5 일반전형 자연계열(화학) 논술고사

5.1 일반전형 자연계열(화학) 논술고사 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학)	
출제 범위	고등학교 과목명	화학Ⅰ, 화학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	분자, 원자 반지름, 전기 음성도, 분자 간 상호작용, 엔탈피, 자발성, 엔트로피, 자유 에너지, 화학 평형, 평형의 이동, 화학 전지, 전기 분해, 반응 속도
예상 소요 시간	60분	

5.2 일반전형 자연계열(화학) 논술고사 기출문제

[첨부 파일 참조]

5.3 출제의도 및 문제분석

[출제 의도]

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기초 정보들을 바탕으로 일상적으로 접할 수 있는 화학 반응의 원리를 이해하고 해석하는 능력을 평가하고자 하였다. 제시문의 자료와 화학 반응들은 모두 고등학교 교과서에서 발췌하였으며 교과서 내의 핵심 개념들을 바탕으로 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 하였다. 또한 실험 학습의 중요성을 강조하기 위해 기본적인 안전수칙에 대한 문제를 출제하였다.

[제시문, 문항 분석 및 교과과정과의 연계성]

[제시문]

● 제시문 (가)

실생활에서 쉽게 접할 수 있는 산화-환원 반응들의 예를 제시하였다.

(화학 I, II) 교과 연계성: 화학의 언어, 닮은꼴 화학 반응, 화학평형

● 제시문 (나)

산화-환원 반응에서의 전지 전위의 개념을 설명하고 관련 자료를 제시하였다.

(화학 I, II) 교과 연계성: 닮은꼴 화학반응, 화학평형

● 제시문 (다)

반응의 자발성과 관련된 자유 에너지의 기본개념 및 자유 에너지와 전지 전위와의 상관 관계를 설명하였다.

(화학 I, II) 교과 연계성: 닮은꼴 화학반응, 물질 변화와 에너지, 화학평형

● 제시문 (라)

할로젠 원소로 이루어진 분자들의 일반적인 특성을 설명하고 이 중 아이오딘 분자의 성질과 실생활에서의 사용 예를 제시하였다.
(화학 I, II) 교과 연계성: 개성 있는 원소, 닮은꼴 화학 반응, 다양한 모습의 물질

● 제시문 (마)
탄산수소나트륨이 실생활에서 쓰이는 대표적인 두 가지 사용 예 (베이킹소다, 제산제)와 관련 화학 반응을 제시하였다.
(화학 I, II) 교과 연계성: 화학의 언어, 닮은꼴 화학 반응, 물질 변화와 에너지, 화학 평형

● 제시문 (바)
친환경 에너지인 수소 생산 과정에서 중요한 일산화탄소와 수증기의 반응을 제시하였다.
(화학 I, II) 교과 연계성: 화학의 언어, 화학평형, 화학 반응 속도

● 제시문 (사)
앞의 제시문들에서 언급된 화합물들의 생성열 자료를 제시하였다.
(화학 II) 교과 연계성: 물질 변화와 에너지

[문항분석]

● 문제 [1]
할로젠 원소의 주기적 성질에 기초하여 할로젠 분자들의 특성의 차이 및 분자 사이에 작용하는 힘을 이해하는지 평가한다.
1) 같은 족에 속한 원소들의 주기적 성질 (전기음성도, 원자 반지름)을 이해해야 함.
2) 분산력의 원인과 분자량과의 관계를 이해해야 함.

(화학 I) 교과 연계성:
- 개성 있는 원소, 닮은꼴 화학 반응
(화학 II) 교과 연계성:
- 다양한 모습의 물질

● 문제 [2]
산화-환원 반응의 전지 전위와 자유 에너지의 관계를 이용하여 전기 분해에서 일어나는 반응을 예측할 수 있는지 평가한다.
1) 제시문 [다]를 바탕으로 전지 전위와 자유 에너지의 관계를 이해해야 함.
2) 제시문 [나]의 각 반응의 전위차를 비교하여 경쟁하는 반응 중 실제로 일어나는 반응을 바르게 예측해야 함.

(화학 I) 교과 연계성:
- 닮은꼴 분자 반응

(화학 II) 교과 연계성:
- 물질 변화와 에너지, 화학 평형

● **문제 [3]**

탄산수소나트륨 열분해 반응의 엔탈피 변화, 엔트로피 변화, 자유 에너지 변화를 이해하고 이를 바탕으로 반응의 자발성을 바르게 예측할 수 있는지 평가한다.
1) 제시문 [마]의 내용을 통해 엔탈피 변화, 엔트로피 변화의 부호를 유추해야 함.
2) 제시문 [바]의 내용과 연계하여 자유 에너지 변화가 온도에 따라 어떻게 달라지는지 유추할 수 있어야 함.
(화학 I) 교과 연계성:
- 화학의 언어
(화학 II) 교과 연계성:
- 물질 변화와 에너지

● **문제 [4]**

기체의 발생이 함께 일어나는 중화 반응의 특성을 이해하고 실제 실험 학습에서 중요한 안전 수칙들을 설명할 수 있는지 평가한다.
1) 제시문 [마]의 설명을 통해 중화열과 기체가 발생하는 반응임을 이해해야 함.
2) 반응의 특성을 고려한 안전 수칙을 유추하고 일반적인 실험 안전 수칙을 숙지해야 함.

(화학 I) 교과 연계성:
- 화학의 언어, 닮은꼴 화학 반응
(화학 II) 교과 연계성:
- 물질 변화와 에너지
(기타) 교과 연계성: 실험시 주의 사항 (화학 I,II 교과서 부록 중 도움 자료), 실험·실습 지도 (과학과 교육과정 중 교수·학습 방법)

● **문제 [5]**

기체 분자들의 동적 평형에 대해 이해하고 압력과 온도에 따른 화학 평형의 이동을 설명할 수 있는지 평가한다. 또한 반응 속도에서 온도와 분자의 운동 에너지와의 상관관계, 활성화 에너지의 개념을 바르게 이해하고 있는지 평가한다.
1) 제시문 [바]의 반응의 특성에 기초하여 화학 평형의 이동을 바르게 예측해야 함.
2) 온도에 따른 기체 분자의 운동에너지 변화 및 활성화 에너지의 개념을 이해해야 함.

(화학 I) 교과 연계성:
- 화학의 언어
(화학 II) 교과 연계성:
- 물질 변화와 에너지, 화학평형, 화학 반응 속도

5.4 일반전형 자연계열(화학) 논술고사 출제 근거

5.4.1 교육과정 근거

적용 교육과정	1. 교육인적자원부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정”
관련 성취기준	[화학Ⅰ]-(1) 화학의 언어 (마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. [화학Ⅰ]-(2) 개성 있는 원소 (마) 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다. [화학Ⅰ]-(4) 닮은꼴 화학반응 (가) 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화·환원 반응임을 이해한다. (마) 산과 염기의 중화 반응을 이해한다. [화학Ⅱ]-(1) 다양한 모습의 물질 (가) 여러 가지 분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계를 안다. (마) 고체의 종류를 설명하고, 금속의 결합 특성과 결정 구조를 설명할 수 있다. [화학Ⅱ]-(2) 물질 변화와 에너지 (가) 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다. (라) 엔트로피의 의미를 정성적으로 설명하고, 고립계에서 자발적 변화와 엔트로피의 관계를 설명할 수 있다. (마) 일정한 온도, 압력에서 자유 에너지의 의미를 정성적으로 이해하고, 자유 에너지가 줄어드는 방향으로 자발적 변화가 일어남을 설명할 수 있다. (바) 온도에 따라 자발적 변화의 방향이 달라질 수 있다는 사실을 통해서 온도에 따른 물질의 상변화를 설명할 수 있다. [화학Ⅱ]-(3)화학 평형 (다) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다. (아) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다. (자) 자유 에너지를 통해 산화-환원 반응의 전위차를 설명할 수 있다. [화학Ⅱ]-(4) 화학 반응 속도 (라) 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. (마) 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다. [화학Ⅰ], [화학Ⅱ] - 라. 실험·실습 지도 (2) 실험을 하기 전에 실험실 안전 수칙을 확인하여 준수하고, 사고 발생 시 대처 방안을 미리 수립한다. 특히 파손되기 쉬운 실험 기구, 가열 기구 등을 다룰 때 주의할 사항을 사전에 충분히 지도하여 사고가 발생하지 않도록 한다.

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	박종석	교학사	2011	39, 96, 102, 107, 110, 172, 192, 241~242, 244, 271~273
	화학 I	노태희	천재교육	2011	43, 108, 114, 116, 230, 250~252
	화학 I	류해일	비상교육	2011	104, 107~109, 113, 192, 204, 220~221, 250
	화학 I	김희준	상상아카데미	2011	95~97, 103~104, 199, 201, 224
	화학 II	박종석	교학사	2011	17~18, 42, 87, 91~92, 115~118, 151~155, 213~216, 253
	화학 II	노태희	천재교육	2011	14~17, 46, 88, 92, 115, 118~119, 124, 143~146, 184~186, 188, 191~194, 253~254
	화학 II	류해일	비상교육	2012	14~15, 40, 88~89, 111, 112, 114, 143~146, 179, 201~206, 223~224, 228~229
	화학 II	김희준	상상아카데미	2012	17~18, 53, 85, 89~91, 109~112, 138~140, 189~194, 222~224
기타	EBS수능특강 화학 I		EBS	2016	22, 182
	EBS수능특강 화학 II		EBS	2016	6~7, 21~22, 70~71, 98~99, 122~123, 156, 184

5.5 일반전형 자연계열(화학) 논술고사 고교교사 검토의견

● **출제참여 고교교사 의견**

[고교교육과정 내 출제 범위에 대한 의견]

- **고교교사A :** 제시문 [가]~[사]는 문항 해결을 위한 핵심 개념으로 대부분의 교과서에서 공통적으로 수록된 내용을 발췌하여 인용하고 있다. 제시문[바]의 화학반응식은 한개 교과서에서만 수록되어 학생들이 다소 생소하게 느낄 수 있으나, [바]를 활용해 해결해야 하는 [문항5]는 화학반응에서 평형이동과, 온도에 따른 반응속도 변화를 설명할 수 있는 지를 평가하는 문항으로 교육과정 내 내용영역에 해당한다.

  모든 문항과 답안 또한 교육과정 내 개념과 원리에 대한 이해를 바탕으로 철저하게 교육과정 내에서 출제되었다.

  [문항4]는 반응열과 중화반응에 대한 개념 이해를 바탕으로 실험실 안적 수칙을 준수할 수 있는지 여부를 평가하는 문항이다. 수학능력 평가와 일선학교의 정기고사는 이론에 치우친 평가를 하는 반면, 실험 실습 과정과 관련된 이러한 문항은 공교육 정상화 과정에 기여할 수 있는 좋은 문항으로 생각된다.

  제시문과 모든 문항에서 사용하는 용어와 단위, 기호 또한 교육과정 내에서 사용하는 것으로 통일되게 나타내고 있다.

[고교교육과정 내 출제 수준에 대한 의견]

- **고교교사A :** 모든 제시문과 문항이 교육과정 내 개념요소와 교과서에서 발췌한 내용으로 구성 되어 있어 학생들이 체감하는 난이도는 어렵지 않을 것이다. 기존 대학수학능력평가에서 다뤄지는 화학평형 단원과 반응 속도 단원은 주로 정량적인 문제 해결력을 요구해, 화학 문항을 해결하기 위해 수준 높은 수학적 사고력을 필요로 해왔다. 하지만 이번 논술형 평가는 주로 개념의 이해와 원리를 바탕으로 복합적인 상황에서 논리적으로 문제를 해결할 수 있는 사고력을 평가하고 있다. 따라서 결과적 지식을 요구하는 선지형 문항에 익숙한 학생들은 답안을 작성하는데 어려움이 있었을 것으로 생각된다. 하지만 주어진 상황에서 문제를 해결하기 위해 교육과정 내 개념을 다양한 방법으로 활용해온 학생들은 보다 쉽게 문항에 접근할 것이다. 즉 문제 풀이에 익숙한 학생이 아니라, 교육과정 내 개념학습을 충실히 하고 실험활동과 과학 글쓰기 등 다양한 수업에 노출된 학생들이 좀 더 수월하게 문제를 해결할 수 있기 때문에 교육과정 정상화에 기여할 수 있을 것이라 생각된다.

● **선행학습 영향평가 위원회 교사위원 검토의견**

[문제 분석]

문항 1은 크게 두 가지를 묻고 있다. 첫째 할로젠 분자들의 산화력의 세기를 비교하고 그렇게 나타나는 이유, 둘째 아이오딘 분자가 결정성 고체를 형성하는 이유다. 산화력의 세기는 제시문 [나]에서 보여주는 표준 환원 전위값을 통해 예측할 수 있으며, 그렇게 나타나는 이유는 원소의 주기적 성질 중 원자 반지름과 전기 음성도 개념을 이용하여 설명할 수 있다. 또한 아이오딘 분자가 결정성 고체를 형성하는 원인은 분자 간 상호작용과 결정 구조로 설명할 수 있다. 문항 1을 해결하기 위한 핵심 개념인 표준 환원 전위, 원자 반지름, 전기 음성도, 분자 간 상호작용과 결정 구조는 모두 화학과 교육과정 내 필수 개념 요소로 모든 교과서에서 공통적으로 언급하고 있다. 이에 교육과정을 충실히 이수하고 교과 개념을 숙지하고 있는 학생은 수월하게 문제를 해결할 수 있었을 것이다. 하지만 결정 구조의 대칭성이 결정성 고체 형성에 영향을 미친다는 사실은 쉽게 찾아내지 못했을 것이다. 교과서에서 각각의 개념을 다루고

는 있지만 수능과 같은 정형화된 문제에서는 언급되지 않는 부분이다. 이에 평소 문제 풀이에 치중하기 보다 개념을 분석하고 서로 다른 개념간의 유기적인 상관관계를 찾을 수 있는 통찰력을 가진 학생에게 유리했으리라 생각된다.

문항 2는 주어진 표준 환원 전위 값을 통해 환원 전극과 산화 전극에서 일어나는 반쪽반응을 예측할 수 있는지 여부를 묻고 있다. 문제 해결을 위한 개념인 표준 환원 전위 값이 가지는 의미와 염화 나트륨($NaCl$)의 전기분해 과정은 산화-환원 단원 내 대부분의 교과서에 수록 되어 있다. 염화 나트륨($NaCl$)과 염화 구리($CuCl_2$) 혼합 수용액에서 전기분해 과정도 표준 환원 전위의 크기 비교를 통해 해결할 수 있는 문항으로 개념 활용 능력이 있는 학생이라면 쉽게 문제를 해결할 수 있었을 것이다.

문항 3은 탄산수소나트륨($NaHCO_3$)의 분해 반응의 자발성을 자유 에너지 변화(ΔG)로 설명 하도록 하고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 ΔG 값의 크기가 갖는 의미를 명확하게 알고 있어야 하는데 이를 제시문 [다]에서 알려주었다. 또한 핵심 개념인 자유 에너지 변화(ΔG), 엔탈피 변화(ΔH), 엔트로피 변화(ΔS)의 관계식도 문제에서 직접 제시해 주었다. 엔트로피 변화(ΔS)는 제시문 [마]에서 보여주는 탄산수소나트륨($NaHCO_3$)의 화학반응식을 통해 예측 가능하도록 했으며, 엔탈피 변화(ΔH)는 제시문 [사]에서 주어진 표준 생성열 값을 통하여 계산할 수 있도록 했다. 이 문항과 관련된 모든 개념 또한 교육과정 범위 내 개념으로 대부분의 교과서에 수록되어 있으며 이러한 유형의 문항들은 수능특강이나 수능에서도 많이 활용되고 있다. 그럼에도 불구하고 제시문과 문항에서 다시 한번 주요 개념을 언급함으로써 보다 수월하게 문제를 해결할 수 있도록 하였다.

문항 4는 실험실 안전 수칙과 중화반응 실험 시 유의사항을 숙지하고 있는지를 평가하고 있다. 고교교육과정에서 중요하게 다뤄지고 있는 학습 활동의 일부이나 정량적인 평가에 활용되지 않아 학생들이 간과하고 있다. 또한 중화반응과 관련된 단원을 수능에서 평가할 때 지나치게 수리적 문제 해결력을 요구하고 있어 이론에 치우친 평가가 되는 경향이 있다. 하지만 이 문항은 학교 현장에서 주도적으로 실험 설계를 하고 탐구 활동을 했는지 여부도 평가할 수 있도록 하고 있다. 이에 교육과정 안에서 안전 수칙을 준수하며 실험을 통해 개념과 원리를 학습한 학생이라면 수월하게 해결할 수 있는 문항으로 사교육을 저해할 수 있는 좋은 문항으로 판단된다.

문항 5는 압력과 온도의 변화가 기체의 평형 이동에 미치는 각각의 영향과, 온도가 반응속도에 미치는 영향을 묻고 있다. 이는 화학Ⅱ 화학평형 단원 전 범위에 걸쳐 모든 교과서에서 언급하고 있는 교육과정 개념이다. 이를 해결하기 위해서는 평형이동과 반응속도에 영향을 미치는 각각의 변인들과의 상관관계를 정확하게 파악하고 있어야 한다. 또한 그러한 관계를 상황에 따라 적용 시킬 수 있는 통합적이고 분석적인 문제 해결력을 필요로 하고 있다. 또한 이와 관련된 유사한 문항들이 수능에서도 다뤄지고 있어 학생들은 낯설게 느끼지 않았을 것이며 생각보다 수월하게 문제를 해결했을 것이다.

[평가]

2017학년도 일반전형 화학문항에서 보여지는 제시문과 문항, 답안 또한 교육과정 내 범위와 수준을 철저히 준수하고 있다. 제시문에 사용된 화학반응식과 용어, 그리고 단위까지 교과서 내에서 일관되게 사용되고 있어 수험생들은 낯설지 않게 느꼈을 것이다. 또한 문항을 해결하기 위한 필수 개념도 제시문에서 대부분 보여주고 있어 체감 난이도 또한 낮았을 것이다.

종합적으로 보면 이번 논술 문항에서는 화학에서 배운 기초 개념을 유기적으로 연계하여 다양한 현상에 적용시킬 수 있는지를 평가하고 있으며 정확한 문제 해결을 위해서 어떤 개념을 적용시켜야 할지 판

단해야 하기 때문에 종합적 사고력과 통찰력 또한 필요로 하고 있다. 또한 실험 요소를 논술문항으로 출제하는 새로운 시도는 교육과정 정상화에 기여할 수 있는 한 단계 앞선 노력으로 보여진다. 최근 논술의 경향성을 보면 개념에 대한 난이도는 낮아지고 있으나 학교 현장에서 이뤄지는 교육활동과 연관성이 높아지고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 변화를 수험생들이 느끼면 학교 수업에서 이뤄지는 개념학습 및 실험과 조사활동, 토론 및 독서활동 등에 주도적으로 참여하는 것이 논술 준비에도 유리하다는 사실을 알게 될 것이다.