

2024학년도 대학 입학전형
서울과학기술대학교
선행학습 영향평가 자체평가 보고서

2024. 03.



국립 서울과학기술대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

2024학년도 서울과학기술대학교 선행학습 영향평가 보고서

2024년 3월 발행

발 행 처 서울과학기술대학교 입학처

(주 소) 서울특별시 노원구 공릉로 232

(홈 페이지) <https://admission.seoultech.ac.kr>

목 차

I. 선행학습 영향평가 대상 문항	1
1. 선행학습 영향평가 대상 문항 총괄표	1
II. 선행학습 영향평가 진행 절차 및 방법	2
1. 대학별 고사의 선행학습 영향평가 이행 사항 점검 체크리스트	2
2. 선행학습 영향평가에 대한 대학의 자체 규정	3
3. 선행학습 영향평가 위원회 조직구성	5
4. 2024학년도 선행학습 영향평가 일정 및 절차	6
III. 고등학교 교육과정 범위 및 수준 준수 노력	7
1. 출제 전	7
2. 출제 과정	10
3. 출제 후	12
4. 금년도 개선사항 요약	16
IV. 논술전형 합격자 설문조사를 통한 분석	18
1. 설문 응답자의 논술고사 난도 응답 분석	18
2. 논술고사와 선행학습의 영향 분석	23
3. 논술고사와 준비 방법 영향 분석	25
4. 설문 응답자의 성별, 출신 고교유형과 소재지 분석	29

V. 문항 분석 결과	32
1. 문항 분석 결과 요약표	32
2. 선행학습 영향평가 문항에 대한 종합 평가	33
VI. 대학입학전형 반영 계획 및 개선 노력	51
VII. 부록	53
문항카드 1 – 자연계열 오전 1번	53
문항카드 2 – 자연계열 오전 2번	59
문항카드 3 – 자연계열 오전 3번	64
문항카드 4 – 자연계열 오후 1번	69
문항카드 5 – 자연계열 오전 2번	75
문항카드 6 – 자연계열 오전 3번	80

I. 선행학습 영향평가 대상 문항

1. 선행학습 영향평가 대상 문항 총괄표

<표 I-1> 선행학습 영향평가 대상 문항 총괄표

평가 대상	입학 전형	계열	입학모집 요강에 제시한 자격기준 과목명	문항 번호	하위 문항 번호	계열 및 교과		교과 외
						수학	기타	
논술 등 필답고사	논술 전형	자연	수학	오전-1	1.1	○		
					1.2	○		
					1.3	○		
				오전-2	2.1	○		
					2.2	○		
					2.3	○		
				오전-3	3.1	○		
					3.2	○		
					3.3	○		
		자연	수학	오후-1	1.1	○		
					1.2	○		
					1.3	○		
				오후-2	2.1	○		
					2.2	○		
					2.3	○		
				오후-3	3.1	○		
					3.2	○		
					3.3	○		

Ⅱ. 선행학습 영향평가 진행 절차 및 방법

1. 대학별 고사의 선행학습 영향평가 이행 사항 점검 체크리스트

서울과학기술대학교의 선행학습 영향평가는 대입전형에서 나타날 수 있는 선행학습 영향평가의 계획과 실행과정, 선행학습 영향평가 결과의 채택 여부, 평가 결과의 공개 및 차 년도 대입전형 시행계획 반영에 관한 내용으로 제시하였다.

<표 Ⅱ-1> 대학별 고사 시행 관련 이행 사항 점검표

구분	판단기준		
	항목	세부 내용	이행점검
대학별 고사 시행 관련 이행 사항 점검	1. 관련 자료의 홈페이지 게시	① 기간 내 선행학습 영향평가 자체평가 보고서 공개(문항과 답안 공개의 충실성)	○
	2. 선행학습 영향평가 보고서 항목 준수	② 문항 총괄표 작성의 충실성	○
		③ 문항 제출 양식(문항카드) 작성의 충실성	○
		④ 장별 내용 제시 여부	○
	3. 선행학습 영향평가 위원회 구성	⑤ 위원회의 외부위원 포함 여부	○
		⑥ 현직 고등학교 교사 포함 여부	○

- ① : 2024. 3. 31.까지 서울과학기술대학교 입학처 홈페이지 게시 예정
- ② : I. 선행학습 영향평가 대상 문항 참조
- ③ : VII. 부록 문항카드 1 ~ 6 참조
- ⑤ : II - 3. 선행학습 영향평가 위원회 조직구성 참고
- ⑥ : II - 3. 선행학습 영향평가 위원회 조직구성 참고

2. 선행학습 영향평가에 대한 대학의 자체 규정

서울과학기술대학교는 아래 『서울과학기술대학교 규정 제644호(2021. 10. 18. 개정) 대입전형 선행학습 영향평가 시행에 관한 규정』에 따라 선행학습 영향평가를 실행하였다.

서울과학기술대학교 대입전형 선행학습 영향평가 시행에 관한 규정

서울과학기술대학교 규정 제644호
서울과학기술대학교 대입전형 선행학습 영향평가 시행에 관한 규정

제정 2015. 10. 13.

개정 2016. 09. 01.

개정 2021. 10. 18.

제1조(목적) 이 규정은 「공교육 정상화 촉진 및 선행교육 규제에 관한 특별법」제10조에 따라 대입전형 선행학습 영향평가 등의 시행에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) “대입전형 선행학습 영향평가”(이하 “선행학습 영향평가”라 한다)란「공교육 정상화 촉진 및 선행교육 규제에 관한 특별법」(이하 “특별법”이라 한다) 제10조에 따라 입학전형에서 실시하는 논술, 필답고사, 면접·구술고사 등이 고등학교 교육과정의 범위와 수준을 벗어나 운영하는지 여부와 이로 인한 선행학습 유발 요인은 없는지 매년 평가하고, 그 결과를 다음 연도 대학입학전형에 반영하도록 하는 평가활동을 말한다.

제3조(구성) ① 선행학습 영향평가를 실시하기 위하여 선행학습 영향평가위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

② 위원회는 위원장 1명을 포함한 10명 이내의 위원으로 구성한다.

③ 위원회의 위원장은 입학처장이 되고, 입학과장은 당연직 위원이 된다. (개정 2016. 9. 1.)

④ 당연직 위원을 제외한 위원은 선행학습 영향평가의 객관성, 공정성 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 교내·외 전문가 중에서 입학처장의 추천으로 총장이 임명하고, 그 임기는 1년으로 하며, 연임할 수 있다. (개정 2016. 9. 1.)

⑤ 위원회에 위원회의 사무를 처리할 간사 1명을 두며, 간사는 입학처 직원 중에서 위원장이 임명한다. (개정 2016. 9. 1.)

제4조(기능) 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 선행학습 영향평가의 방법 및 절차에 관한 사항
2. 서울과학기술대학교(이하 “본교”라 한다) 대학별고사의 고교 교육과정 내 출제 여부에 관한 사항
3. 선행학습 영향평가 결과의 향후 입학전형 반영에 관한 사항
4. 그 밖의 선행학습 영향평가 운영에 관한 사항

제5조(회의) ① 위원장은 위원 과반수의 요청이 있거나 위원장이 필요하다고 인정할 때 회의를 소집한다.

② 회의는 재적위원 3분의2 이상의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

제6조(영향평가 시행 및 결과 반영) ① 선행학습 영향평가는 해당 대학별 고사가 종료된 이후에 시행한다. 다만, 필요에 따라 모집 시기(수시 및 정시)별로 구분하여 시행할 수 있다.

② 선행학습 영향평가 결과에 대해서는 「서울과학기술대학교 입학전형관리위원회 규정」에 따른 입학전형관리위원회의 결정에 따라 다음 연도 입학전형에 반영하여야 한다.

제7조(결과 공시) 특별법 제10조제2항에 따른 선행학습 영향평가 결과 및 다음 연도 입학전형에의 반영 계획은 매년 3월 31일까지 본교 홈페이지에 게재하여 공개하여야 한다.

제8조(그 밖의 사항) 이 규정에 명시되지 아니한 선행학습 영향평가에 관한 사항은 위원회의 심의를 거쳐 총장이 따로 정한다.

부칙(제298호, 2015. 10. 13.)

이 규정은 공포한 날로부터 시행한다.

부칙(제339호, 2016. 9. 1.)

이 규정은 2016년 9월 1일부터 시행한다.

부칙(제644호, 2021. 10. 18.)

이 규정은 공포한 날로부터 시행한다.

3. 선행학습 영향평가 위원회 조직구성

서울과학기술대학교는 2021년(개정 2021.10.18.)에 마련한 선행학습 영향평가를 위한 규정을 바탕으로 대입전형 선행학습 영향평가 위원회를 설치하고, 위원회 구성은 위원장(입학처장 당연직) 1인을 포함, 9명의 위원으로 구성하였다. 평가의 객관성, 공정성 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 외부위원 5명을 위촉 구성하여 운영하였다.

<표 II-2> 선행학습 영향평가위원회 조직구성

구분	외부위원	내부위원	합계
	현직 고교교사 및 장학사	입학사정관 및 직원	
인원(명)	5	4	9
비율(%)	55	45	100

번호	구분	직위	위원
1	당연직 위원	입학처장	김○○
2	당연직 위원	입학과장	이○○
3	내부 위원	입학관리팀장	정○○
4	내부 위원	입학전형팀장	박○○
5	위촉 위원	○○고등학교	장지○
6	위촉 위원	○○고등학교	심상○
7	위촉 위원	○○고등학교	하○
8	위촉 위원	○○고등학교	이현○
9	위촉 위원	○○고등학교	정태○

4. 2024학년도 선행학습 영향평가 연구 일정 및 절차

<표 II-3> 서울과학기술대학교 선행학습 영향평가 연구 추진 일정

구분	일자	내용
2024학년도 대입전형 운영	2023.03.~ 2024.02.	• 2024학년도 수시모집 및 정시모집 대입전형 운영
2024학년도 대입 선행학습 영향평가 자문위원 위촉	2023.10.~11.	• 2024학년도 대입전형 선행학습 영향평가 위원회 및 자문위원 위촉
2024학년도 대입 선행학습 영향평가 연구 계획 수립	2023.11.	• 선행학습 영향평가 보고서 연구 계획
선행학습 영향평가 연구회의 1차 개최	2023.12.26.	• 2024학년도 대입 논술전형 논술 문항평가 분석 및 선행학습 유발 요인 분석, 계획 수립
선행학습 영향평가 연구회의 2차 개최	2024.01.09.	• 자체평가 보고서 작성 관련 의견 수렴 • 논술전형 논술 문항 분석 및 선행학습 유발 요인 분 석 결과 공유
선행학습 영향평가 연구회의 3차 개최	2024.01.25.	• 자체평가 보고서 작성 관련 의견 수렴 • 수학과교육과정(2020-236호)에 근거한 출제근거 재 확인 작업 • 대학별 고사의 선행학습 영향평가 보고서 작성에 따 른 이행 사항 재점검 및 체크리스트 점검
선행학습 영향평가 연구 중간보고서 검토	2024.02.07.	• 논술전형 합격자 설문지 작성에 대한 연구위원 의견 공유 • 선행학습 영향평가 시행에 관한 규정 확인
선행학습 영향평가 연구 결과보고서 초안 검토	2024.02.16.	• 자문결과를 반영한 결과분석 보고서 작성 • 대학입학전형(논술전형) 반영 계획 및 개선 관련 차 년도 의견 논의
선행학습 영향평가 연구 결과보고서 최종본 검토	2024.02.27.	• 설문 조사에 따른 결과 분석 및 입학 전형 반영 논의 • 선행학습 영향평가 결과 2025학년도 대입전형 계획 에 반영
선행학습 영향평가 연구 결과보고서 공유	2024.03.31. (예정)	• 2024학년도 대입전형 선행학습 영향평가 자체평가 보고서 홈페이지 공지

Ⅲ. 고등학교 교육과정 범위 및 수준 준수 노력

1. 출제 전

1) 대학별 고사 출제자 사전교육 등의 활동 내용

고등학교 교육과정에 대한 명확한 이해를 위하여 논술고사 출제 전에 고등학교 수학과 교육과정 자료를 교재로 하여 사전교육을 실시하였다. 현 교육과정에 대한 특이사항, 유의사항 등에 대한 분석뿐 아니라 2009 교육과정에 대한 비교 분석 등과 관련한 내용을 중심으로 출제 위원들이 고교교육 범위 및 수준을 준수하도록 교육하였다.

논술고사 검토위원으로는 현직 고교 수학교사 3명을 위촉하였다. 출제 기간에 출제위원과 함께 입소하여 논술 문항 검토에 참여하였다. 전년도 선행학습 영향평가 보고서를 토대로 보완하고 논술 문항과 관련하여 문제 및 제시문에 대하여 고교 교육과정 범위와 수준을 준수하도록 교육과정 및 교과서에 관한 내용을 검토하였다. 검토위원의 역할을 분명히 하여 출제 과정 내에서 선행학습과 사교육을 유발하지는 않는지 사전에 철저히 검증함으로써 고등학교 교육과정을 벗어나지 않도록 하였다.

2) 현직 교원의 모의논술문항 검토 참여 실적

논술고사를 준비하는 수험생의 부담을 덜어주고자 본교에서는 모의논술을 시행하고 있다. 전년도 논술결과 분석 및 당해 연도 논술고사 출제범위, 난이도 조절, 채점기준 등 본 논술고사와 동일한 범위 및 문제유형의 모의논술을 2023년 7월 6일(목) 온라인으로 실시하였고, 문제 및 출제배경과 해설을 온라인으로 공개하고 있다. 출제위원은 총 4명으로 구성하였다. 위원장 1명, 자연계열 3명(위원장 및 출제위원 1명이 문장검토위원 겸직) 등이다. 검토위원으로는 1명을 위촉하였다. 검토위원은 고등학교 수학교사를 위촉하였다.

<표 Ⅲ-1> 2024학년도 대입 모의 논술고사 운영 일정

항목	내용
출제본부 운영	2023.6. 26.(월), 27.(화), 7. 3.(월), 4.(화), 5.(수)
모의고사 실시	2023. 7. 6.(목) [온라인 모의고사(자연계열)]
출제위원	4명 [위원장(1명), 자연계열(3명): 위원장 및 출제위원 1명이 문장검토위원 겸직]
검토위원	1명 [교원자격: 수학(1명)]
관리요원	1명 [입학과 직원]
채점위원	출제위원 3명이 겸직

모의논술에서는 고등학교 교육과정과 연관성이 높도록 문제를 구성하여 교육과정에서 습득한 내용의 이해 능력과 이를 응용하여 사고할 수 있는 능력을 평가하는데 주안점을 두고 출제하도록 노력하였다. 또, 현직 고교 교사가 포함된 출제위원회를 통해 모의 논술의 출제 문제가 고등학교 교육과정에서 다루고 있는 기본적인 개념과 원리를 바탕으로 교육과정을 정상적으로 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 문제인지 점검하였다. 그리고 교과서의 내용 및 지문 등을 최대한 활용하여 학생들이 사교육에 의존하지 않고도 논술전형을 스스로 준비할 수 있도록 의견을 제시하였다. 마지막으로 모의 논술고사 실시 후 평가 결과분석을 통하여 출제된 문제의 타당성을 재검토하고 본 논술의 적정 난이도를 파악하였다. 이러한 일련의 과정을 바탕으로 모의 논술을 진행하면서 교육과정 준수여부 사전 점검함으로서 서울과학기술대의 논술전형이 공교육 정상화에 기여하기 위해 노력하였다.

3) 2024학년도 대입 모의 논술고사 자료 공개

2024학년도 대입 서울과학기술대학교 논술을 준비하는 학생들의 편의를 위해 2024학년도 대입 '논술전형 모의고사 문제지'와 '출제 배경 및 해설'을 각각 2023년 7월 6일(목), 7월 13일(목)에 공지하였다. 참고로 2024학년도 대입 모의 논술고사는 '온라인 모의고사'를 '문제 · 출제 배경 · 해설 온라인 공개'방식으로 실시하였다.

<표 Ⅲ-2> 2024학년도 대입 모의 논술고사 안내 자료 공개

안내 자료	공개 여부	공개 방법	공개 시기
2024학년도 수시 논술전형 모의고사 문제 · 출제 배경 · 해설	공개	홈페이지	2023. 7. 6.(목) [온라인 모의고사 문제 공개] 2023. 7. 13.(목) [출제 배경 및 해설 공개]

논술고사와 동일한 범위 및 문제유형의 모의 논술 운영에 대한 기준을 확립하고, 본 논술과 동일한 형태의 문제지 및 답안지를 제공하여 논술을 준비하는 수험생에게 편의성을 제공하고 있다. 또한 출제위원이 모의논술을 출제하면서 사전에 고교교육과정 준수사항을 숙지하고 본 논술 출제 시 대비할 수 있도록 하였다.

4) 논술전형 가이드북 공개

서울과학기술대학교는 논술전형 가이드북을 공개하여 주요 변경사항 및 모집단위, 2023학년도 논술전형 결과 분석, 논술전형의 이해와 대비, 2024학년도 모의논술 문제 및 해설, 2023학년도 수시모집 논술전형 기출문제 및 해설 등의 내용을 수험생들에게 제공하고 있다. 이를

통해 수험생들은 서울과학기술대학교의 논술전형을 사교육에 의존하지 않더라도 충분히 준비할 수 있다. 가이드북에서 논술고사의 출제 형식은 고등학교 가이드북에서 서울과학기술대의 논술고사는 고등학교 교육과정을 충실히 이수한 학생이라면 해결할 수 있는 유형으로, 출제 형식은 제시문과 함께 주어지는 문항에 답하는 논술형이라고 밝히고 있다.

<표 Ⅲ-3> 논술전형 논술고사 안내

구분	내용
문항수	대문항 3개(대문항 1개에 소문항 2~5개 내외)
형식	문항별 지정된 답안란에 작성
시험시간	100분
출제범위	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분

서울과학기술대학교는 창의적 인재, 실천적 인재, 윤리적 인재를 길러내고자 노력하고 있으며, 이를 위한 교육을 이수할 준비가 되어있는 학생들을 선발하기 위해 논술고사에서는 고교 과정에서 배우는 수학적 개념을 이해하고 있는지, 문제 해결을 위해 수학적 개념을 적절히 활용할 수 있는지 그리고 문제 해결 과정을 논리적으로 기술할 수 있는지 평가한다. 위의 표와 같이 2024학년도 논술전형에서는 수학, 수학 I, 수학 II, 미적분의 내용이 출제 범위이다. 세 개의 대문항이 출제되고, 각 대문항은 세 개에서 네 개의 소문항으로 구성된다.

첫 번째 대문항은 독립적인 내용을 묻는 개별 소문항으로 구성되고, 두 번째와 세 번째 대문항은 제시문을 읽고 순차적으로 문제를 해결해 나가는 연계형 소문항으로 구성되어 있다.

첫 번째 대문항에서는 고교과정에서 다루는 수학적 개념을 고르게 알고 있는지 평가하는 것을 목적으로 하고, 연계형 대문항에서는 주어진 상황을 수학적으로 이해하고 해결할 수 있는 능력이 있는지를 중점적으로 평가하고 있다.

고등학교 수학 교과과정을 충실히 이수한 학생이라면 큰 어려움 없이 해결할 수 있는 문제를 출제하되 단순 계산 문제보다는 통합적인 사고력을 측정할 수 있는 문제들을 출제하고 있다.

또한 제한된 시간 동안 제한된 공간 내에 본인의 풀이 과정을 논리적이면서도 간결하게 작성할 것과 객관식 혹은 단답형으로 출제되는 수학능력시험의 수학 영역과 달리 서술형이므로 각 단계별로 논리적 근거를 제시하는 것의 중요함, 그리고 빈약한 논리적 근거로 답안을 작성한 경우 결론이 동일하더라도 감점될 수 있음을 강조하고 있다.

2. 출제 과정

1) 출제위원 구성

서울과학기술대학교의 출제위원 구성은 각 단과대 학장이 일정 인원 이상의 출제위원을 추천하고 총장이 선정하게 되어 있다. 2024학년도 출제위원은 위원장 1명, 수학 6명으로 구성되었다.

<표 Ⅲ-4> 2024학년도 대입 수시 논술고사 출제위원 명단

순번	계열	과목	학과명	직위	성명	직위
1	자연계열	수학	○○○○학부	교수	김○○	위원장
2	자연계열	수학	○○○○학부	교수	김○○	출제위원
3	자연계열	수학	○○○○학과	교수	김○○	출제위원
4	자연계열	수학	○○○○학부	조교수	박○○	출제위원
5	자연계열	수학	○○○학과	조교수	정○○	출제위원
6	자연계열	수학	○○○학과	조교수	한○○	출제위원
7	자연계열	수학	○○○○○학과	조교수	김○○	출제위원

※ 출제위원: 7명(위원장 1명, 수학 6명)

2) 출제본부 구성

출제본부는 학교 외곽 지역에 장소를 선정하여 6박 7일 동안 출입을 통제하고 출제 문항이 유출되지 않도록 통신기기 회수 및 보안 서약서 작성 등 각별한 보안체계를 유지하였다. 외부 보안업체에서 4명이 상주하여 보안 업무를 담당하였다. 또한 출제본부 관리 요원 3명이 상주하여 관리 감독을 하는 체제로 운영하였다.

3) 검토위원회 구성

출제 문항이 고등학교 교육과정을 준수했는지를 확인하기 위해 검토위원회를 구성하였다. 검토위원회는 총 4명으로 현직교사 3명, 문장검토위원 1명으로 구성하였다. 검토위원회 역할은 고등학교 교육과정 수준 내에서 출제되었는지를 검토 및 확인하는 것으로 출제위원들과 동반입소하여 출제교수들과 함께 문제풀이 등에 실제 참여하여 문항을 보완하는 등 고교 교육과정 범위 및 수준을 준수하려는 노력을 하였다. 검토위원은 출제와 관련하여 업무범위와 일정에 맞춰 제시문 및 문항을 고등학교 교육과정에서 근거하여 검토확인 하고 검토의견서를 작성하였다.

<표 Ⅲ-5> 2024학년도 대입 수시 논술고사 검토위원 명단

순번	계열	과목	소속	직위	성명	직위
1	인문사회계열	국어	서울과학기술대	조교수	정○○	문장검토위원
2	자연계열	수학	서울지역 일반고	교사	이○○	검토위원
3	자연계열	수학	서울지역 자사고	교사	장○○	검토위원
4	자연계열	수학	서울지역 일반고	교사	하○	검토위원

※ 검토위원: 4명(수학3명, 문장검토위원 1명)

<표 Ⅲ-6> 2024학년도 대입 수시 논술고사 검토위원 고교 교원 참여 인원

	2024학년도 인원	2023학년도 인원
자연계열	3명	3명
총합	3명	3명

4) 문항 출제

서울과학기술대학교 자연계열 논술고사는 3문항으로 각 문항당 3개의 소문항으로 구성되어 있고 각 차시당 100분간 오전/오후 2회 진행되었다. 문제 1은 총 점수의 34%, 문제 2와 문제 3은 각각 33%를 배점 비율로 하였다. 각 문항별로 문항카드 양식에 따라 일반정보(①)와 문항 및 제시문(②)을 작성하였으며 출제 의도(③), 문항 및 제시문 출제 근거(④)를 명시적으로 작성하여 운영하였다. 적용 교육과정과 고등학교의 성취기준을 밝힘으로써 고교 과정 내에서 출제하려고 노력하였다. 제시문이나 출제 관련 자료를 도서명, 저자, 발행처, 발행 연도, 쪽수를 명시하여 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 출제문항에 따라 출제 의도와 해설(⑤)을 작성하고 채점기준(⑥)을 제시하였으며 예시답안(⑦)을 작성하였다.

5) 2024학년도 대입 논술고사 채점 및 채점위원 구성

출제위원으로 구성된 가채점 회의를 통해 문제출제 시 고교교육과정 및 선행학습에 대한 노력 등을 설명하며 출제의도, 채점기준, 평가방법등을 채점위원들에게 설명하였으며 채점장 운영 시 보안 관리를 철저히 하는데 힘썼다. 2024학년도 논술고사 채점본부는 총 91명의 채점위원으로 구성하였다. 위원장 1명, 채점가이드 7명(위원장 포함), 자연계열(수학) 84명의 채점위원을 대상으로 온라인 채점 시스템 실시 교육과 과목별 채점기준에 대한 설명이 이루어졌으며, 다단계의 절차를 거쳐 채점이 이루어졌다.

3. 출제 후

1) 출제 문제 분석

논술 문제의 교육과정 준수 여부를 모두 확인하는 과정을 거쳐 선행학습 영향평가 절차를 충실히 따랐다. 논술 시험 문항 및 제시문, 출제 의도, 출제 근거, 문항 해설, 채점기준, 예시답안을 검토한 결과, 서울과학기술대학교의 2024학년도 대입 논술고사에서 선행학습이 필요한 요소는 없었다고 판단하였다.

<표 Ⅲ-7> 논술고사 분석 결과

평가대상	입학 전형	계열	문항 번호	고등학교 과목명	교육과정 준수여부
논술 등 필답고사	논술	자연	오전-1	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분	○
			오전-2	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분	○
			오전-3	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분	○
		자연	오후-1	수학, 수학 I, 미적분	○
			오후-2	수학, 수학 I	○
			오후-3	미적분	○

2) 선행학습 영향평가 회의

가. 대학입학전형 선행학습영향평가 위원회 개최

2024학년도 선행학습 영향평가 위원회를 개최하여 자체영향평가보고서 보고 및 심의를 5회에 걸쳐 진행하였다. 2024학년도 선행학습영향평가보고서 작성에 관한 내용뿐만 아니라, 2025학년도 및 2026학년도 전형 설계에 이르기까지 폭넓은 논의가 진행되었다.

※ 대학입학전형 선행학습영향평가 위원회 회의록

차시	1차 회의
회의 일시	2023.12.26. (화요일)
회의 장소	○○○○○ 회의실
회의 목적	2024학년도 대입 논술전형 문항평가 분석 및 선행학습 유발 요인 분석, 계획 수립
회의 내용	1. 2024학년도 논술전형 실시 보고 ▶ 실시일 : 2023.11.20.(월) - 오전/오후(2회) ▶ 문항 : 회차별 3문항 (각 문항별 소문항 3개) ▶ 범위 : 수학, 수학I, 수학II, 미적분 ▶ 분석 : ① 형식의 일관성 ☞ 일관된 형식에 따른 논술전형 준비가능 ↑ ② 범위축소 ☞ 출제과목 축소, 확률과 통계 과목 삭제 ③ 난이도 조절에 따른 시간 안배 ☞ 작년 난이도보다 쉽거나 비슷함. 2. 2024학년도 선행학습보고서 분석 ▶ 2023학년도 선행학습보고서를 기초로 기본형식 유지 및 충실성 높이기. ▶ 연구위원 문항평가 자문위원서 작성 및 유사문항 수록 3. 일정 2차 : 2024.01.09.(금) : 선행학습 유발 요인 분석 결과 공유 - 자체평가 보고서 작성 관련 의견 수렴 - 논술전형 논술 문항 분석 및 선행학습 유발 요인 분석 결과 공유 3차 : 2024.01.25.(목) : 합격자 설문문항 조사 및 통계처리 - 자체평가 보고서 작성 관련 의견 수렴 - 수학과교육과정(2020-236호)에 근거한 출제근거 재확인 작업 - 대학별 고사의 선행학습 영향평가 보고서 작성에 따른 이행 사항 재점검 및 체크리스트 점검 4차 : 2024.02.07.(수) : 문항카드 및 자문위원 보고서 분석 - 논술전형 합격자 설문지 작성에 대한 연구위원 의견공유 - 선행학습 영향평가 시행에 관한 규정 확인 5차 : 2024.02.21.(수) : 보고서 과정에 대한 최종 의견 수렴 - 자문결과를 반영한 결과분석 보고서 작성 - 대학입학전형(논술전형) 반영 계획 및 개선 관련 차년도 의견 논의

나. 고교 교사 자문위원 위촉 및 논술고사 문항별 출제 검토의견 요청

대입전형 선행학습 영향평가를 위하여 현직 고등학교 교사 10명을 자문위원으로 위촉하였다. 본교 논술고사에 대한 출제된 문항이 고교 교육과정 범위 및 수준을 준수하였는가에 대한 명확한 분석을 진행하였다. 출제 문항에 대한 교육과정 근거를 명시하고 그 연계성과 관련한 교과서 또는 EBS 교재의 문항 비교를 실시하였다. 또한 금년도 논술고사의 분석 뿐만 아니라 향후 논술고사의 개선 방안 및 대입전형에 대한 자문 의견 수렴의 역할까지 수행하였다.

다. 기출문제 및 출제의도 공개 및 수험생 의견

2024학년도 대학별고사 정보를 본교 입학처 홈페이지에 공개한다. (3월 31일 (예정))

한편, 2024학년도 논술고사에 응시한 수험생 중 합격생을 대상으로 의견 수렴을 위한 설문조사를 진행 하였다. 설문조사에는 2024학년도 입학전형(수시모집 논술전형)에 대한 선행교육이 필요 유무, 사교육 유발요소, 논술문항의 수준(난이도와 범위)에 대한 문항과 전체적인 만족도, 교육과정 범위 내에서 출제되었다고 생각하는지를 묻는 문항이 포함되어 있다. 실제 응시한 수험생(합격생-설문의 신뢰도를 높이기 위한 방안)을 대상 설문조사를 통해 차년도 논술고사 운영 시 공교육 정상화에 기여할 수 있는 문항 출제를 위한 참고자료로 활용할 예정이다.

※ 서울과학기술대 2024학년도 논술고사 설문

서울과학기술대 2024학년도 논술고사 설문(수정)

안녕하십니까? 서울과학기술대학교 2024학년도 입학전형 선행학습 영향평가 연구위원회입니다.

이 설문조사는 서울과학기술대학교 2024학년도 입학전형(수시모집 논술전형)에 대해 선행교육이 필요한지와 사교육 유발 요소가 있었는지 알아보기 위해 실시하고 있습니다. 여기서 '선행교육'이란 문제를 해결하기 위해 고등학교 수준을 넘어 대학에서 사용되는 개념이 필요하였는지를 의미하며, '사교육'은 학교 수업(정규수업, 방과후수업 등) 이외의 교육 활동을 의미합니다.

앞으로도 서울과학기술대가 고등학교 교육과정이 정상적으로 운영되도록 하고, 공교육 정상화 촉진에 기여할 수 있도록 다음 설문에 여러분의 적극적인 참여 부탁드립니다.

조사기간: 2024.2.7.(수) ~ 2024. 2. 16.(금) 21:00

※ 설문조사는 PC 및 모바일에서 참여 가능합니다.

※ 총 20문항으로 구성되어 있으며 약 7~10분이 소요됩니다.

※ 기존 설문을 하신 분들께는 답례품 지급 관련 설문 미비로 설문을 다시 요청드린 점 송구한 말씀 드립니다.



2024.02.08. 오전 09:59 ~ 2024.02.16. 오후 09:00

※ 서울과학기술대 2024학년도 논술고사 합격자 설문 의견 문항

문항	내용
1	응답일시
2	응답자
3	본인 응시 시험은?
4	본인이 응시한 서울과기대 2024학년도 논술고사의 난도는?
5	[문항 2]에서 ① 매우 쉽다, ② 쉽다, ③보통을 선택한 이유는?
6	[문항 2]에서 ④ 어렵다, ⑤ 매우 어렵다 를 선택한 이유는?
7	서울과기대 논술 고사를 준비하기 위해 대학 과정 선행학습을 진행하였습니까?
8	대학 과정 선행학습은 서울과기대 논술고사에 도움이 되었습니까?
9	서울과기대 2024학년도 논술고사를 준비하기 위해 대학 수준의 선행학습이 필요하다고 생각합니까?
10	[문항 7] 선택의 이유는?
11	귀하는 서울과기대 논술고사를 위해 어떤 준비를 하였습니까?
12	서울과기대 논술고사를 위한 가장 효과적인 준비는 무엇이라 생각합니까?
13	서울과기대 2024학년도 논술 고사를 준비하기 위해 사교육이 필요했다고 생각합니까?
14	[문항 11] 선택의 이유는?
15	서울과기대 논술고사에 대한 의견을 자유롭게 기술 바랍니다.
16	귀하의 성별은?
17	출신고교 유형은?
18	재학, 졸업 여부
19	귀하의 출신고교 소재지는?
20	논술전형 선행학습영향평가 연구를 위한 개인정보 수집 및 활용에 동의하십니까?
21	답례품을 받는 본인의 이름을 입력해주세요.
22	설문 답례품을 받을 핸드폰 번호를 입력바랍니다.

※ 참고 : 논술전형 합격자 설문조사를 통한 분석 18~31쪽.

4. 금년도 개선사항 요약

1) 금년도 개선사항

예년과 마찬가지로 출제본부 구성 후 「교육부 논술고사 선행학습 영향평가 온라인 연수」 자체 재교육을 실시하였으며, 현직 고교교사가 출제위원들에게 2015 수학과 개정 교육과정 전반에 관한 연수를 실시하여 고등학교 교육과정에 대해 충분히 이해할 수 있도록 하였다. 특히 평가 유의사항을 꼼꼼히 확인하여 성취기준과 더불어 문항을 제작할 것을 권고하였으며, 이전 교육과정과 비교하여 삭제된 개념, 추가된 개념, 다른 과목으로 이동된 개념 등을 충분히 숙지하도록 하였다.

이와 더불어 출제 시 교사 위원 3명을 구성해 1차 출제가 마무리 된 시점에 투입하여 문항 검토하였고, 끊임없이 출제진과 회의하여 제시문, 문항, 풀이과정 등에서 고등학교 교육과정을 벗어난 내용이 없는지 또한 학생들을 선발하기에 적절한 난도와 성취수준을 만족하는지 확인하는 과정을 거쳤다.

또한 선행학습 영향평가 위원회를 활성화하여 2024학년도 논술고사 문항분석, 입시결과, 설문조사 등을 종합하여 차년도 논술고사 개선사항에 대해 논의하도록 하였다.

2) 출제위원 사전교육

출제 전 선행학습영향평가 연구보고서 교육을 실시하였고, 2015 수학과 개정 교육과정 전반에 관한 구체적인 정보를 전달함으로써 출제위원들이 충분히 이해할 수 있도록 하였다. 특히 그간 선행학습법 위반 사항들의 예시를 강조하여 문제 출제에 도움이 되도록 하였다.

3) 출제 과정

논술고사 문항 출제 과정에서 3명의 교사 위원을 위촉함으로써 객관적인 검토가 이뤄질 수 있도록 노력하였다. 문항 출제 범위 및 수준을 면밀히 검토하는 한편, 본교 논술전형 지원자의 고교유형, 지역 등을 고려하여 수험생의 특성을 잘 파악할 수 있는 교사를 위촉하였다.

4) 출제 후 재검토

선행학습 영향평가 위원회를 구성하여 2024학년도 논술고사 문항분석, 입시결과, 설문조사 등을 종합, 평가하였다. 그 중 설문조사는 논술고사 자연계열 합격자 중 121명이 설문에 참여하였다. 이 응답자 중 93%에 해당하는 112명이 논술 시험의 난이도가 '매우 쉽다', '쉽다', '보통이다'로 답변하여 학생들이 체감하는 난도가 높지 않았다는 것을 알 수 있었다. 또한 89%에 해당하는 107명이 선행학습을 진행하지 않았다고 응답하였으며, 설문에 응답한 대부분의 학생이 서울과기대 논술 전형 준비에 대학 수준의 선행학습은 필요하지 않다고 응

답하였다.

한편, 대학 입학처 홈페이지에 공개된 기출문제와 대학 발행 논술 가이드북이 논술고사를 위한 효과적인 준비 방법이라고 응답한 건수(중복선택 가능)는 총 219건 중 133건으로 약 60%이다. 이는 사교육이 논술고사를 위한 효과적인 준비 방법이라고 응답한 비율보다 월등히 높았다. 이와 관련한 자유 응답 문항에서 기타 자유 응답으로는 '수능 준비만 하고 논술은 따로 준비하지 않았다'는 의견이 대다수였다. 2022학년도, 2023학년도 설문조사 결과와 비교해보면 사교육(학원 또는 과외)이 가장 효과적인 준비 방법이라고 응답한 비율은 비슷한 수준을 보이고 있고(2022학년도 24.8% → 2023학년도 24.2% → 2024학년도 26.0%), 사교육에 의존하지 않고 방과후 수업 등 교내 프로그램, 대학 입학처 기출문제, 논술 가이드북으로 논술고사를 준비한 학생의 비율은 68.5%로 가장 많은 비율을 차지하였다.

설문을 통해 결론적으로 서울과학기술대학교 논술전형은 고등학교 교육과정 범위를 준수하고 있고, 난이도도 적절하여 사교육의 도움 없이 학교에서의 학습과 대학에서 제공하는 정보를 기반으로 충분하게 준비하면 합격할 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 앞으로도 서울과학기술대학교 입학처의 기출문제와 모의 논술 자료 공개, 논술가이드북 발행 등과 같은 대학의 노력이 지속되어 공교육 정상화에 기여하기를 기대한다.

IV. 논술전형 합격자 설문조사를 통한 분석

서울과학기술대학교 입학전형(수시모집 논술전형)에 대한 학생들의 인식과 사교육이 끼치는 영향을 알아보기 위해 2024학년도 서울과학기술대학교 논술전형에 합격한 학생들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 실시 대상은 <표 IV-1>과 같다. 논술전형 자연계열 합격자 중 121명이 설문에 응답하였다.

<표 IV-1> 설문 응답자 분포

구분	자연 오전	자연 오후	계
인원(명)	74	47	121
비율(%)	61	39	100

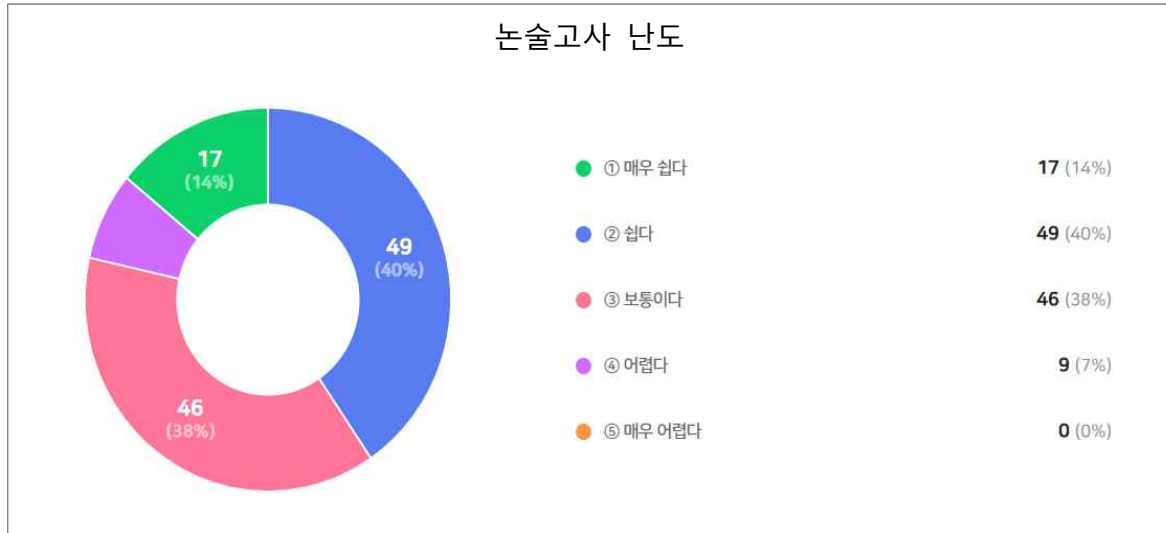


1. 설문 응답자의 논술고사 난도 응답 분석

2024학년도 서울과학기술대학교 논술고사의 난이도를 묻는 질문에 대한 응답 결과는 아래 <표 IV-2>와 같다.

<표 IV-2> 논술고사 난도 응답

구분	매우 쉽다	쉽다	보통이다	어렵다	매우 어렵다	계
인원(명)	17	49	46	9	0	121
비율(%)	14	40	38	7	0	100



총 121명의 응답자 중 17명(14%)이 '매우 쉽다', 49명(40%)이 '쉽다'로 답변하였고, '보통이다'로 답변한 학생은 46명(38%), '어렵다'는 9명(7%)로 나타났다. '매우 어렵다'라고 답변한 학생은 없었다.

응답자 중 93%에 해당하는 학생들이 '매우 쉽다', '쉽다', '보통이다'를 선택한 것을 볼 때, 출제 문항이 교육과정을 잘 준수하였다고 판단할 수 있다. 추가로 작년 설문조사의 경우 '매우 쉽다', '쉽다', '보통이다'를 선택한 학생은 94%로 시험의 난도는 예년과 비슷했음을 알 수 있었다.

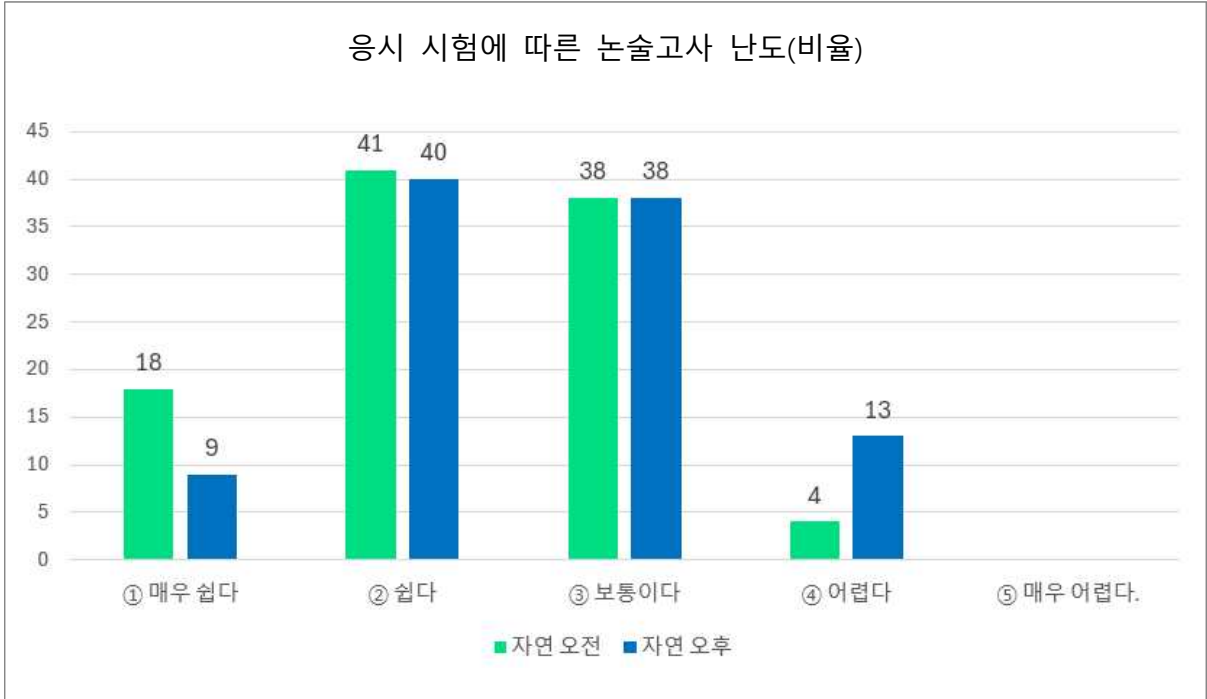
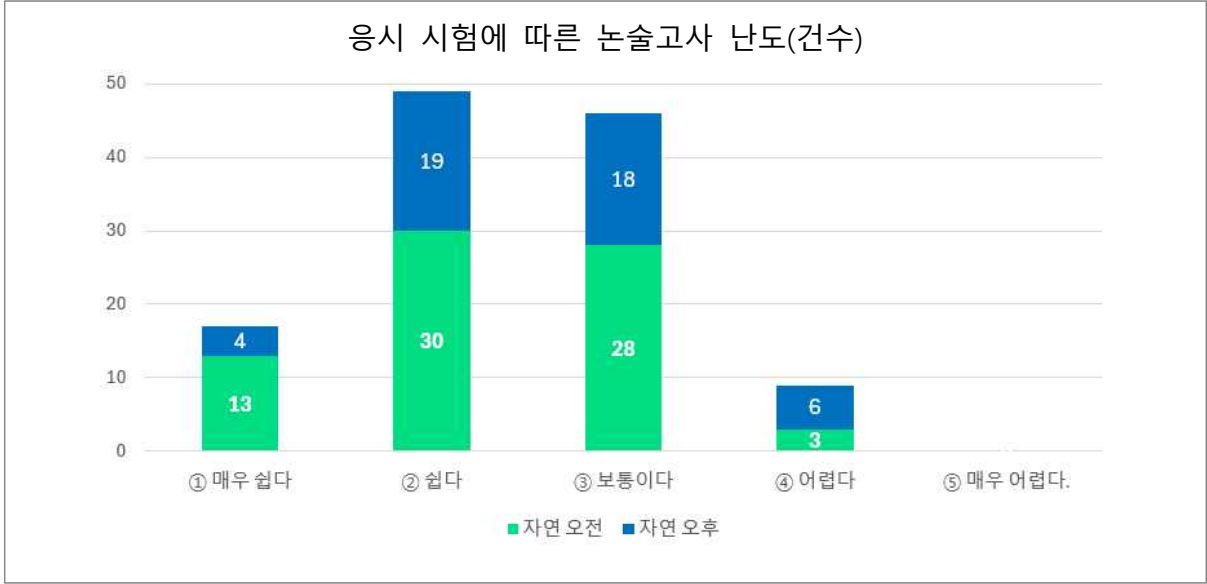
응시 시험에 따른 난도 응답은 다음 <표 IV-3>, <표 IV-4>와 같다.

<표 IV-3> 논술고사 난도 응답(건수)

구분	매우 쉽다	쉽다	보통이다	어렵다	매우 어렵다	계
자연 오전	13	30	28	3	0	74
자연 오후	4	19	18	6	0	47
계	17	49	46	9	0	121

<표 IV-4> 논술고사 난도 응답(비율, %)

구분	매우 쉽다	쉽다	보통이다	어렵다	매우 어렵다	계
자연 오전	18	41	38	4	0	100
자연 오후	9	40	38	13	0	100

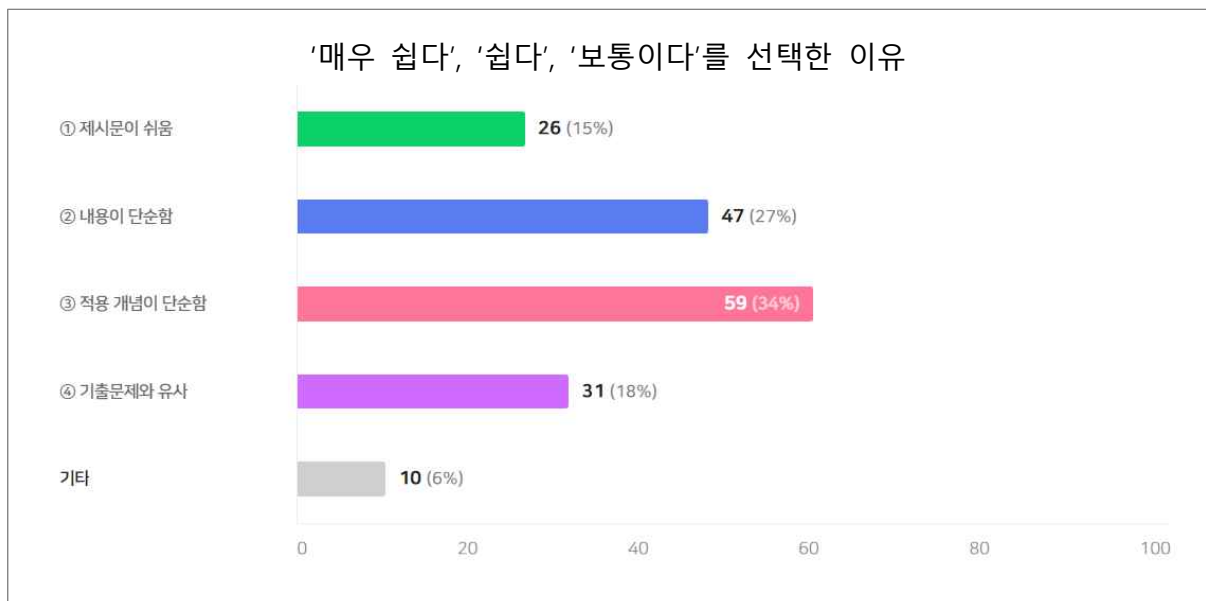


2024학년도 논술고사가 '매우 어렵다'를 선택한 응답자는 없었다. 하지만 응답자 중 '어렵다'를 선택한 비율은 오전, 오후 각각 4%, 13%로 나타나 오전에 비해 오후 문제를 상대적으로 더 어렵게 느꼈음을 알 수 있었다.

자연 오전, 오후에 응시했던 응답자 모두 '쉽다'를 가장 많이 선택했다. 응답자 121명 중 112명이 '매우 쉽다', '쉽다'와 '보통이다'에 응답하였고, 이 비율은 전체의 93%에 해당했다. 이 응답자들이 '매우 쉽다', '쉽다', '보통이다'를 선택한 이유는 <표 IV-5>와 같다.

<표 IV-5> '매우 쉽다', '쉽다', '보통이다'를 선택한 이유(중복 선택 가능)

구분	제시문이 쉬움	내용이 단순함	적용 개념이 단순함	기출문제와 유사	기타
건수	26	47	59	31	10
비율(%)	15	27	34	18	6



응답자 중 '적용 개념이 단순함'을 선택한 경우가 59명으로 34%에 해당하였고, '내용이 단순함'과 '기출문제와 유사함'이 각각 47명(27%)과 31명(18%)로 나타났다. '제시문이 이해하기 쉬웠다'는 반응도 26명(15%)이 있었다.

자유 응답으로 서술한 기타 의견으로는 '수능과 문제 유형이 유사했음', '문제를 꼼꼼히 읽고 생각하면 답이 나옴', '적용 개념과 풀이 과정이 상대적으로 어려운 문항이 있었으나 나머지 문항이 난이도가 쉬워서 전체적으로 해결이 용이했음', '학교 수업 중에도 접할 수 있는 익숙한 문제 형태로 타학교에 비해 어렵지 않은 느낌임' 이라는 응답이 있었다.

응답자 121명 중 9명은 2024학년도 논술고사의 난도와 관련 '어렵다'를 선택하였고, '매우 어렵다'를 선택한 경우는 없었다. 이 응답자들이 '어렵다'를 선택한 이유는 <표 IV-6>과 같다.

<표 IV-6> '매우 어렵다', '어렵다'를 선택한 이유(중복 선택 가능)

구분	제시문이 어려움	내용이 복잡함	적용개념이 어려움	기출문제와 다름	기타	계
건수	2	4	4	5	0	15



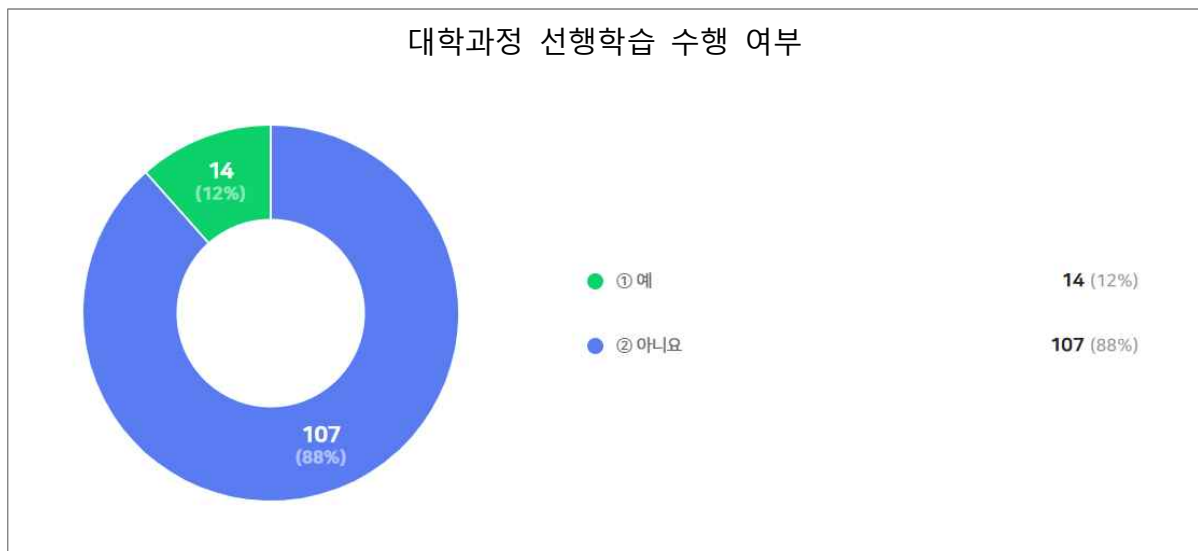
'어렵다'를 선택한 이유 중 '기출문제와 다름'의 선택이 5건으로 가장 많았고, '내용이 복잡함'과 '적용 개념이 복잡함'을 선택한 응답자는 4건, '제시문이 어려움'을 선택한 경우는 2건이었다.

2. 논술고사와 선행학습의 영향 분석

전체 응답자 121명 중 대학 과정 선행학습 여부에 대한 응답은 <표 IV-7>과 같다.

<표 IV-7> 대학 과정 선행학습 수행 여부

구분	예	아니요	계
인원(명)	14	107	121
비율(%)	12	88	100

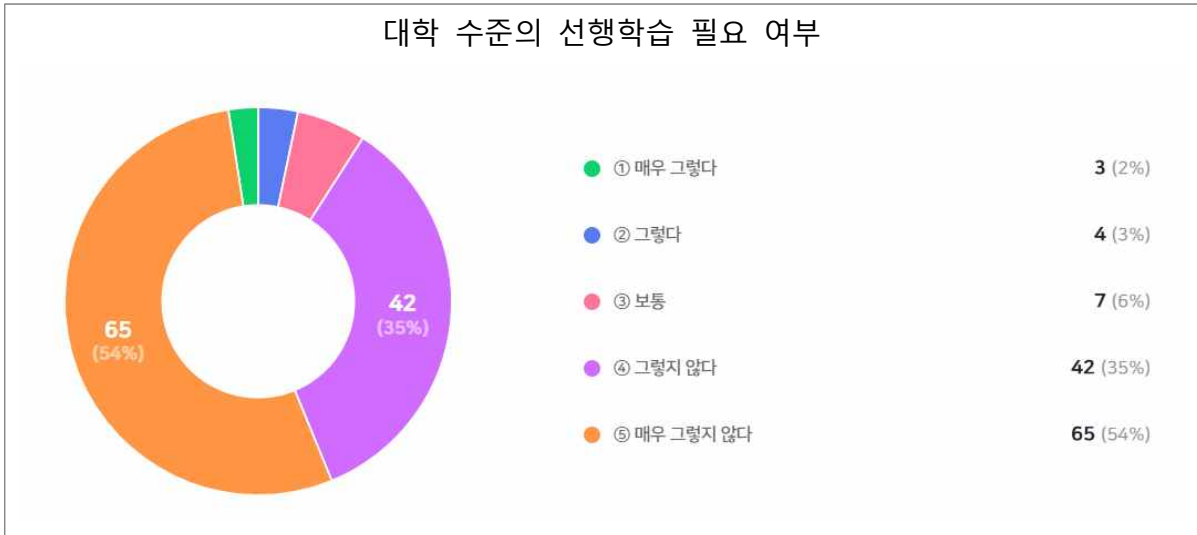


서울과기대 논술전형에 합격한 학생 중 응답자의 대부분인 107명, 88%의 학생은 대학 과정의 선행학습을 수행하지 않았고, 상대적으로 소수인 14명, 12%가 선행학습을 수행했다고 응답하였다.

논술고사 준비에 있어서 대학 수준의 선행학습이 필요한지 묻는 문항의 응답 결과는 아래 <표 IV-8>와 같다.

<표 IV-8> 논술고사 준비와 대학 수준의 선행학습 필요 여부

구분	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
인원(명)	3	4	7	42	65
비율(%)	2	3	6	35	54



전체 응답자 121명 중 논술고사를 준비하기 위해 대학 수준의 선행학습이 필요 여부와 관련 '매우 그렇다'와 '그렇다'고 답한 비율은 전체의 5%에 불과하였고, '그렇지 않다'와 '매우 그렇지 않다'는 비율은 89%로 다수를 차지하였다.

선행학습 필요 여부에 대한 자유 응답으로 서술한 의견에서 선행 학습이 필요하지 않다는 이유로 '고교 교육과정에서 배운 개념만 활용된 문제였다.', '수능 문제와 유사하여 함께 준비하기에 무리가 없었다.', '고등학교 개념만 착실하게 공부하면 해결할 수 있는 문제로 구성되어 있어 대학 선행과정은 전혀 불필요하다고 생각함', '대학 수준의 선행을 하고 안하고 문제를 해결하는데 차이가 없음', '모의 논술문제 분석만으로도 준비에 부족함이 없음' 등의 답변이 있었다.

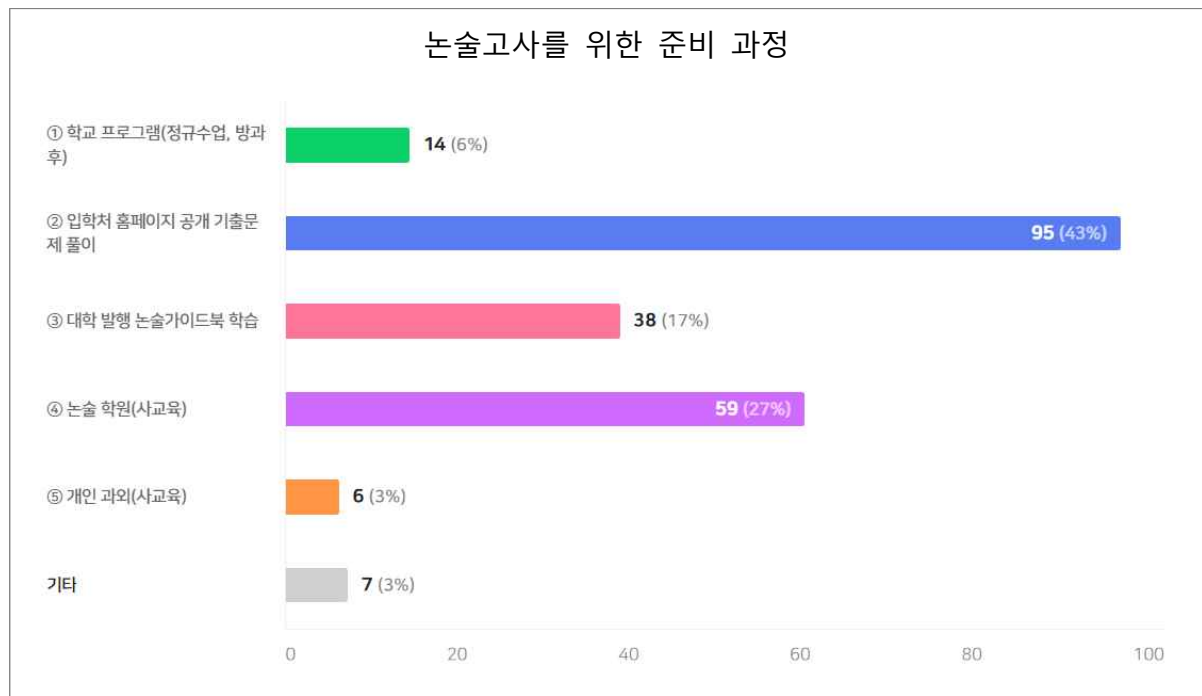
한편 선행 학습이 필요하다고 응답한 학생의 이유로는 '대학 수준의 내용이 필요하지는 않지만, 많은 개념을 알고 있으면 문제 이해에 도움이 되어서'라는 답변이 있었다.

3. 논술고사와 준비 방법 영향 분석

서울과학기술대학교 논술전형을 위해 학생들이 실제로 수행했던 준비 과정과 가장 효과적이라고 생각하는 준비 방법, 그리고 사교육의 필요성에 대한 설문을 실시하였다. 설문 응답자가 논술고사를 위해 준비한 방법에 관한 결과는 <표 IV-9>과 같다. (중복 선택 가능)

<표 IV-9> 논술고사를 위해 어떤 준비를 하였습니까

구분	교내 프로그램 (정규수업, 방과후)	입학처 홈페이지 기출문제	대학 발행 논술 가이드북	논술학원 (사교육)	개인 과외 (사교육)	기타
건수	14	95	38	59	6	7
비율(%)	6	43	17	27	3	3

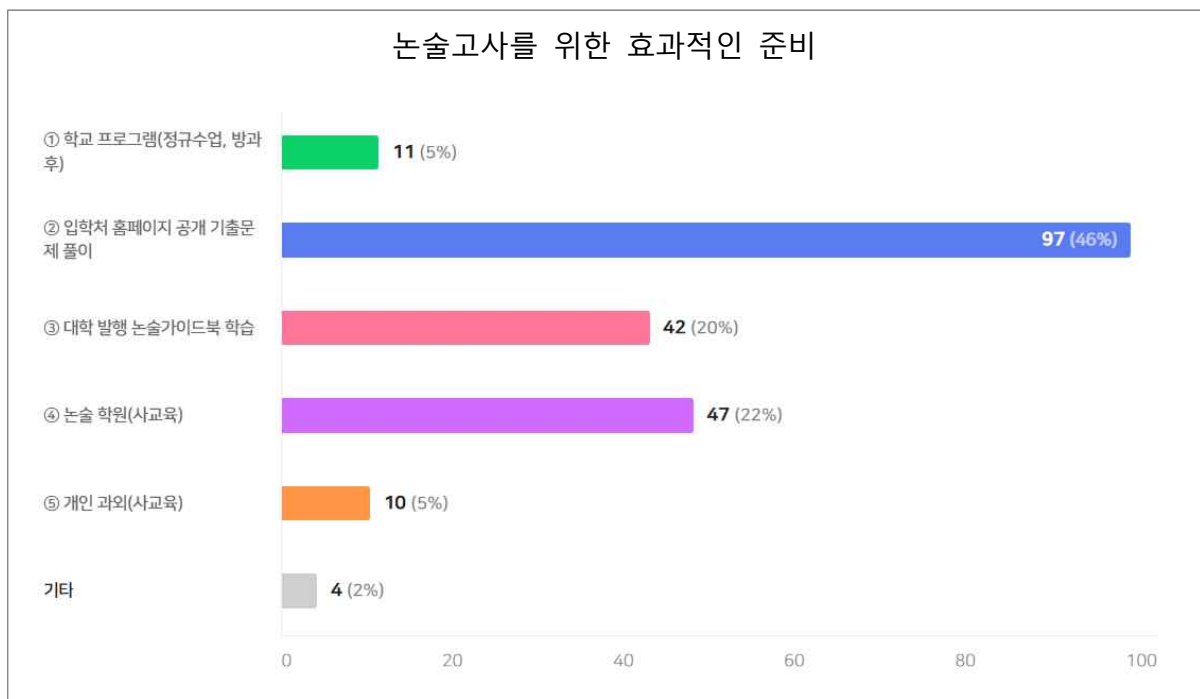


합격자들을 대상으로 실시한 설문이기 때문에 실제 준비한 방법과 논술 합격 결과 사이에 유의미한 관련성이 존재한다고 볼 수 있다. 응답자의 43%는 입학처 홈페이지에 공개된 기출문제를, 17%는 대학에서 발행한 논술가이드북을 통해 논술고사를 준비하였다고 답해 다수의 학생이 대학에서 제공한 자료를 통해 논술고사를 준비하였다는 것을 알 수 있었다. 기타 자유 응답으로 '수능 준비만 하고 논술은 따로 준비하지 않았다'는 의견이 대다수였다.

논술고사를 대비하기 위해 가장 효과적인 준비 방법에 대한 설문 결과는 <표 IV-10>과 같다.
(중복 선택 가능)

<표 IV-10> 논술고사를 위한 가장 효과적인 준비 방법

구분	교내 프로그램 (정규수업, 방과후)	입학처 홈페이지 기출문제	대학 발행 논술 가이드북	논술 학원 (사교육)	개인 과외 (사교육)	기타 (자기주도 학습 등)
건수	11	97	42	47	10	4
비율(%)	5	46	20	22	5	2



설문에 참여한 응답자 121명 중 80%가 넘는 97명이 입학처 홈페이지에 공개된 기출문제를 통한 학습이 논술고사 준비에 가장 효과적이라고 응답하였다. 뒤를 이어 논술학원, 대학 발행 논술 가이드북, 교내 프로그램, 개인 과외 순으로 나타났다. 입학처에서 공개하는 기출문제가 논술고사 대비에 큰 도움이 된다는 것을 확인할 수 있었지만, 학원 등 사교육의 도움을 받는 경우도 적지 않았다. 기타 자유 응답으로는 '수능 기출문제 풀이', '학교 내신에 출제되는 여러 문제 유형을 꼼꼼히 학습함', '인터넷 강의'가 도움이 된다는 의견이 있었다.

설문 대상자들에게 2024학년도 서울과학기술대학교 논술고사를 준비하기 위해 사교육이 필요했다고 생각하는지에 대한 응답은 <표 IV-11>과 같다.

<표 IV-12> 논술고사를 위해 사교육이 필요했다고 생각합니까

구분	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
인원(명)	9	26	39	24	23
비율(%)	7	21	32	20	19



설문 대상자들에게 2024학년도 서울과학기술대학교 논술고사를 준비하기 위해 사교육이 필요했다고 생각하는지에 대한 응답은 '매우 그렇다'와 '그렇다'가 28%. '보통'과 '그렇지 않다', '매우 그렇지 않다'가 72%로 '사교육이 필요하지 않았다'라고 응답한 학생들이 '필요하다'고 응답한 경우에 비해 2배 보다도 높게 나타났다.

사교육이 필요하지 않다고 응답한 이유로는 '기본 개념만 잘 숙지하고 있어도 풀이가 가능한 문제이기 때문', '논술 가이드북이 정리가 잘되어 있어 이를 활용해도 충분함', '난도가 높지 않아 학교에서 충실하게 학습해도 합격이 가능함' 등이 있었다. 한편 사교육이 필요하다고 응답한 이유로는 '혼자 공부하다보면 게을러지는 순간이 있어 붙잡아주는 역할을 해주기 때문', '기출문제와 다르게 출제되는 경우를 대비하기 위해', '논술 답안지를 작성하는 방법을 알려주기 때문' 등의 답변이 있었다.

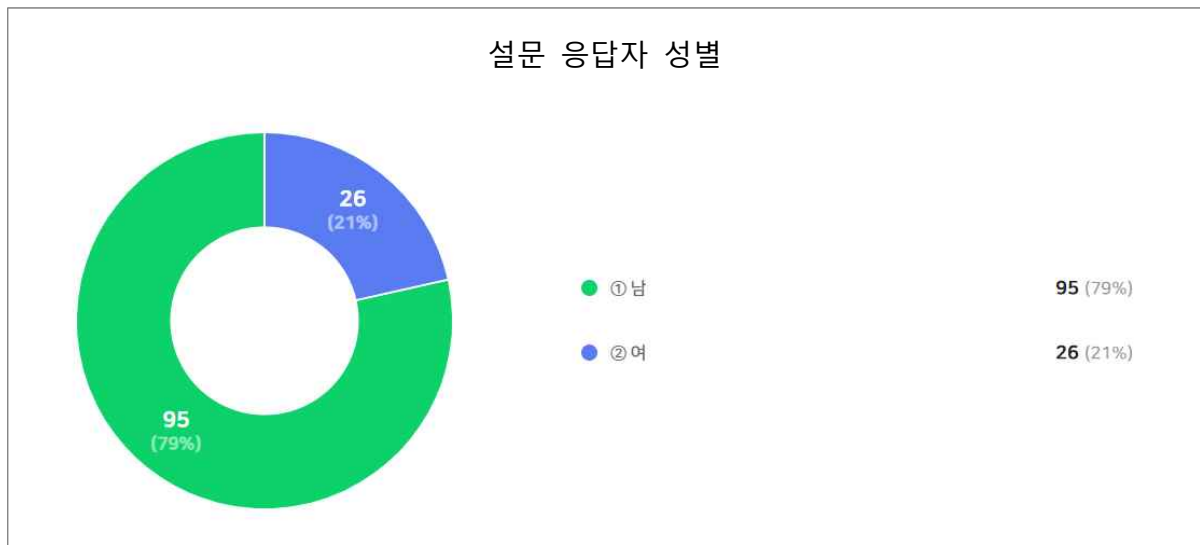
2024학년도 서울과기대 논술고사에 대한 자유답변으로는 '서울 소재 대학의 논술고사 중 수능 수학만 제대로 준비하면 충분히 해결할 수 있는 문제로 구성되어 있다는 것이 장점임', '학교 홈페이지에 논술 문제 기출이 잘 정리되어 있어서 연습하기에 매우 좋았고, 모의 논술과의 연계도 잘 되어 있음.', '서울과기대의 논술고사는 결과보다 과정을 평가하는 시험으로 겉으로는 쉬운 문제처럼 보이더라도 그 속에는 사고력과 창의력을 묻는 좋은 문제들로 구성되어 있음.', '고등수학의 기초가 탄탄하다면 모의논술과 기출을 참고하여 꼼꼼히 서술하는 법만 익혀 충분히 합격이 가능함' 등이 있었다.

4. 설문 응답자의 성별, 출신 고교유형과 소재지 분석

설문 응답자 121명의 성별은 <표 IV-12>과 같다.

<표 IV-12> 설문 응답자 성별

구분	남	여	계
인원(명)	95	26	121
비율(%)	79	21	100



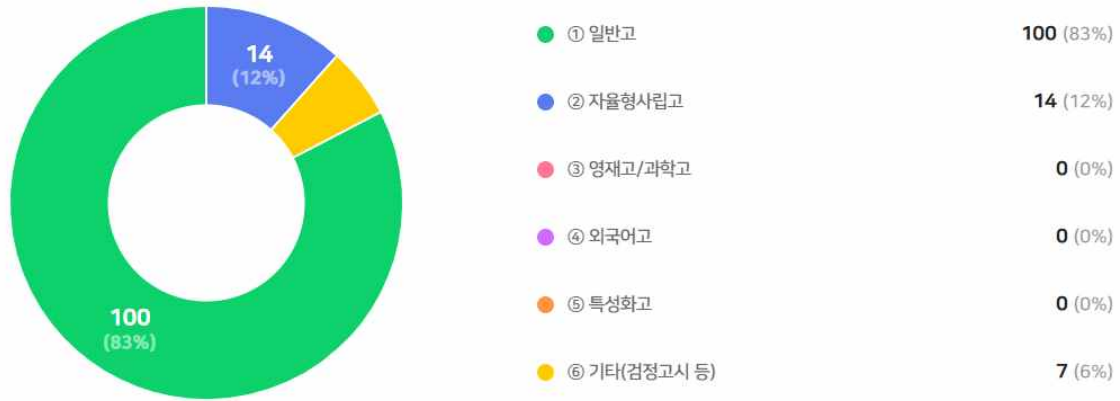
남학생과 여학생의 응답 비율은 각각 약 95명, 79%와 21명, 21%로 나타났다.

설문 응답자 121명의 출신 고교유형은 <표 IV-13>와 같다.

<표 IV-13> 설문 응답자 출신 고교유형

구분	일반고	자사고	영재고/ 과학고	외국어고	특성화고	기타 (검정고시 등)	계
인원(명)	100	14	0	0	0	7	121
비율(%)	83	12	0	0	0	6	100

설문 응답자 출신고교 유형



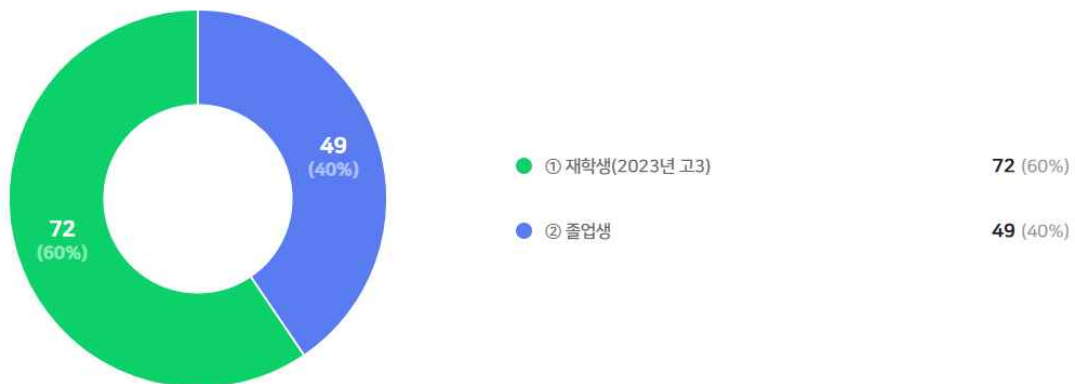
응답자 121명 중 출신고교 인원 및 비율은 일반고가 100명으로 83%에 해당하였고, 자율형사립고는 14명으로 12%, 기타(검정고시 등) 7명으로 6%의 비율을 보였다.

설문 응답자 121명의 재학, 졸업 여부는 <표 IV-14>과 같다.

<표 IV-14> 재학, 졸업 여부

구분	재학(2023년 고3)	졸업	계
인원(명)	72	49	121
비율(%)	60	40	100

설문 응답자 재학, 졸업 여부

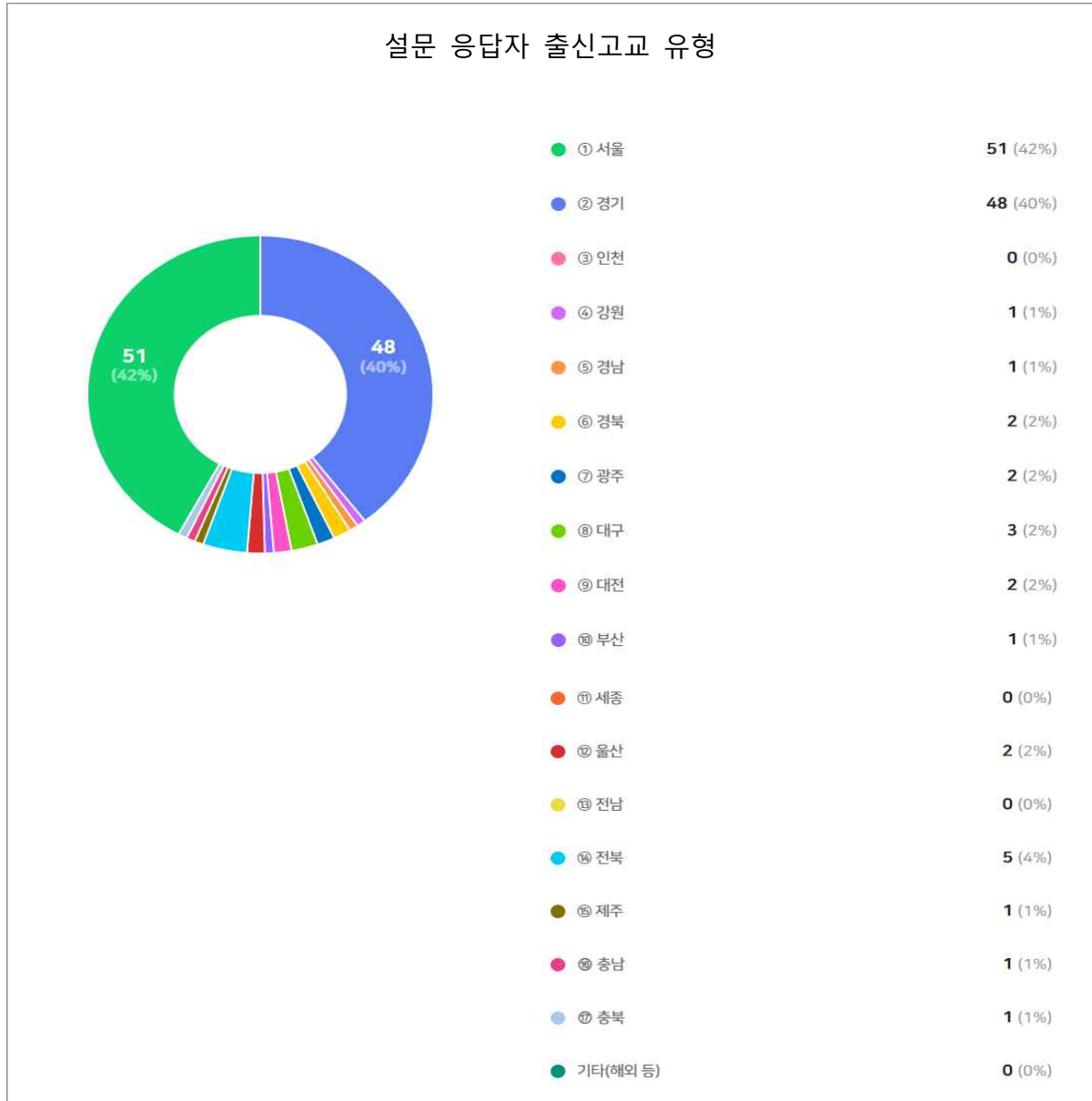


응답자 121명 중 재학생은 72명으로 60%에 해당하였고, 졸업생은 49명, 40%이었다.

설문 응답자 121명의 출신 고교 소재지는 <표 IV-15>와 같다.

<표 IV-15> 설문 응답자 출신 고교 소재지(명)

	서울	경기	인천	강원	경남	경북	광주	대구	대전	부산	세종	울산	전남	전북	제주	충남	충북
명	51	48	0	1	1	2	2	3	2	1	0	2	0	5	1	1	1
%	42	40	0	1	1	2	2	2	2	1	0	2	0	4	1	1	1



설문 응답자 121명의 출신 고교 소재지를 살펴보면 총 14개 시·도 지역 중 서울과 경기 지역 고교 출신자가 99명으로 전체 82%에 해당하였고, 기타 지역은 22명으로 18%의 비율을 보였다.

V. 문항 분석 결과

1. 문항 분석 결과 요약표

<표 V-1> 문항 분석 결과 요약표

평가 대상	입학 전형	계열	문항 번호	교과별 교육과정 과목명	교육과정 준수 여부	문항 붙임 번호
논술 등 필답 고사	논술	자연 오전	1	수학, 수학 I, 수학Ⅱ, 미적분	준수	문항카드 1
			2	수학, 수학 I, 수학Ⅱ, 미적분	준수	문항카드 2
			3	수학, 수학 I, 수학Ⅱ, 미적분	준수	문항카드 3
		자연 오후	1	수학, 수학 I, 미적분	준수	문항카드 4
			2	수학, 수학 I	준수	문항카드 5
			3	미적분	준수	문항카드 6

2. 선행학습 영향평가 문항에 대한 종합 평가

이번 서울과학기술대학교의 2024학년도 대입 논술고사 문항은 선행학습을 유발하는 요소가 없다고 판단된다. 사전 회의를 통해 출제위원을 대상으로 2015 개정 교육과정(수학과)을 잘 알고 있는 현역 고교 교사로부터 사전교육이 잘 실시되었고, 출제 시 문항카드를 작성하며 교육과정 내 출제 근거 및 성취 기준을 확인하였다. 출제 후 선행학습 영향평가의 절차에 따라 2024학년도 대입 논술고사 문항 전체를 검토하였으며, 고등학교 교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 난도로 출제되었다.

이번 서울과학기술대학교의 2024학년도 대입 논술고사의 가장 큰 변화는 출제 분야에서 '확률과 통계' 과목이 제외된 것이다. 2022학년도부터 선택형 수능이 도입된 이후 수험생들이 가장 힘들어한 부분이 미적분과 확률과 통계를 동시에 준비해야 하는 점이었다. 수능을 위해서는 미적분, 기하, 확률과 통계 중 하나만 준비를 해도 되었지만 논술고사를 위해 그 이상의 준비를 하는 것이 수험생들에겐 상당한 부담이었다. 실제 이번 기출문항에서도 확인할 수 있지만 수학 과목의 순열, 조합 정도의 내용으로도 충분히 논술문항을 출제하였고, 한 과목에서만 출제가 아닌 다수 과목의 개념이 활용될 수 있도록 문제를 구성하여 변별력을 갖추었다고 판단된다. 앞으로 수험생들의 더 많은 지원이 예상된다.

서울과학기술대학교 논술전형은 모의 논술을 통해 출제 유형의 예측이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 각각의 소문항 3~4개로 구성되어 있는 1번 문항, 단계별로 소문항 3~4개를 풀어나가는 2번, 3번 문항의 기초를 몇 년 전부터 유지하고 있다. 또한 과년도 논술전형 결과를 바탕으로 출제 난도를 유지 및 조절하며 지원하는 수험생들의 수준을 적절히 맞추려는 노력을 하고 있다. 이는 수험생들이 안정적으로 논술고사를 준비할 수 있도록 배려한 부분이라 판단된다.

문항의 수준 및 시간 배분은 고등학교 교육과정을 충실히 이수한 학생이라면 해결 가능한 수준이었다. 앞으로도 수험생들이 사교육에 기대지 않고 학교 교육과 기출문제, 논술 가이드북 및 선행학습 영향평가 보고서 등 대학이 제공하는 공교육 자료만으로도 논술고사를 준비할 수 있도록 수험생들에게 자료 제공이 지금과 같이 충분히 이뤄질 수 있어야 할 것이다.

선행학습 영향평가 보고서를 위해 총 10명의 고교 수학교사 자문위원을 선정하여 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는지를 확인하였고, 심의 결과 및 특이 사항, 개선 및 건의사항 의견을 수합하였다. 또한 교과서와 EBS 연계 문제집에서 유사문항을 검색하여 선행학습 영향평가 보고서의 타당성을 공고히 하고자 하였다. 다음은 자문위원

들에게 배부된 자문 의견서의 예시이다.

2024학년도 서울과학기술대학교

대학별고사(논술전형)

자문 의견서

검토위원

소속 : _____

과목 : _____

이름 : _____

2024년 월 일

서울과학기술대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사		
인원명	논술전형		
해당 대학의 계열(과목) / 분량(면도)	자연계열(수학) 오전 / 문제 1번		
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분	
	특성개념 및 용어	이차방정식, 삼각함수, 다항함수, 미분	
예상 소요 시간	34분 / 전체 100분		

2. 문항 및 제시문

[문제 1] 다음 물음에 답하십시오.

[1.1] 이차함수 $f(x) = kx^2 - (k+4)x + k + 2$ 에 대하여, $y = f(x)$ 의 그래프와 x 축과의 교점이 $(\sin \theta, 0)$, $(\cos \theta, 0)$ 이다. 이때 모든 θ 값들의 합을 구하십시오. (단, $0 < \theta < 2\pi$, k 는 상수)

[1.2] 최고차항의 계수가 1인 사차함수 $f(x)$ 가 다음 두 조건을 만족할 때, $f(x)$ 를 구하십시오.
(가) $f'(-x) = -f'(x)$ 이다.
(나) $f(x)$ 는 $x=2$ 에서 극솟값 -13 을 갖는다.

[1.3] 넓이가 1인 임계도형이 있다. 밑변으로부터의 넓이가 x ($0 \leq x \leq 1$)인 지점에서 밑변과 평행한 평면으로 자른 단면이 가로의 길이가 $2x$ 이고 세로의 길이가 $x+1$ 인 직사각형일 때, 이 임계도형의 부피를 구하십시오.

3. 예시 답안 혹은 정답

[1.1]
 $\sin \theta, \cos \theta$ 는 이차방정식 $f(x) = 0$ 의 두 근이다.
 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이용하면

$$\sin \theta + \cos \theta = \frac{k+4}{k}, \quad \sin \theta \cos \theta = \frac{k+2}{k}$$
 이다. 따라서,

$$\frac{(k+4)^2}{k^2} = 1 + \frac{2(k+2)}{k}$$
 이다.
 $k=4$ 일 때, $f(x) = 4x^2 - 8x + 6 = 4(x-1)^2 + 2 > 0$ 이므로 x 축과의 교점이 없다.
 $k=-2$ 일 때, $f(x) = -2x^2 - 2x$ 가 되어
 $y = f(x)$ 와 x 축의 교점의 좌표는 $(0, 0)$, $(-1, 0)$ 이다. 그러므로
 $\sin \theta = 0, \cos \theta = -1$ 일 때 $\theta = \pi$
 $\sin \theta = -1, \cos \theta = 0$ 일 때 $\theta = \frac{3}{2}\pi$
 이다. 따라서 모든 θ 값들의 합은 $\pi + \frac{3}{2}\pi = \frac{5}{2}\pi$ 이다.

[1.2]
 $f(x)$ 는 최고차항의 계수가 1인 사차함수이므로 $f'(x)$ 는 최고차항의 계수가 4인 삼차함수이다. 조건 (가)에 의해 $f'(x)$ 의 이차항의 계수와 상수항은 0이다. 따라서

$$f'(x) = 4x^3 + ax$$
 이다. 조건 (나)에 의해 $f'(2) = 0$ 이므로 $a = -16$ 이다. 즉,

$$f'(x) = 4x^3 - 16x$$
 이다. 이를 적분하면 $f(x) = x^4 - 8x^2 + C$ (단, C 는 적분상수)이고 다시 조건 (나)에 의해
 $f(2) = 16 - 32 + C = -13$ 이므로 $C = 3$ 이다. 즉, $f(x) = x^4 - 8x^2 + 3$ 이다.

[1.3]
 단면의 넓이는 $(x+1)2x$ 이다. 따라서 부피는

$$V = \int_0^1 (x+1)2x dx = \left[(x+1) \frac{2x^2}{2} \right]_0^1 - \int_0^1 \frac{2x^2}{\ln 2} dx$$

$$= \frac{3}{\ln 2} - \left[\frac{2x^3}{(\ln 2)^2} \right]_0^1 = \frac{3}{\ln 2} - \frac{1}{(\ln 2)^2} = \frac{3\ln 2 - 1}{(\ln 2)^2}$$
 이다.

자연계열(수학) 오전 / 문제 1번

문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항 포함

유사문항 - 교과서 참고 (불가피한 경우 EBS 참고)

문항	교육과정	출판사	출처	내용
1-1				

문항	교육과정	출판사	출처	내용
1-2				

문항	교육과정	출판사	출처	내용
1-3				

자문 위원들은 모두 공교육 범위 안에서 논술고사를 충실하게 준비할 수 있도록 교육과정 내의 핵심 개념을 바탕으로 문제를 출제하였고, 2024 모의논술의 출제분야, 유형을 유지했으며 변별력까지 갖추고 있는 훌륭한 평가 문항이라 판단하였다.

※ 대학입학전형 선행학습영향평가 자문위원 의견서

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
A교사	오전-문제1		○			
B교사	오전-문제2	○				
C교사	오전-문제2		○			
D교사	오전-문제3		○			
E교사	오전-문제3	○				
F교사	오후-문제1		○			
G교사	오후-문제2		○			
H교사	오후-문제2		○			
I교사	오후-문제3	○				
J교사	오후-문제3	○				

오전 - 문제 1번

오전 1번 문항은 각각의 세 개의 소문항으로 구성되어 있다. 이는 출제 범위의 다양한 수학적 개념을 평가하기 위한 서울과학기술대학교만의 유익한 출제 방식이라 생각한다. 각 개념의 접근은 모두 아래와 같이 교육과정 안에서 학습하고 경험할 수 있는 수준으로서 교육과정 범위 안에서 충분히 해결 가능한 좋은 문제들이라 판단된다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
A교사	오전-문제1		○			

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항

문항 [1.1]은 이차방정식의 근과 계수의 관계, $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ 을 이용하여 해결할 수 있다. 두 좌표의 구성이 x 절편으로 구성되어 있음을 인지하면 원활하게 문제를 해결할 수 있다고 판단된다. 다만 k 의 값 중 조건에 해당되지 않는 값을 선별하는 과정에서 실수가 많았을 것으로 판단된다. 교육과정 내에서 접할 수 있는 문항이다.

문항 [1.2]는 미분의 활용, 함수의 극대와 극소의 관계를 이용하여 해결할 수 있다. 조건 (가)는 도함수가 기함수의 성질을 만족하므로 도함수의 형태를 추측할 수 있게 해준다. 조건 (나)에 의해 도함수의 미정계수를 알아낸 후, 부정적분과 극솟값을 이용하여 함수 $f(x)$ 를 정확하게 찾아낼 수 있다. 이 문항은 교과서에서도 자주 접할 수 있어 어렵지 않게 해결할 수 있다고 판단된다. 교육과정에 적합하다고 판단된다.

문항 [1.3]은 넓이가 지수함수가 포함된 식으로 표현되는데 정적분을 이용하여 입체도형의 부피를 구할 수 있다. 교과서에서도 다루는 정적분이므로 큰 무리 없이 해결할 수 있다고 판단된다. 교육과정에 적합하다고 판단된다.

▶ 유사문항

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 1-1	수학	미래엔	62쪽 예제2	이차방정식의 근과 계수의 관계

예제2) 다음 두 수를 근으로 하고 x^2 의 계수가 1인 이차방정식을 구하시오.

- (1) $1 + \sqrt{2}, 1 - \sqrt{2}$ (2) $3 + 5i, 3 - 5i$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 1-2	수학Ⅱ	좋은책 신사고	86쪽 문제2	함수의 극대와 극소

문제2) 함수 $f(x) = x^3 + ax^2 + bx + 2$ 가 $x = 3$ 에서 극솟값 2를 가질 때, 상수 a, b 의 값과 극댓값을 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 1-3	미적분	지학사	175쪽 문제8	입체도형의 부피

문제8) 어느 연료통에 채워진 기름의 높이가 밑면으로부터 x m 일 때, 기름 표면의 넓이는 $(2^x + 1)m^2$ 라고 한다. 연료통에 채워진 기름의 높이가 밑면으로부터 3m 일 때, 연료통에 채워진 기름의 부피를 구하시오. (단, $\ln 2 = 0.7$ 로 계산한다.)

오전 - 문제 2번

오전 2번 문항은 대칭이동을 이용하여 삼각형의 둘레가 최소가 되는 점의 좌표를 구할 수 있는지 평가하는 문항이다. 또한 무리함수의 미분, 접선의 방정식, 코사인법칙, 이차방정식의 근과 계수의 관계 등 수학, 수학 I, 수학 II, 미적분까지의 개념이 골고루 포함되어 있다. 이는 수험생의 문제 해결 능력과 추론 능력을 동시에 평가하기에 적합한 문제로 판단된다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
B교사	오전-문제2	○				
C교사	오전-문제2		○			

<B교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
[2-1]의 문항의 경우 고등학교 1학년 수학에서 다루는 도형의 대칭이동을 이용한 선분의 길이의 합의 최솟값을 구하는 문제와 유사한 상황에서 제시되었고, 학생들이 선분의 길이의 합의 최솟값은 잘 구하지만 최소가 되는 순간에 대한 사고를 하지 않는 경우가 제법 있는데 이 부분을 질문함으로써 문제 해결 능력과 추론 능력을 동시에 평가할 수 있는 좋은 문항이라고 생각합니다. [2-2]의 문항의 경우에도 미적분에서의 무리함수의 도함수와 수학 I에서의 삼각함수의 정의를 정확히 알고 있는지를 평가하는 문항으로써 무리함수를 나타내는 식이 복잡하지 않고 교과 학습목표에 대한 수험생의 이해 정도를 정확히 평가할 수 있는 좋은 문항이라고 생각합니다. [2-3]의 문항은 풀이과정에 나와 있는 것처럼 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이용해서 해결하는 방법도 있지만 주어진 식의 양변에 $\cos \theta$를 곱하여 $\cos \theta$에 대한 이차방정식을 유도한 후 $-1 \leq \cos \theta \leq 1$의 범위에서 해를 찾으면 비교적 수월하게 $\cos \theta$의 값을 구할 수 있고 수학 I 교과 삼각함수 단원의 코사인법칙을 이용하여 t의 값을 찾는 문제로서 교과 학습목표를 충실하게 평가할 수 있는 좋은 문항이라고 생각합니다.

<C교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항

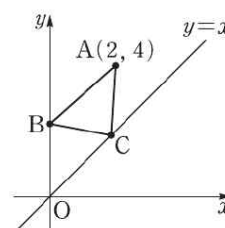
제시문 (가)에 등장하는 곡선 $y = \sqrt{x}$ 를 이용하여 두 점 A, B를 정의할 때, 그래프가 주어지고, 서로 다른 두 점이라는 정의가 포함되어 있으므로 t 에 대한 식으로 치환하여 문제를 풀이하는 과정에서 복소함수로 확장할 개연성이 존재하지 않습니다. 논제 1의 경우, 둘레의 길이의 최솟값을 구하는 문제는 대칭성을 이용하여 직선을 구하고 그 직선의 x 절편을 구하는 문제로 고등학교 1학년 수학 교과에 나오는 단원 '도형의 방정식'의 '직선의 방정식'과 '도형의 이동'을 이용하여 확장하여 해결하는 문제로 고교 교육과정 내에서 충분히 학습할 수 있는 내용입니다. 논제 2의 경우, 무리함수의 미분은 고등학교 3학년 미적분에 나오는 단원 '여러 가지 미분법'의 ' $y = x^n$ (n 은 실수)의 도함수'를 이용하여 점 Q를 구하고 중학교에서 배우는 직각삼각형의 성질을 이용하여 해결하는 문제입니다.

논제 3의 경우, 주어진 조건과 코사인함수의 성질을 이용하여 $\cos\theta$ 의 값을 구하고 코사인법칙을 활용하여 해결하는 문제입니다. 그러므로 논제를 해결하는 과정에서 필요한 개념들은 모두 사교육 없이 학교 교육만으로도 충분히 준비할 수 있는 수준입니다.

▶ 유사문항

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-1	수학	신사고	156쪽 문제15번	도형의 이동(대칭이동)

15. 점 A(2, 4)와 y 축 위의 점 B, 직선 $y = x$ 위의 점 C를 꼭짓점으로 하는 삼각형 ABC의 둘레의 길이의 최솟값을 구하시오.



문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-1	수학	금성출판사	161쪽 4번	도형의 평행이동

4. 오른쪽 그림과 같이 어느 대학 도로의 한 지점 C에서 두 건물 A, B로 가는 지름길을 잔디밭에 내고자 한다. $\overline{AC} + \overline{BC}$ 의 값이 최소가 되도록 하는 도로 위의 지점 C의 위치는 지점 P에서 얼마나 떨어져 있는지 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-2	미적분	신사고	97쪽 문제 1번	도함수의 활용(접선의 방정식)

문제 1) 다음 곡선 위의 주어진 점에서의 접선의 방정식을 구하시오.

$$y = \sqrt{x} \quad (4, 2)$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-2	미적분	미래엔	106쪽 예제1번	접선의 방정식

예제1번. 곡선 $y = \sqrt{x}$ 위의 점 $(4, 2)$ 에서의 접선의 방정식을 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-3	수학 I	신사고	107쪽 15번	삼각함수를 포함한 방정식의 풀이

15. $\sin \theta + \cos \theta = \frac{5}{4}$ 일 때, $\sin \theta - \cos \theta$ 의 값을 구하는 풀이 과정과 답을 쓰시오.

(단, $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$)

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 2-3	수학 I	지학사	99쪽 예제2번	삼각함수의 활용

예제2번. 삼각형 ABC에서 $A = 60^\circ$, $b = 3$, $c = 2$ 일 때, a 의 값을 구하라.

오전 - 문제 3번

오전 3번 문항은 원의 중심에서 점 P 까지의 거리와 원의 반지름의 길이를 비교하여 주어진 문제에 올바르게 답할 수 있는지 평가하며, 정적분을 활용하여 점이 움직인 거리를 구하고, 적분과 등비급수의 관계를 활용하여 주어진 식을 해석하고 답할 수 있는지 평가하는 문항이다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
D교사	오전-문제3		○			
E교사	오전-문제3	○				

<D교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
문제3의 (가)에 등장한 중심이 원점인 원은 1학년 수학 교과를 학습했다면 쉽게 생각할 수 있다. $3^N \leq e^{2\pi}$ 을 해결하는 것이 쉽지 않을 수 있으나 미적분 교과의 합성함수 미분법 단원에서 x^r 의 도함수를 구하는 과정에서 사용되는 e 를 밑으로 하는 로그의 밑의 변환을 이용하여 밑이 e 인 지수부등식으로 바꾸면 쉽게 알 수 있으며, (라) 조건을 이용하여 [3.1]에서 요구하는 N 을 쉽게 구할 수 있다. [3.2]는 미적분 교과에서 학습하는 평면 위의 점이 움직인 거리를 구하는 과정을 이해하고 있다면 쉽게 구할 수 있다. [3.3]은 치환적분법과 등비급수의 합을 구하는 과정을 이해하고 있다면 쉽게 구할 수 있다. 문제3은 제시문과 소문항 모두 고교 교육과정에서 벗어남 없이 출제되었으며 풀이 과정 상에서 계산이 복잡하지도 않고 계산의 양이 많지도 않은 만큼 모두 사교육 없이 학교 교육만으로도 충분히 준비할 수 있는 수준이었다고 할 수 있다.

<E교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
[3.1]의 N 을 구하는 과정에서 점과 점 사이의 거리 구하는 공식으로 쉽게 선분 OP의 길이를 구할 수 있으며, $3^N \leq e^{2\pi}$ 에서 로그의 성질을 통해 밑을 동일하게 만드는 과정은 관련 개념에 대한 이해와 활용 역량을 확인하는 부분으로서 응시자의 수학적 역량을 판단할 수 있는 좋은 요소로 보여진다. 특히 제시문 (라)는 구체적인 수로 접근

하게 할 수 있는 안내 역할을 하는 것으로서 문제 풀이 과정에서 디딤돌 역할을 할 수 있는 구성이라 할 수 있다. 수학적 역량을 가진 수험생이라면 충분히 출제자의 의도를 이해하고 이를 활용할 수 있을 것으로 보여진다.

[3.2]은 미적분 교과와 정적분의 활용에서 '평면 위를 움직이는 점의 움직인 거리'에 대한 개념을 숙지하고 있다면 어려움 없이 접근할 수 있는 구성의 문항이라 판단된다. 특히 복잡한 수식 계산이 삼각함수의 제곱공식으로 간결하게 정리되기에 수리 논술을 준비한 수험생이라면 오히려 친절한 수준이라 볼 수 있다. 또한 선행 문항과의 연계성을 갖추므로 난도를 유지하는 좋은 문항 구성을 보여준다.

[3.3]의 문항은 처음 보면 당혹스러운 수식의 구성을 보여주는 것 같지만 실제의 계산은 간결하고 깔끔하게 이뤄지는 좋은 문항이다. 특히 $\int_{k-1}^k \pi \sin(\pi x) dx$ 의 계산은 미분의 역과정으로서의 적분 개념을 갖춘 학생이라면 쉽게 해결할 수 있으며, 합성함수의 개념으로 접근하더라도 일차식이기에 충분히 유추할 수 있는 수준이고 경우에 따라서 치환적분법으로 해결 가능하다. 또한 계산의 결과로 등비급수를 활용한다는 점에서 단원 간의 연결 또한 유연하게 이뤄진 좋은 문항으로 보여진다.

위에서 살펴본 바와 같이 문항 3의 모든 문제는 교과서에서 다루는 기본 개념을 유연하고 세련되게 접목시켜 보여지는 것보다 쉬운 난도를 갖춘 좋은 문항들이다. 고등학교 정규 교육과정을 마친 학생이라면 충분히 접근할 수 있으며 풀이과정에서 억지스러운 부분이 없기에 수험생의 수학적 역량을 판단함에 무리가 없다. 또한 33분의 시간안에 충분히 해결할 수 있으며 논술 고사의 출제 원칙에 위배되는 부분을 찾아 볼 수 없는 훌륭한 평가 문항이라 판단된다.

▶ 유사문항

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-1	미적분	천재교육	90쪽 본문	로그의 밑의 변환

$$x^r = (e^{\ln x})^r = e^{r \ln x}$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-1	(1) 수학 (2) 수학I	미래엔 지학사	167쪽 13 53쪽 예제4	원과 직선의 위치 관계 지수에 미지수를 포함한 부등식

(1) 원 $x^2 + y^2 = r^2$ 과 직선 $x - 2y + 5 = 0$ 이 서로 다른 두 점 A, B에서 만난다. 현 AB의 길이가 4일 때, 원의 반지름의 길이 r 의 값을 구하시오.

(2) 주변 환경이 순간적으로 어둡게 바뀔 때, 사람의 눈이 지각하는 빛의 세기가 0.25 초 마다 $\frac{2}{3}$ 배 만큼 줄어든다고 하자. 연극이 시작되어 순간적으로 어두워진 후, 사람의 눈이 지각하는 빛의 세기가 어두워지기 직전에 지각한 빛의 세기의 $\frac{1}{243}$ 이하가 되는 것은 몇 초 후인지 구하라.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-2	미적분	천재교과서	190쪽 문제1	평면 위의 점이 움직인 거리

문제1. 좌표평면 위를 움직이는 점 P의 시각 t 에서의 위치 (x, y) 가

$$x = e^t \cos t, \quad y = e^t \sin t$$

일 때, $t = 0$ 에서 $t = 1$ 까지 점 P가 움직인 거리를 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-2	미적분	미래엔	174쪽 예제2	평면 위를 움직이는 점의 움직인 거리

예제2. 좌표평면 위를 움직이는 점 P(x, y)의 시각 t 에서의 위치가

$$x = e^t \cos \pi t, \quad y = e^t \sin \pi t$$

일 때, 시간 $t = 0$ 에서 $t = 1$ 까지 점 P가 움직인 거리를 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-3	미적분	미래엔	144쪽 예제1	치환적분

예제1. 다음 부정적분을 구하시오.

$$(2) \int \sin(2x + 1) dx$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오전 3-3	미적분	미래엔	(1) 42쪽 8번 (2) 157쪽 8번	등비급수의 수렴과 발산 치환적분법을 이용한 정적분

문제8번. (1) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1+3+3^2+\cdots+3^{n-1}}{5^n}$ 의 값을 구하시오.

문제8번. (2) 다음 정적분 $\int_1^e \frac{(\ln x)^2}{x} dx$ 의 값을 구하시오.

오후 - 문제 1번

오후 1번 문항은 오전 1번 문항과 마찬가지로 각각의 세 개의 소문항으로 구성되어 있다. 좌표 평면 위 함수의 그래프의 이동, 이차함수의 직선의 위치 관계, 역함수의 성질, 미분을 이용한 최솟값 구하기 등 다양한 수학적 개념을 묻고 있다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
F교사	오후-문제1		○			

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항

[1.1] 문항은 고등학교 수학의 기본 내용인 평행이동과 2차 방정식의 판별식을 사용해야하는 아주 핵심이면서도 기본적인 내용으로 매우 잘 출제된 문제라고 할 수 있다.

[1.2] 문항은 일반적인 학생들이 지수함수에서 밑이 미지수일 경우 까다롭게 느끼는데 교과서에서 다루는 기본적인 역함수와 연립방정식의 개념을 알면 풀 수 있는 문제로서 지수함수에서 밑의 범위를 체크하는 것은 반드시 필요하므로 추가여부는 필요하다고 하겠다. 범위를 체크하지 않고 $y=x$ 와의 연립만을 이용하여 답을 구한 경우에는 약간의 감점이 필요해 보인다.

[1.3] 문항은 삼각함수를 치환하여 분수의 미분을 이용하는 기본적인 사항을 파악하면 쉽게 해결할 수 있는 문제이다. 모든 문제들이 교과서에서 배우는 기본적인 개념만으로도 해결할 수 있는 사교육이 불필요한 수준의 문제이다.

▶ 유사문항

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 1-1	수학	좋은책 신사고	156쪽 13번	평행이동, 판별식

13번. 원 $x^2 + (y-1)^2 = 13$ 을 y 축의 방향으로 a 만큼 평행이동하였더니 직선 $2x - 3y - 1 = 0$ 과 접하였다. 이때 양수 a 의 값을 구하는 풀이 과정과 답을 쓰시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 1-2	수학 I	미래엔	57쪽 8번	지수함수, 역함수

문제8. 함수 $y = \log_a x + b$ 의 그래프와 그 역함수의 그래프가 두 점에서 만나고, 두 교점의 x 좌표가 1,2일 때, 상수 a, b 의 값을 구하시오. (단, $a > 1$)

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 1-3	미적분	좋은책 신사고	120쪽 13번	몫의 미분법

문제13. 함수 $f(x) = \frac{2x+1}{x^2+2}$ 의 극값을 구하시오.

오후 - 문제 2번

오후 2번 문항은 수학의 조합, 경우의 수 개념과 수학 I의 수학적 귀납법을 이해하고 있는지 평가하는 문항이다. 특히 수학적 귀납법을 이용하여 명제를 증명할 수 있는지를 통해 변별력을 키운 문항으로 판단된다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
G교사	오후-문제2		○			
H교사	오후-문제2		○			

<G교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
- 제시문에 주어진 사각형의 개수를 구하는 문제가 매우 참신하다고 생각합니다. - [2.1] 문항에 대한 채점 기준과 예시 답안에서 $n=k$ 일 때 찾을 수 있는 서로 다른 사각형의 개수를 ${}_{10}C_2 \times {}_{10}C_2 = 2025$ 라고 하였는데, 이 식이 나오게 되는 과정에 대한 평가의 필요성에 대해 생각해 보았습니다. - [문제 2]의 [2.1]~[2.3] 문항 모두, 조합과 합의 법칙 및 곱의 법칙을 이용하여 경우의 수를 구하고, 문제에 주어진 조건을 바탕으로 규칙을 파악하고 수학적 귀납법을 활용하여 명제를 증명하는 문제로, 학교 교육만으로도 충분히 해결해 낼 수 있는 문제들이라고 생각합니다.

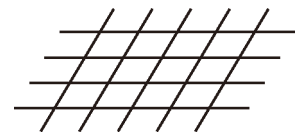
<H교사>

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
[2.1]과 [2.2] 문항은 조합의 개념과 경우의 수를 정확하게 이해한 학생이면 해결할 수 있는 문항입니다. 마지막 [2.3] 문항은 명제 $p(m)$을 찾는 과정이 어려워 보일 수 있지만, 제시문을 정확하게 이해한 상태에서 주어진 문항들을 순서대로 풀이한 학생이라면, 명제 $p(m)$을 찾을 수 있습니다. 증명해야 할 명제 $p(m)$이 부등식이라 어려울 수도 있지만, 명제 $p(m)$은 교과서 수학적 귀납법 단원에서 증명했던 명제와 동일한 유형의 명제라서 수학적 귀납법을 성실하게 연습한 학생이라면 증명할 수 있는 명제입니다. 따라서 고등학교에서 교과서를 열심히 공부한 학생이라면 별다른 도움 없이 충분히 해결할 수 있는 문항이라고 생각합니다.

▶ 유사문항

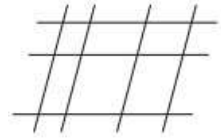
문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-1	수학	좋은책 신사고	262쪽 10번	조합

10번. 오른쪽 그림과 같이 4개의 평행선과 5개의 평행선이 만나고 있다. 이 평행선들로 만들어지는 평행사변형의 개수를 구하시오.



문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-1	수학	동아출판사	267쪽 문제4	조합

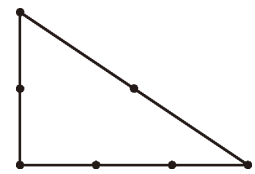
문제4. 오른쪽 그림과 같이 서로 평행한 3개의 직선과 서로 평행한 4개의 직선이 있을 때, 이 직선들로 만들 수 있는 평행사변형의 개수를 구하시오.



문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-2	수학	좋은책 신사고	262쪽 10번	경우의 수

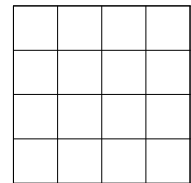
10번. 오른쪽 그림과 같이 삼각형 위에 7개의 점이 있다.
다음을 구하시오.

- (1) 두 점을 이어서 만들 수 있는 서로 다른 직선의 개수
- (2) 세 점을 꼭짓점으로 하는 삼각형의 개수



문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-2	수학	동아출판사	274쪽 서술형 14	조합

14번. 오른쪽 그림은 큰 정사각형을 작은 정사각형 16개로 등분한 것이다. 이 그림에 있는 선분만을 이용하여 만들 수 있는 정사각형이 아닌 직사각형의 개수를 구하시오. 풀이 과정을 자세히 쓰시오.)



문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-3	수학 I	미래엔	165쪽 09(2)	수학적 귀납법

문제9. 다음을 수학적 귀납법으로 증명하시오.

$$n \geq 2 \text{인 모든 자연수 } n \text{에 대하여 } 1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} < 2 - \frac{1}{n} \text{이다.}$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 2-3	수학 I	좋은책 신사고	177쪽 10번	수학적 귀납법

10번. $n \geq 2$ 인 모든 자연수 n 에 대하여 부등식

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} < 2 - \frac{1}{n}$$

이 성립함을 수학적 귀납법으로 증명하시오.

오후 - 문제 3

오후 3번 문항은 부분적분법을 이용하여 여러 가지 함수의 부정적분을 구하고, 정적분을 이용한 도형의 넓이, 정적분과 급수의 합 사이의 관계를 이용한 극한값을 구할 수 있는지 평가하는 문항이다. 특히 주어진 함수를 부분적분하는 것은 대부분의 교과서에 제시되어 있을만큼 교육 과정을 준수하고 있다고 판단된다. 다음은 자문위원의 자문 내용이다.

▶ 문항 및 제시문 등이 고교 교육과정의 범위와 수준 내 출제 원칙을 준수하였는가?

자문위원	문제	매우우수	우수	보통	미흡	매우미흡
I교사	오후-문제3	○				
J교사	오후-문제3	○				

<I교사 >

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항

고교 교육과정 적분 단원의 성취기준에 맞게 출제되었으며 교과시간에 학습한 내용으로 충분히 해결가능한 문제라고 판단됨. 문항의 구성이 부정적분, 정적분 그리고 정적분과 급수와의 관계로 연결되어 적분 단원의 흐름을 따르고 있음. 문항에서 주어진 함수를 부분적분 하는 것에 대한 내용이 여러 교과서에서 제시되어 있음. 소문항 2번을 해결하기 위해서, 주어진 구간에서 함수의 개형을 파악한 후 구간을 나누어 적분해야 함. 이러한 내용도 제시한 유사문항처럼 교과서에서 다루어지고 있음. 소문항 3번의 경우, 앞서 구한 A_k 를 로그의 성질을 이용하여 정리하면 교과서에 수록된 문제와 유사한 형태를 갖게 됨.

<J교사 >

심의 결과 및 특이 사항 - 개선 및 건의사항
3-1은 부분적분법을 반복해서 부정적분을 구하는 문제이다. 아래 유사 문항이 교과서에 있기 때문에 충분히 학교 교육만으로 준비할 수 있는 수준이다. 3-2는 3-1을 통해 얻은 부정적분에서 구간을 나누어 넓이를 구하는 문제이다. 미적분 교과서에서는 정적분을 이용하여 닫힌구간에서 곡선과 x축으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다. 그래프 개형을 알지 못해도 주어진 구간에서 지수함수는 항상 양의 값을 갖고 삼각함수의 부호에 따라 식의 부호가 달라진다는 것은 고등학교 2학년 수학 I 교과에서 충분히 학습할 수 있다. 3-3은 3-2를 통해 얻은 A_n의 값을 대입하여 식을 정리한 후 정적분과 급수와의 관계를 이용하여 해결할 수 있다. 식을 정리할 때 고등학교 2학년 수학 I 교과에서 배운 로그의 성질을 이용해 간단하게 정리 할 수 있다. 그렇다면 교과서에 수록되어 있는 예제문제 수준과 유사하기 때문에 충분히 학교 교육만으로 극한값을 구할 수 있다. 전반적으로 다소 어려울 수 있지만 고교 교육과정에서 벗어나지 않고 출제했음을 알 수 있다. 해결하는 과정에서 필요한 개념들은 모두 사교육 없이 학교 교육만으로 충분히 준비할 수 있는 수준이기에 고교 교육과정 범위와 수준 내에서 출제했다고 볼 수 있다.

▶ 유사문항

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-1	미적분	비상교육	133쪽 3번	부분적분법

3번. 다음 부정적분을 구하시오.

$$\int e^x \sin x dx$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-1	미적분	신사고	139쪽 활동 2	부분적분법의 반복

활동 2. 부정적분 $\int e^x \cos x dx$ 를 구해보자.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-2	미적분	비상교육	148쪽 예제1	곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이

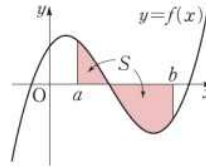
예제1. 다음 곡선과 직선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오.

$$y = \sin 2x \quad (0 \leq x \leq 2\pi)$$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-2	미적분	신사고	155쪽	넓이

함수 $f(x)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때, 곡선 $y=f(x)$ 와 x 축 및 두 직선 $x=a$, $x=b$ 로 둘러싸인 도형의 넓이 S 는 다음과 같다.

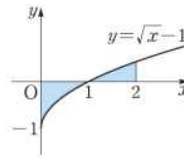
$$S = \int_a^b |f(x)| dx$$



예제 1 곡선 $y=\sqrt{x}-1$ 과 x 축 및 두 직선 $x=0$, $x=2$ 로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오.

풀이 곡선 $y=\sqrt{x}-1$ 은 오른쪽 그림과 같다.
따라서 구하는 넓이 S 는

$$\begin{aligned} S &= \int_0^2 |\sqrt{x}-1| dx \\ &= \int_0^1 (-\sqrt{x}+1) dx + \int_1^2 (\sqrt{x}-1) dx \\ &= \left[-\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}} + x \right]_0^1 + \left[\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}} - x \right]_1^2 \\ &= \frac{4}{3}(\sqrt{2}-1) \end{aligned}$$



답 $\frac{4}{3}(\sqrt{2}-1)$

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-3	미적분	지학사	163쪽 예제1	정적분과 급수와의 관계

예제1. 정적분을 이용하여 급수 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n}\right)^2$ 의 합을 구하시오.

문항참고	교육과정	출판사	출처	내용
오후 3-3	미적분	신사고	152쪽	정적분과 급수

예제 1

정적분을 이용하여 극한값 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^4} (1^3 + 2^3 + 3^3 + \cdots + n^3)$ 을 구하시오.

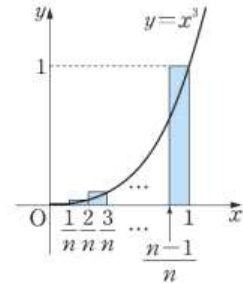
풀이 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^4} (1^3 + 2^3 + 3^3 + \cdots + n^3) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^4} \sum_{k=1}^n k^3 = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n}\right)^3 \frac{1}{n}$

이때 $f(x) = x^3$, $a=0$, $b=1$ 로 놓으면

$$\Delta x = \frac{b-a}{n} = \frac{1}{n}, \quad x_k = a + k\Delta x = \frac{k}{n}$$

따라서 정적분과 급수의 관계에 의하여

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n}\right)^3 \frac{1}{n} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \Delta x \\ &= \int_0^1 f(x) dx = \int_0^1 x^3 dx \\ &= \left[\frac{1}{4} x^4 \right]_0^1 = \frac{1}{4} \end{aligned}$$



답 $\frac{1}{4}$

서울과학기술대학교의 2024학년도 논술 문항은 고등학교 수학 교육과정 내에서도 기본에 충실한 학생들에게 유리하도록 구성되어 있다. 사교육을 받지 않아도 학교 수업 시간에 기본 개념을 확실히 익히고 적용해 본 연습을 한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 문항들이었다. 이는 설문조사 결과와 자문위원들의 의견이 뒷받침해주고 있다. 그럼에도 불구하고 다양한 개념을 적용하도록 하고, 이를 제한된 시간 안에 답안을 논리적으로 구성해야 한다는 점에서 학생 수준을 충분히 변별하였을 것이라 판단되는 수준의 문항이다.

서울과학기술대학교가 앞으로도 기존의 출제 경향을 유지하여 논술 전형에서 우수한 인재를 선발하기를 기대한다.

VI. 대학입학전형 반영 계획 및 개선 노력

■ 2024학년도 논술고사 개선사항

2024학년도 논술고사 출제본부에서는 「교육부 논술고사 선행학습 영향평가 온라인 연수」 자체 재교육을 실시하였으며, 현직 고교교사의 사전 집중교육을 통해 출제위원들에게 영역별 교육과정 전반에 관한 구체적인 정보를 제공하여 고등학교 교육과정에 대해 충분히 이해할 수 있도록 안내하였다. 특히 2015 개정 교육과정과 이전 교육과정의 차이점을 분석하고, 이전 교육과정에서 삭제되는 개념과 내용을 충분히 숙지하도록 하였다. 2024학년도 논술고사에서는 3명의 교사 위원이 교육과정 준수 여부와 문제의 타당성, 적정성, 난이도를 분석하여 검토 결과를 출제위원에게 제시하도록 하여 교육과정 준수 여부를 면밀히 검토, 환류하였다.

■ 논술전형에서 수능최저학력기준 폐지 유지

논술 문항을 정상적인 고교 교육과정의 학습범위 안에서 해결할 수 있는 내용으로 출제하는 것도 중요하지만 논술이라는 전형 요소를 제외한 다른 전형 요소가 큰 영향을 미치게 된다면 이것도 사교육을 유발할 수 있는 요소가 될 수 있다. 이에 서울과학기술대학교는 논술전형에서 수능최저학력기준을 폐지하여 논술고사 성적이 주요 전형 요소가 될 수 있도록 하고 있다.

■ 사교육과 선행학습 영향평가 연계 연구 진행

선행학습교육 금지법 이후 대학은 다각적인 노력을 통해 사교육이나 선행학습이 없이도 대학별 고사에 대비할 수 있도록 하고 있다. 그 노력의 하나로 서울과학기술대학교에서는 고등학교 현장의 진학 교사들을 연구위원으로 위촉하여 선행학습 영향평가 연계 연구를 매년 진행하고 있다. 이 연구를 바탕으로 서울과학기술대학교는 객관적이고 공정한 선행학습 영향평가를 하고 있다고 할 수 있다.

■ 선행학습 영향평가 연구 결과를 바탕으로 출제위원에 대한 지속적인 연수 실시

서울과학기술대학교에서는 매년 선행학습 영향평가 연구 결과를 논술 출제위원들에게 제공함으로써 다음 연도 출제에 참고하도록 하고 있으며, 동시에 현 고등학교 교육과정의 이해를 돕는 연수를 통해 출제위원들이 정상적인 고등학교 교육과정의 학습범위 내에서 논술 문항을 출제할 수 있도록 하고 있다. 또한 2015 개정 교육과정과 이전 교육과정의 차이점을 분석하고,

2015 개정 교육과정에서 변경되는 내용을 포함하여, 출제위원들이 고등학교 교육과정에 대해 충분히 이해할 수 있도록 노력하고 있다.

- 논술문제 검토 및 자문과 관련한 고교 현직교사 위촉 유지

서울과학기술대학교는 2023 대입 논술전형을 실시함에 있어서 논술고사 출제 과정에 고등학교 현직교사 3명을 논술 검토·자문위원으로 위촉하여 논술고사가 고등학교 교육과정 수준에서 출제되었는지 검토하는 과정을 지속해서 운영하고 있다.

- 논술문제 해설 및 예시답안 공개 및 모의 논술고사 실시

서울과학기술대학교는 논술고사 문제와 해설 및 예시답안을 홈페이지에 공개하고 있으며 모의 논술고사를 실시함으로써 논술전형을 준비하는 수험생에게 정보를 제공하고 있다. 또, 모의 논술에 응시한 수험생의 답안 수준을 상세히 검토하여 본 논술고사의 '고등학교 교육과정 내 출제' 준수 여부에 참고하는 것과 더불어 수험생에게도 모의 논술 출제위원이 채점, 첨삭한 결과를 제공하여 본교 논술고사 이해도 향상과 준비에 기여하도록 하였다. 선별한 고교 학생들의 답안지 중 일부를 선별하여 채점하였으며, 2015 개정 교육과정이 반영된 2024학년도 모의 논술의 출제 방향과 채점기준을 상세히 수험생들에게 제공함으로써 논술 전형의 투명성을 높이하고자 하였다.

- 논술가이드북을 통한 논술전형 운영 안내

서울과학기술대학교의 논술전형은 2015 개정 교육과정 도입에 따라 본인의 선택에 따라 과목을 수강한 수험생들에게는 논술고사의 출제 범위가 중요한 문제였다. 따라서 서울과학기술대학교는 2024학년도 논술전형 주요 변경사항 및 모집단위, 2023학년도 논술전형 결과분석, 논술전형의 이해와 대비, 2024학년도 모의논술 기출문제와 해설을 내용으로 한 논술 가이드북을 제작하여 고교에 배포하고 입학처 홈페이지에도 게시하여 변환된 전형 정보를 상세히 안내하여 사교육 없이 학교 현장에서 논술고사를 준비할 수 있도록 하였다.

VII. 부록

문항카드 1

1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오전 / 문제 1번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분
	핵심개념 및 용어	이차방정식, 삼각함수, 다항함수, 미분
예상 소요 시간	34분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 1] 다음 물음에 답하시오.

[1.1] 이차함수 $f(x) = kx^2 - (k+4)x + k+2$ 에 대하여, $y = f(x)$ 의 그래프와 x 축과의 교점이 $(\sin \theta, 0)$, $(\cos \theta, 0)$ 이다. 이때 모든 θ 값들의 합을 구하시오. (단, $0 < \theta < 2\pi$, k 는 상수)

[1.2] 최고차항의 계수가 1인 사차함수 $f(x)$ 가 다음 두 조건을 만족할 때, $f(x)$ 를 구하시오.

(가) $f'(-x) = -f'(x)$ 이다.

(나) $f(x)$ 는 $x=2$ 에서 극솟값 -13 을 갖는다.

[1.3] 높이가 1인 입체도형이 있다. 밑면으로부터의 높이가 x ($0 \leq x \leq 1$)인 지점에서 밑면과 평행한 평면으로 자른 단면이 가로의 길이가 2^x 이고 세로의 길이가 $x+1$ 인 직사각형일 때, 이 입체도형의 부피를 구하시오.

3. 출제 의도

대학에서 이공계 전공을 수학하기 위해서는 주어진 문제를 수식화하고 풀이하는 능력이 필요하다. 이러한 능력을 측정하기 위해, 본 문제에서는 고등학교 수학에서 다루는 내용을 얼마나 잘 이해하는지 묻고자 하였다. 특히, 이차방정식의 근과 계수의 관계, 삼각함수, 미분에서의 극값의 개념, 지수함수 적분, 정적분을 활용한 입체도형의 부피 구하기 등을 잘 알고 이를 문제 풀이에 적용할 수 있는지 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

- [1.1] 이차방정식의 근과 계수의 관계를 알고 이를 통해 삼각함수로 주어진 값을 구할 수 있는지 평가한다.
- [1.2] 함수의 미분을 활용하여 주어진 조건을 만족하는 함수를 얻을 수 있는지, 또 도함수와 극값의 개념을 이해하고 있는지 평가한다.
- [1.3] 주어진 단면의 넓이로부터 지수함수의 적분을 활용하여 입체도형의 부피를 구할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
1.1	[수학] - (1) 문자와 식 - ④ 복소수와 이차방정식 [10수학01-08] 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이해한다. [수학 I] - (2) 삼각함수 - ① 삼각함수 [12수학I02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다.
1.2	[수학] - (2) 기하 - ④ 도형의 이동 [10수학02-09] 원점, x 축, y 축, 직선 $y = x$에 대한 대칭이동의 의미를 이해한다. [수학 II] - (2) 미분 - ② 도함수 [12수학II02-05] 함수의 실수배, 합, 차, 곱의 미분법을 알고, 다항함수의 도함수를 구할 수 있다. [12수학II02-08] 함수의 증가와 감소, 극대와 극소를 판정하고 설명할 수 있다.

1.3	[수학 II] - (3) 적분 - ② 정적분 [12수학II03-03] 정적분의 뜻을 안다. [미적분] - (2) 미분법 - ① 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-02] 지수함수와 로그함수를 미분할 수 있다. [미적분] - (3) 적분법 - ① 여러 가지 적분법 [12미적03-02] 부분적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. [12미적03-03] 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다. [미적분] - (3) 적분법 - ② 정적분의 활용 [12미적03-06] 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
-----	--

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	권오남 외	교학사	2021	54~56
	수학	배종숙 외	금성출판사	2021	157~160
	수학 I	박교식 외	동아출판	2021	67~71
	수학 II	배종숙 외	금성출판사	2021	64~68 87~90
	수학 II	이준열 외	천재교육	2020	121~126
	미적분	홍성복 외	지학사	2021	57~60 148~149 150~155 167~169

5. 문항 해설

- [1.1] 이차방정식의 근과 계수의 관계와 삼각함수의 기본성질을 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [1.2] 다항함수의 미분을 할 수 있고 극값의 의미를 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [1.3] 지수함수의 적분과 부분적분법을 알고 있고, 단면의 넓이를 정적분하여 부피를 구할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1.1	$\sin\theta, \cos\theta$ 는 이차방정식 $f(x) = 0$ 의 두 근이다. 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이용하면 $\sin\theta + \cos\theta = \frac{k+4}{k}, \sin\theta \cos\theta = \frac{k+2}{k}$ 이다. 따라서, $\frac{(k+4)^2}{k^2} = 1 + \frac{2(k+2)}{k} \Rightarrow (k-4)(k+2) = 0$ 이다.	6
	$k = 4$ 일 때, $f(x) = 4x^2 - 8x + 6 = 4(x-1)^2 + 2 > 0$ 이므로 x 축과의 교점이 없다. $k = -2$ 일 때, $f(x) = -2x^2 - 2x$ 가 되어 $y = f(x)$ 와 x 축의 교점의 좌표는 $(0, 0), (-1, 0)$ 이다. 그러므로 $\sin\theta = 0, \cos\theta = -1$ 일 때 $\theta = \pi$ $\sin\theta = -1, \cos\theta = 0$ 일 때 $\theta = \frac{3}{2}\pi$ 이다. 따라서 모든 θ 값들의 합은 $\pi + \frac{3}{2}\pi = \frac{5}{2}\pi$ 이다.	6
1.2	$f(x)$ 는 최고차항의 계수가 1인 사차함수이므로 $f'(x)$ 는 최고차항의 계수가 4인 삼차함수이다. 조건 (가)에 의해 $f'(x)$ 의 이차항의 계수와 상수항은 0이다. 따라서 $f'(x) = 4x^3 + ax$ 이다.	6
	조건 (나)에 의해 $f'(2) = 0$ 이므로 $a = -16$ 이다. 즉, $f'(x) = 4x^3 - 16x$ 이다. 이를 적분하면 $f(x) = x^4 - 8x^2 + C$ (단, C 는 적분상수)이고 다시 조건 (나)에 의해 $f(2) = 16 - 32 + C = -13$ 이므로 $C = 3$ 이다. 즉, $f(x) = x^4 - 8x^2 + 3$ 이다.	4
1.3	$V = \int_0^1 (x+1)2^x dx = \left[(x+1) \frac{2^x}{\ln 2} \right]_0^1 - \int_0^1 \frac{2^x}{\ln 2} dx$	3
	$= \frac{3}{\ln 2} - \left[\frac{2^x}{(\ln 2)^2} \right]_0^1 = \frac{3}{\ln 2} - \frac{1}{(\ln 2)^2} = \frac{3\ln 2 - 1}{(\ln 2)^2}$	9

7. 예시 답안

[1.1]

$\sin\theta, \cos\theta$ 는 이차방정식 $f(x) = 0$ 의 두 근이다. 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이용하면

$$\sin\theta + \cos\theta = \frac{k+4}{k}, \quad \sin\theta \cos\theta = \frac{k+2}{k}$$

이다. 따라서,

$$\frac{(k+4)^2}{k^2} = 1 + \frac{2(k+2)}{k}$$

$$(k-4)(k+2) = 0$$

이다.

$k = 4$ 일 때, $f(x) = 4x^2 - 8x + 6 = 4(x-1)^2 + 2 > 0$ 이므로 x 축과의 교점이 없다.

$k = -2$ 일 때, $f(x) = -2x^2 - 2x$ 가 되어 $y = f(x)$ 와 x 축의 교점의 좌표는 $(0, 0), (-1, 0)$ 이다.

그러므로

$$\sin\theta = 0, \cos\theta = -1 \text{ 일 때 } \theta = \pi$$

$$\sin\theta = -1, \cos\theta = 0 \text{ 일 때 } \theta = \frac{3}{2}\pi$$

이다. 따라서 모든 θ 값들의 합은 $\pi + \frac{3}{2}\pi = \frac{5}{2}\pi$ 이다.

[1.2]

$f(x)$ 는 최고차항의 계수가 1인 사차함수이므로 $f'(x)$ 는 최고차항의 계수가 4인 삼차함수이다.

조건 (가)에 의해 $f'(x)$ 의 이차항의 계수와 상수항은 0이다. 따라서

$$f'(x) = 4x^3 + ax$$

이다. 조건 (나)에 의해 $f'(2) = 0$ 이므로 $a = -16$ 이다. 즉,

$$f'(x) = 4x^3 - 16x$$

이다. 이를 적분하면 $f(x) = x^4 - 8x^2 + C$ (단, C 는 적분상수)이고 다시 조건 (나)에 의해

$$f(2) = 16 - 32 + C = -13$$

이므로 $C = 3$ 이다. 즉, $f(x) = x^4 - 8x^2 + 3$ 이다.

[1.3]

단면의 넓이는 $(x+1)2^x$ 이다. 따라서 부피는

$$\begin{aligned} V &= \int_0^1 (x+1)2^x dx = \left[(x+1) \frac{2^x}{\ln 2} \right]_0^1 - \int_0^1 \frac{2^x}{\ln 2} dx \\ &= \frac{3}{\ln 2} - \left[\frac{2^x}{(\ln 2)^2} \right]_0^1 = \frac{3}{\ln 2} - \frac{1}{(\ln 2)^2} = \frac{3\ln 2 - 1}{(\ln 2)^2} \end{aligned}$$

이다.

문항카드 2

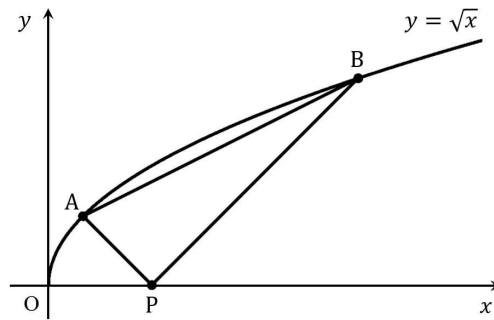
1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오전 / 문제 2번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분
	핵심개념 및 용어	이차방정식, 직선의 방정식, 도형의 이동, 무리함수, 삼각함수, 도함수
예상 소요 시간	33분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 2] 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

- (가) 곡선 $y = \sqrt{x}$ 위에 서로 다른 두 점 $A(t, \sqrt{t})$, $B(9t, 3\sqrt{t})$ 가 있다.
 (나) x 축 위의 점 P 는 삼각형 APB 의 둘레의 길이를 최소로 하는 위치에 있다.



[2.1] 점 P 의 x 좌표를 t 에 대한 식으로 나타내시오.

[2.2] 곡선 $y = \sqrt{x}$ 위의 두 점 A , B 에서의 접선을 각각 l_1 , l_2 라 하자. l_1 과 l_2 의 교점을 점 Q 라 할 때, $\tan(\angle PQO)$ 를 t 에 대한 식으로 나타내시오. (단, O 는 원점)

[2.3] $\angle APB$ 를 θ 라 하자. $\cos \theta + \frac{1}{\cos \theta} = -\frac{10}{3}$ 일 때, t 의 값을 구하시오.

3. 출제 의도

무리함수는 고등학교 수학 교과과정에서 처음 다루게 되는 함수로서 다항함수의 역함수뿐 아니라 지진해일의 전파 속력과 수심과의 관계, 태풍의 중심기압과 최대 풍속의 관계, 자유낙하 물체의 위치에 따른 시간 등을 표현하는 데 이용된다. 데카르트에 의해 도형을 좌표평면으로 이동할 수 있게 되면서 대칭, 각의 값 등 도형의 여러 성질을 명확하게 계산할 수 있게 되었다. 문제를 해결하기 위해 대칭이동, 무리함수의 미분, 접선의 방정식, 코사인법칙을 활용할 수 있는지 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

- [2.1] 대칭이동을 이용하여 삼각형의 둘레가 최소가 되는 점의 좌표를 구할 수 있는지 평가한다.
- [2.2] 무리함수의 미분을 이용하여 접선의 방정식과 두 직선의 교점을 바르게 구하여 원하는 삼각함수의 값을 얻을 수 있는지 평가한다.
- [2.3] 이차방정식의 근과 계수의 관계와 코사인법칙을 이용하여 원하는 값을 구할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
2.1	[수학] - (2) 기하 - ② 직선의 방정식 [10수학02-03] 직선의 방정식을 구할 수 있다. [수학] - (2) 기하 - ④ 도형의 이동 [10수학02-09] 원점, x 축, y 축, 직선 $y = x$에 대한 대칭이동의 의미를 이해한다. [수학] - (4) 함수 - ② 유리함수와 무리함수 [10수학04-05] 무리함수 $y = \sqrt{ax+b} + c$의 그래프를 그릴 수 있고, 그 그래프의 성질을 이해한다.
2.2	[수학 II] - (2) 미분 - ③ 도함수의 활용 [12수학II02-06] 접선의 방정식을 구할 수 있다. [미적분] - (2) 미분법 - ② 여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다.

2.3	[수학] - (1) 문자와 식 - ④ 복소수와 이차방정식 [10수학01-08] 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이해한다. [수학 I] - (2) 삼각함수 - ① 삼각함수 [12수학 I 02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
-----	---

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	황선욱 외	미래엔	2021	125~127 243~248
	수학	권오남 외	교학사	2021	147~152
	수학 I	황선욱 외	미래엔	2021	102~106
	수학 II	배종숙 외	금성출판사	2021	73~74
	미적분	김원경 외	비상교육	2021	79~84

5. 문항 해설

- [2.1] 둘레의 길이를 최소로 하는 점을 구하기 위해 대칭이동이 필요함을 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [2.2] 무리함수의 미분을 이용하여 접선의 방정식을 구하고, 선분의 길이를 이용하여 삼각함수의 값을 표현할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [2.3] 삼각함수의 성질을 이용하여 두 직선 사이의 각을 주어진 조건에 대한 식으로 표현할 수 있고, 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이용할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2.1	[2.1] 점 A를 x 축에 대하여 대칭이동하여 얻은 점 $A'(t, -\sqrt{t})$와 점 B를 지나는 직선의 x절편이 점 P의 x좌표이다. 이 직선의 방정식은 $y = \frac{1}{2\sqrt{t}}(x-t) - \sqrt{t} = \frac{1}{2\sqrt{t}}x - \frac{3}{2}\sqrt{t}$	4

	$y = 0$ 을 대입하면 점 P의 x 좌표는 $3t$ 이다.	4
2.2	$f(x) = \sqrt{x}$ 라 놓으면 $f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$ 이므로 직선 l_1 의 방정식과 직선 l_2 의 방정식은 각각 $y = \frac{1}{2\sqrt{t}}x + \frac{\sqrt{t}}{2}, \quad y = \frac{1}{6\sqrt{t}}x + \frac{3}{2}\sqrt{t}$ 이다. 이 두 직선의 방정식을 연립하면 점 Q의 좌표는 $(3t, 2\sqrt{t})$ 이다.	4
	삼각형 PQO는 각 OPQ가 직각인 직각삼각형이고 $\overline{PQ} = 2\sqrt{t}$ 이므로 $\tan(\angle PQO) = \frac{\overline{OP}}{\overline{PQ}} = \frac{3t}{2\sqrt{t}} = \frac{3}{2}\sqrt{t}$ 이다.	8
2.3	$\cos\theta + \frac{1}{\cos\theta} = -\frac{10}{3}$ 이고, $\cos\theta \times \frac{1}{\cos\theta} = 1$ 이므로 $\cos\theta$ 와 $\frac{1}{\cos\theta}$ 을 두 근으로 하고 최고차항의 계수가 1인 이차방정식은 이차방정식의 근과 계수의 관계에 의하여 $x^2 + \frac{10}{3}x + 1 = 0$ 이다. $x^2 + \frac{10}{3}x + 1 = \left(x + \frac{1}{3}\right)(x + 3) = 0$ 이므로 이차방정식의 해는 $x = -3, -\frac{1}{3}$ 이고, $-1 \leq \cos\theta \leq 1$ 이므로 $\cos\theta = -\frac{1}{3}$ 이다. $\overline{AP} = \sqrt{t + 4t^2}, \overline{BP} = \sqrt{9t + 36t^2}, \overline{AB} = \sqrt{4t + 64t^2}$ 이므로 코사인 법칙에 의해 $\cos\theta = \frac{\overline{AP}^2 + \overline{BP}^2 - \overline{AB}^2}{2 \times \overline{AP} \times \overline{BP}} = \frac{1 - 4t}{1 + 4t} = -\frac{1}{3}$ 이다.	8
	마지막 등식을 풀면 $t = \frac{1}{2}$ 이다.	5

7. 예시 답안

[2.1]

점 A를 x 축에 대하여 대칭이동하여 얻은 점 $A'(t, -\sqrt{t})$ 와 점 B를 지나는 직선의 x 절편이 점 P의 x 좌표이다. 이 직선의 방정식은

$$y = \frac{1}{2\sqrt{t}}(x-t) - \sqrt{t} = \frac{1}{2\sqrt{t}}x - \frac{3}{2}\sqrt{t}$$

이므로, $y=0$ 을 대입하면 점 P의 x 좌표는 $3t$ 이다.

[2.2]

$f(x) = \sqrt{x}$ 라 놓으면, $f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$ 이므로 직선 l_1 의 방정식과 직선 l_2 의 방정식은 각각

$$y = \frac{1}{2\sqrt{t}}x + \frac{\sqrt{t}}{2}, \quad y = \frac{1}{6\sqrt{t}}x + \frac{3}{2}\sqrt{t}$$

이다. 이 두 직선의 방정식을 연립하면 점 Q의 좌표는 $(3t, 2\sqrt{t})$ 이다. 삼각형 PQO는 각 OPQ가 직각인 직각삼각형이고 $\overline{PQ} = 2\sqrt{t}$ 이므로

$$\tan(\angle PQO) = \frac{\overline{OP}}{\overline{PQ}} = \frac{3t}{2\sqrt{t}} = \frac{3}{2}\sqrt{t}$$

이다.

[2.3]

$\cos\theta + \frac{1}{\cos\theta} = -\frac{10}{3}$ 이고, $\cos\theta \times \frac{1}{\cos\theta} = 1$ 이므로 $\cos\theta$ 와 $\frac{1}{\cos\theta}$ 을 두 근으로 하고 최고차항의 계

수가 1인 이차방정식은 이차방정식의 근과 계수의 관계에 의하여 $x^2 + \frac{10}{3}x + 1 = 0$ 이다.

$x^2 + \frac{10}{3}x + 1 = \left(x + \frac{1}{3}\right)(x+3) = 0$ 이므로 이차방정식의 해는 $x = -3, -\frac{1}{3}$ 이고, $-1 \leq \cos\theta \leq 1$ 이

므로 $\cos\theta = -\frac{1}{3}$ 이다.

$\overline{AP} = \sqrt{t+4t^2}$, $\overline{BP} = \sqrt{9t+36t^2}$, $\overline{AB} = \sqrt{4t+64t^2}$ 이므로 코사인 법칙에 의해

$$\cos\theta = \frac{\overline{AP}^2 + \overline{BP}^2 - \overline{AB}^2}{2 \times \overline{AP} \times \overline{BP}} = \frac{1-4t}{1+4t} = -\frac{1}{3}$$

이다. 마지막 등식을 풀면 $t = \frac{1}{2}$ 이다.

문항카드 3

1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오전 / 문제 3번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분
	핵심개념 및 용어	원의 방정식, 지수함수, 등비수열, 속도와 거리, 정적분, 등비급수, 매개변수로 나타낸 함수
예상 소요 시간	33분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

- (가) 중심이 원점 $O(0,0)$ 이고 반지름의 길이가 $3, 9, 27, \dots, 3^n, \dots$ 인 원이 좌표평면 위에 있다. (단, n 은 자연수)
- (나) 좌표평면 위를 시각 $t=0$ 에서 $t=\pi$ 까지 점 P 가 움직인다. 이 점 P 의 위치 (x, y) 는 $x = e^{2t} \cos t, y = e^{2t} \sin t$ 이다.
- (다) 점 P 가 움직이는 동안 만난 원의 개수를 N 이라 하자.
- (라) 필요할 경우, $1.09 < \ln 3 < 1.10$ 을 이용한다.

[3.1] N 을 구하시오.

[3.2] 점 P 가 반지름의 길이가 3^N 인 원을 만날 때까지, 점 P 가 움직인 거리를 구하시오.

[3.3] 급수 $\sum_{k=N}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{k-1} \int_{k-1}^k \pi \sin(\pi x) dx$ 의 합을 구하시오.

3. 출제 의도

자연에서 일어나는 여러 물리 현상들을 과학기술에 접목하여 제품을 생산하고 그 제품의 성능을 향상하려는 노력이 최근에 많이 이루어지고 있다. 특히, 나노/바이오 기술을 활용한 자연 모사 소자에 관한 연구는 AI 기반 반도체 개발에 이용될 수 있다. 이처럼 자연의 여러 현상을 이해하고 기술 개발에 활용하기 위해서는 이를 수학적으로 기술하고 해석하는 능력이 중요하다. 예를 들어 매 개변수로 물체의 운동을 기술할 수 있다. 또한 동심원 형태의 구조는 렌즈, 회절격자, X-선 반사판 등 빛을 제어하는 여러 광학기기에 이용되고 있다. 본 문제에서는 물체가 움직일 때 동심원 형태의 경계선을 지나는 상황을 자연로그, 등비급수, 미분, 적분 등을 활용하여 올바르게 해석하고 답을 구할 수 있는지 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

- [3.1] 원의 중심에서 점 P 까지의 거리와 원의 반지름의 길이를 비교하여 주어진 문제에 올바르게 답할 수 있는지 평가한다.
- [3.2] 점 P 가 원을 마지막으로 만나는 시간을 구한 뒤, 정적분을 활용하여 점이 움직인 거리를 올바르게 답할 수 있는지 평가한다.
- [3.3] 삼각함수의 적분과 등비급수를 활용하여 주어진 식을 해석하고 주어진 문제에 올바르게 답할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
3.1	[수학] - (2) 기하 - ③ 원의 방정식 [10수학02-06] 원의 방정식을 구할 수 있다. [수학 I] - (1) 지수함수와 로그함수 - ② 지수함수와 로그함수 [12수학 I 01-08] 지수함수와 로그함수를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.
3.2	[수학II] - (3) 적분 - ③ 정적분의 활용 [12수학II03-06] 속도와 거리에 대한 문제를 해결할 수 있다. [미적분] - (2) 미분법 - ① 여러 가지 함수의 미분

	[12미적02-02] 지수함수와 로그함수를 미분할 수 있다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다. [미적분] - (3) 적분법 - ② 정적분의 활용 [12미적03-07] 속도와 거리에 대한 문제를 해결할 수 있다.
3.3	[미적분] - (1) 수열의 극한 - ② 급수 [12미적01-05] 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. [미적분] -(3) 적분법 - ① 여러 가지 적분법 [12미적03-03] 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	권오남 외	교학사	2021	131~133
	수학 I	박교식 외	동아출판	2021	46~48 115~120
	수학 II	박교식 외	동아출판	2021	144~147
	수학 II	홍성복 외	지학사	2021	148~151
	미적분	박교식 외	동아출판	2021	34~38 127~132 162~165
	미적분	이준열 외	천재교육	2021	36~38 61~63 76~77 139~145 176~179

5. 문항 해설

- [3.1] 시각 t 를 매개변수로 하는 함수식으로 주어진 점의 위치를 이용하여 원점과의 거리를 구하고 이를 원의 반지름의 길이와 비교할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [3.2] 좌표평면 위에서 점의 좌표가 매개변수로 주어질 때 점이 움직인 거리를 구할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [3.3] 삼각함수의 적분과 등비급수를 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
3.1	원점과 점 P 사이의 거리는 $\overline{OP} = \sqrt{(e^{2t} \cos t)^2 + (e^{2t} \sin t)^2} = e^{2t}$ 이다. $t = 0$에서 $t = \pi$ 일 때까지 점 P가 움직이므로, $t = \pi$ 일 때 원점과 점 P 사이의 거리 $e^{2\pi}$ 이 원의 반지름의 길이 3^N 이상이 되는 최대 자연수 N을 구하자. $3^N \leq e^{2\pi}$	5
	$N \ln 3 \leq 2\pi \Rightarrow N \leq \frac{2\pi}{\ln 3}$ 이고, 주어진 조건 $1.09 < \ln 3 < 1.10$에서 $\frac{2\pi}{1.10} < \frac{2\pi}{\ln 3} < \frac{2\pi}{1.09}$ 이므로 $5 < \frac{2\pi}{\ln 3} < 6$임을 알 수 있다. 따라서 $N = 5$이다.	5
3.2	점 P가 마지막으로 만난 원의 반지름의 길이가 3^5이므로, 이때의 시각 t를 구하면 다음과 같다. $e^{2t} = 3^5 \Rightarrow t = \frac{5}{2} \ln 3$	4
	$\frac{dx}{dt} = 2e^{2t} \cos t - e^{2t} \sin t, \frac{dy}{dt} = 2e^{2t} \sin t + e^{2t} \cos t$ 이고 $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} = \sqrt{4e^{4t} + e^{4t}} = \sqrt{5} e^{2t}$ 이므로 점 P가 움직인 거리는 $\int_0^{\frac{5}{2} \ln 3} \sqrt{5} e^{2t} dt = \sqrt{5} \left[\frac{e^{2t}}{2} \right]_0^{\frac{5}{2} \ln 3} = \frac{\sqrt{5}}{2} (243 - 1) = 121 \sqrt{5}$	9
3.3	정적분을 계산하면 $\int_{k-1}^k \pi \sin(\pi x) dx = [-\cos(\pi x)]_{k-1}^k = 2(-1)^{k-1}$	5
	$\sum_{k=5}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{k-1} \times \{2(-1)^{k-1}\} = \sum_{k=5}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^{k-2} = \frac{\frac{1}{8}}{1 - \frac{1}{2}} = \frac{1}{4}$	5

7. 예시 답안

[3.1]

원점과 점 P 사이의 거리는 $\overline{OP} = \sqrt{(e^{2t}\cos t)^2 + (e^{2t}\sin t)^2} = e^{2t}$ 이다. $t=0$ 에서 $t=\pi$ 일 때까지 점 P가 움직이므로, $t=\pi$ 일 때 원점과 점 P 사이의 거리 $e^{2\pi}$ 이 원의 반지름의 길이 3^N 이상이 되는 최대 자연수 N 을 구하자.

$$3^N \leq e^{2\pi} \Rightarrow N \ln 3 \leq 2\pi \Rightarrow N \leq \frac{2\pi}{\ln 3}$$

이고, 주어진 조건 $1.09 < \ln 3 < 1.10$ 에서 $\frac{2\pi}{1.10} < \frac{2\pi}{\ln 3} < \frac{2\pi}{1.09}$ 이므로 $5 < \frac{2\pi}{\ln 3} < 6$ 임을 알 수 있다. 따라서 $N=5$ 이다.

[3.2]

점 P가 마지막으로 만난 원의 반지름의 길이가 3^5 이므로, 이때의 시각 t 를 구하면 다음과 같다.

$$e^{2t} = 3^5 \Rightarrow t = \frac{5}{2} \ln 3$$

$$\text{또한 } \frac{dx}{dt} = 2e^{2t} \cos t - e^{2t} \sin t, \quad \frac{dy}{dt} = 2e^{2t} \sin t + e^{2t} \cos t$$

이고

$$\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} = \sqrt{4e^{4t} + e^{4t}} = \sqrt{5} e^{2t}$$

이므로 점 P가 움직인 거리는

$$\int_0^{\frac{5}{2} \ln 3} \sqrt{5} e^{2t} dt = \sqrt{5} \left[\frac{e^{2t}}{2} \right]_0^{\frac{5}{2} \ln 3} = \frac{\sqrt{5}}{2} (243 - 1) = 121 \sqrt{5}$$

이다.

[3.3]

정적분을 계산하면

$$\int_{k-1}^k \pi \sin(\pi x) dx = [-\cos(\pi x)]_{k-1}^k = -\cos(k\pi) + \cos((k-1)\pi) = 2(-1)^{k-1}$$

이고 $N=5$ 이므로

$$\sum_{k=5}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{k-1} \times \{2(-1)^{k-1}\} = \sum_{k=5}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^{k-2} = \frac{\frac{1}{8}}{1 - \frac{1}{2}} = \frac{1}{4}$$

이다.

문항카드 4

1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오후 / 문제 1번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I, 미적분
	핵심개념 및 용어	도형의 이동, 이차함수, 연립방정식, 지수함수, 역함수, 미분
예상 소요 시간	34분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 1] 다음 물음에 답하시오.

[1.1] 함수 $f(x) = \frac{1}{4}x^2 + x + 3$ 에 대하여 $y = f(x)$ 의 그래프와 이를 x 축에 대하여 대칭이동한 후 x 축의 방향으로 2만큼 평행이동한 $y = g(x)$ 의 그래프가 있다. 이 두 그래프와 동시에 접하는 직선의 방정식을 모두 구하시오.

[1.2] 함수 $f(x) = a^x + b(a > 0)$ 에 대하여 $y = f(x)$ 의 그래프와 그 역함수의 그래프가 두 점에서 만난다. 이 두 점의 x 좌표가 각각 1, 2일 때, $a - b$ 의 값을 구하시오.

[1.3] 함수 $f(\theta) = \frac{2 + \tan^2 \theta}{2 - \tan \theta}$ 의 최솟값을 구하시오. (단, $-\frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$)

3. 출제 의도

이공계열 전공과정을 이수하기 위해 필수적으로 알아야 할 고등학교 수학 교과과정의 내용을 숙지하고 있는지 확인하는 문항들로 구성하였다. 본 문제를 해결하기 위해서는 문항의 내용을 수식화하고 원하는 답을 얻기 위해 관련된 기본 개념을 활용할 수 있어야 한다. 특히 도형의 이동, 이차함수, 역함수, 이차방정식, 미분을 잘 알고 적용할 수 있는지 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

- [1.1] 좌표평면 위 함수의 그래프의 이동과 이차함수와 직선의 위치 관계를 이해하고, 연립방정식을 풀 수 있는지 평가한다.
- [1.2] 역함수의 성질을 이용하여 주어진 지수함수로부터 이차방정식을 유도하고, 그 방정식의 근을 구할 수 있는지 평가한다.
- [1.3] 닫힌 구간에서 정의된 연속함수의 최솟값을 미분을 이용하여 구할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
1.1	[수학] - (2) 기하 - ④ 도형의 이동 [10수학02-08] 평행이동의 의미를 이해한다. [10수학02-09] 원점, x 축, y 축, 직선 $y = x$에 대한 대칭이동의 의미를 이해한다. [수학] - (1) 문자와 식 - ④ 복소수와 이차방정식 [10수학01-07] 이차방정식에서 판별식의 의미를 이해하고 이를 설명할 수 있다. [수학] - (1) 문자와 식 - ⑤ 이차방정식과 이차함수 [10수학01-10] 이차함수의 그래프와 직선의 위치 관계를 이해한다.
1.2	[수학] - (1) 문자와 식 - ⑥ 여러 가지 방정식과 부등식 [10수학01-13] 미지수가 2개인 연립이차방정식을 풀 수 있다. [수학] - (4) 함수 - ① 함수 [10수학04-03] 역함수의 의미를 이해하고, 주어진 함수의 역함수를 구할 수 있다. [수학 I] - (1) 지수함수와 로그함수 - ② 지수함수와 로그함수 [12수학 I01-07] 지수함수와 로그함수의 그래프를 그릴 수 있고, 그 성질을 이해한다.
1.3	[미적분] - (2) 미분법 - ② 여러 가지 미분법 [12미적02-06] 함수의 몫을 미분할 수 있다. [미적분] - (2) 미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-12] 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	권오남 외	교학사	2021	63~64 143~152
	수학	고성은 외	좋은책신사고	2021	76~77
	수학	박교식 외	동아출판	2021	49~51 62~63
	수학 I	박교식 외	동아출판	2021	37~40
	미적분	고성은 외	좋은책신사고	2021	76~79 102~108

5. 문항 해설

- [1.1] 좌표평면에서 도형의 이동을 식으로 표현할 수 있고 이차함수의 그래프와 직선의 위치관계를 이용하여 얻은 연립방정식을 풀 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [1.2] 함수의 그래프와 그 역함수의 그래프의 관계를 알고 이차방정식을 풀 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [1.3] 도함수를 활용하여 닫힌구간에서 함수의 최대최소를 구할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1.1	$y = g(x)$ 의 그래프는 $y = f(x)$ 의 그래프를 x 축에 대하여 대칭이동한 후 x 축의 방향으로 2만큼 평행이동한 그래프이므로 $g(x) = -\left\{\frac{1}{4}(x-2)^2 + (x-2) + 3\right\} = -\frac{1}{4}x^2 - 2$ 이다.	4
	직선의 방정식 $y = ax + b$ 와 $y = f(x)$ 를 연립하면 $\frac{1}{4}x^2 + x + 3 = ax + b \Rightarrow \frac{1}{4}x^2 + (1-a)x + 3-b = 0$ 이고, 이 이차방정식의 판별식이 0이어야 하므로 $a^2 - 2a - 2 + b = 0 \quad \cdots \textcircled{1}$ 이다. 직선의 방정식 $y = ax + b$ 와 $y = g(x)$ 를 연립하면	8

	$-\frac{1}{4}x^2 - 2 = ax + b \Rightarrow -\frac{1}{4}x^2 - ax - 2 - b = 0$ 이고, 이 이차방정식의 판별식이 0이어야 하므로 $a^2 - 2 - b = 0 \quad \dots \textcircled{B}$ 이다. ㉠, ㉡을 연립하여 a, b의 값을 구하면 $a = -1, b = -1$ 또는 $a = 2, b = 2$이다. 따라서 두 그래프와 동시에 접하는 직선의 방정식은 $y = -x - 1$ 또는 $y = 2x + 2$이다.	
1.2	$0 < a < 1$일 때 $f(x) = a^x + b$의 그래프 $y = f(x)$와 그 역함수의 그래프와의 교점은 $(1, 2), (2, 1)$이어야 한다. 따라서 두 방정식 $f(1) = a + b = 2, f(2) = a^2 + b = 1$을 연립하면 $a^2 - a + 1 = 0$이다. 이 방정식의 판별식은 0보다 작으므로 이를 만족하는 실수 a값은 존재하지 않는다. 따라서 $a > 1$이다. 함수 $f(x) = a^x + b$에 대하여 $y = f(x)$의 그래프와 그 역함수의 그래프와의 교점은 함수 $f(x) = a^x + b$의 그래프 $y = f(x)$와 직선 $y = x$의 교점과 같다. 방정식 $a^x + b = x$의 두 근이 1, 2이므로, 다음 연립 이차방정식을 얻을 수 있다. $\begin{cases} a + b = 1 \\ a^2 + b = 2 \end{cases}$	4
	$a = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}, b = \frac{1 - \sqrt{5}}{2}$ 또는 $a = \frac{1 - \sqrt{5}}{2}, b = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$ 이다. $a > 0$ 이므로 $a - b$ 의 값은 $\sqrt{5}$ 이다.	6
1.3	함수 $f(\theta)$에서 $\tan\theta$를 x로 치환한 함수를 $g(x)$라 하면 $-1 \leq x \leq 1$ $g(x) = \frac{2 + x^2}{2 - x}$ 의 최솟값을 구하면 된다. $g'(x) = \frac{-x^2 + 4x + 2}{(2 - x)^2}$ 이므로 $x = 2 \pm \sqrt{6}$에서 $g'(x) = 0$이다.	8
	$2 + \sqrt{6} > 1$이므로 $g(-1), g(2 - \sqrt{6}), g(1)$의 값 중 가장 작은 값이 함수 $g(x)$의 최솟값이다. $g(-1) = 1, g(2 - \sqrt{6}) = 2(\sqrt{6} - 2) = 2\sqrt{6} - 4, g(1) = 3$ 이므로 구하는 최솟값은 $2\sqrt{6} - 4$이다.	4

7. 예시 답안

[1.1]

$y = g(x)$ 의 그래프는 $y = f(x)$ 의 그래프를 x 축에 대하여 대칭이동한 후 x 축의 방향으로 2만큼 평행이동한 그래프이므로

$$g(x) = -\left\{\frac{1}{4}(x-2)^2 + (x-2) + 3\right\} = -\frac{1}{4}x^2 - 2$$

이다. 직선의 방정식 $y = ax + b$ 와 $y = f(x)$ 를 연립하면

$$\frac{1}{4}x^2 + x + 3 = ax + b \Rightarrow \frac{1}{4}x^2 + (1-a)x + 3-b = 0$$

이고, 이 이차방정식의 판별식이 0이어야 하므로 $a^2 - 2a - 2 + b = 0$ 이다. 직선의 방정식 $y = ax + b$ 와 $y = g(x)$ 를 연립하면

$$-\frac{1}{4}x^2 - 2 = ax + b \Rightarrow -\frac{1}{4}x^2 - ax - 2 - b = 0$$

이고, 이 이차방정식의 판별식이 0이어야 하므로 $a^2 - 2 - b = 0$ 이다. 정리된 두 방정식을 연립하면, $a = -1$, $b = -1$ 또는 $a = 2$, $b = 2$ 이다. 따라서 두 그래프와 동시에 접하는 직선의 방정식은 $y = -x - 1$ 또는 $y = 2x + 2$ 이다.

(별해)

$y = g(x)$ 를 찾은 이후 미분하여 구한 기울기를 이용하는 방법에 해당된다. 직선의 그래프와 $y = f(x)$, $y = g(x)$ 의 그래프와의 접점을 각각 $(a, f(a))$, $(b, g(b))$ 로 가정하면, 아래가 성립한다.

$$\frac{f(a) - g(b)}{a - b} = f'(a) = g'(b)$$

$f'(x) = \frac{1}{2}x + 1$, $g'(x) = -\frac{1}{2}x$ 이며, $f'(a) = g'(b)$ 의 관계를 통해 $\frac{1}{2}a + 1 = -\frac{1}{2}b$ 임을 알 수 있다. 이를 대입하면,

$$\frac{f(a) - g(b)}{a - b} = \frac{\frac{1}{4}a^2 + a + 3 - \left\{-\frac{1}{4}(-a-2)^2 - 2\right\}}{a + a + 2} = \frac{\frac{1}{2}a^2 + 2a + 6}{2a + 2}$$

이고, 위 식과 $f'(a)$ 와의 관계를 통해

$$\frac{\frac{1}{2}a^2 + 2a + 6}{2a + 2} = \frac{1}{2}a + 1 \Rightarrow a^2 + 2a - 8 = 0 \Rightarrow (a + 4)(a - 2) = 0$$

임을 알 수 있다. 결과적으로 a 는 -4 또는 2 의 경우가 되며,

(i) $a = -4$ 일 때, 점 $(-4, 3)$ 을 지나고 기울기가 -1 인 직선이므로, $y = -x - 1$

(ii) $a = 2$ 일 때, 점 $(2, 6)$ 을 지나고 기울기가 2 인 직선이므로, $y = 2x + 2$

가 된다.

[1.2]

$0 < a < 1$ 일 때 $f(x) = a^x + b$ 의 그래프 $y = f(x)$ 와 그 역함수의 그래프와의 교점은 $(1, 2), (2, 1)$ 이어야 한다. 따라서 두 방정식 $f(1) = a + b = 2, f(2) = a^2 + b = 1$ 을 연립하면 $a^2 - a + 1 = 0$ 이다. 이 방정식의 판별식은 0보다 작으므로 이를 만족하는 실수 a 값은 존재하지 않는다. 따라서 $a > 1$ 이다.

함수 $f(x) = a^x + b$ 에 대하여 $y = f(x)$ 의 그래프와 그 역함수의 그래프와의 교점은 함수 $f(x) = a^x + b$ 의 그래프 $y = f(x)$ 와 직선 $y = x$ 의 교점과 같다. 방정식 $a^x + b = x$ 의 두 근이 1, 2이므로, 다음 연립 이차 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{cases} a + b = 1 \\ a^2 + b = 2 \end{cases}$$

$a = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}, b = \frac{1 - \sqrt{5}}{2}$ 또는 $a = \frac{1 - \sqrt{5}}{2}, b = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$ 이다. $a > 0$ 이므로 $a - b$ 의 값은 $\sqrt{5}$ 이다.

[1.3]

함수 $f(\theta)$ 에서 $\tan \theta$ 를 x 로 치환한 함수를 $g(x)$ 라 하면

$-1 \leq x \leq 1$ 에서

$$g(x) = \frac{2 + x^2}{2 - x}$$

의 최솟값을 구하면 된다.

$$g'(x) = \frac{-x^2 + 4x + 2}{(2 - x)^2}$$

이므로 $x = 2 \pm \sqrt{6}$ 에서 $g'(x) = 0$ 이다.

$2 + \sqrt{6} > 1$ 이므로 $g(-1), g(2 - \sqrt{6}), g(1)$ 의 값 중 가장 작은 값이 함수 $g(x)$ 의 최솟값이다.

$$g(-1) = 1, g(2 - \sqrt{6}) = 2(\sqrt{6} - 2) = 2\sqrt{6} - 4, g(1) = 3$$

이므로 구하는 최솟값은 $2\sqrt{6} - 4$ 이다.

문항카드 5

1. 일반 정보

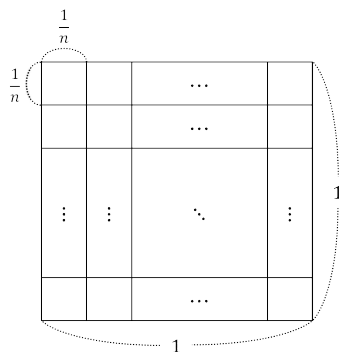
유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오후 / 문제 2번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I
	핵심개념 및 용어	조합, 수학적 귀납법
예상 소요 시간	33분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 2] 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

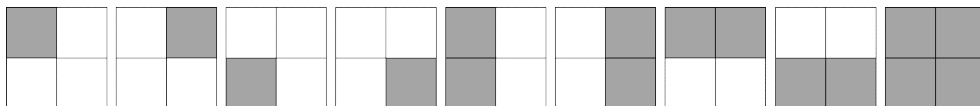
(가) <그림 1>은 넓이가 1인 정사각형을 작은 정사각형 n^2 개로 등분한 것이다.

(단, n 은 자연수)



<그림 1>

(나) <그림 1>에 있는 선분만으로 이루어진 서로 다른 사각형을 찾으려고 한다. <그림 2>와 같이 $n=2$ 인 경우 모두 9개의 서로 다른 사각형을 찾을 수 있다.



<그림 2>

(다) $n=k$ 일 때 찾을 수 있는 가장 작은 사각형의 넓이를 a_k 라 하자.

[2.1] $n = 9$ 일 때 찾을 수 있는 서로 다른 사각형의 개수를 구하시오.

[2.2] $n = 9$ 일 때 찾을 수 있는 서로 다른 사각형 중 넓이가 a_8 보다 큰 사각형의 개수를 구하시오.

[2.3] $m \geq 2$ 인 모든 자연수 m 에 대하여 다음 명제 $p(m)$ 이 성립함을 수학적 귀납법으로 증명하시오.

$p(m)$: $n = m$ 일 때 찾을 수 있는 두 번째로 넓이가 큰 사각형의 넓이는 $S_m = \sum_{k=2}^m a_k$ 보다 항상 크다.

3. 출제 의도

수학을 배우는 목적 중 하나는 수학 지식을 활용하여 다양한 문제의 해결 능력을 양성하는 데 있다. 본 문제에서는 주어진 조건을 이해하고 조합을 이용하여 경우의 수를 계산할 수 있는지와 수학적 귀납법을 이용하여 명제를 증명할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

[2.1] 조합을 이용하여 경우의 수를 계산할 수 있는지 평가한다.

[2.2] 주어진 조건이 있을 때 경우의 수를 계산할 수 있는지 평가한다.

[2.3] 수학적 귀납법을 이해하고, 이를 이용하여 명제를 증명할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
2.1	[수학] - (5) 확률과 통계 - ② 순열과 조합 [10수학05-03] 조합의 의미를 이해하고, 조합의 수를 구할 수 있다.
2.2	[수학] - (5) 확률과 통계 - ① 경우의 수 [10수학05-01] 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수

	있다.
2.3	[수학] - (3) 수열 - ③ 수학적 귀납법 [12수학 I03-07] 수학적 귀납법의 원리를 이해한다. [12수학 I03-08] 수학적 귀납법을 이용하여 명제를 증명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	고성은 외	좋은책신사고	2021	257~259
	수학	박교식 외	동아출판	2021	255~258 264~267
	수학 I	박교식 외	동아출판	2021	142~144
	수학 I	홍성복 외	지학사	2020	152~155

5. 문항 해설

- [2.1] 사각형을 결정하는 조건을 조합을 이용하여 표현할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [2.2] 사각형의 넓이를 비교하여 주어진 조건을 만족시키는 경우의 수를 계산할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
- [2.3] 수학적 귀납법의 원리를 알고 명제를 증명하는데 적용할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2.1	주어진 선분을 이용하여 찾을 수 있는 서로 다른 사각형의 개수는 ${}_{10}C_2 \times {}_{10}C_2 = 2025$ 이다.	9
2.2	$n = 9$ 일 때 찾을 수 있는 가장 작은 사각형의 넓이 a_9 는 $\frac{1}{9} \times \frac{1}{9} = \frac{1}{81}$ 이고, 두 번째로 작은 사각형의 넓이는 $\frac{1}{9} \times \frac{2}{9} = \frac{2}{81}$ 이다. $a_8 = \frac{1}{64}$ 이고, $\frac{2}{81} > \frac{1}{64}$ 이므로	3
	문제의 조건을 만족하는 사각형의 개수는, 문항 [2.1]에서 구한 사각형의 개수에서 a_9 의 개수 81을 뺀 값과 같으므로 $2025 - 81 = 1944$ 이다.	6

2.3	a_k 는 $\frac{1}{k^2}$ 이고, $m \geq 2$ 인 모든 자연수 m 에 대하여 $n = m$ 일 때 찾을 수 있는 두 번째로 넓이가 큰 사각형의 넓이는 $1 - \frac{1}{m}$ 이다.	4
	따라서 주어진 명제 $p(m)$은 다음과 같다. $p(m): n = m \text{ 일 때 } 1 - \frac{1}{m} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{m^2}$ $m = 2$일 때 $\frac{1}{2} > \frac{1}{2^2}$ 이므로 $p(2)$가 성립한다.	4
	(ii) $m = k$일 때 $p(k)$가 성립한다고 가정하자. $1 - \frac{1}{k} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2}$ 양변에 $\frac{1}{(k+1)^2}$을 더하면 $1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2} + \frac{1}{(k+1)^2}$ 이다. 이때 $1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} = 1 - \frac{k^2 + k + 1}{k(k+1)^2}, \quad \frac{k^2 + k + 1}{k(k+1)^2} > \frac{k^2 + k}{k(k+1)^2} = \frac{1}{k+1}$ 이므로 $1 - \frac{1}{k+1} > 1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2} + \frac{1}{(k+1)^2}$ 이다. 따라서 $p(k+1)$이 성립한다. (i), (ii)에 의해서 명제 $p(m)$은 $m \geq 2$인 모든 자연수 m에 대하여 성립한다.	7

7. 예시 답안

[2.1]

주어진 선분을 이용하여 찾을 수 있는 서로 다른 사각형의 개수는 ${}_{10}C_2 \times {}_{10}C_2 = 2025$ 이다.

[2.2]

$n = 9$ 일 때 찾을 수 있는 가장 작은 사각형의 넓이 a_9 는 $\frac{1}{9} \times \frac{1}{9} = \frac{1}{81}$ 이고, 두 번째로 작은 사각형의 넓이는 $\frac{1}{9} \times \frac{2}{9} = \frac{2}{81} > a_8 = \frac{1}{64}$ 이다. 따라서 문제의 조건을 만족하는 사각형의 개수는, 문항 [2.1]에서 구한 사각형의 개수에서 a_9 의 개수 81을 뺀 값과 같으므로 $2025 - 81 = 1944$ 이다.

[2.3]

a_k 는 $\frac{1}{k^2}$ 이고, $m \geq 2$ 인 모든 자연수 m 에 대하여 $n = m$ 일 때 찾을 수 있는 두 번째로 넓이가 큰 사각형의 넓이는 $1 - \frac{1}{m}$ 이다. 따라서 주어진 명제 $p(m)$ 은 다음과 같다.

$$p(m): n = m \text{ 일 때 } 1 - \frac{1}{m} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{m^2}$$

$m = 2$ 일 때 $\frac{1}{2} > \frac{1}{2^2}$ 이므로 $p(2)$ 가 성립한다.

(ii) $m = k$ 일 때 $p(k)$ 가 성립한다고 가정하자.

$$1 - \frac{1}{k} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2}$$

양변에 $\frac{1}{(k+1)^2}$ 을 더하면

$$1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2} + \frac{1}{(k+1)^2}$$

이다. 이때

$$1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} = 1 - \frac{k^2 + k + 1}{k(k+1)^2}, \quad \frac{k^2 + k + 1}{k(k+1)^2} > \frac{k^2 + k}{k(k+1)^2} = \frac{1}{k+1}$$

이므로

$$1 - \frac{1}{k+1} > 1 - \frac{1}{k} + \frac{1}{(k+1)^2} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{k^2} + \frac{1}{(k+1)^2}$$

이다. 따라서 $p(k+1)$ 이 성립한다.

(i), (ii)에 의해서 $p(m)$ 은 $m \geq 2$ 인 모든 자연수 m 에 대하여 성립한다.

문항카드 6

1. 일반 정보

유형	☒ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(수학) 오후 / 문제 3번	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	미적분
	핵심개념 및 용어	부정적분, 부분적분법, 정적분, 넓이
예상 소요 시간	33분 / 전체 100분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

자연수 n 에 대하여, 곡선 $y = 2e^x \sin x$ 와 x 축 및 두 직선 $x = 2n\pi$, $x = (2n+2)\pi$ 로 둘러싸인 도형의 넓이를 A_n 이라 하자.

[3.1] 부정적분 $\int 2e^x \sin x dx$ 를 구하시오.

[3.2] A_n 을 구하시오.

[3.3] 극한값 $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n^8} \{\ln A_k - 2\ln(1 + e^\pi)\}^7$ 을 구하시오.

3. 출제 의도

다양한 자연현상과 사회현상을 이해하고 설명하기 위해 미적분이 활용되는 경우가 많다. 따라서, 미적분 개념의 이해는 이공계 대학 신입생이 반드시 갖춰야 하는 기본 소양이다. 특히 도형의 넓이나 부피를 계산하기 위해 정적분을 활용하는 방법을 배우는 것은, 복잡한 문제를 세분하여 단순화한 후 이를 종합하여 해결하는 원리를 이해하기 위한 초석이다. 이러한 원리는 일, 에너지, 압력, 확률 계산 등에 널리 활용된다. 본 문제에서는 적분과 관련하여 여러 가지 함수의 원시함수를 구하고 부분적분법을 활용할 수 있는지, 정적분을 이용하여 넓이를 계산할 수 있는지, 정적분과 급수의 합 사이의 관계를 이해하고 활용할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

문항별 출제 의도는 다음과 같다.

- [3.1] 부분적분법을 이용하여 여러 가지 함수의 부정적분을 구할 수 있는지 평가한다.
- [3.2] 정적분을 이용하여 주어진 도형의 넓이를 구할 수 있는지 평가한다.
- [3.3] 정적분과 급수의 합 사이의 관계를 이용하여 극한값을 구할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
3.1	[미적분] - (3) 적분법 - ㉠ 여러 가지 적분법 [12미적03-02] 부분적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. [12미적03-03] 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.
3.2	[미적분] - (3) 적분법 - ㉠ 여러 가지 적분법 [12미적03-03] 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다. [미적분] - (3) 적분법 - ㉡ 정적분의 활용 [12미적03-05] 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
3.3	[미적분] - (3) 적분법 - ㉡ 정적분의 활용 [12미적03-04] 정적분과 급수의 합 사이의 관계를 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분	이준열 외	천재교육	2021	139~145
	미적분	황선욱 외	미래엔	2020	151~154
	미적분	권오남 외	교학사	2020	168~172
	미적분	김원경 외	비상교육	2020	147~149

5. 문항 해설

- [3.1] 삼각함수의 적분, 지수함수의 적분, 부분적분법을 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
 [3.2] 함수의 그래프로 둘러싸인 도형의 넓이를 정적분으로 계산할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.
 [3.3] 급수의 합을 정적분으로 표현할 수 있다면 쉽게 해결할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
3.1	부분적분법을 적용하면 $\int 2e^x \sin x dx = 2e^x \sin x - \int 2e^x \cos x dx$ 이다. 우변의 부정적분에 부분적분법을 적용하면 $\int 2e^x \cos x dx = 2e^x \cos x + \int 2e^x \sin x dx$ 이다.	6
	이를 첫 번째 식에 대입하면 $\int 2e^x \sin x dx = e^x (\sin x - \cos x) + C$ (단, C 는 적분상수)를 얻는다.	4
3.2	$e^x > 0$ 이므로, $[2n\pi, (2n+1)\pi]$ 에서 $2e^x \sin x \geq 0$ 이고 $[(2n+1)\pi, (2n+2)\pi]$ 에서 $2e^x \sin x \leq 0$ 이다. 따라서 구하는 도형의 넓이는 $A_n = \int_{2n\pi}^{(2n+1)\pi} 2e^x \sin x dx - \int_{(2n+1)\pi}^{(2n+2)\pi} 2e^x \sin x dx$ 이다.	4

	$= [e^x (\sin x - \cos x)]_{2n\pi}^{(2n+1)\pi} - [e^x (\sin x - \cos x)]_{(2n+1)\pi}^{(2n+2)\pi}$ $= e^{(2n+1)\pi} + e^{2n\pi} + e^{(2n+2)\pi} + e^{(2n+1)\pi}$ $= e^{2n\pi} (1 + e^\pi)^2$ 이다.	4
	문항[3.2]로부터 $\ln A_k - 2\ln(1 + e^\pi) = \ln \frac{A_k}{(1 + e^\pi)^2} = 2k\pi$이므로	5
3.3	$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n^8} \{\ln A_k - 2\ln(1 + e^\pi)\}^7 = (2\pi)^7 \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n}\right)^7 \frac{1}{n}$ 이 성립한다. 정적분과 급수의 합 사이의 관계에 의하여, 구하는 극한값은 $(2\pi)^7 \int_0^1 x^7 dx = 16\pi^7$ 이다.	10

7. 예시 답안

[3.1]

부분적분법을 적용하면

$$\int 2e^x \sin x dx = 2e^x \sin x - \int 2e^x \cos x dx$$

이다. 우변의 부정적분에 부분적분법을 적용하면

$$\int 2e^x \cos x dx = 2e^x \cos x + \int 2e^x \sin x dx$$

이다. 이를 첫 번째 식에 대입하면

$$\int 2e^x \sin x dx = e^x (\sin x - \cos x) + C \quad (\text{단, } C \text{는 적분상수})$$

를 얻는다.

[3.2]

$e^x > 0$ 이므로, $[2n\pi, (2n+1)\pi]$ 에서 $2e^x \sin x \geq 0$ 이고 $[(2n+1)\pi, (2n+2)\pi]$ 에서 $2e^x \sin x \leq 0$ 이다. 따라서 구하는 도형의 넓이는

$$\begin{aligned}
A_n &= \int_{2n\pi}^{(2n+1)\pi} 2e^x \sin x dx - \int_{(2n+1)\pi}^{(2n+2)\pi} 2e^x \sin x dx \\
&= [e^x (\sin x - \cos x)]_{2n\pi}^{(2n+1)\pi} - [e^x (\sin x - \cos x)]_{(2n+1)\pi}^{(2n+2)\pi} \\
&= e^{(2n+1)\pi} + e^{2n\pi} + e^{(2n+2)\pi} + e^{(2n+1)\pi} \\
&= e^{2n\pi} (1 + e^\pi)^2
\end{aligned}$$

이다.

[3.3]

문항[3.2]로부터 $\ln A_k - 2\ln(1 + e^\pi) = \ln \frac{A_k}{(1 + e^\pi)^2} = 2k\pi$ 이므로

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n^8} \{\ln A_k - 2\ln(1 + e^\pi)\}^7 = (2\pi)^7 \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{k}{n}\right)^7 \frac{1}{n}$$

이 성립한다. 정적분과 급수의 합 사이의 관계에 의하여, 구하는 극한값은

$$(2\pi)^7 \int_0^1 x^7 dx = 16\pi^7$$

이다.