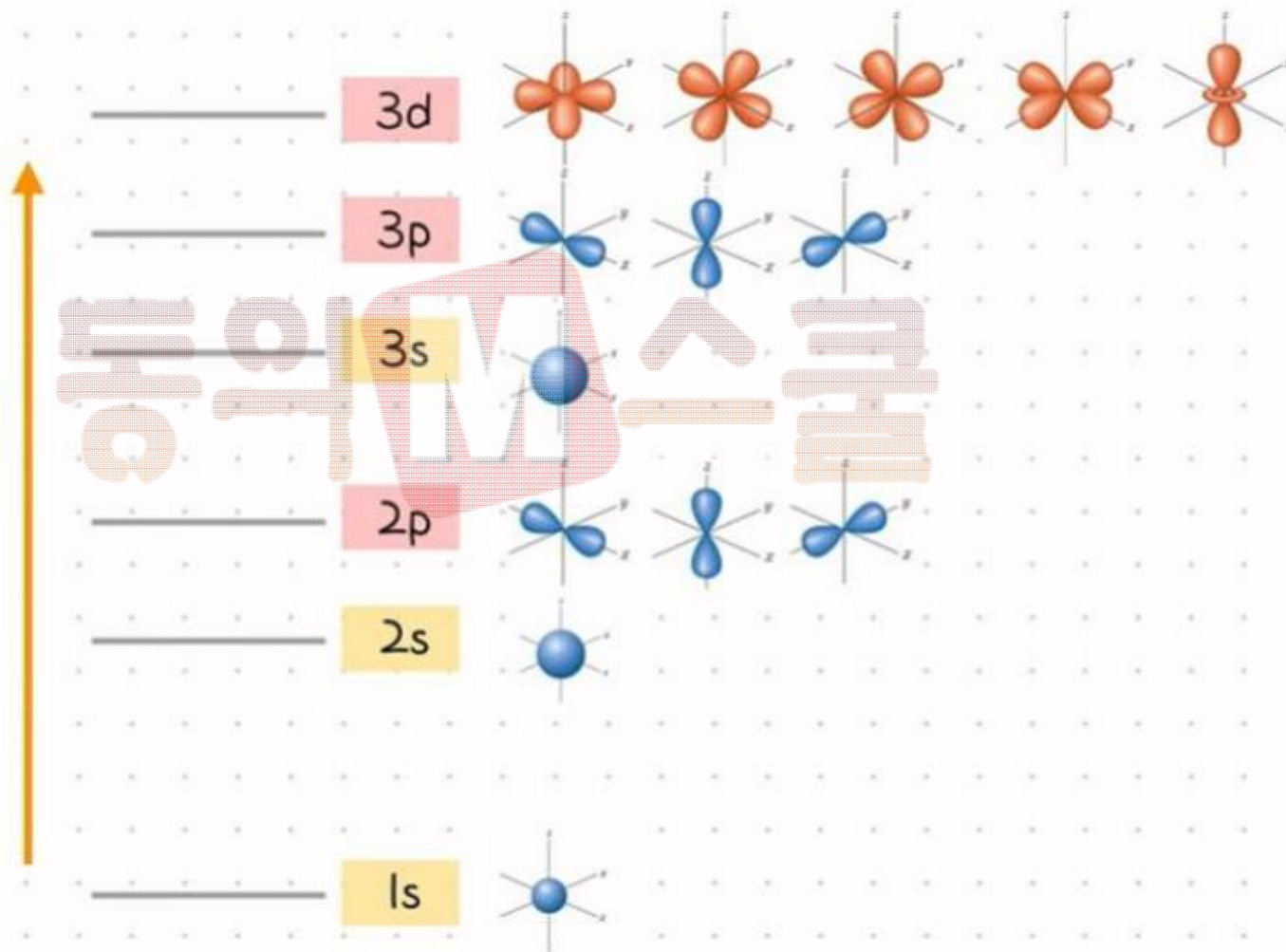


쌓음 원리

에너지 준위가 낮은 오비탈부터 전자가 채워진다

에너지 준위
증가함



오비탈의 에너지 준위 비교 🖐️ 주양자수(n)가 작을수록 에너지 준위가 낮다



1s 오비탈

<
에너지

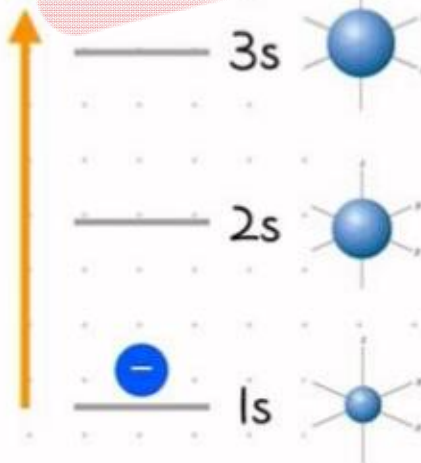


2s 오비탈

주양자수가 작을수록 전자(-)가
원자핵(+)가 가까이 존재함

전자(-)와 원자핵(+)의 인력으로
안정해진다(에너지↓)

에너지 증가



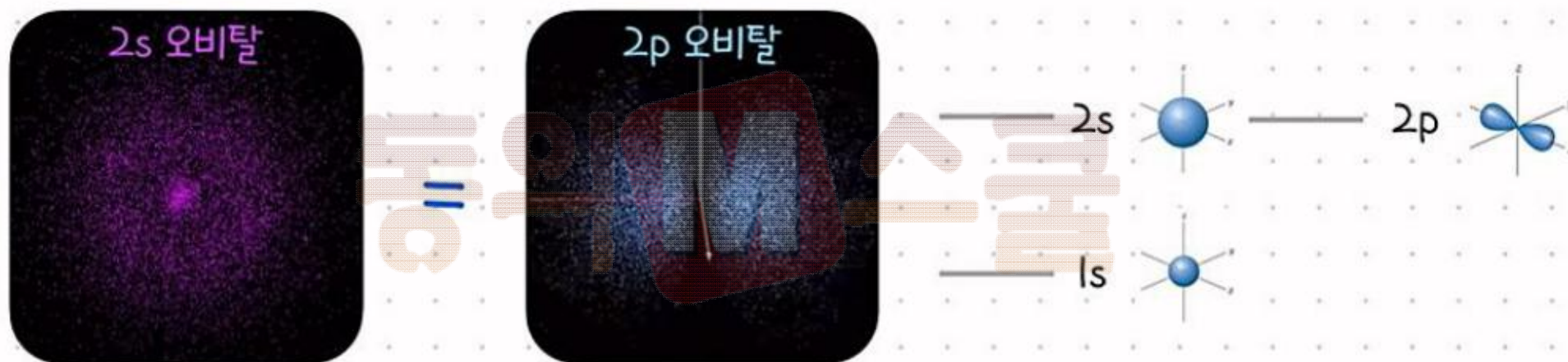
에너지가 작을수록
안정하다 😊



에너지가 클수록
불안정하다 😬

Tip) 오비탈에 존재하는 전자(-)가
원자핵의 (+)전하를 강하게 느낄수록
에너지가 낮은 안정한 상태!!

🤔주양자수(n)가 같은 경우에는? 🖐️전자가 1개인 경우에는 주양자수가 같으면 에너지 준위가 같다



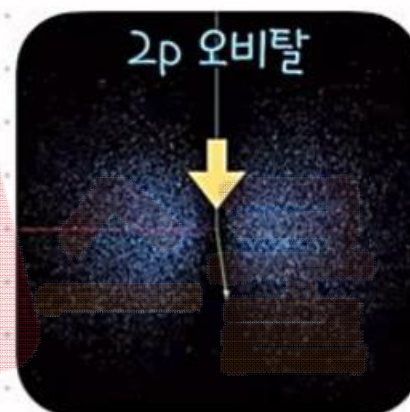
전자가 1개인 경우에는
2s 오비탈 또는 2p 오비탈에 있는 전자가 느끼는
원자핵의 (+)전하가 같다

🤔주양자수(n)가 같은 경우에는? ➡ 전자가 1개인 경우에는 주양자수가 같으면 에너지 준위가 같다

➡ 전자가 2개 이상이면 **부양자수(l)**가 작을수록 에너지 준위가 낮다

침투 효과

원자핵 가까이에서
전자가 발견될 확률이
존재함



에너지

전자가 발견될 확률이
원자핵에서 멀리
떨어져 있음

가림 효과

1s 오비탈의 전자가
원자핵의 (+)전하를 가림



Tip) 오비탈에 채워진 전자(-)가
원자핵의 (+)전하를 강하게 느낄수록
에너지가 낮은 안정한 상태!!

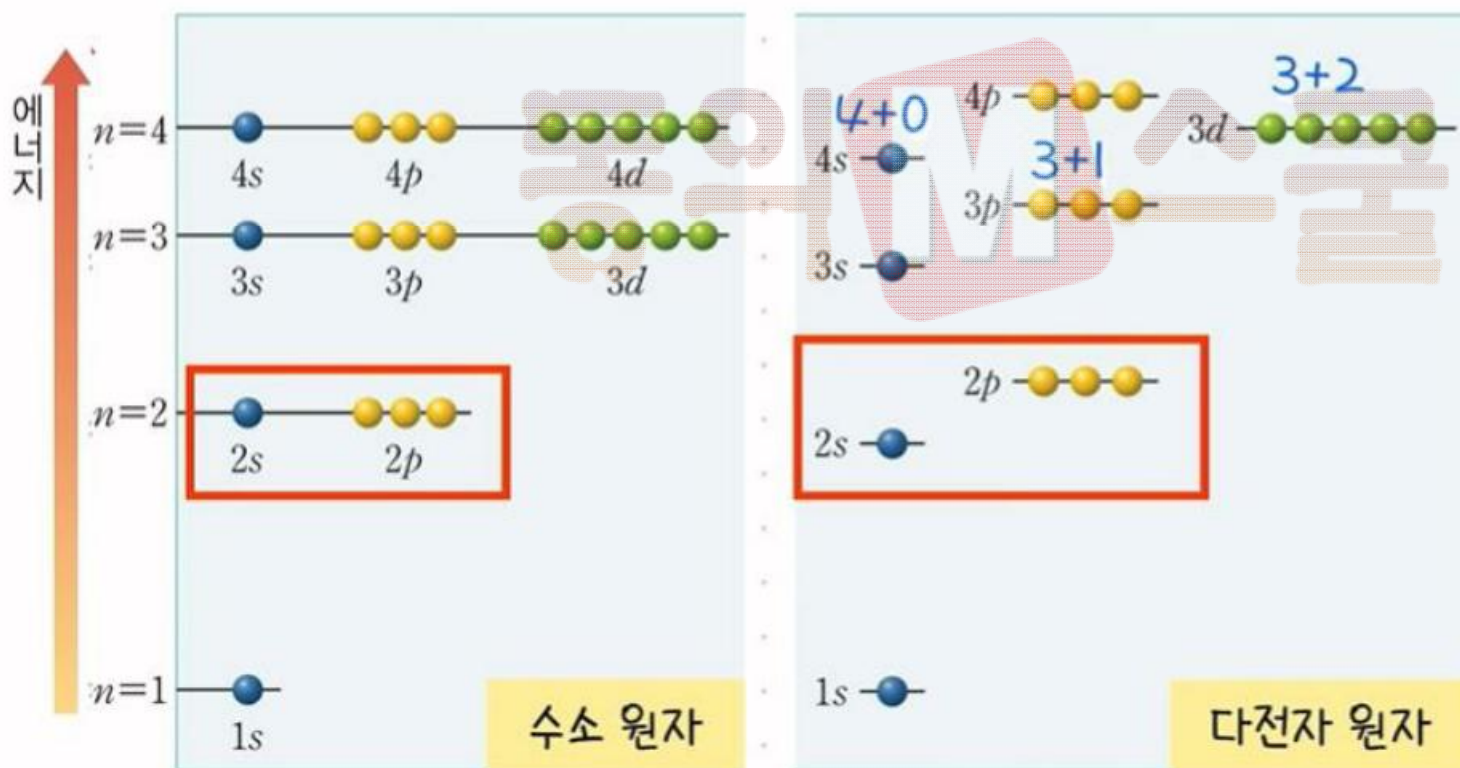
쌓음 원리

에너지 준위가 낮은 오비탈부터 전자가 채워진다

총 전자 에너지의 합이 가장 작은
에너지 준위의 전자 배치를 가진다는 의미

✓ 수소 원자(전자 1개) → 주양자수(n)가 작을수록 에너지 준위가 낮다

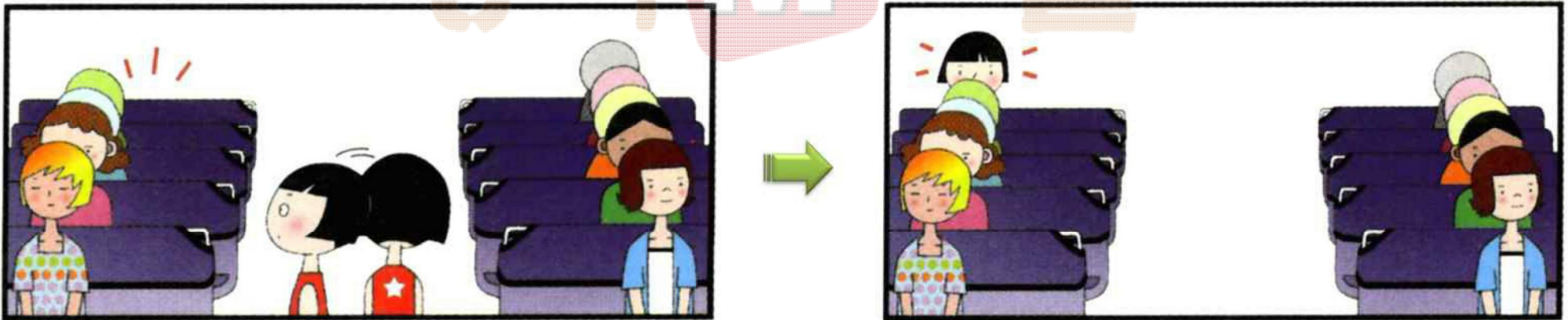
✓ 다전자 원자(전자 2개 이상) → 주양자수(n) + 부양자수(l)가 작을수록 에너지 준위가 낮다



<오비탈 전자 배치 순서>

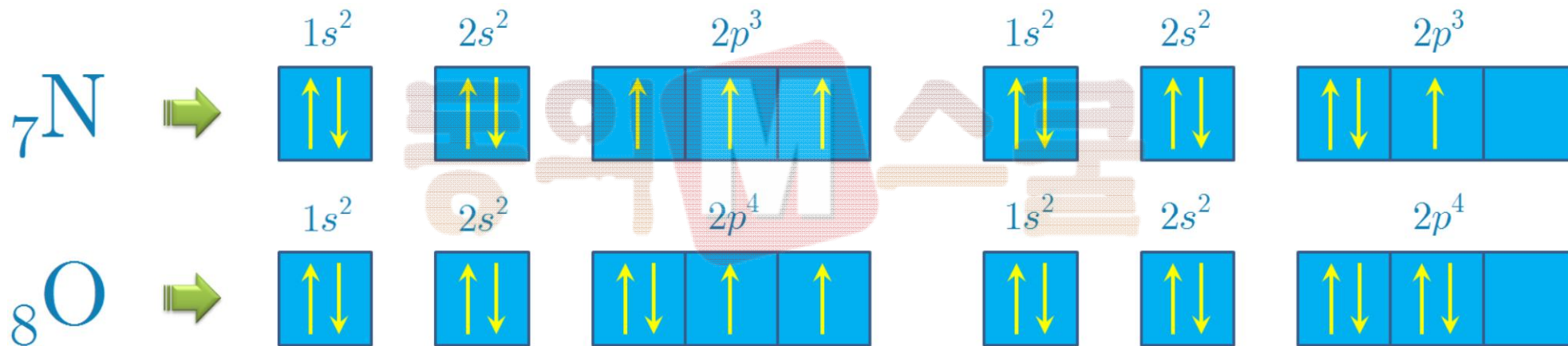
1s-2s-2p-3s-3p-3d
4s

- ② 파울리의 배타 원리 : 하나의 오비탈에는 전자가 최대 2개 들어갈 수 있음.
- ③ 훈트의 규칙 : p 오비탈과 같이 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때, 가능한 한 쌍을 이루지 않고 홀전자의 수가 많아지도록 배치함. 그 이유는 전자들이 같은 오비탈에 들어가는 것보다 다른 오비탈에 들어가면 전자들 사이의 반발력이 더 약해져서 안정해지기 때문이다. $\Rightarrow$ 에너지 준위가 같은 몇 개의 오비탈에 전자가 들어갈 때에는 각각의 오비탈에 1개씩의 전자가 배치된 후, 스핀이 반대인 전자가 들어가 쌍을 이루게 됨.



예 질소(${}_7\text{N}$)와 산소(${}_8\text{O}$)의 안정한 전자 배치와 불안정한 전자 배치

(p.75)



(가) 안정한 상태의 전자 배치

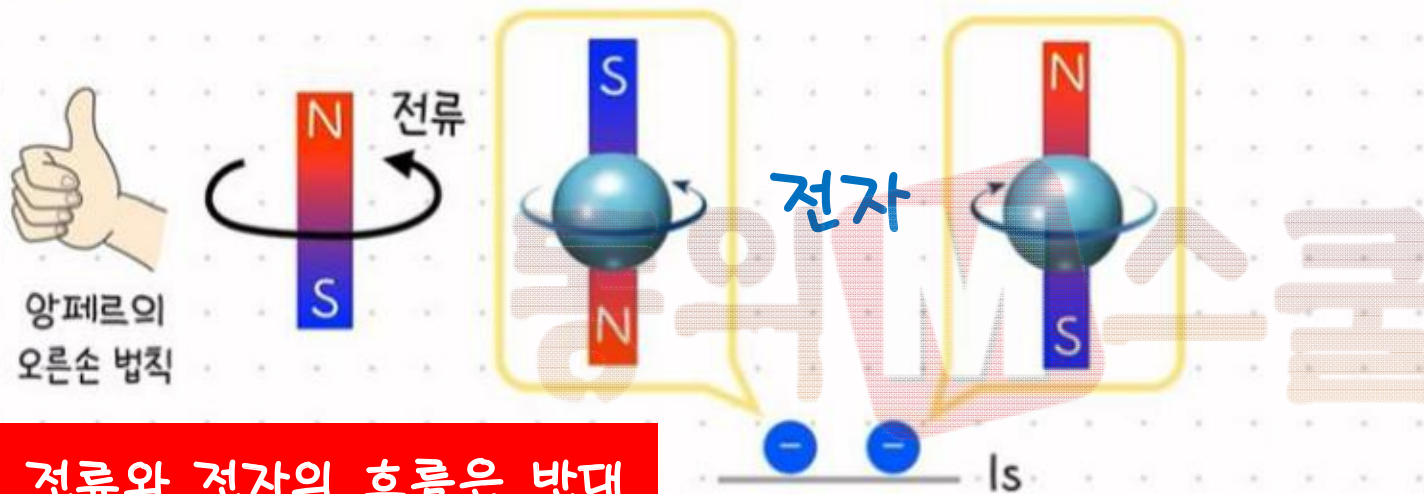
(나) 불안정한 상태의 전자 배치

파울리 배타 원리

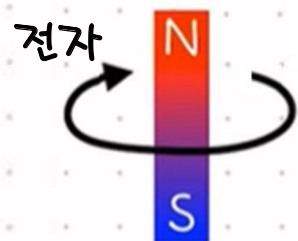
같은 오비탈에 채워지는 전자는 서로 반대 스핀을 갖는다

전자의 스핀 (spin)

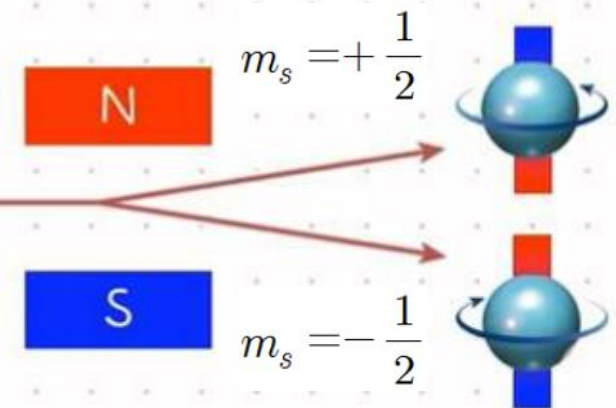
전자는 자기장 속에서 회전하는 성질이 있으며, 두 회전 상태가 존재한다



전류와 전자의 흐름은 반대



수소 원자빔



파울리 배타 원리

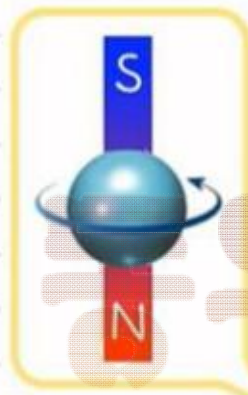
같은 오비탈에 채워지는 전자는 서로 반대 스핀을 갖는다

전자의 스핀(spin)

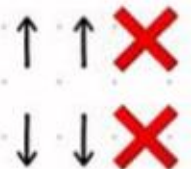
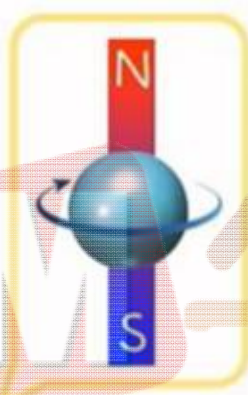
전자는 자기장 속에서 회전하는 성질이 있으며, 두 회전 상태가 존재한다

한 원자 내에서 4가지 양자수가 모두 똑같은 전자는 존재할 수 없다!!

$$m_s = +\frac{1}{2}$$



$$m_s = -\frac{1}{2}$$



✓스핀 방향으로 나타내기 :



☞ 서로 반대 방향의 자기장 (자기적 인력)

✓양자수 (m_s)로 나타내기 :

$$+\frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2}$$

☞ 스핀 자기 양자수 (m_s)

(n, l, m_l, m_s)

$$(1, 0, 0, +\frac{1}{2})$$

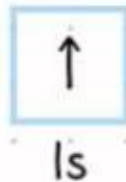
$$(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$$

파울리 배타 원리

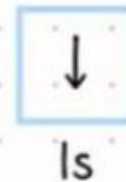
같은 오비탈에 채워지는 전자는 서로 반대 스핀을 갖는다



수소(H)



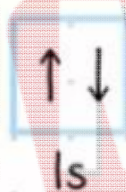
or



$1s^1$



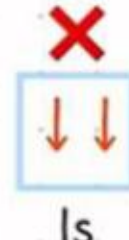
헬륨(He)



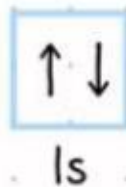
or



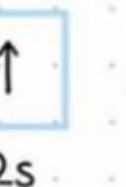
$1s^2$



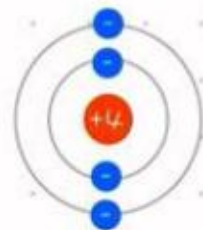
리튬(Li)



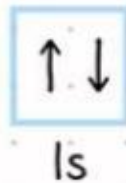
or



$1s^2 2s^1$



베릴륨(Be)



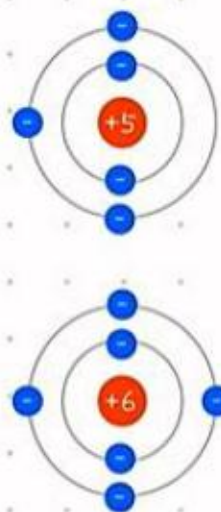
or



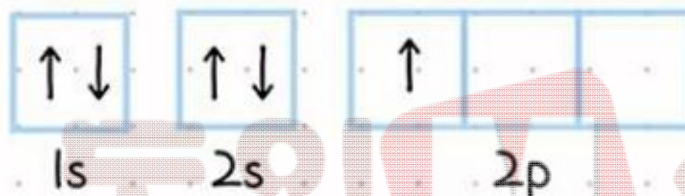
$1s^2 2s^2$

훈트의 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 홀전자가 많을수록 안정하다



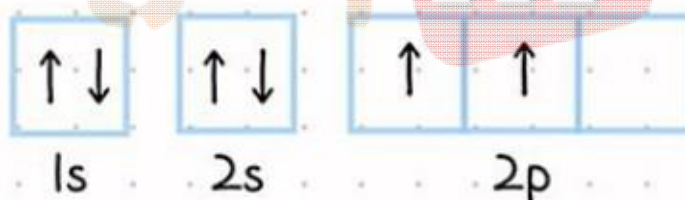
붕소(B)



$1s^2 2s^2 2p^1$

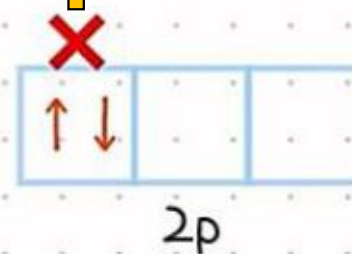


탄소(C)



$1s^2 2s^2 2p^2$

or

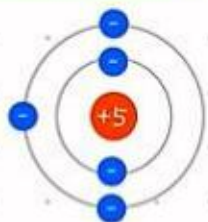


자기적으로 인력이
증가하여 정전기적
반발력이 크게 증가.

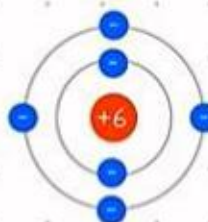
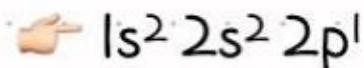
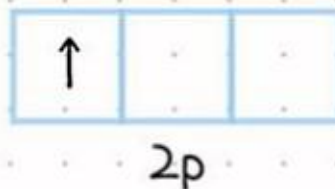
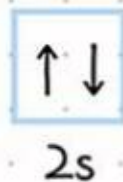
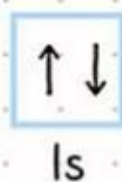
↑ ↓ ↑
전자 쌍 홀전자

훈트의 규칙

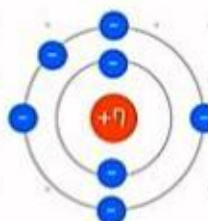
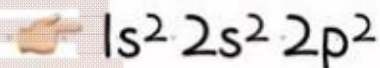
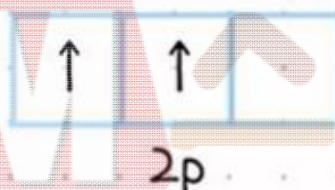
에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 **홀전자가 많을수록** 안정하다



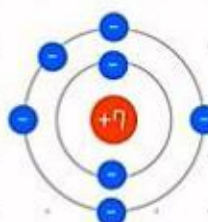
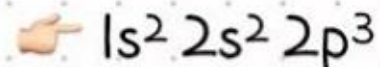
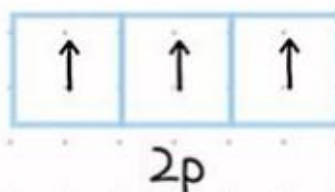
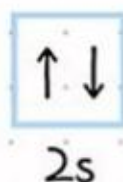
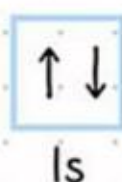
붕소 (B)



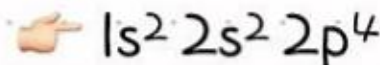
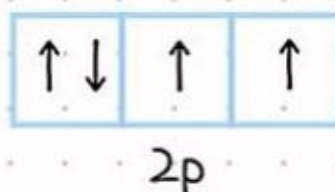
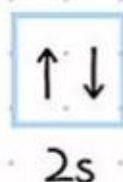
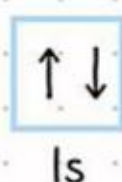
탄소 (C)



질소 (N)



산소 (O)

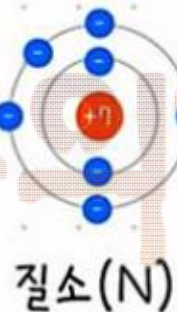


다전자 원자의 전자 배치 규칙 및 원리 정리



쌓음 원리

에너지 준위가 낮은 오비탈부터 전자가 채워진다



1s

2s

2p

파울리 배타 원리

같은 오비탈에 채워지는 전자는 서로 반대 스핀($\uparrow\downarrow$)을 갖는다

훈트 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 홀전자가 많을수록 안정하다

2개 이상의 오비탈에

2개 이상의 전자가 채워질 때

주양자수 + 부양자수 ($n + l$)가 클수록 에너지 준위가 높음.

(7) 바닥상태와 들뜬상태의 전자 배치

- ① 바닥상태 전자 배치 : 에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치로, 전자 배치의 원리를 따른 전자 배치.
- ② 들뜬상태 전자 배치 : 원자가 에너지를 흡수하여 전자가 높은 에너지 준위의 오비탈로 전이된 전자 배치.

(8) 원자가전자

- ① 가장 바깥쪽 전자껍질에 들어 있는 전자로 원소의 화학적 성질을 결정함.
- ② 전형 원소에서 원자가전자의 수가 같은 원소는 같은 족에 속하고 화학적 성질이 비슷함.

원소	전자 배치			원자가전자수	비고
	K	L	M		
${}_3\text{Li}$	$1s^2$	$2s^1$	—	1	1족
${}_9\text{F}$	$1s^2$	$2s^2 2p^5$	—	7	17족
${}_{11}\text{Na}$	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^1$	1	1족



확인 문제

다음 중 오비탈(궤도함수)에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 수소 원자에서는 주양자수 n 만 같으면 각 오비탈 에너지가 동일하다.
- ② s 궤도함수는 방향성이 없다.
- ③ n 번째 껍질에 존재하는 오비탈의 종류는 n 개이다.
- ④ d 오비탈은 $n = 4$ 이상에서 존재한다.

[정답] ④ ; d 오비탈은 $n = 3$ 이상에서 존재한다.

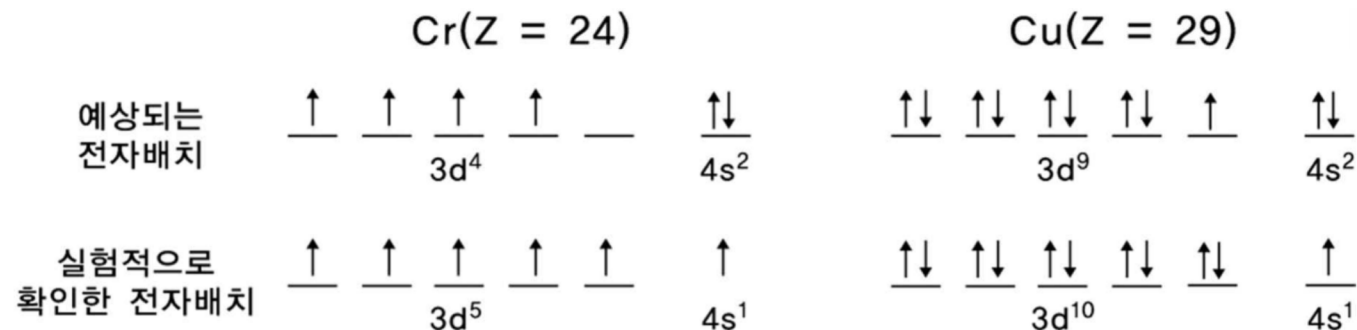
주기	원자번호	원소	전자 배치										비고
			1s	2s	2p			3s	3p			4s	
1	1	H	↑										1s ¹
	2	He	↑↓										1s ²
2	3	Li	↑↓	↑									1s ² 2s ¹
	4	Be	↑↓	↑↓									1s ² 2s ²
	5	B	↑↓	↑↓	↑								1s ² 2s ² 2p ¹
	6	C	↑↓	↑↓	↑	↑							1s ² 2s ² 2p ²
	7	N	↑↓	↑↓	↑	↑	↑						1s ² 2s ² 2p ³
	8	O	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑						1s ² 2s ² 2p ⁴
	9	F	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑						1s ² 2s ² 2p ⁵
	10	Ne	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓						1s ² 2s ² 2p ⁶
3	11	Na	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑					[Ne]3s ¹
	12	Mg	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					[Ne]3s ²
	13	Al	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑				[Ne]3s ² 3p ¹
	14	Si	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑			[Ne]3s ² 3p ²
	15	P	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑		[Ne]3s ² 3p ³
	16	S	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑		[Ne]3s ² 3p ⁴
	17	Cl	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑		[Ne]3s ² 3p ⁵
	18	Ar	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓		[Ne]3s ² 3p ⁶
4	19	K	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	[Ar]4s ¹
	20	Ca	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	[Ar]4s ²

② 전이 원소의 전자 배치

- 원자의 총 에너지를 가장 낮게 만들게 전자가 오비탈 차지함. (실험적으로 관찰됨)
- 관찰에 의하면, 전자들이 $3d$ 오비탈보다 먼저 $4s$ 오비탈을 채우는 것이 원자의 총 에너지를 낮추기 위함.

③ 규칙의 예외 : 특이한 전자배치는 크롬($_{24}\text{Cr}$)과 구리($_{29}\text{Cu}$)이다. 이러한 현상에 대한 이유는 절반만 채워진 $3d$ 오비탈($3d^5$)과 완전히 채워진 $3d$ 오비탈($3d^{10}$)이 더 안정하기 때문이다.

- 크롬($_{24}\text{Cr}$)에 전자들을 채우는 순서로부터, 전자 배치는 $[\text{Ar}]3d^44s^2$ 로 예상되지만, 실험적인 증거에 의하면, $_{24}\text{Cr}$ 은 $4s$ 오비탈에 1개의 전자만을 갖는 전자 배치 $[\text{Ar}]3d^54s^1$ 를 갖고 있음. 이것은 $_{24}\text{Cr}$ 은 전자 배치 $[\text{Ar}]3d^54s^1$ 가 더 안정함.
- 구리($_{29}\text{Cu}$)에 이르게 되면, $[\text{Ar}]3d^94s^2$ 의 전자 배치보다 $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$ 의 전자 배치를 가지며, 이 전자 배치를 가지는 것이 구리 원자의 총 에너지가 더 낮게 함.

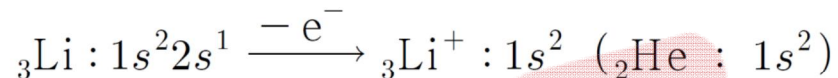
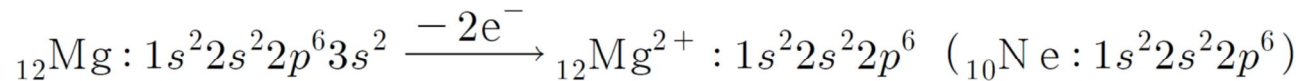


원소 기호		3d	4s	전자 배치						
$_{21}\text{Sc}$	[Ar]	<table><tr><td>↑</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑					<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^14s^2$
↑										
↑↓										
$_{22}\text{Ti}$	[Ar]	<table><tr><td>↑</td><td>↑</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	↑	↑				<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^24s^2$
↑	↑									
↑↓										
$_{23}\text{V}$	[Ar]	<table><tr><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td></td><td></td></tr></table>	↑	↑	↑			<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^34s^2$
↑	↑	↑								
↑↓										
$_{24}\text{Cr}$	[Ar]	<table><tr><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>	↑	↑	↑	↑	↑	<table><tr><td>↑</td></tr></table>	↑	$[\text{Ar}]3d^54s^1$
↑	↑	↑	↑	↑						
↑										
$_{25}\text{Mn}$	[Ar]	<table><tr><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>	↑	↑	↑	↑	↑	<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^54s^2$
↑	↑	↑	↑	↑						
↑↓										
$_{26}\text{Fe}$	[Ar]	<table><tr><td>↑↓</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>	↑↓	↑	↑	↑	↑	<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^64s^2$
↑↓	↑	↑	↑	↑						
↑↓										
$_{27}\text{Co}$	[Ar]	<table><tr><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^74s^2$
↑↓	↑↓	↑	↑	↑						
↑↓										
$_{28}\text{Ni}$	[Ar]	<table><tr><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^84s^2$
↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑						
↑↓										
$_{29}\text{Cu}$	[Ar]	<table><tr><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	<table><tr><td>↑</td></tr></table>	↑	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$
↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓						
↑										
$_{30}\text{Zn}$	[Ar]	<table><tr><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	<table><tr><td>↑↓</td></tr></table>	↑↓	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$
↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓						
↑↓										

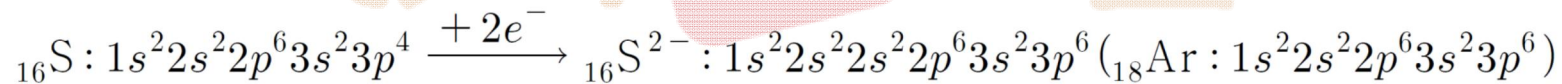
(p.

④ 이온의 전자 배치

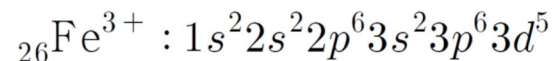
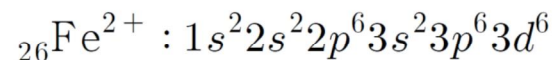
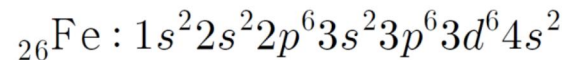
- 전형 원소 양이온의 전자 배치의 경우 중성 원자의 전자 배치에서 양이온의 전하만큼 에너지 준위가 높은 오비탈의 전자를 잃어버림. 이때 비활성기체의 전자 배치를 땀.



- 전형 원소 음이온의 전자배치의 경우 중성 원자의 전자 배치에서 음이온의 전하만큼 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈에 전자가 들어감. 이때 비활성기체의 전자배치를 땀.

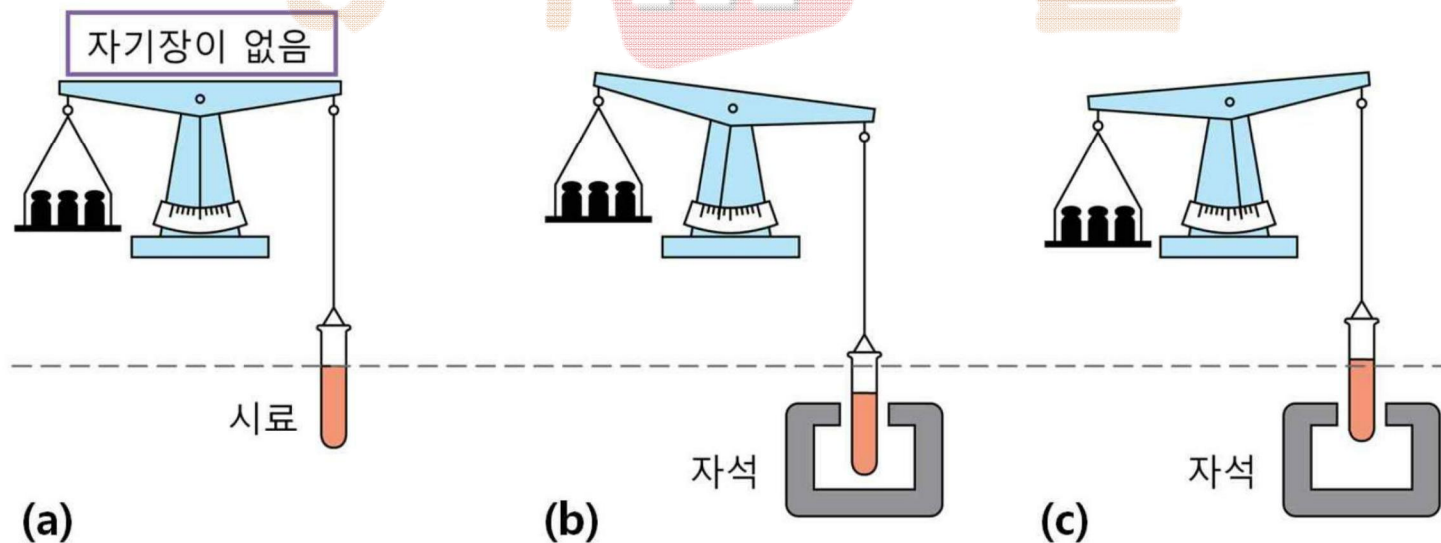


- 전이 원소는 4s 오비탈의 에너지 준위가 3d 오비탈보다 더 높음. 따라서 전이 원소의 원자가 양이온이 될 때에는 3d 오비탈의 전자를 잃기 전에 우선 4s 오비탈의 전자를 잃음.



⑤ 자기적 성질(상자기성과 반자기성)

- 홀 전자를 가진 물질은 자기장에 약하게 끌리는 상자기성을 띤다.
- 모든 전자들이 쌍을 이루는 물질은 자기장에 의해 약하게 반발하게 되는 반자기성을 띤다.
- 시료를 채운 시험관을 저울에 긴 줄로 매달아 전자석 사이에 떠 있게 하여 자기장 효과가 측정됨.
- 아래의 그림 (a)는 자기장을 걸어주기 전 시료의 위치와 질량이 결정됨.
- 그림 (b)에서 자기장이 걸리면, 상자기성 물질은 자기장에 끌림. (상자기성)
- 그림 (c)에서 자기장이 걸리면, 자기장에 의해 매우 약하게 밀림. (반자기성)

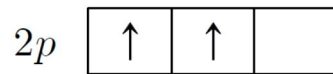




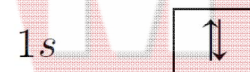
확인 문제

(p.78)

다음은 C, N, O의 전자 배치를 보고 그 해석이 틀린 것은?



C



N



O

- ① C와 N는 홀 전자를 가진다.
- ② 모두 2s 오비탈과 2p 오비탈의 에너지가 다르다.
- ③ 모두 바닥상태의 전자 배치이다.
- ④ C의 원자가전자수는 4개이다.
- ⑤ O만이 반자기성을 띈다.

- ① C와 N는 홀 전자를 가진다.
- ② 모두 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈의 에너지가 다르다.
- ③ 모두 바닥상태의 전자 배치이다.
- ④ C의 원자가전자수는 4개이다.
- ⑤ O만이 반자기성을 띈다.

[정답] ③ ; 전자 배치의 규칙은 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 전자를 채우고 1개의 오비탈에는 전자가 2개까지만 채울 수 있으며, 에너지 준위가 같은 오비탈이 2개 이상일 경우에는 각 오비탈에 전자를 하나씩 채운 후 나머지 전자를 채워 나간다. 따라서 탄소 원자의 전자 배치는 바닥상태이고 질소와 산소 원자의 전자 배치는 들뜬 상태이다. 1개의 오비탈에 전자가 1개만 채워진 경우 그 전자를 홀 전자라고 한다. 또한, O만이 홀 전자가 존재하지 않으므로 반자기성을 띈다.

.....



확인 문제

(p.79)

Selenium 원자의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ 이다. 이 원자는 몇 족에 속하는가?

- ① 2족 ② 14족 ③ 16족 ④ 17족 ⑤ 18족

[정답] ③ ; 전자배치에서 최외각 전자껍질인 4번째 전자껍질(N 전자껍질)에 들어있는 전자 수가 6개이다. 따라서 16족(산소족)원소의 하나로, 원소기호는 Se이며 1817년 J.J. 베르셀리우스가 발견하였다. 연소할 때 푸른색을 띤 빛을 낸다.



확인 문제

(p.79)

다음은 어떤 원소들의 바닥상태의 전자배치를 나타낸 것이다. 이 전자배치 중 틀린 것은?

- ① $1s^2 2s^2$
- ② $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$
- ③ $1s^2 2s^2 2p^6$
- ④ $1s^2 2s^2 2p^3$
- ⑤ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

[정답] ② ; $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ 는 $_{28}\text{Ni}$ 원자의 들뜬 상태 전자 배치이며 $_{28}\text{Ni}$ 원자의 바닥 상태는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ 이다.

$1s^2 2s^2$ 는 $_4\text{Be}$ 의 원자의 바닥상태의 전자 배치이다.

$1s^2 2s^2 2p^6$ 는 $_{10}\text{Ne}$ 의 원자의 바닥상태의 전자 배치이다.

$1s^2 2s^2 2p^3$ 는 $_7\text{N}$ 의 원자의 바닥상태의 전자 배치이다.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 는 $_{29}\text{Cu}$ 원자의 바닥상태의 전자 배치이다.

18. 원소의 주기적 성질

(p.80)