ਅਧਿਆਇ 11

ਵਿਕਿਰਣ ਅਤੇ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਦੋਹਰਾ ਸੁਭਾਅ (Dual Nature of Radiation And Matter)

11.1 ਭੂਮਿਕਾ(Introduction)

ਸੰਨ 1887 ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ- ਚੁੰਬਕੀ ਕਿਰਨਾਂ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਅਤੇ ਖੋਜ ਤੇ ਚੁੰਬਕਤਵ ਦੇ ਮੈਕਸਵੇਲ ਸਮੀਕਰਨ ਅਤੇ ਹਰਟਜ ਦੇ ਪ੍ਰੋਯਗਾਂ ਨੇ ਪ੍ਰਕਾਸ ਦੀ ਤੰਰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਨੂੰ ਅਭੂਤਪੂਰਵ ਰੂਪ ਨਾਲ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ। ਉਨ੍ਹੀਵੀ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਦੇ ਆਖਰੀ ਪੜਾਅ ਵਿਚ ਵਿਸਰਜਨ ਨਲੀ ਵਿਚ ਗੈਸਾਂ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਦਬਾਅ ਤੇ ਬਿਜਲੀ - ਚਾਲਨ (ਬਿਜਲਈ ਵਿਸਰਜਨ) ਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਜਾਂਚ ਪੜਤਾਲ ਨਾਲ ਕਈ ਇਤਿਹਾਸਿਕ ਖੋਜਾਂ ਹੋਈਆਂ। ਰੋਇੰਟਜਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ 1895 ਵਿੱਚ X-ਕਿਰਨਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਅਤੇ ਜੇ . ਜੇ ਥਾਮਸਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ 1897 ਵਿਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ ਪਰਮਾਣੂ ਸਰੰਚਨਾ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਵਿਚ ਮੀਲ ਦਾ ਪੱਥਰ ਸੀ। ਲਗਭਗ 0.001 mm ਪਾਰੇ ਦੇ ਸਤੰਬ ਦੇ ਅਤਿਅੰਤ ਘੱਟ ਦਬਾਅ ਤੇ ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ ਅਜਿਹੇ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਦੇ ਵਿਚ, ਜਿਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਸਰਜਨ ਨਲੀ ਵਿਚ ਗੈਸ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਇੱਕ ਵਿਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੈਥੋਡ ਦੇ ਸਨਮੁੱਖ ਕੱਚ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਦੀਪਤ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੀਪਤ ਦਾ ਰੰਗ ਕੱਚ ਦੀ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ/ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਸੋਡਾ ਕੱਚ ਦੇ ਲਈ ਪੀਲਾ-ਹਰਾ ਰੰਗ ਦਾ । ਇਸ ਪ੍ਰਤਦੀਪਤ ਦਾ ਕਾਰਨ ਉਸ ਵਿਕਿਰਣ ਨੂੰ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਜੋ ਕੈਥੋਡ ਤੋਂ ਆ ਰਿਹਾ ਸੀ । ਇਹ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਨਾਂ 1870 ਵਿੱਚ ਵਿਲੀਅਮ ਕੁਰਕਸ ਦੁਆਰਾ ਖੋਜੀਆਂ ਗਈਆਂ ਸੀ ਜਿਸਨੇ ਬਾਅਦ ਵਿਚ 1879 ਵਿੱਚ ਇਹ ਸੁਝਾਇਆ ਕਿ ਇਹ ਕਿਰਨਾਂ ਤੀਬਰਤਾ ਨਾਲ ਚੱਲਣ ਵਾਲੀ ਰਿੱਦ ਆਵੇਸ਼ੀ ਕਣਾਂ ਦੀ ਧਾਰਾ ਤੋਂ ਬਣੀਆਂ ਹਨ। ਬ੍ਰਿਟਿਸ਼ ਭੌਤਿਕ ਸ਼ਾਸਤਰੀ ਜੇ. ਜੇ. ਥਾਮਸਨ (1856-1940) ਨੇ ਇਸ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕੀਤੀ । ਜੇ.ਜੇ.ਥਾਮਸਨ ਨੇ ਪਹਿਲੀ ਵਾਰੀ ਵਿਸਰਜਨ ਨਲੀ ਦੇ ਆਰ-ਪਾਰ ਪਰਸਪਰ ਲੰਬਵਤ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀਯ ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰਕੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਤੌਰ ਤੇ ਕੈਥੋਡ -ਕਿਰਨ ਕਣਾਂ ਦੇ ਵੇਗ ਅਤੇ ਸਾਪੇਖਿਕ ਆਵੇਸ਼ (ਭਾਵ ਆਵੇਸ਼ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ (e/m))ਪਤਾ ਕੀਤਾ।

ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ ਇਹ ਕਣ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ ($3X10^8$ m/s) ਦੇ ਲਗਭਗ 0.1 ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ 0.2 ਗੁਣੇ ਵੇਗ ਨਾਲ ਚੱਲਦੇ ਹਨ। ਵਰਤਮਾਨ ਵਿੱਚ e/m ਦਾ ਮੰਨਣਯੋਗ ਮਾਨ $1.76X10^{11}$ C/kg ਹੈ । ਇਹ ਵੀ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ e/m ਦਾ ਮਾਨ ਕੈਥੋਡ (ਉਤਸਰਜਕ) ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਜਾਂ ਧਾਤੂ ਜਾਂ ਵਿਸਰਜਨ ਨਲੀ ਵਿਚ ਭਰੀ ਗੈਸ ਦੀ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ । ਇਸ ਪ੍ਰੇਖਣ ਨੇ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਨ ਕਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਪਕਤਾ ਨੂੰ ਸੁਝਾਇਆ। ਲਗਭਗ ਉਸੇ ਸਮੇਂ 1887 ਵਿਚ ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕੁੱਝ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਧਾਤੂਆਂ ਨੂੰ ਪਾਰ-ਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਉਜੱਵਲ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਘੱਟ ਵੇਗ ਵਾਲੇ ਰਿਦ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਦੋਂ ਕੁਝ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਧਾਤੂਆਂ ਨੂੰ ਉੱਚ ਤਾਪ ਤੱਕ ਗਰਮ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਰਿਦ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਕਣਾਂ ਦੇ ਲਈ e/m ਦਾ ਮਾਨ ਉੰਨਾਂ ਹੀ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਜਿੰਨਾਂ ਕੀ ਕੈਥੋਡ ਕਿਰਨ ਕਣਾਂ ਦਾ ਸੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੇ ਇਹ ਸਥਾਪਿਤ ਕਿੱਤਾ ਕੀ ਇਹ ਸਾਰੇ ਕਣ ,ਹਾਂਲਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਉਤੰਪਨ ਹੋਏ ਸੀ, ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਸੀ। ਜੇ.ਜੇ ਥਾਮਸਨ ਨੇ 1897 ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਂ ਦਿੱਤਾ ਅਤੇ ਸੁਝਾਇਆ ਕਿ ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਮੋਲਿਕ ਸਰਵਵਿਆਪੀ ਸੰਘਟਕ ਹਨ। ਗੈਸਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਸੰਵਹਿਣ ਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸਧਾਂਤਿਕ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਇਸ ਯੁਗਾਂਤਕਾਰੀ ਖੋਜ ਦੇ ਲਈ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ 1906 ਵਿਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ । 1913 ਵਿਚ ਅਮਰੀਕੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਆਰ. ਏ. ਮਿਲੀਕਨ (1868-1953) ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਪਰਿਸ਼ੁੱਧ ਮਾਪਣ ਦੇ ਲਈ ਤੇਲ-ਬੂੰਦ ਦਾ ਪੱਥ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇਹ ਪਾਇਆ ਕਿ ਤੇਲ-ਬਿਦੂੰਕ ਤੇ ਆਵੇਸ਼ ਹਮੇਸ਼ਾ ਇਕ ਮੂਲ ਆਵੇਸ਼ $1.62X10^{-19}$C ਦਾ ਪੂਰਨ ਗੁਣਾਂਕ ਹੈ । ਮਿਲੀਕਨ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੇ ਇਹ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਕਿ ਬਿਜਲ ਆਵੇਸ਼ ਕਵਾਂਟੀਕ੍ਰਤ ਹੈ। ਆਵੇਸ਼ (e) ਅਤੇ ਸਾਪੇਖਿਕ ਆਵੇਸ਼ (e/m) ਦੇ ਮਾਨ ਤੋਂ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ (m) ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਿਆ।

11.2 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਨ (Electron Emission)

ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਧਾਤੂਆਂ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਰਿਣ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ) ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਚਾਲਕਤਾ ਦੇ ਲਈ ਜਿੰਮੇਵਾਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਹਾਂਲਾਕਿ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਹੀਂ ਨਿਕਲ ਸਕਦੇ। ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਂਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਸਤਹ ਧਨ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਦੁਬਾਰਾ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦੀ । ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਧਾਤੂ ਦੇ ਅੰਦਰ ਆਇਨਾਂ ਦੇ ਆਕਰਸ਼ਣ ਬਲਾਂ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਰੋਕ ਕੇ ਰੱਖੇ ਗਏ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਪਰਿਮਾਣ ਸਵਰੂਪ ਸਿਰਫ ਉਹੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ, ਇਸ ਆਕਰਸ਼ਣ ਨੂੰ ਅਭਿਭੂਤ/ਫਤਿਹ ਕਰ ਸਕੇ, ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਪਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਕੱਢਣ ਲਈ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਦਾ ਕਰਜ ਫਲਨ (Work function) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨੂੰ ਆਮਤੌਰ ਤੇ (ϕ_0) ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ eV(ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੋਲਟ) ਵਿਚ ਮਾਪਦੇ ਹਨ। ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੋਲਟ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ 1ਵੋਲਟ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਾਉਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ। ਭਾਵ $1eV=1.602X10^{-19}$ J ਹੈ। ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਊਰਜਾ ਦੀ ਇਸ ਇਕਾਈ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਨਾਭਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0)ਧਾਤੂ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਸਤਹ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਕੁਝ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਦੇ ਮਾਨ ਸਾਰਣੀ 11.1 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਇਹ ਮਾਨ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਹਨ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਮਾਨ ਸਤਹ ਸ਼ੁੱਧਤਾ ਤੇ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਾਰਣੀ 11.1ਤੋਂ ਇਹ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਪਲੇਟੀਨਮ ਦਾ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ((ϕ_0)=5.65eV) ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਸੀਜੀਅਮ ਦਾ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ((ϕ_0)=2.14eV)ਹੈ। ਧਾਤੂ ਦੀ ਸਤਹ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਨ ਲਈ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਨਿਮਨ ਕਿਸੇ ਵੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਧੀ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

i) ਤਾਪ ਆਇਨੀ ਉਤਸਰਜਨ : ਉਚਿਤ ਤਾਪਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਚਾਹੀਦੀ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਉਹ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਸਕਣ ।

ii) ਖੇਤਰ ਉਤਸਰਜਨ : ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਇਕ ਪ੍ਰਬਲ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ (10^8 Vm^{-1}ਦੇ ਲਗਭਗ) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਦੇ ਬਾਹਰ ਲਿਆ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਪਾਰਕ ਪਲੱਗ ਵਿੱਚ ।

(iii) ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ :-ਉਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੇ ਸੁੱਟਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (Photo electron Effect) ਕਹਾਉਂਦੇ ਹਨ।

ਸਾਰਣੀ 11.1ਕੁੱਝ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ

ਧਾਤੂ	ਕਾਰਜ ਫਲਨ ϕ_0 (eV)	ਧਾਤੂ	ਕਾਰਜ ਫਲਨ ϕ_0 (eV)
Cs	2.14	Al	4.28
K	2.30	Hg	4.49
Na	2.75	Cu	4.65
Ca	3.20	Ag	4.70
Mo	4.17	Ni	5.15
Pb	4.25	Pt	5.65

11.3 ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਭਾਵ (Photo electric effect)

11.3.1 ਹਰਟਜ਼ ਦੇ ਪ੍ਰੀਖਣ

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ -ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਵਰਤਾਰੇ ਦੀ ਖੋਜ ਹੇਨਰਿਚ ਹਰਟਜ਼(1857-1894) ਦੁਆਰਾ 1887 ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ-ਚੁੰਬਕੀਯ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਸਮੇਂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਸੀ। ਚਿਣਗ-ਵਿਸਰਜਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲਈ- ਚੁੰਬਕੀਯ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਉਤਪੱਤੀ ਦੇ ਆਪਣੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅਨਵੇਸ਼ਣ ਵਿੱਚ ਹਰਟਜ਼ ਨੇ ਇਹ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਕੀਤਾ ਕਿ ਕੈਥੋਡ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਆਕਰ ਲੈਂਪ ਦੁਆਰਾ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪਰਦੀਪਤ ਕਰਨ ਤੇ ਧਾਤੂ-ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਦੇ ਪਾਰ ਉੱਚ ਵੋਲਟਤਾ ਚਿਣਗ ਵੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੇ ਚਮਕਣ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਮੁਕਤ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਹੁਣ ਅਸੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਨੂੰ ਸੁਤੰਤਰ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋ ਧਾਤੂ ਸਤਹ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਸਤਹ ਦੇ ਨੇੜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਤੋਂ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਸਤਹ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਆਇਨਾਂ ਦੇ ਆਕਰਸ਼ਣ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਊਰਜਾ ਸੋਖਦੇ ਹਨ। ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਧਾਤੂ ਸਹਤ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਪਰਿਵੇਸ਼ ਵਿੱਚ ਆ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

11.3.2 ਹਾਲਵਾਸਕ ਅਤੇ ਲੀਨਾਰਡ ਦੇ ਪ੍ਰੀਖਣ (Hallwach's and lenard's observation)

ਵਿਲਹੇਲਮ ਹਾਲਵਾਕਸ ਅਤੇ ਫਿਲਿਪ ਲੀਨਾਰਡ ਨੇ 1886-1902 ਦੇ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੀ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦਾ ਅਨਵੇਸ਼ਨ ਕੀਤਾ । ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਵਾਲੀ ਕਿਸੇ ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਕੱਚ ਦੀ ਨਲੀ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ ਤੇ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਨੂੰ ਆਪਤਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਲੀਨਾਰਡ (1862-1947) ਨੇ ਪਾਇਆ ਕਿ ਪਰੀਪਥ ਵਿੱਚ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 11.1)। ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਕਿਰਨਾਂ ਨੂੰ ਰੋਕਿਆ ਗਿਆ, ਉਦੋਂ ਹੀ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਵੀ ਰੁੱਕ ਗਿਆ । ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੀਖਣਾਂ ਤੋਂ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜਦ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਵਿਕਰਣ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ C ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਟੀ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ-ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਧਨਾਤਮਕ ਪੱਟੀ A ਦੇ ਵੱਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਕੱਚ ਦੀ ਨਲੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੇ ਕਾਰਣ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੀ ਸਤਹ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੈਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਾਹਰੀ ਪਰਿਪਥ ਵਿੱਚ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਾਲਵਾਕਸ ਅਤੇ ਲੀਨਾਰਡ ਨੇ ਸੰਗ੍ਰਹਿ ਪੱਟੀ ਦੇ ਵਿਭਵ, ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਨਾਲ ਧਾਰਾ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ। ਹਾਲਵਾਕਸ ਨੇ 1888 ਵਿੱਚ ਇਸ ਅਧਿਐਨ ਨੂੰ ਅੱਗੇ ਵਧਾਇਆ ਅਤੇ ਇੱਕ ਰਿਣ-ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਜਿੰਕ ਪੱਟੀ ਨੂੰ ਇਕ ਬਿਜਲ ਦਰਸ਼ੀ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ । ਉਸਨੇ ਪ੍ਰੀਖਣ ਕੀਤਾ ਕਿ ਜਦ ਪੱਟੀ ਨੂੰ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਕਿਰਦਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਤਾਂ ਇਸਨੇ ਆਪਣਾ ਆਵੇਸ਼ ਗੁਆ ਲਿਆ । ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਜਦੋਂ ਇਕ ਅਨਾਵੇਸ਼ਿਤ ਜਿੰਕ ਪੱਟੀ ਨੂੰ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਕਿਰਣਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਤਾਂ ਉਹ ਧਨਾਵੇਸ਼ਿਤ ਹੋ ਗਈ । ਜਿੰਕ ਪੱਟੀ ਨੂੰ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਫਿਰ ਤੋਂ ਕਿਰਣਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਇਸ ਪੱਟੀ ਤੇ ਧਨ ਆਵੇਸ਼ ਹੋਰ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੋ ਗਿਆ । ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੀਖਣਾਂ ਤੋ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢਿਆ ਕਿ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਾਲ ਜ਼ਿੰਕ ਪੱਟੀ ਨਾਲ ਰਿਦ-ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਕਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

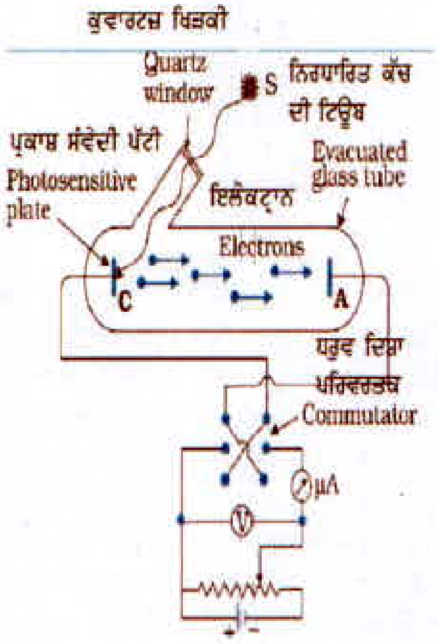
1897 ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਇਹ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋ ਗਿਆ ਕਿ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਦਾ ਕਾਰਕ ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਹੈ। ਰਿਦ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਸੰਗਰਾਹਕ ਪੱਟੀ ਵੱਲ ਧਕੇਲੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਹਾਲਵਾਕਸ ਅਤੇ ਲੀਨਾਰਡ ਨੇ ਇਹ ਵੀ ਪ੍ਰੀਖਣ ਕੀਤਾ ਕਿ ਜਦੋਂ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ ਤੇ ਇਕ ਨੀਅਤ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਮਾਨ ਤੋਂ ਘੱਟ ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕੋਈ ਵੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਨਿਯਤ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਆਵਰਤੀ ਨੂੰ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜ਼ਿੰਕ, ਕੈਡਮੀਅਮ, ਮੈਗਨੀਸ਼ੀਅਮ, ਵਰਗੀਆਂ ਕੁੱਝ ਧਾਤੂਆਂ ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕੇਵਲ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿ ਲੀਥੀਅਮ, ਸੋਡੀਅਮ, ਪੋਟਾਸ਼ੀਅਮ, ਸੀਜੀਅਮ ਅਤੇ ਰੂਬੀਡੀਅਮ

ਵਰਗੀਆਂ ਖਾਰੀ ਧਾਤਾਂ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਵੀ ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਰਸਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਜਦ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਪਰਦੀਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਇਹਨਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਨਾਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ । ਇਹ ਵਰਤਾਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ -ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ।

11.4 ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅਧਿਐਨ (Experimental study of Photoelectric Effect)

ਚਿੱਤਰ 11.1 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਲਈ ਉਪਯੋਗ ਵਿੱਚ ਲਿਆਉਂਦੀ ਗਈ ਵਿਵਸਥਾ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਕੱਚ/ਕੁਵਾਰਟਜ ਦੀ ਨਲੀ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪੱਟੀ C ਅਤੇ ਦੂਜੀ ਧਾਤੂ ਪੱਟੀ A ਹੈ। ਸਰੋਤ S ਤੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਝਰੋਖਾ (Window)W ਤੋਂ ਲੰਘਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪੱਟੀ (ਉਤਸਰਜਕ) C ਤੇ ਡਿੱਗਦਾ ਹੈ । ਪਾਰਦਰਸ਼ੀ ਕੁਆਰਟਜ਼ ਝਰੋਖਾ (ਕੱਚ ਨਲੀ ਤੇ ਬਣੀ)ਤੋਂ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਵਿਕਿਰਣ ਪਾਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਪੱਟੀ A(ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ)ਤੇ ਬੈਟਰੀ ਦੁਆਰਾ ਉਤਪੰਨ ਬਿਜਲ-ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਇੱਕਠੇ ਕਰ ਲਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। C ਅਤੇ A ਪੱਟੀਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨੂੰ ਬੈਟਰੀ ਦੁਆਰਾ ਬਣਾਏ ਰੱਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਲੇਟ C ਅਤੇ A ਦੀ ਧਰੁਵੀਇਤਾ, ਦਿਕਪਰਿਵਰਤਨ (Commutator) ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਬਦਲੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ C ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਪੱਟੀ A ਨੂੰ ਮਨਮਰਜੀ ਅਨੁਸਾਰ ਧਨ ਜਾਂ ਰਿਣ ਵਿਭਵ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਪੱਟੀ A ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ C ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਵੇਗੀ ਤਦ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸਦੇ ਵੱਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੋਣਗੇ । ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿਜਲ ਪਰਿਪੱਥ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰਵਾਹ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਪਰਿਪੱਥ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

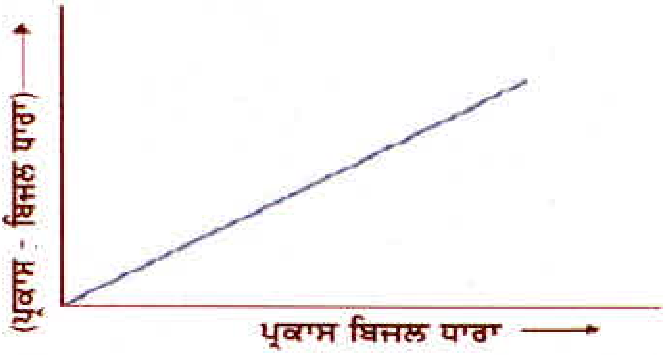
ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੇ ਵਿਭਾਂਤਰ ਨੂੰ ਇੱਕ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਦੁਆਰਾ ਅਤੇ ਪਰਿਣਾਮ ਸਵਰੂਪ ਪਰਿਪੱਥ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਦਾਸ਼ੀਕ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਮਾਈਕਰੋ ਐਮਮੀਟਰ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਮਾਪਦੇ ਹਾਂ। ਪ੍ਰਦਾਸ਼ੀਕ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਪੱਟੀ A ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ C ਦੇ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਕਰਕੇ ਵਧਾਇਆ ਜਾ ਘਟਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਅਤੇ ਆਵਰਤੀ ਨੂੰ ਵੀ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉਤਸਰਜਕ C ਅਤੇ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ Aਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵਿਭਾਂਤੱਰ V ਨੂੰ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਅਸੀ ਚਿੱਤਰ 11.1 ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਪ੍ਰਕਾਸੀਕ ਧਾਰਾ ਦੇ (a) ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ, (b) ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਰਿਨ ਦੀ ਆਵਰਤੀ (c) ਪੱਟੀਆਂ A ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੇ ਵਿਭਾਂਤਰ, ਅਤੇ (d) ਪੱਟੀ C ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਾਅ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਲਈ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਉਤਸਰਜਕ C ਤੇ ਪੈਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ ਦੇ ਰਸਤੇ ਵਿੱਚ ਲੋੜ ਅਨੁਸਾਰ ਫਿਲਟਰ ਜਾਂ ਰੰਗੀਨ ਕੱਚ ਰੱਖ ਕੇ ਭਿੰਨ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸਰੋਤ ਦੀ ਉਤਸਰਜਕ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਬਦਲਦੇ ਹੋਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 11.1 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਲਈ ਉਪਯੋਗ ਵਿੱਚ ਲਿਆਉਂਦੀ ਗਈ ਵਿਵਸਥਾ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

11.4.1 ਪ੍ਰਕਾਸ - ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ (Effect of Intensity of light on photo current)

ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ A ਨੂੰ ਉਤਸਰਜਕ C ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇਕ ਧਨ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ C ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ A ਦੇ ਵੱਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਵੋਲਟਤਾ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ, ਪ੍ਰਕਾਸ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਪਰਿਤਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪਰਿਦਾਸੀ ਪ੍ਰਕਾਸ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਹਰੇਕ ਵਾਰ ਮਾਪਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀਕ ਧਾਰਾ ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖਾਤਮਕ ਵੱਧਦੀ ਹੈ ਜਿਵੇ ਕਿ 11.2 ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸੀਕ ਧਾਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਦ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਅਨੁਕ੍ਰਮ - ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ਭਾਵ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਪ੍ਰਨਾਸੀਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ।



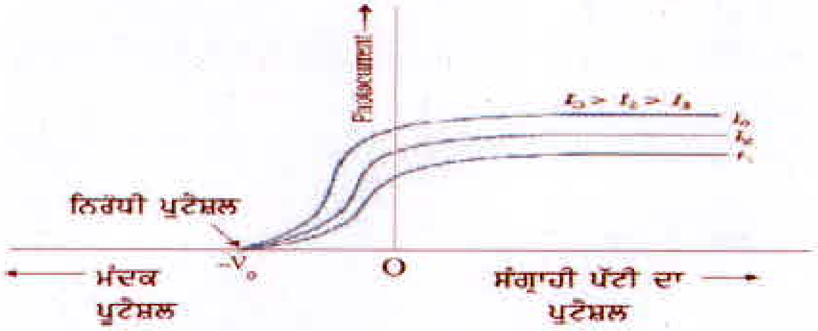
ਚਿੱਤਰ 11.2 ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

11.4.2 ਪ੍ਰਕਾਸ਼ - ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਤੇ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ (Effect of Potential on Photo electric current)

ਅਸੀ ਪਹਿਲਾ ਪੱਟੀ A ਨੂੰ ਪੱਟੀ C ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਧਨ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਤੇ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਪੱਟੀ C ਨੂੰ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਨਿਸਚਿਤ ਤੀਬਰਤਾ I ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਪਰਦੀਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਫਿਰ ਅਸੀ ਪੱਟੀ A ਦੇ ਧਨ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਨੂੰ ਹੋਲੀ-ਹੋਲੀ ਬਦਲਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਵਾਰ ਪਰਿਦਾਸੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ -ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਮਾਪਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਵੇਸਕ ਪੁਟੈਸਲ (ਧਨ) ਦੇ ਨਾਲ ਵੱਧਦੀ ਹੈ। ਪੱਟੀ A ਦੇ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਧਨ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਸਾਰੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੱਟੀ A ਤੇ ਇਕੱਠੇ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਉਚੱਤਮ ਹੋ ਜਾਦੀ ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਸੰਤ੍ਰਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀ ਬਿਜਲੀ ਪੱਟੀ A ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਨੂੰ ਹੋਰ ਵਧਾਉਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਹੋਰ ਨਹੀ ਵੱਧਦੀ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਦੇ ਇਸ ਅਧਿਕਤਮ ਮਾਨ ਨੂੰ ਸੰਤ੍ਰਪਿਤ ਧਾਰਾ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸੰਤ੍ਰਪਿਤ ਧਾਰਾ ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ ਜਦੋਂ ਉਤਸਰਜਕ ਪੱਟੀ C ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਕਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਪੱਟੀ A ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਜਾਦੇ ਹਨ। ਹੁਣ ਅਸੀ ਪੱਟੀ A ਤੇ ਪੱਟੀ C ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਰਿਣ (ਗੰਦਕ) ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਹੋਲੀ-ਹੋਲੀ ਵੱਧ ਰਿਣਾਤਮਕ ਕਰੀ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ। ਜਦੋਂ ਪੱਟੀਆਂ ਦੀ ਧਰੁਵਤਾ ਬਦਲੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਕੇਵਲ ਕੁੱਝ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੀ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ A ਤੱਕ ਪਹੁੰਚ ਪਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਦ ਤੱਕ ਕਿ ਇਹ ਪੱਟੀ A ਤੇ ਰਿਣ ਪੁਟੈਸ਼ਲ V_0 ਦੇ ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਤੀਖਣ ਅਤੇ ਸਪਸ਼ਟ ਮਾਨ ਤੇ ਜੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ।

ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ ਪੱਟੀ A ਤੇ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਰਿਦ (ਗੰਦਕ) ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_0 ਜਿਸ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ-ਧਾਰਾ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅੰਤਿਮ (cut-off) ਜਾਂ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (stopping Potential) ਕਹਿਲਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਸਿੱਧੀ ਹੈ। ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਮਾਨ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਤੱਦ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸਲ ਅਧਿਕਤਮ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਉਚੱਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ (Kਉੱਚ) ਹੈ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਨ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇ ਭਾਵ

$$K_{\text{ਉੱਚ}} = eV_0 \qquad (11.1)$$



ਚਿੱਤਰ 11.3 ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤੀਬਰਤਾਵਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ -ਧਾਰਾ ਅਤੇ ਪੱਟੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਆਲੇਖ

ਹੁਣ ਅਸੀ ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਆਵਰਤੀ ਪਰੰਤੂ ਉੱਚ ਤੀਬਰਤਾ I_2 ਅਤੇ I_3 $(I_3>I_2>I_1)$ ਦੇ ਲਈ ਦੁਹਰਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਅਸੀ ਇਹ ਨੋਟ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਹੁਣ ਸੰਤਰਪਤ ਧਰਾਵਾਂ ਦੇ ਮਾਨ ਵੱਧ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਪਤਾ ਚਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਵੱਧ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਉੱਨਾਂ ਹੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜਿਨਾਂ ਕਿ I_1, ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 11.3 ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਇਸਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੋਂ ਸੁਤੰਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਉਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ, ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ ਹੈ।

11.4.3 ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ (Effect of frequency of incident rodiation on stopping Potential)

ਹੁਣ ਅਸੀ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_0 ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਸੀ ਪ੍ਰਕਾਸ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਆਵਰਤੀਆਂ ਤੇ ਉਪਯੁੱਕਤ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਇੱਕ ਹੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਵਿਵਸਥਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਸੰਗ੍ਰਾਹੀ ਪੱਟੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਦੇ ਬਦਲਾਅ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਪਰਿਣਾਮੀ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਦੇ ਬਦਲਾਅ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਪਰਿਣਾਮੀ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 11.4 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ।ਸਾਨੂੰ ਆਪਤਿਤ ਕਿਰਨ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਆਵਰਤੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਨ ਪਰੰਤੂ ਸੰਤ੍ਰਪਿਤ ਧਾਰਾ ਦਾ ਇਕ ਹੀ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ,

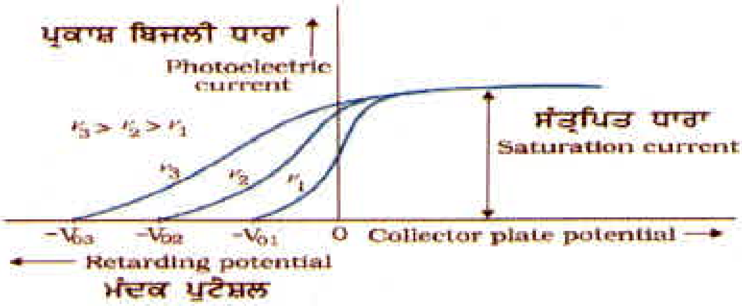
ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਉਚੱਤਮ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਮਾਨ ਵੱਧ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 11.4 ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਚਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਆਵਰਤੀਆਂ $V_3 > V_2 > V_1$ ਦੇ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਤਾਂ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲਾਂ ਦਾ ਕ੍ਰਮ $V_{03} > V_{02} > V_{01}$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਥੇ ਇਹ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ ਕਿ ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਜਿੰਨੀ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗੀ ,ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਉਨੀ ਹੀ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗੀ । ਫਲਸਰੂਪ ਇਸ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤੋਂ ਰੋਕਣ ਦੇ ਲਈ ਵੱਧ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਜੇ ਅਸੀ ਭਿੰਨ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਸੰਬੰਧਿਤ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਗ੍ਰਾਫ ਖਿੱਚਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਇੱਕ ਸਿੱਧੀ ਰੇਖਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 11.5 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

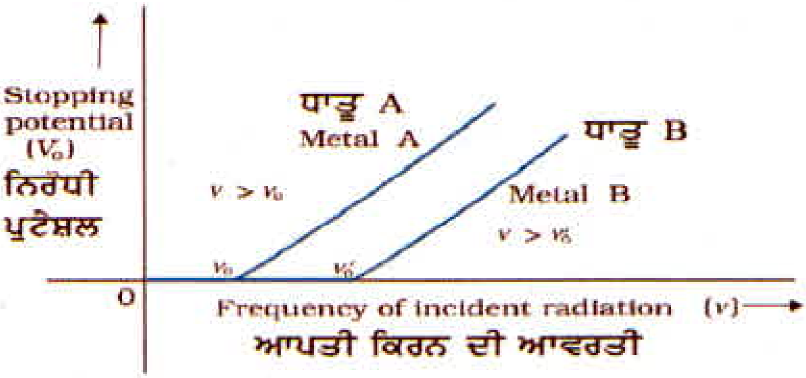
ਗ੍ਰਾਫ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ

1)ਮੰਦਕ ਜਾਂ ਰੋਕਾਕਾਰੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_0 ਇੱਕ ਦਿੱਤੀ ਹੋਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਲਈ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖਾਕਾਰ ਪਰਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2)ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਨਿਊਨਤਮ ਅੰਤਕ ਆਵਰਤੀ V_0 ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਲਈ ਰੋਕਾਕਾਰੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਜੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ11.4 ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਆਵਰਤੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਪੱਟੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਵਿਚਕਾਰ ਆਲੇਖ ਪੁਟੈਸ਼ਲ



ਚਿੱਤਰ11.5 ਇੱਕ ਦਿੱਤੇ ਹੋਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸ਼ੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਲਈ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ V ਦੇ ਨਾਲ ਮੰਦਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_0 ਦਾ ਪਰਿਵਰਤਨ।

ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ ਦੋ ਤੱਥ ਸਾਫ ਹਨ:

1)ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਕ ਊਰਜਾ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖਾਕਾਰ ਬਦਲਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ ਇਹ ਇਸ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ ।

2)ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ V ਦੇ ਲਈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਅੰਤਕ ਆਪਾਤੀ V_0 ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੈ , ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ -ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੈ(ਤੀਬਰਤਾ ਵੱਧ ਹੋਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਵੀ)

ਇਸ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਅੰਤਕ ਆਵਰਤੀ ਨੂੰ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵ੍ਰਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਧਾਤੂਆਂ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ -ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਅਨੁਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਸੇਲੀਨੀਅਮ,ਜ਼ਿੰਕ ਜਾਂ ਕਾਪਰ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਸੰਵੇਦੀ ਹੈ। ਇੱਕ ਹੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ ਅਨੁਕਿਰਿਆ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕਾਪਰ ਵਿੱਚ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦ ਕਿ ਹਰੇ ਜਾਂ ਲਾਲ ਰੰਗ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।

ਧਿਆਨ ਦੇਵੋ ਕਿ ਉੱਪਰ ਦਿੱਤੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਬਿਨ੍ਹਾਂ ਕਿਸੀ ਦੇਰੀ ਦੇ ਤਤਕਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਉਦੋਂ ਵੀ ਜਦੋਂ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਬਹੁਤ ਮੰਦ ਹੈ। ਹੁਣ ਇਹ ਪਤਾ ਹੈ ਕਿ 10^{-9}sec ਕੋਟਿ ਦੇ ਜਾਂ ਇਸ ਤੋਂ ਘੱਟ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਨ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀ ਇਸ ਹਿੱਸੇ ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਕੀਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਲੱਛਣਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦਾ ਇੱਥੇ ਸਾਰਾਂਸ਼ ਦੇਵਾਂਗੇ:

1) ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ ,ਸੰਤ੍ਰਿਪਤ ਧਾਰਾ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਅਨੁਕ੍ਰਮਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 11.2)

2 ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਸੰਤ੍ਰਿਪਤ ਧਾਰਾ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਅਨੁਕ੍ਰਮ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦਾ (ਚਿੱਤਰ11.3)

3) ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਅੰਤਕ ਆਵਰਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਜਿਸਦੇ ਥੱਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਕੋਈ ਉਤਸਰਜਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਚਾਹੇ ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿੰਨਾ ਵੀ ਤੀਬਰ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋਵੇ। ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਉੱਪਰ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਜਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖਾਕਾਰ ਵੱਧਦੀ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਇਸਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੋਂ ਸੁਤੰਤਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 11.5)

4) ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਬਿੰਨਾਂ ਕਿਸੀ ਦੇਰੀ ਦੇ (10^{-9}Sਜਾਂ ਘੱਟ) ਇੱਕ ਤਤਕਾਲੀ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਹੈ, ਤਦ ਵੀ ਜਦੋਂ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਮੰਦ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

11.5 ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ (Photoelectric Effect And Wave Theory Of Light)

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਉਨਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅੰਤ ਤਕ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਗਈ ਸੀ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਵਿਘਨ, ਵਿਵਰਤਨ ਅਤੇ ਧ੍ਰਵਣ ਦੀਆਂ ਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਸੁਭਾਵਕ ਅਤੇ ਸ਼ੰਤੋਸ਼ਜਨਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਚੁੱਕੀ ਸੀ। ਇਸ ਚਿੱਤਰ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇੱਕ ਬਿਜਲ -ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਹੈ ਜੋ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਮਿਲ ਕੇ ਬਣੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਆਕਾਸ਼ੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਫੈਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਉੱਥੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੰਤਤ ਵਿਤਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀ ਇਹ ਵੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਇਹ ਤਰੰਗ ਚਿਤਰਣ ਪਿੱਛਲੇ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਸੰਬੰਧੀ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਤਰੰਗ-ਚਿੱਤਰਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਧਾਤੂ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ (ਜਿੱਥੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਪੈਂਦੀ ਹੈ) ਤੇ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਕਿਰਣੀ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਨਿਰੰਤਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੋਖਣ ਕਰਦੇ ਹਨ । ਜਿੰਨੀ ਜਿਆਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਹੋਵੇਗੀ ਉੱਨੇ ਹੀ ਅਧਿਕ ਬਿਜਲ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਆਯਾਮ ਹੋਣਗੇ। ਪਰਿਣਾਮ ਸਵਰੂਪ

ਤੀਬਰਤਾ ਜਿੰਨੀ ਜਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ ਉੰਨਾਂ ਹੀ ਜਿਆਦਾ ਹਰੇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਊਰਜਾ-ਸੋਖਣ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਚਿਤਰਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਵੱਧਣ ਨਾਲ ਵੱਧ ਜਾਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਕੁੱਝ ਵੀ ਹੋਵੇ ਇੱਕ ਉੱਪਯੁਕਤ ਤੀਬਰ ਵਿਕਿਰਣ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ (ਉਪਯੁੱਕਤ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਇੰਨੀ ਕਾਫੀ ਊਰਜਾ ਦੇਣ ਵਿੱਚ ਸਮਰਥ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਕੱਢਣ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਆਸਤਿਤਵ ਨਹੀਂ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ। ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀਆ ਇੰਨਾਂ ਆਧਾਂ ਨਾਲ ਅਨੁਭਾਗ 11.4.3 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ (i),(ii)) ਅਤੇ (iii) ਦਾ ਸਿੱਧੇ ਵਿਰੋਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਅੱਗੇ ਸਾਨੂੰ ਧਿਆਨ ਰੱਖਣਾ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੁਆਰਾ ਊਰਜਾ ਦਾ ਲਗਾਤਾਰ ਸੋਖਣ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਪੂਰੇ ਤਰੰਗ ਅਗ੍ਰਭਾਗ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇੱਕ ਵੱਡੀ ਗਿਣਤੀ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਊਰਜਾ ਸੋਖਣ ਕਰਦੇ ਹਨ ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਸੋਖਿਤ ਊਰਜਾ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗੀ। ਸਾ...ਟ ਗਣਨਾਵਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਆਕਲਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰਕੇ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲ ਆਉਣ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਇੱਕਠੀ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕਈ ਘੰਟੇ ਜਾਂ ਹੋਰ ਵੀ ਜਿਆਦਾ ਸਮਾਂ ਲੱਗ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਵੀ ਪ੍ਰੇਖਣ (iv) ਜਿਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ (ਲਗਭਗ) ਤਤਕਾਲਿਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਦੇ ਬਿਲਕੁੱਲ ਉਲਟ ਹੈ। ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼- ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਅਤਿ ਜਰੂਰੀ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀ।

11.6 ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ :ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਊਰਜਾ ਕੁਆਂਟਮ (Einstein's Photoelectric Equation : Energy Quantum of Rediation)

ਸੰਨ 1905 ਵਿੱਚ ਅਲਬਰਟ-ਆਈਨਸਟਾਈਨ (1879-1955)ਨੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਇੱਕ ਮੌਲਿਕ ਰੂਪ ਨਾਲ ਨਵਾਂ ਚਿੱਤਰਣ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ । ਇਸ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਵਿਕਿਰਣ ਤੋਂ ਲਗਾਤਾਰ ਊਰਜਾ ਸੋਖਣ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਵਿਕਿਰਣ ਊਰਜਾ ਖੰਡਿਤ ਇਕਾਈਆਂ ਤੋਂ ਬਣੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜੋ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੇ ਕਵਾਂਟਾ (Quanta)ਕਹਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਵਿਕਿਰਣ ਊਰਜਾ ਦੇ ਹਰੇਕ ਕੁਆਂਟਮ ਦੀ ਊਰਜਾ $h\nu$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿੱਥੇ h ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ ਹੈ ਅਤੇ ν ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਇਕ ਕਵਾਂਟਮ $h\nu$ ਸੋਖਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਹ ਸੋਖਣ ਕਵਾਂਟਮ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਧਾਤੂ ਦੀ ਸਤਹ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲ ਆਉਣ ਦੇ ਲਈ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਅਧਿਕ ਹੈ (ਕਾਰਜ ਫਲਨ) ਤੱਦ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਹੋਵੇਗੀ:

$$K_{\text{ਉਚ}} = h\nu - (\phi_0) \qquad 11.2$$

ਅਧਿਕ ਦ੍ਰਿੜਤਾ ਨਾਲ ਬਣੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਣ ਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਆਪਣੇ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਮਾਨ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਕਿਸੇ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ,ਪ੍ਰਤੀਸੈਕਿੰਡ ਆਪਤਿਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਤੀਬਰਤਾ ਵਧਾਉਣ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵੱਧਦੀ ਹੈ। ਹਲਾਂਕਿ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਹਰੇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਸਮੀਕਰਣ 11.2 ਨੂੰ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਹੁਣ ਅਸੀ ਇਹ ਵੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ ਅਨੁਭਾਗ 11.4.3 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਅਤੇ ਸਹਿਜ ਢੰਗ ਨਾਲ ਪੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (11.2) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰੇਖਣ ਦੇ ਅਨੁਰੂਪ, $K_{\text{ਉਚ}}$ ਆਵਰਤੀ ν ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖਾਕਾਰ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਅਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟਾਈਨ (1879-1955)

ਅਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟਾਈਨ (1879-1955) ਸੰਨ 1879 ਵਿੱਚ ਜਰਮਨੀ ਵਿੱਚ ਉੱਲਮ ਨਾਮਕ ਥਾਂ ਤੇ ਜੰਮੇ ਅਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਅੱਜ ਤੱਕ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਸਭ ਤੋਂ ਮਹਾਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮੰਨੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਜੀਵਨ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸੰਨ 1905 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਤਿੰਨ ਕ੍ਰਾਂਤੀਕਾਰੀ ਸੋਧ ਪੱਤਰਾਂ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋਇਆ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੇ ਪਹਿਲ ਸੋਧ ਪੱਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਵਾਂਟਾ (ਹੁਣ ਫੋਟਾਨ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ) ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਉਸ ਲੱਛਣ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਿਸਨੂੰ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਨਹੀਂ ਸਮਝਾ ਸਕਿਆ। ਆਪਣੇ ਦੂਜੇ ਸ਼ੋਧ ਪੱਤਰ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਬਰਾਉਨੀ ਗਤੀ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ ਜਿਸਦੀ ਕੁੱਝ ਸਾਲਾਂ ਬਾਅਦ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪੁਸ਼ਟੀ ਹੋਈ ਅਤੇ ਜਿਸਨੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਪਰਮਾਣਵੀ ਚਿੱਤਰਣ ਦਾ ਯਕੀਨੀ ਸਬੂਤ ਉਪਲਬਧ ਕਰਵਾਇਆ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਤੀਜੇ ਸ਼ੋਧ ਪੱਤਰ ਨੇ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੱਤਾ। ਸੰਨ 1916 ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ। ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਕੁੱਝ ਹੋਰ ਮੱਹਤਵਪੂਰਨ ਯੋਗਦਾਨ ਹਨ: ਉਤੇਜਿਤ ਉਤਸਰਜਨ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਜੋ ਪਲਾਂਕ ਬਲੈਕ ਬਾਡੀ ਵਿਕਿਰਣ ਨਿਯਮ ਦੇ ਇੱਕ ਵੈਕਲਪਿਕ (ਬਦਲ)ਵਿਉਤਪਤੀ ਵਿੱਚ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ, ਵਿਸ਼ਵ ਦਾ ਸਥੈਤਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੂਪ ਜਿਸਨੇ ਆਧੁਨਿਕ ਬ੍ਰਾਹਮੰਡ ਵਿਗਿਆਨ ਦਾ ਅਰੰਭ ਕੀਤਾ, ਕਿਸੇ ਗੈਸ ਦੇ ਸਥੂਲ ਬੋਸਾਨ ਦੀ ਕੁਵਾਂਟਮ ਸੰਖਿਕੀ ਅਤੇ ਕੁਵਾਂਟਮ ਯਾਂਤ੍ਰਿਕੀ ਦੀ ਸਥਾਪਨਾ ਦਾ ਅਲੋਚਨਾਤਮਕ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ। ਸਿਧਾਂਤਕ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਯੋਗਦਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਲਈ 1921ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਅਜਿਹਾ ਇਸ ਲਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਇੱਕਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੁਆਰਾ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਇੱਕਲੇ ਕੁਵਾਂਟਮ ਦੇ ਸੋਖਣ ਨਾਲ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ (ਜੋ ਊਰਜਾ ਕੁਵਾਂਟਮ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਿੱਧੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ) ਇਸ ਮੂਲ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਲਈ ਅਸੰਗਤ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ $K_{ਉੱਚ}$ ਰਿਣ ਰਾਸ਼ੀ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ।

ਸਮੀਕਰਣ (11.2) ਵਿੱਚ ਇਹ ਅੰਤਰਨਿਹੀਤ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਤਦ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜਦੋਂ

$$h\nu > \phi_0$$

ਜਾਂ $\nu > \nu_0$ ਜਿੱਥੇ $\nu_0 = \frac{\phi_0}{h}$

ਸਮੀਕਰਣ (11.3) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) ਦੇ ਅਧਿਕ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਨਿਊਕਤਮ ਜਾਂ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ν_0 ਦਾ ਮਾਨ ਅਧਿਕ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਇੱਕ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ $\nu_0 (= \phi_0/h)$ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸਤੋਂ ਘੱਟ ਆਵਰਤੀ ਤੇ ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੈ ਚਾਹੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਕੁੱਝ ਵੀ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋਵੇ ਭਾਵ ਉਹ ਸਤਹ ਤੇ ਕਿੰਨੀ ਦੇਰ ਹੀ ਕਿਉਂ ਨਾ ਪਵੇ। ਇਸ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ, ਜਿਵੇਂ ਉੱਪਰ ਦਰਸਾਈ ਹੈ, ਊਰਜਾ ਕਵਾਂਟਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਜਿੰਨੀ ਅਧਿਕ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਕਵਾਂਟਾ ਉਪਲਬਧ ਹੋਣਗੇ, ਉੰਨੀ ਹੀ ਅਧਿਕ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਊਰਜਾ ਕਵਾਂਟਾ ਦਾ ਸੋਖਣ ਕਰਨਗੇ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ($\nu > \nu_0$ ਦੇ ਲਈ) ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਉੰਨੀ ਹੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਥੋਂ ਇਹ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਉਂ $\nu > \nu_0$ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਅਨੁਕ੍ਰਮ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਇੱਕ ਕਵਾਂਟਮ ਦਾ ਸੋਖਣ ਮੂਲ ਮੁੱਢਲੀ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਤਤਕਾਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤੀਬਰਤਾ ਅਰਥਾਤ ਵਿਕਿਰਣ ਕਵਾਂਟਾ ਦੀ

ਗਿਣਤੀ ਚਾਹੇ ਜਿੰਨੀ ਵੀ ਹੋਵੇ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਤਤਕਾਲੀ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ। ਘੱਟ ਤੀਬਰਤਾ ਨਾਲ ਉਤਸਰਜਨ ਵਿੱਚ ਦੇਰੀ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ ਕਿਉਂਕਿ ਮੂਲ ਮੁਢਲੀ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਉਹੀ ਰਹੇਗੀ। ਤੀਬਰਤਾ ਨਾਲ ਕੇਵਲ ਇਹ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿੰਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇੱਸ ਮੁੱਢਲੀ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ (ਇਕ ਇੱਕਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੁਆਰਾ ਇਕ ਪ੍ਰਕਾਸ ਕਵਾਂਟਮ ਦਾ ਸੋਖਣ) ਵਿੱਚ ਹਿੱਸਾ ਲੈ ਸਕਣ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨਾਲ ਹੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (11.1)ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ (11.2) ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$eV_0 = h\nu\ (\phi_0);$$ ਦੇ ਲਈ $\nu \geq \nu_0$

ਜਾਂ

$$V_0 = \left(\frac{h}{e}\right) \nu - \frac{\phi_0}{e} \qquad (11.4)$$

ਇਹ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪੂਰਵ ਅਨੁਮਾਤ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕਿ V_0 ਦੇ ਵਿਰੁੱਧ ν ਦਾ ਵਕਰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੈ। ਜਿਸਦਾ ਢਲਾਣ =(h/e) ਜੋ ਕਿ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। 1906-16 ਦੇ ਮੱਧ ਵਿੱਚ,ਮਿਲੀਕਨ ਨੇ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਝੁਠਲਾਉਣ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੀ ਲੜੀ ਕੀਤੀ। ਚਿੱਤਰ 11.5 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ,ਉਸਨੇ ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਦਾ ਢਲਾਣ ਮਾਪਿਆ ਦੇ ਜਾਣੂ ਮਾਨ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਉਸਨੇ ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ h ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਹ ਮਾਨ ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ ਦੇ ਉਸ ਮਾਨ $=(6.626 \times 10^{-34}$Js)ਦੇ ਨੇੜੇ ਸੀ ਜਿਸਨੂੰ ਬਿਲਕੁੱਲ ਹੀ ਅਲੱਗ ਸੰਦਰਭ/ ਪ੍ਰਸੰਗ ਵਿੱਚ ਲੱਭਿਆ ਗਿਆ ਸੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ 1916ਵਿੱਚ ਮਿਲੀਕਨ ਨੇ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਝੁਠਲਾਉਣ ਦੀ ਥਾਂ ਉਸਦੀ ਸਚਾਈ ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਵਾਂਟਾ ਦੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਅਤੇ h ਅਤੇ (ϕ_0) ਦੇ ਮਾਨ (ਜੋ ਹੋਰ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ ਨਾਲ ਮੇਲ ਰੱਖਦੇ ਹਨ)ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਚਿੱਤਰਣ ਨੂੰ ਸਵੀਕਾਰ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਮਿਲੀਕਨ ਨੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਸਪੱਸ਼ਟਤਾ ਨਾਲ ਕਈ ਖਾਰੀ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਵਿਕਿਰਣ-ਆਵਰਤੀਆਂ ਦੇ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਪਰਾਸ ਦੇ ਲਈ ਤਸਦੀਕ ਕੀਤਾ।

11.7 ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਕਣੀਯ ਸੁਭਾਅ :- ਫੋਟਾਨ (Particle Nature of light:-the Photon)

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੇ ਇਸ ਵਿਲੱਖਣ ਤੱਥ ਨੂੰ ਪਰਮਾਣਿਤ ਕੀਤਾ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਾਲ ਆਪਸੀ ਕ੍ਰਿਆ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਇਹ ਕਵਾਂਟਾ ਅਰਥਾਤ ਉਰਜਾ ਦੇ ਪੈਕੇਟ(ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਦੀ ਉਰਜਾ hν ਹੈ) ਦਾ ਬਣਿਆ ਹੋਵੇ । ਕੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਰਜਾ ਦੇ ਕਵਾਂਟਮ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਕਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ? ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪਰਿਣਾਮ ਤੇ ਪਹੁੰਚੇ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਵਾਂਟਮ ਨੂੰ ਸੰਵੇਗ $\left(\frac{h\nu}{c}\right)$ ਨਾਲ ਸਬੰਧਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਰਜਾ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਮਾਨ ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਬਲ ਸੂਚਕ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕ੍ਵਾਂਟਮ ਨੂੰ ਕਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਕਣ ਨੂੰ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਫੋਟਾਨ ਦਾ ਨਾਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਣ ਜਿਹੇ ਵਿਵਹਾਰ ਨੂੰ ਏ.ਐਚ.ਕਾਂਪਟਨ (1892-1962) ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ X-ਕਿਰਨਾਂ ਦੇ ਖਿੰਡਾਓ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਸੰਨ 1924 ਵਿੱਚ ਦੁਬਾਰਾ ਪੁਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਸਿਧਾਂਤਕ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਯੋਗਦਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਆਪਣੇ ਕੰਮ ਦੇ ਲਈ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਨੂੰ 1921 ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਮੂਲ ਚਾਰਜ/ਆਵੇਸ਼ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਲਈ ਸੰਨ 1923 ਵਿੱਚ ਮਿਲੀਕਨ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਅਸੀ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਫੋਟਾਨ ਚਿੱਤਰਣ ਦਾ ਸਾਰਾਂਸ਼ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਦੇ ਸਕਦੇ ਹਾਂ:-

I.ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਸਪਰ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ, ਵਿਕਿਰਣ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਮੰਨੋ ਇਹ ਅਜਿਹੇ ਕਣਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੋਵੇ ਜਿੰਨਾਂ ਨੂੰ ਫੋਟਾਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

II.ਹਰੇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਉਰਜਾ E=(h ν) ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ $P=\left(\frac{h\nu}{c}\right)$ ਅਤੇ ਚਾਲ c ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿੱਥੇ c ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਹੈ) ।

III.ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ν ਜਾਂ ਤਰੰਗ A ,ਦੇ ਸਾਰੇ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਉਰਜਾ $E=h\nu=\left(\frac{hc}{\lambda}\right)$ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ $P=\left(\frac{h\nu}{c}\right)$

$=h/\lambda$ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ (ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਚਾਹੇ ਜੋ ਵੀ ਹੋਵੇ)। ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਵਧਾਉਣ ਤੇ ਕੇਵਲ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਖੇਤਰ ਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੀ ਵੱਧਦੀ ਹੈ (ਸਾਰੇ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਇਕ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ)। ਇਸ ਲਈ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ ।

IV. ਫੋਟਾਨ ਬਿਜਲ ਉਦਾਸੀਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਤੇ ਵਿਖੇਪਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

V. ਫੋਟਾਨ-ਕਣ ਟੱਕਰ (ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਫੋਟਾਨ-ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਟੱਕਰ) ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਹਾਂਲਾਕਿ ਕਿਸ ਟੱਕਰ ਵਿੱਚ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵੀ ਸੁਰਖਿਅਤ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀ। ਫੋਟਾਨ ਦਾ ਸੋਖਣ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਇਕ ਨਵਾਂ ਫੋਟਾਨ ਪੈਦਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 11.1 6.0×10^{-3} Hz ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਇੱਕ ਰੰਗੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਸੇ ਲੇਜ਼ਰ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਤਸਰਜਨ ਸਮਰਥਾ 2.0×10^{14} W ਹੈ। (a) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ? (b)ਸਰੋਤ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਔਸਤ ਤੋਰ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਕਿੰਨੇ ਫੋਟਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ?

ਹੱਲ (a) ਹਰੇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਹੋਵੇਗੀ

$$E = h\nu = (6.63 \times 10^{-34} \text{Js})(6.0 \times 10^{14} \text{Hz})$$
$$= 3.98 \times 10^{-19} \text{J}$$

(b) ਜੇ ਸਰੋਤ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ N ਹੈ ਤਾਂ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਸੰਚ੍ਰਰਿਤ ਸਮਰਥਾ P ਪ੍ਰਤੀ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ E ਦੇ N ਗੁਣਾ ਹੋਵੇਗੀ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ P=NE। ਤਦ

$$N = \frac{P}{E} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \text{W}}{3.98 \times 10^{-19} \text{J}} = 5.0 \times 10^{15}$$ ਫੋਟਾਨ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ

ਉਦਾਹਰਨ 11.2 ਜੇ ਸੀਜਿਅਮ ਦਾ ਕਾਰਜ ਫਲਨ 2.14eV ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ (a) ਸੀਜੀਅਮ ਦੀ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ (b)ਆਪਤਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ, ਜੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਨੂੰ 0.60 V ਦੇ ਇੱਕ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਲਗਾਕੇ ਜੀਰੋ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ।

ਹੱਲ (a) ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ,ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਊਰਜਾ $h\nu_0$ ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ :

$$\nu_0 = \frac{\phi_0}{h} = \frac{2.14 \text{eV}}{6.63 \times 10^{-34} \text{J s}}$$

$$= \frac{2.14 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{J s}} = 5.16 \times 10^{14} \text{Hz}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $V_0 = 5.16 \times 10^{14}$ Hz ਤੋਂ ਘੱਟ ਆਵਰਤੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਕਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਮੁਕਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(b)ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ eV_0 ਸਥਿਤਜ ਊਰਜਾ (ਰੋਕੂ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_0 ਦੇ ਦੁਆਰਾ) ਸਮਾਨ ਹੋਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਜੀਰੋ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਹੇਠਾ ਹੈ :

$$eV_0 = h\nu - (\phi_0) = \frac{hc}{\lambda} - (\phi_0)$$

ਜਾਂ $$\lambda = hc/(eV_0 + \phi_0)$$

$$= \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{J s}) \times (3 \times 10^{8} \text{m/s})}{(0.60 \text{eV} + 2.14 \text{eV})}$$

$$= \frac{19.89 \times 10^{-26}\ \text{J m}}{(2.74\ \text{eV})}$$

$$\lambda = \frac{19.89 \times 10^{-26}\ \text{J m}}{2.74 \times 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}} = 454\ \text{nm}$$

ਉਦਾਹਰਨ 11.3 ਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬੈਂਗਣੀ ਰੰਗ, ਪੀਲੇ ਹਰੇ ਰੰਗ ਅਤੇ ਲਾਲ ਰੰਗ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕ੍ਰਮਵਾਰ : ਲਗਭਗ 390nm ,ਲਗਭਗ550 nm(ਔਸਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ) ਅਤੇ ਲਗਭਗ 760 nm ਹੈ।

(a) ਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਿਮਨ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ (eV) ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ :i) ਬੈਂਗਣੀ ਸਿਰਾ ii) ਪੀਲੇ -ਹਰੇ ਰੰਗ ਦੀ ਔਸਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ (iii) ਲਾਲ ਸਿਰਾ ($h=6.63 \times 10^{-34}$Js) ਅਤੇ 1eV=1.6×10^{-19}J) b) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸਾਰਣੀ 11.1 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਫਲਨਾਂ ਦਾ ਮਾਨ ਅਤੇ (a) ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦੇ (i) (ii) ਅਤੇ (iii) ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨੂੰ ਉਪਯੋਗ ਵਿੱਚ ਲਿਆਉਂਦੇ ਹੋਏ ਕੀ ਤੁਸੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਨਾਲ ਕਾਰਜ ਕਰ ਸਕਣ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਯੁੱਕਤੀ ਦੀ ਸਿਰਜਣਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ ?

ਹੱਲ (a) ਆਪਤਿਤ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ , $E = h\nu = hc/\lambda$

$$E=(6.63X10^{-34}\text{JS})(3X10^{8}\text{m/s}) / \lambda$$

$$= \frac{1.989 \times 10^{-25}\ \text{J m}}{\lambda}$$

(i) ਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ λ_1=390nm(ਹੇਠਾਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਿਰਾ)

ਆਪਾਤੀ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ, $E_1 = \frac{1.989 \times 10^{-25}\ \text{J m}}{390 \times 10^{-9}\ \text{m}}$

$$=5.10X10^{-19}\text{J}$$

$$= \frac{5.10 \times 10^{-19}\ \text{J}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{J/eV}} \quad =3.19\text{eV}$$

(ii) ਪੀਲੇ-ਹਰੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ λ_2=550nm (ਔਸਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ)

ਆਪਾਤੀ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ $E_2 = \frac{1.989 \times 10^{-25}\ \text{J m}}{550 \times 10^{-9}\ \text{m}}$

$$=3.62X10^{-9}\text{J}$$
$$=2.26\ \text{eV}$$

(iii) ਲਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ λ_3=760nm (ਉੱਚ ਤਰੰਗ ਸਿਰਾ)

ਆਪਾਤੀ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ $E_3 = \frac{1.989 \times 10^{-25}\ \text{J m}}{760 \times 10^{-9}\ \text{m}}$

$$=2.62X10^{-19}\text{J} \quad =1.64\text{eV}$$

(b) ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ-ਬਿਜਲ ਯੁੱਕਤੀ ਦੇ ਕਾਰਜ ਦੇ ਲਈ ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਊਰਜਾ E ਦਾ ਮਾਨ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਜਾਂ ਵੱਧ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ [E=3.19 eV] ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਕਰ ਸਕਣ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਯੁਕਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ, Na[ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) =2.75eV], K(ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) = 2.30 eV)ਅਤੇ Cs (ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) 2.14eV) ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਯੁੱਕਤੀ ਪੀਲੇ ਹਰੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (E=2.26 eV) ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ cs(ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) =2.14eV) ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਨਾਲ ਹੀ ਕਾਰਜ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਹਾਂਲਕਿ ਇਹ ਯੁਕਤੀ ਲਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (E=1.64eV) ਦੇ ਲਈ ਉਪਰੋਕਤ ਤਿੰਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਨਾਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕੇਗੀ।

11.8 ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ (Wave nature of matter)

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (ਵਿਆਪਕ ਤੌਰ ਤੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ)ਦੀ ਦੋਹਰੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ (ਤਰੰਗ-ਕਣ)ਵਰਤਮਾਨ ਅਤੇ ਪੂਰਵ ਅਧਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਅਧਿਐਨ ਦੁਆਰਾ ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਨਾਲ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਵਿਘਨ, ਵਿਵਰਤਨ ਅਤੇ ਧ੍ਰਵਣ ਦੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਤੋਂ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਗੋਚਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੂਜੀ ਤਰਫ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਅਤੇ ਕਾਂਪਟਨ ਪ੍ਰਭਾਵ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸਥਾਣਅੰਤਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,ਵਿਕਿਰਣ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਮੰਨਿਆ ਇਹ ਕਣਾਂ ਦੇ ਗੁੱਛ ਭਾਵ ਫੋਟਾਨਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੋਵੇ। ਕਣ ਜਾਂ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚੋਂ ਕੌਣ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਉਪਯੁੱਕਤ ਹੈ, ਇਹ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਆਪਣੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਦੇਖਣ ਦੀ ਆਮ ਘਟਨਾ ਵਿੱਚ ਦੋਨਾਂ ਦਾ ਹੀ ਵਰਣਨ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ। ਅੱਖ ਲੈਂਨਜ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਇੱਕਠਾ ਕਰਕੇ ਫੋਕਸ ਕਰਨ ਦੀ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਨੂੰ ਤਰੰਗ-ਚਿੱਤਰਣ ਨਾਲ ਭਲੀ ਭਾਂਤੀ ਵਿਵੇਚਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਇਸਦਾ ਰਾਡ ਅਤੇ ਕਾਨ (ਰੇਟਿਨਾ ਦੇ)ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਣ ਵਿੱਚ ਫੋਟਾਨ ਚਿੱਤਰਣ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਇਕ ਸੁਭਾਵਿਕ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਇਹ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਦੋਹਰੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ (ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਕਣ) ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਕਣ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ,ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਆਦਿ) ਦੀ ਤਰੰਗ ਵਰਗਾ ਲੱਛਨ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ? ਸੰਨ 1924 ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਫ੍ਰਾਂਸੀਸੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨ ਲੁਇਸ ਵਿਕਟਰ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ (ਫ੍ਰੈਂਚ ਉਚਾਰਨ ਵਿੱਚ ਇਸਨੂੰ ਲਈ ਵਿਕਟਰ ਦੇ ਬ੍ਰਾਏ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ) (1892-1987) ਨੇ ਇਕ ਨਿਰਭੀਕ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਨੂੰ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਕੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਗਤੀਮਾਨ ਕਣ ਉਪਯੁੱਕਤ (ਅਨੁਕੂਲ) ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ ਜਾਹਰ ਗੁਣ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਉਸਨੇ ਇਹ ਦਲੀਲ ਦਿੱਤੀ ਕੀ ਕੁਦਰਤ ਸਮਪ੍ਰਮਾਣ ਹੈ ਅਤੇ ਦੋ ਮੂਲ ਭੌਤਿਕੀ ਅਸਤੀਤਵ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਵੀ ਸਮਪ੍ਰਮਾਣ ਲੱਛਣ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਦੋਹਰਾ ਲੱਛਨ ਹੈ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਵੀ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਕਿ ਸੰਵੇਗ P ਦੇ ਕਣ ਦੇ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਦਰਸਾਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\,v} \qquad (11.5)$$

ਇਥੇ M ਕਣ ਦਾ ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਅਤੇ v ਇਸ ਦੀ ਚਾਲ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (11.5) ਨੂੰ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦਾ ਸੰਬੰਧ ਅਤੇ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਨੂੰ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਦੋਹਰਾ ਸਰੂਪ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (11.5) ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ λ ਤਰੰਗ ਦਾ ਲੱਛਣ ਹੈ ਜਦਕਿ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਸੰਵੇਗ p ਕਣ ਦਾ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਲੱਛਣ ਹੈ। ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ h ਦੋਨਾਂ ਲੱਛਣਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਦਾ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (11.5) ਇਕ ਪਦਾਰਥ ਕਣ ਦੇ ਲਈ ਸਹਿਜੇ ਹੀ ਇੱਕ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਵੈਧਤਾ ਕੇਵਲ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਸਿੱਧ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਹਾਂਲਕਿ ਇਹ ਦੇਖਣਾ ਰੋਚਕ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੁਆਰਾ ਵੀ ਸੰਤੁਸ਼ਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਫੋਟਾਨ ਦੇ ਲਈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਦੇਖਿਆ ਹੈ,

$$p = h\nu / c \qquad (11.6)$$

ਇਸ ਲਈ $\frac{h}{p} = \frac{c}{v} = \lambda$ (11.7)

ਅਰਥਾਤ ਇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਜੋ ਸਮੀਕਰਣ (11.5) ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ ਉਸ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਫੋਟਾਨ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਇਕ ਕੁਵਾਂਟਮ ਹੈ। ਨਿਸੰਦੇਹ ਸਮੀਕਰਣ(11.5) ਦੇ ਦੁਆਰਾ λ ਇਕ ਜਿਆਦਾ ਭਾਰੀ ਕਣ (ਵੱਡਾ m) ਜਾਂ ਅਧਿਕ ਓਜਸਵੀ ਕਣ (ਵੱਡੇv) ਦੇ ਲਈ ਛੋਟਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਦਹਾਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਕ 0.12 kg ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦੀ ਗੇਂਦ ਜੋ 20 ms^{-1} ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਸਰਲਤਾ ਨਾਲ ਪਰਿਕਲਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਸੈੱਲ (ਫੋਟੋ ਸੈਲ) (Photo cell)

ਫੋਟੋ ਸੈੱਲ (ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਇਕ ਤਕਨੀਕੀ ਅਨੁਪ੍ਰਯੋਗ ਹੈ। ਇਹ ਇਕ ਅਜਿਹੀ ਯੁਕਤੀ ਹੈ ਜੋ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਬਿਜਲ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਕਦੀ ਕਦੀ ਬਿਜਲੀ ਅੱਖ ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਕ ਫੋਟੋ ਸੈਲ ਵਿਚ ਇਕ ਅਰਧ-ਵੇਲਨਾਕਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਧਾਤੂ ਪੱਟੀ C (ਉਤਸਰਜਕ) ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਕ ਤਾਰ ਦਾ ਲੂਪ A (ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ) ਇਕ ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਕੱਚ ਜਾਂ ਕੁਵਾਰਟਜ ਬਲਬ ਵਿੱਚ ਲੱਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਪਰਿਪਥ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਉੱਚ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਬੈਟਰੀ B ਅਤੇ ਮਾਈਕਰੋ ਐਮਮੀਟਰ (mA)ਦੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਬਲਬ ਦੇ ਇਕ ਭਾਗ/ਹਿੱਸੇ ਨੂੰ ਸਾਫ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਸ ਵਿਚ ਦਾਖਲ ਹੋ ਸਕੇ।

ਜਦੋਂ ਉਚਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਕ Cਤੇ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਵਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਤੋਂ ਕੁੱਝ ਮਾਈਕਰੋ ਐਮਪੀਅਰ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਇਕ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਨ ਤੀਬਰਤਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਅ ਕਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਅ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਇਹ ਧਾਰਾ ਨਿਯੰਤਰਨ ਤੰਤਰ ਦੇ ਚਾਲਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਮਾਪਕ ਯੁੱਕਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਸੰਵੇਦੀ ਲੈਡ ਸਲਫਾਈਡ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਪ੍ਰਜਵਲਨ ਪਰਿਪੱਥਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਕਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਮਾਪਣਦੇ ਸਾਰੇ ਅਨੁਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

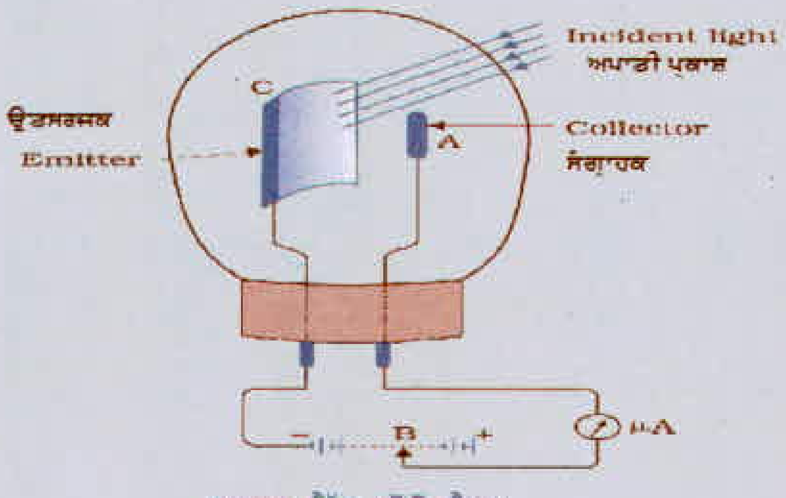
ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫੀ ਕੈਮਰੇ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਮਾਪਕ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਮਾਪਣ ਵਿੱਚ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਸਵੈਚਲਿਤ ਦਰਵਾਜਾ ਖੁਲੱਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦਰਵਾਜਾ-ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਪਰਿਪਥ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦਰਵਾਜੇ ਦੇ ਵੱਲ ਵੱਧਦੇ ਹੋਏ ਵਿਅਕਤੀ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਤੇ ਪੈਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਰੁੱਕ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਧਾਰਾ ਵਿੱਚ ਅਚਾਨਕ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬਦਲਾਅ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦਰਵਾਜਾ ਖੋਲਣ ਦੇ ਲਈ ਮੋਟਰ ਨੂੰ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਅਲਾਰਮ ਵਜਾਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਉਸ ਗਣਨਾ ਯੁੱਕਤੀ ਦੇ ਨਿਯੰਤਰਨ ਵਿੱਚ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੇ ਪਾਰ ਕਿਸੇ ਵਿਅਕਤੀ ਜਾਂ ਵਸਤੂ ਦੇ ਜਾਣ ਕਰਕੇ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਨੂੰ ਅੰਕਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਕਿਸੇ ਰੰਗ ਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਵਿਅਕਤੀਆਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ,ਜੇਕਰ ਉਹ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਹਾਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ-ਇੱਕ ਕਰਕੇ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦੇ ਹੋਣ। ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਆਵਾਜਾਈ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਤੋੜਣ ਵਾਲੇ ਵਿਅਕਤੀਆਂ ਦੀ ਪਹਿਚਾਣ ਲਈ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਵੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਇਕ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਰੋਕਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇੱਕ ਅਲਾਰਮ ਵਜਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਚੋਰ ਅਲਾਰਮ ਵਿੱਚ,ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (ਅਦ੍ਰਿਸ਼)ਨੂੰ ਲਗਾਤਾਰ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਦਰਵਾਜੇ ਤੇ ਸਥਾਪਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਤੇ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਵਿਅਕਤੀ ਜੋ ਦਰਵਾਜੇ ਵਿੱਚ ਦਾਖਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉਹ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਤੇ ਪੈਣ ਵਾਲੇ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ

ਨੂੰ ਰੋਕਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕ ਬਿਜਲ ਧਾਰਾ ਵਿੱਚ ਅਚਾਨਕ ਬਦਲਾਅ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਇੱਕ ਬਿਜਲ ਘੰਟੀ ਦੇ ਵੱਜਣ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅੱਗ ਅਲਾਰਮ ਵਿੱਚ,ਭਵਨ ਵਿੱਚ ਖਾਸ ਥਾਵਾਂ ਤੇ ਕਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਅੱਗ ਲੱਗਣ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿਕਿਰਣ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਤੇ ਪੈਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨਾਲ ਇਕ ਬਿਜਲੀ ਘੰਟੀ ਜਾਂ ਇਕ ਹਾਰਨ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਜਾਣ ਵਾਲਾ ਪਰਿਪੱਥ ਪੂਰਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਇਕ ਚੇਤਾਵਨੀ ਸੰਕੇਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਚਲ ਚਿਤੱਰਣ ਵਿੱਚ ਧੁਨੀ ਦੇ ਪੁਨਰਤਪੱਤੀ ਅਤੇ ਟੈਲੀਵਿਜ਼ਨ ਕੈਮਰੇ ਦੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਦੀ ਸਕੈਨਿੰਗ ਅਤੇ ਟੈਲੀਵਿਜ਼ਨ ਪ੍ਰਸਾਰਨ ਵਿੱਚ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਉਦਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਧਾਤੂ ਦੀਆਂ ਚਾਦਰਾਂ ਵਿੱਚ ਛੋਟੀਆਂ ਕਮੀਆਂ ਅਤੇ ਛੇਕਾਂ ਨੂੰ ਲੱਭਣ ਲਈ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।



ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਸੈੱਲ (ਫੋਟੋ ਸੈਲ)

$$p = m\,v = 0.12\ \text{kg} \times 20\ \text{m s}^{-1} = 2.40\ \text{kg m s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ \text{J s}}{2.40\ \text{kg m s}^{-1}} = 2.76 \times 10^{-34}\ \text{m}$$

ਇਹ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਇੰਨੀ ਛੋਟੀ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਕਿਸੇ ਮਾਪਨ ਦੀ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਸਥੂਲ ਵਸਤੂਆਂ ਸਾਡੇ ਦੈਨਿਕ/ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ ਜਿਹਾ ਗੁਣ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਉਂਦੀਆਂ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਸਵ-ਪਰਿਮਾਣਵਿਕ ਡੋਮੇਨ (Sub-atomic domain) ਵਿੱਚ ਕਣਾਂ ਦਾ ਤਰੰਗ ਲੱਛਣ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ ਅਤੇ ਮਾਪਣ ਦੇ ਯੋਗ ਹੈ। ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਦ੍ਰਵ ਮਾਨ m ਆਵੇਸ਼ e) ਜਿਸਨੂੰ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਤੋਂ ਇਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ K ਇਸ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ (eV)ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗੀ।

$$K = e\,V \qquad (11.8)$$

ਇਥੇ $K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ ਜਿਸ ਨਾਲ

$$P = \sqrt{2\,m\,K} = \sqrt{2\,m\,eV} \qquad (11.9)$$

ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਹੋਵੇਗੀ

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \qquad (11.10)$$

h , m ਅਤੇ e ਦੇ ਸੰਖਿਅਕ ਮਾਨ ਨੂੰ ਰੱਖਣ ਤੇ ਅਸੀਂ ਨਿਮਨ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\lambda = \frac{1.227}{\sqrt{V}} \text{ nm} \qquad (11.11)$$

ਇਥੇ V ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਵੋਲਟ ਵਿੱਚ ਮਾਨ ਹੈ। ਇਕ 120 V ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਪੁਟੈਂਸਲ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (11.11)ਤੋਂ λ=0.112nm ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਉਸ ਕੋਟਿ ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿੰਨੀ ਦੂਰੀ ਕ੍ਰਿਸਟਲਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀ ਤਲਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਥੋਂ ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਨੂੰ X-ਕਿਰਣ ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਨਾਲ ਪਰਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀ ਅਗਲੇ ਅਨੁਭਾਗ ਵਿੱਚ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰੀਖਣ ਦਾ ਵਰਣਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗੀ ਸੁਭਾਅ ਦੀ ਖੋਜ ਦੇ ਲਈ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੂੰ 1929 ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਲੁਈਸ ਵਿਕਟਰ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ (1892-1987) ਫ੍ਰਾਂਸੀਸੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਧ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ। ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਇਰਵਨ ਸ਼ਰੋਡਿੰਜਰ ਦੁਆਰਾ ਕਵਾਂਟਮ-ਯਾਤ੍ਰਿਕੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਜਿਸਨੂੰ ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਤਰੰਗ ਯਤ੍ਰਿਕੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਦੀ ਖੋਜ ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਸੰਨ 1929 ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਨਵਾਜਿਆ ਗਿਆ।

ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਨੇ ਹਾਈਜਨਬਰਗ ਦੇ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਸੁਰੁਚਿਪੂਰਣ ਢੰਗ ਨਾਲ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਕ ਹੀ ਸਮੇਂ ਤੇ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਜਾਂ ਕੋਈ ਹੋਰ ਕਣ) ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦੋਨਾਂ ਨੂੰ ਇਕਦਮ ਠੀਕ ਮਾਪਣਾ ਅਸੰਭਵ ਹੈ। ਹਮੇਸ਼ਾ ਹੀ ਕੁੱਝ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ (Δx) ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਅਤੇ ਕੁਝ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ (Δp) ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। Δx ਅਤੇ Δp ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੀ ਇਕ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਸੀਮਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜੋ $\hbar$ (ਜਿਥੇ $\hbar = h/2\pi$) ਦੀ ਕੋਟਿ ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਰਥਾਤ

$$\Delta x \, \Delta p \approx \hbar \qquad (11.12)$$

ਸਮੀਕਰਣ (11.12) ਇਸ ਸੰਭਾਵਨਾ ਦੀ ਆਗਿਆ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਕਿ Δx ਜੀਰੋ ਹੋਵੇ ਪਰੰਤੂ ਤਦ Δp ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਗੁਣਨਫਲ ਜੀਰੋ ਨਾ ਹੋਵੇ । ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ Δp ਜੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਦ Δx ਅਨੰਤ ਹੋਵੇਗਾ। ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਦੋਨੋਂ Δx ਅਤੇ Δp ਜੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕੀ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ O ਕੋਟਿ ਦਾ ਹੋਵੇ।

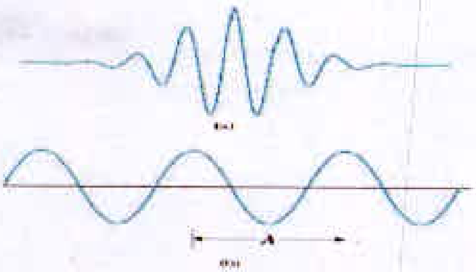
ਹੁਣ ਜੇ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਿਸਚਿਤ ਸੰਵੇਗ p (ਅਰਥਾਤ $\Delta p=0$) ਹੋਵੇ ਤਦ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਇਸਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (λ) ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਕ ਨਿਸਚਿਤ (ਇਕੱਲੀ) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਤਰੰਗ ਦਾ ਵਿਸਤਾਰ ਸੰਪੂਰਨ ਸਥਾਨ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬਾਰਨ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਵਿਆਖਿਆ ਤੋਂ ਇਸਦਾ ਅਰਥ, ਇਹ ਹੋਇਆ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਥਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸੀਮਿਤ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਭਾਵ ਇਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਅਨੰਤ ਹੋਵੇਗੀ ($\Delta x \to \infty$) ਜੋ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਗਤ ਹੈ।

ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਪਦਾਰਥ-ਤਰੰਗ ਸੰਪੂਰਨ ਅਸਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਇਹ ਇਕ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸਮਾਨ ਵਿੱਚ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ Δx ਅਨੰਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਬਲਕਿ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਇਸਦਾ ਕੋਈ ਸੀਮਿਤ ਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਵੀ ਜਾਣਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੀਮਿਤ ਵਿਸਤਾਰ ਦੀ ਕਿਸੇ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਇੱਕਲੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਕੇਂਦਰੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਆਸ ਪਾਸ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨਾਲ ਬਣੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਤਦ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਵੀ ਵਿਸਤਾਰ ਹੋਵੇਗਾ- Δp ਦੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ। ਇਹ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਤੋਂ ਉਮੀਦ ਰੱਖਣ ਵਾਲਾ ਹੈ। ਗਣਿਤੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਵਿਵਰਣ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ ਅਤੇ ਬਾਰਨ ਸੰਭਵਿਕਤਾ ਵਿਆਖਿਆ ਦੇ ਨਾਲ ਹਾਈਜਨ ਬਰਗ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ-ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਸ਼ੁੱਧ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪੁਨਰ ਉਤਪੰਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਅਧਿਆਇ 12 ਵਿੱਚ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਕਵਾਂਟੀਕਰਣ ਤੇ ਬੋਹਰ (Bohr) ਦੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੀ ਸਹਿਮਤੀ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਪਾਵੋਗੇ।



ਚਿੱਤਰ 11.6 (a)ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਵਿਵਰਣ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਆਯਾਮ ਦੇ ਵਰਗ ਨੂੰ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਪ੍ਰਾਇਕਤਾ ਘਣਤਾ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਕਿਸੇ ਕੇਂਦਰੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਆਸ ਪਾਸ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ (ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਦੁਆਰਾ, ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਵਿਸਥਾਰ)ਦੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਰੱਖਦਾ ਹੈ। ਪਰਿਨਾਮ ਸਵਰੂਪ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ (Δx) ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ (Δp) ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ। (b)ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੰਵੇਗ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦੀ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਸੰਪੂਰਨ ਅਸਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ $\Delta p=0$ਅਤੇ $(\Delta x \rightarrow \infty)$

ਚਿੱਤਰ 11.6 (a) ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਥਾਨ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਅਤੇ ਚਿੱਤਰ 11.6(b) ਵਿੱਚ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਤਰੰਗ ਦਾ ਵਿਵਸਥਾ ਚਿੱਤਰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ-11.4 (a) ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜੋ $5.4X10^6$m/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ (b)150g ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦੀ ਇੱਕ ਗੇਂਦ ਜੋ 30.0m/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ ।

ਹਲ (a) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ

ਦ੍ਰਵਮਾਨ (m)=$9.11X10^{-31}$kg ਵੇਗ V=$5.4X10^6$m/s

ਤਦ ਸੰਵੇਗ P=mv=$9.11X10^{-31}$kgX$5.4X16^6$m/s

P=$4.92X10^{-24}$kg m/s

ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ =h/p

$$\frac{6.63\times10^{-34}\ J\ s}{4.92\times10^{-24}\ kg\ \ m/s}$$

$$\lambda\ = 0.135nm$$

ਤਦ ਸੰਵੇਗ p'=m'v'=0.150kg X30.0m/s

p'=4.50kg m/s

ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ'=h/p' $= \frac{6.63\times10^{-34}\ J\ s}{4.50\times\ kg\,m/s}$

(b)ਗੇਂਦ ਦੇ ਲਈ

ਦ੍ਰਵਮਾਨ (m)= 0.150kg ,ਵੇਗ V=30.0m/s

$$\lambda = 1.47 X 10^{-34} m$$

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ X-ਕਿਰਨ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਗੇਂਦ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਆਕਾਰ ਦੇ ਲਗਭਗ 10-19 ਗੁਣਾ ਹੈ ਜੋ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਪਣ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਬਾਹਰ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ11.5 ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਕ X-ਕਣ ਅਤੇ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸ ਕਣ ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨਿਊਨਤਮ ਹੋਵੇਗੀ ?

ਹਲ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ ਲਈ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ A=h/p ਹੈ

ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ $K=P^2/2m$

ਇਸ ਲਈ $\lambda = h / \sqrt{2mK}$

ਬਰਾਬਰ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ K ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਉਸਦੇ ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦੇ ਵਰਗਮੂਲ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। ਪ੍ਰੋਟਾਨ (^1_1H), ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲੋਂ 1836 ਗੁਣਾ ਭਾਰੀ ਹੈ ਅਤੇ α-ਕਣ (^4_2He) ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਨਾਲੋਂ ਚਾਰ ਗੁਣਾ ਭਾਰੀ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ α-ਕਣ ਦੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨਿਊਨਤਮ ਹੋਵੇਗੀ।

ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੰਭਾਵਿਕ ਅਰਥ (Probability Interpretation of matter waves)

ਇੱਥੇ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨਾ ਉਚਿਤ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਕਿਸੇ ਕਣ(ਜਿਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ)ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦਾ ਕੀ ਮਤਲਬ ਹੈ ? ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਹਾਲੇ ਤੱਕ ਇਕ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਦੋਹਰੇ ਸੁਭਾਅ ਦੀ ਇਕ ਸੱਚੀ ਸੰਤੋਸ਼ਜਨਕ ਭੌਤਿਕ ਸਮਝ ਵਿਕਸਿਤ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕੀ ਹੈ। ਕਵਾਂਟਮ ਯਾਂਤ੍ਰਿਕੀ ਦੇ ਮਹਾਨ ਸੰਸਥਾਪਕਾਂ (ਨੀਲਸ ਬੋਹਰ, ਅਲਬਰਟ ਆਈਸਟਾਈਨ ਅਤੇ ਕਈ ਹੋਰ) ਨੇ ਇਸ ਅਤੇ ਇਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਅਵਧਾਰਣਾਵਾਂ ਨਾਲ ਬਹੁਤ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਸੰਘਰਸ਼ ਕੀਤਾ। ਹੁਣ ਵੀ ਕੁਆਂਟਮ ਯਾਂਤ੍ਰਿਕੀ ਦੀ ਗੂੜ ਭੌਤਿਕ ਵਿਆਖਿਆ ਸਰਗਰਮ ਸ਼ੋਧ ਦਾ ਵਿਸ਼ਾ ਬਣੀ ਹੋਈ ਹੈ ਇਸਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹੋਏ ਵੀ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਨੂੰ ਵੱਡੀ ਸਫਲਤਾ ਦੇ ਨਾਲ ਆਧੁਨਿਕ ਕੁਆਂਟਮ ਯਾਂਤ੍ਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਗਣਿਤੀ ਤੌਰ ਤੇ ਪਰਵਿਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਇਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਉੱਪਲਬਧੀ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਮੈਕਸ ਬਾਰਨ(1882-1970) ਨੇ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੇ ਆਯਾਮ ਦੀ ਇਕ ਸੰਭਾਵਿਤ-ਵਿਆਖਿਆ ਸੁਝਾਈ। ਇਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ (ਆਯਾਮ ਦਾ ਵਰਗ) ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਕਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਿਤ ਘਣਤਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸੰਭਾਵਿਤ ਘਣਤਾ ਦਾ ਅਰਥ ਸੰਭਾਵਨਾ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਆਇਤਨ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ Aਤਰੰਗ ਦਾ ਆਯਾਮ ਹੈ ਤਾਂ $|A|^2 \Delta V$ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ΔV ਲਘੂ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਉਸ ਕਣ ਦੇ ਪਾਏ ਜਾਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਜੇ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਵੱਧ ਹੈ ਤਦ ਉਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜਿੱਥੇ ਤੀਬਰਤਾ ਘੱਟ ਹੈ ਕਣ ਦੇ ਪਾਏ ਜਾਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਅਧਿਕ ਹੋਵੇਗੀ।

ਉਦਾਹਰਨ11.6 ਇਕ ਕਣ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਤਿੰਨ ਗੁਣਾ ਅਧਿਕ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ ਇਸ ਕਣ ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨਾਲ ਅਨੁਪਾਤ $1.813 X 10^{-4}$ ਹੈ। ਕਣ ਦੇ ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਕਣ ਨੂੰ ਪਹਿਚਾਣੋ।

ਹਲ -ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਕਣ (ਦ੍ਰਵਮਾਨ m ਅਤੇ ਵੇਗv) ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

ਦ੍ਰਵਮਾਨ $m = h/\lambda v$

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਦ੍ਰਵਮਾਨ $m_e = h/\lambda_e v_e$

ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ ਕਿ $v/v_e=3$ ਅਤੇ

$$\lambda/\lambda_e = 1.813\times10^{-4}$$

ਤਾਂ ਕਣ ਦਾ ਦ੍ਰਵਮਾਨ $= m = m_e\left(\frac{\lambda_e}{\lambda}\right)\left(\frac{v_e}{v}\right)$

$$m = 9.11\times10^{-31}\,kg \times 1/3 \times 1/1.813\times10^{-4}$$

$$m = 1.675\times10^{-27}\,kg$$

ਇਸ ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦਾ ਕਣ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਜਾਂ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 11.7 100V ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਦੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

ਹਲ- ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V=100v

ਦੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਹੋਵੇਗੀ

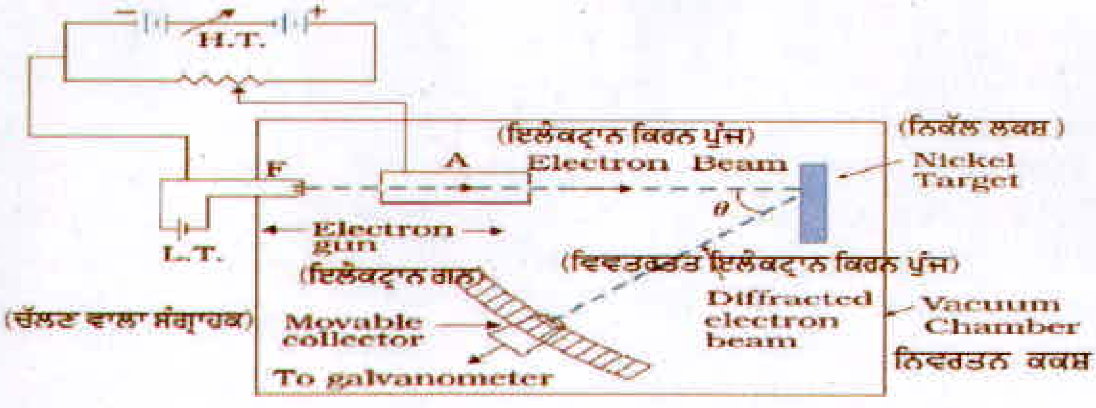
$$\lambda = h/p = \frac{1.227}{\sqrt{V}}\ nm$$

$$\lambda = \frac{1.227}{\sqrt{100}}\ nm = 0.123nm$$

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਦੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ X-ਕਿਰਨ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦੀ ਹੈ।

11.9 ਡੇਵੀਸਨ ਅਤੇ ਜਰਮਰ ਪ੍ਰਯੋਗ (DAVISSON AND GERMER EXPERIMENT)

ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਤੌਰ ਤੇ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਸੀ.ਜੇ ਡੇਵੀਸਨ ਅਤੇ ਐਲ.ਐਚ ਜਰਮਰ ਦੇ ਦੁਆਰਾ 1927 ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਸੁਤੰਤਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਜੀ.ਪੀ.ਟਾਮਸਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ 1928 ਵਿੱਚ ਤਸਦੀਕ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ। ਇਹਨਾਂ ਵਿਗਿਆਨਕਾਂ ਨੇ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦਾ ਕ੍ਰਿਸਟਲਾਂ ਤੋਂ ਖਿੰਡਾਅ ਦੁਆਰਾ ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ ਸੀ।ਸੀ.ਜੇ ਡੇਵੀਸਨ (1881-1958) ਅਤੇ ਜੀ.ਪੀ ਟਾਮਸਨ (1892-1975) ਨੇ ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਵਿਵਰਤਨ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਖੋਜ ਦੇ ਲਈ 1937 ਵਿੱਚ ਸੰਯੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ।



ਚਿੱਤਰ 11.7 ਡੇਵੀਸਨ-ਜਰਮਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਵਰਤਨ ਵਿਵਸਥਾ

ਡੇਵੀਸਨ ਅਤੇ ਜਰਮਨ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਵਿਵਸਥਾ ਚਿੱਤਰ 11.7 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ ਇਸ ਵਿੱਚ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਗਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜੋ ਇਕ ਟੰਗਸਟਨ ਤੰਤੂ F ਦੀ ਬਣੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਬੇਰੀਅਮ ਆਕਸਾਈਡ ਦਾ ਲੇਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਨੂੰ ਘੱਟ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (L.T ਬੈਟਰੀ) ਨਾਲ ਗਰਮ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਉੱਚ ਵੋਲਟਤਾ ਸਰੋਤ (HT ਬੈਟਰੀ) ਦੁਆਰਾ ਉਪਯੁੱਕਤ ਵੋਲਟਤਾ ਦੇ ਅਨੁਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਤੰਤੂ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਇੱਛਾ ਅਨੁਸਾਰ ਵੇਗ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇਕ ਵੇਲਣ ਜਿਸ ਵਿਚ ਇਸਦੇ ਅਕਸ਼ ਦੇ ਸਮਾਤੱਰ ਪਤਲੇ ਛੇਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਚੋਂ ਲੰਘਾ ਕੇ ਇਕ ਪਤਲੇ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਾਂਤਰਕਾਰੀ ਕਰ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਇਕ ਨਿੱਕਲ ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਸੁਟਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਾਰੀਆ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਖਿੰਡਦੇ ਹਨ ਕਿਸੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਖਿੰਡੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਸੂਚਕ (ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ) ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਮਾਪਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੰਸੂਚਕ ਨੂੰ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਮਾਪਣੀ ਤੇ ਘੁੰਮਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਕ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਗਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਅੰਕਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਗਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਝੁਕਾਅ/ਵਿਖੇਪਨ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼/ਦਾਖਿਲ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਉਪਕਰਨ ਨੂੰ ਇਕ ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਖੋਲ ਵਿੱਚ ਬੰਦ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ। ਸੰਸੂਚਕ ਨੂੰ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਮਾਪਣੀ ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਥਿਤੀਆਂ ਤੇ ਘੁਮਾਕੇ,ਖਿੰਡੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਅਕਸ਼ਾਂਸ਼ ਕੋਣ ਦੇ ਮਾਨ ਲਈ (ਜਾਂ ਖਿੰਡਾਂਵ ਦੇ ਕੋਣ) ϕ ਨੂੰ ਮਾਪਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਕਿ ਆਪਤਿਤ ਅਤੇ ਖਿੰਡੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦਾ ਕੋਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਖਿੰਡੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ (I)ਵਿੱਚ ਖਿੰਡਾਵ ਦਾ ਕੋਣ ϕ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਾਅ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ 44 V ਤੋਂ 68 Vਬਦਲਾਅ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਪੂਰਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਡੇਵਿਸ਼ਨ-ਜਰਮਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਕ ਤੀਖਣ ਵਿਵਰਤਨ ਦੇ ਸੰਗਤ ਇਕ ਪ੍ਰਬਲ ਸ਼ਿਖਰ, ਪ੍ਰਵੇਗਿਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ 54 V ਅਤੇ ਖਿੰਡਾਂਵ ਕੋਣ ϕ -50^0 ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਤਰਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਕ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਿਖਰ ਦਾ ਇਹ ਦਿਖਾਵ ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅੰਤਰਾਲ ਦੀਆਂ ਪਰਤਾਂ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਪੋਸਕ ਵਿਘਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਵਰਤਨ ਮਾਪਣ ਤੋਂ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 0.165 nm ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ A(ਸਮੀਕਰਣ (11.11) ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਤੋਂ)

V=54V ਦੇ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਮਨ ਹੋਵੇਗਾ

$$\lambda = h/p = \frac{1.227}{\sqrt{V}} \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1.227}{\sqrt{54}} \text{ nm} \qquad = 0.167\text{nm}$$

ਇਸ ਲਈ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤਕ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨਾਂ ਵਿੱਚ ਅਤਿ ਸਹਿਮਤੀ ਹੈ। ਡੇਵਿਸਨ-ਜਰਮਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਸ਼ਾਲੀ ਰੂਪ ਨਾਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਅਤੇ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤੇ ਗਏ ਦੋਹਰੀ-ਝਿਰੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਤਰੰਗ ਸੁਭਾਅ ਨੂੰ ਸੰਨ 1989 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਸੰਨ 1994 ਵਿੱਚ ਵੀ ਆਓਡੀਨ ਅਣੂਆਂ (ਜੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ ਦੱਸ ਲੱਖ ਗੁਣਾ ਭਾਰੀ ਹੈ) ਦੇ ਨਾਲ ਵਿਘਨ ਫ੍ਰਿੰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਚੁੱਕੀਆਂ ਹਨ। ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਦੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਆਧੁਨਿਕ ਕਵਾਂਟਮ ਯਾਂਤ੍ਰਿਕੀ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਵਿੱਚ ਆਧਾਰ ਰਹੀ ਹੈ। ਇਸਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕੀ ਵਿਸ਼ੇ ਨੂੰ ਵੀ ਵਿਕਸਤ ਕੀਤਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਤਰੰਗੀ ਗੁਣਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਉੱਚ ਵਿਭੇਦਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਕ ਬਹੁਤ ਵੱਡਾ ਸੁਧਾਰ ਹੈ।

ਸਾਰੰਸ਼ (SUMMARY)

1. ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਸਭ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਾਲਣ/ਕੱਢਣ ਦੇ ਲਈ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਦਾ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਧਾਤੂ ਸਤ੍ਹਹ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ (ਕਾਰਜ-ਫਲਨ (ϕ_0) ਤੋਂ ਵੱਧ) ਨੂੰ ਉਪਯੁੱਕਤ ਤਾਪਨ ਜਾਂ ਪ੍ਰਬਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਜਾਂ ਉਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਵਿਕਰਿਕ ਕਰਨ ਨਾਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।
2. ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਧਾਤੂਆਂ ਤੋਂ ਉਚਿਤ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪ੍ਰਦੀਪਤ ਕਰਨ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਦਾ ਵਰਤਾਰਾ ਹੈ। ਕੁਝ ਧਾਤੂ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਜੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹਨ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਊਰਜਾ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਰੁਪਾਂਤਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸੁਰਖਿਅਣ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਣ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਇਕ ਤਤਕਾਲੀਨ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਕੁਝ ਖਾਸ ਲੱਛਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।
3. ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ (i) ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ (ii) ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ (iii) ਉਤਸਰਜਕ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ।
4. ਰੋਧਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ [V_0](i) ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ (ii) ਉਤਸਰਜਕ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਕਿਸੇ ਕਿੱਤੀ ਗਈ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਲਈ, ਇਹ ਇਸ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਰੋਧਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਉਤਸਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉਚੱਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ :
$$ev_0 = \frac{1}{2}\, mv^2_{max} = K_{max}$$
5. ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵਰਤੀ (ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ) V_0 ਦੇ ਥੱਲੇ ਜੋ ਧਾਤੂ ਦਾ ਗੁਣ ਹੈ,ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ ਨਹੀ ਹੁੰਦਾ ਚਾਹੇ ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਕਿੰਨੀ ਵੱਧ ਹੀ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋਵੇ।
6. ਕਲਾਸਿਕੀ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਮੁਖ-ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀ ਕਰ ਸਕਿਆ। ਇਸਦਾ ਵਿਕਿਰਣ ਤੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਲਗਾਤਾਰ ਸੋਖਣ ਦਾ ਚਿੱਤਰਣ K_{max} ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੋਂ ਸੁਤੰਤਰਤਾ, V_0 ਦੀ ਹੋਂਦ ਅਤੇ ਇਸ ਪ੍ਰੀਕ੍ਰਿਆ ਦੀ ਤਤਕਾਲੀਨ ਸੁਭਾਅ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀ ਕਰ ਸਕਿਆ। ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਨੇ ਇਹਨਾਂ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਫੁਟਾਨ-ਚਿੱਤਰਣ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਕੀਤੀ। ਇਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਊਰਜਾ ਦੇ ਖੰਡਿਤ ਪੈਕਟਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਵਾਂਟਾ ਜਾਂ ਫੋਟਾਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਹਰੇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ $E\ (= h\nu)$ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ $p\ (= h/\lambda)$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਆਪਾਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵਰਤੀ (ν) ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਇਸਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦਾ। ਧਾਤੂ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੁਆਰਾ ਫੋਟਾਨ ਦੇ ਸੋਖਣ ਤੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।
7. ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਊਰਜਾ ਸੁਰਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ ਜਿਵੇ ਕਿ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਫੋਟਾਨ ਸੋਖਣ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ($\frac{1}{2}mv^2_{max}$) ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ ($h\nu$) ਅਤੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ (ϕ_0) = ($h\nu_0$) ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। $\frac{1}{2}mv^2_{max} = V_0 e = h\nu - \phi_0 = h(\nu - \nu_0)$ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਤੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਸਾਰੇ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਮਿਲੀਕਣਾਂ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਦੁਰਸਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਮਾਪਾਂ ਨੇ ਆਇਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਸਤੁੰਸਟ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਪਲਾਂਕ ਸਿਥਰਾਂਨ (h) ਦੇ ਪਦਾਰਥ/ਅਸਲ ਮਾਨ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਨਾਲ ਆਇਨਸਟਾਈਨ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਕਣ ਜਾਂ ਫੁਟਾਨ ਵਰਣਨ ਸਵੀਕਾਰ ਹੋਈਆ।
8. ਵਿਕਰਣ ਦੀ ਦੂਹਰੀ ਪ੍ਰਾਵਿਤੀ/ਸੁਭਾਅ ਹੁੰਦਾ ਹੈ:ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਕਣ। ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਸਵਰੂਪ ਤੇ ਇਹ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਤਰੰਗ ਜਾਂ ਕਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਦੇ ਲਈ ਸੱਭ ਤੋਂ ਸਹੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰਕ ਦੇ ਨਾਲ ਕਿ ਵਿਕਿਰਣ ਅਤੇ ਪਦਾਰਥ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਸਮਨਿਤ ਹੈ, ਲੁਇਸ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਨੇ ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਤਰੰਗ ਜਿਹਾ ਲੱਛਣ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ। ਗਤੀਮਾਨ ਪਦਾਰਥ-ਕਣਾਂ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਜਾਂ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

9. ਗਤੀ ਮਾਨ ਕਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (λ) ਇਸਦੇ ਸੰਵੇਗ P ਨਾਲ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ: $\lambda = h/p$ । ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਦੂਹਰਾ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਸੰਬੰਧ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਤਰੰਗ ਸਕੰਲਪ (λ) ਅਤੇ ਕਣ ਸਕੰਲਪ (p) ਸਮਲਿਤ ਹਨ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰਨਿਸ਼ਠ ਹਨ। ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਦਾਰਥ ਕਣ ਦੇ ਆਵੇਸ਼ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੋਂ ਸੁਤੰਤਰ ਹੈ। ਇਹ ਸਾਰਥਕਤਾ ਕੇਵਲ ਉਪ ਪਰਮਾਣਵੀ ਕਣਾਂ ਜਿਵੇਂ-ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ,ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਆਦਿ (ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਭਾਵ ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਲਘੂਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ) ਦੇ ਲਈ ਹੀ ਪਰਿਮੇਯ (ਕ੍ਰਿਸਟਲਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀ ਸਮਤਲਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦਾ)ਹੈ। ਹਾਂਲਕਿ ਇਹ ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਸਥੂਲ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਲਈ ਜੋ ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਦਿਨ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਮਾਪਨ ਦੀ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਬਿਲਕੁਲ ਬਾਹਰ ਹਨ,ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ ਹੈ।

10. ਡੇਵਿਸਨ ਜਰਮਰ ਦੇ ਅਤੇ ਜੀ. ਪੀ. ਟਾਮਸਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਵਰਣ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਅਤੇ ਬਾਅਦ ਦੇ ਕਈ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ ਨੂੰ ਤਸਦੀਕ ਅਤੇ ਪੁਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਹੈ। ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ,ਬੋਹਰ ਦੀ ਸਥਾਈ ਕਕਸ਼ਾ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਦਾ ਸਮਰਥਨ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ	ਪ੍ਰਤੀਕ	ਵਿਮਾਂਵਾਂ	ਮਾਤ੍ਰਕ	ਟਿੱਪਣੀ
ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ	h	$[ML^2T^{-1}]$	Js	$E = h\nu$
ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ	V_0	$[ML^2T^{-3}A^{-1}]$	V	$eV_0 = K_{max}$
ਕਾਰਜ ਫਲਨ	(ϕ_0)	$[ML^2T^{-2}]$	J ; (eV)	$K_{max} = E - (\phi_0)$
ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵ੍ਰਤੀ	v_0	$[T^{-1}]$	Hz	$v_0 = (\phi_0)/h$
ਦੇ-ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ	λ	[L]	m	$\lambda = h/p$

ਵਿਚਾਰਨ ਯੋਗ ਵਿਸ਼ਾ
(Points To Ponder)

1. ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸ ਅਰਥ ਤੋਂ ਮੁਕਤ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਧਾਤੂ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਕ ਸਥਿਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਗਤੀਮਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ (ਇਹ ਕੇਵਲ ਇਕ ਅੰਦਾਜਾ ਹੈ) ਉਹ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਣ ਲਈ ਮੁਕਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ। ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਜਾਣ ਲਈ ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।
2. ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿਚ ਸਾਰੇ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਕਿਸੇ ਗੈਸ ਜਾਰ ਵਿੱਚ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਜਿਵੇਂ,ਇਕ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਤਾਪ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਊਰਜਾ ਵਿਤਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਿਤਰਣ ਉਸ ਆਮ ਮੈਕਸਵੇਲ ਵਿਤਰਣ ਤੋਂ ਭਿੰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਆਪ ਗੈਸਾਂ ਦੇ ਗਤਿਜ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਵਿੱਚ ਪੜ ਚੁੱਕੇ ਹੋ। ਇਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀ ਬਾਅਦ ਦੇ ਪਾਠਕ੍ਰਮਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਝੋਂਗੇ,ਪਰੰਤੂ ਭਿੰਨਤਾ ਦਾ ਸੰਬੰਧ ਇਸ ਤੱਥ ਨਾਲ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪਾਲੀ ਦੇ ਆਪਵਰਜਨ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਕਰਦੇ ਹਨ।
3. ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਊਰਜਾ ਵਿਤਰਨ ਦੇ ਕਾਰਨ,ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਣ ਦੇ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਭਿੰਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਭਿੰਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਣ ਦੇ ਲਈ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਹੋਰ ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਣ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਜਰੂਰੀ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਊਰਜਾ ਹੈ।
4. ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਇਹੀ ਸਮਝਿਆ ਜਾਣਾ ਹੈ ਕਿ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਖਣ $h\nu$ ਦੀ ਵਿਵਿਕਤ ਇਕਾਈਆਂ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਬਿਲਕੁੱਲ ਵੀ ਅਜਿਹਾ ਕਹਿਣ ਦੇ ਸਮਾਨ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ ਅਜਿਹੇ ਕਣਾਂ ਨਾਲ ਬਣਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਹਰੇਕ ਦੀ ਊਰਜਾ $h\nu$ ਹੈ।
5. ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਪ੍ਰੇਖਣ (ਇਸਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੋਂ ਅਨਿਰਭਰਤਾ ਅਤੇ ਆਵਾਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ) ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਅਤੇ ਫੋਟਾਨ ਚਿੱਤਰਣ ਦੇ ਵਿੱਚ ਨਿਰਣਾਇਕ ਪੱਖਪਤੀ ਹੈ।
6. ਸੂਤਰ $\lambda=h/p$ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਪਦਾਰਥ-ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਭੌਤਿਕ ਮਹੱਤਵ ਹੈ ਇਸ ਦੇ ਫੇਜ਼ ਵੇਗ V_p ਦਾ ਕੋਈ ਭੌਤਿਕੀ ਮਹੱਤਵ ਨਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਾਂਲਾਕਿ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦਾ ਸਮੂਹ-ਵੇਗ ਸੁਭਾਅ ਪੱਖੋ ਅਰਥਪੂਰਨ ਹੈ ਅਤੇ ਕਣ ਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਅਭਿਆਸ(Exercises)

11.1 30 kV ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਉਤਪੰਨ X-ਕਿਰਨਾਂ ਦੀ (a) ਉਚਤਮ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ (b)ਨਿਮਨਤਮ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ।

11.2 ਸੀਜੀਅਮ ਧਾਤੂ ਦਾ ਕਾਰਜ ਫਲਨ 2.14 eV ਹੈ । ਜਦੋਂ $6X10^{14}$ Hz ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਧਾਤੂ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕੀ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(a) ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ

(b) ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

(c)ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਚਾਲ ਕਿੰਨੀ ਹੈ ?

11.3 ਇਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਕੱਟ ਆਫ (ਅੰਤਮ ਸੀਮਾ) ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ 1.5 V ਹੈ। ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ ?

11.4-632.8 nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇੱਕ ਵਰਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਕ ਹੀਲੀਅਮ ਨਿਆਨ ਲੇਜ਼ਰ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਤਸਰਜਿਤ ਸ਼ਕਤੀ9.42 mW ਹੈ ।

(a) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਇਸ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਵਿਕ੍ਰਿਤ ਕਿਸੇ ਲਕਸ਼ ਤੇ ਔਸਤਨ ਕਿੰਨੇ ਫੋਟਾਨ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਪਹੁੰਚਣਗੇ ? (ਇਹ ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਤਰੰਗ ਪੁੰਜ ਦੀ ਚੋੜੇ ਦਾਅ ਕਾਟ ਇਕ ਸਮਾਨ ਹੈ ਜੋ ਲਕਸ਼ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੈ) ਅਤੇ

(c) ਇਕ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਨੂੰ ਫੋਟਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਸੰਵੇਗ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕਿੰਨੀ ਤੇਜ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਹੈ ?

11.5-ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪਹੁੰਚਣ ਵਾਲਾ ਸੂਰਜੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਊਰਜਾ ਫਲਕਸ 1.388×10^{3} W/m^{2} ਹੈ। ਲਗਭਗ ਕਿੰਨੇ ਫੋਟਾਨ ਪ੍ਰਤੀ ਵਰਗਮੀਟਰ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ? ਇਹ ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਸੂਰਜੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਔਸਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 550nm ਹੈ।

11.6-ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਇਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ,ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਆਵਰਤੀ ਦੇ ਵਿਰੁੱਧ-ਅੰਤਕ ਵੋਲਟਤਾ ਦੀ ਢਲਾਨ 4.12×10^{-5}Vs ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰਾਂਕ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.7-ਇਕ 100W ਸੋਡੀਅਮ ਬਲਬ (ਲੈਂਪ) ਸਾਰੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਸਮਾਨ ਊਰਜਾ ਖੰਡੇਰਦਾ ਹੈ। ਲੈਂਪ ਨੂੰ ਇਕ ਅਜਿਹੇ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਸਪੂੰਰਨ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਸੋਖਦਾ ਹੈ। ਸੋਡੀਅਮ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 589nm ਹੈ। (a)ਸੋਡੀਅਮ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਪ੍ਰਤੀ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ ? (b) ਗੋਲੇ ਨੂੰ ਕਿਸ ਦਰ ਨਾਲ ਫੋਟਾਨ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤੇ ਜਾ ਰਹੇ ਹਨ ?

11.8 ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਦੀ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ 3.3×10^{14}Hz ਹੈ। ਜੇ 8.2×10^{14}Hz ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਧਾਤੂ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਅੰਤਕ ਵੋਲਟਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.9 ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਫਲਨ 4.2eV ਹੈ। ਕੀ ਇਹ ਧਾਤੂ 330nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਆਪਤਿਤ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇਵੇਗਾ।

11.10 7.21×10^{14}Hz ਆਵਰਤੀ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਕ ਧਾਤੂ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ 6.0×10^{5}m/s ਦੀ ਉੱਚਤਮ ਗਤੀ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋ ਰਹੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਕੀ ਹੈ ?

11.11 488nm ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਕ ਆਰਗਨ ਲੇਜ਼ਰ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਵਿਚ ਲਿਆਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਸ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ-ਰੇਖਾ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਉਤਸਰਜਕ ਤੇ ਆਪਤਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ 0.38V ਹੈ। ਉਤਸਰਜਕ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.12- 56 V ਵਿਤਾਂਤਕ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਤਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ

a) ਸੰਵੇਗ ਅਤੇ

(b) ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.13 ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਿਸਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 120 eV ਹੈ। ਉਸਦਾ (a) ਸੰਵੇਗ (b) ਚਾਲ ਅਤੇ (c) ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੈ ?

11.14 ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਉਤਸਰਜਨ ਰੇਖਾ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 589nm ਹੈ। ਉਹ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜਿਸ ਤੇ

a) ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ (b)ਇਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗੀ।

11.15 a) ਇਕ 0.040 kg ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦਾ ਬੁਲੇਟ ਜੋ 1.0 km/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲ ਰਿਹਾ ਹੈ (b)ਇਕ 0.060 kg ਦ੍ਰਵਮਾਨ ਦੀ ਗੇਂਦ ਜੋ 1.0 km/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲ ਰਹੀ ਹੈ ਅਤੇ (c) ਇਕ ਸੂਲ ਕਣ ਜਿਸਦਾ ਦ੍ਰਵਮਾਨ 1.0×10^{-9} kg ਅਤੇ ਜੋ 2.2 m/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਅਨੁਗਾਮਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਦਾ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ?

11.16 ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇਕ ਫੋਟਾਨ ਹਰੇਕ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 1.00 nm ਹੈ

(a) ਇਸਦਾ ਸੰਵੇਗ,

(b) ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅਤੇ

(c)ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.17 (a) ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕਿਸ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 1.40×10^{-10} m ਹੋਵੇਗੀ ?

(b)ਇਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਜੋ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਾਲ ਤਾਪ-ਸੰਤੁਲਨ ਨਾਲ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸਦੀ 300 K ਤੇ ਔਸਤ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 3/2 KT ਹੈ ਦਾ ਵੀ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.18 ਇਹ ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀਯ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਇਸਦੇ ਕਵਾਂਟਮ (ਫੋਟਾਨ) ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

11.19 ਹਵਾ ਵਿਚ 300 K ਤਾਪ ਤੇ ਇਕ ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਅਨੂ ਦਾ ਡੀ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕਿੰਨੀ ਹੋਵੇਗੀ ? ਇਹ ਮੰਨੋ ਕਿ ਅਣੂ ਇਸ ਤਾਪ ਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਚਾਲ ਵਰਗ ਮੱਧ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ (ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਦ੍ਰਵਮਾਨ-14.00764

ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONL EXERCISE)

11.20 (a)ਇਕ ਨਿਰਵਾਤ ਨਲੀ ਦੇ ਗਰਮ ਕੈਥੋਡ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਉਸ ਚਾਲ ਦਾ ਆਕਲਨ ਕਰੋ ਜਿਸ ਨਾਲ ਉਹ ਉਤਸਰਜਕ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ 500 V ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਰੱਖੇ ਗਏ ਅਨੋਡ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਲਘੂ ਸ਼ੁਰੂ ਦੀ ਚਾਲ ਨੂੰ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਵਿਸ਼ਸ਼ਿਟ ਚਾਰਜ ਅਰਥਾਤ e/m=$1.76 \times 10^{11} C Kg^{-1}$ ਹੈ।

(b)ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ 10 MV ਦੇ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਉਹੀ ਸੂਤਰ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰੋ ਜੋ (a)ਵਿੱਚ ਕੰਮ ਵਿੱਚ ਲਿਆਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਕੀ ਤੁਸੀ ਇਸ ਸੂਤਰ ਨੂੰ ਗਲਤ ਸਮਝਦੇ ਹੋ ? ਇਸ ਸੂਤਰ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੁਧਾਰਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ?

11.21 (a) ਇਕ ਸਮਊਰਜੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ 5.20×10^{6} m/s ਹੈ ਤੇ ਇਕ ਚੁੰਬਕੀਯ ਖੇਤਰ 1.30×10^{-4} T ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਚਾਲ ਦੇ ਲੰਬਵਤ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਦੁਆਰਾ ਆਰੇਖਿਤ ਚੱਕਰ ਦੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ e/m ਦਾ ਮਾਨ 1.76×10^{11} C kg^{-1} ਹੈ।

(b) ਕੀ ਜਿਸ ਸੂਤਰ ਨੂੰ (a) ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਵਿੱਚ ਲਿਆਂਦਾ ਗਿਆ ਹੈ ਉਹ ਇਥੇ ਵੀ ਇਕ 20 MeV ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਸਹੀ ਹੈ ? ਜੇ ਨਹੀ ਤਾਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਅ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ?
ਨੋਟ:-ਅਭਿਆਸ 11.20 (b) ਅਤੇ 11.21 (b) ਤੁਹਾਨੂੰ ਸਾਪੇਖਕੀ ਯੰਤਰ ਵਿਗਿਆਨ ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਜੋ ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਹੈ। ਇਥੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਜੋਰ ਦੇਣ ਲਈ ਸਾਮਿਲ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜਿਹਨਾਂ ਸੂਤਰਾਂ ਨੂੰ ਤੁਸੀ (a) ਵਿੱਚ ਵਰਤੋਂ ਵਿਚ ਲਿਆਉਂਦੇ ਹੋ ਉਹ ਉੱਚ ਚਾਲਾਂ ਜਾਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਤੇ ਲਾਗੂ ਨਹੀ ਹੁੰਦੇ । ਇਹ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿ ਬਹੁਤ ਉੱਚ ਚਾਲ ਜਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਅਰਥ ਕੀ ਅਰਥ ਹੈ ਆਖਿਰ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਉਤਰਾਂ ਨੂੰ ਵੇਖੋ।

11.22 ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬੰਦੂਕ ਜਿਸਦਾ ਸੰਗ੍ਰਾਹਕ 100V ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਤੇ ਹੈ ਇਕ ਘੱਟ ਦਬਾਅ (4×10^{-2} mmHg)ਤੇ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਨਾਲ ਭਰੇ ਗੋਲਾਕਾਰ ਬਲਬ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਛੱਡਦੀ ਹੈ। ਇਕ ਚੁੰਬਕੀਯ ਖੇਤਰ ਜਿਸਦਾ ਮਾਨ 2.83×10^{-4} T ਹੈ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਰਸਤੇ ਨੂੰ 12.0 cm ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੇ ਚਕਰਾਕਾਰ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਮੋੜਦਾ ਹੈ। (ਇਸ ਰਸਤੇ ਨੂੰ ਵੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਰਸਤੇ ਵਿੱਚ ਗੈਸ ਆਇਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਕੇ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਗ੍ਰਹਿਣ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਨ ਕਰਕੇ ਫੋਕਸ ਕਰਦੇ ਹਨ; ਇਸ ਵਿਧੀ ਨੂੰ ਸੂਖਮ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਨਲੀ ਵਿਧੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਅੰਕੜਿਆਂ ਤੋਂ e/m ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰੋ।

11.23 (a) ਇਕ X-ਕਿਰਨ ਲਈ ਵਿਕਿਰਣ ਦਾ ਇਕ ਨਿਰੰਤਰ ਸਪੇਕਟ੍ਰਮ ਜਿਸਦਾ ਲਘੂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਿਰਾ 0.45 A° ਤੇ ਹੈ ਉਤਪੰਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਵਿਕਿਰਣ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਉਚਤਮ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ ?

(b)ਆਪਣੇ(a) ਦੇ ਉੱਤਰ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਓ ਕਿ ਕਿਸ ਕੋਟਿ ਦੀ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਵੋਲਟਤਾ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ) ਦੀ ਇਸ ਨਲੀ ਵਿੱਚ ਜਰੂਰਤ ਹੈ।

11.24 ਇਕ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਪਾਜੀਟ੍ਰੋਨਾਂ(e^{+})ਦੇ ਨਾਲ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਟੱਕਰ ਤੇ ਇਕ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਘਟਨਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੁੱਲਊਰਜਾ 10.2 BeV ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ-ਪਾਜੀਟ੍ਰਾਨ ਯੁਗਮ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਊਰਜਾ ਦੀ ਦੋ V

ਕਿਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਲੋਪਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਹਰੇਕ V -ਕਿਰਨ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਨ ਕੀ ਹੋਣਗੇ ($1BeV=10^9eV$)

11.25 ਅੱਗੇ ਆਉਣ ਵਾਲੀਆ ਦੋ ਘਟਨਾਵਾਂ ਦਾ ਆਕਲਨ ਰੋਚਕ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਹਿਲੀ ਸੰਖਿਆ ਇਹ ਦੱਸੇਗੀ ਕਿ ਰੇਡੀਓ ਇੰਜੀਨੀਅਰ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਅਧਿਕ ਚਿੰਤਾ ਕਿਓ ਨਹੀ ਕਰਦੇ। ਦੂਜੀ ਸੰਖਿਆ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਦੱਸੇਗੀ ਕਿ ਸਾਡੇ ਨੇਤਰ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਕਿਓ ਨਹੀ ਕਰ ਸਕਦੇ ਭਾਵੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਸਾਫ-ਸਾਫ ਸੰਸੂਚਕ ਯੋਗ ਹੋਵੇ।

(a)ਇਕ ਮੱਧ ਤਰੰਗ 10 KW ਸੰਚਾਰ ਯੰਤਰ ਜੋ 500 m ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ।

(b)ਨਿਮਨ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਿਸਨੂੰ ਅਸੀ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ($410^{-10}Wm^{-2}$) ਦੇ ਸੰਗਤ ਫੁਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਜੋ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕਿੰਡ ਸਾਡੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਦੀ ਪੁਤਲੀ ਵਿੱਚ ਦਾਖਿਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪੁਰਤੀ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਲਗਭਗ 0.4 cm ਅਤੇ ਸਫੇਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਔਸਤ ਆਵਰਤੀ ਨੂੰ ਲਗਭਗ $6x10^{14}$ Hz ਮੰਨੋ।

11.26 ਇਕ 100 W ਮਰਕਰੀ ਸਰੋਤ ਤੋਂ ਉਤਪੰਨ 2271 A^0 ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਕ ਮਾਲੀਬਡੇਨਮ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਬਣੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸ਼ੈਲ ਨੂੰ ਕਿਰਵਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ -1.3 V ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਧਾਤੂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਦਾ ਆਕਲਨ ਕਰੋ। ਇਕ He- Ne ਲੇਜਰ ਦੁਆਰਾ ਉਤਪੰਨ 6328A^0 ਦੇ ਉੱਚ ਤੀਬਰਤਾ **($\sim10^5 W\ m^{-2}$)** ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਨੁਕਿਰਿਆ ਕਰੇਗਾ ?

11.27 ਇਕ ਨਿਆਨ ਲੈਂਪ ਤੇ ਪੈਦਾ 640.2 nm($1\ nm=10^{-9}m$)ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇਕ ਰੰਗੀ ਵਿਕਿਰਣ ਟਰੀਸਟਨ ਤੇ ਸੀਜੀਅਮ ਨਾਲ ਨਿਰਮਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੰਵੇਦੀ ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਕਿਰਣਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਨਿਰੋਧੀ ਵੋਲਟਤਾ 0.54 V ਮਾਪੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਸਰੋਤ ਨੂੰ ਇਕ ਲੌਹ ਸਰੋਤ ਵਿਚ ਬਦਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ 427.2 nm ਵਰਣ ਰੇਖਾ ਉਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਨੂੰ ਕਿਰਣਿਤ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਨਵੀ ਨਿਰੋਧੀ ਵੋਲਟਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

11.28 ਇਕ ਮਰਕਰੀ ਲੈਂਪ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਲਈ ਇਕ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਸਰੋਤ ਹੈ ਕਿਉਕਿ ਇਹ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਪਰਾਵੈਂਗਣੀ (UV) ਦੇ ਲਾਲ ਸਿਰੇ ਤਕ ਕਈ ਵਰਣ ਰੇਖਾਵਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਰੁਬੀਡੀਅਮ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਦੇ ਸਾਡੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ, ਮਰਕਰੀ ਸਰੋਤ ਦੀ ਨਿਮਨ ਵਰਣ-ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ ਗਿਆ:

$\lambda_1=3650A^0$, $\lambda_2=4047A^0$, $\lambda_3=4358A^0$, $\lambda_4=5461A^0$

$\lambda_5=6907A^0$

ਨਿਰੋਧੀ ਵੋਲਟਤਾਵਾਂ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਹੇਠਾਂ ਅਨੁਸਾਰ ਮਾਪੀਆਂ ਗਈਆਂ :

$V_{01}=1.28$ V, $V_{02}=0.95$ V, $V_{03}=0.74$ V, $V_{04}=0.16$ V,

$V_{05}=0$ V

(a)ਪਲਾਂਕ ਸਿਧਰਾਂਕ h ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b)ਧਾਤੂ ਦੇ ਥਰੈਸ਼ਹੋਲਡ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਨੋਟ:- ਉਪਰੋਕਤ ਆਕੜਿਆਂ ਤੋਂ h ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ $e=1.6x10^{-19}C$ ਦੀ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ Na, Li, K ਆਦਿ ਦੇ ਲਈ ਮਿਲੀਕਨ ਨੇ ਕੀਤੇ ਸੀ । ਮਿਲੀਕਨ ਨੇ ਆਪਣੇ ਤੇਲ-ਬੂੰਦ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ e ਦੇ ਮਾਨ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਸਮੀਕਰਣ ਨੂੰ ਤਸਦੀਕ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ h ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਥਕ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਇਆ।

11.29 ਨਿਮਨ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ:

Na:2.75eV; K:230eV; Mo:4.17eV; Ni:5.15eV।

ਇਹਨਾਂ ਧਾਤੂਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਹੜਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈਲ ਤੋਂ 1 m ਦੂਰੀ ਤੇ ਰੱਖੇ ਗਏ He-Cd ਲੇਜਰ ਤੋ ਪੈਦਾ 3300 A^0 ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਨਹੀਂ ਦੇਵੇਗਾ ? ਲੇਜ਼ਰ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਦੇ ਨੇੜੇ 50 Cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਰੱਖਣ ਤੇ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ ?

11.30 10^{-5} Wm^{-2} ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਕ ਸੋਡੀਅਮ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੈੱਲ ਦੇ 2 em^2 ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਉੱਪਰ ਦੀਆਂ ਸੋਡੀਅਮ ਦੀਆਂ ਪੰਜ ਪਰਤਾਂ ਆਪਤਿਤ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ,ਤਾਂ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼-ਬਿਜਲ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਸਮੇਂ ਦਾ ਆਕਲਨ ਕਰੋ। ਧਾਤੂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ-ਫਲਨ ਲਗਭਗ 2 eV ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਤੁਹਾਡੇ ਉੱਤਰ ਦਾ ਕੀ ਸਿੱਟਾ ਹੈ ?

11.31 X-ਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਜਾਂ ਉਚਿਤ ਵੋਲਟਤਾ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨਾਲ ਕ੍ਰਿਸਟਲ-ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਕਿਹੜੀ ਜਾਂਚ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਸੰਬੰਧ ਹੈ ? (ਪਰਿਮਾਣਿਕ ਤੁਲਨਾ ਦੇ ਲਈ ਜਾਂਚ ਦੇ ਲਈ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ 1 A^0 ਲਵੋ ਜੋ ਕਿ ਲੇਟਿਸ ਵਿੱਚ ਅੰਦਰੂਨੀ-ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਤਰ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦਾ ਹੈ)(me=9.11x10^{-31}kg)

11.32 (a)ਇਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਜਿਸਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 150 eV ਹੈ ਦੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਤੁਸੀ ਅਭਿਆਸ 11.31 ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਹੈ, ਇੰਨੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਵਿਵਰਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਲਈ ਉਚਿਤ ਹੈ। ਕੀ ਸਮਾਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜ ਇਸ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਲਈ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉਚਿਤ ਹੋਵੇਗਾ ? ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰੋ (m_n=1.675x10^{-27}kg)

(b) ਕਮਰੇ ਦੇ ਆਮ ਤਾਪ (27^0 c)ਤੇ ਉਸ਼ਮੀ/ਤਾਪੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰੋ ਕਿ ਕਿਉ ਇਕ ਤੀਬਰ ਗਾਮੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ-ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਲਿਆਉਣ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਵਾਤਾਵਰਨ ਦੇ ਨਾਲ ਤਪਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

11.33 ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਵਿੱਚ 50 kV ਵੋਲਟਤਾ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਜੇ ਹੋਰ ਗੱਲਾਂ (ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸੰਖਿਆਤਮਕ ਦੁਆਰਕ)ਨੂੰ ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ ਲਿਆ ਜਾਵੇ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸੀ ਦੀ ਵਿਭੇਦਨ ਸਮਰਥਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਪੀਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ?

11.34 ਕਿਸੇ ਜਾਂਚ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਉਸਦੇ ਦੁਆਰਾ ਕੁੱਝ ਵਿਸਤਾਰ ਇੱਕ ਜਾਂਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਣ ਵਾਲੀ ਸਰੰਚਨਾ ਦੇ ਅਕਾਰ ਦੀ ਲਗਭਗ ਆਮਾਪ ਹੈ। ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਕੁਆਕਰ (9400 K) ਸਰੰਚਨਾ 10^{-15} m ਜਾਂ ਇਸਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਲਘੂ ਪੈਮਾਨੇ ਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਸਰੰਚਨਾ ਨੂੰ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ 1970 ਦਸ਼ਕ ਦੇ ਸੁਰੂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਰੇਖੀ ਪ੍ਰਵੇਗਕ(Linear Accelerotor) ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਸਟੇਨਫੋਰਡ, ਸਯੁੰਕਤ ਰਾਜ ਅਮੇਰਿਕਾ ਵਿੱਚ ਜਾਂਚਿਆ ਗਿਆ ਸੀ। ਇਹਨਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਕਿਰਨ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਕੋਟਿ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਓ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਵਿਰਾਮ ਊਰਜਾ 0.511 MeV ਹੈ)

11.35 ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪ (27^0 C)ਅਤੇ 1 atm ਦਾਬ ਤੇ He ਪਰਮਾਣੂ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਇਹਨਾ ਪਰਿਸਥਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਦੋ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਦੂਰੀ ਨਾਲ ਕਰੋ।

11.36 ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ27^0 C ਤੇ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਧਾਰੂਪੀ ਦੇ ਬ੍ਰਾਗਲੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਔਸਤ ਦੂਰੀ ਨਾਲ ਕਰੋ ਜੋ ਲਗਭਗ 2x10^{-10} m ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

ਨੋਟ: ਅਭਿਆਸ 11.35 ਅਤੇ 11.36 ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ ਕਿ ਜਿਥੇ ਆਮ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਗੈਸੀ ਅਨੂਆਂ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪੈਕੇਟ ਅ- ਅਹਿਵਿਆਪੀ ਹਨ ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤਰੰਗ ਪੈਕੇਟ ਪ੍ਰਬਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕ ਦੂਜੇ ਤੋ ਅਹਿਵਿਆਪੀ ਹਨ। ਇਹ ਸੁਝਾਉਦਾ ਹੈ ਜਿਥੇ ਕਿਸੇ ਆਮ ਗੈਸ ਦੇ ਅਨੂਆਂ ਦੀ ਅਲੱਗ ਪਹਿਚਾਣ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ,ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਇਕ ਦੂਜੇ ਤੋਂ ਅਲੱਗ ਪਹਿਚਾਣ ਨਹੀ ਹੋ ਸਕਦੀ। ਇਸ ਅਵਿਭੇਦਿਆ ਦੇ ਕਈ ਮੂਲ ਉਲਝਾਵ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਤੁਸੀ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਹੋਰ ਉੱਚ ਪਾਠਕ੍ਰਮਾਂ ਵਿੱਚ ਜਾਣੋਗੇ।

11.37 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦਿਓ:

(a)ਅਜਿਹਾ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੁਆਰਕ ਤੇ ਅੰਸ਼ਿਕ ਆਵੇਸ ਹੁੰਦੇ ਹਨ((+2/3) e;(-1/3)e)। ਇਹ ਸਿਲੀਕਨ ਤੇਲ ਬੂੰਦ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਕਿਉਂ ਨਹੀ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ?

(b) e/m ਸੰਜੋਗ ਦੀ ਕੀ ਵਿਸ਼ਸ਼ਿਟਤਾ ਹੈ ? ਅਸੀ e ਅਤੇ m ਦੇ ਵਿਸੇ ਵਿੱਚ ਅਲੱਗ ਅਲੱਗ ਵਿਚਾਰ ਕਿਉਂ ਨਹੀ ਕਰਦੇ ?

(c) ਗੈਸਾਂ ਆਮ ਦਬਾਅ ਤੇ ਕੁਚਾਲਕ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਪਰੰਤੂ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਦਾਬ ਤੇ ਚਾਲਨ ਸੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦੀਆਂ ਹਨ ਕਿਓ ?

(d)ਹਰੇਕ ਧਾਤੂ ਦਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕਾਰਜ ਫਲਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਆਪਤਿਤ ਕਿਰਨ ਇਕ ਵਰਣੀ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਕ ਹੀ ਊਰਜਾ ਨਾਲ ਬਾਹਰ ਕਿਉਂ ਨਹੀ ਆਉਂਦੇ ?
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਇੱਕ ਊਰਜਾ ਵੰਡ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ?

(e) ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਉਸਦਾ ਸੰਵੇਗ ਇਸ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਪਦਾਰਥ ਤਰੰਗ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨਾਲ ਨਿਮਨ ਪ੍ਰਕਾਰ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ;

$$E = h\nu, p = \frac{h}{\lambda}$$

ਪਰੰਤੂ λ ਦਾ ਮਾਨ ਜਿਥੇ ਭੋਤਿਕ ਮਹੱਤਵ ਦਾ ਹੈ, ν ਦੇ ਮਾਨ (ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਕਲਾ ਚਾਲ $\nu\lambda$ ਦਾ ਮਾਨ) ਦਾ ਕੋਈ ਭੋਤਿਕ ਮਹੱਤਵ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਕਿਉਂ ?

ਅੰਤਿਕਾ (APPENDIX)

11.1 ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਕਣ ਦੇ ਉਲਟ ਪਲਟ ਦਾ ਇਤਿਹਾਸ

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕੀ ਹੈ ? ਇਹ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਮਾਨਵ ਜਾਤੀ ਨੂੰ ਲੰਬੇ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਪਰੇਸ਼ਾਨ ਕਰਦਾ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਲਗਭਗ ਚਾਰ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਪਹਿਲਾ, ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਅਤੇ ਉਦਯੋਗਿਕ ਯੁੱਗ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਦੇ ਸਮੇਂ ਤੋਂ ਹੀ ਵਿਗਿਆਨਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਲਗਭਗ ਉਸੇ ਸਮੇਂ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕੀ ਹੈ, ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਸਿਧਾਂਤਕ ਮਾਡਲ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸ਼ਾਖਾ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਮਾਡਲ ਵਿਕਸਿਤ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਇਹ ਦੇਖਣਾ ਜਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਉਸ ਸਮੇਂ ਮੋਜੂਦ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕੇ। ਇਸ ਲਈ ਸੱਤਰਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਜਾਣੂ ਕੁੱਝ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦਾ ਸਾਰ ਉਚਿਤ ਰਹੇਗਾ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਜਾਣੂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਸੀ (a) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਰਸਤੇ ਤੇ ਗਮਨ (b) ਸਮਤਲ ਅਤੇ ਗੋਲਾਕਾਰ ਸਤਾਵਾਂ ਤੋਂ ਪਰਾਵਰਤਨ (c) ਦੋ ਮਾਧਿਅਮਾਂ ਦੀ ਅੰਤਰਾ ਸਤ੍ਹਾਂ ਤੋਂ ਅਪਵਰਤਨ (d) ਵਿਭਿੰਨ ਰੰਗਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵਿਖੇਪਣ (e) ਉੱਚ ਚਾਲ। ਪਹਿਲੇ ਚਾਰ ਵਰਤਾਰਿਆਂ ਲਈ ਉਚਿਤ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਉਲੇਖ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਲਈ ਸਨੇਲ ਨੇ ਸੰਨ 1621 ਵਿੱਚ ਅਪਵਰਤਨ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਸੂਤਰ ਬੱਧ ਕੀਤਾ। ਗਲੈਲਿਓ ਦੇ ਸਮੇਂ ਤੋਂ ਹੀ ਅਨੇਕ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾਂ ਨੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਦਾ ਯਤਨ ਕੀਤਾ। ਪਰੰਤੂ ਉਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਅਸਮਰਥ ਰਹੇ। ਉਹ ਕੇਵਲ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਨਿਕਾਲ ਪਾਏ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਮਾਪ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਅਧਿਕ ਹੈ।

ਸੱਤਰਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਦੋ ਮਾਡਲ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਸੱਤਰਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਦੇ ਦਸ਼ਕਾਂ ਵਿੱਚ ਦਕਾਰਦੇ ਨੇ ਉਲੇਖ ਕੀਤਾ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਣਾਂ ਦਾ ਬਣਿਆ ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ ਸੰਨ 1650-60 ਦੇ ਆਸ ਪਾਸ ਹਾਈਗਨਸ ਨੇ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਬਣਿਆ ਹੈ। ਦਕਾਰਦੇ ਦਾ ਪ੍ਰਸਤਾਵ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਦਾਰਸ਼ਨਿਕ ਮਾਡਲ ਸੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਜਾਂ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਤਰਕਾਂ ਦੀ ਥੁੜ ਸੀ। ਜਲਦੀ ਹੀ ਲਗਭਗ 1660- 70 ਦੇ ਨੇੜੇ ਤੇੜੇ ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਦਕਾਰਤੇ ਦੇ ਕਣਿਕਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਵਿਗਿਆਨਕ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤਾਰ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਅਨੇਕਾਂ ਗੁਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਇਹ ਮਾਡਲ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਉਲਟ ਹਨ। ਲੇਕਿਨ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਮਾਡਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਸਾਰੇ ਜਾਣੂ ਗੁਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਮਰਥ ਸਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਵੀ ਛੱਡਣਾ ਮੁਸ਼ਕਿਲ ਸੀ।

ਆਉਣ ਵਾਲੀਆਂ ਕੁਝ ਸ਼ਤਾਬਦੀਆਂ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਮਾਡਲਾਂ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦਾ ਇਤਿਹਾਸ ਮੰਨੋਰੰਜਕ ਹੈ। ਸੰਨ 1669 ਵਿੱਚ ਬਾਰਥੋਲਿਨਸ ਨੇ ਕੁੱਝ ਕ੍ਰਿਸਟਲਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਦੋਹਰੇ ਅਪਵਰਤਨ ਦੀ ਖੋਜ਼ ਕੀਤੀ ਅਤੇ ਜਲਦੀ ਹੀ ਸੰਨ 1678 ਵਿੱਚ ਹਾਇਗਨਜ ਨੇ ਆਪਣੇ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਇਸਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ। ਇਸਦੇ ਬਾਵਜੂਦ ਇੱਕ ਸੋ ਸਾਲਾਂ ਤੋਂ ਵੀ ਵੱਧ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਕਣਿਕਾ ਮਾਡਲ ਵੱਧ ਮੰਨਣ ਯੋਗ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਰਿਹਾ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਮਾਡਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵੱਧ ਪਸੰਦ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਰਿਹਾ।

ਇਸਦਾ ਇੱਕ ਕੁਝ ਹਦ ਤਕ ਕਾਰਨ ਤਾਂ ਇਸ ਮਾਡਲ ਦੀ ਸਰਲਤਾ ਸੀ ਅਤੇ ਕੁਝ ਹੱਦ ਤਕ ਉਸ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਮਕਾਲੀ ਭੌਤਿਕ ਸ਼ਾਸਤਰੀਆਂ ਤੇ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਸੀ।

ਸੰਨ 1801 ਵਿੱਚ ਯੰਗ ਨੇ ਆਪਣੇ ਦੋਹਰੀ ਝਿਰੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਵਿਘਨ ਫ੍ਰਿੰਜਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੇਵਲ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਰਸਤੇ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੀ ਹਾਇਗਨਜ ਦੀ ਸਕੈਂਡਰੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸਵਾਭਾਵਿਕ ਨਿਸ਼ਕਰਸ਼ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਣਿਕਾ ਸਿਧਾਂਤ ਦੁਆਰਾ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ। ਲਗਭਗ ਸੰਨ 1810 ਵਿੱਚ ਧਰੁਵਣ ਦੀ ਪਰਿਘਟਨਾ ਵਰਤਾਰੇ ਦੀ ਖੋਜ ਹੋਈ। ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਵੀ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਸੁਭਾਵਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰਾਂ ਹਾਇਗਨਜ ਦਾ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਭਾਵ ਅਗਰ ਸਥਾਨ ਤੇ ਆ ਗਿਆ ਅਤੇ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਕਣਿਕਾ ਸਿਧਾਂਤ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਭੂਮੀ ਤੇ ਚਲਾ ਗਿਆ। ਇਹ ਸਥਿਤੀ ਦੁਬਾਰਾ ਲਗਭਗ ਇੱਕ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਤੱਕ ਚੱਲਦੀ ਰਹੀ।

ਉੱਨੀਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕੁਝ ਚੰਗੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਵੱਧ ਪਰਿਸ਼ੁੱਧ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਦਾ ਮਾਨ 3×10^8 m/s ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਲਗਭਗ ਸੰਨ 1860 ਵਿੱਚ ਮੈਕਸਵੇਲ ਨੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਦੇ ਲਈ ਆਪਣੀਆਂ ਸਮੀਕਰਣਾਂ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੀਆਂ। ਅਤੇ ਇਹ ਅਨੁਭਵ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਿ ਉਸ ਸਮੇਂ ਜਾਣੂ ਸਾਰੀਆਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਰਤਾਰਿਆਂ ਦੀ ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੀਆਂ ਚਾਰ ਸਮੀਕਰਣਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਜਲਦੀ ਹੀ ਮੈਕਸਵੈਲ ਨੇ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀਜ ਖੇਤਰ, ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀਜ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਖਾਲੀ ਆਕਾਸ਼ (ਨਿਰਵਾਤ) ਵਿੱਚ ਸੰਚਾਰਿਤ ਕੀਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਉਸਦੇ ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਸਿਧਾਂਤਕ ਮਾਨ 2.998×10^8 m/s ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੇ। ਇਸ ਮਾਨ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਨ ਨਾਲ ਨਿਟਕਤਾ। ਨੇੜਤਾ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀਜ ਤਰੰਗਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੈ। ਸੰਨ 1887 ਵਿੱਚ ਹਰਟਜ ਨੇ ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਅਤੇ ਖੋਜ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ। ਇਸਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਇਕ ਦ੍ਰਿੜ ਆਧਾਰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਅਠਾਹਰਵੀ ਸ਼ਤਾਵਦੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਣਿਕਾ ਕਣੀਜ ਮਾਡਲ ਦੀ ਅਤੇ ਉੱਨੀਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਸੀ। ਸੰਨ 1850 – 1900 ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਇੱਕ ਬਿਲਕੁੱਲ ਅਲੱਗ ਖੇਤਰ, ਤਾਪ ਅਤੇ ਉਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਵਰਤਾਰਿਆ ਤੇ ਵੱਡੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਅਣੂ ਗਤਿ ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਤਾਪ ਗਤਿਕੀ ਵਰਗੇ ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਮਾਡਲ ਕੀਤੇ ਗਏ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਸਫਲਤਾ ਪੂਰਵਕ ਕੇਵਲ ਇੱਕ ਨੂੰ ਛੱਡ ਕੇ ਅਨੇਕਾਂ ਵਰਤਾਰਿਆਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ।

ਅਭਿਆਸਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ

11.1 (a) 7.24×10^{18} Hz (b) 0.04nm

11.2 **(a)** 0.34eV = 0.54×10^{-19} J **(b)** 0.34 V **(c)** 344km/s

11.3 1.5eV = 2.4×10^{-19} J

11.4 **(a)** 3.14×10^{-19} J, 1.05×10^{-27} kg m/s **(b)** 3×10^{16} ਫੋਟਾਨ/s **(c)** 0.63 m/s

11.5 4×10^{21} ਫੋਟਾਨ/m^2s

11.6 6.59×10^{-34} J s

11.7 **(a)** 3.38×10^{-19} J = 2.11 eV **(b)** 3.0×10^{20} ਫੋਟਾਨ/s

11.8 2.0 V

11.9 ਨਹੀਂ, ਕਿਉਂਕਿ $v < v_0$

11.10 4.73×10^{14} Hz

11.11 2.16 eV = 3.46×10^{-19} J

11.12 **(a)** 4.04×10^{-24} kg m s^{-1} **(b)** 0.164nm

11.13 **(a)** 5.92×10^{-24} kg m s^{-1} **(b)** 6.50×10^{6} m s^{-1} **(c)** 0.112 nm

11.14 **(a)** 6.95×10^{-25} J = 4.34 μeV **(b)** 3.78×10^{-28} J = 0.236 neV

11.15 **(a)** 1.7×10^{-35}m **(b)** 1.1×10^{-32} m **(c)** 3.0×10^{-23} m

11.16 **(a)** 6.63×10^{-25} kg m/s (ਦੋਨਾਂ ਲਈ) **(b)** 1.24 keV **(c)** 1.51 eV

11.17 **(a)** 6.686×10^{-21} J = 4.174×10^{-2} eV **(b)** 0.145 nm

11.18 $\lambda = h/p = h/(h\nu/c) = c/\nu$

11.19 0.028 nm

11.20 **(a)** $eV = mv^2/2$ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ, ਅਰਥਾਤ v l/c = $[(2eV/m)]^{1/2}$; v = 1.33×10^{7} ms^{-1}

(b) ਜੇ ਅਸੀਂ V = 10^{7}V ਦੇ ਲਈ ਉਸੇ ਸੂਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੀਏ ਤਾਂ v l/c = 1.88×10^{9} m s^{-1} ਆਉਦਾ ਹੈ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿਚ ਗਲਤ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਕੋਈ ਵੀ ਪਦਾਰਥ ਕਣ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ (c l/c = 3×10^{8} ms^{-1}) ਤੋਂ ਵੱਧ ਨਾਲ ਨਹੀਂ ਚਲ ਸਕਦਾ । ਇਸ ਲਈ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਉਪਰੋਕਤ ਸੂਤਰ ($mv^2/2$) ਸਿਰਫ $(v/c) << 1$ ਲਈ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹੈ । ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਚਾਲ ਤੇ, ਜਦੋਂ (l/C) ਦੇ ਲਗਭਗ ਤੁੱਲ (ਜਦੋਂ ਕਿ ਹਮੇਸ਼ਾ 1 ਤੋਂ ਘੱਟ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਸਾਪੇਖੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸੂਤਰ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹੁੰਦੇ ਹਨ:

ਸਾਪੇਖੀ ਸੰਵੇਗ p = mV

ਕੁਲ ਊਰਜਾ $E = mc^2$ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ $K = mc^2 - m_0c^2$

ਜਿਥੇ ਸਾਪੇਖੀ ਪੁੰਜ m ਨਿਮਨ ਅਨੁਸਾਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$m = m_0 (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$

m_0 ਕਣ ਦਾ ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਹਨਾਂ ਸੰਬੰਧਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ $E = (p^2 c^2 + m_0^2 c^4)^{1/2}$

ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਸਾਪੇਖੀ ਪ੍ਰਭਾਵ-ਖੇਤਰ ਵਿਚ, ਜਦੋਂ v/c ਲਗਭਗ 1 ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਕੁਲ ਊਰਜਾ $E \geq m_0c^2$ (ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ) । ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਲਗਭਗ 0.51 MeV ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ 10MeV ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ, ਜੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ, ਸਾਪੇਖੀ ਪ੍ਰਭਾਵ-

ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੀ ਹੈ । ਸਾਪੇਖੀ ਸੂਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ v (10 MeV ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ) = 0.999C

11.21 **(a)** 22.7 cm

(b) ਨਹੀਂ । ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉਪਰ ਸਪਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, 20MeV ਦਾ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਾਪੇਖੀ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚਲੇਗਾ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ, ਅਸਾਪੇਖੀ ਸੂਤਰ $R = (m_0 v/eB)$ ਮਨਜ਼ੂਰ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਸਾਪੇਖੀ ਸੂਤਰ ਹੈ ।

$R = p/eB = mv/eB$ ਜਾਂ $R = m_0 v / rB\sqrt{1-V2/c2}$

11.22 $eV = (m v^2/2)$ ਅਤੇ $R = (m v/e B)$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ $(e/m) = (2V/R^2 B^2)$; ਅਤੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ: $(e/m) = 1.73 \times 10^{11}$ C kg^{-1}

11.23 **(a)** 27.6 keV **(b)** 30 kV ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ

11.24 $\lambda = (hc/E)$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ ਇੱਥੇ, i.e.Q_o $E = 5.1 \times 1.602 \times 10^{-10}$ J $\lambda = 2.43 \times 10^{-16}$ m

11.25 **(a)** $\lambda = 500$m ਦੇ ਲਈ $E = (h\,c/\lambda) = 3.98 \times 10^{-28}$ J ਪ੍ਰਤਿ ਸੈਕੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ $= 10^4$ J s^{-1} /3.98×10^{-28}J ? $\cong 3 \times 10^{31}$ s^{-1}

ਅਸੀਂ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਰੇਡਿਓਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ਅਤੇ ਰੇਡੀਓਪੁੰਜ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤਿ ਸੈਕੰਡ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਥੇ ਊਰਜਾ ਦੇ ਨਿਊਨਤਮ ਕਵਾਂਟਮ (ਫੋਟਾਨ) ਦੀ ਹੋਂਦ ਨੂੰ ਉਪੇਖਿਅਤ ਕਰਨ ਅਤੇ ਰੇਡਿਓ ਤਰੰਗ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਨਿਰੰਤਰ ਮੰਨਣ ਨਾਲ ਨਿਗੁਣੀ ਤਰੁੱਟੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

(b) $v = 6 \times 10^{14}$ Hz ਦੇ ਲਈ $E \cong 4 \times 10^{-19}$J ਨਿਊਨਤਮ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਸੰਗਤ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਫਲੱਕਸ $= 10^{-10}$ W m^{-2}/4×10^{-19}J $= 2.5 \times 10^8$ m^{-2} s^{-1} ਅੱਖ ਦੀ ਪੁਤਲੀ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪ੍ਰਤਿ ਸੈਕੰਡ $= 2.5 \times 10^8 \times 0.4 \times 10^{-4}$ $s^{-1} = 10^4$ s^{-1} । ਜਦੋਂ ਕਿ ਇਹ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ (a) ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਫਿਰ ਵੀ ਸਾਡੇ ਲਈ ਇਹ ਕਾਫੀ ਵੱਧ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਅਸੀਂ ਕਦੇ ਵੀ ਆਪਣੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਨਾਲ ਫੋਟਾਨਾਂ ਨੂੰ ਨਾ ਤਾਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਨਾ ਹੀ ਗਿਣ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ।

11.26 $\phi_0 = h\,v - e\,v_0 = 6.7 \times 10^{-19}$ J $= 4.2$ eV; $v_0 = f_0/h = 1.0 \times 10^{15}$ Hz; $v = 4.7 \times 10^{14}$ Hz $< v_0$ ਦੇ ਸੰਗਤ $\lambda = 6328$Å ਹੈ । ਬੇਸ਼ਕ ਲੇਸਰ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਕਿੰਨੀ ਵੀ ਵਧ ਕਿਉ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਫੋਟੋਸੇਲ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਅਕਿਰਿਆਸ਼ੀਲ ਹੀ ਰਹੇਗਾ ।

11.27 ਦੋਨਾਂ ਸਰੋਤਾਂ ਲਈ $eV_0 = hv - \phi_0$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ । ਪ੍ਰਥਮ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜਿਆਂ ਤੋਂ $\phi_0 = 1.40$ eV । ਇਸ ਲਈ ਦੂਸਰੇ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਲਈ $V_0 = 1.50$V

11.28 V_0 ਅਤੇ v ਵਿਚ ਗ੍ਰਾਫ ਬਣਾਓ । ਗ੍ਰਾਫ ਦੀ ਢਾਲ h/e ਅਤੇ v- ਧੁਰੇ ਤੇ ਇਸਦੀ ਅੰਤਰਿਕ ਕਾਟ v_0 ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ । ਪਹਿਲੇ ਚਾਰ ਬਿੰਦੂ ਲਗਭਗ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਤੇ ਆਉਂਦੇ ਹਨ, ਜੋ V ਧੁਰੇ ਨੂੰ $v_0 = 5.0 \times 10^{14}$ Hz (ਦੇਹਲੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ) ਤੇ ਕਟਦੀ ਹੈ । ਪੰਜਵਾਂ ਬਿੰਦੂ $v < v_0$ ਦੇ ਲਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਥੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਲਈ ਨਿਰੋਧੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ । ਗ੍ਰਾਫ ਦੀ ਢਾਲ 4.15×10^{-15} Vs ਹੈ । $e = 1.6 \times 10^{-19}$C ਅਤੇ $h = 6.64 \times 10^{-34}$ Js (h ਦਾ ਮਿਆਰੀ ਮਾਨ $= 6.626 \times 10^{-34}$ Js) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ $\phi = hv_0 = 2.11$ V

11.29 ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਦਿੱਤੀ ਹੋਈ ਆਪਾਤੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ v, v_0 (Na) ਅਤੇ v_0 (K) ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ, ਪਰ v_0

(Mo) ਅਤੇ v_0 (Ni) ਤੋਂ ਘਟ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ Mo ਅਤੇ Ni ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ ਨਹੀਂ ਕਰਣਗੇ । ਜੇ ਲੇਸਰ ਨੇੜੇ ਲਿਆਂਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਵਿਕਿਰਨ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਵਧਦੀ ਹੈ, ਪਰ ਇਸ ਤੋਂ Mo ਅਤੇ Ni ਸੰਬੰਧੀ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੇ ਕੋਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਪੈਂਦਾ । ਫਿਰ ਵੀ Na ਅਤੇ K ਤੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ, ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਵਧਣ ਨਾਲ ਵਧੇਗਾ ।

11.30 ਪ੍ਰਤਿ ਪਰਮਾਣੂ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਪਰਮਾਣਵਿਕ ਖੇਤਰਫਲ $\sim 10^{-20}\ m^2$ ਮੰਨਨ ਤੇ, 5 ਸਤਹਿਆਂ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

$= 5 \times 2 \times 10^{-4}\ m^2 / 10^{-20}\ m^2 = 10^{17}$

ਆਪਾਤੀ ਸ਼ਕਤੀ

$= 10^{-5}\ W\ m^{-2} \times 2 \times 10^{-4}\ m^2$

$= 2 \times 10^{-9}\ W$

ਤਰੰਗ ਚਿੱਤਰਣ (ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ), ਵਿਚ, ਆਪਾਤੀ ਸ਼ਕਤੀ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਤਾਰ ਰੂਪ ਵਿਚ ਇਕਸਮਾਨ ਸੋਖਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ , ਪ੍ਰਤਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਤਿ ਸੈਕੰਡ ਸੋਖਿਤ ਊਰਜਾ

$= 2 \times 10^{-9} / 10^{17} = 2 \times 10^{-26}\ W$

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਸਮਾਂ

$= 2 \times 1.6 \times 10^{-19} J / 2 \times 10^{-26}\ W = 1.6 \times 10^7 s$

ਜੋ ਲਗਭਗ ਅੱਧਾ (0.5) ਸਾਲ ਹੈ ।

ਮਹੱਤਵ: ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਰੂਪ ਵਿਚ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲੀ ਉਤਸਰਜਨ ਲਗਭਗ ਤਤਕਾਲਿਕ ($\sim 10^{-9}s$) ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਤਰੰਗ- ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਪੂਰੀ ਅਸਹਿਮਤੀ ਵਿਚ ਹੈ । ਫੋਟਾਨ-ਚਿਤਰਣ ਵਿਚ, ਊਪਰੀ ਸਤਹਿ ਵਿਚ ਵਿਕਿਰਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਬਰਾਬਰ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸਾਂਝੀ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ । ਬਲਕਿ, ਊਰਜਾ ਟੁਟਵੇਂ 'ਕਵਾਂਟਾ' ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਆਉਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਖਣ ਹੌਲੀ ਹੌਲੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ । ਫੋਟਾਨ ਜਾਂ ਤਾਂ ਸੋਖਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਜਾਂ ਲਗਭਗ ਤਤਕਾਲੀ ਰੂਪ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।

11.31 $\lambda = 1Å$ ਦੇ ਲਈ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ = 150eV; ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ = 12.4 keV ਇਸ ਲਈ ਬਰਾਬਰ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਲਈ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

11.32 (a) $\lambda = h/p = h/\sqrt{2m\ K}$

ਇਸ ਲਈ ਸਮਾਨ K ਦੇ ਲਈ, λ, ਪੁੰਜ m ਦੇ ਨਾਲ $(1/\sqrt{m})$ ਅਨੁਸਾਰ ਘਟਦੀ ਹੈ । ਹੁਣ $(m_n/m_e) = 1836.6$; ਇਸ ਲਈ ਸਮਾਨ ਊਰਜਾ 150eV ਦੇ ਲਈ ਅਭਿਆਸ 11.31 ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ = $\frac{1}{(\sqrt{18386})} \times 10^{-10}\ m = 2.33 \times 10^{-12}\ m$ । ਅੰਤਰ ਪਰਮਾਣਵੀ ਦੂਰੀਆਂ ਇਸ ਤੋਂ ਸੌ ਗੁਣਾਂ ਵਡੀਆਂ ਹਨ । ਇਸ ਲਈ 150eV ਊਰਜਾ ਦਾ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪੁੰਜ ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਢੁਕਵਾਂ ਨਹੀਂ ਹੈ ।

(b) $\lambda = (h/\sqrt{3m\,kt})$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ $\lambda = 1.45 \times 10^{-10} m$, jo ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਵਿਚ ਅੰਤਰਪਰਮਾਣਵੀ ਦੂਰੀਆਂ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੈ । ਸਾਫ ਹੈ ਕਿ ਉਪਰ (a) ਅਤੇ (b) ਤੋਂ, ਤਾਪੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਵਿਵਰਤਨ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਢੁਕਵਾਂ ਕਣ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਦੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਵਿਵਰਤਨ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਗਰਮ ਕਰ ਲੈਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ।

11.33 $\lambda = 5.5 \times 10^{-12}\ m$ λ (ਪੀਲਾ ਰੰਗ) $= 5.9 \times 10^{-7}\ m$

ਵਿਭੇਦਨ ਸਮਰਥਾ, ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀ ਵਿਭੇਦਨ ਸਮਰਥਾ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀ ਵਿਭੇਦਨ ਸਮਰਥਾ ਤੋਂ ਲਗਭਗ 10^5 ਗੁਣਾ ਹੈ । ਵਿਵਹਾਰ ਵਿਚ ਦੂਸਰੇ (ਜੁਮੈਟਰੀ) ਕਾਰਕਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ ਇਸ ਤੁਲਨਾ ਨੂੰ ਥੋੜਾ ਜਿਹਾ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ।

11.34 ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਲਈ

$p = h/\lambda = 6.63 \times 10^{-34}\ Js/10^{-15}m$

$= 6.63 \times 10^{-19}\ kg\ m\ s^{-1}$

ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਸਾਪੇਖੀ ਸੂਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ

$E^2 = c^2p^2 + m_0^2 c^4 = 9 \times (6.63)^2 \times 10^{-22} + (0.511 \times 1.6)^2 \times 10^{-26} \cong 9 \times (6.63)^2 \times 10^{-22}\ J^2$

ਦੂਸਰਾ ਪਦ (ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ) ਨਿਗੁਣਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ।

ਇਸ ਲਈ $E = 1.989 \times 10^{-10}\ J = 1.24\ BeV$

ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਵਿਚੋਂ ਨਿਕਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਕੁਝ BeV ਦੇ ਆਰਡਰ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ ।

11.35 $\lambda = h/\sqrt{3mkt}$ $m_{He} = 4 \times 10^{-3}/6 \times 10^{23}$ kg ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ $\lambda = 0.73 \times 10^{-10}$ m ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ $r = (V/N)^{1/3} = (kT/p)^{1/3}$

$T = 300$ K, $p = 1.01 \times 10^5$ Pa ਦੇ ਲਈ $r = 3.4 \times 10^{-9}$ m ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ $r >> \lambda$

11.36 ਅਭਿਆਸ 11.35 ਵਾਲਾ ਬਰਾਬਰ ਸੂਤਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਤੇ $\lambda = 6.2 \times 10^{-9}$ m ਜੋ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਅੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਕੀ ਦੂਰੀ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ ।

11.37 **(a)** ਕਵਾਰਕ, ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਜਾਂ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਿਚ ਅਜਿਹੇ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਬੰਨ੍ਹੇ ਮੰਨੇ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ, ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਦੂਰ ਖਿਚਣ ਤੇ ਪ੍ਰਬਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਇਸ ਲਈ ਅਜਿਹਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕਿ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਵਿਚ ਭਿੰਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ, ਬੇਸ਼ਕ ਪ੍ਰੇਖਣੀ ਚਾਰਜ e ਦੇ ਪੂਰਣ ਗੁਣਜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ।

(b) ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਦੋਨੋਂ ਮੂਲ ਸੰਬੰਧ $ev = (1/2)\ m\ v^2$ ਜਾਂ $eE = m\ a$ ਅਤੇ $eBv = mv^2/r$, ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਕੀ e ਅਤੇ m ਦੋਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵੱਖ ਵੱਖ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਬਲਕਿ e/m ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

(c) ਨਿਮਨ ਦਬਾਓ ਤੇ ਆਇਨਾਂ ਦੀ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸੰਗਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਤੇ ਪੁਜਣ ਅਤੇ ਕਰੰਟ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕਰਨ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਆਮ ਦਬਾਓ ਤੇ, ਗੈਸ ਅਣੂਆਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਅਤੇ ਪੁਨਰ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਆਇਨਾਂ ਦੀ ਅਜਿਹੀ ਕੋਈ ਸੰਭਾਵਨਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ।

(d) ਕਾਰਜ-ਫਲਨ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਚਾਲਨ ਬੈਂਡ ਦੇ ਉਪਰੀ ਪੱਧਰ ਤੋਂ ਧਾਤ ਵਿਚੋਂ ਬਾਹਰ ਕੱਢਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ ਮਾਤਰ ਹੈ। ਧਾਤ ਦੇ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸ ਪੱਧਰ (ਊਰਜਾ ਅਵਸਥਾ) ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ । ਉਹ ਪੱਧਰਾਂ ਦੇ ਲਗਾਤਾਰ ਬੈਂਡ ਵਿਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ, ਇੱਕ ਹੀ ਆਪਾਤੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਲਈ, ਵੱਖ ਵੱਖ ਪੱਧਰਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਨਿਕਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਵੱਖ ਵੱਖ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ ।

(e) ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੀ ਊਰਜਾ E (ਨਾ ਕਿ ਸੰਵੇਗ p) ਦਾ ਪਰਮਾਨ ਇੱਕ ਜੋੜਾਤਮਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਦੇ ਤਹਿਤ ਮੁਕਤ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਜਿਥੇ λ ਭੌਤਿਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਮਹਤਵਪੂਰਨ ਹੈ ਉਥੇ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਪਦਾਰਥਕ ਤਰੰਗ ਦੇ ਲਈ v ਦੇ ਪਰਮ ਮਾਨ ਦਾ ਕੋਈ ਸਿੱਧਾ ਭੌਤਿਕ ਮਹੱਤਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਲਾ ਚਾਲ (phase speed) $v\lambda$ ਵੀ ਭੌਤਿਕ ਕਣ ਤੋਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਸਮੂਹ ਚਾਲ (group speed)

$dv/d(1/\lambda) = dE/dp = d/dp\ (p^2/2m) = p/m$

ਭੌਤਿਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਅਰਥ ਪੂਰਨ ਹੈ ।