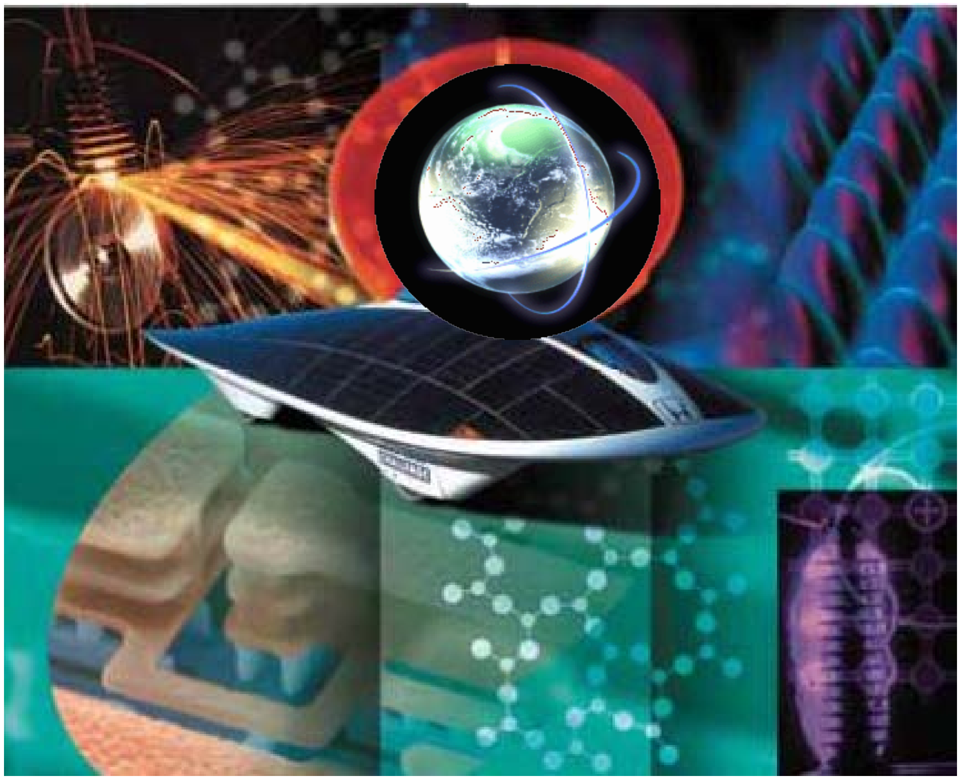
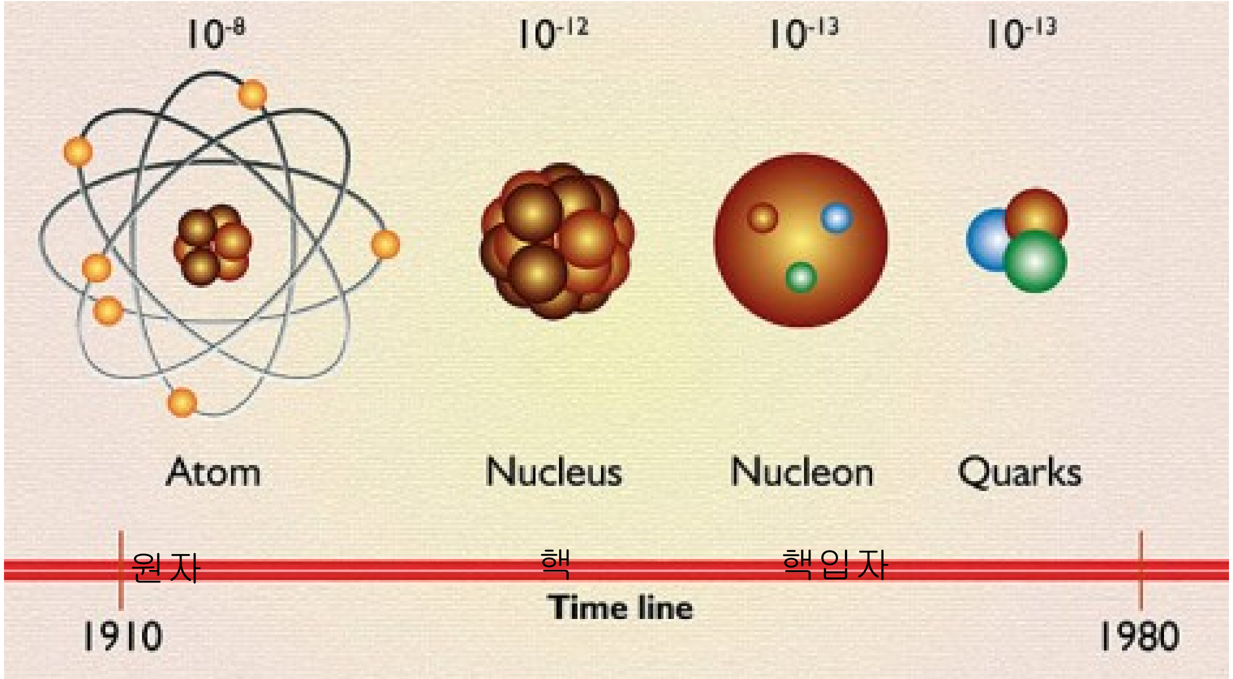
전기전자재료



2 보어의 원자모형

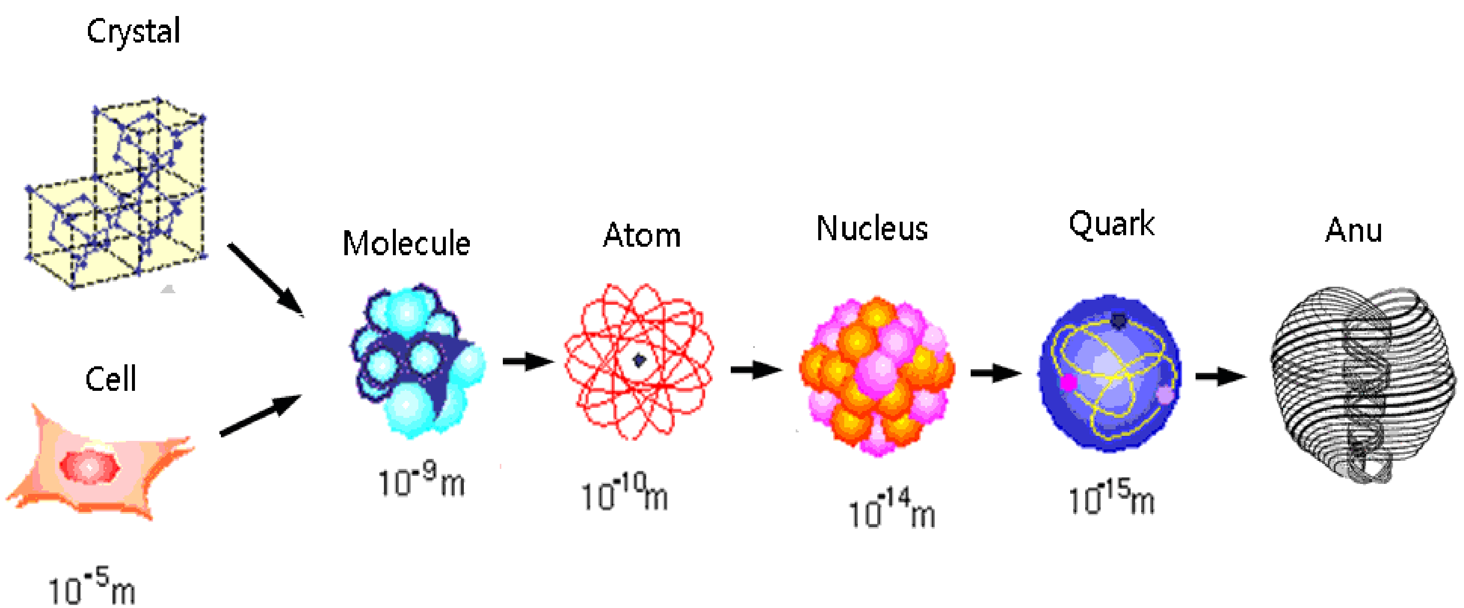
2.1 물질의 구성인자



이 중에서 원자는 물질을 특성을 규정하는 소인자로 볼 수 있다.

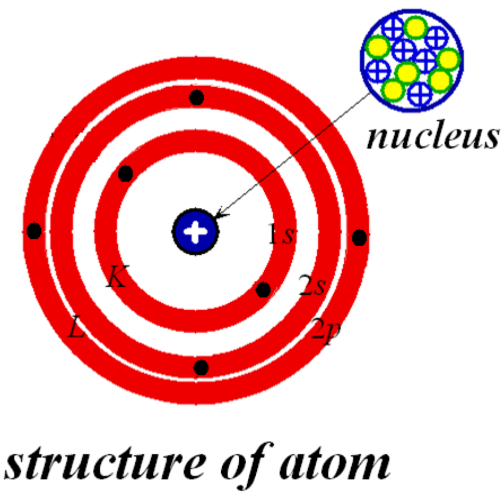
2 보어의 원자모형

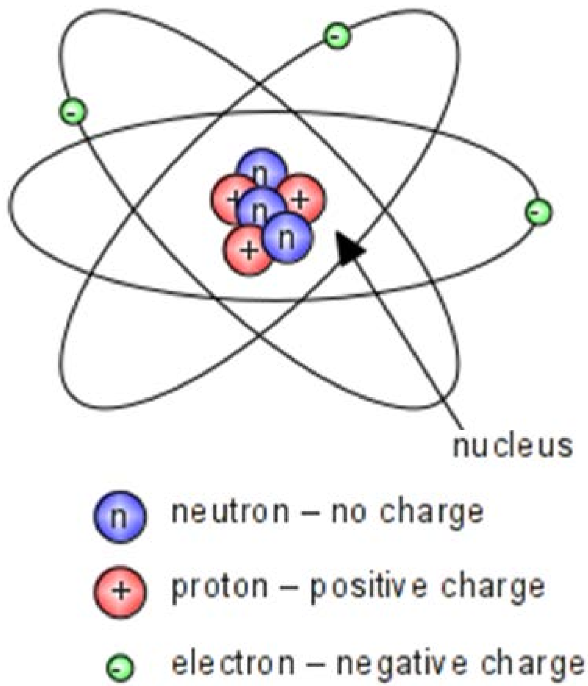
2.1 물질의 구성인자



2 보어의 원자모형

2.2 원자의 구조





양성자 : $+1.602 \times 10^{-19}$[C]

1.67×10^{-27}[kg]

중성자 : 1.67×10^{-27}[kg]

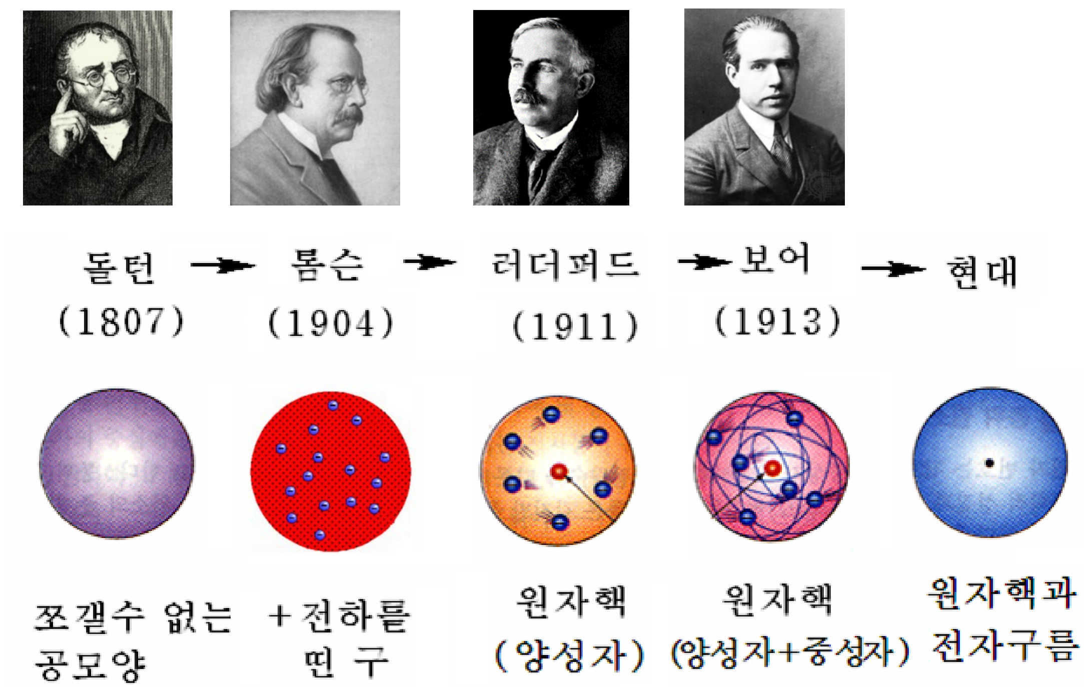
전 자 : -1.602×10^{-19}[C]

9.11×10^{-31}[kg]

2 보어의 원자모형

2.2 원자의 구조

원자모형의 변천



2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

(1) 핵외전자는 원자핵과의 사이에 작용하는 정전인력에 의해 원궤도를 정상적으로 운행한다.

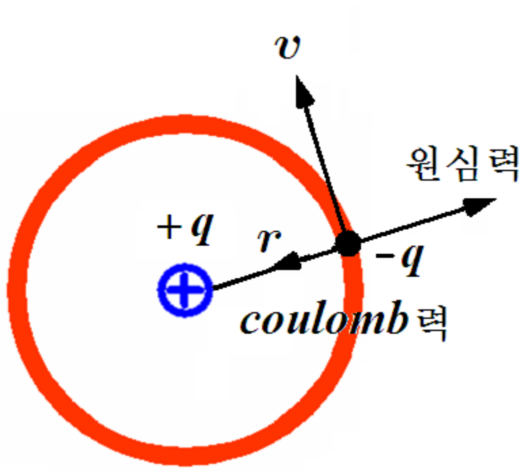


그림 1.1 수소원자모형

원자핵과 전자 사이의 Coulomb력(구심력)

$$F = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

전자의 원운동에 의한 원심력

$$\frac{mv^2}{r}$$

전자가 등속운동을 하려면 두 힘이 평형을 이뤄야 한다.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (1.2)$$

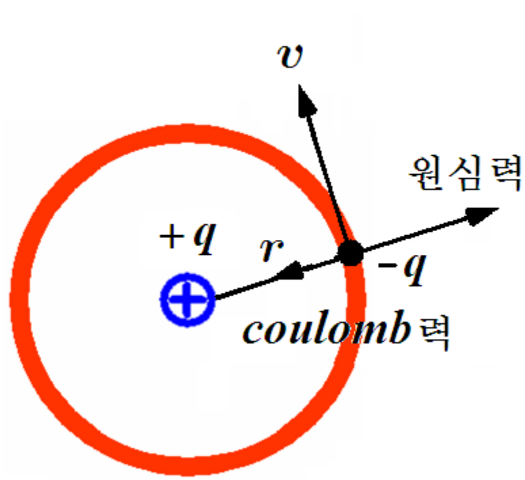
2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

(2) 전자의 각운동량은 임의의 크기를 취할 수 없고 h/2π를 단위량으로 하는 정수배 값만 가능하다.

이 정수 n를 양자수(quantum number)라 한다.



주어진 궤도상에서 원자핵 주위를 운행하고 있는 전자의 각운동량은 다음 관계를 만족한다.

$$mvr = \frac{h}{2\pi}n,\ n = 1, 2, 3\cdots, n$$

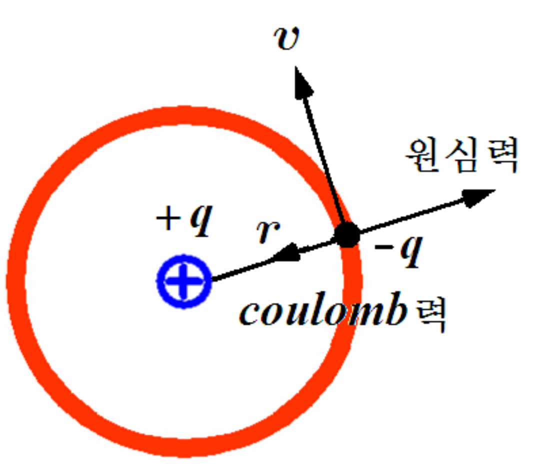
여기서, m : 전자의 질량
r : 궤도반경
v : 운동속도
h : Plank 상수($= 6.626 \times 10^{-34}$ J·s)

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

보어반경



$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$mvr = \frac{h}{2\pi}n, \; n = 1, 2, 3 \cdots, n$$

두 식으로부터 궤도반경 r_n 을 구하면,

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2 \qquad (1.4)$$

여기서, $r_n = 0.528 \times 10^{-10} \; n^2 \, [m]$

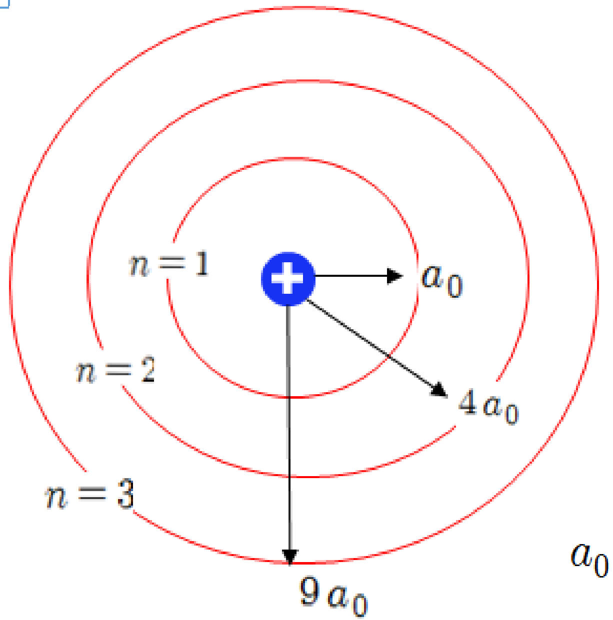
$r_1 = 0.528 \, [\text{Å}] = a_0$: *Bohr* 반경

n = 1인 기저상태(Ground state)에서의 반경을 Bohr 반경이라 하며, 이 값은 수소원자의 크기가 된다.

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론



$a_0 = Bohr$ 반경 $(= 0.528\,\text{Å})$

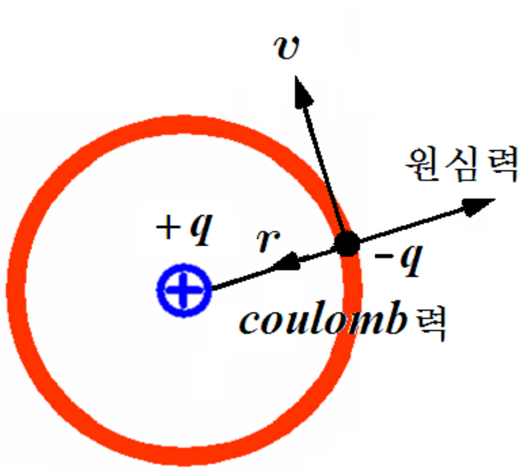
각 궤도에 따른 거리

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

전자의 총 에너지(E_n)



(1) 전자의 운동에너지(Er)

$$E_r = \frac{1}{2}mv^2$$

앞 식에서 $\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$$mv^2 = \frac{e^2 r}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

따라서

$$E_r = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$$

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

(2) 전자의 위치에너지(Un)

무한히 먼 점의 전위를 0이라 하면, 원자핵에서 만들어진 전계 내에서 r만큼 떨어진 점의 위치에너지는

$$U_n = \int_{\infty}^{r} F dr = \int_{\infty}^{r} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \int_{\infty}^{r} \frac{1}{r^2} dr = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \left[-\frac{1}{r} \right]_{\circ}^{r}$$

$$= -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

전자의 총 에너지(E_n)

$$E_n = E_r + U_n = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r} = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$$

식(1.4)에서 $r_n = \dfrac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2$ 이므로,

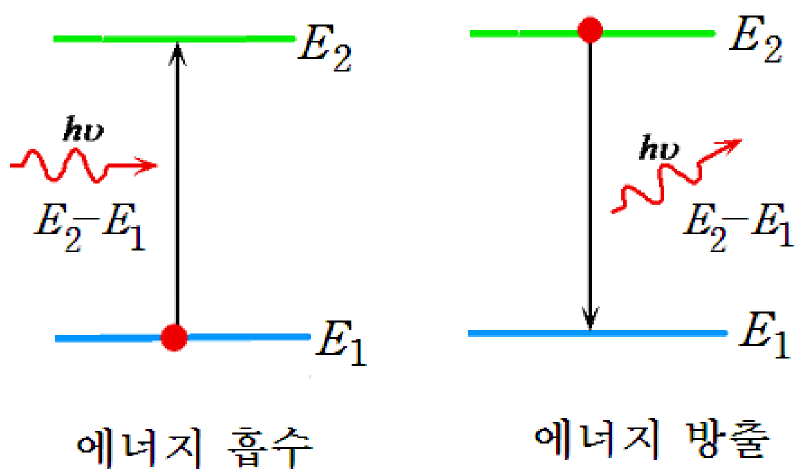
$$E_n = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0} \times \frac{1}{\dfrac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2}} = -\frac{m e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \bullet \frac{1}{n^2} = -13.58\frac{1}{n^2}\,[eV]$$

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

(3) 전자가 하나의 궤도에서 다른 정상궤도로 이동할 때, 에너지변화를 동반하며 과잉에너지(△W)는 단색광으로 방출되고 반대의 경우는 흡수된다.



여기서

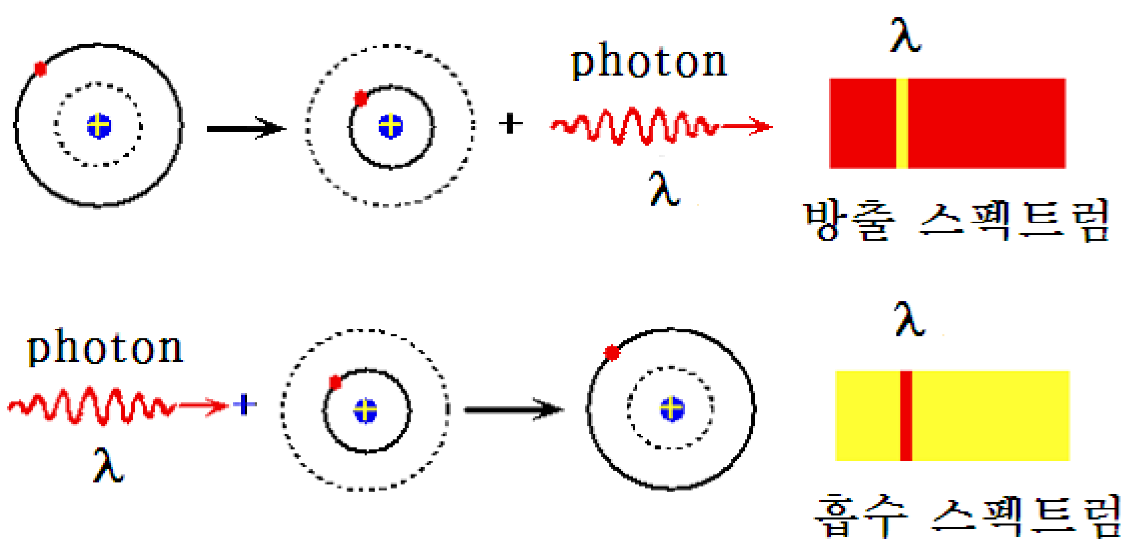
$$h\nu = \Delta W$$

2 보어의 원자모형

2.3 수소원자의 모형

보어의 수소원자론

빛의 방출 및 흡수스펙트럼



2 보어의 원자모형

2.4 에너지준위

에너지 상태(Energy state)

수소원자에서 전자에너지는 연속적인 값을 가질 수 없고 n=1에서 n=∞에 대응하는 불연속인 에너지상태로 존재하게 된다.

$$E_n = -13.58\frac{1}{n^2}\,[eV]$$

여기상태(excited state)

: n=2 이상의 궤도상태

기저상태(ground state)

: n=1인 궤도, 가장 안정한 상태

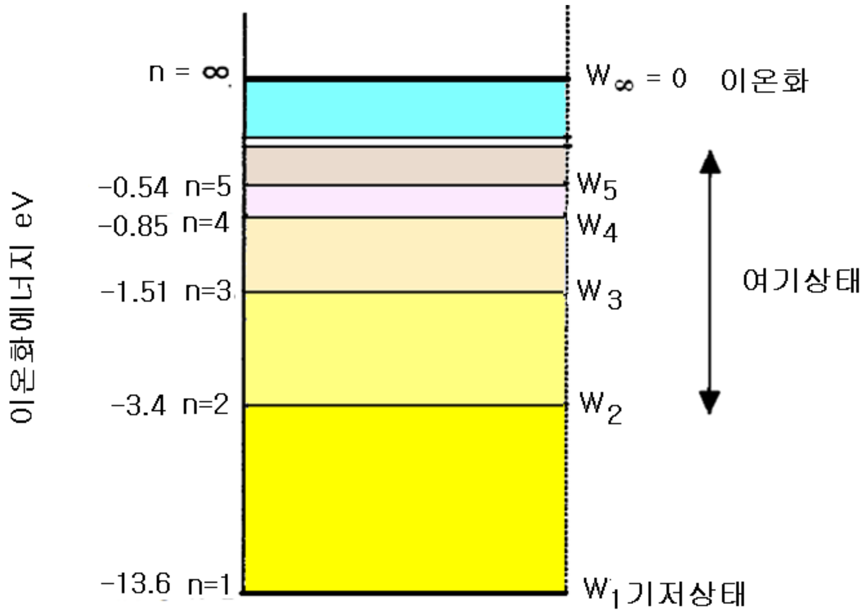


그림 1.2 에너지 준위

2 보어의 원자모형

2.4 에너지준위

전자볼트(Electronic voltage)

1[V]의 전압을 가하여 가속시켰을 때 전자가 얻는 에너지는,

$$W = eV = 1.602 \times 10^{-19}[C] \times 1[V] = 1.602 \times 10^{-19}\,[J]$$

따라서

$$1\,[eV] = 1.602 \times 10^{-19}\,[J]$$

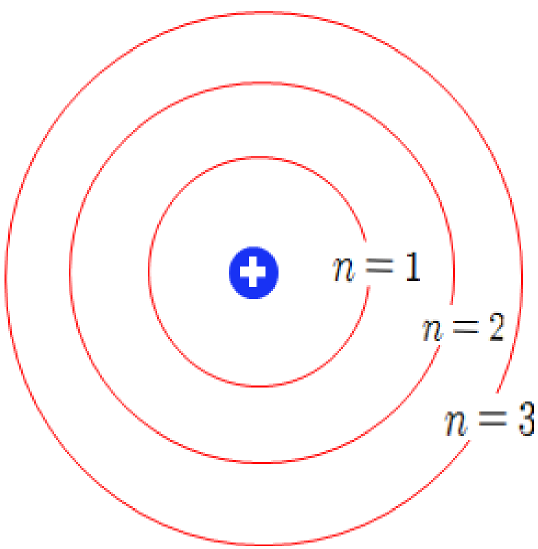
$$1\,[J] = 0.63 \times 10^{19}\,[eV]$$

3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

(1) 주양자수 : n

보어의 원 궤도 에너지를 지배하는 양자수이다.
주양자수 n이 같으면 n궤도 내에서 어떠한 형태를 갖고 있을 지라도 전자의 에너지는 같다.
원자의 에너지의 대략적인 값은 n 에 의해 정해지지만 방위양자수 ℓ 및 자기양자수 m, 스핀양자수 s에 의해서 달라진다.



$$W_n = -13.58\frac{1}{n^2}\,[eV]$$

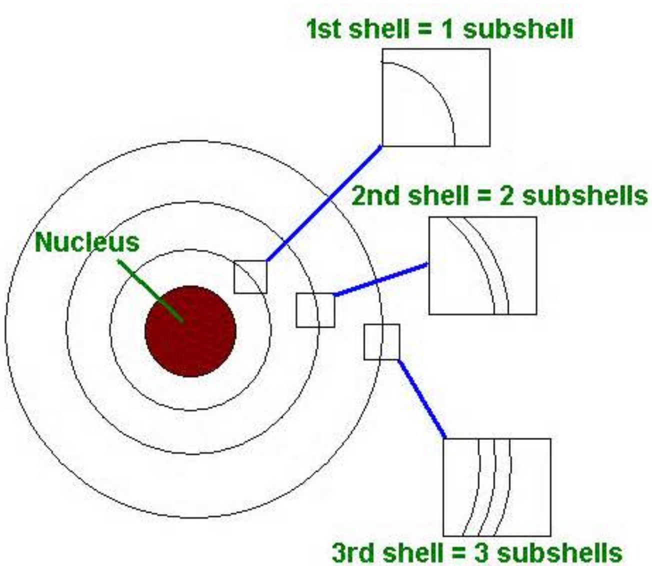
3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

(2) 부양자수= 방위양자수=각운동량 양자수 : ℓ

: 보어의 조건을 만족시키는 타원궤도이다.

주양자수 n이 원궤도의 크기를 의미한다면, 부양자수 ℓ은 정해진 n 안에서 존재하는 다양한 오비탈의 모양, 즉 타원의 종류를 규정한다.



부양자수는 주양자수의 하부 구조로서 주양자수 n에 따라 부양자수 ℓ 이 존재한다.

n=1인 전자껍질에는 ℓ=0

n=2인 전자껍질에는 ℓ=0, 1

n=3인 전자껍질에는 ℓ=0, 1, 2

n=4인 전자껍질에는 ℓ=0, 1, 2, 3

부양자수의 명칭

Value of l	0	1	2	3
Orbital type	s	p	d	f

3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

→ n이 같은 타원궤도는 ℓ 이 다르더라도 전자가 갖는 에너지는 외부적으로 같으므로, 전자가 이 궤도에서 다른 에너지 준위의 궤도로 천이하더라도 방출되는 빛의 진동수는 같고 스펙트럼은 하나가 된다.

3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

(3) 자기양자 수 (Magnetic quantum numbe) : m

: 자기양자수는 방위양자수의 하부구조로써 타원궤도의 배향을 나타내는 양자수이다.

형이 다른 타원궤도를 주행하는 전자가 외부로부터 전계 또는 자계를 받게 되면, 전, 자계의 영향으로 전자에너지 상태에 차이가 생기게 되어 하나의 타원궤도에서 여러 개의 선스펙트럼이 생겨난다.

자기양자수 m은 부양자수 ℓ 에 대해서 다음과 같은 범위를 할당한다.

$m = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots, \pm l$ 로서

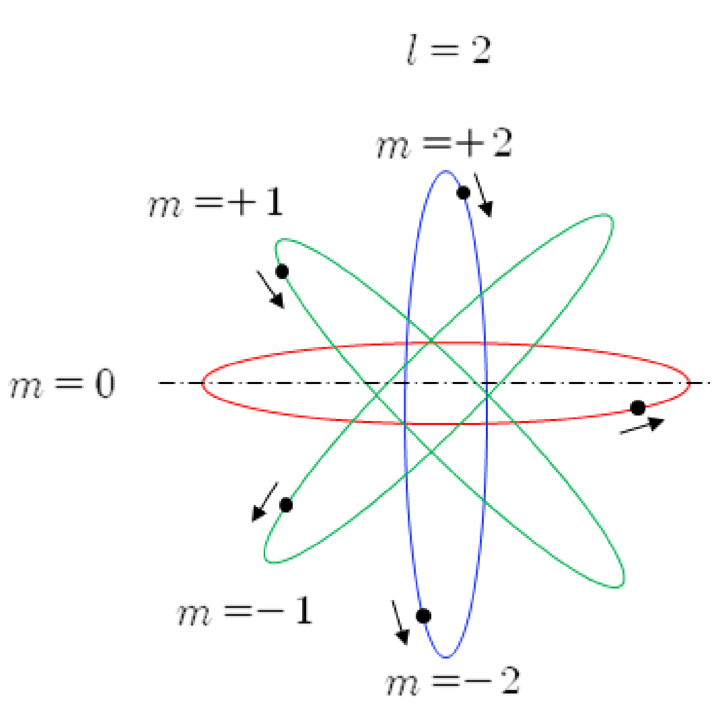
$m = (2l + 1)$ 개의 값을 가진다.

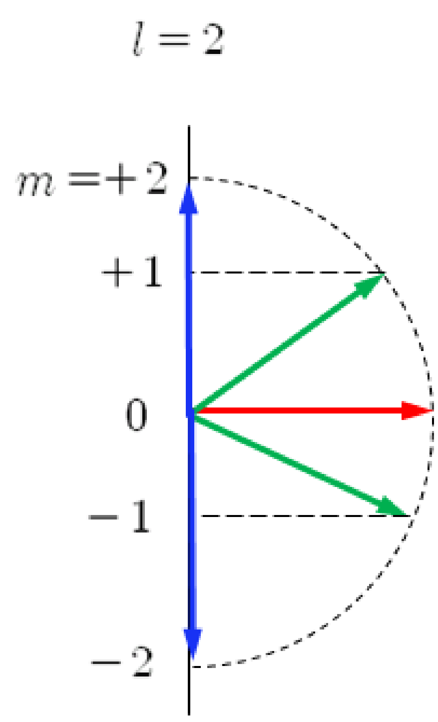
3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

ℓ =2일 때의 m궤도면의 모양

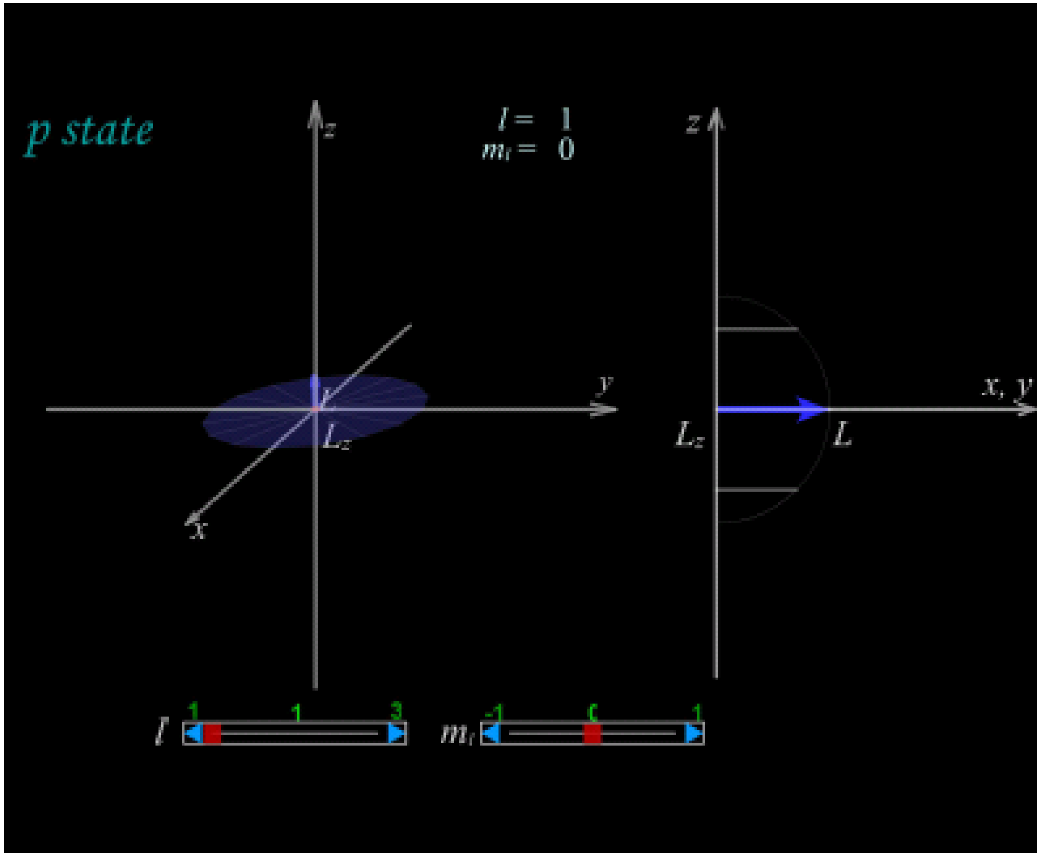
$m = (2l+1) = 5$개 $m = 0, \pm1, \pm2$





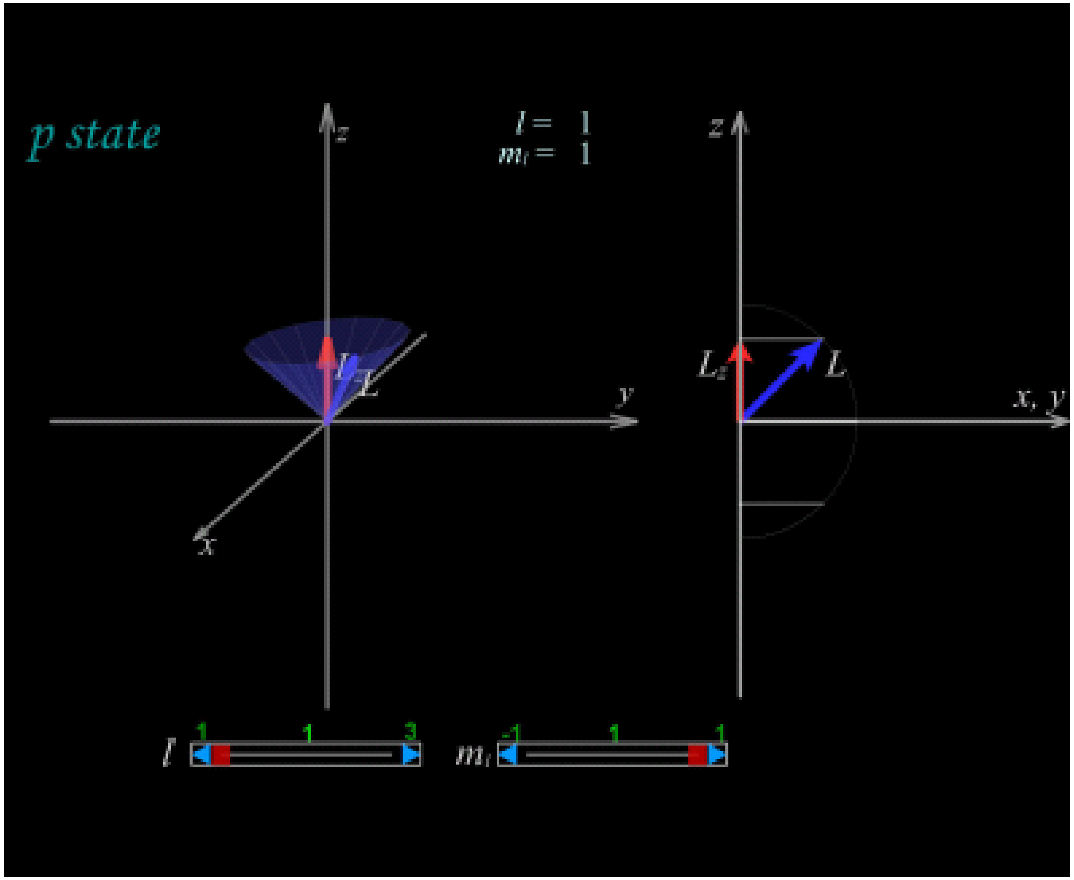
3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현



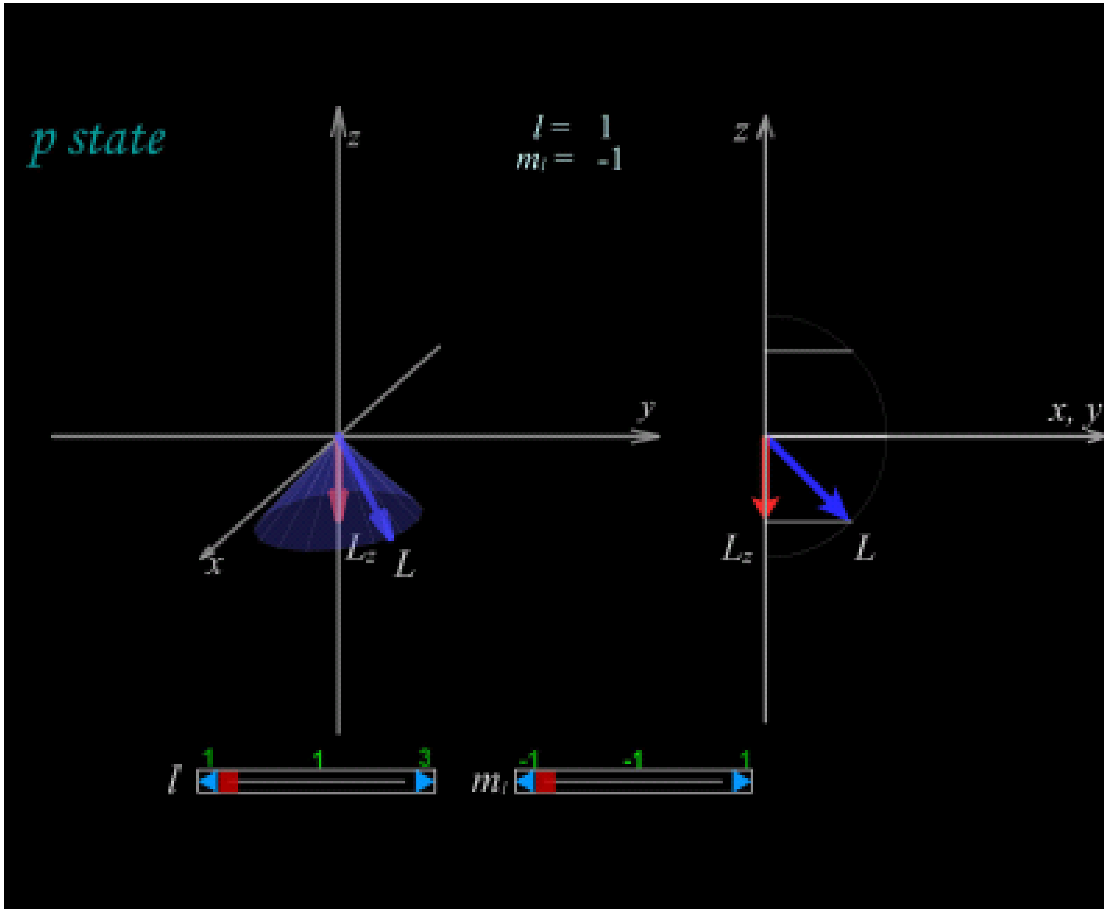
3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현



3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

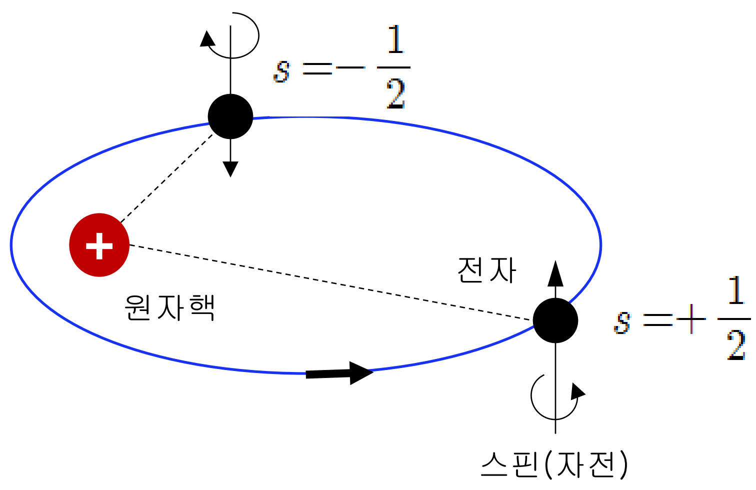


3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

(4) 스핀양자수 : s

스핀에 의한 자기모멘트는 크기가 같고 부호가 반대인 2개의 스펙트럼을 만들어낸다.
즉 자기양자수 하나의 m에 대해서 2개의 스핀양자수가 만들어 진다.



3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

결국 원자 내 전자는 n, ℓ, m, s에 의한 4개의 양자수에 의해 정해지게 되며, 이들의 관계를 식으로 나타내면 다음과 같다. .

주양자수 $n = 1, 2, 3, \cdots$

부양자수 $l = 0, 1, 2, \cdots n-1$

자기양자수 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots \pm l$

스핀양자수 $s = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

3 양자역학적 표현

3.1 양자수에 의한 표현

표 1.1 주양자수에 따른 총 양자수

주양자수		방위양자수(ℓ)	자기양자수 (m)	스핀양자수(s)	총 양자수
K	1	0(s)	0	1/2, -1/2	2
L	2	0(s)	0	1/2, -1/2	8
		1(p)	-1	1/2, -1/2	
			0	1/2, -1/2	
			1	1/2, -1/2	
M	3	0(s)	0	1/2, -1/2	18
		1(p)	-1	1/2, -1/2	
			0	1/2, -1/2	
			1	1/2, -1/2	
		2(d)	-2	1/2, -1/2	
			-1	1/2, -1/2	
			0	1/2, -1/2	
			1	1/2, -1/2	
			2	1/2, -1/2	

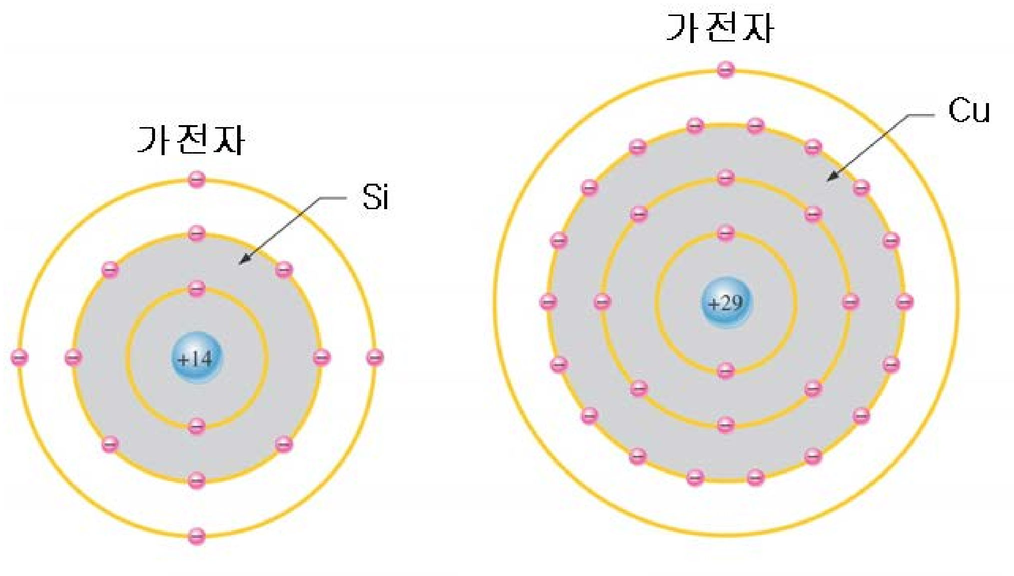
3 양자역학적 표현

3.2 파울리의 배타율

파울리(Pouli)의 배타원리

1개의 원자 중에 (n, m, ℓ, s)로 지정되는 1개의 상태에는 전자 1개만이 존재한다.

주양자수 n인 각에 들어가는 전자의 총 수는 $2n^2$개이다.



3 양자역학적 표현

3.2 파울리의 배타율

원자번호에 따른 전자배열

표 1.2 핵 외전자의 상태와 양자수

원자번호	원소	n=1	2		3	
		ℓ=0	0	1	0	1
1	H	1				
2	He	2				
3	Li	2	1			
4	Be	2	2			
5	B	2	2	1		
6	C	2	2	2		
7	N	2	2	3		
8	O	2	2	4		
9	F	2	2	5		