형태로 증가하므로 임의의 상수 k 에 대해

$$A(t) = A(0)e^{kt} = e^{kt}$$

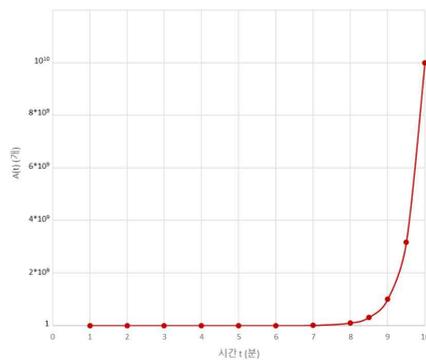
k 를 구하기 위해 위의 식을 t 에 대해 미분하여 (1)의 식과 비교한다. $k=2.3$ 이고, 문제에 따라 $A(0) = 1$, 제시문에 주어진 바에 따라 $e^{2.3} = 10$ 이므로,

$$A(t) = e^{2.3t} = 10^t$$

즉, $A(t)$ 는 밑이 10인 지수함수의 그래프 형태로 증가하며 $A(10) = 10^{10}$ 이다. $A(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 2]와 같다.



[그림 1] t 에 대한 $C(t)$ 그래프



[그림 2] t 에 대한 $A(t)$ 그래프

문항5. (문항4와 동일한 방법으로 해결 가능)

문제에서 제시한 조건에 따라, 이산화탄소의 입자 수가 10^{20} 개가 된 시점의 시간을 t_0 로

정의하면, $t = t_0$ 에서의 아스트로파지 및 이산화탄소의 입자 수는

$$C(t_0) = 10^{20}$$

$$\begin{aligned} A(t_0) &= A(0) + \frac{C(0) - C(t_0)}{1000} \\ &= 1 + \frac{10^{23} - 10^{20}}{1000} \\ &= 1 + 10^{20} - 10^{17} \\ &\approx 10^{20} - 10^{17} = 10^{17}(10^3 - 1) \\ &\approx 10^{17}(10^3) = 10^{20} \end{aligned}$$

시각 t_0 로부터 10 분이 지나는 순간의 아스트로파지 및 이산화탄소의 입자 수는 $A(t_0 + 10)$, $C(t_0 + 10)$ 에 대해 살펴본다.

① 이산화탄소가 고갈되는 상황에서 $A(t)$ 의 변화 추이를 살펴보면,

$$\begin{aligned} v_A(t_0) &= 2.3 \times 10^{-23} \times A(t_0) \times C(t_0) \\ &= 2.3 \times 10^{-23} \times 10^{20} \times 10^{20} \\ &\approx 2.3 \times 10^{17} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_C(t_0) &= -2.3 \times 10^{-20} \times A(t_0) \times C(t_0) \\ &\approx -2.3 \times 10^{20} \end{aligned}$$

$v_A(t_0)$ 가 절대적으로는 작은 수가 아님에도 불구하고, 시각 t_0 에서의 아스트로파지 입자 수 ($A(t_0) \approx 10^{20}$)와 비교할 때, 1000분의 1의 수준으로 상대적으로 매우 작은 수에 해당한다. 따라서, $t = t_0$ 에서 $t = t_0 + 10$ 까지의 아스트로파지 입자 수는 매우 천천히 증가하며, $A(t_0 + 10)$ 은 $A(t_0) = 10^{20}$ 보다 조금 크지만 매우 비슷한 값으로 볼 수 있다. 따라서, 시간 $t_0 \leq t \leq t_0 + 10$ 에서 $A(t) \approx A(t_0) = 10^{20}$ 가 성립되며, $A(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 3]과 같다.

② $t = t_0$ 로부터 10분 동안 아스트로파지 입자 수의 변화가 거의 없다고 가정할 수 있으므로, $v_C(t)$ 에 대한 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v_c(t) = \frac{dC(t)}{dt} = -2.3 \times 10^{-20} \times A(t)C(t)$$

$$\approx -2.3 \times 10^{-20} \times A(T) \times C(t)$$

$$= -2.3 \times C(t)$$

$$\therefore \frac{dC(t)}{dt} = -2.3 \times C(t) \dots\dots\dots (3)$$

제시문 2에 따라 이산화탄소가 고갈되는 시점에서의 이산화탄소 입자 수는 시간에 대해
지수함수의 그래프의 형태로 감소하므로, 해당 조건 하에서 $C(t)$ 는 임의의 상수
 $k' (k' < 0)$ 에 대해 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$C(t) = C(T)e^{k'(t-T)} = 10^{20} \times e^{k'(t-T)} \dots\dots\dots (4)$$

- 식 (4)의 양변을 t 로 미분한 후 식 (3)와 계수 비교하면, $k' = -2.3$ 이고, 문제에 따라
 $C(T) = 10^{20}$, 제시문에 주어진 바에 따라 $e^{2.3} = 10$ 이므로, 식 (4)는

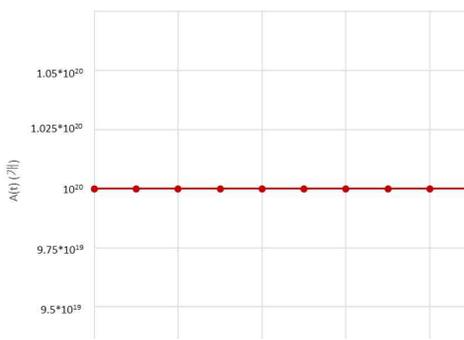
$$C(t) = C(T)e^{-2.3(t-T)}$$

$$= 10^{20+T} 10^{-t}$$

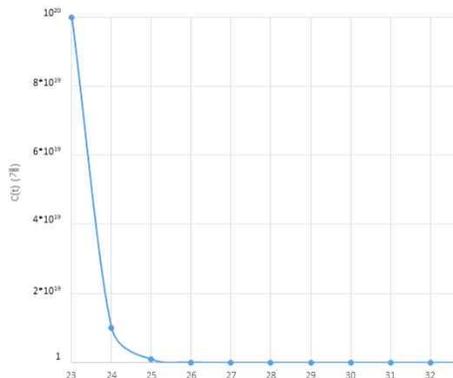
즉, $C(t)$ 는 밑이 10인 지수함수의 그래프 형태로 감소하며

$$C(T+10) = 10^{20+T} 10^{-(T+10)} = 10^{10}$$

따라서, $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 4]와 같다.



[그림 3] t 에 대한 $A(t)$ 그래프



[그림 4] t 에 대한 $C(t)$ 그래프

위의 풀이 과정들은 고등학교 교육과정 범위 내임을 확인할 수 있었고 이공계대학에서
필요한 어떤 실험 결과를 정량적으로 분석하고, 이를 바탕으로 유의미한 결론을 도출해
내는 역량을 평가하고 있고 특히 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치는

고등학교 물리뿐만 아니라 수학에서도 많이 다루는 부분이라 학생들이 어렵지 않게 풀이 과정을 만들 수 있었을 것으로 보임. 문항 6~7에서 과학자로서 지녀야 할 책무를 인지하고, 이를 바탕으로 올바른 연구 윤리와 사회적 책임을 설명하는 과정을 통해 종합적 사고력을 평가하고자 하였음. 모든 면접 문항이 고등학교 교육과정에 적합하다고 판단됨.

[문항카드 2]

결과	고등학교 교육과정 범위 및 수준 내 출제 준수 여부 : 적합
<p>분석 내용</p>	<p>물리학 I에서의 지식요소인 반도체를 소재로 삼아 융합적인 사고력을 바탕으로 해결할 수 있는 문항이 출제됨. 문항들의 출제 의도 및 성취기준을 살펴보면 문제해결, 추론, 창의융합, 정보처리 등의 수학 교과역량뿐만 아니라 과학적 사고력, 과학적 탐구능력, 과학적 문제 해결력과 같은 과학적 교과역량을 평가할 수 있도록 문항이 제작된 것으로 판단됨. 따라서 고등학교 교육과정을 충분히 학습한 학생들이라면 선행학습 유무와 무관하게 문항을 이해하고 답변을 도출하는데에 큰 어려움이 없었을 것으로 판단됨.</p> <p>제시문은 조 바이든 미국 대통령이 언급한 반도체 이슈를 바탕으로 반도체의 첨단 공정에 대한 내용을 제시함. 이는 우리 주변의 자연 현상과 현대 사회의 문제에 대한 통합적 이해를 추구하고 합리적 판단을 할 수 있는 민주 시민으로서의 기초 소양을 기르는데 바탕을 두고 있는 과학과 교육과정의 목표를 반영한 제시문이며 반도체에 대한 지식이 없더라도 고등학생이 가져야 할 문해력이 있다면 제시문을 통해 반도체 공정의 내용을 정리할 수 있도록 서술되어 있음.</p> <p>문제[1]은 주어진 제시문의 주제를 파악할 수 있는 지와 더불어 과학적 원리를 파악하여 해석할 수 있는 지를 평가하는 문제로 낯선 단어인 잉곳을 이해하고 잉곳 제작이 필수인 이유까지 정리할 수 있는 능력을 요구하는 것으로 보아 고등학생들의 문해력 및 과학적 사고력을 평가하기 위한 문제로 사료됨. 특히 잉곳 제작단계에서 나타나는 과학적 원리를 적절하게 제시하면서 고등학교의 교육과정인 간단한 결정구조의 원리에 대해서도 이해하고 있는지를 평가하며 교육목표의 분류상 지식, 이해, 적용 단계에 해당되는 평가문항으로 보여짐.</p> <p>문제[2]는 수학에서의 문제해결 역량과 과학에서의 과학적 문제 해결력 역량을 평가하는 문제로 판단됨. 주어진 조건들을 통해 원형 형태의 웨이퍼에 정사각형의 반도체 칩이 제작되는 구조를 파악하여야 할 뿐 아니라 정사각형의 반도체 칩이 웨이퍼에 최대로 들어갈 수 있는 개수를 추론하는 과정이 다양한 융복합적인 능력을 요구함. 도형의 기하학적인 특징을 활용하거나 이차부등식을 세우고 다양한 수를 찾아가는 방법을 제시하여 수학의 개념들을 통합적으로 평가하기 위한 출제 의도가 파악되며, 고등학교의 교육과정을 충실히 반영하였다고 판단됨. 따라서 교육목표의 분류상 분석, 종합, 평가의 고차원적 사고를 유도하는 평가문항으로 보여짐.</p> <p>문제[3]은 주어진 조건들을 파악하여 추론하거나 정보를 처리하여 창의적이고 융합적인 사고력을 평가하기 위한 문제로 판단됨. 조건들을 수학적으로 구조화하고 최적의 전략을 도출하는 과정에서 분석적 사고력과 논리적 사고력을 평가하는 출제 의도가 드러남을 알</p>

수 있음. 조건에 따라 각 소자 간의 연결을 고려하고 주어진 성능 수식을 파악하여 반도체 칩의 성능지표 총합이 최소가 되는 소자의 배치를 다양한 방법으로 찾아가는 능력은 수학의 지식과 기능을 토대로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출하고 정교화하며 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 과학 교과와 실생활의 지식, 기능, 경험을 수학과 연결 및 융합하여 문제를 해결하는 능력으로 볼 수 있음. 따라서 교육과정 범위 내에서 출제된 문제로 판단되며 수학 및 과학과 핵심역량을 갖춘학생을 선발하는데 충분한 문항으로 판단됨.

IV 차년도 입학전형 반영 및 개선 계획

POSTECH은 물적/인적 비용의 증가에도 불구하고, 지원서 작성 기준 최소 60일 전 면접 출제위원회를 구성하고 이로부터 면접 전까지 최소 120일간 단계별 면접출제위원회를 운영함으로써, 집중형 및 일회성 면접 출제 방식의 단점을 극복해왔다. 2025학년도에는 전년도 의 기초를 유지하면서도 공정성과 정확성을 더욱 강화했으며, 차년도 입학전형 및 선형 학습영향평가에서도 선형학습 유발 요소를 억제하기 위해 다음과 같은 노력을 기울이고자 한다.

1) 출제 및 검토 개선: 다양한 면접 평가 방식 도입

기존의 개별 면접 방식 외에 지원자의 역량을 다각적으로 평가할 수 있는 다양한 방식의 심층 평가 방식을 일부 전형에 도입할 계획이다. 예를 들어, 그룹 토론, 프로젝트 수행 등을 통해 지원자의 협력적 문제 해결 능력, 창의적 사고력, 논리적 의사소통 역량을 검증할 예정이다. 이러한 방식은 선형 학습의 영향을 획기적으로 줄임과 동시에, 평가의 공정성과 형평성을 확보하는 데 기여할 것으로 기대한다. 또한, 지원자들에게 전형의 평가 기준과 준비 방법을 다양한 매체를 통해 충분히 안내하여 불필요한 학습 부담이나 사교육 의존도를 낮출 수 있도록 지원 체계를 강화할 계획이다.

2) 출제 후 점검 강화: 사후 검토 및 개선 프로세스 강화

전형 과정 종료 후 수집된 데이터(예: 점수 분포, 면접 점수 편차 등)를 활용하여 출제 및 평가 과정의 방향성을 체계적으로 검토할 예정이다. 이를 위해 외부 전문가, 교원 등 다양한 채널을 통해 전형 상에서의 개선점을 체계적으로 수집함으로써 전형의 공정성과 객관성을 지속적으로 개선할 계획이다. 특히, 지원자를 대상으로 한 설문조사를 통해 전형 과정에서의 경험과 개선점을 수집하고, 이를 차년도 전형 설계에 반영함으로써 학생 친화적이고 신뢰 받는 전형을 운영할 수 있도록 노력할 것이다.

문항 카드

■ 문항카드 1

1) 일반 정보

유형	면접 및 구술고사	
전형명	학생부종합 일반전형 I 학생부종합 일반전형 II 학생부종합 기회균형 지역인재전형 학생부종합 기회균형 통합전형 학생부종합 기회균형 저소득층전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	단일계열 / 문항번호 1~7번	
출제범위	교육과정 과목명	수학, 물리학, 화학
	핵심개념 및 용어	자유 낙하 운동, 중력가속도, 지수함수, 관계식
예상 소요 시간	준비시간 25분, 질답시간 25분	

2) 문항 및 제시문

아래 제시문들은 SF 작가인 앤디 위어(Andy Weir)의 최근 SF소설인 <프로젝트 헤일메리>를 기반으로 작성된 내용이다. 이 작품에 등장하는 주인공인 라일랜드 그레이스는 분자생물학자이자 중학교 선생님이며 소설에서 등장하는 다양한 상황에서 과학적인 사고와 실험을 통해 문제를 해결해 나가는 흥미로운 인물이다.

소설의 배경은 다음과 같다. 아마추어 천문학자들은 지구에 도달하는 태양의 열에너지가 지속적으로 감소하고 있음을 발견했다. 동시에, 태양과 금성을 잇는 물질의 띠가 발견되었고, 흥미롭게도 이 물질의 양은 태양의 열에너지 감소에 비례해 점차 증가하고 있었다. 다국적 우주 프로젝트 팀은 이 물질을 채취해 연구한 끝에, 이를 “아스트로파지”라 명명하고, 아스트로파지가 태양의 열에너지를 흡수하는 것을 확인했다. 이로 인해 지구는 급격한 온도 하락을 겪고, 예상되는 빙하기와 인류 멸망의 위기 속에서 해결책이 절실했다. 주인공은 이 문제를 해결하기 위해 가까운 항성계 “타우세티”로 향하는 우주선 “헤일메리” 호의 승무원이 되어 오랜 우주 비행 동안 수면 상태로 보내진다. 소설은 주인공이 긴 잠에서 깨어나며 본격적인 이야기를 시작한다.

(아래 제시문들은 소설의 내용을 바탕으로 작성되었지만, 구체적인 내용은 소설의 내용과 다를 수 있다. 이미 소설을 읽은 학생들은 소설 속 배경지식에 의존하지 말고, 제

시문 내용을 기반으로 질문에 답하기 바란다. 예를 들어 제시문에 등장하는 아스트로파지와 타우메바는 소설에서 미생물로 묘사되었으나, 아래의 제시문에서는 미생물로 간주되지 않는다.)

[제시문1]

오랜 수면 상태에서 깨어난 주인공은 둥근 방 안의 침대에 누워있다. 장기간의 수면 부작용으로 인해 주인공은 자신이 누구인지, 여기에 왜 있는지 전혀 기억하지 못한다. 그러나 주인공은 수학적 연산을 할 수 있고, 지수함수도 이해하며, 아보가드로수가 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 중력가속도가 9.8 m/s^2 이라는 것도 알고 있다. 자신이 과학적인 사고를 하는 사람이라는 것은 분명하지만, 정작 자신의 이름조차 기억나지 않는다. 몸의 움직임이 무겁고 어색하게 느껴지지만, 이곳이 어디인지 알 수 없다.

침대에서 일어난 주인공은 사다리를 타고 연결된 해치를 통해 위층의 방으로 기어 올라간다. 그곳은 침대가 있는 방과 같은 크기의 실험실이다. 실험대의 공구 보관용 서랍에는 시험관, 노끈, 망치, 면봉, 나무 꼬챙이, 디지털 스톱워치, 피펫, 스카치테이프, 펜, 줄자 등이 가득하다. 주인공은 이 도구들을 만지작거리다가 이곳이 어디인지 확인하기 위해 실험을 시작한다. 주인공은 먼저 고무도 플라스틱으로 보이는 묵직한 시험관을 집어 든다. 1 m 높이의 실험대에서 떨어져도 깨지지 않을 만큼 단단하고, 공기 저항을 무시할 수 있을 만큼 밀도도 높다. 주인공은 시험관을 실험대에 올려놓고 스톱워치를 준비한다. 한 손으로 시험관을 실험대에서 밀어 떨어뜨리는 동시에 다른 손으로 스톱워치를 작동시킨다. 시험관이 바닥에 닿을 때까지의 시간을 잰다. 대략 0.39 초가 나온다. 주인공은 이 시간을 메모한 후 시험관을 제자리에 되돌려 놓고 실험을 반복한다. 이번에는 0.38 초가 나온다. 이어 세 차례 더 실험하여 결과를 기록한다. 측정된 시간은 차례대로 0.42, 0.40, 0.36 초이다.

[제시문2]

아스트로파지는 태양의 표면에서 머물며 열을 통해 에너지를 축적한다. 충분한 에너지가 모이면, 아스트로파지는 가장 가까운 금성으로 이동해 금성의 이산화탄소를 수집하고, 이 과정에서 개체수가 두 배로 늘어나게 된다. 이후 아스트로파지는 다시 태양으로 돌아가 열에너지를 모으며 이 과정을 반복한다. 정리해 보면, 하나의 아스트로파지는 태양에서 충분한 열에너지를 얻고, 금성으로 이동해 1,000 개의 이산화탄소 분자를 소비해 아스트로파지 하나를 추가로 생성한다고 할 수 있다.

주인공은 1,000 °C의 높은 온도로 유지된 밀폐 용기에서 아스트로파지와 이산화탄소 입자 수의 변화를 시간에 따라 측정하였다. 다양한 초기 입자 수 조합의 경우를 고려한 결과, 항상 이산화탄소가 고갈될 때까지 아스트로파지의 입자 수는 지속적으로 증가하였다. 특히, 소량의 아스트로파지가 충분한 양의 이산화탄소와 함께 용기에 준비될 경우 아스트로파지 입자 수는 시간에 대해 지수함수의 그래프 형태로 증가하였다. 반면, 이

산화탄소가 고갈되는 시점에서의 이산화탄소 입자 수는 시간에 대해 지수함수의 그래프 형태로 감소하는 특징을 보였다.

한편, 우주선 헤일메리호를 통해 “타우세티” 항성계에 도착한 주인공은 “타우메바” 라고 이름 붙인 새로운 물질을 발견한다. 주인공은 이 물질이 아스트로파지가 이산화탄소로 분해되도록 한다는 것을 알게 되었다. 앞선 실험과 동일한 조건의 밀폐 용기에 소량의 타우메바를 추가하자, 이산화탄소는 더 이상 고갈되지 않고 평형 상태의 일정한 입자 수를 유지하였으며 아스트로파지 입자 수 또한 일정한 값으로 유지됨을 확인했다. 이 발견을 통해 주인공은 아스트로파지 입자 수를 조절하여 지구에 도달하는 태양의 열에너지 감소를 막을 방법을 찾아냈다.

[제시문3]

주인공이 우주에서 문제 해결에 몰두하고 있는 동안, 지구의 과학자들은 또 다른 문제에 직면하게 되었다. 지구가 지속적으로 냉각될 경우, 밀, 보리, 수수, 감자, 콩, 쌀 등 온도 변화에 상당히 민감한 주요 작물들의 재배가 어려워지며 전 세계적인 기근의 발생은 피할 수 없어 보였다. 이러한 작물들에 의존해 필수 열량을 섭취하는 인류의 생존이 어려워질 것 역시 명약관화(明若觀火)한 일이었다. 지구에 도달하는 태양의 열에너지가 계속 감소할 경우, 인구가 현재의 절반인 약 35 억 명으로 줄어들기까지 19 년이 걸리는 것으로 예측되었다. 그러나, 불행하게도 시간은 인류의 편이 아니었다. 주인공이 지구에 도달하는 태양의 열에너지 감소 문제를 해결하기 위한 프로젝트를 완수하기까지는 최소 26 년의 시간이 필요했기 때문이다.

지구의 과학자들은 시간을 벌기 위한 방법을 찾기 시작했다. 인공 식량의 대량 생산, 저온 저항성 있는 작물 종자의 개량, 육플루오린화황(SF₆) 등의 온실가스를 공장에서 대량으로 생산하는 방법 등 여러 방안을 고려해 보았지만, 이들 모두 개발 완료까지 최소 19 년 이상의 시간이 소요될 것으로 예상되었다. 인류를 대규모 식량 부족에서 구할 수 있는 유일한 방법은 남극의 빙하 속에 갇혀 있던 대량의 메탄가스(CH₄)를 대기 중으로 방출시켜 온실효과 일으키는 것이었다. 이를 통해 약 30 년 간 지구 온도의 하락을 막을 수 있는 것으로 예측되었다. 따라서, 과학자들은 남극의 빙하를 파괴할 것을 건의하였고, 세계 정치지도자들은 이 제안을 받아들였다.

[1 ~ 2] “제시문 1” 을 참고하여 아래 질문에 답하시오.

1. 주인공은 본인이 어디에 있는지 확인하기 위한 실험을 하였다. 진행한 실험의 구체적인 의도, 실험 데이터의 정량적 분석, 실험 결과의 논리적 해석 및 결론을 제시하시오. [3 점]
2. 주인공은 사다리를 통해 5 m 차이의 아래층으로 내려온 후 동일한 조건의 실험을 반복한다. 이때 같은 실험, 즉 다섯 번의 낙하 실험을 통해 얻은 시간은 0.36, 0.33, 0.35,

0.37, 0.34 초이다. 이러한 실험을 진행한 의도와 실험 결과를 통해 파악할 수 있는 사실들을 논리적으로 설명하시오. [2 점]

[3 ~ 5] “제시문 2” 를 참고하여 아래 질문에 답하시오.

※ 풀이 과정 중 $e^{2.3} = 10$ 을 사용할 수 있음

3. 제시문 2의 실험 조건 하에서, 다양한 입자 수 조합이 준비된 시점에 아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도를 각각 측정한 결과, 주인공은 모든 조합에서 어떤 동일한 경향성을 발견하였다. 대표적인 실험 결과는 다음과 같다.

아스트로파지 입자 수 [개]	이산화탄소 입자 수 [개]	아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도 [개/분]
10^2	10^{21}	2.3
10^2	10^{20}	0.23
10^6	10^{16}	0.23
10^{10}	10^{11}	0.023
10^{11}	10^{11}	0.23

제시문으로부터 시간 t 에서의 아스트로파지 입자 수 $A(t)$ 와 이산화탄소 입자 수 $C(t)$ 사이의 관계를 설명하시오. 또한, 실험 결과로부터 시간 t 에서의 아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도 $v_A(t)$ 를 $A(t)$ 및 $C(t)$ 를 사용해 표현하시오. [3 점]

4. 제시문 2의 실험 조건 하에서, 시간 $t = 0$ 에서의 초기 상태로써 아스트로파지 입자 1개, 이산화탄소 입자 10^{23} 개가 주어졌다고 가정하자. 초기 상태에서부터 10 분 간 시간 t 에 따른 $A(t)$ 와 $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프를 이용해 설명하시오. 또한, 초기 상태에서부터 10 분이 지나는 순간, 아스트로파지 입자 수 및 이산화탄소 입자 수를 정량적으로 추정하시오. (모든 답변 과정에서 적절한 수식 전개 및 각 전개 과정에 대한 설명을 제시해야 함) [3 점]

5. 4번 문제의 상황으로부터 충분한 시간이 지나 이산화탄소가 거의 고갈되어 입자 수가 10^{20} 개가 되었다고 가정하자. 이 상태에서부터 10 분 간 시간 t 에 따른 $A(t)$ 와 $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프를 이용해 설명하시오. 또한, 이 상태에서부터 10 분이 지나는 순간, 아스트로파지 입자 수 및 이산화탄소 입자 수를 정량적으로 추정하시오. (모든 답변 과정에서 적절한 수식 전개 및 각 전개 과정에 대한 설명을 제시해야 함) [3 점]

[6 ~ 7] “제시문 3” 을 참고하여 아래 질문에 답하시오.

6. 남극 빙하 파괴의 부작용인 해수면 상승으로 인해 초래될 수 있는 사회적 혼란 2가지를 제시하고 각각의 이유를 설명하시오. [2 점]

7. 과학자의 사회적 책임이란 무엇을 의미하는지 설명하고, 6 번 문제에서 본인이 제시한 사회적 혼란을 고려해 볼 때 사회적 책임을 다하기 위해 과학자들은 무엇을 해야 하는지 의견을 말해보시오. [2 점]

3) 출제 의도

- 문항 1~2: 제시문 및 문제를 통해 이해한 실험 결과를 정량적으로 분석하고, 이를 바탕으로 유의미한 결론을 도출해내는 논리적 사고력을 평가하고자 함
- 문항 3~5: 실험 데이터로부터 규칙성을 발견하고 이를 수식화하며, 문제 상황을 통해 값을 단순화하는 등 복잡한 문제를 해결할 수 있는 수학적 역량을 평가하고자 함
- 문항 6~7: 과학자로서 지켜야 할 책무를 인지하고, 이를 바탕으로 올바른 연구 윤리와 사회적 책임을 설명하는 과정을 통해 종합적 사고력을 평가하고자 함

4) 출제 근거

가) 교육과정 출제 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 8] "수학과 교육과정" 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] "과학과 교육과정"
관련 성취기준	[12물리II 01-03] 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측할 수 있다. [12수학I 01-07] 지수함수와 로그함수의 그래프를 그릴 수 있고, 그 성질을 이해한다. [12수학II 01-02] 함수의 극한에 대한 성질을 이해하고, 함수의 극한값을 구할 수 있다. [12미적 02-02] 지수함수와 로그함수를 미분할 수 있다.

나) 자료 출처

구분	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
도서	프로젝트 헤일메리	앤디 위어	알에이치코리아	2021	-

※ 해당 도서의 내용 및 설정을 참고하였으며, 다만 제시문의 의도에 따라 수정함

5) 문항 해설

[문항 1] 물체가 자유 낙하 운동을 하고 있음을 이해하고, 실험 데이터를 활용해 중력 가속도를 계산한 값을 지구의 중력 가속도와 비교함으로써 제시문 속 주인공이 존재하는 환경을 합리적으로 추론하는 문항임.

[문항 2] 주인공의 위치 변화로 인해 중력 가속도의 유의미한 차이가 발생했음을 이해하고, 이에 따라 제시문 속 주인공이 존재하는 환경을 합리적으로 추론하는 문항임.

[문항 3] 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수의 변화량을 이해하여 관계식으로 표현하고,

실험 데이터로부터 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수의 곱이 아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도 사이의 관계를 이해하여 수식으로 전개하는 문항임.

[문항 4] 문항 3에서 도출한 수식들을 활용해 초기 상태에서부터 10 분 동안 이산화탄소 입자 수의 변화가 거의 없음을 이해하고, 제시문 2를 바탕으로 아스트로파지 입자 수를 시간에 따른 지수함수로 도출함으로써 초기 상태에서부터 10 분 후의 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수를 정량적으로 추정하는 문항임.

[문항 5] 문항 5의 조건으로부터 10분 동안 아스트로파지 입자 수의 변화가 거의 없음을 이해하고, 제시문 2를 바탕으로 이산화탄소 입자 수를 시간에 따른 지수함수로 도출함으로써 해당 조건으로부터 10분 후의 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수를 정량적으로 추정하는 문항임.

[문항 6] 환경 문제를 해결하기 위한 과학자의 대안으로부터 파생될 수 있는 사회적 혼란들을 제시하는 문항임.

[문항 7] 과학자의 사회적 책임을 정의하고, 문항 6에서 발생할 수 있는 사회적 혼란에 대해 과학자들이 취해야 할 구체적인 대안을 제시하는 문항임.

6) 채점 기준

문항 번호	채점 기준		배 점
1	점수	기준	3점
	3	실험의 의도, 실험 데이터의 정량적 분석, 실험 결과의 논리적 해석 및 결론 모두를 적절하게 설명한 경우	
	2	실험의 의도와 실험 데이터의 정량적 분석을 적절하게 설명하였으나, 실험 결과의 논리적 해석 및 결론을 적절하게 설명하지 못한 경우	
	1	실험의 의도를 적절하게 설명하였으나, 실험 데이터의 정량적 분석, 실험 결과의 논리적 해석 및 결론을 적절하게 설명하지 못한 경우	
	0	실험의 의도, 실험 데이터의 정량적 분석, 실험 결과의 논리적 해석 및 결론 모두를 적절하게 설명하지 못한 경우	
2	점수	기준	2점
	2	실험의 의도와 실험 결과를 통해 파악할 수 있는 사실들을 적절하게 설명한 경우	
	1	실험의 의도를 적절하게 설명하였으나, 실험 결과를 통해 파악할 수 있는 사실들을 적절하게 설명하지 못한 경우	
	0	실험의 의도와 실험 결과를 통해 파악할 수 있는 사실 모두를 적절하게 설명하지 못한 경우	
3	점수	기준	3점
	3	아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수 관계를 설명하고 증가 속도 식을 정확하게 제시한 경우	
	2	아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수 관계를 설명하고 증가 속도 식을 제시하였으나, 초기 조건 누락 또는 비례상수 계산 오류 등이 발생한 경우	
	1	- 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수 관계를 설명하였으나,	

		증가 속도 식을 제시하지 못한 경우 - 또는 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수 관계를 설명하지 못하였으나, 증가 속도 식을 제시한 경우	
	0	아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수 관계 및 증가 속도 식 모두를 설명하지 못한 경우	
4	점수	기준	3점
	3	모든 과정을 적절하게 설명한 경우	
	2	시간 t 에 따른 $C(t)$ 의 그래프를 이용하여 $C(t)$ 의 변화 추이를 적절하게 설명하고, 이로부터 $C(t)$ 를 상수로 가정하였으나, 이후 전개에 실패한 경우	
	1	시간 t 에 따른 $C(t)$ 의 그래프를 이용하여 $C(t)$ 의 변화 추이를 적절하게 설명하였으나, 이후 전개에 실패한 경우	
	0	시간 t 에 따른 $A(t)$ 와 $C(t)$ 의 그래프를 이용하여 변화 추이를 설명하지 못하였으며, 초기 상태에서부터 10 분이 지나는 순간, 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수를 추정하지 못한 경우	
5	점수	기준	3점
	3	모든 과정을 적절하게 설명한 경우	
	2	시간 t 에 따른 $A(t)$ 의 그래프를 이용하여 $A(t)$ 의 변화 추이를 적절하게 설명하고, 이로부터 $A(t)$ 를 상수로 가정하였으나, 이후 전개에 실패한 경우	
	1	시간 t 에 따른 $A(t)$ 의 그래프를 이용하여 $A(t)$ 의 변화 추이를 적절하게 설명하였으나, 이후 전개에 실패한 경우	
	0	시간 t 에 따른 $A(t)$ 와 $C(t)$ 의 그래프를 이용하여 변화 추이를 설명하지 못하였으며, 초기 상태에서부터 10 분이 지나는 순간, 아스트로파지 입자 수와 이산화탄소 입자 수를 추정하지 못한 경우	
6	점수	기준	2점
	2	2 가지 이상의 사회적 혼란과 그 이유에 대해서 적절하게 설명한 경우	
	1	1 가지의 사회적 혼란과 그 이유만이 적절하게 설명된 경우	
	0	모든 설명이 적절하지 못한 경우	
7	점수	기준	2점
	2	과학자의 사회적 책임과 대책을 모두 적절하게 설명한 경우	
	1	과학자의 사회적 책임을 적절하게 설명하였으나, 대책을 제시하지 못한 경우	
	0	과학자의 사회적 책임과 대책을 모두 적절하게 설명하지 못한 경우	

7) 예시 답안 혹은 정답

문항 번호	예시 답안 혹은 정답
1	<p>1) 실험의 의도</p> <p>- 중력가속도를 확인하여 본인이 어디에 있는지 추정하고자 하기 위함.</p>

	<p>2) 실험 데이터의 정량적 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공기 저항이 없으므로 물체는 자유 낙하 운동을 하고 있음을 알 수 있음. - 평균 낙하 시간을 계산하면, $t_{avg} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.39$ 초임. - 물체의 낙하 높이 h, 낙하 시간 t, 중력가속도 g의 관계는 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 또는 $g = \frac{2h}{t^2}$임을 활용하여 주인공이 위치한 지점에서의 중력가속도를 계산하면, $g = 13.1 \text{ m/s}^2$임. <p>3) 실험 결과의 논리적 해석 및 결론</p> <ul style="list-style-type: none"> - 측정값에 의해 계산된 중력가속도는 지구에서의 중력가속도에 비해 유의미하게 큼. 따라서, 주인공이 현재 있는 곳은 중력이 강한 행성, 원심가속기를 사용한 인공중력 발생 장치, 가속 운동 중인 우주선 등 지구 이외의 중력이 높은 장소임.
2	<p>1) 실험의 의도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원심가속기를 사용한 인공중력 발생 장치에 있는 경우, 중심축으로부터의 거리에 따라 중력이 달라지게 됨. 이러한 특성을 이용하여, 주인공이 원심가속기를 사용한 인공중력 발생 자리에 위치할 가능성에 대해 확인하기 위함. - 그 외 측정 위치에 따라 중력가속도의 변화 여부를 확인하여, 주변 환경의 특징을 상시해 확인하려는 의도에 대해 논리적으로 설명한 경우, 답으로 인정할 수 있음. <p>2) 실험 데이터의 정량적 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 평균 낙하 시간을 계산하면, $t_{avg} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.35$ 초임. - 문항 1과 마찬가지로 방법으로 주인공이 위치한 지점에서의 중력가속도를 계산하면, $g = 16.3 \text{ m/s}^2$임. <p>3) 실험 결과의 논리적 해석 및 결론</p> <ul style="list-style-type: none"> - 평균 낙하 시간을 기반으로 해석해 보면, 문항 1과 문항 2에서 측정된 평균 낙하 시간은 유의미한 차이가 있으며, 계산된 중력가속도 역시 유의미한 차이가 있음. - 주인공이 위치한 장소는 원심가속기를 사용한 중력 발생 장치와 같이 위치에 따라 중력가속도가 달라질 수 있는 환경임. -
3	<p>※ 문항 3번 실험 결과 표에 제시된 입자수의 증가속도와 관련된 시간의 단위는 “분”이므로 이하 문항 3번부터 문항 5번의 시간 t의 단위는 “분”으로 함</p> <p>1) $A(t)$와 $C(t)$ 사이의 관계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제시문으로부터 1,000 개의 이산화탄소가 수집 및 소비되어 1 개의 아스트로파자가 생성됨을 알 수 있음. 따라서, $A(t)$, $C(t)$ 및 각 초기 조건 $A(0)$, $C(0)$을 사용한 관계식

은 다음과 같음

$$C(t) - C(0) = -1000(A(t) - A(0))$$

2) $v_A(t)$ 와 $A(t)$ 및 $C(t)$ 사이의 관계식

- 표에 제시된 모든 실험 조합에서 $v_A(t)$ 는 $A(t)$ 및 $C(t)$ 의 곱에 정비례하며, 비례상수는 2.3×10^{-23} 임을 알 수 있음. 따라서, 관계식은 식 (1)과 같으며 이는 모든 t에 대해 성립함

$$v_A(t) = 2.3 \times 10^{-23} \times A(t)C(t) \dots \dots \dots (1)$$

- 초기 상태에서의 시간은 $t = 0$ 으로 정의되며, 문제에서 제시한 조건에 따르면 $A(0) = 1$, $C(0) = 10^{23}$ 임. 또한, 초기 상태에서부터 10 분이 지나는 순간의 아스트로파지 및 이산화탄소의 입자 수는 $A(10)$, $C(10)$ 로 표현할 수 있음

1) $C(t)$ 의 변화 추이와 $C(10)$ 의 값

- 1,000 개의 이산화탄소가 소모되어 아스트로파지 1 개가 생성되므로, 이산화탄소 입자 수의 순간 증가 속도 $v_C(t)$ 는 아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도 $v_A(t)$ 의 -1000 배가 됨. 이를 식 (1)에 적용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있음.

$$v_C(t) = -1000v_A(t) = -2.3 \times 10^{-20} \times A(t)C(t)$$

4 - $v_A(t)$ 와 $v_C(t)$ 각각의 관계식 및 $A(0) = 1$, $C(0) = 10^{23}$ 임을 이용하여 $v_A(0)$ 과 $v_C(0)$ 을 계산하면 다음과 같음.

$$v_A(0) = 2.3 \times 10^{-23} \times A(0) \times C(0) = 2.3$$

$$v_C(0) = -2.3 \times 10^{-20} \times A(0) \times C(0) = -2300$$

- $t = 0$ 에서의 이산화탄소 입자 수 $C(0) = 10^{23}$ 를 고려하면, 초기 상태 $t = 0$ 에서의 이산화탄소 입자 수의 감소 속도 $v_C(0) = -2300$ 는 상대적으로 매우 작음. 따라서, 10분까지 이산화탄소 입자 수는 매우 천천히 감소하므로, $C(10)$ 는 $C(0) = 10^{23}$ 보다 조금 작지만 매우 비슷한 값으로 추정할 수 있음. 따라서, 시간 $0 \leq t \leq 10$ 에서 $C(t) \approx C(0) = 10^{23}$ 가 성립되며, $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 1]과 같음.

2) $A(t)$ 의 변화 추이와 $A(10)$ 의 값

- 위에서 도출한 사실을 바탕으로 초기 상태에서부터 10 분 동안 이산화탄소 입자 수의 변

화가 거의 없다고 가정할 수 있으며, 이를 $v_A(t)$ 에 대한 관계식에 적용하면 다음과 같이 (2)번식을 유도 할 수 있음.

$$v_A(t) = \frac{dA(t)}{dt} = 2.3 \times 10^{-23} \times A(t)C(t)$$

$$\approx 2.3 \times 10^{-23} \times C(0) \times A(t)$$

$$= 2.3 \times A(t)$$

$$\therefore \frac{dA(t)}{dt} = 2.3 \times A(t) \dots \dots \dots (2)$$

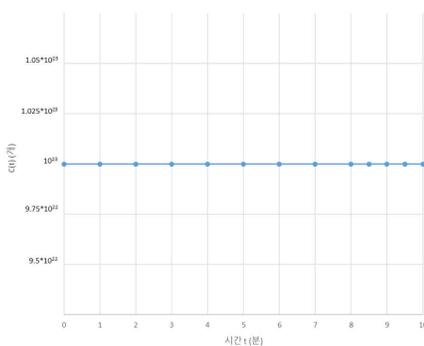
- 제시문 2에 따라 소량의 아스트로파지가 충분한 양의 이산화탄소와 함께 용기에 준비될 경우 아스트로파지 입자 수는 시간에 대해 지수함수의 그래프의 형태로 증가하므로, 해당 조건 하에서 $A(t)$ 는 임의의 상수 $k (k > 0)$ 에 대해 다음과 같이 표현할 수 있음.

$$A(t) = A(0)e^{kt} = e^{kt} \dots \dots \dots (3)$$

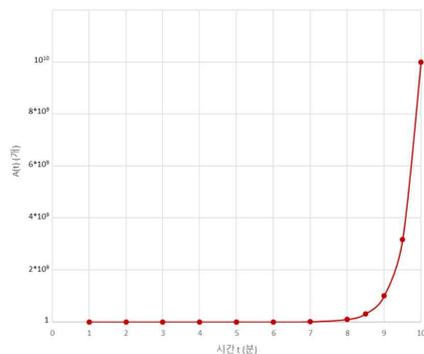
- 식 (3)의 양변을 t 로 미분한 후, 식 (2)와 비교하면 $k = 2.3$ 이고, 문제에 따라 $A(0) = 1$, 제시문에 주어진 바에 따라 $e^{2.3} = 10$ 이므로, 식 (3)은 다음과 같이 표현될 수 있음

$$A(t) = e^{2.3t} = 10^t$$

- 즉, $A(t)$ 는 밑이 10인 지수함수의 그래프 형태로 증가하며 $A(10) = 10^{10}$ 이 됨. 따라서, $A(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 2]와 같음



[그림 1] t 에 대한 $C(t)$ 그래프



[그림 2] t 에 대한 $A(t)$ 그래프

5 - 문제에서 제시한 조건에 따라, 이산화탄소의 입자 수가 10^{20} 개가 된 시점의 시간을 T 로 정의하면, $t = T$ 에서의 아스트로파지 및 이산화탄소의 입자 수는 다음과 같이 추정할

수 있음.

$$C(T) = 10^{20}$$

$$\begin{aligned} A(T) &= A(0) + \frac{C(0) - C(T)}{1000} \\ &= 1 + \frac{10^{23} - 10^{20}}{1000} \\ &= 1 + 10^{20} - 10^{17} \\ &\approx 10^{20} \end{aligned}$$

- 또한, $t = T$ 로부터 10 분이 지나는 순간의 아스트로파지 및 이산화탄소의 입자 수는 $A(T+10)$, $C(T+10)$ 로 표현할 수 있음.

1) $A(t)$ 의 변화 추이와 $A(T+10)$ 의 값

- 문항 4와 마찬가지로 방법으로 계산하면, $t = T$ 에서의 아스트로파지 입자 수의 순간 증가 속도 $v_A(T)$ 와 이산화탄소 입자 수의 순간 증가 속도 $v_C(T)$ 는 다음과 같음.

$$\begin{aligned} v_A(T) &= 2.3 \times 10^{-23} \times A(T) \times C(T) \\ &\approx 2.3 \times 10^{17} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_C(T) &= -2.3 \times 10^{-20} \times A(T) \times C(T) \\ &\approx -2.3 \times 10^{20} \end{aligned}$$

- $v_A(T)$ 가 절대적으로는 작은 수가 아님에도 불구하고, $t = T$ 에서의 아스트로파지 입자 수 ($A(T) \approx 10^{20}$)와 비교할 때, 1000분의 1의 수준으로 상대적으로 매우 작은 수에 해당함. 따라서, $t = T$ 에서 $t = T+10$ 까지의 아스트로파지 입자 수는 매우 천천히 증가하며, $A(T+10)$ 은 $A(T) = 10^{20}$ 보다 조금 크지만 매우 비슷한 값으로 추정할 수 있음. 따라서, 시간 $T \leq t \leq T+10$ 에서 $A(t) \approx A(T) = 10^{20}$ 가 성립되며, $A(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 3]과 같음.

2) $C(t)$ 의 변화 추이와 $C(T+10)$ 의 값

- 위에서 도출한 사실을 바탕으로 $t = T$ 로부터 10 분 동안 아스트로파지 입자 수의 변화가 거의 없다고 가정할 수 있으므로, $v_C(t)$ 에 대한 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있음.

$$v_C(t) = \frac{dC(t)}{dt} = -2.3 \times 10^{-20} \times A(t)C(t)$$

$$\approx -2.3 \times 10^{-20} \times A(T) \times C(t)$$

$$= -2.3 \times C(t)$$

$$\therefore \frac{dC(t)}{dt} = -2.3 \times C(t) \dots\dots\dots (4)$$

- 제시문 2에 따라 이산화탄소가 고갈되는 시점에서의 이산화탄소 입자 수는 **시간에 대해** **지수함수의 그래프의 형태로 감소**하므로, 해당 조건 하에서 $C(t)$ 는 임의의 상수 $k'(k' < 0)$ 에 대해 다음과 같이 표현할 수 있음.

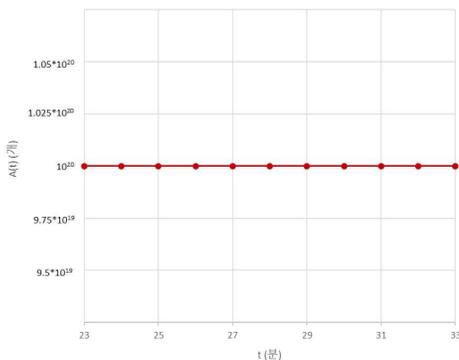
$$C(t) = C(T)e^{k'(t-T)} = 10^{20} \times e^{k'(t-T)} \dots\dots\dots (5)$$

- 식 (5)의 양변을 t 로 미분한 후 식 (4)와 계수 비교하면, $k' = -2.3$ 이고, 문제에 따라 $C(T) = 10^{20}$, 제시문에 주어진 바에 따라 $e^{2.3} = 10$ 이므로, 식 (5)는 다음과 같이 표현될 수 있음.

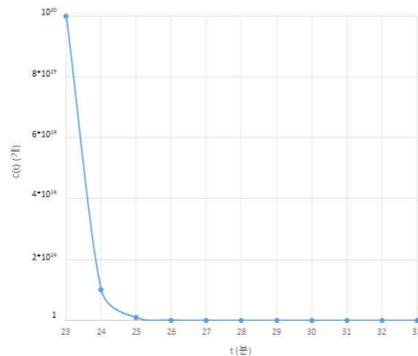
$$C(t) = C(T)e^{-2.3(t-T)}$$

$$= 10^{20+T} 10^{-t}$$

- 즉, $C(t)$ 는 밑이 10인 지수함수의 그래프 형태로 감소하며 $C(T+10) = 10^{20+T} 10^{-(T+10)} = 10^{10}$ 이 됨. 따라서, $C(t)$ 의 변화 추이를 그래프로 나타내면 [그림 4]와 같음



[그림 3] t 에 대한 $A(t)$ 그래프



[그림 4] t 에 대한 $C(t)$ 그래프

	<ul style="list-style-type: none"> - 저지대 침수로 인해 삶의 터전을 잃어버린 난민의 발생 및 유입으로 인한 사회적 갈등이 발생함. - 극한 기상이 빈발함에 따라 해상 물류 공급망의 단절과 이에 따른 경제 위기가 도래함. - 생태계 교란으로 인해 전염병이 창궐함.
7	<p>1) 과학자의 사회적 책임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자신의 연구와 제안이 지닌 잠재적 위험성(악용 또는 부작용)에 대해 항상 주의해야 하며, 이를 분명하게 경고하고 대비하는 것임. <p>2) 문항 6에서 제시한 잠재적 위험을 경고하고, 이에 대한 적절한 대비를 아래와 같이 제시함.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저지대 침수에 따른 난민들을 수용할 수 있는 시설 마련을 촉구함. - 해상 물류 공급망 단절을 방지하기 위한 기술 개발에 대한 사회적 관심을 촉구함. - 전염병 창궐을 막기 위한 사회적 관심과 행동을 촉구함.

■ 문항카드 2

1) 일반 정보

유형	면접 및 구술고사	
전형명	학생부종합 반도체공학인재전형 I 학생부종합 반도체공학인재전형 II	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	반도체공학과 / 문항번호 1~3 번	
출제범위	교육과정 과목명	수학, 물리학
	핵심개념 및 용어	결정 구조, 최대값, 최소값
예상 소요 시간	준비시간 21분, 질답시간 23분	

2) 문항 및 제시문

[제시문]

반도체는 현대 기술 사회의 핵심 인프라로서, 디지털 기기부터 자동차, 인공지능, 우주 기술에 이르기까지 다양한 분야에서 필수적인 역할을 하고 있다. 특히, 이러한 반도체를 제조하는 공정 또한 첨단 과학과 기술의 집약체이다. 조 바이든 미국 대통령은 2022년 5월 20일 한국의 반도체 생산시설을 방문한 자리에서 다음과 같은 언급을 통해 첨단 기술의 총화인 반도체와 반도체 제조 공정의 중요성을 강조했다.

“나는 방금 이 공장을 돌아보며 이곳에서 세계 최첨단 반도체칩이 생산되는 것을 보았습니다. 이 칩들은 혁신과 디자인, 정밀 제조의 총화라고 할 수 있습니다. 반도체는 우리 경제를 구동하고, 우리의 근대적 삶을 가능하게 합니다. 자동차, 스마트폰, 의료장비에 이르기까지 반도체 용도는 다양합니다. (중략) 이 작은 칩이, 겨우 몇 나노미터 두께 밖에 되지 않는 이 칩이 우리를 인류의 기술 발전, 다음 장으로 추동하는 열쇠가 될 것입니다. AI가 그렇고, 양자기술, 5G 등이 그렇습니다. 우리가 생각하지 못한 더 많은 것들도 있을 것입니다.“

나노미터 단위의 정밀도를 요구하는 반도체 공정은 최신의 패터닝 기술, 화학적 증착, 이온 주입 등과 같은 고난도의 기술이 결합되어 이루어진다. 이러한 첨단 공정 덕분에 반도체를 더 작고, 더 빠르고, 더 효율적으로 제작할 수 있으며, 이렇게 제작된 반도체는 최첨단 기술 혁신을 가능하게 하는 중요한 기반으로 역할을 하고 있다.

반도체 제조 공정에서 가장 기본이 되는 재료는 “웨이퍼(wafer)”이다. “웨이퍼”는 실리콘과 같은 반도체 재료로 만들어진 얇고 둥근 디스크이며, 웨이퍼 제작 과정은 매우 정밀하고 단계적인 공정으로 구성된다. 웨이퍼의 원재료인 실리콘은 실리콘 원소를 함유한 모래에서 화학적인 공정을 통해 추출되며, 이를 다시 정제하여 99.9999 % 이상의 초고순도 실리콘 덩어리를 만든다. 이렇게 얻어진 실리콘 덩어리는 원자의 배열이 규칙적이지 않기 때문에, “초크랄스키 성장법”이라고 명명된 특별한 결정 성장의 공정을 통해 웨이퍼로 만들어진다.

초크랄스키 성장법의 순서는 다음과 같다. 먼저, 초고순도 실리콘 덩어리를 도가니 안에서 약 1450 ° C 정도로 가열하여 녹인다. 이 상태에서 용융된 실리콘에 “미리 만들어진 작은 실리콘 결정”(이하, 씨앗 결정)을 천천히 접촉시킨다. 씨앗 결정은 완벽하게 규칙적인 구조의 실리콘 조각으로써, 용융된 실리콘으로부터 균일하고 일정한 방향으로 실리콘 결정을 성장시키는 데 중요한 역할을 한다. 정밀하게 온도를 조절하면서 씨앗 결정을 회전시킴과 동시에 위로 끌어올리기 시작하면, 용융된 실리콘이 씨앗 결정을 중심으로 천천히 굳어지기 시작한다. 이렇게 회전의 중심으로부터 단계적으로 실리콘 결정이 성장하게 되고, 결국은 원기둥 모양의 매우 규칙적인 결정 구조를 가진 실리콘 덩어리가 만들어지는데, 이를 “잉곳(ingot)”이라고 부른다. 만약 이 과정에서 온도가 너무 급격히 변하거나, 씨앗 결정이 회전하는 속도 및 위로 끌어올리는 속도가 적절하지 않다면 결정의 성장 속도와 맞지 않아 불규칙한 결정 구조를 갖는 잉곳이 되므로, 반도체 소자의 성능이 저하되며 제작된 칩들의 품질이 일정하지 않게 된다. 따라서, 온도의 조절, 그리고 씨앗 결정을 회전시키고 잡아당기는 과정은 매우 정밀하게 제어되어야 한다. 이렇게 제작된 잉곳은 얇은 원형의 판 형태로 자르는 단계를 거치게 된다. 이 과정에서 정밀한 기계 장치를 사용하여 웨이퍼의 두께와 크기가 균일하게 되도록 제어하는 것이 매우 중요하다. 웨이퍼의 표면을 물리적으로 부드럽고 고르게 만드는 단계, 웨이퍼 표면에 얇은 보호막인 산화막을 형성하여 웨이퍼를 안전하게 보호하는 단계를 거쳐 반도체 공정에 사용될 수 있는 웨이퍼가 완성된다.

이제, 웨이퍼로부터 반도체 칩이 만들어지는 과정을 살펴보자. 우리가 알고 있는 반도체 칩 형태의 부품을 얻기 위해서는 먼저 잘 설계된 회로도에 따라 “포토리소그래피(photolithography)”라고 명명된 공정을 통해, 특수한 화학물질을 사용하여 웨이퍼에 복잡한 회로 패턴을 그려 넣는 작업을 수행한다. 이 때, 설계된 미세 전자 회로를 웨이퍼에 그려 넣기 위한 유리판인 “마스크(mask)”라는 특별한 구조물이 사용되어 동일한 패턴의 회로를 반복적으로 웨이퍼에 그려 넣을 수 있게 된다. 이후, 패턴에 따라 필요한 부분을 제거하는 “식각” 작업을 진행하며, 마지막으로, “도핑(doping)”이라는 작업을 통해 웨이퍼에 특정한 불순물을 주입하여 전기적 특성을 세밀하게 조정한다. 그리고, “다이싱(dicing)” 작업을 통해 큰 원형 웨이퍼를 작은 사각형 모양으로 잘라 개별적인 칩으로 분리하는 과정을 거치고, 이렇게 만들어진 반도체 칩은 패키징 및 테스트를 통해 동작 가능한 반도체 제품으로 완성된다.

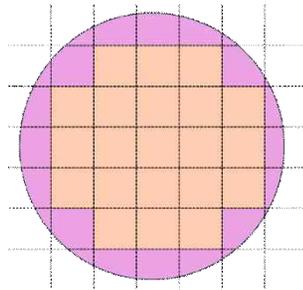
[1 ~ 2] “제시문” 을 참고하여 아래 질문에 답하십시오.

1. 실리콘을 함유한 모래로부터 원기둥 모양의 잉곳(ingot)을 제작하는 과정에 대해 설명하십시오. 또한, 웨이퍼 제작 과정에서 잉곳을 제작하는 단계를 거치는 이유에 대해 설명하십시오. [2점]

2. 다이싱(dicing)과 관련하여, 다음과 같은 조건에 따라 웨이퍼를 다이싱하여 반도체 칩을 생산하고자 한다.

- (조건 1) 웨이퍼는 완전한 원형의 얇은 판 모양이다.
- (조건 2) 웨이퍼의 지름은 이며, 다이싱 후 제작하고자 하는 반도체 칩은 가로, 세로 모두 인 정사각형 모양이다.
- (조건 3) 웨이퍼를 다이싱 할 때 반드시 웨이퍼의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝까지 직선으로만 자를 수 있으며, 일부분만 도려낼 수는 없다.
- (조건 4) 다이싱 과정에서 칩의 물리적인 손상 또는 웨이퍼 손실 등은 발생하지 않는다.
- (조건 5) 정상적인 칩의 동작을 위해서는 칩의 전체 영역이 모두 필요하며, 일부 영역이라도 손실된 칩은 사용이 불가능하다.

한 장의 웨이퍼로부터 최대로 만들 수 있는 정상적인 칩의 개수를 추산하십시오. (풀이 과정을 구체적으로 제시해야 함) [3점]



[참고] 다이싱 과정에 의해 원형의 웨이퍼를 잘라내어 사각형 칩을 제작하는 예시

3. 다음과 같은 조건하에 반도체 칩을 설계하려고 합니다. (이하, 길이의 단위는 별도로 정의한 기본 단위인 1 unit으로 사용)

(조건 1) 칩 내부에 배치할 반도체 소자는 총 5개이며, 모두 정사각형 혹은 직사각형의 형태를 지닌다. 각 반도체 소자의 특성은 다음과 같다.

반도체 소자 명	A	B	C	D	E
크기(가로 x 세로)	3 x 1 unit	1 x 1 unit	2 x 2 unit	2 x 2 unit	2 x 2 unit
소자의 동작 소모 전력	5 W	25 W	15 W	5 W	5 W

(조건 2) 주어진 칩은 가로, 세로 각각 8 unit의 정사각형 모양이며, 가로, 세로 각각 1 unit의 정사각형 모양의 격자로 구분된다. 즉, 하나의 칩에는 총 64 개의 격자가 존재하며, 반도체 소자의 모든 외곽선이 “격자의 경계선” 과 일치하도록 배치해야 한다. 소자는 회전하여 배치할 수 없다.

(조건 3) 두 개의 소자 간 연결은 격자를 따라 가로 혹은 세로 방향으로만 가능하며, 연결선이 교차하는 것과 연결선이 다른 소자를 통과하는 것은 허용된다.

(조건 4) 두 개의 소자 간 연결 시, 시작점과 끝점은 “소자 내 격자 사각형의 중심점” 중 임의의 한 점으로 정할 수 있으며, 각 점은 복수의 연결선과 연결될 수 있다.

(조건 5) 두 개의 “소자 간 유효거리” 는 두 소자 내 연결의 시작점과 끝점 간의 “가로방향 거리 + 세로방향 거리” 중 최소값으로 정의한다.

(조건 6) 조건 5에 의해 정의된 소자 간 유효거리는 최소 2 이상이며, 두 개의 소자의 모서리 일부 및 전체 또는 꼭지점이 서로 맞닿아 배치될 수 없다.

(조건 7) 소자 A는 다른 모든 소자와 한 번씩 연결되어야 하며, 소자 C는 소자 A를 포함해, 소자 D, 소자 E와 한 번씩 연결되어야 한다.

(조건 8) 조건 7에 정의된 연결 이외의 소자 간 연결은 하지 않는다.

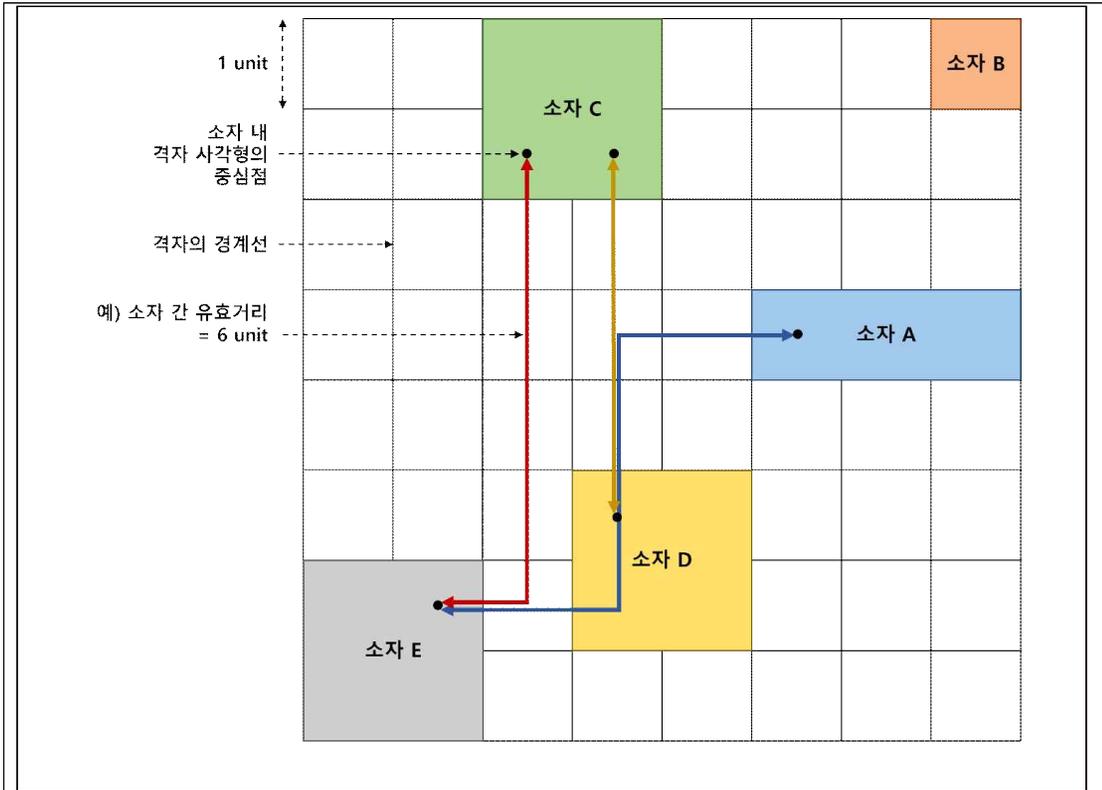
(조건 9) 소자 와 소자 가 연결된 경우, 연결된 두 소자의 동작 소모 전력 및 소자 간 유효거리에 따라, 소자 의 동작 소모 전력 , 소자 의 동작 소모 전력 , 두 소자 간 유효거리 에 대해 성능지표 를 다음과 같이 정의하며, 연결되지 않은 소자 간 성능지표는 0이 된다.

$$f(X, Y) = \frac{(P_X + P_Y)}{D_{XY}}$$

(조건 10) 모든 소자는 항상 동작한다.

※ 이상의 조건에 따른 회로 기관 및 소자 배치, 소자 간 유효거리 예시는 다음과 같다.

- 소자 A가 소자 E와 연결됨
- 소자 C가 소자 D 및 소자 E와 연결됨
- 소자 C와 소자 E의 유효거리는 6 unit임
- **소자 D와 소자 E는 연결된 것이 아님**



칩의 성능지표 총합이 최소가 되는 소자 배치 및 소자 연결을 제시하시오 (풀이 과정을 구체적으로 제시해야 함) [4점]

3) 출제 의도

- 문항 1: 주어진 제시문을 통해 실제 웨이퍼 제작 과정을 정확히 파악하고, 해당 과정이 필요한 이유를 과학적 원리와 연계하여 논리적으로 설명할 수 있는지 평가하기 위함
- 문항 2: 문제의 조건을 수학적으로 해석하고 결과를 도출하는 과정에서 수와 연산, 기하 등의 개념을 통합적으로 활용할 수 있는 역량을 평가하기 위함
- 문항 3: 주어진 조건과 제약을 분석하여 이를 수학적으로 구조화하고, 이를 바탕으로 최적의 배치 전략을 도출하는 과정을 통해 분석적 사고력과 논리적 사고력을 평가하기 위함

4) 출제 근거

- 통상적인 수준의 고등학생들이 별도의 사전 지식 없이 충분히 해결할 수 있는 제시문과 질문으로 구성하였음. 다만, 아래와 같은 교육과정과 연관될 수 있음

가) 교육과정 출제 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 8] "수학과 교육과정" 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] "과학과 교육과정"
관련 성취기준	[9수04-16] 피타고라스 정리를 이해하고 설명할 수 있다. [10수학02-06] 원의 방정식을 구할 수 있다. [10수학01-16] 이차부등식과 이차함수의 관계를 이해하고, 이차부등식과 연립이차부등식을 풀 수 있다. [12화학II 01-07] 고체를 화학 결합의 종류에 따라 분류하고, 간단한 결정 구조를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

구분	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
기타	미국 바이든 대통령 삼성전자 평택캠퍼스 연설문	바이든	-	-	-

5) 문항 해설

<p>[문제 1] 제시문을 바탕으로 초크랄스키 공법을 통해 잉곳을 제작하고 이를 웨이퍼로 가공하는 과정을 정확한 용어로 설명하며, 잉곳 제작이 필수적인 이유를 과학적 원리와 연계하여 합리적으로 제시하도록 요구하는 문항임.</p> <p>[문제 2] 웨이퍼의 원형 형태와 칩의 정사각형 형태를 고려하여 정상적인 칩의 개수가 최대가 되도록 배치하는 방안을 분석하고 추산하는 문항임.</p> <p>[문제 3] 조건에 따라 소자 간의 모든 연결을 고려한 칩의 성능지표 합이 최소가 되는 소자 배치의 원리와 우선 순위를 파악하여 최적의 배치를 도출하는 문항임.</p>

6) 채점 기준

문항 번호	채점 기준	배 점								
1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>점수</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명한 경우</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>잉곳의 제작 과정에 대해 적절하게 설명하였으나, 잉곳 제작 단계를 거치는 이유를 적절하게 설명하지 못한 경우</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명하지 못한 경우</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 잉곳의 제작 과정에 대한 적절한 설명 없이, 잉곳 제작 단계를 거치는 이유만을 설명한 경우 0점으로 처리</p> <p>※ 예시 답안과 포함되어 있지 않더라도 합리적이고 현실적인 설명이 제시된 경우 답으로 인정할 수 있으나, 답변 과정에서 현저한 논리적인 결함이 있거나, 오류가 포함된 경우 정답으로 인정하지 않음</p>	점수	기준	2	잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명한 경우	1	잉곳의 제작 과정에 대해 적절하게 설명하였으나, 잉곳 제작 단계를 거치는 이유를 적절하게 설명하지 못한 경우	0	잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명하지 못한 경우	2점
점수	기준									
2	잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명한 경우									
1	잉곳의 제작 과정에 대해 적절하게 설명하였으나, 잉곳 제작 단계를 거치는 이유를 적절하게 설명하지 못한 경우									
0	잉곳의 제작 과정 및 잉곳 제작 단계를 거치는 이유 모두를 적절하게 설명하지 못한 경우									

2	점수	기준	3점
	3	논리적이고 합리적인 추론을 통해 수치를 제시하고 계산한 값이 151 개로부터 5개 이하 차이인 경우 (즉, 146 ~ 156 개)	
	2	논리적이고 합리적인 추론을 통해 수치를 제시하고 계산한 값이 151 개로부터 6개 이상, 15개 이하 차이 경우 (즉, 136 ~ 145 개 또는 157 ~ 166 개)	
	1	추론이 논리적이거나 계산값이 부정확하거나, 추정된 값은 정확하나 합리적인 과정을 설명하지 못하는 경우	
	0	추론 방식이나 정답이 모두 적절하게 설명하지 못한 경우	
<p>※ 최적 해를 수식으로 계산하는 것은 사실상 불가하며, 컴퓨터 시뮬레이션 등에 의한 복잡한 수치 계산 방법이 요구됨. 따라서, 예시 답안과 다른 접근에 의해 답변한 경우에도 면접관의 재량에 따라 합리적인 추론을 제시한 경우 답으로 인정할 수 있음</p>			
3	점수	기준	4점
	4	소자의 최적 배치 원리를 논리적으로 설명하고, 성능지표 총합이 최소가 되는 소자 배치와 연결을 모두 제시한 경우	
	3	소자의 최적 배치 원리를 논리적으로 설명하였으나, 성능지표 총합이 최소가 되는 소자 배치와 연결에 다소 오류가 있는 경우	
	2	소자의 최적 배치 원리를 설명하였으나 다소 오류가 있는 경우 또는 힌트를 제공받아 소자의 최적 배치 원리를 이해한 경우	
	1	기본적인 소자 배치 규칙은 이해하였으나, 최적 배치 원리를 전혀 설명하지 못한 경우	
	0	기본적인 소자 배치 규칙 및 최적 배치 원리 모두를 전혀 파악하지 못한 경우	
<p>※ 최적 해를 수식으로 계산하는 것은 사실상 불가하며, 컴퓨터 시뮬레이션 등에 의한 복잡한 수치 계산 방법이 요구됨. 따라서, 예시 답안과 다른 접근에 의해 답변한 경우에도 면접관의 재량에 따라 합리적인 추론을 제시한 경우 답으로 인정할 수 있음</p>			

7) 예시 답안 혹은 정답

문항 번호	예시 답안 혹은 정답
1	<p>1) 잉곳 제작 과정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 순수한 고체 상태의 실리콘을 도가니 안에서 약 1450 °C 정도로 가열하여 녹임. - 용융된 실리콘에 "미리 만들어진 작은 결정"(이하, 씨앗 결정)를 천천히 접촉시키고 세심한 온도 조절하에서 씨앗 결정을 회전시킴과 동시에 위로 끌어올림. - 적절한 온도와 속도로 제어하여 천천히 원기둥 모양의 매우 규칙적인 결정 구조를 가진 실리콘 덩어리, 즉 잉곳으로 제작함.

2) 잉곳 제작 단계를 거치는 이유

- 순수한 고체 상태의 실리콘의 경우 불순물이 포함되어 있지는 않으나, 규칙적인 결정 구조를 갖지는 않음.
- 반도체로 제작 가능한 재료로써 규칙적인 구조의 재료가 필요하기 때문에 잉곳으로 제작하는 과정이 필요함.
- 불규칙적인 격자구조를 가진 잉곳을 활용하여 제작된 소자의 경우 특성이 나쁘며, 제작된 칩의 품질이 일정하지 않음.

웨이퍼를 웨이퍼의 중심을 원점으로 하는 평면 좌표에 위치시키고, x, y 축을 따라 각 사분면에 놓인 4 개의 부채꼴로 구분한 뒤, 1사분면에 놓인 부채꼴에 대해 다음의 과정을 거침.

- x 축과 인접하여 다이싱할 수 있는 가장 아래 줄 칩의 개수를 n_1 이라 하면 원점으로부터 가장 먼 칩의 꼭짓점과 원점 간 거리(그림 1'의 가장 아래 붉은 선의 길이에 해당)가 웨이퍼 반지름 길이보다 작아야 하므로, 이를 수식화하면 다음과 같음.

$$\sqrt{20^2 + (20n_1)^2} \leq 150$$

가장 아래 줄의 칩과 인접하여 다이싱할 수 있는 두 번째 줄의 칩의 개수를 n_2 라 하면, 1)과 마찬가지로 다음과 같은 관계식을 도출할 수 있음.

$$\sqrt{(20 \times 2)^2 + (20n_2)^2} \leq 150$$

이러한 방식으로 가장 아래 줄의 칩으로부터 k 번째 줄의 칩의 개수를 n_k 라 하면, 다음과 같은 일반화된 관계식을 도출할 수 있음.

$$\sqrt{(20k)^2 + (20n_k)^2} \leq 150$$

이를 정리하면 다음과 같은 부등식을 도출할 수 있음.

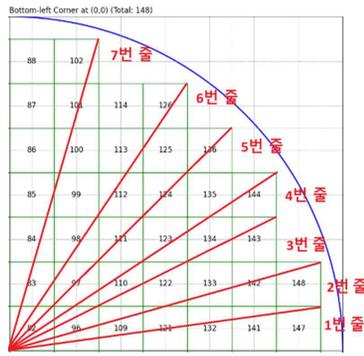
$$n_k \leq \sqrt{\frac{150^2 - (20k)^2}{20^2}} = \sqrt{7.5^2 - k^2} \dots\dots\dots (1)$$

- k 에 자연수를 대입하여 식 (1)을 만족하는 자연수 n_k 를 구하면 다음과 같음.

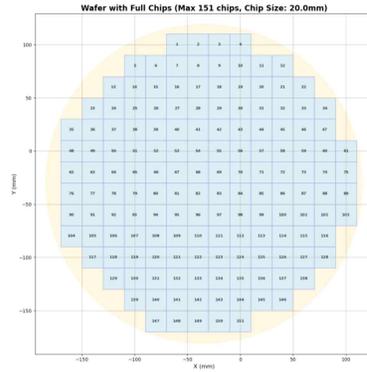
$k = 1$ 일 때, $n_1 \leq \sqrt{7.5^2 - 1^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_1 = 7$

$k = 2$ 일 때, $n_2 \leq \sqrt{7.5^2 - 2^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_2 = 7$
 $k = 3$ 일 때, $n_3 \leq \sqrt{7.5^2 - 3^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_3 = 6$
 $k = 4$ 일 때, $n_4 \leq \sqrt{7.5^2 - 4^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_4 = 6$
 $k = 5$ 일 때, $n_5 \leq \sqrt{7.5^2 - 5^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_5 = 5$
 $k = 6$ 일 때, $n_6 \leq \sqrt{7.5^2 - 6^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_6 = 4$
 $k = 7$ 일 때, $n_7 \leq \sqrt{7.5^2 - 7^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 $n_7 = 2$
 $k = 8$ 일 때, $n_8 \leq \sqrt{7.5^2 - 8^2}$ 을 만족시키는 최대 자연수 n_8 은 존재하지 않음.
 따라서, $k = 1, 2, \dots, 7$ 에 대한 n_k 가 유효하며, 이들의 총합은 37임.

즉, 1사분면에 최대 37개의 칩을 만들 수 있으며, 전체 웨이퍼에서는 4 배인 148 개의 칩이 생산됨.



[그림 1] 다이싱(dicing)의 예시



[그림 2] 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 도출된 최적의 해

- 조건 7에 제시된 소자 간의 연결을 고려한 동작 소모 전력($P_X + P_Y$)의 합은 다음과 같음.

연결된 소자	A와 B	A와 C	A와 D	A와 E	C와 D	C와 E
동작 소모 전력	30 W	20 W	10 W	10 W	20 W	20 W

3 - 위의 동작 소모 전력을 활용하여 조건 9에서 정의된 성능지표의 총합을 계산하면 다음과 같음.

$$\text{성능지표의 총합} = \frac{30}{D_{AB}} + \frac{20}{D_{AC}} + \frac{10}{D_{AD}} + \frac{10}{D_{AE}} + \frac{20}{D_{CD}} + \frac{20}{D_{CE}}$$

- 성능지표의 총합과 다른 조건을 고려하여 최적의 해를 도출하기 위한 소자의 최적 배치 원리는 다음과 같음.

1) A는 모든 소자와 연결되어 있으므로 A는 모든 소자와 멀리 배치되어야 성능지표의 총합을 최소화할 수 있음.

2) 두 개의 소자 간 유효거리가 성능지표에 반비례하므로, 동작 소모 전력이 큰 소자들 간의 유효거리를 비교적 멀어지게 해야 함.

- A와의 연결에 의한 성능지표의 합을 최소화하기 위해서는 B, C, D, E를 A로부터 멀리 배치해야 하며, 동작 소모 전력을 고려하면 유효거리의 크기는

$D_{AB} > D_{AC} > D_{AD}$ (또는 D_{AE}) 순서를 따르도록 해야 함. 다시 말해, 소자 배치 시 우선 순위는 A와 $B > C > D$ 또는 E 순서대로 고려하는 것이 유리함.

- C와의 연결에 의한 성능지표의 합을 최소화하기 위해서는 A, D, E를 C로부터 멀리 배치해야 함. 다만, C와의 연결에 있어 A, D, E의 동작 소모 전력 값이 동일하므로 C로부터 세 소자와의 거리를 동시에 고려해야 함.

- 위의 최적 배치 원리를 바탕으로 다음과 같은 과정에 따라 최적 해를 도출할 수 있음.

1) **[A와 B배치]** 두 소자의 동작 소모 전력 합이 30 W로 최대인 소자 A와 B는 유효거리를 최대화할 수 있는 대각선에 우선 배치함.

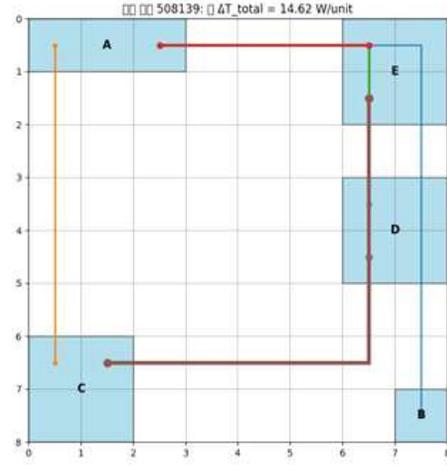
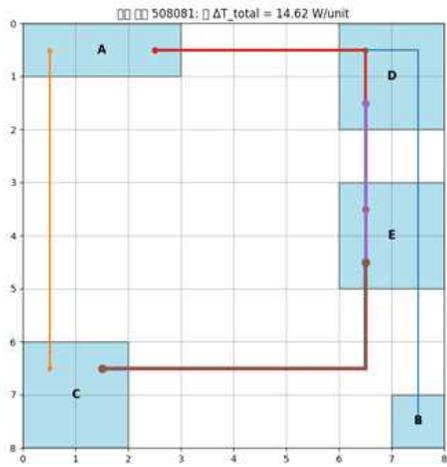
2) **[C 배치]** 동작 소모 전력이 두 번째로 높음과 동시에 A를 제외하면 연결된 소자가 가장 많은 C를 다음 배치하되, A의 긴 모서리면과 마주 보는 반대쪽 끝에 배치함.

3) **[D 배치]** D와 E는 모두 A, C 각각과 연결되어야 하나, C의 동작 소모 전력이 A의 동작 소모 전력보다 크므로, C를 우선적으로 고려하여 C와의 유효거리가 최대인 C의 대각선 위치에 D를 배치함.

4) **[E 배치]** E는 A, C와 적절하게 떨어져야 하며, 특히 동작 소모 전력이 큰 C와 멀리 배치해야 함. 이를 고려하여 D로부터 아래로 1 unit 떨어져 배치할 경우 성능지표가 최소화됨.

(D와 E는 모양과 크기, 동작 소모 전력이 동일하므로, D와 E 간의 우선 배치 순위는 없으며, 예시 답안에서는 편의상 D를 먼저 배치함. 다시 말해, D와 E의 배치 순서를 바꾸어도 관계없음.)

위의 과정에 따른 소자의 배치 및 연결은 다음과 같음.



(참고) 이상의 소자 배치 및 연결에 따른 칩의 성능지표 합은 다음과 같음.

$$\frac{30}{D_{AB}} + \frac{20}{D_{AC}} + \frac{10}{D_{AD}} + \frac{10}{D_{AE}} + \frac{20}{D_{CD}} + \frac{20}{D_{CE}} = \frac{30}{12} + \frac{20}{6} + \frac{10}{4} + \frac{10}{7} + \frac{20}{10} + \frac{20}{7} = 14.6$$