[면지 표지와 동일]

CONTENTS

PART 01 과학논술의 기본 5

1강 과학논술의 이해 7

01 과학논술의 정의 ····· 7

02 논술 용어 ····· 8
1) 논술문항의 구성 ····· 8
2) 논술문항의 풀이과정 ····· 8

03 논술의 구성 ····· 9

04 대학별고사-논술 ····· 12

05 논술 개요 ····· 12

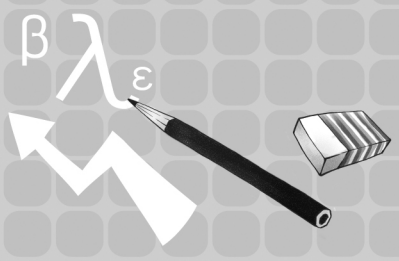
06 대학별 논술의 유형 ····· 13

2강 논술문항의 이해 15

01 문제의 이해(논제의 분석, 제시문의 분석, 출제의도 파악) ····· 15

02 논제와 제시문 분석 방법 ····· 17
1) 논제의 분석 ····· 18
2) 제시문의 분석 ····· 18

03 문제의 이해 연습 ····· 19
1) 논제의 분석 ····· 20
2) 제시문의 분석 ····· 20
3) 출제의도 파악 ····· 21



3강 답안 작성 방법 23

01 해결전략 구성 ····· 23

02 개요작성 ····· 24

03 답안작성 유의점 ····· 25

04 기출문항의 연습 ····· 26

1) 2011 광운대학교 수시논술(문제 3) ····· 26

2) 2009 연세대 수시논술 문항 2번 ····· 29

4강 평가요소의 이해 33

01 답안 채점기준의 이해 ····· 33

02 서울대 평가요소(자연계) ····· 34

03 이해분석력이란? ····· 35

04 논증력이란? ····· 37

05 창의력과 표현력 ····· 40

1) 창의력과 표현력의 중요성 ····· 40

2) 기출문항 연습 ····· 43

PART 02 실전 논술 47

1강 물리중심 문항 49

2강 화학중심 문항 65

3강 생물중심 문항 83

4강 지구과학중심 문항 101

Science

PART 01

과학논술의 기본

■ 과학논술을 시작하는 학생들을 위한 기초 강의

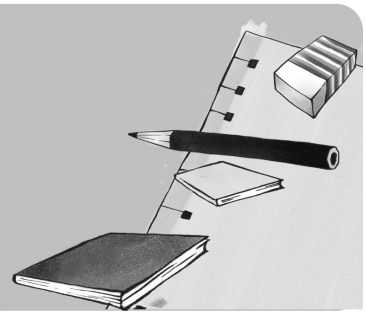


PART 01은 과학논술을 처음 시작하는 학생들을 위하여 다음과 같은 4강의 논술강의를 구성하였습니다.

- 1강. 과학논술의 이해
- 2강. 논술문항의 이해
- 3강. 답안 작성 방법
- 4강. 평가요소의 이해


7
1
4
x
6
$a^2+b^2=c^2$
0
÷
8
3
3
5
2
9

1강 과학논술의 이해



01 과학논술의 정의

논술(論述)의 사전적 의미는 "어떤 것에 관하여 의견을 논리적으로 서술함. 또는 그런 서술"이다. 이를 구조적으로 풀어보면 논술의 구성은 다음과 같다.

① **어떤 것** : 어떤 것이라는 의미는 풀어내야할 또는 서술해야할 주제라는 의미이다. 논술에서는 이를 논해야할 관점의 의미로 **논점**이라 칭한다. 논술문항에서는 논제를 통해 구체적으로 명기된다. 따라서 논점은 논제의 분석을 통해 얻어 내며 제시문에서도 그 방향이 제시 될 수 있다.
② **의견** : 사전적 의미로는 "어떤 것에 대해 가지는 생각" 즉, 본인의 주장에 해당된다.
③ **논리적** : 논리는 사전적으로 "사고나 추리 따위를 이치에 맞게 이끌어 가는 과정이나 원리"를 지칭한다. 일반적으로 논술에서 올바른 논증구조와 같은 의미로 사용된다. 논증구조는 **주장**(의견)과 **근거**(참인 명제)로 구성된다. 따라서 논리적이라 하면 근거와 주장의 연결과정이 정당화됨을 의미한다.
④ **서술** : 사건이나 생각을 차례대로 말하거나 적는 것을 의미한다. 어떤 방향을 갖고 써가는 것을 생각할 수 있다.

서울대에서 밝힌 논술 실시 의도를 보면 "우리의 교육이 교과 지식의 단순 반복학습과 암기 위주에서 벗어나 학생 스스로 탐구하는 자기주도적 학습능력과 독서와 토론을 통한 비판적 사고력을 배양할 수 있도록 하기 위함이다." 라고 밝히고 있으며 현행 대

입 논술의 성격을 이상적으로 정의하고 있다. 즉, 현행 대입 논술은 "비판적 읽기와 (창의적) 문제 해결하기를 기반으로 한 논리적 글쓰기(서술하기)"으로 정의할 수 있다. 자연계 경향을 보면 "자연계 논술은 풀이 과정과 답이 어느 정도 정해져 있는 단순한 본고사 방식이 아니라 추론의 논리성이나 수리 과학적 타당성을 중심으로 한 문제 해결 능력을 평가하는 유형으로 전형화 되고 있다." 로 볼 수 있다. 하지만, 자연계 논술의 경우 채점의 편이성을 위해 점점 응답이 제한되고 있어 실제 취지와 달라지는 현상을 볼 수 있다.

02 논술 용어

1) 논술문항의 구성

① **논제** : 논술의 문제로 논해야 하는 대상으로서. 논술에서 무엇을, 어떻게 써야 하는지를 출제자가 수험생에게 요구하는 사항

② **제시문** : 논술의 문제에서 제공되는 글, 논제의 이해를 돕기 위한 내용 또는 문제를 풀기위한 자료가 제공됨

③ **유의사항** : 논술문항의 답안을 작성할 때 수험생이 지켜야할 사항

2) 논술문항의 풀이과정

① **논제분석** : 논술의 핵심으로 논술의 문제를 해결해야 할 요구사항들로 항목화하고, 답안 작성 시 반드시 들어가야 할 조건들을 파악하는 것

② **논점** : 논의의 쟁점, 논제분석을 통해 자신이 논술할 중점 내용으로 자연계 논술에서는 논의의 방향이 정해짐 내용이 많으므로 자신이 밝혀야할 내용의 중점으로 정리 됨

③ **논지(논의, 주장)** : 논점에 대한 자신의 입장 또는 주장

④ **논거** : 주장의 타당성을 뒷받침해 주는 구체적인 근거

⑤ **논증** : 어떤 판단의 진리성의 이유를 분명히 하는 일. 입증

⑥ **전제(근거)** : 논증에서 그것으로부터 출발하여 결론을 얻을 수 있는 명제

⑦ **명제** : 논리학에서 판단을 언어로 표현한 것

⑧ **핵심어** : 주제 또는 중심 내용을 드러내고 있는 단어

⑨ **설명과 논술** : 설명은 대상에 대한 객관적 사실의 서술이고 논술은 주관적 관점의 주장

03 논술의 구성

논술문항은 대학에 따라 약간의 차이가 있으나 다음과 같이 세부분으로 나눌 수 있다.

① **유의사항** : 기본적으로 지켜야할 사항이 제시되어 있다. 채점에는 포함되지 않지만 지키지 않았을 때에는 불이익을 받을 수 있다. '흑색볼펜으로만 작성할 것. 자신을 드러내지 말 것, 수정액을 사용하지 말고 원고부호를 이용하여 수정할 것'과 같이 지키기 어려운 조건은 아니므로 한번쯤 읽고 상기하면 된다.

예 2011학년도 건국대학교

2011학년도 수시2-1학기모집 논술고사 문제지(자연계)

지 원 모 집 단 위	수 험 번 호	성 명

※ 유의사항

1. 답안을 작성할 때 필요한 경우에 수식 및 그림을 사용할 수 있다.
2. 답안 작성은 반드시 해당 답안란에 작성하여야 한다. 1-1~1-4번 문항은 파란색, 2-1~2-3번 문항은 녹색, 3-1~3-3번 문항은 보라색 답안지에 작성한다.
3. 답안지 범위를 초과한 답안은 감점이 될 수 있다.
4. 필기구는 반드시 흑색 펜만을 사용하여야 한다. 연필을 사용하여 작성한 답안과 흑색 이외의 색 필기구로 작성한 답안은 모두 최하점으로 처리한다.
5. 답안을 수정할 때 흑색 이외의 색 필기구나 수정액 등을 사용한 경우에 최하점으로 처리된다.
6. 문제와 관계없는 불필요한 내용이나 자신의 신분을 드러내는 내용이 있는 답안, 낙서 또는 표식이 있는 답안은 모두 최하점으로 처리된다.

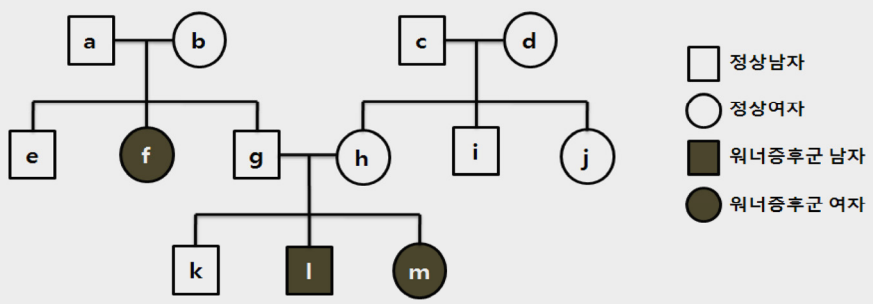
② **제시문** : 제시문은 문제를 출제하기 위해 제공되는 읽기자료 또는 그림, 표와 수식과 같은 자료를 통칭한다. 제시문은 논제 자체가 갖는 함축적 의미가 크므로 이를 보강해주고 선 개념이나 어떠한 내용이 필요한지 사전에 알려주는 역할을 해준다. 아울러, 문제에 대한 근거 내용이 제시될 수 있다. 논술은 암기된 지식을 답안으로 쓰기를 요구하지 않으므로 심화된 지식을 사용할 수 있지만 이를 추론 가능하도록 제시문에 관련 내용을 제공한다.

▌예 ▌ 2011학년도 건국대학교

(가) 2009년 노벨생리의학상은 텔로미어와 텔로머라제 효소의 기능을 규명한 세 명의 미국 과학자 블랙번, 그라이더, 쇼스택에게 돌아갔다. 세포는 분열 전에 염색체를 복제한다. 염색체의 끝은 텔로미어로 구성되며, 세포가 분열할 때마다 각 텔로미어의 끝은 조금씩 없어져서 텔로미어가 거의 소실되면 결국 세포는 분열을 멈추고 죽게 된다. 따라서 사람 몸의 세포들은 텔로미어라는 내재된 시계에 의해 약 50회 정도의 세포분열 후 소명을 마치는 것이다. 그리고, 텔로머라제는 염색체 말단에서 소실된 텔로미어를 복원하는 효소이다. 세포분열 과정 중 염색체는 텔로미어가 짧아진 두 염색체로 복제된 후 텔로머라제의 기능에 의해 각 염색체의 텔로미어가 복원된다. 이후 세포는 둘로 나누어진다. 텔로머라제는 대부분의 체세포에서 양이 매우 적고 활성이 낮으나, 조혈간세포나 암세포 등에서는 매우 많은 양이 관찰되고 활성도 높다.

(나) 조혈간세포는 적혈구, 백혈구, 혈소판 등의 혈액세포들을 평생에 걸쳐 세포분열을 통해 생산해 내고 있는 극소수의 줄기세포들이다. 백혈병에 대한 치료로 골수이식을 할 때 이식되는 세포들이 바로 조혈간세포들이다. 암은 비정상적으로 자라는 악성종양이며, 암세포의 특징은 세포분열을 멈추지 않고 계속 한다는 것이다. 암세포의 무한증식을 가능하게 하는 것이 텔로머라제 효소인데, 암세포에서는 텔로머라제가 짧아진 텔로미어를 복원한다. 최근 일부 제약회사에서는 텔로머라제 억제제를 항암제 개발에 이용하고 있다. 즉, 항암물질이 암세포의 텔로머라제의 기능을 억제하면, 텔로미어의 길이가 짧아져서 암세포는 무한증식을 멈추고 죽게 된다.

(다) 텔로미어 복원 이상으로 생겨나는 질병들도 있다. 워너증후군은 청소년기에 주름의 생성, 머리의 탈색, 대머리, 백내장, 근육 위축 등과 같은 노화 증상을 유발하는 유전병이다. 워너증후군 환자들은 텔로머라제를 도와서 텔로미어의 효율적인 복원을 가능케 하는 RecQ라는 효소가 결핍되어 있다. 따라서 워너증후군 환자들의 세포에서는 텔로미어가 일찍 짧아지게 된다. 일반적으로 유전병의 유전양식은 상염색체성 우성, 상염색체성 열성, 성염색체성 우성, 성염색체성 열성 등으로 나누어진다. 이러한 유전양식은 가계도 분석을 통해 판별할 수 있다.



워너증후군 가계도의 예

③ **논제** : 논제는 문제를 해결하는 첫 단계이며 답안을 구성해야할 논점이 담겨져 있다. 구체적인 서술어를 통해 무엇을 답변해야하는지 밝히며 측정 가능한 기준이 제시된다. 과거에는 하나의 논제로 구성되어 제시되었으나 최근에는 여러 소논제로 세분화되어 연관성을 두고 출제하는 추세이다.

▌예▌ 2011학년도 건국대학교

[문제 1-1] 사람의 적혈구나 백혈구에 비해, 조혈간세포에서는 매우 많은 양의 텔로머라제 효소가 발견되는 이유를 설명하여라. 그리고 텔로머라제 효소 억제제로 개발된 항암제를 암환자에게 투여하면 나타날 수 있는 부작용의 증상들을 조혈간세포에 미치는 영향을 고려하여 예상하고 그 이유를 설명하여라.

[문제 1-2] 제시문의 가계도를 보고 워너증후군의 유전양식으로 가장 가능성이 높은 것은 무엇인지 답하고 그 이유를 설명하여라. 그리고 가계도의 k씨가 워너증후군에 대한 가족력이 전혀 없는 여성과 결혼하여 자녀를 낳았을 때, 그 자녀가 워너증후군 유전자를 물려받을 확률은 얼마인지 밝히고 그 이유를 설명하여라.

[문제 1-3] 복원되는 텔로미어의 길이는 세포 안의 텔로머라제의 수와 활성에 비례하고, 한 번의 세포분열시 활성 100%의 텔로머라제 1개는 모든 염색체마다 텔로미어 20nm를 복원한다고 가정하자. 텔로머라제 80개를 가진 세포가 분열을 거듭할 때, 매 세포분열에서 각 세포 당 텔로머라제의 수는 분열 전보다 2개씩 감소하고, 각 텔로머라제의 활성은 분열 전의 90%로 감소한다고 하자. 즉, 첫 세포분열 과정 중 각 세포 당 활성 100%의 텔로머라제 80개가 텔로미어를 복원하고, 두 번째 과정 중에는 활성 90%의 텔로머라제 78개가 텔로미어를 복원한다. 이와 같은 방법으로 10회 분열하는 동안 염색체 당 복원되는 텔로미어의 길이는 총 몇 nm인지 계산하여라. ($1\mathrm{nm} = 10^{-9}\mathrm{m}$, $0.9^{10} \fallingdotseq 0.35$)

04 대학별고사-논술

각 대학의 수시전형에서 대학별고사를 보고 있다. 대학별고사는 논술, 인적성검사, 면접의 3가지 유형이 있다. 현재, 논술은 주로 중상위권 대학에서 실시되고 있으며 전형에 따라 반영비율이 다양하게 적용되고 있다. 표는 2011년에 논술을 실시하고 있는 대학들이다. (2011년 6월 대교협자료)

가톨릭대, 건국대(서울), 건양대, 경기대(서울, 수원), 경희대(서울, 국제), 고려대(서울), 광운대, 국민대, 단국대, 대전가톨릭대, 동국대(서울, 경주), 동의대, 상명대(서울), 서강대, 서울시립대, 서강대, 서울여대, 선문대, 성균관대, 성신여대, 숙명여대, 숭실대, 아주대, 연세대(서울), 영산선학대, 울산대, 이화여대, 인하대, 중앙대(서울, 안성), 한국외대(서울), 한국항공대, 한양대(서울), 홍익대(서울)

대학마다 전형에 따라 논술의 반영비율은 다양하지만 대부분 30~80%를 반영하고 있으며, 자연계의 경우 **정시는 서울대만** 실시하고 있어 비중이 약하다. 하지만 **수시**에서는 많은 주요 대학에서 실시하고 있으며 대부분 가장 많은 인원을 선발하는 **일반전형**에 적용하고 있어 중상위권 대학을 희망하는 학생이라면 논술대비가 필요하다.

매년 대학마다 논술전형 요소와 실시여부는 변경될 수 있으므로 반드시 대학별 입시요강을 확인하는 것 또한 중요하다.

05 논술 개요

각 대학에서 실시하고 있는 논술은 대학에서 직접 운영하고 있으며 학생들은 정확하게 어떠한 형식으로 고사가 진행되는지 잘 모르는 경우가 많다. 다음 표는 2011학년도 각 대학에서 실시하고 있는 논술고사의 주요 개요를 분석하여 종합하였다.(대교협 논술길라잡이6 참조)

대학명	시험시간	출제 문항수	답안지 분량	비고
건국대	180분	3문항(10논제)	제한 없음	수리+과학
경희대	150분	4문항(9논제)	제한 없음	수리+과학
고려대	180분	4문항(14논제)	자유 기술(네모칸 내)	수리+과학 수리필수, 과학은 택2
광운대	120분	3문항(11논제)	제한 없음	수리+정보
동국대	150분	5문항	전체 2000자 이내	수리과학통합
서강대	120분	3문항(9논제)	문항1,2 제한없음 / 문항3 1000자 내외	수리+과학+인문
서울대	300분	4문항(13논제)	제한 없음	수리+과학
서울여대	90분	2문항	제한 없음	공통인문
성균관대	120분	5문항(14논제)	제한 없음	수리과학통합
성신여대	120분	5문항	제한 없음	수리+과학
숙명여대	150분	공통2문항+자연1문항 (4논제)	총 2200자 내외	인문+수리+과학
숭실대	150분	인문1문항 + 자연 2문항	문항1 600자내외 자연 답안지 내	인문+수리+과학
아주대	120분	2문항(8논제)	제한 없음	수리
연세대	120분	2문항(5논제)	제한 없음	수리+과학
이화여대	150분	공통1문항+수리4문항 (8논제)	A3용지 2면	인문(2)+수리(3)
인하대	120분	4문항(13논제)	제공된 답안지	수리+과학
중앙대	120분	6문항	답안지 한 장 이내	수리+과학
한국항공대	120분	3문항(8논제)	2000자 내외	수리+과학
한양대	120분	2문항(6논제)	제한 없음	수리
홍익대	180~210분	3문항(8논제)	2500~3000자	수리

06 대학별논술의 유형

과학논술은 그 유형에 따라 '교과지식형', '응답제한 서술형', '에세이형'으로 구분할 수 있다. 2008학년도 이후 자연계열 논술시험은 기본적으로 '응답제한 서술형'의 형식

을 취하면서 일부 문항은 불가피하게 전통적인 '교과지식형'에 해당하는 문항을 출제하고 있다. '에세이형'에 해당하는 과학논술은 과학논술의 가장 이상적인 형태이지만 객관적인 채점 기준과 출제 시스템의 문제로 많은 대학에서 실시되지는 않고 있다. 각각의 특징을 정리하면 다음과 같다.



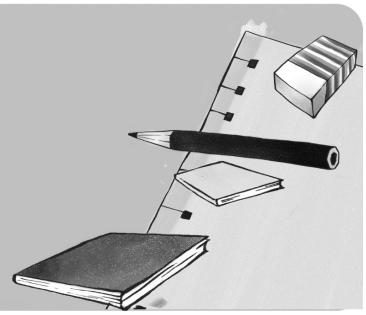
과학논술의 세 가지 유형

	교과 지식형 과학논술	응답 제한 서술형 과학논술	에세이형 과학논술
특징	물리, 화학, 생물, 지구과학 교과의 심화된 교과 지식을 물음	과학적 사고력을 기반으로 주어진 문제를 해결할 수 있는 능력을 물음	교과의 벽을 넘어 과학 철학과 같은 큰 문제에 대한 견해를 물음
정답의 용인성	출제자가 요구하는 정답이 어느 정도 정해져 있음	수험생의 시각에 따라 다양한 정답이 가능	정답의 개념이 모호함. 수험생의 사고의 깊이에 따라 다양한 답안이 가능
우수 답안	문제가 요구하는 교과지식을 정확하게 언급한 답안	자신의 견해를 뒷받침하는 논거가 과학적인 타당성을 가지고 있는 답안	과학적 사고력에 기반 한 창의적이고 논리적인 답안

'과학 논술'이라는 용어가 낯설지 않은 요즘 과학 논술은 과학 교과의 지식을 서술형으로 평가하는 전통적인 교과 지식형 문제에서 빠르게 변화하고 있다. 서울대학교를 비롯한 상위권 대학의 과학 논술 문제를 분석해보면 과학논술은 정답이 어느 정도 정해져 있는 '교과 지식형'에서 생각을 이끌어 내는 과정을 중시하는 '응답제한 서술형'으로 바뀌고 있음을 알 수 있다.

2강

논술문항의 이해



논술 문항을 풀기 위해서는 논술문항이 무엇을 묻고 있는지 이해하고 어떻게 답안을 써야하는지 결정해야 한다. 이는 문항 분석을 통해 이루어지며 이를 바탕으로 답안의 개략적인 방향을 잡을 수 있다. 따라서 문항의 이해는 논술문항 해결의 처음이자 핵심이라 할 수 있다.

01 문제의 이해(논제의 분석, 제시문의 분석, 출제의도 파악)

문제이해는 크게 3단계로 이루어진다.

논제의 분석 → 제시문 분석 → 출제의도 파악

논제와 제시문을 분석하여 답을 하기 위한 요구사항을 파악한다. 문제의 분석을 3단계로 나누어 보면 다음과 같다.

첫째, 논제를 큰 틀에서의 요구사항과 부분(조건, 설명 등)으로 나눈다. 하나의 요구사항은 **목적어와 서술부분의 지시어**로 구성되게 된다. 이를 논의해야할 쟁점(논점)이

라 한다. 각각의 논점에는 조건이나 설명이 따르게 되므로 이를 구분하여 표시하는 것도 중요하다. 또한 지시어에 의미를 잘 이해해야 한다.

☞ **지시어** : 논제의 명령조 서술어를 지칭한다. 보통 ~을 ~하시오의 서술부분이다.

① 설명하시오 : 알기 쉽게 밝힘, 알려줌

② 구하시오 : ~을(목적이 분명하다) 해주기를 청하다.

③ 추리(추론)하시오 : 과학에서는 근거로부터 알 수 있는 것을 논리적으로 알아내는 행위를 지칭한다.

④ 예상하시오 : 근거로부터 어떠한 결과가 나올지 다양하게 나타내는 것(미래형)

⑤ 추정하시오 : 어떠한 내용으로부터 알아낼 수 있는 일, 반증에 의해 결과가 뒤집어 질수 있다.(확실하지 않을 수 있다)

⑥ 분석하시오 : 어떤 것에 대한 구조나 기능을 나누어 보는 것, 자세히 뜯어서 나타낸 것.

⑦ 분류하시오 : 기준에 의해 하위개념으로 나누어 나타낸 것, 서로 배타적이며 분류기준이 명확해야 한다.

⑧ 제시하시오 : 구체적으로 나타내야 하는 목적이 있는 것.

⑨ 논술하시오 : 논리적으로 서술 하시오

⑩ 요약하시오 : 간략하게 자신의 언어로 나타내시오

⑪ 서술하시오 : 어떠한 방법에 따라 순차적으로 말이나 글로 나타낸 것

⑫ 기술하시오 : 있는 그대로 말하거나 글로 나타낸 것.

⑬ 비판하시오 : 의미를 분석하고 옳고 그름을 가려 정의하여 논리적으로 정당성을 부여함

둘째, 제시문에서 논제에 필요한 내용을 발췌하거나 근거가 되는 내용을 찾아낸다. 논제는 함축적 의미를 갖는 단어를 많이 사용하게 되며 이는 해석에 난해함을 일으킨다. 이를 보완하기 위하여 제시문의 내용이 논제 해결의 실마리 역할을 하게 된다. 제시문은 논제의 의도를 나타내며 또한, 논제 해결을 위한 근거자료나 지식자료를 제공해 주는데 이를 핵심어라 한다. 논제와 제시문은 동시에 분석하여 출제의도를 파악해야 한다.

☞ **핵심어(문장)** : 제시문에는 문항을 풀기위한 결정적인 문장이나 용어가 있다. 이를 핵심어라 하고 따로 표시하여 논제와 같이 연결하여 해결전략을 구상해야 한다.

셋째, 출제의도를 파악해야 한다. 문장으로 완성된 요구사항 이외에 숨겨진 의미나 분석이 가능한지 보아야 한다. 논제를 분석하다 보면 의미가 분명하지 않은 문장이나 단어가 들어가는 경우가 있다. 예를 들면, 과학적으로라는 요구사항은 과학적 방법을 요구하는 것인지 아니면 탐구 방법의 구체적 방법론을 요구하는지 아니면 단순히 객관적으로 증명 가능함을 나타내는지 분명하지 않다. 심지어 학생의 과학적 지식을 사용하라는 요구가 될 수 도 있다. 따라서 논제에서 모호하거나 광범위한 의미로 사용되는 문장이나 단어는 나름대로 주어진 제시문이나 논제의 전후 문맥을 통하여 분석해봐야 한다. 아울러, 주어진 수식이나 그래프는 반드시 그 의미를 해석하고 활용한다.(주어진 수식과 그림, 그래프는 묻고자하는 의도를 간접적으로 제시해주는 좋은 자료이다.)

☞ 소논제가 포함된 경우 논제의 연관성을 보아야 한다. 논제의 해결과정 중 채점의 용이성을 위해 논제를 분화하여 소논제로 주는 경우가 많다. 따라서 논제의 연결성을 보고 출제의도를 파악한다.

02 논제와 제시문 분석 방법

논제와 제시문 분석은 동시에 이루어져야 한다. 문제이해에서 분석은 가장 중요한 과정이 된다. 과학논술의 논제와 제시문에는 전문용어가 많이 사용된다. 전문용어는 과학언어의 특징인 함축성, 의미 집약성, 대표성을 갖기 때문에 교육과정에서 용어가 만들어진 과정이나 내용을 이해하지 못하면 해석이 어려워지므로 평상시 학교 수업에서 사용하는 전문용어를 스스로 설명가능하게 정리해두는 것이 좋다.

1) 논제의 분석

① 논제의 분석 첫 단계에서는 논점을 확인하고 여기에 필요한 조건을 구분해내는 것이 우선이다. 논점은 '~을 ~하시오'의 구성을 가지므로 서술어를 중심으로 표시하고 개수를 확인한다.
② 각 논점에 해당하는 조건은 밑줄을 그어 논점에 따른 조건이 무엇인지 표시해 둔다.
③ 논점을 확인하여 개략적인 답안의 윤각을 잡을 수 있다.

2) 제시문의 분석

제시문의 성격은 2가지이다. 하나는 발문의 성격이고 또 하나는 근거자료의 제시이다. 출제의도를 파악하기 위해서는 발문 성격의 내용을 찾는 것이 중요하며 이를 활용할 때 요약하는 능력 또한 중요하다. 즉 내용을 파악하고 간략하게 요약하는 훈련과 논제와 연결하여 무엇을 원하는지 파악하는 것이다. 근거자료의 제시는 주로 수식이나 개념의 정의, 설명 및 그림으로 제시되므로 이를 이해하여 활용하는 것이 중요하다. 자료의 활용은 논제의 해결전략에서 핵심 내용이 된다. 제시문을 읽을 때, 우선 어떤 내용이 있는가 파악하는 것이 좋다. 그러기 위한 방법을 제안하면 다음과 같다.

① 제시문을 읽을 때 문단별로 나누어 읽는다. 문단을 읽고 내용을 대표하는 핵심어에 표시를 한다.(이때 너무 많은 핵심어를 표시하지 않으며 가급적 내용을 한 눈에 알려주기 좋은 단어를 표시한다) 과학주제에서 핵심어는 대부분 전문용어에 해당되며 대표성과 집약성을 갖고 있어 내용을 알고 있다면 내용을 빨리 파악하는데 도움이 된다.
② 제시문의 내용 중 답안에 활용하거나 인용하는 부분은 자신의 언어로 요약하는 것이 좋다. 이를 적극적 독해라 하며, 인문에서는 선택의 원칙→일반화의 원칙→변화의 원칙→재구성의 원칙으로 설명되고 있다. 자연계에서는 핵심어를 중심으로 원문을 그대로 축약하기 보다 핵심어를 중심으로 자신이 이해하는 언어로 재구성하여 표현하는 훈련이 좋다.

03 문제의 이해 연습

예 2009 연세대학교 수시논술 문항2

〈제시문〉

(가) "... 인류의 지성이 찾아낸 사실 중 가장 광범위하게 적용되는 한 법칙을 공부하려 한다. ... 중력의 법칙과 같이 단순하면서도 우아한 원리가 우주 전체에 걸쳐 광범위하게 그리고 완벽하게 적용된다는 점에 우리는 감동하게 된다. 중력의 법칙이란 과연 무엇인가? 간단히 말하면, 우주의 모든 물체들은 서로 끌어당기는 힘에 의해 작용된다는 것이다. 그 힘의 크기는 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 둘 사이의 거리의 제곱에 반비례한다."

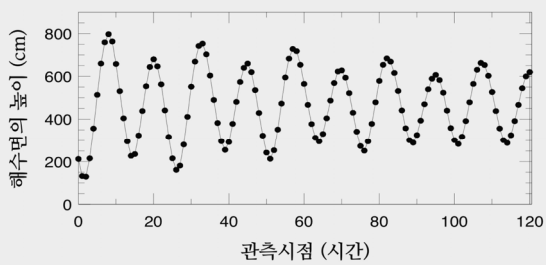
(나) [그림 1]은 2006년 6월초 5일간 인천 앞바다의 해수위 변화를 1시간 간격으로 측정한 것이며, 이 관측자료에 대하여 A(교사)와 B(학생)는 다음과 같이 의견을 교환하였다.

A: 그림에서 바닷물의 높이가 일정하게 반복하여 변하는 것을 볼 수 있죠. '조수(潮水)'라 불리는 이 현상은 주로 지구와 달 사이의 중력에 의하여 생기는 것입니다.

B: 그러니까 달이 중력으로 지표면의 바닷물을 잡아당겨서 지구 한 쪽의 물 높이는 높아지고 그 반대쪽은 낮아지는 것이라는 말씀인가요?

A: 글쎄요. B군의 설명대로라면 조수 현상은 하루에 한 번만 생겨야 하지 않을까요? 그런데 관측자료는 어떻게 나타나고 있죠?

B: 정말 관측자료를 보니까 조수 현상이 하루에 두 번 정도 나타나는군요.





(다) 1994년 7월 Shoemaker-Levy 9호(SL9) 혜성이 목성과 충돌하는 장면이 여러 천문대에서 관측되어 일반인들에게 생중계된 적이 있었다. 이것은 태양계 안에서 일어난 천체들의 충돌장면을 실시간으로 볼 수 있는 최초의 사건이었다. [그림 2]는 SL9 혜성이 목성과 충돌하기 약 4개월 전에 허블 망원경으로 관측하여 찍은 사진이다. 이 혜성은 여러 개의 덩어리들이 줄지어 늘어서 있기에 "진주목걸이" 라고도 불렸다. 원래는 얼음 덩어리들이 모여 한 덩어리처럼 움직이던 혜성이 목성 주위에 접근하면서 중력의 차이로 인해 쪼개진 것으로 추측된다.

[논제] (나)에 있는 관측자료만을 사용하여 조수현상의 주기를 계산을 통해 구하고, 이러한 주기성의 원인을 구체적으로 추론하시오.

1) 논제의 분석

■ 논제에 나타난 논점만을 정리하면 다음과 같이 2가지이다.

① 조수현상의 주기를 구하라.

② 주기성의 원인을 추론하라.

■ 각각의 논점은 다음과 같은 조건이 제시되어 있다.

① 주기를 구할 때, 제시문 (나)의 관측자료만을 사용한다.

② 주기를 구할 때, 계산을 통해 구해야 한다.

③ 원인을 추론할 때, 구체적으로 해야 한다.

2) 제시문의 분석

■ 제시문의 핵심어

① **제시문 (나)** : 5일간의 해수위 변화, 조수현상, 지구와 달의 인력 때문에 생김, 조수현상은 하루에 2번 일어난다.

② **제시문 (다)** : 혜성과 목성의 충돌, 진주목걸이, 혜성이 목성 주위에 접근하면서 중력의 차이로 쪼개진 것

■ 제시문의 요약

① **제시문 (가)** : 중력의 법칙은 우주의 모든 물체들에게 작용하는 법칙으로 두 물체 사이에 작용하는 인력이다. 그 크기는 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. (중력 $F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 단, m_1과 m_2는 각 물체의 질량, r은 떨어진 거리이다)

② **제시문 (나)** : 5일간의 인천 앞바다의 해수면 변화는 그림1의 그래프와 같다. 조수현상은 하루에 2번 일어나며 지구와 달사이에 작용하는 인력 때문에 발생한다. 만약, 지구와 달사이에 작용한 인력만 있다면 조수현상은 하루에 한번 일어나야 할 것이다.

③ **제시문 (다)** : 한덩어리의 얼음이었던 혜성이 목성에 부딪칠 때 작용하는 중력의 차이로 인해 쪼개져 진주목걸이 모양으로 배열되었다.

3) 출제의도 파악

■ **논제에 숨은 의도는 다음과 같다.**

① 제시문 (나)의 관측자료만을 사용하여 주기를 계산하므로 암기된 지식은 활용하지 않는다.

② 단순한 원인을 서술하기보다 자세한 단계별 구성을 통해 추론의 과정을 보여준다.

■ **이를 통하여 답안의 개요를 잡으면 다음과 같다.**

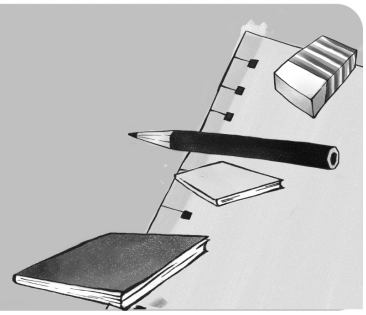
① 제시문 (나)의 관측자료를 분석한 내용을 서술한다.

② 위 자료를 이용하여, 주기를 계산한 과정을 서술한다.

③ 주기성의 원인을 추론하되 제시문의 내용과 배경지식을 활용하여 과정을 자세히 서술한다.

3강

답안 작성 방법



01 해결전략 구상

논제의 분석을 통해 논점을 확인하고, 제시문을 분석하여 출제의도와 필요한 근거를 확보했다면 문제에 대한 답안을 작성해야 한다. 그러나 많은 학생들이 답안작성에서 어떻게 해야될지 모르는 경우가 많다. 선다형이나 단답형의 경우, 자신이 배웠던 교과내용 중 해당되는 내용과 연결하고 강조되었던 유형만 익숙해지면 쉽게 답을 유추하곤 한다. 초기 수능에 비하여 최근에 수능을 학생들이 쉽게 받아들이는 경우가 바로 이러한 경우이다. 논술문항은 아직 학생들에게 매우 익숙하지 않은 형태의 시험이다. 따라서 어떻게 답안을 이끌어내야 할지 잘 모르는 경우가 대부분이다. 이제 해결전략을 배우고 해보자. 어느 정도 익숙해 졌다면 순서에 상관없이 자신의 방법대로 해보자. 논술에는 정답이 없으니까.

▣ 해결전략의 단계

① 논점의 수와 무엇인지 확인(논제의 분석)
② 논점에 따른 조건확인(문제 풀이에 필요한 내용파악)
③ 제시문에 제공하는 근거확보(문제 풀이를 위한 힌트를 찾아라)
④ 논점에 따른 자신의 답안을 한 문장으로 만들어보자(주장만들기)
⑤ 주장에 뒷받침 가능한 근거를 만들자(근거확보)
⑥ 근거와 주장을 연결하는 설명을 하자(해결전략의 완성)

☞ 해결전략은 ①~⑥의 단계로 완성된다. 만약 잘 안된다면 다음과 같이 주장만들기부터 전략을 실행해 본다.

⑦ 만약, 답안을 만들기 어렵다면 논점과 제시문에 연결되는 배경지식을 최대한 끌어오자.
⑧ 최대한 자신이 옳다고 믿는 답안을 만들어 주장을 만든다.
⑨ 왜 그렇게 생각했는지 기술해본다(근거와 설명)

02 개요작성

답안의 개요는 답안의 구성을 한 눈에 알아볼 수 있으며 일관성 있게 답안을 쓰도록 도와준다. 생각을 글로 옮기는 과정에서 생각의 속도와 글을 쓰는 속도가 달라 글이 일관성 있게 쓰기 어렵다. 이러한 문제를 방지하고 구성요소의 완성도를 높이는 절차가 개요작성이다. 자연계 논술에서는 서론, 본론, 결론의 글의 구성을 요구하지 않지만 적어도 다음과 같은 요소를 고려한다.

▣ 개요작성의 요소

① 논제의 분석에 따라 요구사항이 반드시 반영되어야 한다. 이를 위해 문단의 수는 적어도 논제의 요구사항과 같거나 많아야 한다. 각 문단은 논제의 요구사항에 대한 답안으로 구성되어야 한다.
② 글의 요지나 전개방식에 따라 답안의 핵심을 두괄식이나 미괄식 또는 양괄식 중 어떠한 형태로 진행할지 결정한다.
③ 답안은 논리적으로 구성하다. 답안에 대한 나의 생각이 있다면 그렇게 생각하는 근거가 있을 것이다. 논제와 제시문의 분석과 배경지식을 활용하여 답안을 논리적인 구조가 되도록 구성한다. 처음에는 '**(답안은) ~ 이다(주장). 왜냐하면 ~ 때문이다.(근거)**' 와 같이 문장 구성으로 연습하면 좋다.

④ 답안의 기본구조 근거와 주장을 완성했다면 왜 그렇게 되는지 남을 설득하는 설명을 붙이자. 논술은 남을 설득하는 논증게임이다. 다른 사람을 설득하기 위해서는 필요한 내용에 대한 설명이 충분해야 한다. 설명 뿐만 아니라 예시, 원리의 적용 등과 같은 다양한 표현을 붙여도 좋다.

⑤ 남과는 다른 창의력 요소를 첨가해보자. 여기서 창의력은 독특한 발상이나 자신이 알고 있는 배경지식을 많이 기술하는 것이 아니다. 한 두 줄 정도의 연관성이 높은 내용이나 추론된 사실을 추가하는 것이다.(창의력에 너무 연연해 할 필요는 없다. 시간이 없다면 생략하는게 좋다.)

03 답안작성 유의점

개요에 따라서 답안을 쓰고 최종적으로 답안을 수정하는 과정이다. 답안을 기술할 때 적어도 다음의 사항은 반드시 유의하도록 한다.

첫째, 개요와 답안의 구성이 일치되도록 쓴다.

둘째, 어휘는 가급적 논제 또는 제시문의 내용을 그대로 사용하고 교육과정의 전문용어를 사용할 때는 정확히 사용한다. 아울러 기본적인 수식이라도 제시문과 논제에서 언급하지 않았다면 정의를 해주고 사용한다.

셋째, 설명하는 글은 어려운 말이나 글보다 이해하기 쉬운 용어를 사용하되 글의 표현에서 구어체 또는 흔히, 친구들끼리 사용하는 비속어를 사용하지 않는다. 이를 위해 정확한 언어의 사용과 표준말을 정확히 알아두는 것이 중요하다.

넷째, 문장은 가급적 짧고 명료하게 사용하며 중문이나 복문을 많이 늘리지 않도록 한다.

다섯째, 이중부정이나 중복을 피한다. 글이 길어지거나 같은 내용을 말만 바꾸어 중복하는 것은 지루하게 느껴지고 좋게 보이지 못한다. 하지만 짧고 간결하게 표현한다고 근거를 생략한 주장만 만드는 실수는 하지 말아야 한다. 제시문에 나오더라도 필요한 문장은 반드시 표현해야 한다.

여섯째, 수식의 전개과정은 기본 전제와 결론을 분명히 하여 나타내되, 중간 과정에서 간단한 수식전개는 생략하고 주요점만을 강조하여 표현한다.(교과서나 논문의 형식을 활용하면 좋다.)

일곱째, 글을 다 쓰고 반드시 정독하여 틀린 부분이나 어색한 부분을 퇴고하는 과정을 거친다.

여덟째, 교사나 전문가한테 답안의 첨삭을 받고 재수정하여 답안을 다시 써본다. 좋은 답안을 완성하여 보관하고 본다.(이는 연습 과정에서 필요)

04 기출문항의 연습

1) 2011 광운대학교 수시논술(문제 3)

〈제시문〉

(가) 19세기부터 석탄, 석유와 같은 화석연료를 사용함에 따라 연소과정에서 생성된 다량의 이산화탄소가 대기 중으로 배출되는 결과를 가져왔다. 그러한 결과로 대기 중의 이산화탄소 농도는 그림 (1)과 같이 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 미국과 같은 산업 선진국 외에 중국, 인도 등과 같은 신흥 개발도상국 등도 경제 발전을 위하여 다량의 에너지 자원을 필요로 하고 있으며, 최근 연간 이산화탄소 배출량 기준으로는 중국의 이산화탄소 배출량이 미국을 앞지르는 것으로 보고되고 있다.

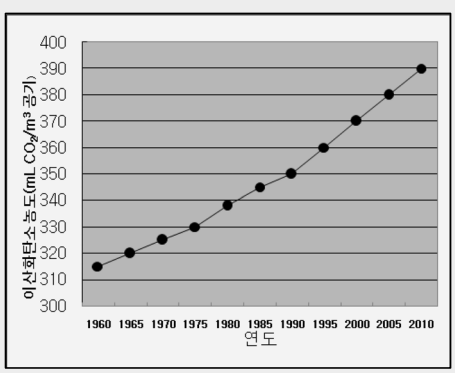


그림 (1)

그런데 지구를 둘러싸고 있는 대기는 태양으로부터 전달된 태양 복사 에너지를 통과시키나, 지표에서 반사된 지구 복사 에너지는 흡수하여 그 일부를 지구 표면으로 돌려주는 역할을 하고 있다. 이로 인하여 지구 대기의 온도가 상승하는 현상이 나타난다(그림 (2)). 대기의 주성분인 질소와 산소는 적외선을 흡수할 수 없어 대기 온도 상승에 별 영향을 나타내지 않지만, 이산화탄소, 수증기, 메탄과 같은 가스는 지표면에서 반사된 적외선을 흡수하여 온실효과를 가져오기 때문에 온실가스라 불리고 있다.

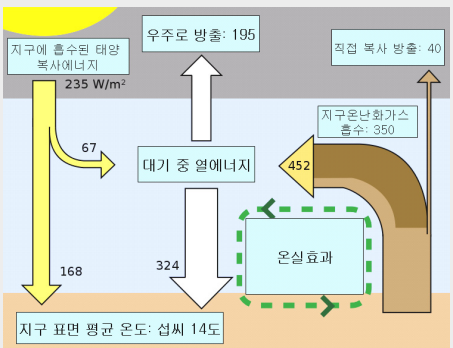


그림 (2)

(나) 지구상의 원시 대기에는 현재보다 훨씬 많은 양의 이산화탄소가 존재하였던 것으로 추정된다. 원시대기 중에 존재하던 이산화탄소 중 일부는 광합성 생물체에 의한 탄소 고정화 과정을 거쳐 포도당과 같은 유기물로 전환되었고, 그보다 더 많은 양의 이산화탄소는 해수에 용해된 후 해수 중의 칼슘이온과 같은 무기물과 반응하여 탄산칼슘을 주성분으로 하는 석회석을 형성하여 지각성분을 구성하였다.

(다) 광합성의 산물인 당과 같은 유기물이 세포 안으로 흡수되어 대사될 경우 당에 포함되어 있던 탄소는 다시 이산화탄소로 전환된다. 생성된 이산화탄소는 혈액에 용해되는데 탄산무수화효소에 의하여 다음과 같은 일련의 반응을 거쳐 최종적으로 탄산이온으로 전환될 수 있다.

$$CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\text{탄산무수화효소}} H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$$

[문제 3] (30점)

(1) 제시문 (나)를 바탕으로 지구 온난화를 유발하는 이산화탄소의 대기 중의 농도를 감소시킬 수 있는 방안을 2가지 이상 제시하시오.

(2) 제시문 (가)의 그림 (1)의 이산화탄소 농도 변화를 살펴 보면 1960년도에는 1 ㎥ 공기 안에 315 mL CO_2가 존재하였으나, 2010년도에는 390 mL CO_2로 증가하였다. 이산화탄소 증가의 유일한 원인이 프로판가스의 연소에 의한 것이라고 가정하자. 이렇게 이산화탄소가 증가하기 위하여 연소된 프로판가스의 질량을 제시하시오(유효숫자 3자리). 단 공기 총 부피는 1 ㎥이며, 기체의 경우 이상기체, 표준상태에서 1몰의 기체의 부피는 22.4 L 라고 가정한다. 화석연료의 하나인 프로판가스를 연소시킬 경우의 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

(3) 해수 중에 용해된 이산화탄소가 칼슘이온과 반응하여 탄산칼슘을 형성하는 과정은 다음과 같은 화학식으로 표현된다.

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \quad \text{(단계 1)}$$

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \quad \text{(단계 2)}$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \quad \text{(단계 3)}$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \text{ (침전물 형성) (단계 4)}$$

위 반응 단계들 중 반응 속도가 가장 느려서 전체 반응 속도를 결정하는 단계는 무엇인지 제시문 (다)를 근거로 이유와 함께 제시하시오. 또한 해수가 산성화 되는 것과 염기성화 되는 것 중 어느 쪽이 이산화탄소의 용해 및 탄산칼슘 침전물의 형성을 촉진할 것인지 이유와 함께 제시하시오.

[학생답안 예시] (논제 2와 3)

2. 위 제시문에서 공기의 총 부피는 $1m^3$이고, 표준상태에서 1몰의 이상기체의 부피는 22.4L라고 주어졌다. 하지만, 우리가 다루고자 하는 기체는 사실 실제 기체이지만, 이 부피를 계산하기 위해서는 고려해야 할 변인들이 굉장히 많아지기 때문에 이 대신에 문제의 기체를 이상기체라 가정하고 논리를 전개해 보도록 할 것이다.

우선 프로판 가스의 연소반응은 다음과 같다.

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O \text{ [식1]}$$

화학식에서 각 물질의 계수는 곧 몰을 의미하는 것이므로 프로판 가스 1몰을 연소시키면 CO_2 3몰이 발생함을 알 수 있다. 여기에서 C의 분자량은 12, H의 분자량은 1이기 때문에 C_3H_8의 분자량, 곧 1몰의 C_3H_8은 44g을 나타낸다는 점을 알 수 있다.

또한, $1m^3$당 CO_2의 양은 315mL에서 390mL로, 즉 $1m^3$당 75mL의 CO_2가 추가적으로 발생하였다는 것을 알 수 있다. 그리고 22.4L, 곧 22400mL의 이상기체가 1몰의 기체를 의미하므로 75mL의 CO_2는 $\frac{75}{22400}$몰, 즉 $\frac{3}{56}$몰 만큼을 의미한다는 점을 알 수 있다. 위에서 찾은 사실에 따르면 1몰의 프로판 가스가 3몰의 CO_2를 발생시키므로 75mL의 CO_2를 위해 $1m^3$당 $\frac{1}{56}$몰의 프로판 가스가 추가적으로 연소되어 $\frac{3}{56}$몰의

CO_2를 발생시켜야 함을 알 수 있다. 이를 g으로 환산한다면, 1몰 당 44g이므로 44를 곱해 주어 $\frac{44}{56}$g, 즉 $\frac{11}{14}$g이 되는 것이다. 다시 말하면 $1m^3$의 부피당 $\frac{11}{14}$g의 프로판 가스의 연소가 발생해야 함을 유추할 수 있는 것이다.

3. 문제에서 주어진 반응 단계 중 속도가 가장 느린 것은 단계 1의

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \quad [식2]$$

반응이다. 그 이유를 제시문 (다)에서 찾아본다면, 제시문 (다)에 따르면 이산화탄소가 탄산이온으로 전환되는 과정은 다음과 같다.

$$\underset{\text{(탄산무수화효소)}}{CO_2 + H_2O} \quad \rightleftarrows \quad H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \quad [식3]$$

이 식에서 우리가 주목할 부분은 H_2CO_3, $H^+ + HCO_3^-$, $H^+ + CO_3^{2-}$ 가 서로 변하는 반응은 촉매가 없이도 가능한 데에 비해 단계 1의 반응만은 유독 탄산무수화효소라는 촉매가 있어야 반응이 일어난다는 점이다. 촉매는 느린 반응, 혹은 일어나기 힘든 반응을 촉진시키는 역할을 하는데, 단계 1의 반응이 일어나기가 다른 반응과 비교하여 상대적으로 굉장히 힘들기 때문에 촉매가 필요한 것이다.

이 외에도 이산화탄소의 용해 및 탄산칼슘 침전물 형성의 촉진을 위해서는 해수가 산성화 되는 것보다 염기성화 되는 것이 더 바람직할 것이다. 그 이유는 단계 2와 3, 즉 H_2CO_3가 물에 이온화되는 반응과 HCO_3^-가 H^+와 CO_3^-로 분해되는 반응 모두에서 용액이 산성을 띠게 하는 원인인 H^+ 이온을 내 놓게 되는데, 용액이 산성이라면 이 반응이 염기성 용액에서보다 상대적으로 덜 활발하게 일어나게 되기 때문이다. 다시 말하면, 염기성을 띤 해수에 CO_2가 더 잘 녹는다는 것이다.

2) 2009 연세대 수시논술 문항2번

▣ 개요작성

① 그래프에서 5일간 주기를 간략한 계산을 통해 구한다.

② 주기성의 원인을 제시문 (가)의 중력과 제시문 (다)의 차등중력으로 설명한다.

③ 중력에 의한 조수현상을 설명하고 주기와 일치성을 설명해야 한다.

[예시답안]

그림 1의 그래프에서 조수현상은 5일(120시간)동안 해수면의 높이가 높아졌다가 낮아지는 규칙적 변화가 9.5회 나타난다. 주기는 규칙적으로 반복되는 주기운동이 1회 변화 시 걸리는 시간으로 정의된다. 따라서 그래프의 주기는 총 시간(120)을 주기운동 횟수(9.5회)로 나누어 다음과 같이 구해진다.

$$주기 = \frac{총시간}{주기운동횟수} = \frac{120시간}{9.5회} = 12.63\cdots 시간$$

조수현상의 주기는 약 12시간 38분 정도 걸린다.

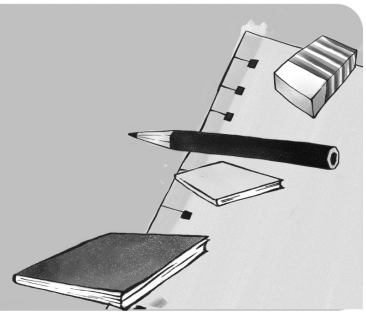
조수현상의 원인은 달과 지구사이에 작용하는 인력에 의한 현상이다. 지구를 한 점의 질량체로 본다면 같은 크기의 중력이 작용하여 같은 가속도운동을 해야 한다. 하지만, 실제 제시문 (다)의 혜성과 같이 크기가 매우 큰 물체는 한 점의 질량체로 인력이 작용하는 것이 아니라 거리에 따른 차등 중력이 작용하게 된다. 지구와 달의 인력도 마찬가지여서 달이 지구를 당기게 되면 달에 가까운 부분은 큰 인력을 받고 달에서 먼 지구의 부분은 작은 인력을 받게 된다. 지구의 고체부분(하나의 강체로 볼 수 있다)은 차등중력이 작용하더라도 하나의 물체로 움직이지만 물은 유체이므로 달의 인력 차이에 따라 가속도가 다르다. 따라서 달에 가까운 해수면은 인력이 크게 작용하여 가속도가 빠른 운동을 하게 되고 가운데 고체지구는 중간정도의 가속도를, 먼 해수면은 느린 운동을 하게 될 것이다. 달에 가까운 해수면은 인력에 의해 고체지구보다 앞서서 부풀어 오르게 되고 먼 해수면은 상대적으로 느린 가속에 의해 고체지구보다 뒤로 부풀어 오르게 되어 해수면의 높이가 높아지는 부분이 지구전체 표면에서 2부분이 생긴다. 높은 쪽으로 물이 이동하게 하게 되면 지구상의 물의 양은 일정하므로 높은 2부분의 사이에는 해수면이 낮은 부분이 2부분 생기게 된다. 지구는 24시간을 주기로 자전을 하므로 하루에 두 번 해수면이 높아졌다 낮아졌다를 반복하게 된다. 그렇다면 조수현상은 하루 12시간을 주기로 높아지고 낮아져야 하는데 왜 12시간을 넘는 것일까? 이것은 달이 정지된 것이 아니라 지구자전 방향과 같은 방향으로 지구 주변을 공전하게 되기 때문이다. 지구가 한 바퀴 자전할 때 달은 자전방향으로 조금 더 이동하므로 달의 인력방향과 지구상의 동일지점이 다시 직선상에 일치되기 위해서는, 정확히 한 바퀴 자전했을 때보다 조금 더 자전하게 되어 시간이 늘어난 것이다.

▣ 예시답안 작성시 유의점

예시답안은 논제의 분석내용과 개요를 반드시 반영하여 작성해야 한다. 위 논제에서는 주어진 제시문의 자료만을 활용하여 주기를 구하라고 했으므로 지구과학에서 배운 조석현상의 주기를 언급하지 않도록 주의해야 한다. 주어진 자료만을 해석하여 주기를 구해야한다. 또한 주기성의 원인을 구체적으로 언급하라고 했으므로 이에 대한 답안을 작성해야 한다. 주기성의 원인은 지구과학II를 배운 학생이라면 원심력을 떠올리기 쉬울 것이다. 하지만 주어진 제시문의 내용은 중력에 대한 내용과 달과 태양의 인력에 의해 조수현상이 일어난다는 내용 그리고 혜성에 작용한 차등중력에 대한 내용뿐이다. 왜 제시문에서 이러한 내용만을 제시했을까 하는 생각을 해야한다. 제시문은 그저 읽어보라고 던져주는 자료가 아니다. 발문의 목적을 위해 주어지는 경우가 많다. 과학적 해석은 정답만 존재하는 것이 아니다. 다양한 가설이 존재하며 각각의 가설은 나름의 논리를 갖고 있다. 조수현상에 대한 원인도 마찬가지이다. 교육과정에서는 원심력으로 설명하는 내용만 있지만 차등중력에 의해서도 설명이 가능하다. 주어진 자료를 분석해 보면 이러한 해석이 가능한지 묻고 있다. 논제만 보고 배운 지식만을 연결하여 답하는 것은 지식적 암기능력만을 평가하는 문항이 된다. 논술은 여러분의 논리적이고 창의적인 능력을 측정한다는 사실을 잊지 말아야 한다. 왜 이렇게 자료를 제공했을까? 논제에서 묻고자 하는 것이 무엇인가? 이렇게도 할 수 있지 않을까? 하는 생각을 갖고 논술문항을 접한다면 좋은 답안을 만들어 낼 수 있을 것이다.

4강

평가요소의 이해



01 답안 채점기준의 이해

논술 답안에서 대부분의 대학들에게서 요구되는 채점의 기준은 다음과 같이 정리된다.

① 논제에서 묻고 있는 요구사항을 제대로 지키고 있는가(이해분석력)
② 제시문에서 필요한 내용을 이해하고 활용하였는가(이해분석력 + 추론능력)
③ 답안의 주장이 올바르게 구성되어 있으며 근거는 잘 갖추고 있는가 또한 일관성은 잘 유지되고 있는가 (배경지식 + 논리력)
④ 답안의 구성이나 내용이 남과 다른 독창성이 있는가(창의력)
⑤ 답안의 구성이나 표현이 이해가 잘 되도록 구성되어 있고 어휘구사가 적절한가(논리력 + 표현력)

이러한 채점의 기준은 답안을 구성할 때, 매우 중요한 기준이 된다. 좋은 답안은 결국 대학에서 요구하는 기준에 얼마나 적절히 대응했는가로 평가할 수 있다. 논제와 제시문의 분석이 주로 이해분석력에 맞추어져 있다면 개요작성은 이를 바탕으로 논리력과 창의력 그리고 추론능력이 필요하다. 또한 답안의 구성능력이 필요하며 의미는 같아도 표현력에 따라 답안이 많이 달라지므로 변별력을 갖게 한다.

02 서울대 평가요소(자연계)

구 분	평 가 내 용 및 기 준
지시사항 불이행	• 필기구 종류 및 색깔 위반(두 종류 이상의 필기구 사용) • 응시자의 신원노출
개념과 원리의 이해·분석·구성능력	• 논제와 관련된 수리적, 과학적 개념과 원리에 대한 식별 및 인지 능력 • 개념의 정의와 원리에 대한 정확한 이해력 • 제시문의 내용, 수식, 도표에 대한 해석 및 변환 능력 • 수리적, 과학적 상황에서 변인이나 대상 사이의 관계 설정 능력
통합적 추론 능력	• 수리적, 과학적 개념과 원리의 통합력 - 과학적 결과를 도출하기 위한 수리적 과정의 적용 - 수학과 과학의 서로 다른 영역에 속한 개념들을 연결 • 구성 조직 및 모형화 능력 - 주어진 자료와 변인을 고려한 설명 모형 설계 - 실험 설계에 나타나는 귀납적, 연역적 사고 과정 - 모형으로 현상을 설명하고 결과를 예측 • 근거 설정 및 일반화 능력 - 증거와 과학적 개념에 기초한 추론 - 원인과 결과의 논리적 타당성
창의력	• 심층적인 논의 전개 - 가설, 문제해결 과정, 탐구한 결론에 대한 비판적 평가 - 명시적으로 주어진 조건을 뛰어 넘는 새로운 결론 유추 • 다각적인 논의 전개 - 발상이나 관점의 전환 - 대안적 문제해결 방법에 대한 모색 • 영역전이적인 논의 전개 - 결론으로 도출된 원리를 새로운 상황에 적용 - 일상 속에서 개념과 원리가 적용되는 사례 발견 및 활용
의사소통 능력	• 시각화 - 문제해결 과정을 도표, 모형, 그림 등을 통해 표현 • 수식화 - 문제해결 과정이나 결론을 수식으로 표현 • 표현의 적절성 - 문장 표현의 간결성 및 맞춤법

03 이해분석력이란?

▣ 2008 고려대 모의논술

〈제시문〉

(가) 뉴턴은 순간 변화율의 개념을 이용하여 물체의 운동을 기술하였다. 그에 따르면 시각 t에서 의위치를 $x(t)$로 표시할 때, 시간 t_1에서 t_2동안의 평균 속도는 $v(t)=\frac{x(t_2)-x(t_1)}{t_2-t_1}$, 평균 가속도는 $a(t)=\frac{v(t_2)-v(t_1)}{t_2-t_1}$로 주어진다.

(나) 갈릴레오는 수학이 급속히 발달하는 시기에 살았다. 데카르트의 좌표기하, 페르마의 원추곡선, 갈릴레오의 낙하운동에 관한 이론이 거의 같은 시기에 독립적으로 완성되었다. 불행하게도 갈릴레오는 데카르트나 페르마의 대수 또는 해석기하를 활용하지 않았는데, 이는 그 이론들이 워낙 새로운 것이어서 그가 몰랐을 것으로 추측된다. 그 대신 갈릴리오는 이천년 묵은 아폴로뉴스의 해석기하와 언어로 표현된 대수를 사용하였다. 그래서 그는 자신이 밝혀낸 바의 "낙하하는 물체의 속도는 시간에 비례한다."라는 사실을 공식적으로 기술할 줄 몰랐고 대신에 "정지 상태에서 자유낙하시킨 물체의 서로 다른 시간 구간에서의 속도의 비는 물체가 이동한 시간의 비와 같다."라고 표현하였다.
갈릴레오는 자유낙하하는 물체의 운동을 관찰하여 다음과 같은 사실을 발견하였다. 자유낙하하는 물체가 어떤 일정한 시간동안 얼마간의 거리를 떨어졌다면, 그 다음 동일 시간 동안에는 첫 낙하 거리의 3배, 그 다음 동일 시간 동안에는 첫 낙하 거리의 5배, 그 다음 동일 시간 동안에는 첫 낙하 거리의 7배 떨어지고, 그 다음 동일 시간 동안에도 같은 방식으로 낙하 거리가 결정되어, 일반적으로 n번째 시간 구간 동안의 낙하거리는 첫 낙하거리의 2n—1배가 된다

(다) 물체의 운동은 관찰자 자신의 운동 상태에 따라 다르게 관측된다. 예를 들어, 빠르게 움직이는 기차의 속도를 자전거를 타고 달리는 사람과 제자리에 서있는 사람이 각각 측정한다면 두 사람이 느끼는 기차의 속도는 서로 다를 것이다.

[제시문의 이해]

(가) 순간변화율 = 미분, 평균속도가 V(t)인 운동에서 어느 순간의 운동은 정지일까 운동상태일까 이에 대한 해답은 ? 운동상태이다. 순간변화율에서 시간의 간격을 매우 작게 잡으면 순간 정지와 같은 상태가 되고 이때의 시간에 대한 위치

변화 값은 속도의 값으로 구해진다. 가속도의 경우는 시간에 대한 속도의 변화율로 나타낼 수 있다. 그래프로 표현한다면 거리-시간 그래프 또는 속도-시간 그래프로 표시가능하며 이때 함수관계로 표현되는 속도와 가속도의 미분값(접선의 기울기)는 순간속도와 순간가속도가 된다.

(나) 낙하하는 물체의 속도는 시간에 비례한다 → $V = at$

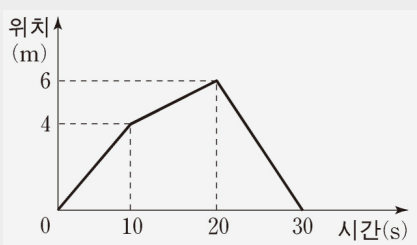
정지 상태에서 자유낙하시킨 물체의 서로 다른 시간 구간에서의 속도의 비는 물체가 이동한 시간의 비와 같다. → $\frac{v_1}{t_1} = \frac{v_2}{t_2} = a$

일반적으로 n번째 시간 구간 동안의 낙하거리는 첫 낙하거리의 2n−1배가 된다 → $S_n = (2n-1)S_1$ (단, $n = 1, 2, 3 \cdots$)

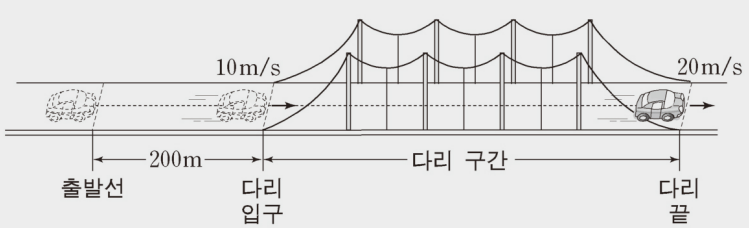
(다) 상대속도

[연습문제]

[논제 1] 그림은 직선상에서 운동하는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. 5초부터 25초까지 물체의 평균 가속도의 값은 얼마인지 제시문 (가)를 참고하여 추정하시오.

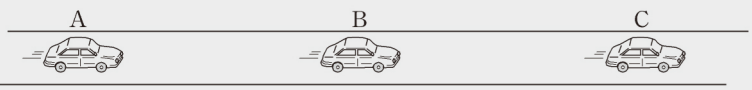


[논제 2] 그림은 수평인 직선 도로에서, 출발선에 정지해 있던 자동차가 다리를 통과할 때까지 등가속도 직선 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 출발선에서 다리 입구까지의 거리는 200m이고, 다리 입구에 도달하였을 때 자동차의 속력은 10m/s, 다리 끝에 도달하였을 때 자동차의 속력은 20m/s이다.



등가속도 직선 운동이 자유낙하 운동과 같은 성질의 운동이라고 할 때, 다리 구간의 길이는 얼마인지 제시문 (나)를 참고하여 추정하시오.

[논제 3] 그림은 수평한 도로에서 동일한 직선을 따라 오른쪽으로 등속 운동하고 있는 세 자동차 A, B, C를 나타낸 것이다.



A와 B 사이의 거리는 매초 1m씩 가까워지고, B와 C 사이의 거리는 매초 1m씩 멀어지고 있다. 이때 A, B, C의 속력은 각각 v_A, v_B, v_C이다. 세 자동차의 속력을 제시문 (다)를 참고하여 비교하여 서술하시오.

04 논증력이란?

논증이란 무엇일까? 사전적으로는 옳고 그름을 그 이유를 들어 밝히는 행위를 말한다. 이때, 옳고 그름을 나타낼 명제를 결론이라 하고 그 이유를 논거라 한다. 이유는 누구나 인정할 수 있는 전제를 뜻하며 전제를 들어 결론의 옳고 그름을 주장하기 위해 추론형식을 취하게 된다. 논증의 과정에는 추론이 매우 중요하게 작용하게 된다.

추론이란 논리학에서 주어진 정보나 전제(前提)에서 출발하여 어떤 긍정할 만한 논의 형태를 통해 결론을 이끌어내는 것이다. 추론의 결과 이미 주어진 결론과 논리적으로 연결이 잘 이루어지면 논증의 절차가 이루어진 것으로 본다.

추론의 과정은 일반적으로 타당한 전제로부터 특정 결론을 이끌어내는 연역법과, 많은 사실들로부터 일반적 결론을 주장하는 귀납법, 이미 알려진 영역으로부터 분명하게 드러난 가능성을 결론짓는 확률, 그리고 실재집합의 몇 %가 일정한 조건을 만족하는가를 평균적으로 결론짓는 통계적 사고에 의하여 이끌어진다.

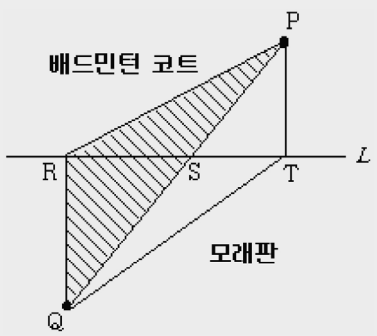
자연계열 논술에서는 다양한 사고와 결합한 통합적 추론 능력이 필요하게 된다. 통합적 추론 능력은 우선 과학적 결과를 도출하기 위한 수리적 과정의 적용, 수학과 과학의 서로 다른 영역에 속한 개념들을 연결하는 능력이 포함된다. 다음으로 주어진 자료와 변인을 고려한 설명 모형을 설계하거나 실험 설계에 나타나는 귀납적, 연역적 사고 과정이 중요하다. 또한 증거와 과학적 개념에 기초한 추론 과정 그리고 원인과 결과의 논리적 타당성 여부가 통합적 추론 능력을 측정하는 중요한 기준이 된다.

[연습문제]

[문항 1] 2008 경희대 수시논술 변형

[논제 1] 배드민턴 코트의 P 지점에 있던 아버지가 모래판의 Q 지점에 있는 아들에게 달려가려 한다. 아버지는 모래판보다 배드민턴 코트에서 2배 빨리 달린다고 가정한다.

아버지가 P 지점에서 Q 지점까지 가장 빨리 갈 수 있는 경로가 [그림 1]의 빗금 친 삼각형 내부 영역에 존재함을 추론하여라.



[논제 2] 다음은 빛의 진행 경로에 대한 두 가지 주장을 나타낸 것이다. 위의 [논제1]의 결과를 참고하여 각 주장에 대한 견해를 써라.

(주장 1) 빛의 직진 현상은 두 점 사이의 최단 거리가 되는 경로로 빛이 진행하기 때문에 나타나는 현상이다.

(주장 2) 빛의 굴절 현상은 두 점 사이의 최소 시간이 소요되는 경로로 빛이 진행하기 때문에 나타나는 현상이다.

[풀이] [논제 1]은 속력이 다른 두 매질에서는 최소 시간이 걸리는 경로가 직선이 아니라는 것을 이해하는지를 묻고 있고, [논제 2]는 이러한 모형으로부터 빛의 굴절 현상이 최소 시간 경로로 진행한다는 것을 추론할 수 있는지를 묻는 논제이다.

[논제 1]는 직선거리가 최소 시간이 걸리는 경로가 아니라는 것에 포인트가 있다. R 지점보다 약간 왼쪽과 오른쪽에 두 지점을 잡아 왼쪽에 잡은 지점을 통과할 때에는 R보다 더 시간이 걸린다는 것을 알 수 있고, 오른쪽에 잡은 지점을 통과할 때에는 R보다 시간이 적게 걸리는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 S 지점보다 약간 왼쪽과 오른쪽에 두 지점을 잡아 동일한 방법으로 설명하여 R 지점의 오른쪽에, S 지점의 왼쪽에 최소 시간이 걸리는 경로

가 존재함을 보이면 된다.

[논제 2]는 (주장 1)과 (주장 2)가 옳다 그르다는 식의 설명이 바람직한 것은 아니다. 각 주장에 대한 자신의 견해를 밝히는 것이므로 (주장 1)에서는 동일한 매질에서는 빛의 속도가 일정하고 최단 거리와 최소 시간 경로가 모두 직선이므로, 최단 시간과 최소 시간 경로 모두 설명할 수 있음을 표현한다.

(주장 2)에서는 서로 다른 매질에서는 빛의 속도가 달라지므로 최단 거리 경로라면 직진하고, 최소 시간 경로라면 굴절함을 [논제 1]을 근거로 설명하여 빛은 최소 시간 경로로 진행함을 설명하면 된다.

[문항 2] 2008 성균관대 정시논술

〈제시문〉

[1-가] 모든 생명체의 유전 정보인 유전자들은 염색체에 존재한다. 인간을 비롯한 진핵생물의 경우 세포는 체세포분열과 감수분열이라는 두 가지 방식을 통하여 세포가 분열한다. 개체의 성장과 조직의 재생 등에 관여하는 체세포 분열은 이배체($2n$; 부모로부터 받은 상동염색체 쌍)인 모세포와 동일한 염색체 수를 가지는 딸세포($2n$)를 만든다. 이에 반해 유성생식에 관여하는 감수분열은 각각의 상동염색체 쌍 중 하나 만을 가지는 반수체(n)의 딸세포를 만들게 된다.

[1-나] 1860년대 아우구스티누스회 수도사였던 그레고르 멘델은 완두콩을 이용한 교배실험을 통해 특정 형질에 대하여 두 개의 대립인자가 존재하며, 생식세포가 만들어질 때 각각의 대립인자 쌍이 나누어지므로 생식세포는 각각 하나의 대립인자만을 가지게 된다는 것을 증명하였다. 멘델은 두 개의 대립인자 중 한 대립인자가 특성을 결정하는 경우 그 대립인자를 우성대립인자라고 하였고, 반대로 개체의 특성에 영향을 미치지 못하는 나머지 대립인자를 열성대립인자라고 하였다. 또한 멘델은 생식세포가 만들어지는 과정 중에서 여러 가지 대립인자의 쌍이 독립적으로 분리된다는 것을 완두콩의 교배 실험을 통해 증명하였다.

[문제 1- i] 유성생식 과정 중에 돌연변이가 없고 감수분열 과정 중에서 교차가 일어나지 않으며 감수분열시 염색체가 독립적으로 이동한다고 가정하였을 때, 4쌍의 염색체($2n = 8$)를 가지는 개체가 감수분열을 할 때 나타나는 반수체의 생식세포에서 몇 개의 염색체 조합이 만들어지는지 설명하시오. 또한 $2n$개의 이배체 개체가 n개의 반수체로 감수분열시 생식세포에서 몇 개의 염색체 조합이 만들어지는지 설명하시오. 그리고 이러한 결과의 생물학적 의미를 기술하시오.

[풀이] 논제에서 요구하는 논점은 2가지이다. 첫째, 조건대로의 감수분열시 생식세포에서의 염색체 조합이 몇 개가 만들어지는지와 둘째, 이러한 결과의 생물학적 의미를 기술하는 것이다. 각 논점별로 기술하면 다음과 같다.

(1) 염색체 조합은 16가지가 나온다. 우선, 두 가지 조건을 고려해야한다. 첫째는 교차가 일어나지 않는다는 것이다. 이는 상동염색체끼리 섞여 교차현상에 의해 부모와 다른 새로운 염색체가 만들어지지 않음을 나타낸다. 따라서 4쌍의 염색체는 감수분열 중 각각 변화가 없음을 나타낸다. 두 번째는 염색체는 독립적으로 이동한다는 것이다. 이는 상동염색체끼리 2가 염색체를 형성하지 않고 독립적으로 이동한다는 의미이다. 결국, 조건은 하나의 염색체는 아무런 변화 없이 독립적으로 감수분열 된다는 조건이다.
감수분열은 상동염색체 쌍에서 하나만 생식세포로 이동하여 결국 모체의 2n개의 이배체가 생식세포에서는 n개의 반수체가 되는 것이다. 따라서 한 쌍의 상동염색체에서 한 개의 염색체를 골라 4개의 염색체를 갖는 생식세포를 만드는 결과와 같다. 4쌍의 상동염색체를 각각 Aa, Bb, Cc, Dd 라고 하자. 이때, 순서에 상관없이 서로 다른 2개 중 하나씩 골라 4개를 만드는 조합이므로 염색체를 만들 수 있는 생식세포의 수는 $2^4 = 16$ 가지이다.

(2) 생식세포가 다양한 조합으로 만들어지는 것은 생물학적으로 다양성을 갖게 해준다. 일단, 교차가 일어나지 않는다고 가정하여도 생식세포의 조합은 2^n(n = 상동염색체쌍의 수)개가 만들어짐을 알 수 있다. 생식세포끼리 결합하는 유성생식이 이루어지면 $2^n \times 2^n$ 개의 조합만큼 다양한 생물이 만들어짐을 나타낸다. 이는 염색체 상에 하나의 유전자가 있을 때 이러한 결과가 나오므로 실제 하나의 염색체에 여러 유전자가 있고 교차까지 일어난다면 훨씬 다양한 조합의 수가 나온다. 동일한 유전자를 갖게 된다면 개체는 유전질환이나 바이러스 감염에 매우 취약한 종이 되어 종족을 보존하기 힘들게 된다. 같은 생물이라도 다양한 유전자를 갖는 개체를 형성하는 것이 종의 생존에 중요한 역할을 하게 된다. 많은 고등생물들이 자손의 번식을 위해 유성생식을 택한 이유가 여기에 있다.

05 창의력과 표현력

1) 창의력과 표현력의 중요성

자연계 글쓰기는 수학적 또는 과학적인 근거를 제시하여 서술하는 논리적인 설명문이다. 만일 여러분이 1부터 10까지의 합을 구하라는 문제에 대해, 어떻게 대답하는 것이 효과적인 논술의 예시답안이 될 수 있을까? 다음과 같이 상혁이의 예시답안과 장혁이의 예시답안을 보며 생각해보자.

상혁이의 답안

1+2=3이고
3+3=6이고
6+4=10이고
10+5=15이고
15+6=21이고
21+7=28이고
28+8=36이고
36+9=45이고
45+10=55이다

장혁이의 답안

대칭적으로 나열된 자연수에서 앞과 뒤의 두 자연수의 합은 항상 일정하다. 즉,
1+10=2+9=…=5+6=11
이므로 1+2+3+…+9+10=55

두 사람의 답안지는 모두 답이 될 수 있으나 수학적인 근거를 제시한 장혁이의 답안이 더 높은 점수를 받을 수 있는 예시답안이다. 그렇다면 논술에서 높은 점수를 받는 답안지를 작성하기 위해서는 무엇이 필요할까?

첫째, 고등학교 교육과정에서 배운 수학과 과학지식을 충분히 활용하여 주어진 제시문을 해석하고 논제의 요구사항에 따라 다양한 해결방법을 제시하는 능력이 있어야 한다. (이해분석력과 창의력의 중요성)

둘째, 수식과 그림이 있는 글로 표현하던지, 단순한 글만으로 표현하던지 간에 읽기가 편하며 설득력이 있고 분명한 어조로 본인의 생각을 전할 수 있어야 한다. (논리력과 표현력의 중요성)

셋째, 10번 문제 풀이 강좌를 듣는 것보다 한 번의 논술해결과정에 의한 쓰기가 중요하다. 10번의 문제해결보다 한 번의 첨삭을 통한 반성과 발전이 중요하다. (연습의 중요성)

다음 문제를 읽어보고 답안지를 작성하였을 때, 그 결과가 다음과 같이 두 가지 방법으로 읽어도 동일한 결과를 찾을 수 있도록 문장을 구성하는 훈련이 필요하다.

〈제시문〉

일반적으로 사람의 체세포에는 양쪽 부모로부터 22개의 상염색체와 하나의 성염색체를 물려받아 이루어진 23쌍의 염색체가 들어있다. 이 중 성염색체는 X 염색체와 Y 염색체인데 남자는 XY, 여자는 XX 로 이루어져 있다. 성염색체에는 남성과 여성을 결정하는데 필요한 유전자 외에도 다양한 형질을 결정하는 여러 가지 유전자들이 존재한다고 알려져 있다. 색맹 유전자가 그 대표적인 예인데, 이 형질을 결정하는 유전자는 X 염색체에 있으며 정상인 대립 유전자에 대해 열성으로 작용한다. 즉, 색맹을 유발하는 유전자를 가진 염색체를 X' 이라고 하면, 염색체 조성이 XY 인 남자와 XX 인 여자에게는 색맹의 형질이 나타나지 않고, $X'Y$ 인 남자와 $X'X'$ 인 여자에게는 색맹의 형질이 나타난다. 그리고 여자의 경우에는 $X'X$ 의 염색체 조성을 가질 수 있다. 색맹 유전자가 정상인 유전자에 대해 열성이기 때문에 이 경우에는 정상으로 나타나지만, 색맹 유전자를 다음 세대로 전달할 수 있기 때문에 보인자라고 한다. 또한, 특정 집단 내에 색맹 유전자가 나타날 확률이 p 라면 정상인 대립 유전자가 나타날 확률은 $1-p$ 이다.

[논제] 어느 격리된 사회에서 여자의 1%가 색맹이고 18%가 보인자라고 했을 때, 임의의 남자와 여자가 결혼을 해서 아들을 낳을 경우 그 아들이 색맹일 확률을 구하시오. 단, 이 사회는 충분히 큰 집단이며, 대립 유전자에서 돌연변이가 나타나지 않고, 자연선택 역시 작용하지 않는다고 가정한다.

수식이 있는 글을 답안을 읽었을 때의 느낌

어머니가 색맹일 확률이 $\frac{1}{100}$ 이고

어머니가 보인자일 확률이 $\frac{18}{100}$ 이므로

아들이 색맹일 확률

$$= \frac{1}{100} + \frac{1}{2} \times \frac{18}{100} = \frac{10}{100} = \frac{1}{10}$$

단순한 서술형 문제풀이로 느껴짐.

답안의 한글만 읽었을 때의 느낌

남자와 여자가 결혼하여 자녀를 낳는 경우를 생각해 보자. 특히, 아들인 경우에는 성염색체가 XY이기 때문에 아버지로부터 Y염색체를 받고 어머니로부터 X 염색체를 받는다. 그런데 색맹을 결정하는 유전 물질은 X염색체에 있기 때문에 **아들인 경우에는 아버지의 색맹 여부에는 영향을 받지 않는다. 즉, 어머니가 색맹인지, 보인자인지에 따라서 결정된다.** 따라서 어머니가 색맹일 확률이 $\frac{1}{100}$ 이고 어머니가 보인자일 확률이 $\frac{18}{100}$ 이므로 아들이 색맹일 확률은 $\frac{1}{10}$ 임을 알 수 있다.

근거를 제시한 논리적인 글

두 가지가 결합된 글쓰기로 과학적인 논술형 답안을 완성한다

[최종 완성된 예시답안]

남자와 여자가 결혼하여 자녀를 낳는 경우를 생각해 보자. 특히, 아들인 경우에는 염색체가 XY 이기 때문에 아버지로부터 Y 염색체를 받고 어머니로부터 X 염색체를 받는다. 그런데 색맹을 결정하는 유전 물질은 X 염색체에 있기 때문에 아들인 경우에는 아버지의 색맹 여부에는 영향을 받지 않는다. 즉, 어머니가 색맹인지, 보인자인지에 따라서 결정된다.

따라서 어머니가 색맹인 경우 X염색체 모두 색맹인자를 갖고 있으므로 확률은 $\frac{1}{100}$ 이 되고 어머니가 보인자인 경우 2개 중 하나의 X염색체에만 색맹인자가 있으므로 확률이 $\frac{18}{100}\times\frac{1}{2}$ 이므로 아들이 색맹일 확률은 $\frac{1}{100}+\frac{1}{2}\times\frac{18}{100}=\frac{10}{100}=\frac{1}{10}$, (혹은 10%)이 된다.

2) 기출문항 연습

▌예 ▌ 경희대학교 2008 수시2-1 논술문제

〈제시문〉

같은 농도와 같은 부피의 묽은 염산이 든 두 삼각 플라스크 A와 B에 각각 5g의 탄산칼슘을 넣었다. 이 때, 플라스크 A에는 큰 조각의 탄산칼슘을 넣었고, 플라스크 B에는 작은 조각의 탄산칼슘을 넣었다. 시간에 따라 발생하는 기체량 측정 결과는 다음 〈표〉와 같다.

〈표〉 시간에 따른 발생 기체량(g)

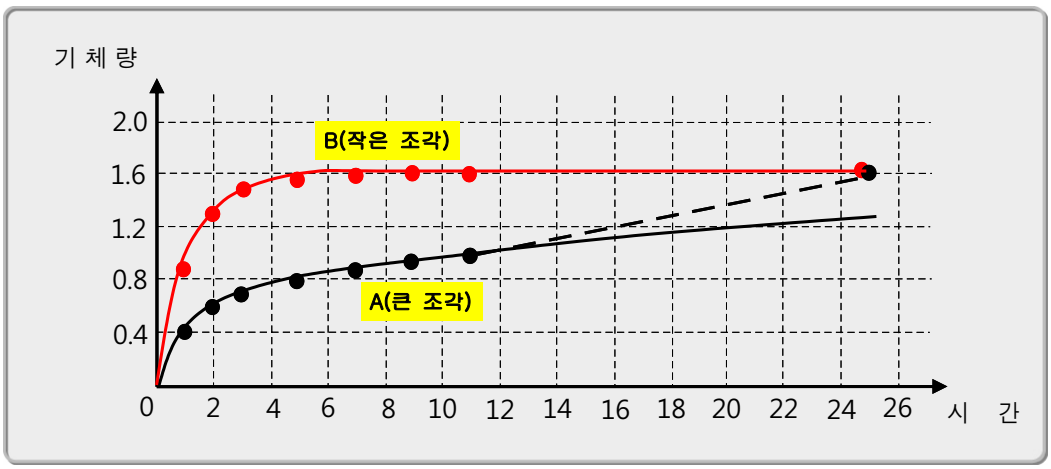
시간(분) / 플라스크	1	2	3	5	7	9	11	…	25
A	0.40	0.58	0.68	0.76	0.85	0.90	0.93	…	1.60
B	0.85	1.31	1.48	1.56	1.59	1.60	1.60	…	1.60

[논제] 제시문의 실험 결과를 분석하고, 이로부터 알 수 있는 사실을 논술하시오.

[학생의 예시 답안]

표를 통해 플라스크 A에서 나오는 기체의 양이 계속 증가하다가 결국 25분에는 1.60g의 기체가 나온 후 반응이 멈추었다는 것과 플라스크 B에서 나오는 기체의 양이 계속 증가하다가 결국 9분에는 1.60g의 기체가 나온 후 반응이 멈추었다는 것을 알 수 있다. 이것은 작은 조각의 탄산칼슘을 넣을 경우 반응속도가 빠르지만 결국 반응물질의 양은 똑같다는 것을 알 수 있다.

위 학생의 답안은 크게 잘못된 점은 없으나 고득점을 하기는 어렵다. 고득점 포인트는 표를 분석하여 자세히 표현하였는가와 표의 정보에 나타난 주요 변인의 변화에 초점을 맞추었는가이다. 표를 자세히 분석하기 위해 표의 자료를 그래프로 재가공하면 다음과 같다.



이로부터 알 수 있는 사실들을 정리해보면 다음과 같다.

① 처음부터 3분까지는 플라스크 B에서 발생하는 기체의 증가율 즉, 반응 속도가 더 크다.

② 9분 이후로 플라스크 B에서 나오는 기체는 없으므로 9분 이후로 반응이 끝났다고 할 수 있다. 반면에 플라스크 A는 계속 기체가 나오고 있으므로 반응이 계속 일어난다.

③ 25분에는 두 플라스크에서 발생한 기체의 양이 같으므로 반응한 물질의 양은 결국 같다.

④ 7분과 9분 사이의 발생 기체량이 0.05g, 9분과 11분 사이가 발생 기체량이 0.03g 임에도 불구하고 25분에 발생 기체량이 1.6g이 되는 것은 11분과 25분 사이에 발생 기체량이 갑자기 증가한 부분이 있다는 것을 의미한다.

특히 ④의 경우는 표를 그래프로 재가공할 경우에는 쉽게 파악할 수 있으나, 표 자체에서는 발견하기 쉽지 않은 사실이기에 많은 학생들이 놓치는 부분이기도 하다. 이러한 사실로부터 논제의 답안을 다음과 같이 고쳐 써 볼 수 있다.

[수정된 답안]

표를 통해 처음 3분 동안은 플라스크 B에서 발생한 기체의 양이 플라스크 A에서 발생한 기체의 양보다 더 많이 나오고 있으므로 반응 속도가 더 빠르며, 플라스크 B는 9분 이후로, 플라스크 A는 25분 이후로 반응이 일어나지 않음을 알 수 있다. 따라서 큰 조각을 넣는 경우보다 작은 조각을 넣는 경우 반응속도가 더 빨라지지만 결국 반응하는 물질의 양은 같다. 작은 조각은 큰 조각에 비하여 같은 양일 경우 표면적이 크므로 결국 표면적이 클수록 반응 속도가 크다는 것을 유추할 수 있다. 하지만 반응 물질의 양이 결국 생성 물질의 양과 직접적인 관련이 있으므로 표면적이 크다고 해서 반응이 끝난 후의 생성 물질의 양이 더 많지는 않다. 마지막으로 플라스크 A의 경우 9분 이후로 2분마다 발생 기체량이 0.03g일 경우로 예상할 경우에는 25분에 0.93+0.3×7=1.14g 정도가 나와야 하는데, 실제로는 25분에 1.60g이 발생한 것으로 보아 11분에서 25분 사이에 반응 속도가 커지는 부분이 있음을 예상할 수 있다. 이것은 반응이 일어나는 도중에 큰 조각이 부서지는 경우일 것으로 추정할 수 있다.

Science

PART

02 실전 논술

■ 과학논술



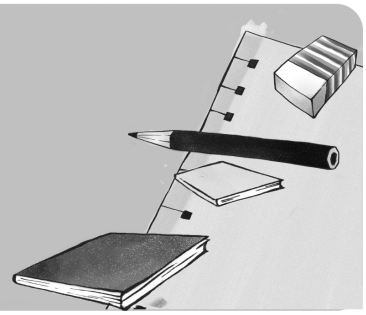
PART 02는 대학별 논술문항을 다음과 같이 4강으로 구성하였습니다.

- 1강. 물리중심 문항
- 2강. 화학중심 문항
- 3강. 생물중심 문항
- 4강. 지구과학중심 문항


7
1
4
x
6
$a^2+b^2=c^2$
0
÷
8
3
3
5
2
9

1강

물리중심 문항



1

문제 출처	2011년도 인하대학교 문항3

제시문을 읽고 주어진 논제에 대한 답안을 작성하시오.

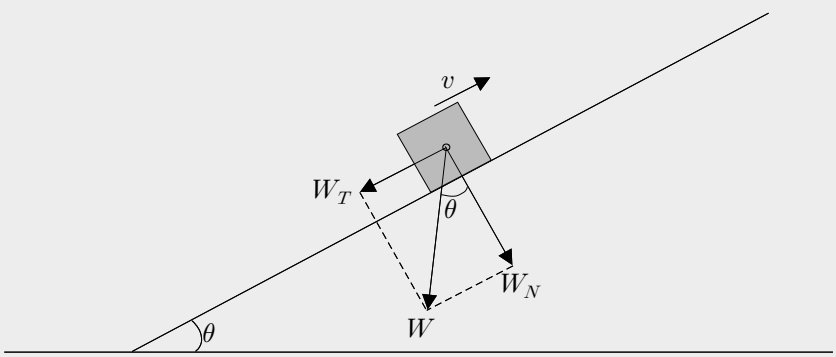
[가] 한 방향으로 일정하게 속도가 변하는 운동을 등가속도 운동이라고 하는데, 질량이 m 인 물체에 일정한 힘 F 가 작용하면 가속도가 $a = F/m$ 인 등가속도 운동을 하게 된다. 등가속도 운동을 하는 물체의 초기 속도를 v_0 라고 할 때, t 초 후의 속도 v 는 $v = v_0 + at$ 이다. 그리고 t 초 동안 물체가 이동한 거리 s 는 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 이다. 위의 두 식에서 시간 t 를 소거하면, 등가속도 운동에서 속도와 이동한 거리 사이의 관계식은 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 이다.

[나] 마찰력은 물체와 접촉면 사이에 작용하는 힘이다. 접촉면 위에서 미끄러지는 물체에는 운동 마찰력이 작용하는데 운동 마찰력의 방향은 운동 방향과 반대이다. 운동 마찰력의 크기는 물체가 바닥을 누르는 힘의 반작용인 수직 항력에 비례하고, 물체와 바닥 사이의 표면 특성과 관련된다. 물체와 바닥 사이의 표면 특성은 마찰 계수로 표현한다. 따라서 운동 마찰 계수를 μ, 수직 항력을 N 이라고 할 때 운동 마찰력 f 는 $f = \mu N$ 으로 주어진다.

[다] 마찰이 있는 경사면을 따라 움직이는 물체의 운동에 대해 살펴보자. 아래 그림과 같이 각도가 θ 인 경사면에서 질량이 m 인 물체가 속력 v 로 경사면을 따라 위쪽 방향으로 움직이고 있다.

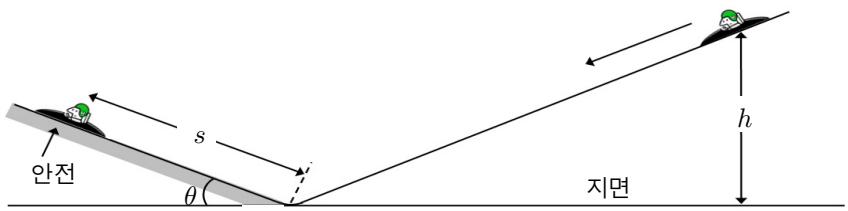
물체와 경사면 사이의 운동 마찰계수를 μ 라 할 때 물체에 작용하는 힘을 분석해 보자. 중력가속도의 크기를 g 라 할 때 물체에는 연직방향의 중력 $W=mg$ 가 작용하는데 이 중력은 물체가 경사면을 수직으로 누르는 힘 W_N 과 운동방향으로의 힘 W_T 로 나눌 수 있다. 아래 그림에서 나타낸 것과 같이 물체가 경사면을 수직으로 누르는 힘 $W_N = mg\cos\theta$ 이고 이의 반작용인 수직항력의 크기도 $N=mg\cos\theta$ 이므로 운동 마찰력 $f=-\mu mg\cos\theta$ 가 작용한다. 여기서 $(-)$부호는 마찰력의 방향이 운동방향과 반대임을 나타낸다. 또한 물체의 운동방향의 중력 성분 $W_T=-mg\sin\theta$ 가 물체에 작용한다. 따라서 운동방향으로 물체에 작용하는 합력 F 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F=W_T+f=-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta$$



[논제] 제시문에 주어진 내용을 바탕으로 [문항3:수학+물리](물리) 답안 공간 안에 다음을 기술하시오.

그림과 같이 한 사람이 눈이 덮인 경사면을 지면에서 높이가 h 인 위치에서 초기에 정지 상태로부터 눈썰매를 타고 내려오고 있다. 사람과 눈썰매 질량의 합이 m 이고 눈이 덮인 경사면과 눈썰매 사이의 마찰은 무시할 수 있을 정도로 작다고 가정하자. 경사면의 아래쪽 끝부분에는 내려오는 썰매의 속력을 줄여서 안전하게 정지시키기 위해 경사각도가 θ 인 마찰이 있는 안전벽을 설치하였다고 하자 (단, $0^o<\theta<90^o$). 썰매와 안전벽면 사이에는 운동 마찰력이 작용하여 내려온 썰매는 안전벽면을 따라 거리 s 만큼 진행한 후에 멈춘다. 안전벽면과 썰매 사이의 운동 마찰계수를 μ 라하고 중력가속도의 크기가 g 일 때 아래 물음에 답하시오. 단, 눈덮인 경사면에서 안전벽면으로 진입하는 순간에 충돌로 인한 속력의 변화는 없는 것으로 가정하고, 공기의 저항도 없는 것으로 가정한다.



(1) 눈썰매가 눈 덮인 경사면을 따라 내려와서 지면에 도달했을 때의 속력 v_0 를 구하시오. (g 와 h 를 이용하여 나타내시오.) (5점)

(2) 썰매가 정지할 때까지 안전벽면을 따라 움직인 거리 s 를 구하시오. (h, θ, μ 를 이용하여 나타내시오.) (5점)

(3) 움직인 거리 s 를 최소로 하기 위해서 만족해야하는 θ 와 μ 의 관계식을 구하시오. 그리고 이때 최소 이동거리 s 를 h 와 μ 를 이용하여 나타내시오. (10점)

예시답안

(1) 마찰력을 무시할 수 있는 눈 덮인 경사면을 미끄러지는 운동에서는 마찰에 의한 에너지의 감소가 없기 때문에 역학적 에너지 보존법칙을 적용할 수 있다. 따라서 지면으로부터 높이 h 에서의 위치에너지는 지면 높이에서의 운동에너지와 같아야 한다. 즉, $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$에서 $v_0 = \sqrt{2gh}$가 된다.

(2) 안전벽면 위를 미끄러지는 운동에서의 초기속도를 v_0로 둘 수 있다. 제시문 [다]에서 주어진 바와 같이 물체와 안전벽면 사이의 운동 마찰계수가 μ이고 경사각도가 θ인 경우 경사면을 올라가는 물체에는 일정한 힘

$$F = -mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$$

이 가해지므로 등가속도 운동을 하게 된다. 이때 가속도

$$a = F/m = -g\sin\theta - \mu g\cos\theta$$

이다. 제시문 [가]에서 주어진 등가속도 운동에서의 속도와 이동거리 사이의 관계식 $v^2 - v_0^2 = 2as$에서 초기 속도가 v_0이고 최종 속도 $v = 0$가 되는 이동거리 s는 다음과 같이 구해진다.

$$s = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-2gh}{2(-g\sin\theta - \mu g\cos\theta)} = \frac{h}{\sin\theta + \mu\cos\theta}$$

(3) (2)에서 구한 이동거리와 경사각도의 관계식 $s = \frac{h}{\sin\theta + \mu\cos\theta}$에서 s가 최소가 되는 θ의 조건을 구하면 된다. (단, $0^o < \theta < 90^o$)

$\frac{ds}{d\theta} = -\frac{h}{(\sin\theta + \mu\cos\theta)^2}(\cos\theta - \mu\sin\theta) = 0$로부터 s가 최소가 되는 조건은 $\tan\theta = \frac{1}{\mu}$가 된다. 이때 $\sin\theta = \frac{1}{\sqrt{\mu^2+1}}$이고 $\cos\theta = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2+1}}$이므로 이를 $s = \frac{h}{\sin\theta + \mu\cos\theta}$에 대입하면 최소 이동거리 $s = \frac{h}{\sqrt{\mu^2+1}}$이 된다.

2

문제 출처	2011학년도 중앙대학교 수시논술 자연II 문제4.

(다) 서로 다른 물체가 충돌할 때 운동 에너지는 경우에 따라 보존되거나 보존되지 않는데, 충돌 전과 후에 운동 에너지가 보존되는 경우를 탄성충돌이라 한다. 그러나 우리가 흔히 볼 수 있는 물체의 충돌은 순간적인 물체의 변형과 소리 및 열 발생을 동반하며, 이는 운동 에너지가 또 다른 형태의 에너지로 바뀌어 나타나는 경우이다. 이와 같이 물체의 운동 에너지가 충돌 전과 후에 보존되지 않는 경우의 충돌을 비탄성충돌이라 한다. 이때, 물체의 탄성계수 e 는 충돌 전과 후 두 물체의 상대적 속도 변화를 의미하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_1 - v_2} \quad \cdots\cdots (2)$$

위의 식 (2)에서 v_1 , v_2 는 각각 물체 1과 2의 충돌 전 속도를 의미하고, v_{1f} , v_{2f} 는 각각 물체 1과 2의 충돌 후 속도를 의미한다.

[문제 4] 몸무게가 각각 $100\,kg$, $50\,kg$ 인 두 축구 선수가 승부차기를 할 때 공의 속도를 비교하고자 한다. 공을 차는 발의 무게는 몸무게의 $10\,\%$ 이며, 공을 찰 때의 충돌 현상을 발과 공만의 비탄성충돌로 가정한다. 두 선수가 찬 공의 속도가 동일하기 위해, 몸무게가 가벼운 선수가 무거운 선수의 몇 배의 속도로 공을 차야 하는지, 제시문 (다)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 단, 축구공의 무게는 $0.4\,kg$ 이다. [20점]

예시답안

문제에 의해 100kg, 50kg인 두 선수의 발의 무게는 각각 $m_{1B} = 10\,kg$, $m_{1s} = 5\,kg$ 이다. 공을 차기 직전 발의 속도를 각 각 v_{1B}, v_{1S} 이라 하면, 정지해 있는 공의 속도 $v_2 = 0$ 으로부터, 운동량 보존법칙에 의해 다음 식을 세울 수 있다.

$$m_1 v_1 = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

이때 비탄성 계수는 다음과 같이 표현된다. : $e = \dfrac{v_{2f} - v_{1f}}{v_1}$

두 식을 연립하여 풀면 다음 관계식을 구할 수 있다. : $v_{2f} = \dfrac{m_1}{m_1 + m_2}(1+e)v_1$

몸무게가 다른 두 선수가 찬 공의 속도의 비는,

$$\frac{v_{2fB}}{v_{2fS}} = \frac{\dfrac{m_{1B}}{m_{1B}+m_2}}{\dfrac{m_{1S}}{m_{1S}+m_2}}\frac{v_{1B}}{v_{1S}} = \frac{m_{1B}(m_{1S}+m_2)}{m_{1S}(m_{1B}+m_2)}\frac{v_{1B}}{v_{1S}} = \frac{10\,kg(5.4\,kg)}{5\,kg(10.4\,kg)}\frac{v_{1B}}{v_{1S}}$$

공을 찬 직후 두 공의 속도가 같다고 하면, $\dfrac{v_{1S}}{v_{1B}} = \dfrac{54}{52} \simeq 1.04$

따라서 몸무게가 가벼운 선수가 무거운 선수보다 약 1.04 빠른 속도로 공을 차면 무거운 선수와 같은 속도의 슛을 얻을 수 있다.

3

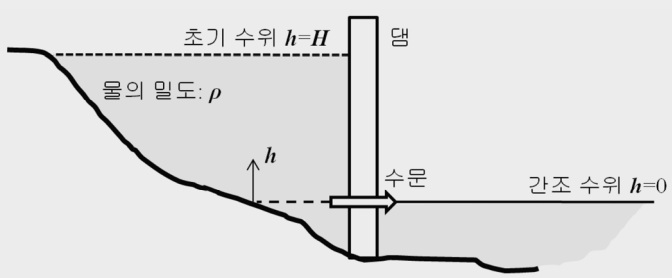
문제 출처	2011학년도 성균관대학교 수시논술 자연1. 문제2

〈제시문 2-1〉 지구상에 있는 모든 물체는 지구 중심을 향하는 중력을 받는다. 기준면에서 높이 h에 있는 질량 m인 물체의 위치에너지 E는 중력가속도가 g일 때 다음과 같이 표시된다.

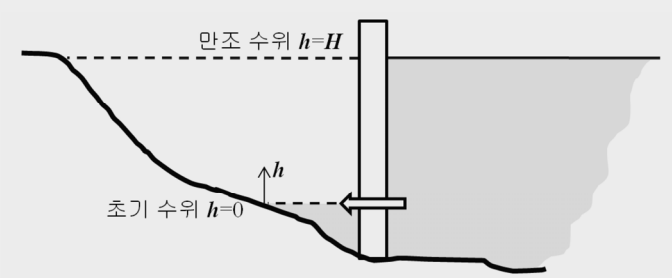
$$E = mgh$$

이 때, 물질의 밀도가 ρ이고 부피가 V인 경우 $m = \rho V$이다.

〈제시문 2-2〉 조력발전은 조수간만의 차이에 따른 물의 위치에너지를 이용하여 수문에 설치된 터빈을 돌려 전기에너지를 생산하는 것이다. [그림 a]와 같이 만조 때 수위가 높은 바닷물을 댐 안에 가두고, 간조 때 댐 바깥쪽의 바닷물 수위가 낮아지면 수문을 열어 빠져나가는 물의 위치에너지를 전기에너지로 변환한다. 반대로, [그림 b]와 같이 간조 때 댐의 수위가 낮으면 수문을 잠근 후, 만조 때 바닷물의 수위가 높아지면 수문을 열어 댐으로 들어오는 물의 위치에너지를 이용할 수 있다.



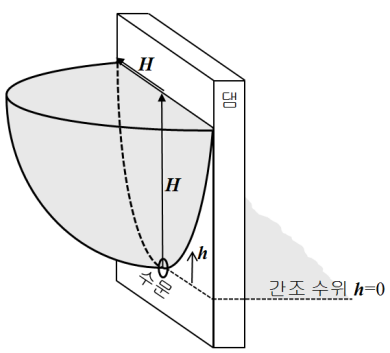
[그림 a] 간조 때의 조력발전 원리



[그림 b] 만조 때의 조력발전 원리

[문제 2-i] 댐 안쪽 물의 수위 h에 대해 수평단면의 단면적은 $A(h)$, 수위 $h=0$부터 H까지 가둘 수 있는 총 물의 질량은 m, 물의 밀도는 상수 ρ로 조사되었다. [그림 a]와 같이 간조 때 초기 수위 H인 댐 안쪽의 물이 가진 이용가능한 위치에너지의 총량을 E_{out}, [그림 b]와 같이 만조 수위 H에 대해 댐으로 들어오는 물의 위치에너지의 총량을 E_{in}이라 하자. E_{out}과 E_{in}을 구하는 각각의 적분식을 제시하시오. 이로부터 위치에너지의 합 $E\,(=E_{\text{in}}+E_{\text{out}})$를 구하시오. 이 때 수문의 위치는 간조 수위와 같은 $h=0$이며, 물이 댐에서 빠져나가거나 들어오는 동안 댐 바깥쪽의 수위는 변하지 않는다.

[문제 2-ii] 일반적인 조력발전은 〈제시문 2-2〉의 [그림 a]와 같이 간조 때에만 작동하게 된다. 댐 안쪽 물의 형상이 옆의 그림과 같이 반지름 H인 반구를 둘로 나눈 형태이고, 바깥쪽 바닷물의 수위와 수문의 높이는 둘로 나눠진 반구의 맨 아래($h=0$)에 위치한다고 하자. 이 경우 간조 때 이용가능한 위치에너지의 총량 E_{out}을 구하시오.



예시답안

[문제 2-i]		
배점	해답	채점기준
4점	$E_{\text{out}} = \int_0^H \rho g A h dh$	E_{out} 1점
	$E_{\text{in}} = \int_0^H \rho g A (H-h) dh$	E_{in} 1점
	$E = E_{\text{out}} + E_{\text{in}} = \int_0^H \rho g A h dh + \int_0^H \rho g A (H-h) dh$ $= \rho g H \int_0^H A dh = \rho g H V$ $= mgH$	$E = mgH$ 2점 (풀이과정 없이 E만 적거나 적분식만 적으면 0점)

[문제 2-i]		
배점	해답	채점기준
4점	$A = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{\pi}{2}(2Hh - h^2)$	A를 찾으면 2점
	$E_{\text{out}} = \int_0^H \rho g A h dh = \rho g \int_0^H h \frac{\pi}{2}(2Hh - h^2) dh$ $= \frac{\pi}{2}\rho g \left[2H^2 \frac{h^3}{3} - \frac{h^4}{4} \right]_0^H = \frac{\pi}{2}\rho g \frac{5H^4}{12}$ $= \frac{5\pi}{24}\rho g H^4$	E_{out}이 맞으면 2점 (적분결과가 틀리면 1점) (5/24는 적분과정이 없으면 나올 수 없는 답이므로 A를 구하지 않고 바로 답을 적은 경우에도 4점)

4

문제 출처	2011학년도 경희대학교 수시논술 논제 I-2

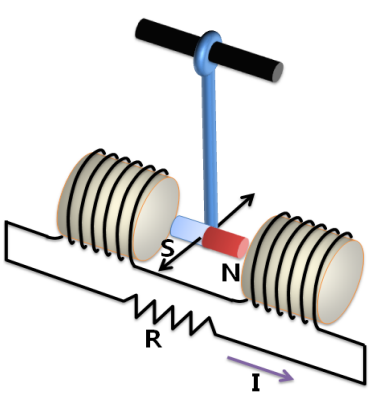
〈제시문〉

[다] 코일 근처에서 자석이 움직이거나, 자석 근처에서 코일이 움직이면 코일에 전류가 흐른다. 이렇게 자석에 의해 코일에 흐르는 전류를 유도 전류라고 하며, 유도 전류가 생기는 현상을 전자기 유도라고 한다. 전자기 유도에 의해 흐르는 유도 전류의 방향은 자기력선속(자속)의 변화를 방해하는 방향, 또는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르는데, 이를 렌츠의 법칙이라고 한다. 유도 전류를 흐르게 하는 전압을 유도 기전력이라고 하며, 패러데이 법칙에 따르면 유도 기전력은 코일 단면을 통과하는 자속의 시간 변화율과 코일의 감긴 횟수에 비례한다.

[라] 에너지는 다양한 형태로 존재할 수 있고 적절한 변환 과정을 통해서 그 형태를 바꿀 수 있다. 예를 들어 진자의 진동운동 중에는 진자의 운동에너지가 중력에 대한 위치에너지로, 또는 위치에너지가 운동에너지로 바뀐다. 전지는 화학에너지를 전기에너지로 전환하고, 전기 저항은 전기에너지를 열에너지로 발산한다. 하지만 주어진 계의 가능한 에너지 형태를 모두 고려하였을 때, 에너지의 총량은 항상 보존된다. 이를 에너지 보존 법칙이라 한다.

[논제 Ⅰ-2] 제시문 [다]와 [라]를 참조하여 다음 질문에 답하시오. (25점)

마찰 없는 회전축에 연결된 단단한 막대의 끝에 질량 m의 자석을 옆 그림과 같이 붙여 진자를 만들었다. 진자가 최저점에 있을 때 두 코일의 중심축과 자석이 모두 나란하도록 두 코일을 고정하였고, 따라서 진자는 코일 중심축에 수직한 방향으로 진동한다. 두 코일은 같은 방향으로 n번씩 감겨 있고, 두 코일과 저항 R은 직렬 연결되어 닫힌 회로를 이룬다. 여기서 막대의 질량은 무시할 수 있고, 진자 운동 중 공기 저항에 의한 영향은 없으며, 코일의 전기저항도 무시할 수 있다고 가정한다.



(1) 진자가 코일 반지름보다 훨씬 더 큰 진폭으로 왕복운동을 하고 있을 때, 최고점에서 출발한 진자의 한 주기운동(주기 T) 동안 회로에 유도된 전류 I가 시간 t에 따라 어떻게 변하는지를 논술하고 이를

그래프로 표현하시오. (단, 전류는 그림의 화살표 방향으로 흐를 때 양의 부호를 갖도록 정의하고, 자석이 코일로부터 충분히 멀어지면 코일을 통과하는 자석에 의한 자속은 무시할 만큼 작다고 가정한다)

(2) 시간이 지남에 따라 진자 운동이 어떻게 변하는지를 진자에 가해지는 힘의 관점과 에너지의 관점에서 각각 분석하여 서술하시오.

(3) 초기에 진자를 최저점으로부터 높이 h만큼 들어올린 후 멈춘 상태에서 놓았다고 할 때, 진자 운동으로 인해 저항 R에서 발생하는 총 열량의 크기 Q를 추론하시오. (단, 중력가속도는 g로 놓는다)

예시답안

[논제 Ⅰ-2]

(1) 자석이 코일에 가까이 갈 때는 코일 내부를 지나는 자기력선속이 증가하므로 유도 전류는 그 증가를 방해하는 방향, 즉 자석에 의한 자기장의 반대 방향으로 자기장을 생기도록 회로의 화살표 방향으로 양의 전류가 흐른다. 반대로 자석이 코일에서 멀어질 때는 코일 내부를 지나는 자기력선속이 감소하므로 유도 전류는 그 감소를 방해하는 방향, 즉 자석에 의한 자기장 방향으로 자기장을 생기도록 회로의 화살표 반대 방향으로 음의 전류가 흐른다. 따라서 자석이 코일의 중심을 지날 때는 유도 전류의 방향이 바뀌므로 전류의 세기는 0이 되고, 자석이 코일에 충분히 가까울 때에만 유도 전류가 발생하므로 진자 운동의 한 주기 동안의 유도 전류의 시간 변화는 위 그래프와 같다. 자석이 코일에 충분히 가까울 때만 유도 전류가 발생하므로 유도 전류가 발생하는 시간 폭은 전체 주기에 비해 짧다.

(2) 시간이 지남에 따라 진자 운동은 진폭이 계속 줄어들어 최종적으로는 진자는 멈춘다.
(가) 힘 관점: 유도전류에 의한 자기장은 항상 자석의 운동을 방해하는 방향으로 생긴다. 즉, 자석이 코일에 가까이 갈 때는 자석을 밀고, 자석이 멀어질 때는 끌어당긴다. 따라서 진자 운동을 일으키는 중력에 대해 항상 반대방향으로 힘이 작용하므로, 유도전류에 의한 힘은 진자 운동을 방해하고, 따라서 진자의 진폭이 감소한다.
(나) 에너지 관점: 전자기 유도에 의해 유도된 전류는 저항에서 열을 발산한다. 즉, 진자의 역학적에너지가 전자기 유도에 의해 전기에너지로 바뀌고 이 전기에너지가 저항에서 열에너지로 발산되므로, 진자의 역학적에너지는 진자가 코일 사이를 지날 때마다 계속 감소한다. 즉 진자가 가질 수 있는 중력에 대한 최대위치에너지가 지속적으로 감소하므로 진자의 진폭이 감소한다.

(3) 진자 운동으로 인해 진자의 중력에 대한 위치에너지가 운동에너지로 바뀌고, 전자기 유도에 의해 운동에너지가 전기에너지로 변환되고, 저항에서 전기에너지가 열에너지로 발산된다. 이 모든 과정에서 에너지 보존 법칙이 성립하므로, 저항에서 발생하는 열의 총량 Q는 진자의 최대 위치에너지와 같다. 따라서 $Q = mgh$이다.

5

문제 출처	2011년도 성균관대학교 자연1과 2 문제3

자연1. [문제 3] 〈제시문 3-1〉과 〈제시문 3-2〉에 주어진 물리법칙 및 상수를 이용하시오.

〈제시문 3-1〉 드 브로이의 물질파 이론에 의하면 모든 물질은 자신의 운동량과 관계된 파장을 가지고 있다. 예를 들어 어떤 입자가 운동할 때, 이 입자의 물질파 파장은 운동량에 반비례하며 비례상수는 플랑크 상수(6×10^{-34} J·s)이다.

〈제시문 3-2〉 전류가 흐르는 도선이 자기장에 수직일 때, 이 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 크기는 자기장의 크기와 도선에 흐르는 전류의 세기 및 자기장 속에 놓여 있는 도선의 길이에 비례한다.

[문제 3-iii] 질량이 20 g이고 속력 300 m/s로 날아가는 총알은 입자로 보이지만 파동으로 보이지 않는다. 그 이유를 드 브로이의 물질파 이론을 이용하여 설명하시오.

자연2. [문제 3] 〈제시문 3-1〉과 〈제시문 3-2〉에 주어진 물리법칙 및 상수를 이용하시오.

〈제시문 3-1〉 도선의 온도가 올라가면, 도선이 팽창하고 비저항 ρ가 변하게 된다. 온도가 크게 변하지 않으면, 비저항 ρ는 기준 온도 T_0에서 비저항의 크기 ρ_0와 온도의 증가량 $T-T_0$에 비례하여 증가한다. 이때 비례 상수를 비저항의 온도 계수 α라 하고, 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\rho-\rho_0}{T-T_0}\right)$$

〈제시문 3-2〉 구급차가 사이렌을 울리면서 관측자를 향하여 다가올 때 사이렌 소리가 높게 들리다가 구급차가 멀어지면 소리가 낮게 들린다. 이러한 현상을 도플러 효과라고 한다. 관측자가 정지해 있고 음원이 속력 v_s로 다가오는 경우, 관측자가 듣는 진동수 f_0는 $f_0 = \left(\frac{v}{v-v_s}\right)f_s$이다. 마찬가지로 음원이 정지해 있고 관측자가 속력 v_0로 음원 쪽으로 다가갈 경우, 관측자가 듣는 진동수는 $f_0 = \left(\frac{v+v_0}{v}\right)f_s$이다. 여기서 f_s는 음원의 진동수이고 v는 소리의 속력 $340\ \mathrm{m/s}$이다.

[문제 3-iii] 길이가 $10\ \mathrm{m}$이고 단면적이 $10^{-3}\ \mathrm{m}^2$인 도선의 기준 온도($20\ ℃$)에서 비저항값 ρ_0는 $1.0\times10^{-7}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$, 온도 계수 α는 $6.5\times10^{-3}/℃$이다. 온도가 $30\ ℃$가 되면 이 도선의 전기 저항 R은 몇 Ω인지 구하시오.

[문제 3-iv] 소방차가 $40\ \mathrm{m/s}$의 속력으로 $500\ \mathrm{Hz}$의 비상 경고음을 울리면서 달리고 있다. 관측자는 소방차와 반대방향으로 $60\ \mathrm{m/s}$의 속력으로 소방차를 향하는 자동차에 타고 있다. 자동차 안의 관측자에게 소방차의 비상 경고음 진동수가 몇 Hz로 들리는지 구하시오.

예시답안

자연1. 문제3 해답과 채점기준

[문제 3-iii]		
배점	해답	채점기준
1점	$\lambda = 10^{-34}$m는 관찰하기에 너무 짧기 때문	- 답을 쓰면 1점 (참고: λ의 값이 적어도 10^{-36}m보다 크고 10^{-32}m보다 작게 계산하고 관찰하기에 짧다는 두 가지가 있을 것) - 답이 틀리면 0점

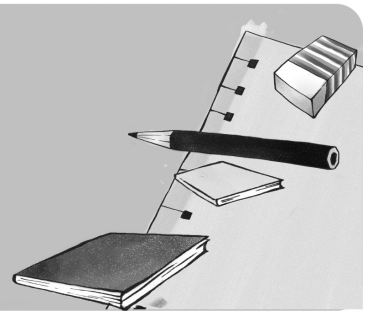
자연2. 문제3 해답과 채점기준

[문제 3-iii]		
배점	해답	채점기준
1점	▶ 도선의 전기저항 및 비저항과의 관계 〈제시문 3-1〉에서 주어진 식을 이용하여 비저항을 풀어쓰면 $\rho = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)]$이다. 따라서 주어진 도선의 전기 저항은 다음과 같다. $R = \rho\frac{L}{A} = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)] \cdot \frac{L}{A}$ $= (1.0\times10^{-7})[1+6.5\times10^{-3} \cdot (30-20)]$ $\cdot \frac{10}{10^{-3}}\,\Omega$ $= 1.065\times10^{-3}\,\Omega$	① 전기저항 $R = \rho\frac{L}{A} = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)] \cdot \frac{L}{A}$ 을 정확하게 기술한 경우 1점 (*참고: 수치계산이 틀려도 전기저항을 정확히 기술했으면 1점) ② 그 외 0점

[문제 3-iv]		
배점	해답	채점기준
1점	▶ 도플러 현상 관측자와 음원이 동시에 움직이며 간격이 가까워지기 때문에 〈제시문 3-2〉에서 나온 식을 합산하면, 관측되는 소리의 진동수는 $f_0 = (\frac{v+v_0}{v-v_s})f_s$ 이다. 따라서 $f_0 = (\frac{v+v_0}{v-v_s})f_s = (\frac{340+60}{340-40}) \cdot 500\,\mathrm{Hz}$ $= 666.7\,Hz \approx 670\,Hz.$ 이는 원래 음원의 진동수 보다 높게 들림을 알 수 있다.	① 관측되는 소리의 진동수 $f_0 = (\frac{v+v_0}{v-v_s})f_s$ 를 정확하게 기술한 경우 1점 (*참고: 수치계산이 틀려도 관측자 진동수를 정확히 기술했으면 1점) ② 그 외 0점

2강

화학중심 문항



1

문제 출처	2011학년도 경희대학교 수시논술 논제 2-1

〈제시문〉

[가] 물에는 고체나 액체뿐만 아니라 산소나 이산화탄소 같은 기체도 용해된다. 기체의 용해는 용액 위에 존재하는 기체 분자들이 끊임없이 용액 표면에 충돌하여 녹아드는 반응과 녹아 있던 기체 분자가 용액 밖으로 탈출하는 반응의 평형으로 결정된다. 따라서 기체의 용해도는 용매 분자와 기체 분자 사이의 인력뿐만 아니라 기체 분자가 용액 표면에 충돌하는 빈도와 탈출하는 빈도에도 영향을 받는다. 그러므로 기체의 용해 현상은 분자 운동에 대한 이해를 필요로 한다. 기체 분자의 움직임은 "기체 분자 운동 모형"으로 잘 설명이 된다. 예를 들어 일정 온도에서 기체의 부피를 반으로 줄이면 단위 시간에 용기 벽의 단위 면적에 충돌하는 기체 분자의 수가 2배로 늘어나므로 압력이 2배가 된다. 용해되어 있는 기체의 경우 분자들 간의 평균 거리가 작아서 이 모형을 적용할 수 없다. 하지만, 이 경우에도 운동 에너지로 전환 가능한 모든 역학적인 에너지의 평균값은 절대 온도에 비례한다.

[나] 분자 내에서 부분적인 전하의 분리로 생겨나는 극성은 분자간의 인력을 결정하는 중요한 변수이다. 물 분자와 같은 극성 분자는 분자간 인력이 커서 일반적으로 끓는점과 녹는점이 높다. 상온에서 기체로 존재하는 산소, 질소, 아르곤 등과 같은 무극성 분자나 원자도 충분히 온도가 낮아지면 분자간 인력 때문에 액체나 고체가 된다. 여기서 무극성 분자 사이에 작용하는 인력은 분자의 전자구름이 아주 짧은 시간 동안 일그러져 순간적으로나마 약한 극성을 띠기 때문에 생긴다. 또한 자석에 붙은 금속이 자성을 띠듯이 무극성 분자가 극성 분자 근처에 놓이면 전자구름에 변형이 생겨 약한 극성이 유도된다. 따라서 극성 분자와 무극성 분자 사이에도 인력이 발생한다. 일반

적으로 분자의 부피가 클수록 변형될 수 있는 전자구름이 많아져 이러한 약한 극성의 크기가 상대적으로 커진다.

[다] 잠수부들은 수심에 비례하는 높은 수압하에서 이에 상응하는 고압의 기체로 호흡한다. 이때 들이마신 기체 분자의 일부는 혈액 속의 물에 용해되는데, 잠수 중에 수심이 바뀌게 되면 혈액에 용해될 수 있는 기체의 양이 변하게 되어 생리적인 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어 수중에서 고압으로 압축된 공기로 호흡하다가 갑자기 물 밖으로 나오면, 급격한 압력 감소로 인해 혈액 속에 과포화된 질소가 혈관 내에서 기체로 방출되면서 혈관이 파괴되는 잠수병이 발생할 수 있다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[다]를 참조하여 다음 질문에 답하시오. (25점)

(1) 아래의 두 관찰 결과를 바탕으로 기체의 용해도에 대한 가설을 세우고, 제시문 [가]를 참조하여 그 가설을 논증하시오.

(ㄱ) 샴페인을 터뜨리거나 탄산 음료수의 병마개를 딸 때 거품이 생기는 것을 볼 수 있다.

(ㄴ) 다음 표는 낙동강 어느 유역의 월별 평균 수온과 용해된 평균 산소량(DO)을 나타내고 있다.

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균 수온 (℃)	4	5	8	14	20	24	25	28	25	21	15	8
평균 DO (ppm)	13.7	12.9	12.8	10.2	10.2	9.8	9.9	8.4	7.5	7.5	10.1	12.2

(2) 제시문 [다]에 따르자면 심해 잠수부에게는 공기를 대신할 새로운 혼합기체가 요구된다. 공기를 구성하는 주요 기체들의 끓는점과 부피를 나타낸 아래표와 제시문 [가]~[다]에 근거하여, 잠수병을 예방하기 위해 질소 대신에 산소와 혼합할 수 있는 가장 바람직한 기체를 제안하고 이유를 논술하시오.

기체	질소(N2)	산소(O^2)	아르곤(Ar)	이산화탄소(CO^3)	네온(Ne)	헬륨(He)	메탄(CH^4)
끓는점 (℃)	-196	-183	-186	-57	-246	-269	-162
분자 부피 (10-30 m^3)	31.2	29.4	27.8	51.8	15.3	11.5	66.6

예시답안

[논제 II-1]

(1) (ㄱ) 이산화탄소가 녹아 있는 음료수 병의 마개를 열게 되면 음료수 용액에 가해진 압력이 감소한다. 이 때 거품이 발생하는 것은 녹아 있던 이산화탄소가 과포화상태에 이르러 기체로 변한 것이라 볼 수 있다. 따라서 "압력이 감소(증가)하면 기체의 용해도는 감소(증가)한다"는 가설을 세울 수 있다.

위 가설은 제시문 [가]에 제시된 설명으로 논증이 가능하다. 용액에 가해지는 기체의 압력이 n배 감소하면 용액 표면의 단위 면적에 충돌하는 기체 분자 수가 n배 감소하게 된다. 압력 이외의 다른 조건이 일정하여 용매 분자와 기체 분자 사이의 인력과 용액 밖으로 탈출하는 확률에는 변화가 없으므로, 용해되는 기체의 양이 감소한다고 추론할 수 있다. 따라서 압력이 감소(증가)하면 기체의 용해도는 감소(증가)한다.

(ㄴ) 평균 수온과 용해된 평균 산소량이 서로 반비례의 경향을 보이고 있다. 따라서 "온도가 증가(감소)하면 기체의 용해도는 감소(증가)한다"는 가설을 세울 수 있다.

위 가설은 제시문 [가]에 제시된 설명으로 논증이 가능하다. 용액의 온도가 증가하면 녹아있는 기체 분자의 평균에너지가 증가하므로 용매 분자와 기체 분자 사이의 인력을 이기고 기체상으로 탈출하는 확률이 증가한다고 추론할 수 있다. 따라서 온도가 증가(감소)하면 기체의 용해도는 감소(증가)한다.

(2) 제시문 [다]에 소개된 잠수병은 고압 기체를 흡입할 때 혈액에 과도한 양의 기체 분자가 용해되는 경우에 일어날 수 있다. 따라서 잠수병의 위험 없이 사용할 수 있는 혼합 기체는 혈액의 주요 성분인 물에 대한 용해도가 작은 기체여야 한다. 논제에 주어진 기체 모두 무극성 분자이므로, 용해도가 작기 위해서는 물분자와 인력을 형성할 수 있는 약한 극성이 상대적으로 작아야 한다. 이러한 약한 극성의 세기는 분자의 크기가 클수록 크다. 따라서 용해도가 가장 낮은 기체는 부피가 가장 작은 헬륨이다. 또한 헬륨이 논제에서 주어진 기체 중에서 끓는점이 가장 낮다는 사실은 헬륨에서 유도되는 약한 극성이 제일 작다는 결론을 뒷받침한다. 따라서 질소를 대신하기에 가장 바람직한 기체는 헬륨이다.

2

문제 출처	2011학년도 광운대학교 수시논술 문제 3

〈제시문〉

(가) 19세기부터 석탄, 석유와 같은 화석연료를 사용함에 따라 연소과정에서 생성된 다량의 이산화탄소가 대기 중으로 배출되는 결과를 가져왔다. 그러한 결과로 대기 중의 이산화탄소 농도는 그림 (1)과 같이 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 미국과 같은 산업 선진국 외에 중국, 인도 등과 같은 신흥 개발도상국 등도 경제 발전을 위하여 다량의 에너지 자원을 필요로 하고 있으며, 최근 연간 이산화탄소 배출량 기준으로는 중국의 이산화탄소 배출량이 미국을 앞지르는 것으로 보고되고 있다.

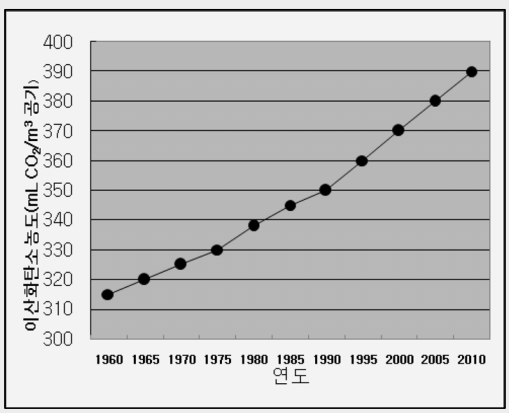


그림 (1)

그런데 지구를 둘러싸고 있는 대기는 태양으로부터 전달된 태양 복사 에너지를 통과시키나, 지표에서 반사된 지구 복사 에너지는 흡수하여 그 일부를 지구 표면으로 돌려주는 역할을 하고 있다. 이로 인하여 지구 대기의 온도가 상승하는 현상이 나타난다(그림 (2)). 대기의 주성분인 질소와 산소는 적외선을 흡수할 수 없어 대기 온도 상승에 별 영향을 나타내지 않지만, 이산화탄소, 수증기, 메탄과 같은 가스는 지표면에서 반사된 적외선을 흡수하여 온실효과를 가져오기 때문에 온실가스라 불리고 있다.

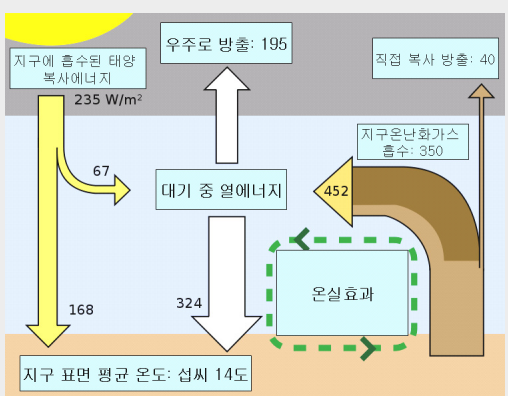


그림 (2)

(나) 지구상의 원시 대기에는 현재보다 훨씬 많은 양의 이산화탄소가 존재하였던 것으로 추정된다. 원시대기 중에 존재하던 이산화탄소 중 일부는 광합성 생물체에 의한 탄소 고정화 과정을 거쳐 포도당과 같은 유기물로 전환되었고, 그보다 더 많은 양의 이산화탄소는 해수에 용해된 후 해수 중의 칼슘이온과 같은 무기물과 반응하여 탄산칼슘을 주성분으로 하는 석회석을 형성하여 지각

성분을 구성하였다.

(다) 광합성의 산물인 당과 같은 유기물이 세포 안으로 흡수되어 대사될 경우 당에 포함되어 있던 탄소는 다시 이산화탄소로 전환된다. 생성된 이산화탄소는 혈액에 용해되는데 탄산무수화효소에 의하여 다음과 같은 일련의 반응을 거쳐 최종적으로 탄산이온으로 전환될 수 있다.

$$CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\text{탄산무수화효소}} H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$$

[문제 3] (30점)

(1) 제시문 (나)를 바탕으로 지구 온난화를 유발하는 이산화탄소의 대기 중의 농도를 감소시킬 수 있는 방안을 2가지 이상 제시하시오.

(2) 제시문 (가)의 그림 (1)의 이산화탄소 농도 변화를 살펴 보면 1960년도에는 1 ㎥ 공기 안에 315 mL CO_2가 존재하였으나, 2010년도에는 390 mL CO_2로 증가하였다. 이산화탄소 증가의 유일한 원인이 프로판가스의 연소에 의한 것이라고 가정하자. 이렇게 이산화탄소가 증가하기 위하여 연소된 프로판가스의 질량을 제시하시오(유효숫자 3자리). 단 공기 총 부피는 1 ㎥이며, 기체의 경우 이상기체, 표준상태에서 1몰의 기체의 부피는 22.4 L 라고 가정한다. 화석연료의 하나인 프로판가스를 연소시킬 경우의 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

(3) 해수 중에 용해된 이산화탄소가 칼슘이온과 반응하여 탄산칼슘을 형성하는 과정은 다음과 같은 화학식으로 표현된다.

$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$ (단계 1) $H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$ (단계 2)

$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$ (단계 3) $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ (침전물 형성) (단계 4)

위 반응 단계들 중 반응 속도가 가장 느려서 전체 반응 속도를 결정하는 단계는 무엇인지 제시문 (다)를 근거로 이유와 함께 제시하시오. 또한 해수가 산성화 되는 것과 염기성화 되는 것 중 어느 쪽이 이산화탄소의 용해 및 탄산칼슘 침전물의 형성을 촉진할 것인지 이유와 함께 제시하시오.

예시답안

[문제 3]

(1) - 광합성을 통한 이산화탄소 고정화(나무와 같은 광합성 생물을 대량 증식)

- 이산화탄소의 용해 및 탄산칼슘 형성(이산화탄소의 저장, 무기질화)

(2) 1) 증가된 이산화탄소 부피 결정

(390-315)ml CO_2/m^3공기 * 1m^3 공기 = 75ml CO_2

2) 이산화탄소 부피를 몰로 전환

75ml CO_2/(22.4 * 1000 ml) = 3.348 *10^{-3} mol = 3.348mmol CO_2

3) 이산화탄소 생성에 필요한 프로판가스 필요량

3.488mmol/3 = 1.116mmol 프로판가스

4) 프로판가스 질량 전환

프로판가스 분자량 = 3*12+8=44mg/mmol

1.116 * 44=49.1mg 프로판가스 (즉 0.049g 프로판가스)

(3) 1) 1단계

2) 1단계 반응은 평형반응이며, 탄산무수화효소가 작용할 경우 속도가 빨라질 수 있는 반응임

3) 염기성화

4) 염기성화 될 시 수소이온(프로톤) 소모를 통하여 반응평형이 정반응 방향으로 이동

3

문제 출처	2011학년도 인하대학교 수시2차 논술 문항2

제시문을 읽고 주어진 논제에 대한 답안을 작성하시오.

[가] 화학반응 중에는 불꽃놀이처럼 순식간에 끝나버리는 반응이 있는가 하면, 자동차가 녹스는 것처럼 천천히 일어나는 반응도 있고, 석회동굴이 생성될 때처럼 수백만 년에 걸쳐 매우 느리게 일어나는 반응도 있다. 화학반응의 속도는 단위 시간당 반응하는 물질의 농도(또는 양) 변화량, 또는 생성되는 물질의 농도(또는 양) 증가량으로 나타낸다. 즉, $aA \rightarrow bB$ 반응에 대하여

$$\text{반응속도} = -\frac{1}{a}\frac{\text{A의 농도(양)변화}}{\text{반응시간}} = \frac{1}{b}\frac{\text{B의 농도(양)변화}}{\text{반응시간}}$$

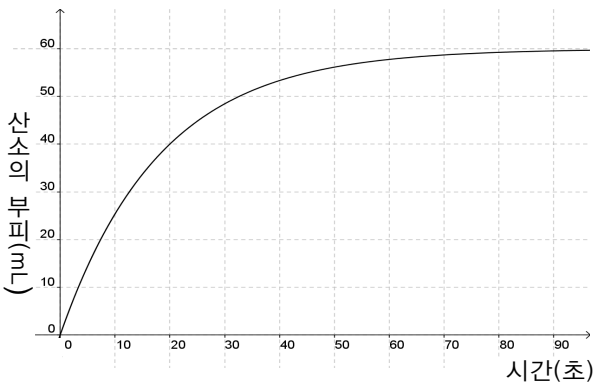
이다. 위 식으로 구한 반응속도는 평균 반응속도이며 반응속도는 항상 양의 값을 갖는다.

[나] 과산화수소(H_2O_2) 수용액에 소량의 이산화망간(MnO_2)을 가하면 다음과 같이 과산화수소가 분해되어 물과 산소 기체를 생성한다.

$$H_2O_2\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l) + \frac{1}{2}O_2\,(g)$$

이 반응에서 이산화망간은 촉매로 작용한다. 이 반응은 일정한 온도와 압력에서 산소의 부피를 측정함으로써 생성물인 산소의 양을 쉽게 측정할 수 있어 반응속도를 측정하는 예시 반응으로 많이 이용되고 있다. 위의 화학식에서 알 수 있듯이 생성된 산소의 양이 분해된 H_2O_2의 양에 비례하기 때문에 발생한 산소의 양으로부터 반응하고 남은 과산화수소의 농도를 알 수 있다. 농도가 묽은 용액을 사용하는 경우에는 반응에서 생성된 물에 의해 농도가 변하는 것은 무시해도 된다.

[논제] 제시문에 주어진 내용을 바탕으로 [문항2:화학] 답안 공간 안에 다음을 기술하시오.
시험관에 0.90% 과산화수소(H_2O_2) 수용액 10.0mL를 넣고 소량의 이산화망간(MnO_2)를 가한 후 발생하는 산소의 부피를 시간에 따라 측정하였더니 아래 그림과 같았다. 실험한 조건에서 반응속도는 과산화수소의 농도에 비례하고, 충분한 시간이 경과한 후에 생성된 산소의 부피는 60.0mL이었다. 다음 논제에 답하시오.



(1) 반응 시작 후 20초 동안의 산소에 대한 평균 반응속도를 구하시오. (7점)

(2) 반응 시작 20초 후 반응하지 않고 시험관에 남아있는 과산화수소의 농도는 얼마인가? (8점)

(3) 같은 장치에 0.45% 과산화수소 수용액 10.0mL를 넣고 논제에 제시한 것과 같은 양의 이산화망간을 가한 후 시간에 따라 생성된 산소의 양을 측정한다고 가정하자. 이 반응을 시작하고 20초가 경과한 후 생성된 산소의 부피를 구하시오. (5점)

예시답안

(1) 제시문 [가]에 설명한 바와 같이 반응속도는 단위 시간당 반응하는 물질 또는 생성되는 물질의 농도(또는 양)의 변화이다. 논제의 그림에는 반응 시간에 따라 생성물인 산소의 부피 변화 그래프로 주어져 있다. 그래프를 보면 초기 20초 동안 산소의 부피는 0mL에서 40mL로 증가하였고, 반응식에서 산소의 계수가 $\frac{1}{2}$ 이므로 반응속도 식에 2를 곱해야 한다. 따라서 반응속도 $= 2 \times \frac{40\ \mathrm{mL} - 0\ \mathrm{mL}}{20\ \mathrm{s}} = 4.0\mathrm{mL/s}$.

(2) 화학반응에서 생성된 물질의 양은 반응으로 소모된 반응물의 양에 비례한다. 제시된 그래프를 보면 반응 개시 20초 후 생성된 산소 기체의 부피는 40mL이다. 논제에 주어진 자료에 의하면 반응물이 모두 반응하였을 때 생성되는 산소의 부피는 60mL이다. 따라서 반응 개시 20초 후 반응하고 남은 과산화수소의 농도는 다음 식으로 구할 수 있다. $\frac{60\ \mathrm{mL} - 40\ \mathrm{mL}}{60\ \mathrm{mL}} \times 0.90\% = 0.30\%$

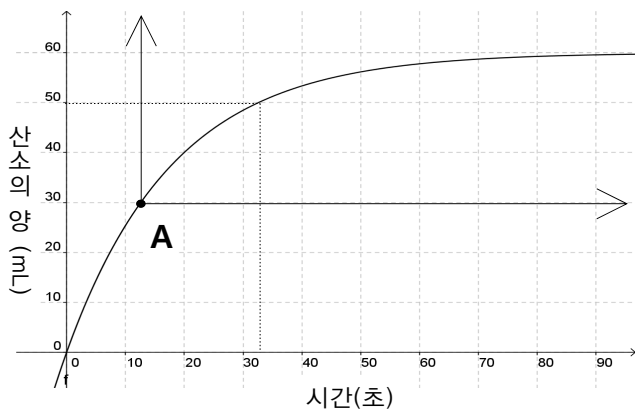
[다른 풀이] 화학반응에서 생성된 물질의 양은 반응으로 소모된 반응물의 양에 비례한다. 제시된 그래프를 보면 반응 개시 20초 후 생성된 산소 기체의 부피는 40mL이다. 논제에 주어진 자료에 의하면 반응물이 모두 반응하였을 때 생성되는 산소의 부피는 60mL이다. 따라서 반응 개시 20초 후 반응한 과산화수소의 농도는 다음과 같다.

$$\frac{40\ \mathrm{mL}}{60\ \mathrm{mL}} \times 0.90\% = 0.60\%$$

따라서 반응하고 남은 과산화수소의 농도는 $0.90\% - 0.60\% = 0.30\%$ 이다.

(3) 〈풀이 1〉 문제 (3)의 용액의 농도가 논제의 용액의 $\frac{1}{2}$ 이므로, 문제 (3) 용액의 반응에서 생성되는 산소의 부피 변화는 아래 그래프의 점 A를 원점으로 하는 그래프와 같다. (즉, 0.90% 용액 속에 들어 있는 과산화수소 중 $\frac{1}{2}$ 이 반응한 후의 용액과 같다.) 아래 그래프를 보면 점 A가 약 13초에 해당하므로 20초 경과 후 생성된 산소의 부피는 33초

에서의 부피에서 13초에서의 부피를 뺀 값이 된다. 즉, 약 $50\,\mathrm{mL} - 30\,\mathrm{mL} = 20\,\mathrm{mL}$. (아래와 같은 그래프를 그리지 않고 말로 설명하여도 OK!!)



〈풀이 2〉 제시문에서 반응속도가 반응물의 농도에 비례한다고 하였으므로, 같은 반응시간 후 생성된 생성물의 양은 반응물의 농도에 비례하여야 한다. 따라서 문제 (3)의 용액의 농도가 논제의 용액의 $\frac{1}{2}$ 이므로, 같은 시간이 경과한 후 생성된 산소의 양은 0.90% 수용액에서 생성된 양의 $\frac{1}{2}$ 이 될 것이다. 논제에 주어진 그래프를 보면 20초 경과 후 0.90% 수용액에서 생성된 산소의 양이 40mL이므로 0.45% 수용액이 20초 동안 반응한 후 생성된 산소의 양은 $\frac{0.45\%}{0.90\%} \times 40\,\mathrm{mL} = 20\,\mathrm{mL}$ 이다.

(〈풀이 2〉는 반응속도가 과산화수소의 농도에 비례하는 경우에만 타당하다. 이 논제에서는 반응속도가 과산화수소의 농도에 비례한다고 명시하였으므로 이 풀이들도 타당한 풀이가 된다. 이러한 단서가 없는 일반적인 경우에는 〈풀이 1〉만이 타당한 풀이이다.)

4

문제 출처	2011학년도 성신여대 문제1

〈제시문〉

(가) 자연계에 존재하는 생물체와 무생물체 모두에서 원자, 분자, 이온 등의 산화-환원반응을 통해 다양한 현상이 일어난다. 여기서 산화-환원반응이란 원자 등이 전자를 잃거나 얻는 반응을 의미한다. 예를 들어, 어떤 수용액 내에서 아연(Zn)과 구리(Cu)를 이용한 산화-환원반응을 고려해 보자.

$$\mathrm{Zn}(s) + \mathrm{Cu}^{2+}(aq) \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+}(aq) + \mathrm{Cu}(s) \cdots\cdots (1)$$

여기서, (s)는 해당 물질이 고체 상태, (aq)는 수용액 상태임을 의미한다. 이 반응을 산화(전자를 잃는 것)가 관여한 반쪽 반응과 환원(전자를 얻는 것)이 관여한 반쪽 반응으로 나누어서 고려하면 다음과 같다.

$$\mathrm{Zn}(s) \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+}(aq) + 2\mathrm{e}^{-} \cdots\cdots (2)$$

$$\mathrm{Cu}^{2+}(aq) + 2\mathrm{e}^{-} \rightarrow \mathrm{Cu}(s) \cdots\cdots (3)$$

식(2)는 Zn 원자가 전자(e^{-}) 2개를 잃어 양이온 Zn^{2+}으로 변화했음을 의미하고, 전자를 잃었으므로 산화반응에 해당한다. 이와 반대로 식(3)은 양이온 Cu^{2+}가 전자 2개를 얻어서 Cu가 되었으므로 환원반응에 해당한다.

산화-환원반응으로 인해 생기는 전자의 이동을 이용하여 전류를 얻는 장치를 화학전지라 한다. 화학전지 내에서 일어나는 산화-환원반응은 항상 두 개의 반쪽 반응으로 나누어 질 수 있다. 즉, 산화전극(음극)에서는 식(2)와 같은 산화반응이 일어나고 환원전극(양극)에서는 식(3)과 같은 환원반응이 일어나므로, 두 전극을 전선으로 연결하면 산화전극(음극)에서 환원전극(양극)으로 전자가 이동한다. 전선을 통해 산화전극에서 전자를 끌어낼 수 있는 힘을 전지전위($\varepsilon_{\text{전지}}$) 또는 기전력이라고 하며, 단위는 볼트(V)이다. 전지전위($\varepsilon_{\text{전지}}$)는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\varepsilon_{\text{전지}} = \varepsilon^{o}_{\text{전지}} - \frac{0.0591}{n} \times \log_{10}(Q)$$

여기서, 표준전지전위($\varepsilon^{o}_{\text{전지}}$)는 표준상태(25oC, 1기압, 모든 수용액의 농도는 1M)에서의 전지전위로서 환원전극과 산화전극의 표준환원전위의 차이로부터 구할 수 있다. 즉, $\varepsilon^{o}_{\text{전지}} = \varepsilon^{o}_{(\text{환원전극})} - \varepsilon^{o}_{(\text{산화전극})}$이다. n은 산화-환원반응식에 관여한 전자의 수이다. 그리고 화학반응식이 $A(s) + b\,\mathrm{B}(aq) \rightarrow c\,\mathrm{C}(aq) + \mathrm{D}(s)$인 경우 반응지수 Q는 다음과 같이 구한다.

$$Q = \frac{[\mathrm{C}]^{c}}{[\mathrm{B}]^{b}}$$

위 반응식에서 b, c는 B, C의 반응계수이고 [B], [C]는 해당 물질의 초기 농도이다.
예를 들면, 식(1)에서 Cu^{2+}와 Zn^{2+}의 반응계수는 모두 1이며, 만약 Zn^{2+}의 농도가 Cu^{2+}의 100배라면 $Q=100$이다. 그리고 산화전극(Zn)에서의 표준환원전위 $\varepsilon^{o}_{(산화전극)}$는 $-0.76\,V$이고, 환원전극(Cu)에서의 표준환원전위 $\varepsilon^{o}_{(환원전극)}$는 $0.34\,V$이므로, 표준전지전위($\varepsilon^{o}_{전지}$)는 $\varepsilon^{o}_{전지} = 0.34-(-0.76) = 1.10(V)$가 된다. 마지막으로 식(2)와 (3)에서 볼 수 있듯이, 산화-환원반응에 이동한 전자의 수(n)는 2이므로 전지전위($\varepsilon_{전지}$)는 $\varepsilon_{전지} = 1.10 - \frac{0.0591}{2}\times 2 = 1.0409\,(V)$이다.

(나) 화학전지에서 전기에너지를 만드는 데 사용되는 산화-환원반응은 전자를 얻거나 잃어버리는 반응이다. 하지만 역사적으로 보면 '산화'라는 말은 산소와 결합하여 산화물을 만들 때 사용되었고, '환원'은 산화물에서 산소를 제거하여 원소를 만들 때 사용되었다. 예를 들어, 공기 중에 노출된 철이 부식되는 과정을 살펴보자(철이 부식되면 철의 강도가 급격히 약해진다). 부식과정에서 철은 다음과 같이 산소와 결합하여 산화철이 된다.

$$4Fe + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$$

이 반응을 산화반응이라고 하는데, 이는 철이 대기 중의 산소에 노출되면 산소에 비해 전자를 밀어내는 힘이 강해서 전자를 산소에 잃게 되고, 그 과정을 거쳐 산화철이라는 새로운 분자로 변형되는 데에 기인한다. 결국 철의 입장에서는 산화반응이 되고, 산소의 입장에서는 환원반응이 된다. 결과적으로 어떤 물질이 산소와 결합하거나 또는 같은 의미로 전자를 잃는 것을 산화반응이라 하고, 그 반대를 환원반응이라 한다.

다음은 실생활에서 쉽게 발견할 수 있는 산화-환원반응의 몇 가지 예이다. 껍질을 깎은 과일을 공기 중에 일정시간 놓아두면 갈색으로 변한다. 이는 과일이 껍질에 둘러싸여 있을 때보다 쉽게 산화되기 때문이다. 은(Ag)은 다른 물질에 비해 산화반응이 천천히 일어나므로 구리(Cu) 반지에 은도금을 하면 반지의 표면에서 전자의 이동, 즉 공기와의 결합으로 인한 부식을 지연시킬 수 있다. 또한 은과 구리 사이에도 산화-환원반응이 일어나기 어렵기 때문에, 반지의 구조를 안정적으로 유지할 수 있다. 은도금을 하기 위한 방법으로 금속의 반응성을 이용한 산화-환원반응을 이용하게 된다. 환원전극에 은 조각을 연결하고, 산화전극에는 구리반지를 연결하여 은이온이 녹아 있는 수용액에 담가 두어 전류를 흐르게 한다. 그러면 은 조각 표면에서는 산화반응에 의해 은이온이 수용액에 녹아들고, 반지의 표면에서는 환원반응이 일어나 구리반지에 은이 도금된다. 차나무의 어린잎을 따서 만드는 차 가운데, 산화차는 산화반응을 통해 얻어지게 된다. 이러한 반응이 최적의 상태에서 이루어지게 하려면 일정시간 동안 습도가 높고 산소가 풍부한 공기를 공급해 주어야 한다. 그리고 찻잎이 산소와 접촉하는 표면적을 높이기 위해 작은 크기로 잘게 잘라 놓아야 한다. 산화반응이 진행되는 동안 찻잎 내의 폴리페놀이라는 물질이 산소와 결합하여 독특한 향과 맛을 내는 성분으로 변하게 된다. 대표적인 산화차로는 홍차가 있다. 그 외의 산화-환원반응의 예로,

표백제 등과 같이 특정 색깔을 띠게 하는 물질에서 전자들을 제거하여 특정 파장의 빛을 흡수하지 못하게 하거나, 가정용 액화천연가스가 연소하면서 많은 열과 빛을 발산하는 것, 그리고 불꽃놀이에서 마그네슘이 산소와 결합하여 엄청난 양의 빛을 내는 것 등을 들 수 있다.

[문제 1] 다음과 같은 조건으로 산화–환원반응을 통해서 화학전지를 구성하였을 때, 전지 전위를 구하고 그 과정을 기술하시오.

- 산화–환원반응식 : $3\mathrm{Mg}(s) + 2\mathrm{Al}^{3+}(aq) \rightarrow 3\mathrm{Mg}^{2+}(aq) + 2\mathrm{Al}(s)$
- 표준환원전위 : $\varepsilon^{o}_{(\text{산화전극})} = -2.37\ V$, $\varepsilon^{o}_{(\text{환원전극})} = -1.66\ V$
- 반응물과 생성물의 초기농도 : $[\mathrm{Al}^{3+}] = 1\,\mathrm{M}$, $[\mathrm{Mg}^{2+}] = 0.1\,\mathrm{M}$

[문제 2] 철판을 잘라서 어떤 기구를 조립했다고 하자. 이 기구를 안정적으로 잘 유지하기 위한 방법들을 산화–환원반응의 원리에 기초하여 제시하고 그 이유를 논리적으로 설명하시오.

예시답안

[문제 1]

화학전지에서 표준상태가 아닌 경우, 전지의 전위(기전력)는 온도, 기체의 부분 압력, 혼합물의 농도 등에 영향을 받는다. 전지를 구성하고 있는 산화-환원반응식, 표준환원전위, 혼합물의 농도가 주어졌을 때, 네른스트 식(Nernst equation)을 이용하여 전지의 전위를 구하면 된다.

산화-환원반응식($3Mg + 2Al^{3+} \rightarrow 3Mg^{2+} + 2Al$)으로부터
음극의 산화반응($3Mg \rightarrow 3Mg^{2+} + 6e^{-}$)과 양극의 환원반응($2Al^{2+} + 6e^{-} \rightarrow 2Al$)식을 알 수 있다.
그러므로 이 반응에서 이동한 전자의 수(n)는 6이다.

표준전지전위($\varepsilon^{o}_{전지}$)는 환원전극과 산화전극의 표준환원전위의 차이로부터 구할 수 있다.
$\varepsilon^{o}_{(환원전극)} = -1.66\,V$이고 $\varepsilon^{o}_{(산화전극)} = -2.37\,V$이므로,
$\varepsilon^{o}_{전지} = \varepsilon^{o}_{(환원전극)} - \varepsilon^{o}_{(산화전극)}$에 대입하면, $\varepsilon^{o}_{전지}$= -1.66 - (-2.37) = 0.71 (V)이다.

산화-환원반응식으로부터 반응물인 Al3+의 초기농도는 1M, 반응계수 2이고
생성물인 Mg2+의 초기농도는 0.1M, 반응계수는 3이므로
반응지수(Q)는 $\frac{(0.1)^3}{1^2} = 10^{-3}$ 이다.

최종적으로 네른스트 식(Nernst equation), $\varepsilon_{전지} = \varepsilon^{o}_{전지} - \frac{0.0591}{n} \times \log_{10}(Q)$에서 전지전위($\varepsilon_{전지}$)를 구하면, $\varepsilon_{전지} = 0.71 - \frac{0.0591}{6} \times \log_{10}(10^{-3}) = 0.73955\,(V)$ 이다.

5

문제 출처	2011년도 성균대학교 수시논술 자연2 문제4.

다음 〈제시문 4-1〉부터 〈제시문 4-4〉를 읽고 [문제 4-i]에서 [문제 4-iii]까지 문항별로 답하시오.

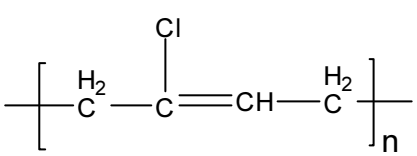
〈제시문 4-1〉 유기 고분자 물질은 많은 물건을 만드는 데 사용된다. 고분자 화합물을 이루는 기본 단위 물질을 단위체라 부른다.

〈제시문 4-2〉 유기 고분자는 일반적으로 사슬 형태를 가지는 것과 사슬이 이어진 그물 형태를 가지는 것이 있으며 사슬간의 상호 작용은 고분자의 성질에 많은 영향을 준다.

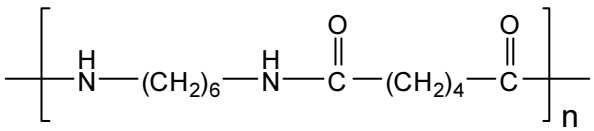
〈제시문 4-3〉 유기 고분자 사슬의 말단 부분은 반복되는 사슬의 중간 구조와 다른 구조를 가지고 있지만, 일반적으로 유기 고분자는 충분히 큰 분자량을 가지므로 중간 구조와 말단 부분의 구조적 차이는 무시할 만하다.

〈제시문 4-4〉 C, H, N, O, Cl의 원자량을 각각 12.0g/mol, 1.0g/mol, 14.0g/mol, 16.0g/mol, 35.5g/mol으로 간주한다.

[문제 4-ⅰ] 천연 고무와 유사한 성질을 가지는 물질로 다음의 구조식을 가지는 합성 고무가 있다. 첨가 중합반응으로 만들어진 이 고분자 물질의 단위체 구조식을 제시하시오. 또한 이 합성 고무 100g에 사용된 단위체는 몇 g인지 정수 값으로 답하시오.

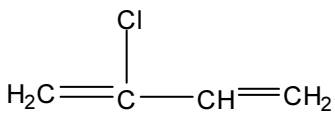


[문제 4-ii] 6,6 나일론은 다음의 구조식을 가지는 고분자 물질이다. 이 고분자는 디카르복시산 단위체인 아디프산과, 헥사메틸렌디아민을 사용하여 만든다. 이 고분자 물질 150 g에 사용된 아디프산은 몇 g인지 정수 값으로 답하시오.



[문제 4-iii] 〈제시문 4-2〉를 참조하여 사슬형태를 가지는 6,6 나일론이 높은 섬유강도를 보이는 이유를 설명하시오.

예시답안

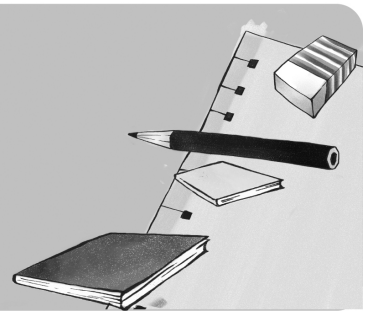
[문제 4- i]		
배점	해답	채점기준
1점	제시된 유기 고분자 합성 고무는 고분자화 반응 중 첨가 중합반응에 의해 만들어지며 단위체는 다음과 같은 구조식을 가진다. 	구조식이 맞으면 1점 설명에 대해 고려할 필요는 없음
1점	제시된 합성 고무는 단위체간의 첨가 반응에 의해 합성됨으로 100 g의 고분자에 사용된 단위체는 다른 고려없이 100 g으로 계산할 수 있다.	답이 맞으면 1점 설명에 대해 고려할 필요는 없음

[문제 4- ii]		
배점	해답	채점기준
1점	6,6 나일론은 아디프산과 헥사메틸렌디아민 사이의 탈수 축합 중합 반응에 의해 펩타이드 결합의 형성으로 만들어진다. 150 g 나일론에 내포되어 있는 아디프산의 몰 수를 이해하고 반응 과정에 탈수를 고려한 간단한 계산으로 사용된 아디프산의 양을 계산할 수 있다. 우선 고분자 구조식에 나타난 고분자 반복 부분의 화학식량은 C12H22N2O2 226 g/mol로 계산할 수 있다. (나일론 150g)/(226g/mol)로 아디프산의 몰 수를 계산할 수 있으며 여기에 아디프산의 분자량 C6H10O4 146g/mol을 곱하면 사용된 아디프산을 아래와 같이 구할 수 있다. (고분자 질량, 150g / 고분자 반복 부분의 화학식량, 226g/mol) * (아디프산 분자량, 146g/mol) = 96.9g = 97g	답이 맞으면 1점 풀이 과정을 적지 않아도 됨 문제에 정수값으로 답하라고 명시하였으므로 96 g, 96.9 g도 맞는 답안으로 처리

[문제 4-iii]		
배점	해답	채점기준
1점	제시문에서 설명한 것과 같이 사슬형태를 가지는 고분자 물질은 사슬간의 상호작용은 고분자의 물성에 많은 영향을 준다. 나일론은 기본적으로 폴리펩타이드 형태의 고분자로서 각각의 사슬에 있는 -CONH- 사이에 수소결합, N-H--O을 통하여 인접 사슬간의 상호 작용이 발생하며 이를 통해 섬유의 강도가 높아진다.	예시 답안의 취지로 수소 결합 개념을 이용하여 사슬을 상호작용을 설명하면 1점

3강

생물중심 문항



1

문제 출처	2011학년도 중앙대학교 수시논술 자연I 문제1

(가) 사람은 생명을 유지하는데 필요한 에너지와 몸을 구성하는데 필요한 물질을 음식물 속에 들어 있는 영양소로부터 얻는다. 탄수화물은 포도당과 같은 단당류로, 단백질은 아미노산으로 분해되어 흡수된다. 지질은 물에 녹지 않는 물질로 소화과정에서 글리세롤과 지방산으로 분해되어 흡수된다. 여기서 '흡수'라고 하는 현상은 체외로부터 물질이 혈관 속으로 들어가는 것을 의미하며 영양물질의 흡수는 소장에서 가장 활발하다. 흡수를 담당하는 주요 조직인 상피조직은 상피세포로 이루어져 있다. 세포막은 지질과 단백질로 구성되며 세포막을 통한 물질의 수송에는 수동수송 또는 능동수송이 관여한다. 수동수송은 물질이 지질막에 분배, 용해되어 확산되는 과정으로, 지용성이 높은 물질일수록 투과성이 크다. 수동수송에서 물질 이동을 일으키는 힘은 세포막 내부와 외부의 농도 차이이기 때문에 단위 시간동안 단위 면적을 통과하는 물질의 양은 세포막 내부와 외부의 농도 차이에 비례한다.

(나) 아미노산, 단당류와 같이 생체에 필수적인 영양 물질, 비타민, 호르몬 등은 세포막의 친수성 통로를 통과할 수 없을 정도의 큰 분자이고 수용성이다. 이 분자들은 수송 담체(transport carrier 또는 pump)의 도움을 받아 농도 차이에 역행하여 세포막을 통과한다. 능동수송에 관여하는 담체는 소장의 특정 부위에서 특정 물질만을 선택적으로 수송하며 생체 내 대사 에너지를 필요로 한다. 소장의 융털에는 아미노산과 포도당을 수송하기 위한 담체가 잘 발달되어 있는데, 그 예로는 글루타민을 수송하는 중성 아미노산 담체, 글리신을 수송하는 글리신 담체, 포도당을 수송하는 포도당 담체 등이 있다. 능동수송에 관여하는 담체의 수가 제한되어 있기 때문에 수송 물질의 단위 시간 당 투과량이 물질의 농도에 비례하여 증가하지 않고 일정 수준에서 포화된다.

[문제 1] 다음 자료는 단백질, 탄수화물, 지방이 소화되어 생성된 분해물 A, B, C 의 특성을 정리한 것이다.

물질명	A	B	C
녹는점(°C)	182	146	13
열량(kcal/g)	4	4	9
물에서의 용해도(g/100ml, 25°C)	25	91	0.001
기름에서의 용해도(g/100ml, 25°C)	0.01	0.18	65

위 자료에 나타난 물질 A, B, C 의 세포막 투과 방식이 능동수송인지 수동수송인지를 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 설명하시오. [15점]

예시답안

(1) A는 수용성 물질이라 지질로 구성된 세포막을 통과하기 어렵다. 제시문(나)에서와 같이 능동수송에 의해 세포막을 통과한다.

(2) B는 수용성 물질이라 지질로 구성된 세포막을 통과하기 어렵다. 제시문(나)에서와 같이 능동수송에 의해 세포막을 통과한다.

(3) C는 기름에 매우 잘 녹는 물질이라 지질로 구성된 세포막을 잘 통과할 수 있다. 따라서 수동수송에 의해 세포막을 통과한다.

2

문제 출처	2011학년도 성균관대학교 수시논술 자연2 문제5.

다음 〈제시문 5-1〉부터 〈제시문 5-3〉, [표], [그림]을 참고하여 [문제 5-i]에서 [문제 5-iv]까지 문항별로 답하시오.

〈제시문 5-1〉 체내의 항상성은 몸의 모든 기관들과 배설계, 신경계 및 내분비계 등이 협력하여 유지된다. 특히 배설은 유독성 노폐물에 의한 중독증을 방지하며 체내의 삼투압을 유지하는 기능을 한다.

〈제시문 5-2〉 신장에서 물질의 수송은 ATP를 소모하는 능동 수송, 농도차에 따른 확산과 삼투에 의해 이루어진다. 삼투는 생체막을 사이에 두고 용질의 농도차를 줄이기 위해 물이 이동하는 현상이다.

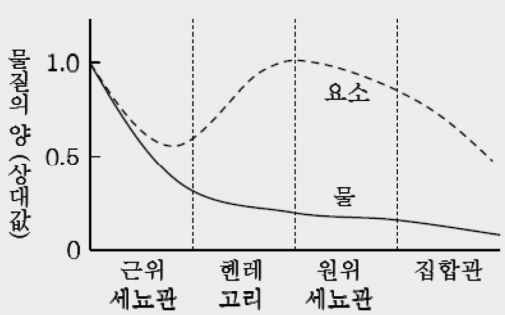
〈제시문 5-3〉 뇌하수체 후엽에서 분비되는 항이뇨 호르몬(ADH, 바소프레신이라고도 함)은 수분의 재흡수를 촉진하고, 부신 피질에서 분비되는 알도스테론은 무기염류의 재흡수를 촉진한다. 이러한 호르몬의 분비는 체내의 생리적 상태에 따라 조절되고, 이에 따라 오줌의 양과 농도가 변한다. 그 결과 체액의 삼투압이 일정하게 유지된다.

[표 1] 혈장, 원뇨 및 오줌의 성분과 농도

(단위: g/100 mL)

물질	혈장	원뇨	오줌
물	90	90	95
단백질	8	-	-
포도당	0.1	0.1	-
아미노산	0.05	0.05	-
요소	0.03	0.03	1.8

[그림 1] 네프론에서 물과 요소의 상대량



다음 보기는 일상생활에서 인체에 일어날 수 있는 생리적 변화 요인들을 나열한 것이다.

〈보기〉

a. 다량의 출혈로 인한 총 혈액양 감소
b. 다량의 물을 마심
c. 짠 음식을 과식함
d. 앤지오텐신 전환효소 억제 기능을 가진 고혈압약 복용
e. 음주

[문제 5-ⅰ] 위 〈보기〉 중에서 오줌의 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 오줌의 양이 감소하는지 설명하시오.

[문제 5-ⅱ] 위 〈보기〉 중에서 혈액에 분비된 알도스테론의 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 알도스테론의 분비가 감소하며, 그 결과 오줌의 양은 어떤 변화를 보이는지 설명하시오.

[문제 5-ⅲ] 위 〈보기〉 중에서 혈액에 분비된 항이뇨 호르몬(ADH) 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 항이뇨 호르몬의 분비가 감소하며, 그 결과 오줌의 양은 어떤 변화를 보이는지 설명하시오.

[문제 5-ⅳ] 사람의 체내에서 발생하는 질소노폐물은 간에서 요소로 전환되어 신장을 통해서 배출된다. [그림 1]은 네프론의 각 위치에서 분비 및 재흡수에 의한 요소와 물의 상대량을 나타낸다. 요소는 오줌에서 원뇨에 비해 60배 농축되지만([표 1] 참조), 여과된 요소의 약 15% 만이 오줌으로 배설되고 나머지는 재흡수 된다. 집합관에서 요소의 재흡수가 가져오는 긍정적 결과는 무엇인지 설명하고, 만일 농축된 요소가 집합관에서 재흡수 되지 않고 모두 배설된다고 가정하면 오줌의 양에는 어떤 영향을 미칠지 추론하시오.

예시답안

[문제 5-i]		
배점	해답	채점기준
5점	오줌의 양이 감소한 경우: a. 출혈로 인한 총 혈액양 감소, c. 짠 음식을 과식	혈액양 감소, 짠음식 섭취 두 가지 선택이 맞으면 3점, 둘 중 하나만 맞으면 2점
	출혈로 인한 혈액양 감소: 혈압을 인지하는 압력 수용기에 의해 항이뇨 호르몬과 알도스테론 분비 증가→신장에서 물의 재흡수 증가→오줌의 양 감소	오줌의 양 감소에 대한 설명이 맞으면 1점
	짠 음식 섭취: 짠 음식 섭취로 인해 체액 삼투압 증가→시상하부의 삼투수용기에서 인지→항이뇨 호르몬 분비 증가→신장에서 물의 재흡수 증가→오줌의 양 감소	오줌의 양 감소에 대한 설명이 맞으면 1점

[문제 5-ii]		
배점	해답	채점기준
5점	알도스테론의 양이 평소보다 감소한 경우: c. 짠 음식을 섭취 d. 고혈압약 복용	짠 음식을 과식, 고혈압약 복용 두 가지 선택이 맞으면 2점, 둘 중 하나만 맞으면 1점
	짠 음식 섭취: 혈액의 앤지오텐신 양 감소(ACTH양이 감소한다고 해도 정답 처리) → 알도스테론 분비 감소 → 신장에서 염의 재흡수 감소 항이뇨 호르몬 증가→오줌의 양 감소	알도스테론 감소에 대한 설명이 맞으면 1점
	고혈압약 복용: 앤지오텐신 양 감소→알도스테론 분비 감소→신장에서 물의 재흡수 감소→오줌의 양 증가	알도스테론 감소에 대한 설명이 맞으면 1점 오줌의 양 증가 또는 감소에 대한 설명 맞으면 1점

3

문제 출처	2011학년도 경희대학교 수시논술 논제 2-2

〈제시문〉

[라] 1953년 왓슨과 크릭에 의해 발표된 DNA 이중나선 구조의 염기들은 분자 구조상 아데닌(A)은 티민(T)과, 구아닌(G)은 시토신(C)과 짝을 짓는데 이를 상보적 결합이라고 한다. 유전 정보는 DNA에서 RNA로, 그리고 단백질의 순으로 전달되며, DNA의 정보가 RNA로 전달되는 과정을 전사라 하고, 만들어진 RNA의 정보로부터 단백질이 합성되는 과정을 번역이라고 한다. DNA 주형가닥은 전사 과정에서 상보적인 염기로 변하는데 RNA에서는 티민 대신 우라실(U)이 사용된다. DNA의 유전암호는 전사에 의해 RNA의 유전 암호인 코돈으로 전달되며, A, G, C, U 4종류의 염기가 3개씩 모여 이루어진 64종의 코돈이 존재한다. 이 중에서 61개는 아미노산에 대한 유전 암호이고, 나머지 3개는 종결코돈으로 사용된다. (코돈과 대응하는 아미노산의 예: ACU/ACC–트레오닌, CAU/CAC–히스티딘, CCA/CCU–프롤린, CUU/CUC–류신, GAA/GAG– 루탐산, GUA /GUG–발린, GGA/GGC–글리신, UAA/UGA–정지코돈)

[마] 양친에게 없던 형질이 새로 나타나 자손에게 유전되는 현상을 돌연변이라고 하며, 이는 유전자의 염기서열에 이상이 생기거나 유전자가 존재하는 염색체의 수나 구조에 이상이 생겨 나타난다. 유전자 돌연변이는 염색체의 수, 모양, 크기에는 영향을 주지 않기 때문에 핵형 분석으로는 알아낼 수 없다. 적혈구의 헤모글로빈을 만드는 유전자의 서열에 이상이 생겨 나타나는 돌연변이 헤모글로빈은 산소와 결합하지 않은 상태에서 서로 달라붙어 긴 바늘 모양의 구조를 형성한다. 이때 적혈구는 정상적인 원반 모양에서 길게 찌그러진 낫 모양으로 바뀌게 된다. 변형된 적혈구는 유연성이 부족하여 모세혈관을 통과할 수 없으며, 비장에서 쉽게 파괴된다. 아래는 정상형과 돌연변이형의 헤모글로빈 베타사슬의 4번째부터 7번째 아미노산에 해당하는 DNA 주형가닥의 염기서열이다.

아미노산 서열	4번째	5번째	6번째	7번째
정상형 염기서열	3'-TGA	GGA	CTT	CTC-5'
돌연변이형 염기서열	3'-TGA	GGA	CAT	CTC-5'

[바] 낫 모양 적혈구 돌연변이는 아프리카계 미국인에게 1/500의 높은 발생확률로 유전된다. 흥미롭게도 이 낫 모양 적혈구 돌연변이는 치사율이 높은 말라리아가 만연하는 중앙 아프리카 지역에서 흔히 나타나므로, 이 적혈구 돌연변이와 말라리아 발병 사이의 상관성이 연구되었다. 실제로 낫 모양 적혈구의 세포막은 물질의 투과성이 비정상적이어서 말라리아 원충이 대사에 장애를 받으므로, 정상형 적혈구에 비해 낫 모양 적혈구는 원충에 의해 감염되지 않는다는 사실이 밝혀졌다.

[논제 II-2] 제시문 [라]~[바]를 참조하여 다음 질문에 답하시오. (25점)

(1) 제시문 [라]와 [마]를 참조하여 헤모글로빈 베타사슬의 돌연변이가 아미노산 서열에 어떠한 변화를 초래하는지 정상형과 비교하여 설명하고, 헤모글로빈 유전자 돌연변이로 인해 나타날 수 있는 증상이 무엇인지 유추하여 설명하시오.

(2) 제시문 [마]와 [바]의 사실과 생물학적인 일반 원리를 바탕으로 아프리카계 미국인에게 낫 모양 적혈구 돌연변이의 발병률이 높은 이유를 추론하시오.

예시답안

[논제 II-2]

(1) (가) 주어진 헤모글로빈 베타 사슬의 4-7번째 아미노산 서열을 코드하는 주형가닥 DNA를 상보적인 서열로 바꾼 후, 이에 해당하는 유전자 코드를 활용하여, 정상 베타 사슬의 4-7번째 아미노산 서열은 트레오닌-프롤린-글루탐산-글루탐산의 서열인데 반해 돌연변이형은 서열은 트레오닌-프롤린-발린-글루탐산으로 결정되며, 6번째 아미노산이 다름을 알 수 있다. 즉, 제시문 [마]에서 제공된 DNA 주형가닥의 염기서열이 전사 과정을 통해 정상형 주형가닥은 상보적인 서열인 5'-ACU CCU GAA GAG로 전환되고, 돌연변이형은 5'-ACU CCU GUA GAG로 전환되는데 이 염기서열을 바탕으로 제시문 [라]에서 예시한 코돈에 상응하는 아미노산 서열로 바꿔야 한다. 결과적으로, 정상 헤모글로빈 베타사슬의 6번째 아미노산이 글루탐산인데 반해 돌연변이 베타사슬의 6번째 아미노산이 발린임을 확인할 수 있어야 한다. 이처럼 헤모글로빈 베타사슬에서 나타나는 염기 하나의 변이는 하나의 아미노산 서열이 바뀌는 결과를 초래하였으며, 표현형으로는 낫 모양의 적혈구로 나타났다.
(나) 변형된 적혈구는 제시문 [마]에서 제공한 내용처럼 유연성이 부족하여 모세혈관을 통과하는데 장애를 초래할 뿐 만 아니라 비장에서 쉽게 파괴되므로 전체적인 혈액 내 적혈구 수의 감소를 가져와 산소운반에 지장을 초래한 빈혈증상 나타낸다. 결국 이러한 낫 모양 적혈구 발병을 겸형 적혈구 빈혈증이라고 일컫는다. 뿐만 아니라 낫 모양 적혈구는 모세혈관을 원활히 통과하지 못하므로 혈액 순환에도 장애를 가져오며 이로 인한 혈관 파손, 통증 등 많은 조직의 손상을 유발한다.

(2) 아프리카계 미국인에게 낫 모양 적혈구 돌연변이의 발생확률이 높은 것은 돌연변이를 포함하는 유전형질이 지속적으로 자손에게 전달되는 당연한 결과이다. 이러한 돌연변이 유전형질은 말라리아가 만연한 중앙 아프리카 지역에서 치사율이 높은 말라리아에 대한 저항성을 갖게 된 환경 적응의 결과로, 말라리아에 감염된 정상인 보다 낫 모양 적혈구를 갖는 돌연변이형이 더 많은 자손을 남길 수 있다. 제시문 [바]에서 제공

된 정보를 통해 낫 모양 적혈구는 말라리아 원충에 대한 감염이 상대적으로 정상형 보다 낮음을 알 수 있어 이들의 상관성을 설명할 수 있겠다. 자연에서 주어진 생존의 압력으로부터 적응되어진 자손이 많이 살아남게 되는 현상을 자연선택의 원리(적자생존)로 설명할 수 있다.

4

문제 출처	2011년도 성균관대학교 자연1. 문제5

〈제시문 5-1〉 생물체의 DNA는 서로 다른 4가지의 뉴클레오티드로 구성되어 있고, 유전 정보는 염기의 배열 순서에 따라 달라진다. DNA상의 유전 정보는 전사과정을 통하여 mRNA로, 번역과정을 통하여 단백질로 전달된다. 단백질은 아미노산의 서열에 따라 단백질 특유의 3차 구조를 가진다. 아미노산이 치환될 경우, 치환된 아미노산의 곁가지(R-그룹) 성질에 따라 단백질의 3차 구조가 변하기도 한다. 3차 구조의 변화는 단백질의 기능에 영향을 미친다.

〈제시문 5-2〉 단백질은 20종류의 아미노산으로 이루어져 있다. mRNA의 3개 염기 단위를 코돈이라 하는데, 하나의 코돈이 하나의 아미노산을 지정한다. 64개의 코돈 중 61개의 코돈이 20종류의 아미노산을 지정하므로 1가지 이상의 코돈이 같은 아미노산을 지정할 수 있다. 코돈 UGA, UAA, UAG는 단백질 합성을 끝내도록 지시하는 종결코돈이다.

〈제시문 5-3〉 유전자를 구성하는 DNA 염기서열에서 한 개 이상의 염기가 다른 염기로 바뀌는 경우를 유전자 돌연변이라고 한다.

[표 1] 유전 암호표

첫째 염기	둘째염기 U		둘째염기 C		둘째염기 A		둘째염기 G		셋째 염기
U	UUU	페닐알라닌	UCU	세린	UAU	티로신	UGU	시스테인	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	류신	UCA		UAA	종결코돈	UGA	종결코돈	A
	UUG		UCG		UAG	종결코돈	UGG	트립토판	G
C	CUU	류신	CCU	프롤린	CAU	히스티딘	CGU	아르기닌	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	글루타민	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	이소류신	ACU	트레오닌	AAU	아스파라긴	AGU	세린	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	리신	AGA	아르기닌	A
	AUG	메티오닌	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	발린	GCU	알라닌	GAU	아스파르트산	GGU	글리신	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	글루탐산	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

[문제 5-ⅰ] 단백질의 아미노산 서열은 유전 정보에 의해 결정되므로 아미노산의 순서를 알면 유전 암호를 유추할 수 있다. 어떤 폴리펩티드의 아미노산 서열이 아래와 같을 때, 이에 대응하는 염기서열을 가지는 mRNA의 개수를 [표 1]에 제시된 유전 암호표를 이용하여 구하시오.

류신–발린–세린–아르기닌–시스테인

[문제 5-ⅱ] 코돈을 구성하는 세 가지 염기 중에서 세번째 염기에서 발생한 염기의 변화가 첫 번째 또는 두 번째 염기에서 발생한 염기의 변화보다 생물체에 덜 치명적인 경우가 많다. 그 이유가 무엇인지 [표 1]에 제시된 유전 암호표를 이용하여 추론하시오.

[문제 5-ⅲ] 오른쪽 표는 대장균(야생형)의 한 유전자에서 전사된 mRNA의 개시코돈(AUG)을 포함한 5개의 코돈과 이 유전자에서 발견된 4종류의 돌연변이를 나타낸다(여기서 밑줄로 표시된 부분은 돌연변이가 일어난 염기를 나타낸다). 이 4종류의 돌연변이주에서 합성된 단백질 중에서 이 단백질의 기능에 가장 큰 영향을 미칠 것이라고 생각되는 유전자 돌연변이를 선택하고, 그 이유를 설명하시오.

종류	mRNA 염기서열
야생형	AUGGUUCUUAAGGAA
돌연변이 1	AUGCUUCUUAAGGAA
돌연변이 2	AUGGUUAUUAAGGAA
돌연변이 3	AUGGUUCUUGAGGAA
돌연변이 4	AUGGUUCUUAAGGAU

예시답안

[문제 5-i]		
배점	답안 핵심 내용	채점기준
5점	▶ 류신은 6개, 발린은 4개, 세린은 6개, 아르기닌은 6개, 시스테인은 2개의 코돈에 의하여 지정되므로 이들의 조합에 의하여 만들 수 있는 모든 mRNA의 개수는 6x4x6x6x2 = 1728개임.	- 1728개가 맞으면 5점 - 각 아미노산에 대응하는 코돈의 개수를 완벽하게 구했지만 답이 틀리면 3점 - 각 아미노산에 대응하는 코돈의 개수가 하나라도 틀리면 0점

[문제 5-ii]		
배점	답안 핵심 내용	채점기준
5점	▶ 많은 코돈의 경우, 첫 번째나 두 번째 염기에 비해 세 번째 염기의 변화는 아미노산의 치환이 일어나지 않을 확률이 높음.	- 첫 번째나 두 번째 염기에 비해 세 번째 염기의 변화는 아미노산의 치환이 일어나지 않을 확률이 높다는 것을 특정 아미노산을 예를 들어 설명하였으면 5점 - 특정 아미노산을 예를 들지 않고, 첫 번째나 두 번째 염기에 비해 세 번째 염기의 변화는 아미노산의 치환이 일어나지 않을 확률이 높다는 설명만 있으면 2점

[문제 5-iii]		
배점	답안 핵심 내용	채점기준
10점	▶ 주어진 야생형과 돌연변이들의 아미노산 서열은 다음과 같다 야생형 메티오닌-발린-류신-리신-글루탐산 돌연변이1 메티오닌-류신-류신-리신-글루탐산 돌연변이2 메티오닌-발린-이소류신-리신-글루탐산 돌연변이3 메티오닌-발린-류신-글루탐산-글루탐산 돌연변이4 메티오닌-발린-류신-리신-아스파르트산	다음은 (1)과 (2) 항목을 각각 5점씩 배정 하였음 - 돌연변이 3번이라고 하면 3점, 돌연변이 3번의 아미노산의 서열을 쓰면 2점 (1) 야생형과 돌연변이들의 아미노산 서열 - 5개가 맞으면 5점 - 4개가 맞으면 4점 - 3개가 맞으면 3점 - 2개가 맞으면 2점 - 1개가 맞으면 1점 (2) 곁가지 성질의 변화와 단백질의 3차 구조의 변화 - 류신, 발린, 이소류신, 리신, 글루탐산, 아스파르트산의 곁가지 성질을 맞게 설명하고, 곁가지의

[문제 5-iii]		
배점	답안 핵심 내용	채점기준
	▶ 아미노산의 곁가지의 특성 - 류신, 발린, 이소류신은 소수성 - 글루탐산과 아스파르트산은 -전하를 띰 - 리신은 +전하를 띰 - 아미노산의 곁가지 성질의 변화가 단백질의 3차 구조에 심각한 변화를 일으켜 기능이 저해될 거리라고 생각	성질 변화가 단백질의 3차 구조를 변하게 하여 기능을 저해할 것이라는 내용이 있으면 5점 - 류신, 발린, 이소류신, 리신, 글루탐산, 아스파르트산의 곁가지 성질을 맞게 설명하면 3점 - 류신, 발린, 이소류신, 리신, 글루탐산, 아스파르트산의 곁가지 성질을 설명하지 않고, 단지 단백질의 3차 구조를 변하게 하여 기능을 저해할 것이라는 내용이 있으면 2점

5

문제 출처	2011년도 동국대학교 수시논술 문제5

〈제시문〉

[가] 평형은 시간이 경과해도 변화를 관찰할 수 없는 상태이다. 화학 반응이 평형 상태에 이르면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아져 반응물질과 생성물질의 농도가 시간이 지나도 일정하다. 일정한 온도에서 화학반응이 평형 상태에 도달하였을 때, '생성물질의 농도 곱과 반응물질의 농도 곱의 비'(평형 상수)는 항상 일정하다. 만약 실험조건에 변화를 주어 이러한 균형을 깨트리면, 생성물을 많게 또는 적게 생성하도록 평형의 위치를 이동시킬 수 있다. 평형 상태에 있는 가역 반응에 온도, 농도 또는 압력과 같은 조건을 변화시키면, 그 변화의 영향을 줄이려는 방향으로 평형이 이동하여 새로운 평형에 도달한다. 이것을 '르샤틀리에의 원리' 또는 '평형 이동의 법칙'이라고 한다.

[나] 혈액의 다양한 생리 기능 가운데 가장 중요한 기능은 세포가 필요로 하는 산소를 공급하는 것이다. 적혈구 내에 있는 헤모글로빈(Hb)은 폐에서 산소와 결합하여 산소헤모글로빈[Hb(O2)4] 형태로 신체의 모든 조직 세포에 산소를 운반한다. 이것을 간단한 반응식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$Hb(aq) + 4O2(g) \rightleftarrows Hb(O2)4(aq) \cdots\cdots (1)$$

폐에서는 산소 분압이 높아 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 대부분의 헤모글로빈이 산소와 결합된 상태로 존재하지만, 산소 분압이 낮은 조직 세포에서는 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 조직 세포에 산소를 공급할 수 있다. 혈액 내에서는 산소 농도 외에 이산화탄소 농도, 온도, 수소이온 농도 등이 헤모글로빈의 산소 결합 능력에 영향을 미친다. 헤모글로빈의 산소 해리도는 이산화탄소 농도가 높을수록, 온도가 높을수록, pH가 낮을수록 증가한다.

[다] 오랜 시간 동안 고산지대에서 생활한 사람들의 혈중 헤모글로빈 수치는 해수면 높이의 지대에서 사는 사람들에 비해 상대적으로 높다는 연구 결과가 보고되어 있다. 마라톤 경기처럼 장시간 달리기를 하려면 몸에 많은 산소를 공급해야 하므로 헤모글로빈 농도가 높고 폐활량이 좋아야 한다. 마라톤 선수들이 산소의 농도가 낮은 고산지대에서 훈련하면 산소가 낮은 환경에 적응하기 위하여 폐활량과 같은 심폐기능이 향상된다. 이러한 이유로 케냐, 에티오피아와 같은 고산지대의 선수들은 마라톤 등의 장거리 경기에 유리한 신체조건을 가지고 있다.

[라] 사람이 호흡 운동을 하는 이유는 산소를 받아들이고 이산화탄소를 내보내기 위해서이다. 일반적으로 성인은 1분당 약 15~18회의 호흡 운동을 하는데, 심한 운동을 할 경우 호흡 속도가 빨라진다. 연수에 있는 호흡 조절 중추는 혈액 내의 이산화탄소 농도에 따라 호흡 속도를 조절하는데, 이산화탄소 농도가 높아지면 호흡을 빠르게 하고, 이산화탄소 농도가 낮아지면 호흡을 느리게 한다.

[마] 우리 몸은 혈액 등을 비롯한 체액의 pH를 일정하게 유지하려는 장치를 가지고 있다. 혈액에서는 주로 이산화탄소(CO2)가 혈액에 녹으면서 생성된 탄산수소이온(HCO3−)과 탄산(H2CO3)이 평형을 이루면서 pH 7.4를 유지한다.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftarrows H_2CO_3(aq) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \cdots\cdots\cdots (2)$$

심한 운동을 했을 때 근육에 통증이 오는 것은 혈액의 pH 조절 능력이 상실되어 나타나는 일시적 산증(acidosis) 현상이다. 운동 중에 산소가 충분히 공급되지 못하면 몸속에 산성의 젖산이 많이 생성되고, 이때 생성된 젖산이 혈액 속으로 녹아 들어가 혈액의 pH를 낮추어 이와 같은 증상이 나타나는 것이다.

[문제 5] 제시문을 바탕으로 고산지대에서 생활하는 사람이 해수면 높이의 지대에서 사는 사람보다 일반적으로 혈중 헤모글로빈 농도가 높은 이유를 쓰시오. 그리고 우리 몸속 혈액의 pH 변화에 따라 호흡 속도가 어떻게 조절되는지를 설명하시오.
〈18~23줄 (600~800자)〉 [30점]

예시답안

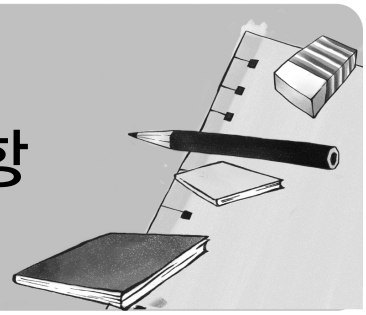
[문제 5]

고산지대에서는 대기압이 낮으므로 폐에서 산소의 분압이 낮아진다. 이는 르샤틀리에의 원리에 따라 산소의 농도를 증가시키기 위하여 산소헤모글로빈이 산소와 해리되는 방향으로 즉, 반응식(1)의 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 산소헤모글로빈 농도의 감소로 인해 조직 세포에서는 산소부족 현상을 겪게 된다. 그러므로 고산지대에 사는 사람은 조직 세포에 산소를 충분히 공급하기 위하여 혈중 헤모글로빈 농도를 증가시키는 방향으로 적응한다. 헤모글로빈의 농도가 증가하면 산소헤모글로빈의 형성 방향으로 즉, 반응식(1)의 정반응 쪽으로 평형을 이동시켜 조직 세포의 산소부족 현상을 해결한다.

우리 몸속 혈액의 pH는 호흡 조절에 의해 일정하게 유지된다. 혈액의 pH가 7.4보다 높아지면 이는 수소 이온 농도가 낮은 상태이다. 수소 이온의 농도가 낮은 상태에서는 르샤틀리에의 원리에 따라 탄산수소 이온(HCO3-)과 수소 이온의 농도를 증가시키는 방향으로 즉, 반응식(2)의 평형이 오른쪽으로 이동하여 이산화탄소의 농도가 감소한다. 이산화탄소의 농도가 감소하면 호흡중추는 호흡 속도를 느리게 하여 이산화탄소의 배출을 줄인다. 반대로 혈액의 pH가 7.4보다 낮아지면 수소 이온의 농도가 높은 상태이므로 르샤틀리에의 원리에 따라 반응식(2)의 평형이 왼쪽으로 이동하여 이산화탄소의 농도가 증가한다. 혈액 내에 이산화탄소의 농도가 증가하면 호흡중추는 호흡 속도를 빠르게 하여 이산화탄소를 배출한다. 이와 같은 방법으로 호흡중추는 호흡 속도를 변화시켜 혈액의 pH가 일정하게 유지한다.

4강

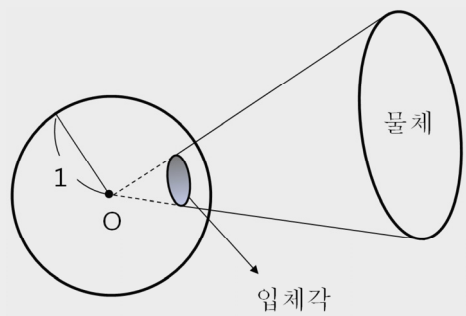
지구과학중심 문항



1

문제 출처	2011학년도 중앙대학교 수시논술 자연I 문제4

(다) 플럭스란 단위 시간동안 단위 면적을 통과하는 흐름의 양을 가리키는 용어로서 액체나 기체와 같은 유체(fluid), 전하(electric charge)와 같은 입자, 물체에서 복사된 에너지 등이 흐르는 정도를 나타낸다. 플럭스와 함께 사용되는 유용한 개념으로 입체각이 있는데, 이는 평면에서 정의되는 각이 3차원으로 확장된 것이다. 다음 그림 (1)과 같이 공간상의 한 점 O 에서 바라보는 임의의 물체를, 점 O 를 중심으로 하는 반경 1인 단위 구의 표면에 투사시킨 면적이 입체각이다. 입체각의 단위로는 스테라디안(steradian, sr)을 사용하며, 그 최댓값은 단위 구의 표면적에 해당하는 4π (단위: sr)이다. 물체를 바라보는 입체각은 관측자와 그 물체 사이 거리의 제곱에 반비례하여 줄어든다.



[그림 1]

예를 들어, 지구에서 보았을 때 태양과 달이 거의 같은 크기로 보이는 것은 태양과 달의 입체각이 거의 같기 때문이다. 복사 에너지를 플럭스로 나타내는 경우, 동일한 입체각으로 발산되는 플럭스의 합은 거리와 상관없이 일정하게 유지된다. 입체각의 크기가 매우 작을 경우 입체각 α 는 식 (1)과 같이 근사적으로 표현된다. 식 (1)에서 A 는 물체의 면적, D 는 관측자와 물체 사이의 거리이다.

$$\alpha \approx \frac{A}{D^2} \quad \cdots\cdots (1)$$

(라) 복사 평형(radiation balance)이란, 물체가 복사를 통해 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지의 양이 같아서 온도가 일정하게 유지되는 상태를 말한다. 흑체(black body)는 입사된 모든 빛을 흡수하는 이상적인 물체를 의미하며, 외부와 복사 평형 상태에 있는 경우 입사된 에너지만큼의 빛을 발산한다. 물체에 흡수된 복사 에너지의 크기를 입사된 복사 에너지의 크기로 나눈 값을 흡수율(absorptivity)이라고 부르는데, 흑체는 흡수율이 1인 물체이다.

절대온도가 T 인 흑체 표면에서 단위 시간동안 발산되는 복사 에너지는 온도의 4제곱에 비례하는데, 이를 스테판-볼츠만(Stefan-Boltzmann) 법칙이라 부르며 식 (2)와 같이 표현된다. 식 (2)에서 J 는 단위 시간동안 단위 면적에서 발산되는 복사 에너지, S 는 스테판-볼츠만 상수라고 불리는 고정된 값이다.

$$J = ST^4 \quad \cdots\cdots (2)$$

임의의 물체가 발산하는 복사 에너지의 크기를, 이 물체와 표면 온도가 같은 흑체가 발산하는 복사 에너지의 크기로 나눈 값을 방사율(emissivity)이라고 부르는데, 복사 평형 상태에서 모든 물체의 방사율은 그 물체의 흡수율과 크기가 같아진다. 이 현상을 키르히호프(Kirchhoff)의 법칙이라고 한다.

[문제 4] 태양을 반경 R, 표면 온도 T 인 흑체로 가정하고, 태양과 지구 사이의 거리를 D 라고 하자. 반경이 r 인 지구가 복사 평형 상태에 있다고 할 때, 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 지구 표면의 온도 T_E 를 구하는 과정을 논리적으로 설명하시오. 단, D 는 r 보다 매우 큰 값이며, 지구는 흑체가 아니다. [15점]

예시답안

스테판-볼츠만 법칙에 의해 단위 시간 당 태양의 표면에서 발생하는 복사 에너지의 총합은 다음과 같이 계산된다.

$$J_{tot} = 4\pi R^2 S T^4$$

태양과 지구 사이 거리가 $D\,(\gg r)$ 이므로 태양에서 바라본 지구의 입체각은 다음과 같다.

$$\text{입체각} = \frac{\pi r^2}{D^2}$$

같은 입체각 내에서 빛의 에너지가 유지되므로 단위 시간 당 지구로 입사하는 태양 복사 에너지의 총합은 다음과 같다.

$$\text{지구 입사 에너지} = \frac{\text{입체각}}{4\pi} \times J_{tot} = \frac{\pi r^2 R^2 S T^4}{D^2}$$

지구의 흡수율을 a라고 할 때, 지구에 흡수되는 단위 시간 당 에너지는 다음과 같다.

$$\text{지구 흡수 에너지} = \frac{a\pi r^2 R^2 S T^4}{D^2}$$

스테판-볼츠만 공식과 키르히호프 법칙을 적용하면 지구가 복사하는 단위 시간 당 에너지는 지구 온도가 T_E일 때 다음과 같다. (e는 지구의 방사율)

$$\text{지구 복사 에너지} = e \times 4\pi r^2 S T_E^4 = a \times 4\pi r^2 S T_E^4$$

복사 평형 상태에서 지구 복사 에너지와 지구 흡수 에너지가 같아야 하므로 T_E는 다음과 같다.

$$T_E^4 = \frac{R^2}{4D^2} \cdot T^4 \quad \therefore\ T_E = \sqrt{\frac{R}{2D}} \cdot T$$

2

문제 출처	2011학년도 단국대학교 수시논술 문제3

〈제시문〉

(가) 다양한 구성요소를 가지는 하나의 시스템이 지속적으로 유지되기 위해서는 외부로부터 에너지 또는 물질이 공급되어야 하고, 개별 구성요소들 간에 에너지 또는 물질의 순환이 가능해야 한다. 외부에서 개별 구성요소들로 에너지 또는 물질이 직접 공급되는 경우에는 순환이 중요하지 않을 수 있으나, 그렇지 않은 경우에는 순환이 매우 중요하다.

(나) 시스템의 하나라고 할 수 있는 생태계의 구성요소에는 생물적 요소와 무생물적 요소가 있다. 생물적 요소에는 식물, 동물, 미생물 등이 있고 무생물적 요소에는 햇빛, 대기, 토양, 물, 미네랄 등이 있다. 생태계를 지속적으로 유지하기 위해서는 동물이 배출한 이산화탄소를 식물이 흡수하여 산소로 배출해 주고, 이 산소를 다시 동물이 흡수하여 이산화탄소로 배출하는 순환이 요구된다. 또한, 무생물 요소의 하나인 화석연료는 죽은 동식물의 몸을 구성하는 탄소유기물이 오랜 기간에 걸쳐 지하에 축적되면서 만들어진 것으로, 화석연료를 태워 얻어진 에너지를 다른 구성요소에 공급하는 것은 비순환적 특성을 가진다.

(다) 고대부터 현대에 이르기까지 우주를 관찰하고 이를 탐사하고자 하는 인간의 기술은 지속적으로 발달해 왔다. 우주를 탐사하는 방법은 과거에는 주로 육안에 의한 관찰과 작도기술 등에 한정되었으나, 현재는 육안의 기능을 극대화시킨 망원경을 이용한 간접탐사에서 우주선을 이용한 직접탐사에 이르기까지 크게 발달하였다. 우주선에는 인간의 탑승 유무에 따라 요구되는 기술이 크게 달라지며, 우주선의 구성요소도 달라진다. 현재까지 인간의 최장 우주 체류 기간은 약 14개월에 이른다.

(라) 생물연료(bio-fuel)는 화석연료가 아닌 식물 또는 미생물 등에서 생산되는 대체에너지원으로 이에 대한 많은 연구와 상업적 성과가 이루어졌다. 최근 가장 많이 사용되는 생물연료로는 대규모 플랜테이션 농장에서 재배된 열대 야자열매에서 얻는 경유 대용의 팜유나 옥수수로부터 얻는 에탄올 등이 있다. 탄소포집율이 가장 높은 팜유의 경우 거래량의 약 2%만이 국제적 규제에 맞게 생산되는 것으로 알려져 있다. 생물연료가 성공적인 화석연료의 대안이 되기 위해서는 지속가능한 방식의 생산체제가 확립되어 인류에게 필요한 만큼의 충분한 양으로 제공될 수 있어야 한다. 이를 위해서 탄소포집율이 높은 식물자원의 확보, 다양한 지역에서 재배와 생산이 가능한 수단의 개발, 친환경 재배방식의 도입 등이 고려될 수 있다. 또한 식량의 연료자원화에 따라 제기될 수 있는 윤리적 문제도 해결되어야 할 것이다.

[논제 1] 우주를 탐사하는 과정을 하나의 시스템으로 볼 때, 무인 우주탐사 시스템과 비교하여 유인 우주탐사 시스템에 새로이 추가되는 구성요소에 대하여 기술하고, 유인 우주탐사 시스템을 지속적으로 유지하기 위한 구체적인 방법에 대하여 제시문 (가), (나), (다)에 근거하여 논술하시오(500자 내외). (20점)

[논제 2] 제시문 (가), (나), (라)를 참고하여, 생물연료 이외의 태양광이나 수소연료 등과 같은 대체에너지원과 생물연료의 차이점을 기술하고, 생물연료의 생산양식에서의 문제점, 윤리적 관점에서의 문제점, 그리고 각 문제점을 극복하기 위한 구체적인 방법들에 대하여 논술하시오 (500자 내외). (20점)

예시답안

[논제 1]

우주선 본체, 탐사장비, 통신장비, 연료 등으로 구성된 우주탐사선에 인간이 탑승함으로써 새로이 추가되어야 하는 구성요소에는 식량, 산소, 물, 에너지 등 인간의 생명유지를 위한 필수요소를 공급하는 장치, 지구와 유사한 환경을 유지하기 위해 빛, 중력, 온도, 습도 등을 조절하고 우주선으로 유입되는 방사능을 차폐할 수 있는 장치, 그리고 식사, 운동, 취침, 배설, 질병치료 등을 위한 장치 또는 시설이 있을 수 있다. 지속가능한 유인 우주탐사선을 구현하기 위해서는 최대량의 에너지원을 최소의 질량과 부피로 축적하는 기술, 우주로부터 직접 획득 가능한 빛에너지 또는 우주에서 채취한 광물 등을 활용하여 식물, 물, 산소, 전기 등을 재배하거나 생성하는 기술, 인간에 의해 배출되거나 사용된 이산화탄소, 배설물, 물 등을 재생하여 순환하는 기술이 개발되어야 할 것이다. 또한, 우주선의 이동 및 운영을 위한 에너지원의 사용량을 줄이기 위해서는 각 장치의 에너지사용 효율을 극대화시킬 수 있어야 한다.

[논제 2]

생물연료는 탄소순환과정을 거치는 에너지원인데 반하여 다른 대체에너지는 탄소순환과정을 거치지 않는다. 생물연료 생산을 위한 대규모 플랜테이션 농업은 불법적인 재배면적의 확장으로 인한 삼림의 훼손, 밀집 생산방식으로 인하여 농약과 화학비료를 높은 농도로 사용하여 나타나는 토양오염, 아직 많은 사람들이 굶주림에 허덕이는 상황에서 식량으로 사용할 수 있는 식물들을 연료로 사용하게 되는 윤리적 문제점 등을 내포하고 있다. 직접적인 식량으로 사용가능한 옥수수를 이용하는 것보다 탄소포집율도 높고 간접적 식량자원인 팜유 등을 이용하는 것은 이러한 윤리적 문제점을 피할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있다. 환경 파괴적인 생산방식은 친환경적 생산방식에 비해 생산단가가 저렴하기 때문에 생산자들이 선호하는 경향이 있다. 친환경적 생산을 독려하기 위해서는 친환경적 방식으로 생산된 연료에 대하여 구입 우선권을 주는 방식 등으로 독려하고 환경 파괴적 생산품에 대해 범국가적 제제를 가하는 방법을 사용해야 할 것이다.

3

문제 출처	2011학년도 숭실대학교 문제2

〈제시문〉

(가) 대기의 영향에 의해 지구 표면 부근의 온도가 상승하는 현상을 온실효과(green house effect)라고 한다. 지구의 대기는 태양의 단파복사선을 통과시키는데, 이렇게 대기를 통과한 복사광선은 지구 표면에 흡수된다. 이에 반해 지표나 해면에서 방출되는 장파복사선은 그대로 우주로 방출되지 않고 그 일부는 대기(주로 이산화탄소, 수증기, 메탄 등의 온실 기체)에 흡수된다. 그리고 다시 대기가 장파복사선을 방출하여 일부가 지구 표면으로 되돌아온다. 이 과정에서 지구 표면의 온도가 상승하게 된다. 현재 지구 표면의 평균 온도는 약 300K 인데, 이것은 대기가 전혀 없을 때와 비교하면 40도나 높은 기온이다.

이와 같은 원리로, 현재의 대기에서 온실 기체의 함량이 높아지면 지구의 평균 온도는 현재보다 높아질 것으로 예상할 수 있다. 지난 200년 동안 인간 활동은 대기권에 많은 양의 온실 기체를 증가시키고 있다. 대기권 내의 이산화탄소의 증가는 지구 평균온도의 상승과 밀접한 관계가 있는 것으로 밝혀지고 있다. 지구 온난화는 강수량의 변화, 해수면의 상승 등을 유발하여 지구 생태계에 큰 위협이 될 것으로 예측된다.

(나) 탄소는 생명의 기원이 되는 물질로 지구상에 여러 형태로 분포되어 있다. 탄소는 주로 대기 중의 이산화탄소와 해수에 녹아 있는 탄산 이온에 들어 있고, 지각에는 석회암 속에 포함되어 있으며, 생태계에서는 고분자 화합물 등으로 존재한다. 탄소는 자연현상에 의하여 끊임없이 순환한다. 탄소는 화석 연료의 연소와 같은 인간의 활동에 의해 대기 중으로 방출되고, 이산화탄소의 형태로 식물의 광합성을 통해 대기 중에서 흡수되어 유기물로 변환된다. 또한 땅속으로 들어간 생물의 유해는 화석 연료를 생성하며, 지층에 포함된 탄소는 지각 변동 과정에서 맨틀로 들어간 다음, 화산 활동을 거쳐 대기 중으로 되돌아온다. 해수에서는 이산화탄소의 용해와 방출이 일어난다.

(다) 농업진흥청은 지구온난화의 한 원인으로 지목되고 있는 반추(反芻)동물이 배출하는 메탄기체를 줄이기 위해 다양한 연구를 진행 중이라고 밝혔다. 대표적 반추가축인 소는 되새김질을 통해 산소가 없는 혐기성 상태에서 음식물을 분해하고 발효시키는데, 이 과정에서 온실기체인 메탄기체가 생성되어 트림이나 방귀로 배출된다. 한편 반추위에서 생산되어 배출되는 기체의 25~30%를 차지하는 메탄기체의 방출은 섭취된 사료 에너지의 중요한 손실을 의미하기 때문에 1970년대 초기의 영양학자들은 메탄생산을 감소시키는 방법을 찾으려고 노력하였다.

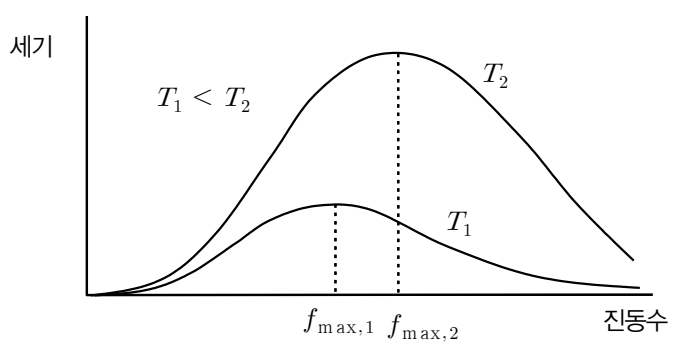
소가 방출한 메탄기체가 얼마나 지구온난화에 영향을 줄까 의심할 수 있지만, 메탄기체는 이산화탄소에 비해 태양의 복사열을 15배나 많이 흡수한다. 따라서 한우 4.2마리가 자동차 1대와 비슷한 이산화탄소를 배출하는 셈이 된다. 2005년 국내 온실기체 배출량은 이산화탄소 5억 9000 톤으로

이 중에서 반추가축의 장내발효로 인한 배출량은 0.5%인 295만 톤이라고 농업진흥청은 밝혔다. 농업진흥청 소속 연구원은 "대표적 반추가축인 소를 온난화의 주범으로 몰아세울 수는 없지만 국제적 지구온난화 대책에 맞춰 소로 인한 메탄기체 배출을 줄일 필요가 있다."며 "특히 소가 배출하는 메탄기체의 90% 이상을 차지하는 트림 연구에 박차를 가하고 있다."고 밝혔다. 농업진흥청은 쇠고기와 우유 생산을 안정적으로 유지하면서도 장내 메탄기체 생성을 억제하여 트림을 줄일 수 있는 사료 개발에 나서고 있다.

[논제] 다음 질문에 답하시오.

(1) 다음의 글은 복사에 관한 설명이다. 이를 참고하여 아래의 질문에 답하시오.

뜨거운 난로에 손을 가까이 하면 따뜻하게 느껴지는 것은 난로의 열에너지가 공간을 지나 직접 이동하기 때문인데, 이와 같은 현상을 복사라고 한다. 물체가 복사하는 빛의 세기를 진동수에 따라 분류한 것이 복사 스펙트럼이며, 그 모양은 물체 표면의 온도에 따라 다르다. 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 물체의 온도가 높아지면($T_1 < T_2$) 빛의 세기가 모든 진동수 영역에서 전체적으로 커질 뿐 아니라, 세기가 최대가 되는 진동수도 온도에 비례해서 커진다($f_{\max,1} < f_{\max,2}$). 즉, 세기가 최대가 되는 최대 에너지 진동수 $f_{\max}$와 온도 사이에는 $T = b f_{\max}$의 관계가 있다. 이때 비례상수 b는 약 $10^{-11}\,\mathrm{s\cdot K}$이다.

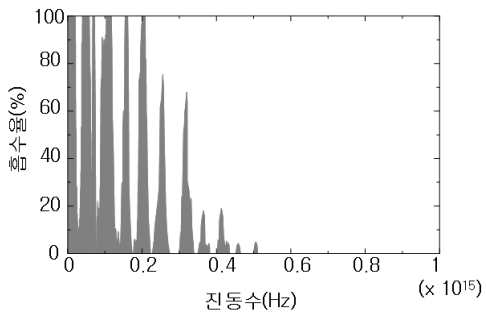


〈그림 1〉 서로 다른 온도에서의 물체의 복사 스펙트럼

(1-1) 태양과 지구가 복사하는 빛의 최대 에너지 진동수를 계산하시오. (태양의 표면온도는 약 6000K이다.)

(1-2) 태양 복사 스펙트럼과 지구 복사 스펙트럼을 개략적으로 그리시오. (가로 축의 진동수 범위를 〈그림 2〉와 같게 하시오.)

(1-3) 〈그림 2〉와 (1-2)의 결과를 비교하여 지구 대기에 의한 온실효과의 원리를 논하시오.

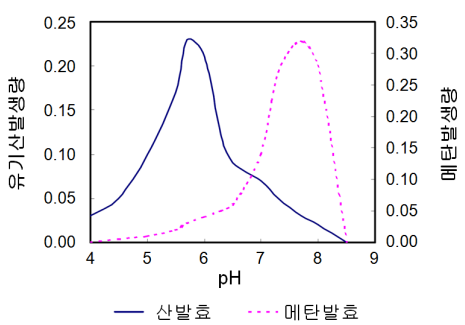


〈그림 2〉

(2) 이산화탄소가 해수에 녹아 있는 정도는 해수의 온도에 따라 달라진다. 다음은 온도에 따라 기체의 용해도가 달라지는 것을 설명한 글이다. 이를 참고하여 해수의 온도 상승과 지구온난화 사이의 상호관계를 설명하시오.

> 일반적으로 기체는 용해될 때 기체 분자들 사이의 인력을 극복할 필요가 없으므로 이에 관계되는 에너지 변화는 거의 없으며, 기체가 액체와 섞이게 되면 이들 사이에 인력이 생겨서 에너지가 낮아진다. 그러므로 기체의 용해 과정은 항상 발열 반응이다. 또한 온도를 높여주면 기체분자 운동이 더욱 활발해져서 용매와 섞이기 어려워진다.

(3) 다음의 글은 혐기성소화에 대한 설명이다. 이를 참고하여 메탄기체의 발생을 억제하기 위한 소의 사료를 개발하는 방법을 제안하시오.

> 혐기성소화는 폐수나 폐기물에 있는 유기물을 산소가 없는 상태에서 분해시켜 비교적 안정된 유기물 또는 불활성 무기물로 분해하는 것을 말한다. 이 과정은 혐기성 세균을 이용하는 것으로 반추동물의 소화와 유사하다. 혐기성소화 과정은 산발효와 메탄발효의 두 단계로 진행된다. 먼저 탄수화물은 간단한 구조의 당류로, 단백질은 아미노산류로, 그리고 지방질은 글리세롤이나 지방산으로 가수분해 된다(산발효 단계). 이렇게 생성된 유기산은 절대 혐기성인 메탄발효균에 의하여 이산화탄소와 메탄이 주성분인 최종 생산물을 만든다(메탄발효 단계). 혐기성소화에 영향을 주는 요인은 다양하다. 〈그림 3〉은 그 중 pH의 영향을 보여준다.
>
> 
>
>
> **〈그림 3〉 산발효와 메탄발효의 최적 pH 조건**

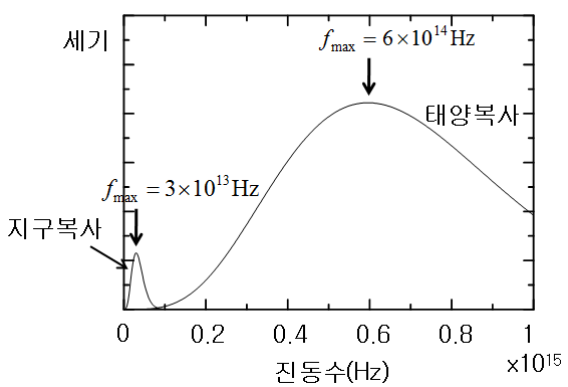
예시답안

(1-1) 제시된 글에 소개되어 있는 법칙, $T = bf_{max}$를 이용한다.

태양의 온도가 6000K이므로, $(6000\mathrm{K}) = (10^{-11}\mathrm{s}\cdot\mathrm{K})f_{max}^{태양}$. 따라서 태양 복사 스펙트럼의 최대 에너지 진동수는 $f_{max}^{태양} = (10^{11}\ \mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1})\times 6000\,\mathrm{K} = 6\times 10^{14}\mathrm{Hz}$이다.

지구의 경우, 표면온도가 300K이므로 $(300\mathrm{K}) = (10^{-11}\mathrm{s}\cdot\mathrm{K})f_{max}^{지구}$. 따라서 지구 복사 스펙트럼의 최대 에너지 진동수는 $f_{max}^{지구} = (10^{11}\ \mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1})\times 300\,\mathrm{K} = 3\times 10^{13}\mathrm{Hz}$이다.

(1-2) 〈그림 2〉와 가로축의 진동수 범위를 동일하게 하여 스펙트럼을 그리면 다음과 같다.



(1-3) (1-2)의 결과에서 보이듯이, 태양의 최대 에너지 진동수 영역의 빛은 온실기체에 의해 흡수되지 않는 영역에 분포하는 반면, 지구의 최대 에너지 진동수 영역의 빛은 온실기체의 강한 흡수 영역대에 분포한다. 이러한 이유로 온실효과가 발생한다.

(2) 기체가 액체에 녹는 현상은 발열반응이므로 온도가 올라갈수록 기체는 액체에 덜 녹는다. 또한 온도를 높여주면 용매와 섞이기 어려워진다는 말은 용해도가 떨어진다는 것을 의미한다. 따라서 해수의 온도가 상승하면 이산화탄소의 용해도가 낮아진다.

해수의 온도 상승에 의해 이산화탄소의 용해도가 낮아지면 이산화탄소가 해수로부터

대기로 방출된다. 이로 인해 대기 중에 온실기체인 이산화탄소의 함량이 높아져 지구 온난화를 가속할 것으로 예상된다.

(3) 메탄기체의 발생을 억제하기 위해서는 혐기성 소화에서 메탄을 발생하는 메탄발효 단계를 억제하면 된다. 〈그림 3〉에 의하면 메탄발효단계에서 pH가 7-8일 때 메탄발생량이 최대가 된다. 따라서 산발효단계 이후에 pH가 7-8이 되지 않도록 하는 사료를 개발하면 된다.

4

문제 출처	2011학년도 한국항공대학교 수시논술 공학계열 문제2

다음 제시문을 읽고 답하시오.

(가) 근대 역학의 기초를 세운 갈릴레이는 "자연은 수학적 언어로 씌어졌다"라고 주장할 정도로 수학을 중시하였다. 그는 중력장에서 운동하는 물체의 움직임을 기술하기 위해 등속운동과 등가속도 운동을 수학적으로 정의하였다. 등속운동은 임의의 시간 간격 동안에 움직이는 물체의 이동 거리가 서로 같은 운동이라고 정의하였고, 유사한 방법으로 등가속도 운동은 같은 시간 간격 동안 동일한 속력의 증가분을 갖는 운동으로 정의하였다. 그가 제시한 자유 낙하의 법칙은 무거운 물체가 먼저 떨어진다는 기존의 통설을 뒤집는 것이었다. 즉, 공기 저항을 무시하면 같은 시간 동안 자유 낙하하는 물체의 운동거리는 물체의 질량에는 무관하고 시간의 제곱에 비례한다는 것이다. 이러한 이론들은 그의 탄도학 연구에 적용되었으며, 중력장에서 비스듬히 발사된 포탄은 수평 방향으로는 등속운동을 하고 수직 방향으로는 등가속도 운동을 하며, 그 결과로 포탄의 궤적이 포물선임을 보였다.

(나) 케플러는 방대한 천체 관측 자료를 분석하여 아래의 세 가지 행성 운동 법칙을 발표하였다.
케플러의 제1법칙 : 모든 행성들은 태양을 하나의 초점으로 하는 타원 궤도를 그리며 운동한다.
케플러의 제2법칙 : 태양과 행성을 연결하는 선분이 같은 시간 동안 행성의 궤도면에서 그리는 면적은 행성의 위치에 관계없이 일정하다.
케플러의 제3법칙 : 행성의 공전주기의 제곱은 타원 궤도의 장반경의 세제곱에 비례한다.
케플러의 법칙들은 이론적인 기초가 없이 오직 관측에만 의존하는 것이었다. 뉴턴은 그의 운동 법칙들과 만유인력 법칙을 이용하여 행성들이 타원 궤도 운동을 한다는 케플러의 주장을 증명하였다. 뉴턴의 운동 법칙과 만유인력의 법칙을 이용하면 인공위성의 궤도 운동을 설명할 수 있다. 원형 궤도 운동을 하는 인공위성이 일정 고도를 유지하기 위해서는 지구와 위성 간의 만유인력과 인공위성의 회전에 의한 원심력의 크기가 평형을 이뤄야 한다. 즉, $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v_s^2}{R}$의 조건이 성립하여야 한다. 여기서 G는 만유인력 상수, M은 지구의 질량, m은 인공위성의 질량, R은 지구 중심부터 인공위성까지의 거리이며 v_s는 인공위성의 회전 속도이다. 만약 이 인공위성의 속도가 v_s보다 크거나 작다면 인공위성은 궤도를 이탈하게 된다.

(다) 가속도 a와 속력 v의 정의와 미적분을 이용하면 등가속도 운동을 하는 물체의 이동거리 s

와 속력 및 가속도의 관계를 아래와 같이 표현할 수 있다.

① 속력과 가속도의 관계

가속도는 시간에 따른 속력의 변화율이다. 즉,

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = a$$

적분하면, $v = at + v_0$

여기서 적분 상수 v_0는 $t = 0$일 때의 속력, 즉 초기 속력을 의미한다.

② 이동 거리와 속력의 관계

속력은 시간에 따른 이동 거리의 변화율이다. 즉,

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = v$$

①에서 구한 속력 v를 대입하면,

$$\frac{ds}{dt} = at + v_0$$

적분하면,

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + s_0$$

여기서 s_0는 $t = 0$일 때의 위치, 즉 초기 위치를 의미한다.

[문제 2-1] 갈릴레이는 관찰을 통해 정지 상태에서 자유 낙하하는 물체가 일정한 시간 간격 동안 이동한 거리는 1, 3, 5, 7, 9, 11,… 등의 비율로 증가한다고 하였다. 공기 저항을 무시할 때, 중력가속도가 g임을 이용하여 정지 상태로부터 자유 낙하하는 물체의 낙하 거리와 시간의 관계식을 유도하고, 갈릴레이의 주장이 타당한지 설명하시오.

예시답안

[채점기준]

총 10점을 배점하고 단계별 부분점수는 다음과 같다.

※ 식 유도 없이 결과식 (1)과 (2)만을 제시한 경우, 해당 부분 점수 없음 (-6점).

※ 중력가속도는 g 또는 $-g$로 선택할 수 있지만 최종 결과는 같음.

공기저항을 무시하면 물체는 수직방향으로 가속도 g를 갖는 등가속도 운동을 하고 있다. y축을 중력가속도 방향과 같은 방향으로 설정하면,

$$F = ma = mg$$

$$\therefore a = \frac{dv_y}{dt} = g$$

적분하면

$$v_y = gt + c_0$$

y 방향 초기 속력은 0이므로 적분 상수 $c_0 = 0$이다.

$\therefore v_y = gt$ [3점] ····· (1)

또, y방향의 속력은 y방향의 운동거리를 시간으로 미분한 것이다. 즉, $\frac{ds_y}{dt} = v_y$이다. 따라서

$$\frac{ds_y}{dt} = v_y = gt$$

적분하면

$$s_y = \frac{1}{2}gt^2 + s_{y0}$$

$t = 0$ 일 때 $s_{y0} = 0$이므로

$\therefore s_y = \frac{1}{2}gt^2$ [3점] (2)

동일 시간 간격동안 y축 방향 이동 거리를 계산하면,

$t=0\sim1$초 사이의 이동 거리 = $\frac{1}{2}g(1^2-0^2)=\frac{1}{2}g$

$t=1\sim2$초 사이의 이동 거리 = $\frac{1}{2}g(2^2-1^2)=\frac{3}{2}g$

$t=2\sim3$초 사이의 이동 거리 = $\frac{1}{2}g(3^2-2^2)=\frac{5}{2}g$

$t=3\sim4$초 사이의 이동 거리 = $\frac{1}{2}g(4^2-3^2)=\frac{7}{2}g$

$t=4\sim5$초 사이의 이동 거리 = $\frac{1}{2}g(5^2-4^2)=\frac{9}{2}g$

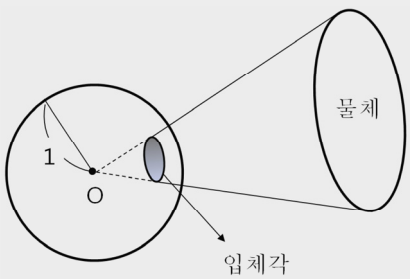
$\vdots$

따라서 동일한 시간 간격 동안 물체가 이동한 거리는 1, 3, 5, 7, 9 …의 비율로 증가하게 된다. [4점]

5

문제 출처	2011학년도 중앙대학교 수시논술 자연I 문제3

(다) 플럭스란 단위 시간동안 단위 면적을 통과하는 흐름의 양을 가리키는 용어로서 액체나 기체와 같은 유체(fluid), 전하(electric charge)와 같은 입자, 물체에서 복사된 에너지 등이 흐르는 정도를 나타낸다. 플럭스와 함께 사용되는 유용한 개념으로 입체각이 있는데, 이는 평면에서 정의되는 각이 3차원으로 확장된 것이다. 다음 그림 (1)과 같이 공간상의 한 점 O 에서 바라보는 임의의 물체를, 점 O 를 중심으로 하는 반경 1인 단위 구의 표면에 투사시킨 면적이 입체각이다. 입체각의 단위로는 스테라디안(steradian, sr)을 사용하며, 그 최댓값은 단위 구의 표면적에 해당하는 4π (단위: sr)이다. 물체를 바라보는 입체각은 관측자와 그 물체 사이 거리의 제곱에 반비례하여 줄어든다.



예를 들어, 지구에서 보았을 때 태양과 달이 거의 같은 크기로 보이는 것은 태양과 달의 입체각이 거의 같기 때문이다. 복사 에너지를 플럭스로 나타내는 경우, 동일한 입체각으로 발산되는 플럭스의 합은 거리와 상관없이 일정하게 유지된다. 입체각의 크기가 매우 작을 경우 입체각 α 는 식 (1)과 같이 근사적으로 표현된다. 식 (1)에서 A 는 물체의 면적, D 는 관측자와 물체 사이의 거리이다.

$$\alpha \approx \frac{A}{D^2} \quad \cdots\cdots (1)$$

[문제 3] 독일의 천문학자 올버스는 "무한히 넓은 우주에 무한히 많은 항성이 균일하게 분포한다면, 하늘에 별이 가득 차 보여서 밤에도 대낮처럼 밝아야 한다"는 '올버스의 역설'을 제시하였다. 태양과 같은 크기와 밝기를 지닌 항성이, 공간의 단위 부피 V 당 하나씩, 지구로부터 거리가 $100\,\mathrm{AU}$ 이상인 우주 전체에 균일하게 분포한다고 가정하자. 올버스의 주장과 같이 밤하늘 전체가 별로 가득 차 보이기 위해 필요한 우주의 최소 반경을 구하는 과정을 제시문 (다)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 단, $1\,\mathrm{AU}$는 지구와 태양 사이의 거리이며, 지구에서 바라본 태양의 입체각은 α 라고 하자. 필요 시 반경 R 인 구의 부피에 관한 아래의 식을 참고하시오. [20점]

$$\text{구의 부피} = \int_0^R 4\pi r^2 dr$$

예시답안

하늘이 별들로 가득차기 위해서는 균일하게 분포한 항성들의 총 입체각이 최소한 4π가 되어야 한다.

지구에서 반경 $r \sim r+dr\,(\mathrm{AU})$에 있는 항성의 수와 그 입체각을 계산해야 한다. 부피 V당 하나의 항성이 존재하고, 체적이 $4\pi r^2 dr$이므로 존재하는 항성의 수는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{반경 } r\text{인 단위 부피 당 항성의 수} = \frac{4\pi r^2 dr}{V}$$

제시문에 의해 지구에서부터의 거리가 $r\,\mathrm{AU}$인 지점에 위치한 태양과 같은 크기를 지닌 항성의 입체각은 $\frac{\alpha}{r^2}$이므로 항성들의 전체 입체각은 다음과 같다.

$$\text{반경 } r \sim r+dr \text{에 있는 항성들의 전체 입체각} = \frac{4\pi\alpha\, dr}{V}$$

따라서 지구에서 거리가 $R\,(\mathrm{AU})$인 지점까지 존재하는 모든 항성들의 입체각을 더하면 다음과 같다.

$$\text{항성들의 총 입체각} = \int_{100}^{R} \frac{\alpha}{r^2}\frac{4\pi r^2 dr}{V} = \frac{4\pi\alpha}{V}(R-100)$$

항성들의 총 입체각이 4π가 되어야 하므로 우주의 반경 $R\,(\mathrm{AU})$은 다음과 같이 계산된다.

$$R = \frac{V}{\alpha} + 100$$

논술교육의 원리와 실제 Ⅳ Ⅰ 자연계(과학)

2012년 4월 일 인쇄
2012년 4월 일 발행

발 행 : **한국대학교육협의회 입학기획팀**
137-748 서울시 서초구 헌릉로 25(염곡동304)
전 화 : 02) 6393-5266
인쇄처 : 경성문화사
전 화 : 02) 786-2999

비매품

※ 이 책 내용의 일부 혹은 전체를 허락없이 변경하거나 복제할 수 없습니다.
※ 이 책자는 교육과학기술부의 예산을 지원받아 제작된 책자입니다.