ਅਧਿਆਇ 12

ਪਰਮਾਣੂ (Atom)

12.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਉਨੱਵੀ ਸਦੀ ਤੱਕ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪਰਮਾਣੂ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੇ ਸਮਰਥਨ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਸਬੂਤ ਇਕੱਠੇ ਹੋ ਗਏ ਸੀ 1897 ਵਿੱਚ ਬ੍ਰਿਟਿਸ਼ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਜੋਸਫ ਜੇ. ਟਾਮਸਨ ਨੇ ਗੈਸਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਡਿਸਚਾਰਜ ਦੁਆਰਾ ਲੱਭਿਆ ਕਿ ਵੱਖ ਵੱਖ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਰਿਣਾਤਮਕ ਆਵੇਸਿਤ ਹਿੱਸੇ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ) ਸਾਰੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਲਈ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ, ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਉੱਤੇ ਪੂਰਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵੀ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਉਹ ਬਿਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜ ਦੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਬਰਾਬਰ ਕਰਨ ਲਈ ਉਸਦੇ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਵੀ ਜਰੂਰ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਪਰ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਕੀ ਹੈ ? ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਰੰਚਨਾ ਕੀ ਹੈ।

ਸੰਨ 1898 ਵਿੱਚ ਜੇ .ਜੇ ਟੋਮਸਨ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਮਾਡਲ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਸ ਮਾਡਲ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੰਡਿਆ ਹੋਇਆ ਹੈ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ (Electron)ਇਹਦੇ ਵਿੱਚ ਠੀਕ ਉਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਤ ਹਨ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਹਦਵਾਨੇ ਵਿੱਚ ਬੀਜ। ਇਸ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਤਸਵੀਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਪਲੱਮ ਪੁਡਿੰਗ (Plum Pudding) ਮਾਡਲ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ, ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਬਾਅਦ ਦੀਆਂ ਖੋਜਾਂ ਨੇ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿ ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਦੱਸਿਆ ਕਿ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ਦਾ ਫੈਲਾਅ ਇਸ ਮਾਡਲ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਵੱਖਰਾ ਹੈ ।

ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ, ਸੰਘਣਾ (condense) ਪਦਾਰਥ (ਠੋਸ ਤੇ ਦ੍ਰਵ) ਅਤੇ ਸੰਘਣੀਆਂ ਗੈਸਾਂ ਸਾਰੇ ਹੀ ਤਾਪਮਾਨਾਂ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋ ਮੈਗਨੇਟਿਕ (Electromagnetic) ਵਿਕਰਣ ਪੈਦਾ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ । ਜਿਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਵੱਖਰੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਤੀਬਰਤਾਵਾਂ (Intensities) ਅਲੱਗ-ਅਲੱਗ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ । ਇਹ ਸਮਝਿਆਂ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਵਿਕਰਣ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਡੋਲਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਤੇ ਅਣੂ ਦਾ ਆਪਣੇ ਨੇੜੇ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਤੇ ਅਣੂ ਦੇ ਨਾਲ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਟਕਰਾਅ ਦੇ ਨਾਲ ਕੰਟਰੋਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਸਦੇ ਉਲਟ ਅੱਗ ਵਿੱਚ ਗਰਮ ਕੀਤੀ ਗਈ ਵਿਰਲ (Rare) ਗੈਸ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਗਰਮ ਨਲੀ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਨਾਲ ਉਤੇਜਿਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਗੈਸ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿ ਨਿਊਨ ਸਾਇਨ (Neon Sign) ਮਰਕਰੀ (mercury) ਵਾਸ਼ਪ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਡਿਸਕ੍ਰੀਟ (discrete) ਤਰੰਗਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ।

ਇਨਾਂ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਚਮਕਦਾਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਇਕ ਲੜੀ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਹੋ ਜਿਹੀਆਂ ਗੈਸਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਖਾਲੀ ਜਗਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਵਿਕਰਣ ਇਕ ਹੀ ਅਣੂ ਵਿਚੋ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਨਾ ਕਿ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਆਪਸੀ ਟਕਰਾਅ ਕਾਰਨ। 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸਿੱਧ ਹੋ ਗਿਆ ਸੀ ਕਿ ਹਰੇਕ ਤੱਤ ਵਿੱਚੋ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਵਿਕਰਣ ਇਕ ਵੱਖਰੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਵਿਕਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਤੌਰ ਤੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਹਮੇਸ਼ਾ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਾ ਇਕ ਸਮੂਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿੱਥੇ ਕਿ ਰੇਖਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਤ ਦੂਰੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਤੋ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਮਿਲਿਆ ਕਿ ਅਣੂ ਦੀ ਅੰਦਰੂਨੀ ਸਰੰਚਨਾ ਤੇ ਉਸ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਵਿਕਰਣ ਵਿੱਚ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੰਬੰਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਜੇ .ਜੇ ਟਾਮਸਨ ਦਾ ਇੱਕ ਪੁਰਾਣਾ ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਅਰਨਸਟ ਰਦਰਫਰੋਡ(Ernest Rutherford) ਕੁਝ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਤੱਤਾਂ ਤੋ ਉਤਪੰਨ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਅਲਫਾਂ ਕਿਰਨਾਂ ਤੇ ਇਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਵਿਚ ਮਗਨ ਸੀ। ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸਰੰਚਨਾ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਲਈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ 1906 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦੁਆਰਾ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਕੈਟਰਿੰਗ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਇਕ ਕਲਾਸਕੀ (Classical) ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੱਸਿਆ।

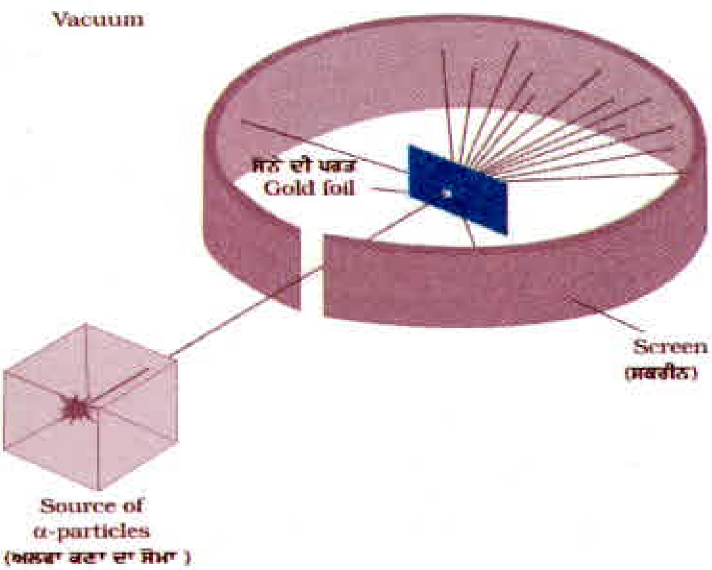
ਇਹ ਪ੍ਰਯੋਗ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਸੰਨ 1911 ਵਿੱਚ ਹੈਂਸ ਰਾਇਗਰ(Hans Geigar) (1882-1945) ਅਤੇ ਅਰਨਸਟ ਮਾਰਸਡੇਨ (Ernest Marsden) (1889–1970) ਜੋ ਕਿ 20 ਸਾਲ ਦੇ ਸਨ ਅਤੇ ਉਹ ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਸੀ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਹਾਲੇ ਤੱਕ ਸਨਾਤਕ ਦੀ ਡਿਗਰੀ ਵੀ ਨਹੀਂ ਸੀ ਲਈ ਨੇ ਕੀਤਾ ਸੈਕਸ਼ਨ 12.2 ਵਿੱਚ ਇਸ ਦੀ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਚਰਚਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਹਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਨੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਗ੍ਰਹਿ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੱਤਾ।(ਜਿਸਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਵੀ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ) ਇਸ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਾਰਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਬਹੁਤਾ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕ (Nucleus) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਚੱਕਰ ਲਗਾਂਦੇ ਹਨ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ।

ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਜਿਸ ਵਰਤਮਾਨ ਰੂਪ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਹੁਣ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਇਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਕਦਮ ਸੀ। ਪਰੰਤੂ, ਇਸ ਤੇ ਇਹ ਚਰਚਾ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਕਿ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਕੇਵਲ ਖੰਡਿਤ (Discrete) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (Wave length) ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਹੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡਰੋਜਨ (Hydrogen) ਵਰਗਾ ਇੱਕ ਸਰਲ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (Electron) ਅਤੇ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟ੍ਰਾਨ (Proton) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਹ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇਕ ਜਟਿਲ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ (Spectrum) ਕਿਵੇਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ? ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕਲਾਸਿਕੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (electron) ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਠੀਕ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਘੁਮਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ, ਅਸੀਂ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਇਸ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਸਵੀਕਾਰ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੁਛ ਗੰਭੀਰ ਪਰੇਸ਼ਾਨੀਆਂ ਹਨ।

ਅਰਨਟਸ ਰਦਰਫੋਰਡ (Erinest Rutherford) (1871–1937) ਅੰਗਰੇਜ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਜਿਸਨੇ ਰੇਡਿਓ ਵਿਕਿਰਣਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵਧੀਆ ਕੰਮ ਕੀਤਾ। (Federick Soddy) ਦੇ ਨਾਲ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਥੋਰਿਆਮ (Thorium) ਚੋ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੇ ਵਿਕਿਰਣਾ ਦਾ ਅਧਿਅਨ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਗੈਸ ਥੋਰੋਣ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ ਜੋ ਰੇਡਾਨ ਦਾ ਆਈਸੋਟੋਪ (Isotope) ਹੈ। ਪਤਲੇ ਧਾਤੂ ਦੇ ਵਰਕ ਉਤੇ ਅਲਫਾ ਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਸਕੈਟਰਿੰਗ (Scartering) ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਗ੍ਰਹਿ ਮਾਡਲ ਪ੍ਰਸਾਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ। ਉਸਨੇ ਨਾਭਿਕ (Nucleus) ਦੇ ਅਕਾਰ ਦਾ ਵੀ ਅੰਦਾਜਾ ਲਾ ਲਿਆ।

12.2 ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਦਾ ਖੰਡਾਓ ਅਤੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ (Alpha Particle Scattering And Ruther Ford Nuclear Model of Atom)

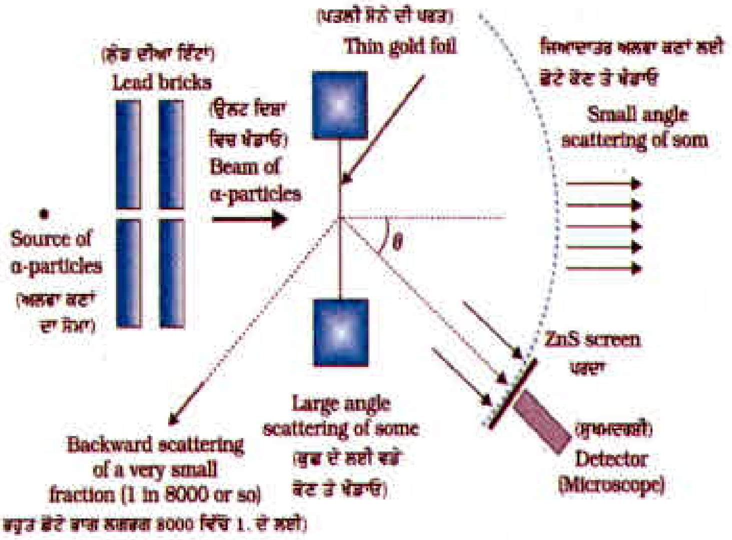
ਸੰਨ 1911 ਵਿੱਚ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਸੁਝਾਵ ਤੇ ਐਚ.ਗਇਗਰ (H.Geiger) ਅਤੇ ਇ.ਮਾਰਸੇਡਨ (E.Marsden) ਨੇ ਕੁੱਝ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤੇ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਵਲੋ ਕੀਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚੋ ਇੱਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵ ਸੋਮਾ (source) $^{214}_{83}Bi$ ਤੋ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ 5.5Mev. ਉਰਜਾ ਵਾਲੇ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਇਕ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਸੋਨੇ ਦੀ ਇੱਕ ਪਤਲੀ (ਪਰਤ) (Sheet) ਤੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ।



ਚਿੱਤਰ 12.1:– ਗਇਗਰ ਮਾਰਸੇਡਨ ਖੰਡਾਓ ਪ੍ਰਯੋਗ ਸਾਰਾ ਉਪਕਰਣ ਇੱਕ ਵੈਕੂਅਮ(vaccum) ਕਮਰੇ ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆਂ ਹੈ।

ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਿੱਤਰ 12.1 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ। ਚਿੱਤਰ 12.2 ਵਿੱਚ ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਇਕ ਤਰਤੀਬਵਾਰ ਢੰਗ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵ ਸੋਮੇ $^{214}_{83}Bi$ ਤੋ ਪੈਦਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਇੱਕ ਪਤਲੇ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਲੈਡ (lead) ਦੀਆਂ ਇੱਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚੋ ਗੁਜਾਰ ਕੇ ਇਕੋ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ (collimate) ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਇਸ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਨੂੰ 2.1×10^{-7}m ਮੋਟੀ ਇੱਕ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਉਤੇ ਸੁੱਟਿਆ ਗਿਆ। ਖੰਡਿਤ ਹੋਏ ਅਲਫ਼ਾ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਘੁੰਮਣ ਵਾਲੇ ਡਿਟੇਕਟਰ (Detector) ਨਾਲ ਮਾਪੀਆ ਗਿਆ। ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਜਿੰਕ ਸਲਫਾਇਡ (ZnS) ਦਾ ਪਰਦਾ ਅਤੇ ਇੱਕ ਸੁਖੇਦਰਸ਼ੀ (microscope) ਸੀ। ਖੰਡਿਤ ਕਣ ZnS ਦੇ ਪਰਦੇ ਤੇ ਟਕਰਾ ਕੇ ਇੱਕ ਚਮਕੀਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੁਖਮਦਰਸ਼ੀ ਨਾਲ ਦੇਖਿਆਂ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਖੰਡਾਓ (Scattering) ਕਣਾਂ ਦੇ ਵਿਤਰਣ ਦਾ ਖੰਡਾਓ (Scattering) ਕੋਣ ਦੇ ਫਲਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

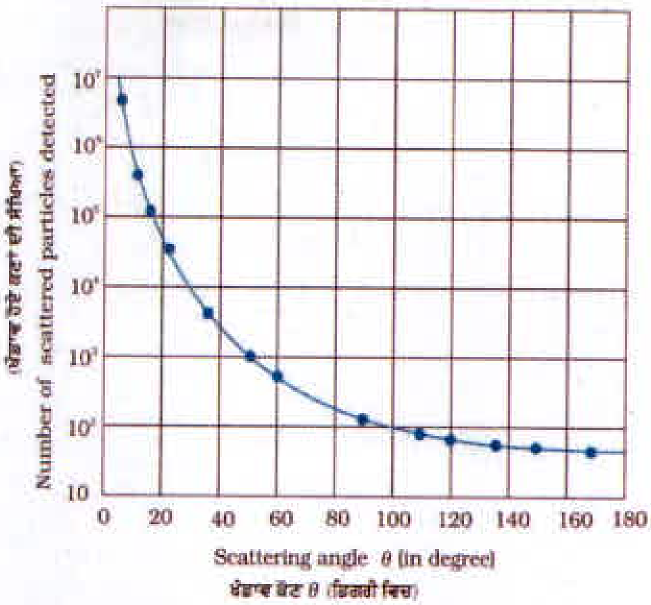


ਚਿੱਤਰ 12.2:– ਗਇਗਰ ਮਾਰਸੇਡਨ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦਾ ਯੋਜਨਾਬੰਧ ਪ੍ਰਬੰਧ

ਚਿੱਤਰ 12.3 ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਅਲਗ-ਅਲਗ ਕੋਣਾਂ ਤੇ ਖੰਡਾਉ (Scatter) ਹੋਏ ਕੁਲ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਦਾ ਇਕ ਆਮ ਆਲੇਖ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ, ਗਏ ਬਿੰਦੂ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਅੰਕੜਿਆ ਨੂੰ ਆਲੇਖਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਅਤੇ ਠੋਸ ਵਕਰ (Solid Cureve) ਇੱਕ ਸਿਧਾਂਤਕ ਪੁਰਵਾਅਭਾਸ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਕਲਪਨਾ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਸੰਘਣਾ ਅਤੇ ਧਨਅਵੇਸਿਤ ਨਾਭਿਕ ਹੈ। ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਅਲਫ਼ਾ ਕਣ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਕੀ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਸਿਰਫ 0.14% ਅਲਫਾ-ਕਣ 1^0 ਤੋਂ ਵੱਧ ਦੇ ਕੋਣ ਤੇ ਖਿੰਡਾਉ (Scatter) ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ 8000 ਵਿੱਚੋਂ ਕੋਈ ਇੱਕ 90^0 ਤੋਂ ਵੱਧ ਕੋਣ ਤੇ ਖਿੰਡਾਉ (Scatter) ਕਰਦਾ ਹੈ। ਰਦਰਫੋਰਡ (Rutherford) ਨੇ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਦਿੱਤਾ। ਕੀ ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਨੂੰ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਖੰਡਾਉ (Scatter) ਕਰਣ ਲਈ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ (Repulsive) ਬੱਲ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ।

ਇਨਾ ਜਿਆਦਾ ਬਲ ਤਾਂ ਹੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜੇਕਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਬਹੁਤਾ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ਇਸ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਕੇਂਦ੍ਰਿਤ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਅੰਦਰ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਅਲਫਾ ਕਣ ਇਸ ਨੂੰ ਬਿਨਾਂ ਭੇਦੇ (penetrate) ਧਨ ਚਾਰਜ ਦੇ ਬਹੁਤ ਨੇੜੇ ਆ ਜਾਵੇਗਾ। ਇਸ ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਕੋਣ ਤੇ ਖੰਡਾਉ (Scatter) ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕ (Nucleus) ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਜਿਸ ਲਈ ਰਦਰਫੋਰਡ (Rutherford) ਨੂੰ ਨਾਭਿਕ (Nucleus) ਦਾ ਖੋਜਕਰਤਾ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ (Nuclear model) ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁੱਲ ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਜਿਆਦਾਤਰ ਪੁੰਜ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕ (Nuclear) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ



ਚਿੱਤਰ 12.3 : ਚਿੱਤਰ 12.1 ਅਤੇ 12.2 ਵਿਚ ਗਾਇਨਰ ਅਤੇ ਮਾਰਸੇਡਨ ਵਲੋਂ ਕੀਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਪਤਲੀ ਪਰਤ ਉਤੇ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸੁਟਣ ਤੇ ਅਲਗ - ਅਲਗ ਕੋਣਾਂ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਖੰਡਾਵ ਅੰਕੜੇ (ਬਿੰਦੂਆ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ) ਰਦਰਫੋਰਡ (rutherford)

ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (Electron) ਇਸ ਤੋ ਕੁਝ ਦੂਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਆਪਣੇ - ਆਪਣੇ ਪੱਥ ਤੇ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ, ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਿਵੇਂ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਗ੍ਰਹਿ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾ ਨੇ ਦਸਿਆ ਕੀ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਕਾਰ ਲਗਭਗ 10^{-15} m ਤੋਂ 10^{-14}m ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਗਤਿਕ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਅਕਾਰ 10^{-10}m ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੋ ਕੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਕਾਰ ਤੋਂ 10,000 ਤੋ 100,000 ਗੁਣਾਂ ਵੱਡਾ ਹੈ। (ਕਲਾਸ 11 ਦੀ ਭੋਤਿਕੀ ਦੀ ਪੁਸਤਕ ਦੇ 11ਵੇ ਅਧਿਆਈ ਦਾ ਸੇਕਸ਼ਨ 11--6 ਦੇਖੋ) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਭਿਕ ਤੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਕਾਰ ਤੋ ਲਗਭਗ 10,000 ਤੋਂ 100,000 ਗੁਣਾਂ ਦੂਰ ਦਿਖਾਈ ਦੇਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਬਹੁਤ ਸਾਰਾ ਭਾਗ ਖਾਲੀ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਬਹੁਤ ਸਾਰਾ ਭਾਗ ਖਾਲੀ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਹ ਸਮਝਣਾ ਅਸਾਨ ਹੈ ਜਿਆਦਾਤਰ ਅਲਫਾ ਕਣ ਪਤਲੀ ਧਾਤ ਦੀ ਪਰਤ ਵਿਚੋਂ ਬਿਨਾਂ ਖੰਡਾਓ (Scatter) ਹੋਏ ਬਾਹਰ ਕਿਉਂ ਨਿਕਲ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਅਲਫਾ ਕਣ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕੋਲ ਆਉਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਦੇ ਲਾਗੇ ਜਿਹੜਾ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉਹ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਵੱਡੇ ਕੋਣ ਤੇ ਖੰਡਾਓ (Scatter) ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬਹੁਤ ਹਲਕੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਇਸ ਲਈ ਉਹ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਤੇ ਕੋਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਪਾ ਸਕਦੇ। ਚਿੱਤਰ 12.3 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਅੰਕੜਿਆਂ ਨੂੰ ਰਦਰਫੋਰਡ (Rutherford) ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਤੋਂ ਸਮਝਿਆਂ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਬਹੁਤ ਪਤਲੀ ਹੋਣ ਕਾਰਣ ਇਹ ਸੋਚਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਕਿ ਇਸ ਪਰਤ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰਦੇ ਸਮੇ ਅਲਫਾ ਕਣ ਇਕ ਤੋਂ ਜਿਆਦਾ ਵਾਰ ਖੰਡਾਓ(Scatter) ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਇਕ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਖਿੰਡੇ (Scatter) ਹੋਏ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੇ ਪਥ ਨੂੰ ਸਮਝਣਾ ਕਾਫੀ ਹੈ। ਅਲਫਾ ਕਣ ਹਿਲੀਅਮ (Helium) ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਹਨ।

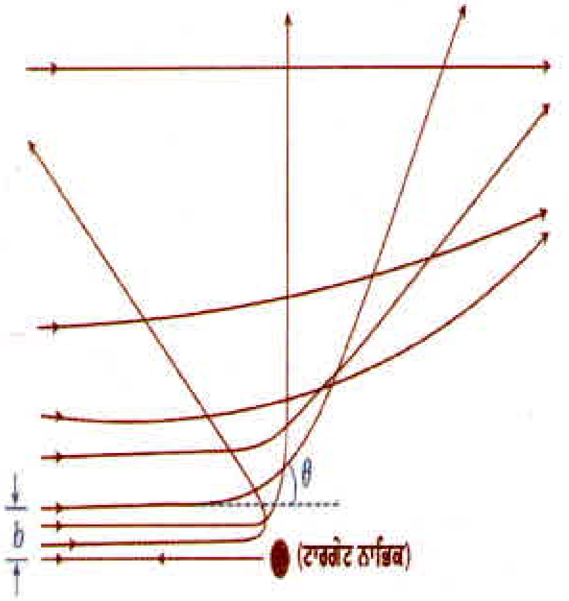
ਇਸ ਲਈ ਇਨ੍ਹਾਂ ਤੇ ਦੋ ਇਕਾਈ 2e ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਇਸ ਦਾ ਪੁੰਜ(Mass) ਹੀਲਿਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਚਾਰਜ Ze ਹੈ,ਜਿਥੇ Z ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ ਹੈ ਜੋ ਸੋਨੇ ਦੇ ਲਈ 79 ਹੈ। ਕਿਉਕਿ ਸੋਨੇ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ 50 ਗੁਣਾ ਵੱਡਾ ਹੈ ਇਸਲਈ ਇਹ ਸੋਚਣਾ ਹੈ ਕੀ ਖੰਡਾਓ (Scattering) ਦੇ ਸਮੇਂ ਸੋਨੇ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਇਹਨਾਂ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ ਅਤੇ ਨਿਊਟਨ (Newton) ਦੇ ਦੂਜੇ ਨਿਯਮ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕੂਲਮ (Coulomb) ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ਣ ਬੱਲ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ, ਖਿੰਡੇ (Scatter) ਹੋਏ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੇ ਪੱਥ ਦਾ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

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

ਜਿੱਥੇ r ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੀ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਮਿਲਾਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ -ਜਿਵੇਂ ਅਲਫਾ ਕਣ ਨਾਭਿਕ ਵੱਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਉਸ ਤੋਂ ਦੂਰ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬੱਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਉਸ ਦੇ ਹਿਸਾਬ ਨਾਲ ਲਗਾਤਾਰ ਬਦਲਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ।

12.2.1 ਅਲਫਾ ਕਣ ਦਾ ਪੱਥ (Alpha Particle Trajectory)



ਚਿੱਤਰ 12.4 ਟਾਰਗੇਟ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕੂਲਮ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦਾ ਪਰਿਪੇਖ ਪੱਧ ਇਸਪੈਕਟ ਪੈਰਾਮੀਟਰ (b) ਅਤੇ ਖੰਡਾਓ ਕੋਣ ਵੀ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਅਲਫਾ ਕਣ ਵਲੋ ਪਰਖੇਪਿਤ (trace) ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਪੱਥ ਟੱਕਰ ਦੇ ਇੰਪੈਕਟ ਪੈਰਾਮੀਟਰ(Impact Parameter) b ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਇੰਪੈਕਟ ਪੈਰਾਮੀਟਰ(Impact Parameter) ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਵੇਗ ਸਦਿਸ਼ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕੇਦਰ ਵਿਚਲੀ ਲੰਬ ਦੂਰੀ ਹੈ। (ਚਿਤੱਰ 12.4)

ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਇਸੰਪੈਕਟ ਪੈਰਾਮੀਟਰ(Impact Parameter) b ਦਾ ਵਿਤਰਣ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ ਕੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਲਗ -ਅਲਗ ਦਿਸ਼ਾਵਾ ਵਿੱਚ ਅਲਗ -ਅਲਗ ਸੰਭਾਵਨਾਵਾਂ ਨਾਲ ਖਿੰਡ ਦੇ (Scatter) ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਨਾਭਿਕ ਵੱਲ ਸੁੱਟੇ ਸਾਰੇ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਉਰਜਾ ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ ਹੈ। ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕੀ ਜਿਹੜੇ ਅਲਫਾ ਕਣ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਲਾਗੇ ਹਨ (ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਇਸੰਪੈਕਟ ਪੈਰਾਮੀਟਰ) (Impact Parameter) b ਘੱਟ ਹੈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਖੰਡਾਓ (Scattering) ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿਹੜਾ ਅਲਫਾ ਕਣ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਸਿੱਧਾ ਉਤੇ ਟੱਕਰ ਕਰਨ ਜਾ ਰਿਹਾ ਹੈ ਉਸ ਦਾ b ਸੱਭ ਤੋ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਅਲਫਾ ਕਣ ਠੀਕ ਅਪਣੇ ਪੱਥ ਤੇ ਵਾਪਸ ਪਲਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ($\theta \cong$ Z)

ਜਿਸ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦਾ b ਜਿਆਦਾ ਹੈ ਉਹ ਆਪਣੇ ਪੱਥ ਤੋ ਮੁੜੇ ਬਿਨਾ ਸਿੱਧਾ ਨਿਕਲ ਜਾਦਾਂ ਹੈ ($\theta \cong \pi$) ਇਹ ਤੱਥ ਕੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਜੋ ਕੀ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਤੇ ਸੁਟੇ ਗਏ ਹਨ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਇਕ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਸੰਖਿਆ (fraction) 180^0 ਤੋ ਵਾਪਸ ਮੁੜਦੀ ਹੈ ਇਹ ਦਿਖਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕੀ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਅਲਫਾ ਕਣ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਸਿੱਧਾ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤੋ ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕੀ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਇਕ ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਆਇਤਨ ਤੇ ਕੇਂਦ੍ਰਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਖੰਡਾਵ(Nuclear Scattering) ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਕਾਰ ਦੀ ਉਚਤਮ ਸੀਮਾ ਜਾਨਣ ਦਾ ਇਕ ਵਧੀਆ ਤਰੀਕਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.1 ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਚ ਨਾਭਿਕ (ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ $\approx 10^{-15}$ m) ਸੂਰਜ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਪਣੇ ਔਰਬਿਟ (orbit) (ਅਰਧ ਵਿਆਸ $\approx 10^{-10}$ m) ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਰਤੀ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਸੋਰ ਪਰਿਵਾਰ ਦੀਆਂ ਵਿਸਾਂ ਉਸੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਜੋ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਹਨ, ਤੇ ਕੀ ਧਰਤੀ ਅਪਣੀ ਹੁਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਅਪੇਖਿਆ ਸੂਰਜ ਦੇ ਲਾਗੇ ਹੁੰਦੀ ਜਾਂ ਦੂਰ ?

ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਰਬਿਟ (orbit) ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ $1.5x10^{11}$m ਹੈ। ਸੂਰਜ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ $7x10^{8}$m ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਹੱਲ:- ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਆਰਬਿਟ(Orbit) ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ (10^{-10}m)/(10^{-15}m) ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਆਰਬਿਟ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋ 10^{5} ਗੁਣਾ ਵੱਧ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਪੱਥ ( ) ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਸੂਰਜ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ 10^{5} ਗੁਣਾਂ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਧਰਤੀ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ $10^{5}x7x10^{8}=7x10^{13}$m ਹੋਵੇਗਾ। ਇਹ ਧਰਤੀ ਦੇ ਅਸਲੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋਂ 100 ਗੁਣਾ ਵੱਧ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਧਰਤੀ ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਦੂਰ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕੀ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਸਾਡੇ ਸੂਰਜੀ ਪਰਿਵਾਰ ਦੇ ਬਦਲੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰਾ ਭਾਗ ਖਾਲੀ ਪਿਆ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.2:- ਗਾਇਗਰ - ਸਾਰਸੇਡਨ(Geiger-Marseden) ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ 7.7Mev ਦੇ ਕਿਸੇ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੀ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਨਾਲ ਛਿਣ ਭਰ ਲਈ ਅਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾ ਨਜਦੀਕੀ ਦੂਰੀ ਕੀ ਹੈ ?

ਹੱਲ:- ਇੱਥੇ ਮੁੱਖ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ ਕੀ ਖੰਡਾਓ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਹੁੰਦੇ ਸਮੇਂ ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਤੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਵਾਲੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਕੁਲ ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਤੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ E_i, ਛਿਣਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਆਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ E_f ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਆਰੰਭਿਕ ਊਰਜਾ E_i ਆਗਾਮੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੀ ਗਤਿਕ ਊਰਜਾ K ਦੇ ਠੀਕ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਅੰਤਲੀ ਊਰਜਾ E_f ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਬਿਜਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ U ਹੀ ਹੈ। ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ U ਸਮੀਕਰਨ 12.1 ਤੋਂ ਮਾਪੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਮੰਨ ਲਓ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਅਤੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ d ਹੈ। ਜਦੋਂ ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਪਨੇ ਵਿਰਾਮ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ, ਤਦ ਊਰਜਾ ਸੰਰਖਨ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ $E_i=E_f$ ਨੂੰ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{d} = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 d}$$

ਅਤੇ ਨਜਦੀਕੀ ਦੂਰੀ d ਹੋਵੇਗੀ $d = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 K}$

ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤਿਕ ਸੋਮਿਆਂ ਤੋ ਪੈਂਦਾ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ ਪਾਈ ਜਾਣ ਵਾਲੀ ਜਿਆਦਾ ਤੋ ਜਿਆਦਾ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 7.7 Mev ਜਾਂ $1.2x10^{-12}$ J ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \times 10^9$ N m^2/C^2 ਇਸ ਲਈ

e = $1.6x10^{-19}$c ਦੇ ਨਾਲ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

$$d = \frac{(2)(9.0\times10^9\,Nm^2/C^2)(1.6\times10^{-19}C)^2 Z}{1.2\times10^{-12}\,J}$$

$=3.84x10^{-16}$Zm

ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਨੰਬਰ=79, ∴ d(Au)=$3x10^{-14}$m=30fm(1fm(ਫਰਮੀ)=10^{-15}m) ਇਸ ਲਈ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ $3x10^{-14}$m ਤੋ ਘੱਟ ਹੈ। ਇਹ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਸਲ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਮਾਨ ਨਾਲ ਬਿਲਕੁਲ ਮੇਲ ਨਹੀ ਖਾਉਂਦਾ। ਇਸ ਉਲਟ ਨਤੀਜੇ ਦਾ ਕਾਰਣ ਇਹ ਹੈ ਕੀ ਨਜਦੀਕ ਪਹੁੰਚਣ ਦੀ ਦੂਰੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਅਤੇ ਸੋਨੇ ਦੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸਾ ਦੇ ਜੋੜ ਤੋ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਅਲਫਾ ਕਣ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਬਿਨ੍ਹਾਂ ਸਪਰਸ਼ ਕੀਤੇ ਅਪਣੀ ਗਤੀ ਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਉਲਟ ਕਰ ਲੇਂਦਾ ਹੈ।

12.2.2 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਥ (Electron orbits) ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਲਾਸਿਕੀ ਦੀਆਂ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹਨ। ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਇਕ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਿਤ ਗੋਲੇ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਸਦਾ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ,ਭਾਰੀ ਅਤੇ ਧਨ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਨਾਭਿਕ ਹੈ, ਜੋ ਆਪਣੇ - ਆਪਣੇ ਗਤਿਮਾਣ ਸਥਿਤ ਪੱਥਾ ਵਿੱਚ ਘੁਮਦੇ ਹੋਏ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾ ਨਾਲ ਘਿਰਿਆ ਹੈ। ਘੁਮਦੇ ਹੋਏ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ F_e ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਅਪਣੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਬਣਾਏ ਰੱਖਣ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ(Centripetal force) ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਗਤਿਮਾਣ ਸਥਿਰ ਪੱਧ ਦੇ ਲਈ।

$$F_e = F_C$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} \qquad (12.2)$$

ਇਸ ਲਈ ਪੱਥ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਹੋਵੇਗਾ।

$$r = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m v^2} \qquad (12.3)$$

ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ (K) ਅਤੇ ਸਥਿਤ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ U ਹੋਵੇਗੀ।

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} \quad \text{ਅਤੇ} \quad U = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

(U ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਇਹ ਦਰਸਾਉਦਾ ਹੈ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ –r ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ) ਇਸ ਲਈ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ E,

$$E = K + U = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$= -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} \qquad (12.4)$$

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ। ਇਹ ਗੱਲ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ (Bound) ਹੈ। ਜੇਕਰ E ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਬੰਦ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਘੁੰਮਦਾ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.3 ਪ੍ਰਯੋਗ ਤੋ ਇਹ ਪੱਤਾ ਲਗਿਆ ਹੈ ਕੀ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਇਕ ਪਰਉਟੋਨ(protron) ਅਤੇ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿੱਚ ਅਲਗ ਕਰਨ ਲਈ 13.6eV ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਪੈਂਦੀ ਹੈ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਥ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ ਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ:- ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ -13.6eV = $-13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$,J = -2.2×10^{-18}J

ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ 12.4 ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਮਿਲਦਾ ਹੈ

$$-\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} = -2.2 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

ਇਸ ਤੋ ਪੱਥ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ

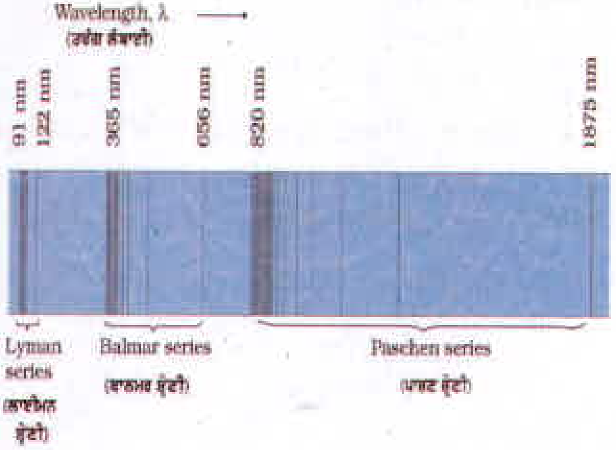
$$r = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 E} = -\frac{(9\times10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(1.6\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(2)(-2.2\times10^{-18}\ \text{J})}$$

$= 5.3 \times 10^{-11}$

ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਵੇਗ,ਸਮੀਕਰਣ (12.3) ਤੋਂ m=9.1 X 10^{-31}kg ਲੈ ਕੇ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

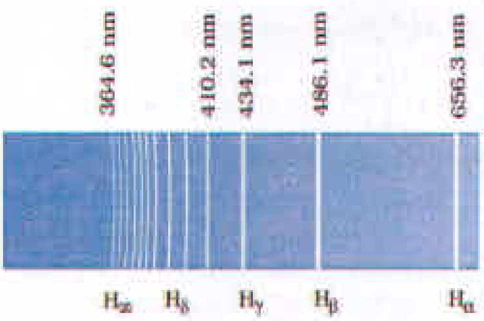
$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r}} = 2.2 \times 10^6 \text{ m/s.}$$

12.3 ਪਰਮਾਣਵੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ(Atomic Spectrum) ਸੈਕਸ਼ਨ 12.1ਅਨੁਸਾਰ,ਹਰੇਕ ਤੱਤ ਆਪਣਾ ਵਿਸ਼ੇਸ (Characteristic) ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋ ਕੋਈ ਪਰਮਾਣਵੀ ਗੈਸ ਜਾਂ ਵਾਸ਼ਪ ਘੱਟ ਦਬਾਅ ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕਰਕੇ ਉਤੇਜਿਤ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਵਿਕਿਰਣ ਤੋਂ ਜੋ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,ਉਸ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਵਿਸ਼ੇਸ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਨੂੰ ਉਤਸਰਜਿਤ ਰੇਖੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ (Emission line Spectrum) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ ਕਾਲੀ ਪਿਠੱਭੂਮੀ ਤੇ ਚਮਕਦਾਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਚਿੱਤਰ 12.5 ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਲੋ ਉਤਸਰਜਿਤ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਿਖਾਈਆ ਗਿਆ ਹੈ।ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਰੇਖੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ, ਗੈਸ ਦੀ ਪਹਿਚਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਫਿੰਗਰਪ੍ਰਿੰਟਰ ਦਾ ਕੰਮ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਚਿੱਟਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਸੇ ਗੈਸ ਚੋ ਹੋ ਕੇ ਗੁਜਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਅਸੀਂ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਮਿਟਰ ਰਾਹੀਂ ਉਸ ਪਾਰ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਜਾਂਚ ਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਕਾਲੀਆਂ (dark) ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਕਾਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਪਰਿਸ਼ੁਧ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉਨ੍ਹਾਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜੋ ਉਸ ਗੈਸ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਪਾਈਆਂ ਜਾਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਉਸ ਗੈਸ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਅਬਸੋਰਪਸ਼ਨ ਸਪੇਕਟਰਮ (Absorption Spectrum) ਕਿਹਾ ਜਾਦਾਂ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 12.5 ਹਾਇਡ੍ਰਰੋਜਨ ਦੇ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਿਤ ਰੇਖਾਵਾਂ

12.3.1 ਸਪੇਕਟਰਮ ਲੜੀ (Spectrum Series) ਅਸੀਂ ਇਹ ਆਸ਼ਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਵਿੱਚੋਂ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਕੁੱਝ ਪੱਕਾ (Regular) ਪੈਟਰਨ (Pattern) ਦਰਸਾਉਦੀਆਂ ਹਨ।ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਇੱਕ ਸਰਲ ਪਰਮਾਣੂ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਦਾ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵੀ ਸਰਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ, ਸਰਸਰੀ ਤੌਰ ਤੇ ਦੇਖਣ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਸਪੇਕਟਰਮ ਰੇਖਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕ੍ਰਮ ਜਾਂ ਸਮਾਨਤਾ ਨਜਰ ਨਹੀਂ ਆਉਂਦੀ, ਪਰ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੇ ਕੁੱਝ ਵਿਸ਼ੇਸ ਹਿਸਿਆਂ (Set) ਵਿੱਚ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਨਿਯਮਿਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਘਟਦੀ ਜਾਂਦੀ (ਚਿੱਤਰ 12.5)। ਇਸਦੇ ਵਿੱਚ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਹਰ ਸਮੂਹ ਨੂੰ ਸਪੇਕਟਰਮੀ ਲੜੀ (Spectrum Series) ਕਿਹਾ ਜਾਦਾਂ ਹੈ। ਸੰਨ 1885 ਵਿੱਚ ਸਵੀਡਨ ਦੇ ਇੱਕ ਸਕੂਲ ਅਧਿਆਪਕ ਜਾਨ ਜੈਕਬ ਬਾਲਮਰ (Johann Jocob Balmer) (1825-1898) ਨੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੇ ਦਿੱਖ ਖੇਤਰ (Visible Region) ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਲੜੀ ਦੇਖੀ। ਇਸ ਲੜੀ ਨੂੰ ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। (ਚਿੱਤਰ 12.6) ਲਾਲ ਰੰਗ ਦੀ ਸਭ ਤੋ ਵੱਧ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 656.3nm ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਨੂੰ H_α ; 486.1nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀ ਹਰੀ,



ਚਿੱਤਰ 12.6 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੀ ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ

ਨੀਲੀ ਅਗਲੀ ਰੇਖਾ ਨੂੰ H_β : 434.1nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ , ਬੈਂਗਨੀ ਰੰਗ ਦੀ ਰੇਖਾ ਨੂੰ H_γ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ - ਜਿਵੇਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਘਟਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਰੇਖਾਵਾਂ ਲਾਗੇ ਹੁੰਦੀਆਂ ਜਾਪਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਬਾਲਮਰ ਨੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇੱਕ ਸੌਖਾ ਸੂਤਰ ਦਿੱਤਾ।

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (12.5)$$

ਜਿੱਥੇ (λ) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ R ਇੱਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਰਿਡਬਰਗ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਥੇ n ਦੇ ਮੁਲ 3,4,5——— ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। R ਦਾ ਮੁਲ ($1.097 \times 10^7\ m^{-1}$) ਹੈ। ਇਸ ਸੂਤਰ ਨੂੰ ਬਾਲਮਰ ਦਾ ਸੂਤਰ ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (12.5) ਵਿੱਚ n=3 ਮਨ ਕੇ (H_α) ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) m^{-1}$$

$$= 1.522 \times 10^6\ m^{-1}$$

ਅਤੇ $, \lambda = 656.3\ nm$

n = 4 ਰੱਖਣ ਤੇ H_β ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ n ਦੇ ਅਲਗ ਅਲਗ ਮੁੱਲ ਰੱਖਣ ਤੇ ਬਾਕੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। $n = \infty$, ਲੈ ਕੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ($\lambda = 364.6$ nm) ਤੇ, ਲੜੀ ਦੀ ਸੀਮਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ ਦੀ ਸਭ ਤੋ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਹੈ। ਇਸ ਸੀਮਾ ਦੇ ਅੱਗੇ ਕੋਈ ਸਪਸ਼ਟ ਰੇਖਾ ਦਿਖਾਈ ਨਹੀਂ ਦਿੰਦੀ, ਬਸ ਹਲਕਾ ਜਿਹਾ ਲਗਾਤਾਰ (Continous) ਸਪੇਕਟਰਮ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੇ ਲਈ ਬਾਕੀ ਲੜੀਆਂ ਲਾਇਮਨ (Lyman), ਪਾਸਸ਼ਨ (Paschen), ਬਰੇਕਟ (Brackett) ਪੀਫੰਡ (Pfund) ਦੀ ਵੀ ਖੋਜ ਹੋ ਚੁੱਕੀ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਖੋਜੀਕਰਤਾ ਦੇ ਨਾਂ ਨਾਲ ਜਾਣਿਆ ਜਾਦਾਂ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰਾ ਰਾਹੀਂ ਦਰਸਾਇਆਂ ਜਾਦਾਂ ਹੈ।

ਲਾਈਮਨ ਲੜੀ (Lyman Series)

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n=2,3,4 \qquad (12.6)$$

ਪਾਸ਼ਨ ਲੜੀ (Paschen Series)

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n=4,5,6 \qquad (12.7)$$

ਬਰੈਕਟ ਲੜੀ (Brackets Series)

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n=5,6,7 \qquad (12.8)$$

ਪੀਫੰਡ ਲੜੀ (Pfund Series)

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n=6,7,8 \qquad (12.9)$$

ਲਾਈਮਨ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਸਪੇਕਟਰਮ ਰੇਖਾਵਾਂ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਖੇਤਰ (Ultraviolet Region) ਅਤੇ ਪਾਸ਼ਨ ਅਤੇ ਬਰੈਕਟ ਲੜੀਆਂ ਦੀਆਂ ਸਪੇਕਟਰਮ ਰੇਖਾਵਾਂ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੇ ਇਨਫਰਾਰੇਡ (Infrared) ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸੰਬੰਧ ($c = \nu\lambda$ ਅਤੇ $\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$) ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ ਦੇ ਲਈ ਸੂਤਰ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਪਦਾ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$v = R\,c\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (12.10)$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.5-12.9) ਦੇ ਸਰਲ ਸੂਤਰਾਂ ਤੋ ਬੱਸ ਕੁੱਝ ਤੱਤ (ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ,ਇਕਲਾ ਆਯਨਿਤ ਹੀਲੀਅਮ) (Single ionised Helium) ਅਤੇ ਦੋਹਰਾ ਆਯਨਿਤ ਲੀਥਿਅਮ (Doubley Ionized Lithium) ਦੇ ਸਪੇਕਟਰਮਾਂ ਨੂੰ ਹੀ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (12.5-12.9) ਉਪਯੋਗੀ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਲੋਂ ਪੈਦਾ ਅਤੇ ਸੋਖੀਆਂ (Emit and Absorb) ਗਈਆ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਬਾਰੇ ਦੱਸਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ, ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਕੇਵਲ ਅਨੁਭਵਵਾਦੀ (Empirical) ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਕੋਈ ਕਾਰਣ ਨਹੀਂ ਦਸਦੇ ਕੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਕੁੱਝ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਹੀ ਕਿਉ ਮਿਲਦੀਆਂ ਹਨ।

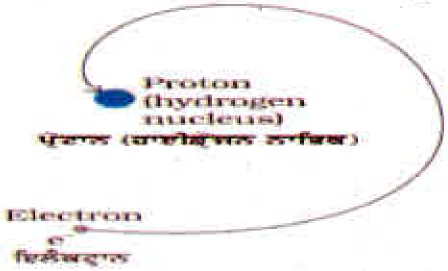
12.4 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ (Bohr Model of the Hydrogen Atom) ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਵੱਲੋ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਮਾਡਲ ਤੋਂ ਇਹ ਮਨ ਲਿਆ ਗਿਆ ਕੀ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਥਿਰ (Stable) ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੂਰਜੀ ਪਰਿਵਾਰ ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦੇ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ, ਦੋਵਾਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਬੁਨਿਆਦੀ ਅੰਤਰ ਹਨ। ਗ੍ਰਹਿ ਸਿਸਟਮ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕੀ ਨਾਭਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਸਿਸਟਮ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ ਹੋਣ ਕਰਕੇ ਬਲ ਦੇ ਕੁਲਮ (coulomb) ਨਿਯਮ ਕਰਕੇ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਗੋਲਾਕਾਰ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦੀ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਲਗਾਤਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਪ੍ਰਵੇਗ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਨੀਲਸ ਹੇਨਰਿਕ ਡੇਵਿਡ ਬੋਹਰ (Neils Henrik David Bohr) (1885-1962)

ਨੀਲਸ ਹੇਨਰਿਕ ਡੇਵਿਡ ਬੋਹਰ (Neils Henrik David Bohr) (1885-1962) ਡੇਨਮਾਰਕ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਕੁਅੰਟਮ (Quantum) ਵਿਚਾਰਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਪੇਕਟਰਮ ਸਮਝਾਇਆ ਸੀ। ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਤਰਲ ਬੂੰਦ ਮਾਡਲ (Liquid Drop Model) ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਖੰਡਨ (Nuclear fission) ਦਾ ਇਕ ਸਿਧਾਂਤ ਦਿੱਤਾ ਸੀ। ਬੋਹਰ ਨੇ ਕਵਾਨਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ (Quantum Mechanics) ਦੀਆਂ ਧਾਰਣਾਤਮਕ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਸੰਪੂਰਣਾਤਮਕਤਾ ਸਿਧਾਂਤ (Complimentary Principal) ਨਾਲ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਯੋਗਦਾਨ ਦਿੱਤਾ।

ਕਲਾਸਿਕੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਕਿਰਣ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਨਿੰਰਤਰ ਘੱਟਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅੰਦਰ ਦੇ ਵੱਲ ਸਪਾਇਰਲ (Spiral) ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਚਲੇਗਾ ਅਤੇ ਅੰਤ ਚ' ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਡਿੱਗ ਜਾਏਗਾ। (ਚਿੱਤਰ 12.7) ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਸਿਥਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸਦੇ ਇਲਾਵਾ ਕਲਾਸਿਕੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਲੋ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਘੁੰਮਣ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਪਾਇਰਲ (Spiral) ਪੱਥ ਤੇ ਨਾਭਿਕ ਵੱਲ ਨੂੰ ਡਿਗਦੇ ਹੋਣ ਤਾਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕੋਣੀ ਵੇਗ ਬਦਲ ਜਾਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਬਦਲਦੀਆਂ ਰਹਿੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਵੀ ਲਗਾਤਾਰ ਬਦਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਨੂੰ ਇਕ ਅਖੰਡ (Continous) ਸਪੇਕਟਰਮ ਪੈਦਾ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕੀ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦਾ ਮਾਡਲ ਕੇਵਲ ਤਸ਼ਵੀਰ ਦਾ ਇੱਕ

ਪਹਿਲੂ ਦਿਖਾਉਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕੀ ਕਲਾਸਿਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਰਚਨਾ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫੀ ਨਹੀਂ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 12.7 ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਊਰਜਾ ਖੋ ਕਰ ਕੇ ਨਾਭਿਕ ਵੱਲ ਨੂੰ ਅੰਦਰ ਆ ਜਾਵੇਗਾ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.4:- ਕਲਾਸਿਕੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਅਨੁਸਾਰ, ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰੋਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਆਰੰਭਿਕ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ :- ਉਦਾਹਰਣ 12.3 ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ (5.3×10^{-11} m) ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਵੇਗ (2.2×10^{6} m/s) ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁੰਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਹੈ।

$$\nu = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^{6}\ m\ s^{-1}}{2\pi(5.3 \times 10^{-11}\ m)}$$

$(\approx 6.6 \times 10^{15}$ Hz.)

ਕਲਾਸਿਕੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕੀ ਘੁੰਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾ ਵੱਲੋ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਇਸਦੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਘੁੰਮਣ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਨਿਕਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਰੰਭਿਕ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (6.6×10^{15} Hz.) ਹੋਵੇਗੀ।

ਨੀਲਸ ਬੋਹਰ (Neils Bohr) (1885-1962) ਨੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਨਵੀਂ ਵਿਕਸਿਤ ਹੋਈ ਕਵਾਂਟਮ ਧਾਰਣਾ (Quantum Theory) ਨੂੰ ਜੋੜਕੇ ਕੁੱਝ ਬਦਲਾਅ ਕੀਤੇ। ਨੀਲਸ ਬੋਹਰ ਨੇ 1912 ਵਿੱਚ ਕਈ ਮਹੀਨੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਅਧਿਅਨ ਕੀਤਾ ਸੀ ਅਤੇ ਉਸਨੂੰ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਮਾਡਲ ਤੇ ਪੂਰਾ ਯਕੀਨ ਸੀ। ਉਤੇ ਦਿੱਤੀ ਦੁਵਿਧਾ ਵਿੱਚ ਉਲਜੇ ਬੋਹਰ ਨੇ 1913 ਵਿੱਚ ਇਹ ਨਤੀਜਾ ਕਢਿਆ ਕੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਵੱਡੇ ਸਤਰ ਤੇ ਵਰਤਾਰੇ (Phenomenon) ਨੂੰ ਸਮਝਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਤਰ ਤੇ ਵਰਤਾਰਾ ਸੱਮਝਨ ਵਿੱਚ ਇਸਤੇਮਾਲ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਹੋ ਗਿਆ ਕੀ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸੰਰਚਨਾ ਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਪੇਕਟਰਮ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਸਮਝਨ ਲਈ ਕਲਾਸਿਕੀ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਦੇ ਮੁਢਲੇ ਸਿਧਾਂਤਾ ਤੋਂ ਹੱਟ ਕੇ ਸੋਚਣ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਨੇ ਕਲਾਸਿਕੀ ਅਤੇ ਆਰੰਭਿਕ ਕੁਅੰਟਮ (Quantum) ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜ ਕੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧਾ (Postulate) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਆਪਣਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਿੱਤਾ । ਇਹ ਹਨ:-

1) ਬੋਹਰ (Bohr) ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਸੀ ਕੀ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੇ ਪੱਕੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਵਿਕਿਰਣ ਪੈਦਾ ਕੀਤੇ ਬਿਨ੍ਹਾਂ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤਾ ਦੇ ਨਤੀਜੀਆਂ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ (Postulate) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹਰੇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀਆਂ ਕੁੱਝ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹਨਾ ਸੰਭਾਵਿਤ ਸਥਿਤੀਆਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀਆ (Stationary state) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

2)ਬੋਹਰ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ (Postulate) ਇਹਨਾਂ ਸਥਾਈ ਪੱਥਾਂ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ (Postulate) ਦੇ ਮੁਤਾਬਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਕੇਵਲ ਉਨ੍ਹਾਂ ਪੱਥਾ ਚ' ਹੀ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਲਈ ਕੋਣੀ

ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਮਾਨ ($h/2\pi$) ਦਾ ਪੂਰਣਅੰਕ ਗੁਣਜ ਹੈ। ਇਥੇ h ਪਲਾਂਕ (Planck) ਦਾ ਸਿਥਰਾਂਕ ($= 6.6 \times 10^{-34}$ J s) ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਚੱਕਰ ਲਗਾਉਂਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ (L) ਕਵਾਂਟਿਤ (Quantized) ਹੈ। ਮਤਲਬ

$$(L = nh/2\pi) \tag{12.11}$$

3) ਬੋਹਰ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ (Postulate) ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਿਧਾਂਤ ਵਿੱਚ ਪਲਾਂਕ (Planck) ਅਤੇ ਆਇਨਸਟਈਨ (Einstien) ਵੱਲੋ ਵਿਕਸਿਤ ਆਰੰਭਿਕ ਕੁਅੰਟਨ (Quantum) ਧਾਰਣਾਵਾ ਨੂੰ ਮਿਲਾਇਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੇ ਦਿੱਤੇ ਵਿਕਿਰਣ ਨਾ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਪੱਥ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਘੱਟ ਉਰਜਾ ਵਾਲੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਸਥਾਨ ਅੰਤਰਿਤ (Transition) ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਉਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇੱਕ ਫੋਟਾਨ (Photon) ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅਰੰਭਿਕ ਪਥ ਅਤੇ ਅੰਤਿਮ ਪੱਥ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪੈਦਾ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਨ ਨਾਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

$$h\nu = E_i - E_f \tag{12.12}$$

ਜਿੱਥੇ E_i ਅਤੇ E_f ਆਰੰਭਿਕ ਅਤੇ ਆਖਰੀ ਸਥਿਤੀ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਹਨ ਅਤੇ $E_i > E_f$ ਸਮੀਕਰਨ (12.4) ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਲਈ ਅਲਗ ਅਲਗ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੀਆਂ ਉਰਜਾਵਾਂ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦਾ ਸਮੀਕਰਣ ਦਿੱਤਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਥ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੈ। r ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਬੋਹਰ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਕੁਅੰਟਮੀਕਰਣ (Quantisation) ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ L ਹੁੰਦਾ ਹੈ L=mv r ਕੁਅੰਟਮੀਕਰਣ ਦੇ ਬੋਹਰ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਅਨੁਸਾਰ [ਸਮੀਕਰਣ (12.11)] ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਯੋਗ ਮਾਨ $h/2\pi$ ਦੇ ਪੂਰਣਾਂਕ ਦੇ ਗੁਣਜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

$$L_n = mv_n r_n = \frac{nh}{2\pi} \tag{12.13}$$

ਇਥੇ n ਇੱਕ ਪੂਰਣਾਂਕ ਹੈ , R_n ਸੰਭਾਵਿਤ ਪੱਥ n ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ ਅਤੇ v_n, n^{th} ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ ਹੈ। ਯੋਗ ਪੱਥ ਨੂੰ n ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ 1,2,3, ——— ਨਾਲ ਅੰਕਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਪੱਥ ਦੀ ਮੁਖ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆਂ (Principal Quantum Number) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਸਮੀਕਰਣ (12.3) ਤੋਂ v_n ਅਤੇ R_n ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਹੈ

$$v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r_n}}$$

ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ (12.13) ਦੇ ਨਾਲ ਮਿਲਾਣ ਤੇ

$$v_n = \frac{1}{n}\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{(h/2\pi)} \tag{12.14}$$

ਅਤੇ

$$r_n = \left(\frac{n^2}{m}\right)\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2\frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2} \tag{12.15}$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.14) ਦਿਖਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕੀ n^{th} ਪਥ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਉਰਬਿਟਲ ਵੇਗ (Orbital speed) n ਗੁਣਾਂ ਘੱਟ ਜਾਦਾਂ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (12.15) ਦਾ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰ ਕੇ ਅਸੀਂ ਸੱਭ ਤੋਂ ਅੰਦਰਲੇ ਪੱਥ (n=1) ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$r_1 = \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m e^2}$$

ਇਸ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ (Bohr radius) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ a_0 ਨਾਲ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ।

$$a_0 = \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m e^2} \qquad (12.16)$$

ਇਥੇ h,m,E_0 ਅਤੇ e ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ $a_0 = 5.29\times10^{-11}$m ਸਮੀਕਰਣ (12.15) ਵਿਚੋ, ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕੀ ਪੱਥਾ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ n^2 ਦੇ ਨਾਲ ਵਧਦੇ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸਥਿਰ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਸਮੀਕਰਣ (12.4) ਵਿੱਚ ਪੱਥ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਜਿਵੇ

$$E_n = -\left(\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0}\right)\left(\frac{m}{n^2}\right)\left(\frac{2\pi}{h}\right)^2\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)$$

ਜਾਂ ਫਿਰ
$$E_n = -\frac{m e^4}{8 n^2 \varepsilon_0^2 h^2} \qquad (12.17)$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.17) ਵਿੱਚ ਮੁੱਲ ਰੱਖਣ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$E_n = -\frac{2.18\times10^{-18}}{n^2}\,\text{J} \qquad (12.18)$$

ਪਰਮਾਣਵੀ ਉਰਜਾਵਾਂ ਜੂਲ (joule) ਦੀ ਥਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੋਲਟ (eV) ਵਿੱਚ ਦੱਸੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ

$1\text{eV}=1.6\times10^{-19}$ J ।ਸਮੀਕਰਣ (12.18) ਨੂੰ ਦੁਬਾਰਾ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}\,\text{eV} \qquad (12.19)$$

ਕਿਸੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਗਤਿਮਾਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕੁੱਲ ਉਰਜਾ ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਨਿਸ਼ਾਨ ਇਸ ਗੱਲ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਨਾਲ ਬੱਝਾ (Bound) ਹੋਇਆ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ (ਜਾਂ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ) ਤੋਂ ਅਨੰਤ ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਅਲਗ ਕਰਨ ਲਈ ਇੰਨੀ ਉਰਜਾ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਸਮੀਕਰਣ (12.17) (12.19) ਦੀ ਵਿਉਂਤਪਤੀ (Derivation) ਇਸ ਕਲਪਨਾ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਕੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੱਥ ਚੱਕਰੀ ਹੈ, ਜਦਕੀ ਇਨਵਰਸ ਸਕਵੇਅਰ ਨਿਯਮ(Inverse Square Law) ਅਧੀਨ ਪੱਥ ਅੰਡਾਕਾਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ (ਸਾਰੇ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਇਨਵਰਸ ਸਕਵੇਅਰ ਨਿਯਮ ਹੇਠਾ ਅੰਡਾਕਾਰ ਪੱਥਾ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦੇ ਹਨ) ।

ਪਰੰਤੂ, ਜਰਮਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਆਰਨੋਲਡ ਸੋਮਰਫੇਲਡ (Arnold Sommerfeld) (1865-1951) ਨੇ ਇਹ ਦਿਖਾਇਆ ਸੀ ਕੀ ਜੇਕਰ ਚੱਕਰੀ ਪੱਥ ਦੀ ਸ਼ਰਤ ਹਟਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਵੀ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ ਅੰਡਾਕਾਰ ਪੱਥਾਂ ਤੇ ਵੀ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਾਗੂ ਹੋਣਗੀ ।

ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤੀ : ਪਥ ਬਨਾਮ ਆਰਬਿਟਲ (Orbital)

ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਅਧਿਅਨ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਨਾ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ ਸਾਡੀ ਪਹਿਚਾਣ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਨਾਲ ਕਰਵਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ (Quantum Mechanics) ਜਾਂ ਵਿਸ਼ੇਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਸਮਝਾਉਣ ਵਿੱਚ ਇਸ ਮਾਡਲ ਦੀ ਵਿਸ਼ੇਸ ਜਗ੍ਹਾ ਹੈ। ਸੰਵੇਗ ਕਰਕੇ ਕਣ ਦੇ ਲਗਾਤਾਰ ਊਰਜਾ ਪੈਦਾ (Radiate) ਕਰਨ ਦੇ ਕਲਾਸਿਕੀ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਉਲਟ ਬੋਹਰ ਵੱਲੋਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਥਿਰ ਊਰਜਾ ਪੱਥ ਦਾ ਕ੍ਰਾਤੀਕਾਰੀ ਵਿਚਾਰ ਇੱਕ ਮੀਲ ਦਾ ਪੱਥਰ ਸੀ। ਬੋਹਰ ਨੇ ਸਥਿਰ ਪੱਥਾ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਕੁਵੰਟਮੀਕਰਣ (Quantisation) ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਵੀ ਦਿੱਤਾ ਸੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਦਾ ਇੱਕ ਸੇਮੀ ਕਲਾਸਿਕੀ ਚਿੱਤਰ ਸੀ। ਹੁਣ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦੇ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਨੂੰ ਹੋਰ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਸਮਝ ਗਏ ਹਾਂ। ਸ਼ਰੋਡਿਗਰ ਤਰੰਗ ਸਮੀਕਰਣ (Schrodinger Wave Equation) ਦੇ ਹੱਲ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਆਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਦੇ ਨਾਲ ਬੰਨੇ ਇਲਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੀ ਦੱਸਿਆ ਹੈ।

ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੱਥ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਇਲਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਚਕਰਾਕਾਰ ਪਥ ਹੈ। ਪਰ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਪੱਕੇ ਪੱਥ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਅਸੀਂ ਕੇਵਲ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ, ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਮਿਲਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਦੇ ਬਾਰੇ ਗੱਲ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਸੰਭਾਵਨਾ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤਰੰਗ ਫਲਨ (Function) ਜਿਸ ਨੂੰ ਆਰਬਿਟਲ (Orbital) ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ ਤੋ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਫਲਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕੀ ਅਸੀਂ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋ ਮਾਡਲਾ ਵਿੱਚ ਛੋਟੇ ਅੰਤਰਾ ਨੂੰ ਸਮਝੀਏ।

•ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਕੇਵਲ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ / ਆਇਨ (Ion) ਦੇ ਲਈ ਯੋਗ ਹੈ, ਇਸ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਆਰਬਿਟ ਦੇ ਲਈ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇੱਕ ਮਿਥਿਆ ਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਮੁਖ ਕੁਅੰਟਮ ਨੰਬਰ n ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ। ਹੁਣ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪਤਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਊਰਜਾ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ/ਆਇਨ (Ion) ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ n ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ। ਬਹੁਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ/ਆਇਨ ਲਈ ਇਹ ਸੱਚ ਨਹੀਂ ਹੈ।

•ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ /ਆਇਨ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸ਼ਰੋਡਿਗਰ ਤਰੰਗ ਸਮੀਕਰਣ (Schrodinger Wave Equation) ਦਾ ਹੱਲ ਜਿਸ ਨੂੰ ਤਰੰਗ ਫਲਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਅਲਗ ਅਲਗ ਹਿਸਿਆਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਸੁਚਨਾ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਆਰਬਿਟ (Orbit) ਦੀ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਪੱਥ ਨਾਲ ਕੋਈ ਸਮਾਨਤਾ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.5:- 10kg ਦਾ ਕੋਈ ਉਪਗ੍ਰਹਿ 8000km ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਇੱਕ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਧਰਤੀ ਦਾ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਹਰੇਕ 2 ਘੰਟੇ ਵਿੱਚ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਮਣਦੇ ਹੋਏ ਕੀ ਬੋਹਰ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਲਈ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾਂ ਹੈ, ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਪੱਥ ਦਾ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ :- ਸਮੀਕਰਣ (12.13) ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ

$$m\ v_n\ r_n = nh/2\pi$$

ਇਥੇ m=10kg, $r_n = 8 \times 10^6$ m। ਘੁੰਮਦੇ ਹੋਏ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦਾ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ T,2h ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ T = 7200 S

ਇਸ ਲਈ ਵੇਗ $v_n = 2\pi\ r_n/T$.

ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਆਰਬਿਟ (Orbit) ਦੀ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆ

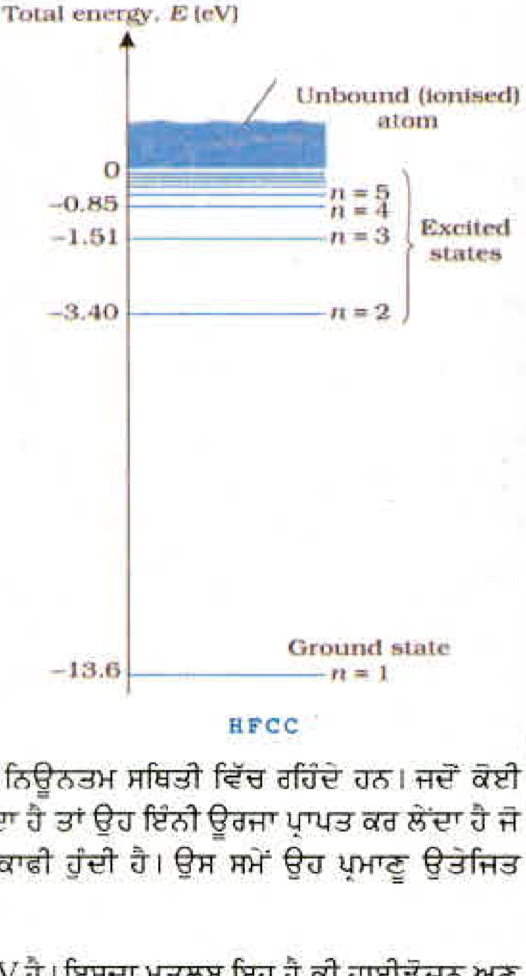
$$n = (2\pi\ r_n)^2 \times m/(T \times h).$$

ਮਾਣ ਰਖਣ ਤੇ

$$n = (2\pi \times 8 \times 10^6)^2 \times 10/(7200\ s \times 6.64 \times 10^{-34}\ J\ s)$$

$$= 5.3 \times 10^{45}$$

12.4.1 ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ (Energy level) ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਉਸ ਵੇਲੇ ਨਿਊਨਤਮ ਹੁੰਦੀ ਹੈ (ਸਭ ਤੋਂ ਜਿਆਦਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਮਾਨ) ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਸਭ ਤੋਂ ਨੇੜਲੇ ਆਰਬਿਟ (ਮਤਲਬ n = 1) ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦਾ ਹੈ। n = 2,3,——ਦੇ ਲਈ, ਊਰਜਾ E ਦਾ ਨਿਰਪੇਖ ਮਾਨ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਜਾਦਾਂ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਆਰਬਿਟ ਵੱਲ ਜਾਣ ਤੇ ਆਰਬਿਟਾ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਜਿਸ ਨੂੰ ਗਰਾਉਨਡ (Ground) ਅਵਸਥਾ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਇਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਨਿਊਨਤਮ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਭ ਤੋਂ ਛੋਟੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ (ਅਰਧ ਵਿਆਸ a_0) ਦੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ (n = 1); E_1 = -13.6 eV ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਨਿਮਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਆਜਾਦ ਕਰਨ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ 13.6 eV ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਆਯੋਨਈਜੇਸ਼ਨ ਊਰਜਾ (Ionisation Energy) ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਮਿਲੀ ਆਯੋਨਾਇਜੇਸ਼ਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਯੋਗਾ ਤੋ ਊਰਜਾ ਦੇ ਮਾਨ ਨਾਲ ਪੂਰਾ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ।



HFCC

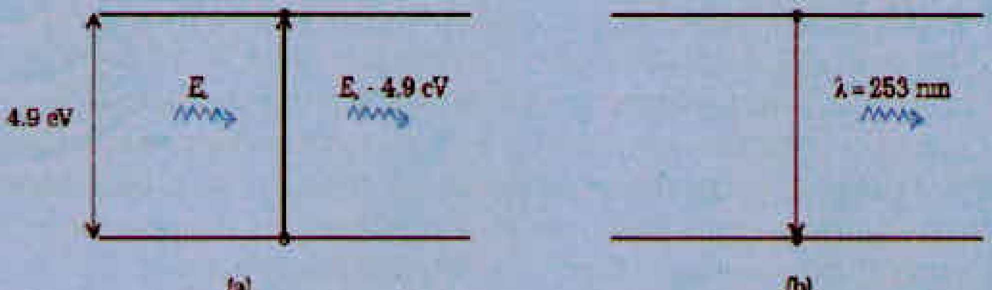
ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪ ਤੇ ਜਿਆਦਾਤਰ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਆਪਣੀ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਟੱਕਰ ਦੇ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਇੰਨੀ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਉਪੱਰਲੇ ਆਰਬਿਟਾ ਵਿੱਚ ਪਹੁੰਚਾਉਣ ਲਈ ਕਾਫੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਉਹ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਉਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾ (Excited state) ਵਿੱਚ ਕਿਹਾ ਜਾਦਾਂ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (12.19) ਤੋਂ n = 2 ਦੇ ਲਈ ਊਰਜਾ E_2 = -3.40 eV ਹੈ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕੀ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਅਣੂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਇਸਦੀ ਪਹਿਲੀ ਉਤੇਜਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਜਰੂਰੀ $E_2 - E_1$ = -3.40 – (-13.6) eV =10.2 eV ਊਰਜਾ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ E_3 = -1.53 eV ਅਤੇ $E_3 - E_1$ = 12.09 eV। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਇਸਦੀ ਪਹਿਲੀ ਸਥਿਤੀ (n=1) (Groundstate) ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀ (n=3) ਤੱਕ ਉਤੇਜਿਤ ਕਰਨ ਲਈ 12.09 V ਊਰਜਾ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਬਾਕੀ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਇਹਨਾਂ ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿਚੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਮੁੜ ਵਾਪਸ ਆਪਣੀ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਡਿੱਗ ਸਕਦਾ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਹ ਇਕ ਫੋਟਾਨ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਉਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਧਾਉਣ ਤੇ

(ਮਤਲਬ n ਵਧਾਉਣ ਤੇ) ਉਤੇਜਿਤ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਆਜਾਦ ਕਰਨ ਲਈ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਪਵੇਗੀ। ਸਮੀਕਰਣ (12.19) ਤੋਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦਾ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਆਲੇਖ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਮੁੱਖ ਕੁਅੰਟਮ ਨੰਬਰ n ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀਆਂ ਨੂੰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵਧਦੇ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਅੰਕਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਸਮੀਕਰਣ (12.19) ਵਿੱਚ $n = \infty$ ਰੱਖਣ ਤੇ ਮਿਲਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਊਰਜਾ OeV (0,1,2) ਹੈ। ਇਹ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਉਹ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੂਰ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ($r = \infty$) ਅਤੇ ਉਹ ਅਰਾਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕੀ ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ n ਵੱਧਣ ਤੇ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਾਗੇ ਆ ਜਾਦੀਆਂ ਹਨ।

ਫ੍ਰੈਂਕ ਹਰਟਜ ਪ੍ਰਯੋਗ (Franck Hertz Experiment)

ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਡਿਸਕਰੀਟ (Discreat) ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦਾ ਸਿੱਧਾ ਪਰਮਾਣ ਸੰਨ 1914 ਵਿੱਚ ਜੇਮਸ ਫ੍ਰੈਂਕ (James Franck) ਅਤੇ ਗੁਸਤਾਵ ਹਰਟਜ (Gustav Hertz) ਵਲੋਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ । ਉਨ੍ਹਾਂ ਪਾਰੇ ਦੇ ਵਾਸ਼ਪ ਦਾ ਅਧਿਅਨ , ਵਾਸ਼ਪ ਵਿੱਚੋ ਅਲਗ ਅਲਗ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਗੁਜਾਰ ਕੇ ਕੀਤਾ । ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਉੱਤੇ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਮਾਨ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ (Electric field) ਲਗਾਏ ਗਏ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੇ ਪਾਰੇ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰਾ ਮਾਰੀਆਂ ਅਤੇ ਪਾਰੇ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਨੂੰ ਅਪਣੀ ਉਰਜਾ ਦੇ ਦਿੱਤੀ। ਇਹ ਤੱਦ ਹੀ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜਦੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ, ਪਾਰੇ ਦੀ ਉਸ ਉਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਤੋ ਉਚੇ ਕਿਸੇ ਪੱਧਰ (ਚਿੱਤਰ ਦੇਖੋ) ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਤੋ ਵੱਧ ਹੋਵੇ । ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਲਈ ਪਾਰੇ ਦੇ ਕਿਸੇ ਭਰੇ ਹੋਏ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਅਤੇ ਖਾਲੀ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ 4.9 eV ਹੈ। ਜੇਕਰ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਿਸ ਦੀ ਊਰਜਾ 4.9 eV ਜਾਂ ਇਸ ਤੋ ਵੱਧ ਹੈ, ਪਾਰੇ ਵਿੱਚੋ ਲੰਗਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪਾਰੇ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਟਕਰਾਉਣ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੋਂ ਊਰਜਾ ਸੋਖ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਚੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਉਤੇਜਿਤ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। [ਚਿੱਤਰ (a)] ਟਕਰਾਉਣ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਇਨੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਜਾਵੇਗੀ ।



(a) (b)

ਉਤੇਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਵਿਕਿਰਣ ਪੈਦਾ ਕਰ ਕੇ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਵੇਗਾ।

[ਚਿੱਤਰ (b)] ਪੈਦਾ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਹੋਵੇਗੀ।

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4.9 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 253 \text{ nm}$$

ਸਿਧੇ ਮਾਪਨ ਨਾਲ ਫ੍ਰੈਂਕ ਅਤੇ ਹਰਟਜ ਨੇ ਦੇਖਿਆ ਕੀ ਇਮੀਸ਼ਨ ਸਪੇਕਟਰਮ (Emission spectrum) ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸੰਗਤ ਇੱਕ ਰੇਖਾ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਡਿਸਕ੍ਰੀਟ (Discrete) ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਦੇ ਮੂਲ ਵਿਚਾਰ ਅਤੇ ਫੋਟਾਨ ਇਮੀਸ਼ਨ (Photon Emission) ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਂ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪੁਸ਼ਟੀ ਦੇ ਲਈ ਫ੍ਰੈਂਕ ਅਤੇ ਹਰਟਜ ਨੂੰ 1925 ਵਿੱਚ ਨੋਬੇਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਨਵਾਜਿਆ ਗਿਆ।

12.5 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਲਾਈਨ ਸਪੈਕਟਰਮ (The Line spectra of Hydrogen Atom)

ਬੋਹਰ ਦੇ ਤੀਜੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਅਨੁਸਾਰ ਜਦੋਂ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਉਤਲੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਜਿਸ ਦਾ ਕੁਅੰਟਮ ਨੰਬਰ n_i ਹੈ ਤੋਂ ਹੇਠਲੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਜਿਸ ਦਾ ਕੁਅੰਟਮ ਨੰਬਰ n_f ($n_f < n_i$) ਵਿੱਚ ਡਿਗਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਦੇ ਇਸ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਫੋਟਾਨ (Photon) ਹਾਸਿਲ ਕਰਦਾ ਹੈ।

$$h\nu_{if} = E_{n_i} - E_{n_f} \quad (12.20)$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.16) ਤੋਂ E_{n_i} ਪਤਾ ਕਰਕੇ

$$h\nu_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\left(\frac{1}{n_f^2}-\frac{1}{n_i^2}\right) \quad (12.21)$$

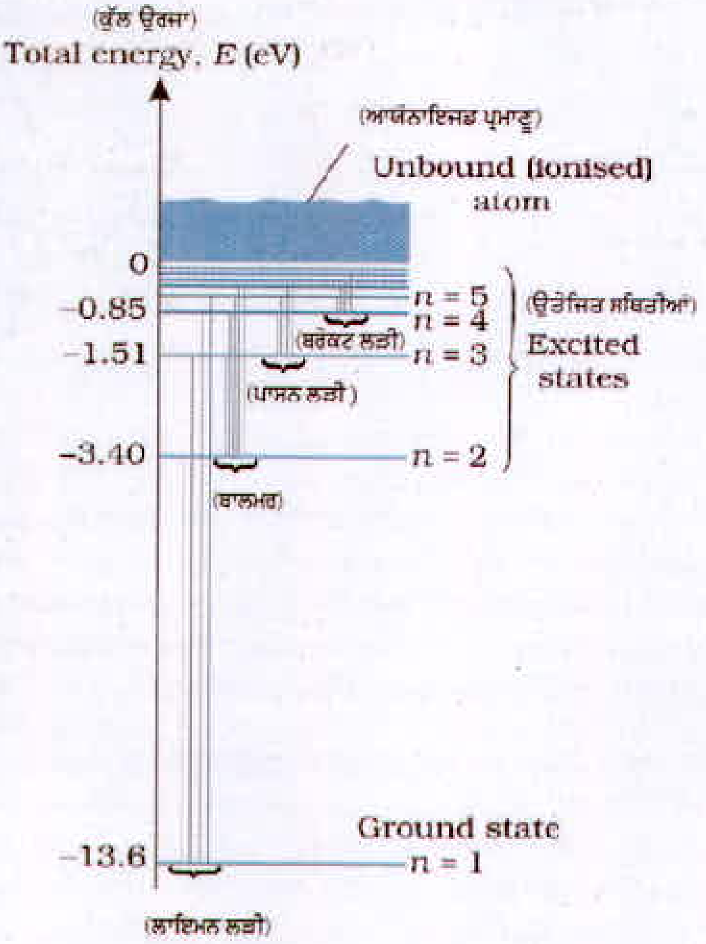
$$\nu_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^2}\left(\frac{1}{n_f^2}-\frac{1}{n_i^2}\right) \quad (12.22)$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.21) ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਪੈਕਟਰਮ ਲਈ ਰਿਡਬਰਗ (Rydberg) ਦਾ ਸੂਤਰ ਹੈ। ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ ਵਿੱਚ ਜੇਕਰ ਅਸੀ $n_f = 2$ ਅਤੇ $n_i = 3,4,5$— ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ ਤੇ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ (12.10) ਵਰਗਾ ਬਣ ਜਾਦਾਂ ਹੈ ਜੋ ਬਾਲਮਰ (Balmer) ਲੜੀ ਦੇ ਲਈ ਹੈ। ਇਸ ਤੋ ਅਸੀ ਰਿਡਬਰਗ (Rydberg) ਸਿਥਰਅੰਕ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ

$$R = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2h^3c} \quad (12.23)$$

ਸਮੀਕਰਣ (12.23) ਵਿੱਚ ਅਲਗ ਅਲਗ ਸਥਿਰ ਅੰਕਾ ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਮਿਲਦਾ ਹੈ $R = 1.03 \times 10^7 m^{-1}$ ਇਹ ਮਾਨ ਇਸਪਿਰਿਕਲ (Empiral) ਬਾਲਮਰ ਸੂਤਰ ਤੋਂ ਮਿਲੇ ਮਾਨ ($1.097 \times 10^7 m^{-1}$) ਦੇ ਬਹੁਤ ਨੇੜੇ ਹੈ। ਵਿਚਾਰਿਕ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਨਾ ਦੀ ਇਸ ਸਮਾਨਤਾ ਨੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ਟ ਅਤੇ ਪ੍ਰਭਾਵਸ਼ਾਲੀ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਸਹੀ ਸਿੱਧ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। ਕਿਉਂਕਿ n_f ਅਤੇ n_i ਦੋਨੋ ਪੂਰਣ ਅੰਕ (Integers) ਹਨ ਇਸ ਲਈ ਫਟਾਫਟ ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿ ਜਦੋਂ ਅਲਗ ਅਲਗ ਪਰਮਾਣਵੀ ਪੱਧਰਾ ਵਿੱਚ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ (transition) ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਬਾਲਮਰ ਸੂਤਰ $n_f = 2$ ਅਤੇ $n_i = 3,4,5$——— ਹੈ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਬਾਕੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਨੂੰ ਵੀ ਦੱਸਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੋ $n_f = 1$ ਅਤੇ $n_i = 2,3,$- - - - - ਅਤੇ ਹੋਰ : $n_f = 3$ ਅਤੇ $n_i = 4,5,$- - - - ਅਤੇ ਹੋਰ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨਾ ਤੋਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਲੜੀਆ ਦੀ ਪਹਿਚਾਣ ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਸਕੋਪਿਕ (Spectroscopic) ਸ਼ੋਧ ਦੇ ਵਕਤ ਹੋਈ ਸੀ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਲਾਇਮਨ , ਬਾਲਮਰ, ਪਾਸ਼ਨ, ਬਰੇਕਟ ਅਤੇ ਫੁੰਟ ਲੜੀਆ ਦੇ ਨਾਂ ਨਾਲ ਜਾਣਿਆਂ ਜਾਦਾਂ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਲੜੀਆ ਦੇ ਲਈ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ (transitions) ਚਿੱਤਰ (12.9) ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ।

ਜਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਪੱਰਲੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਤੋਂ ਹੇਠਲੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਆਉਂਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਫੋਟਾਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣਵੀ ਸਪੈਕਟਰਮ ਦੀਆਂ ਕਈ ਰੇਖਾਵਾਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਸਪੈਕਟਰਮ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ ਉਤਸਰਜਨ (Emission) ਰੇਖਾਵਾਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜਦੋ ਕੋਈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਕਿਸੇ ਫੋਟਾਨ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ (Absorb) ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਊਰਜਾ ਠੀਕ ਉਹੀ ਹੈ, ਜੋ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਨਿਉਤਮ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਤੋ ਉਚਤਮ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਚ' ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਕਰਨ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਅਬਸੋਰਪਸ਼ਨ ਰੇਖਾਵਾਂ (Absorption) ਰੇਖਾਵਾਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਜੇਕਰ ਲਗਾਤਾਰ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਵਾਲੇ ਫੋਟਾਨ (Photon) ਕਿਸੇ ਵਿਰਲੀ (Rarefied) ਗੈਸ ਵਿੱਚੋ ਗੁਜਰਨ ਤੋ ਬਾਅਦ ਸਪੈਕਟਰੋਮੀਟਰ ਨਾਲ ਜਾਂਚੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਲਗਾਤਾਰ (Continous) ਸਪੈਕਟਰਮ ਵਿੱਚ, ਕਾਲੀਆਂ ਅਬਸੋਰਪਸ਼ਨ (Absorption) ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਲੜੀ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਕਾਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਨੂੰ ਦਿਖਾਉਦਿਆਂ ਹਨ ਜੋ ਗੈਸ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਵੱਲੋਂ ਸੋਖੀਆ ਗਈਆ ਹਨ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਪੈਕਟਰਮ ਦਾ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵੱਲੋ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਣ ਇਕ ਮਹਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਸੀ ਜਿਸਨੇ ਆਧੁਨਿਕ ਕੁਅੰਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਪ੍ਰਗਤੀ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਸਰਾਇਆ। ਸੰਨ 1922 ਵਿੱਚ ਬੋਹਰ ਨੂੰ ਭੋਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਨੋਬੇਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਨਵਾਜਿਆ ਗਿਆ।



ਚਿੱਤਰ (12.9) ਲਾਈਨ ਸਪੇਕਟਰਮ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਡਿੱਗਣ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 12.6 :- ਰਿਡਬਰਗ ਸੂਤਰ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੇਕਟ੍ਰਮ ਦੀ ਲਾਇਮਨ (Lyman) ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲੀਆਂ ਚਾਰ ਸਪੇਕਟ੍ਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ ਰਿਡਬਰਗ ਸੂਤਰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$hc/\lambda_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

ਲਾਇਮਨ ਲੜੀ ਦੀ ਪਹਿਲੀਆਂ ਚਾਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ $n_i = 2, 3, 4, 5$ ———— ਤੋਂ $n_f = 1$ ਤੇ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਨਾਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕੀ

$$\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6\ \text{eV} = 21.76 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

ਇਸ ਲਈ $\lambda_{i1} = \dfrac{hc}{21.76 \times 10^{-19}\left(\dfrac{1}{1}-\dfrac{1}{n_i^2}\right)}$ m

$$\frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} \times n_i^2}{21.76 \times 10^{-19} \times (n_i^2 - 1)} \text{ m} = \frac{0.9134\ n_i^2}{(n_i^2 - 1)} \times 10^{-7} \text{ m}$$

$= 913.4\, n_i^2/(n_i^2 - 1)$ Å

ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ n_i = 2,3,4,5 ਰੱਖਣ ਤੇ ਮਾਣ ਚਾਰੇ ਲੋੜੀਂਦੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਮਿਲ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ λ_{2i}=1218 Å , λ_{3i}=1028 Å , λ_{4i}=974.3 Å , λ_{5i}=951.4 Å

12.6 ਬੋਹਰ ਦੇ ਕੁਅੰਟਮੀਕਰਨ ਦੇ ਦੂਜੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਦਾ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਵੱਲੋ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਨ (De Borglie's Explanation of Bohr's Second Postulate of Quantisation) : ਬੋਹਰ ਵੱਲੋ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਮਾਡਲ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧਾ ਵਿੱਚੋ ਦੂਸਰਾ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਸਭ ਤੋ ਵੱਡੀ ਉਲਜਣ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਸੀ। ਇਸਦੇ ਕਹਿਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਕੁਅੰਟਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ $L_n = nh/2\pi$; n = 1,2,3—) । ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਕੇਵਲ ਉਹੀ ਮਾਨ ਕਿਉ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ $h/2\pi$ ਦਾ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਗੁਣਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ? ਬੋਹਰ ਵੱਲੋ ਆਪਣਾ ਮਾਡਲ ਪੇਸ਼ ਕਰਣ ਦੇ ਦਸ ਸਾਲਾ ਬਾਅਦ ਸੰਨ 1923 ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਫ੍ਰਾਂਸੀਸੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਲੁਇਸ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ (Louis de Broglie) ਵੱਲੋ ਇਸ ਮੁਸ਼ਕਿਲ ਦਾ ਹੱਲ ਲੱਭਿਆ ।

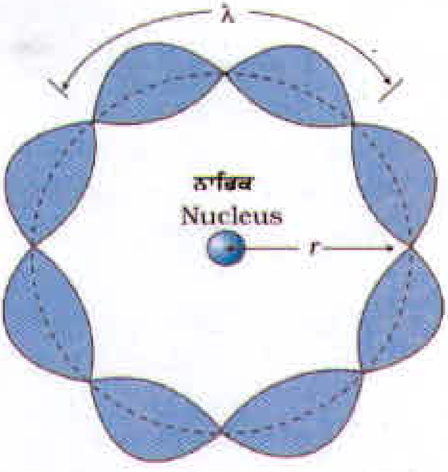
ਅਸੀਂ 11 ਵੇਂ ਅਧਿਆਏ ਵਿੱਚ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੀ ਧਾਰਣਾ ਦਾ ਅਧਿਅਨ ਕੀਤਾ ਸੀ ਜਿਸ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਦਾਰਥ ਕਣ ਜਿਦਾ ਕੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੀ ਤਰੰਗ ਵਰਗੇ ਗੁਣ ਦਿਖਾਉਦਾ ਹੈ। ਸੀ.ਜੇ . ਡੇਵਿਡਸਨ ਅਤੇ ਅਲ ਏਚ ਜਰਮਰ (D.J.Davidson and H.L Germer) ਨੇ 1927, ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗ ਰਾਹੀਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੀ ਸਚਾਈ ਸਿੱਧ ਕੀਤੀ। ਲੁਇਸ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਇਹ ਕਿਹਾ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਵੱਲੋ ਦਿੱਤੇ ਗੋਲਾਕਾਰ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਕਣ ਤਰੰਗ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਾਗੇ ਤੇ ਤਰੰਗਾ ਚਲਦੀਆਂ ਨੇ, ਕਣ ਤਰੰਗਾ ਵੀ ਰਿਸੋਨੈਂਟ (Resonant) ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਖੜੀਆ (Standing) ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦੀਆ ਹਨ। ਕਲਾਸ 11 ਦੀ ਪੁਸਤਕ ਦੇ 15 ਵੇਂ ਅਧਿਆਏ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਖਿਚੇ ਹੋਏ ਧਾਗੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਲਗ ਅਲਗ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਉਤੇਜਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪਰੰਤੂ, ਉਹੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਰਹਿ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਉਤੇ ਨੋਡ (Node) ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹ ਸਟੇਡਿੰਗ (Standing) ਤਰੰਗਾਂ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਡੋਰੀ ਵਿੱਚ ਸਟੇਡਿੰਗ (Standing) ਤਰੰਗਾਂ ਤਾਂ ਹੀ ਬਨਣਗੀਆਂ ਜਦੋ ਤਰੰਗ ਵੱਲੋ ਡੋਰੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਜਾਉਣ ਅਤੇ ਵਾਪਸ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਤਹਿ ਕੀਤੀ ਗਈ ਕੁਲ ਦੂਰੀ, ਇੱਕ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ , ਦੋ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਕੋਈ ਵੀ ਪੂਰਣ ਅੰਕ ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇ। ਬਾਕੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਾਵਰਤਨ ਤੋ ਬਾਅਦ ਆਪਸ ਵਿੱਚ (Interference) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਯਾਮ (Amplitude) ਛੇਤੀ ਹੀ ਸਿਫਰ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। n ਵੇਂ ਚੱਕਰੀ ਆਰਬਿਟ ਜਿਸਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r_n ਹੈ, ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੱਲੋ ਪੱਥ ਦੇ ਪਰਿਮਾਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਕੂਲ ਦੂਰੀ $2\pi r_n = n\lambda$, n = 1,2,3.... (12.24)

ਚਿੱਤਰ 12.10 ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਕਰਾਕਾਰ ਪੱਥ ਜਿਸਦੇ ਲਈ n= 4 ਹੈ ਇੱਕ ਸਟੇਡਿੰਗ ਤਰੰਗ ਦਿਖਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $2\lambda r\, r_n = 4\lambda$,ਜਿਥੇ λ , nਵੇਂ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਹੈ। 11 ਵੇਂ ਅਧਿਆਇ ਤੋ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ $\lambda = h/p$, ਜਿਥੇ p ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਤੋ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ, ਤਾਂ ਸੰਵੇਗ mv_n ਹੋਵੇਗਾ ।

ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ $\lambda = h/m_{v_n}$ ਹੋਵੇਗਾ। ਸਮੀਕਰਣ (12.24) ਤੋ ਸਾਨੂੰ ਮਿਲਦਾ ਹੈ।

$$2\pi r_n = n h/mv_n \quad \text{or} \quad m v_n r_n = nh/2z$$

ਇਹ ਬੋਹਰ ਵੱਲੋ ਦਿੱਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਕੁਅੰਟਮ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ [(12.13)] ਸ਼ੈਕਸਨ 12.5 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੇਖਿਆ ਕਿ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾ ਅਤੇ ਡਿਸਕ੍ਰੀਟ ਪੱਥਾ ਨੂੰ ਸਮਝਾਉਣ ਦਾ ਆਧਾਰ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੀ ਧਾਰਣਾ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਕੁਅੰਟਮੀਕਰਣ ਦੀ ਬੋਹਰ ਵੱਲੋਂ ਦਿੱਤੇ ਦੂਜੇ ਪ੍ਰਤੀਬੰਧ ਲਈ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਣ ਪੇਸ਼ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੁਅੰਟਿਤ ਪੱਥ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀਆਂ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਕਾਰਣ ਹਨ ਅਨੁਨਾਦੀ (Resonant) ਸਟੇਡਿੰਗ (Standing) ਤਰੰਗਾਂ ਹੀ ਰਿਹ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ 12.10 ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਪੱਧ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਟੇਡਿਗ (Standing) ਤਰੰਗ ਦਿਖਾਈ ਗਈ ਹੈ ਜਿਥੇ ਪੱਧ ਦੇ ਪਰਿ ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਆਉਂਦੀਆਂ ਹਨ।

ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਲਾਸਿਕਲ ਟਰਜੇਕਟਰੀ (Classical Trajectory) ਦਾ ਚਿੱਤਰ ਹੈ (ਗ੍ਰਹਿ ਵਰਗੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜੋ ਕੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁੰਮਦੇ ਹਨ) ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ (ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ) ਦੇ ਮੁਖ ਲੱਛਣਾ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪੈਦਾ ਜਾਂ ਅਬਸੋਰਬ ਹੋਏ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਦਾ ਬਿਲਕੁਲ ਸਹੀ ਪਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਮਾਡਲ ਦੀਆਂ ਕਈ ਖਾਮੀਆ ਵੀ ਹਨ। ਕੁਝ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ

1). ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਹੀ ਹੈ। ਇਹ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਹੀਲੀਅਮ (Helium) ਲਈ ਨਹੀਂ ਲਗਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਕਰਨ ਲਈ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਪਰ ਕੋਈ ਕਾਮਯਾਬੀ ਨਹੀਂ ਮਿਲੀ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਉਹ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕ ਦਾ +Ze ਧਨ ਆਵੇਸ਼ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਥੇ Z ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਸੰਖਿਆ ਹੈ, ਉਦਾਹਰਣ ਹਨ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ , ਇਕੱਲਾ ਆਯੋਨਾਇਜਡ ਹੀਲਿਅਮ, ਦੋਹਰਾ ਆਯੋਨਾਇਜਡ ਲੀਥੀਅਮ (Lithium) ਅਤੇ ਹੋਰ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਗੁੰਲਝਦਾਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ- ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਮੁਸ਼ਕਿਲ ਇਹ ਹੈ ਕੀ ਹਰੇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕੇਵਲ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਨਾਭਿਕ ਨਾਲ ਹੀ ਨਹੀਂ ਬਲਕਿ ਦੂਸਰੇ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਵੀ ਕਿਰਿਆ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੀ ਰਚਨਾ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਧਨ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਨਾਭਿਕ ਵਿਚੱਕਾਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਕਿਰਿਆ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਸ਼ਾਮਿਲ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜੋ ਕੀ ਜਿਆਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਜਰੂਰੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2) ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਵੱਲੋ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਦੀ ਸਹੀ ਭਵਿਖਵਾਣੀ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਇਹ ਮਾਡਲ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਦੇ ਆਪਸੀ ਤਿਖੇਪਨ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆਂ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ, ਕੁਝ ਦ੍ਰਿਸ਼ਮਾਨ (Visible) ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਦਾ ਤੀਖਾਪਣ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦਕਿ ਕੁਝ ਦਾ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਕਿਉ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪੜਚੋਲ ਦਿਖਾਉਦੀ ਹੈ ਕਿ ਕੁੱਝ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨਾਂ ਦੁਸਰੀਆਂ ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਵੱਧ ਯੋਗ ਹਨ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਤਿਖੇਪਨ ਨੂੰ ਸਮਝਾਉਣ ਵਿੱਚ ਸਮਰਥ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਇੱਕ ਵੱਧੀਆ ਤਸਵੀਰ ਪੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ ਪਰ ਜਟਿਲ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਲਈ ਇਸ ਦਾ ਵਯਾਪੀਕਰਣ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਜਟਿਲ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਇੱਕ ਨਵੇ ਮੁਡਲੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸੰਰਚਨਾ ਦੀ ਵੱਧ ਪੂਰਣ ਤਸਵੀਰ ਪੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਲੇਸਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (Laser Light)

(a) Light from a bulb

(ਬਲੱਬ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼)

(b) Laser light

(ਲੇਜ਼ਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼)

ਕਿਸੇ ਭੀੜ ਭਾੜ ਵਾਲੇ ਬਾਜਾਰ ਜਾਂ ਰੇਲਵੇ ਪਲੇਟਫਾਰਮ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਜਿਥੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਮਨੁੱਖ ਇੱਕ ਦਰਵਾਜੇ ਤੋਂ ਅੰਦਰ ਆ ਕੇ ਅਲਗ ਅਲਗ ਦਿਸ਼ਾਵਾ ਵਿੱਚ ਜਾ ਰਹੇ ਹਨ। ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਕਦਮ ਅਨਿਯਮਿਤ ਹਨ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਲਾ (Phase) ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀ ਸੰਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਮਾਰਚ ਕਰਦੇ ਸਿਪਾਹੀਆਂ ਬਾਰੇ ਸੋਚੋ ਚਿੱਤਰ ਦੇਖੋ ।

ਆਮ ਸੋਮੇ ਜਿਵੇ ਕੀ ਮੋਮਬਤੀ ਅਤੇ ਬਲੱਬ ਤੇ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਤੇ ਲੇਜਰ ਵਿੱਚੋ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਇਹੋ ਹੀ ਅੰਤਰ ਹੈ। LASER ਸ਼ਬਦ ਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ (LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION) 1960 ਵਿੱਚ ਵਿਕਾਸ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ, ਇਹ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਟੈਕਨਾਲੋਜੀ ਦੇ ਸਾਰੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਦਾਖਿਲ ਹੋ ਗਿਆ। ਅੱਜ ਭੌਤਿਕ, ਰਸਾਲਨ ਸ਼ਾਸਤਰ, ਜੀਵ ਵਿਗਿਆਨ, ਚਿਕਿਤਸਾ, ਅਤੇ ਹੋਰਾਂ ਵਿੱਚ ਇੱਸਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਹੈ। ਕੁਝ ਲੇਜਰ ਘੱਟ ਤਾਕਤ ਵਾਲੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਪੇਂਸਿਲ ਲੇਜਰ (Pencil Laser) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਸੰਕੇਤਕ ਦਾ ਕੰਮ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਹੋਰ ਵੀ ਅਲਗ ਅਲਗ ਕਿਸਮ ਦੇ ਲੇਜਰ ਹਨ ਜੋ ਅੱਖ ਵਰਗੇ ਨਾਜੁਕ ਹਿੱਸੇ ਅਤੇ ਪੇਟ ਦੀ ਸਰਜਰੀ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਕੁੱਝ ਲੇਜਰ ਤਾਂ ਲੋਹੇ ਨੂੰ ਕਟਣ ਅਤੇ ਜੋੜਨ (Welding) ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਰਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਕਿਸੇ ਸੋਮੇ ਵਿੱਚੋ ਪ੍ਰਕਾਸ਼, ਤਰੰਗਾ ਦੇ ਪੈਕੇਟ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਆਮ ਸੋਮੇ ਵਿੱਚੋ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਈ ਤਰੰਗਾ ਦਾ ਮਿਸ਼ਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਅਲਗ ਅਲਗ ਤਰੰਗਾ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਫੇਜ਼ ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸਲਈ ਇਹੋ ਜਿਹਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਦੋ ਕਿਸੇ ਮੋਰੀ ਵਿੱਚੋ ਗੁਜਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਬਹੁਤ ਛੇਤੀ ਹੀ ਫੈਲ ਜਾਦਾਂ ਹੈ ਅਤੇ ਬੀਮ (Beam) ਦਾ ਸਾਇਜ ਦੂਰੀ ਦੇ ਨਾਲ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਵਧਦਾ ਹੈ। ਲੇਜਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਪੈਕੇਟ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਤਰੰਗ ਦੇ ਪੈਕੇਟ ਦੀ ਔਸਤ ਲੰਬਾਈ ਵੀ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕੀ ਲੰਬੇ ਸਮੇ ਅੰਤਰਾਲ ਦੇ ਲਈ ਵਧੀਆਂ ਫੇਜ਼ ਸੰਬੰਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਕਾਰਣ ਲੇਜਰ ਬੀਮ ਦਾ ਅਧਮਰਣ ਘੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਕਿਸੇ ਸੋਮੇ ਵਿੱਚ N ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਹਨ, ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਮਾਣੂ I ਤੀਬਰਤਾ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਆਮ ਸੋਮੇ ਵੱਲੋ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕੁਲ ਤੀਬਰਤਾ NI ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਦੋਕਿ ਲੇਜਰ ਸੋਮੇ ਵਿੱਚ ਇਹ NI^2 ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਕਿ N ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ, ਅਸੀਂ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਆਮ ਸੋਮੇ ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਲੇਜਰ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵੱਧ ਤੀਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਜਦੋ ਅਪੋਲੋ ਮਿਸ਼ਨ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ੍ਸ਼ ਯਾਤਰੀ ਚੰਦਰਮਾ ਤੇ ਗਏ ਤਾਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਧਰਤੀ ਵੱਲ ਮੁੱਖ ਕਰਦਾ ਇੱਕ ਸ਼ੀਸਾ ਰੱਖਿਆ ਉਦੋ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾ ਨੇ ਇੱਕ ਤੀਬਰ ਲੇਜਰ ਬੀਮ ਇਸਦੇ ਵੱਲ ਭੇਜਿਆ ਜਿਸਨੂੰ ਚੰਦਰਮਾ ਤੇ ਰੱਖੇ ਦਰਪਣ ਨੇ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਕਰਕੇ ਧਰਤੀ ਤੇ ਵਾਪਸ ਭੇਜ ਦਿੱਤਾ। ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਲੇਜਰ ਬੀਮ ਦਾ ਸਾਇਜ ਅਤੇ ਆਉਣ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਲਗੇ ਸਮੇ ਨੂੰ ਮਾਪਿਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਤੋਂ (a) ਲੇਜਰ ਬੀਮ ਦਾ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਅਪਸਰਣ ਅਤੇ (b) ਧਰਤੀ ਤੋ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਦੂਰੀ ਪਤਾ ਲੱਗ ਗਈ।

ਸਾਰਾਂਸ਼ (SUMMARY)

1). ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਕੁਲ ਮਿਲਾ ਕੇ ਬਿਜਲੀ ਅਚਾਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਧਨਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦਾ ਮੁੱਲ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2). ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਧਨ ਚਾਰਜਾ ਦਾ ਇੱਕ ਗੋਲਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਤੇ ਕਿਤੇ ਰੱਖੇ ਹਨ।

3). ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਜਿਆਦਾਤਰ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਕੁੱਲ ਧਨ ਚਾਰਜ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਆਕਾਰ ਦਾ ਲਗਾਤਾਰ ਦਸ ਹਜਾਰਵਾਂ ਹਿੱਸਾ) ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁੰਮਦਾ ਹੈ।

4). ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਦੋ ਮੁੱਖ ਮੁਸ਼ਕਿਲਾ ਹਨ, (a) ਇਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਥਿਰ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਸਪਾਇਰਲ (Spiral) ਪੱਥ ਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰਲੇ ਪਾਸੇ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਨੂੰ ਨਕਾਰਦਾ ਹੈ। (b) ਇਹ ਅਲਗ ਅਲਗ ਤੱਤਾ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ (Characteristic) ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟਰਮ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ।

5). ਹਰੇਕ ਤੱਤ ਦੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਥਾਈ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਵਿਸ਼ੇਸ (Characteristic) ਸਪੇਕਟਰਮ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਪੇਕਟਰਮ ਵਿੱਚ ਆਸੋਲੇਟਡ (Ioslated) ਸਮਾਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਾ ਸਮੂਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟਰਮ ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਇਹ ਪਰਮਾਣੂ ਸਰੰਚਨਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਬਾਰੇ ਸੂਚਨਾਵਾਂ ਦਿੰਦਾ ਹੈ।

6). ਪਰਮਾਣਵੀ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਇੱਕ ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟਰਮ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੱਖ ਵੱਖ ਲੜੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਰੇਖਾ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨੂੰ ਦੋ ਪਦਾ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਲਾਇਮਰ ਲੜੀ : $v = Rc\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$; n = 2,3,4 - - - -

ਬਾਲਮਰ ਲੜੀ : $v = Rc\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$; n = 3,4,5- - - -

ਪਾਸ਼ਨ ਲੜੀ : $v = Rc\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$; n = 4,5,6 - - - -

ਬਰੇਕਟ ਲੜੀ : $v = Rc\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$; n = 5,6,7 - - - -

ਪੀਫੰਡ ਲੜੀ : $v = Rc\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$; n = 6,7,8 - - - -

7). ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਵੱਲੋ ਉਤਸਰਜਿਤ ਰੇਖੀ ਸਪੇਕਟਰਮ ਅਤੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਨੀਲਸ ਬੋਹਰ (Neils Bohr) ਨੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ (ਇੱਕ ਇਲੈਕ੍ਰਟਾਨ) ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਮਾਡਲ ਦਿੱਤਾ। ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਦਿੱਤੇ ਅਤੇ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੀ ਨੀਂਵ ਰਖੀ।

(a)ਕਿਸੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਇਲੈਕ੍ਰਟਾਨ ਬਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਕੀਤੇ ਸਥਾਈ ਪੱਥਾ ਵਿੱਚ ਘੁਮਦਾ ਹੈ।

(b)ਸਥਾਈ ਪੱਥ ਉਹ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ $L = \frac{nh}{2\pi}$ ਦਾ ਕੋਈ ਪੂਰਣ ਅੰਕ ਗੁਣਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਬੋਹਰ ਦਾ ਕੁਅੰਟਸੀ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ) ਮਤਲਬ $L = \frac{nh}{2\pi}$ ਜਿਥੇ n ਇੱਕ ਪੂਰਣ ਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆ ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ।

(c) ਤੀਜੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਅਨੁਸਾਰ ਇਲੈਕ੍ਰਟਾਨ ਅਪਣੇ ਸਥਾਈ ਵਿਕਿਰਣ ਨਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਆਰਬਿਟ (Orbit) ਤੋ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਆਰਬਿਟ ਚ' ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਹ ਇੱਕ ਫੋਟਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੀ ਊਰਜਾ ਹੇਠਲੀ ਅਤੇ ਉਤਲੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਹੇਠ ਦਿੱਤੇ ਸਮੀਕਰਣ ਨਾਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ

$hv = E_i - E_f$

ਕੋਈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਉਸੇ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਵਿਕਿਰਣ ਸੋਖਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਉਹ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕ੍ਟਾਨ n ਤੋਂ ਵੱਡੀ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

$E_i + h_v = E_f$

8).ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਕਅੰਟਮੀਕਰਣ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਦੇ ਕਾਰਣ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਕੁੱਝ ਵਿਸ਼ੇਸ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਪੱਥਾ ਵਿੱਚ ਹੀ ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਲਈ ਵਿਆਸ ਦਾ ਮਾਨ

$$r_n = \left(\frac{n^2}{m}\right)\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2}$$

ਕੁਲ ਊਰਜਾ ਵੀ ਕੁਅੰਟਿਤ ਹੈ,

$$E_n = -\frac{m e^4}{8 n^2 \varepsilon_0^2 h^2}$$

n= 1 ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਨਿਊਤਮ ਸਥਿਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ -13.6 eV ਹੈ। n ਦੇ ਵਡੇ ਮਾਨ (n>1) ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ। ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀਆ ਵਿੱਚ ਦੂਸਰੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਜਾਂ ਸਹੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਵਾਲੇ ਫੋਟਾਨ ਨੂੰ ਸੋਖ (absorb) ਕੇ ਪਹੁੰਚਦਾ ਹੈ।

9). ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੀ ਧਾਰਣਾ, ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ $\lambda = h/mv$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਤਰੰਗ ਕਣ ਦੋਹਰੇ (Wave Particle Duality) ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਬੋਹਰ ਦੇ ਕੁਅੰਟਿਤ ਪੱਥਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ। ਆਰਬਿਟ ਗੋਲਾਕਾਰ ਸਟੇਡਿੰਗ (Standing) ਤਰੰਗ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹਨ ਅਤੇ ਆਰਬਿਟ ਦਾ ਪਰਿਮਾਪ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੇ ਪੂਰਣ ਗੁਣਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

10). ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ (ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ) ਦੇ ਲਈ ਹੀ ਸਹੀ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਿਵੇਂ ਕੀ ਹੀਲੀਅਮ (Helium) ਦੇ ਲਈ ਇਸਤੇਮਾਲ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਹ ਮਾਡਲ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਦੀ ਆਪਸੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਵੀ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ।

ਵਿਚਾਰਣ ਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ (Points to Ponder)

1. ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਅਤੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਦੋਵੇਂ ਹੀ ਅਸਥਾਈ ਸਿਸਟਮ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸਥਾਈ ਹੈ, ਜਦੋ ਕਿ ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਆਰਬਿਟਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਕਾਰਣ ਅਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2. ਬੋਹਰ ਨੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ (ਦੂਜੇ ਪਤ੍ਰਿਬੰਧ) ਦਾ ਹੀ ਕਅੰਟਮੀਕਰਣ ਕਿਉ ਕੀਤਾ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ? ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ h ਅਤੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੀਆ ਵਿਸਾ ਇੱਕ ਹੀ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ, ਅਤੇ ਗੋਲਾਕਾਰ ਆਰਬਿਟਾ ਲਈ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਢੁਕਵੀਂ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਦੂਜਾ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਸੁਵਾਭਾਵਿਕ ਹੈ।

3. ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਮਾਡਲ ਦਾ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ (Uncertainty Principle) ਦੇ ਨਾਲ ਅਸੰਗਤ ਸੀ। ਇਹ ਆਧੁਨਿਕ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵੱਲੋ ਬਦਲ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਸੀ,ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬੋਹਰ ਆਰਬਿਟ ਉਹ ਖੇਤਰ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਮਿਲਨ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

4. ਸੌਰ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੋਂ ਵੱਖ, ਜਿਥੇ ਗ੍ਰਹਿ ਅਤੇ ਗ੍ਰਹਿ ਦਾ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬੱਲ ਸੂਰਜ ਅਤੇ ਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬੱਲ ਤੋ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ ਸੂਰਜ ਦਾ ਪੁੰਜ ਕਿਸੇ ਵੀ ਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਦੂਰੀਆ ਸਮਾਨ ਮਾਨ ਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਕਾਰਣ ਹੈ ਕਿ ਗ੍ਰਹਿ ਵਰਗੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਾਲਾ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਜਿਆਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਵਰਗੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਲਈ ਯੋਗ ਨਹੀਂ ਹੈ।

5. ਕੁੱਝ ਵਿਸ਼ੇਸ ਆਰਬਿਟਾ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰਕੇ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ, ਬੋਹਰ ਨੇ ਕੁਅੰਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਨੀਂਵ ਰੱਖੀ। ਬੋਹਰ ਦੇ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆ n ਹੈ। ਨਵਾਂ ਸਿਧਾਂਤ ਜਿਸਨੂੰ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਬੋਹਰ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧਾ ਨਾਲ ਸਹਿਮਤ ਹੈ। ਐਪਰ, ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ (ਜਿਆਦਾ ਮਾਨਿਤਾ ਵਾਲੀ) , ਕੋਈ ਵਿਸ਼ੇਸ ਊਰਜਾ ਸਥਿਤੀ ਹਮੇਸ਼ਾ ਇੱਕ ਹੀ ਕੁਅੰਟਮ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਸੰਗਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਕੋਈ ਅਵਸਥਾ ਚਾਰ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆਵਾ (n,l,m ਅਤੇ s) ਨਾਲ ਦਰਸਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਪਰ ਸ਼ੁੱਧ ਕੁਲਮ ਪੁਟੈਂਸਲ (Coloumb Potential) ਦੇ ਲਈ (ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ) ਊਰਜਾ ਕੇਵਲ n ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।

6. ਸਾਧਾਰਣ ਕਲਾਸਿਕੀ ਅਨੁਮਾਨਾ ਦੇ ਉਲਟ, ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਅਪਣੇ ਆਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਘੁਮਣ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਸਪੈਕਟਰਮੀ ਰੇਖਾ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਕੋਈ ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਸਪੈਕਟਰਮੀ ਰੇਖਾ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੋ ਆਰਬਿਟਲ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਨੂੰ h ਨਾਲ ਭਾਗ ਕਰਕੇ ਮਿਲਦੀ ਹੈ। ਵੱਡੀਆ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆਵਾਂ (n ਤੋ n – 1,ਤੱਕ n ਵੱਡਾ ਲੇਣ ਤੇ) ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਟਰੈਂਨਜਿਸ਼ਨਾ ਤੇ ਦੋਨਾ ਦੇ ਮਾਨ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

7. ਬੋਹਰ ਦਾ ਅਰਧ ਕਲਾਸਿਕੀ ਮਾਡਲ ਜੋ ਕੁਝ ਤਾਂ ਕਲਾਸਿਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਪਹਿਲੂਆ ਤੇ ਅਤੇ ਕੁਝ ਆਧੁਨਿਕ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਪਹਿਲੂਆ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੈ ਉਹ ਵੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪਰਮਾਣੂਆ ਦਾ ਸਹੀ ਚਿੱਤਰ ਪਸਤੁਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਸਹੀ ਚਿੱਤਰ ਕੁਅੰਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਤੋ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਮੁਡਲੇ ਤੋਰ ਤੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਤੇ ਕਾਫੀ ਅਲਗ ਹੈ। ਫੇਰ ਜੇਕਰ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਠੀਕ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਅਸੀ ਇਸਦੇ ਬਾਰੇ ਕਿਉ ਚਿੰਤਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਐਪਰ, ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਉਪਯੋਗੀ ਬਣਾਣ ਵਾਲੇ ਕੁਝ ਕਾਰਣ ਹਨ

(i). ਇਹ ਮਾਡਲ ਕੇਵਲ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧਾ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੈ ਫੇਰ ਵੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਸਪੈਕਟਰਮ ਦੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ਤਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਦਾ ਹੈ।

(ii). ਅਸੀ ਕਲਾਸਿਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਦੀਆਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਤੋ ਸਿਖਿਆ ਹੈ ਉਹ ਇਸ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹਨ।

(iii) ਇਹ ਮਾਡਲ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਸਿਧਾਂਤਿਕ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਨੂੰ ਕੁਝ ਭਵਿਖਵਾਣੀਆਂ ਦੀ ਆਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਦੇ ਕਦੇ ਕੁਝ ਸਮਸਿਆਵਾਂ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰ ਦੇਣੀ ਚਾਹਿਦੀ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਸਿਧਾਂਤ ਜਾਂ ਮਾਡਲ ਦੀ ਭਵਿਖਵਾਣੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਵਿਗਿਆਨੀ ਨੂੰ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਸਮਸਯਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦਾ ਯਤਨ ਕਰਨਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ।

ਅਭਿਆਸ (Exercise)

12.1 ਹਰੇਕ ਕਥਨ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸੰਕੇਤਾ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਵਿਕਲਪ ਚੁਣੋ।

(a) ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਅਕਾਰ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀ ਅਕਾਰ ਤੋਂ ——— ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਅਪੇਖਿਆ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਜਿਆਦਾ, ਅਲਗ ਨਹੀਂ,ਅਪੇਖਿਆ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਘੱਟ)

(b) ——— ਵਿੱਚ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਤੁਲਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂਕਿ ——— ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹਮੇਸ਼ਾ ਨੇਟ ਬੱਲ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੇ ਹੈ। (ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ,ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ)

(c) ——— ਨੇ ਅਧਾਰਿਤ ਕਿਸੀ ਕਲਾਸਿਕੀ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਨਸ਼ਟ ਹੋਣਾ ਪੱਕਾ ਹੈ। (ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ,ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ)

(d) ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਲਗਾਤਾਰ ਵਿੱਚ ਵਿਤਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ——— ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਵੱਡੇ ਤੌਰ ਤੇ ਅਸਮਾਨ ਵਿਤਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ——— ਵਿੱਚ। (ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ,ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ)

(e) ——— ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਧਨਆਵੇਸ਼ਿਤ ਭਾਗ ਦਾ ਪੁੰਜ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ,ਦੋਨੋ ਮਾਡਲ)

12.2 ਮਨ ਲੋ ਕਿ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਦੀ ਥਾਂ ਤੇ ਠੋਸ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਦੀ ਪਤਲੀ ਸ਼ੀਟ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ ਸਾਨੂੰ ਅਲਫਾ ਕਣ ਖੰਡਾਓ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੋਹਰਾਣ ਦਾ ਮੋਕਾ ਮਿਲਦਾ। (ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ 14k ਤੋ ਥਲੇ ਤਾਪ ਤੇ ਠੋਸ ਹੋ ਜਾਦੀ ਹੈ) ਤੁਸੀਂ ਕਿਸ ਨਤੀਜੇ ਦੀ ਭਾਲ ਕਰਦੇ ਹੋ।

12.3 ਪਾਸ਼ਨ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਸਪੇਕਟਰਮੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਸਭ ਤੋਂ ਛੋਟੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੈ।

12.4 2.3eV ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਦੋ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾ ਨੂੰ ਅਲਗ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜੇਕਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਤੋ ਹੇਠਲੇ ਪੱਧਰ ਵਿੱਚ ਟਰੈਨਜਿਸ਼ਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

12.5 ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਨਿਊਨਤਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ -13.6eV ਹੈ। ਇਸ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਅਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ।

12.6 ਨਿਊਨਤਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਇੱਕ ਫੋਟਾਨ ਸੋਖਦਾ ਹੈ। ਜਿਸ ਨਾਲ ਇਹ $n = 4$ ਪੱਥਰ ਤੇ ਉਤੇਜਿਤ ਹੋ ਜਾਦਾ ਹੈ। ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

12.7 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਕਿਸੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ $n = 1,2,3$ ਪੱਧਰਾ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕਰੋ। (b) ਇਸਦੇ ਵਿੱਚੋ ਹਰੇਕ ਲਈ ਪੱਥ ਸਮਯਕਾਲ ਪਤਾ ਕਰੋ।

12.8 ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਅੰਦਰੂਨੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਥ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 5.3×10^{-11} m ਹੈ। ਪੱਥ $n = 2$, $n=3$ ਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰੋ।

12.9 ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪ ਤੇ ਗੈਸੀ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਤੇ ਕਿਸੇ 12.5eV ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਬਮਬਾਰੀ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਕਿਹੜੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀ ਲੜੀ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਵੇਗੀ।

12.10 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ 1.5×10^{11}m ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ 3×10^{4}m/s ਦੇ ਪੱਥੀ ਵੇਗ ਨਾਲ ਘੁਮਦੀ ਧਰਤੀ ਦੀ ਕੁਅੰਟਮ ਸੰਖਿਆ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਧਰਤੀ ਦਾ ਪੁੰਜ = 6×10^{24}kg)

ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ (Additional Exercises)

12.11 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾ ਦੇ ਉਤਰ ਦੋ ਜੋ ਤੁਹਾਨੂੰ ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਅਤੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਸਮਝਨ ਲਈ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਹਾਇਕ ਹਨ।

(a) ਕਿ ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਪਤਲੀ ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਤੋ ਖਿੰਡੇ ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਦਾ ਪਹਿਲੇ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਔਸਤ ਵਿਖੇਪਣ ਕੋਣ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵੱਲਪਹਿਲੇ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਮਾਨ ਤੋ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ ਹੈ ਜਾਂ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ।

(b) ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵੱਲੋ ਪਹਿਲੇ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਬੈਕਵਰਡ ਖਿੰਡਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ (ਮਤਲਬ ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਦਾ 90^0 ਤੇ ਵੱਡੇ ਕੋਣ ਤੇ ਖਿੰਡਣ) ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵੱਲੋ ਪਹਿਲੇ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਮਾਨ ਤੋ ਬਹੁਤ ਘੱਟ, ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ ਜਾਂ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ।

(c) ਬਾਕੀ ਕਾਰਕਾ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰਖਦੇ ਹੋਏ, ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ ਘੱਟ ਮੋਟਾਣੀ t ਦੇ ਲਈ, ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਕੋਣਾ ਤੇ ਖਿੰਡੇ ਹੋਏ ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ t ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। t ਤੇ ਇਹ ਨਿਰਭਰਤਾ ਕੀ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ।

(d) ਕਿਸ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਅਲਫਾ ਕਣਾ ਦਾ ਪਤਲੀ ਪਰਤ ਤੋ ਖਿੰਡਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਔਸਤ ਖਿੰਡਣ ਕੋਣ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਮਲਟੀਪਲ (Multiple) ਖਿੰਡਣ ਦੀ ਭਾਲ ਨ ਕਰਨਾ ਗਲਤ ਹੈ।

12.12 ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਇਹ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਨ, ਕੁਲਮ ਆਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਲਗਭਗ 10^{-40} ਦੇ ਗੁਣਜ ਤੋ ਘੱਟ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਦੇਖਣ ਦਾ ਇੱਕ ਬਦਲਵਾ ਉਪਾ ਇਹ ਹੈ ਜੇਕਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬੱਲ ਰਾਹੀਂ ਬੱਝੇ ਹੋਣ ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲੇ ਬੋਹਰ ਪੱਥ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉ। ਤੁਸੀਂ ਮਨੋਰੰਜਕ ਉਤਰ ਪਾਉਗੇ।

12.13 ਜਦੋ ਕੋਈ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਪੱਧਰ n ਤੋ (n = 1) ਪੱਧਰ ਤੇ ਅਣਉਤੇਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ। n ਦੇ ਵੱਡੇ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਦਿਖਾਉ ਕੀ ਇਹ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਘੁਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕਲਾਸਿਕੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗੀ।

12.14 ਕਲਾਸਿਕੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਵੇਲੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਾਇਜ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤੇਅ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਅਪਣੇ ਸਾਇਜ ਦੀ ਥਾਂ ਦਸ ਹਜਾਰ ਗੁਣਾ ਵੱਡਾ ਕਿਉ ਨਹੀਂ ਹੈ ? ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਨੇ ਬੋਹਰ ਨੂੰ ਅਪਣੇ ਮਸ਼ਹੂਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਮਾਡਲ, ਜੋ ਕਿ ਅਸੀ ਕਿਤਾਬ ਵਿੱਚ ਸਿੱਖਿਆ ਹੈ, ਤੇ ਪਹੁਚਨ ਤੋ ਪਹਿਲਾਂ ਬਹੁਤ ਉਲਝਨ ਵਿੱਚ ਪਾਇਆ ਸੀ। ਅਪਣੀ ਖੋਜ਼ ਤੋ ਪਹਿਲਾ ਉਸਨੇ ਕਿ ਕੀਤਾ ਹੋਵੇਗਾ, ਇਸ ਦਾ ਪਤਾ ਲਾਉਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਮੂਲ ਸਥਿਰ ਅੰਕਾ ਦੇ ਨਾਲ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਗਤਿਵਿਧੀ ਕਰਕੇ ਦੇਖਿਆ ਕਿ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਵਿਸ ਵਾਲੀ ਕੋਈ ਰਾਸ਼ੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸਦਾ ਸਾਇਜ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਾਇਜ (~ 10^{-10}m) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

(a) ਮੂਲ ਸਿਥਰ ਅੰਕਾ e, m_e ਅਤੇ c ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਵਿਸ ਵਾਲੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕਰੋ। ਉਸ ਦਾ ਸੰਖਿਅਤਮਕ ਮਾਨ ਵੀ ਨਿਰਧਾਰਤਿਤ ਕਰੋ।

(b) ਤੁਸੀ ਦੇਖੋਗੇ ਕਿ (a) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਮਾਣਵੀ ਵਿਸਾ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੀ ਕੋਟਿ ਤੋ ਕਾਫੀ ਛੋਟੀ ਹੈ। ਇਸ ਤੋ ਇਲਾਵਾ ਇਸ ਵਿੱਚ c ਵੀ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹੈ। ਪਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਜਿਆਦਾਤਰ ਨਾਨ ਰਿਲੇਟੀਵਿਸਟਿਕ (non relativistic) ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਹੈ ਜਿਥੇ c ਦੀ ਕੋਈ ਭੂਮਿਕਾ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਗੱਲ ਨੇ ਬੋਹਰ ਨੂੰ c ਨੂੰ ਛੱਡ ਕੇ ਸਹੀ ਪ੍ਰਮਾਣਵੀ ਸਾਇਜ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕੁਝ ਹੋਰ ਦੇਖਣ ਲਈ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਸਮੇਂ ਪਲਾਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੋਰ ਕਿੱਤੇ ਹੋਂਦ ਵਿੱਚ ਆ ਚੁੱਕਾ ਸੀ। ਬੋਹਰ ਦੀ ਤੇਜ਼ ਨਜਰ ਨੇ ਪਹਿਚਾਣ ਲਿਆ ਕਿ h,m_e ਅਤੇ e ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਤੋ ਹੀ ਸਹੀ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਸਾਇਜ ਮਿਲੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ h, m_e ਅਤੇ e ਤੋ ਹੀ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਵਿਸ ਵਾਲੀ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਇਹ ਸਿੱਧ ਕਰੋ ਕਿ ਇਸਦਾ ਸੰਖਿਆਤਮਕ ਮਾਣ, ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਪਰਿਮਾਣ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦਾ ਹੈ।

12.15 ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਉਤੇਜਿਤ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਲਗਭਗ -3.4 eV ਹੈ। (a) ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੈ।

(b) ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੈ।

(c) ਜੇਕਰ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਿਫਰ ਸੱਤਰ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਉਪਰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਉਤਰਾ ਵਿੱਚੋ ਕਿਹੜਾ ਉਤਰ ਬਦਲੇਗਾ ?

12.16 ਜੇਕਰ ਬੋਹਰ ਦੇ ਕੁਅੰਟਮਿਕਰਣ (Quantisation) ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ (ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ = nh/2z) ਪ੍ਰਕਰਤੀ ਦਾ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤਿ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। ਫੇਰ ਅਸੀਂ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਗ੍ਰਹਾਂ ਦੇ ਪੱਥਾ ਦੇ ਕੁਅੰਟਮਿਕਰਣ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਿਉ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ।

12.17 ਪਹਿਲਾ ਬੋਹਰ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ ਮਯੂਔਨਿਕ ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ (muonic hydrogen atom) (ਕੋਈ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ 207 m_e ਪੁੰਜ ਦਾ ਰਿਣ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਮਯੂਔਨ (M^-) ਪਰਔਟੋਨ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਘੁਮਦਾ ਹੈ) ਦੀ ਸਭ ਤੋਂ ਹੇਠਲੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਉਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ।

ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ

12.1 (a). ਨਹੀਂ ਅਲੱਗ ਹੈ।

(b) ਧਾਮਧਸਨ (Thompson's) ਮਾਡਲ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ

(c) ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ

(d) ਥਾਮਪਸਨ ਮਾਡਲ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ

(e) ਦੋਵੇ ਹੀ ਮਾਡਲ

12.2 ਹਾਇਡਰੋਜਨ ਅਣੂ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਹੈ। ਉਸ ਦਾ ਪੁੰਜ 1.67×10^{-27} kg ਹੈ, ਜਦਕਿ ਇੱਕ ਇੰਨਸੀਡੈਂਟ (Incident) ਅਲਫਾ ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ 6.64×10^{-27} kg ਕਿਉਕਿ ਖੰਡਾਓ ਹੋਈਆ ਕਣ ਟਾਰਗੇਟ ਨਾਭਿਕ ਤੋ ਵੱਧ ਪੁੰਜ ਵਾਲਾ ਹੈ, ਅਲਫਾ ਕਣ ਹੈਡ ਉਨ (Head on) ਟਕਰਾਉ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਪਸ ਨਹੀਂ ਪਰਤੇਗਾ। ਇਹ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੋਈ ਫੁਟਬਾਲ ਕਿਸੇ ਟੈਨਿਸ ਦੀ ਗੇਂਦ ਨਾਲ ਟਕਰਾਅ ਕਰਦਾ ਹੈ।

12.3 82nm

12.4 5.6×10^{6}hz

12.5 13.6 ev ; -27.2ev

12.6 9.7×10^{-8} m ; 3.1×10^{15} hz

12.7 (a) 2.18×10^{6} m/s ; 1.09×10^{6} m/s ; 7.27×10^{5} m/s

(b) 1.52×10^{-16} s; 1.22×10^{-15} s; 4.11×10^{-5} s

12.8 2.12×10^{-10} m; 4.77×10^{-10} m

12.9 ਲਾਇਮਨ ਲੜੀ 103 nm ਅਤੇ 1.22 nm ; ਬਲਮਰ ਲੜੀ 656 nm

12.10 2.6×10^{74}

12.11 (a) ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ

(b) ਬਹੁਤ ਘੱਟ

(c) ਇਹ ਸੁਝਾਵ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਖੰਡਾਉ ਵੱਡੇ ਤੋਰ ਤੇ ਇਕ ਹੀ ਟੱਕਰ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਟਾਰਗੇਟ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਵੱਧਣ ਨਾਲ ਸਿੱਧੇ ਤੌਰ ਤੇ ਟੱਕਰਾ ਵੱਧ ਜਾਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਸਿੱਧੇ ਤੌਰ ਤੇ ਮੋਟਾਈ ਵੱਧਣ ਨਾਲ।

(d) ਥਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਕਲੀ ਟੱਕਰ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਡਿਫਲੈਕਸ਼ਨ (Deflection) ਦਿੰਦੀ ਹੈ ਦੇਖਣ ਵਿੱਚ ਆਇਆ ਖੰਡਾਓ ਕੋਣ ਉਦੋ ਹੀ ਸਮਝਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਦੋ ਮਲਟੀਪੱਲ ਖੰਡਾਓ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ। ਇਸ ਲਈ ਥਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਮਲਟੀਪੱਲ ਖੰਡਾਓ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਛੱਡਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰਾ ਖੰਡਾਓ ਇੱਕ ਟੱਕਰ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਮਲਟੀਪੱਲ ਖੰਡਾਓ ਇਫੈਕਟ ਨੂੰ ਪਹਿਲੀ ਨਜਰ ਵਿੱਚ ਛੱਡ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

12.12 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਨੂੰ a_0 ਅਸੀਂ ਦੇ ਸਕਦੇ ਹਾਂ $a^a_0 = \frac{4z =_0 (h k z)^2}{m_e^2 e^2}$ ਜੇਕਰ ਅਸੀ ਮਨ ਲਈਏ ਕੀ ਅਣੂ ਗੁਰਤਵਾਕਰਸ਼ਨ ਬੱਲ ਰਾਹੀਂ ਬਾਂਉਡ ਹੈ $\frac{(9m_p m_e)}{r^2}$ ਅਸੀਂ $\frac{E^2}{4\,ze0}$ ਦੀ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ $G\, m_p\, m_e$ ਰੱਖਾਗੇ। ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਬੋਹਰ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਆਰਬਿਟ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਸਕਦੇ ਹਾਂ $a^a_0 = \frac{(h/2z)^2}{G\, m_p\, m_e} = 1.2 \times 10^{29}$m ਇਹ ਪੂਰੇ ਯੂਨਿਵਰਸ਼ ਦੇ ਅੰਦਾਜਨ ਅਕਾਰ ਤੋ ਬਹੁਤ ਵੱਡਾ ਹੈ

12.13 $$v = \frac{me^4}{(4z)^3 E^2 (h/2z)} \left(\frac{1}{(1-n)^2} \;\; \frac{-1}{n^2} \right) = \frac{me^4 (2n-1)}{(4z)^3\;\; E^2_0 (h/2)^3 n^2 (n-1)^2}$$

ਵੱਡੇ n ਲਈ $v = \frac{me^4}{32z^3 E^2_0 (h/2z)^3 n^3}$ ਆਰਬਿਟਲ ਕੰਪਣ $Ve = \left(\frac{v}{2zr} \right)$ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ

$V = \frac{n\,(h/2z)}{mr^2}$ ਅਤੇ $r = \frac{4\, z\, E_0\, (h/2z)^2 n^2}{me^2}$ ਇਹ ਦਿੰਦਾ ਹੈ

$Vc = \frac{n\,(h/2z)}{2zmr^2} = \frac{me^4}{32z^3 E^2_0 (h/2z)^3 n^3}$ ਜੋ ਕੀ ਵੱਡੇ n ਦੇ ਲਈ V ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

12.14 (a) $\left(\frac{e^2}{4zeom\,c^2}\right)$ ਦੀਆ ਵਿਸਾ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਇਸ ਦਾ ਮੂਲ 2.82×10^{-15}m ਅਣੂ ਦੇ ਸਾਇਜ ਤੋ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ।

(b) ਇਸ ਪਰਿਣਾਮ $\frac{4\,z\,E_0\,(h/2z)^2}{me^2}$ ਦੀਆਂ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਮੂਲ 0.53×10^{-10}m ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦਾ ਆਰਡਰ ਅਣਵਿਕ ਸਾਇਜ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨੋਟ ਕਰੋ ਕਿ ਡਾਇਮੈਂਸਨਲ ਆਰਗੂਮੈਂਟ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਨਹੀਂ ਦਸ ਸਕਦੇ ਕਿ ਸਾਇਜ ਤੇ ਪਹੁੰਚਨ ਲਈ ਅਸੀਂ h ਦੀ ਜਗ੍ਹਾਂ ਤੇ 4z ਅਤੇ 4/2z ਕਿਉ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਾਗੇ।

12.15 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ mvr =nh ਅਤੇ $\frac{mv^2}{r} = \frac{ze^2}{4\,z\,E_0\,r^2}$ ਸਾਨੂੰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ

$$T = \frac{1mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{8ZE_0 r} \quad r = \frac{4zE_0 h^2}{ze^2 m} n^2$$

ਇਨ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧਾ ਦਾ ਸਿਫਰ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਦੀ ਚੋਣ ਨਾਲ ਕੋਈ ਲੇਨ ਦੇਣ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਹੁਣ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਿਫਰ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਮਨ ਕੇ ਸਾਨੂੰ ਮਿਲਦਾ ਹੈ $v = -(Ze^2 / yzE_0 r)$
ਜੋ ਦਿੰਦਾ ਹੈ V = -2T ਅਤੇ E = T + V = - T E ਦਾ ਮੂਲ E = -3.4 eV ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਕਿ ਅਨੰਤ ਤੇ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਸਿਫਰ ਹੈ, E = -T ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਕੇ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ + 3.4 eV ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(b) V = -2T ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਕੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਪਅਟੈਸ਼ਲ ਊਰਜਾ = -6.8 eV ਹੈ।
(c) ਜੇਕਰ ਪੁਅਟੈਸਲ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਿਫਰ ਵਖਰੇ ਤੋਰ ਤੇ ਚੁਣਿਏ, ਤਾਂ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦੀ । ਇਸਦਾ ਮੂਲ + 3.4 eV ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਿਫਰ ਦਾ ਕੋਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਕੂਲ ਊਰਜਾ ਬਦਲ ਜਾਵੇਗੀ । ਜੇਕਰ ਅਸੀਂ ਪੁਅਟੈਂਸਲ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸਿਫਰ ਵੱਖਰੇ ਤੋਰ ਤੇ ਚੁਣਾਗੇ।

12.16 h ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤਿ ਦਾ ਕੋਣਿ ਮੋਮੇਟਾ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਤੋਰ ਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤੀ ਦਾ ਕੋਈ ਮੋਮੇਟ 10^{70} ਦੀ ਕੋਟੀ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਦੇ ਕੁਅੰਟਾਇਜੇਸ਼ਨ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਅਨੁਸਾਰ ਇਹ n ਦੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ ਮੂਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ (10^{70} ਦੇ ਲਗਭਗ) n ਦੇ ਇੰਨੇ ਵੱਡੇ ਮੂਲ ਲਈ ਨਾਲ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ ਅਤੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਕੁਅੰਟਾਇਜਡ (Quantized) ਸੱਤਰਾ ਦਾ ਮੋਮੇਟ ਦੂਸਰੇ ਸਤਰਾ ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

12.17 ਜੋ ਸਾਰਾ ਕੁਝ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ ਓਹ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਫਾਰਮੂਲੇ ਵਿੱਚ m_e ਅਤੇ M_M ਨਾਲ ਬਦਲ ਕੇ ਮਿਲ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਦੂਸਰੇ ਘਟਕਾ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰੱਖ ਕੇ $r \propto (1/m)$ ਅਤੇ $E \propto m$ ਇਸ ਲਈ

$$V_M = \frac{r_0 m_0}{mM} = \frac{0.53 \times 10^{-13}}{207} = 2.56 \times 10^{-13} m$$

$$E_M = \frac{E_e M_m}{me} = -(13.6 \times 207) ev = -2.8\ kev$$

ਅਭਿਆਸਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ

12.1 (a) ਤੋਂ ਵੱਖ ਨਹੀਂ (b) ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ (c) ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ (d) ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ, ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ (e) ਦੋਨੋਂ ਮਾਡਲ

12.2 ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੀ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਹੈ । ਇਸਦਾ ਪੁੰਜ 1.67×10^{-27} kg ਹੈ, ਜਦੋਂ ਆਪਾਤੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ 6.64×10^{-27}kg ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਖਿੰਡਣ ਵਾਲੇ ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ, ਟਾਰਗੇਟ ਨਾਭਿਕ (ਪ੍ਰੋਟਾਨ) ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਲਾਸਟਿਕ ਟਕੱਰਾਂ ਵਿਚ ਵੀ ਅਲਫਾ ਕਣ ਵਾਪਿਸ ਨਹੀਂ ਪਰਤੇਗਾ । ਇਹ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਫੁਟਬਾਲ, ਵਿਰਾਮ-ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ ਟੇਨਿਸ ਦੀ ਗੇਂਦ ਨਾਲ ਟਕਰਾਏ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਖਿੰਡਾਓ ਵੱਡੇ ਕੋਣਾਂ ਤੇ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ ।

12.3 820 nm

12.4 5.6×10^{14} Hz

12.5 13.6 eV; -27.2 eV

12.6 9.7×10^{-8} m; 3.1×10^{15} Hz

12.7 **(a)** 2.18×10^{6} m/s; 1.09×10^{6} m/s; 7.27×10^{5} m/s
(b) 1.52×10^{-16}s; 1.22×10^{-15} s; 4.11×10^{-15} s

12.8 2.12×10^{-10} m; 4.77×10^{-10}m

12.9 ਲਾਈਮਨ ਸ਼੍ਰੇਣੀ: 103 nm ਅਤੇ 122nm
ਬਾਮਰ ਸ਼੍ਰੇਣੀ: 665 nm

12.10 2.6×10^{74}

12.11 **(a)** ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ

(b) ਬਹੁਤ ਘਟ

(c) ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਖਿੰਡਾਓ ਮੁਖ ਰੂਪ ਵਿਚ ਟੱਕਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇੱਕ ਟੱਕਰ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਟਾਰਗੇਟ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵੱਧਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਮੋਟਾਈ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖੀ ਗੁਣ ਵੱਧਦਾ ਹੈ ।

(b) ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿਚ ਇੱਕ ਟਕੱਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਹੁਤ ਘਟ ਵਿਖੇਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਔਸਤ ਖਿੰਡਾਓ ਕੋਣ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਸਿਰਫ ਬਹੁਤੇ ਖਿੰਡਾਓ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿਚ ਰਖ ਕੇ ਹੀ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਟਾਮਸਨ ਮਾਡਲ ਵਿਚ ਬਹੁਤੇ ਖਿੰਡਾਓ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਗਲਤ ਹੈ । ਰਦਰਫੋਰਡ ਮਾਡਲ ਵਿਚ ਵਧੇਰੇ ਖਿੰਡਾਓ ਇੱਕ ਟਕੱਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਖਿੰਡਾਓ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਪਹਿਲੇ ਨੇੜਲੇ ਅੰਦਾਜੇ ਤੇ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ।

12.12 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਕਕਸ਼ਾ a ਜਿਸਦਾ ਮਾਨ $a_0 = 4pe_0 (h/2p)^2/m_e e^2$ ਜੇ ਅਸੀਂ ਪਰਮਾਣੂ ਗੁਰੂਤਵੀ ਬਲ $(Gm_p m_e/r^2)$, ਦੁਆਰਾ ਬੰਨਿਆਂ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ $(e^2/4\pi\varepsilon_0)$ ਦੀ ਥਾਂ ਤੇ $Gm_p m_e$ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ । ਅਰਥਾਤ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਕਕਸ਼ਾ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ $a_0G = (h/2p)^2/Gm_p m^2_e$ $\sim 1.2\times10^{29}$m ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ । ਇਹ ਸੰਪੂਰਨ ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਆਕਲਨ ਅਕਾਰ ਤੋਂ ਕੀਤੇ ਵੱਡਾ ਹੈ ।

$$v = \frac{me4}{(4\pi)3} - \varepsilon^2_0 \frac{(h)^3}{(2\pi)} - \frac{1^2}{(n-1)} - \frac{1^2}{n} = m\, e4\,(2n-1)\,/\,(4\pi)\,\varepsilon_0^2(h/2\pi)3\,n2\,(n-1)\,2$$

12.13 n ਦੇ ਵਧ ਮਾਨ ਲਈ, $v \cong me^4/32\pi^3 \varepsilon^2_0 (h/2\pi)^3 n^3$

ਕਕਸ਼ਾ ਵਿਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ $v_c = (v/2\pi r)$ ਹੈ ।
ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿਚ $v = n(h/2\pi)/mr$, ਅਤੇ $r = 4\pi\varepsilon_0 (h/2\pi)^2/me^2\ n^2$ ਹੈ ।
ਇਸ ਲਈ: $v_c = n(h/2\pi)/2\pi\, mr^2 = me^4/32\pi^3 \varepsilon^2_0 (h/2\pi)^3 n^3$
ਜੋ n ਦੇ ਵੱਧ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ v ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ।

12.14 **(a)** ਰਾਸ਼ੀ $(e^2/4\pi\varepsilon_0 mc^2)$ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਹਨ। ਇਸਦਾ ਮਾਨ 2.82×10^{-15} m ਹੈ ਜੋ ਨਮੂਨੇ ਦੇ ਪਰਮਾਣਵੀ ਸਾਈਜ਼ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ।

(b) ਰਾਸ਼ੀ $4\pi\varepsilon_0(h/2\pi)^2/me^2$ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਹਨ। ਇਸਦਾ ਮਾਨ 0.53×10^{-10}m ਹੈ ਜੋ ਪਰਮਾਣਵੀ ਸਾਈਜਾਂ ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੈ ।(ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਵਿਮੀ ਤਰਕ ਵਾਸਤਵ ਵਿਚ ਇਹ ਨਹੀਂ ਦਸ ਸਕਦੇ ਕਿ ਸਾਨੂੰ ਸਹੀ ਸਾਈਜ਼ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ h ਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ 4π ਅਤੇ $h/2\pi$ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ।)

12.15 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿਚ, mvr = nh ਅਤੇ $mv2/r = Ze2/4\pi e0r2$
ਇਸ ਲਈ: $T = 1/2mv^2 = Ze^2/8pe_0r$; $r = 4pe_0h^2/Ze^2m\ n^2$
ਇਹਨਾਂ ਸੰਬੰਧਾਂ ਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ੀਰੋ ਦੀ ਚੋਣ ਦਾ ਕੋਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਹੁਣ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਜ਼ੀਰੋ ਪੱਧਰ ਦੀ ਅਨੰਤ ਤੇ ਚੋਣ ਕਰਨ ਤੇ ।

$V = -(Ze^2/4\pi\varepsilon_0 r)$

ਜਿਸ ਤੋਂ V = -2T ਅਤੇ E = T + V = -T ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।

(a) E ਦਾ ਕੋਟ ਕੀਤਾ ਮਾਨ = -3.4eV ਅਨੰਤ ਤੇ ਸਥਿਤੀਜ਼ ਊਰਜਾ ਜ਼ੀਰੋ ਪੱਧਰ ਦੀ ਪਰੰਪਰਿਕ ਚੋਣ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੈ । E = -T ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਤੇ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਇਸ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ +3.4eV ਹੈ ।

(b) V = -2T ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ , ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ =6.8eV ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

(c) ਜੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਜ਼ੀਰੋ ਪੱਧਰ ਦੀ ਵੱਖ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਚੋਣ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਪਰਿਵਰਤਿਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ । ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ +3.4eV, ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਜ਼ੀਰੋ ਪੱਧਰ ਦੀ ਚੋਣ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ । ਜੇ ਸਥਿਤੀਜ਼ ਊਰਜਾ ਦੇ ਜ਼ੀਰੋ ਪੱਧਰ ਦੀ ਵੱਖ ਢੰਗ ਨਾਲ ਚੋਣ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਦੀ ਸਥਿਤੀਜ਼ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਵੇਗੀ ।

12.16 ਗ੍ਰਹੀ ਗਤੀ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ h ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਇਨ੍ਹਾਂ ਵੱਡਾ ਹੈ ਕਿ ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ । ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਆਪਣੀ ਕਕਸ਼ਾ ਦੀ ਗਤੀ ਵਿਚ ਧਰਤੀ ਦਾ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ 10^{70} h ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੈ । ਬੋਹਰ ਦੇ ਕਵਾਂਟੀਕਰਣ ਪਾਸਟੂਲੇਟ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿਚ, ਇਹ n ਦੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ (10^{70} ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ) ਮਾਨ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ । n ਦੇ ਇੰਨ੍ਹੇ ਵੱਡੇ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਕਵਾਂਟਿਤ ਪੱਧਰਾਂ ਦੀਆਂ ਅਗਲੇਰੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਅਤੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਉਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਲਗਾਤਾਰ ਪੱਧਰਾਂ ਦੀਆਂ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਊਰਜਾਵਾਂ ਅਤੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ।

12.17 ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਸੂਤਰਾਂ ਵਿਚ m_e ਨੂੰ m_μ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਹੋਰ ਪਦਾਂ ਨੂੰ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਰਖਦੇ ਹੋਏ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ $r \propto (1/m)$ ਅਤੇ $E \propto m$

ਇਸ ਲਈ: $r_m = r_e m_e/m_m = 0.53 \times 10^{-13}/207 = 2.56 \times 10^{-13}$m

$E_m = E_e m_m.\ m_e = -(13.6 \times 207)$ eV $\cong -2.8$ keV