

원자의 특성을 공부하고 문제를 풀어 보자.

1. 원자반지름

①. 매우 중요하다. 같은 주기에서 오른쪽으로 가면 원자번호가 증가, 전자 증가, 양성자의 증가 경향이다.

원자의 크기는 같은 주기(즉, 같은 전자껍질)에서 오른쪽으로 갈수록 핵의 유효 핵전하가 증가하여(양성자 증가) 크기가 감소한다. 전자의 반발력을 생각하면 커질 것 같은 느낌도 들지만 핵의 양성자가 증가한 만큼 전자를 잡아 당기는 양성자의 효과가 더 크다. 그래서 유효핵전하라는 말이 나온다.

작아지는 정도는 C 는 77 picometer이고 N은 70 picometer 정도로 작은 정도이다.

picometer = 10^{-12} m

원자 반지름의 값은 몰라도 되지만 아주 작은 것들이 더 작아진다는 의미로 생각하자.

②. 같은 족에서 밑으로 갈수록 전자껍질의 증가(주양자수 n 의 증가) 때문에 커진다.

Li(152 pm), Na(186 pm), K(227 pm)

전자껍질 증가의 효과가 원자의 크기에 더 영향이 크다.

2. 이온 반지름

원자 반지름과 같은 경향이지만, 양이온은 최외각 전자가 없어서 껍질 자체에 전자가 없으므로 크기가 원자의 크기의 반으로 줄어든다.

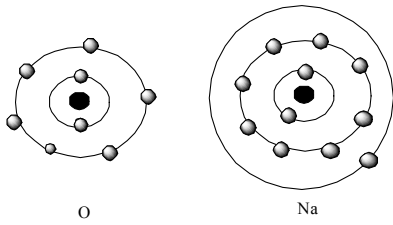
음이온은 전자 껍질이 커지지 않지만 전자가 채워지는 것이므로 반발력이 생겨 음이온일 때는 중성원자의 2배로 커진다.

양이온일 때는 원자의 크기의 반으로 줄고 , 음이온은 원자 때보다 2배 증가라고 알자.
나중에 매우 길요하게 사용된다.

3. 유효 핵전하 (effective nuclear charge, Z_{eff})

원자에서 전자들에게 실질적으로 작용하는 핵 전하량을 유효핵 전하라고 한다.

유효 핵전하 = 핵 전하량(양성자의 수, 원자번호) - 다른 전자들의 가리움 효과로 정의하지만 식을 몰라도 되고 이해하도록 하자. 경향성을 묻는 문제가 나오지 않을 요구하지는 않는다.



O의 경우 L shell에 있는 최외각 전자 6개가 느끼는 핵전하의 영향은 K shell의 전자들보다는 작게 느낄 것이다. 핵에 가까이 채워진 K shell의 전자는 L shell의 전자보다 핵의 영향을 더 받는다. L shell에 있는 최외각 전자가 느끼는 핵의 전하량을 유효핵 전하라고 생각하면 된다. 채워진 전자껍질에 존재하는 전자들은 핵의 전하량을 가리는 역할을 하므로 이것을 가리움 효과라 한다.

즉, 여러 형제 중 첫째가 느끼는 엄마의 사랑과 둘째, 셋째의 사랑이 다르게 느껴지듯!!!!!!

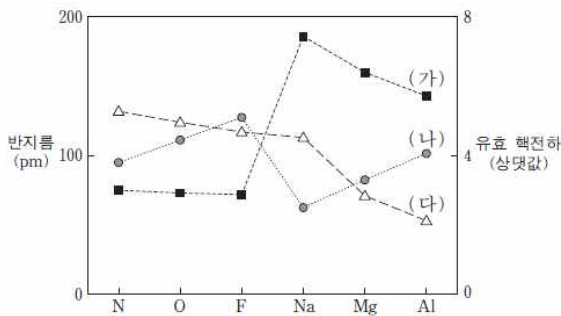
같은 주기에서 양성자가 증가할수록 최외각 전자가 느끼는 전하량도 조금씩 증가할 것이다.

Na의 경우 K(2)L(8)M(1)이므로 최외각 전자는 양성자가 증가했어도 K shell, L shell의 전자들의 가리움이 많아 2주기의 원소보다 유효핵전하가 작을 수 밖에 없다.

3주기에서 오른쪽으로 갈수록 그래도 양성자가 증가하므로 약간의 증가 경향은 있다.

공부했으니 문제 풀자.

2013.6.11.



원자반지름, 이온 반지름, 유효핵전하의 경향을 알아보는 것이다.

(가)는 감소하였다가 Na에서 갑자기 증가하는데, 주기가 2주기에서 3주로 변화되면서 증가하다가 다시 감소하므로 원자 반지름이다.

(나) 증가하다가 감소 그리고 3주기에서 증가, 약간 가우똥 거리지만 유효핵전하량

(다) (가)가 원자반지름이므로 이온 반지름은 음이온은 원자의 2배, 양이온은 반 감소를 알면 쉽게 안다.

4. 이온화 에너지

기체 상태의 원자나 이온의 바닥상태(ground state)에서 전자를 제거할 때 필요한 에너지로 정의한다. 이온화 에너지는 전자를 떼어 내야 하므로 항상 흡열 반응의 표현으로 쓴다. 에너지의 양은 원자 1몰을 기준으로 한다.

①. 같은 족에서 일차 이온화 에너지의 경향

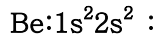
같은 족에서 주기가 커질수록 (주기율표에서 밑으로 갈수록) 원자의 크기가 증가하므로 이온화 에너지의 크기는 작아진다. 즉, 밑으로 갈수록 전자를 떼어내기가 쉬어진다. 이온화에너지는 작아진다.

②. 같은 주기에서 일차 이온화 에너지의 경향

같은 주기에서는 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 원자의 크기가 감소하므로 이온화 에너지는 증가할 것이다. **중간에 예외가 있으므로** 주의해야 한다.

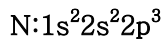
원자의 크기로만 이온화 에너지의 감을 가지고 있으면 안된다.

Be과 B의 경우



$\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^1$: 2p에 있는 전자들은 2s에 있는 전자들에 의해 핵전하가 가려지므로 원자핵과의 인력이 감소하므로 Be보다 쉽게 떨어질 수 있다.

N과 O의 경우



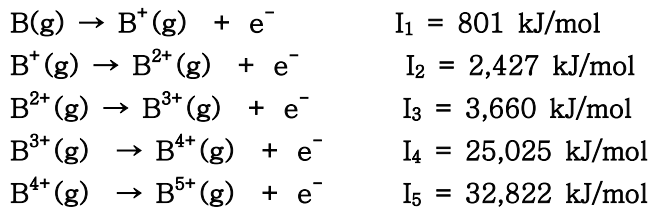
$\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$: 2p orbital에 채워진 전자들의 반발력 때문에 쉽게 떨어질 수 있다.

이온화 에너지를 예측할 때는 원자의 크기, 전자배치와 핵 전하량등을 고려해야 한다.

5. 순차적 이온화 에너지 매우 중요

Boron을 예로 보면

B: $1s^2 2s^2 2p^1$, K(2)L(3)전자 배치를 가지고 있고 원자가전자는 ($2s^2 2p^1$)이다. Boron이 가지고 있는 5개의 전자를 차례차례 연속적으로 떼어 낼 수 있고 I_1 에서 I_5 를 순차적 이온화 에너지(ionization energy)라고 한다.



Boron의 경우뿐만 아니라 모든 원소의 경우, 순차적 이온화 에너지가 점차로 증가한다.

전자가 하나씩 제거 되어도 핵의 전하량은 일정하므로 핵과 전자들의 인력이 증가되어 전자를 떼어 내기가 더 어려워진다. Boron에서 3차 이온화 에너지와 4차 이온화 에너지를 비교하면 많은 차이를 보이는 이유는 L shell에 있는 최외각 전자가 3개가 다 제거가 되면 그 이온은 비활성기체의 전자 배치를 가지므로 안정화되므로 전자를 떼어 내기가 더 어려워 질 것이다.

그러므로 이온화 에너지의 증가, 감소를 살펴보고 갑작스런 에너지의 변화가 있는지를 알아 최외각 전자가 몇 개 있는지를 알 수 있고 이것으로 족수를 판단할 수 있다. 붕소의 경우 3차와 4차에서 많은 에너지의 변화가 있으므로 3개까지는 어느정도 떨어지며 최외각 전자가 3개라는 것을 알 수 있으므로 13족 원소라는 것을 알 수 있다.

다음의 순차적 이온화에너지 값을 보면서 경향을 이해하자.

순차적 이온화 에너지 (MJ/mol)

Z	Element	IE ₁	IE ₂	IE ₃	IE ₄	IE ₅	IE ₆	IE ₇	IE ₈	IE ₉	IE ₁₀
1	H	1.31									
2	He	2.37	5.25								
3	Li	0.52	7.30	11.81							
4	Be	0.90	1.76	14.85	21.01						
5	B	0.80	2.42	3.66	25.02	32.82					
6	C	1.09	2.35	4.62	6.22	37.83	47.28				
7	N	1.40	2.86	4.58	7.48	9.44	53.27	64.36			
8	O	1.31	3.39	5.30	7.47	10.98	13.33	71.33	84.08		
9	F	1.68	3.37	6.05	8.41	11.02	15.16	17.87	92.04	106.43	
10	Ne	2.08	3.95	6.12	9.37	12.18	15.24	20.00	23.07	115.38	131.43
11	Na	0.50	4.56	6.91	9.54	13.35	16.61	20.11	25.49	28.93	141.37
12	Mg	0.74	1.45	7.73	10.54	13.62	17.99	21.70	25.66	31.64	35.46
13	Al	0.58	1.82	2.74	11.58	14.83	18.38	23.30	27.46	31.86	38.46
14	Si	0.79	1.58	3.23	4.36	16.09	19.78	23.79	29.25	33.87	38.73
15	P	1.06	1.90	2.91	4.96	6.27	21.27	25.40	29.85	35.87	40.96
16	S	1.00	2.25	3.36	4.56	7.01	8.49	27.11	31.67	36.58	43.14
17	Cl	1.26	2.30	3.82	5.16	6.54	9.36	11.02	33.60	38.60	43.96
18	Ar	1.52	2.67	3.93	5.77	7.24	8.78	11.99	13.84	40.76	46.19
19	K	0.42	3.05	4.40	5.87	7.96	9.63	11.32
20	Ca	0.59	1.14	4.90	6.46	8.13	10.48	12.30
21	Sc	0.63	1.23	2.38	7.08	8.82	10.70	13.29

단위가 MJ/mol이므로 아래 도표(kJ)와 비교하기 위의 자료에서는 곱하기 1000을 해서 비교하기 바랍니다.

Higher Ionization Energies (kJ/mol) for Third-Row Elements

E _i Number	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
E _{i1}	496	738	578	787	1,012	1,000	1,251	1,520
E _{i2}	4,562	1,451	1,817	1,577	1,903	2,251	2,297	2,665
E _{i3}	6,912	7,733	2,745	3,231	2,912	3,361	3,822	3,931
E _{i4}	9,543	10,540	11,575	4,356	4,956	4,564	5,158	5,770
E _{i5}	13,353	13,630	14,830	16,091	6,273	7,013	6,540	7,238
E _{i6}	16,610	17,995	18,376	19,784	22,233	8,495	9,458	8,781
E _{i7}	20,114	21,703	23,293	23,783	25,397	27,106	11,020	11,995

Be-B, N-O/ Mg-Al은 꼭 찾아서 빨간 것으로 동글뱅이 !!!!!!!

Na의 경우 1차 전자하나 떼어 내는 1차 이온화 에너지 값을 **돈으로** 생각해보자. 500원이다. 하나 떼고 나면 Ne의 전자 배치이므로 안정화 되었고 핵전하량은 변화가 없다. 핵이 전자를 더욱 잘 당겨 주므로 2번째 뺄 때는 많은 돈이 들겠는데 그 값을 우리는 잘 모른다. 감이라도 잡으려고 이 자료를 제공한 것이다. **약 5,000원 10배 정도의 에너지가** 필요하다. 3차, 4차로 갈수록 더 많이 들겠지.

Mg의 경우 일차 이온화 에너지는 Na보다는 더 든다. 경향에 따라 이해 간다. 그래봐야 200원 정도 더 쓴다.

Al의 경우, 이상하다. **앞에서 설명한 B와 Be의 관계이다. 시험 나왔고 또 나온다.**

P와 S의 경우도 마찬가지이다. 그렇지만 큰 차이가 없어 Mg와 Al의 경우가 시험에 나오는 것이다.

공부했으니 문제 풀자.

2013.6.12.(2014학년도 6월 모평)

Na, Mg, Al, K란다.

Na은 1족, Mg는 2족, Al은 13족, K는 1족

1족의 원소에서 첫 전자를 떼어 내고 2번째 떼어 낼 때 돈이 좀 든다. $\frac{E_2}{E_1}$ 의 제일 큰 비율을 찾아보자. A와 D이다 . 즉, Na 혹은 K, 1차 이온화 에너지 비교하면 Na가 K보다 E_1 이 더 크다. 비율에서 분자값이 작으므로 더 큰 값을 가질까?

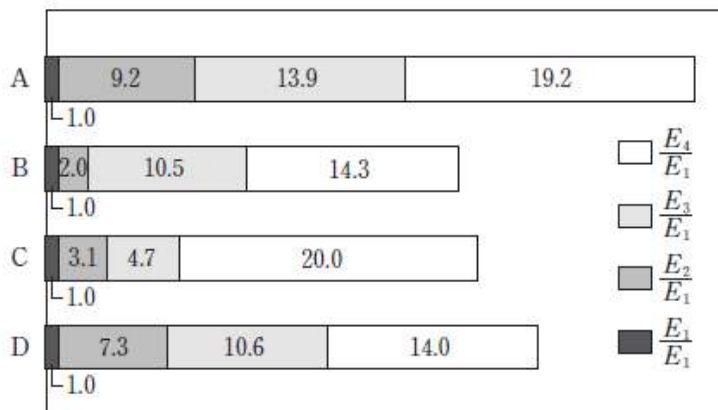
아! 헛갈린다. 당황하지 말고 그 이후도 보자.

A의 증가 폭이 더 크다. 비슷하다. 잘 모르겠다.

확실히 알고 싶으면 위의 자료를 참고하세요. 몰라도 될 것 같음.

문제를 보니까 Na 인지 K인지 구별하라는 것은 아니니 안심.

일단 A와 D는 1족



B와 C를 구별하자.

Mg인 경우 3번째 전자를 떼어 낼 때 비율이 커질 것이고, Al인 경우 4번째 전자를 떼어 낼 때 커진다. B와 C에서 3번째 에너지 비율을 비교하면 B가 더 크다. B가 Mg다. 다 되었다. B와 C는 같은 주기 이므로 안정한 이온의 전자배치는 동일하다. D에서 E_3 는 E_2 보다 당연히 크다.

다른 예

Mg의 경우 안정한 이온이 되려면 2개의 전자를 떼어 내야 하는데 그 순차적 이온화 에너지 값은 다음과 같다고 하자.

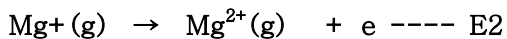
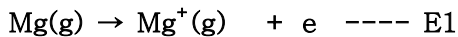
$$E_1 = 738 \text{ (kJ/mol)}$$

$$E_2 = 1451 \text{ (kJ/mol)}$$

$$E_3 = 7733 \text{ (kJ/mol)}$$

Mg(g)에서 $Mg^{2+}(g)$ 를 만드는데 필요한 에너지 값은 얼마인가? 라는 질문에 많은 학생들이 단순히 E_2 값을 선정하였는데 이것은 함정이다.

순차적 이온화 에너지 값의 의미를 정확하게 알아야 한다.



Mg(g)에서 $Mg^{2+}(g)$ 를 만드는데 필요한 에너지 값은 $E_1 + E_2$ 이다.

2013.9.19. (2014학년도 6월 모평)

Li, C, N, O, F에 관한 질문, 원자번호 3, 6, 7, 8, 9

바닥상태에서 전자 배치의 홀전자의 수를 헛갈리지 않고 하려면 BOX를 그려라. orbital로 하면 헛갈릴 수가 있어 실수한다.

해보시고 여기서는 그리기 힘들니까 그냥 합니다.

홀전자 수 Li(1개), C(2개), N(3개), O(2개), F(1개); (가) = (나), Li과 F, C와 O의 두가지 경우가 있는데 원자가 전자 수에서 C와 O 선택한다.

원자가 전자 수 Li(1개), C(4개), N(5개), O(6개), F(7개), (다)=F > (가)=O > (나)=C

제 1 이온화 에너지: (마) > (가)=O

이온화 에너지 경향에서 원자번호의 증가에 따라 같은 주기에서 증가 경향이 있지만 예외가 2군데 있다고 했습니다. 시험에 잘 나온다고 했구요. 계속 나오는군요.

N과 O를 비교하면 제 1 이온화 에너지는 N이 더 크죠. (마) = N

(라) = Li와 (다)=F의 $\frac{\text{제 2 이온화 에너지}}{\text{제 1 이온화 에너지}}$ 비교. (라)가 당연히 크죠.

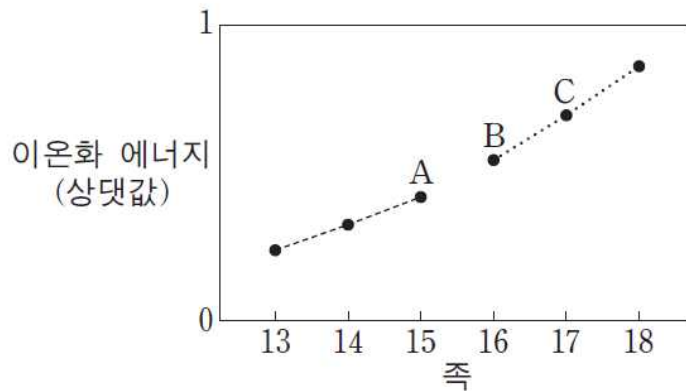
안정한 이온일 때 이온 반지름의 비교 (마)= N와 (가)=O 비금속이고 음이온이 되었을 때이고 같은 주기이고 원자반지름과 같은 경향이므로 O의 음이온의 반지름이 더 작다.

2013.11.11. (2014학년도 11월 수능)

2,3주기 원소의 이온화 에너지를 표시한 것

2주기는 L shell, 3 주기는 M shell이므로 2주기의 원소에서 전자 떼어 내기가 힘들므로 에너지가 크다.

B---C 라인이 2주기, A 라인이 3주기이다.



함정은 ㉠의 보기이다. B의 이온화에너지는 같은 주기의 15족 원소보다 크다?

문제에 있는대로 임의로 놓지 말고 빨리 실명화시키는 것이 틀릴 확률이 작다.

B는 산소, C는 불소이다. 같은 주기의 15족 원소는 질소이다. 그렇지 주기율표에서 N다음 O이니까! 하는 순간 틀린다. 이온화에너지의 예외성이 두군데!

2주기에서 Be-B, N-O

3주기에서 Mg -Al, P-S

크기만이 다가 아니다.

확실히 하자. O의 전자가 더 잘 떨어진다. 3p 오비탈의 전자가 짝을 이루고 있어 반발력 때문에

원자 반지름은 당연히 N과 F이므로 F가 더 작다.

원자의 특성, 분자 구조, 오비탈, 수소 원자에서 에너지 준위등 틀리지 말고 시간 들이지 않고 빨리 풀어야 나중에 19, 20번 문제를 풀 시간이 많이 남아요.

때로는 원자의 특성이 꽤 까탈스럽게 굴 때가 있습니다. 시간을 요하는 문제로 바뀔 수 있어요. 이를 대비하기 위해서라도 철저히 준비하심이 좋을 것 같아요.