ASTRONOMİ II

7. KONU: Tayfbilim

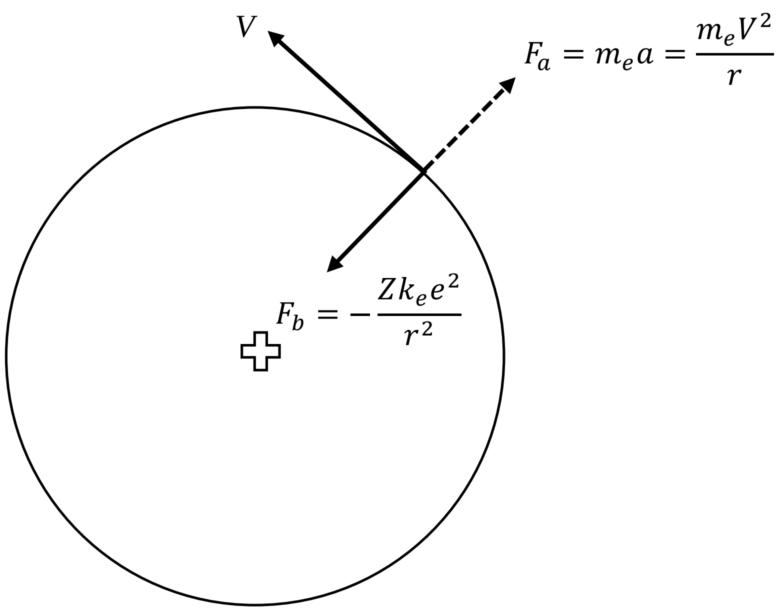
Hazırlayan: Doç. Dr. Tolgahan KILIÇOĞLU

Dikkat: Bu ders notu dersin tamamını içermez!

7.3 Bohr Atom Modeli

Bohr'un varsayımları

1. Bir atomun içerisinde elektronlar belirli dairesel yörüngelerde (veya kabuklarda) elektromanyetik ışınım yapmadan dolanırlar. Elektronu yörüngesinde tutan kuvvet yüklü parçacıklar arasındaki (elektron ve çekirdek) arasındaki çekimi açıklayan klasik mekanikteki Coulomb kuvvetidir.



Burada;

F: kuvvet

m_e = 9,1.10^{-31} kg (elektronun kütlesi)

e = -1,6.10^{-19} C (elektronun yükü)

r: elektronun çekirdekten olan uzaklığı

k_e = 8,99.10^{9} N m^2 C^{-2} (Coulomb sabiti)

Z: Atom numarası

Bu durumda,

$$|F_a| = |F_b|$$

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{Z k_e e^2}{r^2}$$

olmalıdır. Buradan elektronun hızı bulunmak istenirse;

$$v^2 = \frac{r Z k_e e^2}{m_e r^2}$$

$$v^2 = \frac{Z k_e e^2}{m_e r}$$

Hidrojen için Z = 1 olduğundan elektronun hızı;

$$v = e\sqrt{\frac{k_e}{m_e r}} \qquad \text{.........................} \ (1)$$

olarak elde edilir. Ancak ifadenin sağ tarafında r bulunduğundan henüz hızı bu ifadeden doğrudan bulamayız.

2. Elektronun bulunabileceği seviyeler n=1,2,3,4,… seviyeleri (veya K, L, M, N,…) kabukları olarak adlandırılırlar ve belirli enerjilere sahiptirler. Bu nedenle bu seviyelere enerji seviyeleri adı verilir. Eğer bir elektron bir enerji seviyesinden başka bir enerji seviyesine yer değiştirirse aradaki enerji farkına karşılık bir foton salar veya soğurur. Yörüngeler kuantumlu olduğundan salınan veya soğrulan fotonlar belirli dalgaboylarındadır:

$$E_n - E_m = \Delta E = \frac{hc}{\lambda} \qquad \text{.........................} \ (2)$$

Burada λ Salınan veya soğurulan fotonun dalgaboyudur.

3. Elektronun açısal momentumu kuantumludur:

$$H = m_e v r = \frac{nh}{2\pi} \qquad \text{.........................} \ (3)$$

Burada;

H : elektronun açısal momentumu

h = 6,626.10^{-34} m^2 kg s^{-1} veya J s (Planck sabiti)

3 numaralı ifadeye 1 numaralı ifadede elde ettiğimiz hız değeri yazılarak bir n enerji seviyesinin yörüngesinin yarıçapı elde edilebilir:

$$H = m_e v r = m_e \left(e\sqrt{\frac{k_e}{m_e r}} \right) r = \frac{nh}{2\pi}$$

$$e\sqrt{k_e m_e r} = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\sqrt{r} = \frac{nh}{2\pi e\sqrt{k_e m_e}}$$

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 e^2 k_e m_e} \qquad \text{.........................} \ (4)$$

Bu ifade, bir n seviyesinde olan elektronun yörüngesinin yarıçapını, başka bir değişle, elektronun çekirdekten olan uzaklığını verir. Görüldüğü üzere elektron çekirdeğin etrafında n^2 ile orantılı olarak sabit bir mesafede bulunur. Çekirdeğe düşmez veya ondan kopup gitmez. Aynı zamanda sabit bir seviyede kaldığından ışıma yapmaz.

Burada;

$$\frac{h^2}{4\pi^2 e^2 k_e m_e} = 0{,}529\ \text{Å}$$

olup "Bohr Yarıçapı" olarak bilinir.

Bu yarıçap kullanıldığında 4 numaralı ifade;

$$r = 0{,}529\ \text{Å} \times n^2 \qquad \text{.........................} \ (5)$$

olarak kolayca ifade edilebilir.

Belirli bir seviyede bulunan elektronun enerjisi hesaplanmak istenirse:

$$E = E_K + E_P$$

$$E_K = \frac{1}{2} m_e v^2$$

1 numaralı ifade kullanılarak v nin değeri yerine yazılırsa;

$$E_K = \frac{1}{2} m_e \left(e\sqrt{\frac{k_e}{m_e r}} \right)^2$$

$$E_K = \frac{k_e e^2}{2r} \qquad \text{.........................} \ (6)$$

olarak hidrojen atomu için elektronun kinetik enerjisi elde edilir.

$$E_P = -\int_{\infty}^{r} F_b \, dr = -\int_{\infty}^{r} -\frac{k_e e^2}{r^2} \, dr$$

$$E_P = -\frac{k_e e^2}{r} \qquad \text{.........................} \ (7)$$

Bu durumda hidrojen atomu için elektronun enerjisi 6 ve 7 nolu ifadelerin toplamına eşittir:

$$E = E_K + E_P = \frac{k_e e^2}{2r} - \frac{k_e e^2}{r} = -\frac{k_e e^2}{2r} \qquad \text{.........................} \ (8)$$

4 nolu ifadede elde ettiğimiz r değerini 7 nolu ifadede yerine yazarsak;

$$E = -\frac{k_e e^2}{2r} = -\frac{k_e e^2}{2\left(\frac{n^2 h^2}{4\pi^2 e^2 k_e m_e}\right)}$$

Bu durumda bir n seviyesindeki elektronun enerjisi:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{n^2 h^2} \qquad \text{.........................} \ (9)$$

Burada;

$$-\frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{h^2} = -13.6 \ eV$$

olup n=1 seviyesinin enerjisidir. Bu değer kullanılarak 9 numaralı ifade kısaca:

$$E_n = -\frac{-13.6 \ eV}{n^2} \qquad \text{.........................} \ (10)$$

olarak yazılabilir.

Bohr'un ikinci varsayımına göre bir elektron enerji seviyesini değiştirdiğinde, bu iki seviye arasındaki enerji farkı ΔE ye karşılık bir foton salacak veya soğuracaktır. Bu fotonun dalgaboyu 2 numaralı ifadeden ($\Delta E = E_m - E_n = \frac{hc}{\lambda}$) çekilirse:

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{hc}{E_m - E_n}$$

Burada 9 numaralı ifadede elde ettiğimiz *n* enerji seviyesindeki elektronun enerjisini veren ifadeyi E_m ve E_n için yerine yazarsak;

$$\lambda = \frac{hc}{E_m - E_n} = \frac{hc}{\left(-\frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{m^2 h^2}\right) - \left(-\frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{n^2 h^2}\right)}$$

$$\lambda = \frac{hc}{-\frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{h^2} \times \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

$$\lambda = \frac{h^3 c}{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e \times \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 e^4 k_e^2 m_e}{h^3 c} \times \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \times \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \qquad \text{.........................} \ (11)$$

Böylece Rydberg (Balmer) formülünün teorik olarak ispatı Bohr atom modeli yardımı ile yapılmış olur. Bu formül sayesinde yıldız tayflarında bulunan hidrojen soğurma çizgilerinin tamamının dalgaboyları belirlenebilmektedir.