

2019 학년도
중앙대학교 모의 논술
예시답안 및 채점기준

자연계열



1. 출제의도

[문제 1 출제 의도]

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률 및 기댓값의 개념은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 토너먼트 대회 대진표에 대한 경우의 수와 그에 따른 각기 다른 확률 구조에 대한 이해도를 평가하고, 각 상황에서의 우승 상금의 기댓값의 계산이 정확하게 이루어지는 지를 평가한다. 본 문제는 조건부확률과 이산확률변수의 기댓값에 대한 개념의 이해도를 평가하며 난이도는 중하 정도로 볼 수 있다.

[문제 2-1 출제 의도]

미적분 I에 다루어지는 함수의 극대와 극소의 개념을 이해하고, 미분가능한 함수의 극대, 극소의 판정법을 활용하여 주어진 함수 그래프의 최대, 최소를 구할 수 있는지 평가하는 문제이다. 삼각함수의 기본적인 성질 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ 을 활용한 문제 해결 능력을 측정한다.

[문제 2-2 출제 의도]

수학 I에서 다루어지는 선분의 내분점의 개념과 미적분 II에서 다루어지는 삼각함수의 덧셈정리를 종합적으로 잘 이해하고 있는지 평가하는 문제이다. 내분점의 좌표에 관한 식과 삼각함수의 합성에 관한 식을 제시문을 통하여 파악하고 문제에서 제시한 최댓값을 추론할 수 있는지 평가한다.

[문제 3-1 출제 의도]

속도에 대한 정보에서부터 위치를 구하는 것이 적분에 해당한다는 것을 알고, 제시문 (가)의 사인 함수의 적분에 대한 공식을 적용하여 나온 식을 제시문 (나)를 이용, 부분 분수로 변형하여 수열의 합으로 바꾼 다음 그 합을 구하는 계산 능력을 평가하는 문제이다.

[문제 3-2 출제 의도]

삼각함수의 기본적인 성질들을 자유롭게 이용하고 치환적분을 할 수 있는지 물어보는 문제이다. 사인 함수의 역수에 대해 치환적분을 이용하여 그 적분값을 구할 수 있는지를 포착할 수 있는지와 분모의 $1 - \cos^2 x$ 를 인수분해 한 다음 제시문 (나)를 이용하여 그 역수를 부분 분수들로 변형하는 것, 그리고 제시문 (다)의 치환적분을 이용하여 적분을 수행할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[생명과학 문제 4-1 출제 의도]

생명체 내에서 세포들은 항상성을 유지하고 세포분열을 통해 성장 및 증식한다. 이러한 과정을 유지하기 위해서는 세포의 핵 내에 담고 있는 유전정보인 DNA의 양을 정확히 복제하고, 두 개의 세포로 분배하는 과정이 필요하다. 이러한 과정은 세포 주기를 통하여 일어나며, 이에 문제가 발생하면 암, 세포 죽음 등과 같은 문제들이 발생한다. [문제 4-1]은 (A) 결과를 해석하여 방사능에 노출된 세포에서 DNA 양이 늘어나는 것을 통해 DNA 복제에는 문제가 없으나, 세포가 제대로 분열되지 않음을 확인할 수 있다. 또한 (B) 자료를 분석하여 정상세포는 세포 주기가 제대로 작동하고 있으나, 방사능에 노출된 세포에서는 세포질 분열 과정이 늘어나 세포가 분열되지 않음을 알 수 있다. [문제 4-1]은 결과 (A)와 (B)를 통합적으로 분석하고 이를 제시문에 근거하여 논리적으로 추론할 수 있는지를 평가하는 문제로, 서로 다른 실험 결과를 종합적으로 해석하는 논리적 사고력을 측정하고자 하였다.

[생명과학 문제 4-2 출제 의도]

생체 방어시스템인 면역 과정을 통해 외부로부터 침입한 세균, 바이러스로부터 우리 몸을 보호하고, 이를 이겨낼 수 있다. 면역과정은 다양한 면역 세포들과의 상호 작용에 의해서 일어나고, 세포들끼리 유기적인 소통과정을 거쳐서 활성화되기도 하고 특정 기능성 세포들로 만들어 지기도 한다. [문제 4-2]는 (A) 결과로부터 면역질환 환자의 어떤 세포에 문제가 있는지를 실험 결과를 해석하여 찾아내고, (B) 실험 결과로부터 어떤 세포 내 분비소낭에 문제가 있는지를 분석하는 문제이다. (A)와 (B)의 결과를 논리적으로 해석하고, 제시문에 근거하여 세포의 분비 기능에 문제가 발생하면 다른 종류의 면역세포를 활성화 할 수 없고, 이에 따라 면역 질환이 발생한 것을 통합적으로 해석하는 문제이다. 또한, 환자의 가계도를 분석하여, 면역질환이 어떤 형태로 유전되는지 상염색체 유전과 성염색체 유전에 근거하여 논리적으로 분석하는 문제이다. 따라서 [문제 4-2]는 결과 (A), (B), (C)를 종합적으로 분석 및 이해하고 이를 바탕으로 통합적으로 추론하는 문제로서, 다양한 실험 결과를 이용하여 하나의 생명현상을 종합적으로 이해하는 능력을 측정하고자 하였다.

[물리 문제 4-1 출제 의도]

받침대에 의해 수평으로 받쳐져 있는 막대 위에 물체가 놓여 있을 때, 막대에 작용하는 알짜힘과 돌림힘을 알아내고, 막대가 수평 상태를 유지하기 위한 조건으로부터 막대에 작용하는 중력 외에 다른 힘을 구체적으로 구하는 문제이다. 제시문 (가)에 따라서, 돌림힘은 회전축으로부터 힘의 작용점까지 길이와 힘의 곱으로 주어짐을 알고, 이를 막대의 회전축에 대한 돌림힘을 구하는데 적용한다. 또한 제시문 (나)에 의하여 막대가 수평 상태를 유지하기 위해서 막대에 작용하는 모든 돌림힘

의 합이 0이어야 하므로, 이미 구한 돌림힘의 합이 0이 되는 조건을 쉽게 구할 수 있다. 본 문항 평가에서는, 돌림힘의 정의를 알고 있으며 회전할 수 있는 물체에 대한 평형 상태의 조건을 이해하고 있으면, 막대의 수평 조건으로부터 받침대가 막대에 작용하는 힘을 쉽게 구할 수 있는 중하 정도의 난이도의 문제이다.

[물리문제 4-2 출제 의도]

[문제4-1]에서 고려한 막대의 한쪽 끝에서 다른 물체가 일정한 속도로 움직이는 경우에, 막대가 수평 상태를 유지하기 위한 막대의 질량이 만족해야 하는 조건을 구하고, 정지해있었던 물체가 충돌 직후 움직여서 포물선 운동을 하며 지표면을 향해서 떨어지는 경우에 이 물체의 수평 이동거리를 구하는 문제이다. 다른 물체가 막대 위를 일정한 속도로 움직이고 있기 때문에 이 물체의 위치에 따라서 막대에 작용하는 돌림힘이 달라지는데, 이때 막대에 작용하는 돌림힘을 구하고 막대가 수평 상태를 유지하기 위해서 돌림힘의 합이 0이 되는 조건을 유도하는 문제이다. 제시문 (다)에 따라서 두 물체의 충돌 전과 충돌 후에 운동량 보존 법칙이 적용됨을 알고, 일정한 속도로 움직이던 물체가 다른 물체와 충돌한 직후, 정지해있다가 움직이는 물체의 속도를 구할 수 있다. 이때 이 물체는 일정한 지구 중력장에서 수평으로 던져진 물체에 해당되며 제시문 (라)에 따라서 포물선 운동을 함을 알 수 있다. 즉, 물체가 수평 방향의 등속도 운동과 수직 방향의 등가속도 운동을 합성한 운동을 함을 이해하고 물체의 수직 및 수평으로 이동한 거리를 구할 수 있다.

본 문항 평가에서는, [문제4-1]에서 필요한 개념을 알고 운동량 보존 법칙과 포물선 운동을 정량적으로 이해하면 쉽게 풀 수 있는 중 정도의 난이도의 문제이다.

[화학 문제 4 출제 의도]

본 모의 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 전반적인 이해도를 평가하고자 하였다. 화학의 언어에 해당하는 화합물의 조성, 화학식, 화학 반응 등 양적 관계에 대한 이해와 아름다운 분자 세계에 관련된 분자의 구조, 탄소화합물의 다양성 및 구조적 특징에 대한 통합적인 성취도를 평가하고자 하였다. 또한 농도에 따라 변화하는 반응속도와 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하고 화학 반응과 반응 속도식의 상관관계에 대한 전반적인 이해도를 평가하고자 하였다.

문제 4-1은 제시문을 통해 화합물을 구성하는 원소들의 성분비를 정확하게 이해하여 실험식과 분자식을 논리적으로 찾아내고, 분자식을 바탕으로 탄화수소의 가능한 구조식을 제시하며, 원소 분석 장치 내에 존재하는 탄화수소를 찾아낼 수 있는 능력을 평가하고자 하였다.

문제 4-2는 화학 I에서 다루는 전반적인 화학 반응식과 화학 II에서 다루는 반응 속도에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 여러 가지 화학 변화를 화학 반응식으로 구현해 내고 이 화학 반응의 속도와 농도에 대한 관계 이해도를 평가하고자 하였다.

2. 제시문 출전

[수학, 문제 1 제시문 출전]

- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률의 뜻 (㈜금성출판사, 정상권 외 7인, 2016; pp.95-101)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (천재교과서, 류희찬 외 17인, 2016; pp.100-103)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (㈜교학사, 김창동 외 14인, 2016; pp.93-97)
- 확률과 통계 III-1-2 이산확률변수의 기댓값과 표준편차 (㈜금성출판사, 정상권 외 7인, 2017; pp.126-133)
- 확률과 통계 III-1-2 이산확률변수의 기댓값과 표준편차 (천재교과서, 류희찬 외 17인, 2016; pp.125-130)
- 확률과 통계 III-1-1 이산확률변수와 확률분포 (㈜교학사, 김창동 외 14인, 2016; pp.115-124)

[수학, 문제 2 제시문 출전]

제시문 (가): 수학 I - 선분의 내분점과 외분점
(p.122, 좋은책 신사고, 황선욱 외)
(p.154, 동아출판, 우정호 외)
(p.164, 경기도교육청, 조도연 외)
(p.121, 비상교육, 김원경 외)

제시문 (나): 미적분 II - 삼각함수의 덧셈정리
(p.81, MiraeN, 이강섭 외)
(p.86, (주)지학사, 신항균 외)
(p.88, 교학사, 김창동 외)
(p.85, (주)금성출판사, 정상권 외)

제시문 (다): 미적분 I - 함수의 극대와 극소
(p.120, 좋은책 신사고, 황선욱 외)
(p.146, 동아출판, 우정호 외)
(p.119, (주)지학사, 신항균 외)

[수학, 문제 3 제시문 출전]

제시문 (가): 미적분 II - 여러 가지 함수의 부정적분
(p.151, MiraeN, 이강섭 외)
(p.155, (주)지학사, 신항균 외)
(p.161, 교학사, 김창동 외)
(p.165, (주)금성출판사, 정상권 외)

제시문 (나): 수학 II - 여러 가지 수열의 합
(p.129, MiraeN, 이강섭 외)
(p.123, 좋은책 신사고, 황선욱 외)
(p.148, 천재교과서, 류희찬 외)
(p.165, 동아출판, 우정호 외)

제시문 (다): 미적분 II - 치환적분법
(p.158, MiraeN, 이강섭 외)
(p.141, 좋은책 신사고, 황선욱 외)
(p.166, 천재교과서, 류희찬 외)
(p.158, (주)지학사, 신항균 외)

[생명과학, 문제 4 제시문 출전]

제시문(가): - 생명과학 I, 세포분열 (비상교육, P56-60)
- 생명과학 I, 세포 주기와 체세포 분열 (교학사, p66-68)
- 생명과학 I, 주기와 세포 분열 (천재교육, p48-54)
- 생명과학 I, 세포 주기와 체세포 분열 (상상아카데미, p56-62)

제시문(나): - 생명과학 II, 세포 소기관의 구조와 기능 (교학사, p24-32)
- 생명과학 II, 세포의 구조와 기능 (천재교육, p20-31)
- 생명과학 II, 세포 소기관의 구조와 기능 (비상교육, p26-28)
- 생명과학 II, 세포의 구조와 기능 (상상아카데미, p24-29)

제시문(다): - 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (상상아카데미, P174)
- 생명과학 I, 2 차 방어 작용-특이적 면역 (천재교육, p169-170)
- 생명과학 I, 세포성 면역 (교학사, p188)

- 제시문(라):
- 생명과학 I, 단일 인자 유전 (비상교육, P89-93)
 - 생명과학 I, 사람의 유전 (교학사, p105-109)
 - 생명과학 I, 단일 인자 유전 (천재교육, p78-81)
 - 생명과학 I, 단일 인자 유전 형질 (상상아카데미, p88-91)

[물리, 문제 4 제시문 출전]

- 제시문 (가): 물리 I - 에너지
(p.269, 천재교육, 곽성일 외)
물리 I - 에너지
(p.310-311, 교학사, 김영민 외)

- 제시문 (나): 물리 I - 에너지
(p.274, 천재교육, 곽성일 외)
물리 I - 에너지
(p.315, 교학사, 김영민 외)

- 제시문 (다): 물리 I - 시공간과 우주
(p.36, 천재교육, 곽성일 외)
물리 I - 시공간과 우주
(p.47-49, 교학사, 김영민 외)
물리 II - 운동과 에너지
(p.38-39, 천재교육, 곽성일 외)

- 제시문 (라): 물리 II - 운동과 에너지
(p.30-31, 천재교육, 곽성일 외)
물리 II - 운동과 에너지
(p.30-32, 교학사, 김영민 외)

[화학, 문제 4 제시문 출전]

- 제시문 (가): 화학 I - 물질의 조성과 화학 반응식
(p.35, 교학사, 박종석 외)
화학 I - 물질의 양과 화학 반응식

(p.33, 비상교육, 류해일 외)

화학 I - 물질의 조성과 구조는 어떻게 알 수 있을까?

(p.38, 상상아카데미, 김희준 외)

화학 I - 화합물의 조성

(p.30, 천재교육, 노태희 외)

제시문 (나): 화학 I - 탄소 화합물

(p.183, 교학사, 박종석 외)

화학 I - 다양한 구조의 탄소 화합물

(p.166, 비상교육, 류해일 외)

화학 I - 탄소 화합물에는 어떤 다양한 구조를 가진 것들이 있을까?

(p.152, 상상아카데미, 김희준 외)

화학 I - 탄소화합물

(p.164, 천재교육, 노태희 외)

제시문 (다): 화학 I - 화학 반응식과 양적 관계

(p.38, 교학사, 박종석 외)

화학 I - 화학 반응식 만들기

(p.42, 비상교육, 류해일 외)

화학 I - 물질의 변화는 어떻게 나타낼까?

(p.47, 상상아카데미, 김희준 외)

화학 I - 화학 반응에서의 양적 관계

(p.46, 천재교육, 노태희 외)

제시문 (라): 화학 II - 반응 속도와 농도

(p.248, 교학사, 박종석 외)

화학 II - 반응 속도식

(p.228, 비상교육, 류해일 외)

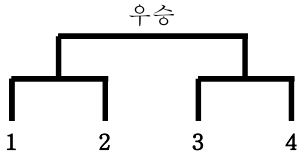
화학 II - 반응 물질의 농도는 반응 속도에 어떤 영향을 줄까?

(p.216, 상상아카데미, 김희준 외)

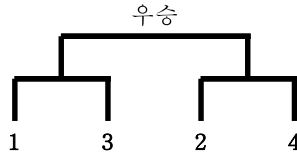
3. 예시답안 / 채점기준

▶ 테니스 토너먼트의 대진표는 다음과 같이 3가지 경우가 존재한다.

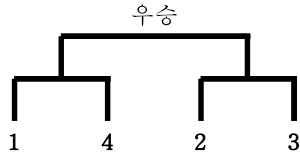
(1)



(2)



(3)



▶ p 가 0 또는 1이면 4번 선수 또는 1번 선수가 항상 우승하게 되고, 영희는 절대로 우승할 수가 없기 때문에 토너먼트 대회가 성립되지 않는다. 따라서 확률의 범위를 $0 < p < 1$ 로 가정하고 문제를 고려한다.

▶ 영희가 A대회에 참가하여 우승할 확률은 다음과 같다.

(1)의 경우: $(1-p)p$

(2)의 경우: $p[p(1-p) + (1-p)p]$

(3)의 경우: $p[p(1-p) + (1-p)p]$

즉, 확률은

$$\frac{1}{3}(1-p)p + \frac{1}{3}p[p(1-p) + (1-p)p] + \frac{1}{3}p[p(1-p) + (1-p)p] = \frac{1}{3}(1-p)p(1+4p) \text{ 이다.}$$

A대회의 우승 상금이 M 이라고 할 때, 영희가 A대회에 참가해서 받을 수 있는 우승 상금의 기댓값은 $\frac{1}{3}M(1-p)p(1+4p)$ 이다.

▶ 위와 같은 방법으로 영희가 B대회에 참가하여 우승할 확률은 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{1}{3}p(1-p) + \frac{1}{3}(1-p)[p(1-p) + (1-p)p] + \frac{1}{3}(1-p)[p(1-p) + (1-p)p] = \frac{1}{3}(1-p)p(5-4p)$$

B대회의 우승 상금이 $2M$ 이라고 할 때, 영희가 B대회에 참가해서 받을 수 있는 우승 상금의 기댓값은 $\frac{1}{3}2M(1-p)p(5-4p)$ 이다.

▶ 즉, $\frac{1}{3}M(1-p)p(1+4p) \leq \frac{1}{3}2M(1-p)p(5-4p)$ 이고, 이를 만족하는 p 의 최댓값은 다음과 같이 계산한다.

$$(1+4p) \leq 2(5-4p) \Rightarrow p \leq \frac{3}{4} = 0.75$$

따라서 p 의 최댓값은 $\frac{3}{4}$ 또는 0.75이다.

▶ p 의 범위를 $0 \leq p \leq 1$ 로 고려하고 문제를 전개한 후 p 의 최댓값을 1이라고 한 경우 수리적으로 가능한 답이다.

[문제 1 채점 기준]

1. A대회 우승 확률을 올바르게 계산한 경우: +5점
 2. A대회 우승 상금에 대한 기댓값을 올바르게 계산한 경우: +3점
 3. B대회 우승 확률을 올바르게 계산한 경우: +5점
 4. B대회 우승 상금에 대한 기댓값을 올바르게 계산한 경우: +3점
 5. A, B대회 우승 상금의 기댓값의 차이를 이용하여 p 의 최댓값을 올바르게 계산한 경우: +4점
 6. 1-4단계를 정확히 계산한 후 p 의 범위를 $0 \leq p \leq 1$ 로 고려하여 p 의 최댓값을 1로 제시한 경우 정답으로 처리.
- ※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 2-3점 부여 가능.

[수학, 문제 2-1 예시답안]

$\overline{AB} = 1$ 이므로 점 A와 B를 각각 $A(\cos\theta, 0)$ 과 $B(0, \sin\theta)$ 로 놓을 수 있다. 두 점 A, B를 통과하는 직선의 방정식은 $\frac{x}{\cos\theta} + \frac{y}{\sin\theta} = 1$ 으로 주어진다. 선분 AB 위에 놓인 점 P의 x 좌표가 $\frac{8}{27}$ 이면 P의 y 좌표는 $\frac{8}{27\cos\theta} + \frac{y}{\sin\theta} = 1$ 을 만족한다. 이 식을 y 에 관하여 정리하면 $y = \sin\theta - \frac{8}{27}\tan\theta$ 를 얻는데, 양변을 θ 에 대하여 미분하여 $y' = \cos\theta - \frac{8}{27\sec^2\theta}$ 이다. $y' = 0$ 을 풀면 $\cos^3\theta = \frac{8}{27}$ 에서 $\cos\theta = \frac{2}{3}$ 을 얻는다. 이때, $\sin\theta = \pm\frac{\sqrt{5}}{3}$ 이다. 제시문 (다)에 의해 y 의 극댓값과 극솟값을 구하면 $\pm\frac{5\sqrt{5}}{27}$ 이고 이는 실제로 y 의 최댓값과 최솟값이 된다. 따라서 P의 y 좌표의 최댓값과 최솟값의 차는 $\frac{10\sqrt{5}}{27}$ 이다.

[문제 2-1 채점기준]

- y 를 θ 에 대하여 표현하여 $y = \sin\theta - \frac{8}{27}\tan\theta$ 을 얻으면 +5점.
- $y' = 0$ 을 풀어 $\cos\theta = \frac{2}{3}$ 을 구하면 +2점.
- 최댓값과 최솟값의 차 $\frac{10\sqrt{5}}{27}$ 을 구하면 +3점.

[수학, 문제 2-2 예시답안]

좌표평면의 원점을 O 라 하면 $\overline{CD} = 1$ 이므로 $\overline{OA} = |\cos\theta|$, $\overline{OB} = |\sin\theta|$ 을 만족하는 θ 를 찾을 수 있다. 이때, 점 C, D 는 각각 직선 $y = \frac{1}{2}x$, $y = -2x$ 위의 점이므로 다음과 같이 놓을 수 있다.

$$C\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\cos\theta, \frac{1}{\sqrt{5}}\cos\theta\right), \quad D\left(-\frac{1}{\sqrt{5}}\sin\theta, \frac{2}{\sqrt{5}}\sin\theta\right)$$

제시문 (가)를 이용하여 $Q(x, y)$ 의 좌표는 다음과 같이 주어짐을 알 수 있다.

$$x = \frac{1}{13}\left(\frac{5 \times 2}{\sqrt{5}}\cos\theta + \frac{8 \times (-1)}{\sqrt{5}}\sin\theta\right)$$
$$y = \frac{1}{13}\left(\frac{5 \times 1}{\sqrt{5}}\cos\theta + \frac{8 \times 2}{\sqrt{5}}\sin\theta\right)$$

따라서 $x + y = \frac{15}{13\sqrt{5}}\cos\theta + \frac{8}{13\sqrt{5}}\sin\theta$ 이고 제시문 (나)를 이용하여 최댓값을 계산하면 $\frac{17\sqrt{5}}{65}$ 이다.

[문제 2-2 채점기준]

- 점 C, D 의 좌표를 θ 에 대하여 표현하여

$$C\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\cos\theta, \frac{1}{\sqrt{5}}\cos\theta\right), \quad D\left(-\frac{1}{\sqrt{5}}\sin\theta, \frac{2}{\sqrt{5}}\sin\theta\right)$$

을 얻으면 +5점.

- $Q(x, y)$ 의 좌표를 θ 에 대하여 표현하여

$$x = \frac{1}{13} \left(\frac{5 \times 2}{\sqrt{5}} \cos \theta + \frac{8 \times (-1)}{\sqrt{5}} \sin \theta \right)$$

$$y = \frac{1}{13} \left(\frac{5 \times 1}{\sqrt{5}} \cos \theta + \frac{8 \times 2}{\sqrt{5}} \sin \theta \right)$$

을 얻으면 +5점.

- 최댓값 $\frac{17\sqrt{5}}{65}$ 을 계산하면 +5점.

[수학, 문제 3-1 예시답안]

π 초가 경과한 시점에서 P의 위치는 다음의 적분값 $\int_0^\pi f(t) dt$ 이다. 제시문 (가)에 의해

$$\begin{aligned} \int_0^\pi f(t) dt &= \int_0^\pi \left(\sum_{k=1}^{100} \frac{1}{k} \sin((k+2)t) \right) dt \\ &= \sum_{k=1}^{100} \frac{1}{k} \left[-\frac{1}{k+2} \cos((k+2)t) \right]_0^\pi \\ &= -\sum_{k=1}^{100} \frac{(-1)^{k+2} - 1}{k(k+2)} \end{aligned}$$

이다. 여기서 $(-1)^{k+2} - 1$ 은 k 가 짝수일 때 -2 , k 가 홀수일 때 0 이므로, 제시문

$$\begin{aligned} \text{(나)를 이용하면 } -\sum_{k=1}^{100} \frac{(-1)^{k+2} - 1}{k(k+2)} &= -\frac{1}{2} \times (-2) \left\{ \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) + \dots + \left(\frac{1}{99} - \frac{1}{101} \right) \right\} \\ &= \frac{1}{1} - \frac{1}{101} = \frac{100}{101}. \end{aligned}$$

[문제 3-1 채점기준]

- P의 위치 $\int_0^\pi f(t) dt$ 로 주어지는 것을 언급하면 +2점,
- $\int_0^\pi f(t) dt$ 을 계산하여 $-\sum_{k=1}^{100} \frac{(-1)^{k+2} - 1}{k(k+2)}$ 로 정리하면 +3점,
- 부분분수로 변형하여 합 $\frac{100}{101}$ 의 값을 얻으면 +5점.

[수학, 문제 3-2 예시답안]

먼저, $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\sin x} dx$ 를 계산하자. $\frac{1}{\sin x}$ 를 $\frac{1}{\sin x} = \frac{\sin x}{\sin^2 x} = \frac{\sin x}{1 - \cos^2 x}$ 로 변형한 후,

제시문 (나)에 의해

$$\frac{1}{1 - \cos^2 x} = \frac{-1}{(\cos x - 1)(\cos x + 1)} = \frac{-1}{2} \left(\frac{1}{\cos x - 1} - \frac{1}{\cos x + 1} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{1 - \cos x} + \frac{1}{1 + \cos x} \right)$$

이 되므로, $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\sin x} dx = \frac{1}{2} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\sin x}{1 - \cos x} + \frac{\sin x}{1 + \cos x} \right) dx$ 를 얻는다. 제시문 (다)에

주어진 치환적분을 이용하여 적분값을 계산하면

$$\left[\frac{1}{2} \ln |1 - \cos x| - \frac{1}{2} \ln |1 + \cos x| \right]_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}}{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}} \right) = \frac{1}{2} \ln(3 + 2\sqrt{2}) = \ln(\sqrt{2} + 1) \text{이다.}$$

한편, $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x dx = [-\cos x]_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ 이므로 구하는 적분의 값은 $\ln(\sqrt{2} + 1) - \frac{\sqrt{2}}{2}$

이다.

[문제 3-2 채점기준]

- $\frac{1}{\sin x}$ 를 변형하여 $\frac{1}{\sin x} = \frac{\sin x}{\sin^2 x} = \frac{\sin x}{1 - \cos^2 x}$ 로 바꾸면 +3점,
- 부분분수 변형하여 $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\sin x} dx = \frac{1}{2} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\sin x}{1 - \cos x} + \frac{\sin x}{1 + \cos x} \right) dx$ 로 바꾸면 +5점,
- 치환적분을 이용하여 $\ln(\sqrt{2} + 1)$ 의 값을 얻으면 +5점,
- $\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x dx = [-\cos x]_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ 을 계산하면 +2점.

[생명과학, 문제 4-1 예시답안]

- ▶ 실험결과 (A)에서 방사능에 노출된 세포는 정상세포에 비하여 DNA의 상대량이 증가되어있는 반면, 실험 결과 (B) 통하여 정상세포에 비하여 방사능에 노출된 세포는 세포 주기가 상대적으로 느리다는 것을 알 수 있다. 그러므로 제시문 (가)에 근거하여 방사능에 노출 세포는 DNA 복제 기능에는 문제가 없으나 핵 분열 혹은 세포질 분열하는 과정에서 문제가 발생하여 DNA의 양이 계속 증가하게 되고, 그 결과 세포는 정상적으로 살아가지 못하고 죽는 다는 것을 알 수 있다.
- ▶ 그러므로, 방사능에 노출된 세포는 세포질 분열에 관여하는 유전자에 돌연변이가 발생한 것을 알 수 있다. 제시문 (나)에서 미세 소관은 동물의 세포의 세포질 분열에 관여한다고 하였으므로 돌연변이가 일어난 유전자는 미세소관 단백질을 합성하는 유전자일 것이다.

[문제 4-1 채점기준]

1. 세포내 DNA의 상대량이 증가한 세포가 발견되었음을 언급하면, +2점
2. DNA 상대량이 증가하여 4에 해당하는 세포는 세포질 분열에 문제가 있고, 이에 따라 죽은 세포의 양이 증가하였음을 설명하면, +3점
3. 방사능 노출 세포에서는 정상 세포와 달리 세포질 분열 상태에 멈춰 있어, 세포가 분열이 안 되어 세포내 DNA 상대량이 증가하였음을 서술하면, +2점
4. 제시문 (나)에 근거하여 세포질 분열의 문제가 미세소관과 관련이 있음을 설명하면, +3점

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점10점이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[생명과학, 문제 4-2 예시답안]

- ▶ 실험결과 (A)를 통하여 활성화 B 림프구의 양이 환자에서는 정상인에 비해 줄어들어 있음을 알 수 있고, 실험결과 (B)를 통하여 보조 T 림프구에서 세포내 분비소량의 상대량이 현저히 줄어들어 있음을 알 수 있다.
- ▶ 제시문 (다)에 의해 항원을 인지한 보조 T 림프구가 신호전달 물질을 분비해야 하고 이 분비된 화학물질이 B 림프구를 활성화 시키므로, 실험결과 (A)에서 활성화 B 림프구의 양이 줄어든 이유가 보조 T 림프구의 세포 분비기능 문제에 의해 나타났음을 알 수 있다. 따라서 이 면역질환의 발병원인은 보조 T 림프구의 분비 기능 문제로 신호전달 화학물질이 분비되지 않고, 이에 따라 B세포가 활성화 되지 못해 발병한 것이다.
- ▶ 병인 유전자 A가 상염색체 위에 있다고 가정하면 3의 유전자형은 반드시 AA가 되어야 하고, 이런 경우 4의 유전자형이 보인자인 Aa라고 해도 다음 세대에서 철수가 환자로 나올 수 없다.

- ▶ 병인 유전자가 성염색체 위에 있다고 가정하면, 철수는 $X' Y$ 이고 3은 정상이므로 XY , 4는 정상이지만 반드시 보인자를 가져야 하므로 $X' X$ 일 것이다. 1은 정상이므로 XY 이고, 2는 정상이나 보인자를 가지고 있어서 4에게 보인자를 물려줬을 것이다. 따라서 철수의 병인 유전자는 최초로 2번 사람으로부터 전달되었음을 알 수 있다.

[문제 4-2 채점기준]

1. 실험결과 (A)를 분석하여 환자에서 활성 B세포의 양이 감소되어 있음을 설명하면, +3점
 2. 실험결과 (B)를 해석하여 환자의 보조 T림프구에서 분비소낭의 수가 감소되어 있음을 언급하면, +3점
 3. 면역질환의 원인이 보조 T림프구의 분비소낭 문제로 신호전달 화학물질이 분비되지 않고, 이에 따라 B세포가 활성화 되지 못해 발생하는 질병임을 논리적으로 설명하면, +4점
 4. 면역질환이 상염색체 유전이라면 철수는 aa 이고 4가 정상이나 보인자를 지니고 있어도 3이 정상이며, 주어진 조건에 의해 3은 상염색체의 모든 유전자가 한 쌍의 같은 대립유전자를 가지고 있으므로 성립되지 않는다. 이 내용을 논리적으로 설명하면, +4점
 5. 면역질환이 성염색체 유전이라면 철수는 $X' Y$ 이고 3이 정상이므로 XY , 4는 보인자인 $X' X$ 일 것이다. 1은 정상이므로 XY 이고, 4가 보인자를 지녔으므로 2는 정상이며 보인자를 지닌 $X' X$ 일 것이다. 따라서 면역질환은 성염색체 유전이라는 내용을 논리적으로 설명하면, +4점
 6. 따라서, 철수의 병인 유전자는 성염색체 위에 있고, 이는 2로부터 최초로 전달되었음을 설명하면, +2점
- ※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점10점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[물리, 문제 4-1 예시답안]

- ▶ 제시문 (가)에 따라서 회전축에 대한 돌림힘을 구할 수 있고, 제시문 (나)에 따라서 막대가 수평을 유지하기 위해서 모든 돌림힘의 합이 0이 되어야 한다. 우선, 점 P에 대한 돌림힘의 합이 0인 조건은 쓰면 다음과 같이 주어진다.

$$mg\left(\frac{19}{2}l\right) + Mg(5l) = F_Q(6l)$$

따라서, 받침대가 점 Q에 작용하는 힘은 $F_Q = \frac{1}{12}(19m+10M)g$ 으로 주어진다.

- ▶ 마찬가지로, 점 Q에 대한 돌림힘의 합이 0인 조건은 다음과 같다.

$$\frac{3}{5}Mg(3l) - F_P(6l) = \frac{2}{5}Mg(2l) + mg\left(\frac{7}{2}l\right)$$

따라서, 받침대가 점 P에 작용하는 힘은 $F_P = \frac{1}{12}(2M-7m)g$ 으로 주어진다.

[문제 4-1 채점기준]

- ▶ 점 P(또는 Q)에 대한 돌림힘의 평형 조건이나 힘의 평형 조건을 두 개 이상 바르게 제시하면 +4점.
 - ▶ 받침대가 점 P에 작용하는 힘을 바르게 쓰면 +3점.
 - ▶ 받침대가 점 Q에 작용하는 힘을 바르게 쓰면 +3점.
- ※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.
- ※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

[물리, 문제 4-2 예시답안]

- ▶ 물체 A의 오른쪽 면이 막대의 왼쪽 끝에서부터 xl 만큼 떨어져 있을 때 돌림힘의 합이 0이면 막대가 수평 상태를 유지한다. 이때, 점 P와 Q에 대한 돌림힘이 0이 되는 조건은 각각 다음과 같다.

$$mg\left(\frac{19}{2}l\right) + Mg(5l) + mg\left(x - \frac{1}{2}\right)l = F_Q(6l),$$

$$\frac{3}{5}Mg(3l) - F_P(6l) + mg\left(\frac{13}{2} - x\right)l = \frac{2}{5}Mg(2l) + mg\left(\frac{7}{2}l\right).$$

- ▶ 위 두 식으로부터 받침대가 점 P와 Q에 작용하는 힘은 다음과 같이 주어진다.

$$F_P = \frac{1}{6}(M + (3-x)m)g, \quad F_Q = \frac{1}{6}(5M + (x+9)m)g.$$

이때 F_Q 는 항상 0보다 크다. 두 물체가 충돌하기 직전까지 막대가 수평 상태를

유지하기 위해서 $x=9$ 일 때 $F_p \geq 0$ 를 만족해야 하므로, 막대의 질량에 대한 조건은 $M \geq 6m$ 이다.

▶ 제시문 (다)에 따라서, 충돌 전과 충돌 후에 운동량 보존 법칙을 적용하면,

$$mv + m(0) = m\left(\frac{1}{4}v\right) + mv'_A \text{ 이고, 충돌 후 물체 A의 속도는 } v'_A = \frac{3}{4}v \text{로 주어진다.}$$

▶ 물체 A가 충돌 직후 수평 방향으로 초기 속도 $\frac{3}{4}v$ 로 움직이므로, 제시문 (라)에 따라서 포물선 운동을 한다. 물체 A는 수직 방향으로 초기속도가 0인 등가속도 운동을 하므로, 시간 t 후에 수직 이동거리는 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 이다. 따라서, 물체 A가 지표면에 닿을 때까지 걸린 시간은 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.

▶ 물체 A는 충돌 직후 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로, 시간 t 후에 수평 이동거리는 $R = \frac{3}{4}vt$ 이다. 따라서, 물체 A가 지표면에 닿을 때까지 수평으로 이동한 거리는 $R = \frac{3}{4}v\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 로 주어진다.

[문제 4-2 채점기준]

- ▶ 두 물체가 충돌하는 순간에 받침대가 점 P, Q에 작용하는 힘을 바르게 제시하면 각각 +3점.
- ▶ 막대가 수평 상태를 유지하기 위한 막대의 질량에 대한 조건을 바르게 쓰면 +4점.
- ▶ 두 물체가 충돌한 후 운동량 보존 법칙을 바르게 적용하면 +2점.
- ▶ 물체 A의 충돌 직후 속도를 바르게 쓰면 +3점.
- ▶ 충돌 후 물체 A의 수평 이동거리를 바르게 쓰면 +5점.

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.

[화학, 문제 4-1 예시답안]

1. 변화된 NaOH 흡수제의 질량은 CO₂ 질량과 동일하다.

$$\text{반응식에서 C의 질량은 } 132\text{mg} \times \frac{12(\text{C의 원자량})}{44(\text{CO}_2\text{의 분자량})} = 36\text{mg} \text{ 이다.}$$

2. 변화된 CaCl₂ 흡수제의 질량은 H₂O 질량과 동일하다.

$$\text{반응식에서 H의 질량은 } 36\text{mg} \times \frac{2(2\text{개의 H 원자량의 합})}{18(\text{H}_2\text{O의 분자량})} = 4\text{mg} \text{ 이다.}$$

3. 화합물의 몰수 비를 다음과 같이 구할 수 있다.

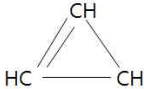
$$\text{C와 H 몰수비는 } \frac{36}{12} : \frac{4}{1} = 3 : 1 \text{ 이다.}$$

1-3로부터 실험식 C₃H₄ 구할 수 있다.

4. 분자식 = 실험식 × n (n = 정수) 이므로

$$n = \frac{\text{분자량}}{\text{실험식량}} = \frac{40}{(12 \times 3 + 1 \times 4)} = 1 \text{ 이다.}$$

따라서 탄화수소 X의 분자식은 C₃H₄ * 1 = C₃H₄ 이다.

6. C₃H₄의 구조이성질체 H-C≡C-CH₃, H₂C=C=CH₂,  3가지이다.

[문제 4-1 채점기준]

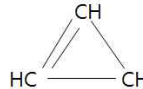
1. 변화된 CaCl₂와 NaOH의 질량을 바르게 구하면 +5점

2. C와 H의 몰수 비를 바르게 제시하면 +5점

3. 실험식으로부터 올바른 분자식을 도출하면 +5점

각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이
내에서 ± 1.0점 추가 점수 부여 가능함.

단위를 틀리거나 올바른 반응식의 상태를 표시하지 않으면 -1점

6. C₃H₄의 구조이성질체 H-C≡C-CH₃, H₂C=C=CH₂,  3가지이
다.

[화학, 문제 4-2 예시답안]

1. $2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$
2. 전체 반응 속도식 $v = k[\text{H}_2]^m [\text{NO}]^n$ 이다.
3. 실험 1과 실험 2를 비교했을 때, H_2 의 농도는 3배 증가할 때 반응속도도 3배 증가하였으므로 $m=1$ 이다.
4. 실험 1과 3을 비교했을 때, NO 의 농도가 2배가 될 때 반응 속도가 4배 증가하였으므로 $n=2$ 이다
5. 전체 반응 속도식 $v = k[\text{H}_2][\text{NO}]^2$

$$k = \frac{v}{[\text{H}_2][\text{NO}]^2}$$

$$k = \frac{5.6 \times 10^{-7} \text{M/s}}{(1.0 \times 10^{-4} \text{M})(1.0 \times 10^{-4} \text{M})^2} = 5.6 \times 10^5 / \text{M}^2 \text{s}$$

[문제 4-2 채점기준]

1. 전체 화학 반응식을 제시하면 +5점
 2. H_2 와 NO 의 농도변화를 초기농도 변화와 비교하여 반응차수를 구하면 +5점
 3. 전체반응속도식을 제시하고, 속도상수 k 를 구하면 +5점
- 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이 내에서 ± 1.0 점 추가 점수 부여 가능함.