Ⅳ. 2012학년도 고려대학교 논술모의고사 문제(자연계)

※주의 사항 : 논제 1, 2는 필수로 풀고 논제 3, 4, 5, 6 중 두 논제를 선택해서 답안을 작성하시오.

(가)

이차함수 $f(x)=ax^2+bx+c$의 그래프는 그림 1-1과 같다. 이 곡선 위에 서로 다른 두 점 $A(x_1,f(x_1))$, $B(x_2,f(x_2))$를 잡고, 직선 AB와 평행이고 포물선 $y=f(x)$에 접하는 직선이 두 직선 $x=x_1$, $x=x_2$와 만나는 점을 각각 D, C라 하자.

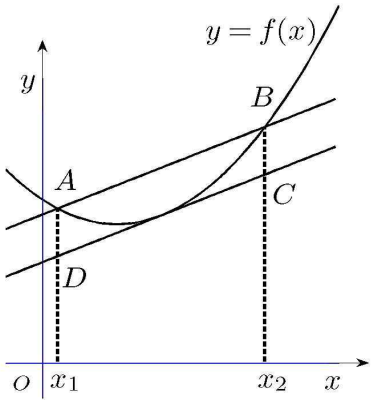


그림 1-1

(나)

다항함수 $y=g(x)$의 그래프는 그림 1-2와 같다. 직선 $x=r$이 곡선 $y=g(x)$와 만나는 점을 F, x축과 만나는 점을 G라 하고, 점 F를 지나고 x축에 평행한 직선이 y축과 만나는 점을 E라 하자. 영역 S와 직사각형 $OEFG$를 x축 둘레로 회전시켜서 얻어지는 회전체의 부피를 각각 A_1과 A_2라 하자.

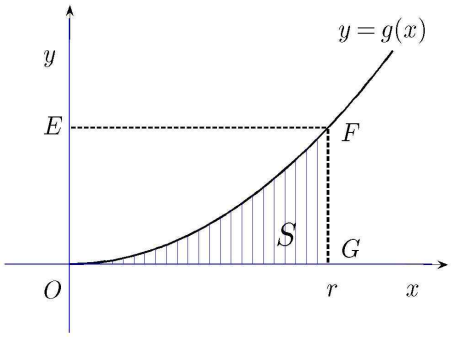


그림 1-2

논제 1(필수)

(a) 제시문 (가)의 그림 1-1에서, 직선 AB와 곡선 $y=f(x)$로 둘러싸인 영역의 면적과 평행사변형 $ABCD$의 면적의 비를 구하시오.

(b) 제시문 (나)의 그림 1-2에서, 모든 양의 실수 r에 대하여 $5A_1 = A_2$ 를 만족할 때, 다항함수 $y = g(x)$는 어떤 형태인지 설명하시오.

(다)

무한개의 집합 $A_1, A_2, A_3, \cdots$을 생각하자. 어떤 자연수 n에 대하여 $x \in A_n$을 만족하는 x들의 모임을 집합 $A_1, A_2, A_3, \cdots$의 합집합이라 하고 이 집합을 $\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n$과 같이 나타낸다. 즉,

$$\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n = \{x \mid \text{어떤 자연수 } n\text{에 대하여 } x \in A_n\}$$

이다. 모든 자연수 n에 대하여 $x \in A_n$을 만족하는 x들의 모임을 집합 $A_1, A_2, A_3, \cdots$의 교집합이라 하고 이 집합을 $\bigcap_{n=1}^{\infty} A_n$과 같이 나타낸다. 즉,

$$\bigcap_{n=1}^{\infty} A_n = \{x \mid \text{모든 자연수 } n\text{에 대하여 } x \in A_n\}$$

이다.

논제 2(필수)

어떤 집합 X에 대하여 X의 모든 부분집합들의 집합을 Y라 하자. 집합 X에서 X로의 함수 $f : X \to X$에

대하여 집합 Y에서 Y로의 함수 $F : Y \to Y$를

$$F(A) = \{f(x) \mid x \in A\}$$

와 같이 정의하자. 자연수 n에 대하여 B_n을

$$B_1 = X,$$
$$B_n = F(B_{n-1}), \quad n = 2, 3, \cdots$$

과 같이 정의하고 $B = \bigcap_{n=1}^{\infty} B_n$ 이라 하자.

(a) Y의 원소 C_1과 C_2가 $C_1 \subset C_2$를 만족할 때, $F(C_1) \subset F(C_2)$가 성립함을 설명하시오.

(b) Y의 원소 D가 $F(D) = D$를 만족할 때, $D \subset B$가 성립함을 설명하시오.

(c) X가 모든 실수들의 집합이고 $f(x) = -\sin\frac{x}{2}$ 일 때, $F(A) = A$를 만족하는 Y의 원소 A를

모두 찾으시오.

(라)

철수와 영희는 놀이터에서 장난감 자동차를 가지고 놀고 있다. 영희는 시소의 한 끝에 자동차를 올려놓고 시소를 기울여 자동차를 굴리는 놀이를 하고 있다. 영희는 그림 2-1과 같이 한 끝에 자동차를 올려놓고 반대쪽으로 가서 시소를 빨리 자기 쪽으로 기울인다. 이때 영희는 시소의 각도가 지면으로부터 45°만큼 기울어지게 한다. 자동차는 영희 쪽으로 움직여 올 것이다. 이때 시소와 장난감 자동차의 마찰은 없고 시소는 길이가 L인 기다란 평면 형태의 판이라고 가정하자. 장난감 자동차의 질량은 m이고 처음에는 정지해 있다가 영희가 시소의 각도를 45°로 기울인 순간 시소의 표면을 마찰력 없이 미끄러져 내려간다. 이 장난감에는 지구 중력에 의한 중력가속도 g가 균일하게 작용하고, 공기에 의한 마찰력 또한 없다고 가정하자.

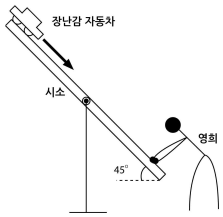


그림 2-1. 영희가 시소와 장난감 자동차를 가지고 놀고 있음

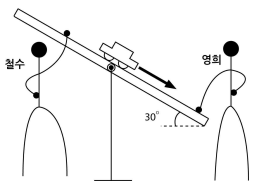


그림 2-2. 철수가 시소의 각도를 바꾸었음

그림 2-2와 같이 장난감 자동차가 시소의 중심에 도달한 순간에 철수가 영희의 반대쪽 시소를 눌러 시소가 중심축으로부터 순간적으로 회전하여 시소 판과 지면과의 각도가 30°로 줄어들었다. 물체는 계속 미끄러져 판의 아래쪽 끝에 다다른다. 철수에 의해 달라진 시소의 각도 변화는 순간적으로 이루어졌다고 가정한다. 장난감 자동차의 크기는 시소의 크기에 비해 매우 작아서 무시할 수 있고 장난감 자동차 바퀴의 회전은 없다고 가정한다.

(마)

아인슈타인은 1887년 헤르츠의 광전효과 실험을 올바르게 해석하기 위하여 빛의 양자인 광자가설을 도입하여 빛의 에너지 E가 $E=hf$로 주어지는 프랑크 법칙을 따른다는 것을 입증하였다. 여기서 $h=6.6\times10^{-34}$ J·s로 플랑크 상수이고 f는 빛의 진동 주파수이다. 아인슈타인의 광자가설로부터 전자기 파동인 빛의 에너지가 hf의 정수배로 양자화된 성질을 가지고 있음이 처음으로 밝혀졌다. 빛의 속도는 진공에서 항상 $c=3.0\times10^{8}\,\mathrm{m/s}$로 일정하다.

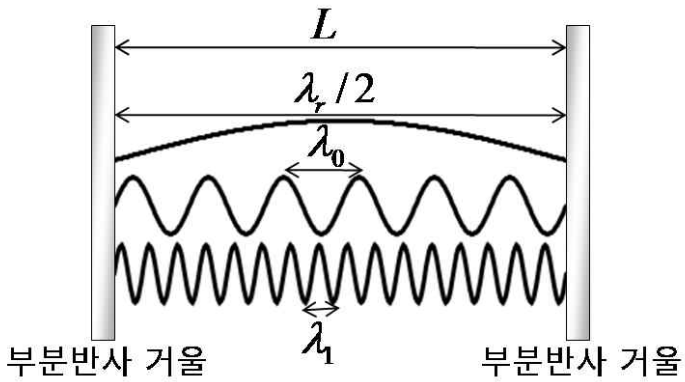


그림 3. 부분반사 거울로 이루어진 광학 공진기

논제 3.

(a) 제시문 (라)를 바탕으로 장난감 자동차가 처음의 지점, 즉 한쪽 끝으로부터 아래쪽 끝까지 이동할 때 걸린 총 시간을 위의 매개변수들만으로 표현하시오.

(b) 진호는 제시문 (마)를 바탕으로 광전자가 튀어나오기 시작하는 임계파장이 $\lambda_0 = 500\,\mathrm{nm}$인 금속을 사용하여 광전효과 실험을 하였다. 진호는 계속해서 파장 $\lambda_1 = 200\,\mathrm{nm}$인 빛을 같은 금속에 입사하였다. 이때 광전효과에 의해 예측되는 광전자의 운동에너지가 얼마인지 추론하시오. 전자의 질량은 $m = 9.1 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$으로 주어진다. 한편 프로야구 경기에서 투수가 던진 공의 속도는 $55\,\mathrm{m/s}$이고 야구공의 질량은 $100\,\mathrm{g}$이라고 하자. 공기의 저항을 무시할 때 야구공의 운동에너지와 같은 에너지를 갖는 파장 λ_1인 빛의 광자 개수는 대략 몇 개인지 추론하시오.

(c) 제시문 (마)를 바탕으로 파장 λ인 빛이 그림 3과 같이 진공 중에서 길이 L만큼 떨어져 있는 부분반사 거울 사이를 왕복하면서 정상파를 만드는 광학 공진기를 생각하자. 공진기 내에 가장 긴 파장 λ_r을 갖는 정상파가 생기는 공명이 일어났을 때 빛의 진동수를 f_r이라하며 기본 진동수라 부른다. 물리적인 근거를 토대로 추론하여 기본 진동수 f_r을 c와 L만으로 나타내시오. 이때 공기의 굴절률은 1이다. $L = 1\,\mathrm{m}$ 인 광학 공진기에 논제 3-(b)의 파장 λ_1과 파장 λ_0인 빛이 동시에 공명이 일어난 경우 이들 빛 사이의 주파수 차이는 기본 진동수의 몇 배인지 추론하시오.

(바)

분자 사이에 작용하는 힘은 분자의 극성에 따라 몇 가지가 있다. 무극성분자에서는 순간적으로 전하 치우침(편극)이 일어나 일시적인 쌍극자가 생성되고, 이를 유도쌍극자라고 한다. 무극성분자 사이에는 유도쌍극자-유도쌍극자 힘이 작용하며, 이를 분산력이라 한다. 분자량이 큰 분자일수록 전자를 많이 가지고 있어서 편극이 잘 일어나므로 분산력이 증가한다. 극성분자와 무극성분자 사이에는 쌍극자-유도쌍극자 힘이 작용한다. 극성분자와 무극성분자가 서로 가까워지면 무극성분자 내에 있는 전자가 부분적으로 치우치게 되는 현상이 일어나게 된다. 그리고 극성분자 사이에는 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하게 된다. 분자량이 비슷한 분자 사이의 힘의 크기는 쌍극자-쌍극자 힘, 쌍극자-유도쌍극자 힘, 유도쌍극자-유도쌍극자 힘의 순서로 작아진다. 분자 사이의 힘은 분자의 여러 가지 성질을 결정하는데, 예를 들어 녹는점과 끓는점, 점도, 밀도 등이 이러한 힘에 영향을 받는다.

(사)

분자의 극성은 분자 내에 있는 결합의 극성과 관련이 있다. 결합의 극성은 결합되어 있는 두 원자의 전기음성도에 의해서 결정된다. 예를 들면, O_2 분자는 산소 원자 사이에 전기음성도의 차이가 없으므로 산소 원자 사이의 결합은 무극성결합이다. CO_2 분자의 경우, 산소 원자의 전기음성도가 탄소보다 크기 때문에 탄소와 산소 사이에는 전자가 산소 원자 쪽으로 치우치는 극성결합을 형성한다. 하지만 CO_2 분자는 선형구조(O=C=O)를 하고 있고, 분자 내 탄소-산소 극성결합이 서로 반대 방향으로 향하고 있어서 무극성분자이다.

(아)

화학결합에는 대표적으로 공유결합과 이온결합, 수소결합, 배위결합이 있다. 공유결합은 각 원소가 서로 전자쌍을 공유함으로써 안정된 전자 배치를 이루는 형태의 결합이다. 이온결합은 원소들이 전자를 잃거나 얻어 이온이 되고 이들 이온들 사이에 정전기적 인력이 작용하여 이루어지는 결합을 말한다. 수소결합은 전기음성도가 상대적으로 큰 원자와 직접 공유결합을 형성하는 수소 원자가 다른 분자 중의 전기음성도가 큰 원자에 끌려서 이루는 분자 사이의 결합이다. 배위결합은 비공유 전자쌍을 가지고 있는 원자가 다른 분자나 이온에 일방적으로 전자쌍을 제공하여 형성되는 결합이다. 각 원소들의 특성과 성질에 따라 다른 형태의 결합을 유지하고 이들 사이에는 결합력이 존재한다. 이 결합력은 주어진 환경에 따라 그 크기가 달라질 수 있다.

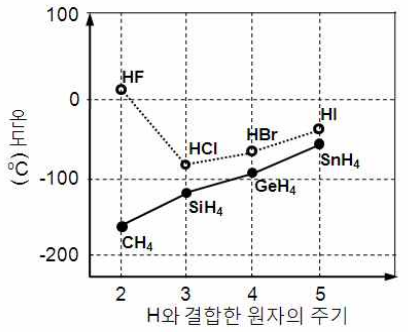


그림 4-1. 14족과 17족 원소들로 이루어진 수소화합물의 끓는점

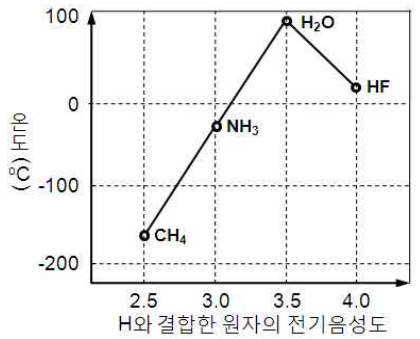


그림 4-2. 2주기 원소로 이루어진 수소화합물의 끓는점

논제 4.

(a) 그림 4-1은 수소화합물들의 끓는점이 각 원소들의 원자 주기에 따라 차이가 있음을 나타내고 있다. 14족과 17족 원소들이 이루는 수소화합물의 끓는점 차이를 논리적으로 설명하시오. 또한 14족 수소화합물들의 끓는점이 주기의 증가에 따라 점차 증가하는 이유를 제시문을 근거로 설명하시오.

(b) 그림 4-1을 보면, 17족 원소들이 이루는 수소화합물의 끓는점은 2주기 수소화합물의 경우가 상대적으로 훨씬 높다. 그리고 3주기 이상의 수소화합물들의 끓는점은 2주기 수소화합물에 비해 낮지만 주기의 증가에 따라 점차적으로 증가한다. 이러한 현상을 제시문을 근거로 설명하시오.

(c) 그림 4-2에는 2주기 원소들이 만드는 다양한 수소화합물의 끓는점이 각 원소의 전기음성도에 따라 표기되어 있다. 이를 보면 H_2O의 끓는점은 NH_3 혹은 HF에 비해 상대적으로 높음을 알 수 있다. 그 이유를 제시문을 근거로 설명하시오.

(자)

생명체의 성장, 발생, 분화 및 항상성 유지를 위해서는 많은 경우에 세포 내의 유전정보인 DNA가 RNA로 전환(이것을 '전사'라고 한다)된 후 단백질로 합성(이것을 '번역'이라고 한다)되는 유전자 발현과정이 필수적이다. 유전자의 전사과정에는 RNA를 합성하는 효소인 RNA 중합효소 외에도 여러 단백질들이 관여하는데, 이 전사과정에 관여하는 단백질들 중에서 특정 DNA에 붙는 단백질들을 '전사인자'라고 한다. 전사인자는 DNA 염기서열 중 발현하고자 하는 유전자의 바로 앞 부위(프로모터)의 DNA에 결합하여 목표유전자를 RNA 중합효소가 정확하게 인식하고 그 DNA의 부위에 붙어 전사를 시작하도록 도와주는 역할을 한다.

(차)

세포 내에서 단백질과 단백질, 또는 단백질과 DNA와의 결합은 생물학적 활성에 매우 중요하며, 이들의 결합과 분리는 생물학적 조절인자에 의하여 엄격하게 조절된다. 전사과정에서 전사인자가 '보조활성인자'라고 하는 단백질과 결합하면 전사가 활성화되고, '보조억제인자'라고 하는 단백질과 결합하면 전사가 억제된다.

(카)

대장균은 한 개의 RNA 중합효소를 가지고 있다. 실험실에서 이 중합효소를 순수 분리하여 대장균 DNA, 그리고 RNA의 구성단위인 뉴클레오티드와 함께 섞어주었더니, 대장균 RNA 중합효소는 DNA와 결합하여 RNA를 합성하는 전사를 하였다. 하지만 대장균의 세포에 존재하는 RNA와 같은 RNA는 아니었다. 다음 실험에서는, 같은 재료(대장균 RNA 중합효소, 대장균 DNA, 뉴클레오티드)에 단백질 X를 추가로 넣었더니 대장균의 세포에 존재하는 RNA와 같은 RNA가 만들어졌다. 다시 같은 재료(대장균 RNA 중합효소, 대장균 DNA, 뉴클레오티드)에 단백질 X와 단백질 Y를 넣었더니 전사가 일어나지 않았다.

(타)

전사인자는 보통 다른 단백질과 결합하여 활성이 촉진되는 '활성부위'와 DNA와 결합하는 'DNA 결합부위'로 구성되어 있다. 유전자 A의 프로모터에 결합하여 전사를 활성화시키는 전사인자 B는 그림 6과 같이 활성부위와 DNA 결합부위가 있어야만 전사가 일어난다.

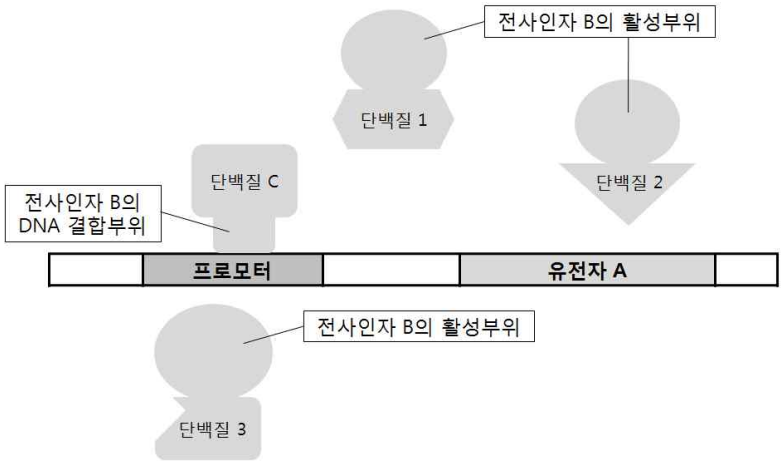


그림 5

논제 5.

(a) 제시문 (카)의 실험 결과를 제시문 (자)와 (차)를 참고하여 설명하고, 단백질 X와 단백질 Y는 각각 어떤 역할을 하는 단백질인지 추론하시오.

(b) 제시문 (타)에 기초하여 과학자들이 다음과 같은 실험을 하였다. 전사인자 B의 DNA 결합부위와 단백질 C를 유전공학적으로 결합시킨 재조합단백질을 만들어 3개의 세포에 넣었다. 또, 전사인자 B의 활성부위와 단백질 1, 2, 3을 각각 유전공학적으로 결합시킨 재조합단백질들을 만들어 아래 그림과 같이 위의 3개의 세포에 각각 넣었더니 단백질 1이 들어 있는 세포에서만 전사가 일어났다. 왜 이와 같은 결과가 도출되었는지 제시문 (자), (차)에 근거하여 설명하고, 유전자 A, 전사인자 B, 단백질 C, 단백질 1과의 관계를 요약하시오.



(c) 고등동물 세포에서 유전자 O의 발현은 전사인자 P와 보조활성인자 Q, 보조억제인자 R에 의하여 조절된다. 배아세포 상태에서는 전사인자 P가 유전자 O의 프로모터에 결합하고, 보조활성인자 Q가 전사인자 P에 결합한다. 하지만 출생 직후에는, 같은 세포에서 전사인자 P만이 유전자 O의 프로모터에 결합하고, 출생 후 수 개월이 지난 후에는 전사인자 P에 보조억제인자 R이 결합한다.

i) 유전자 O가 발현하는 단백질은 어떤 특성을 가진 단백질인지 위의 내용을 근거로 설명하시오.

ii) 위에서 설명한 세 경우에 전사인자 P가 DNA에 결합하는 결합력이 일정하다면, 이 과정 중에 전사인자 P에는 어떤 일이 일어날 수 있는지 추론하시오.

(파)

자연계의 여러 화합물 중에 존재하는 산소(O)에는 질량이 상이한 두 가지 안정동위원소, 즉 ^{16}O와 ^{18}O가 함께 나타난다. 존재량은 ^{16}O가 훨씬 많지만, 물질마다 두 동위원소의 존재비($^{18}O/^{16}O$)는 조금씩 달라진다. 어느 물질 중의 동위원소 존재비는 질량분석기를 써서 측정하는데, 흔히 $\delta^{18}O$(단위: ‰)라는 값으로 표현된다. '이 값이 크다' 함은 '그 물질 중에 무거운 동위원소(^{18}O)의 존재량이 상대적으로 많다'는 뜻이다. 지구과학자들은 이러한 현상을 활용하여 지구환경에 관한 여러 정보를 얻고 있다.

예를 들어 보자. 해수에서 침전되는 아라고나이트($CaCO_3$)는 산호 등 바다 생물의 몸체를 이루는데, 이러한 침전 반응(즉, 산호의 성장)이 발생하는 경우에 소위 '산소 동위원소 교환'이 일어나게 된다. 그 관계는 아래와 같은 평형 반응식(동위원소 교환 반응식)으로 표현할 수 있다.

$$\frac{1}{3}CaC^{16}O_3 + H_2{}^{18}O \leftrightarrow \frac{1}{3}CaC^{18}O_3 + H_2{}^{16}O$$

즉 해수에서 산호가 성장하는 경우, 산호 중의 산소 원자에는 물의 산소 원자에 비하여 무거운 동위원소(^{18}O)가 좀 더 우세하게 들어가게 되며, 그 결과 산호의 산소 동위원소 값($\delta^{18}O_{CaCO3}$)은 일반적으로 해수의 동위원소 값($\delta^{18}O_{water}$)에 비해 크게 된다. 이때 두 물질 간의 산소 동위원소 값의 차이는 침전 반응의 온도, 즉 산호가 성장하는 해수의 평균 수온에 의해 결정되는 것으로 보고되었으며, 그 관계는 다음과 같다.

$$T\ (℃) = 16.9 - 4.2\ (\delta^{18}O_{CaCO3} - \delta^{18}O_{water})$$

이 식에서 해수의 산소 동위원소 값은 거의 균일하여 최근에는 0 ‰을 나타낸다.

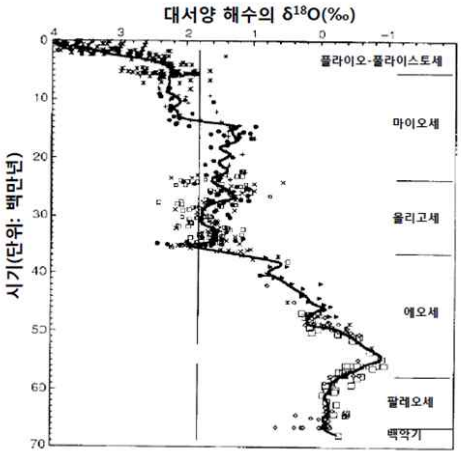


그림 6-1. 저서성 유공충($CaCO_3$) 화석의 산소 동위원소 값으로부터 추정된 제3기 대서양 해수의 평균 산소 동위원소 값 변화

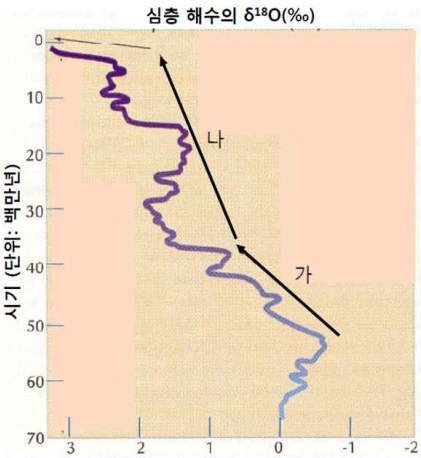


그림 6-2. 그림 6-1의 개략적 변화

(하)

현재 전 지구적으로 논의되는 온난화 현상에 대한 이해는 약 200여 년 전에 시작되었다.

ㄱ) 1827년 프랑스 과학자 조셉 퓨리에(Joseph Fourier)는, 지구와 태양 사이의 거리에 의한 태양에너지 유입량을 이용하여 지구 평균 온도를 계산한 결과 실제 관측되는 온도에 비해 낮음을 알았다. 이로부터 그는 '지구 표면에서 우주로 방출되는 열의 일부가 대기에서 흡수되어 지구를 보다 따뜻하게 한다'고 발표하였다.

ㄴ) 1850년대 영국의 과학자 존 틴달(John Tyndall)은 실험을 통하여 대기 중 수증기와 이산화탄소가 열을 흡수하는 두 가지 주요 성분임을 알아내고, 대기 중 이들의 상대적인 양의 변화가 기후변화의 주요 요인임을 주장하였다.

ㄷ) 1896년 스웨덴의 과학자 스반테 아레니우스(Svante Arrhenius)는, '대기 중 이산화탄소의 양이 현저하게 감소하면 빙하기가 올 수 있으며, 2배로 증가할 경우에는 전 지구 온도는 약 5 ℃ 증가함'을 계산을 통해 밝힘으로써, 대기 중 이산화탄소 농도 변화가 지구 표층의 온도를 변화시킬 수 있다는 것을 처음으로 보여주었다.

	금성	지구	화성
태양-행성 거리 (상대 거리)	0.7	1	1.5
실제 관측된 표층 온도(K)	700	288	218
대기압(atm)	100	1	0.01
대기중 이산화탄소 농도(%)	0.96	0.0004	0.95
대기중 수증기 농도(%)	0.003	0.01	0.0003

표 6-1. 금성, 지구, 화성의 특성 비교

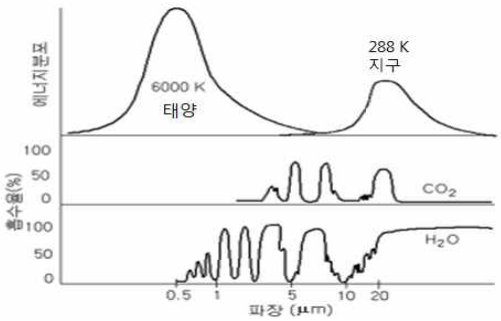


그림 6-3. 지구 복사에너지 플랑크 곡선과 이산화탄소와 수증기의 파장별 흡수도

논제 6.

(a) 제시문 (파)와 관련하여,

i) 일반적으로 엘리뇨(El Niño)가 발생하는 시기에 서태평양 해수의 평균 수온은 어떻게 변화하는지 설명하시오.

ii) 서태평양 파푸아뉴기니 근해에서 오랫동안 성장한 산호초의 화석을 채집하여 생존 시기별로 산호의 산소 동위원소 분석을 실시하였다고 하자. 과거에 엘리뇨가 발생했던 시기에 살던 산호의 산소 동위원소 값은 어떤 경향을 보일지 정량적으로 설명하시오.

iii) 그림 6-1과 6-2는 대서양 심해저 퇴적물의 시추 코어로부터 획득된 시기별 유공충 화석의 산소 동위원소 값을 이용하여 과거 7,000만 년 동안(제3기 이후)의 해수의 동위원소 값을 추정한 결과이다. 제3기에 해수의 평균 온도가 전반적으로 어떻게 변화되어 왔는지 설명하시오. 아울러 제3기의 해수 온도는 평균적으로 대략 몇 ℃ 폭에서 변화하였는지, 그림 6-2의 '가' 구간(에오세)과 '나' 구간(올리고세~마이오세)으로 구분하여 설명하시오.

iv) 물이 얼게 되면 얼음(ice)의 산소 동위원소 값은 액체인 물에 비해 현저히 낮아진다. 따라서 빙하가 점차 성장하면 잔류 해수의 산소 동위원소 값은 점차 증가한다. 그림 6-2에서 중기 마이오세(대략 1,650~1,300만년 전)의 해수의 동위원소 값으로부터 유추할 수 있는 남극 빙하의 변화에 대하여 설명하시오.

(b) 제시문 (하)와 관련하여,

i) 태양을 중심으로 하는 금성-지구-화성의 공전궤도에서 태양-지구의 평균 거리를 1이라고 하면, 금성까지의 거리는 0.7, 화성까지는 1.5이다. 점(point) 광원인 태양으로부터 방출되는 복사에너지가 우주 공간으로 균일하게 퍼져 나간다고 하자. 지구 표면의 단위면적당 유입되는 태양 복사에너지의 양을 1 단위라 한다면, 금성과 화성 표면에서의 단위 면적당 에너지 양은 각각 몇 단위가 될지 추론하시오.

ii) 태양으로부터의 각 행성의 평균 거리와 반사도(알베도)를 고려하여 각 행성 표면에서의 온도를 계산하면 금성은 227 K, 지구는 255 K, 화성은 215 K이다. 하지만 실제 관측된 표면 온도는 표 6-1과 같다. 이 결과를 근거로 ㄱ)에 설명된 퓨리에의 발견이 세 행성에서 얼마나 중요한 역할을 하는지를 비교하여 설명하시오.

iii) ㄴ)에서는 두 기체의 역할이 주장되었다. 표 6-1을 참고하여, 세 행성(금성, 지구, 화성)에서의 이산화탄소와 수증기에 의한 온실효과를 서로 비교하여 설명하시오.

iv) 그림 6-3은 이산화탄소와 수증기에 의한 태양 복사에너지 흡수 특성을 파장별로 나타낸다. 또한, 지구를 흑체로 가정할 때 지구에서 방출되는 복사에너지 분포(플랑크 복사곡선)를 함께 나타내었다. ㄷ)에 기술한 바와 같이, 인간 활동의 결과로 대기에서의 에너지 흡수가 발생하여 기후 변화가 초래된다면 가장 강력한 온실효과를 나타낼 수 있는 기체의 흡수 파장영역을 유추하시오.