[문항정보]

	☑ 논술고사	
전형명	2018 온라인 모의논술고사	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의학계열(화학) / 논제 II-1	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학I
	핵심개념 및 용어	원소의 주기성, 전자 배치, 이온화 에너지
예상 소요 시간	60분	

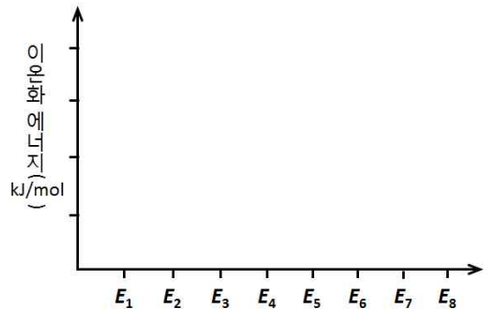
문항 및 제시문

[가]

원자 내에서 원자핵과 전자 사이에는 인력이 작용하므로 전자를 떼어 내려면 에너지가 필요하다. 이처럼 기체 상태의 원자로부터 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 한다. 수소 원자를 제외한 원자에서 전자를 1개 이상 떼어 낼 경우 첫 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제일 이온화 에너지(E_1), 두 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제이 이온화 에너지(E_2), 세 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제삼 이온화 에너지(E_3)라고 한다. 이와 같은 E_1, E_2, E_3, …을 순차적 이온화 에너지라고 한다.

[논제 II-1] 제시문 [가]를 참조하여 다음 질문에 답하시오.

탄소(C)의 순차적 이온화 에너지의 예상되는 경향을 아래의 도표와 같은 형식으로 표현하고, 순차적 이온화 에너지를 이용하여 특정 원자의 원자가 전자의 개수를 알아낼 수 있는 이유에 대해 논술하시오. (10점)



출제 의도

- 원자 모형에 대한 이해를 바탕으로 전자 배치의 주기성에 따른 이온화 에너지의 변화를 예측하고 이를 통해 원자가 전자 개수를 구할 수 있음에 대한 이해 능력을 평가한다.

근거

1. 근거

교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2009-41호[별책9] “과학과 교육과정”
성취기준	1. 교육과정 문서 (2) 개성 있는 원소(96쪽) 원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다. ④ 오비탈과 스핀 개념을 이해하고, 배타 원리, 훈트 규칙, 쌓음 원리를 적용하여 다전자원자의 전자 배치를 설명할 수 있다. ⑤ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.

2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011	111-113
	화학 I	류해일 외	비상교육	2011	110-112
기타					

문항 해설

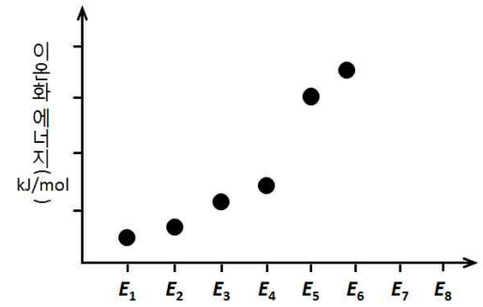
- 이 문항은 원자 모형과 전자 배치를 통해 원소의 주기성에 대한 이해를 전제로 이온화 에너지에 대해 설명하고 있는 제시문을 읽고 그 내용을 바탕으로 원소의 순차적 이온화 에너지와 원자가 전자 개수의 상관관계에 대해 논술하는 문항임.
- 제시문 (가)는 원자 내에서 원자핵과 전자 사이에 존재하는 인력에 의한 이온화 에너지와 다전자 원자의 경우 순차적으로 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지인 순차적 이온화 에너지에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (가)는 고등학교 화학I 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

예시 답안

[II-1]

탄소는 원자 번호가 6번이고 총 6개의 전자를 가지고 있어 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$가 된다.

탄소에서 전자를 하나씩 떼어내게 되면 가장 바깥 전자껍질의 전자부터 떨어지게 된다. 전자를 하나 떼어내고 나면 전자 수에 비해 양성자 수가 더 많게 되어 원자핵과 전자 사이의 인력이 더 커지게 되어 두 번째 전자를 떼어 내는 데에는 더 큰 에너지가 필요하게 되어 순차적 이온화 에너지는 점점 증가하는 경향을 보이게 된다. 탄소의 경우 2주기(L 전자껍질) 전자가 총 4개이고 처음 떼어내는 전자는 p 오비탈의 전자이다. 두 번째 전자도 p 오비탈에서 떼어내게 된다. 세 번째 전자는 p 오비탈보다 에너지가 낮은 s 오비탈에서 전자를 떼어내야 하므로 첫 번째 이온화 에너지와 두 번째 이온화 에너지의 차이보다 큰 에너지 차이가 필요하게 된다. 4개의 전자를 모두 떼어낸 후에는 비활성 기체의 전자 배치를 가지게 되어 추가로 전자를 떼어내는 데에는 그때까지의 이온화 에너지의 증가 경향에 따른 순차적 이온화 에너지 간의 에너지 차이보다 훨씬 더 큰 에너지 차이를 보이게 된다. 따라서 이러한 경향을 그림으로 표현하면 아래와 같다. 그리고 이렇게 큰 에너지 차를 보이기 전까지 떼어낸 전자들은 모두 같은 전자껍질에 속한 전자들이므로 그 개수가 그 원자의 원자가 전자 개수가 된다.



문항 및 제시문

[나]

분자의 구조에 따라 물질의 성질이 다르므로 분자의 모양을 아는 것은 분자의 성질을 이해하는 데 매우 중요하다. 1940년 시지윅은 공유 결합으로 형성된 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 그들 사이의 반발 때문에 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려고 한다는 전자쌍 반발 원리를 제안하였다. 전자쌍 반발 이론은 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 음전하를 띠고 있어서 정전기적 반발력이 최소가 되도록 가능한 한 멀리 떨어지려는 방향으로 배치된다는 것이다.

[다]

원소 기호를 이용하여 복잡한 화합물을 화학식으로 간단하게 나타내듯이, 화학식을 이용하여 화학적 변화를 나타낸 것을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어나도 반응 전후 원자는 새로 생겨나거나 없어지지 않으며, 반응 물질의 원자 수 총합과 생성 물질의 원자 수 총합이 같은 것을 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 화학 변화를 화학식으로 나타낸 화학 반응식을

보면, 화학 반응에 관여하는 물질들의 종류뿐만 아니라 반응물들과 생성물들 사이의 양적 관계인 화학양론(stoichiometry)도 알 수 있다.

[라]
물질에는 원자의 핵이 이루어질 때 축적되는 에너지, 전자의 운동 에너지, 결합 에너지, 분자의 운동 에너지 등이 포함되어 있으며, 물질마다 서로 다른 크기의 에너지를 갖게 된다. 이와 같이, 어떤 물질이 가지고 있는 에너지의 양을 엔탈피라 하고 기호 H로 나타낸다. 즉, 화학 반응에 수반되는 에너지는 반응물과 생성물의 엔탈피 차이라고 할 수 있다. 각 물질의 엔탈피는 정확히 측정하기 어렵지만, 물질 사이의 엔탈피 변화는 열에너지의 형태로 나타나므로 화학 반응에서 출입하는 반응열을 측정하면 엔탈피의 변화를 쉽게 알 수 있다. 일정한 압력에서 화학 반응이 일어날 때 엔탈피 변화를 반응 엔탈피(ΔH)라고 하며, 생성물의 엔탈피의 합에서 반응물의 엔탈피의 합을 뺀 것이다.

[마]
화학 반응에서 출입하는 열에너지 변화, 즉 반응 엔탈피 (ΔH)를 함께 나타낸 화학 반응식을 열화학 반응식이라고 한다. 열화학 반응식은 다음 몇 가지 규칙을 따라야 한다. 첫째, 열화학 반응식에 나타낸 계수의 비는 반응 물질과 생성 물질의 몰수비이다. 둘째, 반응 물질과 생성 물질이 가지는 엔탈피는 상태에 따라 달라지므로 반드시 물질의 상태, 즉 고체(s), 액체(l), 기체(g) 및 수용액(aq) 등을 화학식과 함께 표시한다. 셋째, 엔탈피의 값은 온도와 압력에 따라 달라지므로 열화학 반응식을 쓸 때에는 온도와 압력 등 반응 조건을 표시해야 한다. 넷째, 엔탈피는 몰수에 비례하므로 열화학 반응식의 계수가 변하면 엔탈피의 크기도 변한다.

[바]
화학 반응의 종류에 따라 나타나는 반응열의 종류는 다양하다. 반응열의 종류에는 연소열, 중화열, 생성열, 분해열, 용해열 등이 있으며, 일반적으로 반응열은 25 ℃, 1기압의 조건에서 나타낸다. 가장 안정한 성분 원소로부터 어떤 물질 1몰이 생성될 때 방출되거나 흡수되는 열량을 생성열이라고 한다. 특히 25 ℃, 1기압에서 성분 원소로부터 물질 1몰이 생성될 때의 엔탈피 변화를 표준 생성 엔탈피(ΔH_f^o)라고 한다. 25 ℃, 1기압에서 어떤 원소의 가장 안정한 형태의 표준 생성 엔탈피는 '0'이다. 예를 들어 수소, 산소, 탄소는 25 ℃, 1기압에서 각각 $H_2(g)$, $O_2(g)$, $C(s)$로 존재하며 이들의 ΔH_f^o는 0이다. 어떤 물질 1몰이 완전히 연소하여 가장 안정한 상태의 생성물로 될 때 방출되는 열량을 연소열이라고 한다.

[논제 II-2] 제시문 [나]~[바]를 참조하여 다음 질문에 답하시오.

(1) 환원제 및 로켓의 액체 연료로도 사용되는 히드라진(N_2H_4) 분자의 입체 구조를 전자쌍 반발 원리를 이용해 그림으로 표현하시오. (8점)

(2) 25 ℃, 1 기압의 조건에서 히드라진과 암모니아(NH_3)가 각각 산소의 존재하에서 연소될 때의 열화학 반응식에 대해 아래의 자료를 참고하여 논술하시오. (14점)

표준 생성 엔탈피 (ΔH_f^o, kJ/mol)	
$N_2H_4(l)$	50.42
$NH_3(g)$	-46.3
$H_2O(l)$	-285.8
$O_2(g)$	0.0
$N_2(g)$	0.0

(3) 히드라진과 암모니아를 각각 1 kg씩 연소한다고 가정할 때, 어느 것이 더 좋은 연료인지에 대해 논술하시오 (단, N과 H의 원자량은 각각 14와 1로 가정한다).(8점)

의도

- 분자의 입체 구조, 화학 반응식과 반응열에 대한 이해를 바탕으로 주어진 반응에 대한 화학양론과 반응열에 대한 추론 능력을 평가한다.

출제 근거

1. 근거

교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2009-41호[별책9] "과학과 교육과정"
성취기준	1. 교육과정 문서

(1) 언어(94쪽)
인류 문명의 발전과 관련된 대표적인 화학 반응을 소개함으로써, 화학이 우리의 삶과 아주 긴밀하게 연관되어 있음을 설명한다. 이러한 화학 반응들을 통해 화학의 세계에서 소통의 도구가 되는 원소, 원자, 분자, 화합물, 몰 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다.
④ 아보가드로수와 몰의 의미를 이해한다.
⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
(3) 아름다운 분자 세계 (98쪽)
지금까지 다룬 원자의 기본 구조와 다양한 원소의 성질을 토대로, 대칭적인 아름다움을 갖는 다양한 분자들이 화학 결합으로 이루어진다는 것을 이해시킨다. 화학 결합에 전자가 관여하기 때문에 분자의 구조와 성질이 전기적 힘에 의하여 결정되는 것을 설명하고, 쌍극자 모멘트와 결합의 극성 등을 도입하여 분자의 극성과 끓는점 등과 같은 물리적, 화학적 성질을 이해하게 한다.
⑤ 전자쌍 반발 원리를 이용하여 메탄, 암모니아, 물, 이산화탄소 등 간단한 공유 결합 분자의 구조를 설명하고, 분자 구조의 대칭성과 결합의 극성을 통해 분자가 극성을 띠는 지의 여부를 알게 한다.
(2) 물질 변화와 에너지(221쪽)
화학 반응에서 에너지 출입을 엔탈피의 변화로 나타내고, 열화학 반응에서의 엔탈피 변화를 결합 에너지와 관련지어 이해하게 한다. 헤스의 법칙을 이해하고 화학 반응에서 에너지가 보존됨을 알게 한다. 또한, 고립계에서의 자발적 변화의 방향을 설명하기 위하여 엔트로피를 도입한다. 엔탈피와 엔트로피를 이용하여 자유에너지의 의미를 정성적으로 이해시키고, 이를 이용하여 자발적 변화의 방향을 설명한다. 온도에 따른 자발적 변화의 방향을 이용하여 물질의 상변화를 설명하도록 한다.
① 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다.
③ 화학 반응에서 에너지가 보존됨을 설명할 수 있다.

2. 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011	151
	화학 I	류해일 외	비상교육	2011	157-158
	화학 II	노태희 외	천재교육	2011	85-87
	화학 II	류해일 외	비상교육	2012	86-89
기타					

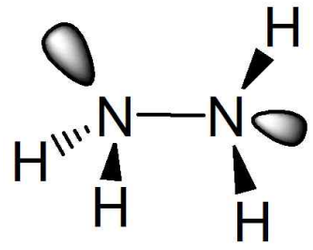
해설

- 이 문항은 주어진 분자의 입체 구조를 전자쌍 반발 원리를 이용하여 명확히 표현할 수 있는 능력을 측정하는 문항임. 그리고 화학 반응에 대한 화학 반응식을 작성하고, 주어진 표준 생성 엔탈피 정보를 바탕으로 열화학 방정식을 완성할 수 있는지와 화학양론을 이용하여 발생하는 반응열의 일종인 연소열을 구하고 비교하는 능력을 측정하는 문항임.
- 제시문 (나)는 전자쌍 반발 원리를 이용하여 분자의 모양을 예측할 수 있음에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (다)는 화학 반응식과 화학양론에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (라)는 엔탈피와 반응 엔탈피에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (마)는 열화학 반응식의 정의와 열화학 반응식을 작성하고 활용하는 데에 필요한 기본 규칙을 제시하고 있음.
- 제시문 (바)는 반응열의 일종인 표준 생성 엔탈피와 연소열에 대한 정의를 제시하고 있음.
- 제시문 (나) ~ (바)는 고등학교 화학I과 화학II 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

예시 답안

[II-2]

(1) 수소는 하나의 결합만이 가능한 원소이므로 히드라진 분자의 구조는 두 개의 질소가 각각 하나의 질소와 두 개의 수소와 결합을 하고 있는 구조가 된다. 질소는 원자가 전자가 5개이므로 3개의 전자는 하나의 질소와 두 개의 수소와 공유 결합을 형성하는데 사용되고, 나머지 두 개는 비공유 전자쌍으로 남게된다. 전자쌍 반발 원리는 전자쌍 간의 반발력이 최소화되도록 전자쌍을 배치하는 것이고, 결합 전자쌍에 비해 비공유 전자쌍의 반발력이 더 크므로 비공유 전자쌍이 최대한 멀리 존재하도록 배치하게 되면 아래의 그림과 같은 분자 모양을 가지게 된다 (비공유 전자쌍은 생략 가능하나 평면 구조가 아닌 입체 구조를 가짐을 명확하게 표현해야 함).



(2) 히드라진과 암모니아의 연소 반응에 대한 화학 반응식은 아래와 같다.

$$N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$$
$$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$$

히드라진의 반응 엔탈피(ΔH)는

$$\Delta H = \{\Delta H_f^o(N_2(g)) + 2\Delta H_f^o(H_2O(l))\} - \{\Delta H_f^o(N_2H_4(l)) + \Delta H_f^o(O_2(g))\}$$
$$= \{0.0 + 2\times(-285.8\ \text{kJ/mol})\} - \{50.42\ \text{kJ/mol} + 0.0\} = -622.0\ \text{kJ/mol}$$

이고 암모니아의 반응 엔탈피(ΔH)는

$\Delta H = \{2\Delta H_f^o(N_2(g)) + 6\Delta H_f^o(H_2O(l))\} - \{4\Delta H_f^o(NH_3(g)) + 3\Delta H_f^o(O_2(g))\}$

$= \{2\times0.0 + 6\times(-285.8\ kJ/mol)\} - \{4\times(-46.3\ kJ/mol) + 3\times0.0\} = -1529.6\ kJ/mol$이다.

따라서 히드라진과 암모니아 각각의 열화학 반응식은 아래와 같다.

$$N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H = -622.0\ kJ/mol$$

$$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H = -1529.6\ kJ/mol$$

(3) 히드라진의 분자량은 32이므로 히드라진 1 kg의 몰수는 31.25몰이다.
따라서 히드라진 1 kg을 연소하면 총 19437 kJ의 연소열이 발생한다.
암모니아의 분자량은 17이므로 암모니아 1 kg의 몰수는 약 58.8몰이다.
암모니아 4몰당 1529.6 kJ의 연소열이 발생하므로 암모니아 1몰당 382.4 kJ의 열이 발생하므로 암모니아 1 kg을 연소하면 총 22485 kJ의 연소열이 발생한다.
히드라진 1 kg이 연소될 때에 비해 암모니아 1 kg이 연소될 때 더 많은 열이 발생하므로 암모니아가 히드라진보다 더 좋은 연료이다.