2021학년도 수시 논술우수자전형
논술고사 기출문제

<의학계>

2020.12.7.(월) 오전 실시

경희대학교 입학처

1. 2021학년도 수시모집 논술고사 문항 및 제시문

논제 I <수학>

I. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (60점)

[가] 이차함수 $y=ax^2+bx+c\ (a>0)$의 그래프가 x축과 한 점에서 만나면 이차방정식 $ax^2+bx+c=0$은 중근을 갖는다. 이때 중근을 α라고 하면 이차부등식의 해는 다음과 같다.

(1) $ax^2+bx+c>0$의 해는 $x\neq\alpha$인 모든 실수
(2) $ax^2+bx+c<0$의 해는 없다.
(3) $ax^2+bx+c\geq 0$의 해는 모든 실수
(4) $ax^2+bx+c\leq 0$의 해는 $x=\alpha$

[나] 삼각함수의 덧셈정리

(1) $\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta$ $\quad\sin(\alpha-\beta)=\sin\alpha\cos\beta-\cos\alpha\sin\beta$

(2) $\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta$ $\quad\cos(\alpha-\beta)=\cos\alpha\cos\beta+\sin\alpha\sin\beta$

(3) $\tan(\alpha+\beta)=\dfrac{\tan\alpha+\tan\beta}{1-\tan\alpha\tan\beta}$ $\quad\tan(\alpha-\beta)=\dfrac{\tan\alpha-\tan\beta}{1+\tan\alpha\tan\beta}$

[다] 두 변수 x, y 사이의 관계가 변수 t를 매개로 하여

$$x=f(t),\ y=g(t)$$

와 같이 나타내어질 때, 변수 t를 x, y의 매개변수라 하고, 두 함수 $x=f(t)$, $y=g(t)$를 매개변수로 나타낸 함수라고 한다.

[라] 첫째항부터 차례대로 일정한 수를 곱하여 만든 수열을 등비수열이라 하고, 곱하는 일정한 수를 공비라고 한다.

공비가 r인 등비수열 $\{a_n\}$에서 제 n항에 공비 r을 곱하면 제 $(n+1)$항이 되므로

$$a_{n+1}=ra_n\ (n=1,2,3,\cdots)$$

이 성립한다.

[마] 등비급수 $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty}ar^{n-1}=a+ar+ar^2+\cdots+ar^{n-1}+\cdots\ (a\neq 0)$은

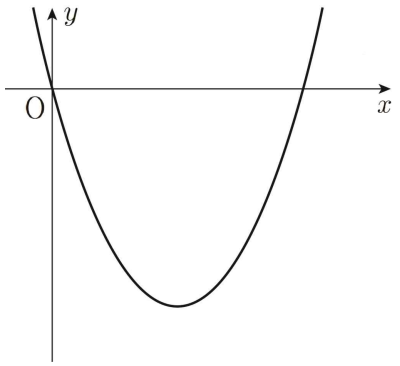
(1) $|r|<1$일 때, 수렴하고 그 합은 $\dfrac{a}{1-r}$이다.

(2) $|r|\geq 1$일 때, 발산한다.

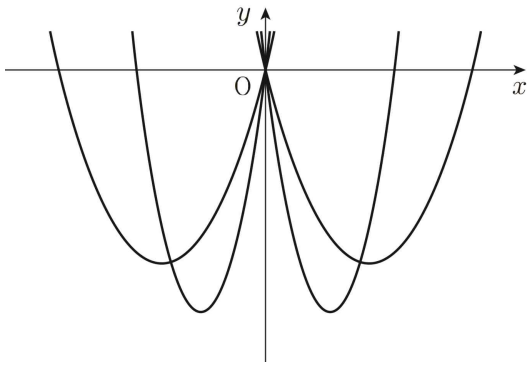
[논제 I] 제시문 [가]~[마]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

[논제 I-1] 두 실수 θ와 k에 대하여 아래와 같이 매개변수 t로 나타낸 함수를 생각하자.

$$x=(\cos\theta)t,\ y=t^2-(\sin(\theta+k))t\ \cdots\cdots\ ①$$



[그림 1]



[그림 2]

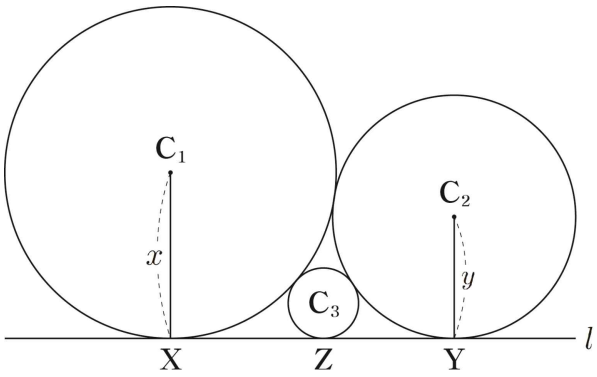
(1) k를 $\frac{\pi}{5}$라 할 때, $0<\theta<\frac{\pi}{2}$인 θ에 대하여 함수 ①은 [그림 1]과 같이 x축과 만난다. 이때 원점이 아닌 교점의 x좌표를 θ에 대한 함수 $g(\theta)$로 나타낸 다음, $g(\theta)$가 최댓값을 가지는 θ의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (10점)

(2) k를 0이라 할 때, 다음 두 조건을 만족하는 두 실수 a, c를 구하고, 이 두 조건이 성립함을 논술하시오. (20점)

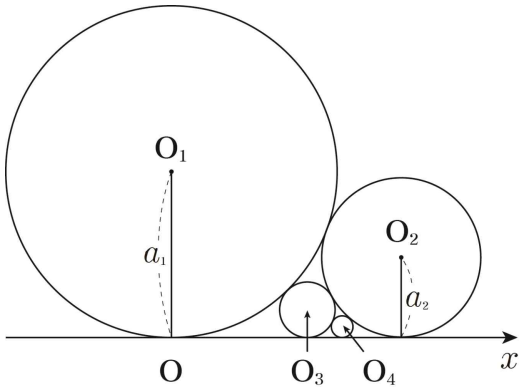
(ㄱ) $0\le\theta\le\pi$인 모든 θ에 대하여 함수 ① 위의 점 (x,y)가 $y\ge ax^2+c$를 만족한다.

(ㄴ) $q\ge ap^2+c$인 점 (p,q)마다 $0\le\theta\le\pi$인 어떤 θ가 존재하여 점 (p,q)가 함수 ①의 한 점이 된다.

[논제 I-2] 각 원의 중심은 다른 원의 내부에 포함되지 않는다고 할 때, 다음 질문에 답하시오.



[그림 3]



[그림 4]

(1) [그림 3]과 같이 반지름의 길이가 각각 x와 y인 원 C_1과 원 C_2가 서로 한 점에서 만나고, 동시에 직선 l에 점 X와 점 Y에서 각각 접한다. 반지름의 길이가 z인 원 C_3가 원 C_1과 원 C_2에 각각 한 점에서 만나고, 동시에 점 Z에서 직선 l에 접한다. 이때 선분 YZ의 길이와 원 C_3의 반지름의 길이를 x와 y에 관한 식으로 나타내고, 그 근거를 논술하시오. (단, $x>y>z$) (15점)

(2) 좌표평면에서 원 O_1은 반지름의 길이가 1이고 원점 O에서 x축에 접한다. [그림 4]와 같이

반지름의 길이가 $\frac{(\sqrt{5}-1)^2}{4}$인 원 O_2는 원 O_1과 한 점에서 만나고 동시에 x축에 접한다. 원 O_3는 원 O_1, 원 O_2와 각각 한 점에서 만나고 동시에 x축에 접한다. 원 O_4는 원 O_2, 원 O_3와 각각 한 점에서 만나고 동시에 x축에 접한다. 이와 같은 과정을 계속하여 n번째로 얻은 원 O_n의 반지름의 길이를 a_n, 중심의 x좌표를 x_n이라 하자. 이때 a_n과 $\lim_{n\to\infty} x_n$을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (단, $x_n \geq 0$이고 $a_1 > a_2 > a_3 > \cdots > a_n > \cdots$) (15점)

논제 II <물리>

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[가] 케플러의 제1법칙은 모든 행성이 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동한다는 것이다. 케플러의 제2법칙은 행성이 타원 궤도를 돌면서 일정한 시간 동안 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 간 면적이 항상 같다는 것이다. 케플러의 제3법칙은 행성의 공전 주기의 제곱이 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다는 것이다.

[나] 처음 위치와 처음 속도가 각각 x_o, v_o인 물체가 가속도 a로 시간 t 동안 등가속도 직선 운동을 할 때 물체의 위치 x와 속도 v는 다음 관계를 만족한다.

$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2, \quad v = v_o + at, \quad v^2 - v_o^2 = 2a(x - x_o)$$

[다] 질량이 m이고, 처음 속력이 v_o인 물체에 알짜힘 F가 작용하여, F와 같은 방향으로 물체가 거리 s만큼 이동한 경우, 물체의 나중 속력 v는 $Fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_o^2$를 만족하고, 이를 일·운동 에너지 정리라고 한다.

[라] 전기장 $\vec{E}$는 단위 양전하(+1C)가 받는 전기력이므로, 전하량 q의 전하가 받는 전기력이 $\vec{F}$라면 그곳에서의 전기장은 $\frac{\vec{F}}{q}$이다.

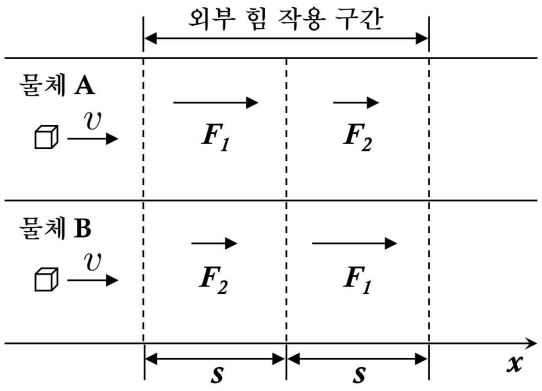
[마] 물체에 알짜힘 F가 작용하면 알짜힘의 방향으로 가속도 a가 생긴다. 그 가속도의 크기는 물체에 작용하는 알짜힘의 크기에 비례하고 물체의 질량 m에 반비례해서, $F = ma$의 관계가 얻어진다.

[논제 II-1]

지표면으로부터 높이 h인 곳에 위치한 물체 O, A, B, C가 서로 다른 속력 v_O, v_A, v_B, v_C으로 각각 수평 방향 운동을 시작하였다(단, $v_O < v_A < v_B < v_C$). 물체 O는 지표면으로부터 높이 h를 유지하면서 지구 주위의 원 궤도를 따라 운동하고, 물체 A, B, C는 지구의 중심을 타원의 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하고 있다. A, B, C가 만드는 각각의 타원 궤도에서 지구와 가장 먼 위치의 가속도 크기에 대한 가장 가까운 위치의 가속도 크기 비율은 각각 4, 9, 16이다. O, A, B, C에 의한 궤도 운동의 주기를 각각 T_O, T_A, T_B, T_C라고 할 때, $T_O : T_A : T_B : T_C$를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (6점)

[논제 II-2]

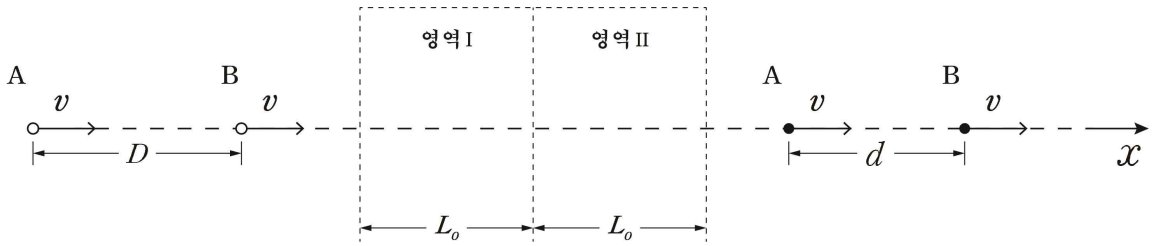
[그림 1]과 같이 질량이 같은 물체 A, B가 x축과 평행하게 같은 속력 v로 직선 운동하다가 '외부 힘 작용 구간'에 동시에 각각 진입한다. 각 구간에는 같은 거리 s에 대해 일정한 힘 F_1과 F_2가 x축과 평행하게 오른쪽 방향으로 작용하고, 크기는 $F_1 > F_2$이다. A, B가 '외부 힘 작용 구간'에 진입하는 순간부터 빠져나올 때까지 걸리는 시간을 각각 t_A, t_B라고 할 때, t_A와 t_B의 대소 관계를 비교하고, 그 근거를 논술하시오. 단, 물체의 크기는 무시한다. (8점)



[그림 1]

[논제 II-3]

[그림 2]는 전자 A, B가 거리 D를 유지하면서 속력 v로 등속도 운동을 하다가 영역 I, II를 통과한 후, 거리 d를 유지하면서 같은 속력 v로 등속도 운동하는 것을 나타내며, $D > d$ 이다. 각각의 영역 I, II에는 전자가 해당 영역 안에 있을 때에만 전기장이 가해진다. 가해진 전기장의 방향은 각 영역 안에 있는 A, B에 따라 $+x$ 방향 또는 $-x$ 방향 중 한 방향만 될 수 있으며, 전기장의 세기는 E_o로 일정하다. I, II의 x 방향 길이는 L_o로 같고, B가 II를 빠져나오기 전에는 A가 I에 진입하지 않는다. 전자의 질량은 m, 전자의 전하량은 $q = -e$로 표시하고, $E_o < \frac{mv^2}{2eL_o}$이다. 단, A와 B는 I과 II의 전기장에 의해서만 힘을 받고, 상대론적 효과와 전자기파의 발생은 무시한다.



[그림 2]

(1) A와 B가 I에 진입하는 순간부터 빠져나올 때까지 걸리는 시간을 각각 $t_{A,I}$, $t_{B,I}$, A와 B가 II에 진입하는 순간부터 빠져나올 때까지 걸리는 시간을 각각 $t_{A,II}$, $t_{B,II}$라고 하자. $t_{A,I}$, $t_{A,II}$, $t_{B,I}$, $t_{B,II}$ 사이의 대소 관계를 비교하고, I, II에서의 전기장 E를 시간 t에 대한 그래프로 각각 나타내고, 그 근거를 논술하시오. (12점)

(2) $E_o = \frac{mv^2}{4eL_o}$인 경우, $\frac{D-d}{D}$의 최댓값을 소숫점 둘째 자리까지 구하고, 그 근거를 논술하시오. 단, $\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$로 계산한다. (14점)

논제Ⅱ<화학>

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[가] 원자량이나 분자량을 이용하면 물질의 질량으로부터 입자의 수를 알 수 있다. 그러나 기체의 경우에는 질량보다 부피를 측정하기 쉬우며, 기체의 부피와 몰의 관계로부터 기체의 입자 수를 알 수 있다. 기체의 종류와 관계없이 0°C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 항상 22.4 L로 일정하다.

[나] 화학 반응은 본래의 물질과 성질이 전혀 다른 새로운 물질이 생성되는 현상이다. 화학 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 관계를 화학식과 기호를 사용해 나타낸 것을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식으로 알 수 있는 다양한 정보 가운데 반응물과 생성물 사이의 양적 관계가 중요하다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 몰비와 같다. 이를 이용하면 반응물의 양만으로도 생성물이 얼마나 생길지 예상할 수 있고, 생성물의 양으로 얼마만큼의 물질이 반응에 사용되었는지 알 수 있다.

[다] 두 종류 이상의 순물질이 균일하게 섞여 있는 혼합물을 용액이라고 한다. 일상생활에서 가장 많이 사용하는 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타내는 질량 퍼센트 농도(%)이다. 화학에서는 용질의 입자 수를 이용하여 농도를 나타내는 몰 농도를 주로 사용한다. 몰 농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 의미하며 단위는 M 또는 mol/L를 사용한다. 용액의 부피는 온도에 따라 변하므로 몰 농도는 온도에 따라 달라진다. 온도 변화와 관계없이 일정한 농도 값이 필요할 때에는 몰 농도 대신 몰랄 농도를 사용한다. 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양을 나타내며, 단위는 m 또는 mol/kg을 사용한다.

[라] 산의 수용액에는 수소 이온(H^+)과 음이온이 들어 있고, 염기의 수용액에는 수산화 이온(OH^-)과 양이온이 들어 있다. 산 수용액과 염기 수용액을 혼합하면 H^+과 OH^-이 반응하여 물(H_2O)을 생성하고, 산의 음이온과 염기의 양이온이 반응하여 염을 생성한다. 묽은 암모니아수에 날숨을 불어 넣으면, 날숨 속에 들어 있는 이산화 탄소가 물에 녹으면서 탄산(H_2CO_3)이 만들어진다. 염기성 물질인 암모니아수와 산성 물질인 탄산이 반응하면 산과 염기의 성질이 사라지는데, 이러한 반응을 중화 반응이라고 한다. 속이 쓰릴 때 수산화 마그네슘 성분의 제산제를 먹는 것과 생선 비린내를 없애기 위해 생선에 레몬즙을 뿌리는 것도 중화 반응을 이용한 예이다.

[마] 물질을 구성하는 원자의 산화수를 알면 화학 반응에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 판단할 수 있다. 산화수가 증가하는 것은 전자를 잃는 것(산화)을 뜻하고, 산화수가 감소하는 것은 전자를 얻는 것(환원)을 뜻한다. 산화 환원 반응은 전자를 주고받는 반응이고 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 한 반응에서 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질이 있어야 한다. 산화 반응에서 잃는 전체 전자 수와 환원 반응에서 얻는 전체 전자 수가 같으므로, 산화 환원 반응 전후에 증가한 산화수와 감소한 산화수는 항상 같아야 한다.

[바] 반응 속도는 반응물의 농도에 따라 달라진다. 다음과 같은 일반적인 반응을 예로 들어 보자.

$$a\mathrm{A} + b\mathrm{B} \rightarrow c\mathrm{C} + d\mathrm{D}$$

이 반응에서 반응 속도(v)는 반응물 A와 B의 농도에 의존하므로 비례 상수 k를 사용하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$v = k[\mathrm{A}]^m[\mathrm{B}]^n$$

반응 속도가 반응물의 농도에 얼마나 의존하고 있는지를 나타낸 식을 반응 속도식 또는 반응 속도 법칙이라고 한다. 반응 속도식에서 비례 상수 k는 반응 속도 상수로 반응에 따라 고유한 값을

가지며, 온도에 의해서만 변한다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

X는 화학식이 $C_nH_{2n+2}O_n$인 탄소 화합물이다.

(1) 25 °C, 1기압에서 같은 분자 수의 순수한 에탄올(C_2H_5OH)과 X를 완전 연소시킬 때 필요한 산소의 부피비는 6 : 7 이다. X의 분자량에 대해 논술하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.) (7점)

(2) 일정량의 X가 녹아 있는 400 mL 수용액 A의 밀도는 1.15 g/cm^3 이다. 수용액 A에 1.0 M 에탄올 600 mL를 혼합하면 X의 농도는 0.2 M이다. 수용액 A의 농도를 X의 질량 퍼센트로 나타내시오. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 용액의 부피의 합과 같다.) (5점)

(3) 경희는 일정량의 X를 완전 연소시켰을 때 생성된 이산화 탄소를 과량의 수산화 나트륨 수용액과 중화 반응시켜 제거하였다. 연소와 중화 반응으로 얻은 물의 양은 총 12.6 g 이다. 같은 양의 X를 완전 연소시켜 얻은 이산화 탄소를 0.3 M 수산화 칼슘 수용액을 이용하여 제거할 때, 필요한 0.3 M 수산화 칼슘 수용액의 최소 부피에 대해 논술하시오. (8점)

[논제 II-2] 제시문 [나], [다], [마], [바]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

산성 조건에서 KI 수용액과 $KMnO_4$ 수용액을 혼합하면 I_2, $H_2O(l)$과 Mn^{2+}이 생성된다.

(1) 이 반응의 완성된 화학 반응식에 대해 논술하시오. (6점)

(2) 산성 조건에서 41.5 g의 KI이 용해된 수용액 100 mL(밀도 1.215 g/cm^3)와 3.16 g의 $KMnO_4$이 용해된 수용액 100 mL(밀도 1.0316 g/cm^3)를 혼합했을 때 생성되는 I_2의 질량과 혼합 용액에 존재하는 I^-과 K^+의 몰 농도(M)와 몰랄 농도(m)에 대해 각각 논술하시오. (단, O, K, Mn, I의 원자량은 각각 16, 39, 55, 127이다. 혼합 용액의 부피는 혼합 전 용액의 부피의 합과 같고 반응 전후의 용액의 온도는 같다. 각 값은 소수점 셋째 자리를 반올림한다.) (10점)

(3) 아래의 표는 25°C에서 KI(aq)과 $K_2S_2O_8$(aq)의 초기 농도를 변화시키면서 초기 반응 속도를 측정하여 얻은 결과이다.

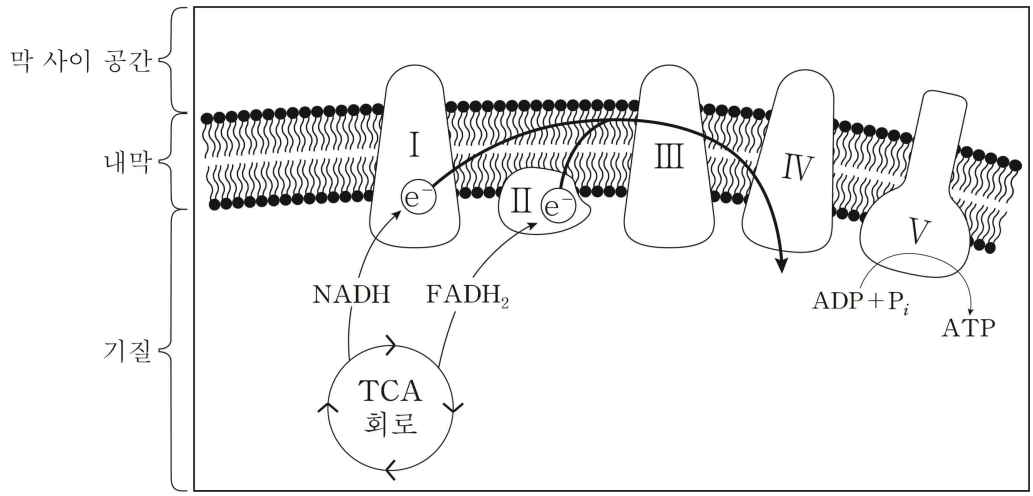
실험	반응물의 초기 농도(M)		초기 반응 속도(M/s)
	$[I^-]$	$[S_2O_8^{2-}]$	
1	0.04	0.04	8.4×10^{-6}
2	0.04	0.02	4.2×10^{-6}
3	0.02	0.04	4.2×10^{-6}

이 반응의 반응 속도식(v)과 반응 속도 상수(k)에 대해 논술하시오. (4점)

논제 Ⅱ <생명과학>

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[가] 사람의 생명 유지를 위해서는 영양소와 산소가 지속적으로 공급되어야 한다. 소화계로 흡수된 영양소와 호흡계로 흡수된 산소는 혈액을 통해 온몸의 조직 세포로 운반된다. 조직 세포로 흡수된 포도당은 세포 호흡을 통해 산화되어 이산화 탄소와 물로 분해된다. 이때 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지로 전환된다. 아래 그림은 미토콘드리아에서 일어나는 TCA 회로와 산화적 인산화 과정을 나타낸 것이다. 전자 전달계(I~IV)는 전자(e^-)를 운반하고 그 중 일부는 내막을 통과하여 H^+을 운반한다. 미토콘드리아 내막의 전자 전달 과정에서 발생한 에너지는 ATP 합성 효소(V)에 의해 ATP 합성 과정에 이용되고 이 과정에는 화학 삼투가 관여한다.



[나] 인간 유전체 사업(Human Genome Project)을 통해 사람 DNA의 염기 서열이 밝혀졌다. 한 사람의 체세포 핵에서 분리한 DNA의 염기 서열은 어느 조직 세포에서나 동일하다. 한편, 유전자 발현은 전사 단계에서의 조절이 매우 중요한데, 그 조절 방식은 원핵세포보다 진핵세포에서 특히 더 복잡하고 다양하다.

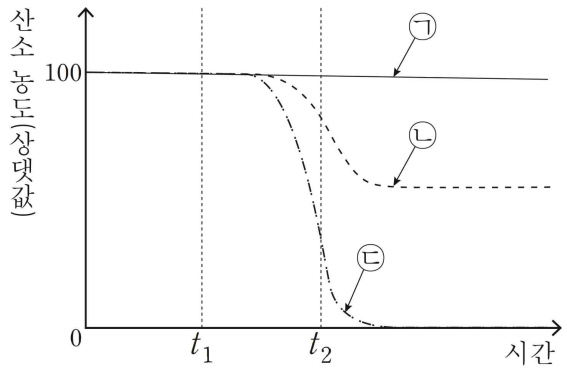
[다] 우리 몸에 이물질이나 병원체가 침입하면 이에 대항하는 방어 작용이 일어나서 우리 몸을 보호한다. 외부에서 침입한 병원체를 항원이라 하고 항원과 특이적으로 결합하여 항원을 무력화시키는 단백질을 항체라 한다. 우리 몸에서는 이전에 감염되었던 항원과 동일한 항원에 다시 감염되었을 때 더 강력한 방어 작용이 일어난다. 이러한 방어 작용의 특성을 이용하는 것이 백신이다. 코로나19(COVID-19)를 일으키는 코로나 바이러스(SARS-CoV-2)는 항원으로 인식될 수 있는 표면 단백질의 변이가 심하다. 최근 세계 각국의 과학자들의 노력으로 다양한 종류의 백신이 개발되었다는 반가운 뉴스가 보도되었다.

[라] 단일 인자 유전에 의한 사람의 유전병은 주로 열성 대립 유전자에 의해 나타나지만 우성 대립 유전자에 의해 나타나는 경우도 있다. 질병을 일으키는 대립 유전자와 정상 대립 유전자 사이의 우열 관계는 가계도 분석을 통해 파악될 수 있다.

[논제 II-1] 제시문 [가]를 읽고 다음 논제에 답하시오.

다음은 미토콘드리아의 ATP 합성에 관한 실험이다.

TCA 회로의 중간 산물인 4탄소 화합물과 P_i이 충분히 들어 있는 시험관 ①~③에 같은 수의 미토콘드리아를 각각 넣은 후, 시간에 따라 시험관 내 산소 농도를 측정하였다. 시점 t_1일 때 시험관 ①에는 ADP를, ②에는 ADP와 저해제 X를, ③에는 ADP와 저해제 Y를 첨가한 후 시간에 따라 산소 농도를 측정하였다. 저해제 X는 전자 전달계의 전자 흐름을 차단하는 물질이고, 저해제 Y는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H^+이 새어나가게 하는 물질이다. 아래 그래프는 시험관 ①~③에서 시간에 따라 측정한 산소 농도를 나타낸 것이다. 곡선 ㉠~㉢은 각각 시험관 ①~③ 중 하나에서 측정된 산소 농도 곡선이다. 시점 t_2에서 산소 농도 곡선 ㉡의 시험관에서만 ATP가 검출되었다. (단, 시험관 ①~③은 밀폐되어 있고, 주어진 조건 외에 다른 조건은 모두 동일하였다.)



(1) 시험관 ①의 경우 시점 t_2에서 미토콘드리아의 막 사이 공간과 기질의 pH 차이 및 전자가 최종적으로 수용되는 과정에 대해 각각 논술하시오. (4점)

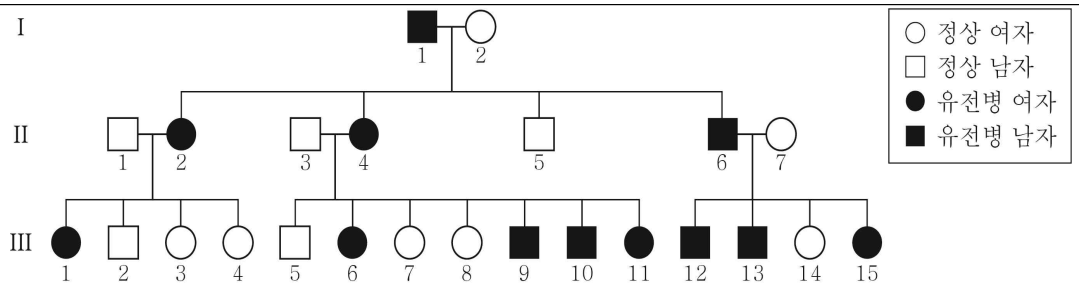
(2) 산소 농도 곡선 ㉠과 ㉡이 각각 시험관 ①~③ 중 어느 것에서 측정된 것인지를 논술하시오. (4점)

(3) 시점 t_2에서 산소 농도 곡선 ㉢의 시험관에서 ATP가 검출되지 않은 이유를 논술하시오. (4점)

[논제 II-2] 제시문 [나]를 읽고 다음 논제에 답하시오.
인체는 다양한 기관의 유기적인 작용으로 생명을 유지한다. 뇌, 폐, 심장, 위 등을 구성하는 조직 세포가 동일한 DNA를 가지고 있음에도 각 기관이 고유한 형태와 기능을 나타내는 이유를 유전자 발현과 관련지어 논술하시오. (10점)

[논제 II-3] 제시문 [다]를 읽고 다음 논제에 답하시오.
SARS-CoV-2에 대한 백신 개발이 완성되고 사용이 최종 승인된 후 경희가 이 백신을 접종받았다. 백신 접종 1~2주 후 면역 반응과 백신 접종 2달 후 SARS-CoV-2에 감염되었을 때의 면역 반응을 비교하여 논술하시오. (단, 경희는 면역 기능이 정상이고 백신 접종 전 SARS-CoV-2에 감염된 적이 없다.) (8점)

[논제 II-4] 제시문 [라]를 읽고 다음 논제에 답하시오.
아래 그림은 단일 인자 유전에 의해 발생하는 어떤 유전병을 가진 집안의 가계도이다.



(1) 위 가계도를 통해 이 유전병이 우성 또는 열성 형질인지를 판단할 수 있는지 논술하시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) (6점)

(2) 이 유전병의 유전자가 성염색체와 상염색체 중 어디에 위치하는지 논술하시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) (4점)

2. 2021학년도 수시모집 논술고사 예시답안

논제 Ⅰ <수학>

[논제 I-1]

(1) 매개변수 t로 나타낸 함수 $x=(\cos\theta)t,\ y=t^2-\left(\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)\right)t$가 x축을 만날 때,

$y=0$, 즉, $0=t^2-\left(\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)\right)t$이므로, $t=0$ 또는 $t=\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)$이다.

$t=0$일 때, $x=(\cos\theta)t=0$으로 원점이 교점이므로, $t\neq 0$이다.

그래서 $t=\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)$일 때, $g(\theta)=x=\cos\theta\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)$이다.

이를 미분하면, $g'(\theta)=(-\sin\theta)\sin\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)+\cos\theta\cos\left(\theta+\frac{\pi}{5}\right)=\cos\left(2\theta+\frac{\pi}{5}\right)$이다.

$0<\theta<\frac{\pi}{2}$이므로 $\frac{\pi}{5}<2\theta+\frac{\pi}{5}<\frac{6\pi}{5}$이고, $\theta=\frac{3\pi}{20}$에서만 $g'(\theta)=0$이다.

$\theta=\frac{3\pi}{20}$에서 $g'(\theta)$의 부호가 양에서 음으로 바뀌어 $g(\theta)$가 극댓값을 가지므로,

$g(\theta)$는 $\theta=\frac{3\pi}{20}$에서 최댓값을 가진다.

(2) 조건 (ㄱ)을 만족하는 두 실수 a와 c를 찾기 위하여, 먼저 $\theta\neq\frac{\pi}{2}$라 하자. 이때 $\cos\theta\neq 0$이다.

매개변수 함수

$$x=(\cos\theta)t,\ y=t^2-(\sin\theta)t\ \cdots\cdots\ ①$$

에서 $t=\frac{x}{\cos\theta}$이고 $y=t^2-(\sin\theta)t=\left(\frac{x}{\cos\theta}\right)^2-(\sin\theta)\frac{x}{\cos\theta}=(\sec^2\theta)x^2-(\tan\theta)x$이다.

따라서 매개변수 함수의 점 $(x,\ y)$는 $y=(\sec^2\theta)x^2-(\tan\theta)x$를 만족한다.

이 점 (x, y)가 부등식 $y \geq ax^2 + c$를 만족해야 하므로 모든 실수 x에 대하여

$y = (\sec^2\theta)x^2 - (\tan\theta)x \geq ax^2 + c$, 즉

$$(\sec^2\theta - a)x^2 - (\tan\theta)x - c \geq 0 \quad \cdots\cdots \ ②$$

이어야 한다. 만약 $\sec^2\theta - a \leq 0$이면, 부등식 ②가 성립하지 않는 x가 항상 있기에, a는

$0 \leq \theta \leq \pi$이고 $\theta \neq \frac{\pi}{2}$인 모든 θ에 대하여 $\sec^2\theta - a > 0$ 를 만족해야 한다.

이때 방정식 $(\sec^2\theta - a)x^2 - (\tan\theta)x - c = 0$이 중근을 가지면 부등식 ②가 성립하므로, 판별식

$$(\tan\theta)^2 + 4c(\sec^2\theta - a) = \tan^2\theta + 4c(\tan^2\theta + 1) - 4ac = (4c+1)\tan^2\theta + 4c(1-a)$$

이 0이 되는 a, c를 찾는다. 여기서 $\tan\theta$에 대한 계수가 모두 0이면 이 조건을 항상 만족시킨다.

$a = 1$, $c = -\frac{1}{4}$이라 하자. 이때 계수가 0이 되어 위에서 고려된 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 또는 $\sec^2\theta - a \leq 0$인

경우를 제외하면 부등식 $y \geq x^2 - \frac{1}{4}$이 항상 성립한다.

$\theta = \frac{\pi}{2}$일 때, $x = 0$, $y = t^2 - t \geq -\frac{1}{4}$가 되어 부등식 $y \geq x^2 - \frac{1}{4}$을 만족한다.

$\sec^2\theta \leq 1$일 때, $\theta = 0$ 또는 $\theta = \pi$이고, $\tan\theta = 0$이다. 부등식 ②가 $\frac{1}{4} = -c \geq 0$, 즉, 부등식

$y \geq x^2 - \frac{1}{4}$를 만족한다.

결론적으로, 모든 $\theta (0 \leq \theta \leq \pi)$에 대하여 매개변수 함수 ①은 부등식 $y \geq x^2 - \frac{1}{4}$를 만족함을 알 수 있다.

(ㄴ) 조건이 성립함을 보이기 위하여

$$q \geq p^2 - \frac{1}{4} \quad \cdots\cdots \ ③$$

인 점 (p, q)를 생각하자.

만약 $p = 0$이면, $q \geq -\frac{1}{4}$이므로, 이차방정식 $t^2 - t - q = 0$의 해 $t = \alpha$가 존재한다. 이때 $\theta = \frac{\pi}{2}$,

$t = \alpha$로 하면 점 (p, q)는 매개변수 함수의 점이 된다.

이제, $p \neq 0$라 하자. 변수 z에 대한 이차방정식 $p^2z^2 - pz + p^2 - q = 0$은 부등식 ③에 의하여 판별식

$p^2 - 4p^2(p^2 - q) = 4p^2\left(\frac{1}{4} - p^2 + q\right) \geq 0$이 되어 해 $z = \beta$를 가진다.

방정식 $\tan\theta = \beta$의 해인 $\theta = \alpha$가 구간 $0 \leq \theta \leq \pi$에 존재한다. 이로부터

$p^2\tan^2\alpha - p\tan\alpha + p^2 - q = 0$이고

$q = p^2(\tan^2\alpha + 1) - p\tan\alpha = p^2\sec^2\alpha - p\tan\alpha = \left(\frac{p}{\cos\alpha}\right)^2 - \sin\alpha\left(\frac{p}{\cos\alpha}\right)$이다.

이로부터 $t = \frac{p}{\cos\alpha}$라 할 때, $p = (\cos\alpha)t$, $q = t^2 - (\sin\alpha)t$가 성립되므로 점 (p, q)가 어떤 $\theta = \alpha$에

대하여 함수 ①의 한 점이 된다.

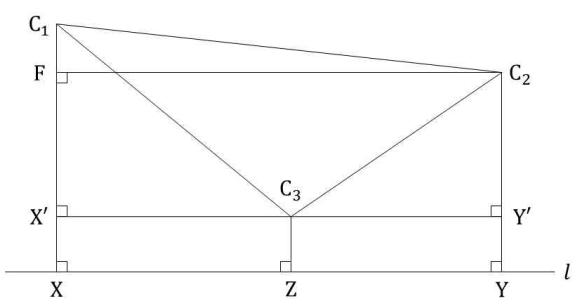
그래서 $a = 1$, $c = -\frac{1}{4}$일 때, 조건 (ㄴ)이 성립함을 알 수 있다.

[논제 I-2]

(1) 오른쪽 그림에서 C_2에서 직선 C_1X에 내린 수선의 발을 F라 할 때, 사각형 $YXFC_2$는 직사각형, 삼각형 C_1FC_2는 직각삼각형이므로, 피타고라스 정리에 의하여

$\overline{XY}=\overline{FC_2}=\sqrt{\overline{C_1C_2}^2-\overline{C_1F}^2}$

$=\sqrt{(x+y)^2-(x-y)^2}=2\sqrt{xy}$ 이다.



사각형 $ZXX'C_3$, 사각형 YZC_3Y'이 모두 직사각형이고, 삼각형 $C_3X'C_1$, 삼각형 $C_2Y'C_3$가 모두 직각삼각형이므로

$\overline{XZ}=\overline{X'C_3}=\sqrt{\overline{C_1C_3}^2-\overline{C_1X'}^2}=\sqrt{(x+z)^2-(x-z)^2}=2\sqrt{xz}$ 이고

$\overline{YZ}=\overline{Y'C_3}=\sqrt{\overline{C_2C_3}^2-\overline{C_2Y'}^2}=\sqrt{(y+z)^2-(y-z)^2}=2\sqrt{yz}$ 이다.

이로부터 $2\sqrt{xy}=\overline{XY}=\overline{XZ}+\overline{YZ}=2\sqrt{xz}+2\sqrt{yz}=2\sqrt{z}(\sqrt{x}+\sqrt{y})$을 얻는다. 이를 z에 대하여 풀면 원 C_3의 반지름 $\underline{z=\dfrac{xy}{(\sqrt{x}+\sqrt{y})^2}}$이고, $\underline{\overline{YZ}=2\sqrt{yz}=\dfrac{2y\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{y}}}$이다.

(2) 주어진 조건으로부터 $a_1=1$, $a_2=r$이다. 여기서 $r=\dfrac{(\sqrt{5}-1)^2}{4}$이라 하자.

(1)의 결과를 적용하여

$$a_3=\frac{1\cdot r}{(\sqrt{1}+\sqrt{r})^2}=\frac{\dfrac{(\sqrt{5}-1)^2}{4}}{\left(1+\dfrac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^2}=\frac{(\sqrt{5}-1)^2}{(\sqrt{5}+1)^2}=\left(\frac{(\sqrt{5}-1)(\sqrt{5}-1)}{(\sqrt{5}+1)(\sqrt{5}-1)}\right)^2=\left(\frac{(\sqrt{5}-1)^2}{4}\right)^2=r^2$$

임을 알 수 있다.

원 O_3와 원 O_2의 반지름의 길이의 비 $\dfrac{a_3}{a_2}$는 원 O_2와 원 O_1의 반지름의 길이의 비 $\dfrac{a_2}{a_1}$와 r로 서로 같다. 원 O_2와 원 O_3가 서로 한 점에서 만나고 동시에 x축에 접하는 관계는 원 O_1와 원 O_2가 서로 한 점에서 만나고 동시에 x축에 접하는 관계와 닮았고 그 닮음비가 r이다. 그래서 원 O_2와 원 O_3 사이 관계에서 만들어진 원 O_4와 원 O_1와 원 O_2 사이 관계에서 만들어진 원 O_3의 닮음비가 r이 되고, 원 O_4의 반지름의 길이 a_4는 원 O_3의 반지름의 길이 a_3의 r배가 된다. 즉, $a_4=ra_3=r^3$이다. 이와 같은 닮은 관계가 계속되므로 $a_{n+1}=ra_n$이 되어 a_n은 등비 r을 가지는 등비수열이다.

그래서 $\underline{a_n=r^{n-1}=\dfrac{(\sqrt{5}-1)^{2n-2}}{4^{n-1}}}$이다.

모든 자연수 n에 대하여 원 O_n과 x축과의 교점을 X_n이라 하자. 원 O_{n+1}은, n이 짝수일 때, 원 O_n의 왼쪽, n이 홀수일 때, 원 O_n의 오른쪽에 위치하므로,

$$x_{n+1}=x_n+(-1)^{n-1}\overline{X_nX_{n+1}}$$

이다.

그래서 $\overline{X_nX_{n+1}}$은 (1)의 결과로부터

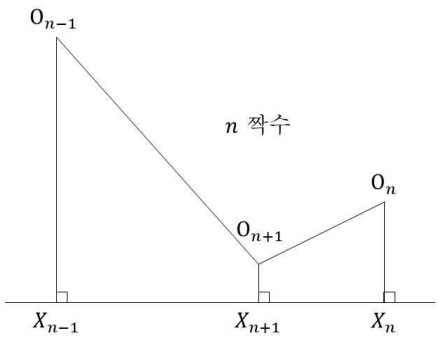
$\overline{X_nX_{n+1}} = \dfrac{2r^{n-1}\cdot\sqrt{r^{n-2}}}{\sqrt{r^{n-2}}+\sqrt{r^{n-1}}} = \dfrac{2r^{n-1}}{1+\sqrt{r}} = \dfrac{2}{1+\sqrt{r}}r^{n-1}$

$= \dfrac{4}{\sqrt{5}+1}r^{n-1} = (\sqrt{5}-1)r^{n-1}$이다.

$x_1 = 0$이므로

$x_{n+1} = \sum_{i=1}^{n}(-1)^{n-1}\overline{X_nX_{n+1}} = \sum_{i=1}^{n}(\sqrt{5}-1)(-r)^{n-1}$이다.

그래서 $\lim_{n\to\infty} x_n = \dfrac{\sqrt{5}-1}{1-(-r)} = \dfrac{\sqrt{5}-1}{1+\dfrac{3-\sqrt{5}}{2}} = \dfrac{2(\sqrt{5}-1)}{5-\sqrt{5}} = \dfrac{2}{\sqrt{5}} = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}$이다.



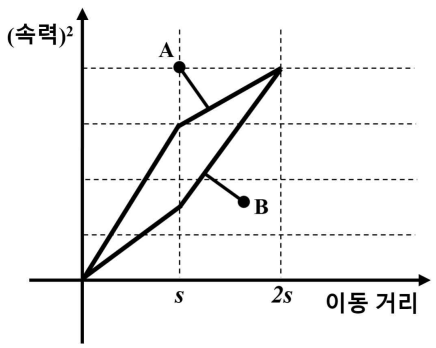
논제 II <물리>

[논제 II-1]

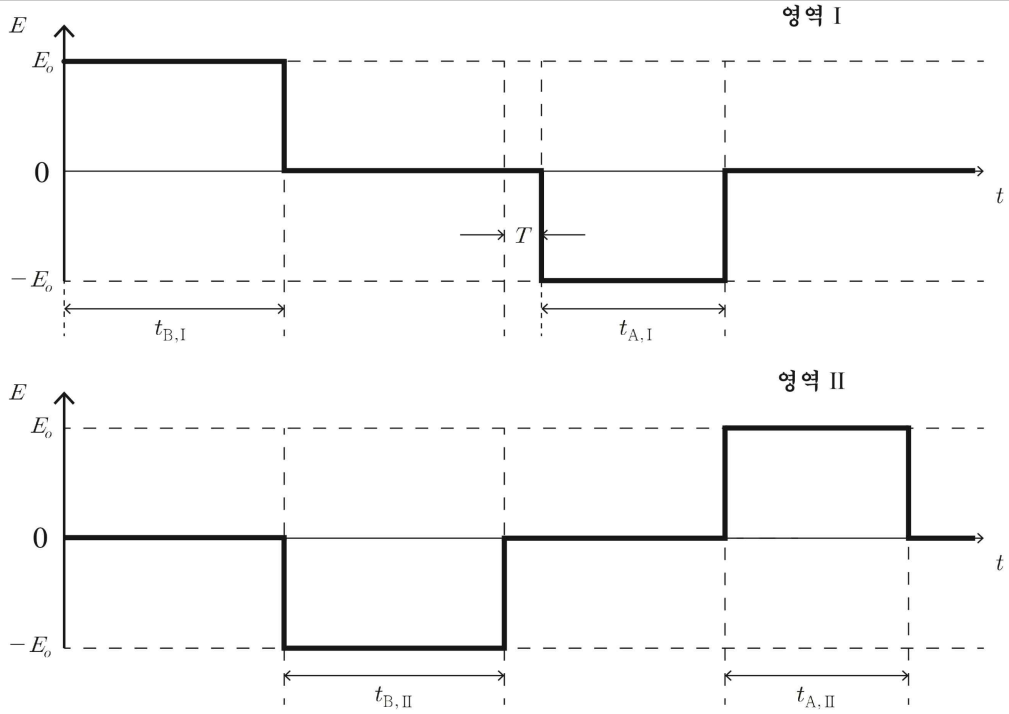
타원 궤도에서 지구와 가장 가까운 위치와 가장 먼 위치에서 지구까지의 거리를 R_m, R_M이라 하자. A, B, C가 만드는 각각의 궤도에서 지구와 가장 먼 위치의 가속도 크기에 대한 가장 가까운 위치의 가속도 크기의 비율이 4, 9, 16이라는 조건으로부터 A, B, C에 대한 $R_m : R_M$는 각각 1:2, 1:3, 1:4이다. 타원의 긴 반지름은 $\dfrac{R_m + R_M}{2}$이고, 각 궤도에 대한 R_m은 같으므로 O, A, B, C에 대한 긴 반지름의 비는 2 : 3 : 4 : 5이고, 케플러의 제3법칙으로부터 주기의 제곱은 긴 반지름의 세제곱에 비례하므로, $T_O : T_A : T_B : T_C = 2\sqrt{2} : 3\sqrt{3} : 8 : 5\sqrt{5}$ 이다.

[논제 II-2]

일·운동 에너지 정리에 의해 물체 A, B가 각 구간을 빠져나온 직후의 속력은 같다. 또한, 각 물체가 구간의 반(힘의 크기가 바뀌는 경계)에 도달할 때 물체의 속력은 A가 B보다 크다. 따라서 이동 거리에 따른 각 물체에 대한 속력의 제곱은 다음 그래프와 같은 개형을 따른다.
그래프에서 알 수 있듯이, 구간 내 모든 위치에서 A의 순간 속력이 B의 순간 속력보다 크므로 $t_A < t_B$ 이다.



[논제 II-3] (1) 영역을 통과하기 전과 후에 전자의 속도가 같다는 조건으로부터 전자가 I,II를 지날 때 전기장의 방향이 두 영역에서 모두 $-x$ 방향이거나, $+x$방향일 수 없고, 방향이 바뀌어야한다. 또한 $D > d$라는 조건으로부터 B가 I, II를 지날 때 각각 $E_{B,I} = E_o$, $E_{B,II} = -E_o$이 되도록 하고(단, 전기장이 +일 때 전기장의 방향은 $+x$ 방향이고, - 일 때 전기장의 방향은 $-x$ 방향), A가 I, II를 지날 때 각각 $E_{A,I} = -E_o$, $E_{A,II} = E_o$가 되어야 한다. 또한, B가 II를 빠져나오기 전에는 A가 I에 진입하지 않는다는 조건으로부터 $T \geq 0$이어야 하고, [논제 II-2]의 결과로부터 $t_{B,I} = t_{B,II} > t_{A,I} = t_{A,II}$이므로, 각 영역에서 전기장의 세기를 시간에 대한 그래프로 그리면 다음과 같다.



(2)B가 I, II를 통과할 때 $E_{B,I}=E_o=\frac{mv^2}{eL_o}\alpha$, $E_{B,II}=-E_o=-\frac{mv^2}{eL_o}\alpha$ (단, $\alpha>0$)라고 하면, B가 I, II를 통과할 때 가속도를 각각 $a_{B,I}$, $a_{B,II}$라고 하면 $a_{B,I}=-\frac{eE_{B,I}}{m}=-\frac{v^2}{L_o}\alpha$,

$a_{B,II}=-\frac{eE_{B,II}}{m}=\frac{v^2}{L_o}\alpha$이다. 등가속도 운동 공식으로부터 B가 II에 진입할 때의 속도는

$v_B=\sqrt{v^2+2a_{B,I}L_o}=v\sqrt{1-2\alpha}$이고, II를 통과한 후 속도는

$v_f=\sqrt{v_B^2+2a_{B,II}L_o}=\sqrt{v^2(1-2\alpha)+2\alpha v^2}=v$. B가 I에 진입하는 순간부터 빠져나올 때까지 걸리는 시간은 $t_{B,I}=\frac{\sqrt{v^2+2a_{B,I}L_o}-v}{a_{B,I}}=\frac{L_o}{v}\frac{(1-\sqrt{1-2\alpha})}{\alpha}=t_{B,II}$이고, $t_{B,I}+t_{B,II}=\frac{2L_o}{v\alpha}(1-\sqrt{1-2\alpha})$.

마찬가지 방식으로 계산하면 $t_{A,I}=\frac{L_o}{v}\frac{(\sqrt{1+2\alpha}-1)}{\alpha}=t_{A,II}$, 이고,

$t_{A,I}+t_{A,II}=\frac{2L_o}{v\alpha}(\sqrt{1+2\alpha}-1)$이다. 따라서

$(t_{B,I}+t_{B,II})-(t_{A,I}+t_{A,II})=\frac{2L_o}{v\alpha}(2-\sqrt{1-2\alpha}-\sqrt{1+2\alpha})$. 한편 B가 II를 빠져 나간 순간부터 A가 I에 진입하는 순간까지의 시간이 T이므로 $D=v(T+t_{B,I}+t_{B,II})$로부터 $T=\frac{D}{v}-(t_{B,I}+t_{B,II})$이고,

$d=v(T+t_{A,I}+t_{A,II})=v\left(\frac{D}{v}-(t_{B,I}+t_{B,II})+(t_{A,I}+t_{A,II})\right)$이므로,

$\frac{D-d}{D}=\frac{v}{D}(t_{B,I}+t_{B,II}-t_{A,I}-t_{A,II})=\frac{2L_o}{D\alpha}(2-\sqrt{1-2\alpha}-\sqrt{1+2\alpha})$. 한편 B가 II를 빠져 나오기 전에 A는 I에 진입하지 않는다는 조건으로부터 $T=\frac{D}{v}-(t_{B,I}+t_{B,II})\geq 0$을 만족해야 하므로

$T=\frac{D}{v}-(t_{B,I}+t_{B,II})=\frac{D}{v}-\frac{2L_o}{v\alpha}(1-\sqrt{1-2\alpha})=\frac{D}{v}\left(1-\frac{2L_o}{\alpha D}(1-\sqrt{1-2\alpha})\right)\geq 0$이고,

$\frac{D}{L_o} \geq \frac{2}{\alpha}(1-\sqrt{1-2\alpha})$이므로 $\frac{L_o}{D} \leq \frac{\alpha}{2}\frac{1}{(1-\sqrt{1-2\alpha})}$ 이다. 따라서,

$\frac{D-d}{D} = \frac{2L_o}{D\alpha}(2-\sqrt{1-2\alpha}-\sqrt{1+2\alpha}) \leq \frac{2-\sqrt{1-2\alpha}-\sqrt{1+2\alpha}}{1-\sqrt{1-2\alpha}}$ 이며, 주어진 조건 $\alpha = \frac{1}{4}$를 이용하면 $\left(\frac{D-d}{D}\right)_{Max} = \frac{2-\sqrt{2}/2-\sqrt{6}/2}{1-\sqrt{2}/2} \simeq 0.23$이다.

논제 II <화학>

[논제 II-1]

[논제 II-1]

(1) 에탄올의 연소 반응식; $C_2H_5OH\,(l) + 3\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,CO_2\,(g) + 3\,H_2O(g)$

탄소 화합물 X의 연소 반응식; $C_nH_{2n+2}O_n + a\,O_2\,(g) \rightarrow n\,CO_2\,(g) + (n+1)\,H_2O\,(g)$

(상태 표시는 필수 아님)

i) 탄소 화합물 X의 연소 반응식에서 산소의 계수비를 이용하여 (질량보존의 법칙),

$n + 2a = 2n + (n+1)$ … ①

ii) 같은 분자 수(같은 몰수)의 두 물질이 완전히 연소할 때 필요한 산소의 비는 반응식의 계수와 비례하므로, 6 : 7 = 3 : a … ②

①과 ②를 통해 n = 3, a = $\frac{7}{2}$ 이다.

∴ 탄소 화합물 X의 분자식은 $C_3H_8O_3$ 이고, 분자량은 92 g/mol이다.

(2) 수용액 A에 들어있는 화합물 X의 몰수를 x mol이라고 하면,

혼합 용액의 농도 $0.2 = \frac{x\,(\text{mol})}{0.4\,(\text{L}) + 0.6\,(\text{L})} \Rightarrow x = 0.2\ (\text{mol})$

수용액 A에 들어있는 X의 질량 = 0.2 mol × 92 g/mol = 18.4 g

수용액 A 의 퍼센트 농도 = $\frac{\text{X의 질량}}{\text{수용액 A의 질량}} \times 100 = \frac{18.4}{400 \times 1.15} \times 100 = 4\,(\%)$

∴ 수용액 A의 질량 퍼센트 농도는 4%이다.

(3) (상태 표시는 필수 아님)

X의 연소 반응식: $2\,C_3H_8O_3 + 7\,O_2\,(g) \rightarrow 6\,CO_2\,(g) + 8\,H_2O\,(l)$

이산화탄소의 중화 반응식: $CO_2\,(g) + 2\,NaOH\,(aq) \rightarrow Na_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$

연소와 중화 반응을 종합하면 다음과 같은 화학 반응식을 쓸 수 있다.

$2\,C_3H_8O_3 + 7\,O_2\,(g) + 12\,NaOH\,(aq) \rightarrow 6\,Na_2CO_3\,(aq) + 14\,H_2O\,(l)$

위의 반응식에서, $C_3H_8O_3$: NaOH : H_2O = 1 : 7 이고 12.6 g (0.7 mol)의 H_2O이 생성되었으므로 반응에 참여한 $C_3H_8O_3$의 양은 0.1 mol이다.

∴ 0.1 mol의 $C_3H_8O_3$를 완전 연소시켜 얻은 CO_2는 0.3 mol이다.

수산화 칼슘을 이용한 중화 반응식: $CO_2\,(g) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow CaCO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$

중화 반응에서 CO_2 : $Ca(OH)_2$의 몰수비가 1 : 1이므로, 0.3 mol의 수산화 칼슘이 필요하다.

∴ 필요한 0.3 M의 수산화 칼슘의 부피 = $0.3\,\text{mol} \times \frac{1}{0.3\,(\text{mol/L})} = 1.0\,\text{L}$

※ 탄산이 생성되는 반응을 고려해 아래와 같이 논술할 수도 있다.

X의 연소 반응식: $2\,C_3H_8O_3 + 7\,O_2\,(g) \rightarrow 6\,CO_2\,(g) + 8\,H_2O\,(l)$
탄산 생성 반응식: $CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_2CO_3\,(aq)$
탄산의 중화 반응식: $H_2CO_3\,(g) + NaOH\,(aq) \rightarrow Na(HCO_3)\,(aq) + H_2O\,(l)$
연소와 중화 반응을 종합하면 다음과 같은 화학 반응식을 쓸 수 있다.
$2\,C_3H_8O_3 + 7\,O_2\,(g) + 6\,NaOH\,(aq) \rightarrow 6\,Na(HCO_3)(aq) + 8\,H_2O\,(l)$

위의 반응식에서,
$C_3H_8O_3$: H_2O = 1 : 4 이고 12.6 g (0.7 mol)의 H_2O이 생성되었으므로
반응에 참여한 $C_3H_8O_3$의 양은 0.175 mol이다.
∴ 0.175 mol의 $C_3H_8O_3$를 완전 연소시켜 얻은 CO_2는 0.525 mol이다.

탄산 생성 반응식: $CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_2CO_3\,(aq)$
수산화 칼슘을 이용한 중화 반응식: $2H_2CO_3(g) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow Ca(HCO_3)_2(aq) + H_2O\,(l)$
CO_2 : $Ca(OH)_2$의 몰수비가 2 : 1이므로, 0.2625 mol의 수산화 칼슘이 필요하다.

∴ 필요한 0.3 M의 수산화 칼슘의 부피 = $0.2625\,\text{mol} \times \dfrac{1}{0.3\,(\text{mol/L})} = 0.875\,\text{L}$

[논제 II-2]

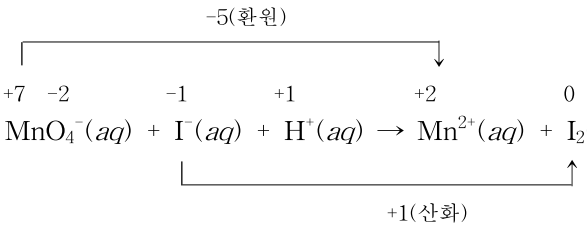
(1) 산성 용액이므로 반응물과 생성물의 관계는 아래와 같다. (상태 표시는 필수 아님)

$$MnO_4^-(aq) + I^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + I_2(s) + H_2O(l)$$

반응에 관여하는 모든 원자의 산화수를 표시하면

$$\overset{+7\ -2}{MnO_4^-}(aq) + \overset{-1}{I^-}(aq) + \overset{+1}{H^+}(aq) \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}}(aq) + \overset{0}{I_2}(s) + \overset{+1\ -2}{H_2O}(l)$$

이고 산화수가 증가하거나 감소한 원자의 산화수 변화를 표시하면



이다.

증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 조정하면

$$MnO_4^-(aq) + 5I^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + \frac{5}{2}I_2(s) + H_2O(l)$$

이고

반응 전후의 원자 수가 같아지도록 계수를 확인하여 조정하면 아래와 같은 완성된 화학 반응식(알짜 이온 반응식)을 얻게 된다.

$$MnO_4^-(aq) + 5I^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + \frac{5}{2}I_2(s) + 4H_2O(l)$$

또는 $$2MnO_4^-(aq) + 10I^-(aq) + 16H^+(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5I_2(s) + 8H_2O(l)$$

※ 산화 환원 반쪽 반응을 고려해 아래와 같이 논술할 수도 있다.

KI와 $KMnO_4$는 물에 녹아 아래와 같이 해리된다.

$$KI(s) \rightarrow K^+(aq) + I^-(aq)$$

$$KMnO_4(s) \rightarrow K^+(aq) + MnO_4^-(aq)$$

두 용액이 혼합되면 I^-가 산화되어 I_2가 생성되고 MnO_4^-가 환원되어 Mn^{2+}가 생성되(고 K^+ 이온은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이)므로 아래와 같이 정리할 수 있다.

$$I^-(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow I_2(s) + Mn^{2+}(aq)$$

산화 반쪽 반응 : $2I^-(aq) \rightarrow I_2(s) + 2e^-$

환원 반쪽 반응 : $MnO_4^-(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

산성 용액이므로 수소 개수를 맞추면 $MnO_4^-(aq) + 5e^- + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$이다.

산화 반쪽 반응과 환원 반쪽 반응의 전자 수를 같게 하면

산화 반쪽 반응 : $10I^-(aq) \rightarrow 5I_2(s) + 10e^-$

환원 반쪽 반응 : $2MnO_4^-(aq) + 10e^- + 16H^+(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$이다.

두 반쪽 반응을 합하면 아래와 같은 화학 반응식(알짜 이온 반응식)을 얻게 된다.

$$2MnO_4^-(aq) + 10I^-(aq) + 16H^+(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5I_2(s) + 8H_2O(l)$$

(2) KI의 몰 질량은 166 g/mol이고 $KMnO_4$는 158 g/mol, I_2는 254 g/mol이다.
41.5 g의 KI의 몰수는 0.25몰이고 3.16 g의 $KMnO_4$은 0.02몰이다.
KI와 $KMnO_4$은 5:1의 비로 반응한다.
$KMnO_4$와 반응하여 산화되는 KI의 몰수는 0.1몰이고 생성되는 I_2의 몰수는 0.05몰이므로
반응을 통해 생성되는 I_2의 질량은 $254 \times 0.05 = 12.7$ g이다.

혼합 용액 중 반응하지 않고 남아 있는 I^-의 몰수는 0.15몰이고 K^+의 총 몰수는 0.27몰이다.
혼합 용액의 부피는 200 mL이므로 I^-와 K^+의 몰 농도는 아래와 같다.

$$I^- : \frac{0.15\,\text{몰}}{0.2\,\text{L}} = 0.75\,\text{M}$$

$$K^+ : \frac{0.27\,\text{몰}}{0.2\,\text{L}} = 1.35\,\text{M}$$

KI 수용액의 밀도가 1.215 g/mL이므로 KI 수용액의 질량은 121.5 g이고 용매인 물의 질량은 80 g이다. $KMnO_4$ 수용액의 밀도가 1.0316 g/mL이므로 $KMnO_4$ 수용액의 질량은 103.16 g이고 용매인 물의 질량은 100 g이다. 반응을 통해 0.08몰의 물이 생성되므로 생성된 물의 질량은 1.44 g이다.
혼합 용액의 용매인 물의 총 질량은 181.44 g이므로 I^-와 K^+의 몰랄 농도는 아래와 같다.

$$I^- : \frac{0.15\,\text{mol}}{0.18144\,\text{kg}} = 0.83\,\text{m}$$

$$K^+ : \frac{0.27\,\text{mol}}{0.18144\,\text{kg}} = 1.49\,m$$

(3) 반응 속도식을 $v = k[I^-]^m[S_2O_8^{2-}]^n$으로 나타낸 후 반응 차수를 구한다.
실험 1과 2에서는 $[I^-]$는 일정하고 $[S_2O_8^{2-}]$가 절반으로 감소할 때 반응 속도가 절반으로 감소했으므로 $n = 1$이다.
실험 1과 3에서는 $[S_2O_8^{2-}]$가 일정하고 $[I^-]$는 절반으로 감소할 때 반응 속도가 절반으로 감소했으므로 $m = 1$이다.

따라서 반응 속도식은 $v = k[I^-][S_2O_8^{2-}]$이다.
실험 1의 값을 반응 속도식에 대입하여 k를 구하면

$k = \frac{v}{[I^-][S_2O_8^{2-}]} = \frac{8.4 \times 10^{-6}\,M\,s^{-1}}{(0.04\,M)(0.04\,M)} = 5.25 \times 10^{-3}\ M^{-1}\ s^{-1}$이다.

논제 Ⅱ <생명과학>

[논제 Ⅱ-1]

(1) 전자 전달계는 해당과정, 피루브산의 산화, TCA 회로에서 공급되는 NADH와 $FADH_2$로부터 고에너지 전자를 제공받아 전달한다. 전자 전달계는 고에너지 전자가 전달될 때 방출되는 에너지를 이용하여 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H^+을 능동 수송한다. 그 결과 미토콘드리아 막 사이 공간은 H^+ 농도가 증가하고 기질은 H^+ 농도가 감소한다. 따라서 미토콘드리아가 정상적으로 작동하는 시험관 ①의 경우 시점 t_2에서 막 사이 공간이 pH가 더 낮다. 전자 전달계에서 전자는 최종적으로 산소에 전달되고, 산소는 전자와 H^+를 받아 물로 환원된다.

(2) 시험관 ②의 경우 저해제 X를 첨가하였으므로 전자 전달계의 전자 흐름이 차단되어 산소가 소모되지 않으므로 시험관 내 산소 농도가 변화가 없다. 따라서 산소 농도 곡선 ㉠은 시험관 ②에서 측정된 것이다. 이 때 H^+의 농도 차이가 생성되지 않아서 ATP는 합성되지 않는다. 시험관 ①의 경우 저해제를 첨가하지 않았으므로 전자 전달계와 ATP 합성 효소가 모두 정상적으로 작동하므로 ATP가 합성될 수 있다. 따라서 산소 반응 곡선 ㉡에서 측정된 것이다.

(3) ATP 합성 효소에 의한 ATP 합성은 막 사이 공간과 기질 사이의 H^+의 농도 차이에 의한 화학 삼투가 필요하다. 저해제 Y는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H^+이 새어나가게 하는 물질이므로 전자 전달계에 의해 미토콘드리아 내막을 사이에 두고 막 사이 공간과 기질사이에 형성되었던 H^+의 농도 차이를 없어지게 한다. 따라서 화학 삼투를 통한 H^+의 이동이 일어나지 못하므로 ATP가 합성되지 않는다.

[논제 Ⅱ-2]

서로 다른 조직으로 분화된 세포에서는 발현되는 유전자들이 달라진다. 유전자 발현에는 핵심 조절 유전자뿐만 아니라 여러 전사 인자가 중요한 역할을 한다. 유전자는 다양한 조절 부위가 있어서 유전자가 특정 조직 세포에서 또는 발생의 특정 시기에 발현되도록 조절하는 기능을 가진다. 각기 다른 조직 세포들은 각각 다른 종류의 전사 인자들을 발현하고, 이들이 서로 다른 조합으로 유전자 발현 조절 부위에 결합하여 다른 종류의 RNA와 단백질들을 합성한다. 따라서 , 뇌, 폐, 심장, 위 등을 구성하는 조직 세포가 동일한 DNA를 가지고 있음에도 서로 다른 종류의 RNA와 단백질들을 합성하게 됨으로써 각 기관이 고유한 형태와 기능을 나타나게 된다.

[논제 Ⅱ-3]

백신 접종 1주일 후에는 1차 면역 반응이 일어난다. 백신 접종으로 항원이 처음 도입되면 대식 세포가 항원을 세포 표면에 제시한다. 항원을 인식한 보조 T 림프구가 B 림프구를 활성화한다. 활성화된 B 림프구는 형질 세포와 기억 세포로 분화하고 형질 세포가 소량의 항체를 형성하는 1차 면역 반응이 일어난다.

백신 접종 2달 후에는 2차 면역 반응이 일어난다. 1차 면역 반응으로 형성된 기억 세포는 백신의

항원이 제거된 후에도 남아 있다가 같은 종류의 항원이 재침입하면 더 많은 형질 세포로 분화한다. 따라서 짧은 시간 내에 다량의 항체를 생성하는 2차 면역 반응이 일어난다.

[논제 II-4]

(1) 이 유전병이 우성이라면 부모 중 한 사람에서만 유전병이 나타나도 유전병을 가진 자녀가 나타날 수 있다. 또 이 유전병이 열성이라면 부모가 유전병 여부와 관계없이 부모가 모두 열성 대립유전자를 가지고 있으면 유전병을 가진 자녀가 나타날 수 있다. 즉 유전병이 발병한 환자의 배우자(I-2, II-1, II-3, II-7)가 모두 보인자일 경우 열성 유전도 가능하다. 따라서 이 가계도만으로 이 유전병이 우성 또는 열성 형질인지 판단할 수 없다.

(2) 이 유전병은 여성에게도 발병했으므로 Y 염색체에 의한 유전은 아니다. 그리고 X 염색체에 의한 열성 형질을 가정하면 II-3은 우성 대립유전자(정상 대립유전자)가 X 염색체에 있고 해당 X 염색체를 딸에게 유전하게 되는데, III-6은 유전병 여자이므로 모순된다. 또한 X 염색체에 의한 우성 형질을 가정하면 II-6은 우성 대립유전자(유전병 대립유전자)가 X 염색체에 있으므로 모든 딸은 유전병을 가져야 하는데 III-14는 정상이므로 이 가정도 모순됨을 알 수 있다. 따라서 이 유전병 유전자는 상염색체에 위치함을 알 수 있다.

3. 2021학년도 수시모집 논술고사채점 기준

논제 I <수학>

[논제 I-1]

(1) (10점)

<4점> 함수 $g(\theta)$를 찾을 수 있다.

<6점> $g(\theta)$가 최댓값을 가지는 θ를 찾을 수 있다.

(2) (20점)

<7점> 조건 (ㄱ)로부터 실수 a, c를 찾을 수 있다.

<3점> 조건 (ㄱ)이 성립함을 보일 수 있다.

<10점> 조건 (ㄴ)이 성립함을 보일 수 있다.

[논제 I-2]

(1) (15점)

<8점> 선분 XY의 길이를 x, y로 표현할 수 있다.

<7점> 선분 YZ의 길이와 원 C_3의 반지름의 길이를 찾을 수 있다.

(2) (15점)

<7점> a_n을 구할 수 있다.

<8점> x_n의 극한값을 구할 수 있다.

논제 II <물리>

[논제 II-1]

-문제의 조건으로부터 O,A,B,C에 대해 지구로부터 가장 가까운 위치와 지구까지의 거리(R_m)와

지구로부터 가장 먼 위치에서 지구까지의 거리(R_M) 사이의 관계를 얻어냄. (2점)

-각 궤도에서 R_m이 같다는 사실을 도출하여 각 궤도의 긴 반지름 비를 얻어냄. (2점)

-케플러의 제3법칙으로부터, 주기의 비를 얻어냄. (2점)

[논제 II-2]

-일-에너지 정리로부터 '외부 힘 작용 구간'을 지나기 전과 후의 속도가 같음을 얻어냄. (3점)

- 구간 내 모든 위치에서 A의 속력이 B의 속력보다 큼을 얻어냄. (3점)

- 구간 내 모든 위치에서 A의 속력이 B의 속력보다 크므로 $t_B > t_A$를 얻어냄. (2점)

[논제 II-3]

(1) -B가 영역 I, II를 통과할 때 각각 전기장의 방향이 $+x$ 방향과 $-x$ 방향으로 가해져야 함을 얻어냄. (2점)

-A가 영역 I, II를 통과할 때 각각 전기장의 방향이 $-x$ 방향과 $+x$ 방향으로 가해져야 함을 얻어냄. (2점)

-B가 II를 빠져 나오기 전에 A는 I에 진입하지 않는다는 조건으로부터 $T > 0$이 되는 조건을 얻어냄. (2점)

-$t_{A,I}$, $t_{A,II}$, $t_{B,I}$, $t_{B,II}$의 대소 관계를 얻어냄. (2점)

-E를 시간 t에 대한 그래프로 나타냄. (4점)

(2) - $t_{A,I}$ 와 $t_{A,II}$에 대한 식을 얻어냄. (2점)

- $t_{B,I}$ 와 $t_{B,II}$에 대한 식을 얻어냄. (2점)

- D에 대한 식을 얻어냄. (2점)

- d에 대한 식을 얻어냄. (2점)

- $\frac{D-d}{D}$에 대한 식을 얻어냄. (2점)

- $T > 0$을 만족하기 위한 조건식을 얻어냄. (2점)

- $T > 0$을 만족하기 위한 조건식으로부터, $\frac{D-d}{D}$의 최댓값을 얻어냄. (2점)

논제 II <화학>

[논제 II-1]

(1) <총 7점>

두 화합물의 연소 반응식의 계수비를 통해 화합물 X의 분자량에 대해 논술하였으면 7점 (상태 표시는 필수 아님)

(2) <총 5점>

수용액 A에 들었는 X의 몰수와 질량을 알아내고 퍼센트 농도를 정확히 계산하였으면 5점

(3) <총 8점>

연소와 중화 반응을 통해 생성된 이산화 탄소의 양을 계산하고 0.3 M의 수산화 칼슘 수용액의 필요량에 대해 논술하였으면 8점. 중화 반응에서 이산화 탄소에 의한 H_2CO_3의 생성을 고려한 예도 정답으로 처리한다. 단, 일관성 없게 H_2CO_3의 생성을 고려해 정량 **계산을 한 경우에는**

부분 점수를 부여한다.

[논제 II-2]

(1) <총 6점>
산화 환원 반응의 완성된 화학 반응식에 전자의 개수가 나타나지 않고 반응물과 생성물의 원자 개수가 동일하도록 논술하였으면 6점 (상태 표시는 필수 아님)

※ 산화 환원 반쪽 반응을 고려해 논술할 수도 있다.

(2) <총 10점>
산화 환원 반응의 완성된 화학 반응식의 반응물과 생성물의 양적 관계와 몰 농도, 몰랄 농도를 정확히 이해하여 논술하였으면 10점

(3) <총 4점>
초기 농도에 따른 초기 반응 속도로부터 반응 속도식과 반응 속도 상수를 명확히 논술하였으면 4점

논제 II <생명과학>

[논제 II-1]

(1) (4점)
<2점> 전자 전달계의 전자 이동과 H^+ 운반을 관련지어 막 사이 공간의 pH가 더 낮음을 논리적으로 서술
<2점> 전자 전달계에서 최종적으로 전자가 산소에 수용되어 물을 생성하는 반응을 논리적으로 서술

(2) (4점)
<2점> 시험관 ①에서 측정한 산소 농도 곡선이 ㉡임을 논리적으로 서술
<2점> 시험관 ②에서 측정한 산소 농도 곡선이 ㉠임을 논리적으로 서술

(3) (4점)
<2점> 시험관 ③에서 저해제 Y에 의해 막 사이 공간과 기질 사이의 H^+ 농도 차이가 없어짐을 논리적으로 서술
<2점> ATP 합성 효소를 통해 H^+이 막 사이 공간에서 기질 쪽으로 확산되는 화학 삼투가 일어날 수 없어서 ATP가 합성되지 않음을 논리적으로 서술

[논제 II-2]

<4점> 서로 다른 조직으로 분화된 세포에서는 서로 다른 유전자들이 발현됨을 논리적으로 서술
<6점> 동일한 DNA를 가진 다양한 조직 세포들이 각각 다른 종류의 전사 인자들을 발현하고, 이것들이 서로 다른 조합으로 세포의 유전자 발현 조절 부위에 결합하여 다양한 RNA와 단백질들을 발현함을 논리적으로 서술

[논제 II-3]

백신 접종 1~2주일 후에는 1차 면역반응이 일어남을 서술

<2점> 대식 세포, 보조 T 림프구, B 림프구를 통해 1차 면역 반응이 일어남을 논리적으로 서술
<2점> 형질 세포의 기억 세포로 분화, 형질 세포가 소량의 항체를 형성함을 논리적으로 서술

백신 접종 2달 후에는 2차 면역반응이 일어남을 서술
<2점> 기억 세포가 항원이 제거된 후에도 남아 있음과 같은 종류의 항원이 재 침입하면 더 많은 형질 세포로 분화함을 논리적으로 서술
<2점> 짧은 시간 내에 다량의 항체를 생성함을 논리적으로 서술

[논제 Ⅱ-4]
(1) (6점)
<2점> 우성 유전이 가능함을 논리적으로 서술
<2점> 열성 유전이 가능함을 논리적으로 서술
<2점> 이 가계도만으로 이 유전병이 우성 또는 열성 형질인지 판단할 수 없음을 논리적으로 서술

(2) (4점)
<1점> 유전병 유전자가 Y 염색체에 위치하지 않음을 논리적으로 서술
<2점> 유전병 유전자가 X 염색체에 위치하지 않음을 논리적으로 서술
<1점> 유전병 유전자가 상염색체에 위치함을 서술

4. 2021학년도 수시모집 논술고사출제 의도

논제 Ⅰ<수학>

논제 Ⅰ 수학 논제에서는 고등학교 수학 교육과정의 방정식과 부등식을 활용하여 이차방정식과 이차부등식의 해를 찾는 문제와 고등학교 수학 교육과정의 등비급수를 활용하여 도형의 위치를 찾는 문제를 출제하였다. 이차함수가 바뀔 때 그 해가 어떻게 변화하는지와 도형의 닮음 관계로부터 어떤 점의 위치가 등비수열로 표현됨을 논리적으로 사고하고 수학적으로 추론할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 단편적인 수학의 공식의 활용 능력보다는 주어진 조건을 종합적으로 이해하여 주어진 상황을 수학적 문제로 해석하고, 그 문제를 체계적이고 합리적으로 해결할 수 있는 능력을 갖고 있는지를 평가하고자 하였다.

논제Ⅱ<물리>

논제 Ⅱ 과학-물리 논제에서는 고등학교 교과과정의 범위 안에서 다루어진 기본적인 과학적 소양을 바탕으로, 물리 분야의 통합적인 사고 능력과 실제 상황에 적용하는 활용 능력을 평가하고자 하였다. 논제의 제시문에서는 고등학교 물리 교과서의 내용을 바탕으로 하여 케플러 법칙, 등가속도 운동, 일-에너지 정리, 전기장에서의 힘, 뉴턴 운동법칙 등의 기본적 물리적 개념을 제시하였다. 논제에서 주어진 구체적인 상황에 대해, 제시문의 정보를 적절히 이용하고, 논리적 과정으로 추론하여, 논제에 대한 과학적이고 합리적인 결론을 이끌어 낼 수 있는지 평가하고자 하였다.

논제Ⅱ<화학>

논제 Ⅱ-1은 고등학교 화학 I의 교육 과정에서 다루는 연소 반응과 산 염기 중화 반응에서의 양적 관계를 추론할 수 있도록 문항을 구성하였다. 다양한 농도의 개념을 정확하게 이해하고 반응물과 생성물 간의 양적 관계를 정확히 이해하고 있는 지를 종합적으로 평가하고자 하였다.

논제 II-2는 고등학교 화학 I과 II의 교육 과정에서 다루는 산화 환원 반응에서의 반응물과 생성물의 양적 관계를 추론할 수 있도록 문항을 구성하였다. 산화 환원 반응의 화학 반응식을 완성하고 반응물과 생성물 간의 양적 관계에 대한 이해와 농도에 따른 반응 속도의 변화를 이해하고 있는지를 종합적으로 평가하고자 하였다.

각 제시문은 고등학교 교과서를 기본으로 하여 제시하였고 교육 과정을 충실히 따르고 제시문을 정확하게 이해할 수 있는 학생들을 대상으로 출제하였다. 각 영역에 대한 단편적인 지식의 습득 유무보다는 각 영역에 대한 기본적인 개념의 이해를 바탕으로 한 통합적인 사고 및 활용 능력을 파악하고자 하였다.

논제Ⅱ<생명과학>

논제 II 과학-생명 과학-의학계 에서는 고등학교 교육 과정 생명과학 I과 생명과학 II에서 다루고 있는 생물의 특성과 생명 현상 전반에 관한 핵심 개념을 통합적으로 이해하고 있는지, 또 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 하였다. [논제 II-1]에서는 생명과학 II의 '세포 호흡' 영역에서 과학적 실험 방법에 의해 도출된 결과를 이해하고, 세포 호흡을 통한 에너지 전환 과정과 산소의 중요성에 대한 정확한 개념을 논리적으로 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. [논제 II-2]에서는 생명과학 I 의 '유전'과 생명과학 II의 '유전자의 발현과 조절' 영역을 연계하여 진핵세포가 동일한 DNA에서 세포나 조직에 따라 다른 전사 조절 인자들의 발현으로 다른 종류의 RNA와 단백질들을 발현함을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. [논제 II-3]에서는 생명과학 I의 '항상성과 방어 작용', '방어작용' 영역에서 백신에 의해 나타나는 1차, 2차 면역반응의 원리를 이해하고, 이를 현 코로나19 방역에 대한 시사와 연결하여 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다. [논제 II-4]에서는 생명과학 I의 '사람의 유전' 영역에서 가계도를 이해하고 이에 대한 분석을 통해 유전의 우열 관계 및 성염색체 또는 상염색체에 의한 유전을 구분할 수 있는 지 평가하고자 하였다.

5. 2021학년도 수시모집 논술고사문항 해설

논제 I <수학>

논제 I-1에서는 '수학'의 '방정식과 부등식' 단원에서 학습하는 이차방정식의 해를 구하고 그 해가 최댓값을 갖는 때를 찾는 문제와 이차부등식의 해의 표현과 그 의미를 잘 이해하고 활용할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 논제 I-2에서는 좌표평면에서 연속되는 두 원들이 한 점에서 서로 만나고 동시에 x축에 접하는 상황에서 '수학I'의 '등비수열' 단원과 '미적분'의 '등비급수'단원에서 학습하는 내용을 잘 이해라고 활용하여 이 원들의 중심의 좌표를 등비수열로 표현할 수 있고 그 극한을 계산할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
수학	고성은 외 6인	(주)좋은책신사고	2019	88	제시문[가]	X
미적분	류희찬 외 9인	(주)천재교과서	2019	69, 71	제시문[나]	X
미적분	홍성복 외 10인	(주)지학사	2019	95	제시문[다]	X
수학 I	김원경 외 14인	(주)비상교육	2018	127	제시문[라]	X
미적분	황선욱 외 8인	(주)미래엔	2019	35	제시문[마]	X

논제 II <물리>

논제 II 과학-물리 논제에서는 고등학교 교과과정의 범위 안에서 다루어진 기본적인 과학적 소양을 바탕으로, 물리 분야의 통합적인 사고 능력과 실제 상황에 적용하는 활용 능력을 평가하고자 하였다. 논제의 제시문에서는 고등학교 물리 교과서의 내용을 바탕으로 하여 케플러 법칙, 등가속도 운동, 일-에너지 정리, 전기장에서의 힘, 뉴턴 운동법칙 등의 기본적 물리적 개념을 제시하였다. 논제에서 주어진 구체적인 상황에 대해, 제시문의 정보를 적절히 이용하고, 논리적 과정으로 추론하여, 논제에 대한 과학적이고 합리적인 결론을 이끌어 낼 수 있는지 평가하고자 하였다.

제시문들에 관해 좀 더 구체적으로 설명하면 제시문 [가]는 케플러 법칙을 설명하며, 제시문 [나]는 등가속도 운동을 설명하고 있다. 제시문 [다]는 일-에너지 정리, [라]는 전기장에서의 힘, [마]는 뉴턴 운동법칙을 설명한다. 제시문 [가]~[마]는 다섯 종류의 물리II 및 여덟 종의 물리I 교과서에서 모두 다루고 있는 내용이며, 출처는 아래와 같다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2020	41,42	제시문 [가]	O
고등학교 물리 II	김성진 외 6인	미래엔	2020	48	제시문 [가]	O
고등학교 물리 II	손정우 외 5인	비상교육	2020	39	제시문 [가]	O
고등학교 물리 II	김성원 외 5인	지학사	2020	50,51	제시문 [가]	O
고등학교 물리 II	강남화 외 5인	천재교육	2020	40,41	제시문 [가]	O
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2020	33	제시문 [나]	O
고등학교 물리 II	김성진 외 6인	미래엔	2020	29	제시문 [나]	O
고등학교 물리 II	손정우 외 5인	비상교육	2020	22~27	제시문 [나]	O
고등학교 물리 II	김성원 외 5인	지학사	2020	27~30	제시문 [나]	O
고등학교 물리 II	강남화 외 5인	천재교육	2020	27~28	제시문 [나]	O
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2020	70	제시문 [다]	O
고등학교 물리 II	김성진 외 6인	미래엔	2020	70~72	제시문 [다]	O
고등학교 물리 II	손정우 외 5인	비상교육	2020	62~63	제시문 [다]	O
고등학교 물리 II	김성원 외 5인	지학사	2020	72~73	제시문 [다]	O
고등학교 물리 II	강남화 외 5인	천재교육	2020	63	제시문 [다]	O
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2020	98	제시문 [라]	O
고등학교 물리 II	김성진 외 6인	미래엔	2020	95	제시문 [라]	O

고등학교 물리 Ⅱ	손정우 외 5인	비상교육	2020	87	제시문 [라]	O
고등학교 물리 Ⅱ	김성원 외 5인	지학사	2020	100	제시문 [라]	O
고등학교 물리 Ⅱ	강남화 외 5인	천재교육	2020	88	제시문 [라]	O
고등학교 물리 Ⅰ	김영민 외 7인	교학사	2020	27	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	이상연 외 4인	금성출판사	2020	21	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	곽영직 외 3인	와이비엠	2020	23~25	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	김성원 외 5인	지학사	2020	23	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	강남화 외 5인	천재교육	2020	24	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	송진웅 외 4인	동아출판	2020	20	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	김성진 외 6인	미래엔	2020	24	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	손정우 외 5인	비상교육	2020	24	제시문 [마]	O

논제Ⅱ<화학>

논제 Ⅱ-1은 고등학교 화학 Ⅰ의 교육 과정에서 다루는 연소 반응과 산 염기 중화 반응에서의 양적 관계를 추론할 수 있도록 문항을 구성하였다. 다양한 농도의 개념을 정확하게 이해하고 반응물과 생성물 간의 양적 관계를 정확히 이해하고 있는 지를 종합적으로 평가하고자 하였다.

논제 Ⅱ-2는 고등학교 화학 Ⅰ과 Ⅱ의 교육 과정에서 다루는 산화 환원 반응에서의 반응물과 생성물의 양적 관계를 추론할 수 있도록 문항을 구성하였다. 산화 환원 반응의 화학 반응식을 완성하고 반응물과 생성물 간의 양적 관계에 대한 이해와 농도에 따른 반응 속도의 변화를 이해하고 있는 지를 종합적으로 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
화학 Ⅰ	노태희 외	천재교육	2018	26-28	제시문 [가]	○
	장낙한 외	상상아카데미	2018	32-35		
	홍훈기 외	교학사	2018	30-33		
	강대훈 외	와이비엠	2018	36-38		
	최미화 외	미래엔	2018	30-32		
	박종석 외	비상교육	2018	31		
	이상권 외	지학사	2018	31-33		
	하윤경 외	금성출판사	2018	32		
	황성용 외	동아출판	2018	31-33		
화학 Ⅰ	이상권 외	지학사	2018	34-39	제시문 [나]	○
	하윤경 외	금성출판사	2018	34-39		
	강대훈 외	와이비엠	2018	50-56		
	황성용 외	동아출판	2018	39-44		
	장낙한 외	상상아카데미	2018	40-47		
	박종석 외	비상교육	2018	34-39		
	노태희 외	천재교육	2018	30-39		
	홍훈기 외	교학사	2018	39-44		
	최미화 외	미래엔	2018	36-41		
화학 Ⅰ	이상권 외	지학사	2018	40-42	제시문 [다]	○
	하윤경 외	금성출판사	2018	40-43		
	강대훈 외	와이비엠	2018	41-43		
	황성용 외	동아출판	2018	36-37		
	장낙한 외	상상아카데미	2018	48-50		
	박종석 외	비상교육	2018	40-42		

	노태희 외	천재교육	2018	40-43		
	홍훈기 외	교학사	2018	43-44		
	최미화 외	미래엔	2018	44-45		
화학 I	노태희 외	천재교육	2018	173-174	제시문 [라]	○
	장낙한 외	상상아카데미	2018	175		
	홍훈기 외	교학사	2018	161		
	강대훈 외	와이비엠	2018	185-186		
	최미화 외	미래엔	2018	167		
	박종석 외	비상교육	2018	148-159		
	이상권 외	지학사	2018	168-171		
	하윤경 외	금성출판사	2018	158-163		
	황성용 외	동아출판	2018	175-177		
화학 I	이상권 외	지학사	2018	175-180	제시문 [마]	○
	하윤경 외	금성출판사	2018	168-173		
	강대훈 외	와이비엠	2018	193-199		
	황성용 외	동아출판	2018	188-196		
	장낙한 외	상상아카데미	2018	182-189		
	박종석 외	비상교육	2018	166-171		
	노태희 외	천재교육	2018	184-196		
	홍훈기 외	교학사	2018	174-181		
	최미화 외	미래엔	2018	176-186		
화학 II	이상권 외	지학사	2018	49-52	제시문 [다]	○
	장낙한 외	상상아카데미	2018	55-57		
	박종석 외	비상교육	2018	39-41		
	노태희 외	천재교육	2018	49-52		
	홍훈기 외	교학사	2018	53-57		
	최미화 외	미래엔	2018	52-57		
화학 II	이상권 외	지학사	2018	150-151	제시문 [바]	○
	장낙한 외	상상아카데미	2018	151-152		
	박종석 외	비상교육	2018	123-124		
	노태희 외	천재교육	2018	142-144		
	홍훈기 외	교학사	2018	136-138		
	최미화 외	미래엔	2018	144-145		

논제 II <생명과학>

논제 II-1은 세포 호흡을 통한 에너지 전환 과정과 산소의 중요성에 대해 논리적으로 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 논제 II-2는 진핵 세포 유전자 발현 조절에서 전사 조절 인자들의 중요성을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 논제 II-3는 백신에 의한 면역반응을 통합적으로 이해하고 설명하는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 II-4은 가계도를 이해하고 사람의 유전 현상을 설명하는 사고력을 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성 여부
생명과학I	오현선 외	미래엔	2018	38-53	제시문 [가]	O
생명과학I	이준규 외	천재교육	2018	33-43	제시문 [가]	O
생명과학I	김윤택 외	동아출판	2018	40-47	제시문 [가]	O

생명과학I	이용철 외	와이비엠	2019	31-38	제시문 [가]	O
생명과학I	심재호 외	금성출판사	2018	49-54	제시문 [가]	O
생명과학I	권혁빈 외	교학사	2018	33-40	제시문 [가]	O
생명과학II	전상학 외	지학사	2018	72-80	제시문 [가]	O
생명과학II	권혁빈 외	교학사	2018	69-77	제시문 [가]	O
생명과학II	심규철 외	비상교육	2018	78-84	제시문 [가]	O
생명과학II	오현선 외	미래엔	2018	78-90	제시문 [가]	O
생명과학II	이준규 외	천재교육	2018	70-79	제시문 [가]	O
생명과학I	전상학 외	지학사	2018	112-142	제시문 [나]	O
생명과학I	김윤택 외	동아출판	2018	116-124	제시문 [나]	O
생명과학I	이용철 외	와이비엠	2019	125-127	제시문 [나]	O
생명과학I	심재호 외	금성출판사	2018	132-138	제시문 [나]	O
생명과학I	권혁빈 외	교학사	2018	120-124	제시문 [나]	O
생명과학II	전상학 외	지학사	2018	112-124	제시문 [나]	O
생명과학II	권혁빈 외	교학사	2018	123-129	제시문 [나]	O
생명과학II	심규철 외	비상교육	2018	136-141	제시문 [나]	O
생명과학II	오현선 외	미래엔	2018	136-140	제시문 [나]	O
생명과학II	이준규 외	천재교육	2018	131-136	제시문 [나]	O
생명과학I	오현선 외	미래엔	2018	105-109	제시문 [다]	O
생명과학I	전상학 외	지학사	2018	92-100	제시문 [다]	O
생명과학I	김윤택 외	동아출판	2018	98-102	제시문 [다]	O
생명과학I	이용철 외	와이비엠	2019	98-112	제시문 [다]	O
생명과학I	심재호 외	금성출판사	2018	114-121	제시문 [다]	O
생명과학I	권혁빈 외	교학사	2018	105-109	제시문 [다]	O
생명과학I	전상학 외	지학사	2018	112-142	제시문 [라]	O
생명과학I	김윤택 외	동아출판	2018	134-150	제시문 [라]	O
생명과학I	이용철 외	와이비엠	2019	140-153	제시문 [라]	O
생명과학I	심재호 외	금성출판사	2018	146-158	제시문 [라]	O
생명과학I	권혁빈 외	교학사	2018	134-143	제시문 [라]	O