

2019학년도 수시모집 논술고사 <의학계>

1. 2019학년도 수시모집 논술고사 문항 및 제시문

논제 I <수학>

I. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (60점)

[가] 이차함수 $y = ax^2 + bx + c$ 의 그래프와 x 축의 교점의 x 좌표는 이차방정식 $ax^2 + bx + c = 0$ 의 실근과 같다. 거꾸로 이차방정식 $ax^2 + bx + c = 0$ 의 실근은 이차함수 $y = ax^2 + bx + c$ 의 그래프와 x 축의 교점의 x 좌표와 같다.

[나] 함수 $f(x)$ 가 닫힌 구간 $[a, b]$ 에서 연속이고 $f(a) \neq f(b)$ 이면, $f(a)$ 와 $f(b)$ 사이에 있는 임의의 값 k 에 대하여 $f(c) = k$ 인 c 가 열린 구간 (a, b) 에 적어도 하나 존재한다.

[다] $x = a$ 를 포함하는 어떤 열린 구간에 속하는 모든 x 에 대하여 $f(x) \leq f(a)$ 이면 함수 $f(x)$ 는 $x = a$ 에서 극대라고 하며 $f(a)$ 를 극댓값이라고 한다.

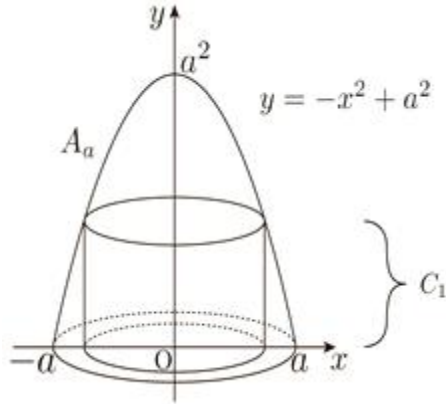
[라] 미분가능한 함수 $f(x)$ 에서 $f'(a) = 0$ 이고 $x = a$ 의 좌우에서 $f'(x)$ 의 부호가 양에서 음으로 바뀌면 $f(x)$ 는 $x = a$ 에서 극대이고, 극댓값은 $f(a)$ 이다.

[마] 닫힌 구간 $[a, b]$ 의 임의의 점 x 에서 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면의 넓이가 $S(x)$ 인 입체도형의 부피 V 는

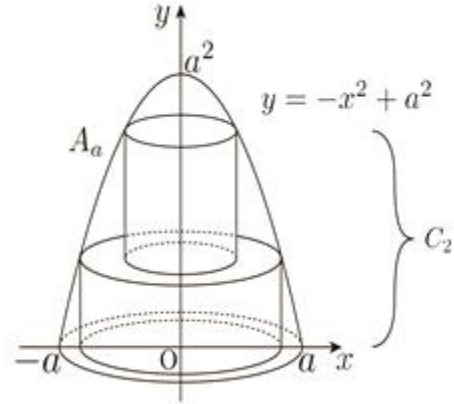
$$V = \int_a^b S(x) dx \quad (\text{단, } S(x) \text{는 구간 } [a, b] \text{에서 연속})$$

[논제 II] 제시문 [가]~[마]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

양의 상수 a 에 대하여 입체도형 A_a 는 [그림 1]에서처럼 xy 평면으로 자른 단면이 $y = -x^2 + a^2$ 과 x 축으로 둘러싸인 도형이다. 또한 y 좌표가 y ($0 \leq y < a^2$)인 점을 지나 y 축에 수직인 평면으로 A_a 를 자르면 그 단면은 중심이 y 축 위에 있고 반지름의 길이가 $\sqrt{a^2 - y}$ 인 원이다.



[그림1]



[그림2]

[문제 I-1]

[그림 1]에서처럼 A_a 의 내부에 있으면서 밑면이 A_a 의 밑면과 평행한 원기둥 C_1 을 만들 때, C_1 의 부피의 최댓값 β_1 을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (5점)

[문제 I-2]

A_a 의 부피를 V_a 라 할 때, $f(a) = V_a - \beta_1$ 이라 하자. 다음 정적분

$$\int_0^1 \frac{4f(t)}{4f(t) + \pi(1-t)^4} dt$$

를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (15점)

[문제 I-3]

A_a 의 내부에 있으면서 밑면이 A_a 의 밑면과 평행한 두 원기둥을 [그림 2]에서처럼 쌓아서 만든 입체도형을 C_2 라 하자. 이때, C_2 의 부피의 최댓값 β_2 를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (20점)

[문제 I-4]

[그림 2]에서처럼 A_a 의 내부에 있으면서 밑면이 A_a 의 밑면과 평행한 두 원기둥을 쌓아서 C_2 를 만들 때, C_2 의 겹넓이의 최댓값이 존재하는 a 의 범위를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (단, C_2 의 겹넓이는 위 원기둥과 아래 원기둥의 표면의 겹쳐진 부분을 제외한 C_2 의 모든 표면의 넓이다.) (20점)

문제 II <물리>

II. 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (40점)

[가] 물체가 축을 중심으로 회전 운동할 때, 회전 운동의 상태를 변화시키는 원인을 돌림힘이라고 한다. 돌림힘의 크기는 작용하는 힘의 크기와, 작용점에서 회전축까지의 거리에 비례한다. 돌림힘의 방향은 동일한 회전축에 대해서 시계 방향과 시계 반대 방향 등으로 나타낼 수 있다.

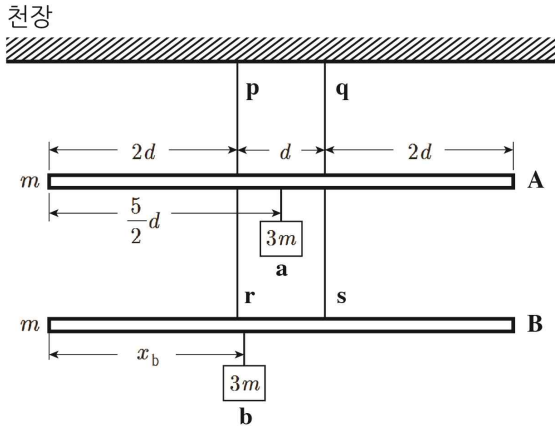
[나] 물체가 운동 상태의 변함없이 안정적으로 정지해 있는 상태를 역학적 평형상태라고 한다. 역학적 평형은 우리 생활에서 매우 중요하다. 예를 들어 건축물은 수직으로 작용하는 자신의 무게를 견뎌야 할 뿐 아니라 바람이나 지진 등이 주는 힘에 대해서도 견딜 수 있는 역학적 평형상태를 유지해야 한다. 물체가 역학적 평형상태를 유지하기 위해서는 물체에 작용하는 모든 힘의 합력이 0이어야 하는데 이를 힘의 평형이라 한다. 힘의 평형을 이루더라도 물체에 작용하는 모든 돌림힘의 합이 0이 되지 않으면 물체는 회전한다. 따라서 물체가 역학적 평형상태를 유지하기 위해서는 힘의 평형뿐만 아니라 돌림힘의 평형도 이루어져야 한다.

[다] 높은 곳에 있는 물체를 가만히 놓으면 물체는 중력을 받으며 낙하한다. 낙하하는 물체는 속력이 증가하므로 운동 에너지가 증가하고, 물체의 높이가 감소하므로 퍼텐셜 에너지는 감소한다. 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다. 중력 가속도를 g 로 표시할 경우, 공기 저항이 없을 때 질량 m 인 물체가 h_0 의 높이에서 가만히 놓인 후 낙하하여 h_1, h_2 의 높이가 될 때 속력을 각각 v_1, v_2 라고 하면 $mgh_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$ 이다. 따라서 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합인 역학적 에너지는 높이에 관계없이 항상 일정하게 보존되며, 이것을 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

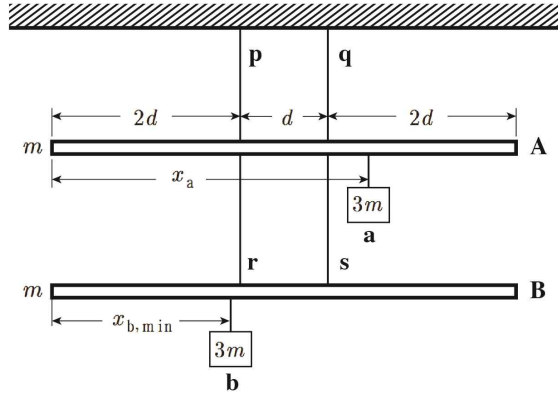
[라] 지표 부근에서 수평면과 θ 의 각도로 처음 속력 v_0 으로 던진 물체의 x 성분과 y 성분은 각각 $v_0 \cos \theta, v_0 \sin \theta$ 로 표시된다. 중력 가속도를 g 로 표시할 경우, 시간 t 일 때 속도 v 의 x 성분과 y 성분은 각각 $v_0 \cos \theta, v_0 \sin \theta - gt$ 이고 수평 방향의 변위 x 와 연직 방향의 위치 y 는 각각 $v_0 t \cos \theta, v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$ 이다. 물체가 최고 높이까지 올라가는 데 걸리는 시간 t_1 과 최고점의 높이 h 는 각각 $t_1 = \frac{v_0 \sin \theta}{g}, h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$ 이다.

[문제 II-1]

[그림 1], [그림 2]와 같이 천장에 매달린 실 p, q에 막대 A가 연결되고, A에 매달린 실 r, s에 막대 B가 연결되어 A, B가 수평을 유지한 채 정지해 있다. 두 막대의 질량과 길이는 각각 m 과 $5d$ 로 같고, 실은 두 막대의 양쪽 끝에서 각각 $2d$ 인 지점에 연결되며, A와 B에는 질량이 $3m$ 으로 같은 물체 a, b가 매달려 있다. (단, 중력 가속도는 g 이다. 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)



[그림 1]



[그림 2]

(1) [그림 1]과 같이 물체 a를 막대 A의 중앙에 매달고, 물체 b를 막대 B의 왼쪽 끝으로부터 x_b 만큼 떨어진 지점에 매달아 연결한다. B가 수평을 유지할 수 있는 x_b 의 최솟값은 $x_{b, \min}$ 이다. $x_b = x_{b, \min}$ 일 때 실 r가 B를 당기는 힘의 크기 F_r 와 $x_{b, \min}$ 을 각각 구하고, 그 근거를 논술하시오. (8점)

(2) [그림 2]와 같이 b를 $x_{b, \min}$ 에 매단 상태에서 a를 A의 왼쪽 끝으로부터 x_a 만큼 떨어진 지점에 옮겨 매달아 연결한다. A가 수평을 유지할 수 있는 범위 내에서, p와 q가 A를 잡아당기는 힘의 크기 F_p 와 F_q 를 x_a 에 따른 그래프로 나타내고, 그 근거를 논술하시오. (12점)

[문제 II-2]

[그림 3]과 같이 질량 m 인 물체가 길이 l 인 줄의 끝에 매달려 있고, 줄에 매달린 상태에서 물체가 도달할 수 있는 최저점이 x, y 좌표의 원점 O이다. 줄과 y 축이 수직을 이룬 상태에서 물체가 가만히 놓여졌다. 이 물체가 최저점을 지나고 줄과 y 축 사이의 각도가 θ (단, $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)가 될 때 순간적으로 물체에 연결된 줄이 끊어지면, 이때부터 물체는 포물선 운동을 한다. 포물선 운동을 하면서 물체가 도달하는 최고점의 높이는 h 이다. 물체가 최고점을 지난 순간부터 x 축에 도달할 때까지 이동한 수평 거리는 s 이다. (단, 중력 가속도는 g 이고 물체의 크기, 줄의 질량, 공기의 저항은 무시한다.)

는 경향을 그 원소의 전기 음성도라고 한다. 공유 결합 분자 내에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 상대적으로 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 전기 음성도가 가장 큰 원소는 플루오린(F)이다.

[라] 액체가 증발하면 액체 표면의 압력이 증가한다. 일정한 온도에서 충분한 시간이 지나면 액체 표면에서 증발하는 분자 수와 응축하는 분자 수가 같아져 겉으로 보기에는 아무런 변화가 없는 것처럼 보인다. 이러한 상태에서 증기가 나타내는 압력을 증기 압력이라고 한다. 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 순수한 용매의 증기 압력($P^{\circ}_{\text{용매}}$)과 용액 내 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)을 곱한 것과 같다. 이를 라울 법칙이라고 한다.

$$P_{\text{용액}} = P^{\circ}_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

[마] 동위 원소란 양성자 수는 같으나 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원소이다. 자연계에 존재하는 염소 동위 원소는 ^{35}Cl 가 75%, ^{37}Cl 가 25%이고, 브로민 동위 원소는 ^{79}Br 이 50%, ^{81}Br 이 50%이다.

[문제 II-1] 제시문 [가]~[다]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

[실험 결과]

I. $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 1 L의 기체 A와 3 L의 기체 B가 모두 반응하여 2 L의 기체 C를 생성하였다.

II. $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 1 L의 기체 B와 제시문 [나]의 원소 중 한 가지로 이루어진 기체 1 L가 모두 반응하여 밀도가 1.00 g/L인 기체 2 L를 생성하였다.

단, $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 20 L이고, A와 B는 각각 단일 원소로 이루어진 분자이다.

(1) 기체 A의 분자량은 a 이고, 기체 B의 분자량은 b 일 때, 기체 C의 분자량을 a 와 b 의 식으로 나타내시오. (4점)

(2) 실험 결과 II의 완성된 화학 반응식을 제시하시오. (5점)

(3) 기체 C의 밀도가 3.55 g/L일 때, 기체 A, B, C가 각각 무엇인지에 대해 논술하고, 실험 결과 I의 완성된 화학 반응식을 제시하시오. (6점)

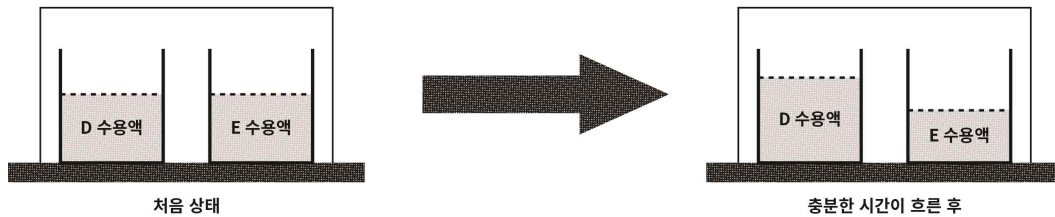
(4) 기체 C의 중심 원자와 암모니아(NH_3)의 중심 원자의 부분 전하에 대해 논술하시오. (5점)

[문제 II-2] 제시문 [라]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

[실험 결과]

I. 물에 잘 녹는 비휘발성, 비전해질 D 와 E 가 있다. 390 mg의 D 와 975 mg의 E 를 물에 모두 녹여 만든 수용액 X 의 증기 압력은 25 °C에서 23.75 mmHg였다.

II. 아래 그림과 같이 밀폐된 공간에 같은 부피의 D 수용액과 E 수용액이 있다. 각 수용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같다. 충분한 시간이 흐른 후, D 수용액의 부피는 25% 증가하였고, E 수용액의 부피는 25% 감소하였다.



단, 물의 분자량은 18.0 g/mol이고 밀도는 1.0 kg/L로 일정하며 용질에 의한 용액의 부피 변화는 없다. 또한, 25 °C에서 물의 증기 압력은 25.00 mmHg이고 대기 압력은 760 mmHg이다.

- (1) 실험 I의 결과를 바탕으로 용액 X 에 녹아 있는 D 와 E 의 몰 분율의 합에 대해 논술하시오. (3점)
- (2) 실험 I의 용액 X 를 만드는데 사용된 물의 양이 1.71 g일 때, 두 용질의 몰수의 합에 대해 논술하시오. (3점)
- (3) 실험 II의 결과를 바탕으로 D 와 E 의 분자량에 대해 논술하시오. (4점)

[문제 II-3] 제시문 [마]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

(1) 임의로 다이클로로메테인(CH_2Cl_2) 분자 1개를 골랐을 때, 이 분자를 이루는 원자들의 질량수의 합이 84가 될 확률을 자연계에 존재하는 염소 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 논술하시오. (단, 수소, 탄소의 질량수는 각각 1, 12이다.) (5점)

(2) 다이클로로메테인의 염소 하나를 브로민으로 바꾸어 브로모클로로메테인(CH_2BrCl)을 만들었다. 임의로 브로모클로로메테인 분자 1개를 골랐을 때, 이 분자를 이루는 원자들의 질량수의 합이 130이 될 확률을 자연계에 존재하는 염소와 브로민의 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 논술하시오. (단, 수소, 탄소의 질량수는 각각 1, 12이다.) (5점)

논제 II <생명과학>

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[가] 생명 과학의 탐구 과정 중 연역적 탐구는 관찰, 문제 인식, 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 결과 분석, 결론 도출 등의 과정을 거쳐 일반화에 도달한다. 가설 검증을 위해 탐구 설계 및 수행 시 결론 도출에 대한 타당성을 높이기 위해 대조군을 설정하여 실험군과 비교하는 대조 실험을 하며, 변인을 통제해야 한다.

[나] 유전자 재조합 기술은 DNA를 인위적으로 자르고 연결하여 새로운 유전자 조합을 만드는 기술이다. 유용 유전자를 DNA 운반체에 결합시켜 대장균 등의 숙주에 도입하면 짧은 시간에 유용 유전자나 그 발현 산물을 대량으로 얻을 수 있다.

[다] 원핵 세포에서는 전사의 결과로 만들어진 mRNA가 바로 번역에 이용된다. 반면 진핵 세포에서는 대체로 DNA로부터 전사되어 만들어진 RNA가 단백질을 암호화하는 엑손 부위 외에도 단백질을 암호화하지 않는 인트론 부위를 가지고 있어서 이 부위를 제거하는 RNA 가공 단계를 거친다. 가공 후 mRNA 상의 단백질 합성 시작을 지정하는 유전 암호로부터 연속된 세 개씩의 뉴클레오타이드가 암호화하는 아미노산을 결합하여 단백질이 합성된다.

[라] 상동 염색체는 감수 분열 시 접합하는 한 쌍의 염색체로 대부분 모양과 크기가 같으며 한 개는 부계, 다른 한 개는 모계로부터 받는다. 염색체는 성 결정과 관련 없는 상염색체와 성 결정에 관여하는 성염색체로 구분된다. 한편, 성염색체에는 성 결정과 관련된 유전자뿐만 아니라 다른 형질을 결정하는 유전자도 있다.

[마] 세포 주기는 세포 분열을 통하여 딸세포를 만드는 분열기와 다음 분열을 할 때까지의 시기인 간기로 구성된다. 세포 분열에는 체세포 분열과 감수 분열이 있다. 체세포 분열은 핵분열을 시작으로 세포질이 분열되어 2개의 딸세포를 생성하고, 감수 분열은 연속된 두 번의 분열 과정을 통해 4개의 딸세포를 생성한다.

[바] 염색체 수나 구조 또는 유전자에 이상이 생겨 부모에게 없던 형질이 나타나는 현상을 돌연변이라 한다. 세포 분열 과정에서 염색체 비분리가 일어나면 딸세포의 염색체 수가 정상보다 많거나 적어진다.

[사] 개체가 생식 활동에 제약을 받지 않고 무한정으로 생식한다면 개체군은 계속 성장하여 J자 모양의 성장 곡선을 보일 것이다. 그러나 대부분의 경우 개체수가

증가하면서 개체군의 생장이 둔화되어 일정한 수를 유지하는 S자 모양의 성장 곡선을 보인다. 왜냐하면 먹이 부족, 생활 공간 부족, 노폐물 증가 등이 개체군의 성장을 억제하는 요인으로 작용하기 때문인데 이를 환경 저항이라 한다.

[문제 II-1] 제시문 [가]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

다음은 식물 추출물 A가 미생물 X에 미치는 영향을 알아보기 위한 연역적 탐구 과정의 일부이다.

[가설]

㉠

[실험 과정]

1. 같은 수의 미생물 X가 들어있는 증류수 10 mL를 각각 시험관 I, II에 넣었다.
2. 시험관 I은 식물 추출물 A를 증류수로 희석한 용액 1 mL를 첨가하였고, 시험관 II는 대조군으로 증류수 1 mL를 첨가하였다.
3. 시험관 I, II를 같은 조건에서 60분 동안 놓아둔 후 미생물 X의 개체수를 각각 측정하였다.

[실험 결과]

표는 식물 추출물 A 희석 용액 또는 증류수 첨가 전후의 미생물 X의 개체수를 나타낸 것이다.

시험관	I	II
첨가 전	95	95
60분 후	5	97

(1) 위 실험의 ㉠에 해당하는 적절한 가설을 설정하고 이에 대하여 논술하시오. (4점)

(2) 실험 결과를 분석하여 결론을 논술하시오. (4점)

[문제 II-2] 제시문 [나]와 [다]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

다음은 어떤 생명 공학 회사에서 인트론이 제거된 유전자를 대장균에 도입하여 인간 성장 호르몬을 생산하는 과정의 일부를 순서 없이 나열한 것이다.

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| ① 유용 유전자가 재조합된 플라스미드를 대장균에 도입한다. | ② 대장균이 합성한 단백질을 추출하여 정제한다. |
| ③ DNA 연결 효소로 유용 유전자를 플라스미드에 재조합한다. | ④ 플라스미드를 세균에서 추출한다. |
| ⑤ 재조합 플라스미드를 갖는 대장균을 선별한다. | ⑥ 플라스미드를 제한 효소로 자른다. |

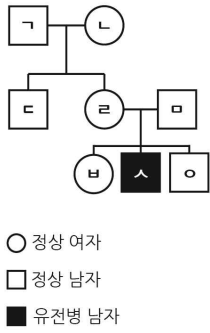
(1) 위에서 제시된 생산 과정을 올바른 순서대로 번호를 나열하시오. (4점)

(2) 인트론을 제거한 인간 성장 호르몬 유전자와 인트론을 제거하지 않은 인간 성장 호르몬 유전자를 각각 플라스미드에 재조합하여 대장균에 도입한 경우 합성된 단백질에 어떤 차이가 있을지 논술하시오. (4점)

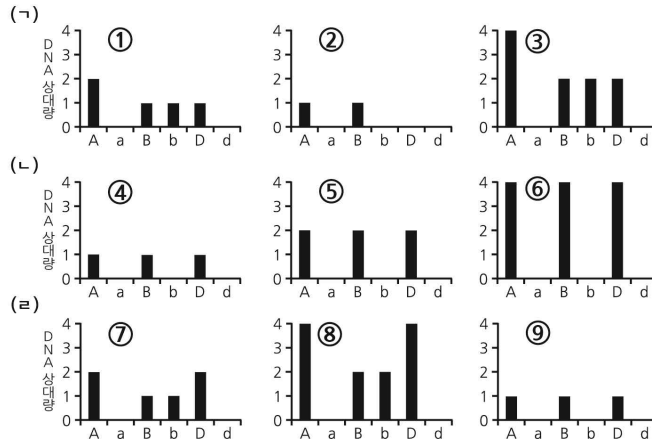
[문제 II-3] 제시문 [라]~[바]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

<그림 1>은 어떤 가족의 가계도이다. <그림 2>는 아버지 (㉠), 어머니 (㉡), 딸 (㉢)의 G₁기 체세포, 중기 체세포, 생식 세포 한 개에 들어있는 대립 유전자 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 순서 없이 나타낸 것이다. <그림 3>은 아들 (㉣)의 G₁기 체세포 한 개에 들어있는 대립 유전자 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. A와 a, B와 b, D와 d는 대립 유전자 관계이다. A, a, B, b, D, d 1개당 DNA 상대량은 같으며, A, B, D는 서로 다른 염색체에 존재한다.

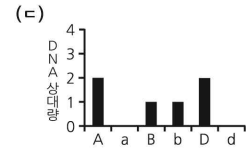
<그림 1>



<그림 2>



<그림 3>



- (1) <그림 2>에서 (가), (나), (다)의 생식 세포의 DNA 상대량을 나타낸 것은 각각 어느 것이며, <그림 1, 2>를 참고하여 유전병을 일으키는 대립 유전자는 A, a, B, b, D, d 중 어느 것인지에 대하여 논술하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (6점)
- (2) 아들 (ㄷ)의 대립 유전자 D의 DNA 상대량이 <그림 3>과 같이 나온 이유에 대하여 논술하시오. (단, 염색체 구조 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (12점)

[문제 II-4] 제시문 [사]를 참고하여 다음 문제에 답하시오

표는 서로 다른 두 지역에 서식하는 개체군 ㉠과 ㉡의 개체수 변화를 나타낸 것이다.

시간(상댓값)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
개체군 ㉠	10	11	12	20	30	45	65	85	105	120	140
개체군 ㉡	10	15	20	30	50	75	110	115	115	100	90

개체군 ㉠과 ㉡에 각각 작용하는 환경 저항의 시간에 따른 변화를 비교하여 논술하시오. (단, 이입과 이출은 없다.) (6점)

문제 I <수학>

[문제 I-1]

원기둥 C_1 의 반지름의 길이를 r 이라 할 때, r 의 범위는 $0 < r < a$ 이고 C_1 의 부피는 $V(r) = \pi r^2(-r^2 + a^2)$ 이다. 구간 $0 < r < a$ 에서 $V(r)$ 의 최댓값을 구하기 위해 방정식 $V'(r) = 2\pi r(-2r^2 + a^2) = 0$ 의 해 $r = \frac{a}{\sqrt{2}}$ 를 구한다. $V'(r)$ 은 $r = \frac{a}{\sqrt{2}}$ 의 좌우에서 양에서 음으로 바뀌기 때문에, C_1 의 부피의 최댓값 β_1 은 $V\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right) = \frac{\pi}{4}a^4$ 이다.

[문제 I-2]

A_a 의 부피 V_a 를 구하기 위해, x 축과 y 축을 바꾸어서 입체도형 A_a 를 표현해 보자. 그러면 A_a 는 밑면의 중심을 x 축에 두었을 때, x 축과 수직인 평면으로 자른 단면은 반지름의 길이가 $\sqrt{a^2 - x}$ 인 원이다. 따라서 A_a 의 부피는

$$V_a = \int_0^{a^2} \pi(a^2 - x)dx = \pi\left(a^4 - \frac{1}{2}a^4\right) = \frac{\pi}{2}a^4$$

그러므로 $f(a) = \frac{\pi}{2}a^4 - \frac{\pi}{4}a^4 = \frac{\pi}{4}a^4$ 이다. 구하고자 하는 정적분을 I 라고 하면,

$$I = \int_0^1 \frac{4f(t)}{4f(t) + \pi(1-t)^4} dt = \int_0^1 \frac{t^4}{t^4 + (1-t)^4} dt \text{이다. 이때, } u = 1-t \text{로 치환하여}$$

$$I = \int_0^1 \frac{(1-u)^4}{u^4 + (1-u)^4} du \text{를 얻을 수 있고, 두 값을 더하면}$$

$$2I = \int_0^1 \frac{t^4}{t^4 + (1-t)^4} dt + \int_0^1 \frac{(1-t)^4}{t^4 + (1-t)^4} dt = \int_0^1 1 dt = 1$$

따라서 구하고자 하는 값 I 는 $\frac{1}{2}$ 이다.

[문제 I-3]

오른쪽 그림처럼 아래 원기둥의 반지름을 r 이라 하면, 아래 원기둥의 높이는 $-r^2 + a^2$ 이다. 그러면 위에 놓일 수 있는 원기둥 부피의 최댓값은 A_r 의 내부에 있는 원기둥 부피의 최댓값이다. 따라서 [문제 I-1]의 결과에 의해 위 원기둥의 부피의 최댓값은 $\frac{\pi}{4}r^4$ 이다. 그러므로

C_2 의 부피의 최댓값은

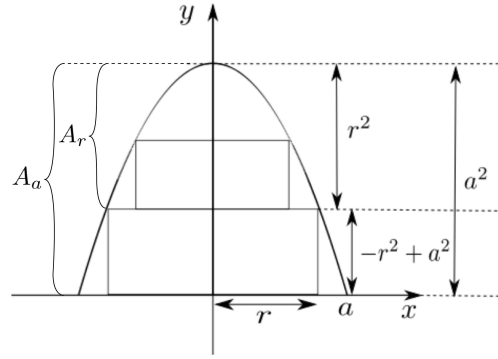
$$V(r) = \pi r^2(-r^2 + a^2) + \frac{\pi}{4}r^4 = \pi\left(-\frac{3}{4}r^4 + a^2r^2\right) \text{의 최댓값과 같다.}$$

구간 $0 < r < a$ 에서 함수 $V(r)$ 의 최댓값을 찾기 위해 방정식 $V'(r) = \pi(-3r^3 + 2a^2r) = 0$ 을

풀면, 해 $r = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}a$ 를 찾을 수 있다. 함수 $V'(r)$ 은

$r = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}a$ 의 좌우에서 양에서 음으로 바뀌므로, C_2 의

부피의 최댓값 β_2 는 $V\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}a\right) = \frac{\pi}{3}a^4$ 이다.



[문제 I-4]

우선 A_a 의 내부에 있는 밑면의 반지름의 길이가 r 인 원기둥 C_1 중에서 옆면의 넓이의 최댓값을 S_a 라 하면, S_a 는 $g(r) = 2\pi r(-r^2 + a^2)$ 의 최댓값이다. 따라서 구간 $0 < r < a$ 에서 방정식 $g'(r) = 2\pi(-3r^2 + a^2) = 0$ 의 해 $r = \frac{1}{\sqrt{3}}a$ 를 찾고, $g'(r)$ 이 $r = \frac{1}{\sqrt{3}}a$ 의 좌우에서 양에서 음으로

바뀌음을 이용하여 $g(r)$ 의 최댓값이 $S_a = g\left(\frac{1}{\sqrt{3}}a\right) = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}a^3$ 임을 보인다. 그러면 C_2 의 아래

원기둥의 반지름을 r 이라 할 때, [문제 I-3]의 그림처럼 아래 원기둥의 높이가 $-r^2 + a^2$ 이므로 위 원기둥의 옆넓이의 최댓값은 A_r 의 내부에 있는 원기둥의 옆넓이의 최댓값

$S_r = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}r^3$ 과 같다. 이를 이용하면 C_2 의 겉넓이의 최댓값은 $0 < r < a$ 에서 정의된 함수

$W(r) = 2\pi r^2 + 2\pi r(-r^2 + a^2) + \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}r^3$ 의 최댓값과 같다. 그런데 $W(r)$ 의 도함수는

$W'(r) = 2\pi\left\{\left(-3 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right)r^2 + 2r + a^2\right\}$ 이고, 이 도함수는 y 절편이 $2\pi a^2 > 0$ 이고 중심축의 x 좌표

가 양수인 위로 볼록인 포물선이다. $W'(a) \geq 0$ 라면, 구간 $0 < r < a$ 에서 $W'(r) > 0$ 가 되어 $W(r)$ 은 증가함수이므로 최댓값을 가질 수 없다. 한편, $W'(a) < 0$ 라면, $W'(0) > 0$ 이므로 제1문 [나]에 의해서 $W'(r) = 0$ 의 해가 구간 $0 < r < a$ 에서 존재함을 알 수 있고, 그때 $W(r)$ 은 구간 $0 < r < a$ 에서 최댓값을 갖는다. 따라서 $W'(a) < 0$ 을 만족시키는 a 를 구하면 된다.

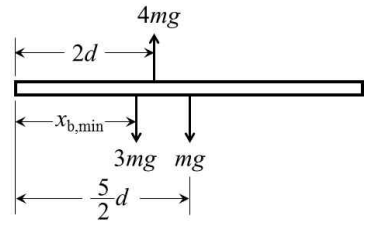
즉, $\left(-3 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right)a^2 + 2a + a^2 < 0$ 을 만족하는 a 를 구한다. $a > 0$ 이므로 부등식을 풀면

$$a > \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-1} = \frac{3+\sqrt{3}}{2} \text{이다.}$$

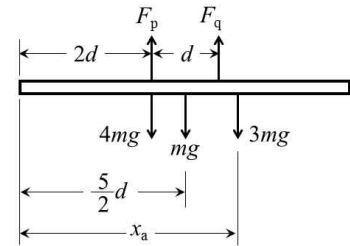
문제 II <물리>

[문제 II-1]

(1) x_b 가 $x_{b,\min}$ 보다 작으면 막대가 시계 반대 방향으로 회전하며 평형상태가 유지되지 못하므로, $x_b = x_{b,\min}$ 일 때 s 가 B를 당기는 힘은 0이고 r 만이 B를 당긴다. 이때, 힘의 평형 조건을 이용하면 r 가 B를 당기는 힘의 크기 F_r 는 B와 b의 무게의 합인 $4mg$ 이다. 돌림힘의 평형조건을 구하기 위해 힘의 작용점과 크기를 표시하면 그림과 같다. 돌림힘의 평형 조건으로부터 $x_{b,\min}$ 을 계산하면 $x_{b,\min} = \frac{11}{6}d$ 이다.

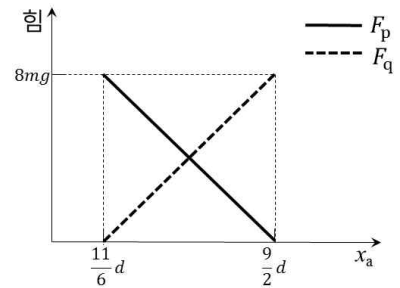


(2) $x_b = x_{b,\min}$ 일 때 r 는 A를 $4mg$ 의 크기로 당긴다. A의 평형 조건을 구하기 위해 힘의 작용점과 크기를 표시하면 그림과 같다. 힘의 평형 조건에 의해 $F_p + F_q = 8mg$ 이고, 돌림힘의 평형 조건에 의해 $2dF_p + 3dF_q = 3mgx_a + \frac{21}{2}mgd$



이다. 두 식으로부터 $F_p = -3mg\left(\frac{x_a}{d} - \frac{9}{2}\right)$,

$F_q = 3mg\left(\frac{x_a}{d} - \frac{11}{6}\right)$ 이고 그래프로 나타내면 다음과 같다.



[문제 II-2]

(1) 줄이 끊어지는 순간 물체의 속력을 v_i 라고하면, 역학적 에너지 보존으로부터

$mg\ell = mg\ell(1 - \cos\theta) + \frac{1}{2}mv_i^2$ 이 성립하고 $v_i = \sqrt{2g\ell\cos\theta}$ 이다. 이때 y 방향의 속도 성분은

$v_{i,y} = v_i \sin\theta = \sin\theta \sqrt{2g\ell\cos\theta}$, 물체의 높이는 $y_i = \ell(1 - \cos\theta)$ 이다. 포물선 운동을 하는 동안 등가속도 운동을 하며 $2g(h - y_i) = v_{i,y}^2$ 이 성립하므로,

$$h = y_i + \frac{v_{i,y}^2}{2g} = \ell(1 - \cos\theta) + \frac{\sin^2\theta}{2g} 2g\ell\cos\theta = \ell(1 - \cos^3\theta) \text{이다.}$$

(2) 줄에서 분리된 순간 물체의 x 방향 속도 성분은 $v_{i,x} = v_i \cos\theta = \cos\theta \sqrt{2g\ell\cos\theta}$. 물체가

s 만큼 수평 방향으로 이동하는 시간은 $h = \frac{1}{2}gt_s^2$ 로부터, $t_s = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2\ell(1 - \cos^3\theta)}{g}}$.

따라서 $s = v_{i,x}t_s = \cos\theta \sqrt{2g\ell\cos\theta} \sqrt{\frac{2\ell(1 - \cos^3\theta)}{g}} = 2\ell\sqrt{\cos^3\theta(1 - \cos^3\theta)}$. 이 식을 변형하면

$s = 2\ell\sqrt{-\left(\cos^3\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{4}}$ 이 되어서 $\cos^3\theta = \frac{1}{2}$ 일 때 s 는 최댓값을 갖는다.

문제 II <화학>

[문제 II-1]

(1) 동일 온도와 동일 기압에서 기체의 몰수 비율은 부피 비율과 같기 때문에, 실험 I의 반응은 다음과 같은 반응식으로 표현할 수 있다.



$t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 1몰의 기체는 20 L의 부피를 갖기 때문에, 기체의 분자량을 20으로 나누면 기체 1리터의 무게를 구할 수 있다. 위 반응식에서 반응물(A와 B)의 총 무게는 다음과 같다.

$$\text{반응물의 총 무게} = \frac{a}{20} + \frac{3b}{20}$$

두 기체(A와 B)가 완전히 반응하였기 때문에, 반응물의 총 무게는 생성된 C의 총 무게와 같다. 2 L의 기체 C가 생성되었고, 이를 이용해 C의 분자량에 대해 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{a}{20} + \frac{3b}{20} = 2 \times \left(\frac{C\text{의 분자량}}{20} \right)$$

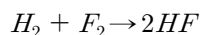
$$a + 3b = 2 \times (C\text{의 분자량})$$

$$C\text{의 분자량} = \frac{a + 3b}{2}$$

(2) $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 1몰의 기체는 20 L의 부피를 갖기 때문에, 주어진 밀도를 이용하여 생성된 기체의 분자량을 계산하면 다음과 같다.

$$1.00\text{ g/L} \times 20\text{ L/mol} = 20.0\text{ g/mol}$$

실험 II의 반응물은 모두 단일 원소로 만들어진 기체이기 때문에, 실험 II의 생성물은 서로 다른 두 원소로 이루어진 이원자 분자이다. 제시문 [나]의 표에 나열된 원소들을 조합하여 만들 수 있는 분자량 20.0 g/mol의 이원자 분자는 HF이다. 즉, 실험 II에서 생성된 기체는 HF이고, 이를 완성된 반응식으로 표현하면 다음과 같다.



(3) $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 1몰의 기체는 20 L의 부피를 갖기 때문에, 밀도 3.55 g/L인 기체 C의 분자량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C\text{의 분자량} = 20\text{ L/mol} \times 3.55\text{ g/L} = 71\text{ g/mol} \text{ 이다.}$$

실험 II의 반응에서, 기체 B는 H_2 혹은 F_2 이라는 것을 알 수 있다.

기체 B가 H_2 라면, $b = 2\text{ g/mol}$ 이다. 이 값과 C의 분자량(71 g/mol)을 (1)의 식에 대입하여 a 에 대해 정리하면 다음과 같은 a 값이 얻어진다.

$$C\text{의 분자량} = 71\text{ g/mol} = \frac{a + 3b}{2} = \frac{a + 6}{2}$$

$$71\text{ g/mol} = \left(\frac{a + 6}{2} \right)\text{ g/mol}$$

$$142 = a + 6$$

$$a = 136 \text{ g/mol} \text{ 이다.}$$

제시문 [나]의 표에는 단일 원소로 이 분자량을 가질 수 있는 원소가 없다.

기체 B 가 F_2 라면, $b = 38 \text{ g/mol}$ 이다. 이 값과 C 의 분자량(71 g/mol)을 (1)의 식에 대입하여 a 에 대해 정리하면 다음과 같은 a 값이 얻어진다.

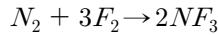
$$C \text{의 분자량} = 71 \text{ g/mol} = \frac{a + 3b}{2} = \frac{a + 114}{2}$$

$$71 \text{ g/mol} = \left(\frac{a + 114}{2}\right) \text{ g/mol}$$

$$142 = a + 114$$

$$a = 28 \text{ g/mol} \text{ 이다.}$$

제시문 [나]의 표에 나열된 원소들 중, 단일 원소로 이 분자량을 갖을 수 있는 기체는 N_2 이다. 즉 A 는 N_2 , B 는 F_2 , 이고, 실험 I의 조건에 따라 C 는 NF_3 이다. 실험 I의 완성된 화학 반응식은 다음과 같다:



(4)F는 N보다 전기음성도가 높기 때문에 NF_3 에서 질소의 전자들은 플루오린 쪽으로 크게 치우쳐져있다. 반면에 H는 N보다 전기음성도가 낮기 때문에 NH_3 에서는 수소의 전자들이 질소로 치우쳐져있다. 이 때문에 NH_3 의 질소 원자는 부분적인 음전하를 띠며, NF_3 의 질소 원자는 부분적인 양전하를 띤다.

[문제 II-2]

(1)라울의 법칙에서 물의 몰분율은 다음과 같다:

$$\frac{P}{P^\circ} = \frac{23.75 \text{ mmHg}}{25.00 \text{ mmHg}} = 0.95 = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_D + n_E}$$

용질의 몰분율은 1에서 물의 몰분율을 뺀 0.05 이다.

(2)물의 분자량은 18이기 때문에 물 1.71 g은 0.095몰이다. (1)에서 구한 물의 몰분율은 0.95이기 때문에, 이 용액에서 용매와 용질의 몰수의 합은 0.1몰이다. 용질의 몰분율은 0.05이기 때문에, 용질의 총 몰수는 $0.1 \times 0.05 = 0.005$ 몰이다.

(3)용질은 용액의 부피에 영향을 끼치지 않기 때문에, 초기 상태에서 두 수용액의 부피가 같다는 것은 동일한 무게의 물이 들어있었다는 것과 같다.

$$\text{처음 상태의 } D \text{수용액에서 물의 몰분율} = \frac{n_{H_2O}}{n_D + n_{H_2O}}$$

$$\text{처음 상태의 } E \text{수용액에서 물의 몰분율} = \frac{n_{H_2O}}{n_E + n_{H_2O}}$$

충분한 시간이 흐르면 그림의 두 수용액의 증기 압력은 같아진다. 즉 용액의 부피가 25% 증가한 D수용액에서 물의 물분율과 25% 감소한 E수용액에서의 물의 물분율은 같다.

$$\frac{1.25 n_{H_2O}}{n_D + 1.25 n_{H_2O}} = \frac{0.75 n_{H_2O}}{n_E + 0.75 n_{H_2O}}$$

$$\frac{1.25}{n_D + 1.25 n_{H_2O}} = \frac{0.75}{n_E + 0.75 n_{H_2O}}$$

$$1.25(n_E + 0.75 n_{H_2O}) = 0.75(n_D + 1.25 n_{H_2O})$$

$$1.25 n_E + (1.25 \times 0.75) n_{H_2O} = 0.75 n_D + (0.75 \times 1.25) n_{H_2O}$$

$$1.25 n_E = 0.75 n_D$$

처음 상태의 두 수용액을 만드는데 x g 씩의 용질이 사용되었다면,

$$\frac{1.25 x}{E\text{의 분자량}} = \frac{0.75 x}{D\text{의 분자량}}$$

$$0.75 \times E\text{의 분자량} = 1.25 \times D\text{의 분자량}$$

$$0.6 \times E\text{의 분자량} = D\text{의 분자량 (식 1)}$$

실험 I에서 용질의 몰수의 합은 0.005몰이고, 사용된 D와 E의 무게는 각각 390 mg과 975 mg이다. 이를 D와 E의 분자량의 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{0.390 g}{D\text{의 분자량}} + \frac{0.975 g}{E\text{의 분자량}} = 0.005 mol \text{ (식 2)}$$

식 2를 식 1에 대입하면 다음과 같이 D와 E의 분자량을 구할 수 있다.

$$\frac{0.390 g}{0.6 \times E\text{의 분자량}} + \frac{0.975 g}{E\text{의 분자량}} = 0.005 mol$$

$$0.650 g + 0.975 g = 0.005 mol \times (E\text{의 분자량})$$

$$\frac{1.625 g}{0.005 mol} = E\text{의 분자량} = 325 g/mol$$

이를 다시 식 2에 대입하면:

$$0.6 \times E\text{의 분자량} = 0.6 \times 325 g/mol = 195 g/mol = D\text{의 분자량}$$

[문제 II-3]

(1)염소(Cl)의 동위 원소에 따라 CH_2Cl_2 은 다음의 세 종류, $CH_2^{35}Cl_2$, $CH_2^{35}Cl^{37}Cl$, $CH_2^{37}Cl_2$ 이 가능하다.

$CH_2^{35}Cl_2$ 질량수의 합은 $(C + 2 \times H + 2 \times ^{35}Cl) = (12 + 2 \times 1 + 2 \times 35) = 84$,

$CH_2^{35}Cl^{37}Cl$ 질량수의 합은 $(C + 2 \times H + ^{35}Cl + ^{37}Cl) = (12 + 2 \times 1 + 35 + 37) = 86$,

$CH_2^{37}Cl_2$ 질량수의 합은 $(C + 2 \times H + 2 \times ^{37}Cl) = (12 + 2 \times 1 + 2 \times 37) = 88$ 이다.

두 염소 원자의 가능한 동위 원소 조합과 ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 의 동위 원소 존재 비율(3 : 1)을 반영한 각 질량수의 합에 대응하는 각 화학종의 상대적 존재비는 아래 식을 이용해 계산할 수 있다.

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2, a = 3b$$

$$^{35}\text{Cl}_2 : ^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl}_2 = a^2 : 2ab : b^2 = 9b^2 : 6b^2 : b^2 = 9 : 6 : 1$$

임의로 선택한 다이클로로메테인의 질량수의 합이 84일 확률은 $9/(9 + 6 + 1) = 9/16$ 이다.

(2)염소(Cl)와 브로민(Br)의 동위 원소 조합에 따라 CH_2ClBr 는 다음의 네 종류, $\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{79}\text{Br}$, $\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br}$, $\text{CH}_2^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br}$, $\text{CH}_2^{37}\text{Cl}^{81}\text{Br}$ 이 가능하다.

$$\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{79}\text{Br} \text{ 질량수의 합은 } (C + 2 \times H + ^{35}\text{Cl} + ^{79}\text{Br}) = (12 + 2 \times 1 + 35 + 79) = 128,$$

$$\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br} \text{ 질량수의 합은 } (C + 2 \times H + ^{35}\text{Cl} + ^{81}\text{Br}) = (12 + 2 \times 1 + 35 + 81) = 130,$$

$$\text{CH}_2^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br} \text{ 질량수의 합은 } (C + 2 \times H + ^{37}\text{Cl} + ^{79}\text{Br}) = (12 + 2 \times 1 + 37 + 79) = 130,$$

$$\text{CH}_2^{37}\text{Cl}^{81}\text{Br} \text{ 질량수의 합은 } (C + 2 \times H + ^{37}\text{Cl} + ^{81}\text{Br}) = (12 + 2 \times 1 + 37 + 81) = 132 \text{이다.}$$

각 염소, 브로민 원자의 가능한 동위 원소 조합과 ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 의 존재 비율(3 : 1), ^{79}Br 과 ^{81}Br 의 존재 비율(1 : 1)을 반영한 각 질량수의 합에 대응하는 각 화학종의 상대적 존재비는 아래 식을 이용해 계산할 수 있다.

$$(a + b)(c + d) = ac + ad + bc + bd, a = 3b, c = d$$

$$^{35}\text{Cl}^{79}\text{Br} : ^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br} : ^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br} : ^{37}\text{Cl}^{81}\text{Br} = ac : ad : bc : bd = 3bd : 3bd : bd : bd = 3 : 3 : 1 : 1 \text{이다.}$$

$^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br}$ 와 $^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br}$ 은 같은 질량수의 합을 가지므로,

$$^{35}\text{Cl}^{79}\text{Br} : (^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br} + ^{37}\text{Cl}^{79}\text{Br}) : ^{37}\text{Cl}^{81}\text{Br} = 3 : 4 : 1$$

임의로 선택한 브로모클로로메테인의 질량수의 합이 130일 확률은 $4/(3 + 4 + 1) = 1/2$ 이다.

문제 II <생명과학>

[문제 II-1]

(1) 문제에서 제시한 실험은 식물 추출물 A가 미생물 X에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 같은 수의 미생물 X가 들어 있는 시험관 I, II에 식물 추출물 A와 증류수를 각각 넣고 60분 후 미생물 개체수의 변화를 측정하여 결과로 판단할 때, 적절한 가설은 '식물 추출물 A는 미생물 X에 대하여 살균(개체수를 줄이는) 효과가 있을 것이다.' 이다.

(2) 식물 추출물 A를 처리한 시험관 I에서 60분 후 미생물 X의 개체수가 크게 감소하였다. 반면 시험관 II는 증류수를 처리한 대조군으로 60분 후 미생물 X의 개체수 변동이 처리 전과 비교하여 적었다. 따라서 식물 추출물 A는 미생물 X에 대하여 살균 효과(미생물 X의 개체수를 줄이는 효과)가 있다고 결론 내릴 수 있다.

[문제 II-2]

(1) 대장균을 통해 인간 성장 호르몬 단백질을 생산하기 위해 인트론이 제거된 유전자를 플라스미드에 재조합하여 대장균에 도입하는 유전자 재조합 기술이 이용된다. 유전자 재조합 기술을 통한 단백질 생산 과정의 올바른 순서는 ④-⑥-③-①-⑤-②이다.

(2) 인트론을 제거한 유전자를 사용하여 재조합 플라스미드를 만든 다음, 대장균을 이용하여 단백질을 합성할 경우, 정상적인 기능을 가진 인간 성장 호르몬 단백질을 생산할 수 있다. 반면, 인트론을 제거하지 않은 유전자를 사용할 경우, 단백질의 아미노산 서열이 바뀌어 인간 성장 호르몬으로 기능을 하지 못하는 비정상 단백질이 합성된다.

[문제 II-3]

(1) 세포 주기는 간기와 분열기로 구성된다. 간기는 G_1 기, S기, G_2 기로 구분되는데 S기에 DNA 복제가 일어난다. 따라서 중기 체세포의 DNA양은 G_1 기 체세포의 DNA양의 두 배이다. 한편, 감수 분열은 연속된 두 번의 분열에 의해 염색체 수가 반감된 4개의 딸세포를 만드는 과정으로, 이렇게 형성된 생식 세포의 DNA양은 모세포에 비하여 절반으로 줄어든다. 따라서 ①, ⑤, ⑦은 G_1 기 체세포의 DNA 상대량, ③, ⑥, ⑧은 중기 체세포의 DNA 상대량, ②, ④, ⑨는 생식 세포의 DNA 상대량을 알 수 있다. 따라서, 생식 세포의 DNA 상대량을 나타낸 것은 ②, ④, ⑨이다.

가계도를 보면 부모 \square 과 \square 은 정상이지만 \square 은 유전병이 나타나므로 유전병이 열성 형질이다. 대립 유전자 A 또는 a의 경우 \square , \square , \square , \square 모두 같은 대립 유전자인 A가 있다. 이 경우 유전병이 나타나기 위해서는 \square 이 a를 가지고 있으며 이것이 우성이어야 가능하다. 하지만, \square 도 정상이므로 대립 유전자 A 또는 a에 의한 유전병은 아니다. 대립 유전자 D, d는 X 염색체에 있다. \square 의 유전자형은 DD이고 \square 의 유전자형은 D이므로 표현형이 같아야 하는데 \square 만 유전병이 나타났으므로 X 염색체에 의한 유전이 아니다. 따라서 대립 유전자 D 또는 d에 의한 유전병은 아니다. 대립 유전자 B 또는 b의 경우 \square 과 \square 은 유전자형이 모두 Bb이므로 자손에서 유전병이 나타날 수 있다. 따라서 이 유전병을 결정하는 대립 유전자는 b이고 유전자형이 bb일 때 유전병이 나타난다.

(2) 대립 유전자 D와 d는 X 염색체에 있다. 아들 ㄷ의 G_1 기 체세포 한 개에 들어있는 대립 유전자 D가 2개인 이유는 부모의 생식 세포 형성 과정 중 성염색체의 비분리가 일어났기 때문이다. ㄷ이 대립 유전자 D를 가진 X 염색체(X^D)를 두 개 갖게 된 것은 다음 세 가지 경우에 가능하다.

첫째, 아버지의 정자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 X^DY 가 들어 있는 정자와 어머니의 정상 난자(X^D)가 수정되어 X^DX^DY 를 가진 아들이 태어날 수 있다.

둘째, 어머니의 난자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 X^DX^D 가 들어 있는 난자와 정상 정자(Y)가 수정하여 X^DX^DY 를 가진 아들이 태어날 수 있다.

셋째, 어머니의 난자 형성 과정 중 감수 2분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 X^DX^D 가 들어 있는 난자와 정상 정자(Y)가 수정하여 X^DX^DY 를 가진 아들이 태어날 수 있다.

[문제 II-4]

개체수의 이입과 이출이 없는 조건에서, 개체군 ㉠의 개체수는 시간에 따라 지속적으로 증가하고 있으므로 환경 저항이 작은 상태라고 볼 수 있다. 개체군 ㉡의 개체수는 시간 6까지 증가하다가 시간 7 이후 변화를 보이지 않으며 시간 8 이후 점차 감소하고 있으므로 환경 저항은 초기에는 작지만 점차 증가하여 시간 8 이후 매우 커졌음을 알 수 있다.

문제 I <수학>

[문제 I-1]

<2점> C_1 의 부피를 밑면의 반지름 r 에 관한 함수 $V(r)$ 로 표현 할 수 있다.

<3점> $V(r)$ 의 최댓값 β_1 을 찾을 수 있다.

[문제 I-2]

<5점> V_a 를 구하여 함수 $f(a)$ 를 찾을 수 있다

<10점> 정적분 값 I 를 계산할 수 있다.

[문제 I-3]

<8점> 아래 원기둥의 반지름을 r 이라 할 때, 위 원기둥의 부피의 최댓값을 찾을 수 있다.

<6점> 아래 원기둥의 밑면의 반지름을 이용하여 C_2 의 부피에 관한 함수를 표현할 수 있다.

<6점> 극댓값을 이용하여 C_2 의 부피의 최댓값 β_2 를 구할 수 있다.

[문제 I-4]

<7점> 원기둥 C_1 의 옆넓이의 최댓값을 구할 수 있다.

<3점> 아래 원기둥의 밑면의 반지름 r 를 이용하여 C_2 의 겉넓이에 관한 함수를 표현할 수 있다.

<10점> 함수의 극댓값이 구간 $0 < r < a$ 에서 나타날 수 있는 a 를 구할 수 있다.

문제 II <물리>

[문제 II-1]

(1) (8점)

<3점> $x_b = x_{b,\min}$ 이 되는 조건에서 s 가 B를 당기는 힘이 0이 되는 상황($F_s = 0$)임을 파악한다.

<2점> $x_b = x_{b,\min}$ 일 때, 힘의 평형 조건을 이용하여 F_r 를 구한다.

<3점> 독립힘의 평형 조건으로부터 $x_{b,\min}$ 를 구한다.

(2) (12점)

<3점> $x_b = x_{b,\min}$ 일 때 r 이 A를 당기는 힘을 구한다.

<5점> A에 힘의 평형 조건과 독립힘의 평형 조건을 이용할 수 있다.

<4점> 힘의 평형, 독립힘 평형 조건에서 F_p, F_r 를 구하고 그래프로 나타낸다.

[문제 II-2]

(1) (10점)

<3점> 줄이 끊어지는 순간 물체의 높이 y_i 를 θ 의 함수로 표현한다.

<4점> 역학적 에너지 보존으로부터 줄이 끊어지는 순간 물체의 초기 속력 v_i 를 θ 의 함수로 표현한다.

<3점> 물체가 등가속도 운동을 한다는 점으로부터 h 를 θ 의 함수로 표현한다.

(2) (10점)

<3점> 줄이 끊어지는 순간 물체의 초기 속력 v_i 의 x 방향 성분을 θ 의 함수로 표현한다.

<3점> s 만큼 수평 방향으로 이동하는데 걸리는 시간을 θ 의 함수로 표현한다.

<4점> s 를 θ 의 함수로 표현하고, 최대가 되는 θ_0 의 값을 구한다.

문제 II <화학>

[문제 II-1]

(1) (4점)

<4점> 기체의 부피비율에서 반응물과 생성물의 계수비를 구하고, 이를 토대로 C 의 분자량을 a 와 b 의 식으로 나타내는 과정이 명확히 논술되어있다.

(2) (5점)

<5점> 주어진 밀도를 이용하여 분자량을 계산하고, 그 분자량을 갖는 물질이 HF라는 것을 파악하며, 이를 토대로 완성된 화학 반응식을 제시하는 과정이 명확히 논술되어있다.

(3) (6점)

<6점> 주어진 밀도에서 구한 기체 C 의 분자량과 실험 II의 반응을 토대로 기체 B 가 무엇인지 구하고, 이 정보를 기반으로 기체 A , B , C 가 각각 N_2 , F_2 , NF_3 라는 것을 파악한 후, 완성된 화학 반응식을 도출하는 과정이 명확히 논술되어있다.

(4) (5점)

<5점> 플루오린이 질소보다 전기음성도가 높다는 점을 파악하고 NF_3 에서 질소의 부분 양전하에 대해 논술하고, 수소는 질소보다 전기음성도가 낮다는 점을 통해 NH_3 에서의 질소는 부분 음전하를 갖는다는 것이 명확히 논술되어있다.

[문제 II-2]

(1) (3점)

<3점> 라울 법칙에서 물의 몰분율을 구하는 과정이 명확히 논술되어있다.

(2) (3점)

<3점> 물의 분자량을 고려하여 물의 몰수를 계산하고, 이를 토대로 용질의 몰분율을 계산하는 과정이 명확히 논술되어있다.

(3) (4점)

<4점>

부피가 25% 증가한 *D*수용액에서 물의 몰분율과 25% 감소한 *E*수용액에서의 물의 몰분율은 같다는 점을 활용하여 초기 용액의 *D*와 *E*의 몰수비를 구하고, 동일 질량이 사용되었다는 점을 활용하여 *D*와 *E*의 분자량 비를 구하며, 이를 토대로 *D*와 *E*의 분자량을 계산하는 과정이 명확히 논술되어있다.

[문제 II-3] (10점)

(1) (5점)

<2점> 동위 원소 개념의 분자로의 확장

염소(Cl)의 동위 원소 ^{35}Cl 와 ^{37}Cl 를 반영한 화학종을 제시할 수 있다.

<3점> 동위 원소 존재 비율을 반영한 분자

염소 동위 원소 존재 비율(3 : 1)에 따라, 위 화학종의 상대적 존재비를 계산할 수 있다.

(1) (5점)

<2점> 동위 원소 개념의 분자로의 확장

염소의 동위 원소 ^{35}Cl 와 ^{37}Cl , 브로민의 동위 원소 ^{79}Br 과 ^{81}Br 를 반영한 화학종을 제시할 수 있다.

<3점> 동위 원소 존재 비율을 반영한 분자

염소 동위 원소 존재 비율(3 : 1)과 브로민 동위 원소 존재 비율(1 : 1)에 따라, 위 화학종의 상대적 존재비를 계산할 수 있다.

문제 II <생명과학>

[문제 II-1]

(1) (4점)

<4점> 식물 추출물 A는 미생물 X에 대하여 살균(개체수를 줄이는) 효과가 있을 것이라곤 논리적으로 기술

(2) (4점)

<4점> 결과를 바탕으로 식물 추출물 A는 미생물 X에 대하여 살균 효과(미생물 X의 개체수를 줄이는 효과)가 있다라는 결론을 논리적으로 기술

[문제 II-2]

(1) (4점)

<4점> 연구 과정의 순서를 ④-⑥-③-①-⑤-②순으로 올바르게 나열

(2) (4점)

<2점> 인트론이 제거된 유전자를 사용하여 재조합 플라스미드를 만든 다음, 단백질을 합성할 경우 정상적인 기능을 가진 인간 성장 호르몬 단백질을 생산할 수 있다라고 논리적으로 기술

<2점> 인트론을 제거하지 않은 인간 성장 호르몬 유전자로 재조합 플라스미드를 만들어 사용하면 단백질의 아미노산 서열이 바뀌어 인간 성장 호르몬으로 기능을 하지 못하는 비정상 단백질이 합성된다고 논리적으로 기술

[문제 II-3]

(1) (6점)

<3점> 생식 세포의 DNA 상대량이 ②, ④, ⑨임을 논리적으로 기술

<3점> 유전병을 결정하는 대립 유전자는 b임을 논리적으로 기술

(2) (12점)

<3점> 아들 α 의 G_1 기 체세포 한 개에 들어있는 대립 유전자 D가 2개인 이유는 부모의 생식 세포 형성 과정 중 성염색체의 비분리가 일어났기 때문임을 논리적으로 기술

α 이 대립 유전자 D를 가진 X 염색체(X^D)를 두 개 갖게 된 이유에 대하여 아래 세 가지를 논리적으로 기술

<3점> 첫째, 아버지의 정자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 $X^D Y$ 가 들어 있는 정자와 어머니의 정상 난자(X^D)가 수정되어 $X^D X^D Y$ 를 가진 아들이 태어날 수 있는 경우

<3점> 둘째, 어머니의 난자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 $X^D X^D$ 가 들어 있는 난자와 정상 정자(Y)가 수정하여 $X^D X^D Y$ 를 가진 아들이 태어날 수 있는 경우

<3점> 셋째, 어머니의 난자 형성 과정 중 감수 2분열에서 성염색체의 비분리가 일어나 $X^D X^D$ 가 들어 있는 난자와 정상 정자(Y)가 수정하여 $X^D X^D Y$ 를 가진 아들이 태어날 수 있는 경우

[문제 II-4]

<3점> 개체군 ㉠은 환경 저항이 작은 상태임을 논리적으로 기술

<3점> 개체군 ㉡은 환경 저항이 초기에는 작고 후반부에 크다는 것을 논리적으로 기술

4. 2019학년도 수시모집 논술고사출제 의도

논제 I <수학>

논제 I 수학 논제에서는 고등학교 수학 교육과정의 적분의 활용 단원에서의 입체도형의 부피를 찾는 문제와 도함수의 활용 단원에서의 함수의 극대를 활용한 함수의 최댓값을 찾는 문제를 출제하였다. 다양한 형태의 적분법을 이해하고 있는지와, 주어진 상황을 종합적으로 판단하여 수학적 추론을 통해 문제의 요구에 맞는 함수형태를 찾고 그 함수의 최댓값을 찾을 수 있는 논리적 사고 능력이 있는지를 평가 하고자 하였다. 단편적인 수학의 공식의 활용 능력보다는 종합적인 이해 능력과 수학적 문제 해석 능력 등, 주어진 상황의 문제를 체계적이고 합리적으로 해결할 수 있는 능력을 가지고 있는지를 평가하고자 하였다.

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 힘, 돌림힘, 평형 상태, 역학적 에너지 보존 법칙, 포물선 운동 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.

논제 III <화학>

논제 III 과학-화학 논제에서는 고등학교 화학 I의 교육 과정에서 다루는 ‘화학의 언어(화학 반응식, 화학식량과 몰)’, ‘개성 있는 원소(원소의 주기적 성질, 원자를 구성하는 입자의 성질)’, ‘아름다운 분자 세계(화학 결합과 결합의 극성)’의 기본 개념과 화학 II의 교육 과정에서 다루는 ‘다양한 모습의 물질 (뭍은 용액의 총괄성)’ 등의 개념을 학생들이 정확하게 이해하고 종합할 수 있는가를 파악하고자 하였다. 아보가드로 법칙의 이해를 바탕으로, 미지의 기체들이 반응에 참여할 때의 부피 비율을 이용하여 전체 화학 반응식을 완성하고 반응물과 생성물의 기체 밀도를 바탕으로 그 기체가 무엇인지 찾아내는 능력을 파악하고자 하였다. 또한 분자를 구성하는 원자들의 전기 음성도를 고려하여 각 원자가 갖는 부분 전하를 표현할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다. 그리고 뭍은 용액의 총괄성, 특히 라울 법칙의 이해를 바탕으로 미지의 수용액에서 몰의 증기압이 감소하는 정도를 이용하여 비휘발성 비전해질 용질의 분자량을 구하는 능력을 파악하고자 하였다. 또한, 분자량에 대한 기계적 계산에서 한 발 벗어나, 동위 원소 개념을 실제 분자에 적용하여 화학의 정량적 기초를 이루는 원자량, 분자량, 주기율표에 대한 보다 깊이 있는 학생들의 이해력을 파악하고자 하였다. 각 제시문은 고등학교 교과서를 기본으로 하여 제시하였고 교육 과정을 충실히 따르고 제시문을 정확하게 이해할 수 있는 학생들을 대상으로 출제하였다. 특히 각 영역에 대한 단편적인 지식의 습득 유무보다는 의학 계열 지원 학생의 각 영역에 대한 기본적인 개념의 이해를 바탕으로 한 통합적인 사고 및 활용 능력을 파악하고자 하였다.

문제 II <생명과학>

문제 II 과학-생명 과학에서는 고등학교 교과 과정 생명 과학 I과 II에서 다루고 있는 생물의 특성에 대한 개념을 단편적인 지식의 유무를 평가하기 보다는 통합적으로 이해하고 있는지, 또 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 문제 II-1에서는 생명과학 I의 '생명 과학의 생성과 발전' 영역에서 생명 과학의 탐구 방법을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 문제 II-2는 생명과학 II의 '유전자와 생명 공학' 영역에서 다루는 유전자와 발현 그리고 생명 공학 기술의 기본 개념을 이해하고 있는지 평가 하고자 하였다. 문제 II-3은 생명과학 I의 '세포와 생명의 연속성' 영역에서 다루는 염색체와 세포 분열, 유전 현상을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 문제 II-4는 생명과학 I의 '생태계의 구성과 기능' 영역에서 다루는 개체군의 특성을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

5. 2019학년도 수시모집 논술고사문항 해설

논제 I <수학>

논제 I-1에서는 미적분 I의 ‘도함수의 활용’ 단원에서 학습하는 함수의 극대 개념을 이용하여 함수의 최댓값을 찾는 문제를 출제하였다. 논제 I-2에서는 미적분 II의 ‘적분의 활용’ 단원에서 학습하는 입체도형의 부피를 찾고, 다항 함수의 적분, 치환적분의 활용 등, 다양한 함수의 적분법을 이해하고 있는지를 평가하고자 하였다. 논제 I-3과 논제 I-4에서는 주어진 상황을 하나의 변수에 관한 함수로 표현하고 그 함수의 최댓값을 찾을 수 있는 논리적 사고 능력이 있는지를 파악하고자 하였다. 또한, 논제 I-4에서는 삼차 함수가 열린 구간에서 최댓값을 가질 수 있는 조건에 대한 논리적 추론 능력이 있는지를 파악하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
수학 I	이강섭 외 14인	미래엔	2017	80	제시문[가]	X
미적분 I	황선욱 외 10인	(주)좋은책신사고	2017	77	제시문[나]	X
미적분 I	김창동 외 14인	교학사	2017	121	제시문[다]	X
미적분 I	김창동 외 14인	교학사	2017	122	제시문[라]	X
미적분 II	류희찬 외 17인	천재교과서	2017	186	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 힘, 돌림힘, 평형 상태, 역학적 에너지 보존 법칙, 포물선 운동 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 돌림힘의 크기와 방향을 설명 하며, 제시문 [나]는 물체가 역학적 평형 상태에 있으려면 알짜힘과 돌림힘의 합이 모두 0 이어야 함을 설명하고 있다. 제시문 [다]는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합인 역학적 에너지 보존 법칙을 설명하며, 제시문 [라]는 지표면에 대해 비스듬히 던져진 물체의 포물 선 운동을 설명한다.

제시문 [가]~[라]는 두 종류의 물리 교과서에 모두 다루고 있는 내용이며, 그 출처는 아래와 같다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 물리 I	김영민 외 7인	교학사	2013	310,311	제시문[가]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	269	제시문[가]	○
고등학교 물리 I	김영민 외 7인	교학사	2013	315, 316	제시문[나]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	274	제시문[나]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	43, 44	제시문[다]	○
고등학교 물리 I	김영민 외 7인	교학사	2013	56, 57	제시문[다]	○
고등학교 물리 II	곽성일 외 7인	천재교육	2013	31, 32	제시문[라]	○
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2013	31, 32	제시문[라]	○

논제 II <화학>

논제 II 과학-화학 논제에서는 미지의 기체들의 반응에서 반응물과 생성물의 부피 비와 각각의 분자량의 관계를 파악하고, 생성물의 밀도를 이용하여 반응물들이 무엇인지 추론하는 능력을 파악하고자 하였다. 또한 분자를 구성하는 원소들의 전기음성도 차이를 이용하여 분자의 중심 원자의 부분전하에 대해 설명할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다. 그리고 묽은 용액의 총괄성, 특히 비휘발성 비전해질 용질이 녹아있는 용액에서 용매의 증기압이 떨어지는 현상(라울 법칙)을 이용하여, 녹아있는 용질의 분자량을 계산하는 방법을 이해하고 있는지 파악하고자 하였다. 또한, 동위 원소와 그 존재 비율에 대한 이해를 바탕으로, 원자량에 대한 정확한 개념을 이해하고 있는지 파악하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 화학I	류해일 외	비상교육	2011	36-39	제시문 [가]	○
	김희준 외	상상아카데미	2011	33-35		
	박종석 외	교학사	2011	24-25		
고등학교 화학I	박종석 외	교학사	2011	92	제시문 [나]	○
	류해일 외	비상교육	2011	102-103		
	노태희 외	천재교육	2011	100-101		
고등학교 화학I	박종석 외	교학사	2011	102, 167	제시문 [다]	○
	류해일 외	비상교육	2011	113, 146-148		
	김희준 외	상상아카데미	2011	103-104, 147		
고등학교 화학II	박종석 외	교학사	2011	60-61	제시문 [라]	○
	류해일 외	비상교육	2011	59-60		
	노태희 외	천재교육	2011	62-63		
고등학교 화학I	류해일 외	비상교육	2011	68	제시문 [마]	○
	박종석 외	(주)교학사	2011	65		
	노태희 외	천재교육	2011	66		

문제 II <생명과학>

문제 II-1은 식물 추출물에 의하여 미생물을 죽일 수 있는지 확인 하는 실험을 통해 생명과학의 탐구 과정을 이해하고 있는지 평가 하고자 하였다. 문제 II-2는 유용 단백질을 생산하는 방법을 통해 생명 공학 기술의 기본 개념을 이해하고 있는지를 평가 하고자 하였다. 문제 II-3은 가계도와 DNA량을 바탕으로 세포 분열 과정과 유전의 기본 개념을 이해하고 있는지 평가 하고자 하였다. 문제 II-4는 시간에 따른 생물의 개체수 변화를 통해 개체군 특성을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성 여부
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	47-50	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	16-18	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	22-23	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	26-29	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	28-32	제시문[가]	○
고등학교 생명과학II	박희송외	교학사	2013	163-165, 178	제시문[나]	○
고등학교 생명과학II	심규철외	비상교육	2015	177-180	제시문[나]	○
고등학교 생명과학II	이길재외	상상아카데미	2013	141-143, 157	제시문[나]	○
고등학교 생명과학II	권혁빈외	교학사	2013	166-170	제시문[나]	○
고등학교 생명과학II	이준규외	천재	2013	141-145, 153	제시문[나]	○
고등학교 생명과학II	박희송외	교학사	2013	153-154	제시문[다]	○
고등학교 생명과학II	심규철외	비상교육	2015	161	제시문[다]	○
고등학교 생명과학II	이길재외	상상아카데미	2013	121	제시문[다]	○
고등학교 생명과학II	권혁빈외	교학사	2013	155-156	제시문[다]	○
고등학교 생명과학II	이준규외	천재	2013	125-126	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	59-64	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	49-52	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	52-54	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	42-46	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	45-46	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	47-61	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	56-68	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	48-59	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	56-65	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	66-71	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	116-117	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	98-100	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	94-95	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	81-92	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	87-89	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	201	제시문[사]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	220-222	제시문[사]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	200-202	제시문[사]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	192-196	제시문[사]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	192-195	제시문[사]	○