

2021학년도
중앙대학교 모의 논술
채점자 매뉴얼

자연계열



**2021학년도 모의 논술 자연계열
제시문 출전 및 출제 의도**

[수학, 문제 1 제시문 출전]

- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (㈜좋은책신사고, 고성은 외 5인, 2019; pp. 58-62)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2019; pp. 57-62)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2019; pp. 60-66)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (㈜금성출판사, 배종숙 외 6인, 2019; pp. 66-69)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률과 확률의 곱셈정리 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2019; pp. 62-65)
- 확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (동아출판㈜, 박교식 외 19인, 2019; pp. 61-65)
- 확률과 통계 II-3 조건부확률 (㈜천재교과서, 류희찬 외 9인, 2019; pp. 59-62)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (㈜좋은책신사고, 고성은 외 5인, 2019; pp. 78-83)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (㈜미래엔, 황선욱 외 9인, 2019; pp. 78-85)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (㈜교학사, 권오남 외 14인, 2019; pp. 82-88)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (㈜금성출판사, 배종숙 외 6인, 2019; pp. 92-98)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (㈜천재교육, 이준열 외 7인, 2019; pp. 83-88)
- 확률과 통계 III-1-1 확률변수와 확률분포 (동아출판㈜, 박교식 외 19인, 2019; pp. 81-86)
- 확률과 통계 III-1-4 정규분포-연속확률변수의 확률분포 (㈜천재교과서, 류희찬 외 9인, 2019; pp. 101-103)

[문제 1 출제 의도]

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률분포로부터 확률을 계산하는 과정은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 보물섬에 다녀온 철수가 중앙나라에서 특수그룹으로 분류 되었을 때, 보물을 가지고 있을 확률을 계산해 나가는 과정을 통해, 확률 분포 및 확률에 대한 전반적인 이해도를 평가한다.

[수학, 문제 2 제시문 출전]

제시문 (가): 미적분 – 치환적분법
(p.153, 교학사, 권오남 외)
(p.166, 천재교과서, 류희찬 외)
(p.150, 천재교육, 이준열 외)
(p.135, 좋은책 신사고, 고성은 외)

제시문 (나): 수학 II – 정적분
(p.131, 교학사, 권오남 외)
(p.124, 금성출판사, 배종숙 외)
(p.121, 좋은책 신사고, 고성은 외)
(p.113, 비상교육, 김원경 외)

제시문 (다): 수학 I – 삼각함수의 뜻
(p.79, (주)금성출판사, 배종숙 외)
(p.83, 교학사, 권오남 외)
(p.73, 좋은책 신사고, 고성은 외)
(p.74, 비상교육, 김원경 외)

제시문 (라): 수학 II – 접선의 방정식
(p.80, 교학사, 권오남 외)
(p.73, 금성출판사, 배종숙 외)
(p.72, 좋은책 신사고, 고성은 외)
(p.71, 비상교육, 김원경 외)

[문제 2-1 출제 의도]

미적분에서 다루어지는 치환적분법을 이용하여 적분을 계산할 수 있는지, 그리고 부정적분과 정적분 사이의 관계를 이용하여 정적분을 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 제시문을 통해 어떤 치환이 적절한지 추측을 하고 계산을 위해 함수를 변형할 수 있는지를 평가한다.

[문제 2-2 출제 의도]

수학 I에서 다루는 삼각함수의 성질을 이용하여 새로운 항등식을 유도할 수 있는지와 이렇게 유도된 방정식과의 연립방정식을 풀어 원하는 함수를 얻는 과정을 평가한다. 또한 수학II에서 다루어지는 도함수를 이용하여 접선의 방정식을 구하는 과정을 이해하고 있는지와 미적분에서 다루는 여러 가지 미분법을 이용하여 구체적인 함수의 도함수를 계산할 수 있는지도 평가한다.

[수학, 문제 3 제시문 출전]

제시문 (가):

- 수학, 점과 직선 사이의 거리 (좋은책 신사고 p127)
- 수학, 점과 직선 사이의 거리 (비상교육 p121)
- 수학, 점과 직선 사이의 거리 (미래엔 p133)
- 수학, 점과 직선 사이의 거리 (금성출판사 p136)

제시문 (나):

- 수학II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (미래엔 p83)
- 수학 II, 함수의 극대와 극소 (지학사 p84)
- 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (비상교육 p80)
- 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (천재교육 p85)

제시문 (다):

- 수학II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (미래엔 p86)
- 수학 II, 함수의 극대와 극소 (지학사 p87)
- 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (비상교육 p83)
- 수학 II, 함수의 증가와 감소, 극대와 극소 (천재교육 p87)

제시문 (라):

- 수학II, 함수의 극한에 대한 성질 (미래엔 p19)
- 수학 II, 함수의 극한의 성질 (천재교육 p20)
- 수학 II, 함수의 극한값의 계산 (비상교육 p19)
- 수학 II, 함수의 극한에 대한 성질 (지학사 p21)

[문제 3-1 출제 의도]

도형의 방정식 중 가장 기본이 되는 직선과 원의 특성을 잘 이해하고, 점과 직선 사이의 거리에 대한 공식을 심도 있게 활용할 수 있는지 평가한다.

[문제 3-2 출제 의도]

직선과 원의 특성에 대한 이해도, 미분의 개념을 활용하여 함수의 극값 또는 최댓값, 최솟값을 구할 수 있는 능력, 극한값의 계산 등을 종합적으로 평가한다.

[생명과학, 문제 4 제시문 출전]

제시문(가), (나):- 생명과학 I, 항상성과 몸의 기능 조절 (동아출판, p58-90)

- 생명과학 I, 신경계 (천재교육, p58-81)
- 생명과학 I, 신경계에 의한 조절 (금성출판사, p74-94)
- 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (지학사, p60-101)
- 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (교학사, p61-110)

제시문(다): - 생명과학 I, 항상성과 몸의 기능 조절 (동아출판, p58-90)

- 생명과학 I, 신경계 (천재교육, p58-81)
- 생명과학 I, 신경계에 의한 조절 (금성출판사, p74-94)
- 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (지학사, p60-101)
- 생명과학 I, 항상성과 몸의 조절 (교학사, p61-110)
- 생명과학 II, 세포의 특성 (천재교육, p26-59)
- 생명과학 II, 세포의 특성 (교학사, p29-57)

제시문(라): - 생명과학 I, 질병의 원인과 몸의 방어 (교학사, p96-104)

- 생명과학 I, 질병과 병원체 (동아, p92-97)
- 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (금성출판사, p114-117)
- 생명과학 I, 질병과 방어작용 (지학사, p92-99)
- 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (천재교육, p100-106)
- 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (동아, p98-102)

제시문(마): - 생명과학 I, 우리몸의 방어 작용 (금성출판사, p114-117)

- 생명과학 I, 질병의 원인과 몸의 방어 (교학사, p96-104)
- 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (동아, p98-105)
- 생명과학 I, 우리 몸의 방어 작용 (천재교육, p100-106)

[문제 4-1 출제 의도]

자극을 받으면 적절히 반응하여 행동으로 옮길 수 있는 것은 감각기와 반응기를 연결해 주는 신경계가 있기 때문이다. 또 신경계는 외부 환경의 변화를 감지하고 신체 내부의 상태를 일정하게 유지하는 일에도 관여한다. 이에 신경계에 이상이 생기면 그 정도에 따라 일상생활이 어려울 정도로 심각한 질환이 발생하기도 한다. [문제 4-1]에서는 말초 신경계에 문제가 있는 환자 A와 B가 그 발병 원인을 알아보기 위해서 몇 가지 검사를 시행하고, 그 결과를 제시문을 통해 해석하며 원인을 추론하는 문제로서, 학생들의 데이터 해석력, 논리적 사고력, 추론 능력을 측정하고자 하였다.

환자 A는 정상인과 비교했을 때 신경 전달 물질의 농도에는 이상이 없으나, 심장 박동 수가 증가하고 근육 수축에 이상 증상을 보였다. 이를 제시문 (가) - (다)를 활용하여 신경 세포의

어느 부분에 문제가 있는지 원인을 추론하고 제시하는 능력을 보고자 하였다. 환자 B는 아세틸콜린의 농도가 정상이나 노르에피네프린의 농도가 감소되어, 근육 수축은 정상이고 심장 박동 수의 감소 증상을 보였다. 이는 노르에피네프린의 생성 혹은 분비에 이상으로 교감 신경에 문제가 발생했을 것임을 논리적으로 기술할 수 있는지 평가한다. 또한 교감 신경 말단에서 노르에피네프린이 소량 분비하고 있는 것으로 미루어 신경절 이전의 아세틸콜린은 제대로 분비가 되고 있고, 노르에피네프린의 생성 혹은 분비에 이상이 있음을 추론해 내는지 확인하는 문제이다. 이를 통해 실제 측정된 결과들을 이용하여 주어진 상황 속에서 질병의 발병 원인을 추론하고 논리적으로 제시하는지를 확인하는 문제이다.

[문제 4-2 출제 의도]

바이러스와 같은 병원체에 감염되었을 때, 우리 몸은 면역 반응을 통하여 병원체를 제거한다. [문제 4-2]에서는 주어진 제시문, 자료, 실험과정 및 결과를 바탕으로 바이러스 제거에 중요한 특이적 면역반응의 특성을 논리적으로 추론할 수 있는지를 평가하고자 한다.

제시문 및 실험 결과의 정확한 이해를 통해 생쥐 M에 주입된 백혈구의 면역 활성이 생쥐 N에 주입된 백혈구보다 높음을 유추할 수 있는지와 두 생쥐 중 어떤 생쥐가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐임을 추론할 수 있는지를 평가한다.

또한, 주어진 자료를 통하여 생쥐 M과 N에서 생성되는 항체가 백혈구에 포함되어 있는 B 림프구에 의해 결정된다는 사실을 유추할 수 있는지와 생쥐 X로부터 분리된 백혈구가 생쥐 Y로부터 분리된 백혈구에 비하여 많은 기억세포 및 형질세포를 포함하고 있음을 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가한다.

이를 통하여 주어진 제시문의 이해력, 실험과정/결과의 해석력, 논리적 추론 능력을 측정하고자 하였다.

[물리, 문제 4 제시문 출전]

제시문 (가): 물리 I – 역학과 에너지
 (p.46 – p.48, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.64 – p.65, 교학사, 김영민 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.48 – p.49, 지학사, 김성원 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.44 – p.45, 금성출판사, 이상연 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.39 – p.42, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.50, p.52, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.46 – p.48, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.49 – p.52, 와이비엠, 곽영직 외)

제시문 (나): 물리 I – 역학과 에너지
 (p.33, p.38 – p.39, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.45 – p.47, 교학사, 김영민 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.31 – p.32, 지학사, 김성원 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.30 – p.31, 금성출판사, 이상연 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.28 – p.31, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.32, p.35, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.29 – p.30, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.32 – p.34, 와이비엠, 곽영직 외)

제시문 (다): 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.27, 천재교육, 강남화 외)
 물리 I – 역학과 에너지

(p.19 – p.21, 교학사, 김영민 외)
 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.27 – p.29, 지학사, 김성원 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.22 – p.23, 동아출판, 송진웅 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.25, 미래엔, 김성진 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.14 – p.15, 비상교육, 손정우 외)
 물리 I – 역학과 에너지
 (p.17, 와이비엠, 곽영직 외)

제시문 (라): 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.15, 천재교육, 강남화 외)
 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.15 – p.16, 교학사, 김영민 외)
 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.15, 지학사, 김성원 외)

제시문 (마): 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.69, 천재교육, 강남화 외)
 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.39, 교학사, 김영민 외)
 물리 II – 역학적 상호 작용
 (p.78 – p.79, 지학사, 김성원 외)

[문제 4-1 출제 의도]

물체의 운동과 에너지를 이해함으로써 역학의 기초 개념을 확인 하는 문제이다. 진자의 움직임 으로부터, 퍼텐셜 에너지와 운동에너지의 변화를 이해하고 역학적 에너지가 보존됨을 보인다. 진 자의 추와 물체가 가지는 질량, 속도로 부터 충돌 전과 충돌 후의 운동량을 계산하고 운동량의 합이 보존됨을 이용하여 충돌 후, 진자와 물체의 운동을 기술할 수 있다. 본 문항 평가에서는, 진자의 운동, 역학적 에너지 보존, 운동량 보존 법칙을 이해하고 이를 바탕으로 물체의 운동을 분석하는 논리적 사고력을 측정하고자 하였다.

[문제 4-2 출제 의도]

문제 4-2는 특정한 형태로 주어진 미끄럼틀을 내려온 물체가 미끄럼틀의 끝에서 비스듬히 던져질 때 수평 도달 거리가 최대가 되도록 하는 조건을 찾는 문제이다. 풀이의 첫 단계로서,

학생들은 물리1 과목에서 배우는 물리학 기본 개념인 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지, 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 투사되는 지점에서의 속력을 구해야 한다. 투사된 이후 물체의 운동은 비스듬히 던져진 물체의 운동으로서 물리2의 전반부에서 다루는 대표적인 등가속도 운동이다. 물리2의 첫 장에서 기본적으로 학습하는 벡터의 성분 분해를 적용하여 수평 및 수직 방향 성분으로 분해하면, 수평 도달 거리에 대한 식을 얻을 수 있다. 풀이의 마지막 부분은 운동이 시작되는 위치의 높이를 바꿔가며 최대의 수평 도달 거리를 찾는 것으로, 학생들에게 익숙한 수학적 방법론인 미분을 이용하면 간단한 수식 전개를 통해 답을 얻을 수 있다. 물리를 공부한 학생들이 갖춰야 할 물리학적 상황 판단 능력, 분석력, 응용력, 및 수리적 능력을 종합적으로 평가하는 문제이다.

[화학, 문제 4 제시문 출전]

제시문 (가): 화학 I – 단원 II. 원자의 세계
(p.68-77, 미래엔, 최미화 외 5인)
(p.65-74, p.80-91, 교학사, 홍훈기 외 6인)
(p.62-69, p.77-92, 지학사, 이상권 외 7인)
(p.65-77, p.81-94, 천재교육, 노태희 외 6인)
(p.62-74, p.77-89, 금성출판사, 하윤경 외 5인)

제시문 (나): 화학 I – 단원 II. 원자의 세계
(p.82-93, 미래엔, 최미화 외 5인)
(p.80-91, 교학사, 홍훈기 외 6인)
(p.77-92, 지학사, 이상권 외 7인)
(p.81-94, 천재교육, 노태희 외 6인)
(p.77-89, 금성출판사, 하윤경 외 5인)

제시문 (다): 화학 II – 단원 I. 물질의 세 가지 상태와 용액
(p.44-49, 미래엔, 최미화 외 5인)
(p.44-48, 교학사, 홍훈기 외 6인)
(p.28-31, 비상교육, 박종석 외 7인)
(p.38-42, 지학사, 이상권 외 7인)
(p.41-44, 천재교육, 노태희 외 6인)

제시문 (라): 화학 I – 단원 IV. 역동적인 화학 반응
(p.156-159, 미래엔, 최미화 외 5인)
(p.147-153, 교학사, 홍훈기 외 6인)
(p.157-160, 지학사, 이상권 외 7인)
(p.159-162, 천재교육, 노태희 외 6인)
(p.144-148, 금성출판사, 하윤경 외 5인)

화학 II – 단원 II. 반응엔탈피와 화학 평형
(p.90-101, 미래엔, 최미화 외 5인)
(p.92-99, 교학사, 홍훈기 외 6인)
(p.91-100, 지학사, 이상권 외 7인)
(p.77-85, 비상교육, 박종석 외 7인)
(p.89-97, 천재교육, 노태희 외 6인)

[문제 4 출제 의도]

본 모의 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 전반적인 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제 4-1]은 화학 I에서 다루는 원자의 구성 입자와 원자의 현대적 모형 등을 통해 원자의 구조 및 주기적 성질을 이해함으로써, 오비탈이 가지는 의미와 원소의 전자배치의 상관관계에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 또한, 각 원소가 서로 다른 전자배치를 가질 때 상이한 화합 결합과 결정을 생성할 수 있다는 것에 대한 이해도를 묻고자 하였다. 총체적으로, 화학 문제 4-1은 고등학교 교과과정 초반에 배우는 원소 간 결합에 따른 결정구조의 종류에 대한 통합적인 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제 4-2]는 화학 I과 화학 II에서 공통적으로 다루는 화학 평형에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 대부분의 화학 반응이 가역 반응으로 동적 평형 상태에 도달한다는 것을 이해하고, 화학 평형 상태에서의 반응물과 생성물의 양을 평형 상수를 통해 도출해 낼 수 있는지를 알아보하고자 한다. 또한, 반응물 혹은 생성물의 농도 변화를 주었을 경우 평형 이동이 어느 쪽으로 일어나는지 예측할 수 있고, 온도 변화가 없을 경우에는 평형 상수가 일정하다는 것을 이용하여 새로운 평형에 도달하였을 때 각 물질의 농도를 예측할 수 있는지를 묻고자 한다.

2021학년도 중앙대학교

모의논술 예시 답안

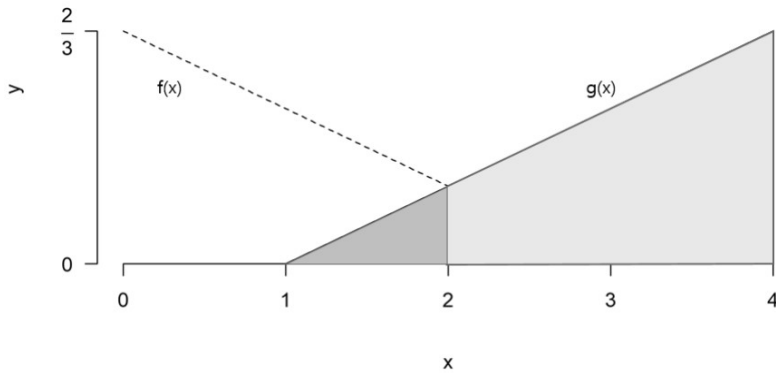
[수학, 문제 1 예시 답안]

▶ 보물을 가지고 있을 사건을 B 라고 표기하고, 특수그룹으로 분류되는 사건을 G 라고 표기하면, 구하고자 하는 확률은 특수그룹으로 분류되었을 때 실제로 보물을 가지고 있을 확률인 $P(B|G)$ 가 된다. 이는 $P(G|B)$, $P(G|B^C)$, $P(B)$ 등을 계산한 후, 해당 확률들로부터 유도될 수 있다.

▶ 보물을 갖고 있는 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B)$:

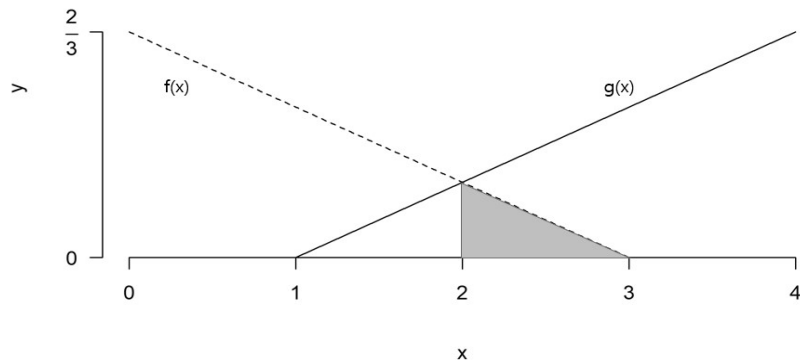
확률변수 X 가 보물을 갖고 있는 사람이 검색대를 통과했을 때, 검색대로부터 측정된 값이라고 할 때, $P(G|B)$ 는 해당 확률변수의 확률밀도함수인 $g(x)$ 의 그래프로부터 $P(2 \leq X \leq 4)$ 로 계산될 수 있다. 이 확률은 아래 그래프에서 하늘색 사다리꼴의 넓이가 되기 때문에, $1 - 1 \times \frac{2}{9} \times \frac{1}{2} = \frac{8}{9}$ 로 계산된다. 이는 $g(x) = \frac{2}{9}x - \frac{2}{9}$, $1 \leq x \leq 4$ 이고,

$g(2) = \frac{2}{9}$ 로부터 계산할 수 있다.



▶ 보물을 갖고 있지 않은 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B^C)$:

확률변수 Y 가 보물을 갖고 있지 않은 사람이 검색대를 통과했을 때, 검색대가 측정된 값이라고 할 때, $P(G|B^C)$ 는 해당 확률변수의 확률밀도함수인 $f(x)$ 의 그래프로부터 $P(2 \leq Y \leq 4)$ 로 계산될 수 있다. 이 확률은 아래 그래프에서 회색 삼각형의 넓이가 되기 때문에, $1 \times \frac{2}{9} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{9}$ 로 계산된다.



▶ 임의의 사람이 특수그룹에 속하게 될 확률인 $P(G)$ 는

$$P(G) = P(G \cap B) + P(G \cap B^C) = P(G|B)P(B) + P(G|B^C)P(B^C)$$

로 구할 수 있고, 이는 $\frac{8}{9} \times \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \times \frac{8}{9} = \frac{16}{81}$ 이 된다.

▶ 따라서 특수그룹에 속한 사람이 실제로 보물을 갖고 있을 확률은 다음과 같다.

$$P(B|G) = \frac{P(G \cap B)}{P(G)} = \frac{P(G|B)P(B)}{P(G)} = \frac{8/81}{16/81} = \frac{1}{2}$$

[문제 1 채점 기준]

1. 보물을 갖고 있는 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
2. 보물을 갖고 있지 않은 사람이 특수그룹으로 분류될 확률 $P(G|B^C)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
3. 임의의 사람이 특수그룹에 속하게 될 확률인 $P(G)$ 를 올바르게 계산한 경우: +5점
4. 위 1, 2, 3의 결과로부터 최종 결과를 올바르게 유도한 경우: +5점

[수학, 문제 2-1 예시답안]

적분함수를 $\frac{1+2e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} = 1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해한 후, 제시문 (가)를 이용하여 적분하여 $x - \ln(1+e^x+e^{-x}) + C$ 를 얻는다. 제시문 (나)를 이용하여 정적분을 계산하여 정답 2를 얻는다.

[문제 2-1 채점기준]

- $1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해하면 +5점
- 정적분을 계산하여 $x - \ln(1+e^x+e^{-x}) + C$ 를 얻으면 +3점
- 정답을 얻으면 +2점

[별해1]

적분을 $\frac{1+2e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} = 1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해한 후, 두 번째 함수가 좌함수임을 이용하여 $\int_{-1}^1 \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}} dx = 0$ 을 얻는다. 1을 적분하여 정답 2를 얻는다.

[문제 2-1 채점기준]

- $1 - \frac{e^x - e^{-x}}{1+e^x+e^{-x}}$ 로 분해하면 +5점
- 두 번째 함수가 좌함수임을 이용하여 정적분을 계산하고 정답을 얻으면 +5점

[별해2]

$u = e^{-x}$ 로 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{2u+1}{u^2+u+1} du$ 를 얻고, 다시 $v = u^2 + u + 1$ 로 치환하여,

$$\int_{e^{-2}+e^{-1}+1}^{e^2+e+1} \frac{1}{v} dv = \ln\left(\frac{e^2+e+1}{e^{-2}+e^{-1}+1}\right) = \ln(e^2) = 2 \text{를 구한다.}$$

[별해2 - 채점기준]

- 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{2u+1}{u^2+u+1} du$ 를 얻으면 +5점 ($u = e^{-x}$ 치환시도+2)
- 치환하여 $\int_{e^{-2}+e^{-1}+1}^{e^2+e+1} \frac{1}{v} dv$ 를 얻으면 +3점
- 최종적으로 답을 얻으면 +2점

[별해3]

$u = e^x$ 로 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{u+2}{u(u^2+u+1)} du$ 를 얻는다. 적분함수를 $\frac{2}{u} - \frac{2u+1}{u^2+u+1}$ 로 분해한 후 적분하여, $(2\ln u - \ln(u^2+u+1))\Big|_{e^{-1}}^e = 2$ 를 구한다.

[별해3 - 채점기준]

- 치환하여 $\int_{e^{-1}}^e \frac{u+2}{u(u^2+u+1)} du$ +3점 ($u = e^x$ 치환시도+2)
- $\frac{2}{u} - \frac{2u+1}{u^2+u+1}$ 로 분해하면 +5점
- 최종적으로 답을 얻으면 +2점

[수학, 문제 2-2 예시답안]

주어진 식에 x 대신 $\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$ 를 대입하여 $f(\cos x) + 2f(\sin x) = 3\sin x \cos x$ 를 얻는다.
 $A = f(\cos x)$, $B = f(\sin x)$ 로 두고 A 와 B 에 대한 연립방정식을 풀어,

$A = f(\cos x) = \sin x \cos x$ 를 얻는다. 구간 $[0, 1]$ 에서 $\sin x = \sqrt{1 - \cos^2 x}$ 이므로 $t = \cos x$ 로 두면, $f(t) = t\sqrt{1-t^2}$, 즉 $f(x) = x\sqrt{1-x^2}$ 이다. 미분을 하여 식 $f'(x) = \frac{1-2x^2}{\sqrt{1-x^2}} = -1$ 를 풀어 접선의 접점의 좌표 $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$ 를 구하고, 접선의 방정식 $y = -x + \frac{3\sqrt{3}}{4}$ 을 얻는다.

[문제 2-2 채점기준]

- 삼각부등식의 성질을 이용하여 $f(\cos x) + 2f(\sin x) = 3\sin x \cos x$ 를 얻으면 +6점
- 연립방정식을 풀어 $f(\cos x) = \sin x \cos x$ 또는 $f(\sin x) = \sin x \cos x$ 를 얻으면 +3점
- $f(x) = x\sqrt{1-x^2}$ 를 얻으면 +3점
- 미분을 하여 접선을 구하면 +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.

[수학, 문제 3-1 예시답안]

두 직선 $x + 2y + 1 = 0$, $2x + y - 2 = 0$ 으로부터 같은 거리에 있는 점 $P(x, y)$ 가 나타내는 도형은 이 두 직선의 각의 이등분선이다. 점 $P(x, y)$ 가 나타내는 도형의 방정식은

$$\frac{|x + 2y + 1|}{\sqrt{1^2 + 2^2}} = \frac{|2x + y - 2|}{\sqrt{2^2 + 1^2}}$$
 에서 직선 $x - y - 3 = 0$ 또는 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 임을

알 수 있다. 따라서 문제에서 주어진 두 원의 중심은 모두 직선 $x - y - 3 = 0$ 위에 있거나 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있다. 한편, 두 직선 $x + 2y + 1 = 0$, $2x + y - 2 = 0$ 은 좌표평면을 네 개의 영역으로 분할하고, 점 $(-2, 3)$ 은 두 부등식 $x + 2y + 1 > 0$, $2x + y - 2 < 0$

을 동시에 만족하는 영역에 속한다. 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위의 한 점 $\left(\frac{1}{3}, 0\right)$ 이 이 두 부등식을 만족하므로 두 원의 중심은 모두 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있다. 점 $(-2, 3)$ 과 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 사이의 거리는 $\frac{|-6 + 9 - 1|}{\sqrt{3^2 + 3^2}} = \frac{\sqrt{2}}{3}$ 이고 두 원의 공통현의 길이의

반이다. 따라서 공통현의 길이는 $\frac{2\sqrt{2}}{3}$ 이다.

[문제 3-1 채점기준]

- 직선 $x - y - 3 = 0$ 와 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 을 얻으면 +4점.
- 두 원의 중심이 모두 직선 $3x + 3y - 1 = 0$ 위에 있음을 보이면 +2점.
- 공통현의 길이 $\frac{2\sqrt{2}}{3}$ 를 구하면 +4점.

[수학, 문제 3-2 예시답안]

$x^2 + (y-t)^2 = 2$ 이 직선 $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} - 1 = 0$ 에 접하므로 $\sqrt{2} = \frac{\left| \frac{t}{b} - 1 \right|}{\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}}}$ 에서

$a = \frac{\sqrt{2}b}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 를 얻는다. 삼각형의 넓이는 $ab = \frac{\sqrt{2}b^2}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 으로 b 에 관한 함수

$f(b)$ 로 표현할 수 있다. $f'(b) = \frac{\sqrt{2}b(b^2 - 3tb + 2t^2 - 4)}{\sqrt{((b-t)^2 - 2)^3}}$ 이고

$b > t + \sqrt{2} > 0$ 이므로 $f'(b) = 0$ 을 풀면 $b = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 이다. 삼각형의 넓이를 최소

로 하는 a, b 의 값을 각각 $a(t), b(t)$ 라 하면, $A(t) = a(t)b(t)$ 이고, $f(b)$ 의 증가와 감소를

조사하여 $b(t) = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 임을 알 수 있다. $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{b(t)}{t} = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2t} = 2$ 이므로

$\lim_{t \rightarrow \infty} a(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{2}b(t)}{\sqrt{(b(t)-t)^2 - 2}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{2} \frac{b(t)}{t}}{\sqrt{\left(\frac{b(t)}{t} - 1\right)^2 - \frac{2}{t^2}}} = 2\sqrt{2}$ 이어서

$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A(t)}{t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \left(a(t) \cdot \frac{b(t)}{t} \right) = 4\sqrt{2}$ 이다.

[문제 3-2 채점기준]

- 관계식 $a = \frac{\sqrt{2}b}{\sqrt{(b-t)^2 - 2}}$ 를 찾으면 +5점.
- $b(t) = \frac{3t + \sqrt{t^2 + 16}}{2}$ 을 찾으면 +5점.
- $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{A(t)}{t} = 4\sqrt{2}$ 를 찾으면 +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.

[생명과학, 문제 4-1 예시답안]

- ▶ 제시문 (가), (나)에 의해 체성 신경계는 골격근을 자율 신경계는 내장 기관을 조절하고 있고, 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경으로 나눌 수 있음을 확인 할 수 있다. 또한 교감 신경과 부교감 신경 모두 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 신경 전달 물질로 아세틸콜린을 분비하고, 신경절 이후 표적 기관 직전의 시냅스에서는 노르에피네프린과 아세틸콜린을 서로 다르게 분비함을 찾아 낼 수 있다.
- ▶ 주어진 실험 결과 도표를 해석하여 환자의 증상이 근육 세포와 심장 박동 수에 문제가 있음을 확인할 수 있고, 근육 세포의 수축은 운동 신경이 조절하고 심장 박동 수 조절은 교감 신경과 부교감 신경이 조절할 것임을 알 수 있다. 제시문 (나)를 통해 교감 신경이 활성화 되면 심장 박동 수가 증가 되고, 부교감 신경이 활성화 되면 심장 박동 수가 감소 한다는 정보를 확인할 수 있다.
- ▶ 환자 A는 근육 수축과 심장 박동 수가 증가하는 증상이 있으나 신경 말단에서 분비된 아세틸콜린과 노르에피네프린의 농도는 정상인과 같다. 근육 수축 이상은 운동 신경 문제이고, 심장 박동 수가 증가한 것은 심장 박동 수를 줄이는 부교감 신경에 문제가 있음을 추론 할 수 있다. 그러나 신경 말단에서 분비된 아세틸콜린 농도는 정상인과 동일한 것으로 미루어, 제시문 (다)에 근거하여 환자 A는 근육과 심장에 있는 아세틸콜린 리셉터에 이상이 있음을 추론해 볼 수 있다.
- ▶ 환자 B는 정상인과 비교하여 근육 수축은 정상이나 심장 박동 수가 감소되어 있는 것으로 미루어, 심장 박동 수를 증가 시키는 교감 신경에 문제가 있음을 알 수 있다. 교감 신경의 노르에피네프린이 소량 분비된 것으로 미루어 신경절 이전 뉴런의 아세틸콜린 분비는 정상이고, 신경절 후 뉴런의 노르에피네프린 생성이나 분비에 문제가 있음을 제시문 (나), (다)를 근거로 추론할 수 있다.

[문제 4-1 채점기준]

1. 환자 A에서 두 신경전달 물질의 농도에는 문제가 없음을 서술하고, 심장 박동 수 증가가 교감 신경 문제임을 발견하면, +2점
2. 환자 A에서 심장 박동 수 증가와 근육 수축 이상이 제시문 (다)를 이용하여 아세틸콜린 리셉터에 문제가 있음을 추론하면, +3점
3. 환자 B에서 노르에피네프린의 농도에 문제가 있음을 서술하고, 심장 박동 수 감소가 교감 신경 문제임을 발견하면, +2점
4. 노르에피네프린이 소량 분비하고 있는 현상을 바탕으로 신경절 이전 뉴런의 아세틸콜린 생성 및 분비는 정상이고, 노르에피네프린의 생성 및 분비에 문제가 있음을 제시하면, +3점

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점10점 이내에서 ± 0.5점 추가 점수 부여 가능함.

[생명과학, 문제 4-2 예시답안]

- ▶ [실험 결과]에 따르면 바이러스 주입 1일 후 바이러스 P의 혈중 농도는 생쥐 M과 N에서 차이가 없지만, 주입 5일 후에는 혈중 바이러스 P의 농도가 생쥐 M에 비해 생쥐 N에서 높음을 알 수 있다. 이는 제시문 (라)에 의해 생쥐 M의 면역반응이 N에 비하여 높음을 유추할 수 있고, 이를 통해 생쥐 M에 주입된 백혈구의 면역활성이 생쥐 N에 주입된 백혈구보다 높음을 추론할 수 있다.
- ▶ 제시문 (마)에서 보조 T 림프구는 B 림프구의 분화를 촉진하여 B 림프구가 형질세포와 기억세포로 분화를 유도하여 항원의 제거를 촉진하기 때문에 M에 주입된 백혈구가 정상생쥐로부터 분리된 백혈구이고, N에 주입된 백혈구가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐로부터 분리된 백혈구임을 추론할 수 있다. 따라서, 생쥐 M이 정상생쥐이고, 생쥐 N은 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐이다.
- ▶ [자료]에서 생쥐 M과 N은 선천적으로 B 림프구가 결핍된 생쥐이므로 생쥐 M과 N에서 생성되는 항체는 주입된 백혈구에 포함되어 있는 B 림프구에 의해 결정된다. 생쥐 M에 주입된 백혈구는 보조 T 림프구가 존재하는 정상 생쥐 X로부터 분리된 백혈구이므로, 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐 Y로부터 분리된 백혈구에 비하여 많은 기억세포 및 형질세포를 포함하고 있음을 제시문을 통해 추론할 수 있다. 따라서 생쥐 N에 비해 생쥐 M에서 병원체 P에 대한 항체의 농도가 높을 것이다.

[문제 4-2 채점기준]

1. 실험의 결과를 분석하여 생쥐 Y가 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐임을 제시하면, +6점
2. 보조 T 림프구의 결핍된 생쥐 X에서 분리한 백혈구의 면역활성이 생쥐 Y에서 분리한 백혈구에 비해 높음을 설명하면, +4점
3. 생쥐 M과 N 중 생쥐 M의 항체 농도가 높음을 제시하면 +4점
4. 생쥐 M과 N은 B 림프구가 선천적으로 결핍된 생쥐이기 때문에 항체 농도는 주입된 백혈구에 포함된 B 림프구에 의해 결정됨을 설명하면 +3점
5. 생쥐 M과 N의 항체 농도의 차이가 보조 T 림프구의 결핍과 관계가 있음을 설명하면 +3점

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 0.5점 추가 점수 부여 가능함.

[물리, 문제 4-1 예시답안]

- ▶ 진자의 추가 가지는 처음 퍼텐셜 에너지는 $E_p = Mgh$ 이다.
- ▶ 단진자의 추가 높이 0인 지점에 다다랐을 때 추의 속도를 u 라 하면, 진자의 추가 가지는 운동 에너지는 $E_k = \frac{1}{2}Mu^2$ 이다.
- ▶ 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 속도 u 를 구하면 $u = \sqrt{(2gh)}$ 이다.
- ▶ 단진자의 추가 질량이 m 인 물체와 충돌할 때 충돌 전 두 물체의 운동량의 합과 충돌 후 두 물체의 운동량의 합은 같다. 충돌 후 진자의 추가 가지는 속도를 u' 이라고 할 때, 운동량 보존 법칙에 따라 $Mu = Mu' + mv$ 이고 $u' = u - \frac{m}{M}v$ 이다.
- ▶ $u > \frac{m}{M}v$ 인 경우 u' 이 양의 값을 가지므로 충돌 후 진자의 추는 질량이 m 인 물체와 같은 방향으로 움직이고, $u < \frac{m}{M}v$ 인 경우 u' 이 음의 값을 가지므로 진자의 추는 충돌 후 되돌아 올라간다.
- ▶ 충돌 후 진자의 운동은 역학적 에너지가 보존되므로, 진자가 올라갈 수 있는 최대 높이 h' 은 $Mgh' = \frac{1}{2}Mu'^2$ 식으로부터 구할 수 있고 앞서 구한 u' 을 식에 대입하여 정리하면 $h' = \frac{1}{2g} \left(\sqrt{2gh} - \frac{m}{M}v \right)^2$ 이다.

[문제 4-1 채점기준]

- 단진자의 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지를 바르게 기술하면 **+3점**
 - 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 충돌 전 추의 속도를 바르게 기술 하면 **+3점**
 - 운동량 보존 법칙으로부터 충돌 후 추의 속도를 바르게 기술 하면 **+3점**
 - 충돌 후 단진자가 가지는 속도로부터 단진자의 운동 방향을 논리적으로 바르게 기술 하면 **+3점**
 - 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 충돌 진자의 추가 올라갈 수 있는 최대 높이를 바르게 기술하면 **+3점**
- ※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음.
- ※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

[물리, 문제 4-2 예시답안]

- ▶ 물체가 A에서 B로 미끄러져 내려온 후 운동 에너지는 퍼텐셜 에너지와 같다. 따라서 물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g 라 할 때, 속력 v 는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \quad \therefore v = \sqrt{2gh}$$

- ▶ 물체가 B에서 비스듬히 던져질 때 수평면과의 각을 θ 라고 하면, 다음을 얻는다.

$$\cos\theta = \frac{h}{r}, \quad \sin\theta = \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}$$

- ▶ 비스듬히 던져진 물체는 포물선 운동을 하며, 수직 방향 초기 속력 $v\sin\theta$ 를 고려할 때 처음 높이로 돌아올 때까지 소요되는 시간은 다음과 같다.

$$0 = v\sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t = \frac{2v\sin\theta}{g}$$

- ▶ 수평 방향 속력 $v\cos\theta$ 에 시간을 곱하여 수평 도달 거리를 구하면 다음과 같다.

$$s = v\cos\theta \times \frac{2v\sin\theta}{g} = \frac{2v^2\sin\theta\cos\theta}{g} = \frac{4h^2}{r} \cdot \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}$$

- ▶ s 가 최대인 상황은 $ds/dh = 0$ 이므로 이를 정리하면 다음의 식을 얻는다.

$$\frac{ds}{dh} = \frac{4}{r} \left\{ \frac{2h - \frac{3h^3}{r^2}}{\sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}} \right\} = 0 \quad \therefore h = \sqrt{\frac{2}{3}} \times r$$

- ▶ 이 값을 대입하면 최대 수평 도달 거리는 $s = \frac{8}{3\sqrt{3}} \times r$.

[문제 4-2 채점기준]

- B 지점에서 속력을 역학적 에너지 보존 법칙을 통해 바르게 구하면 **+3점**
- B 지점에서 비스듬히 던져질 때 수평면과 이루는 각과 h 의 관계식을 바르게 구하면 **+3**
- 수평 도달 거리 s 를 h 의 식으로 바르게 나타내면 **+3점**
- s 를 h 로 미분하여 최대 도달 거리가 되는 h 를 바르게 구하면 **+3점**
- 최대 도달 거리 s 를 바르게 구하면 **+3점**

※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음.

※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).

[화학, 문제 4-1 예시답안]

- ▶ A의 원자가 전자가 3s 오비탈에 있으며 원소 A가 물과 반응하여 수소기체를 발생시키는 반응을 통하여 A가 3주기 1족 또는 2족 원소, 즉, Na이나 Mg이라는 것을 유추할 수 있는데, A의 순차 이온화 에너지가 $E_1 \ll E_2$ 이므로 1족 원소임을 알 수 있다. 따라서 두 조건을 모두 충족하는 원소는 Na이라는 것을 알 수 있다.
- ▶ 이온 A와 이온 B의 총 전자수가 동일하므로 Na의 전자배치 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 로부터 Na^+ 전자배치 $1s^2 2s^2 2p^6$ 를 알 수 있고, 이와 총 전자수가 동일한 음이온 B가 F^- , O^{2-} , N^{3-} 중 하나라는 것을 유추할 수 있다. F^- , O^{2-} , N^{3-} 의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 로 모두 동일하다.
- ▶ 이온 A와 이온 B가 A_xB_y 의 이온결정을 생성하며, 이 결정은 면심 입방 구조를 가지므로 A^+ 는 6개의 음이온 B로 둘러 싸여 있고, 각 음이온 B는 6개의 A^+ 로 둘러 싸여 있다. 따라서 “ $A^+ : \text{음이온 B} = 1 : 1$ ”의 비를 알 수 있고, A가 Na^+ 임을 알고 있으므로, F^- , O^{2-} , N^{3-} 중 Na^+ 와 1 : 1의 결합을 할 수 있는 음이온 B는 F^- 임을 알 수 있다. 따라서, x와 y가 모두 1임을 알 수 있고, 최종 이온결정은 NaF이다.

(유사 답안) 단위세포 당 입자 수 B는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 개이고, 단위세포 당 입자 수 A는 $\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$ 이다. 따라서 $A : B = 1 : 1$ 의 결합수를 가지는 것은 NaF이다.

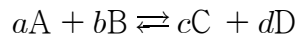
[문제 4-1 채점기준]

1. 오비탈과 이온화 에너지의 상관관계를 이해하고 원소 A가 Na인 것을 바르게 유추하면 **+4 점**
2. 총 전자수가 동일하다는 것을 이해하고 이온 B가 F^- , O^{2-} , N^{3-} 라는 것을 바르게 유추하면 **+3점**
3. 면심 입방 구조를 바르게 이해하고 $A : B = 1 : 1$ 임을 바르게 구하여, A_xB_y 가 NaF임을 바르게 도출하면 **+3점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[화학, 문제 4-2 예시답안]

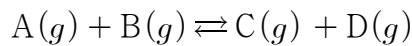
▶ <그림 1>에서 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



<그림 2>를 보면 A가 1몰, B가 1몰 감소할 때, C가 1몰 증가하기 때문에, $a : b : c = 1 : 1 : 1$ 이라는 것을 알 수 있다. <그림 2>와 문제의 조건을 보면 평형 상태에서의 A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하고, 이때의 평형 상수가 1이므로 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} = \frac{\left(\frac{1\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^a \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^d}{\left(\frac{1\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^a \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^a} = \left(\frac{2\text{몰}}{11.2\text{L}}\right)^{d-a} = 1 \quad \therefore d = a$$

따라서 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 화학 반응식은 다음과 같다.



▶ 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, C가 1몰 생성될 때 D도 1몰 생성된다는 것을 알 수 있다. C가 1몰 생성될 때 D가 생성된 양은 $2 - x$ 몰이므로, D의 초기 몰수는 x 는 1몰이다.

▶ A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하는 평형 I 상태에서 C를 1몰 첨가하면 평형이 이동하여 새로운 평형 상태(평형 II)가 된다. 생성물인 C가 첨가되면 평형은 역반응이 우세한 방향으로 이동하기 때문에 C가 k 몰이 감소된다고 가정하자. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 II 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $1+k$, B는 $2+k$, C는 $1+1-k$, D는 $2-k$ 가 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(2-k)\text{몰}}{11.2\text{L}} \frac{(2-k)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(1+k)\text{몰}}{11.2\text{L}} \frac{(2+k)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{k^2 - 4k + 4}{k^2 + 3k + 2} = 1 \quad \therefore k = \frac{2}{7}$$

따라서, 평형 II에서의 D의 몰수는 $2 - k = \frac{12}{7}$ 몰이 된다.

▶ C가 $\frac{12}{7}$ 몰인 평형 II 상태에서 C를 1몰 다시 첨가하게 되면 평형이 또 다시 이동하게 되는데, 이는 A가 1몰, B가 2몰, C가 1몰, D가 2몰 존재하는 평형 I 상태에서 C를 2몰 첨가하는 경우와 상황이 같다. 평형 I 상태에서 생성물인 C를 2몰 첨가하게 되면 평형은 역반응으로 이동하기 때문에 C가 l 몰 감소하여 새로운 평형(평형 III)에 도달한다고 가정할 수 있다. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 III 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $1+l$, B는 $2+l$, C는 $1+2-l$, D는 $2-l$ 이 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한

다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(3-l)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2-l)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(1+l)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(2+l)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{l^2 - 5l + 6}{l^2 + 3l + 2} = 1 \quad \therefore l = \frac{1}{2}$$

따라서, 평형 Ⅲ에서의 D의 몰수는 $2-l = \frac{3}{2}$ 몰이 된다.

(유사 답안) 평형 Ⅱ 상태에서의 각 물질의 몰수는 A는 $\frac{9}{7}$, B는 $\frac{16}{7}$, C는 $\frac{12}{7}$, D는 $\frac{12}{7}$ 가 되므로, 이 상태에서 생성물인 C를 1몰 추가하게 되면 평형은 역반응으로 이동하여 C가 m 몰 감소하여 새로운 평형(평형 Ⅲ)에 도달한다고 가정할 수 있다. 반응 계수의 비가 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 이므로, 평형 Ⅲ 상태에서 각 물질의 몰수는 A는 $\frac{9}{7} + m$, B는 $\frac{16}{7} + m$, C는 $\frac{12}{7} + 1 - m$, D는 $\frac{12}{7} - m$ 이 된다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 1로 같기 때문에 다음의 식이 성립한다.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{(\frac{19}{7} - m)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(\frac{12}{7} - m)\text{몰}}{11.2\text{L}}}{\frac{(\frac{9}{7} + m)\text{몰}}{11.2\text{L}} \cdot \frac{(\frac{16}{7} + m)\text{몰}}{11.2\text{L}}} = \frac{49m^2 - 217m + 228}{49m^2 + 175m + 144} = 1 \quad \therefore m = \frac{3}{14}$$

따라서, 평형 Ⅲ에서의 D의 몰수는 $\frac{12}{7} - m = \frac{3}{2}$ 몰이 된다.

[문제 4-2 채점기준]

1. 문제에서 주어진 화학 반응식의 반응 계수 $a : b : c : d = 1 : 1 : 1 : 1$ 을 보이고 화학 반응식을 완성하면 **+5점**
2. 기체 D의 초기 몰수 x 가 1몰임을 보이면 **+5점**
3. 평형 Ⅱ에 도달하였을 때 기체 D의 몰수가 $\frac{12}{7}$ 몰이라고 바르게 구하면 **+5점**
4. 평형 Ⅲ에 도달하였을 때 기체 D의 몰수가 $\frac{3}{2}$ 몰이라고 바르게 구하면 **+5점**

※ 계산을 잘못하면 -1 점.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20 점 이내에서 ± 2 점 추가 점수 부여 가능함.