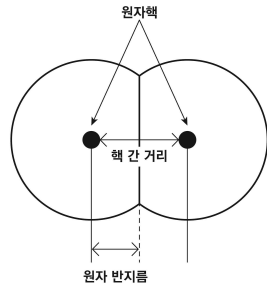


문항 및 제시문

[가]

보어의 원자 모형에서 바닥상태의 전자 배치는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 가장 바깥 전자껍질에 들어 있는 전자가 1개씩 증가하며, 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 전자껍질이 1개씩 증가하는 주기성이 있다. 이러한 보어의 원자 모형에 따른 전자 배치의 주기성을 통해 원자가 전자 수의 변화와 원자 반지름의 변화 및 다양한 변화를 예측하고 비교할 수 있다. 현대 원자 모형에서는 전자의 발견 확률 밀도를 구름과 같이 나타내는데, 전자의 발견 확률 밀도는 원자핵으로부터 멀어질수록 감소하지만 아주 먼 거리에서도 0이 되지는 않는다. 전자가 있는 곳까지를 원자의 경계라고 생각한다면 원자 반지름을 정하기가 쉽지 않다. 따라서 원자 반지름은 오른쪽의 그림과 같이 2개의 같은 원자가 결합했을 때 두 핵간 거리의 $\frac{1}{2}$ 로 정의한다.



[나]

주기율표에서 여러 가지 원소의 원자 반지름을 비교하면 비교적 규칙적으로 변화됨을 알 수 있다. 원자 반지름은 전자껍질 수와 유효핵 전하의 영향을 받는다. 전자껍질 수가 많아지면 원자가 전자가 원자핵에서 멀어지므로 원자 반지름이 커지게 된다. 또, 원자가 전자에 실제로 작용하는 핵전하인 유효 핵전하가 증가하면 원자핵과 원자가 전자 사이의 정전기적 인력이 증가하여 원자 반지름이 작아지게 된다. 금속 원소가 가장 바깥 전자껍질의 전자를 모두 잃어서 양이온이 될 때는 전자껍질 1개가 줄어들어 원자 반지름보다 양이온의 반지름이 작아진다. 그러나 비금속 원소가 가장 바깥 전자껍질에 전자를 받아들여서 음이온이 될 때는 전자 사이의 반발력이 커지므로 원자 반지름보다 음이온의 반지름이 커진다.

[문제 II-1] 제시문 [가]와 [나]를 참조하여 다음 질문에 답하시오.

- (1) 다음 원소들을 원자 반지름이 큰 것부터 작은 것의 순서로 나열하고 그 이유에 대해 논술하시오 : Al, Cl, Na, P, Mg. (8점)
- (2) 다음 이온들을 이온 반지름이 큰 것부터 작은 것의 순서로 나열하고 그 이유에 대해 논술하시오 : N^{3-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} , O^{2-} . (8점)

출제 의도

- 원자 모형에 대한 이해를 바탕으로 전자 배치의 주기성에 따른 원자와 이온의 반지름의 변화를 예측하고 비교할 수 있는 능력을 평가한다.

출제 근거

1. 교육과정 근거

적용 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. ③ 보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다. 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	106-109
기타	화학 I	류해일 외	비상교육	2011	106-109

문항 해설

- 이 문항은 원자 모형과 전자 배치를 통해 원소의 주기성에 대한 설명을 하고 있는 제시문을 읽고 그 내용을 바탕으로 원소와 이온들의 상대적인 반지름의 크기를 비교하고 그 이유에 대해 논술하는 문항임.
- 제시문 (가)는 원자 모형을 바탕으로 같은 주기와 족에서의 전자 배치에 따른 전자수와 원자 반지름의 변화에 주기성이 있어 상대적인 비교가 가능함을 설명하고 있고 원자 반지름의 정의를 그림을 활용하여 제시하고 있음.
- 제시문 (나)는 원자 반지름의 주기성과 변화의 이유에 대한 설명을 제시하고 있고 같은 원리로 이온 반지름의 변화에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (가)와 (나)는 고등학교 화학I 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

예시 답안

[문제 II-1]

- (1) 주어진 원소들의 원자 반지름은 다음의 순서로 크기가 작아진다 : Na > Mg > Al > P > Cl
주기율표상에서 같은 주기에 있는 원소들은 왼쪽에서 오른쪽으로 원자번호가 증가함에 따라 원자 반지름이 작아진다. 그 이유는, 원자번호가 증가함에 따라 양성자와 전자의 수가 증가하지만 같은 주기에 있기 때문에 전자껍질은 동일하고 유효핵전하가 증가하게 되어 전자가 핵 쪽으로 더욱 끌어당겨지기 때문이다.
- (2) 주어진 이온들의 이온 반지름은 다음의 순서로 크기가 작아진다 : $N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$
비금속 원소인 N, O, F는 같은 주기에 있는 원소들이지만, 각각 음이온이 되면 전자 사이의 반발력이 커지기 때문에 원자 반지름보다 음이온의 반지름이 커진다. 특히 N^{3-} 는 가장 바깥 전자껍질에 N 원소에 비해 3개의 전자가 더 있으므로 전자 사이의 반발력이 가장 커 가장 큰 이온 반지름을 가지게 되고, 여분의 전자가 2개와 1개인 O^{2-} 와 F^- 의 순서로 이온 반지름이 작아지게 된다. 금속 이온인 Na와 Mg는 가장 바깥 전자껍질의 전자를 모두 잃어 양이온이 될 때 전자껍질이 줄어들면서 원자 반지름보다 이온 반지름이 작아지게 되고, 전자의 개수에 비해 양성자의 개수가 더 많은 상태가 되어 유효핵전하가 더 커지게 되므로 음이온인 N^{3-} , O^{2-} , F^- 보다 이온 반지름이 더 작게 된다. 2가 양이온인 Mg^{2+} 는 Na^+ 에 비해 유효핵전하가 더 크므로 가장 작은 이온 반지름을 갖는다.

문항 및 제시문

[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]

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 반응식이 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.

[마]

화학 반응의 종류에 따라 나타나는 반응열의 종류는 다양하다. 반응열의 종류에는 연소열, 중화열, 생성열, 분해열, 용해열 등이 있으며, 일반적으로 반응열은 25 °C, 1기압의 조건에서 나타낸다. 어떤 물질 1몰이 완전히 연소하여 가장 안정한 상태의 생성물로 될 때 방출되는 열량을 연소열이라고 한다.

[문제 II-2] 제시문 [다]~[마]를 참조하여 다음 질문에 답하시오.

25 °C, 1 기압의 조건에서 벤젠($C_6H_6(l)$)은 공기 중에서 연소되어 이산화 탄소($CO_2(g)$)와 액체 상태의 물($H_2O(l)$)을 생성하며 3268 kJ/몰의 연소열을 발생한다.

- (1) 벤젠 연소 반응의 열화학 반응식에 대해 논하시오. (8점)
 (2) 산소가 든 밀폐된 용기에 벤젠 39.0 g을 주입하고 25 °C, 1 기압에서 연소시켜 물 10.8 g을 얻었다. 연소 전 밀폐된 용기에 존재한 산소의 질량에 대해 논하시오 (단, 밀폐된 용기 내에서의 연소는 반응물 중 어느 하나라도 모두 소모될 때까지 비가역적으로 진행되고 C, H, O의 원자량은 각각 12.0, 1.0, 16.0 g/몰이라 가정한다). (8점)
 (3) [문제 II-2] (2)의 반응 후 반응 용기에 남은 반응물의 종류와 질량 및 발생한 연소열에 대해 논하시오. (8점)

출제 의도

- 화학 반응식과 반응열에 대한 이해를 바탕으로 주어진 반응에 대한 화학양론과 반응열에 대한 추론 능력을 평가한다.

출제 근거

1. 교육과정 근거

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

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011	41-46
	화학 I	류해일 외	비상교육	2011	42-45
	화학 II	노태희 외	천재교육	2011	85-87
	화학 II	류해일 외	비상교육	2012	86-89
	화학 II	박종석 외	교학사	2011	88-91
	화학 II	김희준 외	상상아카데미	2011	87-91
기타					

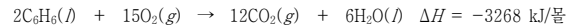
문항 해설

- 이 문항은 주어진 화학 반응에 대한 열화학 반응식을 작성하고, 주어진 물질과 생성된 물질의 양에 따른 화학양론적 정보를 바탕으로 상대적인 물질의 양을 구하고 반응열의 일종인 연소열을 추론해 내는 능력을 측정하는 문항임.
- 제시문 (다)는 화학 반응식과 화학양론에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 (라)는 열화학 반응식의 정의와 열화학 반응식을 작성하고 활용하는 데에 필요한 기본 규칙을 제시하고 있음.
- 제시문 (마)는 반응열의 일종인 연소열에 대한 정의를 제시하고 있음.
- 제시문 (다) ~ (마)는 고등학교 화학I과 화학II 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

예시 답안

[문제 II-2]

- (1) 주어진 반응은 벤젠의 연소 반응이다. 벤젠은 산소가 존재하는 25 °C, 1 기압의 조건에서 연소되어 이산화탄소와 액체 상태의 물을 생성한다. 이때의 연소열은 3268 kJ/몰이고 연소 반응은 발열반응이므로 열화학 반응식은 아래와 같다.



- (2) 물 10.8 g이 반응 후 생성되었다는 것은 물의 분자량이 18이므로 물이 0.6 몰이 생성되었음을 의미한다. 열화학 반응식을 참고하면, 벤젠과 물의 몰비는 2 : 6이고 벤젠의 분자량은 78이므로 반응한 벤젠의 질량은 15.6 g으로 처음 존재하던 양 보다 작은 양이 반응에 참여한 것을 알 수 있다. 따라서 연소를 통해 모두 소진된 것은 산소임을 알 수 있다. 산소와 물의 몰비는 15 : 6이므로 산소는 총 1.5 몰이 반응한 것이고, 반응 용기

내 존재한 산소의 질량은 48 g이 된다. 따라서 연소 전 밀폐된 용기에 존재한 산소의 질량은 48 g이다.

- (3) [문제 II-2] (1)과 (2)에서 살펴본 바와 같이, 연소를 통해 0.6 몰의 물이 발생하였고 벤젠과 물의 몰비는 2 : 6이다. 벤젠의 분자량은 78이고 반응에 참여한 벤젠의 몰수는 0.2몰이므로 소모된 벤젠의 질량은 15.6 g이다. 밀폐된 용기에 처음 주입된 벤젠의 양은 39.0 g이었으므로 반응 용기에 남은 반응물은 벤젠이고, 39.0 g의 벤젠 중 15.6 g이 소모되고 23.4 g이 남게 된다.

벤젠 0.2 mol이 연소되었으므로 $3268 \text{ kJ/몰} \times 0.2 \text{ 몰} = 653.6 \text{ kJ}$ 의 연소열이 발생한다.