

AI 교육
중앙 속으로

2021

BECAUS

2021학년도
중앙대학교
논술가이드북
자연계열

CHUNG-ANG UNIVERSITY

2021학년도 중앙대학교 논술가이드북(자연계열)

입학처장 메시지	004	III. 중앙대학교 논술의 이해와 대비방법	
I. 2021학년도 중앙대학교 논술전형 안내			
1. 모집단위와 모집인원	008	1. 중앙대학교 자연계열 논술 개요	023
2. 지원자격	009	2. 자연계열 논술 문항의 구성	023
3. 전형일정	009	3. 논술 시험에 대한 조언과 중요한 TIP	024
4. 수능최저학력기준	009	4. 2020학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법	025
5. 전형방법	010	IV. 실전 대비 2021학년도 모의논술 문제풀이	
II. 2020학년도 논술전형 결과 분석		1. 2021학년도 모의논술 문제	028
1. 모집인원 및 경쟁률	014	2. 2021학년도 모의논술 해설	037
2. 지원자 및 합격자 분포	015	V. 2020학년도 수시모집 논술시험 기출문제 및 해설	
3. 논술/교과 성적 현황	016	1. 자연계열 I (오전)	057
		2. 자연계열 II (오후)	081



학문의 경계가 없어지고 빠르게 변화하는 미래 사회.
중앙은 시대를 선도하는 과감한 개혁으로 내일을 이끌 인재를 양성합니다.

—
새로운 시대, 중앙의 혁신 **AI 교육 중앙 속으로**

CAU



중앙대학교
CHUNG-ANG UNIVERSITY



입학처장 메시지

수험생 여러분, 안녕하세요? 반갑습니다.

저는 중앙대학교 입학처장, 경영경제대학 응용통계학과 김영화 교수입니다.

대학교육의 변화와 혁신을 선도하고 있는 중앙대학교가 2021학년도 논술가이드북을 출간합니다. 중앙대학교의 논술전형은 수험생의 논리적 사고력을 가늠할 수 있는 훌륭한 도구이며, 본인의 의견을 논리적으로 서술하는 능력은 대학에서의 학업 습득은 물론 사회에 진출하여 수행할 직업 활동에 기본적 자질이라고 생각합니다. 즉, 논리적 서술 능력은 대학입학뿐만 아니라 4차 산업혁명시대의 선도적 역할을 감당할 수험생 자신의 미래를 위해서도 갖추고 배양해야만 하는 중요한 기초 소양 중 하나입니다.

중앙대학교는 2021학년도 수시모집 논술전형을 통해 808명의 신입생을 선발합니다. 이는 단일 모집 전형으로 가장 규모가 큰 전형이며, 전형요소와 반영비율은 논술 60%, 학생부 40%입니다. 논술전형에 학생부를 반영하지만 그 실제 비중은 크지 않으며 논술고사를 탄실하게 준비하는 학생에게 유리하도록 전형이 구성되어 있습니다. 또한, 항상 그러했듯이 이번 2021학년도 논술에서도 우리 중앙대학교는 학생들의 부담을 덜어 주고, 공교육 정상화에 기여하는 방향으로 문제를 출제할 것입니다.

중앙대학교는 수험생, 학부모님, 진학지도 선생님들의 불필요한 혼란과 걱정을 방지하기 위해 그동안 논술 시험에 관한 모든 정보를 공개해왔습니다. 올해도 중앙대학교는 다음 세 가지 원칙을 지킬 것입니다.

1. 출제 범위와 문제의 내용은 고등학교 교과 수준을 넘지 않는다.
2. 고등학교 교육과정을 정상적으로 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 수준의 문제를 출제한다.
3. 논술 문제, 예시 답안, 채점 기준 등 평가에 관한 모든 정보를 공개한다.

중앙대학교는 이미 6월에 8,000여 명의 고등학생을 대상으로 온라인 모의 논술시험을 실시하여 40여 명의 교수진이 학생의 답안에 대해 평가 및 첨삭을 시행한 바가 있습니다. 그리고 그 결과를 논술가이드북에 담았습니다. 뿐만 아니라 논술가이드북에 예년 출제 문제, 올해 출제 방향, 채점 기준 등을 제시하였으며, 감점이나 가산점의 요인까지 상세히 소개하였습니다. 수험생들은 이를 통해서 2021학년도 중앙대학교 논술시험의 방향을 예측할 수 있고, 학교 교과 학습을 통해 시험을 준비할 수 있을 것입니다. 단언하건대, 중앙대학교 논술가이드북은 중앙대학교 논술전형을 준비하는 학생들에게 가장 좋은 지침서이기 때문에, 중앙대학교 논술전형을 위해 사교육의 도움을 받을 필요는 전혀 없습니다.

2021학년도 중앙대학교 논술가이드북이 수험생 여러분을 - 지나온 100년 역사와 더불어 새로운 100년을 꿈꾸는 - '중앙대학교'로 안내할 것이라고 확신합니다.

중앙대학교에서 뵙겠습니다.
감사합니다.

2020. 6
중앙대학교 입학처장 **김영화**

I.

2021학년도 중앙대학교 논술전형 안내

1. 모집단위와 모집인원	008
2. 지원자격	009
3. 전형일정	009
4. 수능최저학력기준	009
5. 전형방법	010





2021학년도 중앙대학교 논술전형 안내

모집단위와 모집인원

계열	소재	대학	모집단위	모집인원	계열	소재	대학	모집단위	모집인원	
인문	서울	인문	국어국문학과	8	자연	서울	자연과학	물리학과	10	
			영어영문학과	15				화학과	8	
			유럽문화학부	독일어문학				5	생명과학과	11
				프랑스어문학				6	수학과	10
				러시아어문학			5	공과	사회기반시스템공학부	건설환경플랜트공학
			아시아문화학부	일본어문학			5		도시시스템공학	7
				중국어문학			5		화학신소재공학부	16
			철학과	6			기계공학부		36	
			역사학과	6			에너지시스템공학부	23		
			사회과학	정치국제학과			9	건축학부(건축공학-4년제)	11	
		공공인재학부		19		건축학부(건축학-5년제)	6			
		심리학과		11		창의ICT공과	전자전기공학부	55		
		문헌정보학과		7			융합공학부	17		
		사회복지학부		12		소프트웨어	소프트웨어학부	14		
		미디어커뮤니케이션학부		13			시학과	10		
		사회학과		10		경영경제	산업보안학과(자연)	5		
		도시계획·부동산학과		10		의과	의학부	26		
		사범	교육학과	5		적십자간호	간호학과(자연)	27		
			유아교육과	5		안성	생명공학	생명자원공학부	동물생명공학	15
			영어교육과	8					식물생명공학	13
	경영경제	경영학부(경영학)	135	식품공학부	식품공학			22		
		경영학부(글로벌금융)	14		식품영양			8		
		경제학부	30	시스템생명공학과	15					
		응용통계학과	10	예술공학	예술공학		11			
		광고홍보학과	12		공과		첨단소재공학과		9	
	국제물류학과	10	계				402			
	산업보안학과(인문)	5	계		406					
	적십자간호	간호학과(인문)	20	논술전형 총계		808				
	계				406					

※ 학칙개정에 따라 모집인원 및 모집단위 명칭이 변경될 수 있으며 변경 사항은 6월중 홈페이지 공고 예정입니다.
 ※ 교육평가인증: 적십자간호대학은 2015년도 하반기 간호교육인증평가 인증 획득 [인증기간: 2016.06. ~ 2021.06.]
 의과대학은 2018년도 의학교육 평가인증에서 4년 인증기간 획득 [인증기간: 2019.03. ~ 2023.02.]

지원자격

- 고등학교 졸업(예정)자, 2학년 수료예정자 중 상급학교 진학대상자 또는 관계 법령에 의하여 고등학교 졸업자와 동등 이상의 학력이 있다고 인정된 자

전형일정

1) 전형전체 진행일정

구분	일시	비고
인터넷 원서접수	2020. 9. 23.(수) 10시 ~ 28.(월) 18시	
서류제출	2020. 9. 23.(수) 10시 ~ 10. 5.(월) 우편소인기준	- 해당자에 한해 우편제출
수험생 유의사항 공고	2020. 12. 8.(화) 14시	
논술	자연계열	2020. 12. 12.(토)
	인문계열	2020. 12. 13.(일)
최초 합격자 발표	2020. 12. 27.(일) 14시	
최초 합격자 예치금 등록	2020. 12. 28.(월) ~ 30.(수) 16시	
충원 합격자 발표 및 등록	2020. 12. 31.(목) ~ 2021. 1. 4.(월) (2021.1.5.(화) 16시까지 등록)	- 입학처 홈페이지에서 조회
합격자 전체 본 등록금 등록	2021. 2. 8.(월) ~ 2. 10.(수) 16시	

※ 상기 일정 및 시험장소는 전형 진행에 따라 변경될 수 있으며, 추후 입학처 홈페이지를 참조 바랍니다.

2) 모집단위별 논술고사 일정

구분	12.12(토) - 자연계열		12.13(일) - 인문계열	
	대학	모집단위	대학	모집단위
1교시 (10:00-12:00)	자연과학	물리학과, 화학과, 생명과학과, 수학과	경영경제	경영학부(경영학, 글로벌금융), 경제학부, 응용통계학과, 광고홍보학과, 국제물류학과, 산업보안학과(인문)
	공과	사회기반시스템공학부(건설환경플랜트공학, 도시시스템공학), 에너지시스템공학부, 건축학부(건축공학-4년제, 건축학-5년제), 화학신소재공학부, 기계공학부, 첨단소재공학과		
	적십자간호	간호학과(자연)	사범	교육학과, 유아교육과, 영어교육과
	생명공학	생명자원공학부(동물생명공학, 식물생명공학), 식품공학부(식품공학, 식품영양), 시스템생명공학과		
2교시 (14:00-16:00)	창의ICT 공과	전자전기공학부, 융합공학부	인문	국어국문학과, 영어영문학과, 철학과, 역사학과, 유럽문화학부(독일어문학, 프랑스어문학, 러시아어문학), 아시아문화학부(일본어문학, 중국어문학)
	소프트웨어	소프트웨어학부, SI학과		
	경영경제	산업보안학과(자연)	사회과학	정치국제학과, 공공인재학부, 심리학과, 미디어커뮤니케이션학부, 사회학과, 도시계획·부동산학과, 문헌정보학과, 사회복지학부
	예술공학			
	의과	의학부		

※ 지원한 모집단위가 배정되어 있는 시험일 및 시간에 응시해야 함. (타 시험시간 응시할 경우 퇴실 조치)

※ 입실은 시험시작 40분전까지 완료해야하며, 시험시작 이후 입실불가

수능최저학력 기준

- 2021학년도 대학수학능력시험의 등급을 반영하며 아래 기준을 충족해야 함

구분	수능최저학력기준	탐구영역 반영 방법	필수 충족 요건
인문	국어, 수학(가/나), 영어, 사/과탐 중 3개 영역 등급 합 6 이내	2과목 평균	한국사 4등급 이내
의학부	국어, 수학(가), 영어, 과탐 4개 영역 등급 합 5 이내		
자연(서울)	국어, 수학(가), 영어, 과탐 중 3개 영역 등급 합 6 이내	상위 1과목	
자연(안성)	국어, 수학(가), 영어, 과탐 중 2개 영역 등급 합 5 이내		

※ 제2외국어와 한문을 사회탐구영역의 한 과목으로 인정하여 반영함

1) 전형요소

선발단계	논술(%)	학교생활기록부(%)	
		교과	비교과
일괄합산	60	20	20(출결, 봉사)

2) 논술

가) 출제수준

- 고등학교 교육과정의 내용과 수준에 맞추어 출제
- 대학에서의 수학에 필요한 사고력과 쓰기능력 측정에 중점을 둔 출제

나) 출제유형

- 인문계열(인문사회, 경영경제), 자연계열 논술 출제
- 자연계열의 과학논술은 생명과학, 물리, 화학 중 택1 하여 응시하며 원서접수 시 응시할 과목과목을 선택 (원서접수 마감 이후에는 변경이 불가함)

계열	논술유형	모집단위	출제유형
인문	인문사회	인문대학, 사회과학대학, 사범대학, 간호학과(인문)	언어논술(3문항)
	경영경제	경영경제대학 인문계열 모집단위 전체	언어논술(2문항), 수리논술(1문항)
자연	자연	산업보안학과(자연), 자연과학대학, 생명공학대학, 예술공학대학, 창의ICT공과대학, 소프트웨어대학, 공과대학, 의학부, 간호학과(자연)	수리논술(3문항), 과학논술(1문항-생명과학, 물리, 화학 중 택1)

다) 출제범위

계열	논술유형	출제유형	교과	과목명	시험시간
인문	인문사회/ 경영경제	언어논술	국어교과	국어, 화법과 작문, 문학, 독서, 언어와 매체	120분
			사회교과	통합사회, 한국사, 한국지리, 세계지리, 세계사, 동아시아, 경제, 정치와법, 사회·문화, 생활과윤리, 윤리와사상	
자연	자연	수리논술	수학교과	수학, 수학 I, 수학 II, 확률과 통계	
			과학교과	수학, 수학 I, 수학 II, 미적분, 확률과 통계	
		과학논술	생명과학, 물리, 화학 중 택1하여 응시함(원서접수 시 응시과목 선택) (생명과학) 통합과학, 생명과학 I, 생명과학 II (물리) 통합과학, 물리학 I, 물리학 II (화학) 통합과학, 화학 I, 화학 II		

3) 학교생활기록부 반영방법

가) 학교생활기록부 성적 반영대상: 2020, 2021년 2월 국내고교 졸업자

- 학교생활기록부 1~3학년 반영교과 전체 이수과목 중 석차등급 상위 10과목에 한해 반영(학년별, 과목별 가중치 없음)

계열	반영교과	비교과
인문	국어교과, 수학교과, 영어교과, 사회교과 중 상위 10과목	출결, 봉사 (정량 평가)
자연	국어교과, 수학교과, 영어교과, 과학교과 중 상위 10과목	

※ 비교과 : 아래 표 [비교과 영역 환산표]에 따라서 출결과 봉사시간에 해당하는 점수로 환산 후 비교과 반영비율 적용

[비교과 영역 환산표]

출결		봉사	
무단(사고)결석 / 미인정 일수	환산점수	봉사활동시간	환산점수
1일 이하	5	20시간 이상	5
2~3일	4.9	19~17시간	
4~5일	4.5	16~13시간	
6~7일	3.75	12~10시간	
8~9일	2.75	9~5시간	
10일 이상	1	4시간 이하	

※ '코로나바이러스감염증-19' 상황을 고려하여 수험생들의 부담 완화를 위해 지원자 전원에게 봉사활동 점수 만점 부여(2020.6.17.)

나) 비교내신 대상 및 반영방법

비교내신 대상	반영방법
<ul style="list-style-type: none"> • 2019년 2월 이전 졸업자 (2019년 2월 졸업자 포함) • 검정고시 출신자 • 외국고교 졸업(예정)자 • 학생생활기록부가 없거나 학생생활기록부만으로 석차등급을 산출할 수 없는 자 	논술성적에 의한 비교내신 적용

DO



SOMETHING

CREATIVELY

EVERYDAY

II.

2020학년도 논술전형 결과 분석

- | | |
|-----------------|-----|
| 1. 모집인원 및 경쟁률 | 014 |
| 2. 지원자 및 합격자 분포 | 015 |
| 3. 논술/교과 성적 현황 | 016 |



2020학년도 논술전형 결과 분석

모집인원 및 경쟁률

- 논술전형 경쟁률 50.3 : 1 (827명 모집, 41,607명 지원)
- 의학부(115.7:1), 화학신소재공학부(93.6:1), 미디어커뮤니케이션학부(87.2:1) 최상위 경쟁률 기록

[표1-1] 논술전형 경쟁률 및 추가합격률

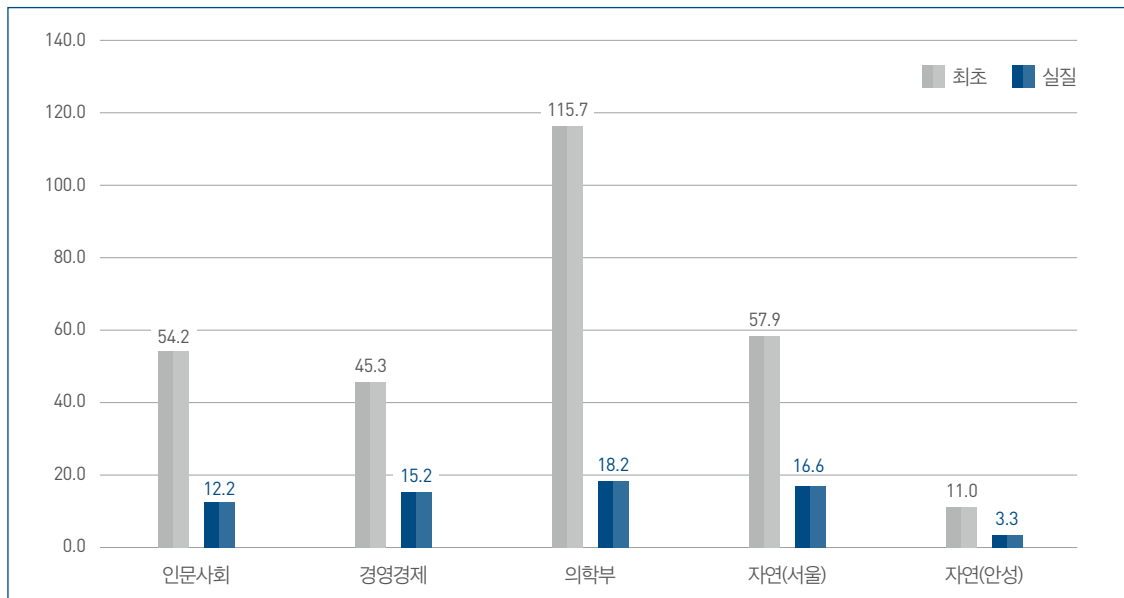
논술유형	모집인원	지원인원	최초경쟁률	실질경쟁률	추가합격률
인문사회	198	10,725	54.2	12.2	10.1%
경영경제	213	9,659	45.3	15.2	16.4%
의학부	30	3,472	115.7	18.2	30.0%
자연(서울)	288	16,674	57.9	16.6	36.8%
자연(안성)	98	1,077	11.0	3.3	26.5%
총계	827	41,607	50.3	13.7	23.7%

2020학년도 논술전형의 경쟁률은 전체 50.3대 1로, 전년도(47.8:1)보다 상승하였다.

논술전형의 경쟁률은 수시모집 타 전형에 비해 높지만, 실질경쟁률은 경쟁률의 50%이하 수준이기 때문에 원서접수 마감 후 공지되는 경쟁률에 주눅들 필요는 없다. 논술계열별 최초경쟁률과 실질경쟁률(응시율/수능최저기준통과율 적용)을 비교해보면 인문사회계열은 54.2:1→12.2:1, 경영경제계열은 45.3:1→15.2:1, 자연계열은 51.0:1→13.6:1로 대폭 낮아진 경쟁률을 보였다.

서울소재 자연계열 모집단위(학과)의 2020학년도 평균경쟁률은 57.9:1로, 지난해에 비해 상승하였다. 그 중 의학부는 115.7:1로 다른 모집단위에 비해 압도적으로 높은 경쟁률을 기록하였다. 반면, 안성소재 자연계열 모집단위(학과)는 자연계열 평균경쟁률보다 낮은 경쟁률을 기록했다.

[그림1-1] 2020학년도 논술전형 최초경쟁률 및 실질경쟁률



지원자 및 합격자 분포

- 지원자 및 합격자의 약 70% 일반고 출신 학생이 차지
- 지원자 및 합격자의 고3(졸업예정)수험생의 비율은 약 35%, N수생 비율은 약 65%

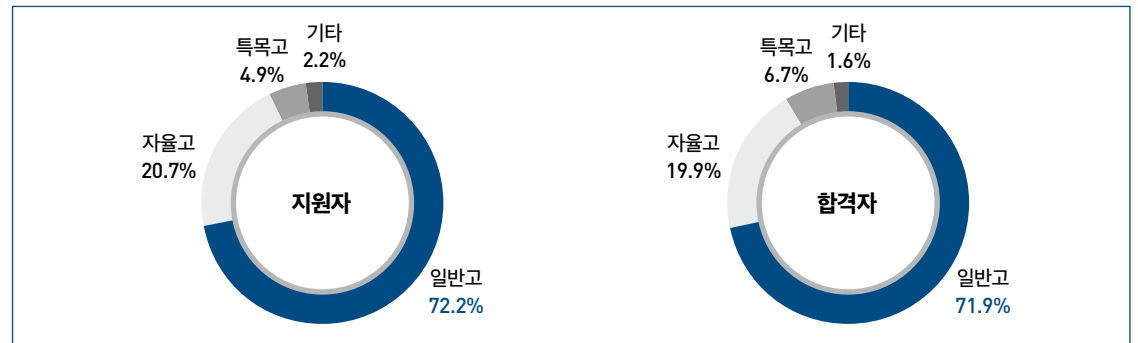
① 고교 유형별 분석

합격자의 71.9%가 일반고 출신이며 19.9%가 자율고, 6.7%가 특목고 출신 학생이었다. 특목고의 지원 및 합격비율은 인문계열에서 높게 나타났으며, 자연계열 합격자 중 특목고 출신 학생의 비율은 낮았다.

[표2-2] 논술전형 지원/합격자의 고교유형별 현황(%)

계열	지원				합격			
	일반고	자율고	특목고	기타	일반고	자율고	특목고	기타
인문	72.0%	16.7%	8.3%	2.9%	72.0%	14.6%	11.2%	2.2%
자연	72.3%	24.6%	1.7%	1.5%	71.7%	25.1%	2.2%	1.0%
계	72.2%	20.7%	4.9%	2.2%	71.9%	19.9%	6.7%	1.6%

[그림2-2] 논술전형 지원/합격자의 고교유형별 현황



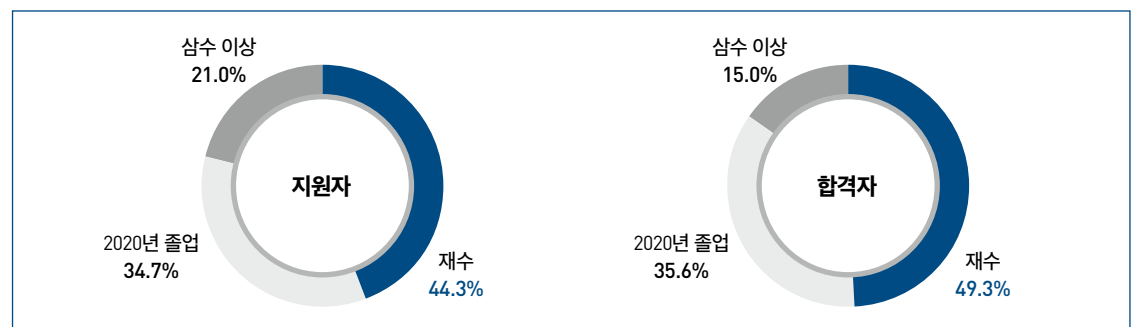
② 고교 졸업시기별 분석

합격자 중 35.6%가 고3(졸업예정자) 학생이었다. 고3 학생보다는 재수생이 다소 강세를 보였다. 계열별로도 인문계열과 자연계열 모두 재수 지원자의 지원과 합격비율(44.3%, 49.3%)이 다소 높았다.

[표2-3] 논술전형 지원/합격자의 고교졸업시기별 현황(%)

계열	지원			합격		
	20년 졸업(고3)	재수	삼수 이상	20년 졸업(고3)	재수	삼수 이상
인문	37.7%	43.1%	19.2%	35.0%	49.1%	15.8%
자연	31.8%	45.5%	22.7%	36.2%	49.5%	14.3%
계	34.7%	44.3%	21.0%	35.6%	49.3%	15.0%

[그림2-3] 논술전형 지원/합격자의 고교졸업시기별 현황



논술/교과 성적 현황

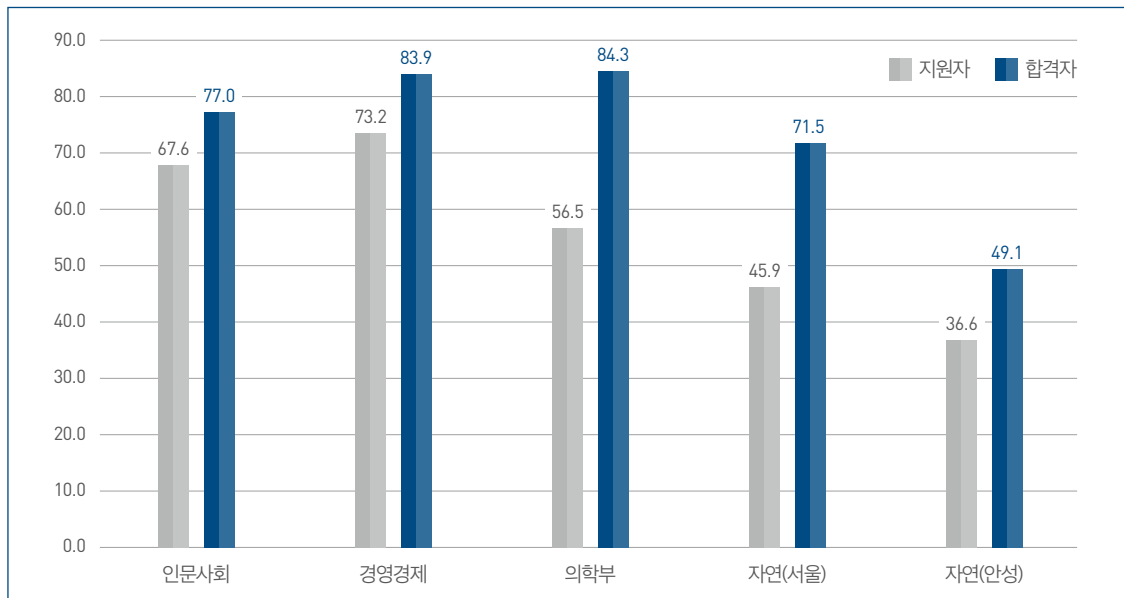
- 합격자 논술 평균 인문사회 77.0점, 경영경제 83.9점, 자연(서울/의학부 제외) 71.5점
- 경영경제, 자연계열 논술 수리문항의 고득점이 중요
- 교과 성적은 상위 10과목만 반영

① 논술 성적 분석

[표 3-1] 논술 유형별 지원/합격자 논술성적 현황

구분	지원		합격	
	평균	표준편차	평균	표준편차
인문사회	67.6	7.5	77.0	2.8
경영경제	73.2	10.7	83.9	2.1
자연	의학부	56.5	84.3	3.2
	서울(의학부 제외)	45.9	71.5	6.5
	안성	36.6	49.1	8.3

[그림 3-1] 논술 유형별 지원/합격자 논술성적 현황



본교는 수험생 친화적인 논술을 추구하고 있다. 논술전형에 출제되는 발체 지문 및 개념은 모두 고교과정의 교과서, EBS교재에서 인용된다. 따라서 고교 교육과정을 충실히 이수하고, 본교 논술가이드북을 활용한다면 논술전형을 준비할 수 있다.

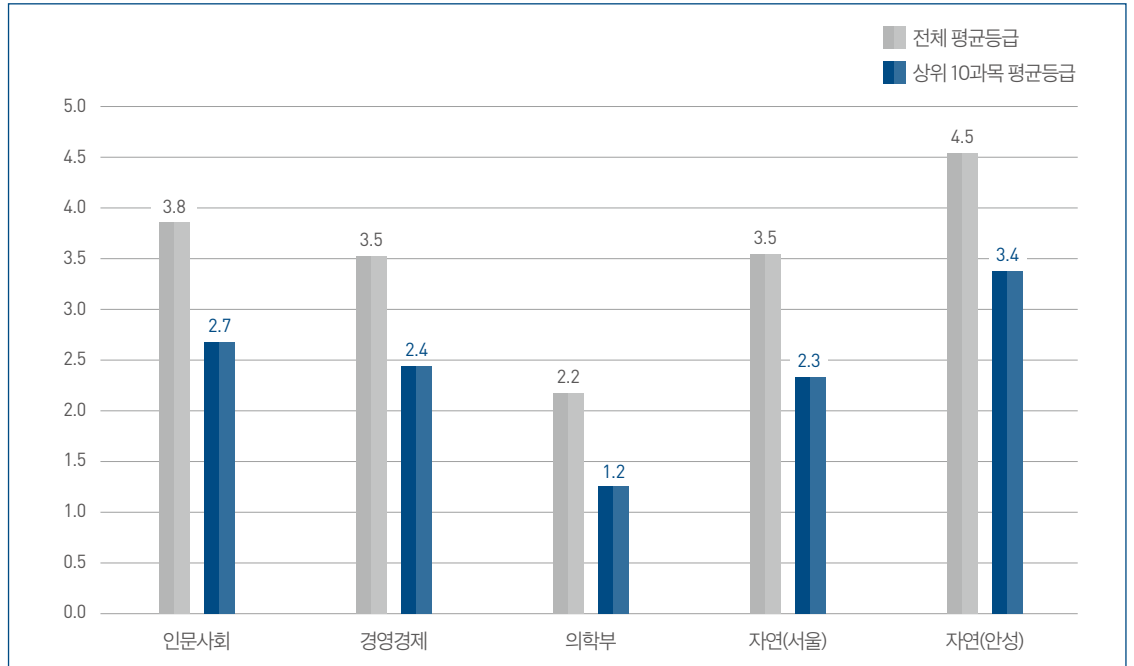
또한, 본인이 지원하고자 하는 모집단위(학과)에 따른 논술유형을 파악하여 그에 맞는 대비가 중요하다.

인문계열은 지원하는 모집단위에 따라 인문사회논술 또는 경영경제논술을 응시하게 된다. 인문사회논술은 언어논술 3문항, 경영경제논술은 언어논술 2문항과 수리논술 1문항으로 구성된다. 인문사회논술의 합격자 평균점수는 77.0점, 경영경제논술의 합격자 평균점수는 83.9점이다. 경영경제논술의 경우 수리논술의 고득점으로 인하여 인문사회논술에 비해서 합격자 평균성적이 높은 편이다. 수리논술의 경우 출제의도를 잘 파악하고, 알고자 하는 것에 대한 접근과정과 정답을 작성하되, 수식을 통하여 설명하는 것이 중요하다.

자연계열은 단일교과형(수학 3문항, 과학 1문항(물리, 화학, 생명과학 중 택1))으로 수학의 비중이 크다. 자연계열 서울(의학부 제외)의 합격자 논술평균점수는 71.5점이나 표준편차가 인문계열 논술유형들에 비해 큰 점을 참고할 필요가 있다. 표준편차가 크다는 것은 합격자들 중에 평균보다 표준편차만큼 낮은 학생도 합격이 가능했다는 이야기이다. 자연계열 안성소재 학과의 합격자 논술평균 점수는 49.1점, 표준편차 8.3으로 합격자의 논술성적대가 낮다. 수능최저충족 가능성이 높다면 논술성적이 부족하더라도 합격가능성이 높아진다. 의학부는 합격자의 논술평균 점수는 84.3점으로 높은 반면, 표준편차는 3.2로 자연계열 중에서는 작은 편이다.

② 교과 성적 분석

[그림 3-2] 합격자의 교과성적 (전체 vs. 상위 10과목) 현황



※ 인문사회/경영경제 : 국어교과, 수학교과, 영어교과, 사회교과 전체 중 상위 10개 과목 반영

※ 자연 : 국어교과, 수학교과, 영어교과, 과학교과 전체 중 상위 10개 과목 반영

본교 논술전형의 교과 성적 반영방법의 가장 큰 특징은 상위 10과목에 한해 반영하는 것이다. 1~3학년 반영교과 전체 이수과목 중 학년별, 과목별 가중치 없이 단순히 석차등급이 가장 높은 10과목이 반영된다. 인문계열의 경우 국어, 수학, 영어, 사회 중 상위 10과목을, 자연계열의 경우 국어, 수학, 영어, 과학 중 상위 10과목을 반영한다.

중앙대학교는 석차등급이 가장 높은 10과목만 반영하므로 합격자의 전체 교과등급 평균보다 상위 10과목의 평균등급이 약 1등급 정도 높아지는 것을 확인할 수 있다.

학교생활기록부의 교과 성적 반영대상은 2020학년도 기준으로 2019년, 2020년 2월 국내고교 졸업자이며, 그 외에는 논술성적에 의한 비교내신으로 반영된다.

참고자료 1 2020학년도 수시모집 논술전형 모집인원, 경쟁률 및 충원율 (세부)

대학	학과	전공	지원인원	모집인원	최초경쟁률	실질경쟁률	충원율(%)
인문	국어국문학과		414	8	51.8	12.0	12.5
	영어영문학과		817	15	54.5	13.7	13.3
	유럽문화학부	독일어문학	222	5	44.4	8.6	0.0
	유럽문화학부	프랑스어문학	252	6	42.0	7.7	0.0
	유럽문화학부	러시아어문학	218	5	43.6	6.8	0.0
	아시아문화학부	일본어문학	193	5	38.6	5.8	0.0
	아시아문화학부	중국어문학	199	5	39.8	7.0	20.0
	철학과		302	6	50.3	10.2	50.0
	역사학과		319	6	53.2	12.5	50.0
사회과학	정치국제학과		537	9	59.7	15.9	0.0
	공공인재학부		1290	19	67.9	19.0	0.0
	심리학과		816	11	74.2	16.0	9.1
	문헌정보학과		340	7	48.6	11.7	14.3
	사회복지학부		626	12	52.2	9.6	8.3
	미디어커뮤니케이션학부		1133	13	87.2	18.8	7.7
	사회학과		610	10	61.0	16.2	30.0
	도시계획·부동산학과		558	10	55.8	12.3	0.0
사범	교육학과		248	5	49.6	12.6	0.0
	유아교육과		224	6	37.3	4.0	0.0
	영어교육과		312	8	39.0	9.6	12.5
자연과학	물리학과		400	10	40.0	10.1	30.0
	화학과		506	8	63.3	18.6	25.0
	생명과학과		902	11	82.0	22.3	27.3
	수학과		487	10	48.7	12.8	50.0
공과	사회기반시스템공학부	도시시스템공학	344	7	49.1	12.9	14.3
	사회기반시스템공학부	건설환경플랜트	871	17	51.2	12.1	17.6
	건축학부	건축공학(4년제)	509	11	46.3	9.6	18.2
	건축학부	건축공학(5년제)	460	8	57.5	11.8	25.0
	화학신소재공학부		1498	16	93.6	29.1	43.8
	기계공학부		1945	34	57.2	16.6	52.9
	에너지시스템공학부		1282	23	55.7	15.7	39.1
창의ICT 공과	전자전기공학부		3385	55	61.5	19.6	36.4
	융합공학부		1011	17	59.5	19.5	25.0
소프트웨어대학			1719	20	86.0	28.0	58.8
경영경제	경영학부	경영학	6424	135	47.6	16.6	17.0
	경영학부	글로벌금융	505	13	38.8	11.3	15.4
	경제학부		1085	28	38.8	12.4	21.4
	응용통계학과		460	10	46.0	16.3	10.0
	광고홍보학과		563	12	46.9	12.8	8.3
	국제물류학과		416	10	41.6	11.9	20.0
	산업보안학과(인문)		206	5	41.2	10.6	0.0
	산업보안학과(자연)		290	5	58.0	16.4	40.0
의과	의학부		3472	30	115.7	18.2	30.0
적십자간호	간호학과(인문)		1095	27	40.6	8.3	7.4
	간호학과(자연)		1065	36	29.6	6.4	38.9
생명공학	생명자원공학부	동물생명공학	187	15	12.5	4.0	0.0
	생명자원공학부	식물생명공학	119	13	9.2	2.2	7.7
	식품공학부	식품공학	219	22	10.0	3.4	22.7
	식품공학부	식품영양	102	14	7.3	1.9	50.0
	시스템생명공학과		230	13	17.7	5.8	53.8
예술공학대학			220	21	10.5	3.0	28.6

참고자료 ② 2020학년도 수시모집 논술전형 전형결과 (세부)

대학	학과	전공	논술성적		합격자 교과성적(등급)	
			지원자	합격자	전체	상위10개
인문	국어국문학과		68.9	77.1	3.9	2.7
	영어영문학과		67.6	78.4	3.5	2.3
	유럽문화학부	독일어문학	68.0	77.4	4.7	3.5
	유럽문화학부	프랑스어문학	71.1	79.1	4.2	2.8
	유럽문화학부	러시아어문학	67.8	77.4	4.5	3.3
	아시아문화학부	일본어문학	65.7	76.6	4.8	3.4
	아시아문화학부	중국어문학	67.8	75.9	4.7	3.4
	철학과		68.9	78.2	4.0	2.8
	역사학과		68.0	75.1	3.6	2.5
사회과학	정치국제학과		63.6	74.0	3.7	2.6
	공공인재학부		67.3	78.1	3.6	2.3
	심리학과		69.1	78.0	3.7	2.5
	문헌정보학과		68.8	77.2	3.8	2.7
	사회복지학부		65.0	73.2	3.9	2.8
	미디어커뮤니케이션학부		66.2	76.8	3.6	2.5
	사회학과		68.4	75.4	3.6	2.4
	도시계획·부동산학과		68.4	79.4	4.1	3.1
사범	교육학과		72.4	83.9	5.2	3.8
	유아교육과		69.0	79.3	3.3	2.3
	영어교육과		70.7	79.5	3.6	2.6
자연과학	물리학과		50.3	74.6	3.3	2.1
	화학과		48.7	73.6	3.7	2.5
	생명과학과		45.2	72.7	3.1	2.0
	수학과		50.3	77.6	3.6	2.3
공과	사회기반시스템공학부	도시시스템공학	46.4	69.9	3.9	2.9
	사회기반시스템공학부	건설환경플랜트	44.3	69.7	4.1	2.9
	건축학부	건축공학(4년제)	45.1	71.0	4.1	2.8
	건축학부	건축학(5년제)	43.1	70.6	4.0	2.8
	화학신소재공학부		48.6	77.8	3.0	1.8
	기계공학부		50.1	78.1	3.3	2.2
	에너지시스템공학부		47.5	74.0	3.6	2.4
창의ICT 공과	전자전기공학부		44.8	70.4	3.5	2.2
	융합공학부		42.5	69.1	3.7	2.5
소프트웨어대학			41.6	68.2	3.3	2.1
경영경제	경영학부	경영학	74.3	84.9	3.5	2.5
	경영학부	글로벌금융	74.3	83.8	3.6	2.4
	경제학부		70.4	80.8	3.4	2.3
	응용통계학과		70.5	83.0	3.8	2.6
	광고홍보학과		70.5	81.5	3.5	2.4
	국제물류학과		69.6	82.7	3.5	2.3
	산업보안학과(인문)		69.0	82.1	3.9	2.9
	산업보안학과(자연)		41.3	65.6	3.9	2.6
의과	의학부		56.5	84.3	2.2	1.2
적십자간호	간호학과(인문)		65.8	74.8	3.7	2.6
	간호학과(자연)		46.0	63.5	3.8	2.5
생명공학	생명자원공학부	동물생명공학	37.7	54.2	4.4	3.4
	생명자원공학부	식물생명공학	36.6	46.7	4.1	2.9
	식품공학부	식품공학	37.2	50.6	4.6	3.4
	식품공학부	식품영양	39.2	44.8	4.7	3.6
	시스템생명공학과		39.9	56.5	4.3	3.1
예술공학대학			30.4	43.8	4.9	3.6

2021학년도 중앙대학교 논술가이드북(자연계열)

III. 중앙대학교 논술의 이해와 대비방법

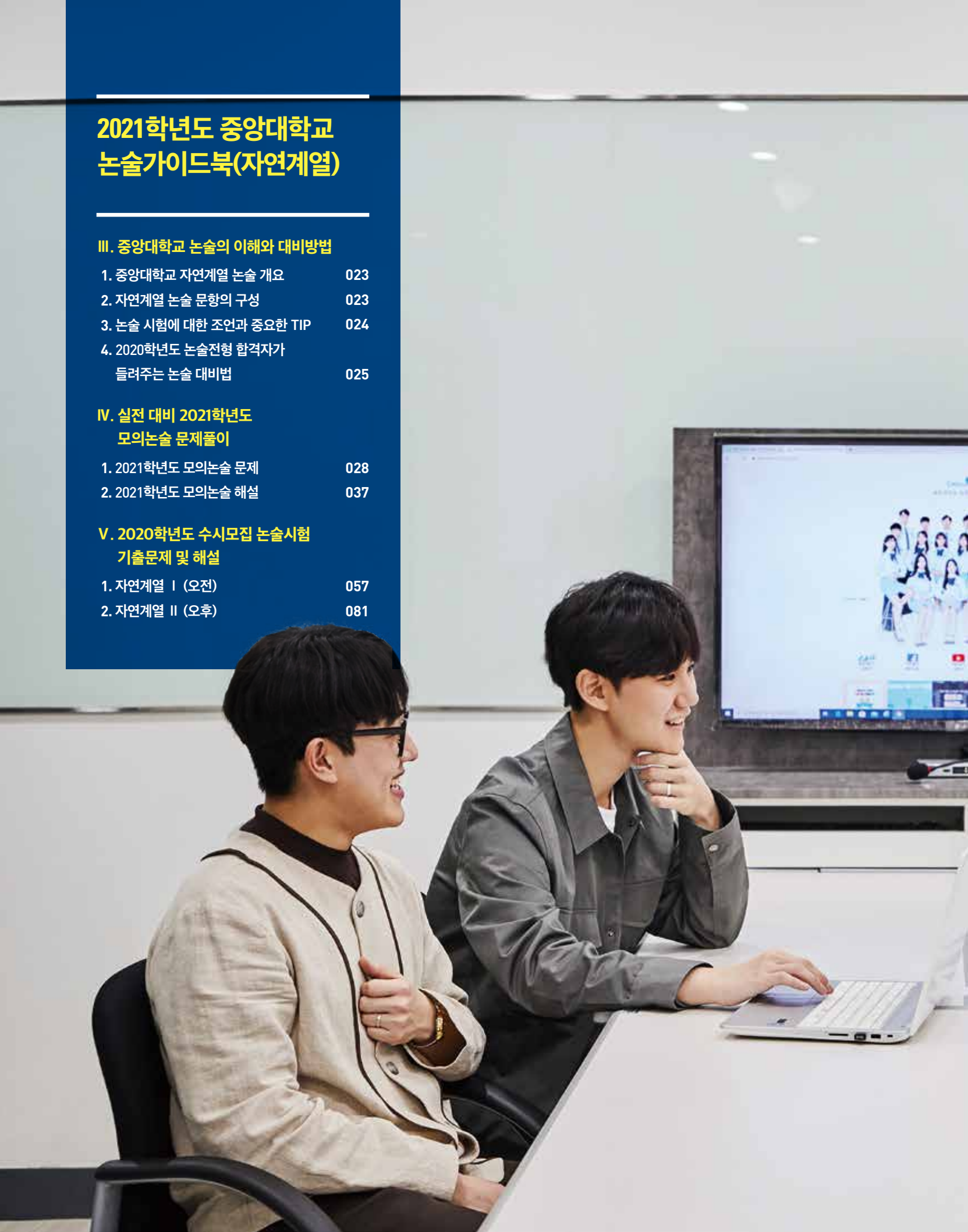
- 1. 중앙대학교 자연계열 논술 개요 023
- 2. 자연계열 논술 문항의 구성 023
- 3. 논술 시험에 대한 조언과 중요한 TIP 024
- 4. 2020학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법 025

IV. 실전 대비 2021학년도 모의논술 문제풀이

- 1. 2021학년도 모의논술 문제 028
- 2. 2021학년도 모의논술 해설 037

V. 2020학년도 수시모집 논술시험 기출문제 및 해설

- 1. 자연계열 I (오전) 057
- 2. 자연계열 II (오후) 081





Ⅲ.

중앙대학교 논술의 이해와 대비방법

1. 중앙대학교 자연계열 논술 개요 023
2. 자연계열 논술 문항의 구성 023
3. 논술 시험에 대한 조언과 중요한 TIP 024
4. 2020학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법 025



중앙대학교 논술의 이해와 대비방법

1. 중앙대학교 자연계열 논술은?

중앙대학교가 수시모집전형에서 논술 전형을 계속 유지하는 가장 큰 이유는 중앙대학교 논술 전형이 미래지향적인 인재를 선발하는 효율적인 평가 방식이라고 확신하기 때문이다. 오랜 기간 논술 전형의 관리 역량을 축적해 온 중앙대학교는 논술 전형을 통하여 우수한 학생을 성공적으로 선발해 오고 있다. 이는 논술 전형을 통해 입학한 학생들의 본교 입학 후 학업 성취도에서 증명되고 있다.

중앙대학교 2021학년도 논술 전형 시험의 전체적인 출제 방향 및 평가 목표는 향후 중앙대학교에 진학하여 학문을 탐구하는 데 있어서 부족함이 없는 인재를 합리적이고 객관적으로 선발하는 데 맞춰져 있다. 구체적으로 중앙대학교 자연계열 논술 시험에서는 수험생들이 고교과정에서 배운 수학과 과학의 기본 개념들을 잘 이해하고 있는가, 기본 개념들과 문항 또는 제시문을 통해 이해한 내용을 바탕으로 논리적 사고를 전개할 수 있는가, 문제를 창의적으로 해결할 수 있는가, 자신이 생각한 바를 언어나 수식을 통해 논리적으로 기술할 수 있는가의 여부를 중점적으로 평가할 것이다.

기본적으로는 수학, 과학, 물리 I·II, 화학 I·II, 생명과학 I·II 교과서 내용을 발췌하여 사용할 것이다.

중앙대학교 자연계열 논술전형에 관심을 갖고 준비중인 수험생들은 잘 알고 있는 바와 같이, 중앙대학교 자연계열 논술의 기본 성격은 2014학년도까지는 여러 교과목에 대한 제시문을 통합적으로 이해해야 풀 수 있는 통합형 논술이었다. 그러나, 학교시험, 수능준비와 함께 통합형 논술을 준비해야 하는 수험생의 부담과 논술을 지도하시는 일선 선생님들의 고충을 덜어드리기 위해 오랜 논의를 거쳐 2015학년도 논술 시험부터 과거 통합형의 틀을 벗어나 단일교과형 논술 문항을 출제하기로 결정하였고, 이를 2014년 봄에 시행된 모의논술부터 적용하였다.

중앙대학교 자연계열 논술을 준비하는 수험생들이 이렇게 변화된 포맷에 익숙해지기 위해서는 반드시 2014년 봄 이후 치러진 모의논술 및 본 논술 문항을 풀어보아야 하며, 매년 발행하는 논술가이드북의 내용을 적극적으로 활용하는 것이 올해 논술에서 좋은 결과를 얻을 수 있는 필수사항이다. 전년도 발간된 2020학년도 중앙대학교 논술 가이드북은 알찬 내용과 자세한 설명으로, 중앙대학교 논술을 준비하는 수험생과 이를 활용하여 학생들을 지도하시는 선생님들께 큰 도움이 될 것이라 확신하며 정성껏 제작한 책이다. 또한 올해 발행되는 2021학년도 논술가이드북을 통하여 제시하게 될 논술 출제 형식은 본 논술에서 반드시 유지할 것이며, 이는 논술 시험에 대한 예측 가능성을 제고함으로써 수험생들이 사고육에 의존하는 것을 방지하는 데 가장 큰 목적이 있다. 수험생들은 학교에서 습득한 교과목의 지식을 바탕으로 논술가이드북의 정보를 잘 활용한다면 중앙대학교의 논술전형에서 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

2. 자연계열 논술 문항의 구성

중앙대학교 자연계열 논술 문항의 전체적인 구성은 다음과 같다.

[문제 1], [문제 2], [문제 3]은 수학과 관련된 문항으로서 지원자가 모두 풀어야 하는 문제이며, 배점은 각각 20점, 25점, 25점이다. [문제 4]는 물리, 화학, 생명과학 가운데 지원자가 원서 접수 시 본인이 선택한 과목을 풀 수 있는 문제이며 배점은 30점이다. [문제 1]은 가장 쉬운 문항으로서 확률, 경우의 수, 기댓값 등에 관한 문제가 출제된다. [문제 2], [문제 3]은 고교 수학 전반에 관하여 출제되는 문항으로서 [문제 1]에 비하여 상대적으로 난이도가 높은 문항이 출제되며, 각각 소문항 두 개로 구성된다. [문제 4]는 물리, 화학, 생명과학에 해당하는 문항으로서 수험생은 원서 접수 시 본인이 선택한 과목의 문제를 풀면 된다. [문제 4]도 두 개의 소문항으로 구성된다.

특히 [문제 1]에서 확률, 경우의 수, 기댓값 등에 관한 문제를 출제하는 이유는, 문제에서 설명되고 주어지는 정보를 수험생들이 정확하게 이해하고 문제 풀이에 적용하는 이해력과 응용력을 측정하기 위함이다. 어려운 수학 문제를 잘 풀어 내는 학생들도 이러한 유형의 문제처럼, 정보를 주고 풀어야 할 목표를 제시하면 의외로 당황하여 난감해하는 경우가 많다. [문제 2], [문제 3]은 수험생들에게 가장 익숙한 형태의 문항이 될 것이며, [문제 4]는 물리, 화학, 생명과학 가운데 한 과목의 문제를 풀면 된다. 과목별 난이도가 최대한 비슷하도록 출제할 것이나, 선택과목에 따른 유리 또는 불리가 발생하지 않도록 [문제 4]의 점수는 표준화 점수를 부여한다.

3. 논술 시험에 대한 조인과 중요한 TIP

중앙대학교 논술시험의 시간은 두 시간, 즉 120분으로 제한되어 있으며, 자연계열 논술 시험에서는 답안 작성시, 인문계열처럼 원고지 작성법, 맞춤법 등으로 인한 감점사항은 없다. 수험생에게 제공되는 답안지는 각 문항별로 답안을 작성해야 하는 영역이 나뉘어져 있으며, 수험생들은 반드시 해당 문항의 답안지 영역 내에 자유롭게 본인의 답안을 적어 제출하면 된다.

논술시험을 성공적으로 치르기 위해서 고려할 사항은 많이 있으나, 가장 중요한 것이 무엇인지 살펴보자.

먼저 시간을 효율적으로 활용하여야 한다. 보통 때는 두 시간이 길게 느껴 질 수도 있지만, 긴장과 집중이 최고도에 달하는 논술시험장에서의 두 시간은 상대적으로 금방 지나가는 것처럼 느껴질 것이다. 따라서 문제를 푸는 순서를 미리 정해서 시험에 임하는 것도 좋은 전략이다.

가장 좋은 문제 풀이 순서는 [문제 1], [문제 4], [문제 2], [문제 3] 또는 [문제 4], [문제 1], [문제 2], [문제 3] 이다. 그 이유는 [문제 1]은 상대적으로 가장 쉬운 문제이며, [문제 4]는 수험생이 직접 선택한 가장 자신이 있는 과목이기 때문이다. 상대적으로 어려운 [문제 2], [문제 3]에 많은 시간이 소요될 가능성이 높기 때문에, 이 문제들을 먼저 풀려고 하는 것은 추천하고 싶지 않은 전략이다. 왜냐하면 어려운 문제를 먼저 대하게 되면 자신감의 상실로 이어질 가능성이 높고, 또한 특정한 문제에 지나치게 오랜 시간을 소비하는 것은 좋지 않기 때문이다. 결과적으로, 상대적으로 쉬운 문제를 가능한 빨리 풀어서 어려운 문제 풀이에 필요한 시간을 확보하고, 쉬운 문제에서 감점 요인을 최소화하여 고득점을 올리는 것이 합격의 가능성을 높일 수 있는 전략이라고 할 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이, 논술 문항을 풀다 보면 막히는 문제를 만날 수도 있다. 그런 일이 발생했을 때 스스로를 긴장시키는 실수를 범해서는 안 된다. 제한된 시간 내에 자신의 실력을 제대로 발휘하는데 가장 큰 적은 긴장하는 것이다. 내게 어려운 문제는 다른 수험생들에게도 어려울 것이라고 생각하며 긴장하지 말아야 한다.

기출 문제를 반드시 풀어 보아야 하는 것도 필수적이다. 앞서 언급한 바와 같이, 중앙대학교 자연계열 논술은 2015학년도 입시부터 포맷이 변경되었으므로, 수험생들은 2014년 봄에 치러진 모의논술 이후의 기출문제들을 풀어보아야 한다. 논술가이드북에는 기출문제 일부와 새롭게 만든 예시 문항에 대한 해설, 설명, 접근 방법 등의 내용이 매우 상세하게 제시될 것이니, 이를 잘 활용하는 것도 필수사항이라 하겠다.

4. 2020학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법

공과대학 화학신소재공학부 이채연

Q_ 안녕하세요? 자기소개 부탁드립니다.

A_ 안녕하세요. 중앙대학교 화학신소재공학부에 20학번으로 입학한 이채연입니다.

Q_ 치열한 경쟁을 이겨내고 논술전형에 합격하신 것을 축하드립니다.

채연 학생이 생각하는 중앙대학교 논술고사의 특징은 무엇이며, 어떻게 준비했나요?

A_ 중앙대학교 자연계열 논술 시험은 수험생들이 고교과정에서 배운 수학과 과학의 기본 개념들을 제시문에 주고 이를 바탕으로 논리적인 사고를 전개하여 풀이하는 과정을 평가합니다. 그러므로 개념 원리를 잘 활용해 자신이 생각한 바를 언어나 수식을 통해 기술한다면 어려운 문제는 많지 않습니다. 또한 문제를 풀어나가는 것도 중요하지만 답안지를 작성하는 방법도 중요합니다. 중앙대학교 논술 답안지는 각 문항별로 답안을 작성해야 하는 영역이 나뉘어 있으므로 불필요한 내용까지 쓸 경우 필요한 내용을 적을 수 없습니다. 따라서 논술 준비를 할 때 답안의 형식을 미리 갖추어 놓고 그 틀에 내용을 압축하여 정리한다는 생각으로 연습하는 것이 좋을 것 같습니다.

Q_ 논술고사를 준비하는데 어려움은 없었나요? 논술가이드북을 활용했다면 나만의 활용방법을 공유해주세요.

A_ 논술가이드북에는 전년도 논술 입시 결과 분석, 논술 기출문제와 예시답안, 채점기준 등이 나와있어 이를 바탕으로 논술 전략을 세우는 것도 좋다고 생각합니다. 논술가이드북을 보면 대학에서 중요시하고 있는, 또는 논술답안을 채점하는 평가 방식에 대한 기준이 나와있어 이에 대해 충분히 생각하여 기출문제를 풀고 제시된 해설과 본인이 작성한 답안을 비교해보면서 자신이 생각하지 못했던, 또는 자신의 풀이가 부족했던 부분을 잘 기억해두는 것이 좋습니다.

Q_ 현재 중앙대학교 논술을 준비하는 학생들에게 해 주고 싶은 말은 무엇인가요?

A_ 중앙대학교는 다른 대학의 논술 문제에 비해 개념이 쉬운 문제가 많지만 그 문제를 풀어나가는 과정에서 계산식이 복잡한 경우가 많습니다. 따라서 답을 도출하기 전까지 자신이 알맞게 풀고 있는 지에 대한 의문이 들 수 있고 중간에 문제를 포기하고 넘어가는 경우가 있는데 포기하지 말고 끝까지 최선을 다해 문제를 풀어나가면 좋겠습니다.

또한 중앙대학교 자연계열 논술은 최근 3년간 기출문제를 풀어보는 것이 큰 도움이 됩니다. 중앙대학교의 경우 작년도 문제와 크게 차이가 없으며, 유형과 특징 등은 그대로 유지되어 출제되고 있기 때문입니다. 예를 들어 [문제 1]은 확률과 통계 단원에서 나오며 [문제 2]와 [문제 3]에 비해 쉽게 출제되고 있는 편입니다. 또한 [문제 2]와 [문제 3]은 수능 준비를 하며 접할 수 있는 형태의 문항이 주로 출제되며, [문제 4]는 자신이 선택한 탐구 과목(과학 과목)에 관련된 문제가 출제됩니다. 따라서 논술 시험을 보기 전에 미리 문제풀이 순서를 정해서 자신의 전략대로 문제를 풀어나가는 것을 추천합니다.

Q_ 안녕하세요? 자기소개 부탁드립니다.

A_ 안녕하세요 2020학년도 논술전형에 합격하여 기계공학부에 재학중인 조민균이라고 합니다.

Q_ 치열한 경쟁을 이겨내고 논술전형에 합격하신 것을 축하드립니다.

민균 학생이 생각하는 중앙대학교 논술고사의 특징은 무엇이며, 어떻게 준비했나요?

A_ 중앙대학교 논술고사의 특징은 문제의 난이도가 접근하기도 어려울 정도로 높은 편은 아니지만 정확한 서술을 요구한다는 점입니다. 즉, 문제의 답을 내긴 쉽지만 정확한 풀이과정이 없다면 높은 점수를 받을 수 없습니다. 또 다른 특징으로는 1번 문제가 쉽다 라는 것입니다. 그렇기에 1번 문제는 반드시 풀어야 합니다. 또 과학문제는 과학II 개념도 출제범위이기 때문에 중앙대학교 논술고사를 준비한다면 과학II 개념도 공부해야 합니다.

Q_ 논술고사를 준비하는데 어려움은 없었나요? 논술가이드북을 활용했다면 나만의 활용방법을 공유해주세요.

A_ 논술고사 공부를 시작했을 때 가장 어려웠던 점은 '답을 어떻게 적어야 하는가?'였습니다. 풀이 과정이 어떻게 답만 구하면 되는 수능과는 달리 풀이과정을 서술해야 하는 점이 어려웠습니다. 저는 중앙대학교를 포함한 여러 대학의 논술가이드북을 참고했습니다. 논술가이드북에는 그 대학의 기출문제와 모범답안, 출제의도 등이 실려있습니다. 저는 기출문제를 풀고 제 답안과 모범답안을 비교해 나가는 방식으로 풀이과정을 서술하는 법을 익혔습니다. 또 논술가이드북으로 그 대학의 논술고사의 출제경향을 익혔습니다.

Q_ 현재 중앙대학교 논술을 준비하는 학생들에게 해 주고 싶은 말은 무엇인가요?

A_ 논술고사의 가장 큰 특징 중 하나는 대학마다 기출문제의 경향성을 보인다는 것입니다. 논술을 준비할 때는 희망 대학을 추려서 그 대학들을 중점적으로 공부하는 것이 효과적입니다. 그 대학의 기출문제를 풀다 보면 그 대학의 출제경향을 파악하기 쉽고 더 나아가 본 논술고사 때 문제의 출제의도를 파악하여 문제에 접근하기 쉬운 것입니다. 논술전형 준비할 때 자신이 아는 것을 어떻게 서술하는가가 가장 어려운 문제일 것입니다. 그러나 열심히 연습하고 준비하다 보면 점점 요령을 익히게 되고 더 나아가 논술 문제를 재미있어 하는 자신이 보일 것입니다. 논술을 준비하는 모든 수험생 여러분 열심히 공부하셔서 원하는 결과를 얻으시기 바랍니다.



IV.

실전 대비 2021학년도 모의논술 문제풀이

- | | |
|--------------------|-----|
| 1. 2021학년도 모의논술 문제 | 028 |
| 2. 2021학년도 모의논술 해설 | 037 |

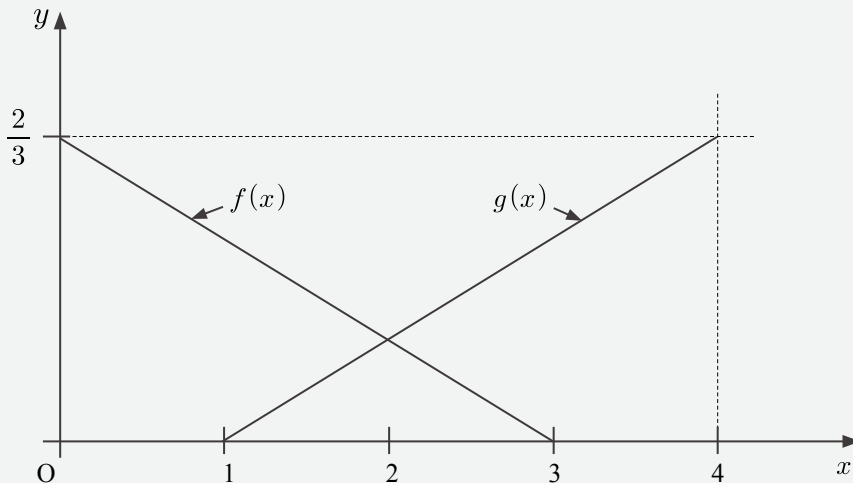


2021학년도 모의논술 문제

수학

[문제 1] 다음을 읽고 문제에 답하십시오.

- 보물섬에 가는 사람들은 $\frac{1}{9}$ 의 확률로 보물을 발견하여 보물을 가지고 돌아오고, $\frac{8}{9}$ 의 확률로 보물을 발견하지 못하고 그냥 돌아온다.
- 보물섬에 다녀온 사람들이 세관의 검색대를 통과하면, 검색대가 0과 4사이의 x 값을 출력한다. (단, x 는 실수)
- 보물을 가진 사람들을 검색대에서 측정한 값의 분포는 확률밀도함수 $g(x)$ 를 따르고, 보물을 가지고 있지 않은 사람들을 측정한 값의 분포는 확률밀도함수 $f(x)$ 를 따른다.
- 세관에서는 이 검색대에서 측정한 값이 2보다 크거나 같은 사람들을 특수그룹으로 분류하여, 잠재적인 보물 소유 그룹으로 판단한다.
- 확률밀도함수 $f(x)$ 와 $g(x)$ 는 아래의 그래프와 같다.



보물섬에 다녀온 철수가 세관으로부터 특수그룹으로 분류되었을 때, 철수가 실제로 보물을 가지고 돌아왔을 확률을 구하십시오. [20점]

[문제 2] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 미분가능한 함수 $f(x)$ 에 대하여

$$\int \frac{f'(x)}{f(x)} dx = \ln |f(x)| + C \quad (\text{단, } C \text{는 적분상수})$$

(나) 함수 $f(x)$ 가 a, b 를 포함하는 열린구간에서 연속이고, $f(x)$ 의 한 부정적분이 $F(x)$ 일 때

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$$

(다) 모든 실수 θ 에 대하여 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$

(라) 함수 $f(x)$ 가 $x = a$ 에서 미분가능할 때, 곡선 $y = f(x)$ 위의 점 $P(a, f(a))$ 에서의 접선의 방정식은

$$y - f(a) = f'(a)(x - a)$$

[문제 2-1] 다음 적분을 계산하시오. [10점]

$$\int_{-1}^1 \frac{1 + 2e^{-x}}{1 + e^x + e^{-x}} dx$$

[문제 2-2] 닫힌구간 $[0,1]$ 에서 정의된 함수 $f(x)$ 가 다음 식을 만족한다.

$$2f(\cos x) + f(\sin x) = 3\sin x \cos x$$

곡선 $y = f(x)$ 에 접하고 기울기가 -1인 접선의 방정식을 구하시오. [15점]

[문제 3] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 점 (x_1, y_1) 과 직선 $ax + by + c = 0$ 사이의 거리는 $\frac{|ax_1 + by_1 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ 이다.

(나) 함수 $f(x)$ 가 어떤 열린구간에서 미분가능하고, 이 구간에 속하는 모든 x 에 대하여 $f'(x) > 0$ 이면 $f(x)$ 는 이 구간에서 증가하고 $f'(x) < 0$ 이면 감소한다.

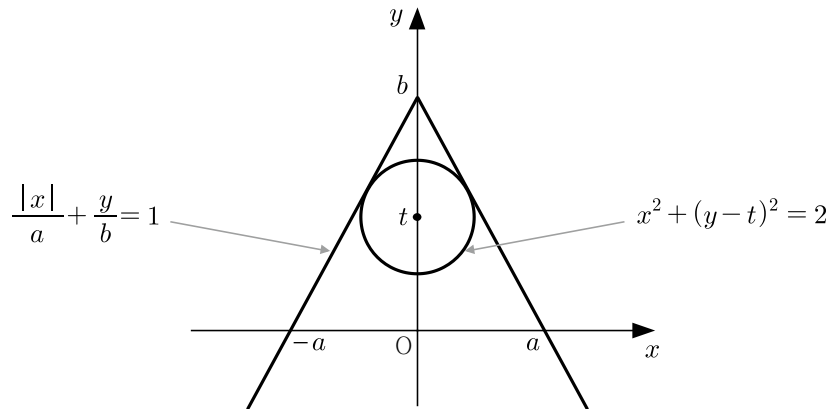
(다) 함수 $g(x)$ 가 $x = p$ 에서 미분가능하고 $x = p$ 에서 극값을 가지면 $g'(p) = 0$ 이다.

(라) 두 함수 $u(x), v(x)$ 에 대하여 $\lim_{x \rightarrow \infty} u(x) = \alpha, \lim_{x \rightarrow \infty} v(x) = \beta$ (α, β 는 실수)일 때, 다음의 식이 성립한다.

- $\lim_{x \rightarrow \infty} \{u(x) \pm v(x)\} = \alpha \pm \beta$
- $\lim_{x \rightarrow \infty} ku(x) = k\alpha$ (단, k 는 상수)
- $\lim_{x \rightarrow \infty} u(x)v(x) = \alpha\beta$
- $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{u(x)}{v(x)} = \frac{\alpha}{\beta}$ (단, $\beta \neq 0$)

[문제 3-1] 직선 $x + 2y + 1 = 0$ 과 직선 $2x + y - 2 = 0$ 에 동시에 접하고 점 $(-2, 3)$ 을 통과하는 원은 두 개 있다. 이 두 원의 교점을 연결한 선분의 길이를 구하시오. [10점]

[문제 3-2] 원 $x^2 + (y-t)^2 = 2$ ($t \geq \sqrt{2}$)는 그림과 같이 $\frac{|x|}{a} + \frac{y}{b} = 1$ ($a > 0, b > t + \sqrt{2}$)의 그래프와 두 점에서 접한다. a 를 b 와 t 로 표현하시오. 이를 이용하여 $\frac{|x|}{a} + \frac{y}{b} = 1$ 의 그래프와 x 축으로 둘러싸인 삼각형의 넓이가 최소가 되도록 하는 b 에 의해 결정되는 삼각형의 넓이를 $A(t)$ 라 할 때, 극한 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A(t)}{t}$ 의 값을 구하시오. [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 사람의 신경계는 중추 신경계와 말초 신경계로 나눌 수 있는데, 말초 신경계 중 운동 신경은 체성 신경계와 자율 신경계를 구성한다. 체성 신경계는 중추의 명령을 골격근으로 전달하고, 자율 신경계는 직접적으로 대뇌의 영향을 받지 않고 자율적으로 조절되는 신경계로 교감 신경과 부교감 신경으로 구성된다. 교감 신경과 부교감 신경의 말단은 내장 기관 및 혈관에 분포하여 생명 유지에 꼭 필요한 기능을 조절한다.
- (나) 교감 신경은 척수의 가운데 부분에서 나오고, 부교감 신경은 중간뇌, 뇌교, 연수, 척수의 꼬리 부분에서 나와 신경절에서 다른 뉴런과 시냅스를 이룬 후에 표적 기관에 도달한다. 교감 신경과 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 아세틸콜린이라는 동일한 신경 전달 물질을 분비하지만, 신경절 이후 뉴런의 말단에서는 교감 신경은 노르에피네프린을, 부교감 신경은 아세틸콜린을 분비한다. 교감 신경과 부교감 신경은 같은 내장 기관에 작용하여 그 기관의 기능을 촉진하거나 억제한다. 교감 신경은 활성화되면 동공 확장, 호흡률 증가, 심장 박동 수 증가, 혈관 수축 등을 통해 우리 몸을 긴장 상태로 만들고, 부교감 신경은 원래의 평온한 상태로 되돌리는 역할을 한다.
- (다) 뉴런의 축삭 돌기 말단은 다른 뉴런 또는 근육 세포와 같은 다른 세포와 약간의 틈을 두고 맞닿아 있는데 이를 시냅스라고 한다. 축삭 돌기 말단에는 시냅스 소포라는 작은 주머니가 있고, 그 안에 아세틸콜린과 같은 신경 전달 물질이 들어 있다. 활동 전위가 축삭 돌기 말단에 도달하면 시냅스 소포가 세포막과 융합하면서 세포의 배출을 통해 신경 전달 물질이 분비된다. 신경 전달 물질은 시냅스 틈에서 확산되어, 다음 세포의 세포막에 있는 수용체와 결합하고, 시냅스 이후 뉴런에서는 곧바로 탈분극이 일어나 활동 전위가 발생한다.
- (라) 질병은 크게 비감염성 질병과 감염성 질병으로 구분할 수 있다. 비감염성 질병은 고혈압, 당뇨병, 암과 같이 전염되지 않는 질병이고 감염성 질병은 타인에게 전염되는 질병으로 세균, 바이러스, 곰팡이, 기생충 등과 같은 병원체가 원인이 되어 나타난다. 우리 몸은 병원체가 침입하면 피해를 입지 않도록 스스로 보호하는 방어 기능을 가지고 있는데, 이를 면역이라고 한다. 방어 작용에는 비특이적 방어와 특이적 방어가 있다. 비특이적 방어는 병원체의 종류와 관계없이 신속하고 광범위하게 일어난다. 특이적 방어는 비특이적 방어가 작동한 이후에 서서히 일어나며 특정 병원체를 특이적으로 인식하여 제거한다. 특이적 방어에 중요한 역할을 하는 백혈구는 T 림프구와 B 림프구이다. 병원체에 의해 감염된 세포나 암세포 등의 이상 세포를 세포독성 T 림프구가 직접 인식하여 파괴하는 작용을 세포성 면역이라고 한다. B 림프구에 의해 생성된 항체를 통하여 항원을 제거하는 작용을 체액성 면역이라고 한다.
- (마) 활성화된 보조 T 림프구가 항원과 결합한 B 림프구와 결합하면, B 림프구가 활발히 증식하면서 형질 세포와 기억 세포로 분화한다. 형질 세포는 항체를 생성하여 체액 속으로 방출한다. 기억 세포는 항원이 제거된 후에도 체내에 남아 있다가 동일한 항원이 다시 침입하면 형질 세포로 빠르게 분화하여 다량의 항체를 생산하여 신속하게 항원을 제거한다.

[문제 4-1] 신경계에 이상이 있는 환자 A와 B의 발병 원인을 찾기 위해, 표적 기관 직전의 신경 세포 말단에서 분비하는 신경 전달 물질의 농도를 측정하였다.

신경 전달 물질	정상인		환자 A		환자 B	
	아세틸콜린 농도	노르에피네프린 농도	아세틸콜린 농도	노르에피네프린 농도	아세틸콜린 농도	노르에피네프린 농도
운동 신경	100	0	100	0	100	0
교감 신경	0	100	0	100	0	23
부교감 신경	100	0	100	0	100	0
증상	<ul style="list-style-type: none"> 근육 수축 정상 심장 박동 정상 		<ul style="list-style-type: none"> 근육 수축 이상 심장 박동 수 증가 		<ul style="list-style-type: none"> 근육 수축 정상 심장 박동 수 감소 	

제시문 (가), (나), (다)에 근거하여 환자 A와 B의 발병 원인을 각각 논리적으로 설명하십시오. (단, 신경 전달 물질의 농도는 상댓값이고, 환자 A와 B의 증상은 근육 및 심장에서만 나타났다.) [10점]

[문제 4-2] 다음은 바이러스 P에 대한 생쥐의 면역반응을 알아본 실험이다.

[자료]

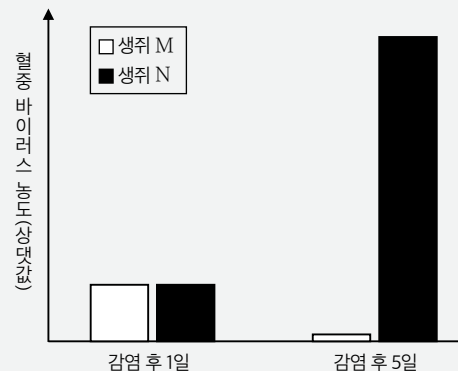
- I. 생쥐 X와 Y 중 하나는 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐이다.
- II. 생쥐 M과 N은 선천적으로 B 림프구가 결핍된 생쥐이다.

[실험 과정]

- I. 생쥐 X와 Y에 동일한 양의 바이러스 P를 주입한다.
- II. 30일 후, 생쥐 X에서 분리한 백혈구를 생쥐 M에, 생쥐 Y에서 분리한 백혈구를 생쥐 N에 주입한다.
(단, 생쥐 M과 N에 각각 주입된 백혈구의 수는 같다.)
- III. [실험 과정] II의 생쥐 M과 N에 동일한 양의 바이러스 P를 주입한다.

[실험 결과]

다음은 바이러스 P 주입 1일, 5일 후 생쥐 M과 N의 혈중 바이러스 P의 농도를 나타낸 것이다.



위 실험 결과를 바탕으로 생쥐 X와 Y 중 어떤 생쥐가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐인지 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 논리적으로 추론하십시오. 또한, 바이러스 P 주입 10일 후 생쥐 M과 N에서 예상되는 혈중 항체 농도의 차이를 설명하십시오. (단, 생쥐 X, Y, M, N은 실험 이전에 바이러스 P에 노출된 적이 없다.) [20점]

[문제 4] 다음 제1문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 질량이 m , 속력이 v 인 물체의 운동 에너지 E_k 는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 으로 나타낼 수 있다. 질량이 m , 기준면에서 높이가 h 인 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 E_p 는 중력 가속도가 g 일 때 $E_p = mgh$ 로 나타낼 수 있다. 물체의 운동에서 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다. 마찰이나 공기 저항을 받지 않는다면 물체의 역학적 에너지가 일정하게 보존된다. 이를 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

$$E_k + E_p = \text{일정}$$

(나) 운동량은 물체의 질량과 속도의 곱으로 나타내며, 질량이 m 인 물체가 속도 v 로 운동할 때 운동량 p 는 $p = mv$ 이다. 운동량은 크기와 방향을 함께 나타내는 물리량으로, 운동량의 방향은 속도의 방향과 같다. 마찰이 없는 직선상에서 각각 속도 v_A 와 v_B 로 운동하고 있는 질량이 m_A 와 m_B 인 두 물체 A, B 가 서로 충돌한 후, 속도가 각각 v'_A, v'_B 가 된다고 하자. 충돌 전 두 물체의 운동량의 합은 충돌 후 두 물체의 운동량의 합과 같다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

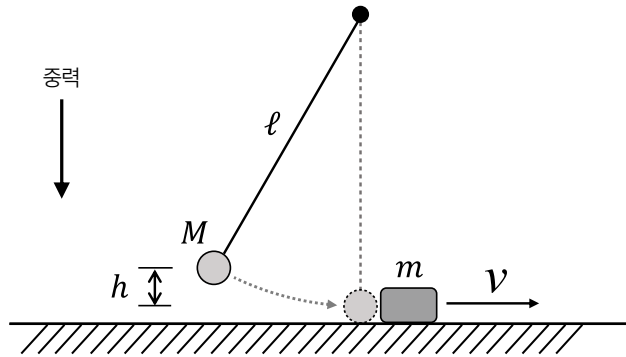
(다) 직선상에서 물체의 가속도가 일정한 운동을 등가속도 직선 운동이라고 한다. 처음 속도가 v_0 인 물체가 등가속도 직선 운동을 할 때 시간 t 후의 속도 v 와 변위 s , 가속도 a 사이의 관계는 다음과 같다.

$$v = v_0 + at, \quad s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

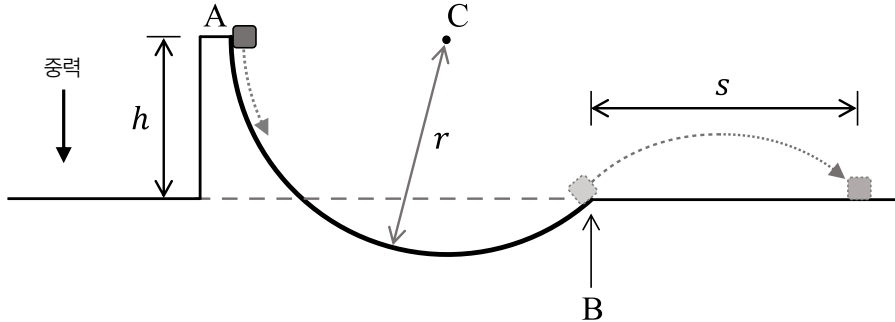
(라) 길이, 시간, 온도, 질량 등과 같이 크기만을 가지는 물리량을 스칼라량이라고 하고, 위치, 변위, 속도, 가속도, 힘 등과 같이 방향과 크기를 함께 가지는 물리량을 벡터량이라고 한다. 벡터는 삼각형법 또는 평행사변형법을 만족하는 임의 방향의 성분 벡터로 분해할 수 있다. 일반적으로 벡터 \vec{A} 를 서로 직교하는 x 축과 y 축 방향의 두 성분 벡터 \vec{A}_x, \vec{A}_y 로 분해한다. 이때 벡터 \vec{A} 가 x 축과 이루는 각을 θ 라고 하면 이들 두 성분 벡터의 크기는 각각 $A_x = A \cos\theta, A_y = A \sin\theta$ 이다.

(마) 줄에 매달린 추가 일정한 주기로 왕복하는 운동을 진자 운동이라고 한다. 그 중에서 추가 작은 폭으로 왕복하는 운동을 단진자 운동이라고 한다. 단진자 운동에서 추는 질량이 있으나 크기가 없는 '점'으로 취급되며, 줄의 질량과 모든 마찰은 무시된다. 추가 한쪽 끝에서 단진자 운동을 시작할 때 퍼텐셜 에너지는 최대이고, 진동 궤도의 중앙으로 갈수록 퍼텐셜 에너지가 감소하다가 중앙점에서 최소가 되고 다시 올라가면서 퍼텐셜 에너지가 증가한다.

[문제 4-1] 추의 질량이 M 이고 줄의 길이가 ℓ 인 진자가 중력 가속도의 크기가 g 인 공간에 놓여 있다. 높이가 h 인 지점에 정지해 있던 추가 단진자 운동을 시작한 후, 높이가 0 인 지점에 정지해 있던 질량이 m 인 물체와 충돌하여 물체의 속도가 v 가 되었다. 충돌 후 추의 운동 방향과 추가 올라갈 수 있는 최대 높이를 구하는 과정을 제시문 (가), (나), (마)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. (단, 진자의 추의 크기, 물체의 크기, 줄의 질량, 공기 저항 및 마찰은 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림과 같이 반지름이 r 인 원의 일부를 이용한 미끄럼틀을 설치하고자 한다. 원의 중심 C 와 높이가 같은 A 지점에 정지해 있던 물체가 곡면을 따라 미끄러진 후 곡면이 끝나는 B 지점에서 비스듬히 던져질 때, B 지점에서부터의 수평 도달 거리를 s 라고 하자. s 가 최대가 되는 높이 h 와 그때의 s 를 구하는 과정을 제시문 (가), (다), (라)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. (단, r 는 고정된 값이고, $h < r$ 이며, 물체의 크기와 공기 저항 및 마찰은 무시한다.) [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

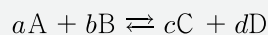
(가) 오비탈에서 쌍을 이루지 않은 전자를 홀전자라고 하며, 홀전자를 가진 원자들은 다른 원자들과 쉽게 반응한다. 또, 원자의 가장 바깥 전자껍질에 들어 있어 화학 반응에 참여하는 전자를 원자가 전자라고 하는데, 원자가 전자는 그 원소의 화학적 성질을 결정한다. 한편, 전자가 2개 이상인 원자에서는 전자를 순차적으로 떼어낼 수 있다. 이때 필요한 에너지를 순차 이온화 에너지(E_n)라고 하며, 전자를 떼어내는 순서에 따라 차례대로 제1 이온화 에너지(E_1), 제2 이온화 에너지(E_2), 제3 이온화 에너지(E_3), 제4 이온화 에너지(E_4)라고 한다.

(나) 원소를 배열하였을 때 비슷한 성질의 원소들이 주기적으로 나타나는 것을 주기율이라고 하며, 주기율에 따라 원소들을 배열한 표를 주기율표라고 한다. 아래는 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

	족							
주기 \	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

(다) 결정을 이루는 입자 간 화학 결합의 종류에 따라 이온 결정, 분자 결정, 공유 결정, 금속 결정으로 나눌 수 있다. 이온 결정은 양이온과 음이온이 이온 결합을 하여 규칙적으로 배열된 결정이다. 결정은 입자들이 규칙적으로 배열되어 있기 때문에 동일한 구조가 반복적으로 나타난다. 이때 결정 구조에서 반복되는 가장 간단한 기본 단위를 단위세포나 단위격자라고 한다. 단위세포 중에서 가장 간단한 정육면체 구조를 입방 구조라고 하고, 입방 구조에는 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조가 있다. 예를 들어, 면심 입방 구조는 정육면체의 각 꼭짓점에 원자가 1개씩 있고, 6개 면의 중심에 원자가 1개씩 위치한 구조이다.

(라) 화학 반응에서 반응물이 생성물로 되는 반응을 정반응, 생성물이 반응물로 되는 반응을 역반응이라고 한다. 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응을 가역 반응이라고 하며, 가역 반응에서 모든 반응물과 생성물의 농도가 시간에 따라 변하지 않고 일정하게 유지되는 상태를 화학 평형 상태라고 한다. 일정한 온도에서 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비는 항상 일정하다. 이것을 화학 평형 법칙이라고 하고, 일반적으로 다음과 같이 나타낸다.



$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \text{일정}$$

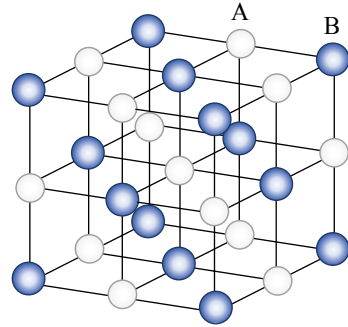
([A], [B], [C], [D]: 평형 상태에서 각 물질의 몰 농도)

이때 K를 평형 상수라고 하고, 이 식을 평형 상수식이라고 한다. 평형 상수는 온도가 일정할 때 농도나 기체의 압력에 관계없이 항상 일정하다. 평형 상태에 있는 화학 반응은 외부 조건이 변하지 않으면 평형을 유지한다. 그러나 온도, 압력, 농도 등의 외부 조건이 변하면 평형이 깨지고, 정반응이나 역반응 가운데 어느 한쪽이 우세하게 진행하여 새로운 평형 상태에 도달한다. 이러한 현상을 평형 이동이라고 한다.

[문제 4-1] 원소 A의 원자가 전자는 3s 오비탈에 있으며, 이 원소는 물과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다. A의 순차 이온화 에너지는 <표 1>과 같다. 또한, A는 B와 결합하여 A_xB_y 의 이온 결정을 생성하며 이 결정은 <그림 1>과 같이 각각의 이온 A와 B에 대하여 면심 입방 구조를 가진다. 그리고 이온 A와 이온 B의 총 전자 수는 동일하다. 제시문 (가), (나), (다)에 근거하여 A와 B가 어떤 원소인지 밝히고, x 와 y 의 값을 구하시오. [10점]

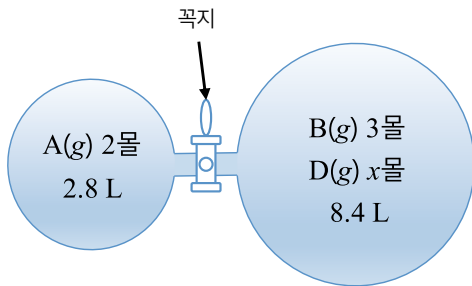
원소 A	순차 이온화 에너지 (kJ/mol)
E_1	496
E_2	4562
E_3	6912
E_4	9543

<표 1>

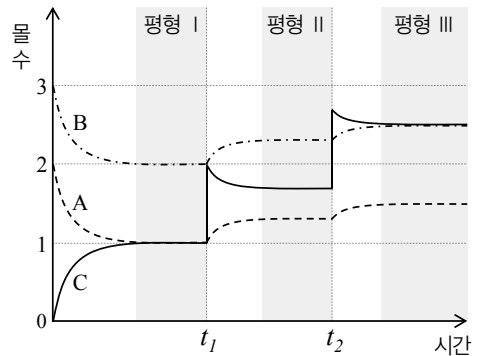


<그림 1>

[문제 4-2] <그림 2>는 25°C에서 꼭지로 분리된 용기에 각각 기체 A와 기체 B, D가 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 기체 A와 B가 반응하면 기체 C와 D가 생성되고, 25°C에서 이 화학 반응의 평형 상수(K)는 1이다. 연결관의 꼭지를 열어 기체 A와 B를 반응시킨 후, 시간에 따른 기체 A, B, C의 몰수 변화를 <그림 3>에 나타내었다. 화학 평형에 도달한 상태(평형 I)에서의 기체 D의 몰수가 2몰일 때 제시문 (라)에 근거하여 이 화학 반응식을 완성하고, 기체 D의 초기 몰수 x 를 구하시오. 또한, t_1 에서 1몰의 기체 C를 첨가한 후 새로운 평형 상태(평형 II)에 도달하였을 때 기체 D의 몰수를 구하고, t_2 에서 1몰의 기체 C를 다시 첨가한 후 새로운 평형 상태(평형 III)에 도달하였을 때 기체 D의 몰수를 구하시오. (단, 온도는 일정하다.) [20점]



<그림 2>



<그림 3>

2021학년도 모의논술 해설

제시문 출전 및 출제 의도

수학

[문제 1 제시문 출전]

- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률 (㈜좋은책신사고, 고성은 외 5인, 2019; pp. 58-62)
- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2019; pp. 57-62)
- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2019; pp. 60-66)
- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률 (㈜금성출판사, 배종숙 외 6인, 2019; pp. 66-69)
- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률과 확률의 곱셈정리 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2019; pp. 62-65)
- 확률과 통계 II -2-1 조건부확률 (동아출판(주), 박교식 외 19인, 2019; pp. 61-65)
- 확률과 통계 II -3 조건부확률 (㈜천재교과서, 류희찬 외 9인, 2019; pp. 59-62)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (㈜좋은책신사고, 고성은 외 5인, 2019; pp. 78-83)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2019; pp. 78-85)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2019; pp. 82-88)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (㈜금성출판사, 배종숙 외 6인, 2019; pp. 92-98)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2019; pp. 83-88)
- 확률과 통계 III -1-1 확률변수와 확률분포 (동아출판(주), 박교식 외 19인, 2019; pp. 81-86)
- 확률과 통계 III -1-4 정규분포-연속확률변수의 확률분포 (㈜천재교과서, 류희찬 외 9인, 2019; pp. 101-103)

[문제 1 출제 의도]

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률분포로부터 확률을 계산하는 과정은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 보물섬에 다녀온 철수가 중앙나라에서 특수그룹으로 분류 되었을 때, 보물을 가지고 있을 확률을 계산해 나가는 과정을 통해, 확률 분포 및 확률에 대한 전반적인 이해도를 평가한다.

[문제 2 제시문 출전]

- 제시문 (가): 미적분 - 치환적분법 (p.153, 교학사, 권오남 외)
- 미적분 - 치환적분법 (p.166, 천재교과서, 류희찬 외)
- 미적분 - 치환적분법 (p.150, 천재교육, 이준열 외)
- 미적분 - 치환적분법 (p.135, 좋은책 신사고, 고성은 외)

제시문 (나): 수학 II - 정적분 (p.131, 교학사, 권오남 외)
수학 II - 정적분 (p.124, 금성출판사, 배종숙 외)
수학 II - 정적분 (p.121, 좋은책 신사고, 고성은 외)
수학 II - 정적분 (p.113, 비상교육, 김원경 외)

제시문 (다): 수학 I - 삼각함수의 뜻 (p.79, (주)금성출판사, 배종숙 외)
수학 I - 삼각함수의 뜻 (p.83, 교학사, 권오남 외)
수학 I - 삼각함수의 뜻 (p.73, 좋은책 신사고, 고성은 외)
수학 I - 삼각함수의 뜻 (p.74, 비상교육, 김원경 외)

제시문 (라): 수학 II - 접선의 방정식 (p.80, 교학사, 권오남 외)
수학 II - 접선의 방정식 (p.73, 금성출판사, 배종숙 외)
수학 II - 접선의 방정식 (p.72, 좋은책 신사고, 고성은 외)
수학 II - 접선의 방정식 (p.71, 비상교육, 김원경 외)

[문제 2-1 출제 의도]

미적분에서 다루어지는 치환적분법을 이용하여 적분을 계산할 수 있는지, 그리고 부정적분과 정적분 사이의 관계를 이용하여 정적분을 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 제시문을 통해 어떤 치환이 적절한지 추측을 하고 계산을 위해 함수를 변형할 수 있는지를 평가한다.

[문제 2-2 출제 의도]

수학 I 에서 다루는 삼각함수의 성질을 이용하여 새로운 항등식을 유도할 수 있는지와 이렇게 유도된 방정식과의 연립방정식을 풀어 원하는 함수를 얻는 과정을 평가한다. 또한 수학 II 에서 다루어지는 도함수를 이용하여 접선의 방정식을 구하는 과정을 이해하고 있는지와 미적분에서 다루는 여러 가지 미분법을 이용하여 구체적인 함수의 도함수를 계산할 수 있는지도 평가한다.

[문제 3 제시문 출전]

제시문 (가): 수학, 점과 직선 사이의 거리 (좋은책 신사고 p127)
수학, 점과 직선 사이의 거리 (비상교육 p121)
수학, 점과 직선 사이의 거리 (미래엔 p133)
수학, 점과 직선 사이의 거리 (금성출판사 p136)

제시문 (나): 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (미래엔 p83)
수학 II, 함수의 극대와 극소 (지학사 p84)
수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (비상교육 p80)
수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (천재교육 p85)

제시문 (다): 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (미래엔 p86)
수학 II, 함수의 극대와 극소 (지학사 p87)
수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (비상교육 p83)
수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (천재교육 p87)

제시문 (라): 수학 II, 함수의 극한에 대한 성질 (미래엔 p19)
수학 II, 함수의 극한의 성질 (천재교육 p20)
수학 II, 함수의 극한값의 계산 (비상교육 p19)
수학 II, 함수의 극한에 대한 성질 (지학사 p21)

[문제 3-1 출제 의도]

도형의 방정식 중 가장 기본이 되는 직선과 원의 특성을 잘 이해하고, 점과 직선 사이의 거리에 대한 공식을 심도 있게 활용할 수 있는지 평가한다.

[문제 3-2 출제 의도]

직선과 원의 특성에 대한 이해도, 미분의 개념을 활용하여 함수의 극값 또는 최댓값, 최솟값을 구할 수 있는 능력, 극한값의 계산 등을 종합적으로 평가한다.

[문제 4 제시문 출전]

제시문(가), (나): 생명과학 I, 항상성과 몸의 기능 조절 (동아출판, p58-90)
 생명과학 I, 신경계 (천재교육, p58-81)
 생명과학 I, 신경계에 의한 조절 (금성출판사, p74-94)
 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (지학사, p60-101)
 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (교학사, p61-110)

제시문(다): 생명과학 I, 항상성과 몸의 기능 조절 (동아출판, p58-90)
 생명과학 I, 신경계 (천재교육, p58-81)
 생명과학 I, 신경계에 의한 조절 (금성출판사, p74-94)
 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (지학사, p60-101)
 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (교학사, p61-110)
 생명과학 II, 세포의 특성 (천재교육, p26-59)
 생명과학 II, 세포의 특성 (교학사, p29-57)

제시문(라): 생명과학 I, 질병의 원인과 몸의 방어 (교학사, p96-104)
 생명과학 I, 질병과 병원체 (동아, p92-97)
 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (금성출판사, p114-117)
 생명과학 I, 질병과 방어작용 (지학사, p92-99)
 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (천재교육, p100-106)
 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (동아, p98-102)

제시문(마): 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (금성출판사, p114-117)
 생명과학 I, 질병의 원인과 몸의 방어 (교학사, p96-104)
 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (동아, p98-105)
 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (천재교육, p100-106)

[문제 4-1 출제 의도]

자극을 받으면 적절히 반응하여 행동으로 옮길 수 있는 것은 감각기와 반응기를 연결해 주는 신경계가 있기 때문이다. 또 신경계는 외부 환경의 변화를 감지하고 신체 내부의 상태를 일정하게 유지하는 일에도 관여한다. 이에 신경계에 이상이 생기면 그 정도에 따라 일상생활이 어려울 정도로 심각한 질환이 발생하기도 한다. [문제 4-1]에서는 말초 신경계에 문제가 있는 환자 A와 B가 그 발병 원인을 알아보기 위해서 몇 가지 검사를 시행하고, 그 결과를 제시문을 통해 해석하며 원인을 추론하는 문제로서, 학생들의 데이터 해석력, 논리적 사고력, 추론 능력을 측정하고자 하였다.

환자 A는 정상인과 비교했을 때 신경 전달 물질의 농도에는 이상이 없으나, 심장 박동 수가 증가하고 근육 수축에 이상 증상을 보였다. 이를 제시문 (가) - (다)를 활용하여 신경 세포의 어느 부분에 문제가 있는지 원인을 추론하고 제시하는 능력을 보고자 하였다. 환자 B는 아세틸콜린의 농도가 정상이나 노르에피네프린의 농도가 감소되어, 근육 수축은 정상이고 심장 박동 수의 감소 증상을 보였다. 이는 노르에피네프린의 생성 혹은 분비에 이상으로 교감 신경에 문제가 발생했을 것임을 논리적으로 기술할 수 있는지 평가한다. 또한 교감 신경 말단에서 노르에피네프린이 소량 분비하고 있는 것으로 미루어 신경절 이전의 아세틸콜린은 제대로 분비가 되고 있고, 노르에피네프린의 생성 혹은 분비에 이상이 있음을 추론해 내는지 확인하는 문제이다. 이를 통해 실제 측정된 결과들을 이용하여 주어진 상황 속에서 질병의 발병 원인을 추론하고 논리적으로 제시하는지를 확인하는 문제이다.

[문제 4-2 출제 의도]

바이러스와 같은 병원체에 감염되었을 때, 우리 몸은 면역 반응을 통하여 병원체를 제거한다. [문제 4-2]에서는 주어진 제시문, 자료, 실험과정 및 결과를 바탕으로 바이러스 제거에 중요한 특이적 면역반응의 특성을 논리적으로 추론할 수 있는지를 평가하고자 한다.

제시문 및 실험 결과의 정확한 이해를 통해 생쥐 M에 주입된 백혈구의 면역 활성이 생쥐 N에 주입된 백혈구보다 높음을 유추할 수 있는지와 두 생쥐 중 어떤 생쥐가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐임을 추론할 수 있는지를 평가한다.

또한, 주어진 자료를 통하여 생쥐 M과 N에서 생성되는 항체가 백혈구에 포함되어 있는 B 림프구에 의해 결정된다는 사실을 유추할 수 있는지와 생쥐 X로부터 분리된 백혈구가 생쥐 Y로부터 분리된 백혈구에 비하여 많은 기억세포 및 형질세포를 포함하고 있음을 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가한다.

이를 통하여 주어진 제시문의 이해력, 실험과정/결과의 해석력, 논리적 추론 능력을 측정하고자 하였다.

[문제 4 제시문 출전]

- 제시문 (가):** 물리 I - 역학과 에너지 (p.46 - p.48, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.64 - p.65, 교학사, 김영민 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.48 - p.49, 지학사, 김성원 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.44 - p.45, 금성출판사, 이상연 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.39 - p.42, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.50, p.52, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.46 - p.48, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.49 - p.52, 와이비엠, 광영직 외)

- 제시문 (나):** 물리 I - 역학과 에너지 (p.33, p.38 - p.39, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.45 - p.47, 교학사, 김영민 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.31 - p.32, 지학사, 김성원 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.30 - p.31, 금성출판사, 이상연 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.28 - p.31, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.32, p.35, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.29 - p.30, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.32 - p.34, 와이비엠, 광영직 외)

- 제시문 (다):** 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.27, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.19 - p.21, 교학사, 김영민 외)
 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.27 - p.29, 지학사, 김성원 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.22 - p.23, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.25, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.14 - p.15, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I - 역학과 에너지 (p.17, 와이비엠, 광영직 외)

- 제시문 (라):** 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.15, 천재교육, 강남화 외)
 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.15 - p.16, 교학사, 김영민 외)
 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.15, 지학사, 김성원 외)

- 제시문 (마):** 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.69, 천재교육, 강남화 외)
 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.39, 교학사, 김영민 외)
 물리 II - 역학적 상호 작용 (p.78 - p.79, 지학사, 김성원 외)

[문제 4-1 출제 의도]

물체의 운동과 에너지를 이해함으로써 역학의 기초 개념을 확인 하는 문제이다. 진자의 움직임으로부터, 퍼텐셜 에너지와 운동에너지의 변화를 이해하고 역학적 에너지가 보존됨을 보인다. 진자의 추와 물체가 가지는 질량, 속도로 부터 충돌 전과 충돌 후의 운동량을 계산하고 운동량의 합이 보존됨을 이용하여 충돌 후, 진자와 물체의 운동을 기술할 수 있다. 본 문항 평가에서는, 진자의 운동, 역학적 에너지 보존, 운동량 보존 법칙을 이해하고 이를 바탕으로 물체의 운동을 분석하는 논리적 사고력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2 출제 의도]

문제 4-2는 특정한 형태로 주어진 미끄럼틀을 내려온 물체가 미끄럼틀의 끝에서 비스듬히 던져질 때 수평 도달 거리가 최대가 되도록 하는 조건을 찾는 문제이다. 풀이의 첫 단계로서, 학생들은 물리1 과목에서 배우는 물리학 기본 개념인 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지, 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 투사되는 지점에서의 속력을 구해야 한다. 투사된 이후 물체의 운동은 비스듬히 던져진 물체의 운동으로서 물리2의 전반부에서 다루는 대표적인 등가속도 운동이다. 물리2의 첫 장에서 기본적으로 학습하는 벡터의 성분 분해를 적용하여 수평 및 수직 방향 성분으로 분해하면, 수평 도달 거리에 대한 식을 얻을 수 있다. 풀이의 마지막 부분은 운동이 시작되는 위치의 높이를 바꿔가며 최대의 수평 도달 거리를 찾는 것으로, 학생들에게 익숙한 수학적 방법론인 미분을 이용하면 간단한 수식 전개로 통해 답을 얻을 수 있다. 물리를 공부한 학생들이 갖춰야 할 물리학적 상황 판단 능력, 분석력, 응용력, 및 수리적 능력을 종합적으로 평가하는 문제이다.

[문제 4 제시문 출전]

제시문 (가): 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.68-77, p.82-93, 미래엔, 최미화 외 5인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.65-74, p.80-91, 교학사, 홍훈기 외 6인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.62-69, p.77-92, 지학사, 이상권 외 7인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.65-77, p.81-94, 천재교육, 노태희 외 6인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.62-74, p.77-89, 금성출판사, 하윤경 외 5인)

제시문 (나): 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.82-93, 미래엔, 최미화 외 5인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.80-91, 교학사, 홍훈기 외 6인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.77-92, 지학사, 이상권 외 7인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.81-94, 천재교육, 노태희 외 6인)
 화학 I - 단원 II. 원자의 세계 (p.77-89, 금성출판사, 하윤경 외 5인)

제시문 (다): 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액 (p.44-49, 미래엔, 최미화 외 5인)
 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액 (p.44-48, 교학사, 홍훈기 외 6인)
 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액 (p.28-31, 비상교육, 박종석 외 7인)
 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액 (p.38-42, 지학사, 이상권 외 7인)
 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액 (p.41-44, 천재교육, 노태희 외 6인)

제시문 (라): 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응 (p.156-159, 미래엔, 최미화 외 5인)
 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응 (p.147-153, 교학사, 홍훈기 외 6인)
 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응 (p.157-160, 지학사, 이상권 외 7인)
 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응 (p.159-162, 천재교육, 노태희 외 6인)
 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응 (p.144-148, 금성출판사, 하윤경 외 5인)
 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형 (p.90-101, 미래엔, 최미화 외 5인)
 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형 (p.92-99, 교학사, 홍훈기 외 6인)
 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형 (p.91-100, 지학사, 이상권 외 7인)
 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형 (p.77-85, 비상교육, 박종석 외 7인)
 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형 (p.89-97, 천재교육, 노태희 외 6인)

[문제 4 출제 의도]

본 모의 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 전반적인 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제 4-1]은 화학 I에서 다루는 원자의 구성 입자와 원자의 현대적 모형 등을 통해 원자의 구조 및 주기적 성질을 이해함으로써, 오비탈이 가지는 의미와 원소의 전자배치의 상관관계에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 또한, 각 원소가 서로 다른 전자배치를 가질 때 상이한 화합결합과 결합을 생성할 수 있다는 것에 대한 이해도를 묻고자 하였다. 총체적으로, 화학 문제 4-1은 고등학교 교과과정 초반에 배우는 원소 간 결합에 따른 결정구조의 종류에 대한 통합적인 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제 4-2]는 화학 I과 화학 II에서 공통적으로 다루는 화학 평형에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 대부분의 화학 반응이 가역 반응으로 동적 평형 상태에 도달한다는 것을 이해하고, 화학 평형 상태에서의 반응물과 생성물의 양을 평형 상수를 통해 도출해 낼 수 있는지를 알아보고자 한다. 또한, 반응물 혹은 생성물의 농도 변화를 주었을 경우 평형 이동이 어느 쪽으로 일어나는지 예측할 수 있고, 온도 변화가 없을 경우에는 평형 상수가 일정하다는 것을 이용하여 새로운 평형에 도달하였을 때 각 물질의 농도를 예측할 수 있는지를 묻고자 한다.

모의논술 예시 답안

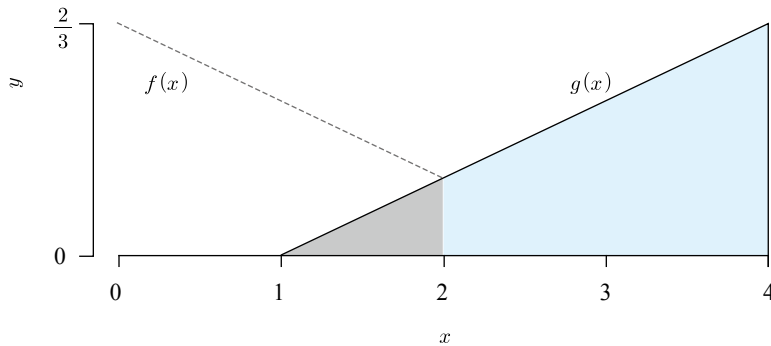
수학

[문제 1 예시 답안]

● 보물을 가지고 있을 사건을 B 라고 표기하고, 특수그룹으로 분류되는 사건을 G 라고 표기하면, 구하고자 하는 확률은 특수그룹으로 분류되었을 때 실제로 보물을 가지고 있을 확률인 $P(B|G)$ 가 된다. 이는 $P(G|B), P(G|B^C), P(B)$ 등을 계산한 후, 해당 확률들로부터 유도될 수 있다.

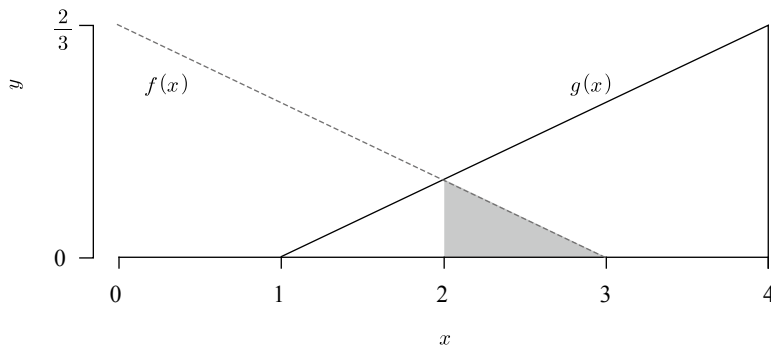
● 보물을 갖고 있는 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B)$:

확률변수 X 가 보물을 갖고 있는 사람이 검색대를 통과했을 때, 검색대로부터 측정된 값이라고 할 때, $P(G|B)$ 는 해당 확률변수의 확률밀도함수인 $g(x)$ 의 그래프로부터 $P(2 \leq X \leq 4)$ 로 계산될 수 있다. 이 확률은 아래 그래프에서 하늘색 사다리꼴의 넓이가 되기 때문에, $1 - 1 \times \frac{2}{9} \times \frac{1}{2} = \frac{8}{9}$ 로 계산된다. 이는 $g(x) = \frac{2}{9}x - \frac{2}{9}$, $1 \leq x \leq 4$ 이고, $g(2) = \frac{2}{9}$ 로부터 계산할 수 있다.



● 보물을 갖고 있지 않은 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B^C)$:

확률변수 Y 가 보물을 갖고 있지 않은 사람이 검색대를 통과했을 때, 검색대가 측정된 값이라고 할 때, $P(G|B^C)$ 는 해당 확률변수의 확률밀도함수인 $f(x)$ 의 그래프로부터 $P(2 \leq Y \leq 4)$ 로 계산될 수 있다. 이 확률은 아래 그래프에서 회색 삼각형의 넓이가 되기 때문에, $1 \times \frac{2}{9} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{9}$ 로 계산된다.



● 임의의 사람이 특수그룹에 속하게 될 확률인 $P(G)$ 는 $P(G) = P(G \cap B) + P(G \cap B^C) = P(G|B)P(B) + P(G|B^C)P(B^C)$ 로 구할 수 있고, 이는 $\frac{8}{9} \times \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \times \frac{8}{9} = \frac{16}{81}$ 이 된다.

● 따라서 특수그룹에 속한 사람이 실제로 보물을 갖고 있을 확률은 다음과 같다.

$$P(B|G) = \frac{P(G \cap B)}{P(G)} = \frac{P(G|B)P(B)}{P(G)} = \frac{8/81}{16/81} = \frac{1}{2}$$

[문제 1 채점 기준]

1. 보물을 갖고 있는 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
2. 보물을 갖고 있지 않은 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B^C)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
3. 임의의 사람이 특수그룹에 속하게 될 확률인 $P(G)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
4. 위 1, 2, 3의 결과로부터 최종 결과를 올바르게 유도한 경우: +5점

[문제 2-1 예시답안]

적분함수를 $\frac{1+2e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} = 1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해한 후, 제시문 (가)를 이용하여 적분하여 $x - \ln(1+e^x+e^{-x}) + C$ 를 얻는다.

제시문 (나)를 이용하여 정적분을 계산하여 정답 2를 얻는다.

[문제 2-1 채점기준]

- $1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해하면 +5점
- 정적분을 계산하여 $x - \ln(1+e^x+e^{-x}) + C$ 를 얻으면 +3점
- 정답을 얻으면 +2점

[별해1]

적분을 $\frac{1+2e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} = 1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해한 후, 두 번째 함수가 좌함수임을 이용하여 $\int_{-1}^1 \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} dx = 0$ 을 얻는다.

1을 적분하여 정답 2를 얻는다.

[별해1 - 채점기준]

- $1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해하면 +5점
- 두 번째 함수가 좌함수임을 이용하여 정적분을 계산하고 정답을 얻으면 +5점

[별해2]

$u = e^{-x}$ 로 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{2u+1}{u^2+u+1} du$ 를 얻고, 다시 $v = u^2 + u + 1$ 로 치환하여,

$$\int_{e^{-2}+e^{-1}+1}^{e^2+e+1} \frac{1}{v} dv = \ln\left(\frac{e^2+e+1}{e^{-2}+e^{-1}+1}\right) = \ln(e^2) = 2 \text{를 구한다.}$$

[별해2 - 채점기준]

- 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{2u+1}{u^2+u+1} du$ 를 얻으면 +5점 ($u = e^{-x}$ 치환시도 +2)
- 치환하여 $\int_{e^{-2}+e^{-1}+1}^{e^2+e+1} \frac{1}{v} dv$ 를 얻으면 +3점
- 최종적으로 답을 얻으면 +2점

[별해3]

$u = e^x$ 로 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{u+2}{u(u^2+u+1)} du$ 를 얻는다. 적분함수를 $\frac{2}{u} - \frac{2u+1}{u^2+u+1}$ 로 분해한 후 적분하여,
 $(2\ln u - \ln(u^2+u+1)) \Big|_{e^{-1}}^e = 2$ 를 구한다.

[별해3 - 채점기준]

- 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{u+2}{u(u^2+u+1)} du$ +3점 ($u = e^x$ 치환시도 +2)
- $\frac{2}{u} - \frac{2u+1}{u^2+u+1}$ 로 분해하면 +5점
- 최종적으로 답을 얻으면 +2점

[문제 2-2 예시답안]

주어진 식에 x 대신 $\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$ 를 대입하여 $f(\cos x) + 2f(\sin x) = 3\sin x \cos x$ 를 얻는다.

$A = f(\cos x), B = f(\sin x)$ 로 두고 A 와 B 에 대한 연립방정식을 풀어, $A = f(\cos x) = \sin x \cos x$ 를 얻는다.

구간 $[0, 1]$ 에서 $\sin x = \sqrt{1 - \cos^2 x}$ 이므로 $t = \cos x$ 로 두면, $f(t) = t\sqrt{1-t^2}$, 즉 $f(x) = x\sqrt{1-x^2}$ 이다.

미분을 하여 식 $f'(x) = \frac{1-2x^2}{\sqrt{1-x^2}} = -1$ 를 풀어 접선의 접점의 좌표 $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$ 를 구하고, 접선의 방정식 $y = -x + \frac{3\sqrt{3}}{4}$ 을 얻는다.

[문제 2-2 채점기준]

- 삼각부등식의 성질을 이용하여 $f(\cos x) + 2f(\sin x) = 3\sin x \cos x$ 를 얻으면 **+6점**
- 연립방정식을 풀어 $f(\cos x) = \sin x \cos x$ 또는 $f(\sin x) = \sin x \cos x$ 를 얻으면 **+3점**
- $f(x) = x\sqrt{1-x^2}$ 를 얻으면 **+3점**
- 미분을 하여 접선을 구하면 **+3점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

[문제 3-1 예시답안]

두 직선 $x + 2y + 1 = 0$, $2x + y - 2 = 0$ 으로부터 같은 거리에 있는 점 $P(x, y)$ 가 나타내는 도형은 이 두 직선의 각의 이등분선이다.

점 $P(x, y)$ 가 나타내는 도형의 방정식은 $\frac{|x + 2y + 1|}{\sqrt{1^2 + 2^2}} = \frac{|2x + y - 2|}{\sqrt{2^2 + 1^2}}$ 에서 직선 $x - y - 3 = 0$ 또는 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 임을

알 수 있다. 따라서 문제에서 주어진 두 원의 중심은 모두 직선 $x - y - 3 = 0$ 위에 있거나 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있다.

한편, 두 직선 $x + 2y + 1 = 0$, $2x + y - 2 = 0$ 은 좌표평면을 네 개의 영역으로 분할하고, 점 $(-2, 3)$ 은 두 부등식

$x + 2y + 1 > 0$, $2x + y - 2 < 0$ 을 동시에 만족하는 영역에 속한다. 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위의 한 점 $(\frac{1}{3}, 0)$ 이 이 두 부등식을 만족하므로

두 원의 중심은 모두 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있다. 점 $(-2, 3)$ 과 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 사이의 거리는 $\frac{|-6 + 9 - 1|}{\sqrt{3^2 + 3^2}} = \frac{\sqrt{2}}{3}$ 이고

두 원의 공통현의 길이의 반이다. 따라서 공통현의 길이는 $\frac{2\sqrt{2}}{3}$ 이다.

[문제 3-1 채점기준]

- 직선 $x - y - 3 = 0$ 와 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 을 얻으면 **+4점**
- 두 원의 중심이 모두 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있음을 보이면 **+2점**
- 공통현의 길이 $\frac{2\sqrt{2}}{3}$ 를 구하면 **+4점**

[문제 3-2 예시답안]

$x^2 + (y - t)^2 = 2$ 이 직선 $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} - 1 = 0$ 에 접하므로 $\sqrt{2} = \frac{|\frac{t}{b} - 1|}{\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}}}$ 에서 $a = \frac{\sqrt{2}b}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 를 얻는다. 삼각형의 넓이는

$ab = \frac{\sqrt{2}b^2}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 으로 b 에 관한 함수 $f(b)$ 로 표현할 수 있다. $f'(b) = \frac{\sqrt{2}b(b^2 - 3tb + 2t^2 - 4)}{\sqrt{((b-t)^2 - 2)^3}}$ 이고 $b > t + \sqrt{2} > 0$ 이므로

$f'(b) = 0$ 을 풀면 $b = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 이다. 삼각형의 넓이를 최소로 하는 a, b 의 값을 각각 $a(t), b(t)$ 라 하면, $A(t) = a(t)b(t)$ 이고,

$f(b)$ 의 증가와 감소를 조사하여 $b(t) = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 임을 알 수 있다. $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{b(t)}{t} = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2t} = 2$ 이므로

$$\lim_{t \rightarrow \infty} a(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{2} b(t)}{\sqrt{(b(t) - t)^2 - 2}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{2} \frac{b(t)}{t}}{\sqrt{\left(\frac{b(t)}{t} - 1\right)^2 - \frac{2}{t^2}}} = 2\sqrt{2} \text{이어서 } \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A(t)}{t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \left(a(t) \cdot \frac{b(t)}{t} \right) = 4\sqrt{2} \text{이다.}$$

[문제 3-2 채점기준]

• 관계식 $a = \frac{\sqrt{2}b}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 를 찾으면 **+5점**

• $b(t) = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 을 찾으면 **+5점**

• $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A(t)}{t} = 4\sqrt{2}$ 를 찾으면 **+5점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

[문제 4-1 예시답안]

- 제시문 (가), (나)에 의해 체성 신경계는 골격근을 자율 신경계는 내장 기관을 조절하고 있고, 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경으로 나눌 수 있음을 확인 할 수 있다. 또한 교감 신경과 부교감 신경 모두 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 신경 전달 물질로 아세틸콜린을 분비하고, 신경절 이후 표적 기관 직전의 시냅스에서는 노르에피네프린과 아세틸콜린을 서로 다르게 분비함을 찾아 낼 수 있다.
- 주어진 실험 결과 도표를 해석하여 환자의 증상이 근육 세포와 심장 박동 수에 문제가 있음을 확인할 수 있고, 근육 세포의 수축은 운동 신경이 조절하고 심장 박동 수 조절은 교감 신경과 부교감 신경이 조절할 것임을 알 수 있다. 제시문 (나)를 통해 교감 신경이 활성화 되면 심장 박동 수가 증가 되고, 부교감 신경이 활성화 되면 심장 박동 수가 감소 한다는 정보를 확인할 수 있다.
- 환자 A는 근육 수축과 심장 박동 수가 증가하는 증상이 있으나 신경 말단에서 분비된 아세틸콜린과 노르에피네프린의 농도는 정상인과 같다. 근육 수축 이상은 운동 신경 문제이고, 심장 박동 수가 증가한 것은 심장 박동 수를 줄이는 부교감 신경에 문제가 있음을 추론 할 수 있다. 그러나 신경 말단에서 분비된 아세틸콜린 농도는 정상인과 동일한 것으로 미루어, 제시문 (다)에 근거하여 환자 A는 근육과 심장에 있는 아세틸콜린 리셉터에 이상이 있음을 추론해 볼 수 있다.
- 환자 B는 정상인과 비교하여 근육 수축은 정상이나 심장 박동 수가 감소되어 있는 것으로 미루어, 심장 박동 수를 증가시키는 교감 신경에 문제가 있음을 알 수 있다. 교감 신경의 노르에피네프린이 소량 분비된 것으로 미루어 신경절 이전 뉴런의 아세틸콜린 분비는 정상이고, 신경절 후 뉴런의 노르에피네프린 생성이나 분비에 문제가 있음을 제시문 (나), (다)를 근거로 추론할 수 있다.

[문제 4-1 채점기준]

1. 환자 A에서 두 신경전달 물질의 농도에는 문제가 없음을 서술하고, 심장 박동 수 증가가 교감 신경 문제임을 발견하면, **+2점**
2. 환자 A에서 심장 박동 수 증가와 근육 수축 이상이 제시문 (다)를 이용하여 아세틸콜린 리셉터에 문제가 있음을 추론하면, **+3점**
3. 환자 B에서 노르에피네프린의 농도에 문제가 없음을 서술하고, 심장 박동 수 감소가 교감 신경 문제임을 발견하면, **+2점**
4. 노르에피네프린이 소량 분비하고 있는 현상을 바탕으로 신경절 이전 뉴런의 아세틸콜린 생성 및 분비는 정상이고, 노르에피네프린의 생성 및 분비에 문제가 있음을 제시하면, **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점10점 이내에서 ± 0.5점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2 예시답안]

- [실험 결과]에 따르면 바이러스 주입 1일 후 바이러스 P의 혈중 농도는 생쥐 M과 N에서 차이가 없지만, 주입 5일 후에는 혈중 바이러스 P의 농도가 생쥐 M에 비해 생쥐 N에서 높음을 알 수 있다. 이는 제시문 (라)에 의해 생쥐 M의 면역반응이 N에 비하여 높음을 유추할 수 있고, 이를 통해 생쥐 M에 주입된 백혈구의 면역활성이 생쥐 N에 주입된 백혈구보다 높음을 추론할 수 있다.
- 제시문 (마)에서 보조 T 림프구는 B 림프구의 분화를 촉진하여 B 림프구가 형질세포와 기억세포로 분화를 유도하여 항원의 제거를 촉진하기 때문에 M에 주입된 백혈구가 정상생쥐로부터 분리된 백혈구이고, N에 주입된 백혈구가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐로부터 분리된 백혈구임을 추론할 수 있다. 따라서, 생쥐 M이 정상생쥐이고, 생쥐 N은 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐이다.
- [자료]에서 생쥐 M과 N은 선천적으로 B 림프구가 결핍된 생쥐이므로 생쥐 M과 N에서 생성되는 항체는 주입된 백혈구에 포함되어 있는 B 림프구에 의해 결정된다. 생쥐 M에 주입된 백혈구는 보조 T 림프구가 존재하는 정상 생쥐 X로부터 분리된 백혈구이므로, 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐 Y로부터 분리된 백혈구에 비하여 많은 기억세포 및 형질세포를 포함하고 있음을 제시문을 통해 추론할 수 있다. 따라서 생쥐 N에 비해 생쥐 M에서 병원체 P에 대한 항체의 농도가 높을 것이다.

[문제 4-2 채점기준]

1. 실험의 결과를 분석하여 생쥐 Y가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐임을 제시하면, **+6점**
2. 보조 T 림프구의 결핍된 생쥐 X에서 분리한 백혈구의 면역활성이 생쥐 Y에서 분리한 백혈구에 비해 높음을 설명하면, **+4점**
3. 생쥐 M과 N 중 생쥐 M의 항체 농도가 높음을 제시하면 **+4점**
4. 생쥐 M과 N은 B 림프구가 선천적으로 결핍된 생쥐이기 때문에 항체 농도는 주입된 백혈구에 포함된 B 림프구에 의해 결정됨을 설명하면 **+3점**
5. 생쥐 M과 N의 항체 농도의 차이가 보조 T 림프구의 결핍과 관계가 있음을 설명하면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-1 예시답안]

- 진자의 추가 가지는 처음 퍼텐셜 에너지는 $E_p = Mgh$ 이다.
- 단진자의 추가 높이 0 인 지점에 다다랐을 때 추의 속도를 u 라 하면, 진자의 추가 가지는 운동 에너지는 $E_k = \frac{1}{2}Mu^2$ 이다.
- 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 속도 u 를 구하면 $u = \sqrt{(2gh)}$ 이다.
- 단진자의 추가 질량이 m 인 물체와 충돌할 때 충돌 전 두 물체의 운동량의 합과 충돌 후 두 물체의 운동량의 합은 같다. 충돌 후 진자의 추가 가지는 속도를 u' 이라고 할 때, 운동량 보존 법칙에 따라 $Mu = Mu' + mv$ 이고 $u' = u - \frac{m}{M}v$ 이다.
- $u > \frac{m}{M}v$ 인 경우 u' 이 양의 값을 가지므로 충돌 후 진자의 추는 질량이 m 인 물체와 같은 방향으로 움직이고, $u < \frac{m}{M}v$ 인 경우 u' 이 음의 값을 가지므로 진자의 추는 충돌 후 되돌아 올라간다.
- 충돌 후 진자의 운동은 역학적 에너지가 보존되므로, 진자가 올라갈 수 있는 최대 높이 h' 은 $Mgh' = \frac{1}{2}Mu'^2$ 식으로부터 구할 수 있고 앞서 구한 u' 을 식에 대입하여 정리하면 $h' = \frac{1}{2g} \left(\sqrt{2gh} - \frac{m}{M}v \right)^2$ 이다.

[문제 4-1 채점기준]

- 단진자의 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지를 바르게 기술하면 **+3점**
- 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 충돌 전 추의 속도를 바르게 기술 하면 **+3점**
- 운동량 보존 법칙으로부터 충돌 후 추의 속도를 바르게 기술 하면 **+3점**
- 충돌 후 단진자가 가지는 속도로부터 단진자의 운동 방향을 논리적으로 바르게 기술 하면 **+3점**
- 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 충돌 진자의 추가 올라갈 수 있는 최대 높이를 바르게 기술하면 **+3점**

※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음.
 ※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ±0.5점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

[문제 4-2 예시답안]

- 물체가 A에서 B로 미끄러져 내려온 후 운동 에너지는 퍼텐셜 에너지와 같다. 따라서 물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g 라 할 때, 속력 v 는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \quad \therefore v = \sqrt{2gh}$$

- 물체가 B에서 비스듬히 던져질 때 수평면과의 각을 θ 라고 하면, 다음을 얻는다.

$$\cos \theta = \frac{h}{r}, \quad \sin \theta = \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}$$

- 비스듬히 던져진 물체는 포물선 운동을 하며, 수직 방향 초기 속력 $v \sin \theta$ 를 고려할 때 처음 높이로 돌아올 때까지 소요되는 시간은 다음과 같다.

$$0 = v \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t = \frac{2v \sin \theta}{g}$$

- 수평 방향 속력 $v \cos \theta$ 에 시간을 곱하여 수평 도달 거리를 구하면 다음과 같다.

$$s = v \cos \theta \times \frac{2v \sin \theta}{g} = \frac{2v^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{4h^2}{r} \cdot \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}$$

- s 가 최대인 상황은 $ds/dh = 0$ 이므로 이를 정리하면 다음의 식을 얻는다.

$$\frac{ds}{dh} = \frac{4}{r} \left\{ \frac{2h - \frac{3h^3}{r^2}}{\sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}} \right\} = 0 \quad \therefore h = \sqrt{\frac{2}{3}} \times r$$

- 이 값을 대입하면 최대 수평 도달 거리는 $s = \frac{8}{3\sqrt{3}} \times r$.

[문제 4-2 채점기준]

- B 지점에서 속력을 역학적 에너지 보존 법칙을 통해 바르게 구하면 **+3점**
- B 지점에서 비스듬히 던져질 때 수평면과 이루는 각과 h 의 관계식을 바르게 구하면 **+3점**
- 수평 도달 거리 s 를 h 의 식으로 바르게 나타내면 **+3점**
- s 를 h 로 미분하여 최대 도달 거리가 되는 h 를 바르게 구하면 **+3점**
- 최대 도달 거리 s 를 바르게 구하면 **+3점**

※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음.

※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

[문제 4-1 예시답안]

- A의 원자가 전자가 3s 오비탈에 있으며 원소 A가 물과 반응하여 수소기체를 발생시키는 반응을 통하여 A가 3주기 1족 또는 2족 원소, 즉, Na이나 Mg이라는 것을 유추할 수 있는데, A의 순차 이온화 에너지가 $E_1 \ll E_2$ 이므로 1족 원소임을 알 수 있다. 따라서 두 조건을 모두 충족하는 원소는 Na이라는 것을 알 수 있다.
- 이온 A와 이온 B의 총 전자수가 동일하므로 Na의 전자배치 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 로부터 Na^+ 전자배치 $1s^2 2s^2 2p^6$ 를 알 수 있고, 이와 총 전자수가 동일한 음이온 B가 F^-, O^{2-}, N^{3-} 중 하나라는 것을 유추할 수 있다. F^-, O^{2-}, N^{3-} 의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 로 모두 동일하다.
- 이온 A와 이온 B가 A_xB_y 의 이온결정을 생성하며, 이 결정은 면심 입방 구조를 가지므로 A^+ 는 6개의 음이온 B로 둘러 싸여 있고, 각 음이온 B는 6개의 A^+ 로 둘러 싸여 있다. 따라서 " $A^+ : 음이온 B = 1 : 1$ "의 비를 알 수 있고, A가 Na^+ 임을 알고 있으므로, F^-, O^{2-}, N^{3-} 중 Na^+ 와 1 : 1의 결합을 할 수 있는 음이온 B는 F^- 임을 알 수 있다. 따라서, x와 y가 모두 1임을 알 수 있고, 최종 이온결정은 NaF이다.

(유사 답안) 단위세포 당 입자 수 B는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 개이고, 단위세포 당 입자 수 A는 $\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$ 이다. 따라서 A : B = 1 : 1의 결합수를 가지는 것은 NaF이다.

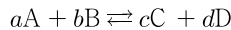
[문제 4-1 채점기준]

1. 오비탈과 이온화 에너지의 상관관계를 이해하고 원소 A가 Na인 것을 바르게 유추하면 **+4점**
2. 총 전자수가 동일하다는 것을 이해하고 이온 B가 F^-, O^{2-}, N^{3-} 라는 것을 바르게 유추하면 **+3점**
3. 면심 입방 구조를 바르게 이해하고 A : B = 1 : 1임을 바르게 구하여, A_xB_y 가 NaF임을 바르게 도출하면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2 예시답안]

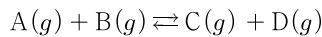
- <그림1>에서 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



<그림2>를 보면 A가 1몰, B가 1몰 감소할 때, C가 1몰 증가하기 때문에, $a : b : c = 1 : 1 : 1$ 이라는 것을 알 수 있다. <그림2>와 문제의 조건을 보면 평형 상태에서의 A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하고, 이때의 평형 상수가 1이므로 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \frac{\left(\frac{1\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^a \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^d}{\left(\frac{1\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^a \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^b} = \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^{d-a} = 1 \quad \therefore d = a$$

따라서 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 화학 반응식은 다음과 같다.



- 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, C가 1몰 생성될 때 D도 1몰 생성된다는 것을 알 수 있다. C가 1몰 생성될 때 D가 생성된 양은 $2 - x$ 몰이므로, D의 초기 몰수는 x 는 1몰이다.

- A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하는 평형 I 상태에서 C를 1몰 첨가하면 평형이 이동하여 새로운 평형 상태(평형 II)가 된다. 생성물인 C가 첨가 되면 평형은 역반응이 우세한 방향으로 이동하기 때문에 C가 k 몰이 감소된다고 가정하자. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 II 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $1+k$, B는 $2+k$, C는 $1+1-k$, D는 $2-k$ 가 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(2-k)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2-k)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(1+k)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2+k)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{k^2 - 4k + 4}{k^2 + 3k + 2} = 1 \quad \therefore k = \frac{2}{7}$$

따라서, 평형 II에서의 D의 몰수는 $2-k = \frac{12}{7}$ 몰이 된다.

- C가 $\frac{12}{7}$ 몰인 평형 II 상태에서 C를 1몰 다시 첨가하게 되면 평형이 또 다시 이동하게 되는데, 이는 A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하는 평형 I 상태에서 C를 2몰 첨가하는 경우와 상황이 같다. 평형 I 상태에서 생성물인 C를 2몰 첨가하게 되면 평형은 역반응으로 이동하기 때문에 C가 l 몰 감소하여 새로운 평형(평형 III)에 도달한다고 가정할 수 있다. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 III 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $1+l$, B는 $2+l$, C는 $1+2-l$, D는 $2-l$ 이 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(3-l)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2-l)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(1+l)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2+l)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{l^2 - 5l + 6}{l^2 + 3l + 2} = 1 \quad \therefore l = \frac{1}{2}$$

따라서, 평형 III에서의 D의 몰수는 $2-l = \frac{3}{2}$ 몰이 된다.

(유사 답안) 평형 II 상태에서의 각 물질의 몰수는 A는 $\frac{9}{7}$, B는 $\frac{16}{7}$, C는 $\frac{12}{7}$, D는 $\frac{12}{7}$ 가 되므로, 이 상태에서 생성물인 C를 1몰 추가하게 되면 평형은 역반응으로 이동하여 C가 m 몰 감소하여 새로운 평형(평형 III)에 도달한다고 가정할 수 있다. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 III 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $\frac{9}{7}+m$, B는 $\frac{16}{7}+m$, C는 $\frac{12}{7}+1-m$, D는 $\frac{12}{7}-m$ 이 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(\frac{19}{7}-m)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(\frac{12}{7}-m)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(\frac{9}{7}+m)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(\frac{16}{7}+m)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{49m^2 - 217m + 228}{49m^2 + 175m + 144} = 1 \quad \therefore m = \frac{3}{14}$$

따라서, 평형 III에서의 D의 몰수는 $\frac{12}{7}-m = \frac{3}{2}$ 몰이 된다.

[문제 4-2 채점기준]

1. 문제에서 주어진 화학 반응식의 반응 계수 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 을 보이고 화학 반응식을 완성하면 **+5점**
2. 기체 D의 초기 몰수 x 가 1몰임을 보이면 **+5점**
3. 평형 II에 도달하였을 때 기체 D의 몰수가 $\frac{12}{7}$ 몰이라고 바르게 구하면 **+5점**
4. 평형 III에 도달하였을 때 기체 D의 몰수가 $\frac{3}{2}$ 몰이라고 바르게 구하면 **+5점**

※ 계산을 잘못하면 -1점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 2 점 추가 점수 부여 가능함.

V.

2020학년도
수시모집 논술시험
기출문제 및 해설

- | | |
|-----------------|-----|
| 1. 자연계열 I (오전) | 057 |
| 2. 자연계열 II (오후) | 081 |

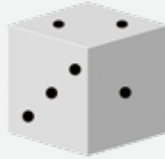


2020학년도 자연계열 I (오전) 문제

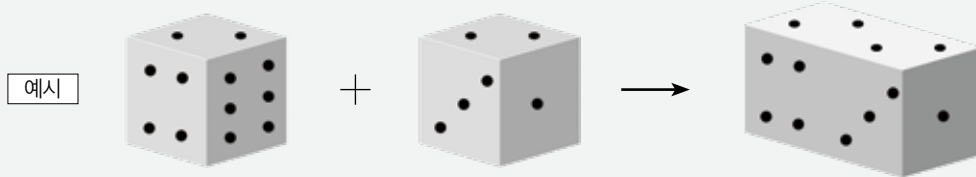
수학

[문제 1] 다음과 같은 방식으로 주사위 두 개를 붙여서 새로운 주사위를 만든다.

- 일반적인 정육면체 모양의 주사위는 서로 마주보고 있는 면의 눈의 수의 합이 항상 7이고 다음 그림과 같이 면이 구성되어 있다.



- 위와 같은 모양의 주사위 두 개를 눈의 수가 6인 면끼리 붙여서 직육면체 모양의 주사위 하나를 만든다. 다음은 새롭게 만들 수 있는 주사위 중 한 가지 예시를 보여준다.



- 새로운 주사위 한 면의 눈의 수는 그 면에 있는 모든 눈의 수의 합과 같고, 각 면이 나올 확률은 면적에 비례한다고 가정한다.

위의 방식에 따라 새롭게 만들 수 있는 모든 종류의 주사위 중 하나를 임의로 선택하여 한 번 던져서 나오는 눈의 수가, 일반적인 정육면체 모양의 주사위를 한 번 던져서 나오는 눈의 수보다 작거나 같을 확률을 구하시오. [20점]

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- $g(x) = t$ 로 놓을 때, $g(x)$ 가 미분 가능하면 $\int f(g(x))g'(x)dx = \int f(t)dt$ 이다.
- 두 함수 $f(x)$, $g(x)$ 에 대하여 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$, $\lim_{x \rightarrow a} g(x) = M$ (L, M 은 상수)일 때, 다음이 성립한다.

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)} = \frac{L}{M} \quad (M \neq 0)$$

[문제 2-1] $g(t) = e^{t^2 + 3t + \frac{5}{2}}$ 에 대하여 함수 $f(x)$ 를 다음과 같이 정의하자.

$$f(x) = e^{-\int_1^x \frac{g'(t)}{g(t)} dt}$$

이때 함수 $h(x) = \int_1^x f(t)f'(t)\sqrt{\{f(t)\}^2 + 1} dt$ 의 최댓값을 구하시오. [10점]

[문제 2-2] $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 + x^2 - a}{(a-x)(x+1-a)} = b$ 를 만족하는 실수 a, b 에 대하여 $a + b^2$ 의 최댓값, 최솟값을 구하시오. (단, $\frac{3}{2} \leq a \leq 3$ 이다.) [15점]

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 구간 $[a, b]$ 에서 $f(x) \geq g(x)$ 일 때, 두 곡선 $y = f(x)$ 와 $y = g(x)$ 및 두 직선 $x = a, x = b$ 로 둘러싸인 도형의 넓이는 다음과 같다.

$$\int_a^b \{f(x) - g(x)\} dx$$

- 좌표공간에서 x, y, z 에 대한 방정식 $ax + by + cz + d = 0$ 은 벡터 $\vec{n} = (a, b, c)$ 에 수직인 평면을 나타낸다.

[문제 3-1] 어떤 양의 실수 a 에 대하여, $x \geq 0$ 에서 정의된 두 곡선 $y = e^x$ 과 $y = a \sin x$ 가 오직 한 점에서 만난다. 이때 두 곡선 $y = e^x$ 과 $y = a \sin x$ 및 y 축으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오. [10점]

[문제 3-2] 좌표공간에 구 $S: (x-1)^2 + (y-1)^2 + (z-1)^2 = 1$ 이 있고, x 축 위의 점 $P(a, 0, 0)$, y 축 위의 점 $Q(0, 2a, 0)$, z 축 위의 점 $R(0, 0, b)$ 가 있다. 삼각형 PQR 가 구 S 와 접할 때, 좌표공간의 원점과 P, Q, R 를 꼭짓점으로 하는 삼각뿔의 부피가 최소가 되는 a 의 값을 구하시오. (단, $a > 3$ 이고 $b > 0$ 이다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 생물의 항상성이란 외부 환경이 변하더라도 생물이 내부 환경 조건을 일정 범위 내에서 유지할 수 있는 능력을 말한다. 체온 유지, 심장 박동 조절, 혈압 유지, 혈액 중 산소와 이산화탄소의 농도 조절, 무기 염류 농도 유지 등이 그 예이다. 항상성 유지를 위해서 신체의 각 기관들은 서로 신호를 주고받으며, 이 과정에서 내분비계와 신경계가 상호 작용을 한다. 간뇌를 구성하는 시상 하부는 자율 신경으로부터 체내의 상태와 외부 환경에 대한 정보를 받아들이고, 내분비샘에 적절한 신호를 보내 호르몬을 분비하게 한다.

(나) 항상성 유지를 조절하는 음성 피드백 작용은 신체의 생리 기능이나 체액의 성분이 일정한 범위 내에서 유지되도록 하며 갑작스러운 변화를 막는데 목적이 있다. 사람은 보통 음식물과 식수를 통해 수분을 섭취하고, 오줌과 배설물, 땀 등을 통해 배출하여, 약 0.9%의 체내 무기 염류 농도를 유지한다. 수박처럼 수분이 많은 과일을 먹거나, 물을 많이 마시면 오줌의 양이 늘어난다. 콩팥은 오줌을 통해 노폐물을 몸 밖으로 배설할 뿐만 아니라, 오줌의 농도와 양을 조절하여 삼투압을 일정하게 유지하는 기능을 한다. 우리 몸을 구성하는 세포 속의 무기 염류 농도와 세포를 둘러싼 체액의 무기 염류 농도는 평형 상태를 유지하고 있으므로, 체액의 무기 염류 농도가 세포 속보다 높으면 세포 속의 물이 빠져나가 세포가 수축하고, 반대로 체액의 무기 염류 농도가 낮으면 세포 속으로 물이 들어와 세포가 부풀어 오른다.

(다) 모든 생물은 생명을 유지하기 위해 에너지가 필요하며, 탄수화물, 지방, 단백질과 같은 유기물을 분해하여 에너지를 얻는다. 유기물의 화학 결합 속에는 에너지가 화학 에너지의 형태로 저장되어 있다. ATP는 근육의 수축, 물질의 이동, 물질의 합성 등에 직접 사용되는 에너지원으로, 세포는 ATP를 합성하여 각종 생명 활동에 이용한다. 포도당과 같은 유기물에 저장되어 있던 화학 결합 에너지는 이들 물질이 산화될 때 방출되고, 방출된 에너지의 일부는 ATP의 화학 결합 에너지의 형태로 저장되어 생명 활동에 쓰이게 된다. ATP는 고에너지 인산 결합을 가지고 있는데, 이 결합이 끊어지면 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되면서 에너지가 방출되고, 이 에너지는 다양한 생명 활동에 이용된다. ADP는 다시 유기물이 산화될 때 방출된 에너지를 이용하여 ATP로 재생된다.

(라) 세포 호흡은 세포에서 유기물을 산화시켜 에너지를 얻는 반응이다. 대부분의 생물은 산소를 사용하여 유기물을 분해하는 세포 호흡을 하는데, 이를 산소 호흡이라고 한다. 한편, 일부 미생물은 산소가 없는 상태에서 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는데, 이를 무산소 호흡이라고 한다. 사람이 격렬한 운동을 할 경우, 혈액으로부터 근육 세포로 공급되는 산소의 양이 부족할 때 ATP 공급을 위해 무산소 호흡을 한다.

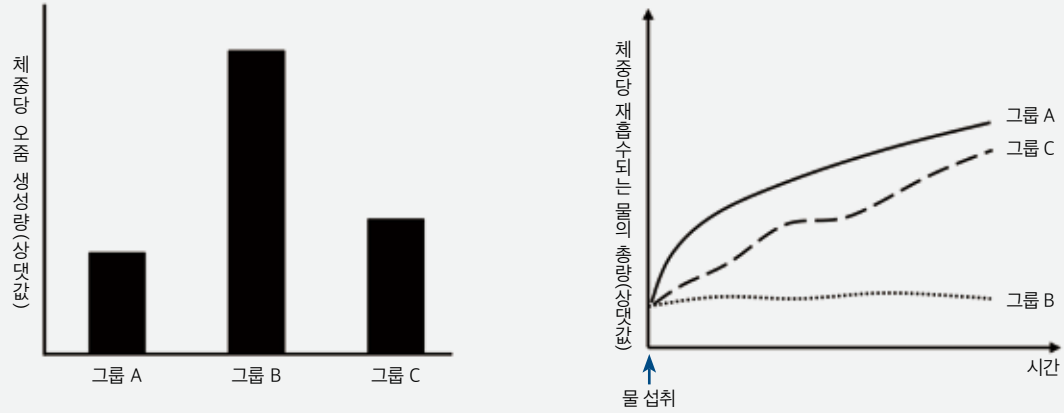
(마) 하나의 개체는 독립적으로 살아가지 않고 무리를 이루어 살아간다. 일정한 지역에 사는 같은 종의 개체는 무리를 이루어 개체군을 형성하고, 한 지역에서 서로 관계를 맺고 생활하는 여러 개체군이 모여 군집을 형성한다. 군집은 특성이 서로 다른 개체군이 함께 서식하고 있어 여러 가지 상호 작용을 통하여 일정한 질서와 규칙을 유지해 나간다.

[문제 4-1] 뇌하수체 종양 치료용 약물을 개발하기 위해 다음과 같은 실험을 하고 그 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

- I. 뇌하수체에 종양이 생긴 생쥐들을 두 개의 그룹으로 나누어 그 중 한 그룹에게 종양 치료 효과가 있을 것으로 예상되는 약물 P를 투여하였다.
- II. 그룹 A (정상 생쥐), 그룹 B (종양 생쥐)와 그룹 C (약물 P를 투여한 종양 생쥐)의 오줌 생성량 및 체중을 측정하고, 시간당 콩팥에서 재흡수되는 물의 총량을 분석하여 아래와 같이 그래프로 나타내었다. (단, 물 섭취량은 동일하다.)

[실험 결과]



뇌하수체에 종양이 생긴 생쥐에서 체액의 삼투압 및 콩팥에서의 물 재흡수가 종양 치료용 약물 P 투여 전과 후에 어떻게 변하였는지 설명하고, 뇌하수체에 생긴 종양이 오줌 생성량에 어떻게 영향을 끼쳤을지 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [10점]

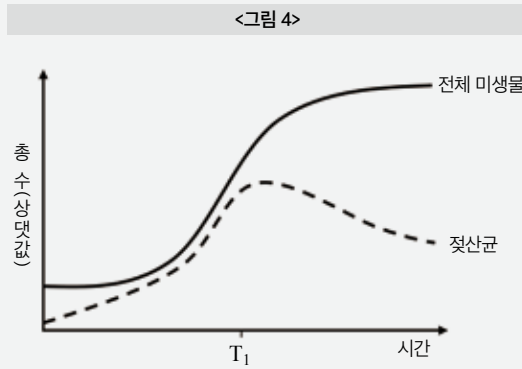
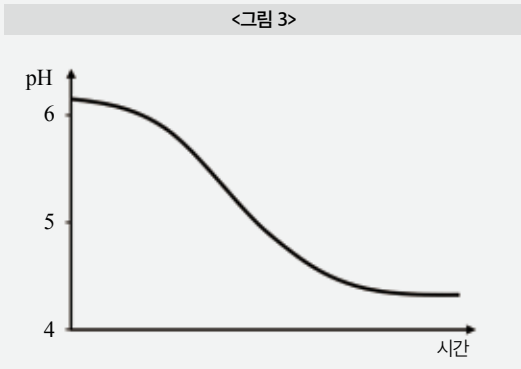
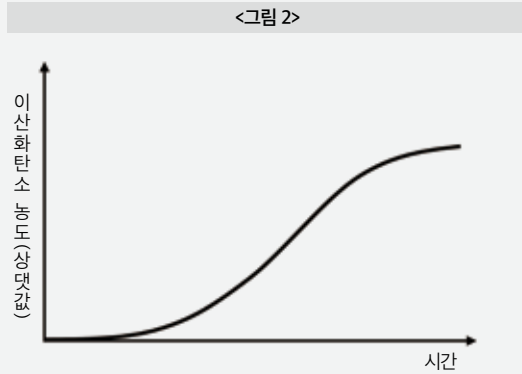
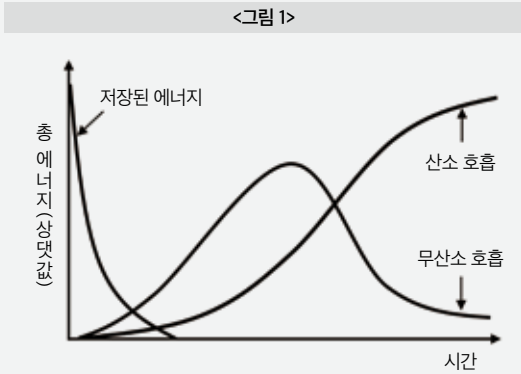
[문제 4-2] 사람과 미생물의 에너지 생산방식을 탐구하기 위하여 사람의 운동과 미생물에 의해 만들어지는 식품을 조사하고 아래와 같이 연구 결과를 정리하였다.

[선행 조사]

- I. 마라톤 선수들은 42.195 km의 거리를 휴식 없이 2시간 이상 달리며 경주할 수 있다.
- II. 김치는 배추, 무, 오이 등과 같은 채소를 소금에 절이고 여러 가지 양념을 버무려 저온에서 오랜 기간 숙성시킨 식품으로 젖산균 증식에 의해 시큼한 맛과 독특한 향을 갖는다.
- III. 포도주는 당분을 함유하는 포도에서 얻은 즙액을 효모가 포함된 환경에서 숙성하여 담근 술이다.

[연구 결과]

- I. <그림 1>은 저장된 에너지가 운동 과정 중 소모되는 것과, 운동 과정에서 근육 세포의 무산소 호흡과 산소 호흡에 의해 생성되는 총 에너지의 변화를 나타낸 것이다.
- II. <그림 2>는 포도주 숙성 과정에서 효모에 의한 이산화탄소 농도 변화를 나타낸 것이다.
- III. <그림 3>은 김치 숙성 과정에서 젖산균에 의한 pH 변화를 나타낸 것이다.
- IV. <그림 4>는 김치 숙성 과정에서 시간 T_1 (김치통을 열어 놓은 시점) 전과 후에 전체 미생물과 젖산균 총 수의 변화를 나타낸 것이다.



마라톤 선수들이 오랜 시간 경주하고 미생물이 김치와 포도즙액을 숙성시키는 과정에서 일어나는 세포 호흡 방식과 세포 호흡 과정의 ATP 형성에 대해 위 그림과 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 설명하시오. 또한, <그림 4>의 시간 T_1 이후에서 예측할 수 있는 젖산균의 생태 환경에 대해 위 그림과 제시문 (마)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [20점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 바람이 든 풍선을 뜨거운 물에 담그면 풍선 내부의 온도가 상승하면서 부피가 커진다. 온도가 높아지면 내부 에너지가 증가하고, 부피가 팽창하면서 외부에 일을 한다. 따라서 풍선에 가해 준 열에너지는 내부 에너지의 증가와 외부에 일을 하는 데 쓰인다. 일반적으로 기체에 가해 준 열량 Q , 내부 에너지의 증가량 ΔU , 기체가 외부에 한 일 W 의 관계는 다음과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

즉, 기체에 가해 준 열에너지는 내부 에너지의 증가와 외부에 한 일의 합과 같다. 이러한 관계를 열역학 제1법칙이라고 한다. 결국, 열역학 제1법칙은 열에너지와 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

- (나) 이상 기체로 채워진 실린더가 있고 실린더의 피스톤이 자유롭게 움직일 수 있다. 실린더 안의 기체는 부피 V , 압력 P 인 상태에 있다. 실린더를 가열하여 압력을 일정하게 유지하면서 부피를 ΔV 만큼 변화시켰을 때 기체가 한 일 W 는 다음과 같다.

$$W = P\Delta V$$

- (다) 열운동하는 분자들이 가지고 있는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합을 내부 에너지라고 한다. 이상 기체의 경우에는 분자들 사이의 힘이 0이므로, 이상 기체의 내부 에너지는 모두 기체 분자들의 운동 에너지이다. 단원자 분자로 이루어진 n mol의 이상 기체의 경우 절대 온도가 T 일 때, 내부 에너지 U 는 다음과 같다.

$$U = \frac{3}{2}nRT \quad (R: \text{기체 상수})$$

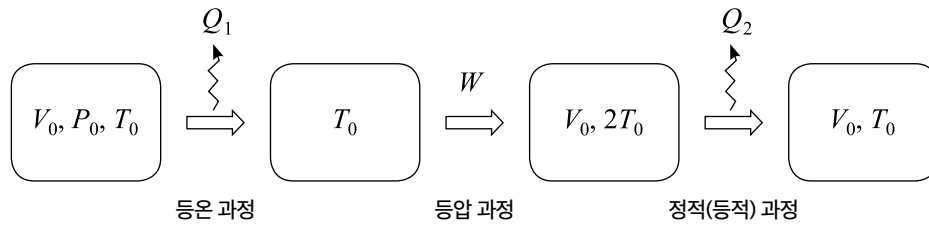
- (라) 보일은 실험을 통해 기체의 양과 온도가 일정하면, 기체의 압력 P 와 부피 V 는 서로 반비례한다는 결론을 내렸다. 이를 보일 법칙이라고 한다. 샤를은 압력이 일정할 때, 모든 기체의 부피는 온도가 1°C 상승할 때마다 0°C 부피의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가하고, 반대로 온도가 낮아지면 $\frac{1}{273}$ 씩 감소한다는 것을 발견하였다. 기체의 양과 압력이 일정할 때 부피는 절대 온도 T 에 비례한다. 이를 샤를 법칙이라고 한다. 보일 법칙과 샤를 법칙에 의해 다음 식이 성립한다.

$$\frac{PV}{T} = \text{일정}$$

이 식을 보일·샤를 법칙이라고 한다. 1 mol의 기체에 대하여 $\frac{PV}{T} = R$ 로 일정하므로, n mol의 기체에 대해서는 $\frac{PV}{T} = nR$, $PV = nRT$ 의 관계가 성립한다. 이것을 이상 기체 상태 방정식이라고 한다. 여기서 R 는 기체 상수이다.

[문제 4-1] 부피 V_0 , 압력 P_0 , 절대 온도 T_0 인 단원자 이상 기체 1 mol 이 실린더 안에 있다. 이상 기체가 등압 과정으로 부피가 $3V_0$ 가 된다. 등압 과정 동안 이상 기체에 가해 준 열량 Q 와 등압 과정 후 이상 기체의 내부 에너지 U 를 제시문 (가) - (라)에 근거하여 T_0 의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하시오. [10점]

[문제 4-2] 부피 V_0 , 압력 P_0 , 절대 온도 T_0 인 단원자 이상 기체 1 mol 이 실린더 안에 있다. 다음 그림과 같이 이상 기체는 등온 과정으로 외부에 열량 Q_1 을 방출한다. 이어서 등압 과정으로 이상 기체는 외부에 일 W 를 하고, 부피는 처음과 같이 V_0 가 되며, 온도는 $2T_0$ 가 된다. 이어서 정적(등적) 과정으로 이상 기체는 외부에 열량 Q_2 를 방출하고, 온도는 처음과 같이 T_0 가 된다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 Q_1 과 Q_2 의 크기를 비교하고, W 를 T_0 의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하시오. [20점]

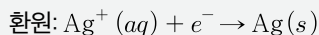
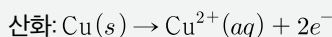


[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

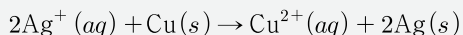
(가) 어떤 물질 속에 들어 있는 원자나 분자 1몰은 6.02×10^{23} 개 입자 수를 의미하며, 이 수를 아보가드로수라고 한다. 원자량과 분자량은 상대적인 값이므로 단위가 없지만, 그 값에 그램(g)을 붙이면 그 물질의 물질량이 된다. 0°C , 1기압에서 기체 분자 1몰이 차지하는 부피는 그 종류에 관계없이 22.4 L로 일정하다.

(나) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질 사이의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 참여한 물질의 분자 수의 비와 몰수비, 부피비를 의미한다. 이때 몰과 입자 수, 몰과 질량, 몰과 기체의 부피 관계를 이용하면 반응물과 생성물의 몰수, 입자 수, 질량, 부피를 구할 수 있다.

(다) 화학 반응에서 전자를 잃는 것을 산화라 하고, 전자를 얻는 것을 환원이라 한다. 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 산화-환원 반응이라고 부른다. 예를 들어, 질산은(AgNO_3) 수용액에 구리줄을 넣으면 구리줄 표면에 은이 석출되며 용액의 색이 푸른색으로 변하는 것을 관찰할 수 있고, 이 반응은 다음과 같이 전자의 이동으로 나타낼 수 있다.



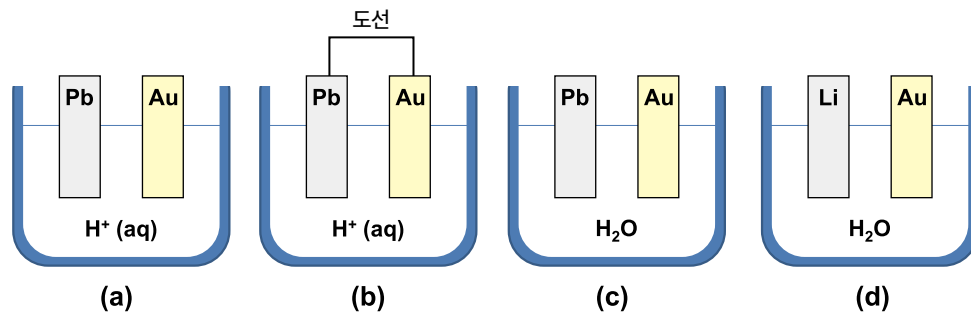
산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로, 이동하는 전자 수를 맞추어 주면 전체 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



(라) 화학 전지는 자발적으로 일어나는 산화-환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. 전지에서 산화 반응이 일어나는 부분과 환원 반응이 일어나는 부분을 각각 반쪽 전지라고 한다. 반쪽 전지의 전위를 전극 전위라고 하며, 반쪽 전지들의 표준 전위값을 결정하기 위해 표준 수소 전극을 사용한다. 표준 환원 전위는 25°C 에서 표준 수소 전극과 연결한 반쪽 전지의 환원 반응 전위이고, 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉽다. 다음 표는 일부 반쪽 반응들의 표준 환원 전위를 보여준다. 기전력(표준 전지 전위)은 두 금속의 표준 환원 전위차로서, 환원 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위에서 산화 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위를 뺀 값과 같다. 기전력 값이 (+)일때 산화-환원 반응은 자발적으로 진행되며, (-)일때 자발적으로 진행되지 않는다.

반쪽 반응	표준 환원 전위(V)
$\text{Au}^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow \text{Au}(s)$	+1.68
$2\text{H}^{+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow \text{H}_2(g)$	0.00
$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow \text{Pb}(s)$	-0.13
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^{-} \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^{-}(aq)$	-0.83
$\text{Li}^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow \text{Li}(s)$	-3.04

[문제 4-1] 산성 용액과 물에 20.0g의 납(Pb)판, 금(Au)판, 리튬(Li)판을 다음 그림과 같이 넣었다. 수소 기체(H₂)가 발생하는 경우에는, 0°C, 1기압에서 측정할 때 그 부피가 1.12L가 되는 시점에서 반응을 중단하였다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 (a), (b), (c), (d)의 금속판에서 수소 기체의 발생 유무를 판단하고, 반응 후 남아있는 각 금속판의 질량을 각각 논리적으로 구하시오. (단, 수소(H), 리튬(Li), 금(Au), 납(Pb)의 원자량은 각각 1, 7, 197, 207이고, 금속의 산화물 형성은 고려하지 않는다.) [10점]



[문제 4-2] 가상의 원소 A를 포함하는 두 염화 화합물 ACl(s)과 ACl₃(s)를 4.8 g씩 이용하여 혼합 수용액을 만들었다. 이 혼합 수용액 내의 두 화합물이 모두 완전히 해리되는 시점에서 산화-환원 반응이 시작되었다고 가정하자. 다음의 표와 제시문 (가) - (라)를 바탕으로 이 혼합 수용액에서 자발적으로 일어나는 산화-환원 반응식을 제시하고, 그 근거를 설명하시오. 또한 A⁺(aq)의 양이 $\frac{1}{2}$ 만큼 변화할 때 걸리는 시간이 5분으로 일정하다면, 15분 후 A(s)의 질량은 얼마인지 논리적으로 구하시오. (단, 가상의 원소 A와 염소(Cl)의 원자량은 각각 164.5, 35.5이다.) [20점]

반쪽 반응	표준 환원 전위(V)
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(aq)$	+1.36
$\text{A}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{A}(s)$	-0.36
$\text{A}^{3+}(aq) + 2e^- \rightarrow \text{A}^+(aq)$	-0.70
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0.83

자연계열 I (오전) 문제 답안

수학

제시문 출전

[문제 1]

- 확률과 통계, (썬금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.12-17, 76-88, 102-104
- 확률과 통계, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.12-17, 92-98, 106-115
- 확률과 통계, (썬지학사(2016), 신항균 외 11인, p.13-17, 63-76, 81-85
- 확률과 통계, (썬교학사(2016), 김창동 외 14인, p.13-17, 77-88, 93-97

[문제 2]

- 미적분 II, IV-1-2, 치환적분과 부분적분법, (썬금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.171
- 미적분 II, I-2, 지수함수와 로그함수의 미분, (썬교학사(2016), 김창동 외 14인, p.31
- 미적분 I, II-1-2, 함수의 극한값의 계산, 비상교육(2016), 김원경 외 11인, p.53
- 미적분 I, II-1-2, 극한값의 계산, (썬금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.58
- 기하와 벡터 I-2, 평면곡선의 접선, 비상교육(2016), 김원경 외 11인, p.37

[문제 3]

- 미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용, 비상교육(2016), 김원경 외 11인, p.155
- 미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용, (썬교학사(2016), 김창동 외 14인, p.183
- 미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용, (썬금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.191
- 기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식, (썬지학사(2016), 신항균 외 11인, p.184
- 기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식, 동아출판(2016), 우정호 외 24인, p.220
- 기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.206

평가 목표 및 출제 의도

[문제 1 평가 목표 및 출제 의도]

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률의 개념은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 임의로 설정된 상황에서 얻을 수 있는 경우의 수와 그에 따른 확률 구조에 대한 이해도를 평가하고, 각 상황에서의 확률에 대한 비교가 정확하게 이루어지는지를 평가한다. 본 문제는 확률에 대한 기본 개념의 이해도를 평가하며 난이도는 중하 정도로 볼 수 있다.

[문제 2 평가 목표 및 출제 의도]

문제 2-1

로그적분을 포함한 치환 적분을 이해하고 있는지 평가한다. 적분을 통해 나온 함수의 최댓값을 미분을 이용하여 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

문제 2-2

함수의 극한을 이해하고 있는지 평가한다. 이를 통해 나온 이차 곡선의 최댓값, 최솟값을 미분을 이용하여 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

[문제 3 평가 목표 및 출제 의도]

문제 3-1

좌표평면에서 두 곡선의 위치관계를 식으로 표현하고 도함수의 개념을 활용하여 주어진 조건을 만족하게 하는 값을 구할 수 있는지와, 두 곡선 사이의 넓이를 적분법을 활용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

문제 3-2

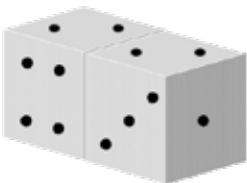
좌표공간에서 식으로 주어진 정보들을 이용해 구체적인 좌표와 입체의 부피를 계산할 수 있는지를 평가하고, 입체의 부피가 최소가 되는 점을 도함수를 활용하여 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 그 과정에서 다항식의 인수분해 능력도 같이 평가한다.

예시답안 및 채점기준

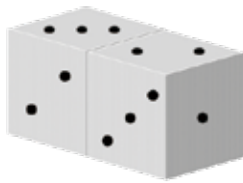
[문제 1 예시 답안]

- 새롭게 만들 수 있는 직육면체 모양의 주사위는 다음과 같이 4가지 형태 중 하나를 가지게 된다.

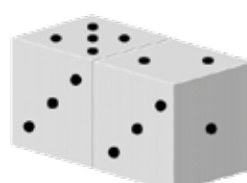
주사위 A



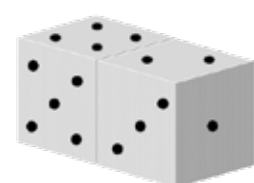
주사위 B



주사위 C



주사위 D



- 새로운 주사위에서 눈이 나오는 경우와 확률은 다음과 같다. (단, 표에서 (a,b)는 일반적인 주사위 두 개에서 나오는 각각의 눈의 수를 의미한다.)

주사위 A			주사위 B		
(a,b)	새로운 눈의 수	확률	(a,b)	새로운 눈의 수	확률
(2,2)	4	1/5	(3,2)	5	1/5
(4,3)	7	1/5	(2,3)	5	1/5
(5,5)	10	1/5	(4,5)	9	1/5
(3,4)	7	1/5	(5,4)	9	1/5
1	1	1/10	1	1	1/10
1	1	1/10	1	1	1/10

주사위 C			주사위 D		
(a,b)	새로운 눈의 수	확률	(a,b)	새로운 눈의 수	확률
(5,2)	7	1/5	(4,2)	6	1/5
(3,3)	6	1/5	(5,3)	8	1/5
(2,5)	7	1/5	(3,5)	8	1/5
(4,4)	8	1/5	(2,4)	6	1/5
1	1	1/10	1	1	1/10
1	1	1/10	1	1	1/10

- 새로운 주사위 중 하나를 한 번 던져서 나오는 눈의 수가 정육면체 모양의 일반적인 주사위를 한 번 던져서 나오는 눈의 수보다 작거나 같은 경우는 다음과 같다.

주사위 A	일반 주사위	확률	주사위 B	일반 주사위	확률
4	(4,5,6)	$\frac{1}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$	5	(5,6)	$\frac{2}{5} \times \frac{1}{3} = \frac{2}{15}$
1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$	1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$

주사위 C	일반 주사위	확률	주사위 D	일반 주사위	확률
6	6	$\frac{1}{5} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{30}$	6	6	$\frac{2}{5} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{15}$
1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$	1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$

- 위의 표를 바탕으로 주어진 확률을 계산하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{4} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{2}{15} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{5} \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{3}{10} + \frac{1}{3} + \frac{7}{30} + \frac{4}{15} \right) = \frac{17}{60}$$

또는 0.2833(소수점 아래 둘째 자리에서 반올림 가능)

[문제 1 채점 기준]

1. 네 가지 종류의 주사위를 올바르게 찾아내는 경우: **+6점**
2. 각 주사위의 눈이 나오는 경우의 수와 그에 해당하는 확률을 올바르게 계산한 경우: **+6점**
3. 새로운 주사위에서 나오는 눈의 수가 기존의 일반적인 주사위에서 나오는 눈의 수보다 작거나 같은 경우를 올바르게 찾아내는 경우: **+4점**
4. 확률의 곱셈정리와 덧셈정리를 사용하여 올바르게 확률을 계산한 경우: **+4점**

※ 계산 실수로 틀렸어도 논리 전개 과정이 맞으면 해당 부분에 1~2점의 부분 점수를 부여함.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±1점 추가 점수 부여 가능함.

문제 2

[문제 2-1 예시 답안]

$$-\int_1^x \frac{g'(t)}{g(t)} dt = -\int_1^x (\ln g(t))' dt = \ln \frac{g(1)}{g(x)} \text{ 이므로 } f(x) = \frac{g(1)}{g(x)} \text{ 이다. 그리고 } h(x) = \int_1^x f(t)f'(t)\sqrt{f^2(t)+1} dt = \int_1^x \left(\frac{1}{3}(f^2(t)+1)^{\frac{3}{2}}\right)' dt$$

이므로 $h(x) = \frac{1}{3}(f^2(x)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}}$ 이고 h 의 최댓값은 f 의 최댓값에서 나온다.

그리고 $f(x)$ 의 최댓값은 $g(x)$ 의 최솟값에서 얻어진다. 미분하여 정리하면 $g'(x) = e^{x^2}(2x^3 + 6x^2 + 7x + 3) = e^{x^2}(x+1)(2x^2 + 4x + 3)$ 이므로

$g(-1)$ 에서 최솟값을 갖는다. 따라서 $f(x)$ 의 최댓값은 $\frac{g(1)}{g(-1)} = 13$ 이다. h 의 최댓값은 $h(-1) = \frac{1}{3}(f^2(-1)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}} = \frac{170^{\frac{3}{2}} - 2^{\frac{3}{2}}}{3}$ 이다.

[문제 2-1 채점 기준]

- $f(x) = \frac{g(1)}{g(x)}$: 3점
- $h(x) = \frac{1}{3}(f^2(x)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}}$: 3점
- $f(x)$ 의 최댓값 $\frac{g(1)}{g(-1)} = 13$, h 의 최댓값은 $h(-1) = \frac{170^{\frac{3}{2}} - 2^{\frac{3}{2}}}{3}$: 4점

[문제 2-2 예시 답안]

$a \neq 2$ 이면 $x = 1$ 에서 분모가 영이 안되므로 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b$ 이다.

$a = 2$ 이면 $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{(x-1)(x^2+2x+2)}{(2-x)(x-1)} = 5$ 이고 $(a, b) = (2, 5)$ 이다.

$a+b^2 = k$ 로 놓고 $b = \frac{1}{a-1}$ ($\frac{3}{2} \leq a < 2$, $2 < a \leq 3$ 에서 정의된다)와 접점을 구해 보자.

접점에서 만나고 미분계수가 같다는 것을 이용하면 $-\frac{1}{2b} = -b^2$ 이므로 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 이다.

$\frac{1}{2} \leq b < 1$, $1 < b \leq 2$ 이므로 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 는 주어진 곡선의 접점이다. 이때 $a = 1 + 2^{\frac{1}{3}}$ 이므로 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이다.

곡선의 양 끝점 $(\frac{3}{2}, 2)$, $(3, \frac{1}{2})$ 에서 각각 $a+b^2 = \frac{11}{2}, \frac{13}{4}$ 이다. $(a, b) = (2, 5)$ 에서 27이다. 따라서 최솟값은 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이고 최댓값은 27이다.

[문제 2-2 별해]

$a \neq 2$ 이면 $x = 1$ 에서 분모가 0이 아니므로 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b$ 이다.

$a = 2$ 이면 $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{(x-1)(x^2+2x+2)}{(2-x)(x-1)} = 5$ 이고 $(a, b) = (2, 5)$ 이다.

$\frac{1}{2} \leq b < 1$, $1 < b \leq 2$ 에서 $a = \frac{1}{b} + 1$ 이므로 $f(b) = b^2 + \frac{1}{b} + 1$ 을 고려하자. $f'(b) = 2b - \frac{1}{b^2}$ 이고 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 에서 극점을 갖고 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이다.

곡선의 양 끝점 $2, \frac{1}{2}$ 에서 각각 $\frac{11}{2}, \frac{13}{4}$ 이다. $(a, b) = (2, 5)$ 에서 27 이다.

따라서 최솟값은 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이고 최댓값은 27 이다.

[수학 문제 2-2 채점 기준]

- $a \neq 2$ 이면 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b$: **3점**
- 최솟값은 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$: **7점**
- $a = 2$ 이면 $(a, b) = (2, 5)$: **3점**
- 최댓값은 27: **2점**

문제 3

[문제 3-1 예시 답안]

함수 $y = e^x$ 의 그래프와 $y = a \sin x$ 의 그래프를 통해 보면, 함수 $y = e^x$ 의 그래프가 $y = a \sin x$ 의 그래프보다 항상 위에 있어야 하고

$y = e^x$ 가 증가함수이므로 두 곡선이 만나는 점의 x 좌표 α 가 $\frac{\pi}{2}$ 이하여야 함을 알 수 있다.

두 곡선이 한 점에서만 만나므로 그 점에서 함수 $f(x) = e^x - a \sin x$ 가 $f(\alpha) = e^\alpha - a \sin \alpha = 0$, $f'(\alpha) = e^\alpha - a \cos \alpha = 0$ 을 동시에 만족해야 한다.

따라서, 그 점에서 $\cos \alpha = \sin \alpha$ 이어야 하므로, α 의 범위로부터 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ 를 얻고, 이를 대입하여 $a = \sqrt{2} e^{\frac{\pi}{4}}$ 를 얻는다.

이때 주어진 영역의 넓이는 $\int_0^{\frac{\pi}{4}} (e^x - \sqrt{2} e^{\frac{\pi}{4}} \sin x) dx$ 이고, 이를 계산하면 $(2 - \sqrt{2})e^{\frac{\pi}{4}} - 1$ 을 얻는다.

[문제 3-1 채점 기준]

- 두 곡선이 만나는 점의 x 좌표 α 에 대해 $\cos \alpha = \sin \alpha$ 이 됨을 이용해, α 의 범위로부터 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ 를 얻고, 이를 대입하여 $a = \sqrt{2} e^{\frac{\pi}{4}}$ 를 얻으면 **+6점**
- 주어진 영역의 넓이 $\int_0^{\frac{\pi}{4}} (e^x - \sqrt{2} e^{\frac{\pi}{4}} \sin x) dx$ 를 계산하여 $(2 - \sqrt{2})e^{\frac{\pi}{4}} - 1$ 을 얻으면 **+4점**

[문제 3-2 예시 답안]

삼각형 PQR 를 포함하는 평면의 방정식을 $\alpha x + \beta y + \gamma z = 1$ 이라고 하면 구 S 의 중심과의 거리가 1 이므로 $\frac{|\alpha + \beta + \gamma - 1|}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}} = 1$ 이고,

한편 점 $(a, 0, 0)$, $(0, 2a, 0)$, $(0, 0, b)$ 를 지나므로, $\alpha = \frac{1}{a}$, $\beta = \frac{1}{2a}$, $\gamma = \frac{1}{b}$ 이다.

따라서 $\frac{\left| \frac{3}{2a} + \gamma - 1 \right|}{\sqrt{\frac{5}{4a^2} + \gamma^2}} = 1$ 을 얻고, 제곱하여 정리하면 $\gamma = \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}$ 임을 알 수 있다. 따라서 평면의 방정식은 $\frac{x}{a} + \frac{y}{2a} + \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}z = 1$ 이다.

한편, 좌표공간의 원점과 P, Q, R 를 꼭짓점으로 하는 삼각뿔의 부피 $V(a)$ 는 $\frac{1}{3} \left(\frac{a \times 2a}{2} \right) \times \frac{a(2a - 3)}{a^2 - 3a + 1} = \frac{a^3(2a - 3)}{3(a^2 - 3a + 1)}$ 이다.

a 에 대해 미분하면 $V'(a) = \frac{a^2(a - 1)(4a^2 - 17a + 9)}{3(a^2 - 3a + 1)^2}$ 이 되고, $V'(a) = 0$ 과 $a > 3$ 에서부터 $a = \frac{17}{8} + \frac{\sqrt{145}}{8}$ 에서 $V(a)$ 가 최소이다.

[문제 3-2 채점 기준]

- 평면의 방정식 $\frac{x}{a} + \frac{y}{2a} + \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}z = 1$ 을 얻으면 **+5점**
- 좌표공간의 원점과 P, Q, R 를 꼭짓점으로 하는 삼각뿔의 부피 $V(a) = \frac{a^3(2a - 3)}{3(a^2 - 3a + 1)}$ 을 얻으면 **+5점**
- $V'(a) = 0$ 과 $a > 3$ 에서부터 $a = \frac{17}{8} + \frac{\sqrt{145}}{8}$ 를 얻으면 **+5점**

제시문 출전

[문제 4]

- 생명과학 I, 천재교육(2011), 이준규 외, p.199-200, 101-103, 144-150
- 생명과학 I, 교학사(2011), 박희송 외, p.218-224, 133-136
- 생명과학 I, 교학사(2011), 권혁빈 외, p.152-157
- 생명과학 I, 상상아카데미(2012), 이길재 외, p.200, 209, 113-115, 152-157
- 생명과학 I, 비상교육(2012), 심규철 외, p.230, 234, 119-122, 164-165, 170-171
- 생명과학 II, 천재교육(2011), 이준규 외, p.57-70
- 생명과학 II, 교학사(2011), 박희송 외, p.94-113
- 생명과학 II, 상상아카데미(2012), 이길재 외, p.76-89
- 생명과학 II, 비상교육(2012), 심규철 외, p.75-99

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

문제 4-1

체내의 상태를 항상 일정하게 유지하려는 항상성에 대해 이해하고 호르몬의 특성과 분비량 조절 과정을 이해하고 있는 지를 평가하는 문제이다. 문제에 제시된 그래프를 통해 뇌하수체에 종양을 유도한 생쥐에서 과도하게 오줌이 생성되고 있고, 콩팥에서 수분 재흡수가 일어나고 있지 않음을 인지할 수 있으며, 이러한 변화를 뇌하수체에서 분비되는 호르몬인 항이뇨호르몬 분비의 문제와 연관 지을 수 있는지를 평가한다. 또한 이러한 상황으로 인해 체내 수분이 과도하게 빠져나가 체액의 삼투압이 높아졌을 것임을 예측할 수 있다.

종양치료약물을 투여하여 항이뇨호르몬의 분비가 다시 이루어지는 경우, 높아진 체액의 삼투압을 시상하부가 인식하여 뇌하수체가 항이뇨호르몬의 분비를 촉진할 수 있는 피드백으로 작용할 수 있는 것을 연관 지어 설명할 수 있는 지를 평가한다.

문제 4-2

지구상의 생명체가 생명 활동을 위해 필요한 에너지를 얻는 과정을 세포 호흡이라고 한다. 대부분의 진핵생물에서 세포 호흡은 유기물을 산화시켜 에너지를 방출하는 과정으로 세포질과 미토콘드리아에서 일어난다. 세포 호흡의 재료가 되는 유기물을 호흡 기질이라고 하며, 탄수화물, 단백질, 지방이 호흡 기질로 이용된다. 특히 포도당이 호흡 기질로 가장 많이 이용된다. 대부분의 생물들은 산소가 있는 조건에서 유기물을 완전히 분해하여 에너지를 얻는 산소 호흡을 한다. 세포 호흡 단계에서 가장 많은 에너지를 생성하는 단계는 전자 전달계로 산소를 필요로 한다. 일부 미생물은 산소가 없는 환경에서 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 무산호 호흡을 한다. 이러한 특성에 대해 제시문을 읽고 문제에 주어진 자료들을 통합적으로 분석하여 세포의 에너지 생산방식을 이해하는 것이 본 문제의 핵심이다. 연구 결과인 그림을 분석하여 운동 중인 사람의 세포 호흡 방식과 미생물의 세포 호흡 방식의 특징을 도출해 낸다. 마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내기 때문이다. 산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로, 산화적 인산화 과정을 거쳐 이산화탄소와 물로 완전히 분해되면 총 38ATP가 생산된다. 김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP와 2분자의 젖산을 생성한다. 따라서 젖산 형성으로 인해 pH가 시간에 따라 낮아지게 된다. 포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP와 2분자의 이산화탄소, 2분자의 알코올을 생성한다. 따라서 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증가하게 되는 것을 설명할 수 있는지 확인한다. 더불어 무산소 환경에서 젖산균은 젖산 발효를 통해 낮은 pH 환경을 조성하며 같은 환경에서 경쟁하고 있는 다른 개체군의 증식은 감소된다. 만약 김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균 증식은 억제되고, T₁ 시기 이후에 산소 호흡을 이용하는 다른 미생물 개체들이 성장하는 결과를 얻게 되었다는 것을 통합적으로 이해하고 설명할 수 있는지 평가한다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

- 실험 결과를 통해 뇌하수체에 종양이 생긴 쥐와 종양을 치료하는 효과가 있는 약물 P를 투여한 그룹 간의 체중 당 배출되는 오줌의 양과 체중 당 재흡수되는 물의 양을 비교할 수 있다. 실험 결과에 의하면 뇌하수체에 종양이 생긴 생쥐의 경우 체중 당 배출되는 오줌의 양이 정상쥐에 비해 3배 가량 높은 것을 알 수 있고, 또한 물의 재흡수가 전혀 되고 있지 않음을 알 수 있다. 이는 뇌하수체에 생긴 종양으로 인해 체내 삼투압을 조절하는 항이노호르몬의 분비에 이상이 생긴 것을 예측할 수 있고, 따라서 체내 수분이 과도하게 배출되어 체액의 삼투압이 높아졌을 것이다.
- 약물 P를 투여한 생쥐의 경우 체중 당 배출되는 오줌의 양이 정상 수준에 가깝게 줄어들었고, 재흡수되는 물의 양도 증가하고 있는 것으로 볼 때, 뇌하수체 종양이 사라져서 항이노호르몬의 분비가 다시 이루어지고 있음을 알 수 있다. 따라서 항이노호르몬의 분비로 수분의 재흡수가 일어나고, 이에 따라 높아졌던 체액의 삼투압이 낮아질 것으로 예측할 수 있다.

[문제 4-2 예시 답안]

- 마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내기 때문이다. 산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로를 거치면 4ATP, 10NADH, 2FADH₂가 생성된다. 1분자의 NADH와 FADH₂가 산화적 인산화를 거치면 각각 3ATP와 2ATP가 생산되므로, 포도당 1분자로부터 생산된 10NADH, 2FADH₂는 34ATP로 전환된다. 따라서 포도당 1분자가 이산화탄소와 물로 완전히 분해되면 총 38ATP가 생산된다. 김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP를 생성하고 2분자의 피루브산으로 분해되며, NADH로부터 수소를 받아 2분자의 젖산이 생성된다. 따라서 젖산 형성으로 인해 pH가 시간에 따라 낮아지게 된다. 포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP를 생성하고 2분자의 피루브산으로 분해되며, 생성된 피루브산이 2분자의 이산화탄소를 잃고 2분자의 아세트알데하이드가 되며, NADH로부터 수소를 받아 2분자의 알코올이 생성된다. 따라서 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증가하게 된다.
- 무산소 환경에서 젖산균은 젖산을 생성하며 증식하고 경쟁에 의해 상대적으로 다른 개체군의 증식은 억제된다. T₁ 시기 이후에 김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균의 증식은 억제되고, 산소 호흡을 이용하는 다른 미생물 개체군들이 성장하여 젖산균 수가 낮아지는 결과를 얻게 되었다.

[문제 4-1 채점기준]

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	그래프를 보고 뇌종양이 생긴 생쥐의 오줌 생성량이 증가하고 콩팥에서의 수분 재흡수가 감소되었음을 설명하면	2점
	뇌하수체 종양으로 항이노호르몬(혹은 바소프레신)의 분비에 이상이 생겼을 것을 예측하고 설명하면	3점
	오줌 생성량 증가와 수분 재흡수 감소가 체액 양의 감소와 혈액의 삼투압 증가를 유도하는 것을 설명하면	3점
	종양 치료에 의해 항이노호르몬 재분비가 가능하게 되어 체액의 양 증가와 삼투압 감소를 설명하면	2점
문제 4-2	마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내는 것을 설명하면	2점
	산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로, 산화적 인산화를 거치면 총 38ATP가 생산되는 것을 설명하면	3점
	김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 형성에 따라 pH가 낮아지는 것을 설명하면	2점
	젖산 발효 과정을 설명하여 1분자의 포도당은 2분자의 ATP와 젖산이 생성되는 것을 설명하면	3점
	포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증가하게 되는 것을 설명하면	2점
	알코올 발효 과정을 설명하여 1분자의 포도당은 2분자의 ATP와 이산화탄소, 알코올이 생성되는 것을 설명하면	3점
	젖산균과 다른 미생물 개체군 사이의 경쟁을 설명하면	2점
김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균 증식은 억제되고, 산소 호흡을 이용하는 다른 개체군들이 성장하는 것을 설명하면	3점	

제시문 출전

[문제 4]

- 물리 I, 천재교육(2011), 광성일 외, p.295
- 물리 I, 교학사(2011), 김영민 외, p.342
- 물리 II, 천재교육(2011), 광성일 외, p.73, 79
- 물리 II, 교학사(2011), 김영민 외, p.87-89

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해는 물리 교과목의 핵심적인 기본 개념을 이루고 있다. 본 논술에서는 물리 과목을 공부한 학생들이 수업에서 배우는 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙을 다루는 문제를 출제하였다.

문제 4-1

문제 4-1은 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1 mol의 단원자 이상 기체가 등압 과정으로 부피가 변할 때 이상 기체에 가해 준 열량과 등압 과정 후 이상 기체의 내부 에너지를 처음 절대 온도의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하는 문제이다. 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해력과 논리적 추론 능력을 평가하는 문제이다.

문제 4-2

문제 4-2는 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1 mol의 단원자 이상 기체가 등온 과정으로 부피가 변하고 이어서 등압 과정으로 외부에 일을 하며 정적(등적) 과정으로 처음 온도가 되는 열역학 과정이 있을 때 등온 과정과 정적(등적) 과정 동안 방출한 열량의 크기를 비교하고 등압 과정 동안 외부에 한 일의 크기를 처음 절대 온도로 나타내는 문제이다. 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해력과 논리적 추론 능력 및 정량적 계산 능력을 평가하는 문제이다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

- 등압 과정으로 부피가 $3V_0$ 가 되었으므로 제시문 (라)의 샤를 법칙에 의해 온도는 $3T_0$ 가 된다.

따라서 U 는 제시문 (다)에 의해 $\frac{3}{2}R(3T_0) = \frac{9}{2}RT_0$ 가 된다.

(※ 이상 기체 상태 방정식의 적용과 기체의 내부 에너지)

- 제시문 (가)의 열역학 제1법칙에서 Q 는 $\Delta U + W$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계)

- 제시문 (다)에 의해 $\Delta U = U - \frac{3}{2}RT_0 = 3RT_0$ 이고

제시문 (나)와 제시문 (라)의 이상 기체 상태 방정식에 의해 $W = P_0(3V_0 - V_0) = 2P_0V_0 = 2RT_0$ 이다.

(※ 등압 과정과 일, 부피, 압력의 관계)

- 따라서 $Q = 5RT_0$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용)

[문제 4-1 채점 기준]

- U 를 논리적으로 바르게 제시하면 **+4점**
- ΔU 와 W 모두 바르게 제시하면 **+4점**
(ΔU 와 W 중 하나만 바르게 제시하면 **+2점**)
- 열역학 제1법칙으로부터 Q 를 바르게 제시하면 **+2점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

[문제 4-2 예시 답안]

- 등압 과정 후 부피를 V_1 이라 하면 제시문 (라)의 샤를 법칙에 의해 $\frac{V_1}{T_0} = \frac{V_0}{2T_0}$ 이라서 $V_1 = \frac{1}{2}V_0$ 이다.

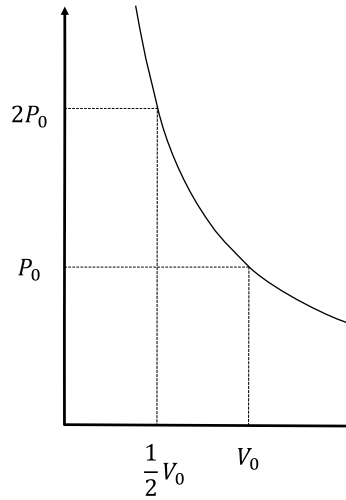
등온 과정 후 압력을 P_1 이라 하면 제시문 (라)의 보일 법칙에 의해 $P_0V_0 = P_1V_1$ 이므로 $P_1 = 2P_0$ 이다.

(※ 이상 기체 상태 방정식의 적용)

- 제시문 (나)에 의해 $W = P_1(V_0 - V_1) = 2P_0(V_0 - \frac{1}{2}V_0) = P_0V_0$ 이고 제시문 (라)에 의해 $W = RT_0$ 이다.

(※ 등압 과정과 일, 부피, 압력의 관계와 이상 기체 상태 방정식의 적용)

- 제시문 (다)에 의해 등온 과정에서 내부 에너지 변화가 없으므로 제시문 (가)에 의해 Q_1 은 등온 과정에서 이상 기체가 외부로부터 받은 일이고 제시문 (나)에 의해 $P-V$ 그래프가 그리는 면적이다. 압력이 P_0 과 $P_1 = 2P_0$ 사이에 있고 부피 변화의 크기가 $\frac{1}{2}V_0$ 이므로 Q_1 의 크기는 $P_0V_0 = RT_0$ 보다 클 수 없다.



(※ 일, 부피, 압력의 관계와 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용)

- 부피가 V_0 로 유지되는 과정에서는 제시문 (나)에 의해 일이 없으므로 제시문 (가)에 의해 Q_2 는 내부 에너지 변화로부터 구할 수 있다.

제시문 (다)에 의해 Q_2 의 크기는 $\frac{3}{2}RT_0 = \frac{3}{2}P_0V_0$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용과 이상 기체 상태 방정식의 적용)

- Q_2 의 크기가 Q_1 의 크기보다 크다.

[문제 4-2 채점 기준]

- W 를 압력과 부피의 곱으로 논리적으로 제시하면 **+4점**
- 등온 과정 후 압력과 부피를 바르게 제시하면 **+4점**
(등온 과정 후 압력 또는 부피 중 하나를 바르게 제시하면 **+2점**)
- W 의 값을 T_0 의 식으로 바르게 제시하면 **+2점**
- Q_2 의 크기를 논리적으로 바르게 제시하면 **+4점**
- Q_1 의 크기를 구하는 과정을 논리적으로 바르게 제시하면 **+4점**
- Q_1 의 크기와 Q_2 의 크기의 대소를 바르게 제시하면 **+2점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

제시문 출전

[문제 4]

- 화학 I, (쥐교학사(2016), 박종석 외 4인, p.23-25, 38-41, 209-212
- 화학 I, (썬상상아카데미(2016), 김희준 외 8인, p.31-35, 47-50, 176-181
- 화학 I, 천재교육(2017), 노태희 외 7인, p.25-29, 41-49, 183-195
- 화학 I, (썬비상교육(2016), 류해일 외 7인, p.36-41, 42-47, 191-198
- 화학 II, (쥐교학사(2016), 박종석 외 4인, p.206-209
- 화학 II, (썬상상아카데미(2016), 김희준 외 8인, p.184-190
- 화학 II, 천재교육(2015), 노태희 외 7인, p.190-194
- 화학 II, (썬비상교육(2017), 류해일 외 7인, p.189-196

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정의 전반적인 내용을 평가하고자 하였다. 화학 I에서 다루는 '화학의 언어'에 해당하는 화합물의 조성, 화학식, 화학 반응에서의 양적 관계에 대한 이해와, '닭은골 화학 반응' 단원의 산화-환원 반응에서의 전자의 이동에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 또한 화학 II에서 다루는 '화학 평형'에서 산화-환원 반응을 화학 전지에 적용하는 통합적인 성취도를 평가하고자 하였다.

제시문에서 제공하는 정보를 정확하게 숙지하여, 전자의 이동을 보여주는 산화-환원 반응의 반응성을 주어진 물질들의 표준 환원 전위 값과 연결시켜 파악할 수 있는지 평가하고자 하였다.

문제 4-1

문제 4-1은 납, 금, 리튬 금속들과 수소이온, 물의 표준 환원 전위 값을 비교하여 진행될 수 있는 산화-환원 반응들을 예상하고, 발생하는 수소 기체의 부피를 바탕으로 화학 반응에서의 부피, 몰수, 질량의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가하고자 하였다.

문제 4-2

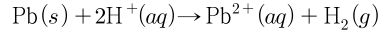
문제 4-2는 여러 산화수를 가지는 주어진 물질의 표준 환원 전위 값을 이용하여 산화-환원 반응식을 도출해내고, 어떤 산화수의 물질이 산화와 환원에 관여 하는지 찾아내는 문제이다. 또한 반응 계수 관계를 통해 화학 반응에서의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가하고자 하였다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

- (a): 산성 용액에 두 금속판이 담겨져 있는 경우인데, 표준 환원 전위가 (+)값이면 H⁺보다 환원되기 쉽고, (-)값이면 H⁺보다 환원되기 어렵다. 주어진 두 반쪽 반응의 표준 환원 전위 값에 의하면 H⁺(aq)와 금(Au) 사이에서는 산화-환원 반응이 일어날 수 없고, H⁺(aq)와 납(Pb) 사이의 산화-환원 반응의 기전력은 $0.00\text{ V} - (-0.13\text{ V}) = +0.13\text{ V}$ 로, (+)값이므로 다음과 같이 H⁺(aq)와의 자발적 산화-환원 반응이 가능하다.



남아있는 금속판의 질량:

- 반응하지 않는 금판의 질량은 변화되지 않고 20.0g 그대로 남아 있다.

- 납판 주위에서 일어나는 산화-환원 반응에서 발생된 수소 기체의 부피가 0°C, 1기압에서 1.12L이고, 이는 $\frac{1.12\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} = 0.0500\text{ mol}$ 에 해당한다.

위 산화-환원 반응식에서 소모되는 Pb(s)와 생성되는 H₂(g)의 계수비가 1:1이므로, 소모된 납판의 양은 $0.0500\text{ mol} \times 207\text{ g/mol} = 10.35\text{ g}$ 이고, 따라서, 남아있는 납판의 질량은 $20.0\text{ g} - 10.35\text{ g} = 9.65\text{ g}$ 이다.

- (b): 납판과 금판을 도선으로 연결한 경우, 납이 산화되면서 전자를 잃고, 그 전자는 도선을 따라 금판 쪽으로 이용한다. 금판에서는 H⁺(aq)이 전자를 얻어 환원되므로 금판 주변에서 수소 기체가 발생한다. 남아있는 금속판의 질량은 (a)의 경우와 동일, 즉 납판 9.65g, 금판 20.0g이 남아있다. 단, 일부 실험에서 납판 주변에서도 수소기체가 약간 발생됨이 관찰되므로, '납판과 금판 주변에서 둘 다 발생한다'라고 한 경우에도 감점하지 않는다.
- (c): 두 금속판이 연결되어있지 않고 물에 담겨 있는 경우인데, 주어진 표준 환원 전위(V)값에 의하면 금과 납의 두 반쪽 반응 모두 물의 반쪽 반응보다 환원되는 경향이 크므로, 어떠한 산화-환원 반응도 일어나지 않는다. 반응이 일어나지 않기 때문에, 납판과 금판 모두 20.0g이 남아있다.
- (d): 리튬판의 경우에는, 물과 리튬 사이에서 가능한 산화-환원 반응의 기전력이 $-0.83\text{ V} - (-3.04\text{ V}) = +2.21\text{ V}$ 로, (+)값이므로 자발적 산화-환원 반응이 가능하다.
 - 환원반응: $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
 - 산화반응: $\text{Li}(s) \rightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
 - 산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로, $2\text{Li}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{Li}^+(aq) + \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 산화-환원 반응식을 갖는다.
 - 소모되는 Li(s)와 생성되는 H₂(g)의 계수비가 2:1이므로, 소모된 리튬의 양은 $(0.05\text{ mol} \times 2) \times 7\text{ g/mol} = 0.70\text{ g}$ 이고, 따라서 남아있는 리튬판의 질량은 $20.0\text{ g} - 0.70\text{ g} = 19.3\text{ g}$ 이다.
 - 금판은 변화없이 20.0g 남아있다.

이 결과들을 정리하면, 다음과 같다.

		(a)	(b)	(c)	(d)
납(Pb)판	결과	산화반응으로 녹아들어가고 판 주변에서 H ₂ 기체 발생	산화반응으로 녹아들어감 (일부 H ₂ 기체 발생 가능-물 다 언급한 경우에만 감점 없음)	현상없음	X
	남은 질량	9.65 g	9.65 g	20.0 g	
금(Au)판	결과	현상 없음	판 주변에서 H ₂ 기체 발생	현상 없음	현상 없음
	남은 질량	20.0 g	20.0 g	20.0 g	20.0 g
리튬(Li)판	결과	X	X	X	산화반응으로 녹아들어가고 판 주변에서 H ₂ 기체 발생
	남은 질량				19.3 g

[문제 4-1 채점 기준]

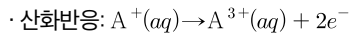
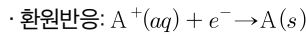
- (a): 납판에서 산화반응 및 수소 기체가 발생함을 보이고, 남아있는 질량 납 9.65g/ 금 20.0g을 바르게 구하면 **+2.5점**
- (b): 납판에서 산화반응, 금판 주변에서 수소 기체가 발생함을 보이고, 남아있는 질량 납 9.65g/ 금 20.0g을 바르게 구하면 **+2.5점**
(두 판에서 모두 수소 기체가 발생한다고 한 경우에도 감점하지 않음)
- (c): 반응이 일어나지 않고, 질량 변화도 없음을 보이면 **+2.5점**
- (d): 리튬판에서 산화반응 및 수소기체가 발생함을 보이고, 리튬 19.3g/ 금 20.0g을 바르게 구하면 **+2.5점**

※ 계산을 잘못하면 -1점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 1.0 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2 예시답안]

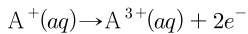
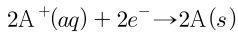
- $\text{Al}(s)$ 와 $\text{AlCl}_3(s)$ 를 이용하여 혼합수용액을 만들 때, $\text{A}^+(aq)$, $\text{A}^{3+}(aq)$, $\text{Cl}^-(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 존재한다. 산화와 환원은 항상 동시에 일어나고, 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉽다. 표에 주어진 환원 반쪽 반응들의 표준 환원 전위 값에 의하면, 자발적인 산화-환원 반응이 일어나는 경우는 다음과 같다.



위 산화-환원 반응의 기전력은 $-0.36\text{V} - (-0.70\text{V}) = +0.34\text{V}$ 로 (+)값을 가진다.

주어진 표준 환원 전위 값에 의하면 $\text{Cl}^-(aq)$ 과 H_2O 는 산화-환원 반응에 참여하지 않는다.

- 산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로,



즉, $3\text{A}^+(aq) \rightarrow 2\text{A}(s) + \text{A}^{3+}(aq)$ 의 산화-환원 반응식을 얻을 수 있다.

- 이 반응에서 $\text{A}^+(aq)$ 는 산화와 환원이 동시에 되는 물질이며, 산화-환원 반응 시작 시점의 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 다음과 같다.

$$\text{AlCl}(s) \text{ 몰수} = \text{초기 } \text{A}^+(aq) \text{의 몰수} = \frac{4.8\text{g}}{(164.5 + 35.5)\text{g/mol}} = 0.024\text{ mol}$$

- 산화-환원 반응이 진행됨에 따라 $\text{A}^+(aq)$ 양이 감소한다. 즉, $\text{A}^+(aq)$ 의 양이 5분마다 $\frac{1}{2}$ 만큼 변화한다는 것을 절반씩 줄어드는 것으로 해석해야하고,

이에 따라 15분 후에 남아 있는 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 $0.024\text{ mol} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 0.003\text{ mol}$ 임을 알 수 있다.

- 15분 동안 소모된 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 $0.024\text{ mol} - 0.003\text{ mol} = 0.021\text{ mol}$ 이고,

$3\text{A}^+(aq) \rightarrow 2\text{A}(s) + \text{A}^{3+}(aq)$ 반응에서 $\text{A}^+(aq)$ 와 $\text{A}(s)$ 의 계수비가 3:2이므로,

15분 후 $\text{A}(s)$ 의 질량은 $0.021\text{ mol} \times \frac{2}{3} \times 164.5\text{ g/mol} = 2.303\text{ g}$ 이다.

(이 계산과정을 간단히 요약하면, $\frac{4.8\text{g}}{200\text{g/mol}} \times \frac{7}{8} \times \frac{2}{3} \times 164.5\text{g/mol} = 2.303\text{g}$)

[문제 4-2 채점 기준]

- $3\text{A}^+(aq) \rightarrow 2\text{A}(s) + \text{A}^{3+}(aq)$ 의 산화-환원 반응식을 바르게 유도하면 **+10점**
(산화 반응과 환원 반응을 따로 제시한 경우에는 부분 점수 각 2점)
- 주어진 표준 환원 전위 값에 근거하여, 전위차가 $-0.36\text{V} - (-0.70\text{V}) = +0.34\text{V}$ 로 (+)값을 보여 자발적인 반응임을 설명하면 **+3점**
- 15분 후 $\text{A}(s)$ 의 질량이 2.303g임을 바르게 구하면 **+7점**

※ 계산을 잘못하면 -2점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 2.0 점 추가 점수 부여 가능함.

2020학년도 자연계열 II (오후) 문제

수학

[문제 1] 각기 다른 3개의 과제 A, B, C가 있다. 과제의 우선순위는 A가 B보다, B가 C보다 높아서 이를 고려하여 다음과 같은 방식으로 4명의 학생을 과제에 배정하려고 한다.

과제명 A가 쓰여 있는 공 2개와 과제명이 쓰여 있지 않은 공 4개가 들어 있는 주머니를 준비한다. 다음과 같은 규칙에 따라 학생들은 모두 차례대로 한 명씩 주머니에 있는 공을 한 개 뽑아서 과제에 배정된다.

- 과제명이 쓰여 있는 공을 뽑으면 그 과제에 배정되며, 이때 주머니에서 과제명이 쓰여 있지 않은 공 하나를 꺼내 배정된 과제명을 적은 후, 뽑은 공과 함께 다시 주머니에 집어넣는다. 따라서 주머니에 있는 공의 수는 6개로 유지된다.
- 과제명이 쓰여 있지 않은 공을 뽑았을 때 아직 학생이 배정되지 않은 과제가 있으면, 그 중에서 우선순위가 더 높은 과제에 배정되며, 이때 뽑은 공에 배정된 과제명을 적은 후 다시 주머니에 집어넣는다. 따라서 주머니에 있는 공의 수는 6개로 유지된다.
- 과제명이 쓰여 있지 않은 공을 뽑았을 때 이미 모든 과제에 학생이 배정되어 있으면, 세 과제 중 하나에 임의로 배정된다.

위의 방식에 따라 4명의 학생이 과제에 배정될 때, 3개의 과제 A, B, C 모두에 학생이 배정될 확률을 구하시오. [20점]

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- x 의 함수 y 가 음함수 $f(x, y) = 0$ 의 꼴로 주어져 있을 때에는 y 를 x 의 함수로 보고 각 항을 x 에 대하여 미분한 후에 $\frac{dy}{dx}$ 를 구한다.
- 미분가능한 두 함수 $f(x), g(x)$ 에 대하여 다음이 성립한다.

$$\int f(x)g'(x) dx = f(x)g(x) - \int f'(x)g(x) dx$$

[문제 2-1] x 에 대한 방정식 $4x^3 - 6(t+1)x^2 + 7t^2 + 1 = 0$ 이 세 실근 $f(t), g(t), h(t)$ 를 가진다.

$$\int_0^1 t g''(t) dt \text{를 구하시오. (단, } -\frac{1}{8} < t < \frac{9}{8} \text{이고 } f(t) < g(t) < h(t) \text{이다.) [10점]}$$

[문제 2-2] 모든 자연수 k 에 대하여 다음을 만족시키는 함수 $p(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ 를 구하시오. (단, a, b, c, d 는 실수이다.) [15점]

$$\int_0^\pi (k^2 p(x) + 4) \sin kx dx = 0$$

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 수열 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, \dots$ 이 첫째항 a_1 에서 시작하여 차례대로 일정한 수 d 를 더하여 얻은 수열일 때, 이 수열을 등차 수열이라고 하고, 그 일정한 수 d 를 공차라고 한다.
- 평면 위의 두 점 F, F' 으로부터의 거리의 합이 일정한 점들의 집합을 타원이라고 하며, 두 점 F, F' 을 타원의 초점이라고 한다.

[문제 3-1] 등차수열 $\{a_n\}, \{b_n\}$ 이 다음 조건을 만족시킬 때, a_{254} 의 값을 구하시오. (단, $\{a_n\}$ 의 공차는 양의 실수이다.) [10점]

(가) $a_{2n} - b_n = 3 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$

(나) $b_1 = 756$

(다) $\sum_{n=1}^{11} a_{n^2} = \sum_{n=1}^{11} (b_n - a_n)^2$

[문제 3-2] 점 P 가 좌표평면의 원점에 있고 점 $Q(2t, 0)$ 가 x 축 위에 있다. $\overline{PR} + \overline{RQ} = 20$ 이고, 각 PRQ 가 $\frac{\pi}{3}$ 가 되는 제1사분면 위의 점들 중 x 좌표가 가장 큰 점을 $R(x(t), y(t))$ 라 하자. $t = 2\sqrt{7}$ 일 때, 점 R 에서의 접선의 기울기를 구하시오. [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 사람의 몸을 구성하는 세포의 종류는 다양하며 하나의 수정란에서 세포 분화 과정을 통해 구조와 기능이 특수화된 서로 다른 종류의 세포가 만들어지게 된다. 줄기 세포는 어떤 세포나 조직으로든 분화할 수 있는 능력을 가진 세포로서, 크게 배아로부터 얻는 배아 줄기 세포와 태줄 혈액이나 골수 등에서 얻는 성체 줄기 세포로 구분된다. 이러한 줄기 세포는 단지 세포의 수만 늘어나는 것이 아니라 적절한 조건에서 간 세포나 신경 세포, 이자 세포, 근육 세포 등 우리 몸을 구성하는 세포나 조직으로 분화할 수 있다.

(나) 진핵 세포의 DNA는 핵 안에 존재하지만 단백질 합성은 세포질에서 일어난다는 사실이 밝혀지면서 DNA가 직접 단백질을 합성하지 않는다는 것이 알려졌다. 1958년 크릭은 DNA에 있는 유전 정보가 핵 안에서 mRNA로 전달되고 이 mRNA가 세포질로 나와 단백질 합성에 관여한다는 유전 정보의 중심 원리를 발표하였다. 핵 속에서 DNA의 염기 서열이 mRNA의 염기 서열로 전환되는데, 이 과정을 전사라고 한다. 또한, 핵공을 통해 세포질로 나온 mRNA의 염기 서열이 단백질로 합성되는 것을 번역이라고 한다. 진핵 세포에서 일어나는 유전자 발현 조절은 전사 단계, 전사 후 RNA 가공 단계, 번역 단계 및 번역 후 단백질의 활성화 단계 등에서 일어난다.

(다) 신경계를 구성하는 기본 단위인 신경 세포를 뉴런이라고 하며, 뉴런은 신경 세포체, 가지돌기, 축삭돌기로 이루어져 있다. 신경 세포체는 핵과 세포 소기관들이 모여 있는 곳으로, 주로 나뭇가지 모양의 가지돌기가 발달해 있다. 가지돌기는 다른 신경 세포로부터 신호를 받아들이는 역할을 하는 부분이며, 신경 세포체로부터 길게 뻗어 나온 돌기인 축삭돌기는 다른 신경 세포나 반응기(작용기) 세포로 신호를 전달하는 역할을 한다. 뉴런은 말미집 유무에 따라 말미집 신경과 민말미집 신경으로 나뉘어진다. 말미집 신경은 축삭돌기가 말미집으로 싸여 있고, 민말미집 신경은 축삭돌기가 말미집으로 싸여 있지 않다.

(라) 한 뉴런의 축삭돌기 말단은 다음 뉴런과 약 20 nm의 좁은 간격을 두고 접해 있다. 이 접속 부위를 시냅스라 하고, 떨어진 사이를 시냅스 틈이라고 한다. 뉴런의 말단까지는 활동 전위가 전기적인 형태의 신호로 전도되지만, 시냅스에서는 다른 방식으로 다음 뉴런에 신호를 전달한다. 뉴런의 축삭돌기 말단에는 아세틸콜린과 같은 신경 전달 물질을 저장한 시냅스 소포가 많이 분포한다. 활동 전위가 축삭돌기의 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 방출한다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 시냅스 후 뉴런의 세포막에서 Na^+ 의 유입을 촉진하여 시냅스 후 뉴런에서 활동 전위를 생성한다. 이와 같이 시냅스에서 일어나는 신경 전달 물질에 의한 흥분의 이동 과정을 흥분의 전달이라고 한다.

(마) 가지돌기나 신경 세포체에서는 신경 전달 물질이 분비되지 않기 때문에 흥분의 전달은 시냅스 후 뉴런의 가지돌기에서 시냅스 전 뉴런의 축삭돌기 쪽으로는 일어나지 않는다. 따라서 시냅스를 통한 흥분의 전달은 한쪽 방향으로만 이루어진다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질이 확산되어 다음 뉴런의 세포막에 있는 이온 통로를 열리게 만들고, 충분한 양의 이온 통로가 열리면 다음 뉴런의 세포막에서 탈분극이 일어나 흥분이 전달된다. 이때 발생한 활동 전위는 축삭돌기의 끝부분까지 전도된다.

[문제 4-1] 줄기 세포로부터 분화된 세포의 특징을 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하고 그 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

- I. 줄기 세포에 분화 유도 인자를 처리하여 간 세포, 신경 세포, 이자 세포, 근육 세포로 분화시킨 후 배양하였다.
- II. 줄기 세포와 분화된 세포로부터 각각의 DNA와 mRNA를 추출하였다.
- III. 추출한 유전자 ㉠, 유전자 ㉢, 유전자 ㉣, 유전자 ㉤의 mRNA 양을 아래 표에 나타내었다. 그러나 DNA 시료의 오염으로 인하여 각 유전자의 DNA 염기 서열 분석 결과는 얻지 못하였다.

[실험 결과]

<표> 세포 유전자의 DNA 염기 서열과 mRNA 양 분석

세포 종류	줄기 세포에 대한 DNA 염기 서열 유사성(%)				mRNA 양(상댓값)			
	유전자 ㉠	유전자 ㉢	유전자 ㉣	유전자 ㉤	유전자 ㉠	유전자 ㉢	유전자 ㉣	유전자 ㉤
간 세포	-	-	-	-	0.01	3.02	2.02	10.00
신경 세포	-	-	-	-	10.00	0.23	0.51	0.02
이자 세포	-	-	-	-	0.05	10.00	1.03	0.21
근육 세포	-	-	-	-	2.32	0.02	10.00	3.00

제시문 (가)와 (나)를 바탕으로 줄기 세포와 분화된 세포의 DNA 염기 서열 유사성을 예측하여 설명하고, 위 실험 결과에서 세포 종류에 따라 각 유전자의 mRNA 양이 다른 이유에 대해 논리적으로 설명하시오. [10점]

[문제 4-2] 다음의 사례와 실험 결과를 토대로 신경계 이상 질환의 원인을 밝히고자 한다.

[사례]

신경계 이상 증세를 호소하는 환자 A와 B가 치료를 받기 위해 병원을 찾아왔다. 이 환자들의 신경 전달 물질 Q의 농도를 측정하여 아래와 같이 기록하였고, 실험을 통해 신경계 이상 증세가 나타난 원인을 밝히고자 하였다.

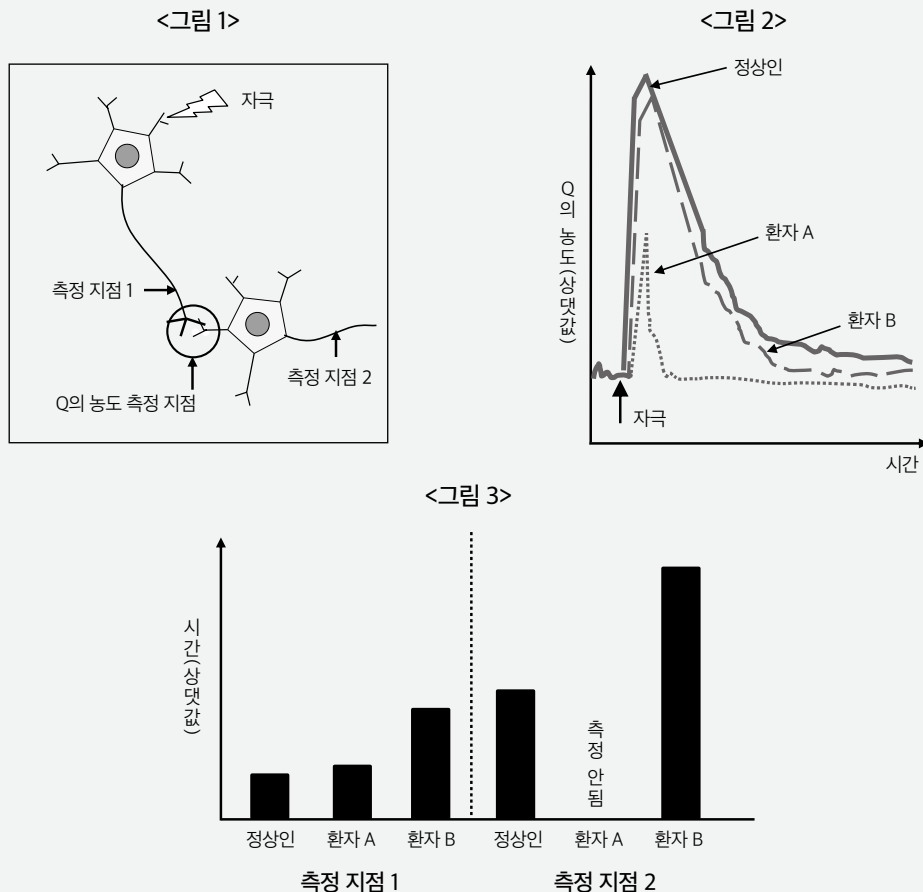
<표> 신경 전달 물질 Q의 수치(nmol/L)

	정상인	환자 A	환자 B
신경 전달 물질 Q의 농도	34.5	14.2	33.7

[실험 과정]

- I. 연구원 청룡이는 환자 A와 B로부터 얻은 조직에서 신경 세포를 분리하였다.
- II. <그림 1>과 같이 분리한 신경 세포에 전기 자극을 주고, 시냅스 틈에서 분비되는 신경 전달 물질 Q의 농도와 시간을 측정하여, <그림 2>와 같이 정상인, 환자 A, 환자 B를 비교한 결과를 정리하였다.
- III. <그림 1>과 같이 분리한 신경 세포에 전기 자극을 주고, 측정 지점 1과 2에서 신경의 활동 전위가 나타나는 데까지 걸린 시간을 측정하여 <그림 3>에 나타내었다.

[실험 결과]



위의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 환자 A와 환자 B에게서 신경계 이상 증세가 나타난 원인이 각각 무엇인지 제시문 (다), (라), (마)에 근거하여 논리적으로 추론하시오. 또한, 측정 지점 2에서 환자 A의 신경 활동 전위가 나타나는 데까지 걸린 시간이 측정되지 않은 이유를 논리적으로 설명하시오. (단, 정상인, 환자 A와 환자 B의 신경 세포 수는 동일하다고 가정한다.) [20점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (다)를 읽고 문제에 답하시오.

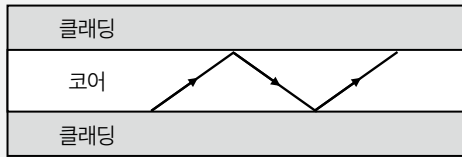
(가) 굴절률이 n_a 인 매질에서 굴절률 n_b 인 매질로 빛이 진행할 때, 입사각 θ_a 와 굴절각 θ_b 사이에는 다음의 관계가 성립하며 이 관계를 굴절의 법칙 또는 스넬 법칙이라고 한다.

$$\frac{\sin\theta_a}{\sin\theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 빛이 진행할 때, 특정한 입사각에서 굴절각이 90° 가 된다. 이때의 입사각을 임계각이라고 한다. 전반사 현상은 빛이 임계각보다 큰 각도로 입사할 때 발생한다. 임계각은 두 매질의 굴절률에 의하여 결정되는데, 그 값은 다음과 같다.

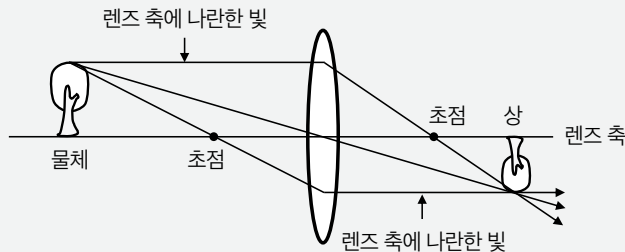
$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

여기서 θ_c 는 임계각, n_1 은 빛의 속력이 느린 매질의 굴절률, n_2 는 빛의 속력이 빠른 매질의 굴절률이다. 광섬유는 빛을 전송시킬 수 있는 섬유 모양의 관으로, 광섬유 속에서 나타나는 빛의 전반사 성질을 이용하면 대용량의 정보를 신속하게 전달하는 광통신이 가능하다. 광섬유는 주로 유리로 만들어지며, 그림과 같이 중앙의 코어라고 하는 부분을 클래딩이라고 하는 부분이 감싸고 있는 이중 원기둥 모양을 하고 있다. 광섬유에서 빛은 코어 속을 진행하다가 코어와 클래딩의 경계에서 전반사하여 다시 코어 속으로 진행한다.



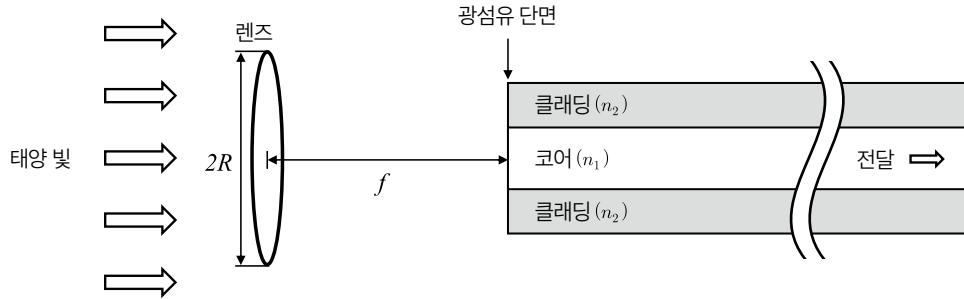
(나) 태양 전지는 광기전력 효과를 이용하여 태양 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 장치이다. p형 반도체와 n형 반도체를 접합하고 빛을 쏘이면 빛의 일부가 반도체에 흡수되면서 전자-양공 쌍을 만든다. 이들 쌍이 p-n 접합부에 형성된 전기장에 의해 전자는 n층으로, 양공은 p층으로 이동하여 p형 반도체와 n형 반도체 사이에 기전력이 발생한다.

(다) 렌즈는 빛의 굴절을 이용하여 상을 만드는 기구이다. 빛은 렌즈로 들어갈 때 한 번 굴절하며, 렌즈 밖으로 나올 때 또 한 번 굴절한다. 그림과 같이 물체에서 나온 빛은 렌즈에서 굴절하므로 렌즈를 지난 후 한 점을 지나거나 한 점에서 나온 것처럼 퍼져 나가면서 상을 만든다. 렌즈에 의한 상의 위치는 여러 광선 중에서 두 광선의 교점으로 찾을 수 있다.

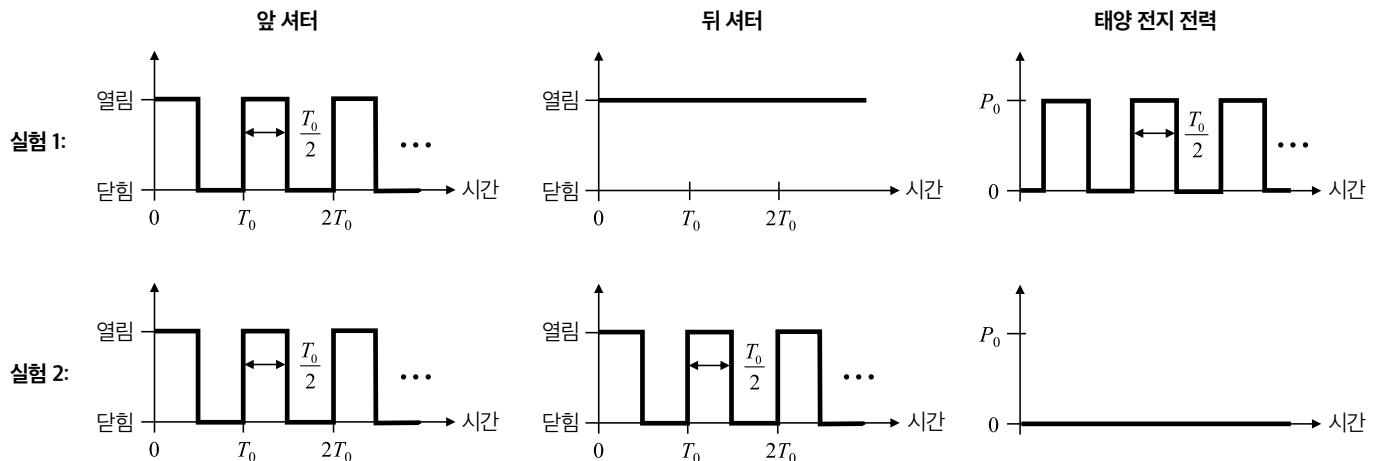
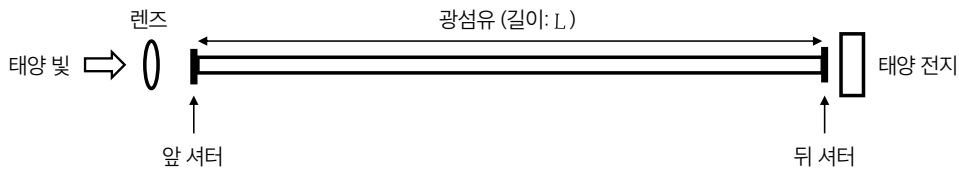


렌즈 축 가까이에서 렌즈 축과 나란하게 렌즈에 입사한 빛은 렌즈 축 위의 한 점을 모두 지나거나 한 점에서 나온 것처럼 퍼져 나간다. 이 점을 초점이라고 한다. 렌즈와 초점 사이의 거리인 초점 거리는 렌즈 재료의 굴절률이 클수록, 렌즈 표면이 많이 굽어져 있을수록 짧다.

[문제 4-1] 직경이 $2R$ 이고 초점 거리가 f 인 렌즈가 있다. 이 렌즈로 태양 빛을 모으고 다음 그림과 같이 렌즈의 초점에 놓인 광섬유에 입사시켜 전반사를 통해 먼 곳으로 전달하려 한다. 광섬유 코어와 클래딩의 굴절률은 각각 n_1, n_2 ($n_1 > n_2 > 1$) 이고, 렌즈와 광섬유는 굴절률이 1인 공기 중에 놓여 있다. 렌즈로 모은 태양 빛 전체가 코어와 클래딩 경계에서 전반사하기 위한 조건을 구하는 과정을 제시문 (가)와 (다)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 필요 시 $\sin(\pi/2 - \theta) = \cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$ 를 이용하시오. (단, 태양 빛의 처음 진행 방향은 렌즈 축과 나란하고, 광섬유 단면에서 반사는 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 다음 그림과 같이 렌즈로 태양 빛을 모아 길이가 L 인 광섬유를 통해 태양 전지로 전달하여 전력을 발생시키는 장치를 구성한 후, 광섬유의 양 끝에는 빛을 완전히 통과(열림) 또는 차단(닫힘)하도록 제어하는 셔터를 각각 설치하였다. 실험 1에서는 T_0 의 주기를 갖는 사각파 형태로 앞 셔터를 제어하고 뒤 셔터는 열어 두었더니 태양 전지에서 T_0 의 주기를 갖는 사각파 형태로 전력이 발생하였다. 실험 2에서는 T_0 의 주기를 갖는 동일한 사각파 형태로 앞, 뒤 셔터를 제어하였더니 태양 전지에서 전력이 발생하지 않았다.



실험 2의 상황에서 사각파의 주기를 T_0 에서부터 서서히 증가시키자 태양 전지에서 전력이 발생하기 시작하였는데, 주기가 $1.08 \times T_0$ 에 이르자 다시 태양 전지에서 전력이 발생하지 않았다. 이 결과를 이용하여 광섬유에서 태양 빛의 속도(v)를 구하는 과정을 제시문에 근거하여 논리적으로 설명하시오. (단, 광섬유에서 빛의 속도는 광섬유의 길이를 통과 시간으로 나눈 값을 의미하며, 태양 빛의 모든 파장에서 v 는 동일하다고 가정한다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 독일의 과학자 리비히는 유기 화합물 내의 탄소와 수소의 성분 조성을 알아내는 분석 방법을 발표하였다. 이 분석 방법은 유기 화합물을 연소시켰을 때 생성되는 이산화탄소와 물의 질량을 측정함으로써 화합물 중의 탄소, 수소, 산소 성분의 질량비를 알아내는 것이다. 각 성분의 질량을 알게 되면 각각의 질량 값을 성분 원소의 원자량으로 나누어 조성비를 구할 수 있다. 조성비를 구한 다음 구성 원소의 원자 개수의 비율을 가장 간단한 정수비로 나타낸 식을 실험식이라고 한다. 분자에 포함된 실제 원자 수를 알기 위해서는 분자식을 알아야 한다. 분자식은 한 분자를 이루는 각 원자의 총 개수로 나타낸다.

(나) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어나도 반응 전후 원자는 새로 생겨나거나 없어지지 않으며 반응 물질의 원자 수 총합과 생성 물질의 원자 수 총합이 같은 것을 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 참여한 물질의 분자 수의 비와 몰수비 및 기체의 부피비를 의미한다. 이때 몰과 입자 수, 몰과 질량, 몰과 기체의 부피 관계를 이용하면 반응 물질과 생성 물질의 질량, 부피, 몰수를 구할 수 있다.

(다) 탄소 원자는 원자가 전자가 4개이므로 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있어 매우 다양한 종류의 화합물을 만들 수 있다. 이 중 메테인, 에테인, 프로페인, 뷰테인과 같이 탄소와 수소로만 이루어진 화합물을 탄화수소라고 한다. 탄화수소 내의 모든 탄소-탄소 사이의 결합이 단일 결합일 때, 분자에 수소 원자가 더 이상 결합될 수 없으므로 이들 탄화수소를 포화 탄화수소라고 부르고, 탄소 원자 사이에 이중 결합이나 삼중 결합을 가지는 탄화수소를 불포화 탄화수소라고 한다. 분자식은 같으나 구조식, 즉 결합 형태가 달라서 서로 다른 성질을 갖는 화합물을 구조 이성질체라고 한다.

(라) 프랑스의 과학자 라울은 비휘발성, 비전해질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)에 비례한다는 사실을 밝혀내었는데 이를 라울 법칙이라고 한다.

$$\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_0 \quad (P_0: \text{순수한 용매의 증기 압력})$$

따라서 용액의 농도가 높을수록 용액의 증기 압력은 더 낮아진다.

(마) 용매는 같지만 농도가 서로 다른 두 용액이 반투막을 사이에 두고 있을 때 농도가 낮은 용액에서 농도가 높은 용액 쪽으로 용매 분자가 이동하는 현상을 삼투라고 한다. 삼투가 일어날 때 반투막에 작용하는 압력을 삼투압이라고 하며, 기호 Π 로 나타낸다. 네덜란드의 과학자 반트 호프는 실험을 통해 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 삼투압(Π)은 용매나 용질의 종류에 관계없이 용액의 몰 농도(C)와 절대 온도(T)에 비례한다는 사실을 알아내었다. 이것을 반트 호프 법칙이라고 한다.

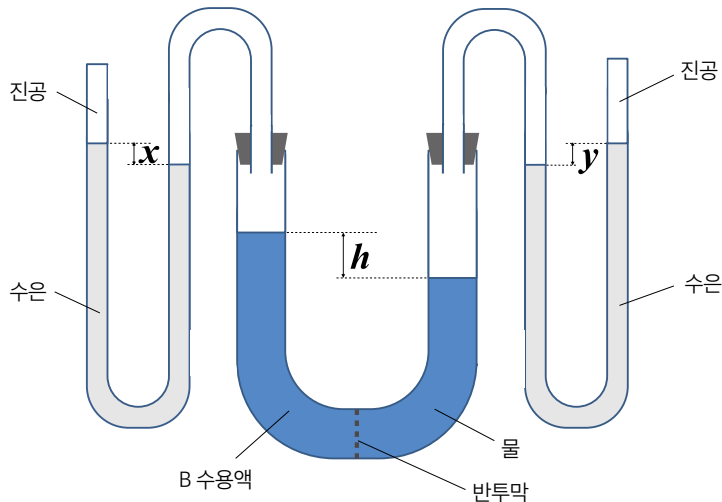
$$\Pi = CRT$$

여기서 R 는 기체 상수이다.

[문제 4-1] 다음과 같은 원소 분석 장치를 이용하여 탄화수소 A 21mg을 완전 연소시켰을 때 염화 칼슘관의 질량이 27mg 증가하였고, 수산화 나트륨관의 질량이 66mg 증가하였다. 이 연소 반응에서의 반응물의 총 몰수가 2.5×10^{-3} 몰일 때, 제시문 (가), (나), (다)에 근거하여 탄화수소 A의 분자식을 제시하고, A의 구조 이성질체 중에서 탄소(C) 사이의 결합각($\angle CCC$)이 모두 약 120° 인 화합물의 구조식을 제시하시오. (단, 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.) [10점]



[문제 4-2] 27°C 에서 다음 그림과 같이 반투막으로 분리된 U자관에 B수용액과 물을 넣었더니, 일정 시간 후에 높이 차 h 가 발생한 평형 상태가 되었다. 측정한 높이 차 x 와 y 에 대해서 $x = \frac{500000}{500009}y$ 인 것을 관찰하였을 때, 아래 그림 우측의 내용과 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 U자관의 높이 차 h 를 논리적으로 구하시오. (단, 용질 B는 비휘발성, 비전해질이며 B수용액은 라울 법칙을 따른다. 또한, B수용액에서 용액의 부피는 용매의 부피와 같다고 가정한다.) [20점]



- 기체 상수 $R = 0.08\text{기압}\cdot\text{L}/\text{몰}\cdot\text{K}$
- 물의 증기압력 = 0.035기압
- 물의 밀도 = 1g/mL
- 물의 분자량 = 18
- 1기압 = 760mmHg
- 평형 상태에서의 B수용액의 밀도
 $= \frac{1}{10} \times \text{수은의 밀도}$
- 같은 압력에 의해 발생하는 액체의 높이 차는 그 액체의 밀도에 반비례한다.

2020학년도 자연계열 II (오후) 문제 답안

수학

제시문 출전

[문제 1]

- 확률과 통계, (주)금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.12-17, 76-88, 102-104
- 확률과 통계, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.12-17, 92-98, 106-115
- 확률과 통계, (주)지학사(2016), 신항균 외 11인, p.13-17, 63-76, 81-85
- 확률과 통계, (주)교학사(2016), 김창동 외 14인, p.13-17, 77-88, 93-97

[문제 2]

- 수학 I, II-3-1. 삼차방정식과 사차방정식, 천재교육(2017), 류희찬 외 17인, p.94
- 기하와 벡터 2-1 음함수와 매개변수로 나타내어진 함수, 비상교육(2016), 김원경 외 11인, p.33
- 미적분 II, IV-1-03. 부분적분법, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.183
- 수학 I, I-2-1 항등식, (주)교학사(2016), 김창동 외 14인, p.25

[문제 3]

- 수학 II, III-1-2, 등차수열, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.119
- 수학 II, III-1-2, 등차수열, (주)지학사(2016), 신항균 외 11인, p.126
- 수학 II, III-1-1, 등차수열, (주)금성출판사(2016), 정상권 외 7인, p.124
- 기하와 벡터, I-1-2, 타원의 방정식, (주)지학사(2016), 신항균 외 11인, p.20
- 기하와 벡터, I-1-2, 타원의 방정식, 동아출판(2016), 우정호 외 24인, p.18
- 기하와 벡터, I-1-2, 타원의 방정식, 천재교육(2016), 이준열 외 9인, p.17

평가 목표 및 출제 의도

[문제 1 평가 목표 및 출제 의도]

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률의 개념은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 임의로 설정된 상황에서 얻을 수 있는 경우의 수와 그에 따른 확률 구조에 대한 이해도를 평가하고, 각 상황에서의 확률에 대한 계산이 정확하게 이루어지는지를 평가한다. 본 문제는 확률에 대한 기본 개념의 이해도를 평가하며 난이도는 중하 정도로 볼 수 있다.

[문제 2 평가 목표 및 출제 의도]

문제 2-1

주어진 적분을 부분적분을 이용하여 계산하고, 삼차방정식과 음함수 미분을 이용하여 적분값을 구할 수 있는지 평가한다. 정적분의 부분적분을 통해서 적분을 하고 그 결과로 나온 삼차방정식의 근과 관련된 여러 값들을 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

문제 2-2

부분적분을 이용하여 주어진 적분을 계산하고, 얻어진 방정식에 항등식을 적용하여 삼차함수를 구할 수 있는지 평가한다. 사인, 코사인 함수의 미분, 적분을 잘 수행하여 식을 잘 정리하여 원하는 삼차함수를 구할 수 있는지 평가한다.

[문제 3 평가 목표 및 출제 의도]

문제 3-1

등차수열의 개념을 이용해 다양한 관계들로 주어진 두 수열을 거꾸로 찾을 수 있는지를 평가한다. 그 과정에서 항등식의 성질, 여러 가지 수열의 합 공식과 이차방정식의 인수분해 혹은 근의 공식과 같은 요소들을 자유롭게 사용할 수 있는지도 같이 평가한다.

문제 3-2

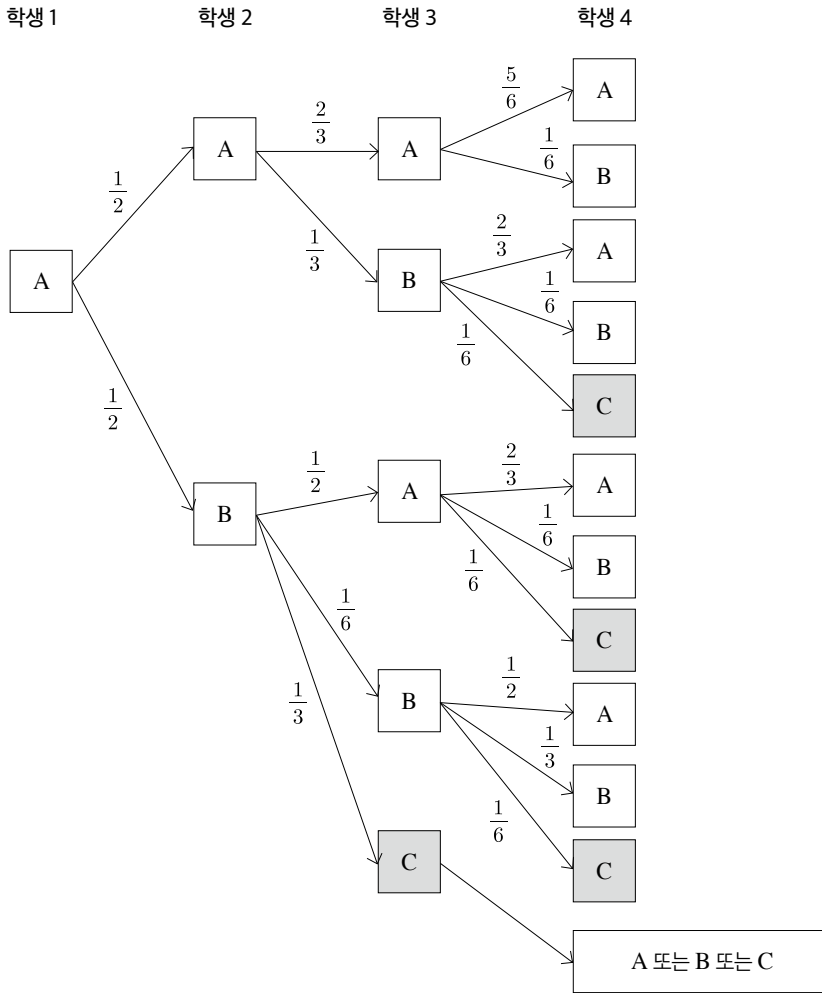
주어진 조건을 정확히 이해하여 식으로 나타낼 수 있는지, 점의 좌표를 정확히 계산할 수 있는지, 그리고 매개변수로 나타낸 함수를 미분하여 곡선 위의 한 점에서의 접선의 기울기를 구할 수 있는지 평가한다.

예시답안 및 채점기준

[문제 1 예시 답안]

- 첫 번째 학생은 뽑는 공에 상관없이 무조건 과제 A에 배정된다. 두 번째 학생은 1/2의 확률로 과제 A 또는 B에 배정되고, 세 번째, 네 번째 학생은 앞의 학생의 배정 결과에 따라 각기 다른 확률로 과제에 배정된다. 과제명이 쓰여 있지 않은 공을 뽑았을 때 아직 학생이 배정되지 않은 과제가 있으면, 과제의 우선 순위 $A > B > C$ 를 고려한다.

- 학생이 배정되는 경우는 다음과 같이 나타낼 수 있다.



- 이때 3개의 과제 모두에 학생이 배정되려면 과제 C에 최소한 1명이 배정되어야 한다. 이를 만족하는 경우의 수는 다음과 같다.

	학생 1	학생 2	학생 3	학생 4
Case 1	과제 A	과제 A	과제 B	과제 C
Case 2	과제 A	과제 B	과제 A	과제 C
Case 3	과제 A	과제 B	과제 B	과제 C
Case 4	과제 A	과제 B	과제 C	-

Case 4의 경우 학생 4가 공을 뽑기 전에 이미 모든 과제에 최소한 한명의 학생이 배정이 되었기 때문에 학생 4의 과제 배정 여부는 고려할 필요가 없다.

- 네 가지 경우가 발생할 확률은 다음과 같이 계산된다.

	학생 1	학생 2	학생 3	학생 4	확률
Case 1	과제 A	과제 A	과제 B	과제 C	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$
Case 2	과제 A	과제 B	과제 A	과제 C	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{24}$
Case 3	과제 A	과제 B	과제 B	과제 C	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{72}$
Case 4	과제 A	과제 B	과제 C	-	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$

- 따라서 3개의 과제 모두에 학생이 배정될 확률은 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{1}{36} + \frac{1}{24} + \frac{1}{72} + \frac{1}{6} = \frac{18}{72} = \frac{1}{4} = 0.25$$

[문제 1 채점 기준]

1. 첫 번째 학생은 무조건 과제 A에 배정된다는 사실을 찾아내는 경우: **+2점**
2. 과제 C에 최소한 1명의 학생이 배정되는 네 가지 경우를 올바르게 찾아내는 경우: **+8점**
3. 네 가지 경우에 대한 확률을 올바르게 계산한 경우: **+8점**
4. 확률의 곱셈정리와 덧셈정리를 사용하여 올바르게 확률을 계산한 경우: **+2점**

※ 계산 실수로 틀렸어도 논리 전개 과정이 맞으면 해당 부분에 1~2점의 부분 점수를 부여함.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±1점 추가 점수 부여 가능함.

문제 2

[문제 2-1 예시 답안]

그래프를 그려보면 $f(t) < 0 < g(t) < t+1 < h(t)$ 임을 알 수 있다. 부분 적분하여 아래 식을 구할 수 있다.

$$\int_0^1 t g'' dt = [t g']_0^1 - \int_0^1 g' dt = g'(1) - g(1) + g(0).$$

$$t = 0 \text{에서 } 4x^3 - 6x^2 + 1 = (2x-1)(2x^2 - 2x - 1) = 0 \text{이므로 } g(0) = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

$$t = 1 \text{에서 } 4x^3 - 12x^2 + 8 = 4(x-1)(x^2 - 2x - 2) = 0 \text{이므로 } g(1) = 1 \text{이다.}$$

$g'(1)$ 을 구하자. $g(t)$ 는 $4g^3(t) - 6(t+1)g^2(t) + 7t^2 + 1 = 0$ 을 만족한다. 식을 음함수 미분하고 $t = 1$ 대입하면

$$6g^2(1)g'(1) - 3g^2(1) - 12g(1)g'(1) + 7 = 0 \text{을 얻고, } g'(1) = \frac{2}{3} \text{이다. 주어진 적분 값은 } \int_0^1 t g'' dt = \frac{2}{3} - 1 + \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \text{이다.}$$

[문제 2-1 채점 기준]

$$\int_0^1 t g'' dt = [t g']_0^1 - \int_0^1 g' dt = g'(1) - g(1) + g(0): \underline{\underline{2점}}$$

$$g(0) = \frac{1}{2}, \quad g(1) = 1: \underline{\underline{2+2=4점}}$$

$$g'(1) = \frac{2}{3}: \underline{\underline{4점}}$$

$$\text{정답: } \frac{2}{3} - 1 + \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

[문제 2-2 예시 답안]

$$\begin{aligned} \int_0^{\pi} k^2 p(x) \sin kx \, dx &= [-kp(x) \cos kx]_0^{\pi} + \int_0^{\pi} kp'(x) \cos kx \, dx \\ &= k(-1)^{k+1} p(\pi) + kp(0) + \int_0^{\pi} kp'(x) \cos kx \, dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^{\pi} kp'(x) \cos kx \, dx &= [p'(x) \sin kx]_0^{\pi} - \int_0^{\pi} p''(x) \sin kx \, dx \\ &= - \int_0^{\pi} \sin kx (6ax + 2b) \, dx \end{aligned}$$

이다. 또한 $\int_0^{\pi} \sin kx (6ax + 2b) \, dx = \frac{(-1)^{k+1}}{k} (6a\pi + 2b) + \frac{2b}{k}$ 이고 $4 \int_0^{\pi} \sin kx \, dx = \frac{4}{k} (1 - (-1)^k)$ 이므로 정리하면

$$k(-1)^k p(\pi) - kp(0) + \frac{(-1)^{k+1}}{k} (6a\pi + 2b) + \frac{2b}{k} + \frac{4}{k} ((-1)^k - 1) = 0 \text{ 이다.}$$

k 짝수일 때 $k^2(p(\pi) - p(0)) - 6a\pi = 0$ 이므로 $a = 0$, $b\pi^2 + c\pi = 0$ 이 나온다.

k 홀수일 때 $k^2(p(\pi) + p(0)) - (4b - 8) = 0$ 이므로 $b = 2$, $b\pi^2 + c\pi + 2d = 0$ 이고 위에서 구한 것과 같이 생각해 보면 $a = 0$, $b = 2$, $c = -2\pi$, $d = 0$ 이다.

따라서 $p(x) = 2x^2 - 2\pi x$ 이다.

[문제 2-2 채점 기준]

$$\int_0^{\pi} k^2 p(x) \sin kx \, dx = k(-1)^{k+1} p(\pi) + kp(0) + \int_0^{\pi} kp'(x) \cos kx \, dx : \underline{\text{3점}}$$

$$\int_0^{\pi} kp'(x) \cos kx \, dx = - \int_0^{\pi} \sin kx (6ax + 2b) \, dx :$$

$$\int_0^{\pi} \sin kx (6ax + 2b) \, dx = \frac{(-1)^{k+1}}{k} (6a\pi + 2b) + \frac{2b}{k} : \underline{\text{3점}}$$

정리하면

$$k(-1)^k p(\pi) - kp(0) + \frac{(-1)^{k+1}}{k} (6a\pi + 2b) + \frac{2b}{k} + \frac{4}{k} ((-1)^k - 1) = 0 : \underline{\text{3점}}$$

k 짝수일 때 $k^2(p(\pi) - p(0)) - 6a\pi = 0$ 이므로 $a = 0$, $b\pi^2 + c\pi = 0 : \underline{\text{3점}}$

k 홀수일 때 $k^2(p(\pi) + p(0)) - (4b - 8) = 0$ 이므로 $b = 2$, $b\pi^2 + c\pi + 2d = 0 : \underline{\text{3점}}$

정답 : $p(x) = 2x^2 - 2\pi x$

문제 3

[문제 3-1 예시 답안]

$\{a_n\}, \{b_n\}$ 이 등차수열이므로 $a_n = cn + d$, $b_n = en + f$ 꼴이다. 조건 (가)에서 $2cn + d - 3 = en + f$ 가 모든 자연수 n 에 대해 성립하므로 이는 항등식이고,

따라서 $2c = e$, $d - 3 = f$ 를 얻는다. 한편, 조건 (다)로부터 $\sum_{n=1}^{11} (cn^2 + d) = \sum_{n=1}^{11} (cn - 3)^2$ 을 얻고, $\sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$, $\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$ 를

이용하면 $506c^2 - 902c + 99 - 11d = 11(46c^2 - 82c + 9 - d) = 0$ 을 얻는다. 한편, 조건 (나)에서 $2c + d - 3 = 756$ 을 얻고,

이를 대입하면 $46c^2 - 80c - 750 = 2(23c^2 - 40c - 375) = 0$ 을 얻는다. 인수분해 혹은 근의 공식을 쓰면, $c = -\frac{75}{23}, 5$ 을 얻고, $c > 0$ 이므로 $c = 5$ 이다.

따라서 $d = 759 - 2c = 749$ 이고, $a_{254} = 254c + d = 1270 + 749 = 2019$ 이다.

[문제 3-1 채점 기준]

- 두 수열이 $a_n = cn + d$, $b_n = en + f$ 꼴임을 제시하면 **+2점**
- $2cn + d - 3 = en + f$ 로부터 항등식의 성질을 이용해 $2c = e$, $d - 3 = f$ 를 얻으면 **+2점**
- 수열의 합 공식들을 이용하고 이차방정식을 풀어 $c = 5$ 를 얻으면 **+4점**
- $a_{254} = 2019$ 를 얻으면 **+2점**

[문제 3-2 예시 답안]

점 R은 $\overline{PR} + \overline{RQ} = 20$ 을 만족하는 점이고 P(0,0), Q(2t,0)이므로, R은 곡선 $\frac{(x-t)^2}{10^2} + \frac{y^2}{10^2 - t^2} = 1$ 위의 점이다.

한편, 각 PRQ가 $\frac{\pi}{3}$ 라는 조건에서 $\tan \frac{\pi}{3} = \left| \frac{2ty}{x(x-2t)+y^2} \right|$ 을 얻고, 이를 정리하면 점 R은 곡선 $(x-t)^2 + \left(y - \frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4t^2}{3}$

또는 $(x-t)^2 + \left(y + \frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4t^2}{3}$ 위의 점임을 알 수 있다. 이 두 관계를 연립하여 계산하는 과정에서 $y > 0$ 을 이용하면 가능한 좌표는

$\left(t \pm \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t}, \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{100}{t} - t\right)\right)$ 또는 $\left(t \pm \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t}, -\frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{100}{t} - t\right)\right)$ 임을 알 수 있고, 조건에 의하여 R의 좌표는

$R\left(t + \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t}, \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{100}{t} - t\right)\right)$ 임을 알 수 있다. 미분하면 $x'(t) = 1 - \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t^2} + \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{t^2-25}}$, $y'(t) = -\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{100}{\sqrt{3}} \frac{1}{t^2}$ 에서

$\frac{y'(t)}{x'(t)} = -\frac{(t^2+100)\sqrt{t^2-25}}{\sqrt{3}t^2\sqrt{t^2-25}+500}$ 이다. $t = 2\sqrt{7}$ 를 대입하면 $\frac{y'(2\sqrt{7})}{x'(2\sqrt{7})} = \frac{-32}{7\sqrt{3}} = -\frac{16\sqrt{3}}{73}$ 이다.

[문제 3-2 채점 기준]

- 점 R이 곡선 $\frac{(x-t)^2}{10^2} + \frac{y^2}{10^2-t^2} = 1$ 위에 있고 곡선 $(x-t)^2 + \left(y - \frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4t^2}{3}$ 또는 $(x-t)^2 + \left(y + \frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4t^2}{3}$ 위의 점임을 제시하면 **+5점**
- 계산하고 문제의 조건을 이용해 좌표 $R\left(t + \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t}, \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{100}{t}-t\right)\right)$ 를 제시하면 **+5점**
- 미분하여 $x'(t) = 1 - \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{t^2-25}}{t^2} + \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{t^2-25}}$, $y'(t) = -\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{100}{\sqrt{3}} \frac{1}{t^2}$ 을 얻고 $t = 2\sqrt{7}$ 를 대입하여 $-\frac{16\sqrt{3}}{73}$ 을 얻으면 **+5점**

제시문 출전

[문제 4]

- 생명과학 I, (주)교학사(2011), 권혁빈 외, p.136-137, 140
- 생명과학 I, 천재교육(2011), 이준규 외, p.125-130
- 생명과학 I, 상상아카데미(2012), 이길재 외, p.133-137, 142-147
- 생명과학 I, 비상교육(2012), 심규철 외, p.142-143, 147
- 생명과학 II, 천재교육(2011), 이준규 외, p.122-132, 146-150
- 생명과학 II, (주)교학사(2011), 박희송 외, p.150-159, 172-174
- 생명과학 II, 상상아카데미(2012), 이길재 외, p.128-135, 149-152
- 생명과학 II, 비상교육(2012), 심규철 외, p.150-165, 185-189

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

문제 4-1

인체는 많은 종류의 다양한 세포가 모여 다양한 조직과 기관을 이루고 있으며 각각의 세포는 생명 활동을 위한 역할을 담당하고 있다. 이들은 모두 하나의 수정란에서 만들어졌지만, 세포의 모양이나 기능은 서로 다르다. 이렇게 한 개체의 발생이나 유지 과정 동안 그 구조와 기능이 특수화된 서로 다른 종류의 세포가 만들어지는 과정을 세포 분화라고 한다. 분화된 세포는 각각 고유한 형태와 기능을 나타내며, 세포 안에서도 서로 다른 종류의 단백질이 만들어진다. 제시문과 문제에서 주어진 결과에 의하면, 분화된 세포의 특성은 유전자에 의해 결정되는데, 세포 안의 유전자 구성과 유전자 발현 조절의 특징에 대해 논리적으로 이해하는 것이 본 문제의 의도이다. 같은 세포에서 분화된 세포의 형태나 기능의 차이는 유전 물질의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난다. 따라서 분화되기 전 세포와 분화된 세포의 각 유전자는 동일하다는 것이 정설이다. 주어진 표를 통해 각 세포의 mRNA 양을 분석할 수 있고, 분화된 세포들은 세포 특이적인 유전자 발현에 따라 세포 특이적인 단백질을 생성한다는 것을 예측할 수 있는지 평가한다. 분화 과정에서는 특정 조절 유전자가 여러 유전자의 발현을 촉진함으로써 세포 특유의 단백질이 선택적으로 생산되어 세포가 독특한 형태와 기능을 갖게 된다. 한편, 분화된 세포의 조절 유전자가 발현되어 조절 단백질이 합성되면, 이 조절 단백질이 여러 가지 다른 종류의 특정 조절 유전자를 발현시키는 과정이 연속적으로 일어난다. 따라서 세포에서는 모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 많은 유전자를 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현된다는 것을 설명할 수 있는지 종합적으로 평가한다.

문제 4-2

뉴런을 통한 자극의 전달은 뉴런 내에서 일어나는 자극의 이동과 뉴런과 뉴런 사이 시냅스에서의 자극의 이동으로 구분할 수 있는데, 본 문제에서는 이러한 자극의 이동 과정에 대해 통합적으로 이해를 하고 있는 지를 평가한다.

자극이 뉴런을 따라 이동할 때, 축삭돌기의 말미집 유무에 따라 뉴런의 자극 이동 속도가 달라진다. 말미집이 있는 축삭돌기에서는 도약 전도가 일어나 빠른 흥분의 전도 속도를 보이는 반면, 말미집이 없는 민말미집 신경 세포에서는 느린 전도 속도를 보인다. 문제에 주어진 상황을 보고 이러한 차이점을 구별할 수 있는 지 평가한다. 또한 뉴런 내에서 이동해 온 전기 자극은 시냅스에서는 다른 방식으로 다음 뉴런에 신호를 전달하게 되는데 축삭을 따라 이동한 자극은 뉴런의 축삭돌기 말단에서 시냅스 틈으로 분비되는 신경 전달 물질에 의해 다음 뉴런으로 전달된다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 다음 뉴런의 이온 통로를 열어 자극이 지속되도록 하는데, 충분한 양이 존재하여야 다음 뉴런으로 자극을 전달할 수 있고, 충분한 양의 신경 전달 물질이 분비 되지 않는다면, 다양한 신경계 이상 질환이 나타나게 된다. 이러한 신경 전달 물질의 이동과 작용에 대해 통합적으로 이해를 하고 있는 지 평가하고, 주어진 현상을 해석하여 서로 다른 신경계 질환의 원인을 논리적으로 추론할 수 있는 지 평가한다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

같은 세포에서 분화된 세포의 형태나 기능의 차이는 유전자 구성과 염기 서열의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난다. 따라서 간 세포, 신경 세포, 이자 세포, 근육 세포의 각 유전자는 분화이전의 세포와 동일하다.

분화된 세포들은 세포 특이적인 유전자 발현에 따라 단백질을 생성한다. 조절 유전자가 발현되어 조절 단백질이 합성되면, 이 조절 단백질이 여러 가지 다른 종류의 특정 조절 유전자를 발현시키는 과정이 연속적으로 일어난다. 따라서 세포에서는 모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 많은 유전자를 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현된다. 진핵생물의 RNA 중합 효소는 전사 인자라고 하는 단백질의 도움을 받아 DNA의 프로모터에 결합하며, 여러 전사 인자들이 추가로 결합하여 전사가 시작되도록 돕는다.

[문제 4-2 예시 답안]

- 신경계 이상 증세를 보이는 환자 A와 B의 질환 원인을 찾고자 한다. 환자 A의 경우 주어진 표에 의하면 신경 전달 물질 Q의 농도는 14.2 nmol/L로 33.7 nmol/L인 정상인과 비교하였을 때, 절반 이하의 신경 전달 물질 Q의 농도를 보이고 있다.
- 연구원 청룡이는 신경 전달 물질 분비 유무를 확인하여 <그림 2>에 나타내었는데, 환자 A의 경우 자극 이후 분비되는 신경 전달 물질의 양이 정상인에 비해 현저하게 낮고 빠르게 농도가 낮아지고 있는 것을 알 수 있다. 제시문 (다), (라), (마)에 근거하여 신경 세포의 시냅스에서 분비되는 신경 전달 물질이 충분히 존재하고 있어야 다음 뉴런의 이온 통로를 열어 흥분의 전달이 지속될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 환자 A의 신경계 이상 증세의 원인은 시냅스 틈으로 분비되는 낮은 농도의 신경 전달 물질로 인해 흥분의 전달이 제대로 일어나지 않기 때문으로 유추할 수 있다.
- 환자 B의 경우 표에서 볼 수 있듯이, 신경 전달 물질 Q의 농도는 정상인과 유사한 것을 알 수 있고, 연구원 청룡이의 실험 결과인 <그림 2>에서도 자극 이후 증가하는 신경 전달 물질이 충분히 증가하여 정상인과 유사한 것을 알 수 있다. 따라서 환자 B의 원인은 신경 전달 물질은 아닌 것으로 추측할 수 있다. 또 다른 실험 결과인 <그림 3>에서 전기 자극에 의한 뉴런 내 흥분의 전도와 시냅스 후 뉴런으로 자극이 전달되는 흥분의 전달을 확인할 수 있는데, 환자 B의 경우 자극에 반응하는 시간이 측정 지점 1에서와 2에서 모두 정상인의 2배 가량 늦어지는 것을 알 수 있다. 이는 제시문 (다)에 근거하여 축삭돌기에 존재하는 말미집과 민말미집으로 설명할 수 있는데, 정상인의 축삭돌기가 말미집을 가지고 있어 도약 전도가 가능한 반면, 환자 B의 축삭돌기는 말미집이 없는 민말미집 신경세포로 되어 있어 흥분의 전도가 느리게 일어나는 것을 알 수 있다. 따라서 환자 B의 질환 원인은 신경 세포에 말미집이 없어서 흥분의 전도가 느리게 일어나는 것으로 유추할 수 있다.
- 또한 측정 지점 2에서 환자 A의 활동 전위가 측정되지 않은 이유는 제시문 (다)와 (라)에 근거하여, 시냅스 전 뉴런에서 전달되던 활동 전위가 축삭돌기의 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 방출한다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 시냅스 후 뉴런의 세포막에서 Na⁺의 유입을 촉진하여 시냅스 후 뉴런에서 활동 전위를 생성하여 자극을 이어가는데, 이때 충분한 양의 신경 전달 물질이 시냅스 후 뉴런의 이온 통로를 열어야 탈분극이 시작되므로 환자 A의 경우 낮은 농도의 신경 전달 물질이 분비되어 시냅스 후 뉴런이 활동 전위를 일으키는 역치에 이르지 못하였기 때문이다.

[문제 4 채점 기준]

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	분화된 세포의 각 유전자 서열은 분화 이전의 세포와 동일한 것을 설명하면	2점
	세포의 형태나 기능의 차이는 유전자 구성이나 염기서열의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난 것을 설명하면	2점
	모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현되는 것을 설명하면	4점
	진핵생물의 RNA 중합 효소, 프로모터, 전사인자에 대한 추가 설명하면	2점
문제 4-2	표, 그림 2와 3의 결과를 정상인 및 환자 A, B와 비교하여 분석하여 설명하였으면	4점
	표와 그림 2, 3을 참고로 환자 A의 증상 원인이 낮은 신경 전달 물질과 연관 지어 설명하였으면	4점
	그림 3에서 환자 B의 자극 이동 속도가 느린 것을 제시문 (다)에 근거하여 말미집과 민말미집 신경 세포의 가능성을 설명하였으면	5점
	측정 지점 2에서 활동 전위 도달 시간이 측정되지 않은 이유를 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 활동 전위 역치와 연관 지어 설명하였으면	5점
	흥분의 '전도'와 '전달'에 대한 용어를 사용하여 설명하였으면	2점

제시문 출전

[문제 4]

- 물리 I, 천재교육(2011), 광성일 외, p.200-203
- 물리 I, 교학사(2011), 김영민 외, p.296-298
- 물리 II, 천재교육(2011), 광성일 외, p.220-221
- 물리 II, 교학사(2011), 김영민 외, p.197-204

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

광학은 고등학교 물리 I 단원 III 정보와 통신, 고등학교 물리 I 단원 IV 에너지, 고등학교 물리 II 단원 III 파동과 빛 등에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 고교생들에게 익숙한 소재인 렌즈와 광섬유를 통한 빛의 진행과 전달, 태양 전지에서 빛의 검출 등 기본 물리 현상을 제시하고, 이를 기반으로 전반사와 신호 전달에 관한 물리적 상황을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.

문제 4-1

빛의 이해와 응용은 고등학교 물리에서 다루는 주요 분야 중 하나이다. 렌즈를 통해 광섬유 단면으로 모인 빛은 렌즈를 통과한 위치에 따라 광섬유 단면에서 입사각이 다르며, 광섬유 코어와 클래딩의 경계로 입사하는 입사각도 달라진다. 그림으로 제시된 구조에서 빛의 진행을 고려하면, 빛이 광섬유의 단면으로 입사할 때 입사각이 클수록 코어와 클래딩의 경계에서는 입사각이 작아진다. 따라서 렌즈의 최외각을 통과한 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 가장 작은 입사각을 가지며, 이 빛이 전반사하는 상황이 되면 렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사함을 알 수 있다.

제시문 (가)와 (다)를 이용하면 렌즈에서 광섬유 단면으로 진행하는 입사각과 코어와 클래딩 경계에서 입사각 사이의 관계를 간단한 수식으로 얻을 수 있다. 렌즈의 최외각을 통과한 빛이 광섬유 단면으로 입사할 때 입사각의 Sine 값을 렌즈의 반경과 초점 거리를 이용하여 구할 수 있고, 이 결과와 스넬 법칙, 전반사 조건을 이용하면 렌즈의 모든 부분을 통과한 빛이 광섬유에서 전반사되기 위한 조건을 수식으로 구할 수 있다. 본 문제는 광학 기기인 렌즈의 기능, 빛의 굴절을 설명하는 스넬 법칙, 전반사의 조건과 이를 이용하여 빛을 전달하는 광섬유에 대한 이해와 응용력을 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

문제 4-2

광섬유는 빛을 이용하여 1010...과 같은 디지털 신호를 전달하는 역할을 한다. 문제 4-1의 방법에 의해 태양 빛이 입사된 광섬유의 앞단에서 셔터를 통해 디지털 신호가 발생하고, 이 신호는 광섬유 끝단에 위치한 태양 전지에 의해 전력으로 변환되어 측정된다. 진공 중 빛의 속도는 c 로 알려진 상수이지만, 광섬유에서 빛의 속도는 굴절률로 인해 이보다 작아지며, 주어진 실험 방법을 이용하면 간단하게 속도를 측정할 수 있다. 학생들은 제시문을 통해 광섬유의 신호 전달과 태양 전지의 원리를 이해한 후, 주어진 실험 결과와 빛의 속도 사이의 관계를 수식으로 표현해야 한다.

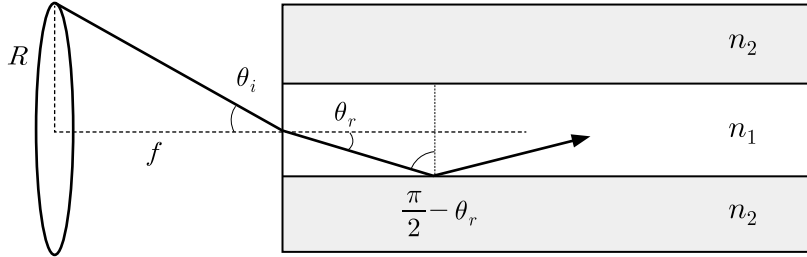
같은 시간에 반복적으로 동작하는 앞, 뒤 셔터를 통해 빛 신호가 모두 사라지는 것은 광섬유를 진행하는 빛의 유한한 속도, 즉 시간 지연으로 인한 것이며, 셔터의 신호는 주기적이므로 빛이 광섬유를 진행하는 시간은 셔터 주기의 '정수+1/2배'의 관계임을 알 수 있다. 신호가 모두 사라지는 현상이 나타나는 두 번의 인접한 상황은 연속된 두 정수에 해당하며, 이를 수식적으로 분석하면 해당하는 정수와 빛의 속도를 함께 구할 수 있다. 물리 실험의 이해력과 물리 현상을 수식으로 표현할 수 있는 논리적 사고력을 평가하며, 중상 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

- 빛이 광섬유의 단면으로 입사될 때 입사각이 클수록 코어와 클래딩의 경계에서는 입사각이 작아진다. 따라서 그림과 같이 렌즈의 가장자리에서 굴절된 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 전반사되면 렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사 조건을 만족한다.



- 광섬유 단면에서 입사각을 θ_i , 굴절각을 θ_r 라고 할 때, 스넬 법칙은 다음과 같다.

$$\sin\theta_i = n_1 \sin\theta_r$$

- 광섬유 코어와 클래딩의 경계에서 입사각은 $\pi/2 - \theta_r$ 이므로, 전반사 조건을 사용하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{n_2}{n_1} &< \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_r\right) = \cos\theta_r = \sqrt{1 - \sin^2\theta_r} \\ \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 &< 1 - \sin^2\theta_r = 1 - \frac{1}{n_1^2} \sin^2\theta_i \\ \sin\theta_i &< \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \end{aligned}$$

- 렌즈의 반경과 초점 거리를 이용하여 $\sin\theta_i$ 을 표현한 후 정리하면 다음과 같다.

$$\sin\theta_i = \frac{R}{\sqrt{R^2 + f^2}} \quad \therefore \frac{R}{\sqrt{R^2 + f^2}} < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

[문제 4-1 채점 기준]

- 도식 또는 설명을 통해 '렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사되기 위해 렌즈의 가장자리에서 온 빛이 전반사되어야 함'을 설명하면 **+5점**
- 광섬유 단면에서 스넬 법칙을 적용하면 **+3점**
- 광섬유 단면의 입사각과 코어와 클래딩 경계면의 입사각의 관계를 통해 전반사 조건을 관련시키면 **+3점**
- 최종 답안의 식이 맞으면 **+4점**

※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음.

※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

[문제 4-2 예시 답안]

- 앞, 뒤 셔터가 동일한 사각파로 동작할 때, 빛이 광섬유를 통과하는 시간만큼 앞 셔터를 통과한 빛의 파형이 시간 축에서 평행 이동하게 되고, 뒤 셔터에서 차단되는 상황이 발생한다.

- 뒤 셔터에 의해 빛이 완전히 차단되는 경우, 빛이 광섬유를 통과하는 데 소요되는 시간은 사각파 주기의 정수(N)+1/2배가 되어 다음 식을 얻는다.

$$\frac{L}{v} = (N + \frac{1}{2})T_0$$

- T_0 를 점차 증가시켜 $1.08 \times T_0$ 에서 빛이 차단되는 상황이 다시 발생하면, 이는 N 이 $N-1$ 이 되는 경우에 해당하므로 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{L}{v} &= (N + \frac{1}{2})T_0 = 1.08 \times (N - \frac{1}{2})T_0 \\ 0.08 \times N &= 1.04 \\ \therefore N &= 13 \end{aligned}$$

- $N=13$ 을 처음 식에 대입하면 광섬유에서 빛의 속도는 다음의 식으로 얻어진다.

$$\frac{L}{v} = \frac{27}{2}T_0 \quad \therefore v = \frac{2L}{27T_0} \quad (\text{or } \frac{L}{13.5T_0})$$

[문제 4-2 채점 기준]

- 두 셔터가 동일하게 작동할 때, 빛이 광섬유를 통과하는 시간으로 인해 빛이 차단되는 상황이 발생함을 설명하면 **+5점**
- 실험 2의 상황에서 정수(N)배의 개념을 도입하여 T_0 와 빛의 속도 사이 관계식을 바르게 제시하면 **+3점**
- $1.08 \times T_0$ 에서 빛이 다시 차단되는 점을 이용하여 N 을 바르게 계산하면 **+3점**
- 최종 답안의 식이 맞으면 **+4점**

※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별로 2-3점 수준의 부분 점수를 부여할 수 있음.

※ 답안의 완성도 수준에 따라 항목 별로 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

제시문 출전

[문제 4]

- 화학 I, (취교학사(2016), 박종석 외 4인, p.35-37, 38-41, 183-189
- 화학 I, (취상상아카데미(2016), 김희준 외 8인, p.39-41, 47-50, 153-157
- 화학 I, (취천재교육(2017), 노태희 외 7인, p.33-34, 41-49, 165-172
- 화학 I, (취비상교육(2016), 류해일 외 7인, p.34-35, 45-47, 166-173
- 화학 II, (취교학사(2017), 박종석 외 4인, p.59-61, 65-67
- 화학 II, (취상상아카데미(2016), 김희준 외 8인, p.67-68, 72-73
- 화학 II, (취천재교육(2015), 노태희 외 7인, p.62-63, 66-67
- 화학 II, (취비상교육(2016), 류해일 외 7인, p.59-61, 65-66

평가 목표 및 출제 의도

[문제 4 평가 목표 및 출제 의도]

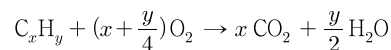
본 논술 고사에서는 고등학교 화학 I, II 교과과정에 대한 전반적인 이해도를 평가하기 위해 융합적인 문제를 다루며 원소 분석 장치, 화학 반응에서의 양적 관계, 다양한 구조의 탄화수소, 용액의 증기압력 내림 및 삼투압 등 고교 화학 교과 과정에서 중요하게 다루어지고 있는 여러 가지 내용을 명확하게 이해하고 연계 지을 수 있는지 물어보고자 한다. 원소 분석 장치에서 일어나는 탄화수소의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 화학 반응에서의 양적 관계를 이용하여 탄화수소의 분자식을 알아낼 수 있는지 물어보고자 한다. 탄화수소의 다양한 구조적 이성질체가 존재할 수 있다는 것을 이해하고, 문제에서 주어진 탄화수소의 구조적 정보와 일치하는 구조를 가지는 탄화수소의 구조식을 제시할 수 있는지 알아보하고자 한다. 또한, 용액의 특징인 증기 압력 내림 현상과 삼투압 현상을 라울 법칙과 반트 호프 법칙을 바탕으로 연계하여 이해할 수 있는지 물어보고자 한다. 용액 속에 존재하는 용질에 의해 증기 압력 내림 및 삼투압 현상이 발생한다는 것을 이해하여 용액의 증기 압력 내림을 이용하여 그 용액의 삼투압을 구할 수 있어야 한다.

예시답안 및 채점기준

문제 4

[문제 4-1 예시 답안]

- 탄화수소 A의 실험식은 C_xH_y 로 쓸 수 있고, A의 연소 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.



원소 분석 장치에서 생성된 CO_2 는 수산화 나트륨관의 질량을 증가시키므로 66 mg의 CO_2 가 생성되었음을 알 수 있고, 생성된 H_2O 는 염화 칼슘관의 질량을 증가시키므로 27 mg의 H_2O 가 생성되었음을 알 수 있다. 반응 전후 원자는 새로 생성되거나 없어지지 않으므로 탄화수소 A를 구성하는 원소 C와 H의 질량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C: 66 \text{ mg} \times \frac{12}{44} = 18 \text{ mg}$$

$$H: 27 \text{ mg} \times \frac{2}{18} = 3 \text{ mg}$$

탄화수소 A에 존재하는 C와 H의 몰수비는 각 원소의 질량을 원자량으로 나눈 값과 같으므로 $x : y = \frac{18 \text{ mg}}{12 \text{ g/mol}} : \frac{3 \text{ mg}}{1 \text{ g/mol}} = 1 : 2$ 가 된다.

즉, 탄화수소 A의 실험식은 CH_2 이다.

- 탄화수소 A의 분자식을 알기 위해서는 A의 분자량을 알아야 한다.

반응물의 총 질량은 생성물의 총 질량과 같아야 하므로, 반응에 소모된 산소의 질량을 w 라고 했을 때 $21 \text{ mg} + w = 27 \text{ mg} + 66 \text{ mg}$ 이 성립한다.

즉, 반응한 산소의 질량은 72 mg 임을 알 수 있고, 몰수로는 $\frac{72 \text{ mg}}{32 \text{ g/mol}} = 2.25 \times 10^{-3}$ 몰이 된다. 총 반응물의 몰수가 2.5×10^{-3} 몰이라고 주어졌으므로,

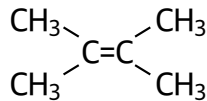
반응한 탄화수소 A 21mg의 몰수는 $2.5 \times 10^{-3} - 2.25 \times 10^{-3} = 0.25 \times 10^{-3}$ 몰임을 알 수 있다.

따라서 탄화수소 A의 분자량 M 은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$21 \times 10^{-3} \text{ g} : 0.25 \times 10^{-3} \text{ 몰} = M : 1 \text{ 몰} \quad \therefore M = 84 \text{ g/몰}$$

실험식이 CH_2 인 탄화수소의 실험식량은 14이므로 분자량이 84인 분자식은 $n = \frac{84}{14} = 6$ 이기 때문에 C_6H_{12} 이다.

- 분자식이 C_6H_{12} 인 탄화수소는 탄소 사이의 이중 결합을 하나 가지고 있는 사슬형 탄화수소이거나 탄소 사이의 결합이 모두 단일결합인 고리형 탄화수소이다. 탄소는 4개의 결합을 할 수 있기 때문에 $\angle \text{CCC}$ 가 약 120° 가 되기 위해서는 중심 탄소 원자에 이중 결합이 하나 존재해야 한다. 따라서, 모든 $\angle \text{CCC}$ 가 약 120° 인 탄화수소의 구조식은 다음과 같다.



[문제 4-1 채점 기준]

- 생성된 CO_2 와 H_2O 의 몰수비가 1 : 1임을 보이고, 탄화수소 A의 실험식이 CH_2 임을 보이면 **+3점**
- 분자량이 84임을 보이고, 이로부터 분자식이 C_6H_{12} 임을 제시하면 **+4점**
- 모든 $\angle \text{CCC}$ 가 약 120° 인 탄화수소의 구조식을 바르게 제시하면 **+3점**

[화학 문제 4-2 예시 답안]

- 문제의 장치에서 높이 차 x 는 B수용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)에 의해 생기고, 높이 차 y 는 물의 증기 압력($P_{\text{물}}$)에 의해서 생긴다. 즉, $x : y = P_{\text{용액}} : P_{\text{물}}$ 이다.

용액에서의 증기 압력 내림을 ΔP 라고 할 때 $x : y = P_{\text{용액}} : P_{\text{물}} = P_{\text{물}} - \Delta P : P_{\text{물}}$ 라고 쓸 수 있다. 따라서, $\frac{x}{y} = \frac{P_{\text{용액}}}{P_{\text{물}}} = \frac{P_{\text{물}} - \Delta P}{P_{\text{물}}}$ 라고 쓸 수 있다.

- 용액의 증기 압력 내림은 라울 법칙에 의하여 $\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}}$ 이므로 B수용액의 증기 압력은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{물}} - \Delta P = P_{\text{물}} - X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}} = (1 - X_{\text{용질}}) \times P_{\text{물}}$$

따라서, $\frac{x}{y} = \frac{P_{\text{용액}}}{P_{\text{물}}} = \frac{(1 - X_{\text{용질}}) \times P_{\text{물}}}{P_{\text{물}}} = 1 - X_{\text{용질}}$ 이다. $x = \frac{500000}{500009}y$ 라고 주어졌으므로, $1 - X_{\text{용질}} = \frac{x}{y} = \frac{500000}{500009}$ 이다.

즉, $X_{\text{용질}} = \frac{9}{500009}$ 이다.

- 용질의 몰분율을 이용하면 용액의 몰농도를 구할 수 있다. 용질의 몰분율이 $X_{\text{용질}} = \frac{9}{500009}$ 이기 때문에 B수용액에 존재하는 용질과 용매(물)의 몰수비는

$9 : (500009 - 9) = 9 : 500000$ 이다. 용질 $9a$ 몰, 용매 $500000a$ 몰이 있는 용액의 몰농도를 구하기 위해서는 용질의 몰수와 용액의 부피를 알아야 한다.

용액의 부피가 용매의 부피와 같다고 가정했기 때문에 용매의 부피를 구하면,

$$V_{\text{용매}} = \frac{\text{용매의 질량}}{\text{용매의 밀도}} = \frac{500000a \text{ 몰} \times 18 \text{ g/몰}}{1 \text{ g/mL}} = 500000a \times 18 \text{ (mL)} = 500a \times 18 \text{ (L)} \text{ 이다.}$$

따라서, B수용액의 몰농도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{n_{\text{용질}}}{V_{\text{용액}}} = \frac{n_{\text{용질}} \text{ (몰)}}{V_{\text{용매}} \text{ (L)}} = \frac{9a}{500a \times 18} = \frac{1}{1000} = 0.001 \text{ (몰/L)}$$

- 반트 호프 법칙을 이용하여 다음과 같이 B수용액의 삼투압을 구할 수 있다.

$$\Pi = CRT = 0.001 \text{ 몰/L} \times 0.08 \text{ 기압} \cdot \text{L/몰} \cdot \text{K} \times 300 \text{ K} = 0.024 \text{ 기압}$$

- 1기압은 수은주 높이 760 mm의 압력과 같고 B수용액의 밀도가 수은의 $\frac{1}{10}$ 이므로, 1기압은 B수용액 높이 7600mm의 압력과 같다.

따라서 삼투압에 의한 B수용액의 높이차 h 는 $0.024 \text{ 기압} \times 7600 \text{ mm/기압} = 182.4 \text{ mm}$ 가 된다.

※ 문제의 장치에서 용액의 높이차 h 는 “삼투압 + ΔP ”에 의해 생기지만, 용액의 증기 압력 내림은 $\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}} = \frac{9}{500009} \times 0.035 \text{ 기압} = 6.3 \times 10^{-7} \text{ 기압}$ 이고, 이는 삼투압(0.024기압)에 비해 굉장히 작으므로 ΔP 의 영향은 무시할 수 있다.

[문제 4-2 채점 기준]

1. 라울 법칙을 이해하여 용액과 물의 증기압력 차로부터 용질의 몰분율이 $X_{\text{용질}} = \frac{9}{500009}$ 라는 것을 제대로 구하면 **+5점**
2. 용질의 몰분율을 이용하여 B수용액의 몰농도가 0.001 M 이라는 것을 보이면 **+5점**
3. 반트 호프 법칙을 이용하여 삼투압이 0.024기압이라는 것을 보이면 **+5점**
4. 삼투압 0.024기압에 의해 발생한 U자관에서 높이 차 h 가 182.4 mm가 되는 것을 보이면 **+5점**



06974 서울특별시 동작구 흑석로 84
TEL (02)820-6393 **FAX** (02)813-8158
<http://admission.cau.ac.kr>