التأثير الكهروضوئي: Photoelectric effect

لاحظ هرتز Hertz عام 1887 أنه عند سقوط الأشعة فوق البنفسجية Ultra violet على سطح فلز فأنه يكتسب شحنة كهربائية موجبة، ويفسر ذلك بأن الفلز يفقد الكترونات بفعل الأشعة الساقطة عليه.
ويمكن تلخيص النتائج العملية كالآتي:

١- طاقة الالكترونات المنبعثة لا تعتمد على شدة الضوء الساقط بل على تردده فإذا انخفض تردد الأشعة الساقطة عن قيمة معينة (تعتمد على الفلز) فإن الالكترونات لا تنبعث مهما طال تعرض سطح الفلز للأشعة.

٢- يتناسب عدد الالكترونات المنبعثة مع تردد الضوء الساقط تناسباً طردياً.

٣- تتناسب طاقة الالكترونات المنبعثة طردياً مع تردد الضوء الساقط.

تفسير إينشتاين للتأثير الكهروضوئي:

اقترح إينشتاين عام 1905 ما يأتي:

١- إن الأشعة الكهرومغناطيسية تتكون من جسيمات متناهية في الدقة تدعى فوتونات Photons لكل منها طاقة تساوي hν.

ج- سرعة الفوتونات في الفضاء هي سرعة الضوء.

وحسب المقترحين (أ) و (ب) تمكن العالم إينشتاين أن يفسر التأثير الكهروضوئي بالشكل الآتي:-

أ- الفوتون الواحد هو جسيم يحمل كماً من الطاقة quanta يتحدد بتردد الشعاع الضوئي تبعاً لعلاقة بلانك $E_{photon} = h\nu$ فعند اصطدام الفوتون بسطح الفلز تنتقل طاقة الفوتون الى أحد الالكترونات.

ب- تخضع عملية تحرير الالكترون من ذرة الفلز الى بذل شغل معين W_o تعتمد قيمة الشغل على جهد تأين الفلز ($W_o \neq$ جهد تأين الفلز).

عندما تكون $W_o < E_{photon}$ يتحرر الالكترون من ذرة الفلز ويكتسب طاقة حركية تساوي $\frac{1}{2}mv^2$

د- العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط والطاقة الحركية للالكترون المنبعث هي:

$$E = h\nu = W_o + \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{---(1)}$$

$$h\nu = W_o + \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{---(2)}$$

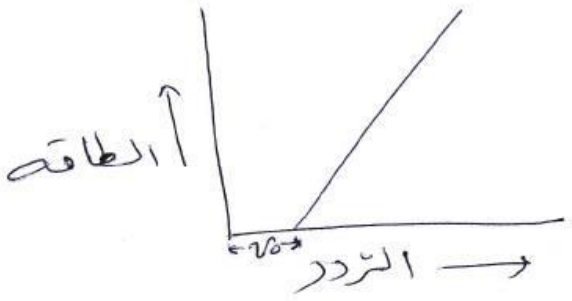
$$\therefore \frac{1}{2}mv^2 = h\nu - W_o \quad \text{---(3)}$$

المعادلة رقم (3) تفسر العلاقة الخطية بين الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث وتردد الشعاع الساقط. ويتضح من هذه العلاقة أن الالكترونات تتحرر من العناصر الفعالة مثل السيزيوم Cs والتي تتميز بجهد تأين قليل عند سقوط أشعة أقل تردد من تلك اللازمة لتحرير الالكترونات من العناصر الاقل فعالية.

وعندما يتحرر (ينبعث) الالكترون دون إعطائه أي طاقة حركية ($\frac{1}{2}mv^2 = 0$) فإن:

$$0 = h\nu_0 - W_0 \Longrightarrow \therefore W_0 = h\nu_0$$

فيدعى ν_0 التردد الحرج أي هو ذلك التردد اللازم لتحرير الالكترون دون اعطائه أي طاقة حركية.



h = plank's constant

$= 6.626 \times 10^{-27}$ erg.sec or 6.626×10^{-34} J.sec.

فكلما كان الفلز نشط أو له قابلية كبيرة للتأين كلما قل التردد اللازم لازاحة الالكترونات.

ملاحظات مفيدة: تزداد الطاقة بزيادة التردد وليس بزيادة شدة الشعاع الساقط على الفلز

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

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

$$\therefore \frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda} \longrightarrow E = h\frac{c}{\lambda}$$

$$E = hc\frac{1}{\lambda} \longrightarrow E = hc\bar{\nu}$$

أيضاً $\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda}$ Wave number

يدعى $\bar{\upsilon}$ العدد الموجي ويقاس بوحدة cm^{-1}

E طاقة الفوتون Energy c سرعة الضوء (الصوء) velocity

λ الطول الموجي wave length υ التردد frequency h ثابت بلانك

$1\,cm = 10^{-2}\,m$, $1\,nm = 10^{-7}\,cm$, $1\,nm = 10^{-9}\,m$

$1\,A^{\circ} = 10^{-8}\,cm$, $1\,A^{\circ} = 10^{-10}\,m$

$1\,\mu m = 10^{-6}\,m$, $1\,\mu m = 10^{-4}\,cm$

حيث: cm سنتمتر ، m متر ، nm نانومتر

A° انكستروم ، μm مايكرومتر.

وهذه هي وحدات الطول الموجي wave length

$C = 3 \times 10^{10}\ cm/sec$ or $C = 3 \times 10^{8}\ m/sec$.

وحدات التردد frequency هي هيرتز Hz او cycles/sec ذبذبة/ثا

Example: Determine the frequencies and wave number of electromagnetic radiation of the following wave length:

1- 1.0 A° 2- 500 μm 3- 4.4 nm

4- 4.89 m.

Solution: 1- $\nu = \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}\ m/sec}{1.0\times10^{-10}\ m}$

$$\nu = 3\times10^{18}\ Hz.$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1.0\times10^{-8}\ cm} = 1\times10^{8}\ cm^{-1}$$

2- $\nu = \frac{3\times10^{8}\ m/sec}{500\times10^{-6}\ m} = 0.6\times10^{12}\ Hz$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{500\times10^{-4}\ cm} = 0.2\times10^{2}\ cm^{-1}$$

وبالطريقة نفسها تحل (3) و (4).

الاطياف الذرية: Atomic Spectra

إذا حدث تسخين او تفريغ كهربائي لذرات عنصر ما في الحالة الغازية وتحت ضغط منخفض تأتي جزء أو ينبعث من ذرات الغاز المسخنة excited atoms وبتحليل هذا الضوء المنبعث بواسطة مرشور نحصل على مجموعة من الخطوط تعرف بالطيف الخطي line Spectrum ويعرف هذا الطيف بطيف الانبعاث Emission Spectrum. ويتميز كل خط من خطوط الطيف بطول موجي λ محدد وكذلك تردد ν محدد، ويتميز كل عنصر بطيف خطي معين يختلف عن الطيف الخطي لاي عنصر آخر، ويمكن رؤية بعض هذه الخطوط بالعين المجردة حيث أنها تقع في المنطقة المرئية