วิชา ฟิสิกส์

(ว 40206)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ครูภิรมย์ มีชำนาญ

เรื่อง

ทฤษฎีอะตอมของโบร์

การทดลองของฟรักซ์และเฮิรซ์

ครูภิรมย์ มีชำนาญ

พลังงานรวมของอะตอมคือพลังงานรวมของพลังงานศักย์ไฟฟ้า กับ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนในวงโคจรใดๆ (รัศมี r)

$$\text{พลังงานศักย์ไฟฟ้า} = -\frac{ke^2}{r}$$

$$\text{พลังงานจลน์} = \frac{1}{2}mv^2$$

ครูภิรมย์ มีชำนาญ

จากสมการของแรง

$$F_C = F_E$$

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

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$$

$$\therefore \quad E_K = \frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$$

ครูภิรมย์ มีชำนาญ

พลังงานรวม $E_n = E_P + E_K$

$$E_n = -\frac{ke^2}{r} + \frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$$

$$E_n = -\frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$$

จาก $r_n = \left(\frac{\hbar^2}{mke^2}\right)n^2$ นำไปแทนค่า

$$E_n = -\left(\frac{mk^2e^4}{2\hbar^2}\right)\frac{1}{n^2}$$

แทนค่า m , k , e , $\hbar$ จะได้พลังงานที่วงโคจร n ใดๆ มีค่าเป็น

$$E_n = -\frac{21.7 \times 10^{-19}}{n^2} \text{ จูล}$$

พิจารณาพลังงานหน่วย*อิเล็กตรอนโวลต์*

(Electron volt - eV)

จาก $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$E_n = -\frac{21.7 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19} n^2}$$

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

จะเห็นว่า พลังงานมีค่าเป็นระดับ พลังงานตามค่า n ซึ่งถือว่าเป็นระดับพลังงานของอะตอม และเป็นปฏิภาคผกผันกับค่า n^2

$$E_n \propto \frac{1}{n^2}$$

สถานะพื้น (Ground state)

เป็นสภาวะของอะตอมที่มีระดับพลังงานต่ำสุด (n = 1) ซึ่งเป็นสภาวะที่อะตอมมีเสถียรภาพมากที่สุด

สถานะกระตุ้น (Exited state)

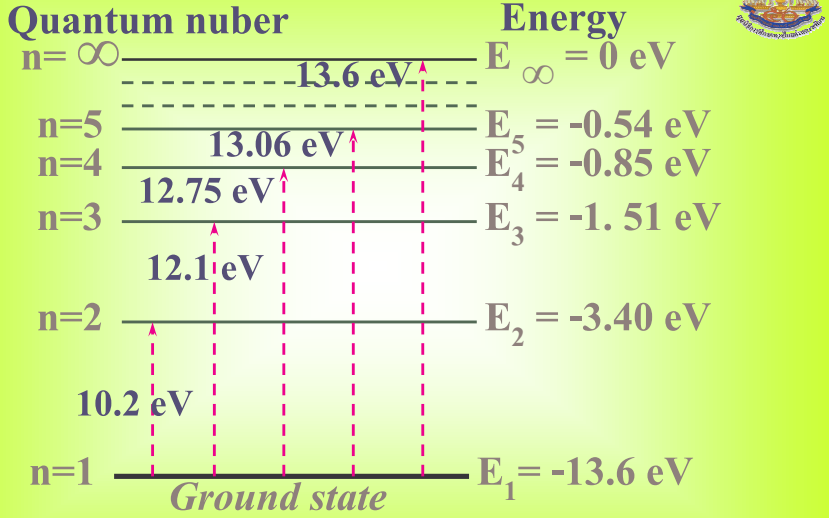
เป็นสภาวะที่อิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานสูงกว่าสถานะพื้น (n > 1) หรือซึ่งพร้อมที่จะกลับลงมาสู่สถานะพื้นตลอดเวลา

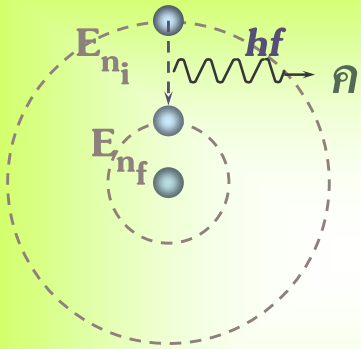
สถานะกระตุ้นที่ 1 จะได้ n = 2

อะตอมจะลดระดับพลังงานโดยการปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีค่าเป็นควอนตัมพลังงานตามสมมติฐานของพลังค์

ถ้าอิเล็กตรอนอยู่วงนอกสุด หรือ $n = \infty$ พลังงานเป็น ศูนย์ แสดงว่าไม่มีพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนไว้ จึงจะได้เป็นอิเล็กตรอนอิสระ

ถ้าอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน ได้รับพลังงาน 13.6 eV ก็จะทำให้อิเล็กตรอนเริ่มหลุดออกจากอะตอมได้พอดี



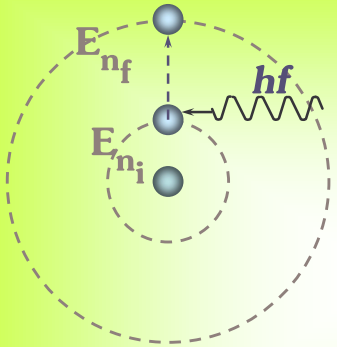


คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

$E_{n_i} > E_{n_f}$

$hf = E_{n_i} - E_{n_f}$

เมื่ออิเล็กตรอนลดระดับวงโคจรลงมาจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

$E_{n_i} < E_{n_f}$

$hf = E_{n_f} - E_{n_i}$

เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะเปลี่ยนวงโคจรที่มีระดับพลังงานสูงขึ้นจากเดิม

ทฤษฎีอะตอมของโบร์สามารถอธิบาย และแก้ปัญหาได้ คือ

- อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสซึ่งมีความเร่ง แต่ไม่ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาแล้วไปรวมกับนิวเคลียส เนื่องจากจะโคจรเฉพาะบางวงที่มีโมเมตัมเชิงมุมคงตัว

- สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอมอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับอะตอมของไฮโดรเจน คือ อะตอมที่มีอิเล็คตรอน 1 ตัว โคจรรอบนิวเคลียส เช่น ลิเธียมอิออน (Li^{+2}) เป็นต้น

- อธิบายการเกิด สเปคตรัมเส้นสว่าง ได้ คือ อะตอมจะปล่อยพลังงานออกมาเป็นเพียงเฉพาะค่าไม่ต่อเนื่อง

- อธิบายสมการอนุกรมของริดเบอร์ก ได้จากสมการ

1. $hf = E_{n_i} - E_{n_f}$; $h = 2\pi\hbar$
2. $f = \frac{c}{\lambda}$
3. $E_n = -\left(\frac{mk^2e^4}{2\hbar^2}\right)\frac{1}{n^2}$

พิสูจน์ได้ว่า

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{mk^2e^4}{4\pi ch^3}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

ค่า $\frac{mk^2e^4}{4\pi ch^3}$ คือ ค่าคงตัวริดเบอร์ก

$R_H = 1.10 \times 10^7 \ m^{-1}$

ถ้าแทน $n_f = 2$ แทน $n_i = 3, 4, 5, 6$ จะได้ความยาวคลื่นของอนุกรมเส้นสเปคตรัมของบัลเมอร์

จากการค้นพบสเปคตรัมเส้นสว่างของไฮโดรเจนได้ 5 อนุกรม ได้แก่

อนุกรมไลมาน(ความถี่ช่วงอัลตราไวโอเลต)

เมื่อ $n_f = 1$; $n_i = 2, 3, \ldots,$ ∞

อนุกรมบัลเมอร์

เมื่อ $n_f = 2$

$n_i = 3, 4, \ldots,$ ∞

อนุกรมพาสเชน

เมื่อ $n_f = 3$

$n_i = 4, 5, \ldots,$ ∞

อนุกรมแบรกเกต

(ช่วงความถี่อินฟาเรด)

เมื่อ $n_f = 4$; $n_i = 5, 6, \ldots,$ ∞

อนุกรมฟุนต์

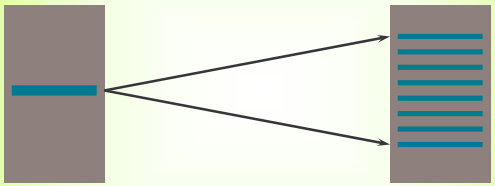
(ช่วงความถี่อินฟาเรด)

เมื่อ $n_f = 5$; $n_i = 6, 7, \ldots,$ ∞

ความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของโบร์

- อธิบายได้เฉพาะอะตอมไฮโดรเจนหรืออะตอมคล้ายไฮโดรเจนเท่านั้น
- ไม่สามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออะตอมอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้สเปคตรัมเส้นหนึ่งแยกออกเป็นหลายเส้น

ลักษณะสเปคตรัมเส้นสว่าง



ไม่มีสนามแม่เหล็ก

มีสนามแม่เหล็ก