

2019학년도 수시모집 논술고사 <자연계 <토요일>>

1. 2019학년도 수시모집 논술고사 문항 및 제시문

논제 I <수학>

I. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (60점)

[가] 두 초점 $F(c, 0)$, $F'(-c, 0)$ 으로부터의 거리의 합이 $2a(a > c > 0)$ 인 타원의 방정식은 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 이다. (단, $b^2 = a^2 - c^2$)

[나] 두 변수 x, y 의 함수 관계가 변수 t 를 매개로 하여

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

와 같이 나타날 때 변수 t 를 매개변수라 하고, 위 함수를 매개변수로 나타낸 함수라고 한다.

[다] 점 (x_1, y_1) 과 직선 $ax + by + c = 0$ 사이의 거리 d 는 $d = \frac{|ax_1 + by_1 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ 이다.

[라] 삼각함수에 대하여, 다음 등식이 성립한다.

$$\begin{aligned} \sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta, & \sin(\alpha - \beta) &= \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta, \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta, & \cos(\alpha - \beta) &= \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta, \\ \tan(\alpha + \beta) &= \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}, & \tan(\alpha - \beta) &= \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta}. \end{aligned}$$

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

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

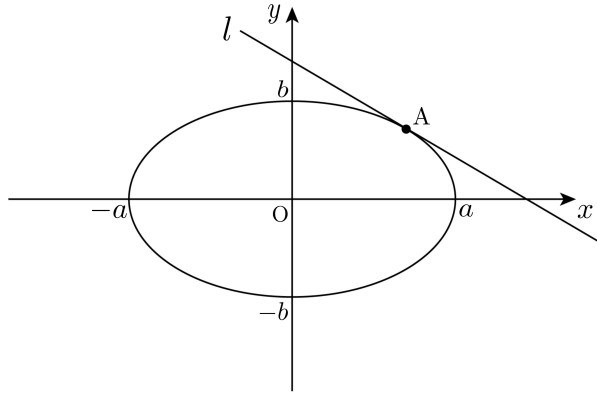
[바] 함수 $f(x)$ 가 어떤 구간에서 미분가능할 때, 그 구간의 모든 x 에 대하여

- (1) $f'(x) > 0$ 이면 $f(x)$ 는 그 구간에서 증가한다.
- (2) $f'(x) < 0$ 이면 $f(x)$ 는 그 구간에서 감소한다.

[문제 I] 제시문 [가]~[바]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

타원 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > b > 0)$ 위의 점 A에서의 접선 l 에 대하여 다음 질문에 답하시오.

(단, O는 원점)



[문제 I-1] $a=2, b=1$ 이라 하자. 중심이 원점이고 접선 l 에 접하는 원의 넓이가 2π 일 때 제1사분면에 있는 점 A의 좌표를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (10점)

[문제 I-2] $0 \leq x \leq \frac{\sqrt{2}}{2}a$ 일 때, 타원 위의 점 $A(x, y)$ 와 점 A에서 x 축에 내린 수선의 발 $A'(x, 0)$, 점 $B(-a, 0)$ 으로 만들어지는 삼각형 $AA'B$ 의 넓이를 $S(x)$ 라 하자. 닫힌 구간 $\left[0, \frac{\sqrt{2}}{2}a\right]$ 의 임의의 x 에서 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면의 넓이가 $S(x)$ 인 입체도형의 부피를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (15점)

[문제 I-3]

$0 < t < \frac{\pi}{2}$ 일 때, 타원 위의 점 $A(a \cos t, b \sin t)$ 에서의 접선 l 이 x 축과 만나는 점을 C, y 축과 만나는 점을 D라 하자. 이때, 선분 CD의 길이가 최소가 되는 t 에 대하여 $\sin t$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (15점)

[문제 I-4] $0 < t < \frac{\pi}{2}$ 일 때, 타원 위의 점 $A(a \cos t, b \sin t)$ 를 지나고 접선 l 과 수직인 직선을 l' 이라 하자. 직선 l' 과 선분 OA가 이루는 각 중 예각을 θ 라 할 때, 다음 질문에 답하시오.

(1) $\tan \theta$ 를 t 에 관한 함수로 나타낼 수 있고 이 함수를 $f(t)$ 라 하자. $\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(t) dt$ 를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (12점)

(2) $x = a \cos t$ 라 두면, $\tan \theta$ 를 x 에 관한 함수로 나타낼 수 있고 이 함수를 $g(x)$ 라 하자.

$\int_0^a g(x) dx$ 를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (8점)

문제 II <물리>

II. 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (40점)

[가] 관성력이란 가속하는 좌표계에서 볼 때 실제로는 작용하지 않지만 작용하는 것처럼 보이는 힘을 말한다. 관성력의 크기는 좌표계의 가속도와 물체의 질량을 곱한 값이고, 방향은 좌표계의 가속도 방향과 반대 방향이다.

[나] 빛은 공기와 같이 소한 매질에서는 속력이 빠르지만 물과 같이 밀한 매질에서는 속력이 느려진다. 빛이 소한 매질에서 밀한 매질로 진행할 때에는 빛의 속력이 느려지면서 굴절각이 입사각보다 작아진다. 빛이 θ_1 의 입사각으로 굴절률이 n_1 인 매질에서 굴절률이 n_2 인 매질로 진행할 때, 굴절률이 n_2 인 매질에서의 굴절각 θ_2 는 다음과 같은 식을 만족한다.

$$\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin\theta_1$$

[다] 직선 상에서 속력이 일정하게 증가하거나 감소하여 가속도가 일정한 운동을 등가속도 직선 운동이라고 한다. 물체의 처음 속도가 v_0 이고, 가속도의 크기가 a 로 일정하다면, 시간 t 동안 운동한 후 속도 v 와 물체의 변위 s 는 다음과 같다.

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

[라] 농구 골대를 향해 공을 던지는 선수는 공을 비스듬하게 던져 올려, 떨어지는 공이 골대에 들어가게 된다. 골대를 향해 직선으로 던진다면 농구공은 중력의 영향으로 날아가는 동안 아래로 떨어져 골대를 벗어나게 된다. 이와 같이 일정한 힘이 작용한 공간에서 힘의 방향과 비스듬하게 던져진 물체가 포물선의 궤적을 그리는 운동을 포물선 운동이라고 한다. 포물선 운동에는 높은 곳에서 수평으로 던진 물체의 운동과 비스듬히 위로 던진 물체의 운동이 있다.

[마] 지표에서 수평면과 θ 의 각도로 처음 속력 v_0 으로 던진 물체는 포물선 운동을 한다. 공기의 저항을 무시하면 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 등가속도 운동을 한다. 시간 t 일 때 수평 방향의 변위 x 와 연직 방향의 변위 y 는 다음과 같다.

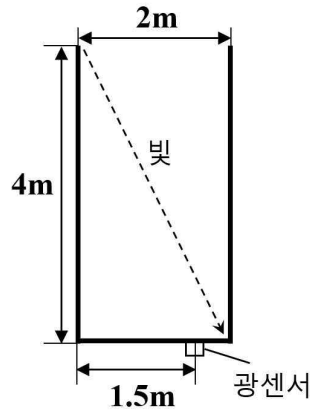
$$x = v_0 t \cos\theta, \quad y = v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$$

[문제 II-1] 제시문 [가]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

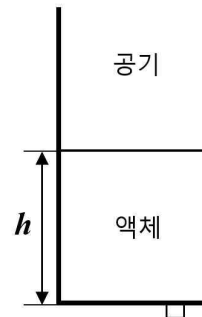
정지한 엘리베이터 안에서 바닥면과 수평 방향으로 공을 던졌다. 공은 포물선 운동을 하여 엘리베이터 바닥의 한 지점에 떨어졌다. 엘리베이터가 등가속도 운동을 할 때, 같은 방법으로 공을 던지는 경우를 생각해 보자. 엘리베이터의 가속도 크기는 중력 가속도 g 와 같고, 가속도 방향은 중력과 같은 방향 또는 반대 방향이라고 하자. 이와 같이 엘리베이터가 등가속도 운동하는 두 가지 경우와 엘리베이터가 정지하고 있는 경우, 총 세 가지 경우에 대해 엘리베이터 안의 관찰자가 본 공의 운동 궤적을 그리고, 그 근거를 논술하시오. (단, 엘리베이터에 대한 관찰자의 속도는 0이다.) (10점)

[문제 II-2] 제시문 [나]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

[그림 1]과 같이 높이 4m, 너비 2m인 공기가 채워진 통의 왼쪽 위 모서리에서 오른쪽 아래 모서리로 레이저 빛이 직진하고 있다. 통의 바닥에는 왼쪽 끝에서 1.5m 떨어진 곳에 광센서가 부착되어 있다. [그림 2]는 [그림 1]에서 굴절률이 $\sqrt{2}$ 인 액체로 깊이 h 만큼 통 안을 채웠을 때 모습이다. h 가 h_0 일 때 빛이 광센서에 닿았다면, h_0 을 구하고, 그 과정을 논술하시오. (단, 통의 바닥에서 일어나는 빛의 반사는 없다고 가정하고, 광센서의 크기는 무시한다. 공기의 굴절률은 1이다.) (10점)



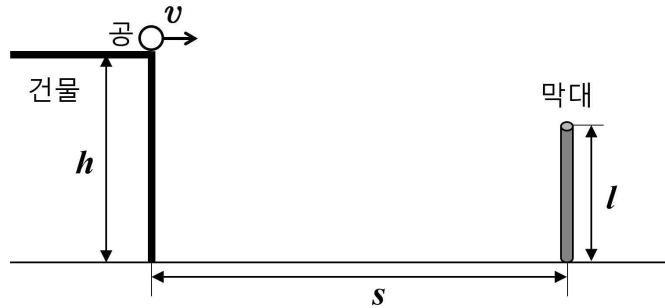
[그림 1]



[그림 2]

[문제 II-3] 제시문 [다], [라], [마]를 읽고 다음 질문에 답하시오.

[그림 3]과 같이 높이 h 의 건물 위에서 수평 방향으로 처음 속도 v 로 공을 던졌다. 공은 지면과 충돌을 한 번 하고 난 뒤, 수평면에 수직하게 놓인 길이 l 인 막대의 끝을 스치듯이 넘어갔다. 공을 던진 위치와 막대 사이의 수평 거리는 s 이다. (단, $0 < l < h$ 이고, 공의 크기와 막대의 두께는 무시한다. 공이 지면과 충돌하기 직전과 직후, 속도의 수평 성분은 변하지 않고, 속도의 수직 성분은 크기는 같고 방향은 반대이다.)



[그림 3]

(1) 건물의 높이 h , 막대의 길이 l , 수평 거리 s 가 고정되어 있을 때, 문제의 조건을 만족하는 v 의 크기는 두 값이 존재하는데, 이를 각각 $v_{\text{대}}$, $v_{\text{소}}$ 라고 하자. (단, $v_{\text{대}} > v_{\text{소}}$ 이다.) 공을 던진 후 공이 막대를 스칠 때까지의 공의 운동 궤적을 v 의 크기가 $v_{\text{대}}$, $v_{\text{소}}$ 인 경우에 대해 각각 그리시오. (5점)

(2) 건물의 높이 h , 수평 거리 s 가 고정되어 있을 때, $v_{\text{대}}$, $v_{\text{소}}$ 의 값은 막대의 길이 l 에 따라 달라진다. 공의 운동 궤적을 이용하여 $0 < l < h$ 인 l 에 대해 $v_{\text{대}} < 3v_{\text{소}}$ 가 만족됨을 논술하시오. (5점)

(3) $h = 20 \text{ m}$, $l = 15 \text{ m}$, $s = 30 \text{ m}$ 일 때, $v_{\text{대}}$, $v_{\text{소}}$ 를 구하고, 그 과정을 논술하시오. (단, 중력 가속도 g 는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.) (10점)

문제 II <화학>

II. 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (40점)

[가] 특정 금속 원소를 포함한 화합물을 가열하면 고유한 불꽃색이 나타나듯이, 헬륨, 네온, 아르곤의 기체가 담긴 유리관에 고전압을 걸어 주면 헬륨 방전관에서는 황백색, 네온 방전관에서는 붉은색, 아르곤 방전관에서는 푸른색의 빛이 방출된다. 이러한 성질은 광고용 네온사인에 이용되기도 한다.

[나] 금속의 불꽃 반응이나 기체 방전관에서 방출되는 빛은 원자가 가열되어 높은 에너지 상태로 되었다가 다시 낮은 에너지 상태로 되면서 그 에너지의 차이가 빛의 형태로 방출되는 것이다. 이러한 빛을 스펙트럼으로 분리하면 몇 개의 색으로 분리되어 선 스펙트럼의 형태를 보인다. 스펙트럼으로 나타나는 빛의 색은 파장으로 결정되고

파장은 빛의 에너지와 관련이 있는데, 빛의 에너지는 진동수가 클수록, 또는 파장이 짧을수록 더 높으며, 이는 아래와 같은 식으로 나타낸다.

$$\Delta E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

(h : 플랑크 상수, ν : 진동수, c : 빛의 속도, λ : 파장)

이 경우, 수소 방전관에서 고유한 파장의 빛만 방출한다는 것은, 수소 원자의 방출 스펙트럼은 선 스펙트럼으로 들뜬상태의 수소 원자가 특정 에너지의 빛만 방출하며 이는 곧 수소 원자가 가질 수 있는 에너지가 불연속적임을 의미한다.

[다] 1913년 보어(Bohr)는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해, 전자가 원자핵 주위에 무질서하게 존재하는 것이 아니라, 특정한 에너지 준위를 가진 궤도에만 있을 수 있다는 새로운 모형을 다음과 같은 가설과 함께 제안하였다.

i) 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 가진 원형 궤도(전자 껍질)를 따라 빠르게 원운동하고 있다.

ii) 전자 껍질은 핵에서 가장 가까운 것부터 K ($n = 1$), L ($n = 2$), M ($n = 3$), N ($n = 4$) 껍질이라 부르며, n 은 주양자수이다. 그리고 각 전자 껍질의 에너지 준위는 다음과 같다.

$$E_n = -\frac{k}{n^2} \text{ kJ/mol } (n = 1, 2, 3, 4, \dots)$$

iii) 전자가 같은 궤도를 돌고 있을 때는 에너지를 흡수하거나 방출하지 않으나, 에너지 준위가 다른 궤도를 이동할 때는 두 궤도의 에너지 준위 차이만큼 에너지를 흡수하거나 방출한다. 예를 들어, 수소 원자에서 전자가 K 껍질 이외의 껍질에서 K 껍질로 전이할 때 라이먼 계열에 해당하는 자외선 영역의 선 스펙트럼을 관찰할 수 있다.

[라] 동위 원소란 양성자 수는 같으나 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원소이다. 자연계에 존재하는 염소 동위 원소는 질량수가 35인 ^{35}Cl 와 37인 ^{37}Cl 가 있고, 브로민 동위 원소는 질량수가 79인 ^{79}Br 과 81인 ^{81}Br 이 있다.

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

계산에 필요한 경우, 아래의 상수 값을 사용하시오.

$N_A = 6 \times 10^{23}$, $h = 6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (N_A 는 아보가드로수이며, 이 상수 값들은 계산 편의를 위해 숫자를 단순화하였다.)

(1) 경희는 수소 원자의 방출 스펙트럼을 자신이 고안한 측정법을 통해 분석하여 제시문 [다]의 k 값으로 1350을 얻었다. 이 경우 바닥상태의 수소 원자를 이온화하는데 필요한 빛의 최소 진동수와 최대 파장을 구하시오. (7점)

(2) 전자 껍질 M에서 L로 전자가 이동하면서 방출되는 빛과, 전자 껍질 L에서 K로 전자가 이동하면서 방출되는 빛 중에서 에너지가 큰 것과 파장이 긴 것을 제시문 [다]에 주어진 식을 이용하여 예측하시오. (6점)

(3) 수소 원자의 방출 스펙트럼을 정밀한 실험을 통해 분석할 경우, 라이먼 계열의 가장 긴 파장의 빛 에너지는 984 kJ/mol 의 값을 가지는 것으로 알려져 있다. 위 (1)에서 언급된 경희의 스펙트럼 실험에서 측정된 빛의 파장은 정밀한 실험에서 측정된 빛의 파장보다 더 길게 측정된 것인지 아니면 더 짧게 측정된 것인지를 제시문 [다]의 식을 이용하여 논술하시오. (7점)

[문제 II-2] 제시문 [라]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

(1) 염소(Cl)와 브로민(Br)의 평균 원자량은 각각 35.5와 80.0이다. 염소와 브로민의 동위 원소 존재 비율(%)을 각각 구하시오. (6점)

(2) 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.) (7점)

(3) 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.) (7점)

문제 II <생명과학>

II. 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (40점)

[가] 생물은 신경계와 내분비계를 통해 생명체를 구성하는 여러 기관들 사이에 신호를 전달하고 각 기관의 기능을 조절한다. 신경계의 구조적, 기능적 기본 단위는 뉴런이며, 뉴런은 축삭돌기 부위의 구조적 차이에 따라 말미집 신경과 민말미집 신경으로 구분된다.

[나] 뉴런의 특정 부위에 탈분극이 일어나 활동 전위가 발생하면 흥분이 인접한 부위를 자극하고 인접한 부위에 탈분극이 일어나 활동 전위가 발생한다. 이를 통해 흥분은 축삭돌기를 따라 말단 부위까지 전도된다. 전도된 흥분은 축삭돌기 말단에 존재하는 시냅스 소포가 가진 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 분비시키며, 분비된 신경 전달 물질이 시냅스 이후 뉴런의 세포막에 있는 수용체와 결합하여 흥분이 전달된다.

[다] 상동 염색체의 같은 위치에 있는 대립 유전자의 구성을 기호로 나타낸 것을 유전자형이라 하고, 대립 유전자의 구성에 의하여 겉으로 드러난 형질을 표현형이라 한다.

[라] 멘델의 유전 연구에서 사용된 완두는 씨 모양이나 씨 색깔이 두 가지 대립 형질로 뚜렷하게 구분되는데, 이러한 형질의 유전은 하나의 형질에 한 쌍의 대립 유전자가 관여하므로 단일 인자 유전이라 한다. 사람의 경우 혀 말기, 귓불 형태 등이 이에 해당한다. 이와는 달리 사람의 피부색, 키, 체중 등은 몇 가지 뚜렷한 대립 형질로 구분되지 않는데, 이는 하나의 형질에 많은 유전자가 관여하기 때문이며 이러한 형질의 유전을 다인자 유전이라 한다. 다인자 유전 형질은 멘델의 유전 법칙과 달리 대립 형질이 뚜렷하게 구분되지 않고, 표현형이 정규 분포 형태의 연속적인 변이로 나타난다.

[마] 일정한 공간을 차지하고 생활하는 같은 종의 무리를 개체군이라 한다. 개체가 생식 활동에 아무런 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. 개체군의 성장을 억제하는 요인으로 먹이 부족, 생활 공간 부족, 노폐물 증가 등이 있으며 이를 환경 저항이라 한다.

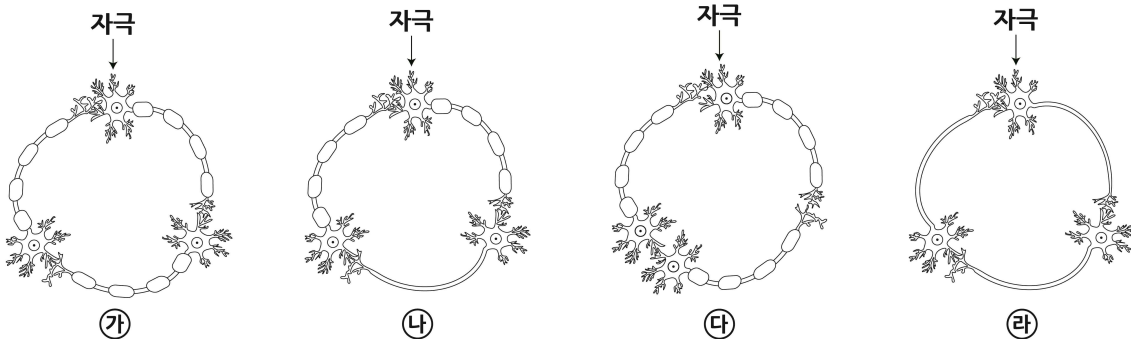
[바] 한 지역에서 서로 관계를 맺고 생활하고 있는 개체군의 집단을 군집이라 한다. 생물 간 상호 작용은 개체군 내의 개체 사이에서 뿐만 아니라 군집 내의 개체군 사이에서도 일어난다. 군집 내 상호 작용에는 같은 장소에 서식하며 생활 방식이 비슷할 경우에 일어나는 경쟁, 경쟁 관계의 생물들이 경쟁을 피하여 공존하는 분서, 두 종의 개체군이 서로 긴밀한 관계를 가지면서 생활하는 공생, 먹이 그물로 연결되어 먹고 먹히는 포식과 피식 등이 있다.

[문제 II-1] 제시문 [가]와 [나]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

(1) 그림은 말미집 신경과 민말미집 신경을 나타낸 것이다. →로 표시된 지점에 역치 이상의 자극을 1회 주었을 때 지점 ㉠, ㉡, ㉢에서의 활동 전위 발생 여부에 대하여 논술하시오. (6점)



(2) 그림 ㉤~㉨는 동일한 말미집 신경과 동일한 민말미집 신경을 조합하여 만든 인공 구조체를 나타낸 것이다. ↓로 표시된 지점에 역치 이상의 자극을 1회 주었을 때 흥분이 자극 지점에서 출발하여 자극 지점으로 돌아오는 속도가 가장 빠른 것부터 순서대로 나열하고 그 이유를 논술하시오. (단, 그림 ㉤~㉨에 있는 모든 신경은 말미집 유무 외의 모든 조건이 동일하다.) (6점)



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

다음은 어떤 동물의 피부색 유전에 대한 자료이다.

어떤 동물의 피부색은 3쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다. E와 e, F와 f, G와 g는 각각 대립 유전자 관계이다. 대립 유전자 E, F, G는 피부색을 짙게 하고, 대립 유전자 e, f, g는 피부색을 옅게 한다. 피부색은 대립 유전자 E, F, G의 개수에 의해서만 결정되며, 이 대립 유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다. 따라서 피부색은 유전자형이 EEFFGG인 경우 가장 짙은색, 유전자형이 eeffgg인 경우 가장 옅은색, 유전자형이 EeFfGg인 경우 중간색으로 나타난다.

자손 1세대(F₁)의 유전자형은 모두 EeFfGg이고, 이들 부모 중 하나는 유전자형이 EEFFGG이다. 피부색을 나타내는 3가지 유전자가 모두 같은 상염색체에 있을 경우와 모두 다른 상염색체에 있을 경우, 자손 1세대(F₁)의 암컷과 수컷이 교배하였을 때 자손 2세대(F₂)의 피부색이 중간색일 확률을 각각 논술하시오. (단, 돌연변이와 교차는

고려하지 않는다.) (16점)

[문제 II-3] 제시문 [마]와 [바]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

표는 서로 다른 지역 ㉠, ㉡에 서식하는 생물 종 ㉢~㉤의 개체수 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. 조사 기간 동안 각 종의 이입과 이출은 없었다.

지역	종	시간 (상댓값)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
㉠	㉢	5	20	51	59	65	67	70	73	73	73
	㉣	4	18	45	55	50	45	25	15	5	1
㉡	㉤	350	920	1110	300	1470	1200	310	690	930	710
	㉥	2	4	33	49	15	25	50	12	21	42

(1) 시간 3과 시간 9에서 종 ㉢에 작용하는 환경 저항의 크기를 비교하여 논술하시오. (4점)

(2) 지역 ㉠, ㉡에서 개체군 사이의 상호 작용에 관하여 논술하시오. (단, 두 종간 상호 작용만 고려한다.) (8점)

문제 I <수학>

[문제 I-1]

점 A의 좌표를 (x_1, y_1) 이라 하면, $\frac{x_1^2}{4} + y_1^2 = 1$ 이고, 접선 l 의 방정식은 $x_1x + 4y_1y - 4 = 0$ 이다.

원점과 접선 l 사이의 거리는 $d = \frac{4}{\sqrt{x_1^2 + 16y_1^2}}$ 이고, 이것이 원의 반지름이므로 원의 넓이는

$\pi d^2 = \frac{16\pi}{x_1^2 + 16y_1^2}$ 이다. 이 원의 넓이가 2π 이므로 $x_1^2 + 16y_1^2 = 8$ 이다. 연립방정식 $\begin{cases} x_1^2 + 16y_1^2 = 8 \\ x_1^2 + 4y_1^2 = 4 \end{cases}$

을 풀면 $x_1 > 0, y_1 > 0$ 이므로 $x_1 = \frac{2\sqrt{6}}{3}, y_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}$ 이다. 따라서 A의 좌표는 $(\frac{2\sqrt{6}}{3}, \frac{\sqrt{3}}{3})$ 이다.

[문제 I-2]

넓이는 $S(x) = \frac{1}{2} \overline{BA'} \times \overline{AA'} = \frac{1}{2}(x+a)y = \frac{b}{2a}(x+a)\sqrt{a^2-x^2}$ 이므로, 입체의 부피는

$$V = \int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} S(x) dx = \frac{b}{2a} \int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} x \sqrt{a^2-x^2} dx + \frac{b}{2} \int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} \sqrt{a^2-x^2} dx = I + II \text{이다.}$$

$$I = \frac{b}{2a} \int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} x \sqrt{a^2-x^2} dx \text{ 는 } t = a^2-x^2 \text{이라 치환하면 } I = \frac{b}{4a} \int_{\frac{a^2}{2}}^{a^2} \sqrt{t} dt = \frac{(4-\sqrt{2})a^2b}{24} \text{이고,}$$

$$II = \frac{b}{2} \int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} \sqrt{a^2-x^2} dx \text{를 반지름 } a, \text{ 중심각 } \frac{\pi}{4} \text{인 부채꼴과 두 변의 길이가 } \frac{\sqrt{2}a}{2} \text{인 직각}$$

이등변 삼각형으로 나누어 계산하면 $\int_0^{\frac{\sqrt{2}a}{2}} \sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{\pi a^2}{8} + \frac{a^2}{4}$ 이고, $II = (\frac{\pi}{8} + \frac{1}{4}) \frac{a^2b}{2}$ 이다.

따라서 입체도형의 부피는 $V = (\frac{\pi}{16} + \frac{7}{24} - \frac{\sqrt{2}}{24}) a^2b$ 이다.

문제 [I-3]

접선 l 의 방정식은 $\frac{x \cos t}{a} + \frac{y \sin t}{b} = 1$ 이므로 점 C와 D의 좌표는 각각 $(\frac{a}{\cos t}, 0), (0, \frac{b}{\sin t})$ 이

고 $\overline{CD} = \sqrt{\frac{a^2}{\cos^2 t} + \frac{b^2}{\sin^2 t}}$ 이다. 함수 $y = \sqrt{x}$ 가 증가함수이므로, \overline{CD}^2 가 최소일 때, \overline{CD} 가 최소

이다. $u = \sin^2 t$ 로 치환하면 $0 < u < 1$ 이고, $f(u) = \overline{CD}^2 = \frac{a^2}{1-u} + \frac{b^2}{u}$ 이다.

$$f'(u) = \frac{a^2}{(1-u)^2} - \frac{b^2}{u^2} = \left(\frac{a}{1-u} - \frac{b}{u}\right) \left(\frac{a}{1-u} + \frac{b}{u}\right) = \frac{\{(a+b)u-b\}\{(a-b)u+b\}}{(1-u)^2 u^2} \text{이므로,}$$

$f'(\frac{b}{a+b}) = 0$ 이고 $u = \frac{b}{a+b}$ 의 좌우에서 $f'(u)$ 의 부호가 음에서 양으로 변한다. 따라서 $f(u)$ 는

$u = \frac{b}{a+b}$ 에서 극솟값을 갖고, 열린 구간 $(0, 1)$ 에서 감소하다가 증가하므로, $f(u)$ 는 $u = \frac{b}{a+b}$ 에서 최솟값을 갖는다. 이 때 $\sin t = \sqrt{\frac{b}{a+b}}$ 이다.

[문제 I-4]

(1) 접선 l 의 기울기는 $-\frac{b}{a}\cot t$ 이므로 직선 l' 의 기울기는 $\frac{a}{b}\tan t$ 이다. 선분 OA와 x 축 사이의 예각을 θ_1 , 직선 l' 과 x 축 사이의 예각을 θ_2 라 하면 $\tan \theta_1 = \frac{b}{a}\tan t$ 이고 $\tan \theta_2 = \frac{a}{b}\tan t$ 이다.

$\theta = \theta_2 - \theta_1$ 이므로, $\tan \theta = \tan(\theta_2 - \theta_1) = \frac{\tan \theta_2 - \tan \theta_1}{1 + \tan \theta_2 \tan \theta_1} = \left(\frac{a}{b} - \frac{b}{a}\right) \frac{\tan t}{1 + \tan^2 t} = \frac{a^2 - b^2}{ab} \sin t \cos t$ 이다.

따라서 $f(t) = \frac{a^2 - b^2}{ab} \sin t \cos t$ 이다. 적분 $\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(t) dt = \frac{a^2 - b^2}{ab} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin t \cos t dt$ 에서 $u = \sin t$ 로

치환하면 $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin t \cos t dt = \int_0^1 u du = \frac{1}{2}$ 이므로, $\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(t) dt = \frac{a^2 - b^2}{2ab}$ 이다.

(2) $\cos t = \frac{x}{a}$, $\sin t = \frac{y}{b} = \frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{a}$ 이므로 $\tan \theta = g(x) = \frac{a^2 - b^2}{a^3 b} x \sqrt{a^2 - x^2}$ 이다.

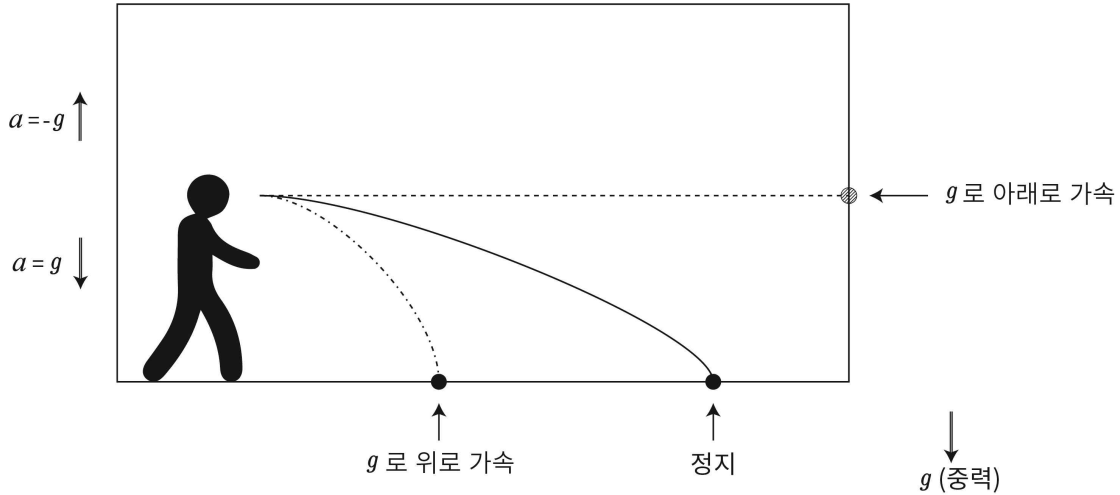
$\int_0^a g(x) dx = \frac{a^2 - b^2}{a^3 b} \int_0^a x \sqrt{a^2 - x^2} dx$ 에서 $u = a^2 - x^2$ 로 치환하면,

$\int_0^a g(x) dx = \frac{a^2 - b^2}{2a^3 b} \int_0^{a^2} \sqrt{u} du = \frac{a^2 - b^2}{3b}$ 이다.

문제 II <물리>

[문제 II-1]

그림과 같이 엘리베이터가 정지해 있을 때 바닥면과 수평으로 던진 공은 포물선 운동 궤적을 그리면서 바닥에 떨어진다.



엘리베이터의 가속도가 중력 가속도에 대해 크기는 같고 방향은 반대로 (위로) 가속되는 경우, 엘리베이터 안의 사람과 물체는 엘리베이터 가속 방향의 반대 방향으로 (아래로) 작용되는 관성력에 의해 g 만큼 가속도를 얻는다. 따라서 엘리베이터 안의 사람과 물체는 $2g$ 의 중력을 느끼며, 이로 인해 물체는 더 빨리 떨어져 엘리베이터가 정지했을 때 던진 경우보다 앞쪽으로 떨어진다.

엘리베이터가 중력 가속도와 같은 크기와 방향으로 (아래로) 가속되는 경우, 엘리베이터 안의 사람과 물체에 작용되는 관성력의 크기는 중력과 같고 방향은 중력과 반대이므로, 사람과 물체가 느끼는 알짜힘은 0(영)이 된다. 이는 무중력 상태와 같으며, 공은 떨어지지 않고 직선운동을 한다.

[문제 II-2]

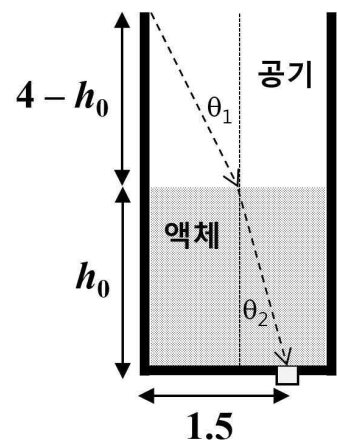
액체의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크므로 빛이 공기에서 액체로 진행할 때의 굴절각은 입사각보다 작게 된다. 액체의 깊이가 h_0 일 때 빛이 광센서에 닿는다면 빛은 아래 그림과 같은 경로를 따르게 되고, 다음의 관계식을 만족한다. (여기서 θ_1 는 입사각, θ_2 는 굴절각이다.)

$$(4 - h_0)\tan\theta_1 + h_0 \times \tan\theta_2 = 1.5$$

처음에 빛이 통의 왼쪽 위 모서리에서 오른쪽 아래 모서리로 진행한다고 하였으므로 $\tan\theta_1 = \frac{2}{4}$ 이고, 빛의 굴절 법칙에 의해

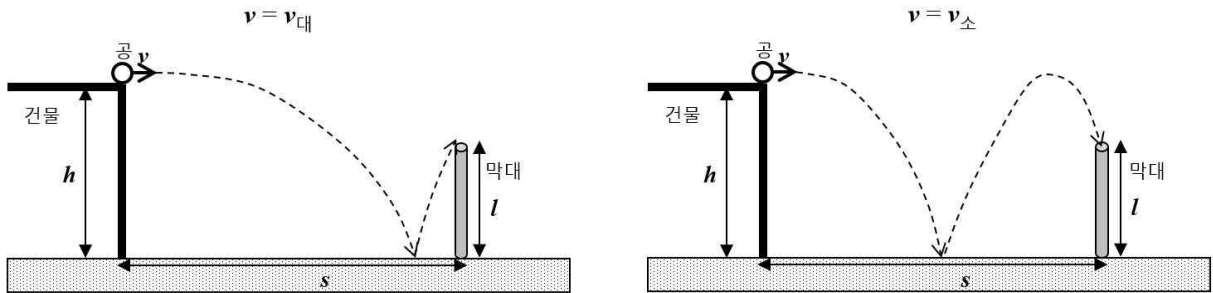
$$1 \times \sin\theta_1 = \sqrt{2} \times \sin\theta_2 \text{이다.}$$

위의 세 식을 종합하면 $\tan\theta_2 = \frac{1}{3}$ 가 되고, $h_0 = 3\text{m}$ 이다.

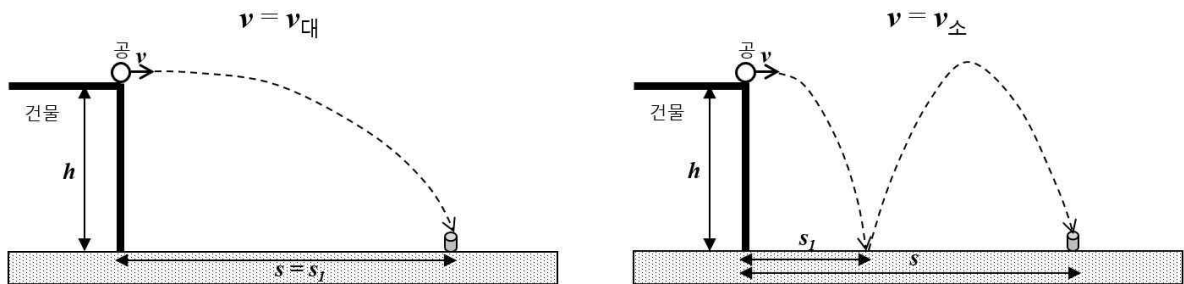


[문제 II-3]

(1) 건물의 높이, 막대의 길이, 수평 거리가 고정되어 있을 때, 공의 운동 궤적은 지면과 충돌 후 최고점을 지나기 전에 막대를 넘어가거나 최고점을 지난 후에 막대를 넘어가는 두 가지가 가능하다. 두 가지의 운동 궤적을 그림으로 나타내면 아래와 같다. 한편, 공이 지면과 충돌 전 이동하는 수평 거리는 공의 처음 속도의 크기에 비례하므로, $v_{\text{대}}$ 가 왼쪽의 운동 궤적, $v_{\text{소}}$ 가 오른쪽의 운동 궤적에 해당한다.



(2) 공의 운동 궤적을 그렸을 때, 막대의 길이가 짧아질수록 $v_{\text{대}}$ 와 $v_{\text{소}}$ 의 차이가 커진다는 것을 알 수 있다. 따라서 막대의 길이가 0에 가까워질 때 두 속력의 차이가 가장 커지게 된다. 막대의 길이가 0에 가까워지면, $v_{\text{대}}$ 와 $v_{\text{소}}$ 에 대해 공은 아래 그림과 같은 운동 궤적을 나타낸다. 공이 지면과 충돌할 때까지의 수평 이동 거리와 시간을 각각 s_1 , t_1 이라고 하면, $s_1 = v \times t_1$ 이고, 이때 t_1 은 처음 속도의 크기에 관계없이 일정하다. 막대의 길이가 0일 때, $v_{\text{대}}$ 의 수평 이동 거리는 $v_{\text{소}}$ 의 수평 이동 거리의 3배이므로, $0 < l < h$ 인 경우 $v_{\text{대}} < 3 \times v_{\text{소}}$ 의 관계가 성립한다.



(3) 공의 처음 속도의 크기는 v , 지면과 충돌 직후 속도의 수평 성분의 크기는 v_x , 속도의 수직 성분의 크기는 v_y 라고 하고, 공이 지면과 충돌할 때까지의 시간은 t_1 이라고 하자. 문제의 조건에서 공이 지면과 충돌하기 직전과 직후, 속도의 수평 성분은 변하지 않고, 속도의 수직 성분은 크기는 같고 방향은 반대라고 하였으므로 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$v_x = v, \quad v_y = g \times t_1$$

또한, 공이 지면과 충돌할 때까지 수평 이동 거리를 s_1 , 충돌 후 막대를 스칠 때까지 수평

이동 거리를 s_2 , 그동안의 시간을 t_2 라고 하면, 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$s_1 + s_2 = 30, \quad s_1 = v \times t_1, \quad s_2 = v \times t_2$$
$$\frac{1}{2} \times g \times t_1^2 = 20, \quad v_y \times t_2 - \frac{1}{2} \times g \times t_2^2 = 15$$

위에 열거한 식을 종합하면, t_1 는 2초이고, t_2 는 1초 또는 3초이다. 따라서 t_2 가 1초일 때, $v_{\text{대}} = 10 \text{ m/s}$, t_2 가 3초일 때 $v_{\text{소}} = 6 \text{ m/s}$ 이다.

문제 II <화학>

[문제 II-1]

(1) (7점)

$E_n = -\frac{k}{n^2}$ 이므로, $\Delta E = -k \times (1/n_2^2 - 1/n_1^2) = k \times (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ 와 같이 표시할 수 있으며, (-) 부호는 에너지 방출을 의미한다.

바닥상태 수소 원자의 이온화에 필요한 최소 에너지는 $n_1 = 1$ 이고 $n_2 = \infty$ 에 해당하는 에너지이므로 $k \times (1/1^2 - 1/\infty^2)$ 다. 그런데, 경희가 얻은 k 값이 1350이므로, 최소한 $\Delta E_{1 \rightarrow \infty} = 1350 \times (1/1^2 - 1/\infty^2) = 1350$ (kJ/mol)의 에너지가 필요하다.

제시문에서 빛의 에너지는 진동수가 클수록, 또는 파장이 짧을수록 더 높다고 하였으므로, 위의 에너지에 해당하는 빛의 진동수가 최소 진동수와 최대 파장으로 예측된다.

아보가드로 수로 나누고 1000을 곱해줌으로써 1350 kJ/mol을 J로 환산하고, 빛의 에너지 식을 적용하면

$$1350 \times 10^3 / 6 \times 10^{23} \text{ (J)} = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \text{로부터}$$

$$\text{최소진동수 } \nu = 1350 \times 10^3 / \{(6 \times 10^{23}) \cdot (6 \times 10^{-34})\} \text{ (s}^{-1}\text{)} = 3.75 \times 10^{15} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

$$\text{최대파장 } \lambda = (6 \times 10^{-34}) \cdot (3 \times 10^8) \cdot (6 \times 10^{23}) / (1350 \times 10^3) \text{ (m)} = 8 \times 10^{-8} \text{ (m)}$$

(2) (6점)

에너지식을 사용하여 정성적으로 방출되는 빛의 에너지 크기를 비교한 후, 에너지와 파장의 관계를 이용하여 파장의 상대적인 크기를 제대로 설명하였을 경우 정답으로 인정.

$E_n = -\frac{k}{n^2}$ 이므로, $\Delta E_{1 \rightarrow 2} = -k \times (1/n_2^2 - 1/n_1^2) = k \times (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ 와 같이 표시할 수 있으며, (-) 부호는 에너지 방출을 의미한다.

전자가 M ($n_1 = 3$)에서 L ($n_2 = 2$)로 이동하면서 방출하는 에너지는 다음과 같다.

$$\Delta E_{M \rightarrow L} = k \times (1/3^2 - 1/2^2) = -5/36 k \text{ (또는 } 1350 \times (1/3^2 - 1/2^2)\text{), 또는 } 1312 \times (1/3^2 - 1/2^2)$$

그리고, 전자가 L ($n_1 = 2$)에서 K ($n_2 = 1$)로 이동하면서 방출하는 에너지는 다음과 같다.

$$\Delta E_{L \rightarrow K} = k \times (1/2^2 - 1/1^2) = -3/4 k \text{ (또는 } 1350 \times (1/2^2 - 1/1^2), \text{ 또는 } 1312 \times (1/2^2 - 1/1^2))$$

따라서, 방출하는 에너지의 크기는 전자가 L ($n_1 = 2$)에서 K ($n_2 = 1$)로 이동하면서 방출하는 에너지가 더 크다(또는 방출하는 에너지의 크기는 전자가 M ($n_1 = 3$)에서 L ($n_2 = 2$)로 이동하면서 방출하는 에너지가 더 작다.).

$$|\Delta E_{L \rightarrow K}| > |\Delta E_{M \rightarrow L}| \text{ (또는 } |-3/4 k| > |-5/36 k| \text{, 이와 동등한 내용)}$$

그리고, 파장은 에너지와 반비례 관계에 있으므로 전자가 L ($n_1 = 2$)에서 K ($n_2 = 1$)로 이동하면서 방출하는 빛의 파장이 더 짧다(또는 전자가 M ($n_1 = 3$)에서 L ($n_2 = 2$)로 이동하면서 방출하는 빛의 파장이 더 길다).

$$\lambda_{L \rightarrow K} < \lambda_{M \rightarrow L} \text{ (또는 } h \frac{c}{\frac{3}{4}k} < h \frac{c}{\frac{5}{36}k} \text{, 이와 동등한 내용)}$$

(3) (7점)

$E_n = -\frac{k}{n^2}$ 이므로, $\Delta E_{1 \rightarrow 2} = -k \times (1/n_2^2 - 1/n_1^2) = k \times (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ 와 같이 표시할 수 있으며, (-) 부호는 에너지 방출을 의미한다.

라이먼 계열의 최대파장이므로 $n_2 = 2, n_1 = 1$ 에 해당한다.

따라서, 제시문 [다]의 식을 이용하면 보다 정밀한 측정을 통한 k 값을 구할 수 있다. 즉,

$$\Delta E = k \times (1/2^2 - 1/1^2) = -3/4 k = -984 \text{ (kJ/mol)로부터, } k = 1312$$

경희가 얻은 k 값(1350)은 정밀한 측정으로부터 구한 k 값(1312)보다 크다. 위 식에서 ΔE 는 k 값에 비례하므로, 경희의 측정은 정밀한 측정에 비해 더 큰 에너지로 측정된 것이다. 빛의 에너지는 파장에 반비례하므로, 경희의 측정은 정밀한 측정에 비해 빛의 파장이 더 짧게 측정된 것임을 알 수 있다.

[문제 II-2]

(1) (6점)

^{35}Cl 이 $a\%$, ^{37}Cl 이 $b\%$ 있다고 가정하면, $a + b = 100 \dots \textcircled{1}$

염소의 동위 원소 존재 비율을 반영한 평균 원자량은 $(35a + 37b)/100 = 35.5 \dots \textcircled{2}$

식 $\textcircled{1}$, $\textcircled{2}$ 를 연립방정식으로 풀면,

$$a = 75, b = 25$$

염소 동위 원소의 존재 비율은 ^{35}Cl 75%, ^{37}Cl 25%이다.

^{79}Br 이 $a\%$, ^{81}Br 이 $b\%$ 있다고 가정하면, $a + b = 100 \dots \textcircled{1}$

브로민 동위 원소 존재 비율을 반영한 평균 원자량은 $(79a + 81b)/100 = 80.0 \dots \textcircled{2}$

식 $\textcircled{1}$, $\textcircled{2}$ 를 연립방정식으로 풀면,

$$a = 50, b = 50$$

브로민 동위 원소의 존재 비율은 ^{79}Br 50%, ^{81}Br 50%이다.

(2) (7점)

염소(Cl)의 동위 원소에 따라 CH_2Cl_2 은 다음의 세 종류, $\text{CH}_2^{35}\text{Cl}_2$, $\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$, $\text{CH}_2^{37}\text{Cl}_2$ 이 가능하다.

$\text{CH}_2^{35}\text{Cl}_2$ 질량수의 합은 $(\text{C} + 2\times\text{H} + 2\times^{35}\text{Cl}) = (12 + 2\times 1 + 2\times 35) = 84$,

$\text{CH}_2^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 질량수의 합은 $(\text{C} + 2\times\text{H} + ^{35}\text{Cl} + ^{37}\text{Cl}) = (12 + 2\times 1 + 35 + 37) = 86$,

$\text{CH}_2^{37}\text{Cl}_2$ 질량수의 합은 $(\text{C} + 2\times\text{H} + 2\times^{37}\text{Cl}) = (12 + 2\times 1 + 2\times 37) = 88$ 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 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.

(3) (7점)

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.

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

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

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

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

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

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

$^{35}\text{Cl}^{81}\text{Br}$ 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) 화살표로 표시된 지점에 주어진 자극이 뉴런의 축삭돌기를 따라 전도될 때 ㉠과 ㉡ 부위에서는 활동 전위가 발생한다. 그러나 ㉢ 부위는 축삭돌기가 절연체 역할을 하는 말미집(슈반 세포)에 둘러싸여 있어 활동 전위가 발생하지 않는다.

(2) 흥분이 자극 지점으로 돌아오는 속도는 ㉣ 구조체에서 가장 빠르며 다음으로 ㉤, ㉥ 구조체의 순이다. ㉦ 구조체에서는 흥분이 순환하지 못한다. 말미집 신경의 경우, 말미집에 싸여있지 않은 랑비에 결절을 통한 도약 전도를 하므로 민말미집 신경에 비해 흥분 전도 속도가 빠르다. 따라서 전도와 전달을 통한 흥분의 순환 속도는 말미집 신경으로만 구성된 ㉣ 구조체에서 가장 빠르며, 다음으로 민말미집 신경이 1개 포함된 ㉤ 구조체, 민말미집 신경으로만 구성된 ㉥ 구조체의 순이다. 시냅스에서 일어나는 뉴런 간의 흥분 전달은 한 뉴런의 축삭돌기에서 다른 뉴런의 가지 돌기나 신경 세포체 방향으로만 일어나는데 ㉦ 구조체는 뉴런 한 개가 반대 방향으로 연결되어 있어 흥분이 전달되지 않는다.

[문제 II-2]

피부색은 대립 유전자 E, F, G의 개수에 따라 결정되므로 E, F, G의 개수의 합이 3인 경우 피부색이 중간색으로 나타난다. 자손 1세대(F₁)의 유전자형은 EeFfGg이다.

피부색을 결정하는 3가지 유전자가 모두 같은 상염색체에 있을 경우, 자손 2세대(F₂)의 유전자형은 다음 표와 같다.

	EFG	efg
EFG	EEFFGG	EeFfGg
efg	EeFfGg	eeffgg

따라서 자손 2세대(F₂)의 피부색은 가장 짙은색:중간색:가장 옅은색=1:2:1의 비율로 나타나고, 이 중 중간색이 나올 확률은 1/2 또는 50%이다.

한편, 피부색을 결정하는 3가지 유전자가 서로 다른 상염색체에 있을 경우, 자손 2세대(F₂)의 유전자형은 다음 표와 같다.

	EFG	EFg	EfG	eFG	Efg	eFg	efG	efg
EFG	EEFFGG	EEFFGg	EEFfGG	EeFFGG	EEFfGg	EeFFGg	EeFfGG	EeFfGg
EFg	EEFFGg	EEFFgg	EEFfGg	EeFFGg	EEFfgg	EeFFgg	EeFfGg	EeFfgg
EfG	EEFFGG	EEFfGg	EEffGG	EeFfGG	EEffGg	EeFfGg	EeffGG	EeffGg
eFG	EeFFGG	EeFFGg	EeFfGG	eeFFGG	EeFfGg	eeFFGg	eeFfGG	eeFfGg
Efg	EEFfGg	EEFfgg	EEffGg	EeFfGg	EEffgg	EeFfgg	EeffGg	Eeffgg
eFg	EeFFGg	EeFFgg	EeFfGg	eeFFGg	EeFfgg	eeFFgg	eeFfGg	eeFfgg
efG	EeFfGG	EeFfGg	EeffGG	eeFfGG	EeffGg	eeFfGg	eeffGG	eeffGg
efg	EeFfGg	EeFfgg	EeffGg	eeFfGg	Eeffgg	eeFfgg	eeffGg	eeffgg

따라서 나올 수 있는 모든 경우의 수 64 중, 대립 유전자 E, F, G의 개수의 합이 3인 경우의 수는 20이므로, 중간색이 나올 확률은 20/64 또는 31.25% 이다.

[문제 II-3]

(1) 종 ㉠의 개체수는 시간 3의 경우 51이고, 시간 4, 5, 6에 걸쳐 지속적으로 증가하는

것으로 볼 때 시간 3에서는 환경 저항이 작으며, 시간 9 전부터 개체수가 더 이상 증가하지 않는 것으로 볼 때 시간 9에서는 환경 저항이 보다 크게 작용함을 알 수 있다.

(2) 개체군 사이의 상호 작용을 규명하기 위해서는 시간에 따른 개체수 변화를 비교 분석하여야 한다. 지역 ㉑의 경우 종 ㉑의 개체수는 초기에는 점차 증가하다가 시간 8부터는 변화가 없으며, 종 ㉒의 개체수는 초기에는 증가하다가 시간 4 이후 감소하여 시간 10에서는 크게 감소하였다. 따라서 종 ㉑과 종 ㉒은 경쟁 관계임을 알 수 있다. 지역 ㉓의 경우 종 ㉑과 종 ㉒의 개체수가 시간 간격을 두고 주기적으로 변한다. 이러한 변화는 종 ㉑이 피식자, 종 ㉒이 포식자임을 나타낸다. 따라서 종 ㉑과 종 ㉒은 포식과 피식 관계임을 알 수 있다.

문제 I <수학>

[문제 I-1]

<6점> 접선의 방정식을 구하고, 점과 직선사이의 거리를 이용하여 원의 반지름의 길이를 구한다.

<4점> 연립방정식을 풀어 점A의 좌표를 구한다.

[문제 I-2]

<3점> 타원의 방정식을 이용하여 삼각형 면적 $S(x)$ 를 구한다.

<12점> 치환적분 및 기하학적 방법으로 입체도형의 부피를 구한다.

[문제 I-3]

<5점> 선분 CD의 길이를 치환을 통해 간단히 표현한다.

<10점> 미분을 이용하여 선분 CD의 길이의 최솟값을 구한다.

[문제 I-4]

(1) <9점> $\tan\theta$ 를 t 에 관한 함수로 표현한다.

<3점> 치환적분을 이용하여 함수 f 를 적분한다.

(2) <4점> $\tan\theta$ 를 x 에 관한 함수로 표현한다.

<4점> 치환적분을 이용하여 함수 g 를 적분한다.

문제 II <물리>

[문제 II-1]

<6점> 공의 궤적을 그림과 같이 올바르게 그렸다. (정지, 위/아래 가속의 3가지 경우 모두 옳게 그려야 함, 공의 궤적 당 2점)

(i) 엘리베이터가 중력 가속도의 방향과 크기는 같고 방향은 반대로 (위로) 가속되는 경우
<2점> 관성력에 의한 가속도의 크기와 방향이 올바르게 기술되어 있다.

(ii) 엘리베이터가 중력가속도와 같은 크기와 방향으로 (아래로) 가속되는 경우
<2점> 관성력의 방향과 알짜힘의 크기가 올바르게 기술되어 있다.

[문제 II-2]

<10점 만점> 빛의 굴절 법칙을 이용하여 빛이 공기에서 액체로 진행할 때의 굴절각을 계산하고, 굴절각을 이용하여 액체의 깊이를 올바르게 계산하였다.

<부분점수 5점> 빛의 굴절 법칙을 이용하여 빛이 공기에서 액체로 진행할 때의 굴절각 θ_2 에 대한 관계를 올바르게 계산하였다.

[문제 II-3]

(1) (5점)

<5점 만점> $v_{대}$, $v_{소}$ 에 대해 공의 운동 궤적을 올바르게 그렸다.

<부분점수 2점> $v_{대}$ 와 $v_{소}$ 중 하나의 경우에 대해 운동 궤적을 올바르게 그렸다.

(2) (5점)

<5점 만점> 막대의 길이가 0에 접근하는 경우에 대해 공의 운동 궤적을 그려 $v_{대} < 3v_{소}$ 임을 논리적으로 밝혔다.

<부분점수 3점> 막대의 길이가 짧아질수록 $v_{대}$ 와 $v_{소}$ 의 차이가 커짐을 설명하였다.

(3) (10점)

<10점 만점> 2차원 포물선 운동에 관한 식을 이용하여 $v_{대}$, $v_{소}$ 를 올바르게 계산하였다.

<부분점수 4점> $v_{대}$ 와 $v_{소}$ 중 하나의 값을 올바르게 계산하였다.

<부분점수 4점> 문제의 상황을 높은 곳에서 수평으로 던진 물체의 운동과 수평면과 충돌 이후 지표에서 수평면과 θ 의 각도로 던진 물체의 운동의 두 과정으로 설명하였다.

문제 II <화학>

[문제 II-1]

(1) (7점)

<7점> 보어의 수소 모형을 잘 이해하고 있으며, 주어진 실험결과를 이용해서 결과의 논리적 도출에 필요한 각 단계가 명확히 논술됨.

(2) (6점)

<6점> 보어의 수소 모형을 잘 이해하고 있으며, 제시문에 주어진 식을 이용하여 빛이 방출되는 경우에 그 에너지와 파장의 관계를 정립할 수 있음.

(3) (7점)

<7점> 보어의 수소 모형을 잘 이해하고 있으며, 실험결과의 차이를 근거로 하여 결과의 논리적 도출에 필요한 각 단계를 논리적으로 제시할 수 있음.

[문제 II-2]

(1) (6점)

<3점> 평균 원자량 개념을 이용하여 염소 동위 원소의 존재 비율을 계산할 수 있음.

<3점> 평균 원자량 개념을 이용하여 브로민 동위 원소의 존재 비율을 계산할 수 있음.

(2) (7점)

<3점> 염소의 동위 원소 ^{35}Cl 와 ^{37}Cl 를 반영한 화학종의 질량수를 계산할 수 있음.

<4점> 염소 동위 원소 존재 비율(3 : 1)에 따라, 위 화학종의 상대적 존재비를 계산할 수 있음.

(3) (7점)

<3점> 염소의 동위 원소 ^{35}Cl 와 ^{37}Cl , 브로민의 동위 원소 ^{79}Br 과 ^{81}Br 를 반영한 화학종의 질량수를 계산할 수 있음.

<4점> 염소 동위 원소 존재 비율(3 : 1)과 브로민 동위 원소 존재 비율(1 : 1)에 따라, 위 화학종의 상대적 존재비를 계산할 수 있음.

문제 II <생명과학>

[문제 II-1] (12점)

(1) (6점)

<6점> ㉠과 ㉡ 부위에서는 활동 전위가 발생하고 ㉢ 부위에서는 활동 전위가 발생하지 않음을 논리적으로 기술

(2) (6점)

<6점> 속도는 ㉠, ㉡, ㉢ 순으로 빠르며 ㉣는 흥분이 전달되지 못함을 논리적으로 기술

[문제 II-2] (16점)

<7점> 피부색을 결정하는 3가지 유전자가 모두 같은 상염색체에 있을 경우, 자손 2세대(F_2)에서 중간색이 나올 확률은 1/2 또는 50%임을 논리적으로 기술

<9점> 피부색을 결정하는 3가지 유전자가 서로 다른 상염색체에 있을 경우, 자손 2세대(F_2)에서 중간색이 나올 확률은 20/64 또는 31.25%임을 논리적으로 기술

[문제 II-3] (12점)

(1) (4점)

<4점> 시간 3에서는 환경 저항이 작으며, 시간 9에서는 환경 저항이 큼을 논리적으로 기술

(2) (8점)

<4점> 종 ㉠과 종 ㉡은 경쟁 관계임을 논리적으로 기술 (4점)

<4점> 종 ㉢과 종 ㉣은 포식과 피식 관계임을 논리적으로 기술 (4점)

4. 2019학년도 수시모집 논술고사출제 의도

논제 I <수학>

논제 I 수학에서는 고등학교 수학 교육과정인 평면곡선, 삼각함수 성질, 미분과 적분을 이용하여 논리적으로 사고하는 문제를 출제하였다. 주어진 도형들 사이의 관계를 이용하여 선분의 길이 및 도형의 넓이와 부피를 삼각함수와 관련하여 논리적으로 기술하고, 도함수의 부호에 따른 함수의 증가 및 감소구간을 고려하여 함수의 최댓값에서의 조건사이의 관계를 수학적으로 추론하고 그 근거를 논리적으로 서술할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 단편적인 수학지식의 직접적인 적용능력 보다는 주어진 상황을 종합적으로 이해하여 문제해결을 위한 논리적인 방향을 제시하고 합리적으로 해결할 수 있는 능력을 갖추고 있는지를 평가하고자 하였다.

논제 II <물리>

논제 II 과학-물리에서는 고등학교 물리I에서 다루고 있는 ‘시공간과 관성력에 대한 이해’, 고등학교 물리I과 물리 II에서 공통적으로 다루고 있는 ‘중력이 작용하는 공간에서의 물체의 운동’, ‘빛의 굴절에 대한 이해’ 등을 바탕으로 처음 조건이 주어졌을 때 시간이 지난 후 물체 또는 빛의 경로를 예측하는 능력을 파악한다. 물리 법칙의 공식을 이용하여 수치를 얻는 기존의 문제 양식을 탈피하고, 운동 궤적의 그림을 통해 결과를 도출하는 직관력을 시험한다. 또한, 문제의 해결책을 논리적이고, 체계적으로 접근하는 과정을 평가한다.

논제 II <화학>

2019학년도 경희대학교 자연계(토) 논술고사는 전반적으로 고교 수학과 과학 교과목의 기본 개념들에 대한 이해도와 응용력에 바탕을 두고 창의적인 사고의 틀 안에서 학생들의 이해 능력, 합리적이고 논리적인 사고 능력, 기본 개념의 해석력, 그리고 논리적 설명 능력을 측정할 수 있도록 출제 되었다. 따라서 고등학교 교과 교육을 충실히 이수한 학생 이라면 풀 수 있는 논제로 구성하였다. 각 논제 별로 보면 다음과 같다.

논제 II 과학-화학에서는 고등학교 화학I의 교육 과정에서 다루는 ‘화학의 언어(화학식량과 몰)’, ‘개성 있는 원소(원소의 주기적 성질)’, ‘아름다운 분자 세계(화학 결합과 분자의 구조)’, ‘답은꽃 화학 반응(산과 염기)’의 기본 개념을 학생들이 정확하게 이해하고 종합할 수 있는가를 파악하고자 하였다. 원자의 구조, 보어의 원자 모형, 수소 원자의 선 스펙트럼 등에 대한 이해를 바탕으로 전자의 에너지 준위를 이해할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다. 그리고 분자량에 대한 기계적 계산에서 한 발 벗어나, 동위 원소 개념을 실제 분자에 적용하여 원자의 구성입자에 대한 이해와 화학의 정량적 기초를 이루는 원자량, 분자량, 주기율표에 대한 보다 깊이 있는 학생들의 이해력을 확인하고자 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 자연 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 I에서 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 ‘항상성과 몸의 조절’ 영역에서 신경계의 구조와 흥분의 전달을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 문제 II-2는 생명과학 I의 ‘유전’ 영역에서 다루는 유전 현상을 이해하고 있는지 평가 하고자 하였다. 문제 II-3은 생명과학 I의 ‘생태계의 구성과 기능’ 영역에서 다루는 개체군과 군집의 특성을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

5. 2019학년도 수시모집 논술고사문항 해설

논제 I <수학>

논제 I-1에서는 접선의 방정식과 점과 직선사이의 거리를 이용하여 문제를 논리적으로 해결할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 고교과정에서 다루는 기하학적 개념을 이용하여 주어진 도형의 넓이를 논리적으로 제시할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-2에서는 타원의 방정식을 이용하여 삼각형의 면적을 구하고 치환적분 및 기하학적 방법으로 입체도형의 부피를 논리적으로 구하는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-3에서는 타원의 접선의 길이를 구하고 미분을 이용하여 그 최솟값을 논리적으로 구하는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-4에서는 타원 내부의 삼각형의 한 각의 크기를 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 표현하고 다양한 변수로 적분하는 과정을 논리적으로 표현하는 능력을 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
수학 I	신항균 외 11명	(주)지학사	2016	157	제시문[다]	X
미적분 I	김창동 외 14명	(주)교학사	2016	120	제시문[바]	X
미적분 II	이준열 외 9명	천재교육	2017	94, 95	제시문[라]	X
미적분 II	이준열 외 9명	천재교육	2017	198	제시문[마]	X
기하와 벡터	신항균 외 11명	(주)지학사	2016	20	제시문[가]	X
기하와 벡터	신항균 외 11명	(주)지학사	2016	45	제시문[나]	X

논제 II <물리>

논제 II 과학-물리의 논제 II-1에서는 고등학교 물리 I에서 다루고 있는 관성력의 개념을 이해하고, 관성력을 이용하여 물체의 운동 경로를 예측하는 문제를 다루었다. 가속 좌표계 안에서 관성력의 방향은 운동 방향과 반대 방향이고 크기는 가속 좌표계의 가속도가 비례한다는 개념을 바탕으로 중력과 관성력의 상호 관계에 대한 이해를 시험하였다.

논제 II-2에서는 고등학교 물리 I과 물리 II에서 공통적으로 다루고 있는 빛의 굴절 법칙을 이용하여 빛의 경로를 예측하는 문제를 다루었다. 굴절률이 다른 두 매질의 경계에서 발생하는 빛의 굴절 현상을 이용하고, 굴절 법칙을 이용하여 빛의 도착 지점을 산술하는 능력을 시험하였다.

논제 II-3에서는 고등학교 물리 I과 물리 II에서 공통적으로 다루고 있는 중력이 작용하는 공간에서의 물체의 운동을 이해하고, 특히, 운동 궤적을 이용하여 물체의 나중 위치를 결정하는 문제를 다루었다. 식에서 도출되는 각각의 해가 어떠한 운동 궤적에 대응되는지를 파악하고, 이를 바탕으로 시간이 지난 후 물체가 지나는 나중 위치를 직관적으로 산출하는 능력을 시험하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 물리 I	김영민 외 7인	교학사	2013	74	제시문 [가]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	64	제시문 [가]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	202	제시문 [나]	○
고등학교 물리 I	김영민 외 7인	교학사	2013	201	제시문 [나]	○
고등학교 물리 I	곽성일 외 7인	천재교육	2013	31	제시문 [다]	○
고등학교 물리 II	곽성일 외 7인	천재교육	2013	30	제시문 [라]	○
고등학교 물리 II	김영민 외 7인	교학사	2013	31-32	제시문 [라]	○

문제 II <화학>

문제 II 과학-화학 문제에서는 원자의 구조, 보어의 원자 모형, 수소 원자의 선 스펙트럼 등에 대한 이해를 바탕으로 전자의 에너지 준위를 이해할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다. 그리고 동위 원소와 그 존재 비율에 대한 이해를 바탕으로 화학의 정량적 기초를 이루는 원자량, 분자량, 주기율표에 대한 정확한 개념을 이해하고 있는지 파악하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 화학I	노태희 외	천재교육	2011	78-79	제시문 [가]	○
	박종석 외	교학사	2011	70-71		
	김희준 외	상상아카데미	2011	77-78		
	류해일 외	비상교육	2011	76-77		
고등학교 화학I	김희준 외	상상아카데미	2011	79-80	제시문 [나]	○
	노태희 외	천재교육	2011	79-81		
	박종석 외	교학사	2011	71-73		
고등학교 화학I	박종석 외	교학사	2011	73-74	제시문 [다]	○
	김희준 외	상상아카데미	2011	80-81		
	노태희 외	천재교육	2011	82-84		
	류해일 외	비상교육	2011	77-81		
고등학교 화학I	류해일 외	비상교육	2011	68	제시문 [라]	○
	박종석 외	(주)교학사	2011	65		
	노태희 외	천재교육	2011	66		

문제 II <생명과학>

문제 II-1은 신경계의 구조와 기능을 이해하고 있는지 평가 하고자 하였다. 문제 II-2는 다인자 유전 현상을 통해 유전 원리를 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 문제 II-3은 개체군 간의 상호 관계를 통해 군집의 특성을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성 여부
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	154-160	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	142-147	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	134-135	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	136-140	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	125-130	제시문[가]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	154-160	제시문[나]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	142-147	제시문[나]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	144-147	제시문[나]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	136-140	제시문[나]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	125-130	제시문[나]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	87,88	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	80	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	78	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	72	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	65-69	제시문[다]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	81-82	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	88-92	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	78-83	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	89-94	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	105-107	제시문[라]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	201	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	220-222	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	200-202	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	192-196	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	192-195	제시문[마]	○
고등학교 생명과학I	박희송외	교학사	2013	223-225	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	심규철외	비상교육	2015	211-226	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	이길재외	상상아카데미	2013	193-210	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	권혁빈외	교학사	2013	197-205	제시문[바]	○
고등학교 생명과학I	이준규외	천재	2013	199-201	제시문[바]	○