

# 원소의 주기적 성질

이온 반지름  
이온화 에너지

# 원자반지름과 이온반지름

## ■ 양이온

- 이온반지름이 원자반지름보다 작다
- 이유 : 전자껍질 수가 줄어들기 때문에

## ■ 음이온

- 이온반지름이 원자반지름보다 크다
- 이유 : 전자 수가 증가로 인해 가려막기 효과가 증가하고 유효 핵전하가 감소하므로

# 등전자이온

## ■ 등전자이온

ex>  $O^{2-}$  : 양성자 8개, 전자 10개

$F^{-}$  : 양성자 9개, 전자 10개

(Ne : 양성자 10개, 전자 10개)

$Na^{+}$  : 양성자 11개, 전자 10개

$Mg^{2+}$  : 양성자 12개, 전자 10개




























→ 같은 수의 전자를 다른 수의 양성자가 당기고 있음

→ 강하게 당기면(유효핵전하가 세면) 반지름 감소

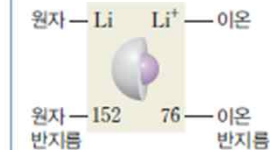
→ 등전자이온에서 원자번호가 크면(양성자 많음) 이온반지름이 작다

# 이온반지름

- 원자반지름과 이온반지름
  - 양이온: 원자반지름 > 이온반지름
    - 이유: 전자껍질 수 감소
  - 음이온: 원자반지름 < 이온반지름
    - 이유: 전자수 증가로 인한 유효핵전하 감소
- 등전자 이온에서
  - 원자번호가 증가하면 이온반지름 감소
- 같은 주기에서
  - 양이온 반지름 < 음이온 반지름
    - 음이온의 전자껍질이 더 많음
- 같은 족에서
  - 아래로 갈수록 이온반지름 증가
    - 전자껍질 수 증가

| 금속 원소<br>원자 반지름 > 양이온 반지름 |  |   |  | 비금속 원소<br>원자 반지름 < 음이온 반지름   |   |   |   |   |   |  |                  |
|---------------------------|--|---|--|--|---|---|---|---|---|--|------------------|
| 주기                        | 1  |   | 2  |  | 15  | 16  | 17  |   |   |  |                  |
| 2                         | Li<br>152<br>   | Li <sup>+</sup><br>76<br>    | Be<br>112<br>   | Be <sup>2+</sup><br>31<br>    | N<br>75<br>  | N <sup>3-</sup><br>146<br> | O<br>73<br>    | O <sup>2-</sup><br>140<br>   | F<br>72<br>    | F <sup>-</sup><br>133<br>   | 2주기 Ne의<br>전자 배치 |
| 3                         | Na<br>186<br>   | Na <sup>+</sup><br>102<br>   | Mg<br>160<br>   | Mg <sup>2+</sup><br>72<br>    | P<br>110<br> | P <sup>3-</sup><br>212<br> | S<br>104<br>   | S <sup>2-</sup><br>184<br>   | Cl<br>99<br>   | Cl <sup>-</sup><br>181<br>  | 3주기 Ar의<br>전자 배치 |
| 4                         | K<br>227<br>   | K <sup>+</sup><br>138<br>   | Ca<br>197<br>  | Ca <sup>2+</sup><br>100<br>  |   |   | Se<br>116<br> | Se <sup>2-</sup><br>198<br> | Br<br>114<br> | Br <sup>-</sup><br>196<br> |                  |
| 5                         | Rb<br>248<br> | Rb <sup>+</sup><br>152<br> | Sr<br>215<br> | Sr <sup>2+</sup><br>118<br> |   |   | I<br>133<br> | I <sup>-</sup><br>220<br>  |   |  |                  |

〈출처〉 Haynes, 『CRC handbook of chemistry and physics』, 2016.





# 이온화 에너지

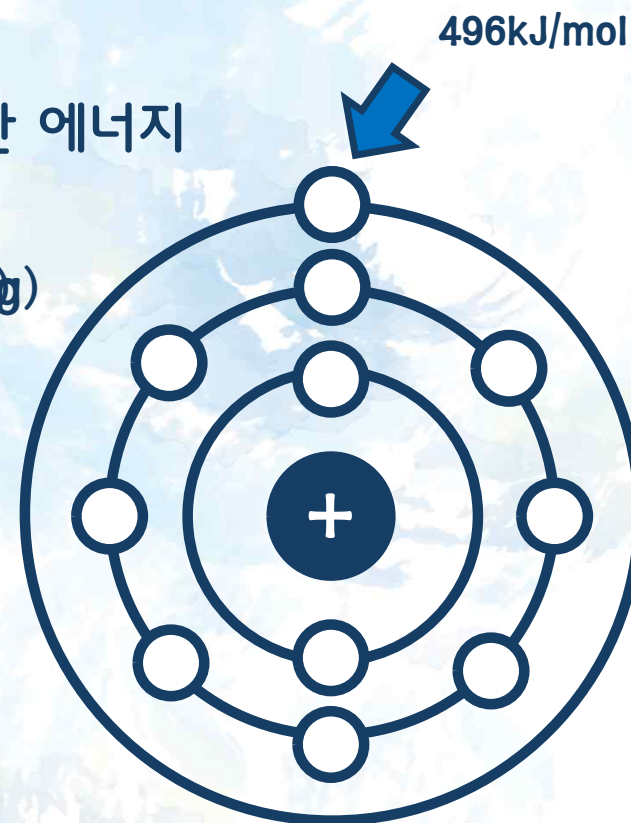
## ■ 이온화 에너지의 정의

- 기체상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어내는 데 필요한 에너지



Na의 이온화 에너지: 496kJ/mol

$Na^+_{(g)}$



# 이온화에너지의 주기성(같은 주기)

- 같은 주기(같은 가로줄)일 때 원자번호 증가(오른쪽으로)하면?

같은 주기에서 오른쪽으로 이동

→ 유효핵전하 증가

→ 전자를 떼어내기 힘들다

→ 이온화 에너지가 크다

같은 주기에서 원자번호가 증가하면 이온화E 대체적으로 증가

# 이온화에너지의 주기성(같은 족)

- 같은 족(같은 세로줄)일 때 원자번호 증가(아래로)하면?

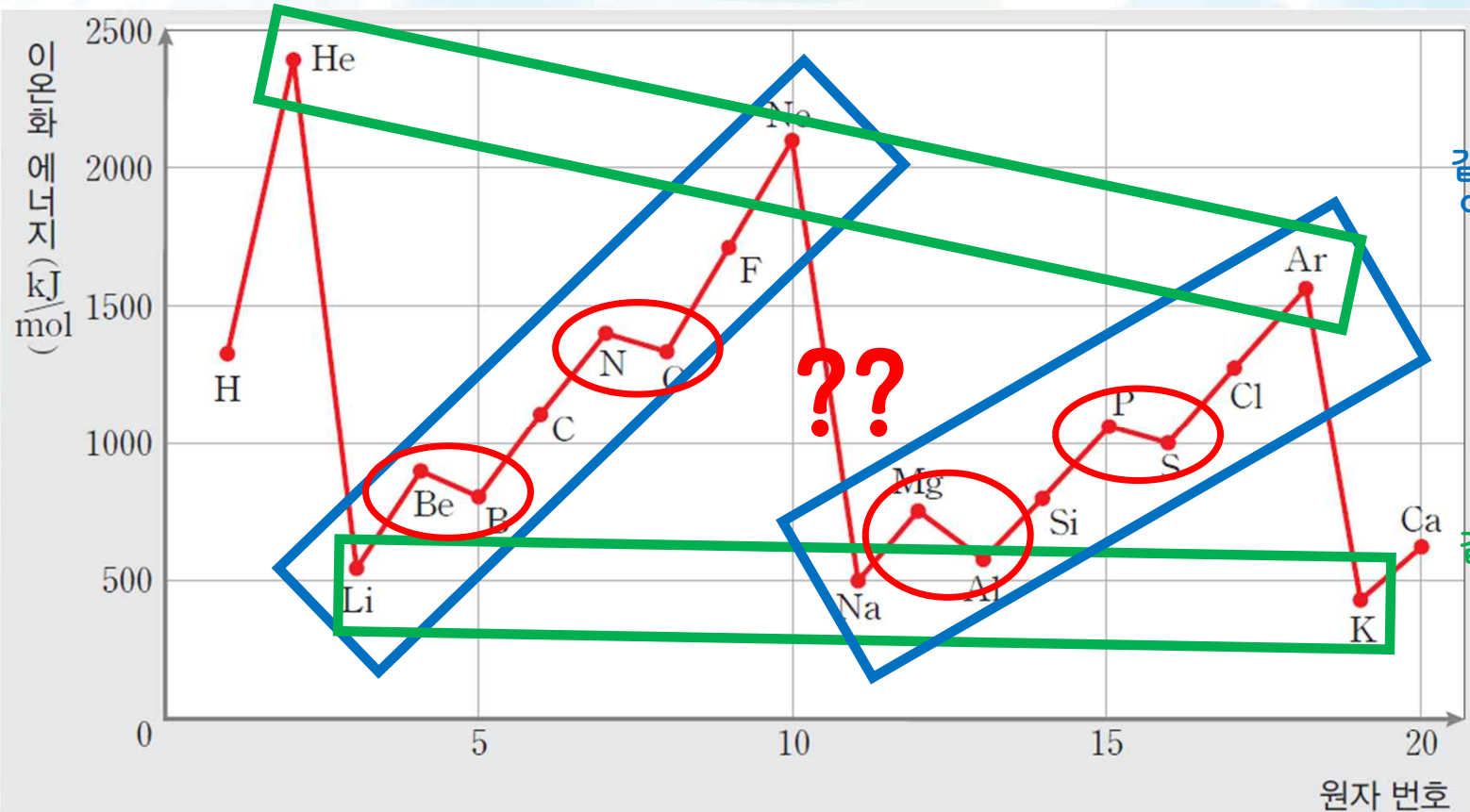
같은 족에서 아래으로 이동

- 주기가 바뀜 → 전자껍질 수 증가 → 전자 떼어내기 쉬워짐
- 유효핵전하 증가 → 전자 떼어내기 어려워짐
- 전자를 떼어내기 쉬워짐

같은 족에서 원자번호가 증가하면 이온화E 감소

2024  
화학I

# 이온화에너지의 주기성



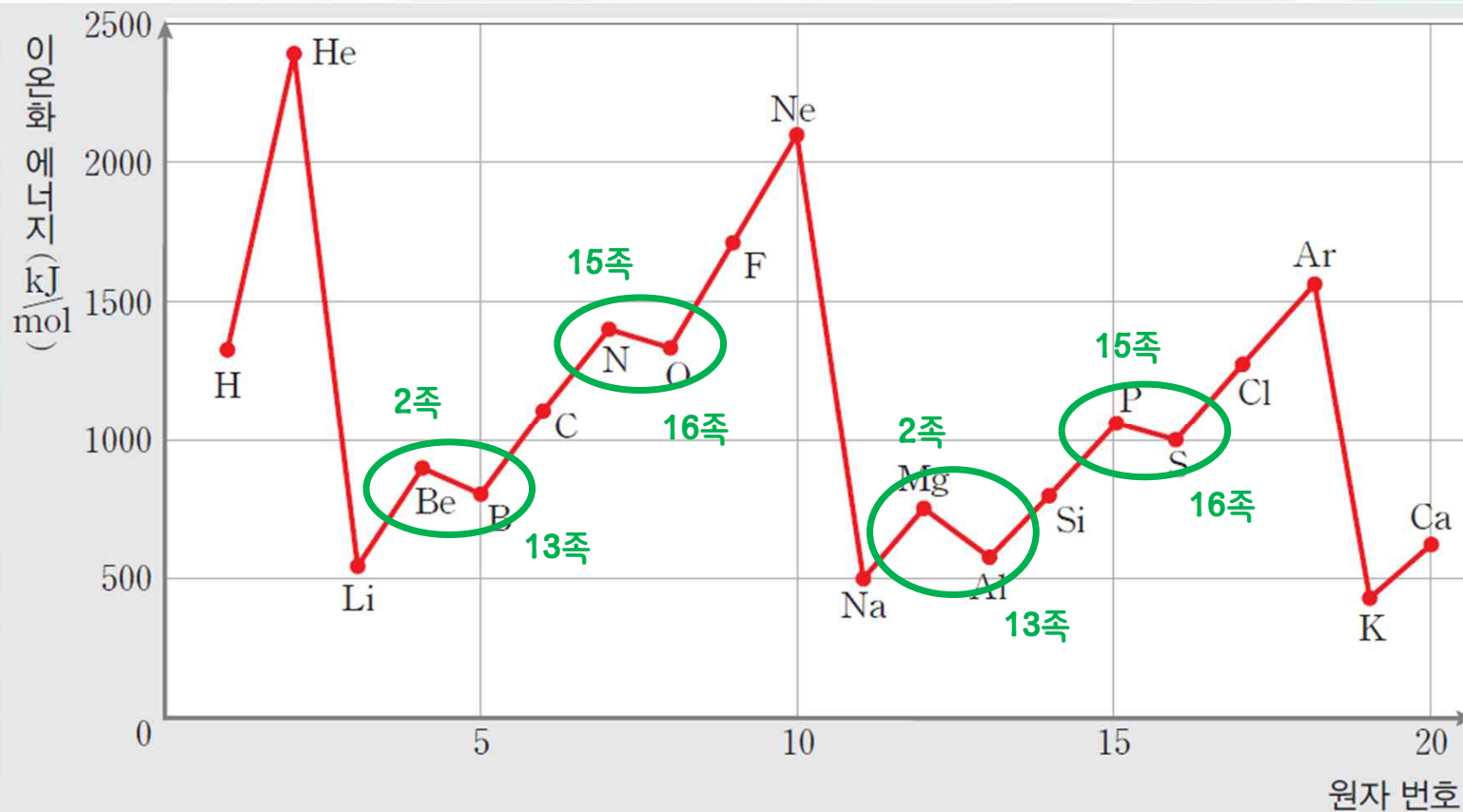
같은 주기에서 원자번호 증가하면  
이온화에너지는 대체적으로 증가

같은 족에서 원자번호 증가하면  
이온화에너지는 감소



2024  
화학I

# 이온화에너지 주기성의 예외



같은 주기에서  
경향성과 어긋나는 부분 존재

각 주기의  
2족과 13족 사이  
15족과 16족 사이  
에서 규칙적으로 나타남

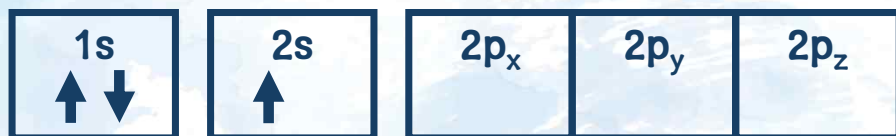
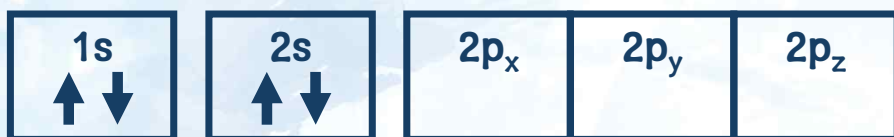
이유는???

족별로 다른 성질  
→ 전자배치

2024  
화학I

# 이온화 에너지 주기성의 예외 (2족, 13족)

${}_4\text{Be}$  (베릴륨, 2족)의 전자배치



${}_5\text{B}$  (붕소, 13족)의 전자배치



전자제거

전자들은 공평한 상태를 좋아함

평등 → 불평등

만족스러운 상태에서 불만족스러운 상태로 변화  
변화시키기 어려움 = 이온화E 많이 필요

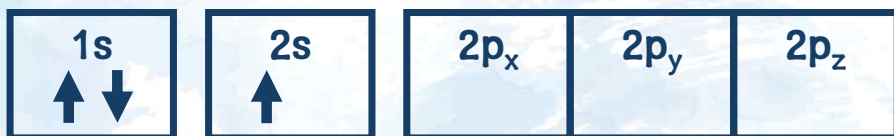
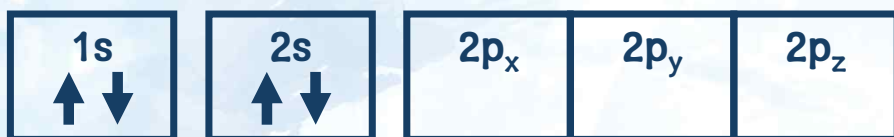
불평등 → 평등

만족스러운 상태에서 불만족스러운 상태로 변화  
변화시키기 쉬움 = 이온화E 적게 필요

2족에서 전자를 떼는 것보다 13족에서 전자를 떼는 것이 쉬움!

# 이온화 에너지 주기성의 예외 (2족, 13족)

${}_4\text{Be}$  (베릴륨, 2족)의 전자배치



${}_5\text{B}$  (붕소, 13족)의 전자배치



전자제거

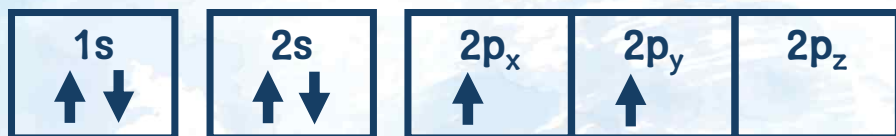
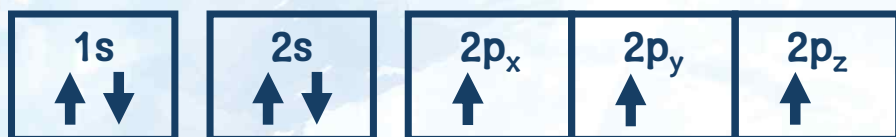
13족 B는 에너지 준위 높은 2p에서 전자를 떼어냄

2족 Be는 2s에서 전자를 떼어냄

에너지 준위가 높으면 원자핵에서 멀어 영향력이 적은 곳이므로  
2족에서 전자를 떼는 것보다 13족에서 전자를 떼는 것이 쉬움!

# 이온화 에너지 주기성의 예외(15족, 16족)

${}_7\text{N}$  (질소, 15족)의 전자배치



평등 → 불평등

만족스러운 상태에서 불만족스러운 상태로 변화  
변화시키기 어려움 = 이온화E 많이 필요

${}_8\text{O}$  (산소, 16족)의 전자배치



불평등 → 평등

만족스러운 상태에서 불만족스러운 상태로 변화  
변화시키기 쉬움 = 이온화E 적게 필요

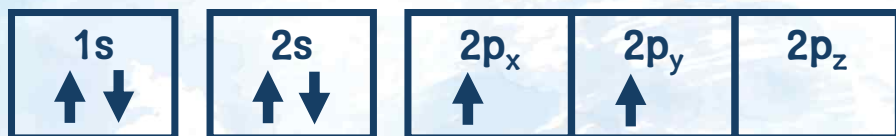
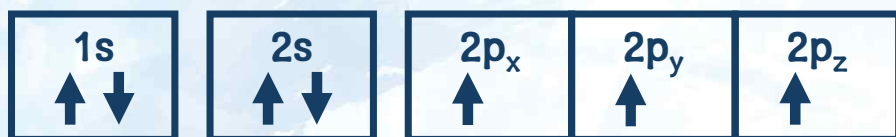
15족에서 전자를 떼는 것보다 16족에서 전자를 떼는 것이 쉬움!

전자제거



# 이온화 에너지 주기성의 예외(15족, 16족)

${}_7\text{N}$  (질소, 15족)의 전자배치



${}_8\text{O}$  (산소, 16족)의 전자배치



전자제거

16족 O는 2p오비탈 중 하나에 전자가 2개 들어가 있음  
전자끼리는 서로 반발력이 작용하여 불안정  
15족에서 전자를 떼는 것보다 16족에서 전자를 떼는 것이 쉬움!

2024  
화학I

# 이온화에너지의 주기성

- 같은 주기(같은 가로줄)일 때 원자번호 증가(오른쪽으로)하면?
  - 유효핵전하가 증가하므로 이온화 에너지가 대체적으로 증가
  - 단, 2족과 13족, 15족과 16족 사이에서는 반대 (전자배치의 안정성 때문에)
    - 2족의 이온화E > 13족의 이온화E
    - 15족의 이온화E > 16족의 이온화E
- 같은 족(같은 세로줄)일 때 원자번호 증가(아래로)하면?
  - 전자껍질이 증가하므로 이온화E 감소

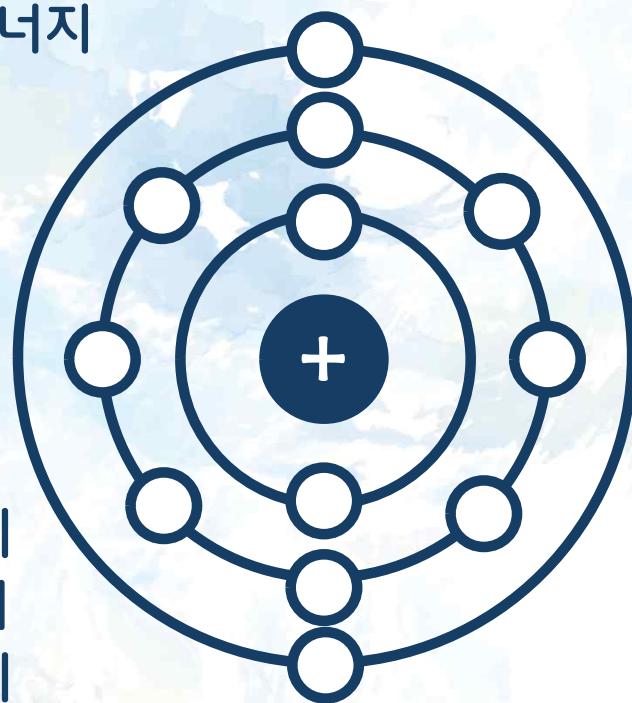
# 순차적 이온화 에너지

## ■ 이온화 에너지

- 기체상태 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어내는 데 필요한 에너지

## ■ 순차적 이온화 에너지

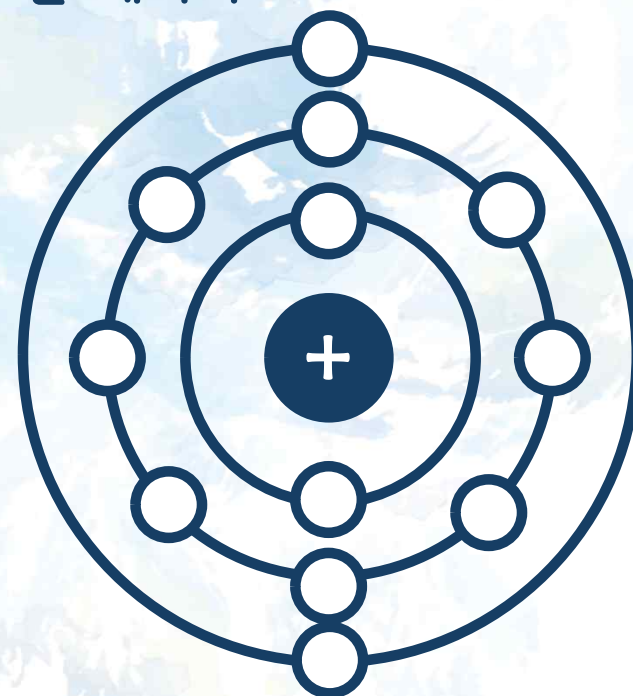
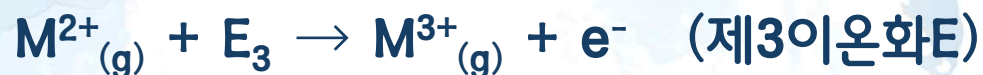
- 기체상태 원자 1몰에서 전자 1몰을 차례로 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제1이온화 에너지: 첫번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제2이온화 에너지: 두번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제3이온화 에너지: 세번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지



# 순차적 이온화 에너지

## ■ 순차적 이온화 에너지

- 기체상태 원자 1몰에서 전자 1몰을 차례로 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제1이온화에너지( $E_1$ )
  - 첫번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제2이온화에너지( $E_2$ )
  - 두번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지
- 제3이온화에너지( $E_3$ )
  - 세번째 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지





# 순차적 이온화 에너지의 특징

## ■ 순차적 이온화 에너지

- 전자를 떼어낼수록 가려막기 효과 감소
- 가려막기 효과가 감소하면 유효핵전하 증가
- 유효핵전하 증가하면 이온화에너지 증가

## ■ 순차적 이온화 에너지가 급격히 증가하는 경우

- 떼어낼 때 에너지가 많이 필요 = 안정한 상태
- 안정한 상태에서 전자를 떼어낼 때 이온화 에너지가 큼
- 바깥껍질이 가득 차 있는 상태에서 전자 떼어낼 때 이온화에너지 큼

## ■ 순차적 이온화 에너지가 급격히 증가하는 곳 직전이 안정한 상태

- 순차적 이온화 에너지가 급격히 증가하는 곳을 찾아 원소의 족을 알 수 있음
- 2차 이온화 에너지가 급격히 증가하면 1개 떼었을 때 안정한 상태 (1족 원소)

| 차수    | kJ/mol |
|-------|--------|
| $E_1$ | 496    |
| $E_2$ | 4562   |
| $E_3$ | 6912   |
| $E_4$ | 9543   |
| $E_5$ | 13353  |



수고하셨습니다