विकिरण तथा द्रव्य की द्वैत प्रकृति

प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photo Electric Effect)

प्रकाश के प्रभाव द्वारा किसी धातु की सतह से इलेक्ट्रानो के उत्सर्जित होने की घटना को प्रकाश विद्युत प्रभाव कहते हैं।

इस प्रकार उत्सर्जित इलेक्ट्रानो को प्रकाश इलेक्ट्रान अथवा फोटो इलेक्ट्रान कहते हैं। यदि परिपथ बंद है, तो प्रवाहित धारा को प्रकाश विद्युत धारा कहते हैं।

हट्र्स तथा लेनार्ड के प्रयोग

वैज्ञानिक हट्र्स, लेनार्ड तथा मिलकन ने प्रकाश विद्युत उत्सर्जन के अनेको प्रयोग किए। इन्होंने विभिन्न प्रकार की धातुओं की प्लेटे लेकर उसके ऊपर विभिन्न तीव्रताओं और विभिन्न आवृत्तियों का प्रकाश आपतित कराया और प्रत्येक दशा मे उत्सर्जित इलेक्ट्रानों की अधिकतम गतिज ऊर्जा और प्रकाश विद्युत धारा को मापा इस प्रकार इन्होंने प्रकाश विद्युत प्रभाव के अनेको सम्बन्ध प्राप्त किये।

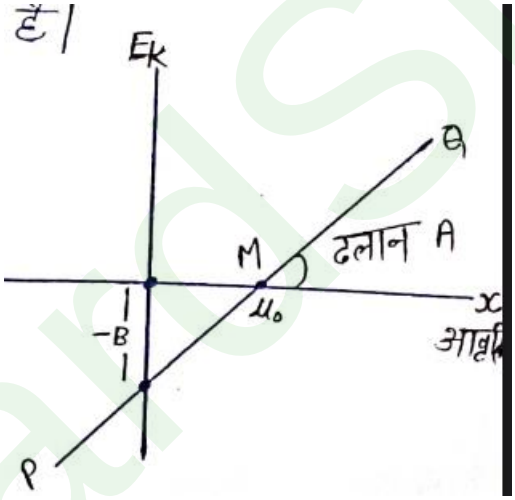
प्रकाश की तीव्रता का प्रभाव –

जब किसी धातु की सतह पर प्रकाश आपतित कराया जाता है तो यदि प्रकाश की आवृति उचित है तो सतह से प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन होने लगता है। जब आपतित प्रकाश की तीव्रता बढ़ायी जाती

हैं तो प्रकाश विद्युत धारा का मान भी लगभग उसी अनुपात मे बढ़ता हैं।

प्रकाश की आवृत्ति का प्रभाव –

जब आपतित प्रकाश की आवृत्ति को x अक्ष पर तथा प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा को y – अक्ष पर लेकर एक ग्राफ खीचा जाये तो एक सरल रेखा प्राप्त होती हैं। इसका तात्पर्य यह हैं, कि आपतित प्रकाश की आवृत्ति अधिक होने पर उत्सर्जित प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा भी अधिक होती हैं।



सरल रेखा PQ का समीकरण y=mx+c से –

$Y = mx + c$ से

$E_K = A\nu + (-B)$

$E_K = A\nu - B$ ——— ①

ग्राफ से ⇒ ν=V_0 एवं E_k=0

समीकरण (i) से

$$0 = A\nu_0 - B$$

$$B = A\nu_0$$

समीकरण (i) से

$$EK = A\nu - A\nu_0$$

$$[EK = A(\nu - \nu_0)]$$

देहली आवृत्ति (Threshold frequency)

आपतित प्रकाश की वह न्यूनतम आवृत्ति जो किसी धातु की सतह से प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन कर सके उसे देहली आवृत्ति कहते हैं। इसे u_0 से प्रदर्शित करते हैं।

- यदि $u > u_0$ तो प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन होगा ।
- यदि $u < u_0$ तो प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन नही होगा ।
- देहली आवृति का मान दिए गए पदार्थ के लिए निश्चित तथा अलग-अलग पदार्थों के लिए इसका मान अलग- अलग होता हैं।

देहली तरगदैर्ध्य (Threshold Wavelength)

आपतित प्रकाश की वह अधिकतम तरंगदैर्ध्य जो किसी धातु की सतह से प्रकाश इलेक्ट्रानों का उत्सर्जन कर सके, उसे देहली तरंगदैर्ध्य कहते हैं। इसे λ_0 से व्यक्त करते हैं।

- $[\lambda_o = \frac{c}{\upsilon o}]$ जहा c – प्रकाश की चाल
- यदि $\lambda < \lambda_o$ तो प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन होगा ।
- यदि $\lambda > \lambda_o$ प्रकाश e का उत्सर्जन नही होगा ।

प्रकाश की कणात्मक प्रकृति क्वाण्टम सिद्धान्त

प्लांक के क्वाण्टम सिद्धान्त के अनुसार प्रकाश ऊर्जा के छोटे -छोटे बण्डलो अथवा पैंकिटो के रूप में आगे बढ़ता हैं। ऊर्जा के इस बण्डल को फोटॉन या क्वाण्टम कहते हैं।

प्रत्येक फोटॉन की ऊर्जा $E=h\upsilon$ होती हैं, जिसमे υ प्रकाश की आवृत्ति हैं तथा h प्लांक का सार्वत्रिक नियतांक हैं। इसका मान $6.62X10^{-34}$ जूल- सेकेण्ड होता हैं। प्रकाश की तीव्रता इन्हीं फोटानो की संख्या पर निर्भर करती हैं। यदि प्रकाश की तरंग दैर्ध्य λ तथा निर्वात में प्रकाश की चाल c हैं तो फोटोन की ऊर्जा = $\frac{hc}{\lambda}$

कार्य फलन (Work function)

वह न्यूनतम ऊर्जा जो किसी धातु की सतह से प्रकाश इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन कर सके उसे कार्य फलन कहते हैं। इसे w से व्यक्त करते हैं।

मात्रक- इलेक्ट्रान वोल्ट (ev) या J (जूल) होता हैं।

$$W = h\nu_0$$

$$\left[W = \frac{hc}{\lambda_0}\right] \quad \left\{\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}\right\}$$

जहाँ h - प्लांक नियतांक

$h = 6.62 \times 10^{-34}\ \mathrm{J.s}$

निरोधी विभव (stopping Potential)

कैथोड के सापेक्ष प्लेट (एनोड) को दिया गया वह न्यूनतम ऋणात्मक विभव जिस पर प्रकाश विद्युत धारा का मान शून्य हो जाता है, उसे संस्तब्ध विभव या निरोधी विभव कहते हैं इसे V_0 से व्यक्त करते हैं।

प्रकाश विद्युत प्रभाव के प्रायोगिक नियम

प्रयोगों के आधार पर निम्न नियम प्रतिपादित किए –

- प्रकाश विद्युत धारा का मान आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करता है।
- प्रकाश इलेक्ट्रानों की अधिकतम गतिज ऊर्जा, आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती।
- उत्सर्जित प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर करती है।
- यदि आपतित प्रकाश की आवृत्ति, धातु के लिए देहली आवृत्ति से कम है तो चाहे जितनी तीव्रता का प्रकाश चाहे जितनी समय के लिए आपतित कराया जाये प्रकाश इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन नही हो सकता है।
- जैसे ही धातु की सतह पर प्रकाश आपतित होता है, वैसे ही सतह से प्रकाश इलेक्ट्रानो का उत्सर्जन होने लगता है, अर्थात

BoardStudy

प्रकाश के आपतित होने तथा प्रकाश इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जन के बीच कोई समय पश्चता नही होती है।

आइन्सटीन का प्रकाश वैद्युत समीकरण

आइन्स्टीन ने जर्मनी के वैज्ञानिक मैक्स प्लांक के क्वाण्टम सिद्धान्त के आधार पर बताया कि जैसे कोई प्रकाश फोटॉन किसी धातु की सतह पर आपतित होता है तो फोटान की यह ऊर्जा (hv) दो भागों में विभक्त हो जाती है। प्रथम भाग प्रकाश इलेक्ट्रान को धातु की सतह तक लाता है, जिसे कार्यफलन (w) कहते हैं। ऊर्जा का दूसरा भाग प्रकाश इलेक्ट्रॉनों को अधिकतम ऊर्जा (E_k) प्रदान करता है।

$h\upsilon = W + E_k$

$$E_K = h\nu - W \quad \{W = h\nu_0\}$$

$$E_K = h\nu - h\nu_0$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$E_K = h(\nu - \nu_0) \quad \text{—— (i)}$$

$$E_K = h\left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0}\right)$$

$$E_K = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \quad \text{—— (ii)}$$

यदि निरोधी विभव V0, e का द्रव्यमान m तथा अधिकतम वेग v है, तो –

$$EK = eV_0 = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 \quad \ldots (iii)$$

समीकरण (i) व (iii) से

$$E_K = h(\nu - \nu_0) = eV_0 = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$

$$\left[\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = h(\nu - \nu_0)\right]$$

जो कि आइंस्टीन का प्रकाश वैद्युत समीकरण है।

द्रव्य तरंगे (Matter Waves)

जब कोई कण (फोटान) गति करता है तो उस कण के साथ सदैव एक तरंग सम्बन्धित रहती है, इस तरंग को द्रव्य तरंग कहते है। अलग-अलग कणो से सम्बन्धित तरंगों की तरंगदैर्ध्य अलग-अलग होती है।

दी ब्रोगली तरंग दैर्ध्य के लिए व्यंजक- माना किसी गतिशील कण का द्रव्यमान m तथा वेग v है। यह जिस तरंग से सम्बन्धित है उसकी तरंगदैर्ध्य λ है। यदि गतिशील कण के स्थान पर प्रकाश फोटान का प्रयोग किया जाये, तो-

आइंस्टीन के द्रव्यमान ऊर्जा समीकरण से -

$$E = mc^2 \quad \ldots (i)$$

प्लांक के क्वांटम सिद्धांत से -

BoardStudy

$$E = h\nu \quad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) व (ii) से –

$$mc^2 = h\nu$$

$$mc^2 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{mc} \quad \left\{ \nu = \frac{c}{\lambda} \right\}$$

यदि फोटान के स्थान पर v वेग वाले कण का प्रयोग किया जाये, तो –

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad \{P = mv\}$$

$$\left[\lambda = \frac{h}{P}\right]$$ यह दी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का सूत्र है।

इलेक्ट्रान से सम्बन्धित दी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य- माना इलेक्ट्रॉन का गतिशील अवस्था में द्रव्यमान m है। जब एनोड तथा कैथोड के बीच विभवान्तर V आरोपित किया जाता है, तो माना इलेक्ट्रॉन का वेग v हो जाता है।

इस स्थिति में e की गतिज ऊर्जा

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \qquad \left\{ \begin{array}{l} \lambda = \frac{h}{mv} \\ v = \frac{h}{m\lambda} \end{array} \right\}$$

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 = eV$$

$$\frac{1}{2}m \cdot \frac{h^2}{m^2\lambda^2} = eV$$

$$\lambda^2 = \frac{h^2}{2meV}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{h^2}{2meV}} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$$

$$\lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} \times V}}$$

$$\lambda = \frac{12.27 \times 10^{-10}}{\sqrt{V}} \text{ m}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{ Å}}$$

Boardstudy