

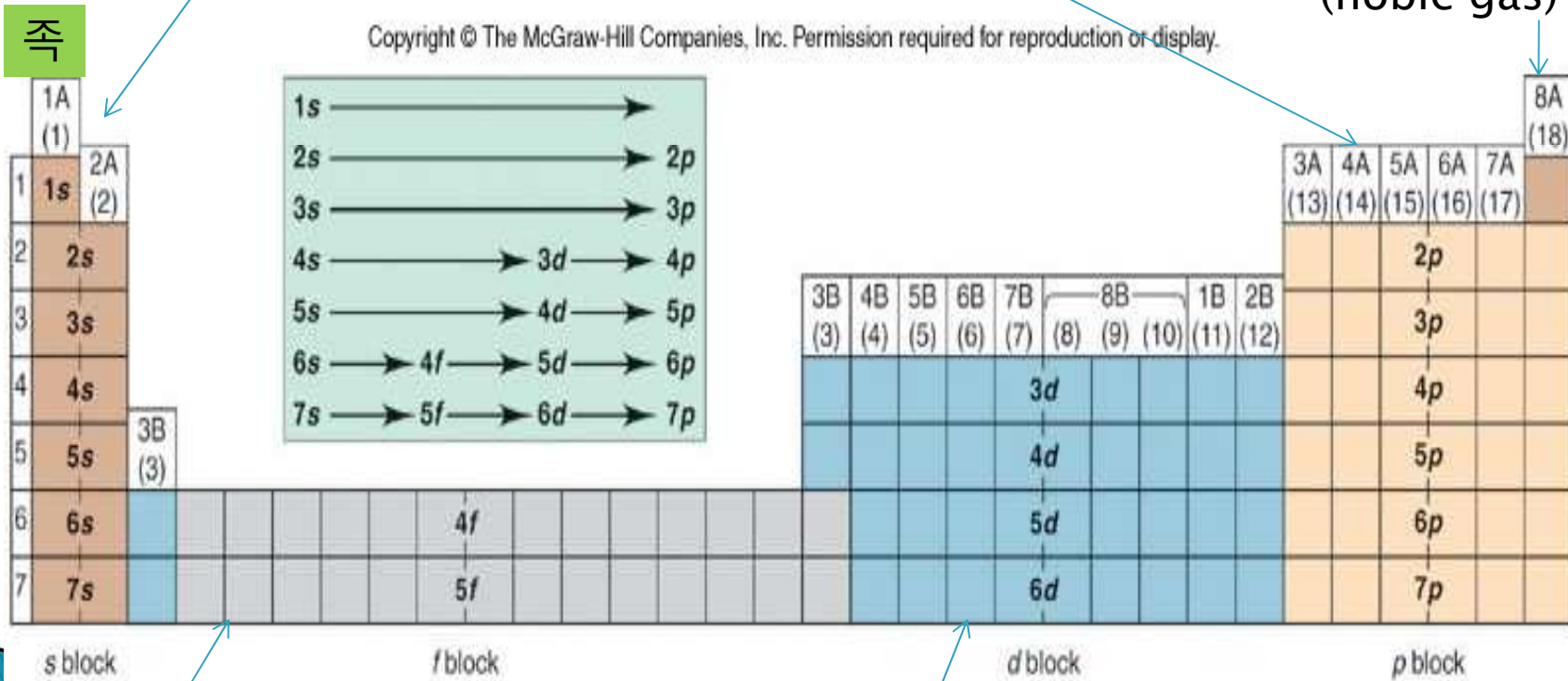
# 5장 화학 주기율

## 5-1 상세한 주기율표

궤도채우기 - 에너지가 증가하는 순서로 부준위 블록들로 배열

주족원소(representative element)  
: A족 원소

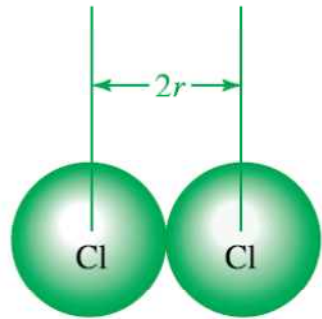
0족기체  
(noble gas)



f-전이원소(f-transition element)  
내부전이원소

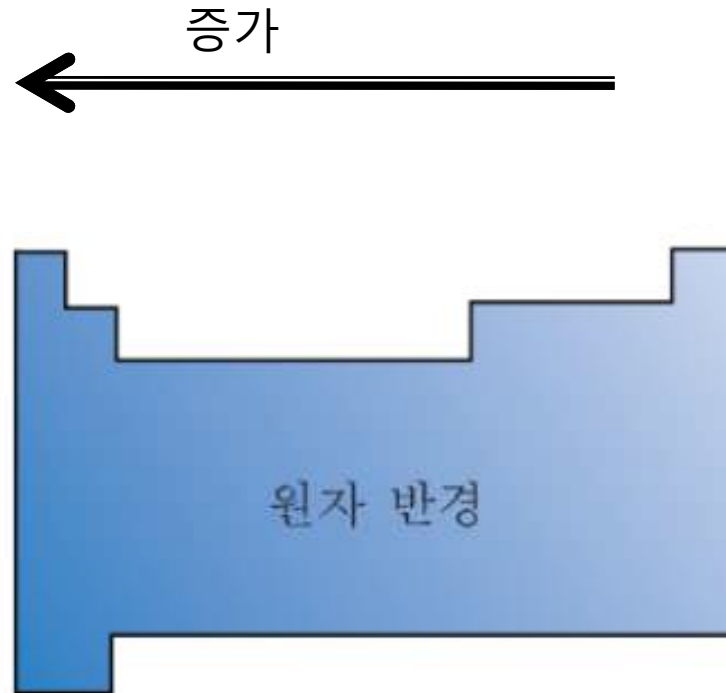
d-전이원소(d-transition)

## 5-2 원자반경



◀  $\text{Cl}_2$ 처럼 동핵 분자에서의 원자 반경( $r$ )은 두 핵간 거리의 반으로 잡는다.

증가



◀ 주기율표에서 주족 원소들의 위치에 따른 원자 반경의 경향.

주족 원소들은 같은 족(주기율표에서 같은 열)에서 핵으로부터 더 멀리 떨어져 있는 껍질에 전자가 추가됨에 따라 -위에서 아래로 갈수록- 원자 반경이 증가한다. 주기율표에서 왼쪽에서 오른쪽으로 가면서 유효 핵 전하가 증가하기 때문에, 원자는 점점 작아진다.

유효핵전하,  $Z_{\text{eff}} = \text{핵전하 } (Z) - \text{가리움효과}$  (다 전자 원자에서 전자와 핵 사이의 인력이 전자 사이의 반발력에 의해 감소 되는 현상)

IA      IIA                      IIIA    IVA    VA    VIA    VIIA    VIIIA

---

Atomic radii

H ○ 0.37								He ○ 0.31
Li ○ 1.52	Be ○ 1.12	B ○ 0.85	C ○ 0.77	N ○ 0.75	O ○ 0.73	F ○ 0.72	Ne ○ 0.71	
Na ○ 1.86	Mg ○ 1.60	Al ○ 1.43	Si ○ 1.18	P ○ 1.10	S ○ 1.03	Cl ○ 1.00	Ar ○ 0.98	
K ○ 2.27	Ca ○ 1.97	Ga ○ 1.35	Ge ○ 1.22	As ○ 1.20	Se ○ 1.19	Br ○ 1.14	Kr ○ 1.12	
Rb ○ 2.48	Sr ○ 2.15	In ○ 1.67	Sn ○ 1.40	Sb ○ 1.40	Te ○ 1.42	I ○ 1.33	Xe ○ 1.31	
Cs ○ 2.65	Ba ○ 2.22	Tl ○ 1.70	Pb ○ 1.46	Bi ○ 1.50	Po ○ 1.68	At ○ 1.40	Rn ○ 1.41	

---

## 예제 5-1 원자 반경의 경향

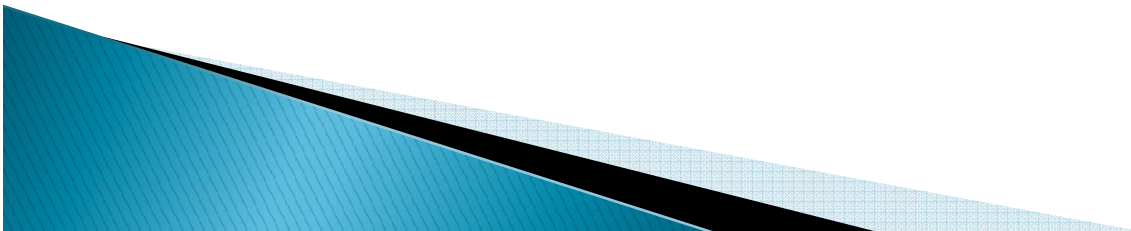
---

다음 원소들을 원자 반경이 증가하는 순서로 정렬하여라.

Cs, F, K, Cl

### 계획

F와 Cl은 할로젠족(VIIA 비금속) 원소이며 K와 Cs는 IA족 금속이다. 그림 5-1에서 원자 반경은 주기율표에서 아래로 내려갈수록 증가하고, 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 감소함을 알 수 있다.



## 예제 5-1 원자 반경의 경향

---

다음 원소들을 원자 반경이 증가하는 순서로 정렬하여라.

Cs, F, K, Cl

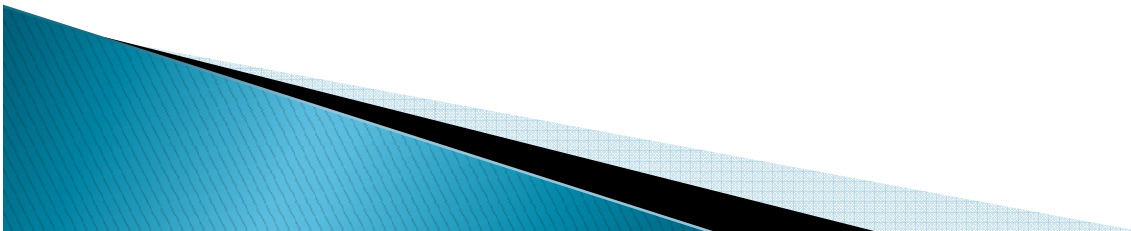
### 계획

F와 Cl은 할로젠족(VIIA 비금속) 원소이며 K와 Cs는 IA족 금속이다. 그림 5-1에서 원자 반경은 주기율표에서 아래로 내려갈수록 증가하고, 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 감소함을 알 수 있다.

### 풀이

원자 반경이 증가하는 순서는  $F < Cl < K < Cs$  이다.

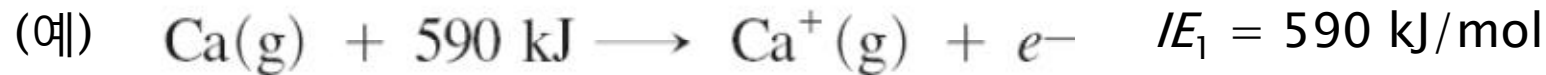
---



## 5-3 이온화 에너지

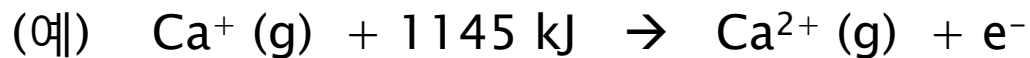
### ❖ 1차 이온화 에너지( $IE_1$ )

고립된 기체 원자로부터 가장 약하게 결합된 전자를 제거하여 +1가 이온으로 만드는데 필요한 최소 에너지이다.

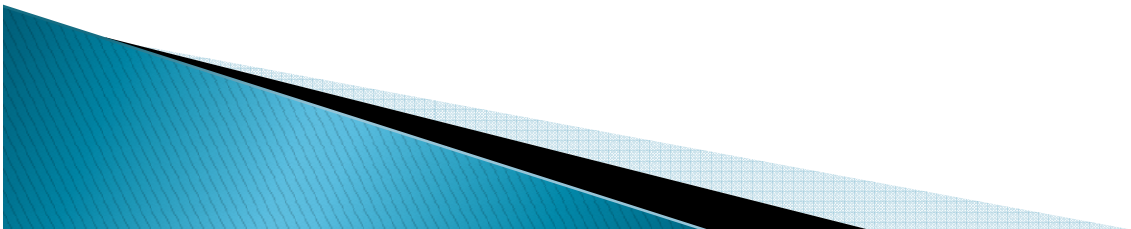


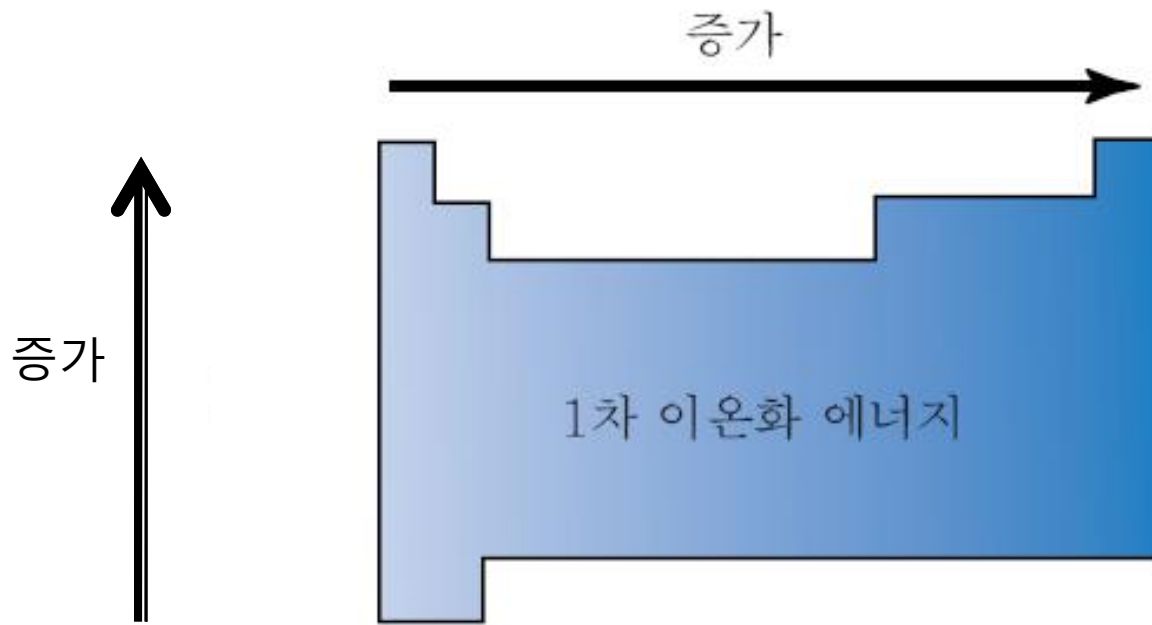
### ❖ 2차 이온화 에너지( $IE_2$ )

: 두 번째 전자를 제거 하는데 필요한 에너지.



**$IE_2$  는 항상  $IE_1$  보다 크다!**





▲ 주기율표에서 주족 원소들의 위치에 따른 1차 이온화 에너지 경향. IIIA와 VIA쪽에서 예외가 있음.

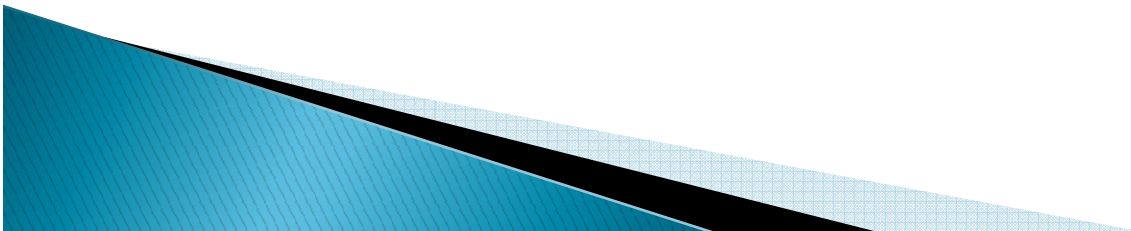
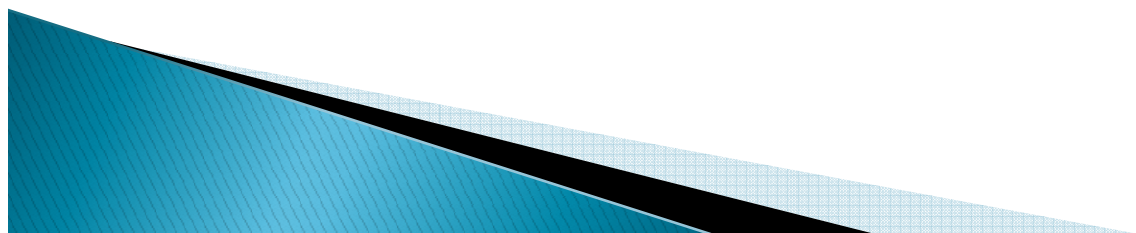




표 5-1 몇 가지 원소들의 1차 이온화 에너지(kJ/mol)

H 1312																	He 2372
Li 520	Be 899											B 801	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2081
Na 496	Mg 738											Al 578	Si 786	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1521
K 419	Ca 599	Sc 631	Ti 658	V 650	Cr 652	Mn 717	Fe 759	Co 758	Ni 757	Cu 745	Zn 906	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1351
Rb 403	Sr 550	Y 617	Zr 661	Nb 664	Mo 685	Tc 702	Ru 711	Rh 720	Pd 804	Ag 731	Cd 868	In 558	Sn 709	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
Cs 377	Ba 503	La 538	Hf 681	Ta 761	W 770	Re 760	Os 840	Ir 880	Pt 870	Au 890	Hg 1007	Tl 589	Pb 715	Bi 703	Po 812	At 890	Rn 1037





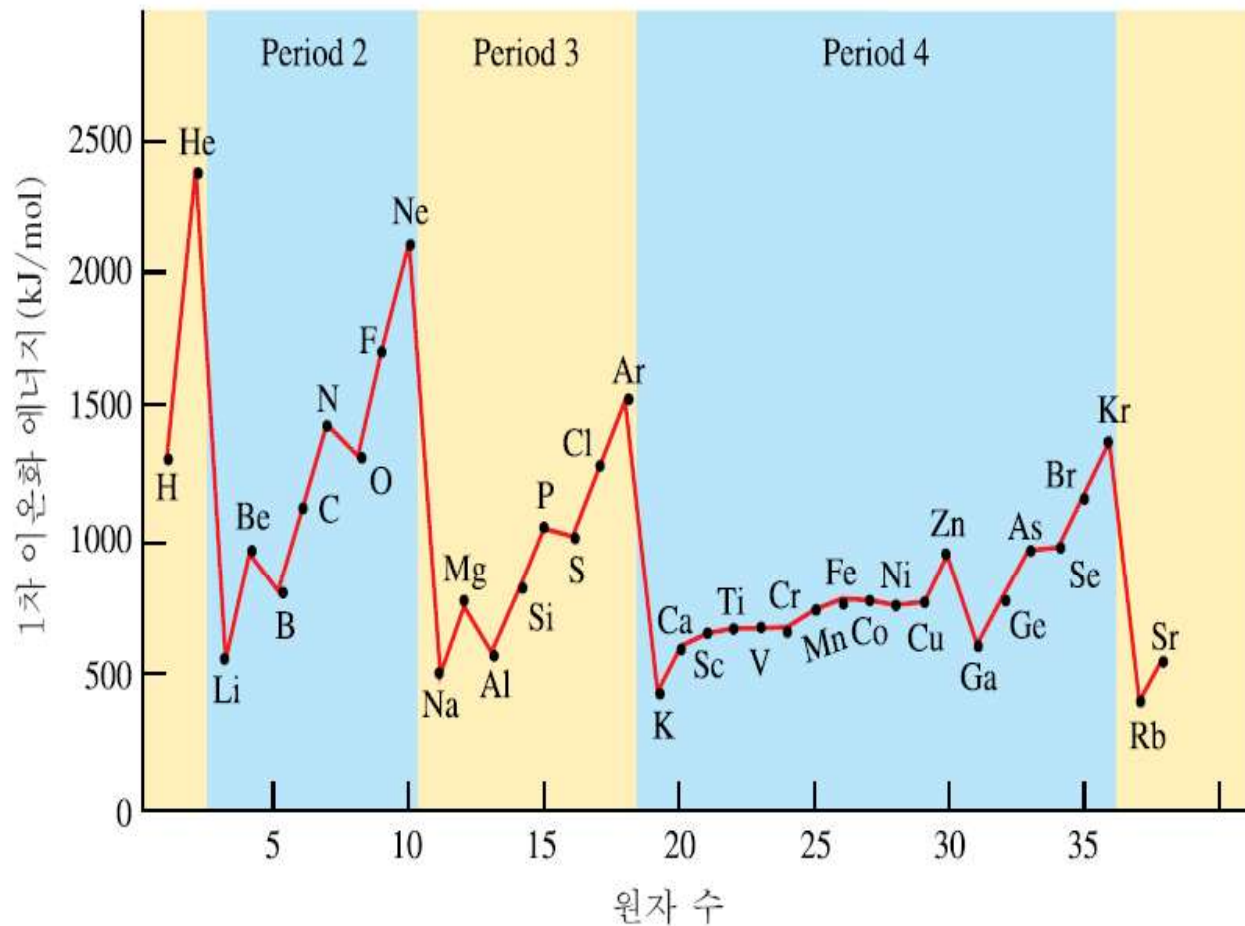


그림 5-2 38번까지의 원자 번호에 대한 1차 이온화 에너지.

낮은 이온화 에너지(IE)를 갖는 원소는 쉽게 전자를 잃어 양이온이 된다.

## 예제 5-2 1차 이온화 에너지의 경향

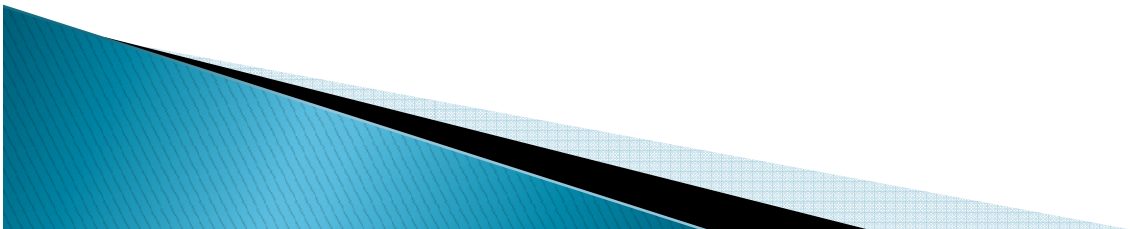
---

다음 원소들을 1차 이온화 에너지가 증가하는 순서로 정렬하여라.

Na, Mg, Al, Si

### 계획

표 5-1에서 일반적으로 첫 번째 이온화 에너지는, IIIA와 VIA족을 제외하고, 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 증가함을 보여준다. Al은 외각의  $p$  궤도에 단지 하나의 전자가 있는 IIIA족 원소이다.



## 예제 5-2 1차 이온화 에너지의 경향

---

다음 원소들을 1차 이온화 에너지가 증가하는 순서로 정렬하여라.

Na, Mg, Al, Si

### 계획

표 5-1에서 일반적으로 첫 번째 이온화 에너지는, IIIA와 VIA족을 제외하고, 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 증가함을 보여준다. Al은 외각의  $p$  궤도에 단지 하나의 전자가 있는 IIIA족 원소이다.

### 풀이

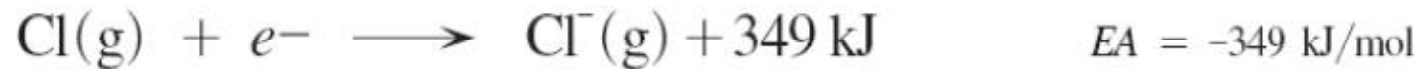
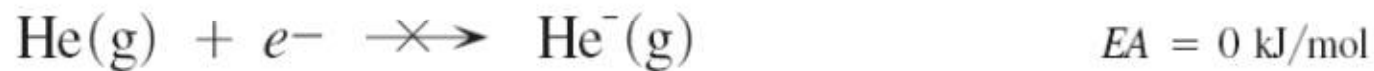
3주기에서, 원자 번호가 증가할수록 1차 이온화 에너지가 줄어든다. 따라서 1차 이온화 에너지의 증가 순서는  $\text{Na} < \text{Al} < \text{Mg} < \text{Si}$  이다.

---

## 5-4 전자 친화도

전자 친화도 (Electron Affinity :  $EA$ )

고립된 기체 상태의 원자에 하나의 전자를 추가하여  $-1$  전하를 갖는 이온을 형성할 때 흡수하는 에너지를 말한다.



큰 전자 친화도를 갖는 원소는 쉽게 전자를 얻어 음이온을 형성한다.



전자 친화도  
예외있음, 8A족은 표시않음

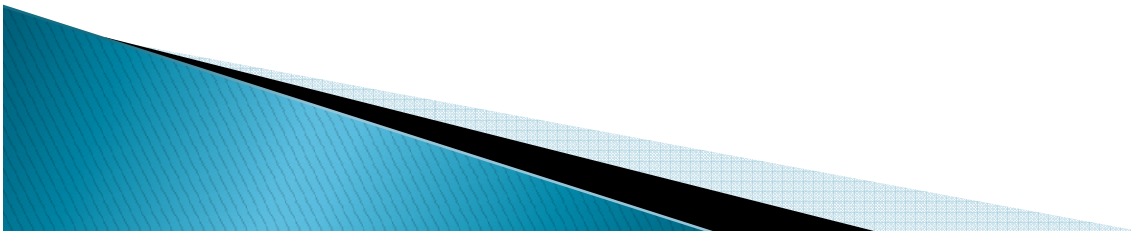
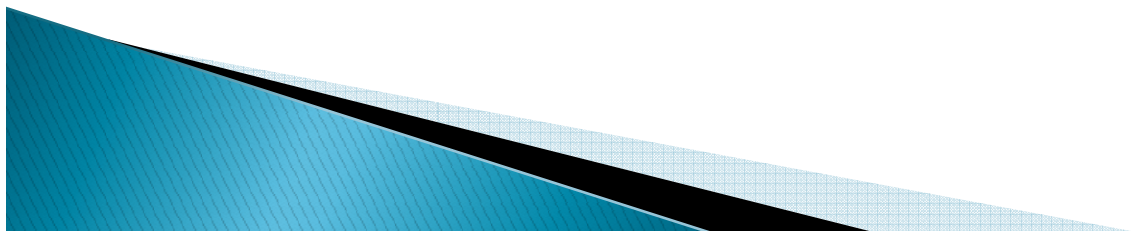
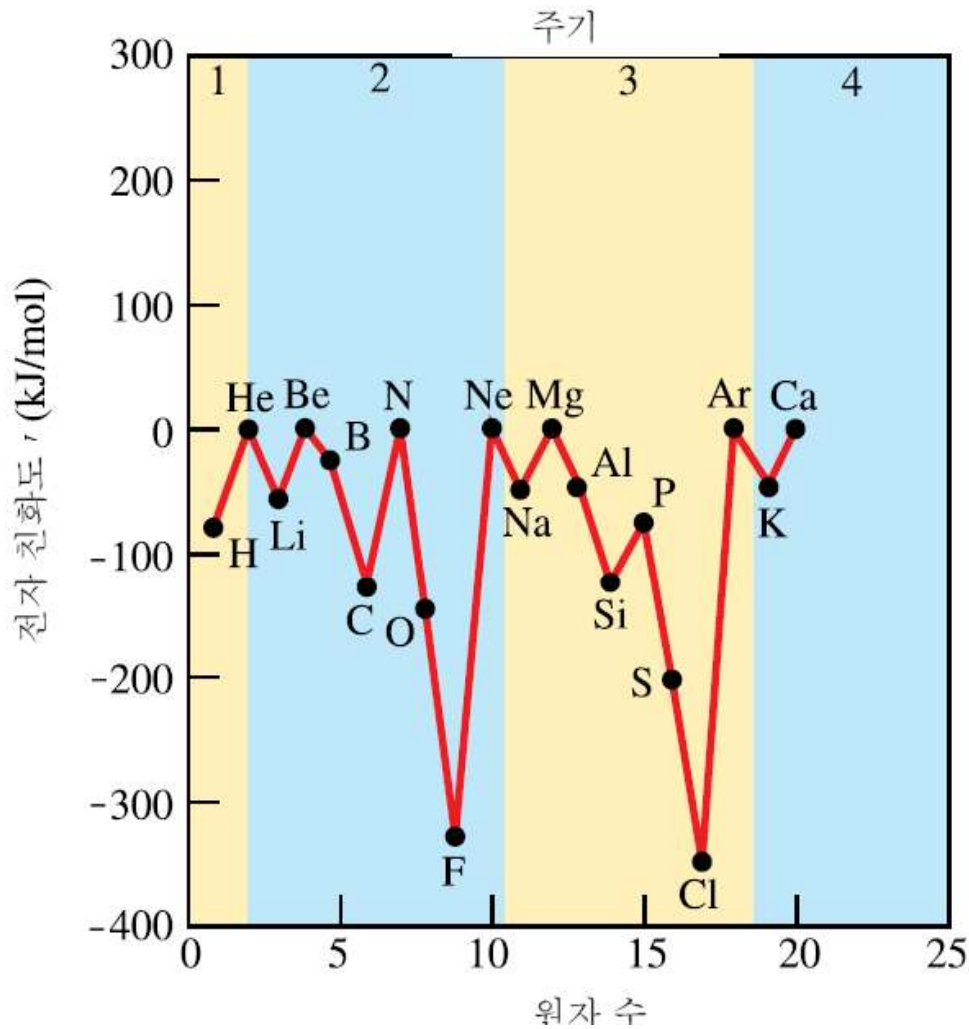


표 5-2 몇 가지 원소들의 전자 친화도(kJ/mol)

1	H -73								He 0
2	Li -60	Be (~0)		B -29	C -122	N 0	O -141	F -328	Ne 0
3	Na -53	Mg (~0)	Cu -118	Al -43	Si -134	P -72	S -200	Cl -349	Ar 0
4	K -48	Ca (~0)	Ag -125	Ga -29	Ge -119	As -78	Se -195	Br -324	Kr 0
5	Rb -47	Sr (~0)	Au -282	In -29	Sn -107	Sb -101	Te -190	I -295	Xe 0
6	Cs -45	Ba (~0)		Tl -19	Pb -35	Bi -91			







◀ 그림 5-3 20번까지 원소들의 원자 번호 대 전자 친화도의 도시(여기에서 전자 친화도 값의 부호를 방출하는 에너지로 보고 음의 부호(-)를 붙여 표시하였다).

### 예제 5-3 전자 친화도의 경향

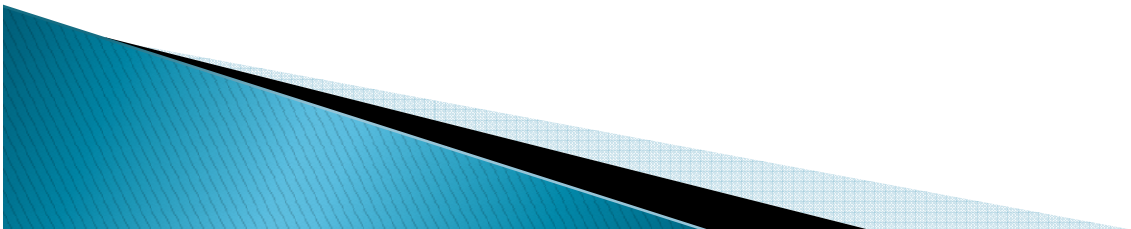
---

다음 원소들을 전자 친화도 값이 증가하는 순서, 즉 음의 값으로 감소하는 순서로 정렬하여라.

K, Br, Cs, Cl

#### 계획

표 5-2에서 일반적으로 전자 친화도는, IIA(Be)와 VIA(N)족을 제외하고, 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 증가함을 보여준다.



### 예제 5-3 전자 친화도의 경향

---

다음 원소들을 전자 친화도 값이 증가하는 순서, ~~즉 음의 값으로 감소하는 순서로 정렬하라.~~

K, Br, Cs, Cl

#### 계획

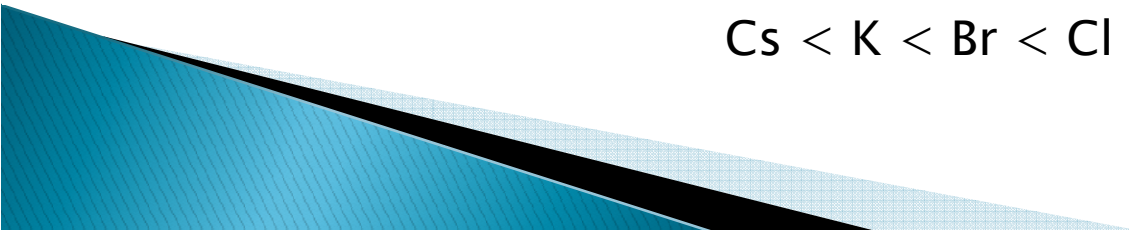
표 5-2에서 일반적으로 전자 친화도는, IIA(Be)와 VIA(N)족을 제외하고, 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 증가함을 보여준다.

#### 풀이

전자 친화도 값은 다음 순서로 증가한다.

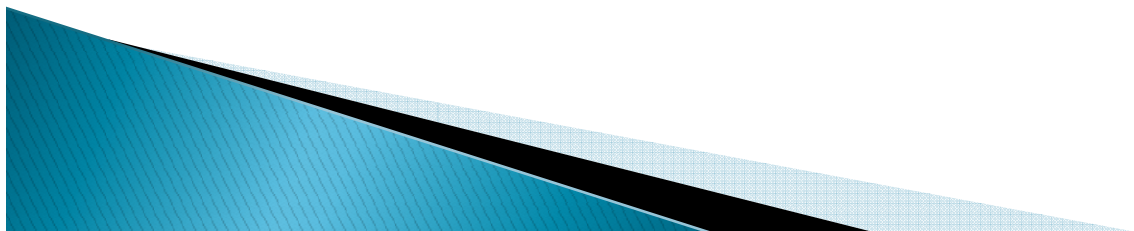
---

$Cs < K < Br < Cl$



## 5-5 이온 반경

1. 단순한 양이온은 항상 그것의 부모 중성 원자보다 작다.
2. 단순한 음이온은 항상 그것의 부모 중성 원자보다 크다.
3. 양이온의 크기는 주기를 따라 왼쪽→오른쪽 방향으로 작아진다.
4. 음이온의 크기는 주기를 따라 왼쪽→오른쪽 방향으로 작아진다.
5. 일련의 등전자성 화학종들 내에서는, 원자 번호가 증가할수록 핵 전하가 증가하기 때문에 원자 반지름이 감소한다. (등전자성, isoelectronic :화학종들은 같은 수의 전자를 가진다)
6. 족의 위쪽→아래쪽 방향으로 양이온과 음이온의 크기는 둘 다 증가한다.



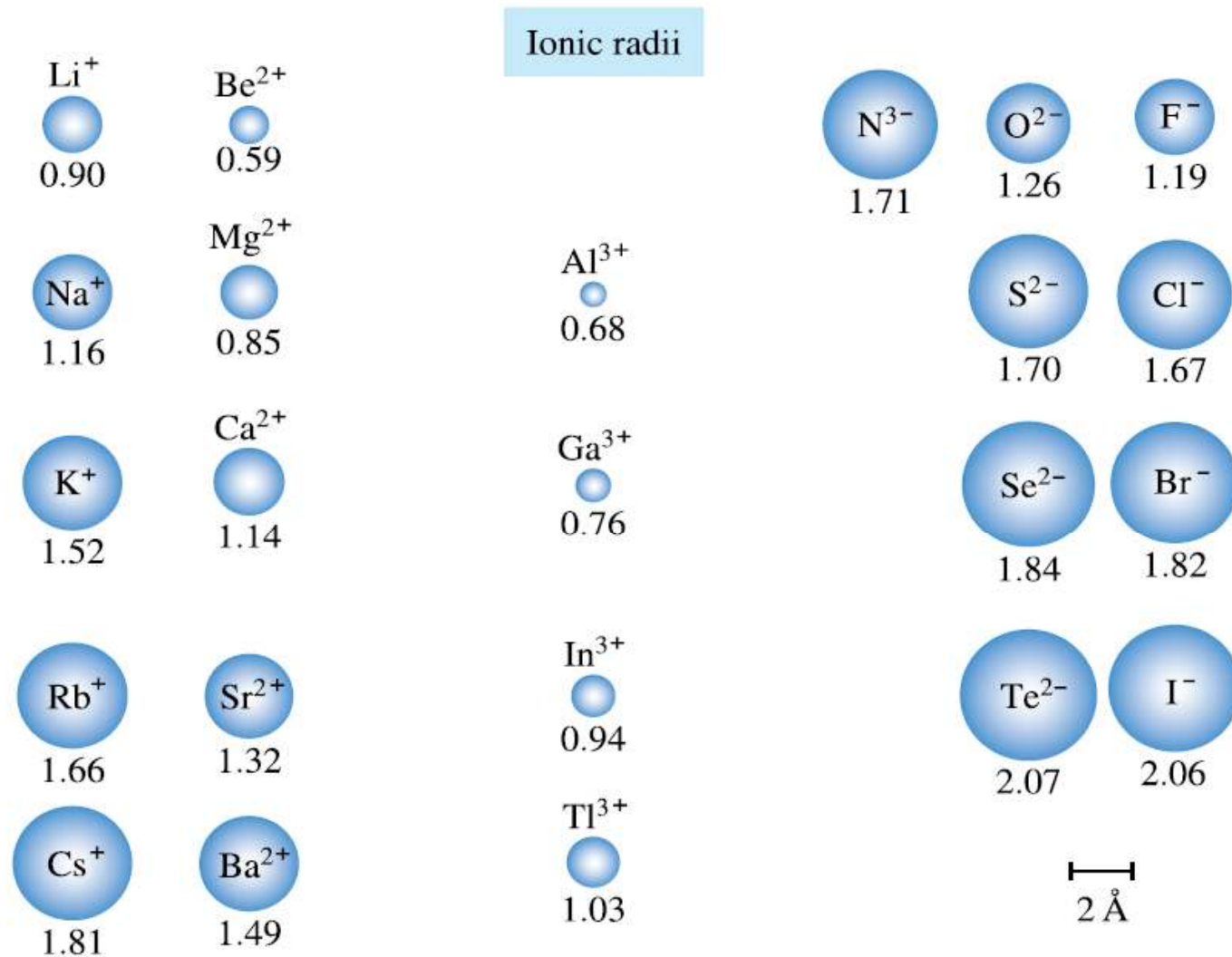






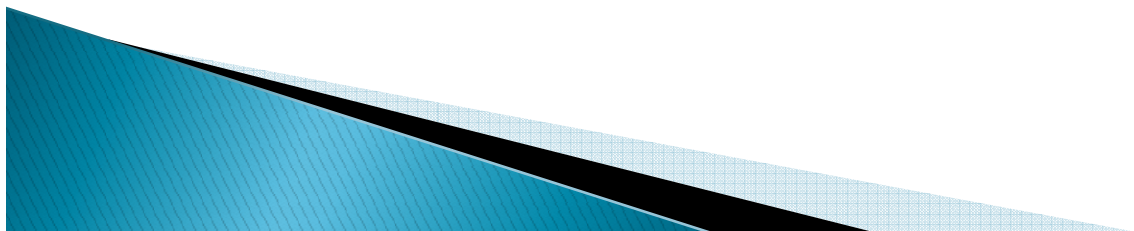


그림 5-1 (위) 주족 원소와 0족 기체들의 원자 반경(Å). (아래) 주족 원소의 이온들의 크기(Å).

## 이온의 등전자성 이온들의 한 예

						
Ionic radius (Å)	1.71	1.26	1.19	1.16	0.85	0.68
No. of electrons	10	10	10	10	10	10
Nuclear charge	+7	+8	+9	+11	+12	+13



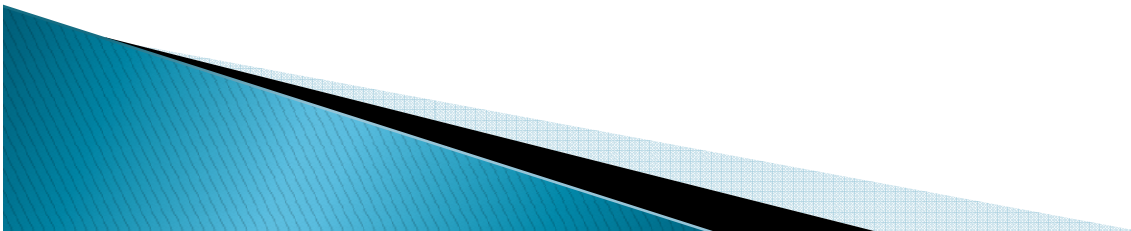


## 예제 5-4 이온 반경의 경향

다음 이온들을 이온 지름이 증가하는 순서로 정렬하여라: (a)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ; (b)  $\text{Se}^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Te}^{2-}$ .

### 계획

몇몇 이온들은 등전자성이고 따라서 그들의 크기는 핵의 전하에 의하여 결정할 수 있다. 또 최외각의 채워진 궤도함수(가장 큰  $n$  값)에 의해서 비교할 수 있다.



## 예제 5-4 이온 반경의 경향

다음 이온들을 이온 지름이 증가하는 순서로 정렬하여라: (a)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ; (b)  $\text{Se}^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Te}^{2-}$ .

### 계획

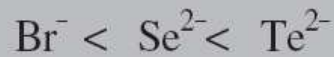
몇몇 이온들은 등전자성이고 따라서 그들의 크기는 핵의 전하에 의하여 결정할 수 있다. 또 최외각의 채워진 궤도함수(가장 큰  $n$  값)에 의해서 비교할 수 있다.

### 풀이

(a)  $\text{Ca}^{2+}$ 와  $\text{K}^+$ 는 외각 전자 배치가  $3s^23p^6$ 인 등전자성이다(각각 18 전자).  $\text{Ca}^{2+}$ 의 핵 전하(20+)가  $\text{K}^+$ 의 핵 전하(+19)보다 크기 때문에,  $\text{Ca}^{2+}$ 가 18개의 전자를 더 단단히 붙들고 있어  $\text{Ca}^{2+}$ 가  $\text{K}^+$ 보다 더 작다.  $\text{Al}^{3+}$ 는 두 번째 주 껍질에 전자를 가지고 있어( $2s^22p^6$ ) 다른 두 이온보다 작다.



(b)  $\text{Br}^-$ 와  $\text{Se}^{2-}$ 는 외각 전자 배치가  $4s^24p^6$ 인 등전자성이다(각각 36 전자).  $\text{Br}^-$ 의 핵 전하(35+)가  $\text{Se}^{2-}$ 의 핵 전하(+34)보다 크기 때문에,  $\text{Br}^-$ 이 36개의 전자를 더 단단히 붙들고 있어  $\text{Br}^-$ 가  $\text{Se}^{2-}$ 보다 더 작다.  $\text{Te}^{2-}$ 는 다섯 번째 주 껍질에 전자를 가지고 있어( $5s^25p^6$ ) 다른 두 이온보다 크다.



## 5-6 전기 음성도

**전기 음성도 (electronegativity,  $EM$ )**

**: 다른 원자와 결합할 때 전자를 자기 자신에게 끌어 당기는 능력.**

전기 음성도가 높은 원소(비금속)는 전자를 얻어 음이온을 형성하고, 낮은 원소(금속)는 전자를 잃어 양이온을 형성한다.

주족 원소의 전기 음성도는 주기율표에서 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 증가하고, 위에서 아래로 갈수록 감소한다.

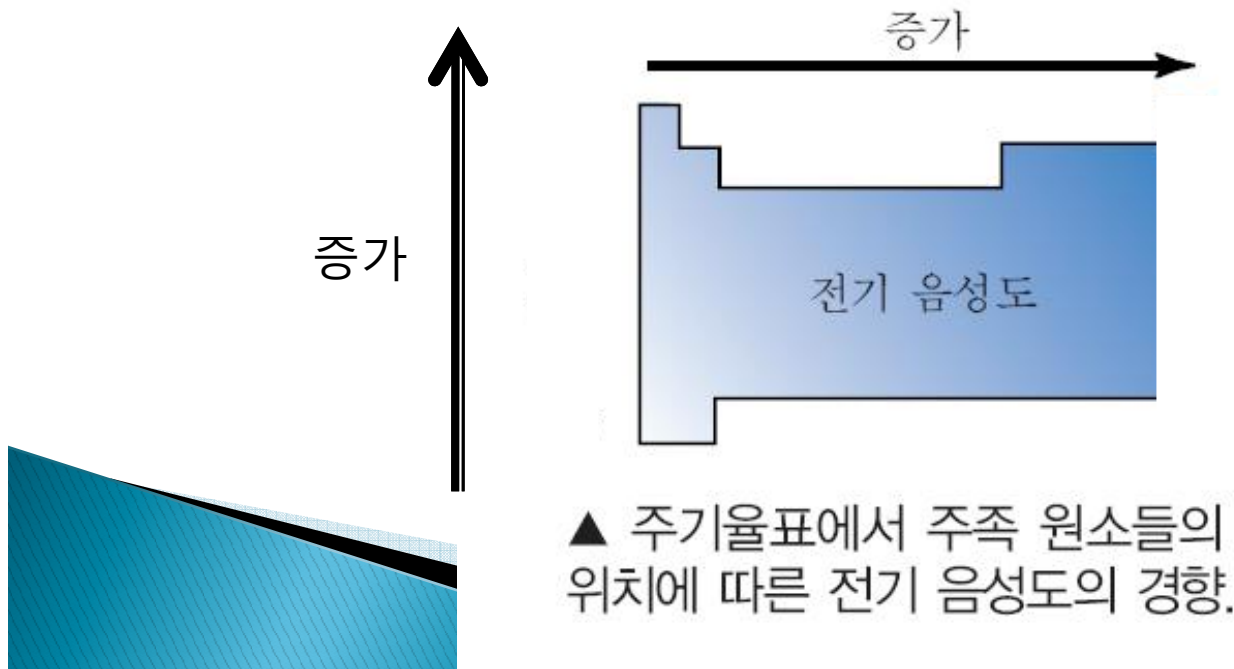


표 5-3 원소들의 전기 음성도<sup>a</sup>

IA																			VIII A				
1	2																		2				
1	2.1																		2				
IIA																		III A	IV A	V A	VIA	VII A	
3	4																	5	6	7	8	9	10
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
1.0	1.5																	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
III B		IV B	VB	VIB	VIII B	VIII B			IB	IIB	13	14	15	16	17	18							
11	12	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36							
Na	Mg	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr							
1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.8								
6																			54				
19	20	21																	54				
K	Ca	Sc																	Xe				
0.9	1.0	1.3																					
5																			53				
37	38	39																	53				
Rb	Sr	Y																	I				
0.9	1.0	1.2																	2.5				
4																			85				
40	41	42																	85				
Zr	Nb	Mo																	At				
1.3	1.5	1.6																	2.1				
3																			86				
72	73	74																	86				
Hf	Ta	W																	Rn				
1.3	1.4	1.5																	2.1				
2																			87				
55	56	57																	87				
Cs	Ba	La																					
0.8	1.0	1.1																					
1																			88				
87	88	89																	88				
Fr	Ra	Ac																					
0.8	1.0	1.1																					
			* 58 Ce 1.1, 59 Pr 1.1, 60 Nd 1.1, 61 Pm 1.1, 62 Sm 1.1, 63 Eu 1.1, 64 Gd 1.1, 65 Tb 1.1, 66 Dy 1.1, 67 Ho 1.1, 68 Er 1.1, 69 Tm 1.1, 70 Yb 1.0, 71 Lu 1.2																				
			† 90 Th 1.2, 91 Pa 1.3, 92 U 1.5, 93 Np 1.3, 94 Pu 1.3, 95 Am 1.3, 96 Cm 1.3, 97 Bk 1.3, 98 Cf 1.3, 99 Es 1.3, 100 Fm 1.3, 101 Md 1.3, 102 No 1.3, 103 Lr 1.5																				

<sup>a</sup>전기 음성도 값이 상자의 아랫부분에 표시되었다.

## 예제 5-5 전기 음성도의 경향

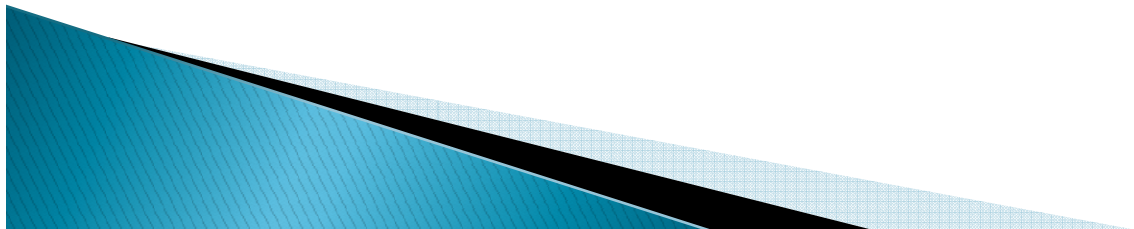
---

다음 원소들을 전기 음성도가 증가하는 순서로 나열하여라.

B, Na, F, O

### 계획

표 5-3은 전기 음성도가 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 아래에서 위로 올라갈수록 증가함을 보여준다.



## 예제 5-5 전기 음성도의 경향

---

다음 원소들을 전기 음성도가 증가하는 순서로 나열하여라.

B, Na, F, O

### 계획

표 5-3은 전기 음성도가 주기율표의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 아래에서 위로 올라갈수록 증가함을 보여준다.

### 풀이

$\text{Na} < \text{B} < \text{O} < \text{F}$

---

