2. ਮੋਲ-ਅੰਸ਼

ਇਹ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਘਟਕ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਅਤੇ ਘੋਲ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਅਨੁਪਾਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਕੋਈ ਪਦਾਰਥ A ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ B ਵਿੱਚ ਘੁਲਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਕ੍ਰਮਵਾਰ n_A ਅਤੇ n_B ਹੋਣ, ਤਾਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮੋਲ ਅੰਸ਼ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤੇ ਜਾਣਗੇ—

A ਦਾਮੋਲ–ਅੰਸ਼

$$= \frac{\text{A ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{ਘੋਲ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}$$

$$= \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

B ਦਾਮੋਲ–ਅੰਸ਼

$$= \frac{\text{B ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{ਘੋਲ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}$$

$$= \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

3. ਮੋਲਰਤਾ

ਇਹ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਵਰਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲਾ ਮਾਤਰਕ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ M ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਘੁਲਿਤ ਦੀ 1L ਘੋਲ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੰਜ

$$\text{ਮੋਲਰਤਾ (M)} = \frac{\text{ਘੁਲਿਤ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{ਘੋਲ ਦਾ ਆਇਤਨ (L ਵਿੱਚ)}}$$

ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ (ਜਿਵੇਂ-NaOH) ਦਾ 1M ਘੋਲ ਹੈ ਅਤੇ ਅਸੀਂ ਉਸ ਤੋਂ 0·2M ਵਾਲਾ ਘੋਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ।

1 M NaOH ਦਾ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਘੋਲ ਦੇ 1L ਵਿੱਚ 1 ਮੋਲ NaOH ਮੌਜੂਦ ਹੈ। 0·2M ਘੋਲ ਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ 1L ਘੋਲ ਵਿੱਚ 0·2 ਮੋਲ NaOH ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਅਜਿਹੀਆਂ ਗਣਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਸਧਾਰਨ ਸੂਤਰ $M_1V_1 = M_2V_2$ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ M ਅਤੇ V ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਮੋਲਰਤਾ ਅਤੇ ਆਇਤਨ ਹਨ। ਇੱਥੇ $M_1 = 0{\cdot}2$, $V_1 = 1000$ mL ਅਤੇ $M_2 = 1{\cdot}0$, ਇਨ੍ਹਾਂ ਸਾਰਿਆਂ ਮਾਨਾਂ ਨੂੰ ਸੂਤਰ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ V_2 ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$2\text{M} \times 1000\ \text{mL} = 1.0\text{M} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{0.2\text{M} \times 1000\text{mL}}{1.0\text{M}} = 200\text{mL}$$

1L ਘੋਲ ਵਿੱਚ 0·2 ਮੋਲ NaOH ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਇੰਜ ਸਾਨੂੰ 0·2 ਮੋਲ NaOH ਲੈਣਾ ਹੋਵੇਗਾ ਤੇ ਘੋਲ ਦਾ ਆਇਤਨ 1L ਬਣਾਉਣਾ ਪਵੇਗਾ।

ਹੁਣ ਗਾੜ੍ਹੇ (1M) NaOH ਦਾ ਕਿੰਨਾ ਆਇਤਨ ਲਿਆ ਜਾਵੇ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ 0·2 ਮੋਲ ਮੌਜੂਦ ਹੋਵੇ, ਇਸ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

ਜੇ 1L ਜਾਂ 1000mL ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ 1 ਮੋਲ ਮੌਜੂਦ ਹੈ, ਤਾਂ 0·2 ਮੋਲ ਮੌਜੂਦ ਹੋਵੇਗਾ—

$$\frac{1000\ \text{mL}}{1\ \text{ਮੋਲ}} \times 0.2\ \text{ਮੋਲ} = 200\ \text{mL ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ}$$

ਇੰਜ 1M NaOH ਦੇ 200 mL, ਲੈ ਕੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਐਨਾਂ ਪਾਣੀ ਮਿਲਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕਿ ਆਇਤਨ 1L ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਜਾਏ।

ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ 200 mL ਦੇ ਘੁਲਿਤ (NaoH) ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ 0·2 ਸੀ ਅਤੇ ਇਹ ਹਲਕਾ ਕਰਨ ਤੇ (1000 mL) ਵਿੱਚ ਵੀ ਉਨੀ ਹੀ, ਭਾਵ (0·2) ਰਹੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਅਸੀਂ ਕੇਵਲ ਘੋਲਕ (ਪਾਣੀ) ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੀਤੀ ਹੈ ਨਾ ਕਿ NaOH ਦੀ।

4. ਮੋਲਲਤਾ

ਇਸ ਨੂੰ 1kg ਘੋਲਕ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਘੁਲਿਤ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ m ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$\text{ਇੰਜ ਮੋਲਲਤਾ (m)} = \frac{\text{ਘੁਲਿਤ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{ਘੋਲਕ ਦਾ ਪੁੰਜ Kg ਵਿੱਚ}}$$

ਉਦਾਹਰਣ 1.7

NaOH ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਘੋਲ ਦੀ ਮੋਲਰਤਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਨੂੰ 4g NaOH ਨੂੰ ਪਾਣੀ ਦੀ ਲੋੜੀਂਦੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮਿਲਾ ਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਕਿ ਘੋਲ ਦੇ 250 mL ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਣ।

ਹੱਲ

$$\text{ਕਿਉਂਕਿ ਮੋਲਰਤਾ (M)} = \frac{\text{ਘੁਲਿਤ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{ਘੋਲ ਦਾ ਆਇਤਨ (ਵਿੱਚ)}}$$

$$= \frac{\text{NaOH ਦਾ ਪੁੰਜ/ NaOH ਦਾ ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ}}{0.250\ \text{L}}$$

$$= \frac{4\ \text{g} / 40\ \text{g}}{0.250\text{L}} = (0.4\ \text{ਮੋਲ ਪ੍ਰਤੀ ਲਿਟਰ})$$

$= 0.4\ \text{mol L}^{-1}$

$= 0.4$ M

ਇਹ ਧਿਆਨ ਰੱਖੋ ਕਿ ਕਿਸੇ ਘੋਲ ਦੀ ਮੋਲਰਤਾ ਤਾਪ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਆਇਤਨ ਤਾਪ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 1.8

3 M NaCl ਘੋਲ ਦੀ ਘਣਤਾ 1.25 g mL^{-1} ਹੈ। ਇਸ ਘੋਲ ਦੀ ਮੋਲਲਤਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

M = 3 mol L^{-1}

1 L ਘੋਲ ਦਾ ਵਿੱਚ NaCl ਪੁੰਜ = 3 × 58.5 = 175.5 g

1L ਘੋਲ ਦਾ ਪੁੰਜ = 1000 × 1.25g = 1250 g

(ਕਿਉਂਕਿ ਘਣਤਾ = 1.25 g mL^{-1})

ਘੋਲ ਵਿੱਚ ਪਾਣੀ ਦਾ ਪੁੰਜ = 1250 –175.5

= 1074.5 g

ਹੁਣ ਮੋਲਲਤਾ (m) = $\frac{\text{ਘੁਲਿਤ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ}}{\text{Kg ਵਿੱਚ ਘੋਲਕ ਦਾ ਪੁੰਜ}}$

$= \frac{3mol}{1.0745kg}$

= 2.79 m

ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇੱਛਤ ਸੰਘਣਤਾ ਦਾ ਘੋਲ ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਜਿਆਦਾ ਸੰਘਣਤਾ ਦੇ ਘੋਲ ਨੂੰ ਹਲਕਾ ਕਰਕੇ ਬਣਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਆਦਾ ਸੰਘਣਤਾ ਵਾਲੇ ਘੋਲ ਨੂੰ 'ਸਟਾੱਕ ਘੋਲ (Stock solution) ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਧਿਆਨ ਰੱਖੋ ਕਿ ਘੋਲ ਦੀ ਮੋਲਲਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਕਿਉਂਕਿ ਪੁੰਜ ਤਾਪਮਾਨ ਅਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਸਾਰਾਂਸ਼

ਰਸਾਇਣ ਵਿਗਿਆਨ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਜੀਵਨ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪਹਿਲੂਆਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਰਸਾਇਣ ਵਿਗਿਆਨੀ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ, ਗੁਣਾਂ ਅਤੇ ਪਰਿਵਰਤਨਾਂ ਦੇ ਬਾਰੇ ਅਧਿਐਨ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਾਰੇ ਪਦਾਰਥ ਮਾਦੇ ਦੇ ਬਣੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਤਿੰਨ ਭੌਤਿਕ ਅਵਸਥਾਵਾਂ-ਠੋਸ, ਦ੍ਰਵ ਅਤੇ ਗੈਸ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੇ ਹਨ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਤਿੰਨਾਂ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਘਟਕ-ਕਣਾਂ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਭਿੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਗੁਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਮਾਦਾ ਨੂੰ ਤੱਤਾਂ, ਯੋਗਿਕਾਂ ਅਤੇ ਮਿਸ਼ਰਣਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਰਗੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹੀ ਕਿਸਮ ਦੇ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਪਰਮਾਣੂ ਜਾਂ ਅਣੂ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਦੋ ਜਾਂ ਵਧੇਰੇ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਸੰਯੁਕਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਤਾਂ ਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਮਿਸ਼ਰਣ ਜਿਆਦਾ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਸਾਡੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਮੌਜੂਦ ਅਨੇਕ ਪਦਾਰਥ ਮਿਸ਼ਰਣ ਹਨ।

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਮਾਪਨ ਜਰੂਰੀ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਗੁਣਾਂ ਨੂੰ ਮਾਤਰਾ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਮਾਪਨ ਦੀ ਪੱਧਤੀ ਅਤੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕੇ। ਮਾਪਨ ਦੀਆਂ ਕਈ ਪੱਧਤੀਆਂ ਹਨ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਗ੍ਰੇਜ਼ੀ ਪੱਧਤੀ ਅਤੇ ਮੀਟਰੀ ਪੱਧਤੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਵਿਸਥਾਰ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੇ ਪੂਰੇ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਇੱਕੋ ਜਿਹੀ ਪੱਧਤੀ ਜਿਸ ਨੂੰ 'SI ਪੱਧਤੀ' ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਦੀ ਸਹਿਮਤੀ ਬਣਾਈ।

ਕਿਉਂਕਿ ਮਾਪਨਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਕੜਿਆਂ ਨੂੰ ਰਿਕਾਰਡ ਕਰਨਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਨਾ ਕੁਝ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਾ ਬਣੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਠੀਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਕਰਨਾ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਹੈ। ਰਸਾਇਣ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪਨ ਵਿੱਚ 10^{-31} ਤੋਂ 10^{23} ਵਰਗੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਆਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਵਿਗਿਆਨਕ ਸੰਕੇਤਨ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਦੱਸ ਕੇ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਾ ਦਾ ਧਿਆਨ ਰੱਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਵਿਧੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਨਾਲ ਮਾਪੀ ਗਈਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਇੱਕ ਪੱਧਤੀ ਤੋਂ ਦੂਜੀ ਪੱਧਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇੰਜ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਪੱਧਤੀ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਤੋਂ ਦੂਜੀ ਪੱਧਤੀ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਨਿਯਮ ਹਨ-ਪੁੰਜ ਸੁਰਖਿਅਣ ਦਾ ਨਿਯਮ, ਸਥਿਰ ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਨਿਯਮ, ਗਣਿਤ ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਨਿਯਮ, ਗੇ-ਲੁਸੈਕ ਦਾ ਗੈਸੀ ਆਇਤਨਾਂ ਦਾ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਐਵੋਗੈਡਰੋ ਦਾ ਨਿਯਮ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਸਾਰੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਸਰੂਪ 'ਡਾਲਟਨ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਸਿਧਾਂਤ' ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਇਆ, ਜਿਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾਦਾ ਦੇ ਰਚਨਾਤਮਕ ਖੰਡ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਕਾਰਬਨ ਦੇ ^{12}C ਸਮਸਥਾਨਿਕ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਸਹੀ 12u ਮੰਨ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ

ਹੈ। ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾਣ ਵਾਲਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਉਹ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਸਨੂੰ ਸਾਰੇ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦਾ ਕੁਦਰਤੀ ਭਰਮਾਰ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਅਣੂ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦੁਆਰਾ ਅਣਵੀਂ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਯੋਗਿਕ ਦਾ ਅਣਵੀਂ ਸੂਤਰ ਇਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਨੂੰ ਅਤੇ ਅਣਵੀਂ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਕੇ ਪਰਿਕਲਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਵਿਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਪਰਮਾਣੂਆਂ, ਅਣੂਆਂ ਜਾਂ ਹੋਰ ਕਣਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਐਵੋਗੈਡਰੋ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (6.022×10^{23}) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਣਾਂ ਦਾ '1 ਮੋਲ' ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤੱਤਾਂ ਅਤੇ ਯੋਗਿਕਾਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪਰਿਵਰਤਨਾਂ ਨੂੰ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਸੰਤੁਲਿਤ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸਮੀਕਰਣ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਭਾਗ ਲੈ ਰਹੇ ਮੋਲਾਂ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਅਤੇ ਕਣਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਦੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੇ ਗੁਣਕਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਜਰੂਰੀ ਪ੍ਰਤੀਕਾਰਕਾਂ ਅਤੇ ਬਣੀਆਂ ਉਪਜਾਂ ਦਾ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਅਧਿਐਨ 'ਸੱਟਾਇਕਿਯੋਮੀਟਰੀ' ਅਖਵਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਸਟਾੱਇਕਿਯੋਮੀਟ੍ਰਿਕ ਪਰਿਕਲਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਉਪਜ, ਦੀ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਮਾਤਰਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਪ੍ਰਤੀਕਾਰਕਾਂ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਜਾਂ ਇਸਦੇ ਉਲਟ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਘੋਲ ਦੇ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਨੂੰ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ-ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ, ਮੋਲ ਅੰਸ਼, ਮੋਲਰਤਾ ਅਤੇ ਮੋਲਲਤਾ।

ਅਭਿਆਸ

1.1 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਦੇ ਲਈ ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ :

(i) H_2O (ii) CO_2 (iii) CH_4

1.2 ਸੋਡੀਅਮ ਸਲਫੇਟ (Na_2SO_4) ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤੱਤਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

1.3 ਆਇਰਨ ਦੇ ਉਸ ਆੱਕਸਾਈਡ ਦਾ ਮੂਲ ਅਨੁਪਾਤੀ ਸੂਤਰ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਦੁਆਰਾ 69.9% ਆਇਰਨ ਅਤੇ 30.1% ਆੱਕਸੀਜਨ ਹੈ।

1.4 ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਾਰਬਨਡਾਈਆੱਕਸਾਈਡ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ। ਜਦੋਂ

(i) 1 ਮੋਲ ਕਾਰਬਨ ਨੂੰ ਹਵਾ ਵਿੱਚ ਬਾਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ

(ii) 1 ਮੋਲ ਕਾਰਬਨ ਨੂੰ 16 g ਆੱਕਸੀਜਨ ਵਿੱਚ ਬਾਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

1.5 ਸੋਡੀਅਮ ਐਸੀਟੇਟ (CH_3COONa) ਦਾ 500 mL 0.375 ਮੋਲਰ ਜਲੀ ਘੋਲ ਬਣਾਉਣ ਦੇ ਲਈ ਉਸ ਦੇ ਕਿੰਨੇ ਪੁੰਜ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ ? ਸੋਡੀਅਮ ਐਸੀਟੇਟ ਦਾ ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ 82.0245 g mol^{-1} ਹੈ।

1.6 ਗਾੜ੍ਹੇ ਨਾਈਟ੍ਰਿਕ ਐਸਿਡ ਦੇ ਉਸ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ਮੋਲ ਪ੍ਰਤੀ ਲਿਟਰ ਵਿੱਚ ਸੰਘਣਤਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਸ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ 69% ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਜਿਸ ਦੀ ਘਣਤਾ 1.41 g mL^{-1} ਹੋਵੇ।

1.7 100g ਕੱਪਰ ਸਲਫੇਟ ($CuSO_4$) ਤੋਂ ਕਿੰਨਾ ਕੱਪਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

1.8 ਆਇਰਨ ਦੇ ਆੱਕਸਾਈਡ ਦਾ ਅਣਵੀਂ ਸੂਤਰ ਪਤਾ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਆਇਰਨ ਅਤੇ ਆੱਕਸੀਜਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ 69.9 ਅਤੇ 30.1 ਹੈ।

1.9 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਕਲੋਰੀਨ ਦੇ ਔਸਤ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ—

	% ਕੁਦਰਤੀ ਬਹੁਲਤਾ	**ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ**
^{35}Cl	75.77	34.9689
^{37}Cl	24.23	36.9659

1.10 ਈਥੇਨ (C_2H_6) ਦੇ ਤਿੰਨ ਮੋਲਾਂ ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ—

(i) ਕਾਰਬਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

(ii) ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਮੋਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

(iii) ਈਥੇਨ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

1.11 ਜੇ 20g ਚੀਨੀ ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ਨੂੰ ਪਾਣੀ ਦੀ ਕਾਫੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਘੋਲਣ ਤੇ ਉਸਦਾ ਆਇਤਨ 2L ਹੋ ਜਾਏ, ਤਾਂ ਚੀਨੀ ਦੇ ਇਸ ਘੋਲ ਦੀ ਸੰਘਣਤਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ?

1.12 ਜੇ ਮੀਥੇਨੋਲ ਦੀ ਘਣਤਾ 0.793 kg L^{-1} ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਇਸਦੇ 0.25 M ਦੇ 2.5 L ਘੋਲ ਨੂੰ ਬਨਾਉਣ ਦੇ ਲਈ ਕਿੰਨੇ ਆਇਤਨ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ ?

1.13 ਦਾਬ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ ਉੱਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦਾਬ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਪਾਸਕਲ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ—

$1Pa = 1N\ m^{-2}$

ਜੇ ਸਮੁੰਦਰ ਤਲ ਉੱਤੇ ਹਵਾ ਦਾ ਪੁੰਜ1034 g cm^{-2} ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਪਾਸਕਲ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਦਾ ਦਾਬ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

1.14 ਪੁੰਜ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਕੀ ਹੈ ? ਇਸ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ?

1.15 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਗੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਗੁਣਾਂਕਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਮਿਲਾਓ

	ਅਗੇਤਰ	**ਗੁਣਾਂਕ**
(i)	ਮਾਈਕਰੋ	10^{6}
(ii)	ਡੈਕਾ	10^{9}
(iii)	ਮੈਗਾ	10^{-6}
(iv)	ਗਿਗਾ	10^{-15}
(v)	ਫੈਮਟੋ	10

1.16 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੋਂ ਤੁਸੀਂ ਕੀ ਸਮਝਦੇ ਹੋ ?

1.17 ਪੇਯ ਜਲ ਦੇ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਕਲੋਰੋਫਾੱਰਮ, ਜੇ ਕੈਂਸਰਜਨਕ ਹੈ, ਨੂੰ ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਪ੍ਰਦੂਸ਼ਕ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਪ੍ਰਦੂਸ਼ਣ ਦਾ ਸਤਰ 15 ppm (ਪੁੰਜ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ) ਸੀ।

(i) ਇਸ ਨੂੰ ਪੁੰਜ, ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਓ।

(ii) ਪਾਣੀ ਦੇ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਕਲੋਰੋਫਾਰਮ ਦੀ ਮੋਲਲਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

1.18 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨਕ ਸੰਕੇਤਨ ਵਿੱਚ ਲਿਖੋ—

(i) 0.0048
(ii) 234,00
(iii) 8008
(iv) 500.0
(v) 6.0012

1.19 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੱਸੋ—

(i) 0.0025
(ii) 208
(iii) 5005
(iv) 126,000
(v) 500.00
(vi) 2.0034

1.20 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਨਿਕਟਿਤ ਕਰੋ—

(i) 34.216
(ii) 10.4107
(iii) 0.04597
(iv) 2808

1.21 (ੳ) ਜਦੋਂ ਡਾਈਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਅਤੇ ਡਾਈਆੱਕਸੀਜਨ ਪ੍ਰਤੀ ਕਿਰਿਆ ਦੁਆਰਾ ਭਿੰਨ ਯੋਗਿਕ ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ

ਹਨ, ਤਾਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅੰਕੜੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ—

	ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਪੁੰਜ	**ਆੱਕਸੀਜਨ ਦਾ ਪੁੰਜ**
(i)	14 g	16 g
(ii)	14 g	32 g
(iii)	28 g	32 g
(iv)	28 g	80 g

ਇਹ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅੰਕੜੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਕਿਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹਨ ? ਦੱਸੋ।

(ਅ) ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਖਾਲੀ ਸਥਾਨ ਭਰੋ—

(i) 1 km = ... mm = ... pm

(ii) 1 mg = ... kg = ... ng

(iii) 1 mL = ... L = ... dm^3

1.22 ਜੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ 3.0×10^8 m s^{-1} ਹੋਵੇ, ਤਾਂ 2.00 ns ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿੰਨੀ ਦੂਰੀ ਤੈਅ ਕਰੇਗਾ ?

1.23 ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ $A + B_2$ AB_2 ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਮਿਸ਼ਰਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸੀਮਾਂਤ ਅਭਿਕਰਮਕ (ਜੇ ਕੋਈ ਹੋਵੇ ਤਾਂ) ਪਤਾ ਕਰੋ—

(i) A ਦੇ 300 ਪਰਮਾਣੂ + B ਦੇ 200 ਅਣੂ

(ii) 2 ਮੋਲ A + 3 ਮੋਲ B

(iii) A ਦੇ 100 ਪਰਮਾਣੂ + B ਦੇ 100 ਅਣੂ

(iv) A ਦੇ 5 ਮੋਲ + B ਦੇ 2.5 ਮੋਲ

(v) A ਦੇ 2.5 ਮੋਲ + B ਦੇ 5 ਮੋਲ

1.24 ਡਾਈਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਅਤੇ ਡਾਈਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਸਮੀਕਰਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅਮੋਨੀਆ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹੈ।

$N_2 (g) + 3H_2 (g) \quad 2NH_3 (g)$

(i) ਜੇ 2.00×10^3 g ਡਾਈਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ 1.00×10^3 g ਡਾਈਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਅਮੋਨੀਆ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

(ii) ਕੀ ਦੋਵਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੋਈ ਪ੍ਰਤੀਕਾਰਕ ਬਾਕੀ ਬਚੇਗਾ ?

(iii) ਜੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਕਿਹੜਾ ਅਤੇ ਉਸ ਦਾ ਪੁੰਜ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ?

1.25 0.50 mol Na_2CO_3 ਅਤੇ 0.50 M Na_2CO_3 ਵਿੱਚ ਕੀ ਅੰਤਰ ਹੈ ?

1.26 ਜੇ ਡਾਈਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਗੈਸ ਦੇ 10 ਆਇਤਨ ਡਾਈਆੱਕਸੀਜਨ ਗੈਸ ਦੇ 5 ਆਇਤਨਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਨ ਤਾਂ ਜਲਵਾਸ਼ਪ ਦਾ ਕਿੰਨਾ ਆਇਤਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣਗੇ ?

1.27 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਨੂੰ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰੋ—

(i) 28.7 pm

(ii) 15.15 pm

(iii) 25365 mg

1.28 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀਂ ਸੰਖਿਆ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗੀ ?

(i) 1 g Au (s)

(ii) 1 g Na (s)

(iii) 1 g Li (s)

(iv) 1 g Cl_2(g)

1.29 ਈਥੇਨੋਲ ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਜਲੀ ਘੋਲ ਦੀ ਮੋਲਰਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਈਥੇਨੋਲ ਦਾ ਮੋਲ ਅੰਸ਼ 0.040 ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਪਾਣੀ ਦੀ ਘਣਤਾ 1 ਹੈ।

1.30 ਇੱਕ ^{12}C ਕਾਰਬਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਗ੍ਰਾਮ g ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ?

1.31 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪਰਿਕਲਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨੇ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ ?

(i) $\dfrac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$ (ii) 5×5.364

(iii) $0.0125 + 0.7864 + 0.0215$

1.32 ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਉਪਲਬਧ, ਆਰਗਨ ਦੇ ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ ਦੀ ਗਣਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਸਾਰਣੀ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ

ਸਮਸਥਾਨਿਕ	ਸਮਸਥਾਨਿਕ ਮੋਲਰ ਪੁੰਜ	ਭਰਮਾਰ
^{36}Ar	35.96755 mol^{-1}	0.337%
^{38}Ar	37.96272 mol^{-1}	0.063%
^{40}Ar	39.9624 mol^{-1}	99.600%

1.33 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿਚੋਂ ਹਰ ਇੱਕ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਤਾ ਕਰੋ

(i) 52 ਮੋਲ ਆਰਗਨ (ii) 52 u He (iii) 52 g He.

1.34 ਇੱਕ ਵੈਲਡਿੰਗ ਬਾਲਣ ਗੈਸ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ ਕਾਰਬਨ ਅਤੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਮੌਜੂਦ ਹਨ। ਇਸਦੇ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਕੁਝ ਮਾਤਰਾ ਆੱਕਸੀਜਨ ਨਾਲ ਜਲਾਣ ਤੇ 3.38 g ਕਾਰਬਨ ਡਾਈਆੱਕਸਾਈਡ 0.690 g ਪਾਣੀ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਹੋਰ ਕੋਈ ਉਪਜ ਨਹੀਂ ਬਣਦੀ। ਇਸ ਗੈਸ ਦੇ 10.0 L (STP ਉੱਤੇ ਮਾਪਿਤ) ਆਇਤਨ ਦਾ ਭਾਰ 11.69 ਗ੍ਰਾਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਇਸ ਦੇ—

(i) ਮੂਲ ਅਨੁਪਾਤੀ ਸੂਤਰ (ii) ਅਣਵੀਂ ਪੁੰਜ ਅਤੇ (iii) ਅਣੂਸੂਤਰ ਦੀ ਗਣਨਾਂ ਕਰੋ।

1.35 $CaCO_3$ ਜਲੀ HCl ਦੇ ਨਾਲ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਕੇ $CaCl_2$ ਅਤੇ CO_2 ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ—

$CaCO_3$ (s) + 2 HCl (aq) $\rightarrow$ $CaCl_2$ (aq) + CO_2(g) + H_2O(l)

0.75 M HCl ਦੇ 25 mL ਦੇ ਨਾਲ ਪੂਰੀ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ $CaCO_3$ ਦੀ ਕਿੰਨੀ ਮਾਤਰਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਕਲੋਰੀਨ ਦੀ ਤਿਆਰੀ ਮੈਂਗਨੀਜ਼ ਡਾਈਆੱਕਸਾਈਡ (MnO_2) ਦੀ ਜਲੀ HCl ਘੋਲ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਦੁਆਰਾ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ—

4 HCl (aq) + MnO_2(s) $\rightarrow$ $2H_2O$ (l) + $MnCl_2$(aq) + Cl_2

5.0 g ਮੈਂਗਨੀਜ਼ ਡਾਈ ਆੱਕਸਾਈਡ ਦੇ ਨਾਲ HCl ਦੇ ਕਿੰਨੇ ਗ੍ਰਾਮ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਨਗੇ ?

ਯੂਨਿਟ 2

ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਬਣਤਰ

(STRUCTURE OF ATOM)

ਉਦੇਸ਼

ਇਸ ਯੂਨਿਟ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਤੁਸੀਂ

- ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ, ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਖੋਜ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਲੱਛਣਾਂ ਤੋਂ ਜਾਣੂ ਹੋ ਸਕੋਗੇ,
- ਥਾੱਮਸਨ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਅਤੇ ਬੋਹਰ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾਡਲਾਂ ਦਾ ਵਰਣਨ ਕਰ ਸਕੋਗੇ,
- ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕ ਮਾਡਲ ਦੇ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਲਛੱਣਾਂ ਨੂੰ ਸਮਝ ਸਕੋਗੇ,
- ਬਿਜਲੀ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਦਾ ਸੁਭਾਅ ਅਤੇ ਪਲਾਂਕ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਸਮਝ ਸਕੋਗੇ,
- ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮਾਂ ਦੇ ਲੱਛਣਾਂ ਦਾ ਵਰਣਨ ਕਰ ਸਕੋਗੇ,
- ਡੀ ਬਰਾੱਗਲੀ ਸਬੰਧ ਅਤੇ ਹਾਈਜ਼ਨਬਰਗ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਕਥਨ ਕਰ ਸਕੋਗੇ,
- ਪਰਮਾਣੂ ਆਰਬਿਟਲ ਨੂੰ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰ ਸਕੋਗੇ
- ਆੱਫ ਬੌ ਸਿਧਾਂਤ, ਪਾੱਲੀ ਦਾ ਰਾਖਵਾਂ ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਹੁੰਡ ਦਾ ਅਧਿਕਤਮ ਬਹੁਕਤਾ ਨਿਯਮ ਦਾ ਵਰਣਨ ਕਰ ਸਕੋਗੇ,
- ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਤਰਤੀਬ ਲਿਖ ਸਕੋਗੇ।

"ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਵਰਤਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਿਭਿੰਨਤਾ ਉਨ੍ਹਾਂ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਅੰਦਰੂਨੀ ਬਣਤਰ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।"

ਭਾਰਤੀ ਅਤੇ ਯੂਨਾਨੀ ਦਾਰਸ਼ਨਿਕਾ ਦੁਆਰਾ ਬਹੁਤ ਪਹਿਲਾਂ ਤੋਂ ਹੀ (1400 ਈ.ਪੂ.) ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਸੀ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾਦਾ ਦੇ ਮੂਲ ਰਚਨਾਤਮਕ ਭਾਗ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਲਗਾਤਾਰ ਵਿਭਾਜਨ ਤੋਂ ਆਖਰ ਨੂੰ ਪਰਮਾਣੂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਹੋਰ ਵਿਭਾਜਿਤ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। 'ਪਰਮਾਣੂ' (atom) ਸ਼ਬਦ ਗਰੀਕ ਭਾਸ਼ਾ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ atomo ਦਾ ਭਾਵ ਨਾ ਕੱਟੇ ਜਾਣ ਵਾਲਾ (uncutable) ਜਾਂ 'ਅਭਾਜ' (non-divisible) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਸਿਰਫ ਕਲਪਨਾ ਉੱਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਸਨ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪਰੀਖਣ ਕਰ ਸਕਨਾਂ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਸੀ। ਬਹੁਤ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਕਿਸੇ ਪਰਿਮਾਣ ਤੋਂ ਬਿਨਾਂ ਇੰਜ ਹੀ ਚੱਲਦੇ ਰਹੇ, ਪਰੰਤੂ 18ਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਉੱਤੇ ਫਿਰ ਤੋਂ ਬਲ ਦੇਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੱਤਾ।

ਸੰਨ 1808 ਵਿੱਚ ਜਾੱਨ ਡਾਲਟਨ ਨਾਮ ਦੇ ਇੱਕ ਬਰਿਟਿਸ਼ ਅਧਿਆਪਕ ਨੇ ਪਹਿਲੀ ਵਾਰ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਅਧਾਰ ਤੇ ਮਾਦਾ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਸਿਧਾਂਤ ਸਾਹਮਾਣੇ ਰੱਖਿਆ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਜਿਸਨੂੰ 'ਡਾਲਟਨ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਸਿਧਾਂਤ' ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਮੂਲ ਕਣ (ਯੂਨਿਟ-1) ਮੰਨਿਆ।

ਇਸ ਯੂਨਿਟ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ ਅਰੰਭ ਕੀਤਾ ਹੈ, ਜੋ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅੰਤ ਅਤੇ 20ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੇ ਗਏ ਸਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋਇਆ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਨੂੰ ਛੋਟੇ ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ, ਭਾਵ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ, ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਭਾਜਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਧਾਰਣਾ ਡਾਲਟਨ ਦੀ ਧਾਰਣਾਂ ਤੋਂ ਬਿਲਕੁੱਲ ਵੱਖ ਸੀ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੇ ਸਾਹਮਣੇ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਮੁੱਖ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਸਨ-

(i) ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਉੱਪ-ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਕਣਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਦੇ ਬਾਅਦ ਉਸਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਦਾ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਣ

(ii) ਭੌਤਿਕ ਅਤੇ ਰਸਾਇਣਿਕ-ਦੋਵਾਂ ਗੁਣਾਂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਤੱਤ ਦੀ ਦੂਜੇ ਤੱਤ ਤੋਂ ਭਿੰਨਤਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ,

- ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿੱਚ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਬਣਨ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਅਤੇ,
- ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਤ ਜਾਂ ਛੱਡੀਆਂ ਬਿਜਲੀ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਅਤੇ ਸੁਭਾਅ ਨੂੰ ਸਮਝਣਾ।

2.1 ਉੱਪ-ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਕਣ

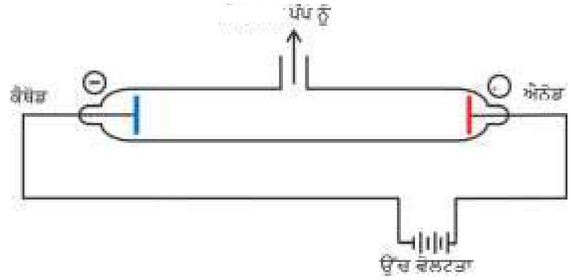
ਡਾਲਟਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਨਾਲ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਦੇ ਨਿਯਮ, ਸਥਿਰ ਸੰਘਟਨ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਬਹੁ ਗੁਣਿਤਾ ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਸਫਲਤਾ ਪੂਰਵਕ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੀ। ਪਰ ਇਹ ਕਈ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਅਸਫਲ ਰਿਹਾ।ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ-ਕੱਚ ਜਾਂ ਐਬੋਨਾਈਟ (ebonite) ਨੂੰ ਰੇਸ਼ਮ ਜਾਂ ਫਰ (fur) ਦੇ ਨਾਲ ਰਗੜਨ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਭਾਵੇਂ ਇਨ੍ਹਾਂ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾਂ ਨੂੰ ਸਮਝਣਾਂ ਸੰਭਵ ਹੋਇਆ, ਪਰ ਇਸ ਤੋਂ ਸਿੱਧੇ ਤੌਰ ਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਬਿਜਲਈ-ਸੁਭਾਅ ਸਮਝਣ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਨਹੀਂ ਮਿਲੀ। 20ਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੇ ਕਈ ਉੱਪ-ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਕਣਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਹੋਈ, ਇਸੇ ਲਈ ਇਸ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਕੇਵਲ ਦੋ ਕਣਾਂ-ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਦੇ ਬਾਰੇ ਗੱਲ ਕਰਾਂਗੇ।

2.1.1 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਖੋਜ

ਸੰਨ 1830 ਵਿੱਚ ਮਾਈਕਲ ਫੈਰਾਡੇ ਨੇ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਜੇ ਕਿਸੇ ਘੋਲ ਵਿੱਚੋਂ ਬਿਜਲੀ ਲੰਘਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਉੱਤੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਫਲਸਰੂਪ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਉੱਤੇ ਪਦਾਰਥ ਨਿਸਤਾਰਾ ਅਤੇ ਜਮਾਅ (deposition) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਨੇ ਕੁੱਝ ਨਿਯਮ ਦੱਸੇ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਾਰੇ ਤੁਸੀਂ 12ਵੀਂ ਜਮਾਤ ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਗੇ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨਾਲ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਕਣੀਂ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਬਾਰੇ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ।

ਗੈਸਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ-ਵਿਸਰਜਨ ਆਦਿ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੋਂ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਬਣਤਰ ਦੇ ਬਾਰੇ ਹੋਰ ਜਾਣਕਾਰੀ ਮਿਲੀ. ਇਨ੍ਹਾਂ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਚਰਚਾ ਕਰਨ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੇ ਵਤੀਰੇ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣਾ ਪਵੇਗਾ ਕਿ ਸਮਾਨ ਚਾਰਜ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਲਟ ਚਾਰਜ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

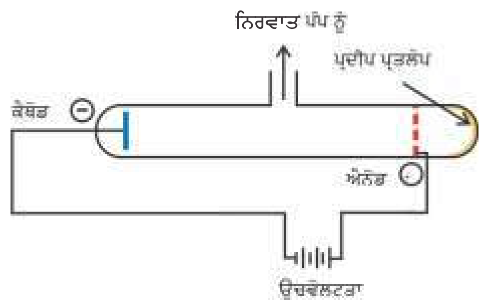
ਉਨ੍ਹੀਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅਠਵੇਂ ਦਹਾਕੇ ਵਿੱਚ, ਕਈ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ, ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਕਰਕੇ ਫੈਰਾਡੇ ਨੇ ਅੰਸ਼ਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਿਰਵਾਯੂ ਟਿਊਬ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ-ਵਿਸਰਜਨ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਸ਼ੁਰੂ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 2.1 (ੳ) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਕੱਚ ਦੀ ਬਣੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਧਾਤ ਦੇ ਦੋ ਪਤਲੇ ਟੁਕੜੇ (ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।) ਸੀਲ ਕੀਤੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਗੈਸਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ-ਵਿਸਰਜਨ ਨੂੰ ਸਿਰਫ ਘੱਟ ਦਾਬ ਅਤੇ ਉੱਚ ਵੋਲਟੇਜ ਤੇ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਗੈਸਾਂ ਦੇ ਦਾਬ ਨੂੰ ਨਿਰਵਾਯੂ ਕਰਕੇ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ



ਚਿੱਤਰ 2.1 (ੳ) ਇੱਕ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਵਿਸਰਜਨ ਟਿਊਬ

ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਦ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਤੇ ਉਚੀ ਵੋਲਟਤਾ ਲਾਗੂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਤਾਂ ਟਿਊਬ ਵਿੱਚ ਕਣਾਂ ਦੀ ਧਾਰਾ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ (ਕੈਥੋਡ) ਤੋਂ ਧਨਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ (ਐਨੋਡ) ਦੇ ਵੱਲ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਗਿਆ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾਂ ਜਾਂ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਕਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਕੈਥੋਡ ਤੋਂ ਐਨੋਡ ਤੱਕ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੀ ਵਧੇਰੇ ਪਰਖ ਦੇ ਲਈ ਐਨੋਡ ਵਿੱਚ ਛੇਕ ਅਤੇ ਐਨੋਡ ਦੀ ਪਿੱਛੇ ਟਿਊਬ ਉੱਤੇ ਸਵੈ-ਦੀਪਤ ਪਦਾਰਥ (ਜ਼ਿੰਕ, ਸਟਫਾਈਡ) ਦਾ ਲੇਪ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਹ ਕਿਰਣਾ ਐਨੋਡ ਦੇ ਛੇਕ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘ ਕੇ ਜਿੰਕ ਸਲਫਾਈਡ ਦੀ ਪਰਤ ਉੱਤੇ ਟਕਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਉੱਥੇ ਇੱਕ ਚਮਕੀਲਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਬਣ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (TV ਵਿੱਚ ਵੀ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ), ਚਿੱਤਰ 2.1 (ਅ)। ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਹਨ—



ਚਿੱਤਰ 2.1 (ਅ) ਛੇਕ ਵਾਲੀ ਇੱਕ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਵਿਸਰਜਨ ਟਿਊਬ

(i) ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾਂ (cathode rays) ਕੈਥੋਡ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਕੇ ਐਨੋਡ ਦੇ ਵੱਲ ਚੱਲਦੀਆਂ ਹਨ।

(ii) ਇਹ ਕਿਰਣਾਂ ਖੁਦ ਵਿਖਾਈ ਨਹੀਂ ਦਿੰਦੀਆਂ, ਪਰੰਤੂ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿਹਾਰ ਨੂੰ ਗੈਸਾਂ ਅਤੇ ਕੁਝ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕਿਸਮ ਦੇ ਪਦਾਰਥਾਂ (ਪ੍ਰਤੀ ਦੀ ਪਤ ਅਤੇ ਸਵੈ ਦੀਪਤ) ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਵੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਇਨ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਟਕਰਾ ਕੇ ਚਮਕਦੇ ਹਨ। ਟੈਲੀਵਿਜ਼ਨ ਚਿੱਤਰ ਟਿਊਬ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਟੀ.ਵੀ. ਪੜ੍ਹਦਾ ਜੋ ਪ੍ਰਤੀਦੀਪਤ ਅਤੇ ਸਵੈਦੀਪਤ ਪਦਾਰਥਾਂ ਨਾਲ ਲੇਪਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉੱਤੇ ਚਿੱਤਰ ਪ੍ਰਤਿਦੀਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(iii) ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਗੈਰ ਹਾਜਰੀ ਵਿੱਚ ਇਹ ਕਿਰਣਾਂ ਸਿੱਧੀ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਚੱਲਦੀਆਂ ਹਨ।

(iv) ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾ ਦਾ ਵਿਹਾਰ ਰਿਣਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਵਾਲਾ ਵਿਹਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਇਹ ਸਿੱਧ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾਂ ਰਿਣਚਾਰਿਜਿਤ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

(v) ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਮੌਜੂਦ ਗੈਸ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਉੱਤੇ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾਂ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ) ਦੇ ਲੱਛਣ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ।

ਉਪਰੋਕਤ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਨਿਸ਼ਕਰਸ਼ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਾਰੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਮੂਲ ਘਟਕ ਹਨ।

2.1.2 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਚਾਰਜ ਪੁੰਜ ਅਨੁਪਾਤ

ਬਰਿਟਿਸ਼ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਜੇ.ਜੇ. ਥਾੱਮਸਨ ਨੇ ਸੰਨ 1897 ਵਿੱਚ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੇ ਪੱਥ ਅਤੇ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਦੇ ਲੰਘ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲਾਗੂ ਕਰਕੇ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ (e) ਅਤੇ ਪੁੰਜ (m_c) ਦੇ ਵਿੱਚ ਅਨੁਪਾਤ ਨੂੰ ਮਾਪਿਆ (ਚਿੱਤਰ 2.2)। ਥਾੱਮਸਨ ਨੇ ਇਹ ਤਰਕ ਦਿੱਤਾ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਆਪਣੇ ਪਥ ਤੋਂ ਵਿਚਲਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਗੱਲਾਂ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ—

(i) ਕਣ ਉੱਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦਾ ਮਾਨ ਵਧੇਰੇ ਹੋਣ ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਅੰਤਰ ਕਿਰਿਆ ਵੱਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਚਲਨ ਵਧੇਰੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(ii) ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ ਘੱਟ ਹੋਣ ਨਾਲ ਵਿਚਲਨ ਵਧੇਰੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

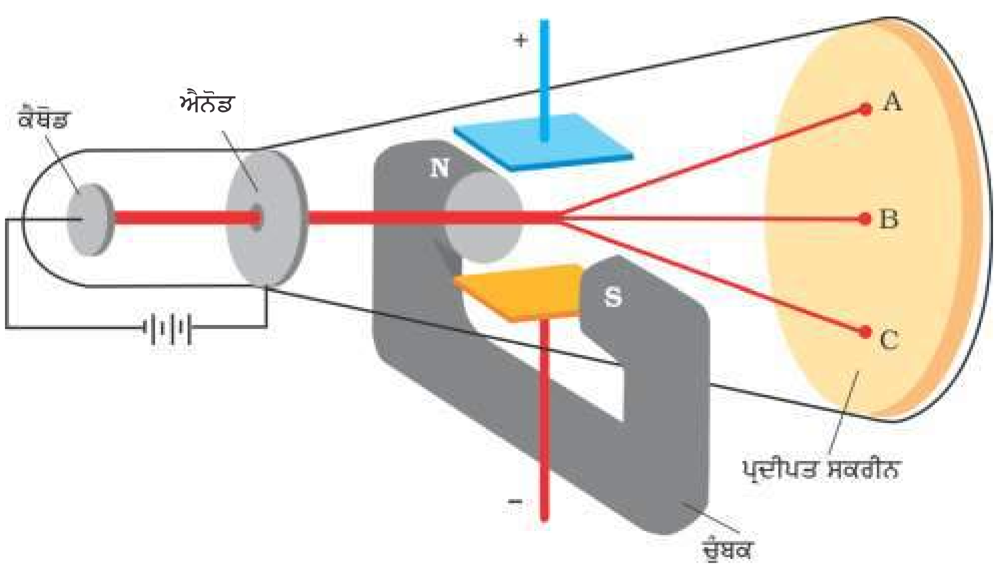
(iii) ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਉੱਤੇ ਵੋਲਟਤਾ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਵਧਾਉਣ ਨਾਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਮੂਲ ਪਥ ਤੋਂ ਵਿਚਲਨ ਵੱਧ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਜਦੋਂ ਸਿਰਫ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਲਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੇ ਪਥ ਤੋਂ ਹਟ ਕੇ ਬਿੰਦੂ A ਉੱਤੇ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਦੋਂ ਸਿਰਫ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਬਿੰਦੂ C ਉੱਤੇ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਦੇ ਸਾਵਧਾਨੀ ਪੂਰਵਕ ਸੰਤੁਲਨ ਨਾਲ ਇਨ੍ਹਾਂ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਗੈਰ ਹਾਜਰੀ ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਵਿਚਲਿਤ ਪਥ ਉੱਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਨੂੰ ਵਾਪਸ ਲਿਆਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਪਰਦੇ ਉੱਤੇ ਬਿੰਦੂ B ਉੱਤੇ ਟਕਰਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਜਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਦਾ ਸਹੀ ਮਾਪ ਕਰਕੇ ਅਤੇ ਉਸ ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣ ਤੋਂ ਥਾੱਮਸਨ e/m_e ਦੇ ਮਾਨ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ ਕਰ ਸਕੇ—

$$\frac{e}{m_e} = 1.758820 \times 10^{11}\ \mathrm{C\ kg^{-1}} \qquad (2.1)$$

ਜਿੱਥੇ m_e ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਾ ਪੁੰਜ kg ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਉਸ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ ਕੂਲਾੱਮ (c) ਵਿੱਚ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉੱਤੇ ਅਸਲ ਵਿੱਚ (ਰਿਣ) ਚਾਰਜ–e ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ. *2.2* ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਵਿੱਚ ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ ਕਰਨ ਦਾ ਉਪਕਰਣ

2.1.3 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ

ਆਰ.ਏ.ਮਿਲਿਕਨ (1868–1953) ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਣ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਵਿਧੀ ਤਿਆਰ ਕੀਤੀ, ਜੋ ਤੇਲ ਬੂੰਦ ਪ੍ਰਯੋਗ (1906–14) ਅਖਵਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਵੇਖਿਆ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ -1.6×10^{-19} C ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਦਾ ਨਵੀਨਤਮ ਮਾਨ 1.6022×10^{-19} C ਹੈ। ਥਾੱਮਸਨ ਦੇ e/m_e ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਮਾਨ ਨਾਲ ਇਨ੍ਹਾਂ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨੂੰ ਮਿਲਾ ਕੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ (m_e) ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ।

$$m_e = \frac{e}{e/m_e} = \frac{1.6022 \times 10^{-19}\text{C}}{1.758820 \times 10^{11}\text{C kg}^{-1}}$$

$$= 9.1094 \times 10^{-31}\text{ kg} \qquad (2.2)$$

2.1.4 ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ

ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਵਿਸਰਜਨ ਤੋਂ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਹੋਈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਕੈਨਾਲ ਕਿਰਣਾਂ ਵੀ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਲੱਛਣ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਹਨ—

(i) ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਉਲਟ, ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਗੈਸ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਸਧਾਰਣ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਗੈਸੀ ਆਇਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(ii) ਕਣਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਉਸ ਗੈਸ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਜਿਸਤੋਂ ਇਹ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(iii) ਕੁਝ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ ਦੀ ਮੂਲ ਇਕਾਈ ਦੇ ਗੁਣਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(iv) ਚੁੰਬਕੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਣਾਂ ਦਾ ਵਿਹਾਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਾਂ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਵਿਹਾਰ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ।

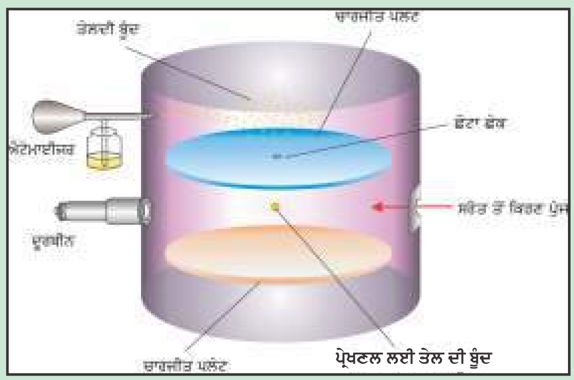
ਸਭ ਤੋਂ ਛੋਟਾ ਅਤੇ ਹਲਕਾ ਧਨ ਆਇਨ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਗੈਸ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਇਆ ਸੀ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਸੰਨ 1919 ਵਿੱਚ ਹੋਈ ਸੀ। ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਬਿਜਲਈ ਉਦਾਸੀਨ ਕਣ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਮਹਿਸੂਸ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਇਸ ਕਣ ਦੀ ਖੋਜ ਸੰਨ 1932 ਵਿੱਚ ਚੈਡਵਿਕ ਨੇ ਬੈਰੀਲਿਅਮ ਉੱਤੇ α– ਕਣਾਂ ਦੇ ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਕੀਤੀ। ਜਦੋਂ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਦੇ ਭਾਰ ਤੋਂ ਕੁਝ ਜਿਆਦਾ ਭਾਰ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲਈ ਉਦਾਸੀਨ ਕਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਏ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ ਕਿਹਾ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਮੂਲ ਕਣਾਂ ਦੇ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਗੁਣ ਸਾਰਣੀ 2.1 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ।

2.2 ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ

ਪੂਰਵ ਭਾਗਾਂ ਵਿੱਚ ਦੱਸੇ ਗਏ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਮਿਲਿਆ ਕਿ ਡਾਲਟਨ ਦੇ ਅਭਾਜ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜਾਂ ਵਾਲੇ ਉਪ-ਪਰਮਾਣਵੀਂ (sub atomic) ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਵੰਡ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਭਾਵੇਂ ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਹਰ ਮਾੱਡਲ ਦੁਆਰਾ ਕਣਾਂ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੀ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਦੋ ਮਾੱਡਲ ਜੇ. ਜੇ ਥਾੱਮਸਨ ਅਤੇ ਅਰਨੈਸਟ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤੇ ਗਏ ਸਨ, ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ—

ਮਿਲੀਕਨ ਦੀ ਤੇਲ ਬੂੰਦ ਵਿਧੀ

ਇਸ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਕਣੀਕਰਣ (atomizer) ਦੁਆਰਾ ਉਤਪੰਨ ਕੁਹਾਲੇ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਤੇਲ ਦੀਆਂ ਬੂੰਦਾਂ ਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਸੰਘਨਿਤੱਰ (condenser) ਦੇ ਉੱਪਰਲੀ ਪਲੇਟ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਛੇਕ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਬੂੰਦਾਂ ਦੇ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਗਤੀ ਨੂੰ ਮਾਈਕ੍ਰੋਮੀਟਰਯੁਕਤ ਦੂਰਬੀਨ ਨਾਲ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਬੂੰਦਾਂ ਦੇ ਡਿੱਗਣ ਦੀ ਦਰ ਨੂੰ ਮਾਪ ਦੇ ਮਿਲਿਕਨ ਤੇਲ ਦੀਆਂ ਬੂੰਦਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਮਾਪ ਸਕੇ। ਚੈਂਬਰ ਦੇ ਅੰਦਰ ਦੀ ਹਵਾ ਨੂੰ X- ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕਰਕੇ ਆਇਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਗੈਸੀ ਆਇਨਾਂ ਅਤੇ ਤੇਲ ਬੂੰਦਾਂ ਦੇ ਟਕਰਾਉਣ ਨਾਲ ਤੇਲ ਬੂੰਦਾਂ ਉੱਤੇ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ ਉਤਪੰਨ ਹੋਇਆ। ਤੇਲ ਦੀਆਂ ਇਨ੍ਹਾਂ ਬੂੰਦਾਂ ਉੱਤੇ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ X– ਕਿਰਣਾਂ ਦੁਆਰਾ ਉਤਪੰਨ ਟਕਰਾਉਣ ਵਾਲੇ ਆਇਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਅਪਣਾਇਆ ਗਿਆ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਤੇਲ ਦੀਆਂ ਬੂੰਦਾਂ ਦਾ ਡਿਗਣਾਂ ਰੋਕਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਮੰਦਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਬੂੰਦਾਂ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪਲੇਟ ਉੱਤੇ ਲਾਗੂ ਵੋਲਟਤਾ ਦੀ ਧਰੁਵਣਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਤੇਲ ਦੀਆਂ ਬੂੰਦਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਉੱਤੇ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਪੂਰਵਕ ਮਾਪ ਦੇ ਮਿਲਿਕਨ ਨੇ ਇਹ ਨਿਸ਼ਕਰਸ਼ ਕੱਢਿਆ ਕਿ ਬੂੰਦਾਂ ਉੱਤੇ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ (q) ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹਮੇਸ਼ਾ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ, (e) ਦਾ ਗੁਣਾਂਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,



ਚਿੱਤਰ 2.3 ਚਾਰਜ 'e' ਮਾਪਨ ਦੇ ਲਈ ਮਿਲਿਕਨ ਦਾ ਤੇਲ ਦੀ ਬੂੰਦ ਉਪਕਰਣ। ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਤੇਲ ਦੀ ਬੂੰਦ ਉੱਤੇ ਕਾਰਜਕਾਰੀ ਬਲ: ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ, ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਕਾਰਣ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਵਿਸਕਾਸਿਤਾ ਖਿੱਚਣ ਬਲ

2.2.1 ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਥਾੱਮਸਨ ਮਾੱਡਲ

ਸੰਨ 1898 ਵਿੱਚ ਜੇ.ਜੇ. ਥਾੱਮਸਨ ਨੇ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚਾਰਜਿਤ ਗੋਲਾ (ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਪਗ 10^{-10} m) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਧਨਚਾਰਜ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਤਰਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਉੱਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਉਸ ਨਾਲ ਸਥਾਈ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਵਿਵਸਥਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 2.4)। ਇਸ ਮਾੱਡਲ ਨੂੰ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੇ ਨਾਮ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ- ਪਲਮ ਪੁਡਿੰਗ (plum pudding) ਰੇਜ਼ਿਨ ਪੁਡਿੰਗ (raisin pudding) ਜਾਂ ਤਰਬੂਜ (water melon) ਮਾੱਡਲ। ਇਸ ਮਾੱਡਲ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਪੁਡਿੰਗ ਜਾਂ ਤਰਬੂਜ ਦੇ ਸਮਾਨ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਪਲਮ ਜਾਂ ਬੀਜ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮੌਜੂਦ ਹਨ। ਇਸ ਮਾੱਡਲ ਦਾ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਲੱਛਣ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪੂਰੇ ਪਰਮਾਣੂ ਉਤੇ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੰਡਿਆ ਹੋਇਆ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਭਾਵੇਂ ਇਹ ਮਾੱਡਲ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਬਿਜਲਈ ਉਦਾਸੀਨਤਾ ਨੂੰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰਦਾ ਸੀ, ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਭਵਿੱਖ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੇ ਢੁਕਵਾਂ ਨਹੀਂ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ। ਥਾੱਮਸਨ ਨੂੰ ਸੰਨ 1906 ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਗੈਸਾਂ ਦੀ ਬਿਜਲਈ ਚਾਲਕਤਾ ਉੱਤੇ ਸਿਧਾ ਤੱਕ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪਰਖ ਦੇ ਲਈ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਨਾਮ	ਚਿਨ੍ਹ	ਪਰਮ ਚਾਰਜ C	ਸਾਪੇਖ ਚਾਰਜ	ਪੁੰਜ kg	ਪੁੰਜ *u*	ਲਗਪਗ ਪੁੰਜ *u*
ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ	e	-1.6022×10^{-19}	-1	9.10939×10^{-31}	0.00054	0
ਪ੍ਰੋਟਾਨ	p	$+1.6022\times10^{-19}$	+1	1.67262×10^{-27}	1.00727	1
ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ	n	0	0	1.67493×10^{-27}	1.00867	1

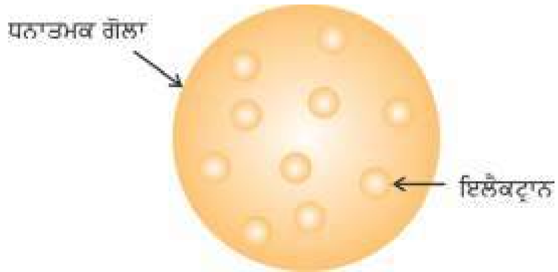


Fig.2.4 ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਥਾੱਮਸਨ ਮਾੱਡਲ

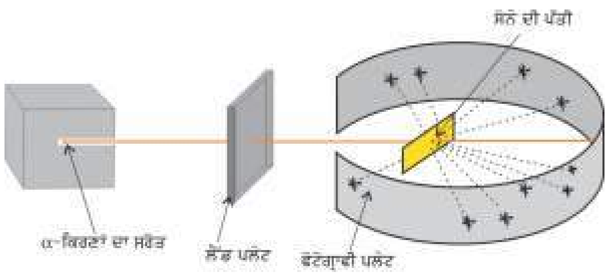
19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਦੂਜੇ ਅੱਧ ਵਿੱਚ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੀਆਂ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਹੋਈ। ਵਿਲਹੇਮ ਰੌਂਟਜਨ (Withem Roentgen 1845-1923) ਨੇ ਸੰਨ 1895 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਣ ਟਿਊਬ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਪਦਾਰਥ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਜਿਹੀਆਂ ਕਿਰਣਾਂ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਕੈਥੋਡ ਟਿਊਬ ਦੇ ਬਾਹਰ ਰੱਖੇ ਪ੍ਰਤਿਦੀਪਤ (fluorescent) ਪਦਾਰਥ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਦੀਪਤੀ ਉਤਪੰਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਰੌਂਟਜਨ ਨੂੰ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਦਾ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਸੀ, ਇਸ ਲਈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ X- ਕਿਰਣਾਂ ਦਾ ਨਾਂ ਦਿੱਤਾ, ਜੋ ਅੱਜ ਵੀ ਚੱਲਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੇ ਵਧੇਰੇ ਘਣਤਾ ਵਾਲੀ ਧਾਤ ਐਨੋਡ ਟਾਰਗਟ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪ੍ਰਭਾਵੀ X-ਕਿਰਣਾਂ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। X-ਕਿਰਣਾਂ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਨਾਲ ਵਿਖੇਪਿਤ (defect) ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਪਦਾਰਥ ਵਿੱਚ ਅਤਿ ਉੱਚ ਵੇਦਨਸ਼ਕਤੀ (penetrating power) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਣ ਹੈ ਕਿ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਅਧਿਐਨ ਵਿੱਚ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (Wavelength) ਬਹੁਤ ਘੱਟ (0·1 nm) ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਹਾਰ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ (ਭਾਗ 2.3.1)।

ਹੈਨਰੀ ਬੈਕੁਰਲ Henri Becqueral (1852-1908) ਨੇ ਵਖਿਆ ਕਿ ਕੁੱਝ ਤੱਤ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਖ਼ੁੱਦ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਇਸ ਪਰਿਘਟਨਾਂ ਨੂੰ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵਤਾ (radioactivity) ਕਿਹਾ ਅਤੇ ਦੱਸਿਆ ਕਿ ਅਜਿਹੇ ਤੱਤ ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵ ਤੱਤ ਅਖਵਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਮੇਰੀ ਕਿਊਰੀ, ਪਿਆਰੇ ਕਿਊਰੀ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਅਤੇ ਫਰੈਡਰਿਕ ਸੋਡੀ ਨੇ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੀਆਂ ਕਿਰਣਾਂ, α, β ਅਤੇ γ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ। ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਵੇਖਿਆ ਕਿ α ਕਿਰਣਾਂ ਵਿੱਚ ਦੋ ਇਕਾਈ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਚਾਰ ਇਕਾਈ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਉੱਚੀ ਊਰਜਾ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਇਹ ਨਿਸ਼ਕਰਸ਼ ਕੱਢਿਆ

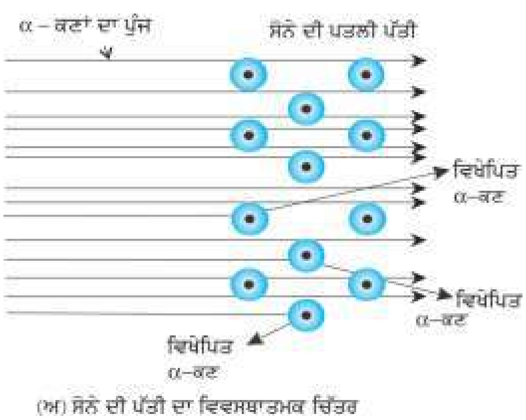
ਕਿ α ਕਣ ਹੀਲਿਅਮ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਕਿਉਂਕਿ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨਾਲ ਮਿਲ ਕੇ α ਕਣ ਹੀਲਿਅਮ ਗੈਸ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। β ਕਿਰਣਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਵਾਲੇ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। γ ਕਿਰਣਾਂ X ਕਿਰਣਾ ਵਾਂਗ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸੁਭਾਅ ਉਦਾਸੀਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਕੋਈ ਕਣ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਵੇਦਨ ਸ਼ਕਤੀ ਸਭ ਤੋਂ ਘੱਟ α ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ, ਉਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ β ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ (α ਕਣਾਂ ਨਾਲ 100 ਗੁਣਾ ਵੱਧ) ਅਤੇ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ γ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ (α ਕਣਾਂ ਤੋਂ 1000 ਗੁਣਾ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

2.2.2 ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਿਊਕਲੀ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ

ਰਦਰਫੋਰਡ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਨੇ ਹੈਂਸ ਗੀਗਰ ਅਤੇ ਅਰਨੈਸਟ ਮਾਰਸਡਨ ਨੇ ਸੋਨੇ ਦੀ ਬਹੁਤ ਪਤਲੀ ਪੱਤੀ (gold foil) ਉੱਤੇ α–ਕਣਾਂ ਦੀ ਬੁਛਾਰ ਕੀਤੀ। ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪ੍ਰਸਿੱਧ α– ਕਣ ਖਿੰਡਾਉ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 2.5 ਵਿੱਚ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਤਲੀ ਪੱਤੀ (100 nm ਮੋਟਾਈ, ਉੱਤੇ ਇੱਕ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਸਰੋਤ ਤੋਂ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ α– ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਪਾਇਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਪਤਲੀ ਪੱਤੀ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਵਿਰਤਾਕਾਰ ਪ੍ਰਤੀਦੀਪਤ ਸ਼ੀਲ (flouroscent) ਜਿੰਕ ਸਲਫਾਈਡ ਤੋਂ ਬਣੀ ਸਕਰੀਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ α– ਕਣ ਇਸ ਸਕਰੀਨ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਫਲੈਸ਼ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।



(ੳ) ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਖਿੰਡਾਉ ਪ੍ਰਯੋਗ



(ਅ) ਸੋਨੇ ਦੀ ਪੱਤੀ ਦਾ ਵਿਵਸਥਾਤਮਕ ਚਿੱਤਰ

ਚਿੱਤਰ 2.5 ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕਣਨ ਦਾ ਰੇਖਾਂਕਿਤ ਚਿੱਤਰ। ਜਦੋਂ ਸੋਨੇ ਦੀ ਇੱਕ ਪਤਲੀ ਪੱਤੀ ਉੱਤੇ ਐਲਫਾ (α) ਕਣਾਂ ਦੀ ਬੁਛਾਰ (shot) ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸ ਦੇ ਵਿੱਚੋਂ ਵਧੇਰੇ ਕਣ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੋਏ ਬਿਨਾਂ ਪੱਤੀ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਜਦ ਕਿ ਕੁਝ ਦਾ ਵਿਖੇਪਣ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਖਿੰਡਾਉ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਕਾਫ਼ੀ ਬੇ ਉਮੀਦੇ ਸਨ। ਥਾੱਮਸਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪੱਤੀ ਦੇ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਸੋਨੇ ਦੇ ਹਰ ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪੂਰੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਾਰ ਵੰਡਿਆ ਹੋਇਆ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। α– ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਐਨੀ ਜਿਆਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਉਹ ਪੁੰਜ ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਇੱਕ ਸਾਰ ਵਿਤਰਣ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਸਿੱਧੇ ਪਾਰ ਕਰ ਜਾਣਗੇ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਆਸ ਸੀ ਕਿ ਪੱਤੀ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਦੇ ਬਾਅਦ ਕਣਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਹੌਲੀ ਹੋ ਜਾਵੇਗੀ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਕੋਣ ਤੇ ਬਦਲ ਜਾਵੇਗੀ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਵੇਖਿਆ ਕਿ—

(i) ਵਧੇਰੇ α– ਕਣ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪੱਤੀ ਤੋਂ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋਏ ਬਿਨਾਂ ਨਿਕਲ ਗਏ।

(ii) ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦਾ ਥੋੜਾ ਭਾਗ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਕੋਣ ਨਾਲ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋਇਆ।

(iii) ਬਹੁਤ ਹੀ ਥੋੜੇ ਕਣ (20,000 ਵਿਚੋਂ 1) ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਆਏ ਭਾਵ ਲਗਪਗ 180° ਦੇ ਕੋਣ ਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਵਿਖੇਪਣ ਹੋਇਆ।

ਇਨ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਬਣਤਰ ਦੇ ਬਾਰੇ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਨਿਸ਼ਕਰਸ਼ ਕੱਢੇ—

(i) ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਵਧਰੇ ਭਾਗ ਖਾਲੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਵਧੇਰੇ α–ਕਣ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪੱਤੀ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

(ii) ਕੁਝ ਹੀ ਧਨਚਾਰਜਿਤ α– ਕਣ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਵਿਖੇਪਣ ਜਰੂਰ ਹੀ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਪ੍ਰਤੀ ਕਰਸ਼ਣ ਬਲ (repulsive force) ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਥਾੱਮਸਨ ਦੇ ਵਿਚਾਰ ਦੇ ਉਲਟ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਅੰਦਰ ਧਨਚਾਰਜ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੰਡਿਆ ਹੋਇਆ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਧਨਚਾਰਜ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਆਇਤਨ ਦੇ ਅੰਦਰ ਮੌਜੂਦ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨਾਲ ਧਨਚਾਰਜਿਤ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਨ ਅਤੇ ਵਿਖੇਪਣ ਹੋਇਆ ਹੋਵੇ।

(iii) ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਗਣਨਾ ਕਰਕੇ ਵਿਖਾਇਆ ਕਿ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਆਇਤਨ, ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁੱਲ ਆਇਤਨ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ (ਵਿਸਾਰਨ ਯੋਗ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ 10^{-10} m, ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦ ਕਿ ਨਿਉਕਲੀਅਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ

10^{-15} m ਹੰਦਾ ਹੈ। ਅਕਾਰ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦਾ ਅੰਦਾਜਾ ਇਸ ਗੱਲ ਤੋਂ ਲਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਨੂੰ ਕ੍ਰਿਕੇਟ ਦੀ ਗੇਂਦ ਜਿੰਨਾ ਮੰਨਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਪਗ 5 km ਹੋਵੇਗਾ।

ਉੱਤੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਅਤੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾੱਡਲ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

(i) ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਧਨਚਾਰਜ ਅਤੇ ਵਧੇਰੇ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਅਤਿ ਛੋਟੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦਰਿਤ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਇਸ ਅਤਿ ਛੋਟੇ ਭਾਗ ਨੂੰ ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਕਿਹਾ।

(ii) ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵ੍ਰਿਤਾਕਾਰ ਪਥਾਂ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਆੱਰਬਿਟ (orbit) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਘੁੰਮਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਸੂਰਜ ਮੰਡਲ ਨਾਲ ਮਿਲਦਾ ਜੁਲਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸੂਰਜ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤੀਮਾਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(iii) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਅਕਰਸ਼ਣ ਦੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਬਲਾਂ ਦੁਆਰਾ ਬੱਝੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

2.2.3 ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ

ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਉਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਇਹ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਚੁੱਕਿਆ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਉੱਤੇ ਚਾਰਜ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਪਰ ਉਲਟ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ (Z) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ 1 ਅਤੇ ਸੋਡੀਅਮ ਵਿੱਚ 11 ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 1 ਅਤੇ 11 ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਉਦਾਸੀਨ ਬਣਾ ਕੇ ਰੱਖਣ ਲਈ ਉਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ, ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ, (ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ Z) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗੀ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ–ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਅਤੇ ਸੋਡੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 1 ਅਤੇ 11 ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ (*Z*) = ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

= ਉਦਾਸੀਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ (2.3)

ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਧਨਚਾਰਜ ਉਸ ਦੇ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਅਤੇ ਕੁਝ ਹੋਰ ਉਦਾਸੀਨ ਕਣਾਂ (ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹਰ ਇੱਕ ਪੁੰਜ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਲਗਪਗ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ) ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਉਦਾਸੀਨ ਕਣ ਨੂੰ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ (*n*) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਨੂੰ ਨਿਊਕਲੀਆੱਨਸ (nucleons) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਨਿਊਕਲੀਆੱਨਾਂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ (A) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ (A) = ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ (*Z*)

+ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ (n)

(2.4)

2.2.4 ਸਮਸਥਾਨਿਕ ਅਤੇ ਸਮਭਾਰਿਕ

ਕਿਸੇ ਵੀ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸੰਘਟਨ ਨੂੰ ਤੱਤ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕ (X) ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਇੱਕ ਉੱਪਰ ਅੰਕਿਤ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਜੋ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ (A) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਹੀ ਇੱਕ ਹੇਠ ਅੰਕਿਤ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ (Z) ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ $^{A}_{Z}X$ । ਸਮਭਾਰਿਕ ਸਮਾਨ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ ਪਰੰਤੂ ਭਿੰਨ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਹੋਣਗੇ, ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ $^{14}_{6}C$ ਅਤੇ $^{14}_{7}N$। ਸਮਸਥਾਨਿਕ ਉਹ ਪਰਮਾਣੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ (Z) ਸਮਾਨ ਪਰ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ (A) ਭਿੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਕੀਰਣ 2.4 ਦੇ ਮੁਤਾਬਿਕ, ਇਹ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ, ਸਮ ਸਥਾਨਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਦਾ ਕਾਰਣ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਲਈ ਫਿਰ ਤੋਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਲਓ। 99.985% ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰੋਟਿਅਮ ($^{1}_{1}$**H**) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਬਾਕੀ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਦੋ ਸਮਸਥਾਨਿਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ–ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ ($^{2}_{1}$**D**, 0.015%), ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਅਤੇ ਇੱਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਟ੍ਰਾਈਟਿਅਮ **(tritium,** $^{3}_{1}$**T)** ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਦੋ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਟ੍ਰਾਈਟਿਅਮ ਧਰਤੀ ਤੇ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਸਮਸਥਾਨਿਕਾਂ ਦੀਆਂ ਕੁੱਝ ਹੋਰ ਉਦਾਹਰਣਾਂ ਵੀ ਹਨ, ਜਿਵੇਂ— ਕਾਰਬਨ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ 6 ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ 6, 7 ਅਤੇ 8 ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ ($^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$, $^{14}_{6}C$); ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਕਲੋਰੀਨ ਪਰਮਾਣੂ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ 17 ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਤੋ ਇਲਾਵਾ 18 ਅਤੇ 20 ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨ ($^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$) ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਸਮਸਥਾਨਿਕਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅੰਤਿਮ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਗੁਣ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੁਆਰਾ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਰਸਾਇਣਿਕ ਗੁਣਾਂ ਤੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਸਮਸਥਾਨਿਕ ਇੱਕੋ ਜਿਹਾ ਵਿਹਾਰ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.1

ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ, ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ,

ਹੱਲ

ਇੱਥੇ $^{80}_{35}Br$, Z = 35, A = 80 ਸਪੀਸ਼ੀਜ ਉਦਾਸੀਨ ਹੈ। ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ= ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ = Z = 35

ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ = 80 – 35 = 45, (ਸਮੀਕਰਣ 2.4)

ਉਦਾਹਰਣ 2.2

ਕਿਸੇ ਸਪੀਸ਼ੀਜ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਪ੍ਰੋਟਾੱਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 18, 16 ਅਤੇ 16 ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਢੁਕਵਾਂ ਪ੍ਰਤੀਕ ਲਿਖੋ।

ਹੱਲ

ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ = ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ = 16 ਇਹ ਤੱਤ ਸਲਫਰ (S) ਹੈ।

ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ = ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ + ਨਿਊਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

= 16 + 16 = 32

ਇਹ ਸਪੀਸ਼ੀਜ ਉਦਾਸੀਨ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਰਿਣ ਆਇਨ ਹੈ, ਜਿਸਦਾ ਚਾਰਜ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਵਾਧੇ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ = (18 – 16 = 2) ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕ $^{32}_{16}S^{2-}$ ਹੈ।

ਨੋਟ : $^{A}_{Z}X$ ਸੰਕੇਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਇਹ ਪਤਾ ਕਰ ਲਓ ਕਿ ਇਹ ਪਰਮਾਣੂ ਉਦਾਸੀਨ ਪਰਮਾਣੂ ਜਾਂ ਧਨ ਆਇਨ ਜਾਂ ਰਿਣ ਆਇਨ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਉਦਾਸੀਨ ਪਰਮਾਣੂ ਹੈ, ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.3) ਉਚਿਤ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ = ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਸਪੀਸ਼ੀਜ ਇੱਕ ਆਇਨ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰੋ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ ਤਾਂ ਕੈਟਇਨ (ਧਨ ਆਇਨ) ਅਤੇ ਜੇ ਘੱਟ ਹੈ, ਤਾਂ ਐਨਾਇਨ (ਰਿਣ ਆਇਨ) ਹੋਵੇਗਾ। ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹਮੇਸ਼ਾ A – Z ਨਾਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਭਾਵੇਂ ਸਪੀਸ਼ੀਜ਼ ਉਦਾਸੀਨ ਹੋਵੇ ਜਾਂ ਆਇਨ ਹੋਵੇ।

2.2.5 ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾੱਡਲ ਦੀ ਊਣਤਾਈ

ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾੱਡਲ ਸੂਰਜ ਮੰਡਲ ਦਾ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਰੂਪ ਸੀ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਨੂੰ ਭਾਰੀ ਸੂਰਜ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਨਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਨੂੰ ਹਲਕੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਵਾਂਗ ਸੋਚਿਆ ਗਿਆ ਸੀ ਅਤੇ ਇਹ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਸੀ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਅਤੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੁਲਾੱਮ ਬਲ $(kq_1q_2/r^2$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ q_1 ਅਤੇ q_2 ਚਾਰਜ, r ਉਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਅਤੇ k ਅਨੁਪਾਤਿਕਤਾ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਕੁਲਾੱਮ ਬਲ ਗਣਿਤੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬਲ $\left(G.\frac{m_1m_2}{r^2}\right)$ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ m_1 ਅਤੇ m_2 ਪੁੰਜ, r ਉਨ੍ਹਾਂ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਅਤੇ G ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸੂਰਜ ਮੰਡਲ ਉੱਤੇ ਕਲਾਸੀਕਲ ਮਕੈਨਿਕਸ ਨੂੰ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਤੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆੱਰਬਿੱਟਾਂ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਤੋਂ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੇ ਆੱਰਬਿੱਟਾਂ ਦੀ ਸਹੀ ਗਣਨਾਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ, ਜੋ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਪਨ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦੀ ਹੈ। ਸੂਰਜ ਮੰਡਲ ਅਤੇ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾੱਡਲ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨਤਾ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਪਰੰਤੂ ਜਦ ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਕਿਸੇ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ (acceleration) ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ (ਜੇ ਪਿੰਡ ਸਥਿਰ ਗਤੀ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਕਾਰਣ ਉਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।) ਇਸ ਲਈ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾੱਡਲ ਵਿੱਚ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਘੁਮੰਦੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਵਿੱਚ ਵੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਮੈਕਸਵੈੱਲ ਦੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਬਿਜਲ–ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ (ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੇ ਨਾਲ ਅਜਿਹਾ ਇਸ ਲਈ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਉਹ ਚਾਰਜਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ)। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੋਂ ਵਿਕੀਰਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਲਾਸੀਕਲ ਮਕੈਨਿਕਸ ਸਿਧਾਂਤਕ ਵਿਗਿਆਨ ਹੈ ਜੋ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਉੱਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਇਹ ਸਥੂਲ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਸਮਝਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਲਈ ਊਰਜਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਗਤੀ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਆੱਰਬਿਟ (orbit) ਛੋਟਾ ਹੁੰਦਾ ਜਾਵੇਗਾ। ਗਣਨਾਵਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਸਪਾਇਰਲ (spiral) ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਪਹੁੰਚਣ ਵਿੱਚ $10^{-8}s$ ਲੱਗਣਗੇ, ਪਰੰਤੂ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਕਲਾਸੀਕਲ ਮਕੈਨਿਕਸ ਅਤੇ ਬਿਜਲ–ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਥਿਰ ਹੋਣ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ। ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਪੁੱਛ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ ਜੇ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਨਾਲ ਪਰਮਾਣੂ ਅਸਥਾਈ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਅਸੀਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਨੂੰ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਮੰਨ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਘਣਤਾ ਵਾਲੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਆਕਰਸ਼ਣ ਇਨ੍ਹਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਵੱਲ ਖਿੱਚ ਲਵੇਗਾ, ਜਿਸ ਨਾਲ ਥਾੱਮਸਨ ਮਾੱਡਲ ਦਾ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਰੂਪ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਦੀ ਇੱਕ ਦੂਜੀ ਗੰਭੀਰ ਊਣਤਾਈ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਿਕ ਸੰਰਚਨਾ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਵੀ ਵਰਨਣ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਅਤੇ ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ ਕਿ ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਤੇ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮੌਜੂਦ ਹਨ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੈ ?

2.3 ਬੋਹਰ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦੀ ਪਿੱਠ-ਭੂਮੀ

ਇਤਿਹਾਸਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮਾਦਾ ਦੇ ਨਾਲ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀਆਂ ਅੰਤਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੋਂ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਦੇ ਸਬੰਧ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਜਿਆਦਾ ਸੂਚਨਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਈ। ਨੀਲ ਬੋਹਰ ਨੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਮਾੱਡਲ ਵਿੱਚ ਸੁਧਾਰ ਕੀਤਾ। ਬੋਹਰ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਵਿੱਚ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੀ ਅਹਿਮ ਭੂਮਿਕਾ ਰਹੀ ਹੈ।

(i) ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ ਹੋਣਾ, ਜਿਸਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਵਿਕੀਰਣ ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਕਣ ਦੋਵਾਂ ਦੇ ਗੁਣ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

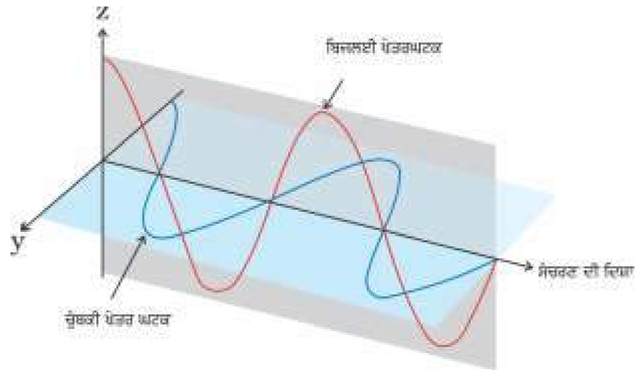
(ii) ਪਰਮਾਣੂ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪਰਿਣਾਮ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਇਹ ਮੰਨ ਲੈਣ ਨਾਲ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੀ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਤਰ ਕੁਆਂਟਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ (ਭਾਗ 2.4)

2.3.1 ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ

ਜੇਮਸ ਮੈਕਸਵੈਲ (ਸੰਨ 1870) ਨੇ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਅਤੇ ਸਥੂਲ ਸਤਰ ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਵਿਹਾਰ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ। ਉਸ ਨੇ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਦਿੱਤਾ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਜਦੋਂ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਤਵੇਂ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਤਰੰਗਾਂ (Waves) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੰਚਾਰਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਜਾਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਇੱਕ ਰੂਪ ਹੈ, ਜਿਸ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਕਈ ਸਾਲਾਂ ਤੋਂ ਹੈ ਅਤੇ ਪੁਰਾਣੇ ਸਮੇਂ ਤੋਂ ਇਸ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਦੇ ਬਾਰੇ ਸਮਝਣ ਦੀ ਕੋਸਿਸ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ (ਨਿਊਟਨ) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਕਣਾਂ (ਕਣਿਕਾਵਾਂ, Corpuscles) ਦਾ ਬਣਿਆ ਹੋਇਆ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ। ਕੇਵਲ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਹੋਈ।

ਪਹਿਲੀ ਵਾਰ ਮੈਕਸਵੈਲ ਦੇ ਦੱਸਿਆ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ ਡੋਲਕ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਹਾਰ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ (ਚਿੱਤਰ 2.6) ਭਾਵੇਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਜਟਿਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਪਰ ਅਸੀਂ ਇੱਥੇ ਕੁਝ ਆਮ ਗੁਣਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ।



ਚਿੱਤਰ ***.2.6*** ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਘਟਕ। ਇਹ ਘਟਕ ਸਮਾਨ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ, ਆਵਰਤੀ, ਗਤੀ ਅਤੇ ਆਯਾਮ ਵਾਲੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਪਰ ਉਹ ਇੱਕ ਦੇ ਲੰਬਾਤਮਕ ਤਲਾਂ ਵਿੱਚ ਕੰਪਨ ਕਰਦੇ ਹਨ।

(i) ਡੋਲਨ ਕਰਦੇ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਦੇ ਲੰਬ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਦੋਵੇਂ ਤਰੰਗ ਦੀ ਚੱਲਣ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਵੀ ਲੰਬਾਤਮਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦਾ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੂਪ-ਚੱਿਤਰ 2.6 ਵਿੱਚ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

(ii) ਧੁਨੀ ਜਾਂ ਜਲ-ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਉਲਟ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਅਤੇ ਖਲਾਅ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ।

(iii) ਹੁਣ ਇਹ ਤੱਥ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਚੁਕਿਆ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਜਾਂ ਆਵਰਤੀ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਤੋਂ ਭਿੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨਾਲ ਮਿਲ ਕੇ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹਨ। (ਚਿੱਤਰ 2.7)। ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਨਾਮ ਹਨ। ਕੁੱਝ ਉਦਾਹਰਣਾਂ ਹਨ ਰੇਡੀਓ ਆਵਰਤੀ (radio frequency) ਖੇਤਰ, 10^6 Hz, ਦੇ ਲਗਭਗ ਜਿਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਪ੍ਰਸਾਰਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਸੂਖਮ ਤਰੰਗ (microwave) ਖੇਤਰ, (10^{10} Hz ਦੇ ਲਗਪਗ), ਜਿਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਰਡਾਰ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਇਨਫ੍ਰਾਰੈੱਡ (infra red) ਖੇਤਰ (10^{13} Hz ਦੇ ਲਗਪਗ) ਜਿਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਗਰਮ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਪਾਰਵੈਂਗਣੀ (ultraviolet) ਖੇਤਰ (10^{16}Hz ਦੇ ਲਗਪਗ) ਜੋ ਸੂਰਜ ਦੀਆਂ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਭਾਗ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਲਗਪਗ 10^{15} Hz ਦੇ ਥੋੜੇ ਜਿਹੇ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਆਮ ਕਰਕੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ (Visible) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਿਰਫ਼ ਇਹ ਹੀ ਉਹ ਖੇਤਰ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਸਾਡੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਵੇਖ

ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ, ਅਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਵੇਖਣ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(iv) ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਦੇ ਲਈ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਨੂੰ ਆਵਰਤੀ (ν) ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (λ) ਦੁਆਰਾ ਚਰਿੱਤਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਆਵਰਤੀ (ν) ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਹੈ ਹਾਇਨਰਿਕ ਹਰਟਜ਼ ਦੇ ਨਾਮ ਤੇ ਹਰਟਜ (Hz, s^{-1}) ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਉਸ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਲੰਘਦੀਆਂ ਹਨ।

ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ। ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਇਸ ਦਾ ਮਾਪ ਮੀਟਰ (m) ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਵਿੱਚ ਛੋਟੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਕਈ ਛੋਟੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 2.7 ਵਿੱਚ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਜਾਂ ਆਵਰਤੀਆਂ ਵਾਲੀਆਂ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਕਿਸਮ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਖਲਾਅ ਵਿੱਚ ਸਭ ਕਿਸਮ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ, ਭਾਵੇਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋਵੇ, ਇਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ, ਭਾਵ 3.0×10^8 m s^{-1} (2.997925×10^8 m s^{-1} ਨਾਲ ਚੱਲਦੀਆਂ ਹਨ।

ਇਸ ਗਤੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਗਤੀ (speed of light) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ *c* ਚਿੰਨ੍ਹ ਨਾਲ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਆਵਰਤੀ (ν) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (λ) ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਣ (2.5) ਦੁਆਰਾ ਸਬੰਧਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ-

$$c = \nu \lambda \qquad (2.5)$$

ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਦੱਸਣ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਦੂਜੀ ਰਾਸ਼ੀ ਤਰੰਗ ਸੰਖਿਆ($\bar{\nu}$) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਤਰੰਗ-ਸੰਖਿਆ (*wave number)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦਾ ਪਰਸਪਰੀ ਭਾਵ m^{-1} ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਲੇਕਿਨ ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਵਰਤਿਆ ਜਾਣ ਵਾਲਾ ਮਾਤਰਕ cm^{-1} (SI ਮਾਤਰਕ ਨਹੀਂ) ਹੈ।

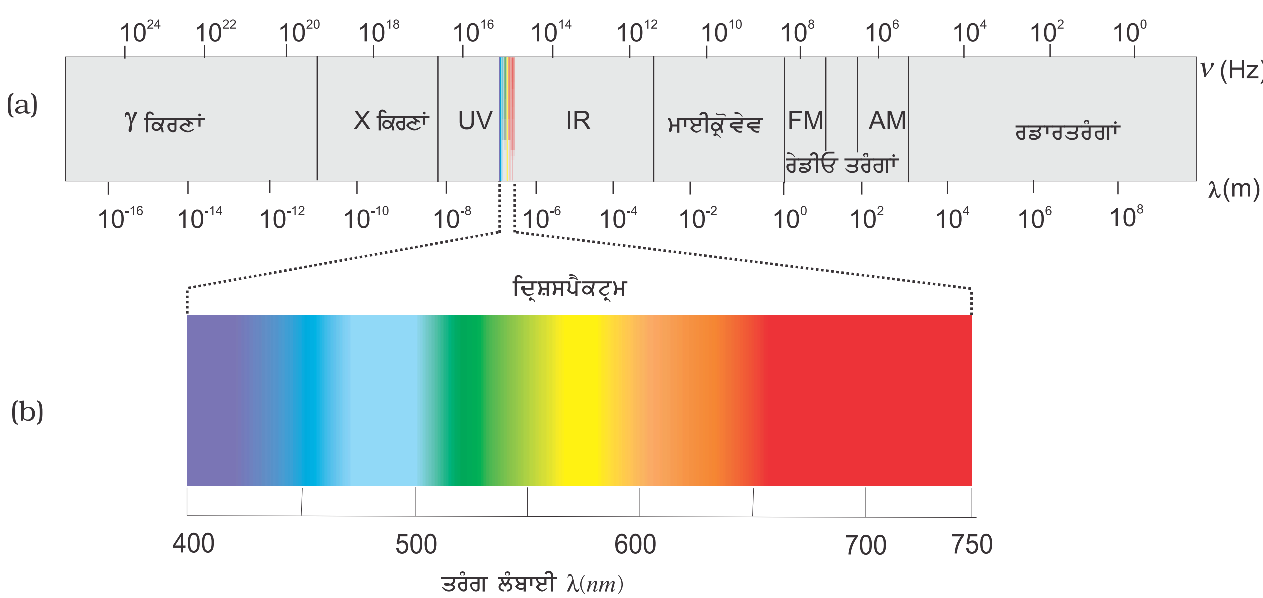
ਉਦਾਹਰਣ 2.3

ਆੱਲ ਇੰਡੀਆ ਰੇਡੀਓ (ਦਿੱਲੀ) ਦਾ ਵਿਵਧ ਭਾਰਤੀ ਸਟੇਸ਼ਨ 1368 k Hz (ਕਿਲੋ ਹਰਟਜ਼) ਦੀ ਅਵਰਤੀ ਤੇ ਪ੍ਰਸਾਰਣ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸੰਚਾਰਕ (transmitter) ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਇਹ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਕਿਸ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਹੈ ?

ਹੱਲ

ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ = c/ν

ਜਿੱਥੇ '*c*' ਖਲਾਅ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਵੇਗ ਅਤੇ '*ν*' ਅਵਰਤੀ ਹੈ। ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਮਾਨਾਂ ਨੂੰ ਭਰਨ ਤੇ



ਚਿੱਤਰ. 2.7 (ੳ) ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਦਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ (ਅ) ਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਪੂਰੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਜਿਹਾ ਭਾਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$= \frac{3.00 \times 10^8 \text{m s}^{-1}}{1368\text{kHz}}$$
$$= \frac{3.00 \times 10^8 \text{m s}^{-1}}{1368 \times 10^3 \text{s}^{-1}}$$
$$=219.3\text{m}$$

ਇਹ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.4

ਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਦਾਇਰਾ ਵੈਂਗਣੀ (400 nm) ਤੋਂ ਲਾਲ (750 nm) ਤੱਕ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈਆਂ ਨੂੰ ਅਵਰਤੀਆਂ Hz ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰੋ (1nm = 10^{-9} m)

ਹੱਲ

ਸਮੀਕਰਣ 2.5 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਵੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਅਵਰਤੀ

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{m s}^{-1}}{400 \times 10^{-9} \text{m}}$$

= 7.50×10^{14} Hz

ਲਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਅਵਰਤੀ

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ms}^{-1}}{750 \times 10^{-9} \text{m}} = 4.00 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਦਾਇਰਾ ਅਵਰਤੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ 4.0×10^{14} ਤੋਂ 7.0×10^{14} Hz ਤੱਕ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.5

5800 Å ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀ ਪੀਲੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ (ੳ) ਤਰੰਗ ਸੰਖਿਆ ਅਤੇ (ਅ) ਅਵਰਤੀ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ

(ੳ) ਤਰੰਗ-ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਗਣਨਾ ($\bar{\nu}$)

$$\lambda = 5800\text{Å} = 5800 \times 10^{-8} \text{ cm}$$
$$= 5800 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5800 \times 10^{-10} \text{ m}}$$
$$= 1.724 \times 10^6 \text{m}^{-1}$$
$$= 1.724 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$

(ਅ) ਅਵਰਤੀ (ν) ਦੀ ਗਣਨਾ

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5800 \times 10^{-10} \text{ m}} = 5.172 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

2.3.2 ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਕਣੀਂ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਪਲਾਂਕ ਦਾ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ

ਵਿਵਰਤਨ*(diffraction) ਅਤੇ ਵਿਘਨ** (interference) ਜਿਹੀਆਂ ਕੁਝ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੁਆਰ ਸਮਝਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਲੇਕਿਨ ਕੁਝ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੂੰ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ (ਜੋ 'ਪਰੰਪਰਿਕ ਭੌਤਿਕੀ' ਅਖਵਾਉਂਦੀ ਹੈ।) ਦੇ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਦੇ ਨਾਲ ਵੀ ਵਰਣਨ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਹ ਪ੍ਰੇਖਣ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਹਨ—

(i) ਗਰਮ ਪਿੰਡ ਤੋਂ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ (ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਵਿਕੀਰਣ, black body radiation);

(ii) ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਨਾਲ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਟਕਰਾਉਣ ਨਾਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਨਿਸ਼ਕਾਸਨ (ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ)

(iii) ਠੋਸਾਂ ਵਿੱਚ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਬਦਲਾਵ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਗਰਮੀ ਧਾਰਣਸਮਰਥਾ ਦਾ ਪਰਿਵਰਤਨ

(iv) ਖਾਸ ਕਰਕੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਸੰਦਰਭ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਵੇਖੇ ਗਏ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ।

ਇਹ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਵਾਲੀ ਗੱਲ ਹੈ ਕਿ ਸੰਨ 1900 ਵਿੱਚ ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਟ ਦੁਆਰਾ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਕੋਈ ਠੋਸ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਇਹ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਹੈ—

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਠੋਸ ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਗਰਮ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸ ਤੋਂ ਵਿਸਤਰਿਤ ਦਾਇਰੇ ਵਾਲੇ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀਆਂ ਵਿਕੀਰਣਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਲੋਹੇ ਦੀ ਛੜ ਨੂੰ ਭੱਠੀ ਵਿੱਚ ਗਰਮ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਤਾਂ ਇਸਦਾ ਰੰਗ ਪਹਿਲਾਂ ਹਲਕਾ ਲਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿਉਂ ਜਿਉਂ ਤਾਪਮਾਨ ਵੱਧਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਿਉਂ ਤਿਉਂ ਉਹ ਜਿਆਦਾ ਲਾਲ ਹੁੰਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦ ਇਸ ਨੂੰ ਹੋਰ ਗਰਮ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ ਨਿਕਲਨ ਵਾਲੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਰੰਗ ਸਫੇਦ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜਦ ਤਾਪਮਾਨ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਨੀਲਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਵਾਧੇ ਦੇ ਨਾਲ

* ਕਿਸੇ ਰੁਕਾਵਟ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਤਰੰਗ ਦੇ ਮੁੜਨ ਨੂੰ ਵਿਵਰਤਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

** ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਅਵਰਤੀ ਵਾਲੀਆਂ ਦੋ ਤਰੰਗਾਂ ਮਿਲ ਕੇ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਤਰੰਗ ਦਿੰਦੀਆਂ ਹਨ, ਜਿਸਦਾ ਦਿਸ਼ਾ ਕਾਲ ਵਿੱਚ ਹਰ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਉੱਤੇ ਵਿਭਾਜਨ ਹਰ ਇੱਕ ਤਰੰਗ ਦੇ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਉੱਤੇ ਵਿਭਾਜਨ ਬੀਜ ਗਣਿਤੀ ਜਾਂ ਵੈਕਟਰ ਜੋੜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਘਨ ਅਖਵਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਨਾਲ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਅਵਰਤੀ ਘੱਟ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਲਾਲ ਰੰਗ ਘੱਟ ਅਵਰਤੀ ਵਾਲੇ ਅਤੇ ਨੀਲਾ ਰੰਗ ਵੱਧ ਅਵਰਤੀ ਵਾਲੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਅਜਿਹਾ ਅਦਰਸ਼ ਪਿੰਡ ਜੋ ਹਰ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਅਵਰਤੀ ਦੀਆਂ ਕਿਰਣਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਦਾ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਕਾਲੀ ਵਸਤ (black body) ਅਤੇ ਇਸ ਪਿੰਡ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਨੂੰ ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਵਿਕੀਰਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਪੂਰਾ (exact) ਅਵਰਤੀ ਵਿਤਰਣ (ਅਵਰਤੀ ਅਤੇ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਵਕ੍ਰ) ਉਸ ਦੇ ਤਾਪਮਾਨ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਤਾਪਮਾਨ ਉੱਤੇ, ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਘੱਟ ਹੋਣ ਦੇ ਨਾਲ ਵੱਧਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਉੱਤੇ ਅਧਿਕਤਮ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਉਸ ਦੇ ਬਾਅਦ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਹੋਰ ਘੱਟ ਹੋਣ ਤੇ ਉਹ ਘੱਟਣੀ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਚਿੱਤਰ 2.8 ਵਿੱਚ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਉਪਰੋਕਤ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਸੰਤੋਖਜਨਕ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ।

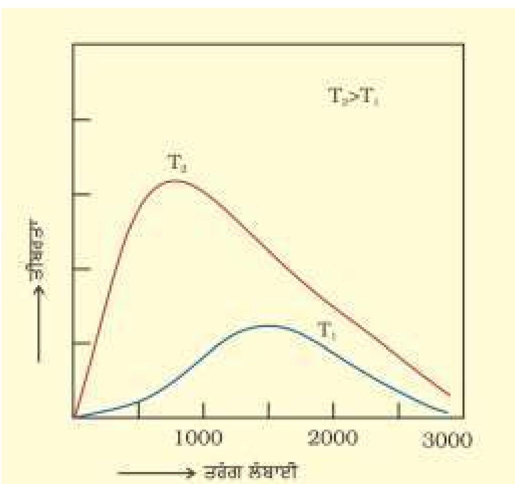


Fig. 2.8 ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਤੀਬਰਤਾ ਸਬੰਧ

ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਕ ਨੇ ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਸੁਝਾਇਆ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਅਣੂ ਕੇਵਲ ਵੱਖਰੀ (discrete) ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ ਊਰਜਾ ਉਤਸਰਜਿਤ (ਜਾਂ ਸੋਖਣ) ਕਰਦੇ ਹਨ, ਨਾ ਕਿ ਲਗਾਤਾਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ। ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ। ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਦੀ ਜਿਸ ਨਿਊਨਤਮ ਮਾਤਰਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ (ਜਾਂ ਸੋਖਣ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਸ ਨੂੰ ਪਲਾਂਕ ਦੁਆਰਾ ਕੁਆਂਟਮ (quantum) ਨਾਮ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਇੱਕ ਕੁਆਂਟਮ ਦੀ ਊਰਜਾ (E) ਉਸ ਦੀ ਅਵਰਤੀ (ν) ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਨੁਪਾਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਣ (2.6) ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ—

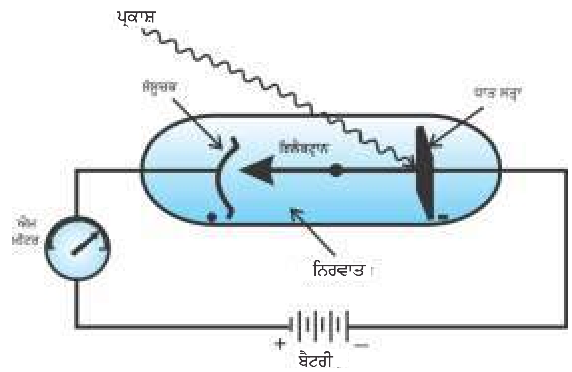
$$E = h\nu \qquad (2.6)$$

ਅਨੁਪਾਤਿਕਾ ਸਥਿਰ ਅੰਕ, 'h' ਨੂੰ ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਨ 6.626×10^{-34} J s ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਲਾਂਕ ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਦੇ ਭਿੰਨ ਭਿੰਨ ਤਾਪਮਾਨਾਂ ਉੱਤੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਤੀਬਰਤਾ-ਵਿਤਰਣ ਦੀ ਅਵਰਤੀ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਫਲਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕੇ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ

ਸੰਨ 1887 ਵਿੱਚ ਐਚ. ਹਰਟਜ਼ ਨੇ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਦਿਲਚਸਪ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਧਾਤਾਂ (ਜਿਵੇਂ-ਪੋਟਾਸ਼ਿਅਮ, ਰੁਬੀਡਿਅਮ, ਸੀਜਿਅਮ ਆਦਿ) ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਢੁਕਵੀਂ ਅਵਰਤੀ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪਾਉਣ ਉੱਤੇ, ਜਿਵੇਂ ਚਿੱਤਰ 2.9 ਵਿੱਚ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਪਰਿਘਟਨਾ ਨੂੰ



ਚਿੱਤਰ. 2.9 *ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਲਈ ਉਪਕਰਣ। ਇਕ ਖਲਾਅ ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਧਾਤ ਦੀ ਸਾਫ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅਵਰਤੀ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਰਣ ਟਕਰਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਧਾਤ ਵਿੱਚੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਇੱਕ ਸੰਸੂਚਕ ਦੁਆਰਾ ਗਿਣੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਉਰਜਾ ਦਾ ਮਾਪਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।*

ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਕ

(1858 – 1947)

ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਕ ਇੱਕ ਜਰਮਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਸਨ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਸੰਨ 1879 ਵਿੱਚ ਮਿਊਨਿਖ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿਦਿਆਲੇ ਤੋਂ ਪੀ.ਐਚ.ਡੀ. ਦੀ ਉਪਾਧੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। 1888 ਵਿੱਚ ਬਰਲਿਨ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਦੇ ਇਨਸਟੀਚਯੂਟ ਆੱਫ ਥਿਉਰੈਟੀਕਲ ਫਿਜਿਕਸ (Institute of Theoretical Physics) ਵਿੱਚ ਡਾਇਰੈਕਟਰ ਨਿਯੁਕਤ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਲਈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਸੰਨ 1918 ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ (Noble) ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਤਾਪਗਤਿਕੀ ਅਤੇ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਹੋਰ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਯੋਗਦਾਨ ਪਾਇਆ।

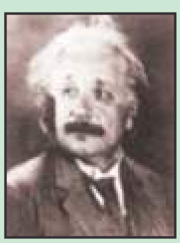
ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ—

(i) ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਦੇ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹੀ ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ ਭਾਵ ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਸ਼ਕਾਸਨ ਅਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਦੇ ਟਕਰਾਉਣ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸਮਾਂ-ਅੰਤਰਾਲ (time lag) ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।

(ii) ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(iii) ਹਰ ਇੱਕ ਧਾਤ ਦੇ ਲਈ ਇਅਕ ਲੱਛਣਿਕ ਨਿਊਨਤਮ ਅਵਰਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਦਹਿਲੀਜ ਆਵਰਤੀ (threshold frequency) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਤੇ ਜਿਸ ਤੋਂ ਘੱਟ ਆਵਰਤੀ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। $v > v_0$ ਅਵਰਤੀ ਉੱਤੇ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਕੁੱਝ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਰਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਵੱਧਣ ਦੇ ਨਾਲ ਵੱਧਦੀ ਹੈ।

ਉਪਰੋਕਤ ਸਾਰੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਲਾਸਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੀ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਰਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਊਰਜਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨਾਲ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ, ਪੋਟਾਸ਼ਿਅਮ ਦੇ ਟੁਕੜੇ ਉੱਤੇ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਲਾਲ ਰੰਗ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ [v = (4.3 ਤੋਂ 4.6) × 10^{14} Hz] ਕਈ ਘੰਟਿਆਂ ਤੱਕ ਪਾਇਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਵੀ ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਨਿਸ਼ਕਾਸਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਜਿਉਂ ਹੀ ਪੀਲੇ ਰੰਗ ਦਾ ਘੱਟ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (v = 5.1 ਤੋਂ 5.2 × 10^{14} Hz) ਪੋਟਾਸ਼ਿਅਮ ਉੱਤੇ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਪੋਟਾਸ਼ਿਅਮ ਧਾਤ ਦੇ ਲਈ ਦਹਲੀਜ ਅਵਰਤੀ ($v_0 = 5.0 \times 10^{14}$ Hz) ਹੈ।



ਅਲਬਰਟ ਆਈਂਸਟੀਨ
(1879 - 1955)

ਜਰਮਨੀ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਅਮਰੀਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨੀ ਅਲਬਰਟ ਆਈਂਸਟੀਨ ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਦੋ ਮਹਾਨ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਮੰਨੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। (ਦੂਜੇ ਵਿਗਿਆਨੀ ਈਜ਼ਾਕ ਨਿਊਟਨ ਸਨ)। ਸੰਨ 1905 ਵਿੱਚ ਜਦੋਂ ਉਹ ਬਰਨੇ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਵਿੱਸ ਪੇਟੈਂਟ ਆੱਫਿਸ ਵਿੱਚ ਤਕਨੀਕੀ ਸਹਾਇਕ ਸਨ ਤਾਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਾਪੇਖਕਤਾ ਬਰਾਊਨੀ ਗਤੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੇ ਛਪੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਤਿੰਨ ਖੋਜ ਪੱਤਰਾਂ ਨੇ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕੀਤਾ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਸੰਨ 1921 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਪਲਾਂਕ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਆਈਂਸਟੀਨ (1905) ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਵਿੱਚ ਸਫਲ ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਦੇ ਟਕਰਾਉਣ ਨੂੰ ਕਣਾਂ (ਫੋਟਾੱਨਾਂ) ਦੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਟਕਰਾਉਣਾ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਉਚਿਤ ਊਰਜਾ ਵਾਲਾ ਫੋਟਾੱਨ ਧਾਤ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਇਲਕੈਟ੍ਰਾੱਨ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨੂੰ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚੋਂ ਤੁਰੰਤ ਬਾਹਰ ਕੱਢ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਜਿੰਨੀ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ, ਉਨੀ ਹੀ ਊਰਜਾ ਉਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਦੇਵੇਗਾ ਅਤੇ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਉਨੀ ਹੀ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗੀ। ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਸਮਾਨ-ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੋਵੇਗੀ। ਕਿਉਂਕਿ ਟਕਰਾਉਣ ਵਾਲੇ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ hv ਹੈ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨੂੰ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ hv_0 (ਜਿਸ ਨੂੰ ਕਾਰਜਫਲਨ W_0 ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ) ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ($hv - hv_0$) ਫੋਟੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਸਥਾਨ ਅੰਤਰਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਊਰਜਾ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ (conservation of energy) ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਪਾਲਨਾ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਸਮੀਕਰਣ 2.7 ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$$hv = hv_0 + \frac{1}{2} m_e v^2 \qquad (2.7)$$

ਜਿੱਥੇ m_e ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ ਅਤੇ v ਇਸ ਦਾ ਵੇਗ ਹੈ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾ ਤੀਬਰਤਾ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਫੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ ਅਤੇ ਫਲਸਰੂਪ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵੀ ਉਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ।

ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਣ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਨੇ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੇ ਸਾਹਮਣੇ ਦੁਬਿਧਾ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰ ਦਿੱਤੀ। ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਤਾਂ ਇਸ ਨੇ ਕਾਲੀ ਵਸਤ ਵਿਕੀਰਣ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਸੰਤੋਖਜਨ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ, ਪਰੰਤੂ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਇਹ

Table 2.2 Values of Work Function (W_0) for a Few Metals

ਧਾਤ	Li	Na	K	Mg	Cu	Ag
W_0 /eV	2.42	2.3	2.25	3.7	4.8	4.3

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਵਰਗੇ ਵਿਹਾਰ, ਜਿਸ ਨਾਲ ਵਿਵਰਤਨ, ਵਿਘਨ ਆਦਿ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਸੀ, ਦੇ ਨਾਲ ਇਕ ਸੁਰ ਨਹੀਂ ਸੀ। ਇਸ ਦੁਵਿਧਾ ਨੂੰ ਹੱਲ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਹੀ ਉਪਾਅ ਸੀ ਕਿ ਇਹ ਮੰਨ ਲਿਆ ਜਾਵੇ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਣ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਦੋਵਾਂ ਵਰਗੇ ਗੁਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਭਾਵ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਅਸੀਂ ਵੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗ ਜਾਂ ਕਣ ਦੇ ਸਮਾਨ ਵਿਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ m ਦੇ ਨਾਲ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਅੰਤਰ ਕਿਰਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਕਣ ਵਰਗੇ ਗੁਣ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਸੰਚਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਤਰੰਗ ਵਰਗੇ ਗੁਣ (ਵਿਵਰਤਨ ਅਤੇ ਵਿਘਨ) ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀਆਂ ਪ੍ਰਚਲਿਤ ਸੋਚਾਂ ਨੂੰ ਵੇਖਦੇ ਹੋਏ ਇਹ ਸੰਕਲਪਨਾ ਬਿਲਕੁੱਲ ਨਵੀਂ ਸੀ। ਲੋਕਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਨੂੰ ਮੰਨਣ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਸਮਾਂ ਲੱਗਿਆ। ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤੁਸੀਂ ਅੱਗੇ ਵੇਖੋਗੇ, ਕੁਝ ਸੂਖਮ (ਜਿਵੇਂ-ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ) ਵੀ ਤਰੰਗ ਕਣ ਵਾਲਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.6

5×10^{14} Hz ਅਵਰਤੀ ਵਾਲੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਇੱਕ ਮੋਲ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ

ਇਕ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ (E) ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ—

$E = h\nu$

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s

$\nu = 5\times10^{14}\ s^{-1}$ (given)

$E = (6.626 \times 10^{-34}\ J\ s) \times (5 \times 10^{14}\ s^{-1})$

$= 3.313 \times 10^{-19}$ J

ਇੱਕ ਮੋਲ ਫੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ

$= (3.313 \times 10^{-19}\ J) \times (6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1})$

$= 199.51\ kJ\ mol^{-1}$

ਉਦਾਹਰਣ 2.7

100 ਵਾੱਟ ਦਾ ਇੱਕ ਬਲਬ 400 n m ਵਾਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇੱਕ ਵਰਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਬਲਬ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ

ਬਲਬ ਦੀ ਬਿਜਲਈ ਸ਼ਕਤੀ = 100 ਵਾੱਟ

$= 100\ J\ s^{-1}$

ਇਕ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ $E = h\nu = hc/\lambda$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}\ J\ s\times3\times10^{8}\ m\ s^{-1}}{400\times10^{-9} m}$$

$= 4.969\times10^{-19}$ J

ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾੱਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

$$\frac{100\ J\ s^{-1}}{4.969\times10^{-19} J} = 2.012\times10^{20} s^{-1}$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.8

ਜਦੋਂ 300 nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਵਿਕੀਰਣ ਸੋਡੀਅਮ ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਟਕਰਾਉਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ 1.68×10^{5} J mol^{-1} ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਨਿਸ਼ਕਾਸਨ ਦੇ ਲਈ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਕਿੰਨੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ ? ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਅਧਿਕਤਮ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਹੱਲ

300 nm ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ (E) ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ—

$h\nu = hc / \lambda$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}\ J\ s\times3.0\times10^{8} m\ s^{-1}}{300\times10^{-9}}$$

$= 6.626 \times 10^{-19}$ J

1 ਮੋਲ ਫੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ

$= 6.626 \times10^{-19}\ J \times 6.022 \times10^{23}\ mol^{-1}$

$= 3.99 \times 10^{5}\ J\ mol^{-1}$

ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਇੱਕ ਮੋਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਨਿਸ਼ਕਾਸਿਤ ਦੇ ਲਈ ਲੋੜੀਂਦੀ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ

$= (3.99 - 1.68) \times10^{5}\ J\ mol^{-1}$

$= 2.31 \times 10^{5}\ J\ mol^{-1}$

ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਲਈ ਲੋੜੀਂਦੀ ਊਰਜਾ

$$= \frac{2.31 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}}{6.022 \times 10^{23} \text{ electron mol}^{-1}}$$

$$= 3.84 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ਇਸ ਦੀ ਸੰਗਤ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋਵੇਗੀ—

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{E}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{J s} \times 3.0 \times 10^8 \text{m s}^{-1}}{3.84 \times 10^{-19} \text{J}}$$

$$= 517 \text{ nm}$$

(ਇਹ ਹਰੇ ਰੰਗ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਹੈ)

ਉਦਾਹਰਣ 2.9

ਕਿਸੇ ਧਾਤ ਦੀ ਦਹਲੀਜ ਆਵਰਤੀ v_0 =, 7.0×10^{14} s^{-1}. ਜੇ $v = 1.0 \times 10^{15}$ s^{-1} ਆਵਰਤੀ ਵਾਲੀ ਵਿਕੀਰਣ ਧਾਤ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉੱਤੇ ਟਕਰਾਉਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ

ਆਈਂਸਟੀਨ ਦੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ = $\frac{1}{2} mv^2 = h(v - v_0)$

$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}) (1.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} - 7.0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1})$

$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}) (10 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} - 7.0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1})$

$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}) \times (3 \times 10^{14} \text{ s}^{-1})$

$= 1.988 \times 10^{-19} \text{ J}$

2.3.3 ਕੁਆਂਟਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਊਰਜਾ ਸਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪਰਮਾਣ : ਪਰਮਾਣ ਵਿਕ ਸਪੈਕਟ੍ਰਾ

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਗਤੀ ਉਸ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਉੱਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਇਹ ਲੰਘਦੀ ਹੈ। ਇੱਕ ਮਾਧਿਅਮ ਤੋਂ ਦੂਜੇ ਤੱਕ ਜਾਣ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਰਣ ਆਪਣੇ ਮੂਲ ਪੱਥ ਤੋਂ ਮੁੜ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਭਾਵ ਅਪਵਰਤਿਤ (refract) ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਪ੍ਰਿਜ਼ਮ ਵਿੱਚੋਂ ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਰਣ ਨੂੰ ਗੁਜਾਰਨ ਤੇ ਇਹ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵਧੇਰੇ ਝੁੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਸਧਾਰਣ ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਦਾਇਰੇ ਵਿੱਚ ਸਾਰੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਵਾਲੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਰਣ ਰੰਗਦਾਰ ਪੱਟੀਆਂ ਦੀ ਇੱਕ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਫੈਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਲਾਲ ਰੰਗ, ਜਿਸ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਦਾ ਵਿਚਲਨ ਸਭ ਤੋਂ ਘੱਟ ਅਤੇ ਸਭ ਤੋਂ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੇ ਬੈਂਗਣੀ ਰੰਗ ਦਾ ਵਿਚਲਨ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਫੇਦ ਰੰਗ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜੋ ਸਾਨੂੰ ਵਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਦੇ ਸਪੇਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਦਾਇਰਾ 7.50×10^{14} Hz ਦੇ ਬੈਂਗਣੀ ਰੰਗ ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ 4×10^{14} Hz ਦੇ ਲਾਲ ਰੰਗ ਤੱਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਨੂੰ ਨਿਰੰਤਰ ਸਟੈਕਟ੍ਰਮ (continuous spectrum) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ—ਨਿਰੰਤਰ ਇਸ ਲਈ ਕਿਉਂਕਿ ਬੈਂਗਨੀ ਰੰਗ ਨੀਲੇ ਰੰਗ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਨੀਲਾ ਰੰਗ ਹਰੇ ਰੰਗ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਹੋਰਾਂ ਰੰਗਾਂ ਨਾਲ ਵੀ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਅਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਸੱਤ ਰੰਗੀ ਪੀਂਘ ਬਣਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਵੀ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਯਾਦ ਰੱਖੋ ਕਿ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ ਭਾਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 2.7) ਜਦੋਂ ਬਿਜਲੀ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਮਾਦੇ ਨਾਲ ਅੰਤਰ ਕਿਰਿਆ ਕਰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਅਣੂ ਇਸ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਸੋਖ ਲੈਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉੱਚ ਊਰਜਾਸਤਰ ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਸਤਰ ਤੇ ਇਹ ਅਸਥਾਈ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਜਦ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਵਾਲੀ ਵਧੇਰੇ ਸਥਾਈ ਸੁਭਾਵਿਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਮੁੜਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਉਹ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਕੀਰਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਉਤਸਰਜਨ ਅਤੇ ਸੋਖਣ ਸਪੈਕਟ੍ਰਾ

ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਊਰਜਾ ਸੋਖਣ ਦੇ ਬਾਅਦ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ 'ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਾ' ਅਖਵਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਅਣੂ ਜਾਂ ਆਇਨ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਸੋਖਣ ਤੇ ਉਤੇਜਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟਰਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਸੈਂਪਲ ਨੂੰ ਗਰਮ ਕਰਕੇ ਜਾਂ ਵਿਕੀਰਣ ਕਰਕੇ ਊਰਜਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਜਦ ਸੈਂਪਲ ਸੋਖਿਤ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਨਿਸ਼ਕਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (ਜਾਂ ਆਵਰਤੀ) ਨੂੰ ਰਿਕਾਰਡ ਕਰ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਸੋਖਣ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫੀ ਨੈਗੇਟਿਵ ਵਾਂਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇੱਕ ਕੰਟਿਨਿਊਅਮ ਵਿਕੀਰਣ ਨੂੰ ਸੈਂਪਲ ਉੱਤੇ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਕੁੱਝ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਨੂੰ ਸੋਖਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਮਾਦਾ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਸੰਗਤ ਲੁਪਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਚਮਕੀਲੇ ਨਿਰੰਤਰ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਗੂੜ੍ਹੇ ਰੰਗ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

ਉਤਸਰਜਨ ਜਾਂ ਸੋਖਣ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਨੂੰ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਮਿਤੀ (spectro) (ਸੈਂਪਲ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਇੱਕ ਪ੍ਰਿਜ਼ਮ ਵਿੱਚ ਲੰਘਾ ਕੇ ਅਲਗ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਵੱਖ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ, ਜੋ ਵੱਖ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦਾ ਫੋਟੋ ਕਾਫੀ ਸੈਸੂਚਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਨੂੰ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅਕਾਰ ਦੇ ਸੈਂਪਲ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਹਾਲਾਂਕਿ ਕੋਈ ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਸਮੇਂ ਤੇ ਇੱਕ ਹੀ ਉਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਸਮੂੰਹ ਵਿੱਚ ਸਭ ਸੰਭਵ ਉਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ,

** ਕਿਸੇ ਗੁਣ ਦੇ ਲਈ ਖੰਡਿਤ (discrete) ਮਾਨਾਂ ਦੇ ਬੰਦਸ਼ ਨੂੰ ਕੁਆਂਟੀ ਕਰਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।*

ਜਦੋਂ ਇਹ ਪਰਮਾਣੂ ਨੀਵੇਂ ਊਰਜਾ ਸਤਰ ਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਤਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤੋਂ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।) (scopy) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜਿਵੇਂ ਉੱਤੇ ਦੱਸਿਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਨਿਰੰਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਉਸ ਵਿੱਚ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਲਾਲ ਤੋਂ ਬੈਂਗਣੀ ਤੱਕ ਸਾਰੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਮੌਜੂਦ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਉਲਟ ਗੈਸ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਲਾਲ ਤੋਂ ਬੈਂਗਣੀ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਨਿਰੰਤਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਾਲੇ ਸਥਾਨ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਅਜਿਹੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਨੂੰ ਰੇਖਾ ਸਟੈਪਕਟ੍ਰਮ ਜਾਂ ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਕਿਉਂਕਿ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਚਮਕੀਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 2.10)।

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਰਚਨਾ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਵਿੱਚ ਰੇਖਾ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਮਹੱਤਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਰ ਇੱਕ ਤੱਤ ਦਾ ਆਪਣਾ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਰੇਖਾ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਰਸਾਇਣਿਕ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀਆਂ ਲੱਛਣਿਕ ਰੇਖਾਵਾਂ ਅਗਿਆਤ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਨੂੰ ਪਛਾਨਣ ਦੇ ਲਈ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਂਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਂਗਲੀਆਂ ਦੇ ਨਿਸ਼ਾਨ ਮਨੁੱਖਾਂ ਨੂੰ ਪਛਾਨਣ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਂਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਗਿਆਤ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਾ ਸਹੀ ਮਿਲਾਨ ਅਗਿਆਤ ਸੈਂਪਲ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨਾਲ ਤੱਤਾਂ ਨੂੰ ਪਛਾਨਣ ਦੇ ਲਈ ਰੱਾਬਰਟ ਬੁਨਸਨ (1811-1899) ਨੇ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਕੀਤਾ।

ਰੁਬੀਡਿਅਮ (Rb), ਸੀਜਿਅਮ (Cs), ਥੈਲਿਅਮ (Tl), ਇੰਡਿਅਮ (In) ਗੈਲਿਅਮ (Ga) ਅਤੇ ਸਕੈਂਡਿਅਮ (Sc) ਆਦਿ ਤੱਤਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਉਦੋਂ ਹੋਈ ਸੀ ਜਦੋਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਖਣਿਜਾਂ ਦਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਵਿਸ਼ੇਲੇਸ਼ਣ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ। ਸੂਰਜ ਵਿੱਚ ਹੀਲਿਅਮ (He) ਤੱਤ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਵਿਧੀ ਦੁਆਰਾ ਗਿਆਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਸੀ।

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਰੇਖੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ

ਜਦੋਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਗੈਸ ਵਿੱਚੋਂ ਬਿਜਲਈ ਵਿਸਰਜਨ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ H_2 ਅਣੂ ਵਿਘਟਤ ਹੋ ਕੇ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਿੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਅੱਲਗ ਆਵਰਤੀਆਂ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਕਈ ਲੜੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਖੋਜੀਆਂ ਦੇ ਨਾਮ ਨਾਲ ਜਾਣਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਬਾਲਮਰ ਨੇ ਸੰਨ 1885 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਦੱਸਿਆ ਕਿ ਜੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਸੰਖਿਆ ($\bar{\nu}$) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$\bar{\nu} = 109{,}677 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \text{cm}^{-1}$$

ਜਿੱਥੇ 'n' ਇੱਕ ਪੂਰਣ ਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਮਾਨ 3 ਜਾਂ 3 ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਭਾਵ n = 3,4,5,.... ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

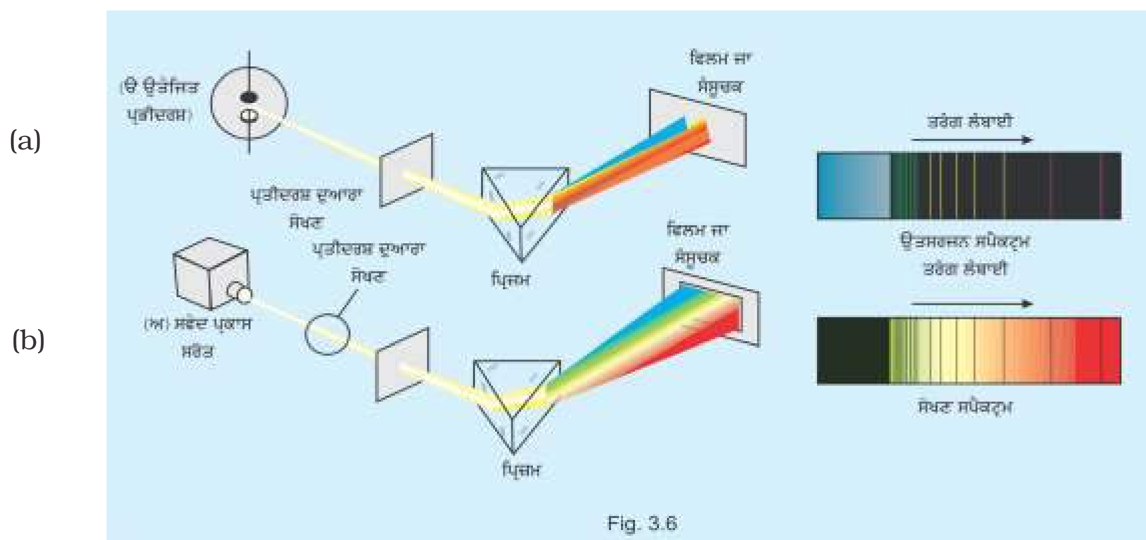


Fig. 3.6

ਚਿੱਤਰ 2.10 (ੳ) ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਉਤਸਰਜਨ : ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ (ਜਾਂ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਤੱਤ) ਦੇ ਉਤੇਜਿਤ *(ਅ)* ***ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਸੋਖਣ*** *ਜਦੋਂ ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਅਨ-ਉਤੇਜਿਤ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਰੇਖਾ ਛਿੱਦਰ (slit) ਅਤੇ ਫਿਰ ਪ੍ਰਿਜ਼ਮ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈਆਂ (ਜੋ ਚਿੱਤਰ 2.10 ੳ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਈਆਂ ਸਨ) ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੀ ਕਮੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਸੰਸੂਚਿਤ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵੀ ਇੱਕ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫੀ ਨੈਗੇਟਿਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।*

ਇਸ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਵਰਣਿਤ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ 'ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ' (Balmer series) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ ਇਸੇ ਲੜੀ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਵੀਡਨ ਦੇ ਇੱਕ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਵਿਗਿਆਨੀ ਜੋਹੇਨਸ ਰਿਡੱਬਰਗ ਨੇ ਦੱਸਿਆ ਕਿ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਲੜੀਆਂ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਈਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ

$$\bar{\nu} = 109,677 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ cm}^{-1} \qquad (2.9)$$

ਜਿੱਥੇ n_1=1,2........ਹਨ ਅਤੇ

$n_2 = n_1 + 1, n_1 + 2$......

109,677 cm^{-1} ਨੂੰ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਰਿਡਬਰਗ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (Rydberg constant) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। n_1 = 1, 2, 3, 4, ਅਤੇ 5 ਵਾਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ ਪੰਜ ਲੜੀਆਂ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਲਾਈਮੈਨ (Lyman), ਬਾਲਮਰ (Balmer), ਪਾਸ਼ਨ (Paschen), ਬ੍ਰੈਕੇਟ (Brackett) ਅਤੇ ਫੰਡ (Pfund) ਲੜੀਆਂ ਅਖਵਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ।

ਸਾਰਣੀ 2.3 ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀਆਂ ਇਹ ਲੜੀਆਂ ਵਿਖਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ। ਚਿੱਤਰ 2.11 ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਲਾਈਮੈਨ, ਬਾਲਸਰ ਅਤੇ ਪਾਸ਼ਨ ਲੜੀਆਂ ਦੇ ਪਾਰਗਮਨ ਨੂੰ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

Series	n_1	n_2	Spectral Region
Lyman	1	2,3....	Ultraviolet
Balmer	2	3,4....	Visible
Paschen	3	4,5....	Infrared
Brackett	4	5,6....	Infrared
Pfund	5	6,7....	Infrared

ਸਾਰਣੀ 2.3 ਪਰਮਾਣੂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੀਆਂ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਸਾਰੇ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਸਰਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਭਾਰੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਬਹੁਤ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਸਭ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮਾਂ ਦੇ ਕੁੱਝ ਲੱਛਣ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਜਿਵੇਂ (*i*) ਹਰ ਇੱਕ ਤੱਤ ਦਾ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਕਿਸਮ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (*ii*) ਹਰ ਇੱਕ ਤੱਤ ਦੇ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਨਿਯਮ ਬੱਧਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

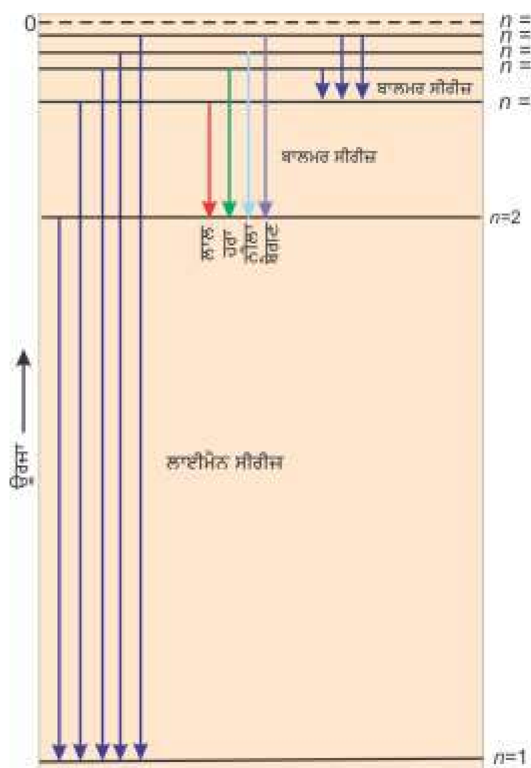
ਹੁਣ ਇਹ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਉੱਠਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕੋ ਜਿਹੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਲੱਛਣਾਂ ਦਾ ਕੀ ਕਾਰਣ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ? ਕੀ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸਬੰਧ ਇਨ੍ਹਾਂ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਰਚਨਾ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ? ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਜਾਣਨਾ ਜਰੂਰੀ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਵੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਇਨ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰਾਂ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਇਨ੍ਹਾਂ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਰਚਨਾ ਸਮਝਣ ਵਿੱਚ ਅਸਾਨੀ ਹੋਈ।

2.4 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਲਈ ਬੋਹਰ ਮਾੱਡਲ

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਆਮ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਵਿਆਖਿਆ ਨੀਲ ਬੋਹਰ ਨੇ ਸੰਨ 1913 ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ। ਭਾਵੇਂ ਸਿਧਾਂਤ ਆਧੁਨਿਕ ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਨਹੀਂ ਸੀ ਫਿਰ ਵੀ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਰਚਨਾ ਅਤੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਾ ਵਿੱਚ ਕਈ ਗੱਲਾਂ ਨੂੰ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਝਾਉਣ ਵਿੱਚ ਇਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਦਾ ਮਾੱਡਲ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਵੈ ਸਿੱਧਾਂ ਉੱਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ—

i) ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਵਰਿਤਾਕਾਰ ਪਥਾਂ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਰਿਤਾਕਾਰ ਪਥਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਆੱਰਬਿਟ ਜਾਂ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਅਨੁਮਤ ਊਰਜਾ ਸਤਰ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਆੱਰਬਿਟ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸਮਕੇਂਦਰਿਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਵਸਥਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ii) ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਇਸ ਲਈ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ



ਚਿੱਤਰ 2.11 ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਲਾਈਮੈਨ, ਬਾਲਮਰ ਅਤੇ ਪਾਸ਼ਨ ਲੜੀਆਂ ਦੇ ਪਾਰਗਮਨ ਨੂੰ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਸਥਾਈ ਸਤਰ ਤੋਂ ਉੱਚੇ ਸਥਾਈ ਸਤਰ ਤੇ ਤਦ ਜਾਵੇਗਾ ਜਦੋਂ ਉਹ ਲੋੜੀਂਦੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਖਣ ਕਰੇਗਾ ਜਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਉੱਚ ਸਥਾਈ ਸਤਰ ਤੋਂ ਨੀਵੇਂ ਸਤਰ ਤੇ ਆਉਣ ਤੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੋਵੇਗਾ (ਸਮੀਕਰਣ 2.16)। ਊਰਜਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਿਰਤੰਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।

ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ

ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪੁੰਜ (*m*) ਅਤੇ ਰੇਖਿਕ ਵੇਗ (v), ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ ਰੇਖਿਕ ਸੰਵੇਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ(angular momentum) ਜੜ੍ਹਤਾ ਘੁੰਮਣ (*I*) ਅਤੇ ਕੋਈ ਵੇਗ (ω) ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। m_e ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ, ਜੋ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਚੌਹਾਂ ਪਾਸਿਆਂ *r* ਅਰਧਵਿਆਸ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦਾ ਹੈ।

ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ $= I \times \omega$

ਕਿਉਂਕ $I = m_e r^2$, ਅਤੇ $\omega = v/r$ ਜਿੱਥੇ v ਰੇਖਿਕ ਵੇਗ ਹੈ

ਇਸ ਲਈ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ = $m_e r^2 \times v/r = m_e vr$

iii) ΔE ਦੇ ਅੰਤਰ ਵਾਲੀਆਂ ਦੋ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੇ ਪਾਰਗਮਨ ਦੇ ਸਮੇਂ ਸੋਖਿਤ ਜਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕੀਰਣ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{E_2 - E_1}{h} \qquad (2.10)$$

ਜਿੱਥੇ E_1 ਅਤੇ E_2 ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਨੀਵੀਆਂ ਅਤੇ ਉੱਚੀਆਂ ਅਨੁਮਤ ਊਰਜਾ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਹਨ। ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਦਾ ਅਵਰਤੀ ਦੀ ਨਿਯਮ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਨੀਲ ਬੋਹਰ
(1885–1962)

ਡੈਨਿਸ਼ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨੀ ਨੀਲ ਬੋਹਰ ਨੇ ਸੰਨ 1911 ਵਿੱਚ ਕੋਪੇਨਹੈਗੇਨ, ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਤੋਂ ਪੀ.ਐਚ.ਡੀ. ਦੀ ਡਿਗਰੀ ਹਾਸਲ ਕੀਤੀ। ਉਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਜੇ.ਜੇ. ਥਾੱਮਸਨ ਅਤੇ ਅਰਨੈਸਟ ਰਦਰ ਫੋਰਡ ਦੇ ਨਾਲ ਇੱਕ ਸਾਲ ਬਿਤਾਇਆ। ਸੰਨ 1913 ਵਿੱਚ ਉਹ ਕੋਪੇਨਹੇਗੇਨ ਪਰਤੇ, ਜਿੱਥੇ ਉਹ ਜੀਵਨ ਭਰ ਰਹੇ। ਇੱਥੇ 1920 ਵਿੱਚ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ ਆੱਫ ਥਿਊਰੈਟਿਕਲ ਫਿਜਿਕਸ ਦੇ ਡਾਇਰੈਕਟਰ ਬਣੇ। ਪਹਿਲੇ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਦੇ ਬਾਅਦ ਬੋਹਰ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸ਼ਾਂਤੀ ਪੂਰਣ ਵਰਤੋਂ ਦੇ ਲਈ ਉਤਸਾਹ ਪੂਰਵਕ ਕਾਰਜ ਕੀਤੇ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਸੰਨ 1957 'Atoms for Peace' ਸਨਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਇਆ। ਸੰਨ 1912 ਵਿੱਚ ਬੋਹਰ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

iv) ਇੱਕ ਇਲੈਕਟਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ ਦਿੱਤੀ ਹੋਈ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$m_e vr = n.\frac{h}{2\pi}, \quad n = 1,2,3..... \qquad (2.11)$$

ਇੰਜ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਸਿਰਫ ਉਨ੍ਹਾਂ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਮਾਨ $h/2\pi$ ਦਾ ਪੂਰਣ ਅੰਕ ਗੁਣਕ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਹੀ ਕਾਰਣ ਹੈ ਕਿ ਕੁਝ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆੱਰਬਿਟ ਹੀ ਅਨੁਮਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਬੋਹਰ ਦੀ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਵਿਸਤਰਿਤ ਜਾਣਕਾਰੀ ਕਾਫੀ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਉਸ ਨੂੰ ਅਗਲੇਰੀਆਂ ਜਮਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਝਾਇਆ ਜਾਵੇਗਾ। ਬੋਹਰ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਲਈ—

(ੳ) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾਵਾਂ n = 1,2,3.......... ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਪੂਰਣ ਅੰਕਾਂ ਨੂੰ ਮੁੱਖ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਆ **Principal quantum number**. ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਭਾਗ 2.6.2) ।

(ਅ) ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੇ ਅਰਧਵਿਆਸਾਂ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ—

$$r_n = n^2 a_0 \qquad (2.12)$$

ਜਿੱਥੇ a_0 = 52.9 pm ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਹਿਲੀ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਆੱਰਬਿਟ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਦਾ ਅਰਧਵਿਆਸ 52.9 pm ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਇਸੇ ਆੱਰਬਿਟ n=1 ਵਿੱਚ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। n ਦੇ ਵੱਧਣ ਦੇ ਨਾਲ r ਦਾ ਮਾਨ ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਤੋਂ ਦੂਰ ਮੌਜੂਦ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(ੲ) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਸਭ ਤੋਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਗੁਣ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਦੀ ਊਰਜਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ—

$$E_n = -R_H\left(\frac{1}{n^2}\right) \text{ ਜਿੱਥੇ } n = 1,2,3.... \qquad (2.13)$$

ਜਿੱਥੇ R_H ਨੂੰ ਰਿਡਬਰਗ ਸਥਿਅ ਅੰਕ **(Rydberg constant)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ 2.18×10^{-18} J. ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਿਊਨਤਮ ਅਵਸਥਾ, ਜਿਸ ਨੂੰ 'ਤਲ ਸਥਿਤ ਅਵਸਥਾ' (ground state) ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੀ ਊਰਜਾ E_1 = – $2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{1^2}\right) = -2.18 \times 10^{-18}$ J ਹੈ। n = 2, ਵਾਲੀ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਦੇ ਲਈ ਊਰਜਾ $E_2 = -2.18 \times 10^{-18}$J $\left(\frac{1}{2^2}\right) = -0.545 \times 10^{-18}$ J ਹੋਵੇਗੀ। ਚਿੱਤਰ 2.11 ਵਿੱਚ

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਸਤਰਾਂ ਨੂੰ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ 'ਊਰਜਾ ਸਤਰ ਚਿੱਤਰ' ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਲਈ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਊਰਜਾ (E_n) ਦਾ ਕੀ ਭਾਵ ਹੈ ?

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਹਰ ਸਮੇਂ ਆਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੇ ਮਾਨ ਨਾਲ ਰਿਣ ਚਿਨ੍ਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਸਮੀਕਰਣ 2.13)। ਇਹ ਰਿਣ ਚਿਨ੍ਹ ਕੀ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ? ਇਸ ਰਿਣ ਚਿਨ੍ਹ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਰ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲਾਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਹੈ। ਸਥਿਰ (rest) ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਤੋਂ ਅਨੰਤ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਦੀ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਸਿਫਰ ਮੰਨ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਗਣਿਤ ਵਿੱਚ ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹੈ ਹੈ ਕਿ ਸਮੀਕਰਣ (2.13) ਵਿੱਚ $n = \infty$ ਰੱਖਿਆ ਜਾਵੇ ਜਿਸ ਨਾਲ $E_\infty=0$ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਕੋਲ ਆਉਂਦਾ ਹੈ (ਜਿਵੇਂ ਘੱਟਦਾ ਹੈ) ਤਿਵੇਂ ਹੀ E_n ਦਾ ਨਿਰਪੇਖ ਮਾਨ ਵੱਧਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਹੋਰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ $n=1$ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਆਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਸ ਨੂੰ 'ਤਲਸਥਿਤ ਅਵਸਥਾ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ।

ਜਦੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੋਂ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਸਿਫਰ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਮੁੱਖ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਆ = $n = \infty$ ਦੀ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਇਨਿਤ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਅਖਵਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੁਆਰਾ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ n ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਊਰਜਾ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ 2.13 ਵਿੱਚ ਰਿਣ ਚਿਨ੍ਹ ਇਸੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਸਿਫਰ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਅਵਸਥਾ ਅਤੇ $n = \infty$ ਦੇ ਸਬੰਧ ਵਿੱਚ ਇਸ਼ਦੇ ਸਥਾਈ ਹੋਣ ਦੇ ਬਾਰੇ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ।

(ਸ) ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਸਮਾਨ ਉਨ੍ਹਾਂ ਆਇਨਾਂ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉੱਤੇ ਵੀ ਬੋਹਰ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ He^+, Li^{2+}, Be^{3+} ਆਦਿ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਆਇਨਾਂ (ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਸਮਾਨ ਸਪੀਸ਼ੀਜ਼ ਅਖਵਾਉਂਦੇ ਹਨ) ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਸਥਿਰ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ

$$E_n = -2.18\times10^{-18}\left(\frac{Z^2}{n^2}\right)\text{J} \qquad (2.14)$$

ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਣ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$r_n = \frac{52.9(n^2)}{Z}\text{pm} \qquad (2.15)$$

ਇੱਥੇ Z ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ ਹੈ। ਹੀਲਿਅਮ ਅਤੇ ਲੀਥਿਅਮ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 2 ਅਤੇ 3 ਹੈ। ਉਪਰੋਕਤ ਸਮੀਕਰਣਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਪ੍ਰਤੱਖ ਹੈ ਕਿ Z ਦੇ ਵੱਧਣ ਦੇ ਨਾਲ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਵਧੇਰੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਨਾਲ ਦ੍ਰਿੜਤਾ ਪੂਰਵਕ ਬੰਨ੍ਹਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(ਹ) ਇਨ੍ਹਾਂ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਵੇਗਾਂ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਨੀ ਵੀ ਸੰਭਵ ਹੈ, ਭਾਵੇਂ ਇਸ ਲਈ ਇਥੇ ਢੁਕਵਾਂ ਸਮੀਕਰਣ ਇੱਥੇ ਨਹੀਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਗੁਣਾਤਮਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਉੱਤੇ ਧਨਚਾਰਜ ਦੇ ਵੱਧਣ ਦੇ ਨਾਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵੇਗ ਵੱਧਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਮੁੱਖ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਵੱਧਣ ਦੇ ਨਾਲ ਇਹ ਘੱਟਦਾ ਹੈ।

2.4.1 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ

ਬੋਹਰ ਦੇ ਮਾੱਡਲ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਭਾਗ 2.3.3 ਵਿੱਚ ਦੱਸੇ ਗਏ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿਆਖਿਆ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਦੇ ਸਵੈ ਸਿੱਧ (ii) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਨੀਵੇਂ ਤੋਂ ਉੱਚੇ ਮੁੱਖ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਆੱਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਜਾਣ ਤੇ ਵਿਕੀਰਣ (ਊਰਜਾ) ਦਾ ਸੋਖਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦਕਿ ਵਿਕੀਰਣ (ਊਰਜਾ) ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਉੱਚੇ ਤੋਂ ਨੀਵੇਂ ਆੱਰਬਿਟ ਦੇ ਵੱਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਜਾਣ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੋ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਊਰਜਾ ਦੇ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

$$\Delta E = E_f - E_i \qquad (2.16)$$

ਸਮੀਕਰਣ 2.13 ਅਤੇ 2.16 ਨੂੰ ਜੋੜਨ ਤੇ

$$\Delta E = \left(-\frac{R_H}{n_f^2}\right) - \left(-\frac{R_H}{n_i^2}\right)$$ (ਜਿੱਥੇ n_i ਅਤੇ n_f ਅਰੰਭਿਕ ਅਤੇ ਅੰਤਿਕ ਆੱਰਬਿਟ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ)

$$\Delta E = R_H\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) = 2.18\times10^{-18}\text{J}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \qquad (2,17)$$

ਸਮੀਕਰਣ (2.18) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਫੋਟਾੱਨ ਦੇ ਸੋਖਣ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਨ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਅਵਰਤੀ (ν) ਦਾ ਮੂਲ ਅੰਕਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{R_H}{h}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$$

$$= \frac{2.18\times10^{-18}\text{J}}{6.626\times10^{-34}\text{J s}}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \qquad (2.18)$$

$$= 3.29\times10^{15}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)\text{Hz} \qquad (2.19)$$

ਸੰਗਤ ਤਰੰਗ ਸੰਖਿਆ ($\bar{\nu}$) ਦੇ ਲਈ

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{R_H}{hc}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \qquad (2.20)$$

$$= \frac{3.29\times10^{15}\,s^{-1}}{3\times10^{8}\,m\,s^{-s}}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$$

$$= 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \qquad (2.21)$$

ਸੋਖਣ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ $n_f > n_i$ ਅਤੇ ਬੈਰਕਟ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਅਤਰਾਵਾਂ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਖਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ $n_i > n_f$, ΔE ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ 2.17 ਰਿਡਬਰਗ ਸਮੀਕਰਣ 2.9 ਵਰਗਾ ਹੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਉਸ ਸਮੇਂ ਤੇ ਉਪਲਬਧ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ। ਇਸ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸੋਖਣ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਹਰ ਇੱਕ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਅਧਿਐਨ ਵਿੱਚ ਕਈ ਸੰਭਵ ਪਾਰਗਮਨ ਵੇਖੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਈ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਜਾਂ ਆਵਰਤੀ ਵਾਲੇ ਕਿੰਨੇ ਫੋਟਾੱਨ ਸੋਖਿਤ ਜਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.10

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ $n = 5$ ਅਵਸਥਾ ਤੋਂ $n = 2$ ਅਵਸਥਾ ਵਾਲੇ ਪਾਰਗਮਨ ਦੇ ਦੌਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਅਵਰਤੀ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਹੱਲ

ਕਿਉਂਕਿ $n_i = 5$ ਅਤੇ $n_f = 2$, ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ ਤੋਂ ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ 2.17 ਤੋਂ

$$\Delta E = 2.18\times10^{-18}\,J\left[\frac{1}{5^2} - \frac{1}{2^2}\right]$$

$$= -4.58\times10^{-19}\,J$$

ਇਹ ਉਤਸਰਜਿਤ ਊਰਜਾ ਹੈ।

ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਅਵਰਤੀ (ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲੈਂਦੇ ਹੋਏ) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ—

$$\nu = \frac{\Delta E}{h}$$

$$= \frac{4.58\times10^{-19}\,J}{6.626\times10^{-34}\,J\,s}$$

$$= 6.91\times10^{14}\,Hz$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.0\times10^{8}\,m\,s^{-1}}{6.91\times10^{14}\,Hz} = 434\ nm$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.11

He^+ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਆੱਰਬਿਟ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਦੱਸੋ ਕਿ ਇਸ ਆੱਰਬਿਟ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ ?

ਹੱਲ

$$E_n = -\frac{(2.18\times10^{-18}\,J)Z^2}{n^2}\ atom^{-1}$$

He^+ ਦੇ ਲਈ $n = 1$, $Z = 2$

$$E_1 = -\frac{(2.18\times10^{-18}\,J)(2^2)}{1^2} = -8.72\times10^{-18}\,J$$

ਸਮੀਕਰਣ 2.15 ਤੋਂ ਆੱਰਬਿਟ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ

$$r_n = \frac{(0.0529\ nm)n^2}{Z}$$

ਕਿਉਂਕਿ $n = 1$, ਅਤੇ $Z = 2$

$$r_n = \frac{(0.0529nm)1^2}{2} = 0.02645$$

2.4.2 ਬੋਹਰ ਮਾੱਡਲ ਦੀਆਂ ਸੀਮਾਵਾਂ

ਇਸ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸ਼ਕ ਨਹੀਂ ਕਿ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਬੋਹਰ ਮਾੱਡਲ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾੱਡਲ ਨਾਲੋਂ ਚੰਗਾ ਸੀ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਇਸ ਦੇ ਵਰਗੇ ਹੋਰ ਆਇਨਾਂ (ਜਿਵੇਂ He^+, Li^{2+}, Be^{3+} ਆਦਿ) ਦੇ ਰੇਖਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਅਤੇ ਸਥਿਰਤਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦਾ ਸੀ, ਪਰ ਬੋਹਰ ਦਾ ਮਾੱਡਲ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਿਆ—

i) ਆਧੁਨਿਕ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਤਕਨੀਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਸੂਖਮ ਰਚਨਾ (ਯੁਗਮਕ) (doublet) ਜਾਂ ਨਾਲ–ਨਾਲ ਸਥਿਤ ਦੋ ਰੇਖਾਵਾਂ) ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਵਿੱਚ

ਅਸਫਲ ਰਿਹਾ। ਇਹ ਮਾੱਡਲ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਹੋਰ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਅਸਮਰਥ ਰਿਹਾ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ ਹੀਲੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਬੋਹਰ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਭੇਦਨ (ਜ਼ੀਮਨ ਪ੍ਰਭਾਵ) ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਭੇਦਨ (ਸਟਾਰਕ ਪ੍ਰਭਾਵ) ਨੂੰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਵੀ ਅਸਫਲ ਰਿਹਾ।

ii) ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਬੰਧਨਾ ਦੁਆਰਾ ਅਣੂ ਬਨਾਉਣ ਦੀ ਯੋਗਤਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਿਆ।

ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਉਪਰੋਕਤ ਸਾਰੀਆਂ ਸੀਮਾਵਾਂ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੈ, ਜੋ ਜਟਿਲ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਰਚਨਾ ਦੇ ਮੁੱਖ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕੇ।

2.5. ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਵੱਲ

ਬੋਹਰ ਮਾੱਡਲ ਦੀਆਂ ਕਮੀਆਂ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਵਧੇਰੇ ਢੁੱਕਵਾਂ ਅਤੇ ਸਧਾਰਣ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦੇ ਯਤਨ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮਾੱਡਲ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਵਿੱਚ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੋ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਤੱਥਾਂ ਦਾ ਵਧੇਰੇ ਯੋਗਦਾਨ ਰਿਹਾ, ਉਹ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਹਨ—

(ੳ) ਮਾਦਾ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ

(ਅ) ਹਾਈਜ਼ਨਬਰਗ ਦਾ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ

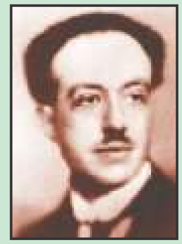
2.5.1 ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ

ਫਰਾਂਸਿਸੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਸੰਨ 1924 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਸਤੂਤ ਕੀਤਾ ਕਿ ਵਿਕੀਰਣ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮਾਦਾ ਨੂੰ ਵੀ ਦੂਹਰਾ ਵਿਹਾਰ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਭਾਵ ਮਾਦਾ ਵਿੱਚ ਕਣ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਦੋਵੇਂ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਗੁਣ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਫੋਟਾੱਨ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਉਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਬ੍ਰਗਾਲੀ ਨੇ ਇਸ ਤਰਕ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਕਿਸੇ ਪਦਰਾਥ ਦੇ ਕਣ ਦੇ ਲਈ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (λ)) ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ (p) ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆ ਸਬੰਧ ਦੱਸਿਆ—

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad (2.22)$$

ਜਿੱਥੇ m ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ, v ਉਸਦੇ ਵੇਗ ਅਤੇ p ਉਸ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਹੈ। ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿਚਾਰਾਂ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਉਦੋਂ ਹੋਈ ਜਦੋਂ ਇਹ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਵਿਵਰਤਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਲੱਛਣ ਹੈ। ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕੀਤੀ ਗਈ, ਜੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਤਰੰਗ ਵਰਗੇ ਵਿਹਾਰ ਤੇ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਧਾਰਣ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀ ਰਚਨਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਉੱਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਗਿਆਨਕ ਖੋਜ-ਕਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵ ਪੂਰਣ ਉਪਕਰਣ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਅਤਿ-ਸੂਖਮ ਵਸਤੂ ਨੂੰ 150 ਲੱਖ ਗੁਣਾ ਵੱਡਾ ਕਰਕੇ ਵੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਲੁਈ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ (1892 – 1987)



ਫਰਾਂਸਿਸੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਲੁਈ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਸੰਨ 1910 ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਅੰਡਰਗਰੈਜੂਏਟ ਸਤਰ ਤੇ ਇਤਿਹਾਸ ਪੜ੍ਹਿਆ। ਪਹਿਲੇ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਦੇ ਦੌਰਾਨ ਰੇਡੀਓ ਪ੍ਰਸਾਰਣ ਦੇ ਲਈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਨਿਯੁਕਤੀ ਹੋਈ। ਉਸ ਦੇ ਬਾਅਦ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਰੁਚੀ ਜਾਗ੍ਰਤ ਹੋਈ। ਸੰਨ 1924 ਵਿੱਚ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਪੈਰਿਸ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿਦਿਆਲੇ ਤੋਂ ਡੀ.ਐਸ.ਸੀ. ਦੀ ਡਿਗਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। ਸੰਨ 1932 ਤੋਂ ਆਪਣੀ ਸੇਵਾ ਮੁਕਤੀ ਦੇ ਸੰਨ 1962 ਤੱਕ ਉਹ ਪੈਰਿਸ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਰਹੇ। ਸੰਨ 1929 ਵਿੱਚ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਦੇ ਕੇ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਇਹ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਗੱਲ ਹੈ ਕਿ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹਰ ਇੱਕ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਸਤੂ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ ਦੇ ਲੱਛਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਸਧਾਰਣ ਵਸਤੂਆਂ ਦਾ ਵਧੇਰੇ ਪੁੰਜ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਣ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਐਨੀਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਕਿ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਤਰੰਗ ਵਾਲੇ ਗੁਣਾਂ ਦਾ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ, ਪਰੰਤੂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਉਪ-ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਕਣ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪਛਾਣਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪਰਿਣਾਮ ਇਸ ਨੂੰ ਗੁਣਾਤਮਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਿੱਧ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.12

0.1 kg ਪੁੰਜ ਅਤੇ 10 m s^{-1} ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਇੱਕ ਗੇਂਦ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਹੱਲ

ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸਮੀਕਰਣ (2.22) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{(6.626 \times 10^{-34}\,\text{Js})}{(0.1\,\text{kg})(10\,\text{m s}^{-1})}$$

$= 6.626 \times 10^{-34}$ m ($J = kg\ m^2\ s^{-2}$)

ਉਦਾਹਰਣ 2.13

ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਾ ਪੁੰਜ 9.1×10^{-31} kg. ਹੈ। ਜੇ ਇਸ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 3.0×10^{-25} J ਹੈ ਤਾਂ ਇਸਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਹੱਲ

ਕਿਉਂਕਿ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ $= \frac{1}{2} mv^2$

$$v = \left(\frac{2K.E.}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\times3.0\times10^{-25}kg\ m^2s^{-2}}{9.1\times10^{-31}kg}\right)^{1/2}$$

$v = 812\ m\ s^{-1}$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626\times10^{-34}Js}{(9.1\times10^{-31}kg)(812\ m\,s^{-1})}$$

$\lambda = 8967 \times 10^{-10}\ m$ $\lambda = 896.7\ nm$

ਉਦਾਹਰਣ 2.14

3.6 Å ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਫੈਟਾੱਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ

$\lambda = 3.6\ Å = 3.6\times10^{-10}\,m$

ਫੈਟਾੱਨ ਦਾ ਵੇਗ = ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ

$$m = \frac{h}{\lambda v} = \frac{6.626\times10^{-34}Js}{(3.6\times10^{-10}m)(3\times10^{8}\ m\,s^{-1})}$$

$m = 6.135 \times 10^{-29}\ kg$

2.5.2 ਹਾਈਜੇਨਬਰਗ ਦਾ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ

ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਵਿਕੀਰਣ ਦੇ ਦੂਹਰੇ ਵਿਹਾਰ ਦੇ ਫਲਸਰੂਪ ਇੱਕ ਜਰਮਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਵਰਨਰ ਹਾਈਜੇਨਬਰਗ ਨੇ ਸੰਨ 1927 ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਿੱਤਾ। ਇਸ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਕਿਸੇ ਇਲੈਕ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਹੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਸਹੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ ਇਕੱਠੇ ਕਰਨਾ ਅਸੰਭਵ ਹੈ।

$$\Delta x \times \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi} \qquad (2.23)$$

ਜਾਂ $\Delta x \times \Delta(mv_x) \geq \frac{h}{4\pi}$

ਅਤੇ $\Delta x \times \Delta v_x \geq \frac{h}{4\pi m}$

ਜਿੱਥੇ Δx ਕਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਅਤੇ Δp_x ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਹੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਸਹੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ ਇਕੱਠੇ ਕਰਨਾ ਅਸੰਭਵ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਬਿਲਕੁਲ ਸਹੀ ਸਥਿਤੀ ਗਿਆਤ ਹੈ Δx ਘੱਟ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ($\Delta(v_x)$ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਾ ਸੰਵੇਗ (ਜਾਂ ਵੇਗ) ਬਿਲਕੁਲ ਸਹੀ ਗਿਆਤ ਹੈ (Δpx ਘੱਟ ਹੈ) ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ (Δx ਜਿਅਦਾ ਗਿਆਤ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਜਾਂ ਵੇਗ ਦੇ ਕੁੱਝ ਭੌਤਿਕ ਮਾਪ ਲਏ ਜਾਣ ਤਾਂ ਇਸ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਹਮੇਸ਼ਾ ਕੁਝ ਅਸਪਸ਼ਟ ਹੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣਗੇ। ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਇੱਕ ਉਦਾਹਰਣ ਦੁਆਰਾ ਬਹੁਤ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਮੀਟਰ ਦੇ ਕਿਸੇ ਅਚਿਨ੍ਹਿਤ ਪੈਮਾਨੇ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਕਾਗਜ ਦੀ ਮੋਟਾਈ ਮਾਪਨ ਦੇ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮ ਸਹੀ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਕਾਗਜ ਦੀ ਮੋਟਾਈ ਨੂੰ ਸਹੀ ਮਾਪਨ ਦੇ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ ਕਾਗਜ ਦੀ ਮੋਟਾਈ ਤੋਂ ਘੱਟ ਇਕਾਈ ਵਾਲੇ ਚਿਨ੍ਹਿਤ ਉਪਕਰਣ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨੀ ਪਵੇਗੀ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਪੈਮਾਨੇ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ, ਜਿਸਦਾ ਅੰਸ਼ ਅੰਕਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀਆਂ ਵਿਸਾਵਾਂ ਤੋਂ ਛੋਟੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਹੋਣ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਅਜਿਹੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਾਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕੀਰਣ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦੀਪਤ ਕਰਨਾ ਪਵੇਗਾ। ਵਰਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀਆਂ ਵਿਸਾਵਾਂ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਅਜਿਹੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਫੋਟਾੱਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ। ਅਜਿਹੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਉੱਚਾ ਸੰਵੇਗ $\left(p=\frac{h}{\lambda}\right)$ ਵਾਲਾ ਫੋਟਾੱਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਤੇ ਉਸ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰ ਦੇਵੇਗਾ। ਬਿਨਾਂ ਸ਼ਕ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤਾਂ ਸਹੀ-ਸਹੀ ਨਿਰਧਾਰਤ ਕਰ ਲਵਾਂਗੇ, ਪਰੰਤੂ ਟਕਰਾਉਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਸਾਨੂੰ ਉਸਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਜਾਣਕਾਰੀ ਹੋਵੇਗੀ।

ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਮਹੱਤਵ

ਹਾਈਜ਼ੇਨਬਰਗ ਦੇ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਨਿਯਮ ਦੀ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਉਲਝਣ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਨਿਯਮ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਮਾਰਗ ਜਾਂ ਪ੍ਰਖੇਪ-ਪੱਥ (trajectories) ਦੇ ਅਸਤੀਤਵ ਦਾ ਖੰਡਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਪ੍ਰਖੇਪ-ਪਥ ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਕੋਣਾਂ ਤੇ ਉਸ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਵੇਗ ਤੋਂ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪਲ ਤੇ ਇੱਕ ਪਿੰਡ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਵੇਗ ਅਤੇ ਉਸ ਉਤੇ ਉਸ ਛਿਣ ਕਾਰਜ ਕਰ ਰਹੇ ਬਲਾਂ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਇਹ ਦੱਸ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ ਤੇ ਪਿੰਡ ਕਿੱਥੇ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਵੇਗ ਨਾਲ ਉਸਦਾ ਪ੍ਰੇਖੇਪ-ਪੱਥ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਵਰਗੇ ਕਿਸੇ ਉਪ-ਪਰਮਾਣੂ ਪਿੰਡ ਦੇ ਲਈ ਇਕੱਠੇ ਉਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਵੇਗ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ

ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਸਹੀ ਤੌਰ ਤੇ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ। ਇਸ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪ੍ਰਖੇਪ ਪਥ ਦੇ ਬਾਰੇ ਗੱਲ ਕਰਨੀ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਹਾਈਜ਼ੇਨਬਰਗ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਸਿਰਫ ਸੂਖਮ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਹੈ। ਸਥੂਲ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਅਤਿ ਥੋੜ੍ਹਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਣ ਤੋਂ ਇਹ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ—

ਜੇ ਇੱਕ ਮਿਲੀਗ੍ਰਾਮ (10^{-6} kg) ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਪਿੰਡ ਤੇ m ਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ

$$\Delta v \times \Delta x = \frac{h}{4\pi m}$$

$$\Delta v \times \Delta x = \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{J s}}{4\times3.1416\times10^{-6}\ \text{kg}} \approx 10^{-28}\text{m}^2\text{s}^{-1}$$

ਪ੍ਰਾਪਤ $\Delta v\times\Delta x$ ਦਾ ਮਾਨ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਅਤੇ ਸਾਰਥਕ ਨਹੀਂ। ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਕਿਹਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਮਿਲੀਗ੍ਰਾਮ ਅਕਾਰ ਦੇ ਪਿੰਡਾਂ (ਜਾਂ ਉਸ ਤੋਂ ਵੱਡੇ ਪਿੰਡਾਂ) ਦੇ ਲਈ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਅਨਿਸ਼ਚਿਚਤਾਵਾਂ ਕਿਸੇ ਅਸਲੀ ਪਰਿਣਾਮ ਦੀਆਂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀਆਂ।

ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਵਰਗੇ ਸੂਖਮ ਪਿੰਡ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ ਕਾਫੀ ਜਿਆਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹੀਆਂ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾਵਾਂ ਵਾਸਤਵਕਿ ਪਰਿਣਾਮ ਦੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਵਜੋਂ— ਇੱਕ 9.11×10^{-31} kg. ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਹਾਈਜ਼ੇਨਬਰਗ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ—

$$\Delta v.\Delta x = \frac{h}{4\pi m}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{Js}}{4\times3.1416\times9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 10^{-4}\text{m}^2\text{s}^{-1}$$

ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਸਹੀ ਸਥਿਤੀ 10^{-8} m ਦੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਤੱਕ ਜਾਣਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕੋਈ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ Δv ਹੋਵੇਗੀ–

$$\frac{10^{-4}\text{m}^2\text{s}^{-1}}{10^{-8}\ \text{m}} = 10^4\text{m s}^{-1}$$

ਜੋ ਐਨੀ ਜਿਆਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਆੱਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਮੰਨਣ ਦੀ ਕਲਾਸਕੀ ਧਾਰਣਾ ਨੂੰ m- ਪ੍ਰਮਾਣਿਕ ਸਾਬਤ ਕਰ ਸਕੇ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਕਥਨ ਨੂੰ ਸੰਭਾਵਿਤ ਕਥਨ ਤੋਂ ਵੱਖ ਕਰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ, ਜੋ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਥਾਨ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਤੇ ਰੱਖਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਮਾੱਡਲ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.15

ਇੱਕ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਢੁਕਵੇਂ ਫੋਟਾੱਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾੱਨ ਨੂੰ 0.1A ਦੂਰੀ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਉਸ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਜਾਣਨ ਦੇ ਲਈ ਸਹੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉਸ ਦੇ ਵੇਗ ਮਾਪਨ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ।

ਹੱਲ

$$\Delta x.\Delta p = \frac{h}{4\pi} \quad \text{or} \quad \Delta x.m\Delta v = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta v = \frac{h}{4\pi\Delta x.m}$$

$$\Delta v = \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{Js}}{4\times3.14\times0.1\times10^{-10}\text{m}\times9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$= 0.579\times10^{7}$ m s^{-1} (1J = 1 kg m^2 s^{-2})

$= 5.79\times10^{6}$ m s^{-1}

ਉਦਾਹਰਣ 2.16

ਇੱਕ ਗੋਲਫ ਦੀ ਗੇਂਦ ਦਾ ਪੁੰਜ 40g ਅਤੇ ਗਤੀ 45 m/s ਹੈ। ਜੇ ਗਤੀ ਨੂੰ 2% ਯਥਾਰਥਤਾ ਦੇ ਅੰਦਰ ਮਾਪਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਵਰਨਰ ਹਾਈਜ਼ੇਨ ਬਰਗ (1901–1976)

ਵਰਨਰ ਹਾਈਜ਼ੇਨ ਬਰਗ ਨੇ ਮਿਊਨਿਖ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਤੋਂ ਸੰਨ 1923, ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕ ਵਿੱਚ ਪੀ.ਐਚ.ਡੀ ਦੀ ਡਿਗਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਉਦੋਂ ਇੱਕ ਸਾਲ ਮੈਕਸ ਬਾਰਨ ਦੇ ਨਾਲ ਮਿਊ ਨਿਖ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਤਿੰਨ ਸਾਲ ਕੋਪੇਨਹੇਗਨ ਵਿੱਚ ਨੀਲ ਬੋਹਰ ਦੇ ਨਾਲ ਕੰਮ ਕੀਤਾ। ਉਹ ਸੰਨ 1927 ਤੋਂ 1941 ਤੱਕ ਲੀਪਸਿਫ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਰਹੇ। ਦੂਜੇ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਦੇ ਦੌਰਾਨ ਉਹ ਪਰਮਾਣੂ ਬੰਬ ਤੇ ਜਰਮਨ ਖੋਜ ਦੇ ਇੰਚਾਰਜ ਸਨ। ਯੁੱਧ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਗਵੇਟਿੰਗਜਨ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਕ ਸੰਸਥਾ ਦਾ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ। ਉਹ ਇੱਕ ਮੰਨੇ ਪ੍ਰਮੰਨੇ ਪਰਬਤ ਆਰੋਹੀ ਸਨ। ਸੰਨ 1932 ਵਿੱਚ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ।