

제2절 양자론의 기초

1.2.1 양자

- 양자(量子:quantum)
- 빛의 이중적 성질
 - * 파동으로서의 성질 : 드 브로이(de Broglie)파, 불확정성의 원리 및 회절 현상
 - * 입자로서의 성질 : 광전효과(光電效果), 콤프턴(Compton) 효과
- 전자와 중성자
 - * 입자로서의 성질 : 힘에 의해 직진운동
 - * 파동으로서의 성질 : 전자선 회절(電子線回折)
- 입자성 물리량 : 속도, 운동량, 운동에너지 $\frac{1}{2}mv^2$
- 파동성 물리량 : 파장, 진동수(振動數) 혹은 주파수

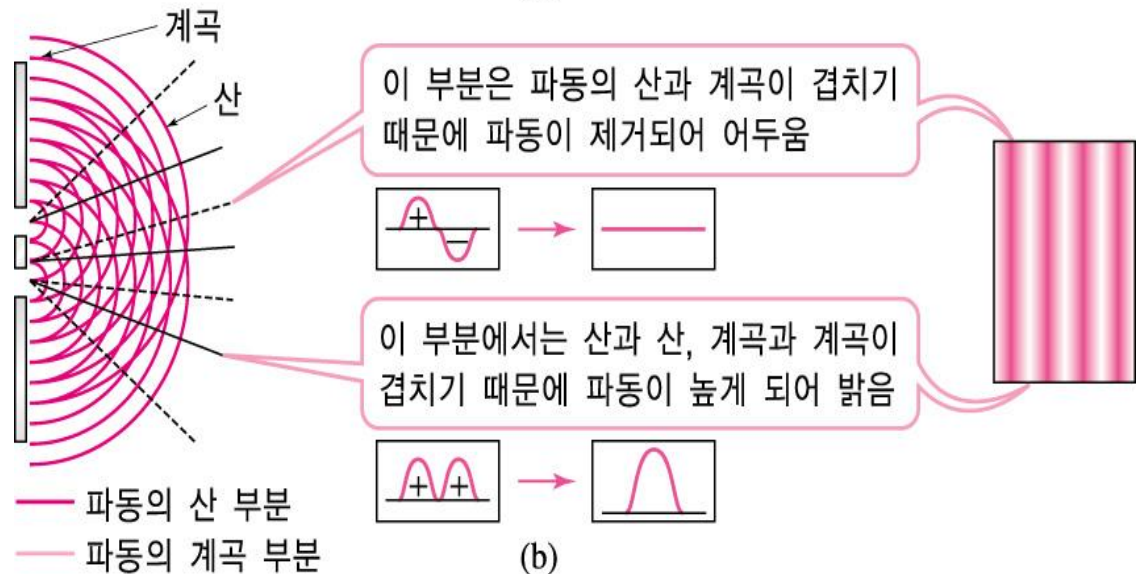
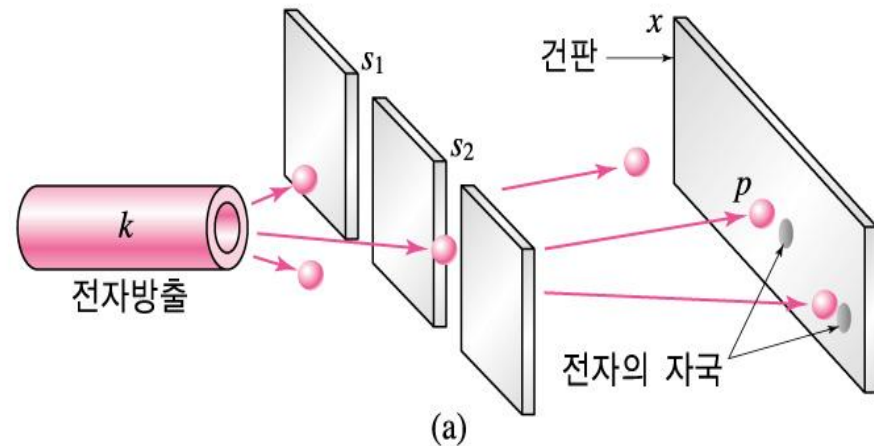
제2절 양자론의 기초

1-6

1.2.2 입자의 파동성

1. 간섭현상

(干涉現象)



제2절 양자론의 기초

1.2.2 입자의 파동성

2. 드 브로이파

- 전자는 입자성에 관련한 물리량과 파동성에 관련한 물리량을 연결

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad f = \frac{E}{h}$$

h : Planck상수($6.624 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

- 물질파: 질량이 m 인 입자가 속도가 v 이고, 파장이 λ 인 파(wave)의 형태로 진행되는 파동

3. 슈뢰딩거의 파동방정식

- 전자의 운동 : 파동함수(파동방정식)로 표시, 파동방정식 유도하여 파동함수가 정현파 임이 입증
- 정상파 : 깊은 위치에너지 상자 내에 전자가 존재하고, 이 전자가 에너지 상자 내를 왕복 운동할 때의 물질파 (전자파)

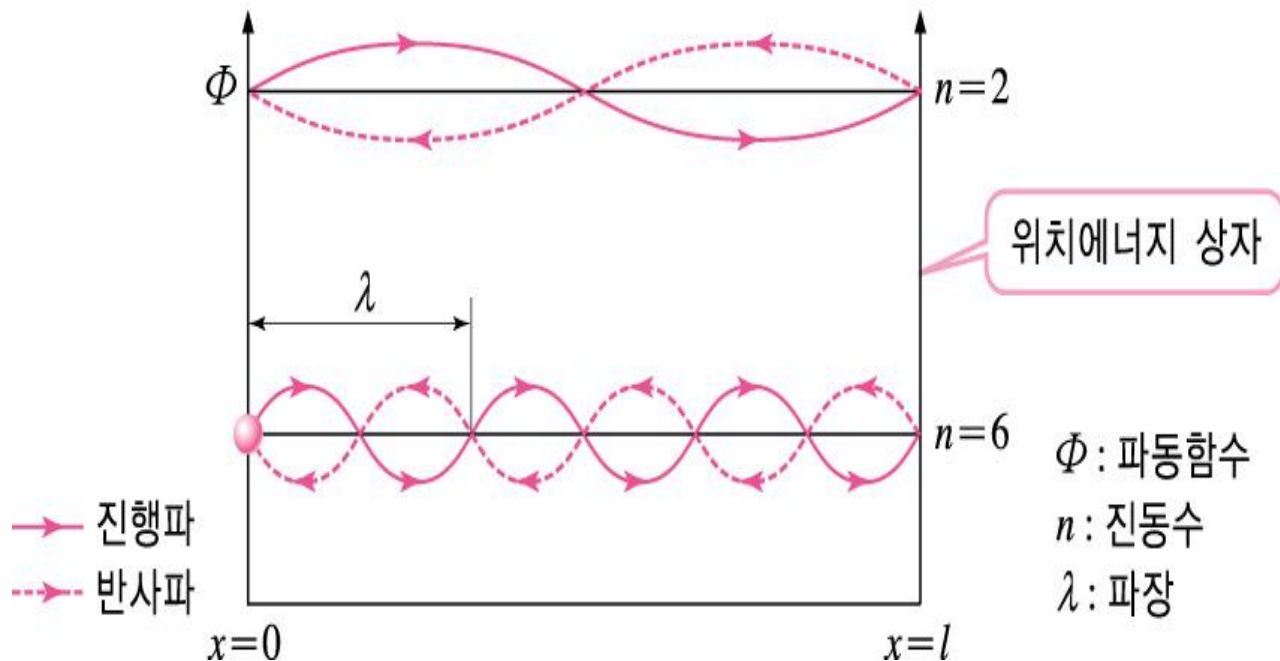
제2절 양자론의 기초

1.2.2 입자의 파동성

3. 슈뢰딩거의 파동방정식

- 전자의 운동은 물질파이며, 정상파로 생각하여 파동함수로 표시, 파동방정식 유도

1-7



제2절 양자론의 기초

1.2.2 입자의 파동성

3. 슈뢰딩거의 파동방정식

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2}, \quad \phi = A \sin(\omega t - \beta x) \quad \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2m(E - E_p)}}$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t - \beta x) = -\omega^2 \phi \quad \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \left(\frac{\omega}{v}\right)^2 \phi = 0 \quad Tv = \lambda, \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v}{\lambda}$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{4\pi^2}{\lambda^2} \phi = 0 \quad E = \frac{1}{2} mv^2 + E_p$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - E_p) \phi = 0$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - E_p) \phi = 0$$

$$\nabla^2 \phi + \frac{2m}{h^2} (E - E_p) \phi = 0 \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

제2절 양자론의 기초

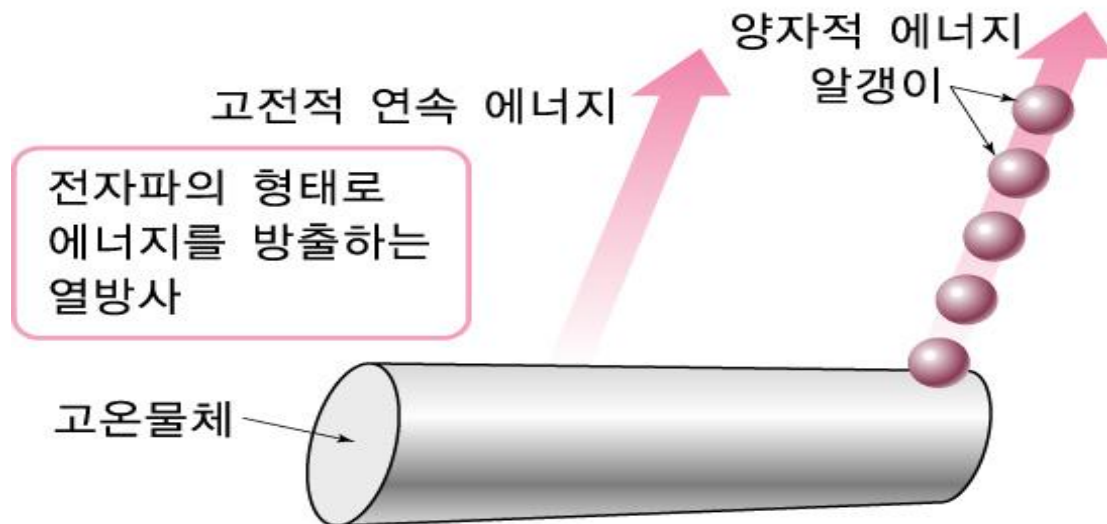
1.2.3 양자의 입자성

1. 흑체방사 - 열방사(熱放射 : heat radiation)

고온물체(高溫物體)가 전자파의 형태로 에너지를 방출

- * 에너지의 흐름 불연속적으로 방사 혹은 흡수
- * 방사(복사)에너지 연속량이 아니고 더 이상 나눌 수 없는 소량(素量)으로 구성된 양자에너지 알갱이
- * 에너지 양자(energy quantum) 불연속적 에너지 덩어리

1-8



제2절 양자론의 기초

1.2.3 양자의 입자성

2. 광전효과

- 광전효과(光電效果 : photoelectric effect) 금속이나 반도체 등에 광을 조사(照射)하면 주파수가 f 인 광자(光子 : photon)는 $E=hf$ 의 에너지를 가지며, 이 광자에너지가 고체에 전달되어 고체 표면에서 광전자가 방출
- 일함수(work function) 절대온도 $0[K]$ 에서 금속 내의 전자 한 개를 고체 밖으로 내보내는 데 필요한 일

* 몇가지 금속의 일함수

금속	W	Th - W	Ni	Mo	Ta	Cs
일함수[eV]	4.52	2.63	4.61	4.17	4.1	1.81

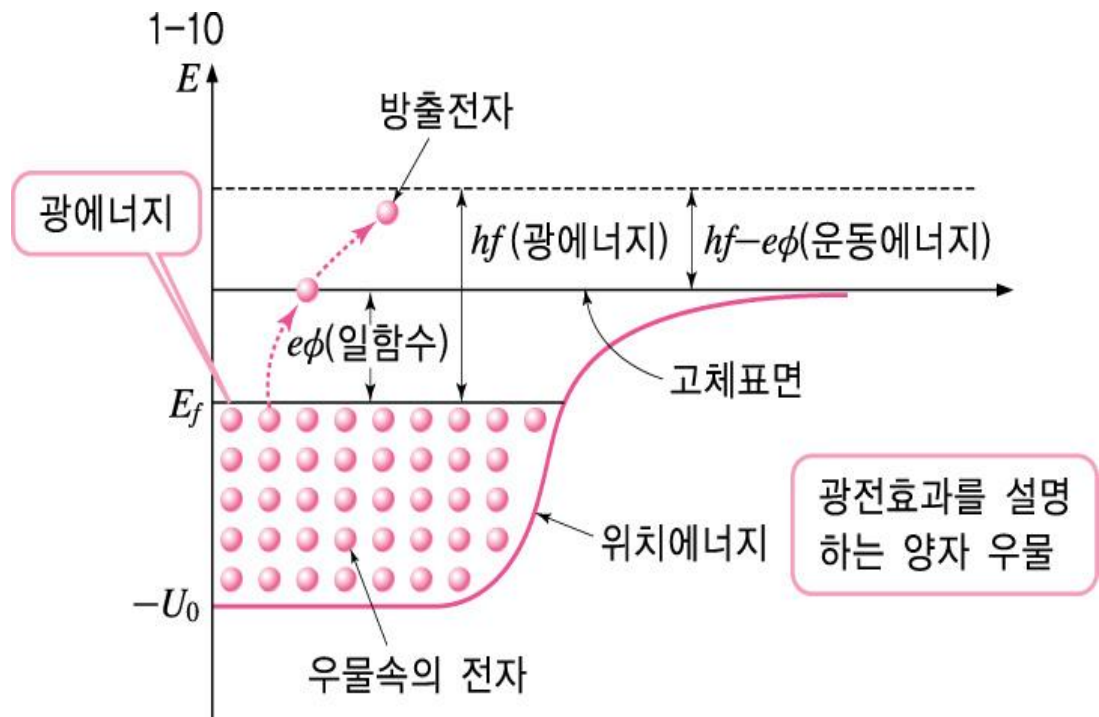
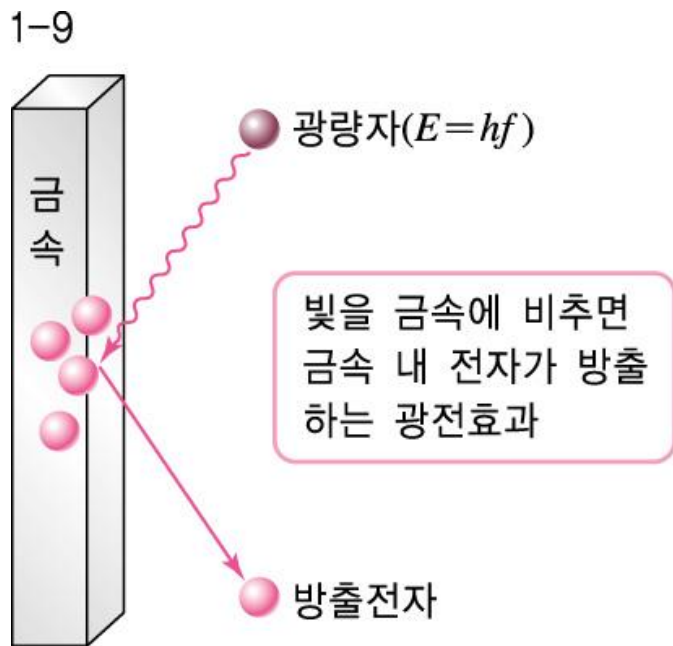
제2절 양자론의 기초

1.2.3 양자의 입자성

2. 광전효과

- 양자우물(quantum well)

* 페르미 에너지 E_f : 절대온도 0[K]에서 금속내 전자가 가질수 있는 최대에너지



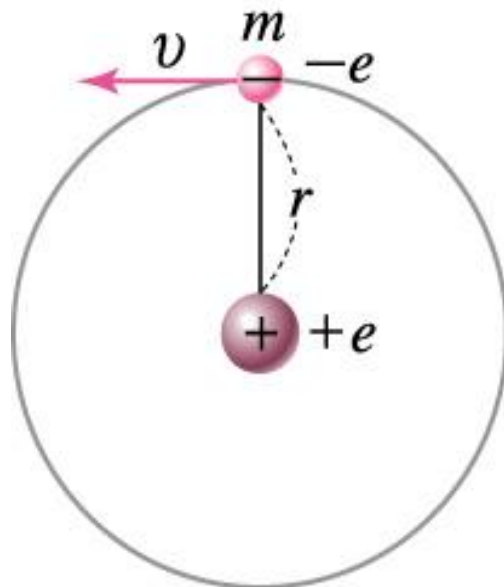
제2절 양자론의 기초

1.2.4 보어(Bohr)의 원자모형

1. 원자의 평형상태 조건

- 전자의 원운동 조건 : 궤도운동 전자에 의해서 발생하는 원심력과 양자와 전자와의 쿨롱의 힘 일치될 때 평형상태

1-11



쿨롱의 힘과 원심력
이 같아야 원운동

m : 전자질량

v : 전자속도

$-e$: 전자의 전하량

제2절 양자론의 기초

1.2.4 보어(Bohr)의 원자모형

2. 양자화조건(quantum condition)

- 원자핵 주위를 선회하는 전자는 외부에 전자파를 방사 또는 흡수하지 않는 안정된 불연속 궤도가 존재
- 안정 궤도운동 전자의 운동량 p 를 같은 방향의 위치좌표 q 에 대하여 1주기의 회전에 걸쳐 적분한 것이 프랑크 상수 $h=6.625 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 의 정수배가 되는 조건

$$\oint p \, dq = n \cdot h \quad n=1,2,3\ldots(\text{정수})$$

$\oint$ 는 1주기에 대한 주회적분

- 양자수(quantum number) n : 궤도를 결정하는 정수

제2절 양자론의 기초

1.2.4 보어(Bohr)의 원자모형

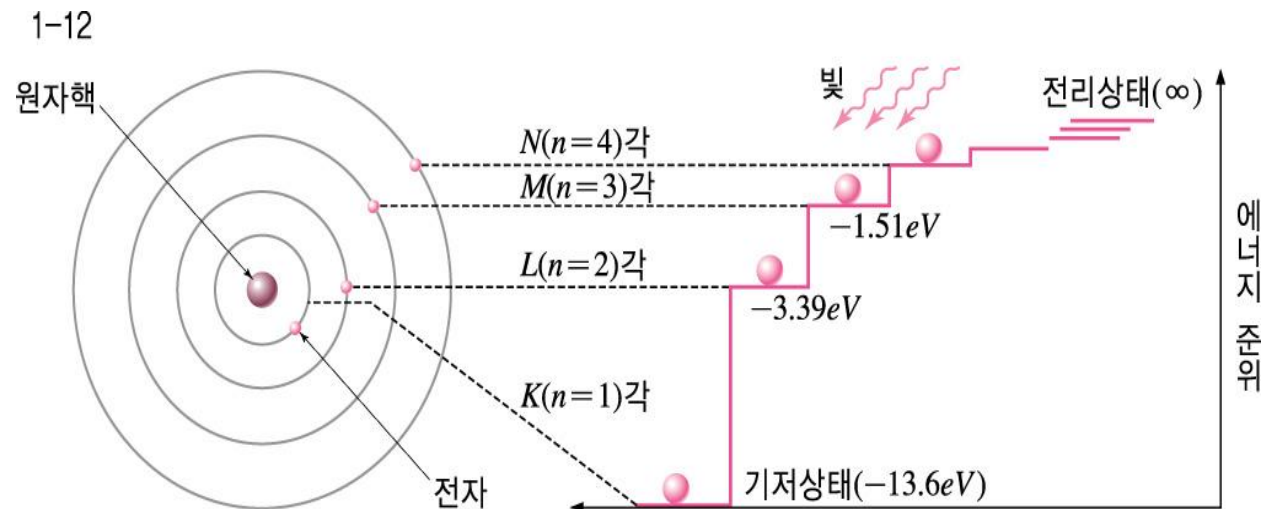
3. 진동수조건(frequency condition)

* 에너지 E_i 의 안정궤도에 서 다른 에너지 E_j 의 안정궤도로 천이할 때는 전자파의 흡수 혹은 방출

* 조건식

$$E_i - E_j = h \nu$$

* 원자의
안정궤도와
전자 에너지



제2절 양자론의 기초

4. 보어(Bohr)의 원자모형

- 전리에너지(ionization energy) 회전운동하는 전자를 무한히 멀리 ($=\infty$) 하여 자유전자로 만들기 위한 에너지
- 에너지 준위(energy level) 불연속적인 에너지 값
 - * 기저준위(ground level) 에너지가 가장 낮고 안정된 상태 ($n=1$)인 궤도를 기저상태(ground state)라 하고, 이때의 에너지 준위
 - * 여기상태(excited state) $n \geq 2$ 의 상태

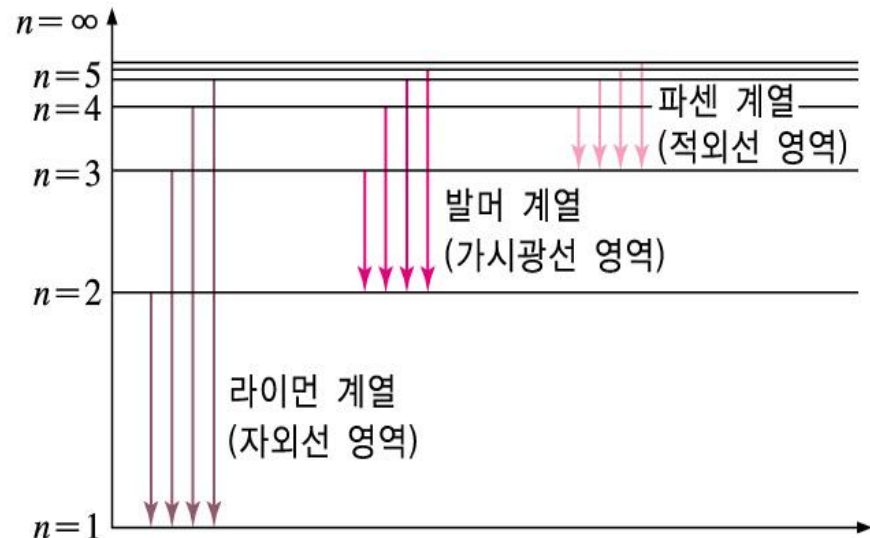
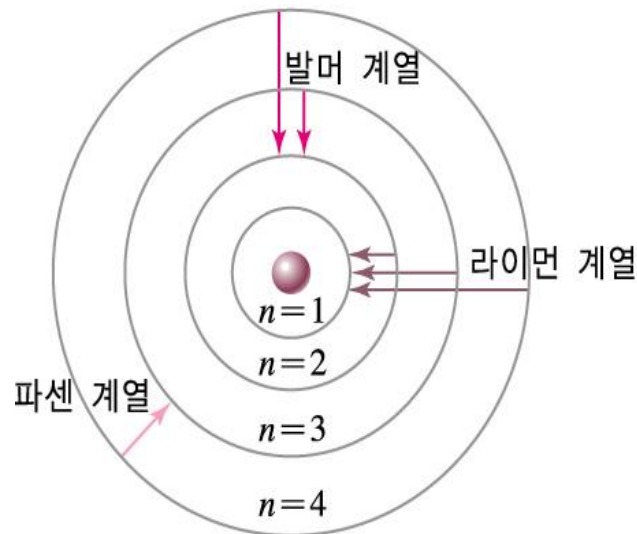
제2절 양자론의 기초

1.2.4 보어(Bohr)의 원자모형

3. 진동수조건(frequency condition)

- 원자에서 방출되는 빛의 스펙트럼이 nj 와 ni 의 조합에 따라 결정되는 특성

1-13



제2절 양자론의 기초

1.2.4 보어(Bohr)의 원자모형

3. 진동수조건(frequency condition)

- 전자 천이 상태에 따른 스펙트럼 영역

계 열	발견연도	스펙트럼 영역	전자의 천이 상태
라이먼(Lyman)	1906~1914	자외선	원자가 $n=2, 3, 4, \dots$ 인 준위로부터 $n=1$ 인 준위로 떨어질 때
발머(Balmer)	1885	자외선, 가시광선	원자가 $n=3, 4, 5, \dots$ 인 준위로부터 $n=2$ 인 준위로 떨어질 때
파셴(Pashen)	1908	적외선	원자가 $n=4, 5, 6, \dots$ 인 준위로부터 $n=3$ 인 준위로 떨어질 때
브라켓 계열	1922	적외선	원자가 $n=5, 6, 7, \dots$ 인 준위로부터 $n=4$ 인 준위로 떨어질 때
폰트 계열	1924	적외선	원자가 $n=6, 7, 8, \dots$ 인 준위로부터 $n=5$ 인 준위로 떨어질 때