

BECAUS

2023
중앙대학교
논술가이드북
자연계열

CAU x AI
AI 시대를 넘어
AI 세대로

2023학년도 중앙대학교 논술가이드북(자연계열) CHUNG-ANG UNIVERSITY

입학처장 메시지

004

I. 2023학년도 중앙대학교 논술전형 안내

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

II. 2022학년도 논술전형 결과 분석

1. 모집인원 및 경쟁률	014
2. 지원자 및 합격자 분포	016
3. 논술/교과 성적 현황	018

III. 자연계열 논술시험 준비 방법 및 유의사항

1. 출제위원이 들려주는 논술 대비법	022
2. 2022학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법	024

IV. 실전 대비 모의논술 문제풀이

1. 2023학년도 모의논술 문제	027
2. 2023학년도 모의논술 해설	037

V. 2022학년도 수시모집 논술시험 기출문제 및 해설

1. 자연계열 I (1교시) 문제	051
2. 자연계열 I (1교시) 문제해설	061
3. 자연계열 II (2교시) 문제	072
4. 자연계열 II (2교시) 문제해설	083
5. 자연계열 III (3교시) 문제	094
6. 자연계열 III (3교시) 문제해설	104



입학처장 메시지



안녕하세요? 수험생 여러분!

반갑습니다. 저는 중앙대학교 입학처장을 맡고 있는 경영경제대학 응용통계학과 김영화 교수입니다.

AI를 중심으로 교육과 연구, 모든 분야에서 시대를 이끌어갈 AI 세대를 육성하고 있는 중앙대학교가 2023 학년도 논술가이드북을 출간합니다.

중앙대학교의 논술전형은 수험생의 논리적 사고력을 가늠하고 검증할 수 있는 훌륭한 도구로 오랫동안 그 명성을 인정받고 있습니다. 논리적으로 사고하고 서술하는 능력은 대학에서의 지식 습득은 물론, 사회에 진출해 수행할 직업 활동에서도 필수로 요구되고 활용되는 기본적인 자질입니다. 즉, 논리적 서술 능력은 대학입학, 대학생활 뿐만 아니라 AI 시대를 이끌어갈 수험생 스스로의 미래를 위해서도 배양해야만 하는 중요한 기초 소양이라고 할 수 있습니다.

중앙대학교는 2023학년도 수시모집 논술전형을 통해 487명의 신입생을 선발합니다. 인문계열 219명, 자연계열 268명을 모집하며, 전형요소와 반영비율은 논술 70%, 학생부 30%입니다. 논술전형에 학생부를 반영하지만 실제 그 비중이 크지 않으며, 논술시험을 충실히 준비한 학생이 좋은 평가를 받을 수 있도록 전형을 구성했습니다. 또한, 항상 그래왔듯이 우리 중앙대학교는 2023학년도 논술전형에서도 수험생의 입시 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, 채점기준 등 평가에 관한 모든 정보를 공개한다.
-

중앙대학교는 이미 5월에 5,500여 명의 고등학생을 대상으로 모의 논술시험을 실시하여 30여 명의 교수진이 학생들이 제출한 답안을 평가하고, 첨삭을 시행했습니다. 그리고 그 결과를 논술가이드북에 담았습니다. 뿐만 아니라 예년 출제 문제, 올해 출제 방향, 채점기준 등을 제시했으며, 감점이나 가산점의 요인까지 상세히 소개했습니다. 수험생들은 이를 통해 2023학년도 중앙대학교 논술시험의 방향을 예측할 수 있을 뿐만 아니라 학교 교과 학습만으로도 충분히 논술시험을 준비할 수 있을 것이라는 자신감을 가지게 될 것입니다.

단언하건대, 중앙대학교 논술가이드북은 중앙대학교 논술전형을 준비하는 수험생들에게 가장 좋은 지침서이자 필독서입니다. 중앙대학교가 정성들여 발간하는 논술가이드북을 꼼꼼히 탐독한다면, 중앙대학교 논술전형에 도전하는 학생들에게는 사교육의 도움이 결코 필요 없을 것이라는 점을 강조해드리고 싶습니다.

2023학년도 중앙대학교 논술가이드북이 인류사회에 기여하는 창의인재로 거듭날 수험생 여러분을 미래 교육의 시작점이자 AI 시대를 넘어 AI세대를 육성하는 ‘중앙대학교’로 안내할 것이라고 확신합니다.

힘든 입시기간도 이제 얼마 남지 않았습니다. 건강을 잘 유지하며 끝까지 최선을 다하시기를 기원합니다. 가까운 미래에 봄꽃이 활짝 핀 중앙대학교 캠퍼스에서 만나기를 고대합니다. 감사합니다.

2022. 6
중앙대학교 입학처장 김영화

I. 2023학년도 중앙대학교 논술전형 안내

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

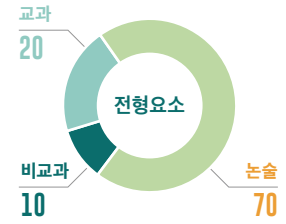
CHUNG - ANG



2023학년도 중앙대학교 논술전형 안내



- 논술 70%, 학생부 30%(교과 20% + 비교과(출결) 10%)로 선발하며, 수능최저학력기준 적용
- 논술: 고등학교 교육과정 내에서 출제하며 인문계열은 통합형, 자연계열은 단일 교과형(수학, 과학)으로 출제
 - 논술가이드북을 통해 논술문제, 예시답안, 채점기준 등 모든 정보 공개
- 교과: 석차등급 상위 5개 과목 반영
비교과(출결): 무단/미인정 결석 1일 이하이면 만점



모집단위와 모집인원

계열	소재	대학	모집단위		모집 인원	계열	소재	대학	모집단위		모집 인원	
인문	서울	인문	국어국문학과		6	자연	서울	자연과학	물리학과		5	
			영어영문학과		10				화학과		5	
			유럽 문화학부	독일어문학	4				생명과학과		6	
				프랑스어문학	4				수학과		5	
				러시아어문학	4				사회기반 시스템공학부		건설환경플랜트공학	8
			아시아 문화학부	일본어문학	4			도시시스템공학			5	
				중국어문학	4			건축학부			10	
			철학과		5			화학신소재공학부		12		
			역사학과		5			기계공학부		23		
								에너지시스템공학부		10		
		사회과학	정치국제학과	6	창의ICT공과			전자전기공학부		25		
			공공인재학부	15				융합공학부		10		
			심리학과	8				소프트웨어		소프트웨어학부	20	
			문헌정보학과	4						AI학과	5	
			사회복지학부	6				경영경제	산업보안학과(자연)		4	
			미디어커뮤니케이션학부	9	약학			약학부		22		
			사회학과	7	의과			의학부		14		
			도시계획·부동산학과	5	적십자간호			간호학과(자연)		16		
			사범	교육학과	4			안성	생명공학	생명자원 공학부	동물생명공학	7
				영어교육과	7						식물생명공학	6
		경영경제	경영학부	경영학	57					식품공학부	식품공학	10
				글로벌금융	6						식품영양	7
			경제학부	11	시스템생명공학과					8		
			응용통계학과	4	예술공학				예술공학부		18	
			광고홍보학과	6	공과				첨단소재공학과		7	
		국제물류학과	5	계					268			
		적십자간호	간호학과(인문)	13	계				219			
		계		219					논술전형 총계		487	

※ 교육평가인증: 적십자간호대학은 2020년도 간호교육인증평가 인증 획득 [인증기간: 2021. 6. ~ 2026. 6.]

의과대학은 2018년도 의학교육 평가인증에서 4년 인증기간 획득 [인증기간: 2019. 3. ~ 2023. 2.]

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	2022. 9. 13.(화) 10시 ~ 16.(금) 18시	
서류제출	2022. 9. 13.(화) ~ 20.(화)(우편발송 접수일 기준)	• 해당자에 한해 우편 제출
고사장 조회 및 수험생 유의사항 공고	2022. 11. 22.(화) 14시	• 본교 입학처 홈페이지에서 조회
논술고사	자연: 2022. 11. 26.(토) 인문: 2022. 11. 27.(일)	• 시험장소: 서울캠퍼스 내 고사장
최초 합격자 발표	2022. 12. 15.(목) 14시	• 세부 발표 및 등록 일정은 홈페이지 추후 공고
최초 합격자 문서 등록	2022. 12. 16.(금) ~ 19.(월)	
충원 합격자 발표	2022. 12. 19.(월) ~ 26.(월) 18시까지	
합격자 전체 등록금 납부	2023. 2. 7.(화) ~ 9.(목)	

※ 상기 일정 및 시험장소는 전형 진행에 따라 변경될 수 있으며, 추후 본교 입학처 홈페이지 공고 예정

2) 모집단위별 논술고사 일정

구분	11. 26.(토) - 자연계열		11. 27.(일) - 인문계열	
	대학	모집단위	대학	모집단위
1교시 (10:00 -12:00)	자연과학	물리학과, 화학과, 생명과학과, 수학과	경영경제	경영학부 전체, 경제학부, 응용통계학과, 광고홍보학과, 국제물류학과
	공과	사회기반시스템공학부 전체, 에너지시스템공학부, 건축학부, 화학신소재공학부, 기계공학부, 첨단소재공학과		
	생명공학	생명자원공학부 전체, 식품공학부 전체, 시스템생명공학과		
	소프트웨어	소프트웨어학부, AI학과		
	예술공학	예술공학부		
	적십자간호	간호학과(자연)		
2교시 (14:00 -16:00)	창의ICT 공과	전자전기공학부, 융합공학부	사범	교육학과, 영어교육과
			인문	국어국문학과, 영어영문학과, 유럽문화학부 전체, 아시아문화학부 전체, 철학과, 역사학과
	경영경제	산업보안학과(자연)	사회과학	정치국제학과, 공공인재학부, 심리학과, 문헌정보학과, 사회복지학부, 미디어커뮤니케이션학부, 사회학과, 도시계획·부동산학과
	약학	약학부		
	의과	의학부	적십자간호	간호학과(인문)

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

※ 입실은 시험시작 40분전까지 완료해야 하며, 시험시작 이후 입실불가

※ '코로나19' 관련 상황에 따라 전형 일정 및 진행 방법에 변동이 있을 수 있으며, 확진자는 시험 응시에 제한을 받을 수 있음. 자세한 내용은 수험생 유의사항과 본교 입학처 홈페이지 공지사항 참조

2023학년도 중앙대학교 논술전형 안내

수능최저학력기준

- 2023학년도 대학수학능력시험의 등급을 반영하며 아래 기준을 충족해야 함

소재	계열	모집단위	영역별 기준		탐구영역 반영 방법	공통
서울	인문	전체	국어, 수학, 영어, 사/과탐	3개 영역 등급 합 6 이내	상위 1과목 반영	한국사 4등급 이내
	자연	약학부, 의학부 외 전체	국어, 수학(미적분, 기하 중 택 1), 영어, 과탐	3개 영역 등급 합 6 이내		
		약학부, 의학부		4개 영역 등급 합 5 이내	2과목 평균 반영	
안성		전체		2개 영역 등급 합 5 이내	상위 1과목 반영	

※ 약학부, 의학부의 경우 탐구영역 2과목 평균은 소수점 자리 버림 없이 그대로 반영(4개 영역 등급 합 5.5인 경우 미충족)

※ 자연계열 전체 지원자는 과학탐구 과목별 I+II 중복 선택 불가(ex. 화학I+화학II 불가)

※ 제2외국어와 한문은 반영하지 않음

전형방법

1) 전형요소: 논술 70% + 학생부 교과 20% + 학생부 비교과(출결) 10%

※ 전형 최고점 1,000점 기준이며 결격자의 경우 0점 처리함

2) 학교생활기록부 반영방법

- ① 학교생활기록부 성적 반영대상: 2021년 12월 ~ 2023년 2월 국내고교 졸업(예정)자

교과		비교과(출결)
반영 교과	반영 교과의 반영방법	
국어, 수학, 영어, 사회, 과학교과	석차등급 상위 5개 과목의 환산점수 활용 ※ 석차등급이 없는 과목은 반영하지 않음 ※ 교과별/학년별 가중치 없음	무단/미인정 결석 일수 기준으로 환산점수 반영

- ② 비교내신 대상 및 반영방법

비교내신 대상	반영방법
국내고교 2021년 2월 이전 졸업자(2021년 2월 졸업자 포함)	논술성적에 의한 비교내신 적용
검정고시 출신자, 외국고교 졸업(예정)자, 학교생활기록부가 없거나 학교생활기록부만으로 석차등급을 산출할 수 없는 자	

3) 논술

① 출제수준

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

② 출제유형

계열	논술유형	모집단위	출제유형	시험시간
인문	인문사회	인문대학, 사회과학대학, 사범대학, 간호학과(인문)	언어논술(3문항)	120분
	경영경제	경영경제대학 인문계열 모집단위 전체	언어논술(2문항), 수리논술(1문항)	
자연	자연	전 모집단위	수리논술(3문항), 과학논술(1문항-생명과학, 물리학, 화학 중 택 1) ※ 원서접수 시 응시할 과학과목을 선택하며, 원서접수 마감 이후에는 변경이 불가함	

③ 출제범위

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

II.

2022학년도 논술전형 결과 분석

- | | |
|-----------------|-----|
| 1. 모집인원 및 경쟁률 | 014 |
| 2. 지원자 및 합격자 분포 | 016 |
| 3. 논술/교과 성적 현황 | 018 |





2022학년도 논술전형 결과 분석



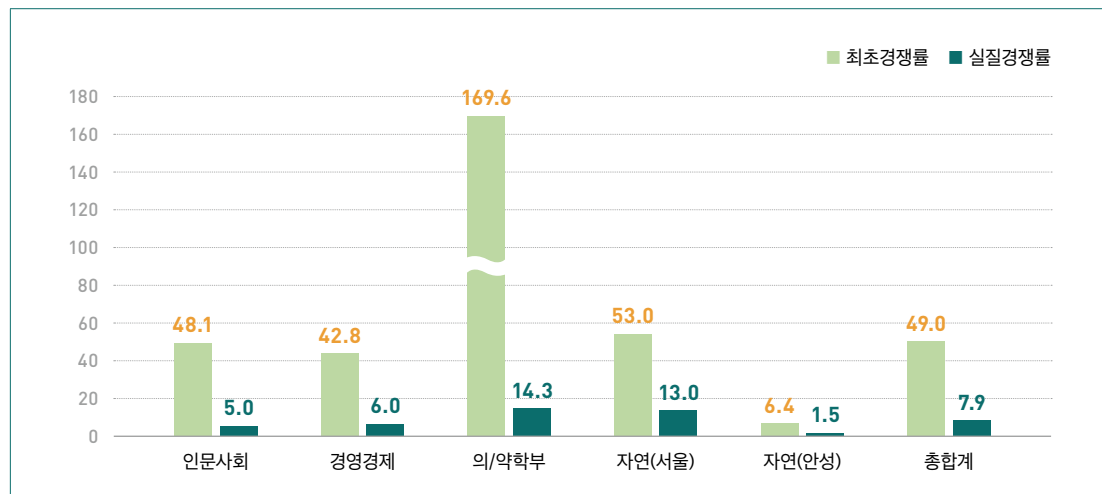
모집인원 및 경쟁률

- 논술전형 경쟁률 49.0:1(701명 모집, 34,370명 지원)
- 의학부(194.4:1), 약학부(147.3:1), 미디어커뮤니케이션학부(125.8:1), 소프트웨어학부(109.5:1), 화학신소재공학부(88.1:1) 최상위 경쟁률 기록

[표1-1] 논술전형 경쟁률 및 추가합격률

논술유형	모집인원	지원인원	최초경쟁률	실질경쟁률	추가합격률
인문사회	174	8,374	48.1	5.0	25.3%
경영경제	144	6,170	42.8	6.0	17.4%
의/약학부	38	6,444	169.6	14.3	15.8%
자연(서울)	240	12,708	53.0	13.0	18.3%
자연(안성)	105	674	6.4	1.5	18.1%
총계	701	34,370	49.0	7.9	19.7%

[그림 1-1] 2021학년도 논술전형 최초경쟁률 및 실질경쟁률

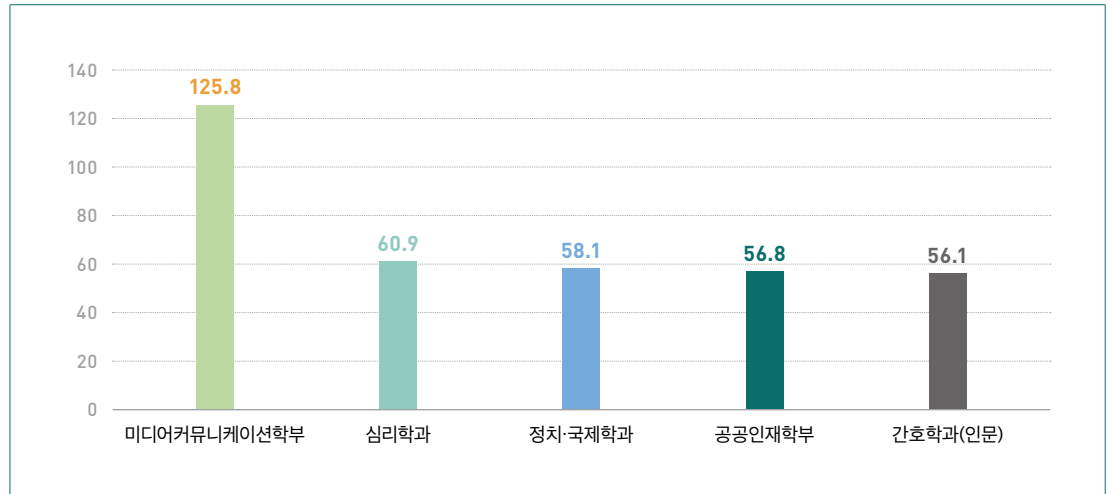


2022학년도 논술전형의 경쟁률은 전체 49.0대 1로, 전년도(47.41:1)와 비슷한 수준이었다.

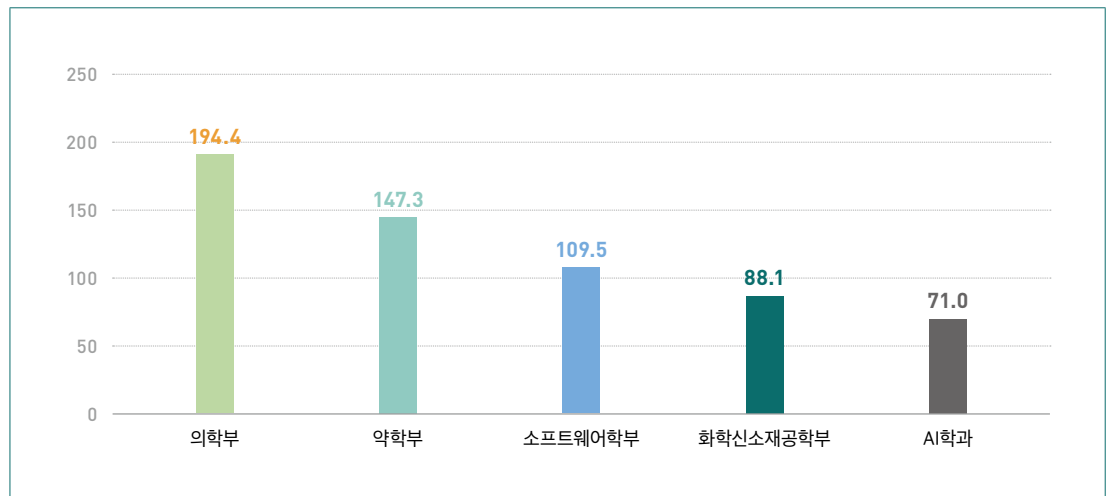
논술전형의 경쟁률은 수시모집 타 전형에 비해 높지만, 실질경쟁률은 최초경쟁률의 50% 이하 수준이기 때문에 원서접수 마감 후 공지되는 경쟁률에 주눅들 필요는 없다. 논술계열별 최초경쟁률과 실질경쟁률(응시율/수능최저기준 통과율 적용)을 비교해보면 **인문사회논술은 48.1:1→5.0:1**, **경영경제논술은 42.8:1→6.0:1**, **자연계논술은 51.8:1→9.9:1**로 대폭 낮아진 경쟁률을 보였다.

서울 소재 자연계열 모집단위(학과)의 2022학년도 평균경쟁률은 53.0:1로, 지난해(52.1:1)에 비해 소폭 상승하였다. 의학부의 경우 194.4:1의 경쟁률로 지난해(217.3:1)와 비교하여 소폭 하락하였으며, 신규 모집한 약학부도 147.3:1의 높은 경쟁률을 기록했다. 반면, 안성 소재 자연계열 모집단위(학과)는 자연계열 평균경쟁률보다 낮은 경쟁률을 기록했다.

[그림 1-2] 인문계열 경쟁률 상위 5개 모집단위(학과)



[그림 1-3] 자연계열 경쟁률 상위 5개 모집단위(학과)



계열별 경쟁률이 가장 높은 다섯개 학과는 [그림 1-2], [그림 1-3]에서 확인할 수 있다. 인문계열에서는 사회과학대학 소속 학과의 경쟁률이 경영경제계열 학과보다 높았다. 또한, 미디어커뮤니케이션학부와 심리학과는 9년 연속 최상위 경쟁률을 보였다. 자연계열에서는 의학부의 경쟁률이 전년도(217.3:1)와 마찬가지로 가장 높았고, 의학부와 약학부를 제외하면 소프트웨어학부가 가장 높은 경쟁률을 보였다.

2022학년도 논술전형 결과 분석

지원자 및 합격자 분포

- 지원자 및 합격자의 약 70% 일반고 출신 학생이 차지
- 지원자 및 합격자의 약 33% 고3(졸업예정자)로 나타남(인문, 자연 합격자의 33.4%, 31.5% 고3(졸업예정자))

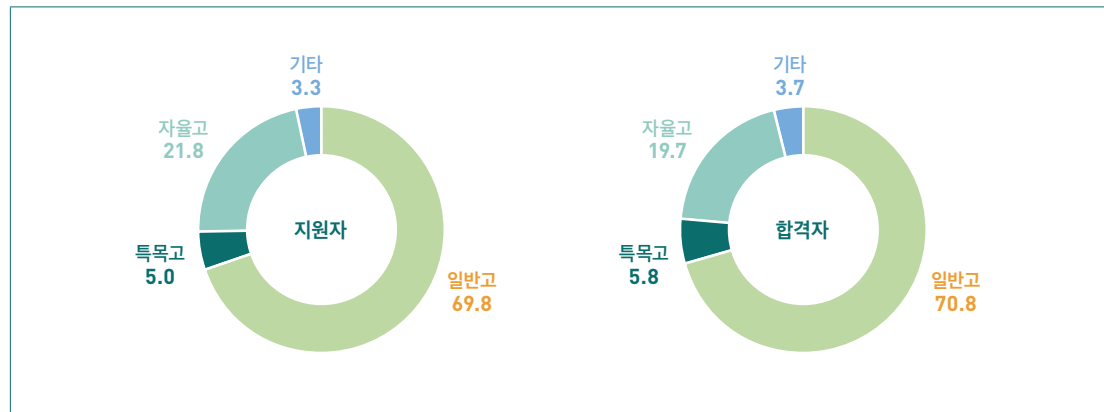
1) 고교 유형별 분석

합격자의 67%가 일반고 출신이며 23%가 자율고, 8%가 특목고 출신 학생이었다. 특목고의 지원 및 합격비율은 인문계열에서 높게 나타났으며, 자연계열 합격자 중 특목고 출신 학생의 비율은 낮았다.

[표2-1] 논술전형 지원/합격자의 고교유형별 현황(%)

계열	지원				합격			
	일반고	특목고	자율고	기타	일반고	특목고	자율고	기타
인문	70.0%	9.5%	16.6%	4.0%	70.5%	10.1%	14.5%	4.9%
자연	69.7%	1.8%	25.7%	2.8%	71.0%	2.2%	24.1%	2.7%
계	69.8%	5.0%	21.8%	3.3%	70.8%	5.8%	19.7%	3.7%

[그림2-1] 논술전형 지원/합격자의 고교유형별 현황



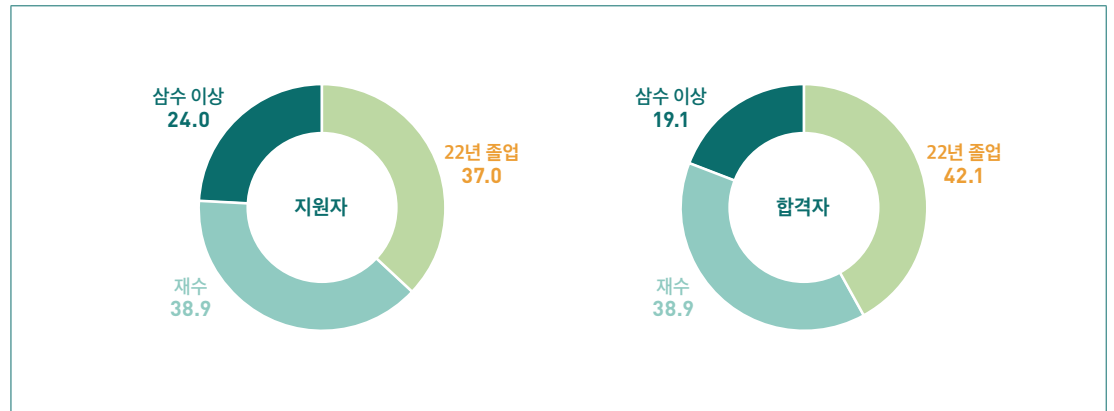
2) 고교 졸업시기별 분석

합격자 중 42.1%가 고3(졸업예정자) 학생이었다. 고3 학생이 재수생보다 다소 강세를 보였으며, 계열별로 인문계열에서는 재수 지원자(47.3%)가 자연계열에서는 고3 지원자(43.8%)의 합격비율이 다소 높았다.

[표2-2] 논술전형 지원/합격자의 고교졸업시기별 현황(%)

계열	지원			합격		
	22년 졸업(고3)	재수	삼수 이상	22년 졸업(고3)	재수	삼수 이상
인문	39.3%	41.7%	19.0%	40.1%	47.3%	12.7%
자연	35.4%	36.9%	27.8%	43.8%	31.6%	24.6%
계	37.0%	38.9%	24.0%	42.1%	38.9%	19.1%

[그림2-2] 논술전형 지원/합격자의 고교졸업시기별 현황



2022학년도 논술전형 결과 분석

논술/교과 성적 현황

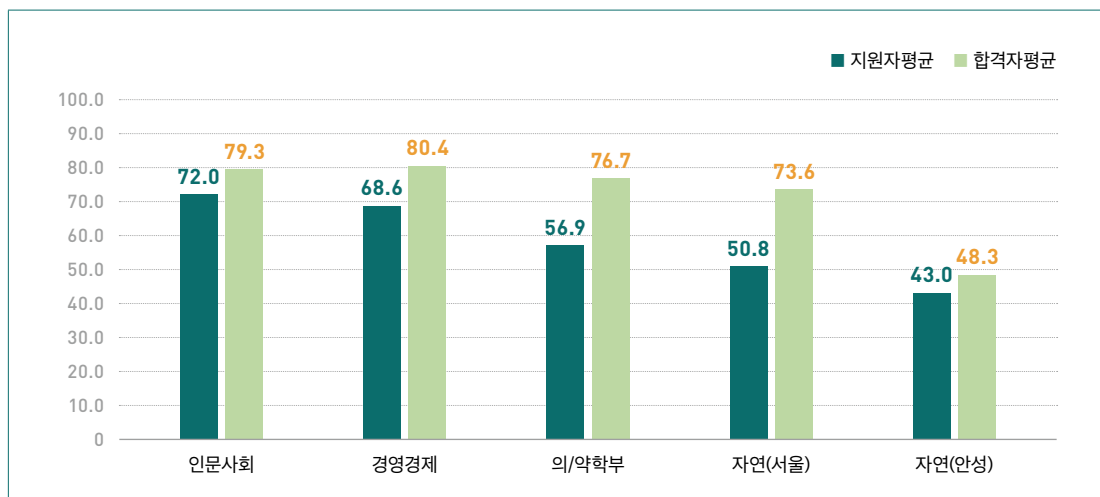
- 합격자 논술 평균 인문사회 79.3점, 경영경제 80.4점, 자연(서울,의/약학부 제외) 73.6점
- 경영경제, 자연계열 논술 수리문항의 고득점이 중요
- 2023학년도 교과 성적은 상위 5과목만 반영함(전년도 상위 10과목)

1) 논술성적 분석

[표 3-1] 논술 유형별 지원/합격자 논술성적 현황

구분		지원		합격	
		평균	표준편차	평균	표준편차
인문사회계열		72.0	7.4	79.3	3.2
경영경제계열		68.6	10.3	80.4	2.8
자연계열	의/약학부	56.9	16.1	76.7	8.2
	서울(의/약학부 제외)	50.8	13.1	73.6	6.2
	안성	43.0	10.2	48.3	9.0

[그림 3-1] 논술 유형별 지원/합격자 논술성적 현황



본교는 수험생 친화적인 논술을 추구하고 있다. 논술전형에 출제되는 제시문 및 개념은 모두 고교과정의 교과서에서 인용된다. 따라서 고교 교육과정을 충실히 이수하고, 본교 논술가이드북을 활용한다면 논술시험을 충분히 대비할 수 있다.

그리고, 본인이 지원하는 모집단위(학과)에 따른 논술유형을 파악하여 그에 맞는 대비를 하는 것이 중요하다.

인문계열은 지원하는 모집단위에 따라 인문사회논술 또는 경영경제논술을 응시하게 된다. 인문사회논술은 언어논술 3문항, 경영경제논술은 언어논술 2문항과 수리논술 1문항으로 구성된다. 인문사회논술의 합격자 평균점수는 79.3점, 경영경제논술의 합격자 평균점수는 80.4점이다. 경영경제논술의 경우 합격자가 수리문항을 고득점하는 경우가 많아 인문사회논술에 비해 합격자 평균성적이 높은 편이다. 수리논술의 경우 출제도를 잘 파악하고, 알고자 하는 것에 대한 접근과정과 정답을 작성하되, 수식을 통하여 설명하는 것이 중요하다.

자연계열은 단일교과형(수학 3문항, 과학 1문항(물리학, 화학, 생명과학 중 택 1))으로 수학의 비중이 크다.

자연계열 서울(의/약학부 제외)의 합격자 논술 평균점수는 73.6점이나 표준편차가 인문계열 논술유형들에 비해 큰 점을 참고할 필요가 있다. 표준편차가 크다는 것은 합격자들 중에 평균보다 표준편차만큼 낮은 학생도 합격이 가능했다는 이야기이다.

자연계열 안성캠퍼스 소재 학과의 합격자 논술 평균점수는 48.3점, 표준편차 9.0으로 합격자의 점수대가 낮다. 수능최저학력 기준을 충족할 가능성이 높다면 논술성적이 부족하더라도 합격 가능성이 높아진다.

2) 교과 성적 분석

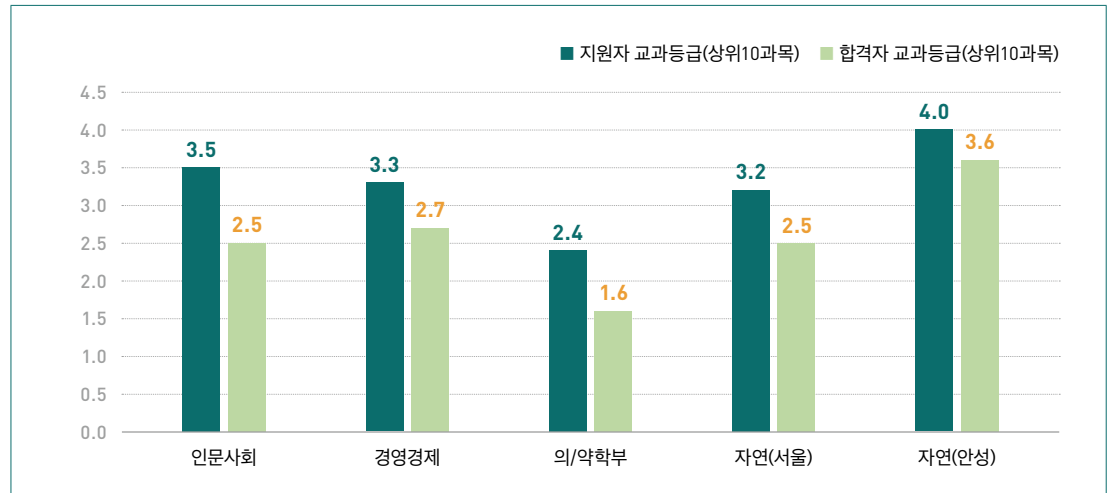
[표 3-2] 지원/합격자의 교과 성적(상위 10과목) 현황

구분		지원자		합격자	
		평균	표준편차	평균	표준편차
인문사회계열		3.5	1.3	2.5	1.0
경영경제계열		3.3	1.2	2.7	1.0
자연계열	의/약학부	2.4	1.1	1.6	0.7
	서울(의/약학부 제외)	3.2	1.1	2.5	1.0
	안성	4.0	1.2	3.6	1.1

* 인문사회, 경영경제계열은 국어, 수학, 영어, 사회교과 중 상위 10개 과목

* 자연계열은 국어, 수학, 영어, 과학교과 중 상위 10개 과목

[그림 3-2] 지원/합격자의 교과 성적(상위 10과목) 현황



본교 논술전형의 교과 성적 반영방법의 가장 큰 특징은 전체 과목을 모두 반영하지 않고 상위 과목에 한해 교과 성적으로 반영하는 것이다. 1~3학년 반영교과 전체 이수과목 중 학년별, 과목별 가중치 없이 석차등급이 가장 높은 과목이 반영되며, 2023학년도부터는 인문, 자연계열 모두 국어, 수학, 영어, 사회, 과학 교과 중 상위 5과목을 반영한다.

학교생활기록부의 교과 성적 반영대상은 2023학년도 모집 기준으로 2021년 12월 ~ 2023년 2월 국내고교 졸업(예정)자이며, 그 외에는 논술 성적에 의한 비교 내신으로 반영된다.

III. 자연계열 논술시험 준비 방법 및 유의사항

- 1. 출제위원이 들려주는 논술 대비법 022
- 2. 2022학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법 024





자연계열 논술의 이해와 대비방법



1. 출제위원이 들려주는 논술 대비법

중앙대학교 자연계열 논술은?

우리 학교가 수시모집전형에서 논술전형을 계속 유지하는 가장 큰 이유는 중앙대학교 논술전형이 미래지향적인 인재를 선발하는 효율적인 평가 방식이라고 확신하기 때문이다. 오랜 기간 논술전형의 관리 역량을 축적해 온 우리 학교는 논술전형을 통하여 우수한 학생을 성공적으로 선발해 오고 있다. 이는 논술전형을 통해 입학한 학생들의 본교 입학 후 학업 성취도에서 증명되고 있다.

중앙대학교 2023학년도 논술전형 시험의 전체적인 출제 방향 및 평가 목표는 향후 중앙대학교에 진학하여 학문을 탐구하는데 있어서 부족함이 없는 인재를 합리적이고 객관적으로 선발하는 데 맞춰져 있다. 이를 위해 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, 수학I, 수학II, 미적분, 기하, 통합과학, 물리학II, 화학II, 생명과학II 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, 학교 시험, 수능준비와 함께 통합형 논술을 준비해야 하는 수험생의 부담과 논술을 지도하시는 일선 교사 선생님들의 고충을 덜어 드리기 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 2022학년도 중앙대학교 논술가이드북은 알찬 내용과 자세한 설명으로, 중앙대학교 논술을 준비하는 수험생과 이를 활용하여 학생들을 지도하시는 선생님들께 큰 도움이 될 것이라 확신하며 정성껏 제작한 책이다. 또한 올해 발행될 2023학년도 논술가이드북을 통하여 제시하게 될 논술 출제 형식은 본 논술에서 반드시 유지할 것이며, 이는 논술 시험에 대한 예측 가능성을 제고함으로써 수험생들이 사교육에 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.

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 물리학, 화학, 생명과학 가운데 지원자가 원서 접수 시 본인이 선택한 과목을 풀 수 있는 문제이며 배점은 30점이다. [문제 1]은 가장 쉬운 문항으로서 수학, 수학I, 수학II 등의 범위에서 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 물리학, 화학, 생명과학에 해당하는 문항으로서 수험생은 원서 접수 시 본인이 선택한 과목의 문제를 풀면 된다. [문제 4]도 두 개의 소문항으로 구성된다.

특히 [문제 1]은 수학, 수학I, 수학II 등의 범위의 수준에서 상황과 정보가 문제에 주어지고 주어진 정보를 수험생들이 정확하게 이해하고 이를 수식화해서 문제 풀이에 적용하는 이해력과 응용력을 측정한다. 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 물리학, 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.

논술 시험에 대한 조언과 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 느껴질 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.

2. 2022학년도 논술전형 합격자가 들려주는 논술 대비법

중앙대의 논술은 수능시험과 흡사합니다

창의ICT공과대학 전기전자공학부 김준석

Q. 안녕하세요? 자기소개 부탁드립니다.

A. 안녕하세요. 저는 2022학년도 논술전형으로 중앙대학교 창의ICT공과대학 전기전자공학부에 합격한 김준석입니다.

Q. 치열한 경쟁을 이겨내고 논술전형에 합격하신 것을 축하드립니다.

준석 학생이 생각하는 중앙대학교 논술시험의 특징은 무엇이며, 지원하게 된 자신만의 강점이 있다면?

A. 우리 중앙대학교 논술은 타 학교 논술시험에 비해 수능 시험과 굉장히 흡사합니다. 높은 수준의 창의적 사고나 복잡한 계산을 하는 능력을 요구하는 것이 아니고 수능처럼 정갈하고 깔끔하게 풀어낼 수 있는 문제들로 구성되어있습니다. 더구나 서술형 답란의 크기가 별로 크지 않기 때문에 수능 시험에 가장 가깝다고 할 수 있습니다. 저는 모의고사 수학영역에서 꾸준히 고득점을 해왔기 때문에 중앙대학교 논술 시험과 잘 맞을 것 같아 지원했습니다.

Q. 논술과 수능 시험 때 많이 떨리지는 않으셨나요? 논술과 수능 시험 당일에 있었던 에피소드나 긴장을 풀 수 있는 자신만의 방법이 있다면 우리 수험생들을 위해 공유해주세요.

A. 수능 당일과 그 전날 굉장히 떨렸습니다. 수능 전날에는 신경성 호흡곤란 때문에 잠도 4시에 겨우 들었고요. 1교시 국어가 시작되기 전까지도 엄청나게 떨렸습니다. 그래서 정신을 제대로 차렸는지 그렇지 못했는지도 모르고 문제들을 계속 풀어나갔죠. 지금 와서 생각해봐도 긴장을 하지 않을 저만의 방법은 딱히 없었습니다. 그저 정신이 멍한 상태에서도 잘 풀 수 있도록 많은 문제를 풀어보고 유형에 익숙해지는 등 노력하는 방법밖에는 없다고 생각합니다. 논술 시험은 수능과는 조금 다릅니다. 논술은 문제 수 대비 제한시간이 매우 길기 때문에 긴장을 풀 수 있는 시간도 있어서 수능보다는 가벼운 마음으로 떨지 않고 볼 수 있었습니다.

Q. 논술시험을 준비하고 합격할 수 있었던 나만의 팁이 있다면? 논술가이드북을 활용했다면 활용방법도 공유해주세요.

A. 논술가이드북에 모의논술 시험을 비롯한 문제들이 올라와 있어 참 도움이 많이 되었던 것 같습니다. 저만의 한가지 팁이 있다면 완전히 손도 못 댈 것 같은 문제들을 제외하고는 무조건 답지를 보지 말고 끝까지 풀어보는 것입니다. 어차피 모의시험을 볼 때에는 반드시 문제를 맞혀야 하는 것이 아니기 때문에 정답을 구하는 것 보다 답이 구해지는 흐름을 인지하는게 중요합니다. 그렇게 흐름을 어느정도 인지하고 나면 가이드북에 있는 해설과 비교해보는 것이 좋습니다. 평가 기준까지 기술되어있기 때문에 꽤나 큰 도움이 되었던 것 같습니다.

Q. 현재 중앙대학교 논술을 준비하는 학생들에게 해 주고 싶은 말은 무엇인가요?

A. 논술 시험이라는 것이 물론 기본적인 수학 능력도 중요하겠지만, 의외로 운이 굉장히 크게 작용합니다. 수능을 대비하느라 논술 쪽에는 많은 노력을 하지 못했을지라도 당일 문제가 본인에게 잘 맞는 문제로 출제되는 경우로 굉장히 많니다. 따라서 본인이 아직 부족하다고 느끼더라도 편안한 마음으로 시험에 임할 수 있으면 좋겠습니다. 파이팅입니다.

중앙대학교 논술시험은 출제범위가 타 학교에 비해 넓은 편입니다

소프트웨어학부 안준형

Q. 안녕하세요? 자기소개 부탁드립니다.

A. 안녕하세요, 저는 2022학년도 논술전형으로 중앙대학교 소프트웨어학부에 합격한 22학번 안준형입니다.

Q. 치열한 경쟁을 이겨내고 논술전형에 합격하신 것을 축하드립니다.

준형 학생이 생각하는 중앙대학교 논술시험의 특징은 무엇이며, 지원하게 된 자신만의 강점이 있다면?

A. 중앙대학교 논술시험은 출제범위가 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 미적분, 기하, 과학Ⅰ 그리고 과학Ⅱ로 타 학교에 비해 넓은 편입니다. 미리미리 출제범위에 있는 과목을 공부하시는 것을 추천해 드립니다.
또한 제가 느끼기에 중앙대 수리논술은 복잡한 계산만 있기보다는 논리적인 사고과정을 통해 풀어내는 문제들로 이루어져 있습니다. 너무 조급하게 풀려고 하지 말고 침착하게 풀어보는 것을 추천해 드립니다.

Q. 논술과 수능 시험 때 많이 떨리지는 않으셨나요? 논술과 수능 시험 당일에 있었던 에피소드나 긴장을 풀 수 있는 자신의 방법이 있다면 우리 수험생들을 위해 공유해주세요.

A. 중앙대학교 캠퍼스는 논술 시험으로 처음 가보게 되었습니다. 초행길이다 보니 혹시 모를 상황에 대비해 약 40분 정도 일찍 도착했습니다. 저는 논술 시험 범위 중에서 화학Ⅱ가 가장 불안했기 때문에 남은 시간을 활용해서 미리 가져온 화학Ⅱ 개념서를 읽었습니다. 개념서를 읽으며 시험에 대한 감도 다시 한번 끌어올리고 긴장도 풀 수 있었습니다. 준비해 온 책을 다 읽고 나서도 시간이 좀 더 남아서 창문 너머로 한강을 보면서 남은 긴장을 풀면서 시험을 기다렸습니다.

Q. 논술시험을 준비하고 합격할 수 있었던 나만의 팁이 있다면? 논술가이드북을 활용했다면 활용방법도 공유해주세요.

A. 1월부터 매주 3시간씩 수리 논술을 준비하였고, 과학 논술은 고등학교 3학년 여름방학부터 시작하였습니다. 논술가이드북에 있는 모의논술을 포함해서 과거 중앙대 논술기출까지 모두 풀어보았고 모의논술과 기출에 출제된 문제들 중 가장 많이 나온 개념들 위주로 더 공부하였습니다. 실제 논술시험 시간인 2시간에 맞춰서 항상 실전처럼 풀었고, 논술 풀이를 쓰는 방법을 알 때까지 최대한 많이 풀었습니다.

Q. 현재 중앙대학교 논술을 준비하는 학생들에게 해 주고 싶은 말은 무엇인가요?

A. 문제를 많이 풀면 풀수록 답안을 어떻게 써 내려가야 하는지 알게 되었습니다. 적어도 중앙대 논술을 시간 안에 문제를 풀어내려면 기출 문제들을 풀어보면서 시간 배분을 어떻게 해야 할지까지 시험보기 전에 미리 생각하고 들어가시면 좋습니다.
그리고 논술 시험은 학교마다 채점기준이 다릅니다. 중앙대에서 제시한 모범 답안과 비교해보면서 중앙대에서 원하는 풀이가 무엇인지 알아보고 시험 보시는 것을 추천 드립니다.
마지막으로 논술 경쟁률 보고 두려워하시는 분이 있으실 텐데 자신이 수능 최저를 맞출 자신이 있다면 원하는 학과에 과감하게 지원해보시길 바랍니다.

IV. 실전 대비 모의논술 문제풀이

- | | |
|--------------------|-----|
| 1. 2023학년도 모의논술 문제 | 027 |
| 2. 2023학년도 모의논술 해설 | 037 |



2023학년도 모의논술 문제



수학

[문제 1] 다음 상황에 기초하여 문제에 답하시오.

- 주머니 A에는 2부터 4까지의 자연수가 각각 하나씩 적힌 3개의 공이 들어 있고, 주머니 B에는 4부터 32까지의 자연수가 각각 하나씩 적힌 29개의 공이 들어 있다.
- 주머니 A에서 임의로 한 개의 공을 꺼낼 때 적힌 수를 a 라 하고, 주머니 B에서 임의로 한 개의 공을 꺼낼 때 적힌 수를 b 라 하자.

이때 $-48 + 44\log_a(ab) - 12\{\log_a(ab)\}^2 + \{\log_a(ab)\}^3 > 0$ 을 만족하는 순서쌍 (a, b) 의 개수를 모두 구하시오. [20점]

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 양수 M, N 에 대하여 $\ln(MN)=\ln M+\ln N$ 이 성립한다.
- 첫째항이 a 이고 공차가 d 인 등차수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합은 $\frac{n\{2a+(n-1)d\}}{2}$ 이다.
- 등비급수 $\sum_{n=1}^{\infty} ar^{n-1} (a \neq 0)$ 은 $|r| < 1$ 일 때 수렴하고 그 합은 $\frac{a}{1-r}$ 이다.
- 미분가능한 함수 $g(x)$ 의 도함수 $g'(x)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 를 포함하는 열린구간에서 연속이고, $g(a)=\alpha$, $g(b)=\beta$ 에 대하여 함수 $f(x)$ 가 α 와 β 를 양끝으로 하는 닫힌구간에서 연속일 때 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^b f(g(x))g'(x)dx = \int_{\alpha}^{\beta} f(t)dt$$

- 모든 실수 x 에 대하여 다음 식이 성립한다.

$$\sin\left(\frac{\pi}{2}-x\right)=\cos x, \sin^2 x+\cos^2 x=1$$

[문제 2-1] 첫째항부터 제5항까지의 합이 45, 첫째항부터 제10항까지의 합이 140인 등차수열 $\{a_n\}$ 에 대하여 다음 급수의 합을 구하시오. [10점]

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} \ln \left\{ \frac{3(a_n)^2}{a_n+2} \right\}$$

[문제 2-2] 다음 정적분의 값을 구하시오. [15점]

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \sin^2 x \, dx$$

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $(\alpha, f(\alpha))$ 에서 접하는 접선의 방정식은 $y-f(\alpha)=f'(\alpha)(x-\alpha)$ 이다.
- 미분가능한 두 함수 $f(x), g(x)$ 에 대하여 $f'(x), g'(x)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^b f(x)g'(x)dx=[f(x)g(x)]_a^b-\int_a^b f'(x)g(x)dx$$

- 미분가능한 두 함수 $y=f(u), u=g(x)$ 에 대하여 합성함수 $y=f(g(x))$ 의 도함수는 $\{f(g(x))\}'=f'(g(x))g'(x)$ 이다.

[문제 3-1] 좌표평면 위의 점 $A(0, 1)$ 에서 곡선 $y=f(x)=(\ln x)^2-\ln x$ 에 그은 두 접선의 접점을 $(\alpha, f(\alpha)), (\beta, f(\beta))$ 라 할

때, $\int_{\alpha}^{\beta} \{(\ln x)^2-\ln x\} dx$ 를 구하시오. (단, $\alpha < \beta$ 이다.) [10점]

[문제 3-2] 좌표평면 위를 움직이는 점 P 의 시각 t 에서의 위치 (x, y) 가

$$x=t, y=\sqrt{6}(t-2)^2$$

이다. 점 P 에서 원 $x^2+y^2=1$ 에 그은 두 접선과 원 $x^2+y^2=1$ 로 둘러싸인 부분의 넓이를 $S(t)$ 라 할 때, $S'(d)=0$ 을 만족시키는 d 를 구하시오. [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 사람의 몸은 외부 환경이 변하더라도 내부 환경 조건을 일정한 범위에서 유지할 수 있는데, 이를 항상성이라고 한다. 항상성의 예로는 체온, 혈당량, 삼투압 유지 등이 있다. 간뇌의 시상 하부는 체내 환경이나 외부 환경의 정보를 받아들이고, 자율 신경과 호르몬으로 반응을 조절하여 내부 환경을 일정하게 유지한다. 항상성은 대부분 음성 피드백과 길항 작용으로 유지된다. 음성 피드백은 반응의 결과가 다시 그 반응을 억제하는 현상으로, 신체의 갑작스러운 변화를 막고 생리 작용이나 체액의 성분이 일정 범위에서 유지되도록 한다. 음성 피드백에 의해 조절되는 대표적인 예는 갑상샘 호르몬(티록신)의 분비 조절이다. 시상 하부에서 분비되는 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)은 뇌하수체 전엽에서 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비를 촉진한다. TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 혈중 티록신의 농도가 높아지면 TRH와 TSH의 분비가 억제되고, 그 결과 티록신의 분비가 억제되어 혈중 티록신의 농도가 낮아진다.

(나) DNA는 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 나선 모양으로 꼬여 있는 이중 나선 구조를 하고 있다. 각 폴리뉴클레오타이드 가닥을 이루는 당-인산 골격은 나선 구조에서 바깥쪽에 있고, 염기는 안쪽에 있다. DNA 이중 나선에서 두 폴리뉴클레오타이드 가닥은 방향성이 서로 반대로, 한쪽 가닥의 끝이 5' 말단이면 다른 쪽 가닥의 끝은 3' 말단이다. 또 두 가닥의 염기가 쌍을 이룰 때 아데닌(A)은 항상 타이민(T)과 2중 수소 결합으로 연결되고, 구아닌(G)은 항상 사이토신(C)과 3중 수소 결합으로 연결된다. 따라서 DNA 이중 나선을 이루는 A와 T의 수가 같고, G와 C의 수가 같으며, DNA 한쪽 가닥의 염기 서열을 알면 다른 쪽 가닥의 염기 서열을 알 수 있다.

(다) 사람의 유전 형질 중 눈꺼풀, 보조개, 귓볼 모양 등은 상염색체에 있는 대립유전자 한 쌍으로 형질이 결정된다. 상염색체는 남녀에 공통으로 존재하므로 이러한 형질이 나타나는 빈도는 이론적으로 남녀에서 같다. 대립유전자 한 쌍으로 결정되는 유전 형질은 표현형이 우성과 열성으로 뚜렷이 구분되며, 가계도를 조사하면 형질의 유전방식과 유전 경로를 유추할 수 있다. 성염색체에는 성 결정에 관련된 유전자뿐만 아니라 여러 가지 형질을 결정하는 유전자가 있다. 성염색체 구성은 남녀에 따라 다르므로 유전자가 성염색체에 있으면 형질이 나타나는 빈도가 성별에 따라 다르다. 성염색체로 유전되는 대표적인 유전 형질로는 적록 색맹이 있다. 적록 색맹 유전자는 X 염색체에 있으며 열성 유전자이다. 성염색체 구성이 XX인 여자는 X 염색체 2개에 모두 적록 색맹 대립유전자가 있어야 적록 색맹이 된다. 성염색체 구성이 XY인 남자는 X 염색체에 적록 색맹 대립유전자가 있으면 적록 색맹이 된다. 따라서 적록 색맹은 여자보다 남자에서 많이 나타난다.

(라) 유전자는 단백질 합성에 필요한 정보를 저장하고 있으며, 유전자의 정보에 따라 합성된 단백질은 특정한 형질이 나타나게 한다. 이렇게 유전자의 정보에 따라 단백질이 만들어지는 것을 유전자 발현이라고 한다. 유전자의 발현 과정에서 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되는 것을 전사라고 하고, mRNA의 유전 정보에 따라 단백질이 합성되는 것을 번역이라고 한다. mRNA는 DNA에서 전사된 것이므로 mRNA의 유전부호는 3염기 조합과 마찬가지로 염기 3개로 이루어진다. mRNA의 연속된 염기 3개로 이루어진 유전부호를 코돈이라고 한다. 코돈은 A, G, C, U의 염기 4종류가 3개씩 조합하여 유전부호를 이룬 것이므로, 64종류가 존재한다. 코돈 64종류 중 61종류는 아미노산을 지정하고, 나머지 세 종류는 아미노산을 지정하지 않는다.

[문제 4-1] 다음은 갑상샘 기능과 관련된 검사와 실험이다.

피로감을 호소하는 환자 A와 B가 병원을 방문하였고, 각각의 갑상샘 기능을 확인하기 위해 아래와 같은 검사와 실험을 실시하였다.

[검사 과정]

I. 환자 A와 B의 혈액을 각각 채취하고 혈중 TSH 농도와 티록신 농도를 측정하여 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 혈중 TSH와 티록신 농도 측정값

구분	TSH(mU/mL)	티록신(μg/L)
정상 범위	1.9 ± 1.12	8.68 ± 1.70
환자 A	0.11 ± 0.08	4.91 ± 0.87
환자 B	6.30 ± 0.88	5.07 ± 0.49

[실험]

I. 환자 A와 B의 갑상샘 조직을 각각 적출하고 세포를 분리한 뒤, 방사성 동위원소로 표지가 된 타이민(*T)을 포함하는 배지에서 각각 배양하였다.

II. 24시간 후 환자 각각의 세포 당 DNA의 염기 조성비를 정상 세포와 비교하여 <표 2>에 나타내었다.

<표 2> 세포 당 DNA의 염기 조성비

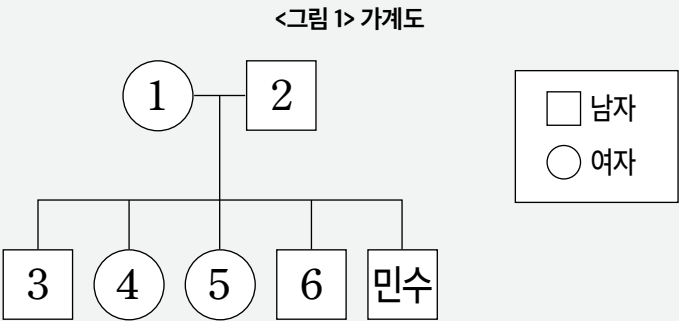
구분	*T	T	A	G	C
정상 세포	15.1	15.0	29.1	20.8	20.0
환자 A 세포	14.8	15.1	30.1	20.1	19.9
환자 B 세포	20.7	9.1	30.1	20.7	19.4

(단위: %)

제시문 (가)와 (나)에 근거하여 <표 1>과 <표 2>의 결과를 해석하고, 환자 A와 B에서 나타나는 갑상샘 기능 이상의 원인을 통합적으로 추론하시오. [15점]

[문제 4-2] 다음은 유전자 검사를 통해 유전질환 D를 확인하는 과정을 나타내었다.

- [유전질환 D의 특징]
- 유전질환 D는 운동신경에 문제가 발생하는 질환으로, 유전에 의한 가족력을 가지고 있다.
 - 유전질환 D는 유전자 *d*의 125번째 염기가 아데닌(A)에서 구아닌(G)으로 치환되어, 이로부터 생성되는 아미노산이 발린에서 알라닌으로 바뀌어 발생하는 질환이다.
- [유전자 검사 내용]
- I. 민수 가족의 가계도를 <그림 1>에 나타내었다.
- II. 유전질환 D의 발생 여부를 확인하기 위해 민수 가족들의 혈액을 채취하여 세포를 분리하였다.
- III. 같은 수의 혈액 세포로부터 DNA를 추출하고, DNA 염기 서열 분석장치를 이용하여 유전자 *d*의 염기 서열을 분석하였다.
- IV. 분석 결과 중 유전자 *d*의 125번째 염기의 종류와 조성 비율을 <표 1>에 정리하였다.



<표 1> 유전자 *d*의 125번째 염기 분석 결과

검사 대상자 염기 종류	①	②	③	④	⑤	⑥	민수
아데닌(A)	1,1	1,0	0	1,0	2,1	0	1,0
타이민(T)	1,0	1,1	0	1,0	2,0	0	1,1
구아닌(G)	1,0	0	1,1	0,9	0	1,1	0
사이토신(C)	1,1	0	1,0	1,1	0	1,0	0

(수치는 측정된 염기량의 상댓값임)

유전자 분석 결과를 활용하여 유전질환 D가 상염색체 유전인지 성염색체 유전인지 판별하고, 민수가 유전질환이 발생할 확률을 제시문 (나) - (라)에 근거하여 논리적으로 구하시오. (단, 유전질환 D는 유전자 *d*의 125번째 염기의 돌연변이에 의해서만 발생한다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (바)를 읽고 문제에 답하십시오.

- (가) 역학적 에너지 보존 법칙은 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합이 항상 일정한 경우를 말한다. 질량 m 인 물체가 가만히 낙하하면서 높이 h 인 지점을 지날 때 속력을 v 라고 하면, 공기 저항이 없을 때 역학적 에너지 보존 법칙은 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{일정 (단, } g \text{는 중력가속도)}$$

- (나) 같은 높이에서 가만히 놓은 공과 수평 방향으로 던진 공은 같은 시간 동안 떨어지는 높이가 같으므로 연직 방향으로 같은 가속도로 운동함을 알 수 있다. 공기 저항을 무시하면 수평 방향으로 던진 물체는 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 일정한 중력이 작용하므로 등가속도 운동을 한다.

- (다) 변위, 속도, 가속도, 힘 등과 같이 크기와 방향을 함께 가지는 물리량을 벡터량이라고 한다. 벡터는 화살표를 이용하여 간편하게 나타낸다. 화살표의 길이는 벡터의 크기를, 화살표의 머리 방향은 벡터의 방향을 나타낸다. 벡터 분해는 직각 좌표를 이용하여 벡터의 수직 성분과 수평 성분으로 나누어 분해한다.

- (라) 물체의 운동 방향에 나란한 방향으로 일정한 알짜힘이 작용하면 물체는 직선을 따라 일정한 가속도로 운동하는데, 이것을 등가속도 직선 운동이라고 한다. 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 속도와 시간의 관계 그래프에서, 그래프의 기울기는 가속도를 나타내며 그래프와 시간 축 사이의 면적은 변위를 나타낸다. 물체의 처음 속도가 v_0 이었다면 일정한 가속도 a 로 t 초 동안 운동한 후의 변위 s 는 다음과 같다.

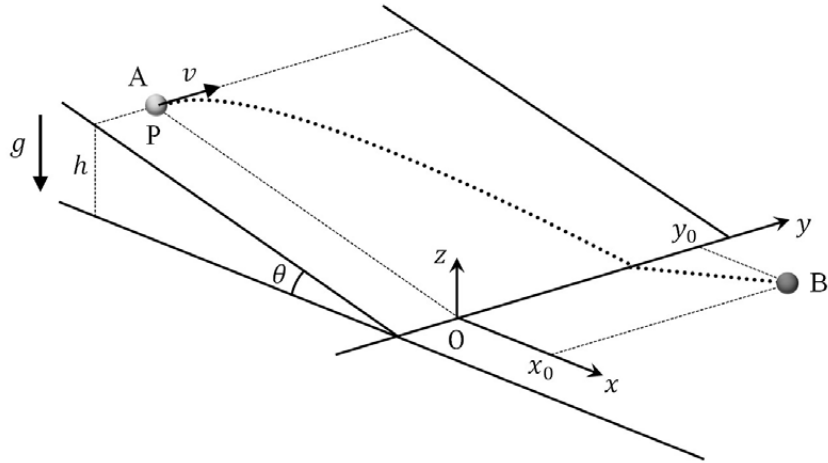
$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

- (마) 자석을 위아래로 움직이면 코일을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 변화하면서 코일에 전류가 흐른다. 이러한 현상을 전자기 유도라 하며, 이때 흐르는 전류를 유도 전류라고 한다. 자기 선속 Φ 는 자기장의 세기와 닫힌 회로의 넓이를 곱한 것과 같다. 코일에 유도되는 유도 기전력 V 의 크기는 코일을 통과하는 자기 선속의 시간 t 에 따른 변화율과 같고, 다음 식으로 표현한다.

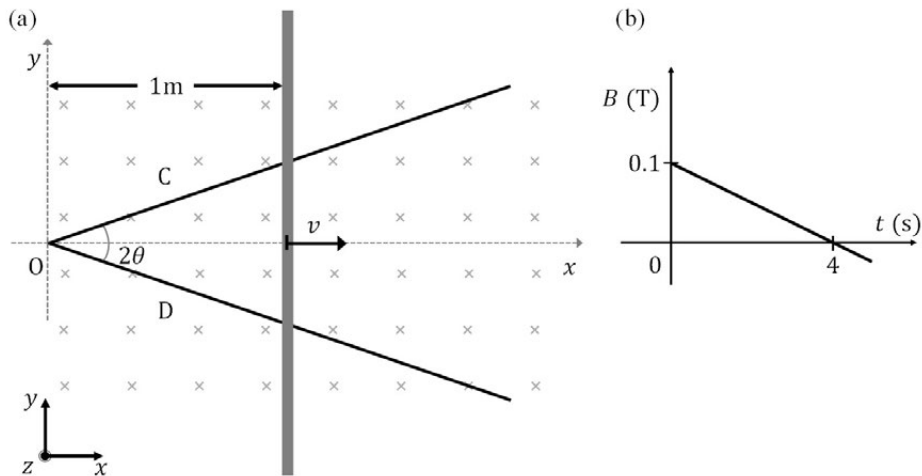
$$V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- (바) 전자기 유도 현상으로 코일에 생기는 유도 전류는 코일 내부를 지나는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. 이를 렌츠의 법칙이라고 한다.

[문제 4-1] 아래 그림은 기울기가 일정한 빗면 위에서 물체를 옆으로 밀어 평평한 바닥에 있는 물체와 충돌시키는 실험을 나타낸다. 바닥으로부터 높이 h 인 빗면 위 점 P에서 물체를 가만히 놓았을 때 물체가 바닥에 닿는 점을 원점 O라고 하자. 원점 O에서 x 축 방향으로 x_0 , y 축 방향으로 y_0 만큼 떨어진 곳에 물체 B가 놓여있을 때, 점 P에서 물체 A를 y 축과 평행한 방향으로 속력 v 로 밀었다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 두 물체가 충돌하기 위한 속력 v 를 구하시오. (단, 중력가속도는 g 이며 빗면의 기울기 θ 는 충분히 작다. 물체의 크기, 공기 저항 및 마찰은 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림 (a)와 같이 xy 평면에 직선 도선 C, D가 x 축에 대칭으로 놓여있고, 두 직선 도선이 이루는 각의 크기는 2θ 이다. 원점 O에서 x 축 방향으로 1m 떨어진 위치에 길이가 충분히 긴 금속 막대가 놓여있다. 시각 $t=0$ s에서 금속 막대를 x 축 방향으로 일정한 속력 $v=2\text{m/s}$ 로 y 축과 평행을 유지하며 움직이고, 그림 (b)와 같이 xy 평면에 균일하게 들어가는 자기장의 세기 B 를 0.1 T에서부터 일정하게 변화시켰다. 제시문 (라) - (바)에 근거하여 유도 기전력을 t 와 θ 를 이용하여 나타내고, 유도 전류의 방향이 바뀌는 시각을 구하시오. (단, 두 직선 도선이 만나는 원점 O에 크기를 무시할 수 있는 저항 R 이 있고, 직선 도선과 금속 막대의 저항은 R 보다 충분히 작다.) [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 밀폐한 비커의 물은 표면에서 증발하여 수증기가 되고, 수증기는 응결하여 다시 액체 상태의 물이 되기도 한다. 증발이 응결보다 활발하게 일어나면 증발만 일어나는 것처럼 보인다. 그런데 어느 순간 증발하는 물 분자 수와 응결하는 물 분자 수가 같아지면 더 이상 증발이 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태가 되고, 수면의 높이는 일정하게 유지된다. 이처럼 어떤 변화가 가역적일 때 양쪽 방향으로 변하는 정도가 같아져서 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태를 동적 평형 상태라고 한다. 이때 증기가 나타내는 압력을 증기 압력 또는 증기압이라고 한다.

(나) 기체의 부피(V)는 기체의 몰수(n)와 절대 온도(T)에 비례하고 압력(P)에 반비례한다. 이를 비례 상수(R)를 이용하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고, 이 식을 이상 기체 방정식이라고 한다.

$$PV=nRT$$

(다) 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.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

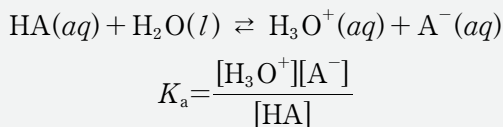
$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

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

이때 K 를 평형 상수라고 하고, 평형 상수는 온도가 일정할 때 농도나 기체의 압력에 관계없이 항상 일정하다.

(라) 보라색 양배추에 들어 있는 색소는 산과 만나면 붉은색으로, 염기와 만나면 푸른색으로 변한다. 양배추의 색소처럼 수용액의 pH에 따라 색이 변하여 물질의 액성을 구별하는 데 쓰이는 물질을 지시약이라고 한다. 지시약이 사용되는 실험 중 대표적인 것은 pH의 변화를 계속 관찰해야 하는 중화 적정 실험이다. 일반적으로 지시약은 이온화한 형태와 이온화하지 않은 형태가 매우 다른 색을 가지는 약한 산성 혹은 약한 염기성 분자이다.

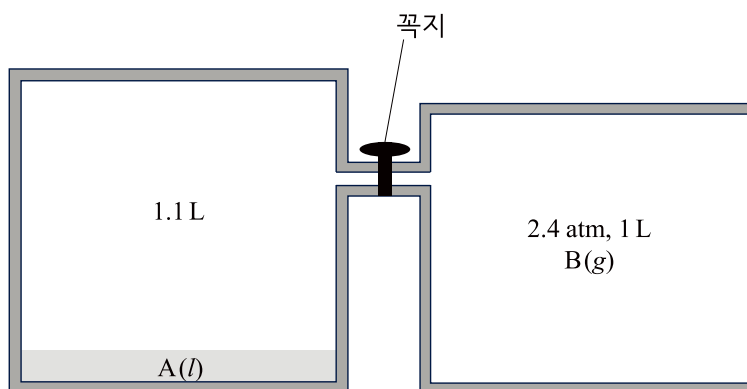
(마) 강산과 강염기는 수용액에서 거의 모두 이온화하지만, 약산과 약염기는 수용액에서 일부만 이온화한다. 따라서 약산, 약염기는 이온화 반응의 평형 상수식을 이용하여 이온화하는 정도를 비교할 수 있다. 임의의 약산 HA가 수용액에서 H_3O^+ 와 A^- 로 이온화하는 반응과 산 이온화 상수 K_a 는 다음과 같다.



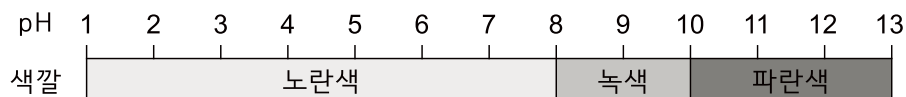
[문제 4-1] 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C를 생성하는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수 K 이다.



그림과 같이 300 K에서 부피가 1.1 L인 진공 상태의 강철 용기에 액체 A를 100 mL 넣고, 부피가 1 L인 진공 상태의 강철 용기에 기체 B를 넣은 후, 닫혀 있는 꼭지를 사이에 두고 연결하였다. A의 분자량은 96이고, 밀도는 0.72 g/mL이며, 증기압은 0.72 atm이다. 꼭지가 닫혀 있는 상태에서 동적 평형 상태에 도달했을 때, 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 강철 용기에 남아 있는 액체 A의 부피를 구하시오. 또한, 꼭지를 열어 새로운 평형에 도달했을 때, 제시문 (가) - (다)에 근거하여 강철 용기 안에 존재하는 C의 몰수와 남아 있는 액체 A의 부피를 구하시오. (단, 기체 상수는 0.08 atm · L/(mol · K)이고, 온도는 일정하며, 액체 A는 반응에 참여하지 않는다. 기체는 액체에 용해되지 않고, 기체의 부피를 고려할 때 연결관의 부피 및 액체 부피의 변화에 의한 차이는 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 아래의 도표는 25 °C에서 가상의 지시약 A가 용액의 pH에 따라 나타내는 색깔을 표시한 것이다. 지시약 A는 약한 염기성 분자로, 이온화하지 않은 형태(A)가 파란색, 수소 이온을 얻은 양이온의 형태(AH⁺)가 노란색을 나타낸다. 25 °C에서 A의 염기 이온화 상수 K_b 를 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 구하시오. 또한, 25 °C에서 가상의 약염기 B가 0.1 M 들어있는 무색의 수용액에 지시약 A를 소량 첨가하였을 때 수용액의 색깔은 무엇인지, 그리고 일반적으로 지시약은 반드시 소량을 사용해야 하는 이유를 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 제시하시오. (단, 지시약의 색깔은 $\frac{[A]}{[AH^+]} \leq \frac{1}{10}$, $\frac{1}{10} < \frac{[A]}{[AH^+]} < 10$, $\frac{[A]}{[AH^+]} \geq 10$ 일 때 각각 노란색, 녹색, 파란색으로 뚜렷하게 구분된다고 가정한다. 25 °C에서 물의 이온곱 상수는 1×10^{-14} 이고, B의 염기 이온화 상수 K_b 는 1×10^{-9} 이다.) [15점]





수학

1. 출전 및 출제지도

제시문 출전

[문제 1]	제시문 :	수학, II-6 삼차방정식과 사차방정식 (㈜천재교과서, 류희찬 외 10인, 2020; p.75-78)
		수학, II-3-1 삼차방정식과 사차방정식 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2020; p.76-79)
		수학, II-3-1 삼차방정식과 사차방정식 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2020; p.72-74)
		수학, II-9 이차부등식과 연립이차부등식 (㈜천재교과서, 류희찬 외 10인, 2020; p.91-98)
		수학, II-4-2 이차부등식과 연립이차부등식 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2020; p.92-98)
		수학, VI-1-1 경우의 수 (㈜좋은책신사고, 고성은 외 5인, 2020; p.249-252)
		수학, VI-1-1 경우의 수 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2020; p.261-264)
		수학, VI-1-1 경우의 수 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2020; p.255-262)
		수학, VI-1-1 경우의 수 (㈜금성출판사, 배종숙 외 6인, 2020; p.262-266)
		수학, VI-1-1 경우의 수 (동아출판㈜, 박교식 외 19인, 2020; p.255-258)
		수학, II-4-03 이차부등식과 연립이차부등식 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2020; p.86-90)
		수학I, I-1-03 로그의 뜻과 성질 (동아출판㈜, 박교식 외 19인, 2020; p.24-28)
		수학I, I-1-03 로그 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2020; p.24-30)
		수학I, I-3 로그의 뜻과 성질 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2020; p.29-35)

[문제 2]	첫 번째 제시문	- 수학I, 지수함수와 로그함수, 지수와 로그 (미래엔 p.25)
		- 수학I, 지수함수와 로그함수, 지수와 로그 (동아출판 p.26)
		- 수학I, 지수함수와 로그함수, 지수와 로그 (비상교육 p.26)
		- 수학I, 지수함수와 로그함수, 지수와 로그 (신사고 p.29)
	두 번째 제시문	- 수학I, 수열, 등차수열과 등비수열 (미래엔 p.128)
		- 수학I, 수열, 등차수열과 등비수열 (동아출판 p.111)
		- 수학I, 수열, 등차수열과 등비수열 (신사고 p.120)
		- 수학I, 수열, 등차수열 (천재교과서 p.129)
	세 번째 제시문	- 미적분, 수열의 극한, 급수 (천재교육 p.37)
		- 미적분, 수열의 극한, 등비급수 (천재교과서 p.36)
		- 미적분, 수열의 극한, 등비급수 (지학사 p.35)
		- 미적분, 수열의 극한, 등비급수 (비상교육 p.33)

- 네 번째 제시문** - 미적분, 적분법, 여러 가지 적분법 (천재교육 p.151)
 - 미적분, 적분법, 여러 가지 적분법 (천재교과서 p.168)
 - 미적분, 적분법, 여러 가지 적분법 (미래엔 p.148)
 - 미적분, 적분법, 여러 가지 적분법 (동아출판 p.138)

- 다섯 번째 제시문** - 수학 I, 삼각함수, 삼각함수 (미래엔 p.78, p.89)
 - 수학 I, 삼각함수, 삼각함수 (동아출판 p.70, p.74, p.78)
 - 수학 I, 삼각함수, 삼각함수 (천재교과서 p.81, p.85, p.94)
 - 수학 I, 삼각함수, 삼각함수 (비상교육 p.74, p.82)

[문제 3]

- 첫 번째 제시문** - 수학 II, 미분, 접선의 방정식 (비상 p.71)
 - 수학 II, 미분, 접선의 방정식 (천재교육 p.74)
- 두 번째 제시문** - 미적분, 적분법, 부분적분법 (지학사 p.148)
 - 미적분, 적분법, 부분적분법 (동아출판 p.140)
 - 미적분, 적분법, 부분적분법 (미래 p.151)
 - 미적분, 적분법, 부분적분법 (교학사 p.158)
- 세 번째 제시문** - 미적분, 여러 가지 미분법, 합성함수의 미분법 (지학사 p.88)
 - 미적분, 미분법, 합성함수의 미분법 (동아출판 p.81)
 - 미적분, 여러 가지 미분법, 합성함수의 미분법 (미래 p.86)
 - 미적분, 여러 가지 미분법, 합성함수의 미분법 (교학사 p.88)

출제의도

[문제 1] 본 문제에서는 로그의 성질과 삼차방정식 및 부등식을 활용하여 문제에 해당하는 경우를 정확하게 찾아낼 수 있는지를 평가한다. 특히 주어진 상황에서 로그값이 가질 수 있는 범위를 정확하게 계산하여 문제 상황에 맞는 순서쌍을 찾아내어야 한다.

[문제 2-1] 수열의 가장 간단하지만 중요한 예인 등차수열에 대하여 등차수열의 일반항과 합 사이의 관계를 이해하고 있는지를 평가한다. 그리고 급수의 합을 계산할 수 있는지를 종합적으로 평가한다. 구체적으로 로그의 성질을 이용하여 급수를 적절히 분해하여 간단한 형태로 변형을 할 수 있는지와 부분합과 급수의 합 사이의 관계를 이용하여 급수의 합을 계산할 수 있는지를 평가한다. 또한 등비 급수의 성질을 알고 합을 계산할 수 있는지를 묻는다.

[문제 2-2] 치환 적분 계산을 수행하기 위해 적절한 함수의 선택을 할 수 있는지를 평가한다. 그리고 이를 위해 삼각함수의 성질을 이용하여 적분을 하는 함수를 변형할 수 있는지를 평가한다.

[문제 3-1] 접선의 방정식을 구하고 주어진 점을 대입하여 두 접점을 구하고, 구간 $[\alpha, \beta]$ 에서 주어진 함수를 적분할 수 있는지 평가한다. 적분은 $\ln x$ 적분과 부분적분을 이용하여 적절한 계산을 수행하는지 평가한다.

[문제 3-2] 원 밖의 점에서 원에 그은 두 접선과 원으로 둘러싸인 부분의 넓이를 구할 수 있는지 평가한다. 이때, 넓이가 원의 중심과의 거리에 의해서 결정됨을 알아낸다. 합성함수의 미분법을 이용하여 $S'(t)$ 를 구하고, 3차 방정식을 풀어서 $S'(a)=0$ 을 만족시키는 a 를 구한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 1] 예시답안

- ▶ $\log_a b = X$ 라고 두면
- ▶ $-48 + 44 \log_a(ab) - 12(\log_a(ab))^2 + (\log_a(ab))^3$
 $= -48 + 44(1 + \log_a b) - 12(1 + \log_a b)^2 + (1 + \log_a b)^3$
 $= X^3 - 9X^2 + 23X - 15$
 $= (X-1)(X-3)(X-5)$
 로 정리되어, $(X-1)(X-3)(X-5) > 0$ 을 만족하는 경우는 $1 < X < 3$ 또는 $X > 5$ 이다.
- ▶ $1 \leq \log_a b \leq 5$ 이므로, $X > 5$ 는 불가능하며, $1 < X < 3$ 의 경우는 아래와 같이 정리된다.
 $1 < X < 3 \Leftrightarrow 1 < \log_a b < 3 \Leftrightarrow \log_a a < \log_a b < \log_a a^3 \Leftrightarrow a < b < a^3$ 이며,
 $a=2$ 인 경우는, $4 \leq b < 8$ 이므로, 4개
 $a=3$ 인 경우는, $3 < b < 27$ 이므로, 23개
 $a=4$ 인 경우는, $4 < b \leq 32$ 이므로, 28개
- ▶ 따라서, 가능한 순서쌍 (a, b) 의 개수는 $4 + 23 + 28 = 55$ 개이다.

채점기준

1. 치환을 통해 삼차방정식의 형태로 올바르게 표현한 경우: **+5점**
2. 부등호를 풀어 로그값의 범위를 올바르게 계산한 경우: **+5점**
3. a 가 가질 수 있는 세 개의 값에 대해 b 의 범위를 올바르게 계산한 경우: **+5점**
4. 전체 가능한 순서쌍의 개수를 정확히 계산한 경우: **+5점**

※ 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] 예시답안

[문제 2-1]

등차수열의 합에 대한 공식과 문제에 주어진 조건으로부터 등차수열의 일반항 $a_n = 2n + 3$ 을 구한다. 이를 급수에 대입하고 로그 함수의 성질을 이용하여 식을 다음과 같이 정리한다.

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} \ln \left[\frac{3(2n+3)^2}{2n+5} \right] = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\ln 3}{2^n} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{\ln(2n+3)}{2^{n-1}} - \frac{\ln(2n+5)}{2^n} \right]$$

첫 번째 급수에 대해서는 등비급수의 합 공식을 이용하여 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\ln 3}{2^n} = \ln 3$ 를 얻고, 두 번째 급수에 대해서는 제 N 항까지의 합을 구한 후

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \left[\frac{\ln(2n+3)}{2^{n-1}} - \frac{\ln(2n+5)}{2^n} \right] &= \left[\ln 5 - \frac{\ln 7}{2} \right] + \left[\ln \frac{\ln 7}{2} - \frac{\ln 9}{2^2} \right] + \cdots + \left[\frac{\ln(2N+3)}{2^{N-1}} - \frac{\ln(2N+5)}{2^N} \right] \\ &= \ln 5 - \frac{\ln(2N+5)}{2^N} \end{aligned}$$

극한 $N \rightarrow \infty$ 를 취하여 $\sum_{n=2}^{\infty} \left[\frac{\ln(2n+3)}{2^{n-1}} - \frac{\ln(2n+5)}{2^n} \right] = \ln 5$ 를 얻는다.

최종적으로 두 급수의 합을 더하여 정답 $\ln 3 + \ln 5 = \ln(15)$ 을 얻는다.

채점기준

- 등차수열의 일반항 $a_n = 2n + 3$ 를 얻으면 **+2점**

- 로그함수의 성질을 이용하여 급수를 적절히 분해하면 **+3점**
- 첫 번째 등비급수의 합(+1)과 두 번째 급수의 합(+3)을 구한 후 정답을 얻으면 **+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 2-2]

$t = \frac{\pi}{2} - x$ 로 치환하여 정적분을 다음과 같이 정리한다.

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \sin^2 x \, dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ 2\left(\frac{\pi}{2} - x\right)^2 - \pi\left(\frac{\pi}{2} - x\right) + \pi^2 \right\} \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - x\right) dx$$

여기서 삼각함수의 성질에 의해 $\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$ 이고 다항식을 전개하면

$$2\left(\frac{\pi}{2} - x\right)^2 - \pi\left(\frac{\pi}{2} - x\right) + \pi^2 = 2x^2 - \pi x + \pi^2$$

이므로

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \sin^2 x \, dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \cos^2 x \, dx$$

이다. 따라서 제시문에 주어진 삼각함수의 성질에 의해

$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \sin^2 x \, dx &= \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) (\cos^2 x + \sin^2 x) \, dx \\ &= \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \, dx \end{aligned}$$

가 성립한다. 마지막으로 적분을 계산하여 정답 $\frac{11\pi^3}{48}$ 을 얻는다.

채점기준

- $t = \frac{\pi}{2} - x$ 로 치환하여 정적분을 $\int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \cos^2 x \, dx$ 로 표현하면 **+6점**
- 삼각함수의 성질을 이용하여 $\frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2x^2 - \pi x + \pi^2) \, dx$ 를 얻으면 **+6점**
- 최종적으로 정적분을 계산하여 정답 $\frac{11\pi^3}{48}$ 을 얻으면 **+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]

예시답안

[문제 3-1]

$(b, f(b))$ 에서의 접선의 방정식은 $y - \ln b(\ln b - 1) = \frac{1}{b}(2 \ln b - 1)(x - b)$ 이고 $A(0, 1)$ 을 지나므로 대입하여 정리하면

$(\ln b)^2 - 3 \ln b = 0$ 이다. 따라서 $\alpha = 1, \beta = e^3$ 이다.

$(x \ln x - x)' = \ln x$ 를 이용하여 부분적분을 하면

$$\int_1^{e^3} \ln x (\ln x - 1) \, dx = [(x \ln x - x)(\ln x - 1)]_1^{e^3} - \int_1^{e^3} (\ln x - 1) \, dx = 3e^3 - 3 \text{이 된다.}$$

채점기준

- $y - \ln b(\ln b - 1) = \frac{1}{b}(2 \ln b - 1)(x - b)$ 를 얻으면 **+2점**
- $\alpha = 1, \beta = e^3$ 을 구하면 **+3점**
- 적분하여 $3e^3 - 3$ 을 얻으면 **+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 3-2]

원점을 O라 하고, 점 P에서 원 $x^2+y^2=1$ 에 그은 한 접선의 접점을 B라 하자. 또한 세 점이 이루는 각 $\angle POB$ 를 θ 라 하자. 이때, 원점과 점 $P(t, \sqrt{6}(t-2)^2)$ 사이의 거리가 $L=\sqrt{t^2+6(t-2)^4}$ 이므로 원 $x^2+y^2=1$ 과 두 접선으로 둘러싸인 영역의 넓이를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S(t)=\sqrt{L^2-1}-\theta(t), \tan \theta(t)=\sqrt{L^2-1}$$

$S(t)$ 를 미분하면

$$S'(t)=\frac{LL'}{\sqrt{L^2-1}}-\theta', (\sec^2 \theta)\theta'=\frac{LL'}{\sqrt{L^2-1}}$$

이므로 정리하여 $S'(t)=\frac{\sqrt{L^2-1}}{L}L'$ 를 얻을 수 있다. $L>1$ 이므로 $S'(d)=0$ 이 되는 d 를 찾는 것은 $L'(d)=0$ 을 만족하는 d 를 찾는 것이 된다. $2LL'=2t+24(t-2)^3$ 이고 $t+12(t-2)^3=0$ 의 근은 $t=\frac{3}{2}$ 이다. 따라서 $d=\frac{3}{2}$ 이다.

채점기준

- $S(t)=\sqrt{L^2-1}-\theta(t), \tan \theta(t)=\sqrt{L^2-1}$ 를 얻으면 **+5점**
- $S'(t)=\frac{\sqrt{L^2-1}}{L}L'$ 를 얻으면 **+5점**
- $t+12(t-2)^3=0$ 의 근은 $t=\frac{3}{2}$ 을 구하면 **+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.

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

- [문제 4]** 제시문 (가): - 생명과학I, 호르몬과 항상성 (천재교육, p.83-87) / - 생명과학I, 항상성 유지 (비상, p.82-85)
 - 생명과학I, 호르몬과 항상성 유지 (지학사, p.84) / - 생명과학I, 항상성과 몸의 기능 조절 (동아출판, p.78-84)
 - 생명과학I, 항상성과 몸의 조절 (미래엔, p.94-95)
- 제시문 (나): - 생명과학II, 유전 물질 (비상, p.117-119) / - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (미래엔, p.114-121)
 - 생명과학II, 유전자 발현과 조절 (지학사, p.108-112) / - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (천재교육, p.105-110)
 - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (교학사, p.105-108)
- 제시문 (다): - 생명과학I, 유전 (천재교육, p.135-146) / - 생명과학I, 유전 (비상, p.130-149)
 - 생명과학I, 유전 (지학사, p.126-141) / - 생명과학I, 유전 (동아출판, p.134-149)
 - 생명과학I, 유전 (미래엔, p.140-152)
- 제시문 (라): - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (비상, p.122-133) / - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (미래엔, p.124-133)
 - 생명과학II, 유전자 발현과 조절 (지학사, p.114-123) / - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (천재교육, p.115-124)
 - 생명과학II, 유전자의 발현과 조절 (교학사, p.111-120)

출제의도

[문제 4-1] 호르몬은 매우 적은 양으로 생리 작용을 조절하고, 우리 몸에서 일정한 농도로 존재하며 항상성을 조절하는데 항상성이 유지되지 않으면, 특정 호르몬이 너무 부족하거나 많아지게 되어, 우리 몸은 균형이 깨지고 비정상적인 상태가 되어 결핍증이나 과다증이 나타난다. [문제 4-1]에서는 호르몬의 과다 혹은 결핍이 생긴 현상을 보여 주며 음성 피드백의 조절 유무를 판단할 수 있는지와 음성 피드백에 의한 조절 중 어느 단계의 이상인지를 묻고 있다. 따라서 시상 하부, 뇌하수체, 갑상샘까지 이어지는 각 기관별 호르몬의 분비와 각 호르몬에 의한 음성 피드백 작용을 이해하면 어느 단계의 조절 실패로 인한 문제인지 추론할 수 있다. 또한 <표 2>에서는 복제된 DNA에 포함된 4가지 염기의 비율을 보여 주고 있는데, 제시문 (나)를 통해 A와 T의 수가 같고 G와 C의 수가 같다는 점을 인식하고 이를 통해 방사성 동위원소로 표시된 *T의 비율 증가가 DNA 복제 증가와 연관된다는 사실을 추론할 수 있는 지 평가하고자 하였다. 이를 통해 주어진 측정값과 실험 결과의 이해력, 제시문을 통한 논리적 추론 능력을 종합적으로 판단할 수 있다.

[문제 4-2] 유전 현상에 의해 생명의 지속성이 유지되고, 이에 문제가 생기면 생명체가 제대로 발생 및 성숙할 수 없거나, 다양한 질병에 걸리게 된다. [문제 4-2]에서는 민수 가족이 유전질환 D가 발생할 수 있는지를 유전자 검사를 통해 확인하고, 그 결과를 해석하여 질병의 원인을 추론하는 문제로서, 학생들의 데이터 해석력, 논리적 사고력, 추론 능력을 측정하고자 하였다. <그림 1>의 가계도를 확인해 보면 가족 구성은 확인할 수 있으나 유전질환 D가 발생했는지에 대한 정보는 확인할 수 없다. [유전질환 D]의 특징을 고려하면, 유전질환 D는 유전자 d 의 125번째 염기가 치환되는 돌연변이에 의해 발생한다는 것을 알 수 있다. 이를 바탕으로 <표 1>의 검사 결과를 보면, 환자들로부터 동일한 양의 세포를 사용하여 DNA를 추출하였고, 이로부터 얻어진 125번째 염기의 조성과 비율을 보여 주고 있음을 알 수 있다. 대립유전자의 개념을 이해하고, 결과를 분석해 보면 검사자 ①의 경우 A, T, G, C로 염기가 구성되어 있고, ①의 부모로부터 받은 유전자 중 한쪽 대립유전자는 A, T로 구성된 정상 DNA서열을 가지고 있으며, 다른 쪽 대립유전자는 G, C로 구성되어 돌연변이가 일어난 부분이 있음을 알 수 있다. 즉 AA와 같은 유전자형으로 표현할 수 있을 것이다. 이처럼 ①~⑥, 민수의 유전자형을 모두 표현할 수 있고, 구성 비율을 분석하여, 남자, 여자를 나누어 고려해 볼 수 있다. 이를 전체적으로 추론하여 가계도에 유전자형을 표현하여 상염색체/성염색체 유전 여부를 판별할 수 있고, 민수의 질병 발생 가능성을 정확히 예측해 볼 수 있다. 본 문제를 통해 주어진 상황을 통합적으로 판단하고, 주어진 제시문에 대한 이해력, 자료 및 실험 결과의 해석력, 논리적 추론 능력을 종합적으로 측정하고자 하였다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

<표 1>의 각 호르몬 측정값을 보면 환자 A와 B의 티록신 농도는 정상 범위보다 낮은 것을 알 수 있다. 호르몬은 음성 피드백에 의해 조절되므로 정상적인 경우 낮은 티록신 농도에 의해 뇌하수체에서 분비되는 TSH의 분비가 증가되어야 하지만 환자 A의 경우 TSH의 농도는 정상 범위보다 낮은 것을 알 수 있어 환자 A의 경우 뇌하수체 기능 이상으로 TSH 분비가 되지 않아 갑상샘에서 분비되는 티록신의 농도도 낮은 것을 알 수 있다. 반면 환자 B의 경우 낮은 티록신 농도에 의해 뇌하수체에서 분비되는 TSH의 농도는 정상 범위보다 높아진 것을 알 수 있으며, 따라서 갑상샘에서 분비되는 티록신의 농도가 증가되어야 하지만 여전히 낮은 것을 알 수 있는데, 이는 갑상샘 기능 이상으로 추론할 수 있다.

<표 2>에서 갑상샘 세포의 DNA 복제 후 염기 비를 나타내었는데, 정상 세포와 환자 A의 방사성 표지된 T의 비율이 서로 비슷한 데 반해, 환자 B의 갑상샘 세포의 경우 방사성 표지된 T의 비율이 표지되지 않은 T의 2배가량 증가한 것을 알 수 있는데, 이는 DNA 복제가 될 때, 각 염기가 하나씩 상보적으로 결합하는 것을 고려하면 동일한 시간 동안 배지에 들어있는 방사성 표지된 T이 정상 세포 및 환자 A 세포에 비해 더 많이 결합되었음을 나타내며, 이는 환자 B의 세포에서 DNA 복제가 더 많이 일어났음을 의미하는 결과이다. 따라서 환자 A는 뇌하수체 기능 이상으로 갑상샘 호르몬 분비 조절이 되지 않은 것이 원인이고, 환자 B의 경우 DNA 복제가 정상 세포에 비해 더 많이 일어나는 등의 이유로 갑상샘 조직에 이상이 생겨 티록신 조절이 되지 않은 것이 원인이다.

채점기준

1. 환자 A에서 뇌하수체 기능 이상에 의한 갑상샘 호르몬 감소를 설명하면, **+4점**
2. 환자 B에서 뇌하수체 기능은 정상이고 갑상샘 기능 이상을 설명하면, **+4점**
3. 환자 A에서 DNA 염기비가 정상인 것을 제시하면, **+2점**
4. 환자 B에서 방사성 표지 타이민 비율 증가와 연관지어 DNA 복제 증가를 설명하면, **+5점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 제시문 (다)를 통해 상염색체 유전과 성염색체 유전의 특성을 알 수 있고, <그림 1>의 가계도를 통해 민수의 가족 구성원에 대해서 확인할 수 있다. 또한 [유전질환 D]의 특징을 통해서 유전질환 D는 유전자 d 의 125번째 염기가 치환되는 돌연변이에 의해 발생한다는 것을 알 수 있다.
- ▶ 검사 대상자의 세포로부터 DNA를 추출해서 유전자 d 의 염기서열을 분석했을 때, 125번째 염기의 종류가 A와 T로만 이루어져 있으면, 대립유전자 2개 모두 정상임을 추론해 볼 수 있고, G와 C로만 이루어져 있으면 두 대립유전자 모두가 돌연변이임을 알 수 있다. 또한 A, T, G, C가 같은 비율로 섞여 있으면 대립유전자 한쪽은 정상이고, 다른 쪽은 돌연변이임을 알 수 있다. 따라서 ②, ⑤, 민수는 정상인 것을 알 수 있는데, ②에 비해 ⑤에서 A와 T의 양이 두 배인 것으로 보아 유전자 d 는 성염색체인 X에 존재하고 있음을 추론해 볼 수 있다.
- ▶ <표 1>의 결과를 바탕으로 검사대상자를 유전자형으로 표현하면, ①은 $X'X$, ②는 XY , ③은 $X'Y$, ④는 $X'X$, ⑤는 XX , ⑥은 $X'Y$, 민수는 XY 로 나타낼 수 있다. 따라서 유전질환 D에 걸릴 수 있는 사람은 ③, ⑥이고, 그 이외의 사람들은 정상으로 생각해 볼 수 있다.
- ▶ 위의 분석을 바탕으로 유전질환 D는 성염색체 유전이고, 민수가 질병에 걸릴 확률은 0임을 알 수 있다.

채점기준

1. <표 1>을 분석하여, 유전자형과 연계지어 제시하면, **+3점**
2. 각 검사 대상자의 유전자형을 정확히 제시하면, **+6점**
3. 유전질환이 성염색체 유전임을 제시하면, **+3점**
4. 민수가 유전질환에 걸릴 확률이 0임을 제시하면, **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

- [문제 4]** **제시문 (가):** 물리학 I - 역학과 에너지 (p.49, 지학사, 김성원 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.48, 천재교육, 강남화 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.42, 동아출판, 송진웅 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.52, 와이비엠, 곽영직 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.52, 미래엔, 김성진 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.65, 교학사, 김영민 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.48, 비상교육, 손정우 외)
- 제시문 (나):** 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.31, 미래엔, 김성진 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.26, 비상교육, 손정우 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.32, 교학사, 김영민 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.29, 천재교육, 강남화 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.34, 지학사, 김성원 외)
- 제시문 (다):** 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.14-16, 교학사, 김영민 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.12-13, 비상교육, 손정우 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.14-15, 미래엔, 김성진 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.11-15, 천재교육, 강남화 외)
 물리학 II - 역학적 상호 작용 (p.14-15, 지학사, 김성원 외)
- 제시문 (라):** 물리학 I - 역학과 에너지 (p.22-23, 동아출판, 송진웅 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.25, 천재교육, 강남화 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.24, 지학사, 김성원 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.16-17, 와이비엠, 곽영직 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.25, 미래엔, 김성진 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.20-21, 교학사, 김영민 외)
 물리학 I - 역학과 에너지 (p.14-15, 비상교육, 손정우 외)
- 제시문 (마):** 물리학 II - 전자기장 (p.123-125, 비상교육, 손정우 외)
 물리학 II - 전자기장 (p.141, 교학사, 김영민 외)
 물리학 II - 전자기장 (p.137, 미래엔, 김성진 외)
 물리학 II - 전자기장 (p.144-147, 지학사, 김성원 외)
 물리학 II - 전자기장 (p.127, 천재교육, 강남화 외)
- 제시문 (바):** 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 146, 와이비엠, 곽영직 외)
 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 137, 138, 지학사, 김성원 외)
 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 131, 천재교육, 강남화 외)
 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 127, 동아출판, 송진웅 외)
 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 124, 금성출판, 이상연 외)
 물리학 I - 물질과 전자기장 (p. 128, 비상교육, 손정우 외)

출제의도

[문제 4-1] 기울기가 일정한 빗면에서 물체를 옆으로 밀었을 때 물체가 포물선 운동을 하고, 평평한 바닥 면에서는 등속 직선 운동함을 이용하여 문제에서 주어진 각 구간에서 물체의 운동을 정량적으로 기술하는 문제이다. 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 물체의 속력을 구할 수 있고, 빗면 방향의 가속도로부터 빗면에서 이동한 시간과 변위를 구할 수 있다. 바닥에서 물체는 등속 직선 운동을 하므로 속도와 변위 벡터가 평행하다. 본 문항 평가에서는, 역학적 에너지 보존 법칙, 등속 직선 운동, 포물선 운동을 이해하고 물체의 운동을 논리적으로 분석하는 문제 해결력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2] [문제 4-2]는 자기장이 만드는 자기 선속이 시간에 따라 변화하면 코일에 전류가 흐르는 현상을 일컫는 전자기 유도 현상을 이해하고 적용하는 문제이다. 전자기 유도 현상을 설명하는 패러데이 법칙을 이해함으로써 전자기장을 통합적으로 이해할 수 있게 된다. 또한, 문제를 통해 유도 기전력과 전류의 크기가 코일을 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율에 비례함을 수식적으로 이해할 수 있다.

먼저 제시문 (라)에 근거하여 일정한 속력으로 이동하는 변위를 계산하여 자기장이 통과하는 면적 변화를 구하고, 그래프를 통해 자기장의 크기 변화를 시간에 따라 수식으로 표현할 수 있다. 문제에서 주어진 조건과 제시문 (마)와 (바)를 이용하면, 자기 선속의 변화를 구할 수 있고 패러데이 법칙을 이용하여 유도 기전력과 전류를 각각 구할 수 있다. 따라서, 패러데이 법칙을 적용해 문제를 해결함으로써 전자기장을 통합적으로 이해할 수 있게 한다. 물리 현상에 대한 이해와 논리적 사고력을 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 물체 A는 빗면 위에서 빗면 방향을 따라 등가속도 운동을 하고, 수평 방향으로서는 등속도 운동을 한다. 바닥에서는 속도의 크기와 방향을 유지하며 등속도 직선 운동을 한다.
- ▶ 운동을 시작할 때 물체 A의 역학적 에너지는 $E = mgh + \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 바닥에 닿았을 때 물체의 속력을 V 라 하면 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 $\frac{1}{2}mV^2 = mgh + \frac{1}{2}mv^2$ 이다.
- ▶ 물체에 y 축 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 모든 구간에서 물체의 y 축 방향 속력은 $V_y = v$ 이다. 에너지 보존 법칙과 속도 벡터의 크기 공식 $V^2 = V_x^2 + V_y^2$ 에서 물체가 바닥에 닿았을 때 x 축 방향 속력은 $V_x = \sqrt{2gh}$ 이다.
- ▶ 물체는 빗면을 따라서 가속도 $a = g \sin \theta$ 로 등가속도 운동을 하므로, 빗면을 이동한 시간은 $t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.
- ▶ 빗면에서 물체가 y 축 방향으로 움직인 거리는 $y_1 = vt = \frac{v}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.
- ▶ 바닥에서 물체 A는 등속 직선 운동을 하므로 변위 벡터와 속도 벡터의 방향이 같다. 두 물체가 충돌할 조건은 $\frac{V_y}{V_x} = \frac{y_0 - y_1}{x_0}$ 이고, 정리하면 $v = \frac{y_0}{\frac{x_0}{\sqrt{2gh}} + \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{y_0 \sqrt{2gh}}{x_0 + \frac{2h}{\sin \theta}}$ 이다.

채점기준

- 구간별 물체의 운동을 바르게 기술하면 **+3점**

- 에너지 보존 법칙 (또는 포물선 운동)으로부터 물체의 속도를 바르게 기술하면 **+4점**
- 물체가 빗면을 지나 바닥에 닿았을 때의 변위를 바르게 구하면 **+4점**
- 바닥에서 변위 벡터와 속도 벡터의 관계로부터 초기 속력을 바르게 구하면 **+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] 예시답안

- ▶ 시간 t 에 따른 자기장의 세기는 $B=0.1 \times \left(1 - \frac{t}{4}\right) [\text{T}]$ 이다.
- ▶ 제시문 (라)에 의하여, 처음 위치 h_0 에서 v 의 속력으로 등속 운동하는 위치 h 는 다음과 같다.

$$h=h_0+vt=1+2t [\text{m}]$$

- ▶ 직선 도선 C, D와 금속 막대가 이루는 삼각형의 크기 A 는 다음과 같다.

$$A=\frac{1}{2}h \times 2h \tan \theta = h^2 \tan \theta$$

- ▶ 제시문 (마)에 의하여, 시간 t 에 따른 자기 선속은 다음과 같다.

$$\Phi=BA=-\frac{1}{40} \tan \theta (4-t)(1+2t)^2$$

- ▶ 제시문 (마)와 (바)에 의하여, 유도 기전력은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} V &= -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi(t+\Delta t) - \Phi(t)}{(t+\Delta t) - t} \\ &= -\frac{1}{40} \tan \theta \frac{[(4-(t+\Delta t))(1+2(t+\Delta t))^2] - [(4-t)(1+2t)^2]}{\Delta t} \\ &= +\frac{3}{10} \tan \theta \left[\left(t + \frac{1}{2}\right) \left(t - \frac{5}{2}\right) \right] \quad (\text{단, } \Delta t \text{는 충분히 작고, } t > 0 \text{이다.}) \end{aligned}$$

- ▶ 위의 식과 제시문 (바)에 의하여, 유도 전류는 코일의 자기 선속을 방해하는 방향으로 흐르며 다음과 같이 표현된다.

$$I = \frac{V}{R} = +\frac{3}{10R} \tan \theta \left[\left(t + \frac{1}{2}\right) \left(t - \frac{5}{2}\right) \right]$$

- ▶ 따라서 유도 전류의 방향이 바뀌는 시각 t 는 0s 이후인 $\frac{5}{2}$ s이다. 참고로, 시간이 $\frac{5}{2}$ s 이전에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐르며, 이후에는 시계 반대 방향으로 흐른다.

채점기준

- 시간 t 에 따른 자기장의 크기와 넓이를 바르게 구하면 **+3점**
- 시간 t 에 따른 자기 선속을 바르게 구하면 **+3점**
- 제시문에 근거하여 유도 기전력의 크기와 방향을 바르게 구하면 **+4점**
- 유도 전류의 방향이 바뀌는 시각 t 를 바르게 구하면 **+5점**

※ 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).

1. 출전 및 출제 의도

제시문 출전

- 【문제 4】** 제시문 (가): 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응(p.172-173, 와이비엠, 강대훈 외 3인), (p.149-150, 교학사, 홍훈기 외 6인), (p.170, 동아출판, 황성용 외 3인), (p.161-162, 상상아카데미, 장낙한 외 3인), (p.157-159, 지학사, 이상권 외 7인), (p.159-161, 천재교육, 노태희 외 6인), (p.156-157, 미래엔, 최미화 외 5인), (p.147-148, 금성출판사, 하윤경 외 5인), (p.143-144, 비상교육, 박종석 외 7인)
- 제시문 (나): 화학 II - 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액(p.15-16, 비상교육, 박종석 외 7인), (p.18, 천재교육, 노태희 외 6인), (p.21-23, 상상아카데미, 장낙한 외 9인), (p.9, 교학사, 홍훈기 외 6인), (p.17-18, 지학사, 이상권 외 7인), (p.20-21, 미래엔, 최미화 외 5인)
- 제시문 (다): 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형(p.79-80, 비상교육, 박종석 외 7인), (p.91-92, 천재교육, 노태희 외 6인), (p.99-100, 상상아카데미, 장낙한 외 9인), (p.93-94, 교학사, 홍훈기 외 6인), (p.94-95, 지학사, 이상권 외 7인), (p.92-93, 미래엔, 최미화 외 5인)
- 제시문 (라): 화학 I - 단원 IV. 역동적인 화학 반응(p.180-181, 동아출판, 황성용 외 3인), (p.181-184, 와이비엠, 강대훈 외 3인), (p.174, 지학사, 이상권 외 7인), (p.181, 천재교육, 노태희 외 6인), (p.156-157, 미래엔, 최미화 외 5인)
- 제시문 (마): 화학 II - 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형(p.100-105, 비상교육, 박종석 외 7인), (p.111-117, 천재교육, 노태희 외 6인), (p.121-126, 상상아카데미, 장낙한 외 9인), (p.109-110, 교학사, 홍훈기 외 6인), (p.117, 지학사, 이상권 외 7인), (p.116-117, 미래엔, 최미화 외 5인)

출제의도

- 【문제 4-1】** 화학 I에서 다루는 액체와 기체 사이의 동적 평형과 화학 II에서 다루는 이상 기체의 성질과 화학 평형의 개념을 통합적으로 연계하여, 액체와 동적 평형 상태에 있는 기체가 화학 반응을 할 때 생성물과 반응물의 양적 변화를 논리적으로 도출해 낼 수 있는지 물어보는 문제이다. 닫혀 있는 용기에서 액체와 기체가 동적 평형 상태일 때, 액체의 증기압과 이상 기체 방정식을 접목하여 증발하는 액체의 양을 알아낼 수 있어야 한다. 또한, 기체의 화학 반응과 기체와 액체 사이의 동적 평형이 동시에 일어날 때, 액체와 동적 평형을 이루는 기체의 압력은 반응 정도와 관계없이 증기압과 동일하다는 것을 이해하여 평형 상태에서의 기체 생성물의 양 및 액체의 양을 논리적으로 구해 낼 수 있어야 한다. 이를 통해 고등학교 화학 교과와 기본 개념에 대한 통합적인 이해도와 논리적인 사고력을 평가하고자 한다.
- 【문제 4-2】** 화학 I에서 다루는 동적 평형과 물의 자동 이온화, 화학 II에서 다루는 산 염기 평형에 대한 개념 적용 문제로서, 화학 교과에 대한 전반적인 이해도 및 응용 능력을 평가하고자 하였다. 지시약은 주위의 pH 변화에 따라 이온화한 형태와 이온화하지 않은 형태의 비율이 크게 달라지며, 이 비율은 지시약의 산 이온화 상수(혹은 염기 이온화 상수)와 용액의 pH로부터 결정됨을 제시문의 내용으로부터 파악할 수 있어야 한다. 주어진 그림 자료로부터 지시약의 K_b 를 파악하고, 이를 응용하여 다른 염기를 포함하고 있는 수용액이 나타내는 색을 올바르게 유추할 수 있어야 한다. 또한 지시약이 산 혹은 염기로 작용하여 pH를 변화시키는 효과를 최소화하기 위해 색 구별이 가능한 최소량이 사용되어야 함을 설명할 수 있어야 한다. 일련의 문제 풀이 과정을 통해 화학 평형에 대한 통합적인 이해도를 평가하고 올바른 결론 도출을 위한 분석적 사고 능력을 측정하고자 하였다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 꼭지가 닫혀 있는 상태에서 액체 A는 증발하여 기체 A가 되고, 동적 평형 상태가 되면 기체 A의 압력은 A의 증기압과 같다. 따라서, 증발한 액체 A의 몰수를 $\Delta n_{\text{액}}$, 부피를 $\Delta V_{\text{액}}$, 액체 A의 밀도를 ρ_A , 분자량을 M_A 라고 할 때 다음의 식이 성립한다.

$$n_{\text{기}} = -\Delta n_{\text{액}} = -\frac{\Delta w_{\text{액}}}{M_A} = -\frac{\rho_A \Delta V_{\text{액}}}{M_A}, V_{\text{기}} = 1 - \Delta V_{\text{액}} \approx 1$$

$$0.72 \text{ atm} = \frac{n_{\text{기}} RT}{V_{\text{기}}} = -\frac{\Delta n_{\text{액}} RT}{1} = -\frac{\rho_A \Delta V_{\text{액}} RT}{M_A}$$

$$= -\frac{0.72 \text{ kg/L} \times \Delta V_{\text{액}}}{96 \text{ g/mol}} \times 0.08 \text{ atm L/(mol K)} \times 300 \text{ K}$$

위 식을 풀면 $\Delta V_{\text{액}} = -0.0040 \text{ L} = -4.0 \text{ mL}$ 이므로 남아 있는 액체의 부피는 $(100 - 4.0) \text{ mL} = 96 \text{ mL}$ 이다.

- ▶ 꼭지를 열었을 때 기체 A는 기체 B와 반응하여 기체 C를 생성하게 된다. 평형 상태에서 기체 A는 액체 A와 동적 평형을 이루고 있으므로 기체 A의 압력은 반응의 진행과 관계없이 증기압과 같다. 즉, 기체 A의 농도는 항상 다음과 같다.

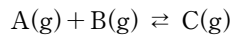
$$[A] = \frac{n_A}{V_A} = \frac{P}{RT} = \frac{0.72 \text{ atm}}{0.08 \text{ atm L/(mol K)} \times 300 \text{ K}} = 0.03 \text{ M}$$

꼭지를 열기 전 기체 B의 몰수와 꼭지를 열고 난 후 B의 농도는 다음과 같다.

$$n_B = \frac{PV}{RT} = \frac{2.4 \text{ atm} \times 1 \text{ L}}{0.08 \text{ atm L/(mol K)} \times 300 \text{ K}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$[B]_0 = \frac{n_B}{V_B} = \frac{0.1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.05 \text{ M}$$

이다.



	A의 몰 농도(M)	B의 몰 농도(M)	C의 몰 농도(M)
반응 전	0.03	0.05	0
반응 후	0.03	$0.05 - x$	x

따라서, $K = 50 = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{x}{0.03 \times (0.05 - x)}$ 이고, 이 식을 풀면 $[C] = x = 0.03 \text{ M}$ 이다.

생성된 C의 몰수는 $n_C = [C] \times V_C = 0.03 \text{ M} \times 2 \text{ L} = 0.06 \text{ mol}$ 이다.

- ▶ 초기 상태의 액체 A는 화학 반응을 통하여 0.06 mol 이 소모되었고, 2 L 의 기체 ($[A] \times V_A = 0.03 \text{ M} \times 2 \text{ L} = 0.06 \text{ mol}$)로 변하여 기체와 동적 평형을 이룬다. 따라서, 새로운 평형 상태에서 액체 A는 0.12 mol 만큼 줄어들게 되므로 평형 상태에서 액체 A의 부피는

$$100 + \frac{\Delta n_{\text{액}} M_A}{\rho_A} = 100 \text{ mL} + \frac{(-0.12 \text{ mol}) \times 96 \text{ g/mol}}{0.72 \text{ g/mL}} = 84 \text{ mL}$$

가 된다.

채점기준

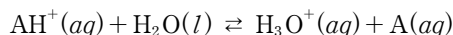
1. 꼭지를 열기 전 남아 있는 액체 A의 부피를 바르게 구하면 **+5점**
2. 꼭지를 열고 나서 새로운 평형에 도달했을 때 생성물 C의 몰수를 바르게 구하면 **+5점**
3. 꼭지를 열고 나서 평형에 도달했을 때 남아 있는 액체 A의 부피를 바르게 구하면 **+5점**

※ 계산을 잘못하면 -1점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2 점 점수 조절 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 지시약 A의 짝산인 AH^+ 의 산 이온화 반응과 그 평형 상수식은 다음과 같다.



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}]}{[\text{AH}^+]}$$

- ▶ 위의 평형 상수식에서 AH^+ 의 산 이온화 상수 K_a 와 pH, 즉 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 알면 다음의 식을 통해 $[\text{AH}^+]$ 와 $[\text{A}]$ 의 비율을 결정할 수 있다.

$$\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{A}]}{[\text{AH}^+]}$$

- ▶ 지시약 A가 들어있는 용액의 색이 녹색에서부터 파란색으로 바뀌는 pH는 10인데, 이 지점에서 $\frac{[\text{A}]}{[\text{AH}^+]}$ 의 값이 10이 된다.
이는 즉 $\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 10$ 임을 의미하며 이때 수소 이온의 농도를 이용하면 K_a 의 값을 얻을 수 있다.

$$\text{pH}=10 \text{에서 } [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_a}{1 \times 10^{-10}} = 10$$

$$K_a = 1 \times 10^{-9}$$

- ▶ 마찬가지로 지시약 A가 들어있는 용액의 색이 노란색에서부터 녹색으로 바뀌는 pH는 8인데, 이 지점에서 $\frac{[\text{A}]}{[\text{AH}^+]}$ 의 값이 $\frac{1}{10}$ 이 된다. 이는 즉 $\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1}{10}$ 임을 의미하며 이때 수소 이온의 농도를 이용하면 K_a 의 값을 얻을 수 있다.

$$\text{pH}=8 \text{에서 } [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-8} \text{ M}$$

$$\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_a}{1 \times 10^{-8}} = \frac{1}{10}$$

$$K_a = 1 \times 10^{-9}$$

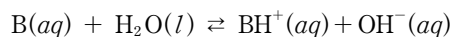
- ▶ 이를 통해 AH^+ 의 K_a 가 10^{-9} 의 값을 가짐을 알 수 있다. 지시약 A의 염기 이온화 상수 K_b 와 그 짝산 AH^+ 의 산 이온화 상수 K_a 의 곱은 물의 이온곱 상수와 항상 같은 것을 이용하여 K_b 의 값을 구할 수 있다.

$$K_a \times K_b = 1 \times 10^{-14}$$

$$1 \times 10^{-9} \times K_b = 1 \times 10^{-14}$$

$$K_b = 1 \times 10^{-5}$$

- ▶ 염기 이온화 상수 K_b 가 25°C 에서 1×10^{-9} 인 가상의 약염기 B가 0.1 M 들어있는 수용액의 pH를 구하면 다음과 같다.



$$K_b = 1 \times 10^{-9} = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{0.1 - x}$$

약염기인 B의 이온화도는 매우 낮으므로 $0.1 - x \approx 0.1$

$$1 \times 10^{-9} = \frac{x^2}{0.1 - x} \approx \frac{x^2}{0.1}$$

$$x = 1 \times 10^{-5} \text{ M} = [\text{OH}^-]$$

$$\therefore \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \log[\text{OH}^-] = 9$$

- ▶ B를 포함한 용액의 pH가 9이므로, 지시약이 가리키는 용액의 색깔은 녹색이다.
▶ 지시약 또한 고유의 K_a 혹은 K_b 를 가지므로 산 혹은 염기로 작용하여 용액의 pH에 변화를 줄 수 있다. 따라서 용액의 색깔을 구별할 수 있는 최소한의 지시약을 사용하는 것이 중요하다.

채점기준

1. 주어진 자료로부터 A의 K_b 를 올바르게 계산하면 **+7점**
2. 약염기 B가 들어있는 용액의 pH와 색깔을 올바르게 제시하면 **+5점** (색깔만 제시한 경우 **0점**)
3. 지시약 고유의 산성 혹은 염기성에 대해 올바르게 언급하면 **+3점**

※ 계산을 잘못하면 -1점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2 점 점수 조절 가능함.

V.

2022학년도 수시모집 논술시험 기출문제 및 해설

1. 자연계열 I (1교시) 문제	051
2. 자연계열 I (1교시) 문제해설	061
3. 자연계열 II (2교시) 문제	072
4. 자연계열 II (2교시) 문제해설	083
5. 자연계열 III (3교시) 문제	094
6. 자연계열 III (3교시) 문제해설	104



자연계열 I (1교시) 문제



수학

[문제 1] 다음 상황에 기초하여 문제에 답하시오.

아래와 같이 번호가 부여된 8개의 의자가 있다. 1번부터 7번까지의 서로 다른 등번호를 부여받은 7명의 사람들을 7개의 의자에 앉히려고 한다.



단, 자리를 배치할 때, 다음의 조건을 모두 만족하여야 한다.

- 한 의자에 2명 이상 앉을 수 없다.
- 모든 사람은 본인의 등번호보다 큰 번호의 의자에 앉을 수 없다.
- 등번호가 5번인 사람은 4번, 5번 의자 중 하나에 앉아야 한다.
- 등번호가 6번인 사람은 4번, 5번, 6번 의자 중 하나에 앉아야 한다.
- 등번호가 7번인 사람은 6번, 7번 의자 중 하나에 앉아야 한다.

자리를 배치하는 경우의 수를 구하시오. [20점]

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 미분가능한 두 함수 $y=f(u)$, $u=g(x)$ 에 대하여 합성함수 $y=f(g(x))$ 의 도함수는 $\{f(g(x))\}'=f'(g(x))g'(x)$ 이다.
- 두 점 $A(a_1, a_2)$, $B(b_1, b_2)$ 에 대하여 벡터 $\overrightarrow{AB}$ 는 (b_1-a_1, b_2-a_2) 로 주어진다.
- 함수 $f(x)$ 가 $x=a$ 에서 미분가능하고 $x=a$ 에서 극값을 가지면 $f'(a)=0$ 이다. 미분가능한 함수 $f(x)$ 에 대하여 $f'(a)=0$ 이고, $x=a$ 의 좌우에서 $f'(x)$ 의 부호가 양에서 음으로 바뀌면 $f(x)$ 는 $x=a$ 에서 극대이다.

[문제 2-1] 좌표평면 위의 곡선 $9y^2=64(1-\sqrt{x})^3$ 의 길이를 구하시오. (단, $x \geq \frac{1}{2}$, $y \geq 0$ 이다.) [10점]

[문제 2-2] 좌표평면 위의 점 $P(x, y)$ 가 다음의 조건을 만족하면서 연속적으로 움직인다고 하자.

(가) 점 $P(x, y)$ 는 시각 $t=0$ 일 때, $(\sqrt{2}, 0)$ 에서 출발하여 타원 $x^2+2y^2=2$ 를 따라 반시계방향으로 움직이기 시작한다.

(나) 점 $P(x, y)$ 는 시각 t ($t \geq 0$)일 때, 타원 $x^2+2y^2=2$ 의 두 초점 A와 B에 대하여 $\overrightarrow{PA} \cdot \overrightarrow{PB} = \frac{2+t^2}{2(1+t+t^2)}$ 을 만족한다.

삼각형 PAB의 넓이를 S 라 할 때, S^2 의 최댓값을 구하시오. [15점]

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 함수 $f(x)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 연속이면 함수 $f(x)$ 는 이 닫힌구간에서 반드시 최댓값과 최솟값을 갖는다.
- 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 두 함수 $f(x), g(x)$ 의 도함수가 연속일 때 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^b f(x)g'(x)dx = [f(x)g(x)]_a^b - \int_a^b f'(x)g(x)dx$$

- 미분가능한 함수 $g(t)$ 에 대하여 $x=g(t)$ 로 놓으면 $\int f(x)dx = \int f(g(t))g'(t)dt$ 이다.

[문제 3-1] 좌표평면 위의 두 점 $A(a, 0)$, $B(b, b^2+1)$ 과 원점 O 가 이루는 삼각형 OAB 의 넓이가 4라고 하자.
이때 $20(2a+b^2)-(2a+b^2)^2$ 의 최댓값 M 과 최솟값 m 을 각각 구하시오. (단, $a \geq 1$ 이다.) [10점]

[문제 3-2] $0 \leq x \leq \frac{\pi}{3}$ 에서 정의된 연속함수 $f(x)$ 는 다음을 만족한다.

$$(가) (f(x))^2 \cos^2 x - 2f(x)(1 + \sin x) \cos x + (1 + \sin x)^2 \cos^2 x = 0$$

$$(나) f\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{3\sqrt{3}}{2}$$

이때 정적분 $\int_0^{\frac{\pi}{6}} \{f'(x) \cos x - f(x) \sin x\} e^{\sin x} dx$ 의 값을 구하시오. [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 가설이란 관찰을 통해 인식한 문제를 해결하기 위한 잠정적인 답이다. 가설은 예측 가능해야 하고, 옳은지 그른지 실험이나 관찰을 통해 확인할 수 있어야 한다. 가설을 검증하기 위하여 탐구를 설계하고 수행한다. 탐구를 수행할 때는 대조군을 설정하고 실험군과 비교하는 대조 실험을 하여 실험 결과의 타당성을 높여야 한다. 실험에 관계되는 요인을 변인이라고 하는데, 변인에는 독립변인과 종속변인이 있다. 이처럼 자연 현상에서 문제를 인식하고 가설을 세워 이를 실험적으로 검증하는 탐구 방법을 가설을 활용한 연역적 탐구 방법이라고 한다.
- (나) 세포가 세포 호흡을 통해 에너지를 전환하는 과정에서 여러 가지 노폐물이 생성된다. 배설은 이산화 탄소, 물, 암모니아와 같이 물질대사의 결과로 생성된 노폐물이나 독성 물질을 몸 밖으로 내보내는 과정이다. 암모니아는 독성이 강해 간에서 물질대사를 통해 독성이 약한 요소로 전환된다. 물질대사의 결과로 생성되는 물질 중 여분의 물과 요소는 순환계를 통해 배설계로 이동하며, 배설계에서는 혈액 속의 요소를 걸러 내어 물과 함께 오줌으로 배설한다. 이처럼 노폐물의 배설 과정은 물질대사와 호흡계, 순환계, 배설계의 통합 작용으로 일어난다. 물질대사의 결과로 생성된 노폐물이 배설되지 못하면 세포나 조직이 해를 입는다.
- (다) 말초 신경계는 구심성 뉴런과 원심성 뉴런으로 나눌 수 있다. 감각기에서 받아들인 자극은 구심성 뉴런을 통해 중추 신경계로 전달되고, 중추 신경계에서 내린 반응 명령은 원심성 뉴런을 통해 근육이나 분비샘 등의 반응기로 전달된다. 원심성 뉴런으로 구성된 신경계는 체성 신경계와 자율 신경계로 구분된다. 체성 신경계는 대뇌의 지배를 받아 의식적인 골격근의 반응을 조절한다. 자율 신경계는 대뇌의 영향을 직접 받지 않고 간뇌, 중간뇌, 연수의 조절을 받아 몸의 기능을 조절하는데, 자율 신경계의 말단이 내장 기관, 혈관, 분비샘에 분포하여 주로 소화, 순환, 호흡 운동과 호르몬 분비 등 생명 유지에 필수적인 기능을 조절한다.
- (라) 교감 신경과 부교감 신경은 대부분 내장 기관에 같이 분포하면서 서로 반대 효과를 나타내는 길항 작용을 한다. 일반적으로 교감 신경은 위기 상황에 처했을 때 몸 상태를 위기 상황에 대처할 수 있도록 긴장 상태로 만들어 주고, 부교감 신경은 이를 원래 상태로 되돌리는 작용을 한다. 사람이 위험한 상황에 처하거나 스트레스를 받으면 교감 신경이 활성화되어 부신 속질에서 에피네프린의 분비가 촉진된다. 에피네프린은 간에 저장된 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하고, 분해된 포도당을 혈액으로 방출하여 혈당량을 높인다. 또한 교감 신경의 활성화에 의해 동공이 커지고, 심장 박동이 촉진되며, 호흡이 빨라진다. 그리고 위급한 상황이 지나가면 부교감 신경이 원래의 편안한 상태로 회복시켜 준다. 자율 신경의 길항 작용은 항상성에 매우 중요한 역할을 한다. 간뇌의 시상 하부는 체내 상태의 변화가 감지되면 자율 신경을 통해 내장 기관의 기능과 호르몬 분비를 조절하여 체내 상태를 일정하게 유지한다.

[문제 4-1] 고혈압 치료제 후보 물질들이 기관계 상호작용에 어떤 영향을 주는지 확인하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다.

[실험 과정]

- I. 고혈압 치료제 후보 물질 X와 Y를 각각 용매 S에 녹여 약물 A와 B를 만든 후, 서로 다른 생쥐에게 혈관을 통해 약물을 주입하였다.
- II. 약물 주입 2일 후, 생쥐의 각 기관의 물질 함유량을 물질 분석기를 이용하여 측정하고, 그 결과를 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 물질 분석 결과

(수치는 상댓값)

물질	산소			이산화탄소			요소			암모니아			물		
	미처리	A	B	미처리	A	B	미처리	A	B	미처리	A	B	미처리	A	B
근육	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
간	1.0	1.1	1.1	1.0	1.2	1.1	1.0	2.1	1.2	1.0	11.2	1.1	1.0	1.0	1.0
콩팥	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	20.3	20.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2
폐	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2

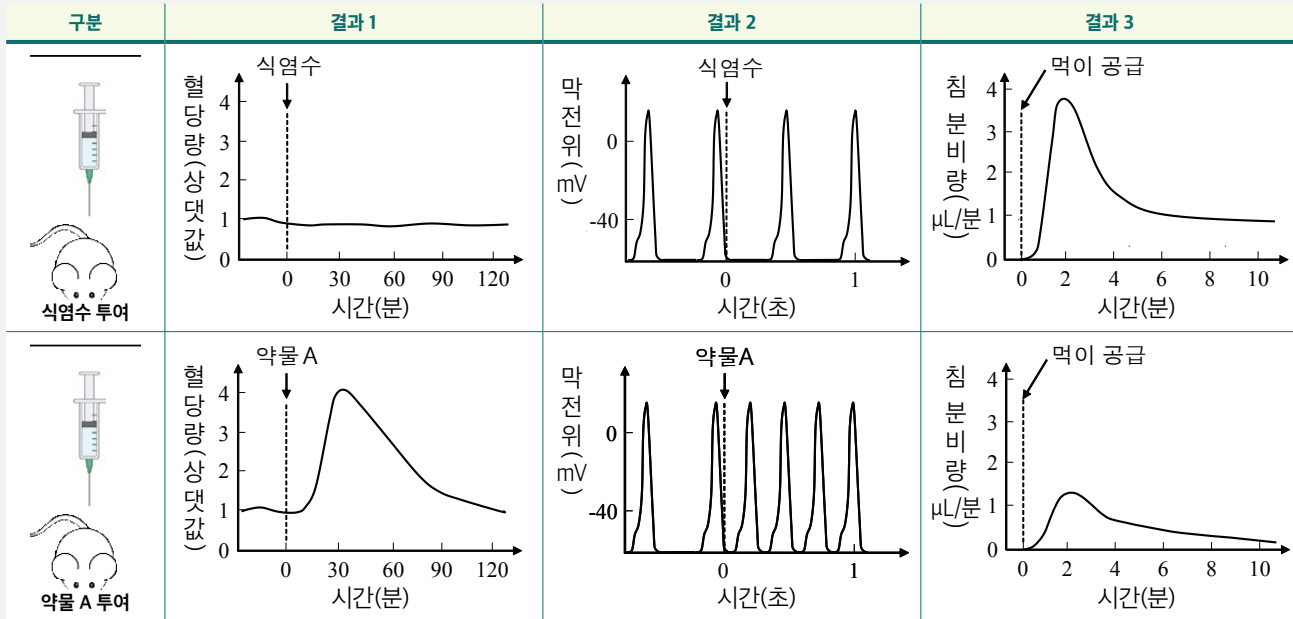
위의 실험 결과를 종합적으로 해석하여 고혈압 치료제 후보 물질 X와 Y 가운데 인체에 보다 안전하게 사용할 수 있는 물질은 무엇인지와 그 이유를 논리적으로 제시하고, 이 실험 결과의 타당성을 높이기 위해서는 어떤 실험을 추가해야 하는지 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. (단, 실험에 사용한 모든 생쥐는 유전적으로 동일한 정상 생쥐이다.) [15점]

[문제 4-2] 다음은 저혈당 치료제로 개발 중인 약물 A의 효능을 보기 위해 진행한 실험 과정과 결과를 나타낸 것이다.

[실험 과정]

- I. 10시간 동안 먹이를 주지 않은 다음, 서로 다른 생쥐에게 식염수와 약물 A를 각각 투여하였다.
- II. 투여 전과 후, 시간에 따른 혈당량을 <결과 1>에 나타내었다.
- III. 투여 전과후, 생쥐 심장 세포의 막전위 변화를 <결과 2>에 나타내었다.
- IV. 투여 30분 후, 생쥐에게 먹이를 주고 시간당 침 분비량을 측정하여 <결과 3>에 나타내었다.

[실험 결과]



위 실험 결과를 통합적으로 해석하고, 약물 A가 생쥐에게 어떤 영향을 주는지 설명하시오. 또한 제시문 (다)와 (라)를 바탕으로 약물 A를 투여한 생쥐에서 시간에 따른 혈당량 변화의 이유를 논리적으로 설명하시오. (단, 실험에 사용한 모든 생쥐는 유전적으로 동일한 정상 생쥐이다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 마찰이 없는 수평면 위에서 질량이 각각 m_A, m_B 이고 속도가 v_A, v_B 인 물체 A, B가 직선상에서 운동하다가 충돌한 후 속도가 각각 v_A', v_B' 이 될 때 다음 식이 성립한다.

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

위의 식에서 좌변은 충돌 전 두 물체의 운동량의 합을 나타내고, 우변은 충돌 후 두 물체의 운동량의 합을 나타낸다. 따라서 충돌 과정에서 두 물체의 상호 작용으로 각각의 운동량은 변하지만 두 물체의 운동량의 합은 일정하게 보존됨을 알 수 있다. 일반적으로 외부에서 힘이 작용하지 않으면 물체들의 운동량의 총합은 항상 일정하게 보존된다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다. 운동량 보존 법칙은 한 개의 물체가 여러 개로 분리되는 경우에도 성립된다. 또한 두 물체가 충돌 후 함께 붙어서 운동하는 경우에도 성립된다.

- (나) 갈릴레이는 물체에 작용하는 마찰력을 무시하면 수평면에서는 힘이 작용하지 않아도 물체가 계속 등속도로 운동을 한다고 생각하였고, 이러한 현상이 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질(관성)을 가지기 때문에 나타난다고 하였다. 뉴턴은 등속도 운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이라고 하였다. 즉, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면, 등속도 운동을 하던 물체는 계속 등속도 운동을 한다. 이를 뉴턴 제1법칙 또는 관성 법칙이라고 한다.

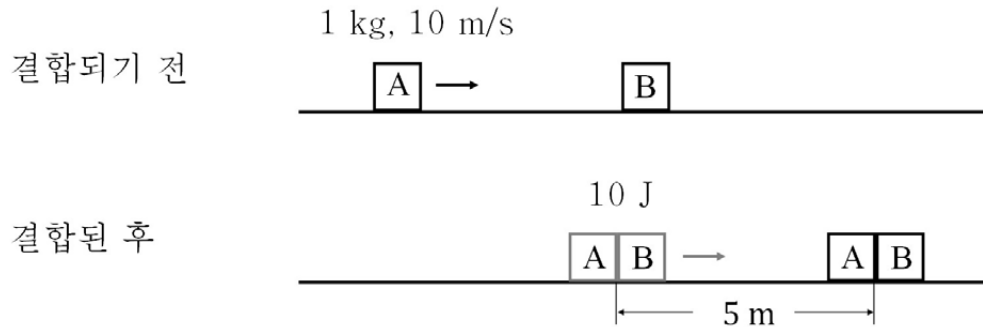
- (다) 볼링공에 힘을 작용하여 일을 해 주면 볼링공은 굴러가 핀을 쓰러뜨리는 일을 할 수 있다. 움직이는 볼링공처럼 운동하는 물체가 가진 에너지를 운동 에너지라고 한다. 볼링공을 같은 속력으로 굴리더라도 질량이 클수록 핀을 잘 쓰러뜨린다. 또한, 볼링공의 질량이 같을 때는 더 빠른 속력으로 굴러가는 볼링공이 핀을 잘 쓰러뜨린다. 이처럼 물체의 운동 에너지는 물체의 질량이 클수록, 속력이 빠를수록 크다. 질량이 m , 속력이 v 인 물체의 운동 에너지 E_k 는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 으로 나타낼 수 있다. 운동 에너지의 단위는 J이다.

- (라) 높은 곳에서 물체를 오른쪽 수평 방향으로 v_0 의 속도로 던졌을 때 물체는 수평 방향으로 v_0 의 속도로 등속도 운동을, 연직 방향으로 중력 가속도 g 로 등가속도 운동을 한다. 따라서 오른쪽 수평 방향을 $+x$ 축 방향으로, 연직 아래 방향을 $+y$ 축 방향으로 하고 던진 지점을 기준으로 하면, 던진 순간부터 시간 t 가 지났을 때 물체의 속도와 위치의 x 성분, y 성분은 각각 다음과 같다.

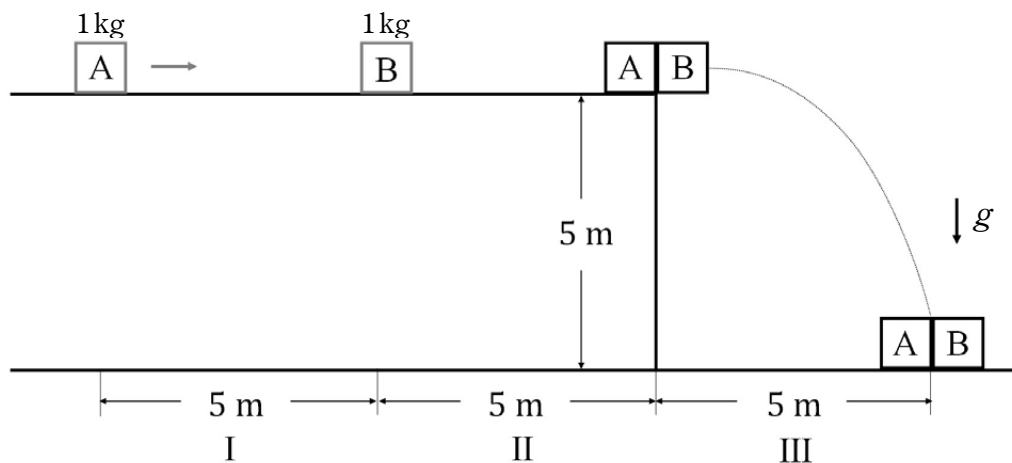
$$v_x = v_0, v_y = gt$$

$$x = v_0 t, y = \frac{1}{2}gt^2$$

[문제 4-1] 그림과 같이 마찰이 없는 평면에서 질량이 1 kg 인 물체 A가 속력 10 m/s 로 직선 운동을 한 후, 정지해 있던 물체 B와 한 덩어리로 결합되어 직선 운동을 한다. A와 B가 결합된 후 총 운동 에너지는 10 J 이다. 결합된 물체가 결합된 후 거리 5 m 만큼 운동하는 데 걸린 시간을 제시문 (가) - (다)에 근거하여 논리적으로 구하시오. (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림은 마찰이 없는 평면에서 질량이 1 kg 으로 동일한 물체 A, B가 직선 운동을 하다가 낙하하는 운동을 나타낸다. A는 구간 I에서 거리 5 m 를 이동한 후 정지해 있던 B와 한 덩어리로 결합된다. 결합된 물체는 구간 II에서 거리 5 m 를 이동한 후, 구간 III에서 중력에 의한 포물선 운동을 한다. 결합된 물체가 구간 III에서 수평으로 이동한 거리는 5 m 이고 낙하 거리는 5 m 이다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 물체가 구간 I, II, III을 이동한 시간을 각각 논리적으로 구하시오. (단, 중력 가속도 g 는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.) [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 화학 반응식으로 알 수 있는 다양한 정보 가운데 반응물과 생성물 사이의 양적 관계가 중요하다. 화학 반응식을 이용하여 주어진 반응물로부터 얻을 수 있는 생성물의 양을 계산할 수 있고, 반대로 일정한 양의 생성물을 얻는 데 필요한 반응물의 양도 계산할 수 있다. 또한 화학 반응에서 몰과 질량의 관계를 이용하면 주어진 물질의 질량을 이용하여 다른 물질의 질량도 계산할 수 있다.
- (나) 반응물이나 생성물에 기체가 포함된 화학 반응식의 계수비는 기체의 부피비와도 같다. 이처럼 온도와 압력이 같을 때 반응 기체와 생성 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다. 또한 반응물의 질량 총합과 생성물의 질량 총합은 항상 같은데, 이를 질량 보존 법칙이라고 한다.
- (다) 같은 원소의 원자들은 양성자수가 모두 같지만, 중성자수는 서로 다른 것이 존재하기도 한다. 예를 들어 양성자가 1개인 수소에는 중성자가 없는 수소와 중성자가 1개 있는 중수소, 중성자가 2개 있는 삼중수소가 있다. 이와 같이 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원자들을 동위 원소라고 한다. 동위 원소가 자연에 존재하는 비율은 장소에 상관없이 거의 일정하며, 이를 동위 원소의 존재비라고 한다. 주기율표에 제시된 원소의 원자량은 각 동위 원소의 원자량과 존재비를 이용하여 구한 평균 원자량이다.
- (라) 기체의 부피(V)는 기체의 몰수(n)와 절대 온도(T)에 비례하고 압력(P)에 반비례한다. 이를 비례 상수(R)를 이용하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고, 이 식을 이상 기체 방정식이라고 한다. 이 R 를 기체 상수라고 한다.

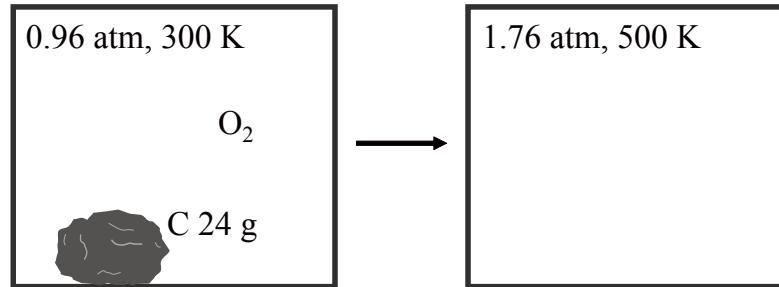
$$PV=nRT$$

기체의 압력은 기체 분자가 용기 벽면에 충돌하여 나타나므로 기체 분자의 수가 많을수록 기체의 압력이 커진다. 즉, 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 몰수에 비례한다. 따라서 기체 A가 들어 있는 일정한 부피의 용기에 기체 B를 더 넣으면 기체 B의 압력만큼 전체 압력이 커진다.

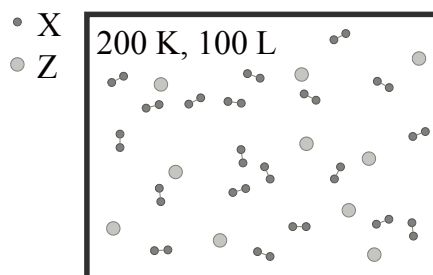
$$P_T=P_A+P_B$$

이때 P_T 는 혼합 기체의 전체 압력이고, P_A 와 P_B 는 혼합 기체에서 기체 A와 기체 B가 각각 차지하는 압력으로 부분 압력 또는 분압이라고 한다. 돌턴은 혼합 기체의 전체 압력이 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다는 것을 밝혔고, 이를 부분 압력 법칙이라고 한다.

[문제 4-1] 그림과 같이 부피가 100 L로 일정한 용기에 순수한 흑연(C) 24 g과 산소 기체(O_2)가 들어 있다. 초기 상태에서 용기의 압력과 온도는 각각 0.96 atm, 300 K이다. 용기 내의 모든 흑연을 남김없이 연소시켰을 때 기체 분자만 남고 용기의 압력과 온도가 각각 1.76 atm, 500 K이 되었다면, 이때 용기 내에 존재하는 모든 기체의 종류와 각각의 질량을 제시문 (가), (나), (라)에 근거하여 논리적으로 구하시오. (단, 흑연의 부피는 무시하며, C와 O의 원자량은 각각 12와 16이다. 기체 상수는 $0.08 \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 이다.) [15점]



[문제 4-2] 가상의 원소 X는 ^{17}X , ^{18}X , ^{19}X 의 동위 원소가 존재하며, 존재 비율은 각각 70%, 20%, 10%이다. 가상의 원소 Z는 ^4Z 만 존재한다. 그림과 같이 온도 200 K, 부피 100 L의 용기에 기체 X_2 와 Z가 혼합되어 있으며, X_2 의 부분 압력이 Z의 부분 압력의 2배이다. X_2 중 분자량이 36인 X_2 의 존재 비율과 X_2 의 평균 분자량을 제시문 (다)에 근거하여 논리적으로 각각 구하시오. 또한 분자량이 36인 X_2 의 부분 압력이 0.72 atm이라면 용기 내 전체 기체의 질량을 제시문 (라)에 근거하여 논리적으로 구하시오. (단, 기체 상수는 $0.08 \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 이고, X_2 와 Z는 서로 반응하지 않는다. 동위 원소의 존재비는 시간에 따라 변하지 않는다.) [15점]



동위 원소	존재 비율(%)
^{17}X	70%
^{18}X	20%
^{19}X	10%

자연계열 I (1교시) 문제해설



수학

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 1] 제시문

수학, (주)금성출판사(2020), 배종숙 외, p.262-271 / 수학, 천재교과서(2020), 류희찬 외, p.258-267

수학, (주)교학사(2020), 권오남 외, p.255-267

[문제 2] 미적분, 비상교육(2019), 김원경 외, p.80 / 미적분, 천재교육(2021), 이준열 외, p.89 / 기하, 비상교육(2019), 김원경 외, p.80
기하, 지학사(2019), 홍성복 외, p.87 / 수학II, 미래엔(2019), 황선욱 외, p.87 / 수학II, 신사고(2020), 고성은 외, p.85

[문제 3] 수학II, (주)금성출판사(2019), 배종숙 외, p.38-41, 87-91 / 미적분, 천재교육(2019), 이준열 외, p.147-159
수학, (주)금성출판사(2019), 배종숙 외, p.58-62

출제의도

[문제 1] 주어진 상황에서 가능한 모든 경우의 수를 논리적으로 사고하여 정확하게 계산하는 문제이다. 본 문제에서는 여러 조건 하에서 등 번호와 의자번호를 매칭하는 경우의 수를 계산할 수 있는가를 평가한다. 이 과정 중에서 경우의 수, 순열 개념이 사용된다. 본 문제는 경우의 수의 개념 및 순열의 의미 및 순열의 수 계산능력을 평가하며 난이도는 '중, 하' 정도로 볼 수 있다.

[문제 2]

[문제 2-1] 함수의 방정식으로부터 주어진 함수의 정의역을 찾을 수 있는지를 평가한다. 곡선의 길이를 미분과 적분을 이용하여 정적분으로 표현할 수 있는지, 그리고 표현한 정적분을 계산할 수 있는지를 평가한다.

[문제 2-2] 좌표평면에서 운동하는 점의 좌표를 평면벡터의 내적과 타원의 방정식을 이용하여 (시간)변수로 매개화된 함수로 적절하게 표현할 수 있는지를 평가한다. 그리고 도함수를 활용하여 함수의 극솟값과 극댓값을 찾고 이를 이용하여 함수의 최댓값을 구하는 과정을 이해하는지를 평가한다.

[문제 3]

[문제 3-1] 닫힌 구간에서 정의된 연속함수가 최댓값, 최솟값을 가짐을 알고 미분과 이차방정식을 이용하여 최댓값, 최솟값을 구할 수 있는지 평가한다.

[문제 3-2] 주어진 $f(x)$ 에 대한 이차방정식을 완전제곱식으로 풀어서 $f(x)$ 를 구하고, 주어진 정적분을 치환, 부분적분 등을 이용하여 구할 수 있는지 평가한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 1] 예시답안

먼저, 등번호가 5번, 6번, 7번인 사람의 자리를 고려하면 아래의 6가지 경우가 있다.

등번호	5	6	7	남은 자리
자리번호	4	5	6	{0, 1, 2, 3, 7}
	4	5	7	{0, 1, 2, 3, 6}
	4	6	7	{0, 1, 2, 3, 5}
	5	4	6	{0, 1, 2, 3, 7}
	5	4	7	{0, 1, 2, 3, 6}
	5	6	7	{0, 1, 2, 3, 4}

나머지 사람인 등번호 1, 2, 3, 4번의 사람이 앉을 수 있는 경우를 고려해보자.

예를 들어, 남은 자리가 {0, 1, 2, 3, 7}인 경우는 다음과 같이 계산된다.

- － 등번호 1번 사람이 선택할 수 있는 경우의 수 - 2가지 (0번 자리, 1번 자리)
- － 등번호 2번 사람이 선택할 수 있는 경우의 수 - 2가지 (0번, 1번, 2번 자리 중 등번호 1번이 선택하지 않은 자리)
- － 등번호 3번 사람이 선택할 수 있는 경우의 수 - 2가지 (0번, 1번, 2번, 3번 자리 중 등번호 1번, 2번이 선택하지 않은 자리)
- － 등번호 4번 사람이 선택할 수 있는 경우의 수 - 1가지 (0번, 1번, 2번, 3번 자리 중 등번호 1번, 2번, 3번이 선택하지 않은 자리)

따라서, 모든 경우의 수는 $2 \times 2 \times 2 \times 1=8$ 이다.

위의 계산과정을 모든 경우에 대하여 반복하면 아래와 같이 계산된다.

등번호	5	6	7	남은 자리	1, 2, 3, 4번이 앉을 수 있는 경우의 수
자리번호	4	5	6	{0, 1, 2, 3, 7}	$2 \times 2 \times 2 \times 1=8$
	4	5	7	{0, 1, 2, 3, 6}	$2 \times 2 \times 2 \times 1=8$
	4	6	7	{0, 1, 2, 3, 5}	$2 \times 2 \times 2 \times 1=8$
	5	4	6	{0, 1, 2, 3, 7}	$2 \times 2 \times 2 \times 1=8$
	5	4	7	{0, 1, 2, 3, 6}	$2 \times 2 \times 2 \times 1=8$
	5	6	7	{0, 1, 2, 3, 4}	$2 \times 2 \times 2 \times 2=16$

따라서, 모든 경우의 수는 $8 \times 5 + 16=56$ 이다.

채점기준

- 등번호 5번, 6번, 7번이 앉을 수 있는 경우 6개를 모두 찾은 경우: **+10점**
- 6개 경우에 대한 경우의 수를 바르게 계산한 경우: **+10점**
 - － 남은 자리 {0, 1, 2, 3, 4}인 경우에 해당하는 $2 \times 2 \times 2 \times 2=16$ 개를 못찾은 경우: **2점 감점**
 - － 그 외의 5개 경우: **각 1점 감점**

※ 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 2-1] 예시답안

주어진 식으로부터 x 의 범위 $\frac{1}{2} \leq x \leq 1$ 를 얻는다. 그리고 합성함수 $y=\frac{8}{3}(1-\sqrt{x})^3$ 를 미분하여 $\frac{dy}{dx}=-\frac{2(1-\sqrt{x})^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{x}}$ 을 얻는다. (또는 음함수 미분법을 이용하여 동일한 결과를 얻을 수 있다.) 마지막으로 다음과 같이 적분을 계산하여 해당 곡선의 길이를 구한다.

$$\begin{aligned} \int_{\frac{1}{2}}^1 \sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx &= \int_{\frac{1}{2}}^1 \sqrt{1+\frac{4(1-\sqrt{x})}{x}} dx = \int_{\frac{1}{2}}^1 \sqrt{\left(1-\frac{2}{\sqrt{x}}\right)^2} dx \\ &= \int_{\frac{1}{2}}^1 \left(\frac{2}{\sqrt{x}}-1\right) dx = \frac{7}{2}-2\sqrt{2} \end{aligned}$$

채점기준

- x 범위 $\frac{1}{2} \leq x \leq 1$ 를 얻으면 **+2점**
- 미분을 계산하여 $\frac{dy}{dx} = -\frac{2(1-\sqrt{x})^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{x}}$ 을 얻으면 **+3점**
- 곡선의 길이를 적분 $\int_{\frac{1}{2}}^1 \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$ 를 이용해 구할 수 있다는 것을 알고 있으면 **+1점**
- 적분 $\int_{\frac{1}{2}}^1 \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$ 를 계산하여 정답을 얻으면 **+4점** (부호에 오류가 있는 경우 **2점 감점**)

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

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

[문제 2-2] 예시답안

조건 (나)로부터

$$\frac{2+t^2}{2(1+t+t^2)} = \overrightarrow{PA} \cdot \overrightarrow{PB} = (-1-x, -y) \cdot (1-x, -y) = -1+x^2+y^2$$

을 얻은 후, (가)의 타원 방정식을 대입하여

$$\frac{2+t^2}{2(1+t+t^2)} = -1 + (2-2y^2) + y^2 = 1-y^2 \Rightarrow \{y(t)^2\} = \frac{2t+t^2}{2(1+t+t^2)}$$

를 구한다. 이때 삼각형 PAB의 넓이는 $y(t)$ 이므로 $\{y(t)^2\}$ 의 최댓값을 구하면 된다. $\{y(t)^2\}$ 의 최댓값을 구하기 위하여 $\{y(t)^2\}$ 의 미분을 계산하면 $\{y(t)^2\}' = \frac{2+2t-t^2}{2(1+t+t^2)^2}$ 이므로, $t=1+\sqrt{3}$ 일 때 $\{y(t)^2\}$ 의 최댓값 $\{y(1+\sqrt{3})\}^2 = \frac{3+2\sqrt{3}}{6+3\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 을 가진다는 것을 알 수 있다.

채점기준

- 내적의 정의와 조건 (나)를 이용하여 관계식 $\frac{2+t^2}{2(1+t+t^2)} = -1+x^2+y^2$ 를 얻으면 **+3점**
- 조건 (가)를 이용하여 $\{y(t)^2\} = \frac{2t+t^2}{2(1+t+t^2)}$ 를 얻으면 **+3점**
- $\{y(t)^2\}$ 를 도함수 $\{y(t)^2\}' = \frac{2+2t-t^2}{2(1+t+t^2)^2}$ 를 얻으면 **+3점**
- 극대, 극소를 판정하여 최종적으로 정답 $\frac{3+2\sqrt{3}}{6+3\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 을 얻으면 **+6점**

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

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

[문제 3-1] 예시답안

넓이 조건에서 $a(b^2+1)=8$ 이 나온다. $1+b^2 \geq 1$ 이므로 $a \leq 8$ 이고 범위 $1 \leq a \leq 8$ 을 얻을 수 있다. $a(b^2+1)=8$ 을 대입하면 $2a+b^2=2a+\frac{8}{a}-1=f(a)$ 이 되고 미분하여 $a=2$ 에서 최솟값 $f(2)=7$ 을 갖고 $f(1)=9$, $f(8)=16$ 이므로 $7 \leq 2a+b^2 \leq 16$ 이다. 이 구간에 대하여 $20(2a+b^2)-(2a+b^2)^2$ 은 $2a+b^2=10$ 에서 최댓값 $M=100$ 을 가지고 $2a+b^2=16$ 에서 최솟값 $m=64$ 을 갖는다.

채점기준

- $a(b^2+1)=8$ 와 $1 \leq a \leq 8$ 보이면 **+4점**
- $7 \leq 2a+b^2 \leq 16$ 보이면 **+4점**

- $M=100, m=64$ 보이면 **+2점**

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

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

[문제 3-2] 예시답안

[방법 1]

조건 (가)에서 주어진 식을 $(1 + \sin x)^2$ 로 나누고 이차방정식을 풀어서 정리하면 $\frac{\cos x}{1 + \sin x}f(x) = 1 \pm \sin x$ 이고 조건 (나)를 만족시키는 연속함수는 다음과 같다.

$$\cos x f(x) = (1 + \sin x)^2 \quad (*)$$

$f'(x)\cos x - f(x)\sin x = (f(x)\cos x)'$ 을 고려하고 (*)을 쓰면

$$(f(x)\cos x)' = ((1 + \sin x)^2)' = 2(1 + \sin x)\cos x \text{ 이므로}$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{6}} (f'(x)\cos x - f(x)\sin x) e^{\sin x} dx = \int_0^{\frac{\pi}{6}} 2(\sin x + 1)\cos x e^{\sin x} dx$$

이고 $\sin x = t$ 로 치환적분하면 $\int_0^{\frac{1}{2}} 2(t+1)e^t dt$ 이 되고 부분적분하면 $\sqrt{e}$ 가 된다.

[방법 2]

조건 (가)에서 주어진 식을 $f(x)$ 에 대한 이차방정식으로 보고 풀어서 정리하면

$$f(x) = \frac{(1 + \sin x)(1 \pm \sin x)}{\cos x} \text{ 이다.}$$

(또는 주어진 식을 $(1 + \sin x)^2$ 로 나누고 이차방정식을 풀어서 정리하면 $\frac{\cos x}{1 + \sin x}f(x) = 1 \pm \sin x$ 이다.)

조건 (나)를 만족시키는 연속함수는 다음과 같다.

$$\cos x f(x) = (1 + \sin x)^2 \quad (*)$$

$f'(x)\cos x - f(x)\sin x = (f(x)\cos x)'$ 을 고려하여 부분적분하면

$$\int_0^{\frac{\pi}{6}} (f'(x)\cos x - f(x)\sin x) e^{\sin x} dx$$

$$= [f(x)\cos x e^{\sin x}]_0^{\frac{\pi}{6}} - \int_0^{\frac{\pi}{6}} f(x)\cos x e^{\sin x} \cos x dx$$

을 얻고 방정식 (*)를 이용하면

$$[(1 + \sin x)^2 e^{\sin x}]_0^{\frac{\pi}{6}} - \int_0^{\frac{\pi}{6}} f(x)\cos x e^{\sin x} \cos x dx = \left(\frac{9}{4}\sqrt{e} - 1\right) - \int_0^{\frac{\pi}{6}} (1 + \sin x)^2 e^{\sin x} \cos x dx$$

이다. $1 + \sin x = t$ 로 치환적분하면

$$\int_0^{\frac{\pi}{6}} (1 + \sin x)^2 e^{\sin x} \cos x dx = \int_1^{\frac{3}{2}} t^2 e^{t-1} dt = \frac{5}{4}e^{\frac{1}{2}} - 1 \text{ 이다. 합산하면 답은 } \sqrt{e} \text{ 이다.}$$

채점기준

- $\cos x f(x) = (1 + \sin x)^2$ 을 구하면 **+8점**
- 치환적분 (**+3점**), 부분적분 (**+3점**), 계산결과 $\sqrt{e}$ (**+1점**) 합하여 **+7점** 배점

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

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

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

생명과학 I, 비상(2018), 심규철 외, p.11, 35, 70-77
 생명과학 I, 천재교육(2018), 이준규 외, p.19, 38
 생명과학 I, 교학사(2018), 권혁빈 외, p.76-81
 생명과학 I, 동아출판(2018), 김윤택 외, p.22, 40
 생명과학 I, 미래앤(2018), 오현선 외, p.26, 46, 82-92
 생명과학 I, 지학사(2018), 전상학 외, p.22, 42
 생명과학 I, 금성출판사(2018), 심재호 외, p.28, 52, 86-92

출제의도

[문제 4-1] 우리 몸에서 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계는 서로 다른 기능을 수행하면서도 유기적으로 연결되어 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 통합적으로 작용한다. 따라서 한 기관계에 이상이 생기면 생명 활동이 정상적으로 일어나기 어렵다. [문제 4-1]에서는 순환계를 통한 물질의 이동과 배설계를 통한 노폐물의 배출에 대한 생명체의 항상성을 이해하고, 노폐물이 특정 조직이나 기관에 쌓이게 되면 생명체의 항상성이 깨져 문제가 일어날 수 있음을 이해하고 있는지 확인하고자 하였다. 실험 과정 순서에 따라 실험이 이루어지는 상황을 이해하고, [실험 과정]에 주어진 내용을 해석하면 치료제 후보 물질 X와 Y는 모두 용매 S에 녹인 다음 생쥐에 주입했음을 알 수 있다. <표 1>의 결과를 분석하여 산소, 이산화 탄소, 물의 비율은 약물을 처리하지 않은 실험군과 처리한 군에서의 차이를 발견하고, 조직 안에서 물질의 축적이 미칠 영향에 대해서 제시문과 <표 1>의 해석을 통해 추론할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한 실험 설계에서 물질 X와 Y를 용매 S에 녹여 주입하여서 <표 1>에 나타난 결과가 용매 S에 의한 것인지 물질 X, Y에 의한 것인지 정확히 알 수 없다. A, B 처리 시 모두 콩팥에 요소 노폐물이 축적되는 현상이 관찰되었는데, 이 현상이 용매 S에 의한 것이라면 B가 실제 치료제로 활용할 수 있는 가능성이 높으며, 제시문 (가)를 활용하여 용매 S만을 처리한 대조군 실험을 다시 진행하여야 할 것이다. 이를 통해 실제 측정된 물질 검사 결과와 실험 설계 방법을 활용하여 주어진 실험 결과 상황 속에서 논리적으로 추론하고, 새로운 방법을 제시할 수 있는지 확인하고자 하였다.

[문제 4-2] 진핵생물의 유전자 발현 및 조절 과정을 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 진핵생물의 전사 인자는 다른 유전자의 프로모터에 결합함으로써 유전자의 발현을 촉진하거나 억제할 수 있고, 유전자의 발현은 전사와 번역 과정을 통해 이루어지는 것을 이해하는지와 제한 효소의 개념을 파악하고 있는지를 통합적으로 평가하고자 하였다. 특히 전사 인자는 프로모터에만 결합한다는 단서와 전사 인자가 결합한 DNA의 경우 제한 효소가 작용하지 못한다는 단서를 조합하여 암세포에서만 발현하고 있는 유전자 a와 b가 항암제 X와 Y에 의해 어떻게 영향을 받는지를 찾는 문제이며, 문제 해결 과정을 통해 통합 추론 능력을 확인하고자 하였다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 약물 A를 처리하면 간에서 암모니아가 요소로 분해되지 못하고 축적되어 간세포의 기능이 저하될 것이며, 콩팥에서는 요소가 배출되지 못하고 축적되어 있어 콩팥에서 요소의 배출에 문제가 있음을 <표 1>을 통해 알 수 있다. 또한 약물 B를 처리하면 콩팥에 요소가 배출되지 못하고 축적되어 있음을 확인할 수 있다.
- ▶ [실험 과정]에서 후보 물질 X, Y를 각각 용매 S에 녹여 약물 A, B를 만든 다음 생쥐에 주입하였는데, 약물 A, B를 처리했을 때 공통적으로 나타난 콩팥 기능 이상이 용매 S에 의한 것인지 약물 A, B에 의한 것인지 주어진 실험을 통해서 확인하기 어렵다.
- ▶ 따라서 제시문 (가)에 의해 용매 S만을 처리해준 적절한 실험 대조군을 사용하여 용매 S에 의한 간 및 콩팥의 기능을 추가로 확인해야 한다. 만약 <표 1>에서 나타난 간 및 콩팥의 기능 문제가 용매 S에 의한 것이라면, 치료제 후보 물질 B의 용매를 다른 용매로 바꾸어 볼 수 있다. 따라서 간에도 문제가 있는 물질 X에 비해 물질 Y가 용매에 의한 기능 저하 문제가 해결되면 인체 적용 가능성이 높은 물질이라고 추론해 볼 수 있다.

채점기준

- <표 1>을 분석하여 후보 물질 A를 사용했을 경우, 간과 콩팥에 문제가 있음을 제시하면 **+3점**
- <표 1>을 분석하여 후보 물질 B를 사용했을 경우, 콩팥에 문제가 있음을 제시하면 **+3점**
- [실험 과정]에서 물질 A, B를 용매 S에 녹여 전달했음을 제시하고, 이에 대한 대조군으로 약물 미처리 군만 사용하는 것은 실험 설계에 문제가 있음을 제시하면 **+5점**
- 용매 S만을 단독으로 처리하여 실험하는 과정이 필요하고, <표 1>의 물질 B 처리 시 나타난 콩팥 문제가 용매 S에 의한 문제이고, 독성이 없는 다른 용매로 바꾸어 물질 B를 사용하면 치료제로 사용할 수 있다고 논리적으로 제시하면 **+4점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 식염수 투여군에 비해 약물 A 투여군의 경우 생쥐의 혈당량이 급격히 증가하며 심장박동이 빨라지고 침분비량은 감소하는 것을 알 수 있음. 이러한 반응은 제시문에 근거하여 약물 A 투여에 의해 생쥐의 교감신경이 활성화되어 나타나는 반응이라고 유추할 수 있고, 약물 A는 교감신경을 활성화하는 약물이라고 생각할 수 있음. 따라서 약물 A를 투여받은 생쥐는 교감신경 활성화에 의해 동공이 커지고, 심장박동이 촉진되며, 호흡이 빨라지는 현상이 나타날 수 있음.
- ▶ 제시문에 의하면 약물 A에 의해 혈당이 증가하는 현상은 교감신경 활성화에 따라 에피네프린의 분비가 촉진되고, 분비된 에피네프린은 간에 저장된 글리코젠을 포도당으로 분해하여 혈액으로 방출함으로써 혈당을 높이는 현상으로 예측할 수 있고, 30분이 지나면서 혈당량이 감소하는 것으로 관찰되는 것은 교감신경과 길항작용을 하는 것으로 알려진 부교감 신경이 활성화되기 시작하면서 나타나는 현상으로 유추할 수 있음.

채점기준

- 약물 A 투여군의 심장박동 증가 및 침분비 억제를 설명하면 **+4점**
- 약물 A 투여군에서 나타나는 현상이 교감 신경 활성화에 의한 것을 설명하면 **+4점**
- 약물 A 투여군의 혈당 증가 기전을 설명하면 **+4점**
- 길항 작용 또는 부교감 신경 활성화에 의한 혈당 감소를 설명하면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

1. 출전 및 출제지도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

물리학 I, 비상교육(2018), 손정우 외, p.30-47

물리학 I, 교학사(2018), 김영민 외, p.24

물리학 I, 천재교육(2018), 강남화 외, p.19

물리학 II, 미래엔(2018), 김성진 외, p.31-32

출제지도

[문제 4] 역학은 고등학교 물리학 I 역학과 에너지 단원, 고등학교 물리학 II 역학적 상호작용 단원에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측하고, 평면상의 등가속도 운동인 포물선 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측하여 물체의 운동을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.

[문제 4-1] 물체의 운동과 운동량 보존 법칙을 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 두 물체가 충돌하여 결합하면 두 물체의 운동 에너지의 합은 변화하여 역학적 에너지가 보존되지 않지만 운동량의 합은 보존된다. 이러한 운동량 보존을 이용하여 속력 변화를 정량적으로 예측할 수 있다. 충돌하는 물체의 질량이 모두 주어지지 않은 경우이므로 운동량 보존 법칙으로부터 문제 해결을 위해 필요한 속도와 질량에 관한 식이 도출된다. 직선 상에서 운동하는 경우이므로 충돌 전과 충돌 후는 각각 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다. 뉴턴 운동 법칙, 운동량 보존 법칙을 이해하고 운동 에너지 식을 이용하여 물체의 운동을 논리적으로 분석하는 문제 해결력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2] [문제 4-2]는 등속 직선 운동을 하던 물체가 동일한 질량을 가진 물체와 충돌하여 결합하여 등속 직선 운동을 하다가 중력에 의한 포물선 운동을 하여 특정한 지점에 도달하는 상황을 분석하여 각각의 운동에 걸리는 시간을 구하는 문제이다. 두 물체가 충돌하여 결합하면 두 물체의 운동 에너지의 합은 변화하여 역학적 에너지가 보존되지 않지만 운동량의 합은 보존된다. 이러한 운동량 보존을 이용하여 속력 변화를 정량적으로 예측할 수 있다. 충돌하는 물체의 초기 속도가 주어지지 않은 경우이므로 운동량 보존 법칙으로부터 문제 해결을 위해 필요한 속도에 관한 식이 도출된다. 직선 상에서 운동하는 경우이므로 충돌 전과 충돌 후는 각각 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다. 결합된 물체가 낙하하는 운동은 평면상의 등가속도 운동인 포물선 운동이 되고 포물선 운동을 분석하여 속도를 구할 수 있다. 뉴턴 운동 법칙과 운동량 보존 법칙은 물리학 I 과목에서 배우는 물리학의 기본 개념이고 수평으로 던져진 공의 포물선 운동은 물리학 II 과목에서 배우는 물리학의 기본 개념이다. 물리학 교과 과정을 바탕으로 문제 해석 능력, 추론 능력, 수리적 능력과 문제 해결력을 종합적으로 평가하는 문제이다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 충돌하기 전 물체는 등속 직선 운동을 한다. 이 구간에서 물체의 운동량은 $m_A v_A = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.
- ▶ 물체 B의 질량을 m_B 이라 하고 충돌한 후 A, B가 결합한 물체의 속도를 v 라 하면 충돌 후 운동량은 $(1 + m_B)v$ 이고 운동량 보존 법칙에 의해 $(1 + m_B)v = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.
- ▶ 충돌 후 A, B가 결합한 물체의 운동에너지는 $\frac{1}{2}(1 + m_B)v^2$ 이고 문제에서 이 값이 10 J이므로 $\frac{1}{2}(1 + m_B)v^2 = 10 \text{ J}$ 이 성립한다.
- ▶ $(1 + m_B)v = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 과 $\frac{1}{2}(1 + m_B)v^2 = 10 \text{ J}$ 을 연립하면 $v = 2 \text{ m/s}$ 을 얻는다.
- ▶ $v = 2 \text{ m/s}$ 의 속도로 5 m를 이동하는데 걸린 시간은 $\frac{5 \text{ m}}{2 \text{ m/s}} = 2.5 \text{ s}$ 이다.

채점기준

- A, B가 결합되기 전과 후 운동량 보존 법칙을 바르게 적용하면 **+5점**
- A, B가 결합된 후 속도를 바르게 구하면 **+5점**
- A, B가 결합된 후 5 m를 이동하는데 걸린 시간을 바르게 구하면 **+5점**

※ 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] 예시답안

- ▶ A의 초기 속도를 v 라 하면 구간 I에서 A가 이동한 시간은 $t_1 = \frac{5}{v} \text{ s}$ 이다.
- ▶ 구간 I과 구간 II의 경계에서 A, B는 운동량 보존 법칙을 만족한다. 따라서 충돌 후 A, B가 결합된 물체의 속도를 v' 이라 하면 $v = 2v'$ 이 되어서 $v' = \frac{1}{2}v$ 가 성립한다. 구간 II에서 A, B가 결합된 물체가 이동한 시간은 $t_2 = \frac{5}{v'} = \frac{10}{v} \text{ s}$ 이다.
- ▶ 구간 III에서 A, B가 결합된 물체는 수평 방향의 초기 속도 v' 을 가지고 포물선 운동을 한다. 구간 III에서 A, B가 결합된 물체가 이동한 시간을 t_3 라 하면 수평 방향의 이동 거리는 5 m이므로 $v't_3 = 5 \text{ m}$ 이고 낙하 거리는 5 m이므로 $\frac{1}{2}gt_3^2 = 5 \text{ m}$ 이다. 따라서 $t_3 = 1 \text{ s}$ 이고 $v' = 5 \text{ m/s}$ 이며 $v = 10 \text{ m/s}$ 이다.
- ▶ 따라서 구간 I에서 A가 이동한 시간은 $t_1 = 0.5 \text{ s}$ 이고 구간 II에서 A, B가 결합된 물체가 이동한 시간은 $t_2 = 1 \text{ s}$ 이며 구간 III을 통과한 시간은 $t_3 = 1 \text{ s}$ 이다.

채점기준

- 구간 I과 구간 II의 경계에서 속력의 비율을 바르게 구하면 **+5점**
- 구간 I과 구간 II에서 속력을 바르게 구하면 **+5점**
- 구간 I, II, III을 통과한 시간을 각각 바르게 구하면 **+5점**

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

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

1. 출전 및 출제 의도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

화학 I, (주)미래엔(2020), 최미화 외 5인, p.36-39, 40-41, 58-67 / 화학 I, (주)천재교육(2020), 노태희 외 6인, p. 30-33, 34-36, 61-63 /
화학 I, (주)와이비엠(2020), 강대훈 외 3인, p.47-49, 50-53, 71-73 / 화학 I, 동아출판(주)(2020), 황성용 외 3인, p.29-33, 39-45, 60-63 /
화학 I, (주)지학사(2019), 이상권 외 7인, p.34-35, 36-39, 57-60 / 화학 I, (주)비상교육(2020), 박종석 외 7인, p.34-36, 37-38, 55-59 /
화학 II, (주)교학사(2020), 홍훈기 외 6인, p.13-27 / 화학 II, (주)상상아카데미(2020), 장낙한 외 9명, p.15-30 /
화학 II, (주)천재교육(2019), 노태희 외 6인, p.11-18 / 화학 II, (주)지학사(2019), 이상권 외 7명, p.13-25 /
화학 II, (주)미래엔(2020), 최미화 외 5인, p.14-29 / 화학 II, (주)비상교육(2020), 박종석 외 7인, p.15-30

출제의도

[문제 4] 본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정(화학 I 및 화학 II)에 대한 전반적인 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제 4-1] [문제 4-1]은 임의의 반응에서 생성물과 반응물의 양적 변화를 논리적으로 도출해 낼 수 있는지를 물어보는 문제이다. 화학 I에서 다루는 화학 반응 및 반응의 양적 관계에 대한 개념 적용 문제로서, 화학 교과에 대한 전반적인 이해도 및 실제 사례 응용 능력을 평가하고자 하였다. 물질을 구성하는 원소들의 원자량과 화합물의 분자량, 화학 반응식 만들기, 기체 반응 법칙, 질량 보존 법칙, 반응물과 생성물의 양적 관계, 이상 기체 방정식에 대해 질문함으로써 화학 반응에 대한 통합적인 이해도를 가늠하고 올바른 결론을 도출해내기 위한 사고 능력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2] [문제 4-2]는 화학 I에서 다루는 원자의 구조, 화학 II에서 다루는 이상 기체의 성질에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 중성자의 개수에 따라 질량수가 달라지는 동위 원소들의 존재 비율을 올바르게 이해하고, 이를 통해 동위 원소를 포함하는 화합물의 질량 수, 평균 분자량 등을 파악할 수 있어야 한다. 또한, 돌턴의 부분 압력의 법칙을 이용하여 각 기체가 가지는 압력을 계산하고, 이를 이상 기체 방정식에 적용하여 각 물질의 양을 정확히 도출하여야 한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 먼저 초기 상태의 용기 내에 존재하는 흑연(탄소)과 산소 기체의 양을 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{C: } \frac{24 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} &= 2 \text{ mol} \\ \text{O}_2: n &= \frac{PV}{RT} = \frac{0.96 \text{ atm} \times 100 \text{ L}}{(0.08 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = 4 \text{ mol} \end{aligned}$$

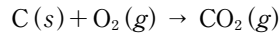
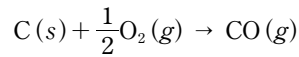
초기 상태에서 C는 2 mol, O₂는 4 mol (O 원자는 8 mol) 존재하였다.

- ▶ 만약 모든 흑연이 CO₂로 연소하는 경우, CO₂ 2 mol이 생성되고 O₂ 2 mol이 남는다.

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(2+2)\text{mol} \times (0.08 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}) \times 500 \text{ K}}{100 \text{ L}} = 1.6 \text{ atm}$$

총 기체의 몰수는 4 mol, 온도는 500 K이 되었으므로, 이상 기체 방정식을 이용하면 1.6 atm의 압력이 얻어진다. 이는 문제에서 언급된 1.76 atm보다 작은 값이므로 실제로는 CO₂ 이외에 다른 생성물이 생성되었음을 알 수 있다.

- ▶ 흑연이 아래의 반응식에 따라 완전 연소시 CO₂를 생성하고, 불완전 연소시 CO를 생성한다.



CO: x mol

CO₂: $2-x$ mol

O₂의 O 원자: $8 - \{x + 2 \times (2-x)\} = 4 + x$ mol, 즉 O₂: $2 + \frac{x}{2}$ mol

모든 탄소가 반응에 참여하였으므로, CO가 x mol 형성되었을 때 CO₂는 $2-x$ mol이 형성된다. 이때 반응에 참여하지 않고 남아 있는 O₂의 몰수는 $2 + \frac{x}{2}$ mol이 된다.

- ▶ 이때 기체의 총 몰수를 구한다.

$$n_{\text{total}} = n_{\text{CO}} + n_{\text{CO}_2} + n_{\text{O}_2} = x + (2-x) + \left(2 + \frac{x}{2}\right) = 4 + \frac{x}{2} \text{ mol}$$

- ▶ 이상 기체 방정식을 이용하여 x 의 값을 구한다.

$$\begin{aligned} n &= \frac{PV}{RT} \\ 4 + \frac{x}{2} \text{ mol} &= \frac{1.76 \text{ atm} \times 100 \text{ L}}{(0.08 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}) \times 500 \text{ K}} \\ x &= 0.8 \end{aligned}$$

- ▶ 위에서 구한 x 의 값을 이용하여 각 기체의 몰수를 구한다.

$$n_{\text{CO}} = 0.8 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 2 - x \text{ mol} = 1.2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 2 + \frac{x}{2} \text{ mol} = 2.4 \text{ mol}$$

- ▶ 각 기체의 몰수로부터 질량을 구한다.

$$m_{\text{CO}} = n_{\text{CO}} \times M_{\text{CO}} = 0.8 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 22.4 \text{ g}$$

$$m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2} = 1.2 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 52.8 \text{ g}$$

$$m_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \times M_{\text{O}_2} = 2.4 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 76.8 \text{ g}$$

따라서 반응 후 용기 내에 존재하는 기체는 CO, CO₂, O₂이며, 이들의 질량은 각각 22.4 g, 52.8 g, 76.8 g이다. 이는 초기 상태에 존재하던 흑연과 산소 기체의 총 질량(152 g)과도 같다.

채점기준

- 초기 상태 탄소 몰수를 올바르게 구하면 **+2점**
- 초기 상태 산소 기체의 몰수를 올바르게 구하면 **+3점**
- 흑연의 일부가 CO₂가 아닌 CO를 형성하여 기체의 총 몰수가 증가하는 것을 알고, 각 기체 간 양적 관계식을 바르게 계산하면 **+4점**

- 각 기체의 질량을 올바르게 계산하면 **+6점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2.0 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ X_2 의 분자량은 동위 원소의 존재 비율에 따라 34부터 38까지의 크기를 갖게 된다. 각각의 존재 비율을 계산한다.

	X_2 의 분자량	존재 비율
$^{17}X-^{17}X$	34	$0.7 \times 0.7 = 0.49 \rightarrow 49\%$
$^{17}X-^{18}X$	35	$0.7 \times 0.2 \times 2 = 0.28 \rightarrow 28\%$
$^{17}X-^{19}X$ 및 $^{18}X-^{18}X$	36	$0.7 \times 0.1 \times 2 + 0.2 \times 0.2 = 0.18 \rightarrow 18\%$
$^{18}X-^{19}X$	37	$0.1 \times 0.2 \times 2 = 0.04 \rightarrow 4\%$
$^{19}X-^{19}X$	38	$0.1 \times 0.1 = 0.01 \rightarrow 1\%$
계		100%

따라서 전체 X_2 분자 중 18%가 36의 분자량을 갖는다.

- ▶ X_2 중 분자량이 36인 X_2 의 존재 비율이 18%인 것을 이용해 전체 X_2 의 부분 압력을 구한다. 문제의 설명에 따르면 Z의 부분 압력은 X_2 의 부분 압력의 절반이다.

$$\begin{aligned} X_{X_2(36)} \times P_{X_2}, \\ 0.18 \times P_{X_2}, \\ P_{X_2}, \\ P_Z = 2 \text{ atm} \end{aligned}$$

- ▶ X_2 와 Z의 부분 압력으로부터 각각의 몰수를 구한다.

$$\begin{aligned} n_{X_2}, \\ n_Z = \frac{P_Z \times V}{RT} = \frac{2 \text{ atm} \times 100 \text{ L}}{(0.08 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}) \times 200 \text{ K}} = 12.5 \text{ mol} \end{aligned}$$

- ▶ 전체 기체의 질량을 구하기에 앞서 X_2 의 평균 분자량을 구한다.

$$M_{X_2} = \{(17 \times 0.7) + (18 \times 0.2) + (19 \times 0.1)\} \times 2 = 34.8$$

- ▶ 각 기체의 몰수와 평균 분자량으로부터 전체 기체의 질량을 구한다.

$$\begin{aligned} m_{\text{total}} &= m_{X_2} + m_Z = n_{X_2} \times M_{X_2} + n_Z \times M_Z \\ &= 25 \text{ mol} \times 34.8 \text{ g/mol} + 12.5 \text{ mol} \times 4 \text{ g/mol} \\ &= 920 \text{ g} \end{aligned}$$

따라서 전체 기체의 질량은 920 g으로 얻어진다.

채점기준

- X의 동위 원소 존재 비율을 통해 전체 X_2 중 분자량이 36인 X_2 의 비율을 올바르게 구하면 **+6점** (모든 분자량에 대해 존재 비율을 나타낼 필요 없음)
- X_2 의 평균 분자량을 올바르게 구하면 **+2점**
- X_2 와 Z 각각의 몰수를 올바르게 구하면 **+4점**
- X_2 와 Z의 몰수, 분자량으로부터 전체 기체의 질량을 올바르게 구하면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2.0 점 추가 점수 부여 가능함.

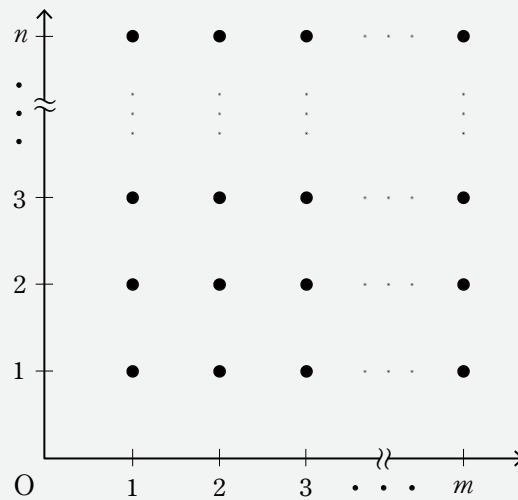
자연계열 II(2교시) 문제



수학

[문제 1] 다음 상황에 기초하여 문제에 답하시오.

그림과 같이 좌표평면 위에 좌표가 $(1, 1), (1, 2), \dots, (m, n)$ 인 $m \times n$ 개의 점이 있다. 이 중 4개의 점을 택하여 만들 수 있는 직사각형 중 넓이가 1인 것을 제외한 개수를 $A(m, n)$ 이라고 정의한다. (단, m, n 은 1보다 큰 자연수이다.)



$A(3, 100) - A(2, 100)$ 을 구하시오. [20점]

【문제 2】 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 함수 $f(x)$ 가 $x=a$ 에서 미분가능하고 $x=a$ 에서 극값을 가지면 $f'(a)=0$ 이다.
- 다항식 $P(x)$ 에 대하여 $P(a)=0$ 일 때, $P(x)$ 를 $x-a$ 로 나눈 몫을 $Q(x)$ 라 하면 $P(x)=(x-a)Q(x)$ 이다.
- 각 α 와 β 에 대하여 다음 식이 성립한다.

$$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta, \sin(\alpha-\beta)=\sin\alpha\cos\beta-\cos\alpha\sin\beta$$

$$\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta, \cos(\alpha-\beta)=\cos\alpha\cos\beta+\sin\alpha\sin\beta$$

- 함수 $f(t)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때 다음 식이 성립한다.

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t)dt = f(x) \quad (\text{단, } a < x < b)$$

【문제 2-1】 x 에 대한 방정식 $2x^3 + 3kx^2 - (2k^2 + k - 2) = 0$ 이 단 하나의 실근을 가지게 하는 실수 k 의 범위를 구하시오. (단, $k \geq 0$ 이다.) [10점]

【문제 2-2】 연속함수 $f(x)$ 가 모든 실수 x 에 대하여

$$\int_0^x f(t) \sin(x-t) dt = \ln(1+x^2)$$

을 만족한다. 이때 정적분 $\int_0^2 xf(x)dx$ 의 값을 구하시오. [15점]

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 두 함수 $f(x), g(x)$ 의 도함수가 연속일 때 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^b f(x)g'(x)dx = [f(x)g(x)]_a^b - \int_a^b f'(x)g(x)dx$$

- 점 (a, b) 와 점 (b, a) 는 직선 $y=x$ 에 대하여 대칭이다.
- 두 평면벡터 $\vec{a}, \vec{b}$ 가 이루는 각의 크기가 θ 일 때, $\vec{a}$ 와 $\vec{b}$ 의 내적은 $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$ 이다.

[문제 3-1] 실수 θ 에 대하여 영역 $A = \{(x, y) | (x-1)^2 + y^2 \leq 1, y \geq (\tan \theta)x\}$ 의 넓이를 $g(\theta)$ 라 하자.

정적분 $\int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{g(\theta)}{\cos^2 \theta} d\theta$ 의 값을 구하시오. (단, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$ 이다.) [10점]

[문제 3-2] $x \geq 1$ 에서 정의된 함수 $f(x) = \frac{1}{14+8\sqrt{3}} \ln x (\ln x - 1)^2$ 에 대하여, 원점이 O인 좌표평면 위의 점 $A(t, f(t))$ 가 있다. 점 A를 직선 $y=x$ 에 대하여 대칭시킨 점을 B라 할 때, 두 벡터 $\frac{\overrightarrow{OA}}{|\overrightarrow{OA}|}$ 와 $\frac{\overrightarrow{OB}}{|\overrightarrow{OB}|}$ 의 내적의 최댓값을 구하시오. (단, $x \geq 1$ 에서 $f(x) \leq \sqrt{x}$ 이다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 포도당은 체내의 주요 에너지원이므로 혈당량이 과다하거나 부족하면 세포의 정상적인 기능에 문제가 생긴다. 따라서 혈당량은 일정한 수준으로 유지되어야 한다. 이자에서 분비되는 호르몬인 인슐린과 글루카곤은 혈당량 조절에서 가장 중요한 역할을 한다. 혈당량이 증가하면 인슐린의 분비가 촉진되어 혈당량을 감소시킨다. 이와 반대로 혈당량이 낮아지면 글루카곤이 분비되어 혈당량을 증가시킨다. 당뇨병은 혈당 조절에 필요한 인슐린의 분비가 부족하거나 인슐린이 제대로 작용하지 못해 발생하는 질환으로, 혈당이 너무 높아 오줌 속에 포도당이 섞여 나오고, 여러 가지 합병증을 일으킨다. 당뇨병에는 두 가지 유형이 있다. 제1형 당뇨병은 이자의 β 세포가 파괴되어 인슐린을 생성하지 못하는 것이며, 제2형 당뇨병은 인슐린이 정상적으로 분비되지만 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 정상적으로 반응하지 못하는 것이다.
- (나) 우리 몸은 병원체 침입에 대응하는 방어 기능을 가지고 있는데 이를 면역이라고 한다. 면역은 선천성 면역과 후천성 면역으로 나눌 수 있다. 선천성 면역은 병원체의 종류에 관계없이 신속하고 광범위하게 방어가 일어나기 때문에 비특이적 방어 작용이라고 하고, 후천성 면역은 선천성 면역 후에 병원체의 특정 부위를 인식하여 선별적으로 면역이 일어나기 때문에 특이적 방어 작용이라고 한다. 특이적 방어 작용에서는 백혈구의 일종인 림프구가 중요한 역할을 한다. 림프구는 골수에서 만들어지는데, 골수에서 만들어진 림프구 중 일부는 골수에서 성숙 과정을 거쳐 B림프구로 분화하고, 다른 일부는 가슴샘으로 이동하여 T림프구로 분화한다. 병원체에 감염되거나 내부 세포들의 변이로 암세포가 발생했을 때, 면역 체계가 제대로 대응하지 못하면 질병을 앓을 뿐만 아니라 생명까지 위협할 수 있다. 반대로, 면역 세포들이 우리 몸의 일부를 항원으로 인식하여 파괴하면 질병이 발생할 수 있다.
- (다) 진핵생물에서는 전사 인자라고 하는 조절 단백질이 전사에 관여한다. 전사가 진행되기 위해서는 먼저 다양한 전사 인자가 RNA 중합 효소와 함께 DNA의 프로모터 부위에 결합하여 전사 개시 복합체를 형성한다. 전사 인자에는 전사 촉진 인자와 전사 억제 인자가 있으며, 이들 전사 인자들은 DNA의 조절 부위에 결합하여 유전자의 전사를 조절한다. 전사 촉진 인자는 염색질의 구조를 풀어 주거나 RNA 중합 효소가 프로모터에 잘 결합할 수 있도록 도와주어 전사가 개시될 수 있도록 해 준다.
- (라) mRNA의 유전 정보에 따라 단백질을 합성하는 과정을 번역이라고 하며, 진핵생물에서 이 과정은 세포질의 리보솜에서 일어난다. mRNA의 염기 서열은 리보솜에서 번역이 일어나는 동안 tRNA가 운반해 온 아미노산을 순차적으로 결합하여 폴리펩타이드 사슬을 만든다. 폴리펩타이드 사슬은 접힘 과정을 통해 입체 구조를 형성하여 기능을 할 수 있는 단백질이 된다.
- (마) 제한 효소는 유전 물질인 DNA의 특정 염기 서열을 인식하고 그 부위만 자르는 효소이다. 따라서 제한 효소의 종류에 따라 인식하는 염기 서열이 다르며, 적절한 제한 효소를 사용하면 DNA에서 원하는 부위를 선택적으로 자를 수 있다.

[문제 4-1] 다음은 당뇨병을 유발하는 것으로 알려진 물질 X와 Y가 어떻게 작용하는지를 알아본 실험이다.

[자료]

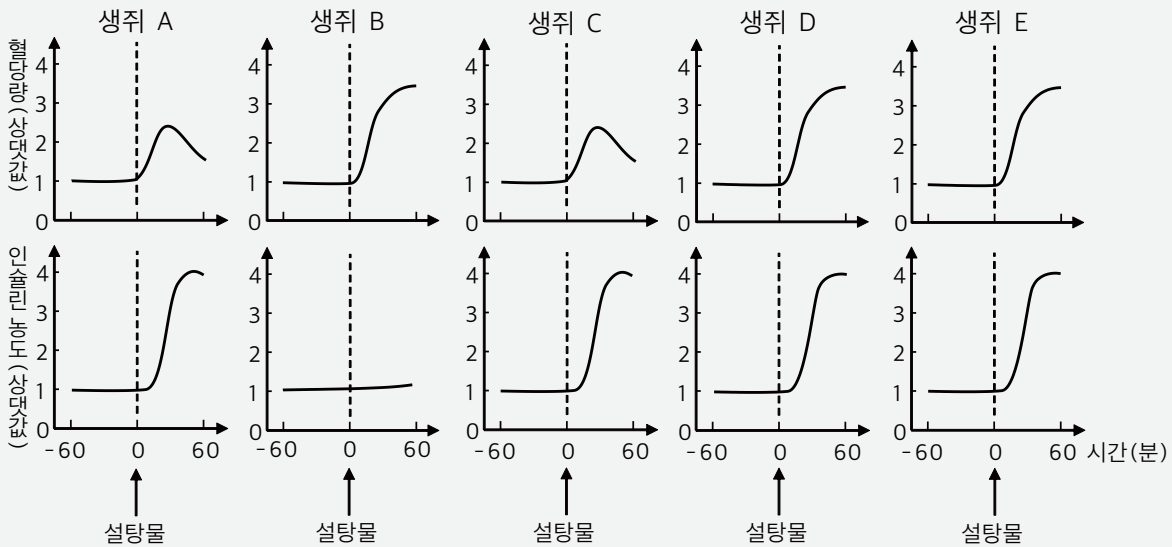
생쥐 A, B, D는 정상 생쥐이고, 생쥐 C, E는 가슴샘이 제거된 생쥐이다.

[실험 과정]

- I. 생쥐 A에 식염수를, 생쥐 B와 C에 물질 X를, 생쥐 D와 E에 물질 Y를 각각 주입하였다.
- II. 20일 후, 생쥐 A, B, C, D, E에 먹이 투여를 10시간 동안 중지한 후, 각각의 생쥐에게 같은 양의 설탕물을 먹였다.

[실험 결과]

다음은 생쥐 A, B, C, D, E에서 설탕물을 먹이기 전과 후의 혈당량과 혈중 인슐린 농도의 변화를 나타낸 것이다.

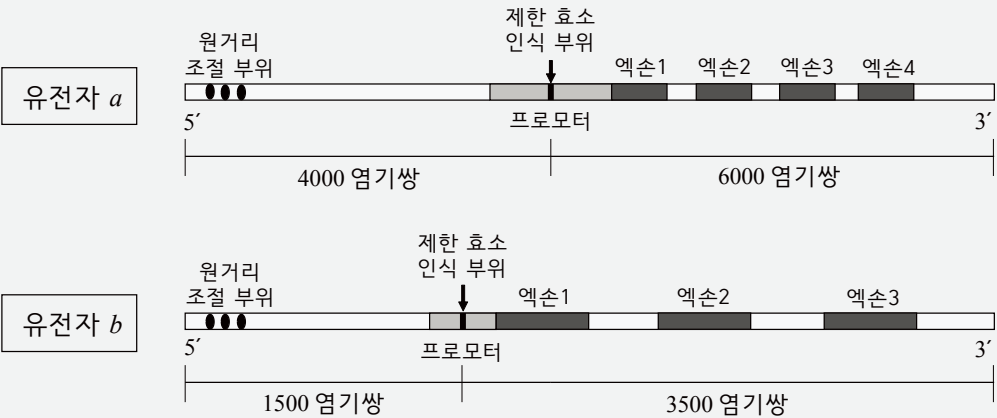


제시문 (가), (나)와 실험 결과를 통합적으로 해석하여 물질 X와 Y가 유발하는 당뇨병의 유형을 각각 제시하고, 물질 X와 Y가 각각 어떻게 당뇨병을 유발하는지를 논리적으로 설명하시오. [15점]

[문제 4-2] 다음은 항암제 X와 Y의 효능을 분석하기 위한 자료와 실험 결과이다.

[자료]

- 유전자 *a*는 전사 인자 P에 의해 암세포에서만 발현하고 전사 인자 A를 암호화한다.
- 전사 인자 A는 유전자 *b*의 발현을 촉진한다.
- 그 결과 유전자 *b*의 발현 산물인 단백질 B는 암세포의 증식을 촉진한다.
- 아래 그림은 유전자 *a*와 *b*의 구조 모식도이며, 유전자 *a*와 *b*의 DNA는 각각 10000개의 염기쌍과 5000개의 염기쌍으로 구성되어 있다.



[실험 과정]

- 같은 수의 암세포가 들어있는 서로 다른 배양 접시에 식염수, 항암제 X, 항암제 Y를 각각 처리한 후, 37°C에서 24시간 동안 배양하였다.
- 각각의 세포를 고정액으로 고정한 후, 세포의 핵에서 유전자 *a*와 *b*를 추출하여 각각 준비하고, 제한 효소와 충분히 반응시켜 얻은 DNA절편의 검출 여부를 <표 1>에 정리하였다. 이 제한 효소는 전사 인자와 결합한 DNA는 자르지 못하며, 제한 효소의 효율은 100%이다.
- 식염수, 항암제 X, 항암제 Y를 처리한 각각의 세포에서 유전자 *a*와 *b*에 대한 DNA의 상대량과 mRNA, 단백질 발현량의 상대값을 <표 2>에 정리하였다.

<표 1> DNA 절편 검출 여부

염기쌍 수	식염수	항암제 X	항암제 Y
10000	○	○	○
6000	×	×	×
5000	○	×	○
4000	×	×	×
3500	×	○	○
1500	×	○	○

(○: 검출, ×: 미검출)

<표 2> DNA 상대량 및 mRNA와 단백질의 발현량

구분	식염수		항암제 X		항암제 Y	
	a	b	a	b	a	b
DNA	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
mRNA	1.1	1.0	1.1	0.0	1.2	0.2
단백질	1.0	1.1	1.0	0.0	0.1	0.2

(수치는 상대값)

위의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 항암제 X와 Y가 암세포 증식을 억제하는 방법을 제시문 (다) - (마)에 근거하여 각각 추론하시오. (단, 항암제 X와 Y는 유전자 *a* 또는 *b*의 발현 과정 중 한 단계에만 작용하고, 전사 인자 P와 A는 프로모터에만 결합한다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (바)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 마찰이 없는 수평면 위에서 질량이 각각 m_A, m_B 이고 속도가 v_A, v_B 인 물체 A, B가 직선상에서 운동하다가 충돌한 후 속도가 각각 v_A', v_B' 이 될 때 다음 식이 성립한다.

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

즉, 충돌 전 두 물체의 운동량의 합은 충돌 후 두 물체의 운동량의 합과 같다. 이처럼 두 물체가 충돌할 때 외부에서 힘이 작용하지 않으면 충돌 전과 충돌 후의 운동량의 합은 항상 일정하게 보존된다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.

- (나) 질량 m 인 물체가 속력 v 로 움직일 때 운동 에너지 E_K 는 $E_K = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 지면으로부터 높이 h 에 있는 물체가 중력에 의해 가지는 에너지를 중력 퍼텐셜 에너지 E_p 라 하고 $E_p = mgh$ 로 나타낸다. 여기에서 g 는 중력 가속도이다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다. 마찰이나 공기 저항이 없을 때 역학적 에너지는 보존된다.

- (다) 물체에 힘이 작용할 때 물체는 알짜힘의 방향으로 가속된다. 이때 물체의 가속도의 크기 a 는 물체에 작용하는 알짜힘의 크기 F 에 비례하고 물체의 질량 m 에 반비례하여 $F = ma$ 를 만족한다. 이를 뉴턴 운동 제2법칙이라 한다.

- (라) 속력과 운동 방향이 일정한 운동을 등속 직선 운동이라고 하며, 속도 v 로 등속도 운동하는 물체의 시간 t 동안의 변위 s 는 $s = vt$ 를 만족한다. 운동 방향이 일정하고 시간에 따른 속력 변화가 일정한 운동을 등가속도 직선 운동이라고 한다. 처음 속도가 v_0 인 물체가 가속도 a 로 시간 t 동안 운동했을 때, 나중 속도 v 와 이 시간 동안 물체의 변위 s 는 다음의 식을 만족한다.

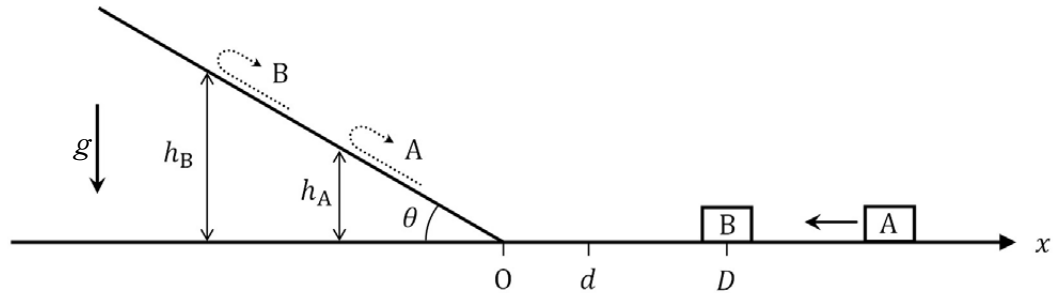
$$v = v_0 + at, s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

- (마) 변위, 속도, 가속도, 힘 등과 같이 방향과 크기를 함께 가지는 물리량을 벡터량이라고 한다. 벡터는 삼각형법 또는 평행사변형법으로 합성할 수 있으며 필요에 따라 성분별로 분해할 수 있다. 벡터 분해는 직각 좌표를 이용하여 벡터의 수직 성분과 수평 성분으로 나누어 분해한다. 크기가 $|\vec{C}|$ 이고 x 축과 이루는 각도가 θ 인 벡터 $\vec{C}$ 를 분해하면 수평 성분 $C_x = |\vec{C}| \cos \theta$ 와 수직 성분 $C_y = |\vec{C}| \sin \theta$ 가 된다. 마찰이 없고 경사각이 θ 인 빗면에서 질량이 m 인 물체가 중력에 의해 미끄러질 때, 물체의 운동 방향과 같은 방향으로 작용하는 알짜힘은 빗면에 나란한 중력 성분이며 그 크기는 $mg \sin \theta$ 이다. 이때 g 는 중력 가속도이다.

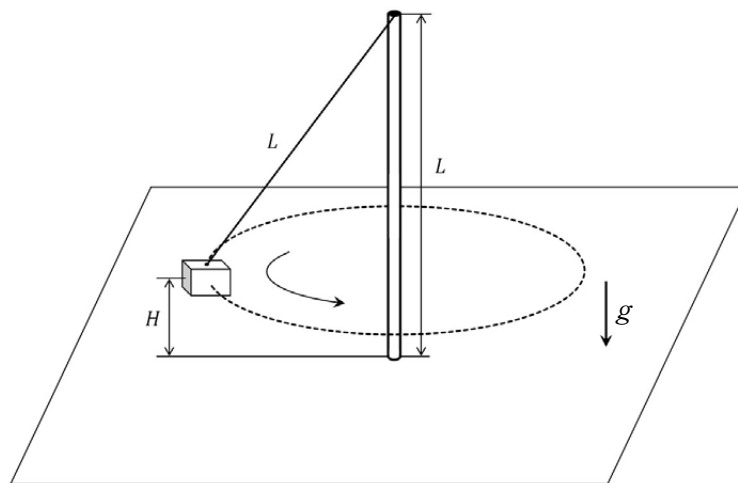
- (바) 원운동을 하는 물체에 작용하는 원의 중심을 향한 힘을 구심력이라 부른다. 원의 반지름을 r , 물체의 질량을 m , 물체의 속도를 v 라 할 때 구심력 F 는 다음과 같다.

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

[문제 4-1] 그림과 같이 물체 A와 B가 원점이 O인 x 축 위에서 운동한다. 속력 $v=2\text{ m/s}$ 로 움직이는 물체 A가 정지해 있던 물체 B와 위치 $D=0.5\text{ m}$ 에서 충돌한 후, 두 물체는 경사면을 올라갔다 내려와서 원점을 지나 위치 d 에서 다시 충돌한다. 경사면의 경사각은 $\theta=30^\circ$ 로 일정하고, 물체 A의 질량은 $m_A=0.6\text{ kg}$, 물체 B의 질량은 $m_B=0.3\text{ kg}$ 이다. 물체 A와 B가 경사면을 따라 올라간 최대 높이 h_A 와 h_B 의 차이가 $h_B-h_A=0.15\text{ m}$ 일 때, 두 번째 충돌 위치 d 를 제시문 (가) - (마)에 근거하여 구하시오. (단, 중력가속도 g 는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기, 마찰력 및 공기 저항은 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림은 기둥의 끝에 길이가 L 인 줄을 고정하고 줄의 다른 쪽 끝에 관람차를 매달아 등속 원운동을 하게 하는 놀이기구이다. 관람차가 지면으로부터 높이 H 에서 등속 원운동을 하고 있을 때, 관람차에 탑승하고 있는 사람이 연직 방향으로 공을 가만히 떨어뜨린 후, 공이 지면에 떨어진 위치와 기둥의 중심 사이의 수평 거리 D 를 측정하였다. 제시문 (다) - (바)에 근거하여 수평 거리의 제곱 D^2 을 L 과 H 로 나타내고, $L=50\text{ m}$, $H=10\text{ m}$ 일 때, D 를 구하시오. (단, 기둥의 높이는 줄의 길이와 같으며 중력가속도 g 는 10 m/s^2 이다. 공기 저항, 기둥의 두께, 관람차의 크기 및 공의 크기는 무시한다.) [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 원자, 분자, 이온 등은 크기나 질량이 매우 작아 일일이 세거나 재는 것이 불가능하다. 따라서 이런 작은 입자들을 보다 쉽게 다루기 위해 몰(mole)이라는 묶음 단위를 사용한다. 1몰은 6.02×10^{23} 개만큼 모인 집단을 뜻하며, 이 수를 아보가드로수라고 한다. 1몰의 원자, 1몰의 분자, 1몰의 이온은 각각 6.02×10^{23} 개의 해당 입자가 모여 있는 것을 뜻한다.

(나) 아보가드로 법칙에 따르면 모든 기체는 같은 온도와 같은 압력에서 같은 부피 속에 들어 있는 분자 수가 같다. 따라서 기체의 종류에 관계없이 같은 온도와 같은 압력에서 기체 1몰이 차지하는 부피는 일정하다. 즉, 0°C , 1기압에서 기체 1몰이 차지하는 부피는 기체의 종류에 관계없이 항상 22.4L이다.

(다) 물질들 사이에서 일어나는 화학 반응은 화학식과 기호를 이용하여 간단하게 나타낼 수 있다. 화학식을 사용하여 화학 변화를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식으로부터 반응물과 생성물의 종류뿐만 아니라 반응에 관한 여러 가지 정보를 얻을 수 있으며, 반응 계수비를 이용하여 반응에 관여하는 물질 사이의 양적 관계를 설명할 수 있다. 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 몰비와 분자 수비는 반응 계수비와 같다. 또한 기체 상태인 물질의 부피비도 반응 계수비와 같다. 이것은 같은 온도, 같은 압력에서 기체의 부피는 몰수에 비례하기 때문이다. 하지만 물질의 질량비는 반응 계수비와 일치하지 않는데, 이는 물질마다 분자량이 달라서 1몰의 질량이 서로 다르기 때문이다.

(라) 용액의 농도를 나타내는 방법에는 여러 가지가 있는데, 화학 반응에서는 입자 수가 매우 중요하므로 반응에 관여하는 입자 수를 농도로 나타내는 것이 필요하다. 퍼센트 농도(%)가 같은 용액이라도 용질의 종류에 따라 같은 질량의 용액에 녹아 있는 입자 수는 다르다. 그러므로 화학 실험을 할 때는 퍼센트 농도 대신 몰 농도를 사용하는 경우가 많다. 용액 1L 속에 들어 있는 용질의 몰수를 몰 농도라고 하고, 단위로는 mol/L 또는 M을 사용한다. 몰 농도는 용액의 부피를 기준으로 나타내기 때문에 온도에 따라 달라진다. 따라서 온도의 변화에 관계없이 일정한 농도가 필요할 때는 용액의 부피 대신에 용매의 질량을 이용한 몰랄 농도를 사용한다. 몰랄 농도는 용매 1kg 속에 녹아 있는 용질의 몰수를 나타내며, 단위는 mol/kg 또는 m 을 사용한다.

(마) 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 증기압은 순수한 용매의 증기압보다 낮으므로 이러한 용액은 순수한 용매보다 높은 온도에서 끓는다. 이때 용액의 끓는점(T_b')과 순수한 용매의 끓는점(T_b) 차를 끓는점 오름(ΔT_b)이라고 한다.

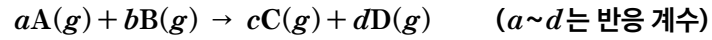
$$\Delta T_b = T_b' - T_b$$

비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름은 용질의 종류에 관계없이 일정량의 용매에 녹아 있는 용질의 양, 즉 용액의 몰랄 농도(m)에 비례한다.

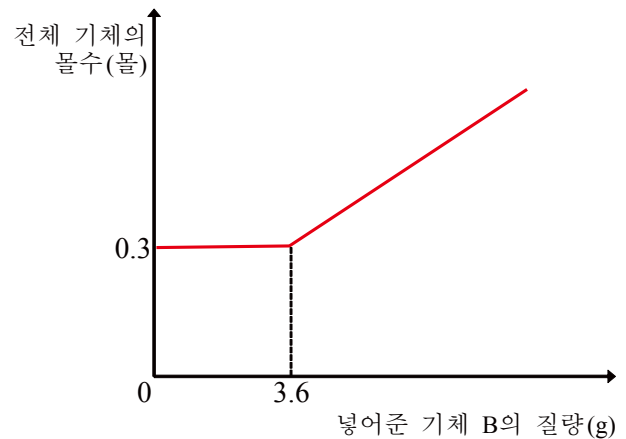
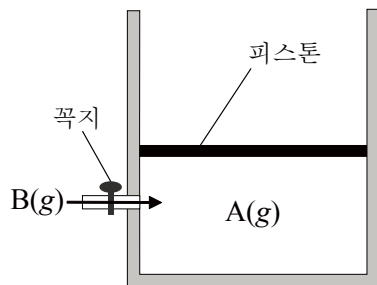
$$\Delta T_b = K_b \times m$$

위 식에서 K_b 는 몰랄 오름 상수인데, 이는 용액의 농도가 1 m 일 때의 끓는점 오름 값에 해당한다. 몰랄 오름 상수는 용매의 종류에 따라 달라진다. 예를 들어, 물의 몰랄 오름 상수는 $0.51^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$ 이고 벤젠의 몰랄 오름 상수는 $2.64^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$ 이다.

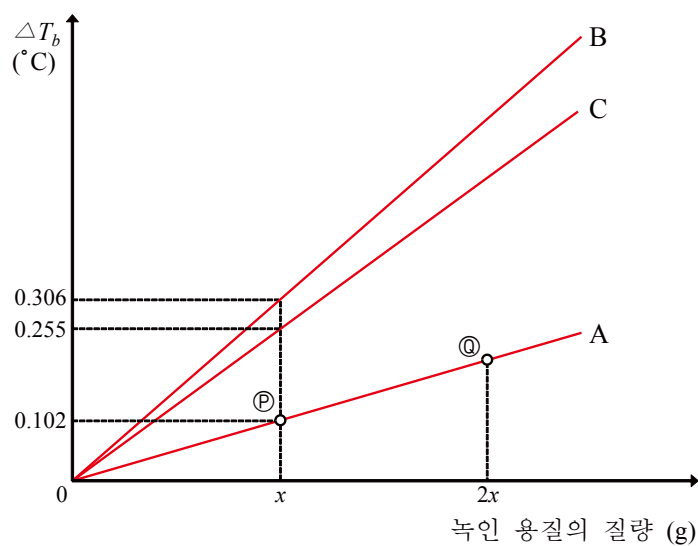
[문제 4-1] 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C와 D를 생성하는 화학 반응식이다.



A가 들어 있는 실린더에 B를 넣으면 반응이 즉각적으로 일어난다. 그래프는 A만 들어 있는 실린더에 B를 조금씩 넣으면서, 실린더에 들어 있는 전체 기체의 몰수를 나타낸 것이다. 넣어준 B의 몰수가 0.1몰일 때와 0.3몰일 때 실린더 안의 기체의 밀도를 측정하였더니 서로 같았다. 제시문 (가) - (다)에 근거하여 $\frac{c+d}{a+b}$ 와 A의 분자량을 논리적으로 구하시오. (단, B의 분자량은 36이고, 실린더 내부의 온도와 압력은 일정하며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림은 물 500 g에 용질 A와 B를 각각 녹인 A 수용액, B 수용액과 용질 A와 B를 일정 비율로 같이 녹인 수용액 C의 끓는점 오름을 용질의 질량에 따라 나타낸 것이다. 용질 A를 x g 녹인 수용액 ㉔와 $2x$ g 녹인 수용액 ㉕의 물 농도를 측정하였더니, 수용액 ㉕의 물 농도가 수용액 ㉔의 물 농도의 $\frac{21}{11}$ 배였다. 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 수용액 C에 들어 있는 용질 A와 B의 몰수비를 구하고, 수용액 ㉔에 들어 있는 용질 A의 질량 및 분자량을 논리적으로 구하시오. (단, 모든 수용액의 밀도는 1 g/mL 이고, 용질 A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 서로 반응하지 않는다.) [15점]



자연계열 II(2교시) 문제해설



수학

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 1] 제시문

수학, 금성출판사(2020), 배종숙 외, p.262-267, 272-276 / 수학, 천재교과서(2020), 류희찬 외, p.258-262, 268-274
수학, 교학사(2020), 권오남 외, p.255-263, 268-274

[문제 2]

수학II, 신사고(2020), 고성은 외, p.83 / 수학II, 비상교육(2019), 김원경 외, p.84 / 수학, 지학사(2020), 홍성복 외, p.36
수학, 금성출판사(2020), 배종숙 외, p.32 / 미적분, 천재교육(2021), 이준열 외, p.66
미적분, 천재교과서(2020), 류희찬 외, p.69, / 수학II, 미래앤(2019), 황선욱 외, p.127 / 수학II, 신사고(2020), 고성은 외, p.121

[문제 3]

수학, 금성출판사(2019), 배종숙 외, p.139-147 / 미적분, 천재교육(2019), 이준열 외, p.97-108, 155-159,
기하, 지학사(2019), 홍성복 외, p.89-97

출제의도

[문제 1]

경우의 수는 논리적 사고에 의하여 다양한 방법으로 계산할 수 있으며 이는 다양한 문제에서 활용될 수 있다. 본 문제에서는 도형과 관련하여 경우의 수를 계산하는 능력을 평가하고자 하며, 이를 위하여 '조합'의 개념을 사용할 수 있는지를 평가한다. 본 문제는 경우의 수에 대한 계산능력 및 조합 개념의 이해도를 평가하며 난이도는 '중' 정도로 볼 수 있다.

[문제 2-1]

도함수를 이용하여 3차 함수의 그래프의 개형을 파악하고, 함수의 그래프와 방정식의 해 사이를 이용해 방정식의 해의 개수를 알아낼 수 있는 지를 평가한다.

[문제 2-2]

삼각함수의 중요한 성질인 덧셈정리를 이해하고 상황에 맞게 적용할 수 있는지를 평가한다. 미분과 정적분의 관계를 이해하는 것이 미적분의 핵심인데 이를 잘 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 덧붙여 삼각함수의 합 공식을 이용해 연립방정식을 풀 수 있는지도 평가한다.

[문제 3-1]

주어진 영역을 알아내고 원과 삼각형의 성질을 이용하여 넓이를 계산하고, 주어진 정적분을 구할 수 있는지 평가한다.

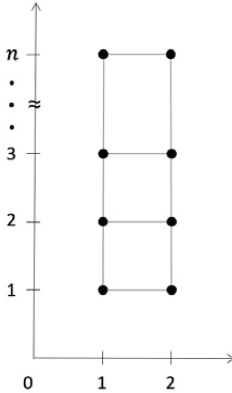
[문제 3-2]

벡터의 내적을 잘 이해하고 있는지 확인한다. 곡선의 접선 중 원점을 지나는 접선을 구하고 그 중 기울기가 큰 것을 선별할 수 있는지 평가한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 1] 예시답안

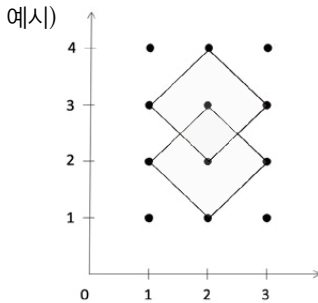
(1) $m=2$ 인 경우



- x 축과 평행한 n 개의 선들 중에서 2개를 선택하여 만들 수 있는 직사각형의 개수를 구하면 ${}_2C_2 \times {}_nC_2$ 이다.
- 이때, 넓이가 1인 직사각형의 개수는 $n-1$ 이다.
- 따라서, $A(2, n) = {}_2C_2 \times {}_nC_2 - (n-1) = {}_nC_2 - (n-1)$ 이다.

(2) $m=3$ 인 경우

- x 축과 평행한 n 개의 선들 중에서 2개를 선택하고 y 축과 평행한 3개의 선들 중에서 2개를 선택하여 만들 수 있는 직사각형의 개수를 구하면 ${}_3C_2 \times {}_nC_2$ 이다.
- x 축, y 축과 평행하지 않은 선으로 만들 수 있는 직사각형은 $n-2$ 개 있다.



- 이때 넓이가 1인 직사각형의 개수는 $2(n-1)$ 이다.
- 따라서, $A(3, n) = {}_3C_2 \times {}_nC_2 + (n-2) - 2(n-1) = {}_3nC_2 - n$
- 따라서, $A(3, n) - A(2, n) = {}_3nC_2 - n - {}_nC_2 + (n-1) = 2{}_nC_2 - 1$ 이므로, $A(3, 100) - A(2, 100) = 2{}_{100}C_2 - 1 = 9899$ 이다.

채점기준

- $A(2, n) = {}_2C_2 \times {}_nC_2 - (n-1) = {}_nC_2 - (n-1)$ 의 수식을 유도하거나, $A(2, 100) = {}_{100}C_2 - 99 = 4851$ 을 바르게 계산한 경우: **+6점**
- $A(3, n) - A(2, n) = {}_3nC_2 - n - {}_nC_2 + (n-1) = 2{}_nC_2 - 1$ 의 수식을 유도하거나, $A(3, 100) = 3{}_{100}C_2 - 100 = 14750$ 을 바르게 계산한 경우: **+12점** (단, 대각선으로 만들어지는 직사각형의 개수 $n-2=98$ 개를 빠뜨린 경우는 **8점**만 부여함)
- $A(3, 100) - A(2, 100) = 9899$ 를 바르게 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 ± 1 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 2-1] 예시답안

$f(x) = 2x^3 + 3kx^2 - (2k^2 + k - 2)$ 라 하자. 우선 $k=0$ 인 경우 해가 하나인 것을 확인한 후, $k > 0$ 이라 가정한다.

이때 $f'(x) = 6x(x+k)$ 이므로 $f(x)$ 는 $x=-k$ 에서 극대, $x=0$ 에서 극소이다.

따라서 단 하나의 해를 가지기 위해서는

$$f(0) = -(2k^2 + k - 2) > 0 \text{ 또는 } f(-k) = k^3 - 2k^2 - k + 2 = (k+1)(k-1)(k-2) < 0 \Rightarrow (k-1)(k-2) < 0$$

이다. 위 부등식을 풀어 k 의 범위 $0 \leq k < \frac{-1+\sqrt{17}}{4}$ 또는 $1 < k < 2$ 를 얻는다.

채점기준

- $f(x)=2x^3+3kx^2-(2k^2+k-2)$ 라하고 미분을 이용하여 문제를 푸는 것을 시도하면 **+2점**
- $f(x)$ 의 극댓값과 극솟값을 구하면 **+2점**
- $f(0)>0$ 또는 $f(-k)<0$ 일 때 해가 하나라는 것을 명시하면 **+4점**
- 최종적으로 정답을 얻으면 **+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 2-2] 예시답안

우선 사인함수의 덧셈정리를 적용하여 식을 다음과 같이 정리한다.

$$\begin{aligned}\ln(1+x^2) &= \int_0^x f(t) \sin(x-t) dt = \int_0^x f(t) (\sin x \cos t - \cos x \sin t) dt \\ &= \sin x \left\{ \int_0^x f(t) \cos t dt \right\} - \cos x \left\{ \int_0^x f(t) \sin t dt \right\}\end{aligned}$$

위의 식을 미분하면

$$\frac{2x}{1+x^2} = \cos x \left\{ \int_0^x f(t) \cos t dt \right\}' + \sin x \left\{ \int_0^x f(t) \sin t dt \right\}'$$

이므로, 위 두 식에 각각 $\sin x$, $\cos x$ 를 곱하여 더해

$$\int_0^x f(t) \cos t dt = \ln(1+x^2) \sin x + \frac{2x}{1+x^2} \cos x$$

를 얻는다. (또는 비슷한 방법으로 $\int_0^x f(t) \sin t dt = \frac{2x}{1+x^2} \sin x - \ln(1+x^2) \cos x$ 를 얻을 수 있다.) 위 식을 미분하면

$$f(x) \cos x = \ln(1+x^2) \cos x + \left(\frac{2x}{1+x^2} \right)' \cos x$$

(또는 $f(x) \sin x = \left(\frac{2x}{1+x^2} \right)' \sin x + \ln(1+x^2) \sin x$) 이므로 $f(x) = \ln(1+x^2) + \left(\frac{2x}{1+x^2} \right)'$ 이다. 따라서

$$\int_0^2 x f(x) dx = \int_0^2 x \ln(1+x^2) dx + \int_0^2 x \left(\frac{2x}{1+x^2} \right)' dx$$

이다. 첫 번째 적분은 치환적분과 부분적분을 이용하여 계산하고

$$\int_0^2 x \ln(1+x^2) dx = \frac{1}{2} \int_1^5 \ln u du = \frac{1}{2} [u \ln u - u]_1^5 = -2 + \frac{5}{2} \ln 5$$

두 번째 적분은 부분적분을 하여 값을 구한다.

$$\int_0^2 x \left(\frac{2x}{1+x^2} \right)' dx = \left[\frac{2x^2}{1+x^2} \right]_0^2 - \int_0^2 \frac{2x}{1+x^2} du = \frac{8}{5} - [\ln(1+x^2)]_0^2 = \frac{8}{5} - \ln 5$$

마지막으로 위의 적분 값을 더하여 정답 $\frac{3}{2} \ln 5 - \frac{2}{5}$ 을 얻는다.

채점기준

- 삼각함수 정리를 이용하여 $\ln(1+x^2)=g(x)\sin x-h(x)\cos x$ 형태로 식을 정리하면 **+3점**
- 미분하여 $-\frac{2x}{1+x^2}=g(x)\cos x+h(x)\sin x$ 를 얻고, $g(x)$ 와 $h(x)$ 에 대한 연립방정식을 풀어 $g(x)=\ln(1+x^2)\sin x+\frac{2x}{1+x^2}\cos x$ 또는 $h(x)=\frac{2x}{1+x^2}\sin x-\ln(1+x^2)\cos x$ 를 얻으면 **+3점**
- 미분하여 $f(x)=\ln(1+x^2)+\left(\frac{2x}{1+x^2}\right)'$ 를 얻으면 **+3점**

- 최종적으로 적분을 계산하여 정답 $\frac{3}{2}\ln 5 - \frac{2}{5}$ 을 얻으면 **+6점**

※ 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

직선 $y=(\tan \theta)x$ 는 x 축의 양의 방향과 θ 의 각을 이루는 직선이므로 원의 성질을 이용하면

$$g(\theta)=\frac{1}{2}(\pi-2\theta)-\sin \theta \cos \theta=\frac{\pi}{2}-\theta-\sin \theta \cos \theta \text{을 얻는다.}$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{\frac{\pi}{2}-\theta-\sin \theta \cos \theta}{\cos^2 \theta} d\theta=\int_0^{\frac{\pi}{4}}\left(\frac{\pi}{2} \sec^2 \theta-\theta \sec^2 \theta-\tan \theta\right) d\theta \text{이고 부분적분을 하면}$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{4}}-\theta \sec^2 \theta d\theta=\left[-\theta \tan \theta\right]_0^{\frac{\pi}{4}}+\int_0^{\frac{\pi}{4}} \tan \theta d\theta=\int_0^{\frac{\pi}{4}} \tan \theta d\theta-\frac{\pi}{4} \text{이다.}$$

$$\text{정리하면 주어진 정적분은 } \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{\pi}{2} \sec^2 \theta d\theta-\frac{\pi}{4}=\frac{\pi}{2}\left[\tan \theta\right]_0^{\frac{\pi}{4}}-\frac{\pi}{4}=\frac{\pi}{4} \text{이다.}$$

채점기준

- $g(\theta)=\frac{\pi}{2}-\theta-\sin \theta \cos \theta$ 을 보이면 **+5점**
- 부분적분 $\int_0^{\frac{\pi}{4}}-\theta \sec^2 \theta d\theta=\int_0^{\frac{\pi}{4}} \tan \theta d\theta-\frac{\pi}{4}$ 보이면 **+2점**
- 나머지 적분을 구하고 합하여 $\frac{\pi}{4}$ 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 3-2] 예시답안

$\angle AOB=\theta$ 라 하자. 내적 정의를 고려하면 주어진 값은 $\cos \theta$ 임을 알 수 있다. 곡선 $y=\frac{1}{14+8\sqrt{3}} \ln x(\ln x-1)^2$ 은 $x=1$, $x=e$ (중근)에서 근을 가지고 $x \geq e$ 에서 증가하면서 $f(x) \leq \sqrt{x}$ 이다. 원점에서 곡선 $y=f(x)$ 에 그은 접선 중 기울기가 최대인 경우에 $\cos \theta$ 가 최댓값을 갖는다. $(a, f(a))$ 에서의 접선이 원점을 지나면 $f(a)=af'(a)$ 을 만족한다.

계산하면 $\ln a(\ln a-1)^2=(\ln a-1)^2+2 \ln a(\ln a-1)$ 이고 $(\ln a-1)$ 이 공통 인수이므로 나머지를 정리하면 $(\ln a)^2-4(\ln a)+1=0$ 이고 $\ln a=2 \pm \sqrt{3}$ 을 얻을 수 있다.

$\ln a=2-\sqrt{3}$ 에 대응하는 접점은 $\left(e^{2-\sqrt{3}}, \frac{7-4\sqrt{3}}{7+4\sqrt{3}}\right)$ 이고 $\ln a=2+\sqrt{3}$ 에 대응하는 접점은 $(e^{2+\sqrt{3}}, 1)$ 이다.

두 접점의 기울기를 비교해보자. $e < 3$, $\sqrt{3} < 2$ 을 고려하면 $e^{2/\sqrt{3}} < 3^4=81$ 이고 이를 이용하면 다음을 보일 수 있다.

$$\frac{7-4\sqrt{3}}{(7+4\sqrt{3})e^{2-\sqrt{3}}} < \frac{1}{e^{2+\sqrt{3}}} \Leftrightarrow e^{2/\sqrt{3}} < \frac{7+4\sqrt{3}}{7-4\sqrt{3}}=(7+4\sqrt{3})^2=97+56\sqrt{3}$$

따라서 $A(e^{2+\sqrt{3}}, 1)$, $B(1, e^{2+\sqrt{3}})$ 일 때 최댓값 $\frac{2e^{2+\sqrt{3}}}{1+e^{4+2/\sqrt{3}}}$ 을 갖는다.

채점기준

- 주어진 식이 $\cos \theta$ 임을 보이면 **+3점**
- 접선의 방정식을 구하고 $\ln a=2 \pm \sqrt{3}$ 보이면 **+7점**
- 기울기를 비교하여 $A(e^{2+\sqrt{3}}, 1)$ 일 때 최댓값 $\frac{2e^{2+\sqrt{3}}}{1+e^{4+2/\sqrt{3}}}$ 을 구하면 **+5점**

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

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

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

【문제 4】 제시문

생명과학 I, 천재교육(2018), 이준규 외 5인, p.44
 생명과학 I, 동아출판(2018), 김윤택 외 4인, p.47, 98-100
 생명과학 I, 지학사(2018), 전상학 외 7인, p.88, 94-95
 생명과학 I, 미래엔(2018), 오현선 외 5인, p.96, 106-109
 생명과학 I, 비상(2018), 심규철 외 5인, p.86-87
 생명과학 I, 금성출판사(2018), 심재호 외 5인, p.114
 생명과학 II, 교학사(2018), 권혁빈 외, p.111-129, 180-187
 생명과학 II, 지학사(2018), 전상학 외, p.114-136, 192-198
 생명과학 II, 미래엔(2018), 오현선 외, p.124-140, 194-197
 생명과학 II, 비상(2018), 심규철 외, p.122-140, 195-198

출제의도

【문제 4-1】 체내 환경을 일정하게 유지하려는 특성인 항상성에 문제가 생기면 다양한 질병이 발생할 수 있다. 본 문제에서는 항상성을 유지시키는 데 문제가 생겨서 발생하는 질병에 대한 제시문과 실험 결과를 통합적으로 이해할 수 있는 능력을 평가한다.

이를 위하여, 주어진 제시문을 읽고 실험에 대한 자료를 해석하여 물질 X 또는 물질 Y의 주입이 각 생쥐에서의 혈당량 및 인슐린의 농도를 어떻게 변화시켰는지를 정확하게 이해할 수 있고, 그 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지를 확인한다.

【문제 4-2】 진핵생물의 유전자 발현 및 조절 과정을 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 진핵생물의 전사 인자는 다른 유전자의 프로모터에 결합함으로써 유전자의 발현을 촉진하거나 억제할 수 있고, 유전자의 발현은 전사와 번역 과정을 통해 이루어지는 것을 이해하는지와 제한 효소의 개념을 파악하고 있는지를 통합적으로 평가하고자 하였다. 특히 전사 인자는 프로모터에만 결합한다는 단서와 전사 인자가 결합한 DNA의 경우 제한 효소가 작용하지 못한다는 단서를 조합하여 암세포에서만 발현하고 있는 유전자 a와 b가 항암제 X와 Y에 의해 어떻게 영향을 받는지를 찾는 문제이며, 문제 해결 과정을 통해 통합 추론 능력을 확인하고자 하였다.

2. 예시답안 및 채점기준

【문제 4-1】 예시답안

- ▶ 식염수를 처리한 정상 생쥐 A의 결과에 비해, 물질 X를 처리한 정상 생쥐 B의 혈당량이 높고, 인슐린 농도가 매우 낮다. 제시문 (가)에서 제1형 당뇨병은 인슐린을 생성하지 못하는 것이라고 하였으므로, 물질 X는 제1형 당뇨병을 유발함을 유추할 수 있다.
- ▶ 생쥐 A의 결과에 비해, 물질 Y를 처리한 정상 생쥐 D의 혈당량이 높고 인슐린 농도는 비슷하다. 이 결과와 제시문 (가)를 통해, 물질 Y는 제2형 당뇨병을 유발함을 유추할 수 있다.
- ▶ 제시문 (나)에서 T 림프구가 가슴샘에서 분화한다고 하였으므로, 가슴샘이 제거된 생쥐에는 T 림프구가 결핍되어 있음을 유추

할 수 있다. 제1형 당뇨병을 유발하는 물질 X를 가슴샘이 제거된 생쥐 C에 처리하였을 때, 혈당량과 인슐린 농도가 생쥐 A와 같았으므로, 물질 X는 T 림프구의 작용을 통해 이자의 β 세포를 파괴하여 당뇨병을 유발하였다고 추론할 수 있다.

- ▶ 가슴샘을 제거한 생쥐 E에 물질 Y를 처리하였을 때, 혈당량 및 인슐린 농도가 생쥐 D와 동일하므로, 물질 Y는 T 림프구와 상관없이 당뇨병을 유발함을 추론할 수 있다.
- ▶ 제시문 (가)에서 제2형 당뇨병은 표적 세포가 인슐린에 반응하지 못하는 것이라고 하였으므로, 물질 Y는 표적 세포의 인슐린 반응성을 낮추어서 당뇨병을 발생시켰을 것으로 추론할 수 있다.

채점기준

- 물질 X가 제1형 당뇨병을, 물질 Y가 제2형 당뇨병을 유발함을 제시하면, **+4점** (물질 당 **+2점**)
- 가슴샘이 제거된 생쥐에 T 림프구가 결핍되어 있음을 제시하면, **+2점**
- 물질 X가 T림프구 작용을 통해 이자의 β 세포를 파괴하여 당뇨병을 유발함을 제시하면, **+4점** (T 림프구 작용 **+2점**, β 세포 파괴 **+2점**)
- 물질 Y의 당뇨병 유발 기전은 T 림프구와 관계없음을 제시하면, **+3점**
- 물질 Y는 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 제대로 반응하지 못하도록 하여 당뇨병을 유발함을 제시하면, **+2점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 식염수 처리군의 경우 전사 인자 P와 A에 의해 유전자 발현 과정이 진행되고 있어 제한 효소에 의해 프로모터 부위가 절단되지 않아 유전자 *a*와 *b* 모두 10000과 5000 염기쌍에서 검출됨.
- ▶ 항암제 X: 식염수와 마찬가지로 유전자 *a*의 전체 크기인 10000개 염기쌍 DNA 절편은 확인되었으나 유전자 *b*의 전체 크기인 5000 염기쌍은 검출되지 않았고, 대신 유전자 *b*의 프로모터 부분이 제한 효소에 잘려 1500과 3500으로 나누어진 절편이 관찰됨. 이는 유전자 *a*를 통해 발현되는 전사 인자 A가 유전자 *b*의 프로모터에 결합하지 못하여 나타난 결과라는 것을 의미함.
- ▶ 또한 <표2>에서 유전자 *a*의 mRNA 및 단백질 발현은 식염수 처리군과 동일한 반면 유전자 *b*의 mRNA 발현이 되지 않는 것을 확인할 수 있음. 단백질 A는 유전자 *b*의 전사인자로 작용한다고 하였으므로 단백질 A에 의한 유전자 *b*의 발현이 전사 수준에서 저해되고 있음을 유추할 수 있음. 따라서 항암제 X는 전사인자 A가 유전자 *b*의 프로모터 부위에 결합하지 못하게 하여 전사 과정을 방해함으로써 암세포의 성장을 억제함.
- ▶ 항암제 Y: <표2>에서 유전자 *a*의 mRNA는 증가하지만 단백질 A의 발현은 크게 감소하였음. 이는 발현된 유전자 *a*의 mRNA가 단백질로 번역되는 과정이 저해되었음을 의미함. 따라서 발현이 줄어든 단백질 A가 유전자 *b*의 전사 과정에도 영향을 미쳐 단백질 B 발현까지 낮아진 것을 알 수 있음.
- ▶ <표1>에서 유전자 *a*가 mRNA로 전사된 후 단백질 A로 번역되는 과정이 방해로 받아 단백질 A 합성이 줄어들게 되면, 유전자 *b*의 프로모터 부위에 붙을 수 있는 전사 인자도 감소하여 전사인자 A가 결합한 유전자 *b*가 줄어들지만 <표2>에서 단백질 A의 완전한 번역을 막지는 못하므로 일부 전사 인자와 결합한 유전자 *b*가 함께 존재하므로 제한 효소에 의한 DNA 절편 역시 5000과 3500, 1500 모두 검출된다. 따라서 항암제 Y는 유전자 A의 번역과정을 방해하여 암세포의 성장을 억제한다.

채점기준

- 식염수 처리군에서 DNA 절편이 10000과 5000에서 생기는 이유를 설명하면, **+3점**
- <표1> 항암제 X 처리군에서 전사 인자 A가 유전자 *b* 프로모터에 결합하지 못하여 DNA 절편이 생긴 것을 설명하면, **+3점**
- <표1> 항암제 Y 처리군에서 유전자 *b*의 DNA 절편이 3가지 모두 생긴 것을 설명하면, **+3점**
- <표2> 항암제 X 처리군에서 유전자 *b*의 전사과정에 문제가 있음을 설명하면, **+3점**
- <표2> 항암제 Y 처리군에서 유전자 *a*의 번역과정에 문제가 있음을 설명하면, **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

- [문제 4]** 제시문 : 물리 I, 비상교육(2017), 손정우 외, p.30-33
 물리 I, 지학사(2018), 김성원 외, p.48-49
 물리 I, 동아출판(2017), 송진웅 외, p.20
 물리 I, 와이비엠(2017), 광영직 외, p.17
 물리 II, 교학사(2018), 김영민 외, p.16
 물리 II, 천재교육(2018), 강남화 외, p.37

출제의도

- [문제 4]** 역학은 고등학교 물리 I 역학과 에너지 단원, 고등학교 물리 II 역학적 상호작용 단원에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 역학의 기본 법칙인 뉴턴의 운동 방정식, 운동량 보존 법칙, 역학적 에너지 법칙, 힘의 평형을 이해하고 등가속도 운동과 벡터량의 합성과 분해를 통해 물체의 운동을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.
- [문제 4-1]** 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 예측하고, 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 기술하는 문제이다. 두 물체가 등속도 운동하는 구간과 등가속도 운동하는 구간을 구별하고, 각 구간에서의 속도와 가속도를 구하고, 이동 거리와 시간 사이의 관계를 구하는 문제이다. 본 문항의 평가에서는, 운동량 보존 법칙, 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하고 등가속도 운동으로부터 물체의 운동을 정량적으로 분석하는 문제 해결력을 측정하고자 하였다.
- [문제 4-2]** 구심력을 이용하여 등속 원운동을 기술하고 벡터의 성분 분해를 통해 성분별로 등속도 운동과 등가속도 운동을 하는 물체의 위치와 속도를 정량적으로 분석하는 문제이다. 등속 원운동을 하는 물체의 구심력을 구하고, 힘의 평형으로부터 줄의 장력과 중력이 이루는 각도를 이해한다. 복잡한 물체의 운동을 등속 원운동, 등속 직선 운동, 등가속도 직선 운동으로 나누어 분류하고 물체의 속도, 변위를 정량적으로 분석하는 문제 해결력을 종합적으로 평가하는 문제이다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 충돌 직후의 물체의 속도를 각각 v_A , v_B 라고 할 때, 충돌 전후의 운동량이 보존됨을 이용하면 $m_A v = m_A v_A + m_B v_B$ 이고 $0.6v_A + 0.3v_A = 1.2$ 이다.
- ▶ 두 물체는 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 경사면을 오르기 전과 내려온 후에는 각각 v_A 와 v_B 의 속력으로 등속도 운동을 하며, 경사면에서는 경사면 방향으로 가속도 $a = g \sin \theta = 5 \text{ m/s}^2$ 로 등가속도 운동을 한다.
- ▶ 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 초기속력과 최대 도달 높이 사이의 관계는 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 이로부터 $h_B - h_A = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2g}$ 이

고 $v_B^2 - v_A^2 = 3$ 이다.

- ▶ 위에서 구한 두 식으로부터 두 해 $v_A = 1 \text{ m/s}$, $v_B = 2 \text{ m/s}$ 와 $v_A = \frac{13}{3} \text{ m/s}$, $v_B = -\frac{14}{3} \text{ m/s}$ 을 구할 수 있다. 문제의 상황으로 부터 속도는 모두 양수이므로 $v_A = 1 \text{ m/s}$, $v_B = 2 \text{ m/s}$ 만이 가능하다.
- ▶ 두 물체가 위치 D 에서 첫 번째 충돌 이후 위치 d 에서 두 번째 충돌할 때까지 총 이동 시간이 같으므로,

$$\frac{D}{v_A} + \frac{d}{v_A} + 2\frac{v_A}{a} = \frac{D}{v_B} + \frac{d}{v_B} + 2\frac{v_B}{a}$$
 이다. 위에서 구한 속도 v_A , v_B , 가속도 a 와 D 를 대입하면 $d = 0.3 \text{ m}$ 이다.

채점기준

- 두 물체의 충돌 전후 운동량 보존 법칙을 바르게 기술하면 **+3점**
- 각 구간에서 물체의 운동을 바르게 기술하면 **+3점**
- 에너지 보존 법칙을 이용하여 두 물체의 속력 간의 관계를 구하면 **+3점**
- 두 물체의 충돌 후 속도를 바르게 구하면 **+3점**
- 총 이동 시간으로부터 두 번째 충돌 위치를 구하면 **+3점**

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

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

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 줄과 기둥이 이루는 각을 θ , 관람차와 기둥 사이의 거리를 R , 관람차의 속력을 V 라 하자. 줄의 장력과 중력의 합력이 구심력으로 작용하므로 $\frac{F_{\text{구심력}}}{F_{\text{중력}}} = \tan \theta$ 이고, $\frac{MV^2/R}{Mg} = \frac{R}{L-H}$ 이다. 이 식으로부터 관람차의 속력은 $V = \sqrt{g \frac{R^2}{L-H}}$ 이고
 $R^2 = L^2 - (L-H)^2 = H(2L-H)$ 이므로, $V = \sqrt{g \frac{H(2L-H)}{L-H}}$ 이고 원의 접선 방향이다.
- ▶ 공이 높이 H 에서 자유 낙하하므로 $H = \frac{1}{2}gt^2$ 이고 공이 낙하한 시간은 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 이다.
- ▶ 공이 낙하한 시간 동안 공은 원의 접선 방향으로 수평으로 등속도 운동을 한다.
 그 이동 거리는 $S = Vt$ 이므로, $S = R\sqrt{\frac{2H}{L-H}} = H\sqrt{\frac{2(2L-H)}{L-H}}$ 이다.
- ▶ 공이 원운동의 접선 방향의 초기속도를 가지므로 공이 떨어진 위치와 기둥 사이의 거리는 $D^2 = R^2 + S^2$ 이고,
 $D^2 = R^2 \left(\frac{L+H}{L-H} \right) = H(2L-H) \left(\frac{L+H}{L-H} \right)$ 이다.
- ▶ $L = 50 \text{ m}$, $H = 10 \text{ m}$ 를 위 식에 대입하면 $D = \sqrt{1350} = 15\sqrt{6} \text{ m}$ 이다.

채점기준

- 장력과 중력의 합력이 구심력임을 이용하여 관람차의 속도를 구하면 **+5점**
- 관람차의 높이로부터 공의 낙하 시간을 바르게 구하면 **+2점**
- 공의 수평 방향 운동이 등속 운동임을 보이고 공의 변위를 구하면 **+3점**
- 공이 떨어진 지점과 기둥의 거리를 구하면 **+5점**

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

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

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

화학 I, (주)교학사(2020), 흥훈기 외 6인, p.32, 33, 39-40, 43-44
 화학 I, (주)미래엔(2020), 최미화 외 5인, p.28, 32-33, 36-41, 44-45
 화학 I, (주)천재교육(2019), 노태희 외 6인, p.23-24, 28-29, 30-37, 40-43
 화학 I, (주)비상교육(2020), 박종석 외 7인, p.29, 31, 34-39, 40-42
 화학 I, (주)와이비엠(2020), 강대훈 외 3인, p.37, 38, 50-53, 41-42
 화학 I, (주)동아출판(2020), 황성용 외 3인, p.31-32, 33, 39-43, 36-37
 화학 I, (주)지학사(2019), 이상권 외 7인, p.27-28, 31-33, 34-39, 40-42
 화학 I, (주)금성출판사(2019), 하윤경 외 5인, p.29-33, 40-43, 34-38
 화학 II, (주)교학사(2020), 흥훈기 외 6인, p.53-57, 62-64
 화학 II, (주)미래엔(2020), 최미화 외 5인, p.52-55, 60-63
 화학 II, (주)천재교육(2019), 노태희 외 6인, p.49-52, 50-57
 화학 II, (주)비상교육(2020), 박종석 외 7인, p.39-40, 44-45
 화학 II, (주)지학사(2019), 이상권 외 7인, p.49-50, 53-56
 화학 II, (주)상상아카데미(2020), 장낙한 외 9인, p.56-57, 65-67

출제의도

[문제 4] 본 논술고사에서는 고등학교 ‘화학 I’과 ‘화학 II’ 교육과정에 포함된 기본 개념의 통합적인 이해도 및 과학적 사고력을 평가하고자 한다. 이를 위해 몰, 아보가드로 법칙, 화학 반응에서의 양적 관계, 몰 농도, 몰랄 농도 및 묽은 용액의 끓는점 오름 등 고교 화학 교과 과정에서 핵심적으로 다루어지고 있는 기본적인 화학 개념에 대해 명확히 이해하고, 이를 바탕으로 통합적으로 사고할 수 있는지 평가하고자 한다. 생성물과 반응물이 모두 기체 분자인 화학 반응에서의 양적 관계를 화학 반응식으로부터 도출하고, 이를 전체 기체의 부피 변화 및 밀도 변화와 연계할 수 있어야 한다. 또한, 용액의 끓는점 오름이 용액에 녹아 있는 용질의 종류에는 관계 없이 입자 수에만 비례한다는 것을 이해하여 서로 반응하지 않는 두 종류의 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점 오름으로부터 용질의 몰수비를 유추할 수 있고, 용액의 몰 농도와 몰랄 농도의 차이를 이해하여 이로부터 용질의 분자량을 도출할 수 있어야 한다.

[문제 4-1] [문제 4-1]은 화학 I의 기본 학습 내용인 몰, 아보가드로 법칙, 화학 반응의 양적 관계에 대해 이해하고, 이를 기체의 화학 반응에 적용하여 논리적으로 생각할 수 있는지 물어보는 문제이다. 기체의 화학 반응에서 반응한 기체와 생성한 기체의 몰수 변화를 화학 반응식의 반응 계수로부터 알아내고, 온도와 압력이 일정할 때 기체 분자의 몰수가 기체의 부피에 비례한다는 아보가드로 법칙과 연계하여 기체의 화학 반응을 이해할 수 있어야 한다. 이를 바탕으로 전체 기체의 몰수 변화로부터 화학 반응의 반응 계수비를 유추하고, 이로부터 전체 기체의 부피 및 밀도 변화를 논리적으로 추론하여 반응 초기에 존재하는 기체 분자의 분자량을 구할 수 있어야 한다.

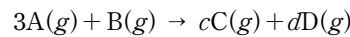
[문제 4-2] [문제 4-2]는 화학 I에서 다루는 몰 농도의 개념과 화학 II에서 다루는 몰랄 농도 및 끓는점 오름의 개념에 대한 이해를 바탕으로 이

를 통합적으로 연계하여 용액의 총괄성을 이해하고 있는지 물어보는 문제이다. 용액의 끓는점 오름은 용액에 녹아 있는 용질의 종류에는 관계없이 용질의 입자 수, 즉 몰랄 농도에 비례한다는 것을 이해하여 두 가지의 서로 다른 용질이 같이 녹아 있는 용액의 끓는점 오름을 유추할 수 있어야 한다. 두 가지의 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점 오름과 각 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점 오름을 비교하여 두 가지 용질이 녹아 있는 용액에 존재하는 각 용질의 몰수비를 구할 수 있어야 한다. 또한, 몰랄 농도와 몰 농도의 차이를 이해하여 용액에 존재하는 용질의 양과 분자량을 논리적으로 도출해 낼 수 있어야 한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 문제에 주어진 그래프에서 넣어준 B의 몰수가 0.1 몰일 때 실린더 안의 기체 A가 모두 반응했다는 것을 알 수 있으므로 화학 반응식의 반응 계수 $a:b=0.3:0.1=3:1$ 이라는 것을 알 수 있다.
- ▶ 위의 반응 계수비로부터 주어진 화학 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.



넣어준 B의 몰수가 0.1몰보다 작을 때에는 넣어준 B는 전부 반응하기 때문에 반응 전후의 양적 관계는 다음의 표와 같다.

	A의 몰수	B의 몰수	C의 몰수	D의 몰수	전체 몰수
반응 전	0.3	0	0	0	0.3
B α 몰 첨가		$+\alpha$			
반응 후	$0.3-3\alpha$	$\alpha-\alpha=0$	$c\alpha$	$d\alpha$	$0.3+(c+d-3)\alpha$

반응 후의 전체 기체의 몰수가 반응 전과 같이 0.3몰이므로 $c+d=3$ 이라는 것을 알 수 있다.

따라서, $\frac{c+d}{a+b} = \frac{3}{4} = 0.75$ 이다.

별해

주어진 화학 반응식을 $3bA(g) + bB(g) \rightarrow cC(g) + dD(g)$ 로 두고 문제를 풀 수 있다.

	A의 몰수	B의 몰수	C의 몰수	D의 몰수	전체 몰수
반응 전	0.3	0	0	0	0.3
B α 몰 첨가		$+\alpha$			
반응 후	$0.3-3\alpha$	$\alpha-\alpha=0$	$\frac{c}{b}\alpha$	$\frac{d}{b}\alpha$	$0.3+\left(\frac{c+d}{b}-3\right)\alpha$

이때 반응 후 전체 기체의 몰수가 0.3몰이므로 $\frac{c+d}{b}=3$ 이고, $\frac{c+d}{a+b} = \frac{3b}{3b+b} = 0.75$ 이다.

- ▶ 기체 B를 0.1몰 첨가할 때 실린더 내의 기체의 질량은 반응 초기에 존재한 A 0.3몰과 첨가한 B 0.1몰의 질량의 합과 같다. 따라서, A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 할 때 기체의 질량은 $w_1=0.3M_A+0.1M_B$ 이다. 반응 후 기체의 몰수는 초기 몰수인 0.3몰과 같다.
- ▶ 기체 B를 0.3몰 첨가하여 반응이 완료된 후의 기체의 질량은 반응 초기에 존재한 A 0.3몰과 첨가한 B 0.3몰의 질량의 합과 같다. 따라서 이때 기체의 질량은 $w_2=0.3M_A+0.3M_B$ 이다. 반응으로 B 0.1몰이 소모된 후에는 실린더에 존재하는 A가 없으므로 더 이상의 반응은 일어나지 않기 때문에 반응 전후의 양적 관계는 다음과 같다.

	A의 몰수	B의 몰수	C의 몰수	D의 몰수	전체 몰수
반응 전	0.3	0	0	0	0.3
B 0.3몰 첨가		$+0.3$			
반응 후	0	0.2	$0.1c$	$0.1d$	$0.2+0.1(c+d)$

$c+d=3$ 이기 때문에 반응 후 전체 기체의 몰수는 $0.2+0.1(c+d)=0.5$ 몰이 된다. 일정 온도와 압력에서 기체의 부피는 몰수에 비례하므로 반응 후 기체의 부피 V_2 는 B 0.1몰을 첨가하였을 때의 기체의 부피 V_1 과 다음의 관계가 성립한다.

$$V_1 : V_2 = 0.3 : 0.5 \quad \therefore V_2 = \frac{5}{3} V_1$$

- ▶ B를 0.1몰과 0.3몰 첨가하여 반응이 완료되었을 때의 기체의 밀도가 서로 같다고 하였으므로 다음의 식이 성립한다.

$$\frac{w_1}{V_1} = \frac{0.3 M_A + 0.1 M_B}{V_1} = \frac{w_2}{V_2} = \frac{0.3 M_A + 0.3 M_B}{\frac{5}{3} V_1}$$

위 식을 풀면, $\frac{M_B}{M_A} = 1.5$ 가 되고, $M_B = 36$ 이므로 $M_A = 24$ 이다.

채점기준

- 반응 계수비 $a:b$ 가 3:1이라는 것을 보이면 **+3점**
- $\frac{c+d}{a+b} = 0.75$ 라고 바르게 구하면 **+4점**
- 반응에서 일어나는 질량 변화와 부피 변화를 알아내고, 이를 바탕으로 A의 분자량이 24라고 바르게 구하면 **+8점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2 점 추가 점수 부여 가능함

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례하므로 용질 x g이 녹아 있는 수용액에서는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$A \text{ 수용액: } \Delta T_b = 0.102 = K_b \times m_A = 0.51 \times m_A \quad \therefore m_A = 0.2$$

$$B \text{ 수용액: } \Delta T_b = 0.306 = K_b \times m_B = 0.51 \times m_B \quad \therefore m_B = 0.6$$

$$m_A = \frac{\frac{x}{M_A} \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.2, m_B = \frac{\frac{x}{M_B} \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.6 \text{ 이므로 } M_A = 10x, M_B = \frac{10x}{3} \text{ 이다.}$$

따라서, 용질 A와 B의 분자량의 비는 $M_A : M_B = 3 : 1$ 이라는 것을 알 수 있다.

- ▶ 수용액 C에 녹아 있는 용질의 총 질량이 x g일때 용질 A와 B의 몰수를 n_A, n_B 라고 하자.

$$\text{이때 용질의 총 몰수}(n_t) \text{는 } m_C = \frac{n_t \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = \frac{0.255}{K_b} = \frac{0.255}{0.51} = 0.5 \text{ 이므로 } n_t = 0.25 \text{ mol 이다.}$$

따라서, 다음의 식이 성립한다.

$$n_t = n_A + n_B = 0.25$$

$$x = n_A M_A + n_B M_B = n_A \times 10x + n_B \times \frac{10x}{3}$$

위 두 식을 연립해서 풀면 $n_A = 0.025 \text{ mol}, n_B = 0.225 \text{ mol}$ 이 나온다.

따라서, 수용액 C에 녹아 있는 용질 A와 B의 몰수비는 $n_A : n_B = 1 : 9$ 이다.

- ▶ 용질 A가 x g, $2x$ g 녹아 있는 수용액의 몰 농도의 비가 $\frac{21}{11}$ 이므로 다음의 식이 성립한다.

$$\frac{\frac{x}{M_A} \text{ mol}}{\frac{(500+x)g}{1 \text{ g/mL}} \times 10^{-3} \text{ L/mL}} : \frac{\frac{2x}{M_A} \text{ mol}}{\frac{(500+2x)g}{1 \text{ g/mL}} \times 10^{-3} \text{ L/mL}} = 11 : 21$$

위 식을 풀면 $x = 25$ 라는 것을 알 수 있다.

- ▶ 용질이 25 g 녹아 있는 A 수용액의 몰랄 농도가 0.2 m이므로 $0.2 = \frac{\frac{25}{M_A} \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}}$ 라고 쓸 수 있고,

따라서 용질 A의 분자량은 250이다.

채점기준

- 수용액 C에 녹아 있는 용질 A와 B의 몰수비가 1 : 9라는 것을 바르게 구하면 **+7점**
- x 가 25라는 것을 바르게 구하면 **+5점**
- 용질 A의 분자량이 250이라는 것을 바르게 보이면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2 점 추가 점수 부여 가능함.

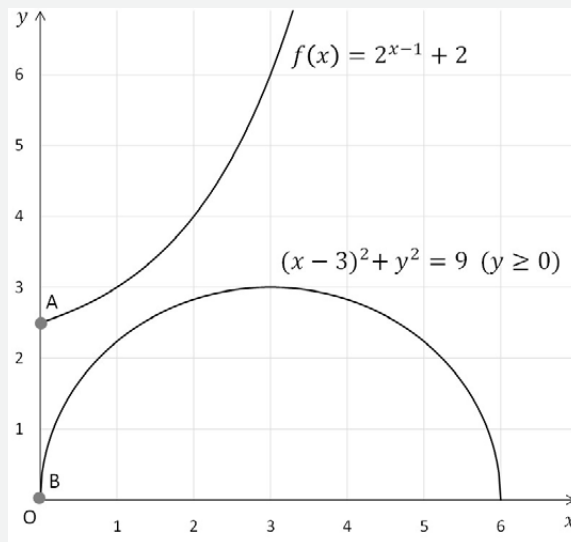
자연계열 Ⅲ(3교시) 문제



수학

[문제 1] 다음 상황에 기초하여 문제에 답하시오.

다음은 함수 $f(x)=2^{x-1}+2$ 와 원의 방정식 $(x-3)^2+y^2=9$ 의 일부이다.



y 축 위의 점 A와 B는 다음의 규칙에 따라 이동한다.

- 1부터 4까지의 자연수가 각각 하나씩 적혀있는 4장의 카드가 있다. 이 중에서 임의로 1장의 카드를 택하여 그 카드에 적혀있는 숫자를 a 라고 하면, 점 A는 $(a, f(a))$ 로 이동한다.
- 주사위를 한 번 던져서 나오는 눈의 수를 b 라고 하면, 점 B는 $x=b$ 와 $(x-3)^2+y^2=9$ ($y \geq 0$)과의 교점으로 이동한다.

위의 규칙에 따라 이동한 두 점 A와 B에서 원점까지의 거리를 각각 구하였다. 이때 각 거리 제곱의 차이가 최소가 되는 순서쌍 (a, b) 를 모두 구하시오. [20점]

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 함수 $y=f(x)$ 의 $x=a$ 에서의 미분계수는 $f'(a)=\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(a+\Delta x)-f(a)}{\Delta x}$ 이다.
- 미분가능한 두 함수 $y=f(u)$, $u=g(x)$ 에 대하여 합성함수 $y=f(g(x))$ 의 도함수는 $\{f(g(x))\}'=f'(g(x))g'(x)$ 이다.

- 함수 $f(x)$ 가 임의의 실수 a, b, c 를 포함하는 닫힌구간에서 연속일 때, 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^c f(x)dx = \int_a^b f(x)dx + \int_b^c f(x)dx$$

- $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} b_n = L$ (L 은 실수)이고 모든 자연수 n 에 대하여 $a_n \leq c_n \leq b_n$ 이면 $\lim_{n \rightarrow \infty} c_n = L$ 이다.

[문제 2-1] 미분가능한 함수 $f(x)$ 가 모든 자연수 k 에 대하여

$$\lim_{x \rightarrow k} \frac{f(x)-k}{x-k} = f(k)\sqrt{f(k)} \quad (\text{단, } f(x) \geq 0)$$

을 만족한다. $g(x)=f(f(x))$ 라 할 때, $\sum_{n=1}^{20} g'(n)$ 의 값을 구하시오. [10점]

[문제 2-2] 자연수 n 에 대하여 I_n 을

$$I_n = \int_0^{n\pi} \{\sin x |\cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x\} dx$$

라 정의할 때, 극한 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{I_n}{n}$ 의 값을 구하시오. [15점]

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 함수 $y=f(x)$ 의 그래프와 그 역함수 $y=f^{-1}(x)$ 의 그래프는 직선 $y=x$ 에 대하여 대칭이다.
- 점 (x_1, y_1) 과 직선 $px+qy+r=0$ 사이의 거리는 $\frac{|px_1+qy_1+r|}{\sqrt{p^2+q^2}}$ 이다.
- 두 벡터 $\overrightarrow{OA}$ 와 $\overrightarrow{OB}$ 의 내적을 $\overrightarrow{OA} \cdot \overrightarrow{OB}$ 로 나타낸다.
- 이차방정식 $ax^2+bx+c=0$ ($a \neq 0$)의 두 근을 α, β 라 하면 $\alpha+\beta=-\frac{b}{a}$, $\alpha\beta=\frac{c}{a}$ 이다.

[문제 3-1] 함수 $f(x)=x+\frac{1}{2(x+1)^2}$ ($x \geq 0$)과 그 역함수 $f^{-1}(x)$ 가 있다. 좌표평면 위에서 $y=f(x)$ 의 그래프 위의 점 A를 지나고 기울기가 -1 인 직선을 l 이라 할 때, 직선 l 과 역함수 $y=f^{-1}(x)$ 의 교점을 B라 하자. 두 점 A, B와 원점 O가 이루는 삼각형 OAB의 넓이가 최대가 되게 하는 점 A의 좌표를 구하시오. [10점]

[문제 3-2] 좌표평면 위에 세 점 A(1, 0), B(3, 0), C(0, 2)가 있고, 점 P가 다음을 만족한다.

(가) $\overrightarrow{PA} \cdot \overrightarrow{PB}=0$

(나) 두 실수 x, y 에 대하여 $\overrightarrow{PC}=x\overrightarrow{PA}+y\overrightarrow{PB}$ 이다.

$\frac{x+y}{x+3y}$ 의 최댓값을 M , 최솟값을 m 이라 할 때, mM^2+Mm^2 의 값을 구하시오. [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 세포 호흡은 주로 세포의 미토콘드리아에서 일어나며, 포도당이 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물로 분해되면서 에너지가 방출된다. ATP는 생명 활동에 직접적으로 사용되는 에너지원으로, 인산기와 인산기 사이의 결합이 끊어져 ADP와 무기 인산으로 분해되면서 에너지를 방출한다. ADP는 세포 호흡에서 방출되는 에너지를 공급받아 다시 ATP로 합성된다. 우리 몸에서 ATP가 분해되어 방출된 에너지는 화학 에너지, 기계적 에너지, 열에너지 등으로 전환되어 물질 합성, 근육 운동, 체온 유지, 생장 등 다양한 생명 활동에 사용된다.

(나) 모든 의식적인 몸의 움직임은 신경계의 명령에 따라 골격근이 수축하고 이완함으로써 일어난다. 골격근은 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되고, 각각의 근육 섬유는 많은 근육 원섬유로 이루어진다. 근육 원섬유 마디는 근수축의 기본 단위로, 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 일부분 겹쳐 배열된다. 근육 원섬유 마디를 구분하는 경계선을 Z 선이라고 하는데, 액틴 필라멘트는 Z 선에 결합하여 근육 원섬유 마디의 중심으로 뻗어 있다. 현미경으로 근육 원섬유를 관찰하면 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트가 있는 부분은 어둡게 보여 A대(암대)라 하고, Z 선 주위의 액틴 필라멘트만 있는 부분은 밝게 보여 I대(명대)라고 한다. 근육 섬유의 세포막과 접해 있는 운동 뉴런의 축삭 돌기 말단에 활동 전위가 도달하면 축삭 돌기 말단의 시냅스 소포에서 아세틸콜린이 방출된다. 그 결과 근육 섬유의 세포막이 탈분극되고 활동 전위가 발생하여 근육 원섬유가 수축한다. 근육 수축은 근육 원섬유 마디를 구성하는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 일어나며, 이때 ATP가 소모된다. 근육이 수축하면 마이오신 필라멘트가 있는 A대의 길이는 변하지 않고, 액틴 필라멘트만 있는 I대가 짧아지며, 액틴 필라멘트와 액틴 필라멘트 사이의 H대는 짧아지거나 사라진다. 이와 같은 근육 수축의 이론을 활주설이라고 한다.

(다) 우리 몸으로 병원체가 들어오면, 몸에서는 스스로를 보호하는 방어 작용이 일어나는데, 이러한 방어 작용을 면역이라고 한다. 방어 작용에는 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용이 있다. 비특이적 방어 작용은 선천적인 것으로 여러 병원체에 비특이적으로 일어나며, 병원체에 감염된 경험 여부와 관계없이 신속하게 일어나는 면역 반응이다. 특이적 방어 작용은 항원의 종류를 인식하고 이에 따라 선별적으로 작용하며, 백혈구의 일종인 T 림프구와 B 림프구에 의해 이루어진다. T 림프구의 한 종류인 세포독성 T 림프구는 병원체에 감염된 세포를 직접 인식하여 파괴하는 세포성 면역을 통해 병원체를 제거한다. T 림프구의 또 다른 종류인 보조 T 림프구는 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화되도록 촉진한다. 형질 세포로부터 생성된 항체는 항원과 결합하여 항원을 무력화시킨다. 이처럼 항체에 의한 면역 반응을 체액성 면역 반응이라고 한다.

(라) 항원이 처음 침입하면 1차 면역 반응이 일어난다. 1차 면역 반응에서는 침입한 항원에 특이적인 항체를 생산하기까지 시간이 오래 걸리며 항체 생산량도 많지 않다. 1차 면역 반응에서 활성화된 B 림프구의 일부는 기억 세포로 분화한다. 기억 세포는 동일한 항원이 다시 침입하면 형질 세포로 빠르게 분화하고 다량의 항체를 생산하여 신속하게 항원을 제거한다. 이러한 방어작용의 기억 능력을 이용하는 것이 백신의 원리이다. 백신에는 약화되었거나 죽은 병원체 또는 병원체의 일부분이 담겨 있다. 병원체의 독성은 약화되었지만 항원으로 작용하기 때문에 백신은 체내에서 항체와 기억 세포의 생성을 유도한다.

[문제 4-1] 다리 근육 기능에 이상이 있는 질환의 원인을 찾기 위해 다음과 같이 실험을 진행하고 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

I. I. 근육 기능이 정상인 철주와 근육 기능에 이상이 있는 민수, 선우의 다리에서 소량의 근육을 각각 채취하였다.

II. 채취한 근육 조직의 이완 시와 수축 시에, 근육 세포 내의 무기 인산량과 근육 세포에 접한 운동 뉴런에서 방출되는 아세틸콜린양을 각각 물질 분석기로 측정하여 <표 1>에 나타내었다.

III. 채취한 근육 조직이 이완 상태일 때 조직의 절편을 만들고, 전자현미경을 통해 근육 원섬유 마디를 구성하는 각 부위의 길이를 측정하여 <표 2>에 정리하였다.

<표 1> 실험 조건에 따른 적혈구 세포의 이온 농도

(수치는 상댓값)

구분	철주		민수		선우	
근육 자극	전	후	전	후	전	후
무기 인산량	1.0	55.0	1.0	1.1	1.0	22.5
아세틸콜린양	1.0	24.0	1.0	23.7	1.0	24.1

<표 2> 전자현미경을 통한 관찰 결과

(단위: μm)

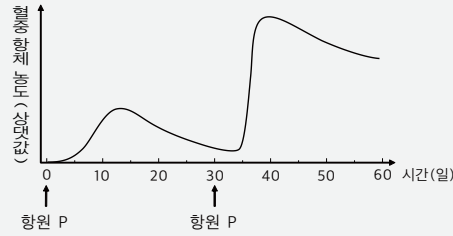
구분	철주	민수	선우
I대 길이	0.71	1.86	0.73
A대 길이	1.52	0	1.51
H대 길이	0.34	0	0.35
Z선 사이의 길이	2.23	1.86	2.24

위의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 민수와 선우 두 사람의 근육 질환의 원인을 각각 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [15점]

[문제 4-2] 다음은 독감 백신의 효능을 알아본 실험이다.

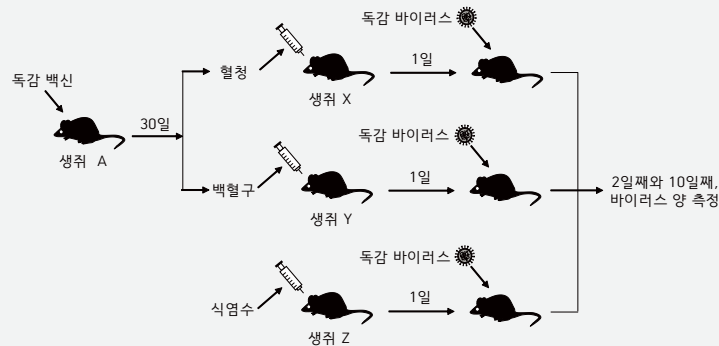
[자료]

다음은 생쥐에 항원P를 주입하였을 때, 혈중 항-P 항체 농도의 변화를 나타낸 것이다.



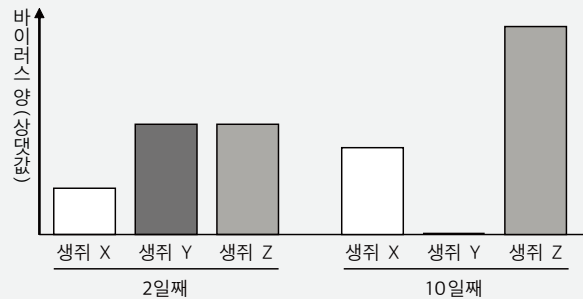
[실험 과정]

- I. 생쥐 A에 독감 백신을 접종하였다.
- II. 30일 후, 생쥐 A의 혈액에서 혈청과 백혈구를 각각 분리하였다.
- III. 생쥐X에 생쥐 A의 혈청을, 생쥐 Y에 생쥐 A의 백혈구를, 생쥐 Z에 식염수를 주입하였다.
- IV. 1일 후, 생쥐 X, Y, Z에 독감 바이러스를 주입하였다.
- V. 바이러스 주입 후 2일째와 10일째, 생쥐 X, Y, Z의 코 분비물의 독감 바이러스 양을 측정하였다.



[실험 결과]

다음은 각 생쥐에서 분리한 같은 양의 코 분비물에서 측정한 바이러스의 양을 나타낸 것이다.



위 자료와 실험 결과를 바탕으로 바이러스 주입 후 2일째와 10일째의 생쥐 X, Y, Z에서 바이러스 양이 서로 차이가 나는 이유를 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 논리적으로 서술하시오. (단, 실험에 사용한 생쥐는 유전적으로 동일하고 이전에 독감 바이러스에 노출된 적이 없다.) [15점]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (바)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 물체에 알짜힘이 작용하지 않는 한, 물체는 정지 상태나 일정한 속도로 움직이는 상태를 유지한다. 이를 뉴턴 운동 제1법칙이라고 한다. 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 그 물체가 가속되고 그 가속도의 크기 a 는 물체에 작용하는 알짜힘 F 에 비례하고 질량 m 에 반비례한다. 이를 뉴턴 운동 제2법칙이라 한다. 질량이 1 kg 인 물체에 1 N 의 힘을 작용하면 물체의 가속도는 1 m/s^2 이다. 한 물체가 다른 물체에 힘을 작용하면 동시에 다른 물체도 그 물체에 같은 크기의 힘을 반대 방향으로 작용한다. 이를 뉴턴 운동 제3법칙이라고 한다.

(나) 경사각이 θ 인 빗면에 질량이 m 인 물체가 중력에 의해 미끄러질 때, 빗면에 수직인 방향의 중력 성분과 빗면이 물체를 밀어내는 힘의 크기는 같고 방향이 반대여서 힘의 평형을 이룬다. 마찰이나 공기 저항을 무시하면, 물체의 운동 방향과 같은 방향으로 작용하는 알짜힘은 빗면에 나란한 방향의 중력 성분이며 그 크기는 $mg\sin\theta$ 이다. 이때 g 는 중력 가속도이며 중력에 의하여 물체가 지표면으로 낙하할 때의 가속도이다.

(다) 물체에 힘을 작용하여 일을 하면 일을 한 만큼 물체의 에너지가 증가하거나 그 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환된다. 질량 m 인 물체가 속력 v 로 움직일 때 운동 에너지 E_k 는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 물체가 지면으로부터 높이 h 에서 가지고 있는 중력에 의한 에너지를 중력 퍼텐셜 에너지 E_p 라 하고 $E_p = mgh$ 로 나타낸다. 여기에서 g 는 중력 가속도이다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다. 마찰이나 공기 저항이 없을 때 역학적 에너지는 다음과 같이 보존된다.

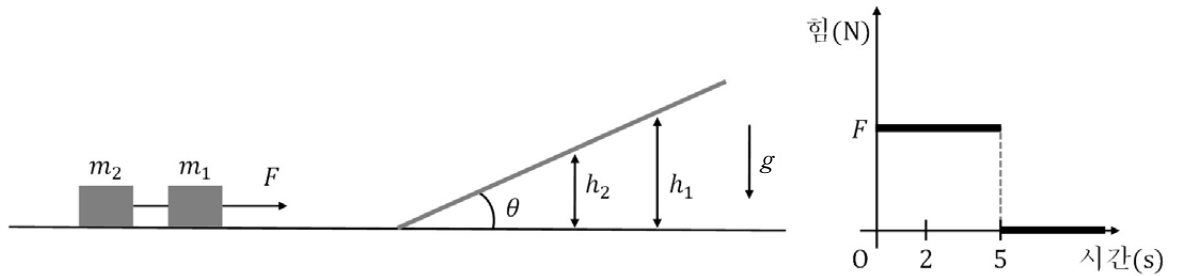
$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{일정}$$

(라) 자석은 항상 N극과 S극의 두 극을 갖는데, 같은 극끼리는 서로 밀어내는 힘이 작용하고, 다른 극끼리는 서로 당기는 힘이 작용한다. 이와 같은 힘을 자기력이라고 하고, 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다. 자기장의 방향은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향으로 나타낸다.

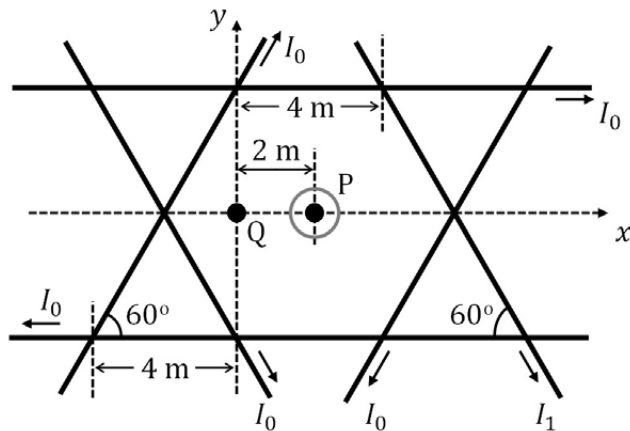
(마) 직선 도선에 전류가 흐를 때 그 주변에 생기는 자기장의 방향은 오른손 법칙으로 알 수 있다. 오른손 엄지손가락이 전류의 방향을 향하게 하고 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때 네 손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이다. 무한히 긴 직선 도선으로부터 수직으로 거리 r 만큼 떨어진 지점에서의 자기장의 세기 B 는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고 거리 r 에 반비례한다.

(바) 원형 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다. 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기 B 는 전류의 세기에 비례하고 도선이 만드는 원의 반지름에 반비례한다.

[문제 4-1] 그림과 같이 평면에서 질량이 m_1 인 물체와 질량이 m_2 인 물체가 실로 연결되어 같이 직선 운동을 한다. 시각 $t=0$ s에 정지하였던 두 물체를 힘 F 로 끌기 시작하였다. 시각 $t=2$ s에 실이 끊어져 질량이 m_1 인 물체에만 같은 힘을 3초 동안 작용하였다. 그 후 질량이 m_1 인 물체와 질량이 m_2 인 물체는 직선 운동을 유지하다 비탈면을 만나 각각 최대 높이 h_1 과 h_2 까지 올라갔다. 제시문 (가) - (다)에 근거하여 시간 t ($2\text{ s} < t < 5\text{ s}$)에서 두 물체의 속력을 F , m_1 , m_2 , t 로 나타내고, 최대 높이 비인 $\frac{h_1}{h_2}$ 을 m_1 과 m_2 로 나타내시오. 또한 $m_1=0.1\text{ kg}$ 이고 $\frac{h_1}{h_2}=49$ 일 때, 질량 m_2 를 논리적으로 구하시오. (단, 비탈면의 길이는 충분히 길고, 두 물체는 충돌하지 않고, 실의 질량, 물체의 크기, 마찰 및 공기 저항은 무시하며, 중력 가속도 g 는 10 m/s^2 이다.) [15점]



[문제 4-2] 그림과 같이 xy 평면에 서로 평행한 세 쌍의 무한히 긴 직선 도선이 있고 일정한 전류 I_0 와 $I_1=3I_0$ 이 화살표 방향으로 각각 흐른다. 이때 6개의 직선 도선이 만드는 정육각형의 중심점 P에서 자기장 B_0 을 측정하였다. 점 P에 반지름이 r 인 원형 도선을 두고 전류 $I_2=\frac{\sqrt{3}}{3}A$ 를 흘려 P에서 자기장을 0으로 만들었다. 그 후, 원형 도선의 중심을 x 축을 따라 점 Q에 위치시키고 원형 도선에 흐르는 전류의 세기를 다시 조절하여 Q에서 자기장 B 를 0으로 만들었다. 제시문 (라) - (바)에 근거하여 점 Q에 있는 원형 도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향을 논리적으로 구하시오. (단, $I_0 \neq 0$ 이다.) [15점]



[문제 4] 다음 제시문 (가) - (바)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 원자량은 질량수가 12인 탄소(C) 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 비교한 원자의 상대적인 질량이다. 분자가 아보가드로수(6.02×10^{23} 개)만큼 모인 집단을 그 분자의 1몰(mol)이라고 한다. 분자량은 분자를 이루는 원자들의 원자량을 합한 값이다. 물질 1몰의 질량을 몰 질량이라고 하며, 단위는 g/mol로 나타낸다. 따라서 물질의 질량과 몰 질량을 알면 물질의 양(mol)을 구할 수 있다.
- (나) 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 질소(N), 산소(O) 등이 결합하여 이루어진 화합물을 탄소 화합물이라고 한다. 탄소 원자는 원자가 전자가 4개이므로, 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있어 다양한 종류의 화합물을 만들 수 있다.
- (다) 18족 원소 이외의 대부분의 원자들은 전자를 잃거나 얻어서 최외각 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려고 하는데, 이러한 경향을 옥텟 규칙이라고 한다. 비금속 원자들은 전자를 공유함으로써 옥텟 규칙을 만족시키는데, 2개 이상의 원자들이 전자쌍을 공유하면서 형성되는 화학 결합을 공유 결합이라고 한다. 이때 각 원자에 포함된 원자가 전자 중에서 두 원자가 공유하는 전자쌍을 공유 전자쌍, 결합에 참여하지 않는 전자쌍을 비공유 전자쌍이라고 한다. 공유 결합을 형성하는 원자들은 중심 원자와 109.5° , 120° , 180° 등 일정한 결합각을 이룬다. 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로, 반발력이 최소가 되기 위해서 최대한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 특히, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크게 나타난다.
- (라) 루이스는 공유 결합을 설명하려고 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 찍어 나타내는 방법을 제안하였는데, 이를 루이스 전자점식이라고 한다. 루이스 전자점식으로 표현한 공유 결합 분자의 전자 배치를 간단하게 나타내려면 공유 전자쌍 1개를 결합선(—) 1개로 나타내고 비공유 전자쌍은 생략하기도 하는데, 이것을 루이스 구조식이라고 한다. 1개의 전자쌍을 공유하는 결합을 단일 결합이라고 하며, 결합선 1개로 나타낸다. 두 원자 사이에 공유 전자쌍이 2개와 3개인 공유 결합을 2중 결합과 3중 결합이라고 하며, 각각 결합선 2개와 3개로 나타낸다. 다음은 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)의 루이스 구조식이다.

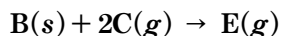
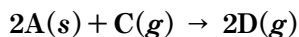


- (마) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질 사이의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 참여한 물질의 분자수비와 몰수비를 의미한다. 이때 몰과 입자수, 몰과 질량, 몰과 기체의 부피 관계를 이용하면 반응물과 생성물의 몰수, 입자수, 질량, 부피를 구할 수 있다.
- (바) 기체의 부피는 기체의 몰수와 절대 온도에 비례하고 압력에 반비례한다. 비례 상수(R)를 이용하여 기체의 압력(P), 부피(V), 몰수(n), 절대 온도(T) 간의 관계에 대해 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고, 이 식을 이상 기체 방정식이라고 한다. 비례 상수 R 를 기체 상수라고 한다.

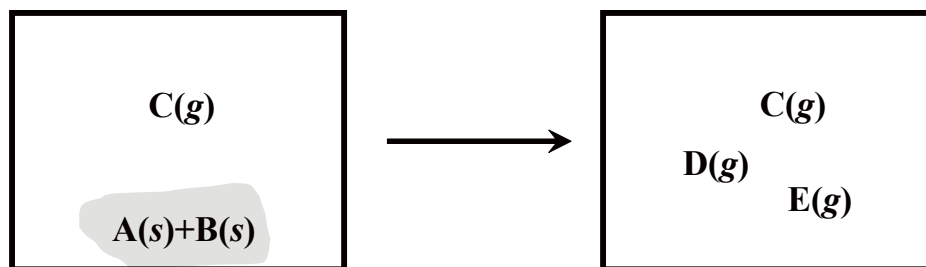
$$PV=nRT$$

[문제 4-1] 분자식이 $C_xH_yO_z$ 인 탄소 화합물 A가 105 g이 있다. 그중에서 탄소에 해당하는 질량은 54 g이고, 수소에 해당하는 질량은 3 g이다. A의 몰 질량은 70 g/mol이고, A를 이루는 탄소 원자 중 하나는 산소 원자 2개와 다른 탄소 원자 1개와 결합을 이루고 있다. 또한 A의 모든 결합각이 100° 보다 크다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 탄소 화합물 A의 분자식을 구하고, 그 루이스 구조식을 제시하시오. 또한 A에서 가장 작은 결합각을 찾아 구조식에 표시하고 그 결합각을 예측하시오. (단, 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, A의 모든 탄소 원자와 산소 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.) [15점]

[문제 4-2] 다음은 고체 A와 기체 C가 반응하여 기체 D를 생성하고, 고체 B와 기체 C가 반응하여 기체 E를 생성하는 반응식이다. A와 B의 몰 질량의 비는 2 : 1이다.



같은 몰수의 A와 B가 섞여 있는 고체 시료 7.2 g이 부피가 6 L로 일정한 용기에 담겨있다. 이 용기에 충분한 양의 C를 가득 채워 반응 전에는 300 K의 온도에서 1 atm의 압력이 되었다. 반응이 진행되어 A와 B가 전부 소모된 후 같은 온도에서 용기의 압력이 0.68 atm이 되었을 때, 제시문 (가), (마), (바)에 근거하여 반응 전 A의 몰수와 몰 질량(g/mol)을 논리적으로 구하시오. (단, 고체 시료의 부피는 무시하고, A, B, D, E는 서로 반응하지 않는다. 기체 상수 R 의 값은 $0.08 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 이다.) [15점]



자연계열 Ⅲ(3교시) 문제해설



수학

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 1]

제시문

수학, 금성출판사(2020), 배종숙 외, p.111-113, 262-267
수학, 천재교과서(2020), 류희찬 외, p.108-112, 258-262
수학, 교학사(2020), 권오남 외, p.101-103, 255-263

[문제 2]

제시문

수학II, 신사고(2020), 고성은 외, p.56
수학II, 미래엔(2019), 황선욱 외, p.55, 126
수학II, 비상교육(2019), 김원경 외, p.118
미적분, 비상교육(2019), 김원경 외, p.80
미적분, 천재교육(2021), 이준열 외, p.89
미적분, 천재교과서(2020), 류희찬 외, p.22
미적분, 신사고(2020), 고성은 외, p.18

[문제 3]

제시문

수학, 금성출판사(2019), 배종숙 외, p.139-151, 233-236
미적분, 좋은책 신사고(2019), 고성은 외, p.102-108
기하, 지학사(2019), 홍성복 외, p.82-97

출제의도

[문제 1]

주어진 상황에서 가능한 경우의 수를 바르게 계산하고, 각 경우에 대해서 함수값을 계산하는 능력이 중요하다. 또한 함수식 계산 및 두 점 간의 거리공식을 활용한 계산 능력이 요구된다. 본 문제는 경우의 수에 대한 이해 및 수식 이해도와 두 점 간의 거리 공식 활용을 평가하며 난이도는 '중, 하' 정도로 볼 수 있다.

[문제 2-1]

[문제 2-1] 미분의 정의를 잘 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 주어진 조건으로부터 함수의 값과 미분을 얻을 수 있는지, 이를 이용하여 수열을 찾아내고 수열의 합을 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

- [문제 2-2]** 정적분에서 적분 구간의 의미를 이해하고 적분 함수의 성질(삼각함수의 주기)을 이용하여 정적분을 계산을 쉽게 만들기 위해 적절히 나누는 방법을 묻는 문제이다. 또한 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있는 지도 평가한다.
- [문제 3-1]** [문제 3-1] 역함수의 성질을 이용하여 삼각형의 넓이를 함수로 표현하고 미분을 이용하여 극댓값을 구한 후 최댓값을 구할 수 있는지 평가한다.
- [문제 3-2]** 벡터의 내적과 성분을 잘 이해하고 있는지 확인한다. 이로부터 나온 함수의 최댓값, 최솟값을 원의 성질을 이용하거나 미분을 통하여 구할 수 있는지 평가한다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 1] 예시답안

아래와 같이 원점에서 거리 제곱을 구할 수 있다.

A	원점에서 점 A까지 거리의 제곱	B	원점에서 점 B까지 거리의 제곱
(1, 3)	10	(1, $\sqrt{5}$)	6
(2, 4)	20	(2, $\sqrt{8}$)	12
(3, 6)	45	(3, 3)	18
(4, 10)	116	(4, $\sqrt{8}$)	24
		(5, $\sqrt{5}$)	30
		(6, 0)	36

각 거리 제곱의 차이가 최소가 되는 경우는 아래와 같다.

– A=(1, 3)과 B=(2, $\sqrt{8}$)일 때, 거리의 제곱의 차이는 $|10 - 12| = 2$

– A=(2, 4)와 B=(3, 3)일 때, 거리의 제곱의 차이는 $|20 - 18| = 2$

이때의 순서쌍 (a, b)는 (1, 2), (2, 3)이다.

채점기준

- 원점에서 점 A까지의 거리를 바르게 계산한 경우: **+8점**
- 원점에서 점 B까지의 거리를 바르게 계산한 경우: **+10점**
- 거리 제곱 차이가 최소가 되는 경우를 바르게 찾은 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 2-1] 예시답안

$\lim_{x \rightarrow k} \frac{f(x) - k}{x - k}$ 가 극한이 존재하기 위해서는 $f(k) = k$ 이어야 한다.

또한 미분의 정의에 의해 $f'(k) = f(k) \sqrt{f(k)} = k^{\frac{3}{2}}$ 이므로, 합성함수 미분법에 의해

$$g'(n) = f'(f(n))f'(n) = (f'(n))^2 = n^3$$

이다. 따라서

$$\sum_{n=1}^{20} g'(n) = \sum_{n=1}^{20} n^3 = \left(\frac{20 \cdot 21}{2} \right)^2 = 44100$$

채점기준

- 극한이 존재한다는 것으로부터 $f(k) = k$ 를 얻으면 **+3점**

- 미분의 정의로부터 $f'(k)=k^{\frac{3}{2}}$ 를 얻으면 **+3점**
- 합성함수의 미분법으로부터 $g'(n)=n^3$ 를 얻으면 **+2점**
- 합을 계산하여 정답을 얻으면 **+2점**

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

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

[문제 2-2] 예시답안

우선 적분 구간을 나누어

$$I_n = \sum_{k=0}^{n-1} \int_{k\pi}^{(k+1)\pi} \{\sin x |\cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x\} dx$$

로 표현한다. 각 적분에 치환적분($u=x-k\pi$)을 한 후, 삼각함수의 성질을 이용하여

$$\begin{aligned} & \int_{k\pi}^{(k+1)\pi} \{\sin x |\cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x\} dx \\ &= \int_0^\pi \{\sin(u+k\pi) |\cos^2(u+k\pi) + \sin^5(2(u+k\pi)) \cos(u+k\pi)\} du \\ &= \int_0^\pi \{\sin u \cos^2 u + \sin^5(2u)(-1)^k \cos u\} du \end{aligned}$$

를 얻는다. 치환적분($t=\cos u$)에 의해 $\int_0^\pi \sin u \cos^2 u du = \frac{2}{3}$ 이므로

$$\frac{I_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \left\{ \frac{2}{3} + (-1)^k \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u du \right\} = \frac{2}{3} + \frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \right\} \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u du$$

이다. 그런데 $0 \leq \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \leq \frac{1}{n}$ (여기서 $\sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k$ 는 0 또는 1을 이용하였다.)이므로 $\frac{I_n}{n}$ 의 극한은 $\frac{2}{3}$ 이다.

채점기준

- 구간을 π 간격으로 나누어 합으로 표현하면 **+3점**
- 치환적분을 하여 구간 $0 \leq u \leq \pi$ 에서의 적분의 합으로 식을 표현하면 **+3점**
- $\int_0^\pi \sin u \cos^2 u du = \frac{2}{3}$ 를 얻으면 **+3점**
- $\frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \right\} \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u du$ 의 극한이 0임을 구하면 **+3점**
- 최종적으로 정답 $\frac{2}{3}$ 을 얻으면 **+3점**

(채점위원 대상 코멘트: 학생들이 $\int_0^{n\pi} \sin^5(2x) \cos x dx$ 를 직접 계산하여 답을 구하려고 하는 경우가 있는데, 이 적분은 n 이 짝수인 경

우 0이고 홀수인 경우 $\frac{512}{693}$ 입니다. 많은 학생들이 이 적분을 근거 없이 0이라 하였는데 이 경우는 답이 맞더라도 최대 10=3+3+3+1점만 부여합니다.)

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

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

[문제 3-1] 예시답안

$A\left(t, t + \frac{1}{2(t+1)^2}\right)$ 일 때, 역함수의 성질에 의하여 $B\left(t + \frac{1}{2(t+1)^2}, t\right)$ 이다. 점 A를 지나고 기울기가 -1인 직선의 방정식은

$x - t + y - \left(t + \frac{1}{2(t+1)^2}\right) = 0$ 이므로 원점에서 거리는 $\frac{1}{\sqrt{2}} \left(t + \frac{1}{2(t+1)^2}\right)$ 이고 선분 AB의 길이는 $\frac{1}{\sqrt{2}(t+1)^2}$ 이다. 삼각형

OAB의 넓이를 $h(t)$ 라 하면 $h(t) = \frac{1}{4} \left(2t + \frac{1}{2(t+1)^2}\right) \frac{1}{(t+1)^2}$ 이다. t 에 대하여 미분하면 $h'(t) = \frac{1}{2(t+1)^5} (-t^3 - t^2 + t)$ 을

얻고 $t = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 에서 최댓값을 갖는다. 이때, 점 A의 좌표는 $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}, \frac{\sqrt{5}+1}{4}\right)$ 이다.

채점기준

- $h(t)=\frac{1}{4}\left(2t+\frac{1}{2(t+1)^2}\right)\frac{1}{(t+1)^2}$ 구하면 **+5점**
- 미분하여 $t=\frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 구하면 **+3점**
- $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}, \frac{\sqrt{5}+1}{4}\right)$ 구하면 **+2점**

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

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

[문제 3-2] 예시답안

[방법 1]

$P(a, b)$ 라 하자. 조건 (가)에서 $(a-2)^2+b^2=1$ 이 나온다. 조건 (나)에서 $x+y=\frac{b-2}{b}$ 와 $a(x+y)-x-3y=a$ 가 나오고 정리하면 $x+y=\frac{b-2}{b}$ 와 $x+3y=-\frac{2a}{b}$ 이다.

따라서 $\frac{x+y}{x+3y}=\frac{2-b}{2a}$ 이다. $\frac{2-b}{2a}=k$ 로 놓으면 $b=-2ka+2$ 이고 이것은 $(0, 2)$ 를 지나고 기울기 $-2k$ 인 직선의 방정식이다. k 가 최대, 최소가 되는 것은 원 $(a-2)^2+b^2=1$ 에 접할 때이다. $(2, 0)$ 에서 직선에 이르는 거리는 $\frac{|4k-2|}{\sqrt{4k^2+1}}=1$ 이고 정리하면 $12k^2-16k+3=0$ 이다.

$M=\frac{4+\sqrt{7}}{6}$, $m=\frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 근과 계수의 관계에 의하여 $mM^2+Mm^2=mM(m+M)=\frac{3}{12}\times\frac{16}{12}=\frac{1}{3}$ 이다.

(참고로 $M=\frac{4+\sqrt{7}}{6}$, $m=\frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 이다.)

[방법 2]

$\frac{x+y}{x+3y}=\frac{2-b}{2a}$ 에서 $(a-2)^2+b^2=1$ 을 고려하여 $a=2+\cos\theta$, $b=\sin\theta$ 을 대입한다.

$\frac{x+y}{x+3y}=\frac{2-\sin\theta}{4+2\cos\theta}$ 이 되고 우변을 θ 에 대하여 미분하여 극대, 극소를 구하면 $M=\frac{4+\sqrt{7}}{6}$, $m=\frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 이고

$mM(m+M)=\frac{1}{3}$ 이 된다.

채점기준

- 원 $(a-2)^2+b^2=1$ 임을 보이면 **+3점**
- $x+y=\frac{b-2}{b}$ 와 $x+3y=-\frac{2a}{b}$ 을 보이면 **+5점**
- $mM(m+M)=\frac{1}{3}$ 구하면 **+7점**

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

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

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

생명과학, 비상(2018), 심규철 외 5인, p.35, 59, 101 / 생명과학, 천재교육(2018), 이준규 외 5인, p.33, 75, 104
 생명과학, 미래엔(2018), 오현선 외 5인, p.38, 78, 108, 109, 114 / 생명과학, 동아출판(2018), 김윤택 외 4인, p.35, 65, 102
 생명과학, 금성출판사(2018), 심재호 외 5인, p.46, 83 / 생명과학, 지학사(2018), 전상학 외 7인, p.34, 78, 94-95, 98

출제의도

[문제 4-1] ATP는 생명 활동에 직접적으로 사용되는 에너지원으로, ATP가 분해되어 방출된 에너지는 근육 운동, 물질 합성, 생장 등 다양한 생명 활동에 사용된다. [문제 4-1]에서는 근육 기능에 이상이 있는 사람의 근육 조직을 채취하여 물질 분석 및 현미경 관찰을 통해 얻어진 결과를 해석하여 질병의 원인을 추론하는 능력을 평가하고자 하였다. 또한 서로 다른 종류의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 질병의 원인을 추론하는 문제로서, 학생들의 데이터 해석력, 논리적 사고력, 추론 능력을 종합적으로 측정하고자 하였다. 실험 과정 순서에 따라 실험이 이루어지는 상황을 정확히 이해하고, <표 1>의 결과를 분석하면 민수와 선우의 아세틸콜린의 분비량은 철주와 비교하여 차이가 없음을 통해 근육 조직에 전달되는 신경 자극 전달 과정에는 문제가 없음을 알 수 있다. 그러나 민수는 철주와 비교했을 때 근육 자극 후 생성된 무기 인산의 양이 자극 전과 비교하여 봤을 때 증가하지 않는 것으로 보아 ATP를 사용하는 과정에 문제가 있음을 알 수 있다. 또한 선우는 무기 인산의 생성량이 철주에 비해 반으로 감소한 것을 알 수 있다. 이와 더불어 <표 2>의 전자현미경 관찰 결과에 의하면 선우는 철주와 같이 정상인 것을 알 수 있으나, 민수는 근육 조직 구성 자체에 문제가 있음을 알 수 있다. <표 1>과 <표 2>의 결과를 통합적으로 분석하고 추론해 보면, 민수는 암대를 이루고 있는 마이오신 단백질을 근육세포가 생성하지 못해서 생기는 질환으로 따라서 ATP를 사용하여 근육을 움직일 수 있는 능력이 없음을 알 수 있다. 선우는 근육 조직의 구성에는 문제가 없으나, 마이오신 단백질의 ATP 분해 능력 또는 생성 능력이 정상에 비해 50% 정도 수준으로 떨어져서 나타난 질환임을 알 수 있다. 이를 통해 실제 측정된 실험 결과를 통합적으로 해석하고, 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 확인하는 문제이다.

[문제 4-2] 바이러스와 같은 병원체 감염에 의해 유도되는 특이적 면역반응은 기억 세포의 생산을 유도하여 병원체 재감염을 효과적으로 막을 수 있다. 본 문제에서는 주어진 자료를 통합적으로 해석하여, 특이적 면역 반응의 특성을 바탕으로 백신의 특성을 정확히 이해할 수 있는 능력을 평가한다.

이를 위해, 제시문을 읽고 실험 결과를 이해하여 감염 후 2일째와 10일째의 각 생쥐에서 바이러스 양의 차이가 나는 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지를 확인한다. 에서 바이러스 양이 줄어들지 않았으나, 10일째에는 기억 세포로부터 분화된 형질세포가 다량의 항체를 생성하여 바이러스가 감소하였음을 추론할 수 있다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 제시문 (가)를 통해 무기 인산은 ATP를 사용하여 에너지를 소비하는 과정에서 ADP와 함께 생성됨을 알 수 있다. 정상인 철주의 무기 인산량 대비 민수는 거의 생산이 되지 않았고, 선우는 ATP 사용량 또는 생산량이 정상에 비해 절반 정도로 감소하

였다. 따라서 민수와 선우의 근육에서 ATP를 활용한 근육을 움직이는 과정이 정상적으로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

- ▶ 제시문 (나)를 통해 아세틸콜린 분비량에는 정상인 철주 대비 민수와 선우에서 변화가 없는 것으로 보아 근육을 움직일 수 있는 신경 자극 전달 과정은 정상임을 알 수 있다.
- ▶ <표 2> 결과를 통해 선우의 근육 세포 구조는 정상임을 알 수 있고, 민수의 근육 세포는 근육이 이완되는 상황에서도 Z선 사이 길이와 I대 길이가 같은 것을 알 수 있다. 이는 액틴 필라멘트는 정상이나 A대와 H대를 관찰할 수 없고, 마이오신 단백질이 근육 원섬유 내에 존재하지 않음을 추론할 수 있다.
- ▶ 따라서 실험 결과와 제시문을 통합적으로 분석해 보면, 민수는 ATP를 활용해 근수축을 할 수 있는 마이오신 단백질이 발현되지 않아 생기는 근육 질환이고, 선우는 마이오신 단백질은 발현되고 있으나, ATP를 활용하는 능력이 정상에 비해 부족해서 생기는 근육 질환임을 추론할 수 있다.

채점기준

- <표 1>을 분석하여 민수의 근육은 ATP를 활용하지 못하고, 선우는 정상인 철주 대비 50%의 활성을 갖고 있음을 논리적으로 설명하면 **+4점**
- <표 1>을 분석하여 민수와 선우 모두 신경세포로부터 근육 자극 전달에는 문제가 없음을 찾으면 **+2점**
- 제시문 (나)를 통해 선우의 근육 원섬유 구조에는 문제가 없음을 제시하고, 민수의 근육 원섬유 구조에 마이오신 단백질이 발현되지 않아 A대(암대)와 H대가 형성되지 않고 명대만 형성되어 있음을 제시하면 **+5점**
- 따라서 민수의 근육 질환은 마이오신 단백질이 만들어지지 않아 ATP 사용량이 없고 근육 원섬유 구조 이상에 의한 질병임을 추론하고, 선우는 마이오신 단백질은 정상적으로 발현하나 ATP 활용 능력이 저하되어 나타나는 질환임을 논리적으로 제시하면 **+4점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 생쥐 X로 전달된 혈청에 항-바이러스 항체가 포함되어 있으므로, 바이러스 주입 2일째와 10일째의 생쥐 X에서 검출된 바이러스 양이 대조군 생쥐인 생쥐 Z에서보다 적다.
- ▶ 제시문 (라)와 [자료]를 통해 1차 면역 반응에서는 항체를 생산하기까지 시간이 오래 걸리며 항체 생산량도 많지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서, 바이러스 주입 2일째와 10일째, 생쥐 X에서 바이러스가 완전히 제거되지 않은 이유는, 전달된 혈청에 충분한 양의 항체가 포함되어 있지 않기 때문이라고 추론할 수 있다.
- ▶ 제시문 (다)와 (라)를 통해, 생쥐 Y로 전달된 백혈구에는 독감 바이러스 특이적인 기억 세포가 포함되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 독감 바이러스를 주입된 생쥐 Y에서 기억 세포가 형질 세포로 빠르게 분화하고 다량의 항체를 생성하여, 바이러스 주입 10일째에 독감 바이러스가 크게 감소하였음을 추론할 수 있다.
- ▶ 하지만, 주어진 [자료]에 따르면, 2차 면역 반응에서 혈중 항체 농도가 증가하기까지 최소 5일이 소요되므로, 바이러스 주입 2일째에는 생쥐 Y에서 바이러스 양이 줄어들지 않았다.

채점기준

- 생쥐 X에 전달된 혈청에 생쥐 A의 항바이러스 항체가 포함되어 있음을 제시 **+2점**
- 혈청에 포함되어 전달된 항체로 인하여 생쥐 X의 바이러스 양이 생쥐 Z에 비해 적음을 제시 **+3점**
- 생쥐 X에 전달된 혈청에 바이러스를 완전히 제거하기 위한 충분한 항체가 포함되어 있지 않았음을 제시 **+3점**
- 생쥐 Y에 전달된 백혈구에 기억 세포가 포함되어 있음을 제시 **+2점**
- 생쥐 Y에 전달된 기억세포에 의해 바이러스가 10일째에 크게 감소하였음을 제시 **+3점**
- 기억 세포가 활성화되어 항체를 충분히 생산하기까지 5일 이상의 시간이 필요하므로, 바이러스 주입 2일째에는 생쥐 Y에서 바이러스가 줄어들지 않았음을 제시 **+2점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

1. 출전 및 출제지도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

물리 I, 비상교육(2018), 손정우 외, p.19,24 / 물리 I, 미래엔(2018), 김성진 외, p.18 / 물리 I, 교학사(2018), 김영민 외, p.60,64,65
물리 I, 와이비엠(2018), 광영직 외, p.23-28,134 / 물리 I, 지학사(2018), 김성민 외, p.123 / 물리 II, 천재교육(2018), 강남화 외, p.120, 121

출제지도

[문제 4] 역학은 고등학교 물리 I 역학과 에너지 단원, 고등학교 물리 II 역학적 상호작용 단원에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 또한, 전류와 자기장은 고등학교 물리 I 단원 II 물질과 전자기장에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 뉴턴의 운동 제2법칙을 이해하고, 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 물체의 운동을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였고, 전류와 자기장에서는 전류에 의한 자기장이 나타나는 물리적 상황을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.

[문제 4-1] 물체의 운동과 에너지를 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 뉴턴의 운동 법칙을 이해하고 직선상에서 물체의 운동 상태 변화를 예측할 수 있다. 힘이 두 물체에 작용하다가 실이 끊어져 힘이 한 물체에만 작용하기 때문에 2초 후 물체의 속도가 달라진다. 따라서 문제에서 주어진 조건을 이용하여 시간에 따른 물체의 가속도와 속도를 구할 수 있다. 또한 물체의 등가속도 운동을 기술하기 위해서 중력을 빗면에 나란한 힘과 빗면에 수직인 힘으로 분해할 수 있다. 이후 물체는 빗면을 따라 올라가며 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 역학적 에너지는 보존됨으로 물체의 최대 올라간 위치를 통해 빗면을 오르기 전에 물체의 속력을 구할 수 있다. 본 문항의 평가에서는, 일차원 직선 운동, 뉴턴 운동 법칙, 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하고 물체의 운동을 논리적으로 분석하는 문제 해결력을 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

[문제 4-2] 전자기장은 고등학교 물리에서 다루는 주요 분야 중 하나이다. 문제 4-2는 전자기 현상 중 전류에 의한 자기 작용을 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 전류가 흐르는 도선 주위에 발생하는 자기장을 이해할 수 있다. 직선 도선 주위에 발생하는 자기장과 원형 도선 주위에 발생하는 자기장 크기와 방향을 예측할 수 있다. 이때 자기장은 수직 거리에 반비례하고 도선에 흐르는 전류의 크기에 비례한다. 문제에서 수직 거리를 알면 일정한 전류가 흐르는 직선 도선의 자기장을 구할 수 있다. 또한, 이를 상쇄시키는 자기장의 크기를 원형 도선에 흐르는 전류로 나타낼 수 있다. 물리 I 과목 물질과 전기장 영역에서 배우는 물질과 전자기장의 기본 개념을 이해하면 비례 관계를 이용해 문제를 해결할 수 있다. 물리 교과 과정을 바탕으로 문제 해석 능력, 추론 능력, 수리적 능력과 문제 해결력을 종합적으로 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

2. 예시답안 및 채점기준

[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 시간 $0 < t < 2\text{s}$ 에서 두 물체는 함께 등가속도 운동을 한다. 이 구간에서 두 물체의 가속도는 $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$ 이고, 속력은 $v_1 = v_2 = at = \frac{F}{m_1 + m_2}t$ 이다.

- ▶ 시간 $2\text{s} < t < 5\text{s}$ 에서 두 물체가 분리되고 질량이 m_1 인 물체만 힘이 작용하여 가속도가 $a_1 = \frac{F}{m_1}$ 인 등가속도 운동을 하고 질량이 m_2 인 물체는 등속도 운동을 한다.

$$v_1 = \frac{2F}{m_1 + m_2} + \frac{F}{m_1}(t-2), v_2 = \frac{2F}{m_1 + m_2}$$

- ▶ 시각 $t=5\text{s}$ 이후 빗면을 만나 물체가 가진 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 아래와 같이 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 물체가 올라갈 수 있는 최대 높이는 시간 $t=5\text{s}$ 에 물체가 가지는 운동 에너지에 의해 결정된다.
- ▶ $m_1gh_1 = \frac{1}{2}m_1v_1^2, m_2gh_2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$ 이고 두 식을 서로 나누면 아래와 같다.

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 = \left(\frac{\frac{2F}{m_1 + m_2} + \frac{3F}{m_1}}{\frac{2F}{m_1 + m_2}} \right)^2 = \left(\frac{5m_1 + 3m_2}{2m_1} \right)^2$$

따라서, $\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2} \left(\frac{m_2}{m_1} \right) \right)^2$ 이다.

- ▶ 만약 $\frac{h_1}{h_2} = 49$ 이고 질량은 양수임으로, $\sqrt{49} = 7 = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2} \left(\frac{m_2}{m_1} \right) \right)$ 이고 $\frac{m_2}{m_1} = 3$ 임을 알 수 있다. $m_1 = 0.1\text{kg}$ 이기 때문에 $m_2 = 0.3\text{kg}$ 이다.

채점기준

- 뉴턴의 운동 법칙을 바르게 기술하면 **+3점**
- 주어진 시간 구간에서 두 물체의 속력을 바르게 구하면 **+3점**
- 역학적 에너지 보존법칙을 바르게 기술하면 **+3점**
- 두 물체의 질량 비를 이용하여 최대 높이 비를 바르게 나타내면 **+3점**
- 주어진 높이 비를 통해 질량 $m_2 = 0.3\text{kg}$ 을 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 4-2] 예시답안

- ▶ 점 P에서 직선 도선의 수직 거리는 $4\text{m} \times \sin 60^\circ = 2\sqrt{3}\text{m}$ 로 모두 같다.
- ▶ 점 P에서 직선 도선에 의한 자기장 B_0 는 수직 거리에 반비례하며 전류에 비례한다. 전류 I_0 가 정육각형의 중심으로부터 시계 방향으로 흐르는 4개의 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 들어가는 방향($-z$ 방향 또는 $\otimes$)이며 크기는 $\alpha \frac{I_0}{2\sqrt{3}} \times 4$ 로 나타낸다. (단, α 는 직선 도선의 비례상수이다.) 전류 I_0 가 반시계 방향으로 흐르는 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 나오는 방향($+z$ 방향 또는 $\odot$)이며 $\alpha \frac{I_0}{2\sqrt{3}}$ 이다. 전류 $3I_0$ 가 시계방향으로 흐르는 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 들어가는 방향이며 $\alpha \frac{3I_0}{2\sqrt{3}}$ 이다.
- 즉, $B_0 = \alpha \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} \times 4 + \alpha \frac{+I_0}{2\sqrt{3}} + \alpha \frac{-3I_0}{2\sqrt{3}} = -\sqrt{3}\alpha I_0$, B_0 의 크기는 $\sqrt{3}\alpha I_0$ (또는 $B_0 \propto \sqrt{3} I_0$), xy 평면으로 들어가는 방향이다.
- ▶ P에서 자기장을 0으로 만들어야 하기에 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 xy 평면으로 나오는 방향이며 $B = \sqrt{3}\alpha I_0 = \beta \frac{I_2}{r}$ 이다. (단, β 는 원형 도선의 비례상수이다.) 원형 도선에 흐르는 전류 $I_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}A$ 이므로 $I_0 = \frac{1}{3} \frac{\beta}{\alpha} \frac{1}{r} A$ 로 표현된다. (단, r 의 단위는 m이다.)
- ▶ 점 Q에서 전류 I_0 가 정육각형의 중심으로부터 시계방향으로 흐르는 4개의 직선 도선은 각각 $\sqrt{3}\text{m}$, $2\sqrt{3}\text{m}$, $3\sqrt{3}\text{m}$, $2\sqrt{3}\text{m}$ 이며 자기장 방향은 xy 평면으로 들어가는 방향으로 동일하다. 전류 I_0 가 반시계 방향으로 흐르는 직선 도선의 수직

거리는 $\sqrt{3}$ m이며 전류 $3I_0$ 가 시계방향으로 흐르는 직선 도선의 수직 거리는 $3\sqrt{3}$ m이다.

- ▶ 점 Q에서 직선 도선에 의한 자기장의 크기와 방향은 다음과 같이 표현된다.

$$B = \alpha \left(\frac{-I_0}{\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{3\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} + \frac{+I_0}{\sqrt{3}} + \frac{-3I_0}{3\sqrt{3}} \right) = -\frac{7\sqrt{3}}{9} \alpha I_0$$

B의 크기는 $\frac{7\sqrt{3}}{9} \alpha I_0$ (또는 $B \propto \frac{7\sqrt{3}}{9} I_0$), xy 평면으로 들어가는 방향

- ▶ Q에서 자기장을 0으로 만들기 때문에 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 xy 평면으로 나오는 방향이며 크기는

$$B = \beta \frac{I}{r} = \frac{7\sqrt{3}}{9} \alpha I_0 \text{를 만족해야 하고, } I = \frac{7\sqrt{3}}{9} \frac{\alpha}{\beta} I_0 r \text{로 표현된다. 따라서 비례 관계 또는 } I_0 = \frac{1}{3} \frac{\beta}{\alpha} \frac{1}{r} \text{ A를 이용하면 원형}$$

도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향은 다음과 같다.

$$I = \frac{7\sqrt{3}}{27} \text{ A, 반시계 방향}$$

채점기준

- 점 P에서 직선 도선의 수직 거리를 바르게 구하면 **+3점**
- 점 P에서 직선 도선에 의한 자기장 B_0 을 바르게 나타내면 **+3점**
- 점 Q에서 직선 도선의 수직 거리를 바르게 구하면 **+3점**
- 점 Q에서 직선 도선에 의한 자기장 B 를 바르게 구하면 **+3점**
- 원형 도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향을 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).

화학

1. 출전 및 출제의도

제시문 출전

[문제 4] 제시문

화학 I, (썬지학사(2019), 이상권 외 7인, p. 27-33 18-23, 116-117, 133-136, 120-121, 34-39

화학 I, (썬천재교육(2019), 노태희 외 6인, p. 23-27, 15-17, 116-117, 138-141, 132-135, 30-37

화학 I, (썬교학사(2020), 홍훈기 외 6인, p. 27-32, 18-21, 108-109, 129-131, 121-125, 39-40

화학 I, (썬금성출판사(2019), 하윤경 외 5인, p. 29-32, 17-25, 109-111, 125-129, 121-124, 35-38

화학 I, (썬미래엔(2020), 최미화 외 5인, p. 28-33, 20-24, 118-120, 134-137, 130, 36-41

화학 I, (썬와이비엠(2020), 강대훈 외 3인, p. 35-37, 23-27, 127-129, 148-151, 145-147, 50-53

화학 I, (썬동아출판(2020), 황성용 외 3인, p. 29-33 18-22, 120-122, 146-151, 142-145, 39-43

화학 I, (썬비상교육(2020), 박종석 외 7인, p. 27-31 17-19, 106-107, 123-125, p.115, 34-39

화학 I, (썬상상아카데미(2020), 장낙한 외 9인, p. 31-35 23-27, 119-120, 139-142, 131-134, 41-43

화학 II, (썬지학사(2020), 이상권 외 7인, p. 17 / 화학 II, (썬미래엔(2020), 최미화 외 5인, p. 20-21

화학 II, (썬천재교육(2019), 노태희 외 6인, p. 18 / 화학 II, (썬상상아카데미(2020), 장낙한 외 9인, p. 21-23

화학 II, (썬비상교육(2020), 박종석 외 7인, p. 15-16 / 화학 II, (썬교학사(2020), 홍훈기 외 6인, p. 19

출제의도

[문제 4] 본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 전반적인 이해도 및 문제 해결 능력을 평가하고자 하였다.

[문제 4-1] [4-1]에서는 화학 I 교과에 대한 전반적인 이해도 및 응용 능력을 평가하고자 하였다. 구체적으로 'I. 화학의 첫걸음'에서 다루는 탄소 화합물, 몰, 분자량, 몰 질량 등의 개념과 'III. 화학 결합과 분자의 세계'에서 다루는 공유 결합, 루이스 구조식, 분자의 구조, 전자쌍 반발 이론에 대한 개념을 다루었다. 물질의 질량과 몰 질량과의 관계를 통해 탄소 화합물의 분자식을 구하고, 공유 결합으로 형성된 이 분자의 루이스 구조를 그리며, 전자쌍 반발 이론에 근거하여 그 결합각들을 예측하는 것을 질문함으로써 주어진 개념들에 대한 통합적인 이해도를 가능하고 올바른 결론을 도출해내기 위한 사고 능력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2] [4-2]에서는 화학 I에서 다루는 화학 반응식과 화학 II에서 다루는 이상 기체의 성질에 대한 개념을 바르게 연계하여, 화학 반응에서의 양적 관계를 논리적으로 도출해 낼 수 있는지 물어보는 문제이다. 부피가 변하지 않는 한 용기에서 고체 혼합물과 기체 화합물 간의 반응이 진행될 때, 압력 변화 값을 통해 이상 기체 방정식을 이용하여 전체 기체 몰수의 변화 값을 구할 수 있어야 한다. 또한, 물질의 양(mol)과 물질의 질량 관계를 이용하여 고체 반응물의 몰 질량을 계산할 수 있어야 한다.

2. 예시답안 및 채점기준

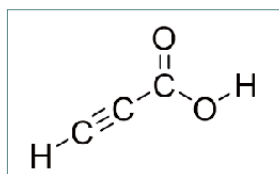
[문제 4-1] 예시답안

- ▶ 탄소 화합물 A는 탄소, 수소, 산소로만 구성되어 있고, 105 g 중 탄소는 54 g, 수소는 3 g을 차지하므로 산소의 양은 48 g에 해당된다. ($105 - 54 - 3 = 48$)
각 원소의 해당 질량과 각각 12, 1, 16인 탄소, 수소, 산소의 원자량을 고려하여, 탄소, 수소, 산소 원자수의 비를 다음과 같이 구할 수 있다.

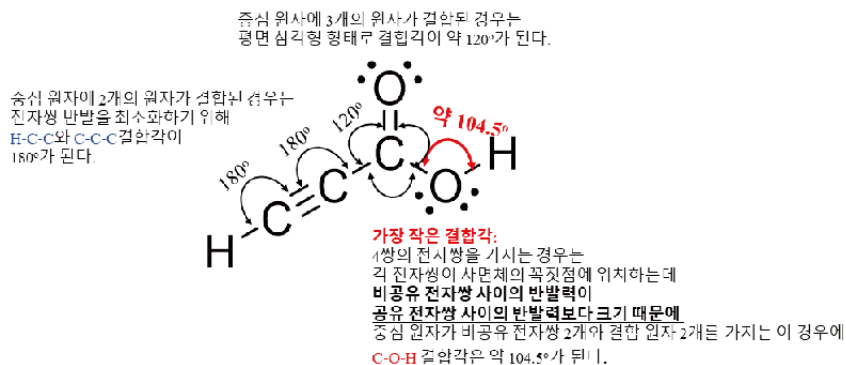
$$\text{C}:\text{H}:\text{O} = \frac{54}{12} : \frac{3}{1} : \frac{48}{16} = 3:2:2$$

A의 몰 질량은 70 g/mol이므로 탄소 3개, 수소 2개, 산소 2개로 구성된 $\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_2$ 의 분자식을 얻을 수 있다.

- ▶ A에는 산소 2개 및 다른 탄소 1개와 결합하고 있는 탄소가 존재하고 모든 결합각이 100° 보다 크므로, 가능한 구조의 루이스 구조식은 다음과 같다.



- ▶ 전자쌍 반발 이론에 근거하여 이 분자 내에서의 결합각을 다음과 같이 예상할 수 있다. 가장 작은 결합각은 약 104.5° 의 C-O-H 결합각이다. 이 경우 4쌍의 각 전자쌍이 사면체의 꼭짓점에 위치하는데, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에, 비공유 전자쌍 2개와 결합 원자 2개를 가지는 산소를 중심 원자로 C-O-H 결합각은 약 104.5° 가 된다.



채점기준

- 탄소화합물 A의 분자식 $C_3H_2O_2$ 를 바르게 구하면 **+5점**
- 탄소화합물 A의 루이스 구조식을 바르게 제시하면 **+6점**
- 약 104.5° 인 C—O—H의 결합각이 가장 작은 결합각임을 바르게 찾으면 **+4점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2.0 점 추가 점수 조절 가능함.

[문제 4-2] 예시답안

- ▶ 같은 몰수의 고체 화합물 A와 B가 모두 반응하였고, 그 몰수를 a 라 하면 반응 전과 후의 기체 C, D, E의 몰수 변화는 화학 반응식의 계수비를 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$2A(s) + C(g) \rightarrow 2D(g) \text{ (반응 1)}$ $B(s) + 2C(g) \rightarrow E(g) \text{ (반응 2)}$				
	C의 몰수 변화	D의 몰수 변화	E의 몰수 변화	전체 기체의 몰수 변화
반응 후	$-a/2$ (반응 1) $-2a$ (반응 2)	a	a	$-a/2$

- ▶ 이상 기체 방정식을 이용하면, 전체 압력 변화 값($DP=0.68 \text{ atm} - 1 \text{ atm}$)을 이용하여 전체 기체의 몰수 변화 그리고 이를 통해 반응 전 A와 B의 몰수 a 를 계산할 수 있다.

$$PV=nRT$$

$$n=\frac{PV}{RT}=\frac{(0.68-1)\text{atm} \times 6\text{L}}{0.08\text{atmL}/(\text{molK}) \times 300\text{K}}=\frac{-a}{2}\text{mol}$$

$$a=0.16$$

- ▶ 참고로 다음과 같이 a 를 구할 수도 있다.

반응 전 기체 몰수

$$n=\frac{PV}{RT}=\frac{1\text{atm} \times 6\text{L}}{0.08\text{atmL}/(\text{molK}) \times 300\text{K}}=0.25\text{mol}$$

반응 후 기체 몰수

$$n=\frac{PV}{RT}=\frac{0.68\text{atm} \times 6\text{L}}{0.08\text{atmL}/(\text{molK}) \times 300\text{K}}=0.17\text{mol}$$

전체 기체 몰수의 변화 $=0.17\text{mol}-0.25\text{mol}=\frac{-a}{2}\text{mol}$, 따라서 $a=0.16$

- ▶ A와 B의 몰 질량의 비가 2:1이므로 구하고자 하는 A의 몰 질량을 M_A 라 하면 B의 몰 질량은 $M_A/2$ 이다. 반응 전에 A, B가 각각 0.16몰 존재하였고 이 두 화합물의 총 질량이 7.2g이었으므로 다음과 같이 M_A 를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{총 질량} &= \text{몰 질량}(\text{g/mol}) \times \text{몰수} = (M_A \text{ g/mol} \times 0.16 \text{ mol}) + (M_A/2 \text{ g/mol} \times 0.16 \text{ mol}) \\ &= 1.5 M_A \times 0.16 \text{ mol} = 7.2 \text{ g} \\ \underline{M_A} &= \underline{30 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

채점기준

- 전체 기체 몰수 변화를 바르게 구하면 **+5점**
- 이상 기체 방정식을 이용하여 반응 전 A의 몰수, 0.16몰을 바르게 구하면 **+5점**
- A의 몰 질량이 30 g/mol임을 바르게 구하면 **+5점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ± 2.0 점 추가 점수 조절 가능함.

중앙은 모든 전공이 AI와 만나는
특별한 교육시스템으로
AI 시대를 넘어 AI 세대를 선도하고
있습니다.

시대를 미리 내다보고
새로운 기준을 만들어 오고 있는
중앙이 양성할 AI 시대를 이끌
혁신적인 핵심인재가 기대됩니다.





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

