วิชาฟิสิกส์

(ว40206)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เรื่อง

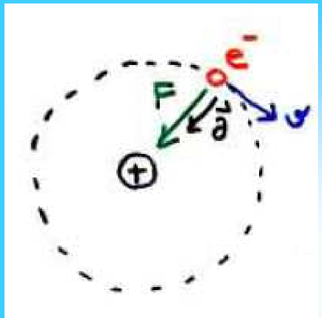
ทฤษฎีอะตอมของบอร์

การทดลองของฟรังซ์และเฮิรซ์

แบบจำลองอะตอมของบอร์

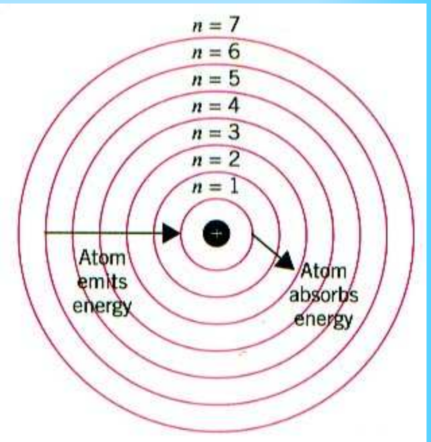
- ในปี 1913 นีลส์ บอร์ ได้เสนอแบบจำลองอะตอมของไฮโดรเจนขึ้น
- อิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน จะโคจรเป็นวงรอบนิวเคลียส
- พลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจร จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับระยะห่างของวงโคจรกับนิวเคลียส
- พลังงานของวงโคจรเป็นแบบ ควอนไทน์

ครูสุภาณี ช่วยประคอง

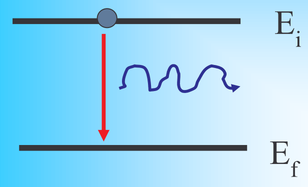


โมเมนตัมเชิงมุมในแต่ละวงโคจร

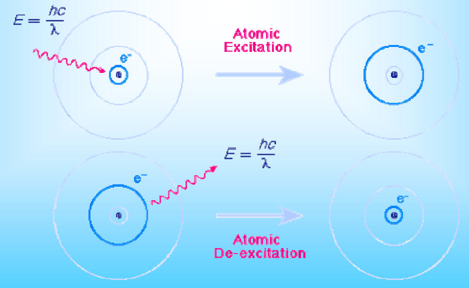
$$L = mvr = n\left(\frac{h}{2\pi}\right)$$



มีการดูดกลืนพลังงานเมื่ออิเล็กตรอนย้ายไปยังวงโคจรที่มีค่าพลังงานสูงขึ้น และคายเมื่อย้ายลงมายังวงโคจรที่มีค่าพลังงานต่ำกว่า



$$E_i - E_f = hf$$



บอร์สามารถคำนวณรัศมีของแต่ละวงโคจร และระดับพลังงานต่างได้โดย

$$F = ma$$

$$k\frac{e^2}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$$

พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่วิ่งอยู่ในแต่ละวงโคจร

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}$$

พลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนที่ระยะห่าง r จากนิวเคลียส

$$\text{P.E.} = -k\frac{e^2}{r}$$

พลังงานรวมของอิเล็กตรอน

$$E = \text{K.E} + \text{P.E}$$

$$E = -\frac{ke^2}{2r}$$

เครื่องหมาย – แสดงว่า อิเล็กตรอนถูกยึดให้ติดอยู่กับอะตอม ถ้าต้องการแยกอิเล็กตรอน ต้องให้พลังงานเท่ากับ E

จากค่าโมเมนตัมเชิงมุม

$$v = \frac{nh}{mr(2\pi)}$$

แทนค่าลงในสมการพลังงานจลน์

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{nh}{2\pi mr}\right)^2 = \frac{ke^2}{2r}$$

$$r_n = \frac{n^2\hbar}{mke^2}$$

ที่ n = 1 จะได้ r_1 = 0.529 Å = 0.0529 nm หรือ เรียกว่า รัศมีของบอร์

$$r_n = n^2 r_1$$

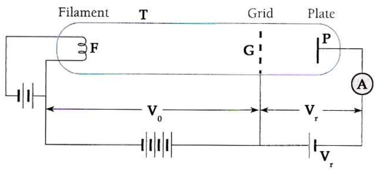
พลังงานของอิเล็กตรอนของแต่ละวงโคจรหาได้จาก

$$E_n = -\frac{ke^2}{2r_1}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$

หรือ

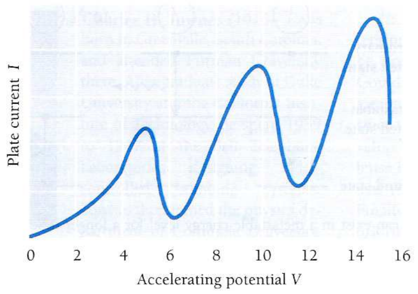
$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}\,\text{eV}$$

การทดลองของแฟรงค์และเฮิรตซ์



$$\frac{1}{2}mv^2 = eV_0$$

- ในปี 1913 Franck และ Hertz ได้ทำการทดลอง เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีอะตอมของบอร์
- โดยการสังเกตการชนของอิเล็กตรอนกับอะตอม
- เมื่ออิเล็กตรอนถูกปล่อยออกมาจากไส้หลอดที่ร้อน F จะเคลื่อนที่ไปยังแผ่น P ระหว่าง F และ P มี กริด G กั้นอยู่



- กราฟระหว่าง I_p กับ สำหรับปรอท ผลต่างระหว่างสถานะกระตุ้นสถานะแรกของปรอทกับ
ถานะพื้นคือ 4.9 eV
วามต่างศักย์ที่คล้องจองกับยอดหลมของกระแสเรียกว่า ศักย์การระตุ้น (excitation potential)
ารทดลองดังกล่าวข้างต้นถึงแม้อนข้างหยาบ แต่แสดงว่าสถานะนิ่งเป็นค่าๆ ของอิเล็กตรอนในอะตอมมีอยู่จริง

แบบจำลองอะตอมตามแบบกลศาสตร์ควอนตัม

สมการชเรอดิงเงอร์หาฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน

$$\frac{P^2}{2m} + V(r) = E$$

$$V(r) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r}$$

$$\frac{-\hbar^2}{2m}\left[\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial\psi}{\partial r}+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2\psi}{\partial\varphi^2}\right]+V(r,\theta,\varphi)\psi$$

ผลเฉลยของสมการด้านบนจะทำให้ได้เลขควอนตัม 3 แบบ ดังนี้

1. เลขควอนตัม *n* เรียกว่า เลขควอนตัมสำคัญ (Principal quantum number) มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก ใช้บอกระดับพลังงานเช่นเดียวกับแบบจำลองอะตอมของโบร์ นั่นคือ

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}$$

2. เลขควอนตัม *l* เรียกว่า เลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม

(Orbital quantum number หรือ Angular momentum quantum number) ค่าที่จะเป็นไปได้ของ *l* จะต้องสอดคล้องกับค่า n โดย จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง – 1

$$L = \sqrt{l(l+1)}\frac{h}{2\pi}$$

3. เลขควอนตัม m_l เรียกว่า เลขควอนตัมแม่เหล็ก (Magnetic quantum number) ค่าที่เป็นไปได้ของ m_l ถูกกำหนดโดยค่า *l* โดย m_l จะมีค่าตั้งแต่ –l, -(*l*-1),…, 0, (*l*-1), *l* รวมทั้งสิ้น 2*l*+1 ค่า

ตาราง 14-2 เลขควอนตัมที่เกี่ยวข้องกับการบอกสถานะของอิเล็กตรอน

เลขควอนตัม	เกี่ยวข้องกับ	ค่าที่เป็นไปได้
n	พลังงาน	1, 2, 3, ...∞
l	โมเมนตัมเชิงมุม	0, 1, 2, ... n - 1
m_l	โมเมนตัมเชิงมุมในแนวสนามแม่เหล็ก	$-l$ ถึง l
m_s	โมเมนตัมเชิงมุมของการหมุนรอบตัวเองในแนวสนามแม่เหล็ก	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

ตาราง 14-3 แสดงจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละชั้น

n	ชั้น	l	ชั้นย่อย	จำนวนอิเล็กตรอนในชั้นย่อย $2(2l+1)$	จำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด $2n^2$
1	K	0	1s	2	2
2	L	0	2s	2	8
		1	2p	6	
3	M	0	3s	2	18
		1	3p	6	
		2	3d	10	
4	N	0	4s	2	32
		1	4p	6	
		2	4d	10	
		3	4f	14	

ตาราง 14-4 ตัวอย่างการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของธาตุต่างๆ

ธาตุ	สัญลักษณ์	เลขอะตอม (Z)	การจัดเรียงอิเล็กตรอน
Hydrogen	H	1	$1s$
Helium	He	2	$1s^2$
Lithium	Li	3	$1s^2 2s$
Beryllium	Be	4	$1s^2 2s^2$
Boron	B	5	$1s^2 2s^2 2p$
Carbon	C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$
Nitrogen	N	7	$1s^2 2s^2 2p^3$