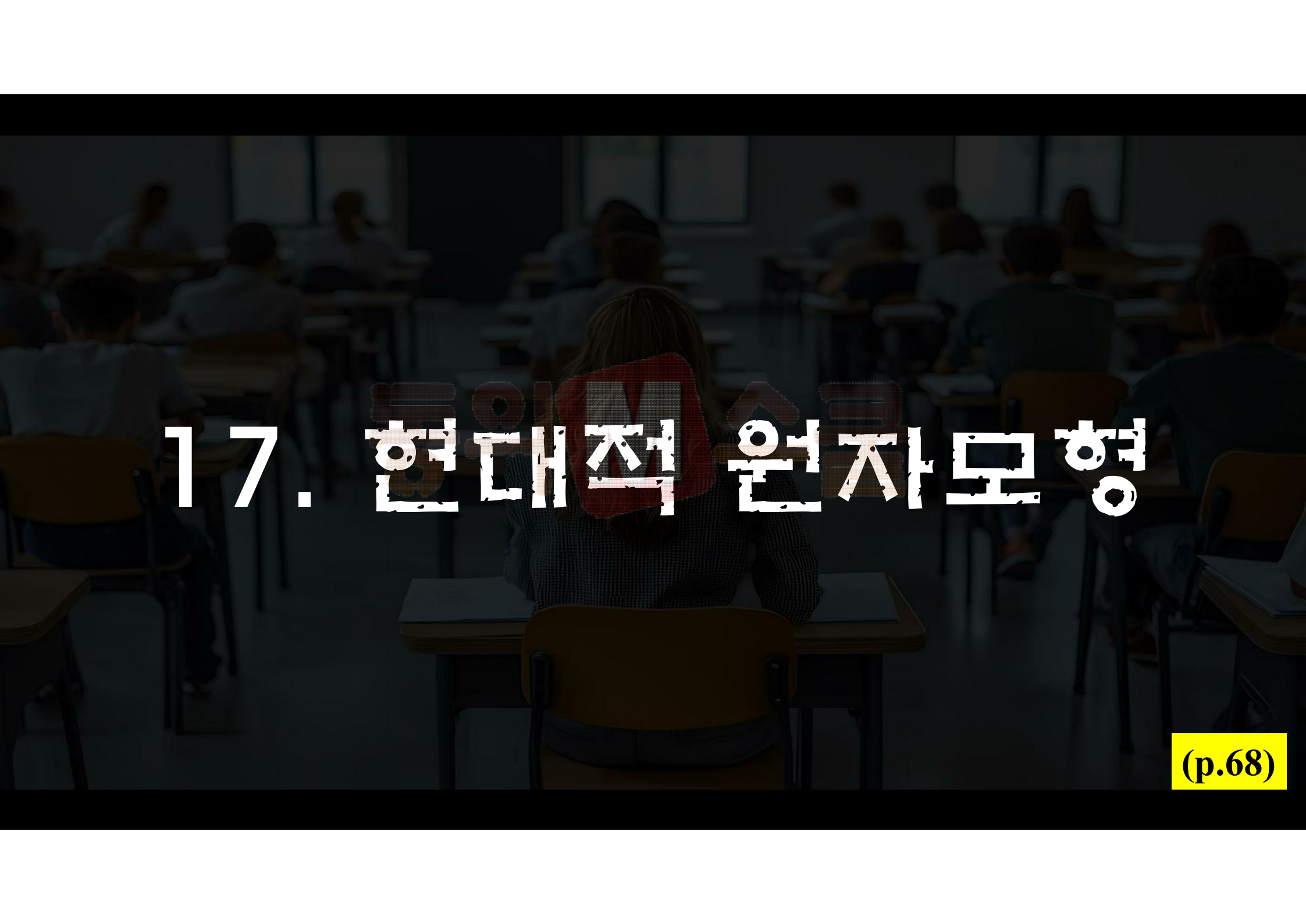




17. 현대적 원자모형

(p.68)

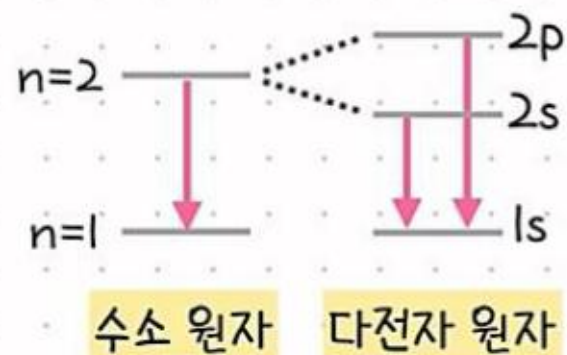
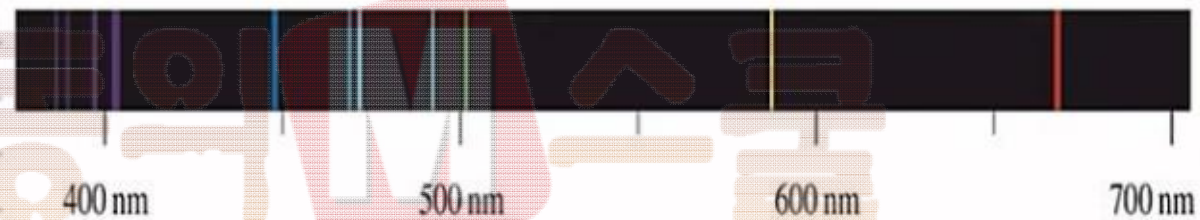
보어의 원자 모형의 한계점

①두 번째 전자 껍질부터 더 세분화된 에너지 준위가 존재한다.

전자 1개인
수소 원자의 스펙트럼



전자 2개인 헬륨 원자의 스펙트럼



다전자 원자의 경우
더 세분화된 에너지 준위가 존재한다

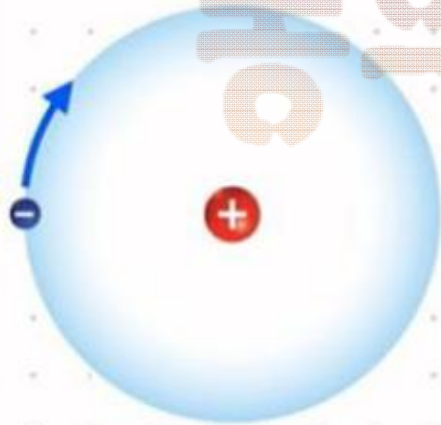
👉 다양한 방출선이 나타날 수 있다

보어의 원자 모형의 한계점

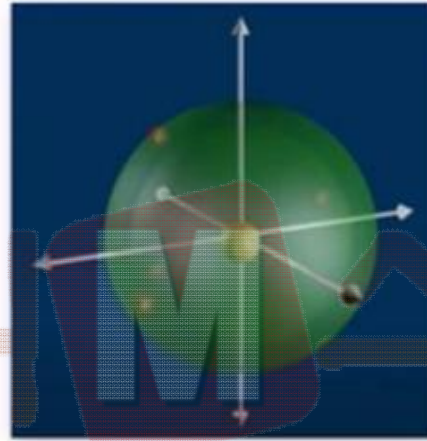
② 전자는 원형 궤도를 따라 일정하게 돌고 있지 않다

전자의
위치와 속도를
정확하게
측정할 수 있다

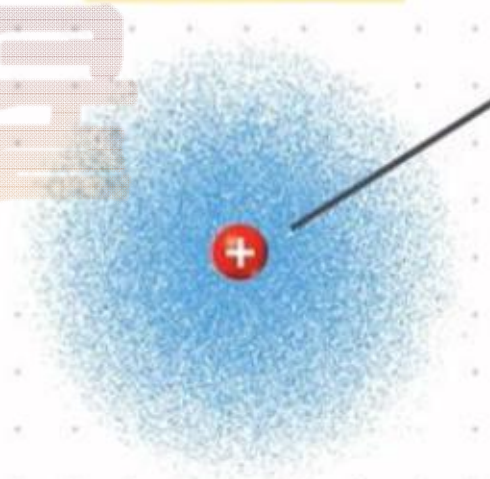
보어의 원자모형



전자는 원자핵 주위의
특정한 궤도를 따라 운동한다



현대적 원자모형

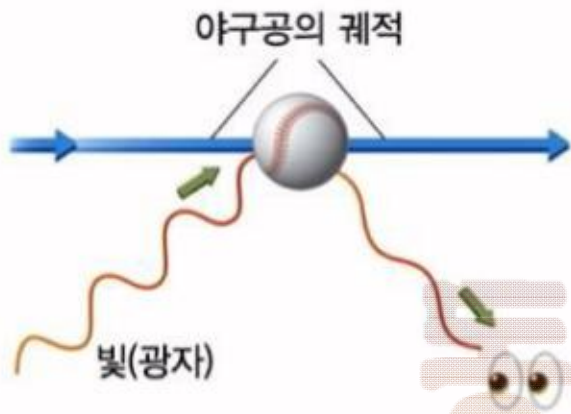


전자가
발견될 확률이
높은 곳

전자의 정확한 위치와 속도는 알 수 없으며
전자가 존재할 확률로만 표현할 수 있다

불확정성의 원리

전자의 정확한 위치와 운동량(속도)은 동시에 측정할 수 없다 (운동량 = 질량 × 속도)



물체의 위치를 측정하기 위해
빛이 물체에 부딪혀야 한다



전자는 질량이 작아서
빛이 부딪히면 운동량이 변한다



운동량을 정확히 측정하려면
위치가 부정확해진다



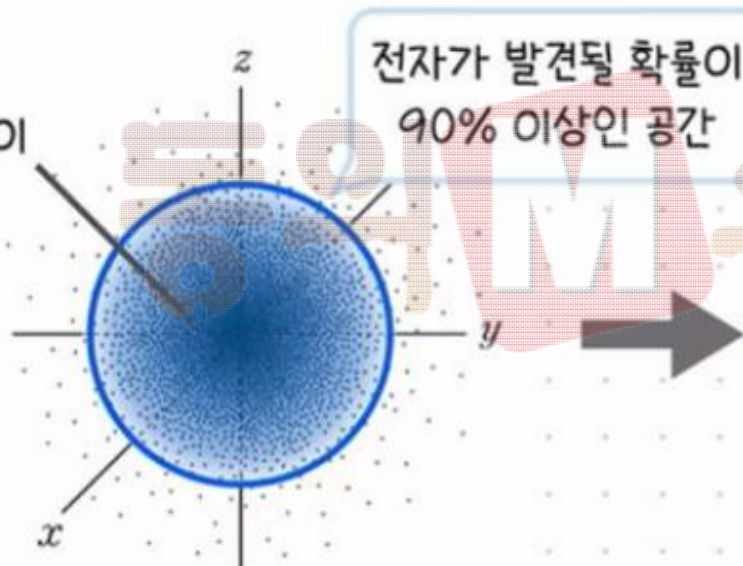
위치를 정확히 측정하려면
운동량이 부정확해진다

오비탈 특징 ① 확률적으로 전자가 발견될 수 있는 공간을 나타낸다

(원자 오비탈 = 원자 궤도함수)

점밀도 그림

점이 뿔뿔할수록
전자가 발견될 확률이
높은 곳

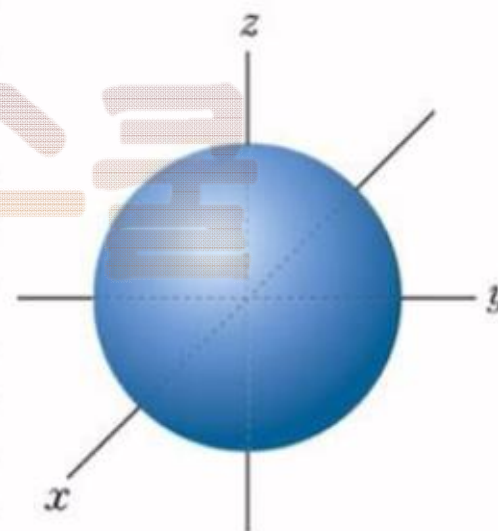


전자가 발견될 확률이
90% 이상인 공간

확률적으로 전자가 발견되는 곳을
점으로 찍어 나타냄

경계면 그림

👉 오비탈(orbital)

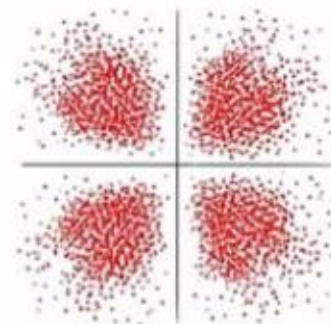
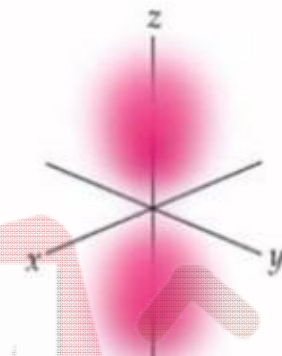
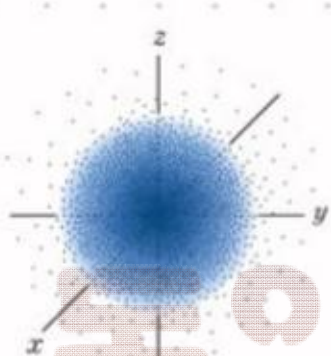


전자가 발견될 확률이
90% 이상인 공간을 경계면으로 나타냄

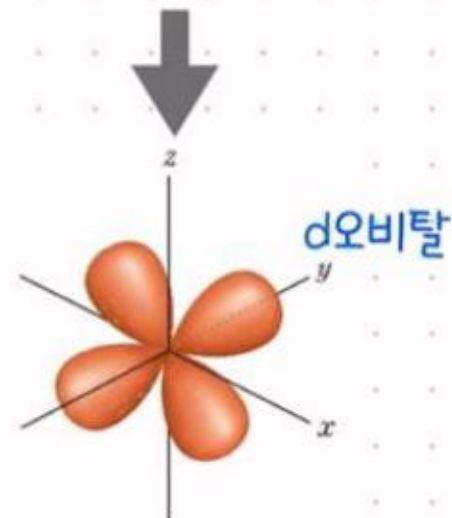
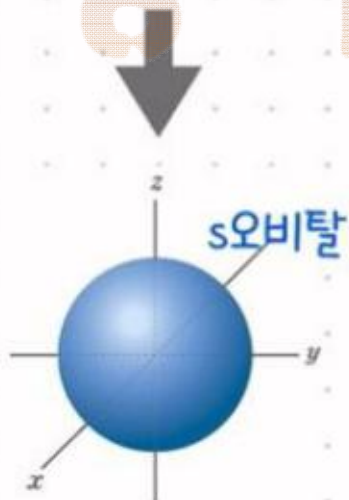
오비탈 특징

② 모양에 따라 s오비탈, p오비탈, d오비탈 등이 존재한다

점밀도 그림

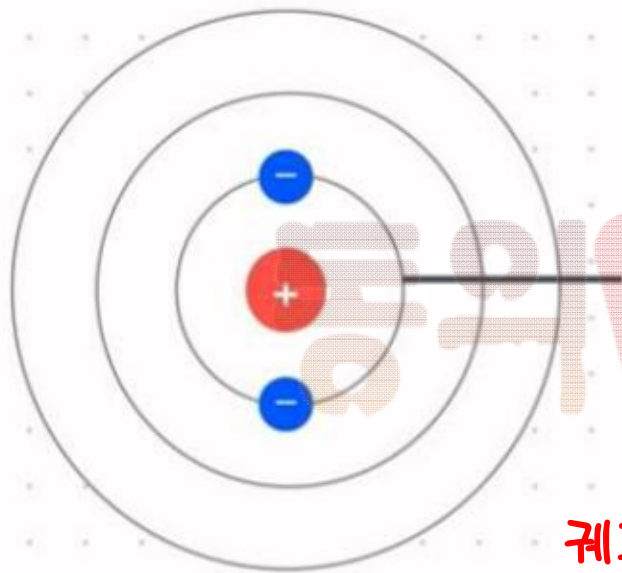


경계면 그림



오비탈 특징

③ 하나의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 존재한다

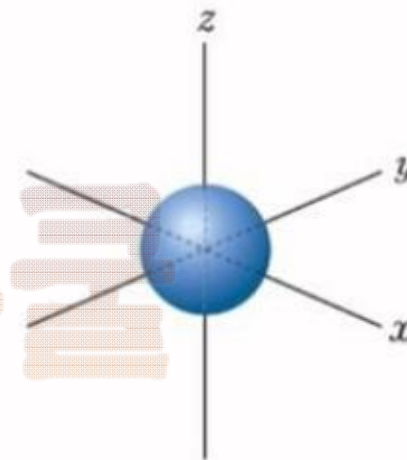


보어의 원자 모형

궤도에
확정적으로
전자 2개

전자가 존재하는 껍질을 나타낸다

전자는 전자 껍질에 채워진다



1s 오비탈

(확률적으로)
전자 2개
(존재)

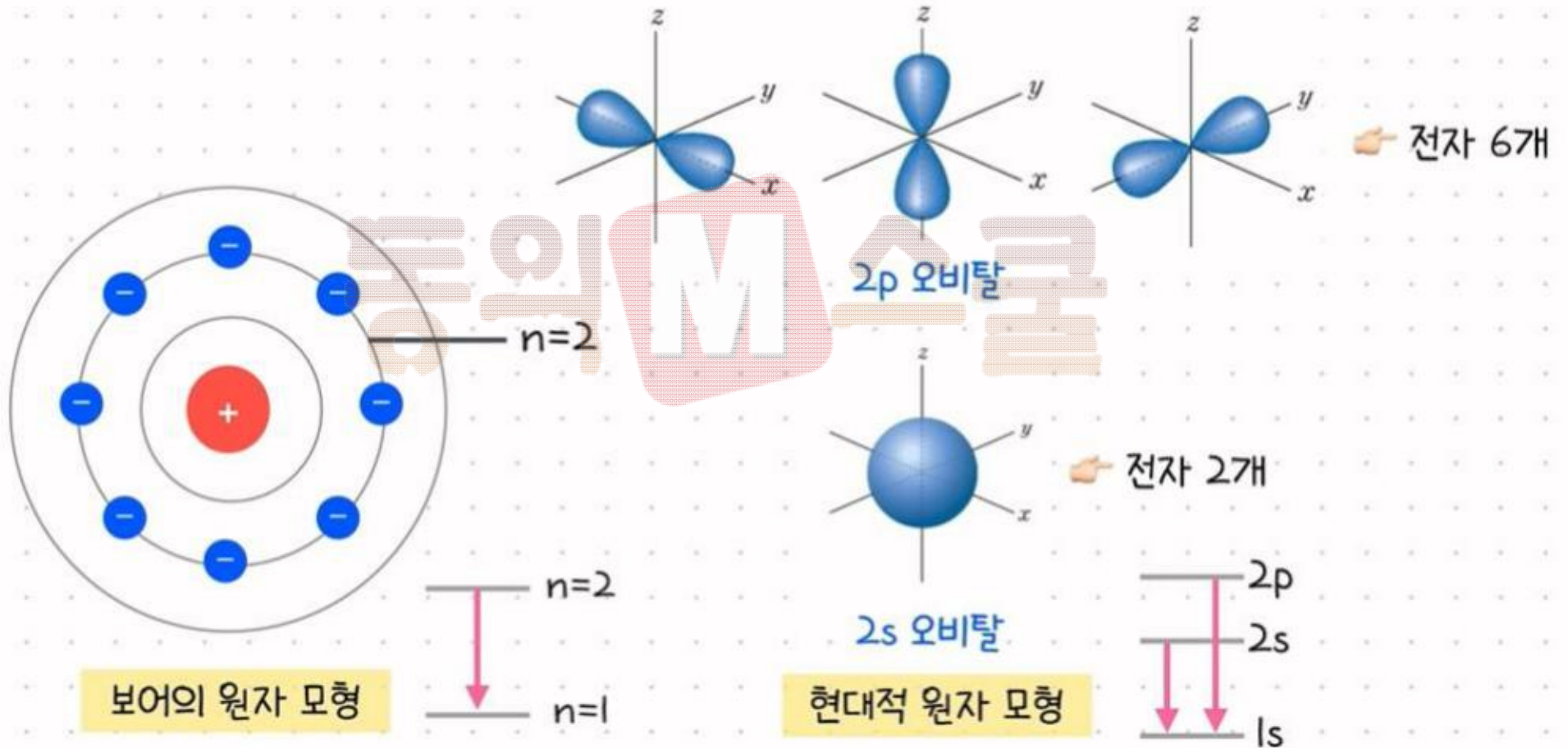
현대적 원자 모형(오비탈)

전자가 존재할 수 있는 확률적 공간을 나타낸다

전자는 오비탈에 채워진다

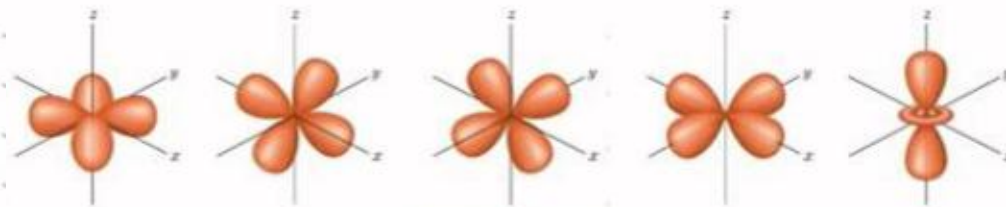
오비탈 특징

④ p오비탈은 방향이 다른 3개의 오비탈이 존재하며, s오비탈보다 에너지 준위가 높다



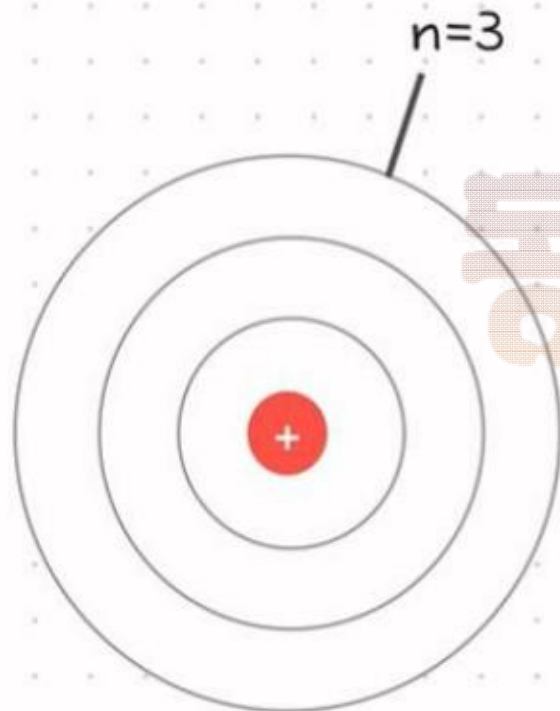
d금속(전이 금속)

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn

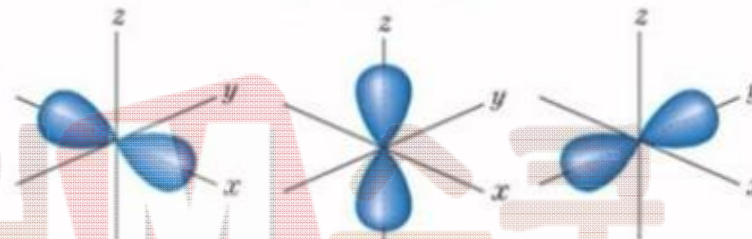


☞ 전자 10개

3d 오비탈

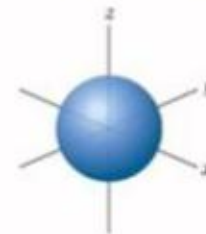


보어의 원자 모형



☞ 전자 6개

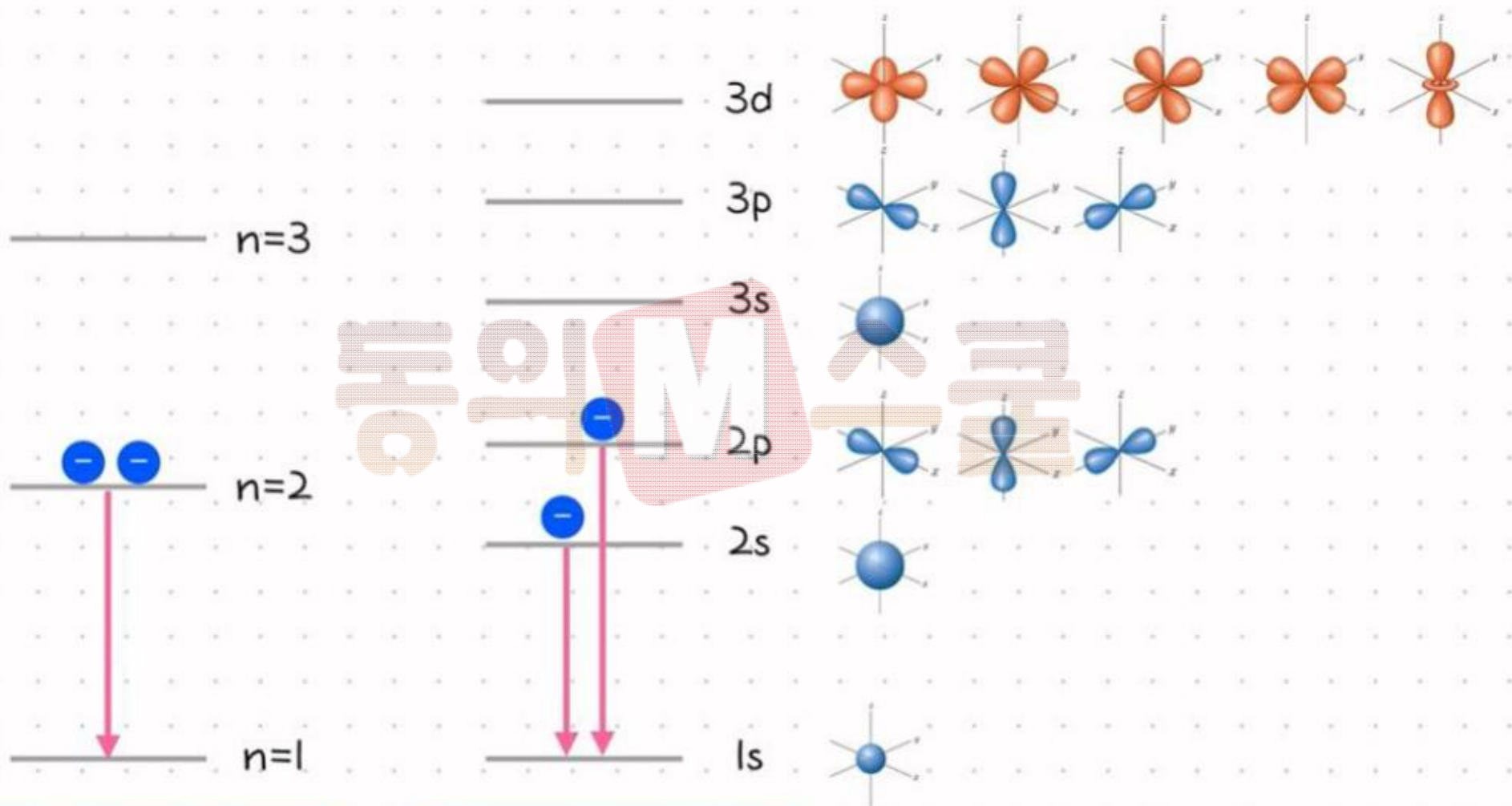
3p 오비탈



☞ 전자 2개

3s 오비탈

현대적 원자 모형

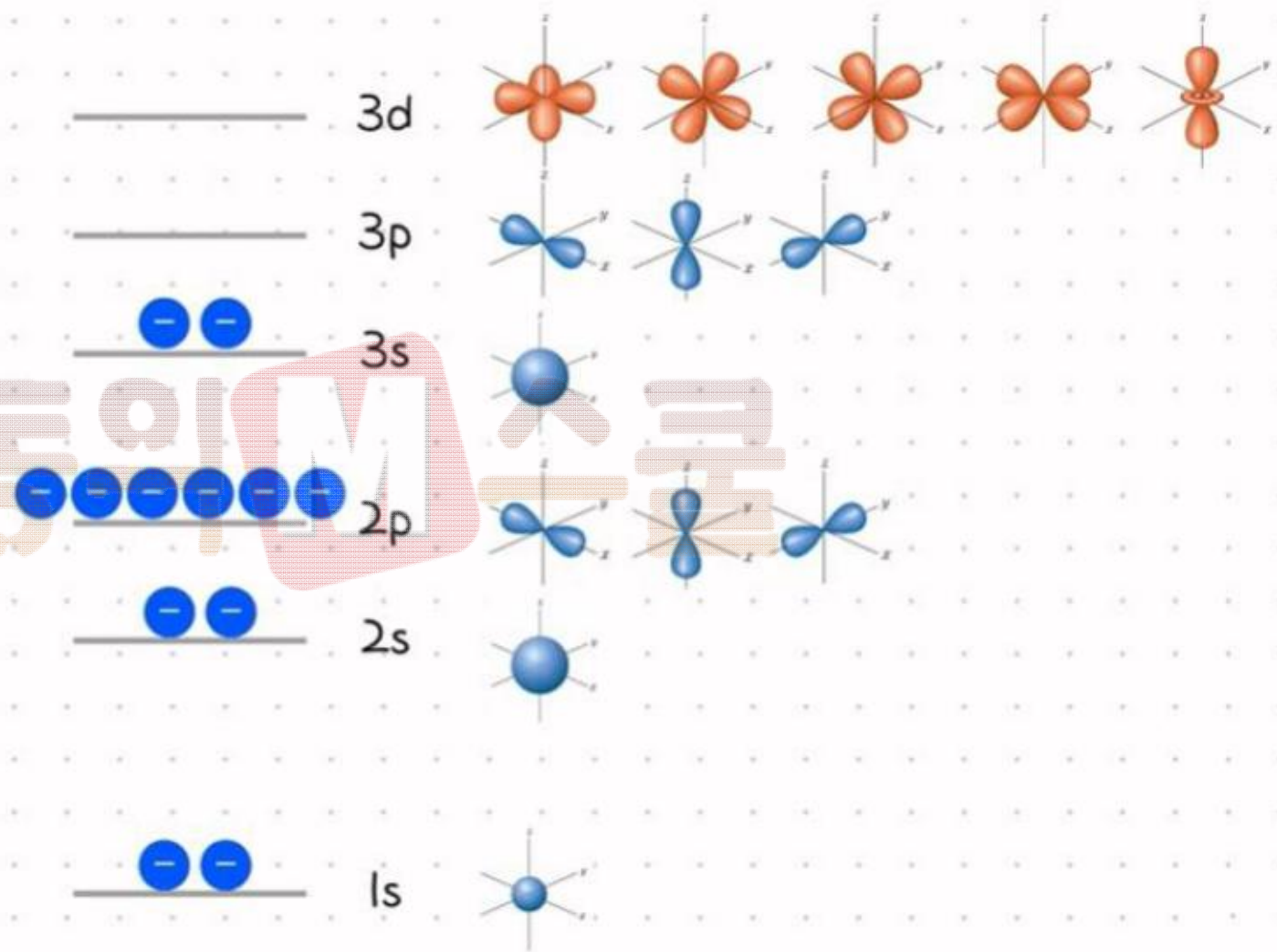
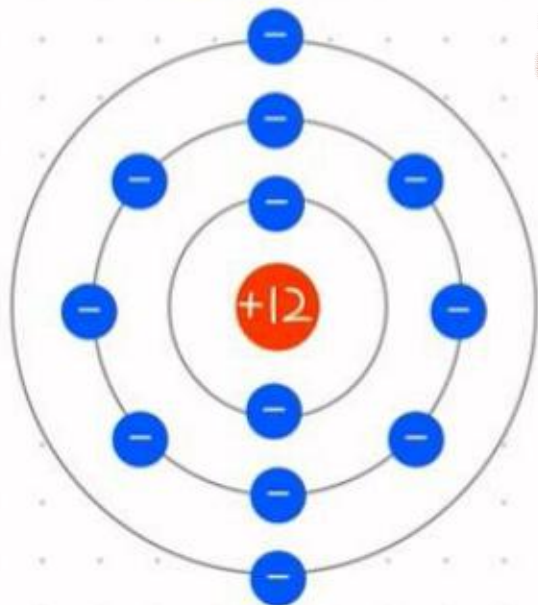


보어가 생각한 에너지 준위

오비탈에서의 에너지 준위

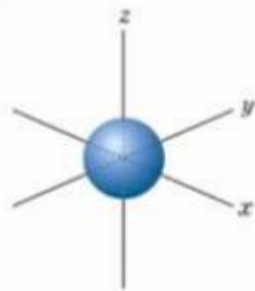
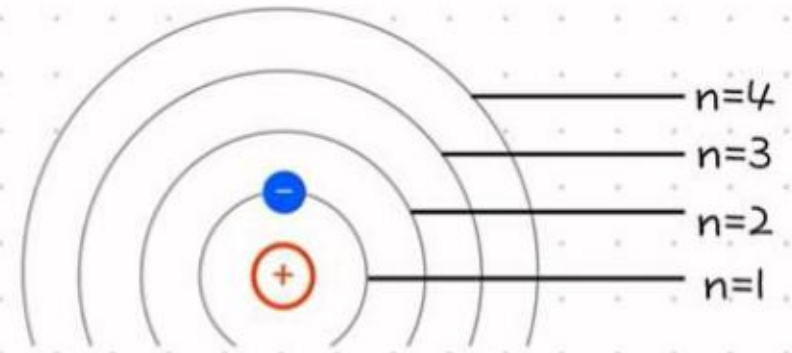
☞ 더 세분화된 에너지 준위가 존재한다

^{12}Mg
전자 12개



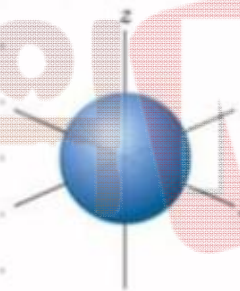


주양자수(n) 오비탈의 에너지와 크기를 나타낸다

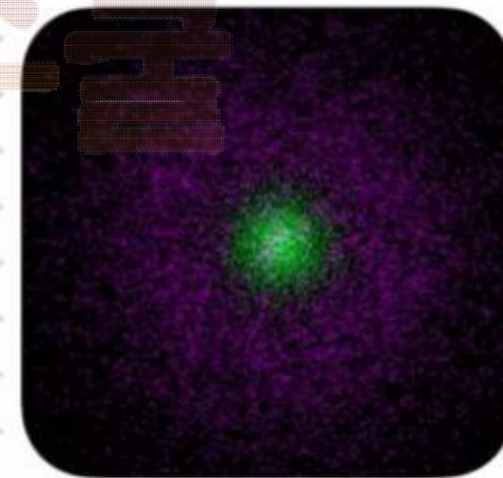


1s 오비탈
n = 1

에너지



2s 오비탈
n = 2



2s 오비탈
1s 오비탈

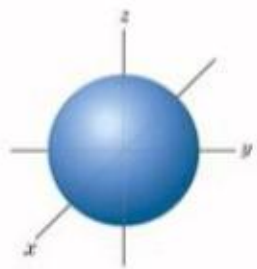
2s 오비탈에 전자가 채워질 때
원자의 에너지가 더 높다



부양자수(l)

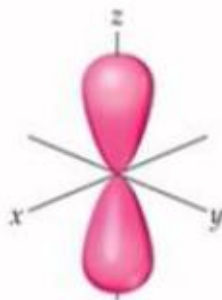
오비탈의 모양을 나타낸다.

(부양자수(l) = 궤도 각운동량 양자수)



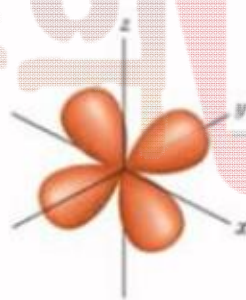
s 오비탈

$$l = 0$$



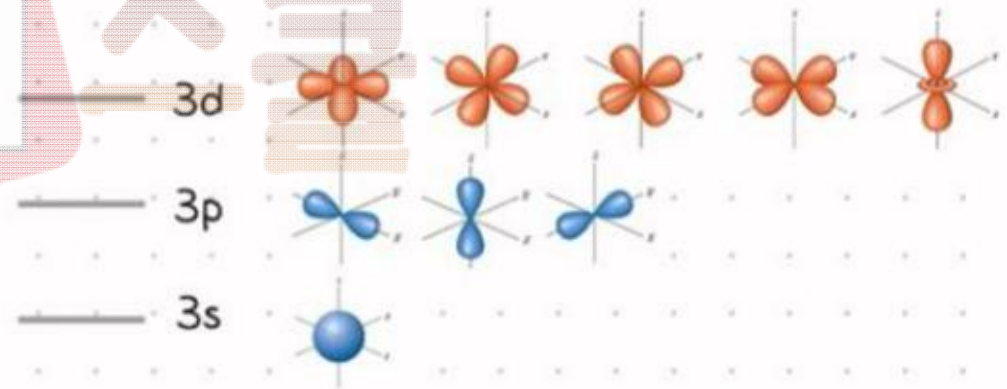
p 오비탈

$$l = 1$$



d 오비탈

$$l = 2$$



주양자수가 같을 때 부양자수(l)가 클수록
에너지 준위가 높다

부양자수(l)

오비탈의 모양을 나타낸다.



$n = 3$

3d



$l = 2$

3p



$l = 1$

3s



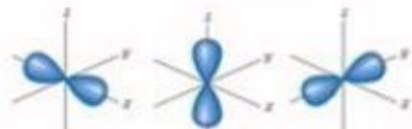
$l = 0$

주양자수(n)에 따라 $(n-1)$ 까지의
부양자수(l)를 가질 수 있다



$n = 2$

2p



$l = 1$

2s



$l = 0$



$n = 1$

1s

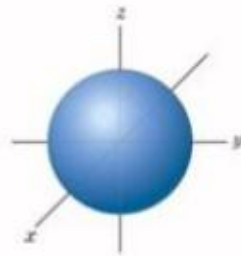


$l = 0$

자기 양자수(m_l)

오비탈의 방향을 나타낸다

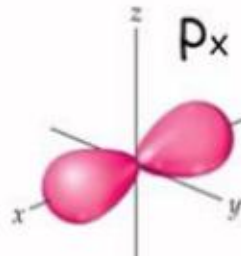
(자기 양자수 = 궤도 각운동량 자기 양자수)



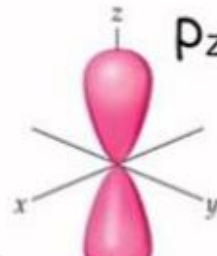
s오비탈

$$l = 0$$

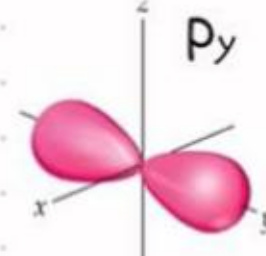
$$m_l = 0$$



p_x



p_z

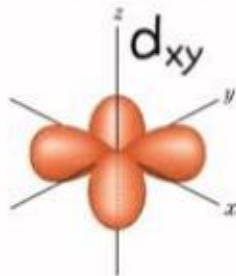


p_y

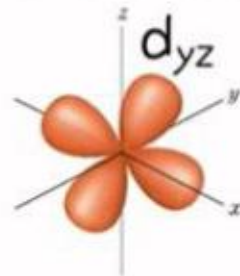
p오비탈

$$l = 1$$

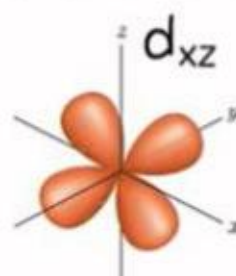
$$m_l = -1, 0, +1$$



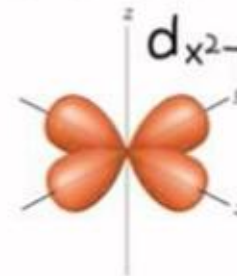
d_{xy}



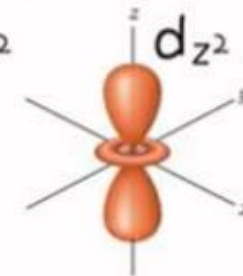
d_{yz}



d_{xz}



$d_{x^2-y^2}$



d_{z^2}

d오비탈

$$l = 2$$

$$m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

주양자수

$n = 1$

1s



부양자수 (l)

$l = 0$

자기 양자수 (m_l)

$m_l = 0$

$n = 2$

2s



$l = 0$

$m_l = 0$

2p_x



2p_z



2p_y

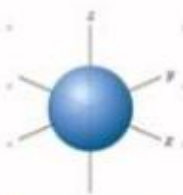


$l = 1$

$m_l = -1, 0, +1$

$n = 3$

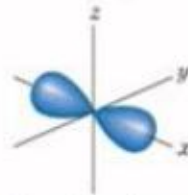
3s



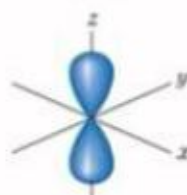
$l = 0$

$m_l = 0$

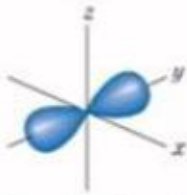
3p_x



3p_z



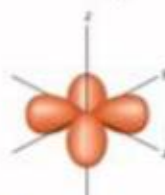
3p_y



$l = 1$

$m_l = -1, 0, +1$

3d_{xy}



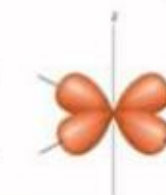
3d_{yz}



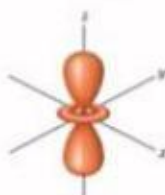
3d_{xz}



3d_{x²-y²}

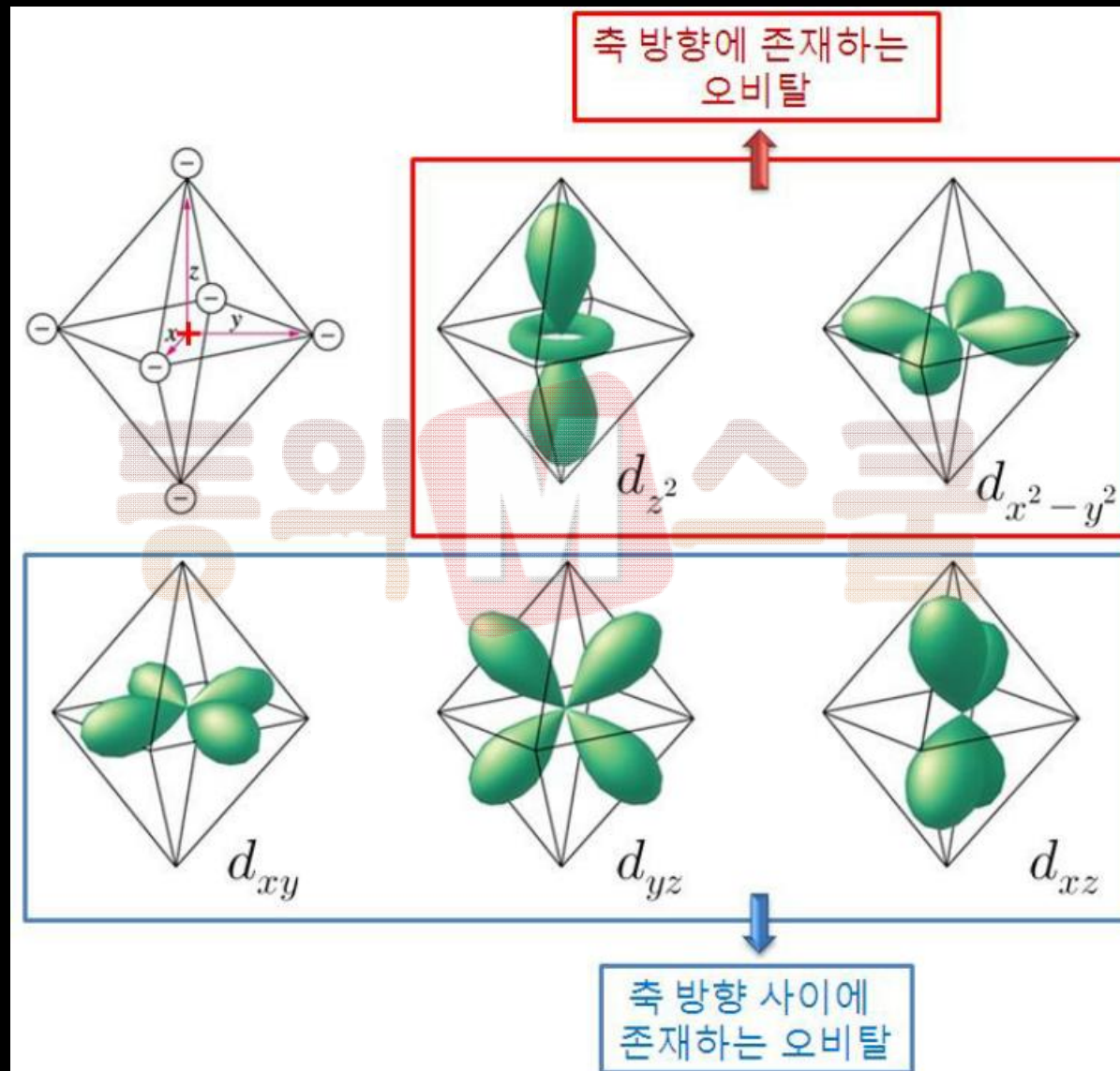


3d_{z²}



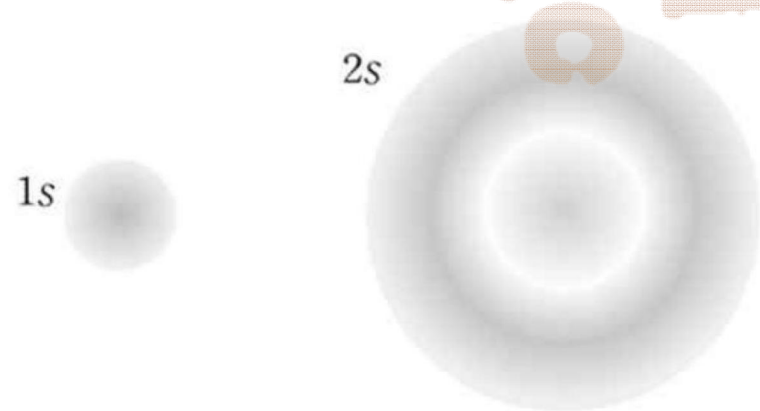
$l = 2$

$m_l = -2, -1, 0, +1, +2$

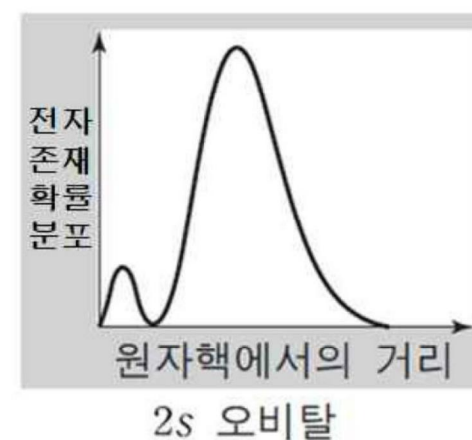
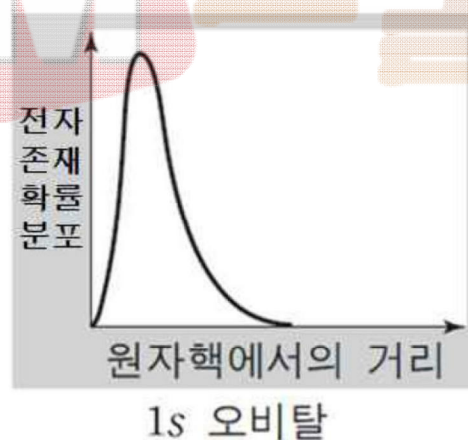


(1) 현대적 원자 모형

- ① 오비탈(궤도함수) : 전자가 원자핵 주위의 공간에 존재할 확률을 나타내는 함수.
- ② s 오비탈 : 공 모양으로 1개의 오비탈로 구성됨.
 - 전자가 발견될 확률은 방향성이 없고 핵으로부터의 거리가 증가함에 따라 감소함. 즉, 핵으로부터 같은 거리에서는 전자가 발견될 확률이 같음.
 - 각 전자껍질마다 1개씩 존재하며, $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈의 모양은 공 모양으로 같고, $2s$ 오비탈은 $1s$ 오비탈보다 크기가 큼.



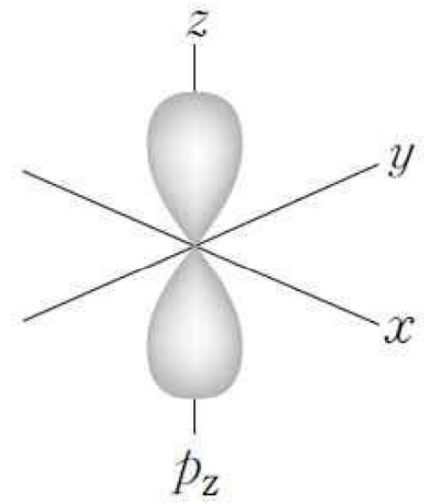
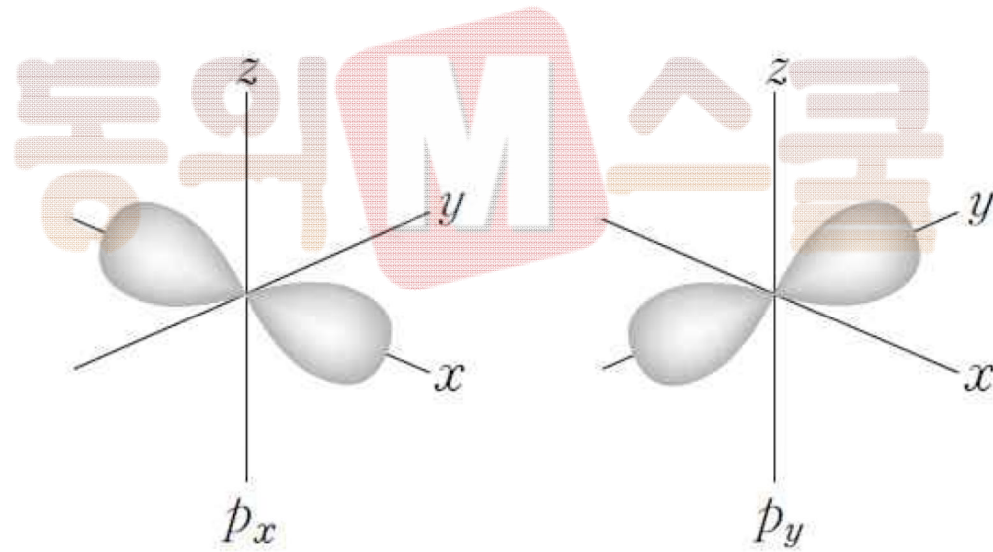
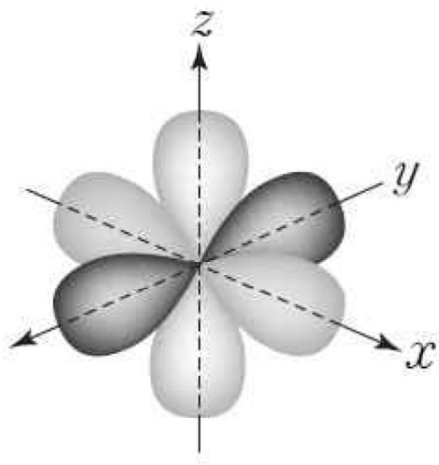
s 오비탈의 모양



s 오비탈의 거리에 따른 전자 존재 확률 분포

③ p 오비탈

- 아령 모양으로 L 전자껍질($n=2$)부터 존재하며, 방향성이 있어서 핵으로부터 거리와 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 달라짐.
- p_x , p_y , p_z 의 3개로 구성되며, $2p$ 오비탈과 $3p$ 오비탈은 모양을 같고 크기만 다름.



p 오비탈의 모양

(2) 양자수

(p.71)

① 주양자수(n)

- 전자가 존재하는 껍질 번호.
- 수소 원자에서 전자의 전체 에너지를 결정함.
- $n = \text{양의 정수}$.

주양자수	1	2	3	4	5	6	7
껍질기호	K	L	M	N	O	P	Q

② 부양자수(각운동량 양자수, l)

(p.72)

- 각 껍질에 있는 오비탈의 모양을 결정함.
- 전자의 각운동량을 기술하며 수소 원자 이외의 다른 원자에 있어서 전자의 에너지는 n 과 l 에 의해 결정됨.
- $l : 0 \sim (n-1)$ 까지의 정수.

부양자수	0	1	2	3
기호	s	p	d	f
각 마디(node)의 수	0	1	2	3
오비탈 모양	구형	아령모양	아령모양	아령모양
방향성	없다	있다		

- 마디(node) : 전자를 발견할 확률 진폭이 0인 곳. 오비탈의 각 마디의 수는 부양자수와 같음.

③ 자기 양자수(m_l)

- 각 껍질에 있는 오비탈의 모양에 따른 오비탈의 수를 결정함.
- 임의의 축을 중심으로 공간에서 각운동량의 가능한 배향을 결정해 줌.
- 전자가 다른 전자의 운동으로 인하여 생기는 자장이나 외부에서 작용한 자기장과 상호 작용을 하는 경우에 중요함.
- m_l 은 $-l \sim +l$ 까지의 정수.

부양자수	0(s)	1(p)	2(d)	3(f)
자기양자수	0	-1, 0, 1	-2, -1, 0, 1, 2	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3
오비탈의 수	1	3	5	7

④ 스핀 양자수(m_s)

- 각각의 오비탈에 들어있는 전자의 자전운동 방향을 결정함.
- 전자가 그 자신의 축을 중심으로 스핀운동을 할 때 작은 자석처럼 행동하므로 전자는 스핀을 가졌다고 말하며, 원자 스펙트럼의 미세 구조를 설명하기 위해 도입됨.
- $m_s = -\frac{1}{2}$ 또는 $+\frac{1}{2}$ 임.

(3) 오비탈의 표기($2p_x^1$ 의미)

- ① 2 : 주양자수
- ② p : 부양자수
- ③ x : 배향
- ④ 1 : 오비탈에 들어있는 전자수



(4) 전자껍질과 오비탈 수

주양자수 n 인 전자껍질에 존재하는 오비탈의 종류는 n 개이며, 오비탈의 총수는 n^2 개이고, 수용 가능한 최대 전자수는 $2n^2$ 개임.

n	l	m_l	오비탈 표기	오비탈의 수	전체 오비탈의 수
1	0	0	$1s$	1	1 (전자의 총수 = 2)
2	0	0	$2s$	1	4 (전자의 총수 = 8)
	1	-1, 0, +1	$2p$	3	
3	0	0	$3s$	1	9 (전자의 총수 = 18)
	1	-1, 0, +1	$3p$	3	
	2	-2, -1, 0, +1, +2	$3d$	5	
4	0	0	$4s$	1	16 (전자의 총수 = 32)
	1	-1, 0, +1	$4p$	3	
	2	-2, -1, 0, +1, +2	$3d$	5	
	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	$4f$	7	

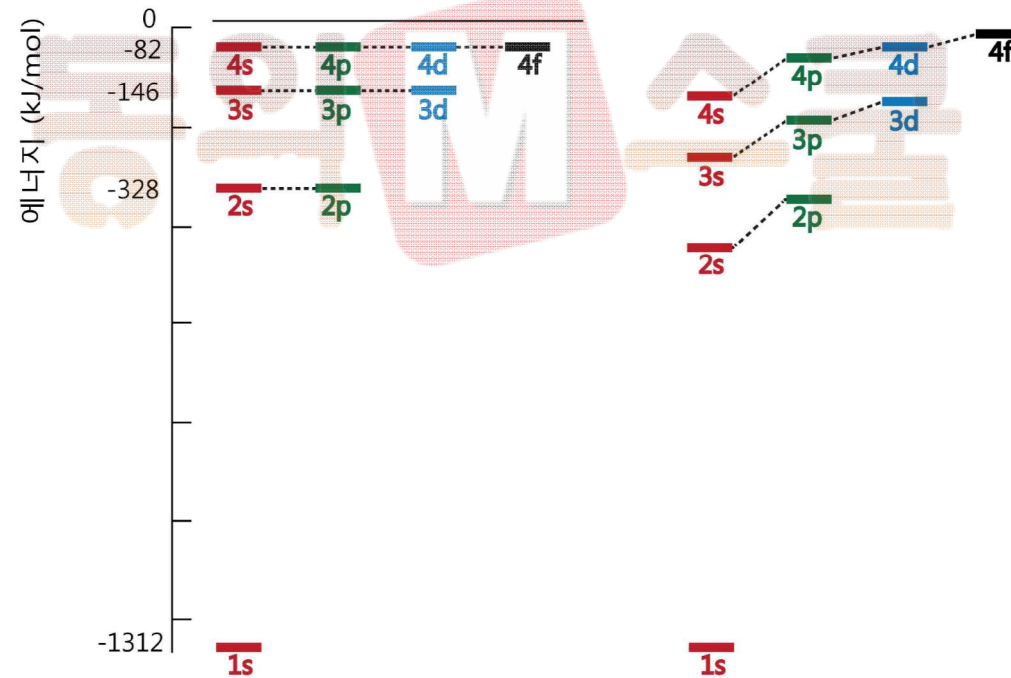
(5) 오비탈의 에너지 준위

① 수소원자의 에너지 준위

- 주양자수 n 만 같으면 각 오비탈 에너지 값 동일함.
- $1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p = 4d = 4f < \dots$ 임.

② 다전자 원자의 에너지 준위

- 주양자수 n 과 방위양자수 l 에 의해 에너지가 결정됨.
- 같은 전자껍질 내에서 $s < p < d < f$ 의 순서로 오비탈의 에너지 준위가 증가됨.



(가) 수소 원자 또는 일전자 이온

(나) 다전자 원자

(6) 다전자 원자의 전자 배치

① 쌓음의 원리(Aufbau의 원리)

- 전자는 원자의 에너지 상태를 가장 안정하게 나타내는 오비탈부터 먼저 채워짐.
- 주양자수(n)가 커질수록 원자의 에너지 상태가 높아짐. ($1s < 2s < 3s < 4s \dots$)
- 다전자 원자에서 주양자수가 같을 때, 부양자수(l)가 커질수록 원자의 에너지 상태가 높아짐. ($ns < np < nd < nf \dots$)
- $(n+l)$ 값이 커질수록 원자의 에너지 상태가 높아짐.
- $(n+l)$ 값이 같은 경우 n 이 커질수록 원자의 에너지 상태가 높아짐.