ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئي

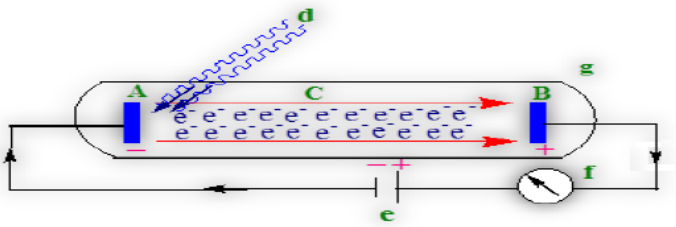
Photoelectric effect (The Nature of Light)

في القرن التاسع عشر لوحظ جريان تيار كهربائي أو تدفق الكترونات عند سقوط شعاع كهرومغناطيسي على مادة [صلب، غاز، سائل] موضوعه في أناء مفرغ من الهواء. هذه الظاهرة الواطئة للطاقة والتي يمكن أيجازها بتداخل الشعاع من المادة متبوعا بأنبعاث سيل من الألكترونات عرفت بتأثير الفوتوالكترك ***Photoelectric***. لذا فأن هذا المصطلح يشير الى **أنبعاث سيل من الألكترونات من مادة عند امتصاص شعاع كهرومغناطيسي ساقط على المادة. الألكترونات المنبعثة بهذه الطريقة يمكن تسميتها *Photoelectrons*.**

In the 1800's, it was observed that when an electromagnetic radiation is shined on a substance [e.g. solid, gas or liquid] which is placed in an evacuated tube, an electric (electrons) current flows. This low-energy phenomenon of electromagnetic radiation -matter interaction and the subsequent emission of electrons is termed the photoelectric effect. So, **the photoelectric effect refers to the emission of electrons from a substance when it absorb an incident electromagnetic radiation. Electrons emitted in this manner may be called photoelectrons.**

An experimental set up for studying the photoelectric effect is shown below.

مخطط للمكونات المستعملة في دراسة ظاهرة الأنبعاث الألكتروني بواسطة الشعاع.



Where:-

A, B: Metal Plates, **C:** Electron Current, **d:** Electromagnetic Rays.

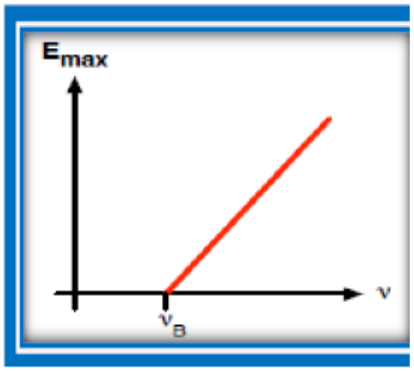
f: Ammeter, **e:** electric cell and **g:** Evacuated tube.

There were two important observations:

1. The photocurrent is proportional to the intensity of the light.

2. The maximum energy of the emitted electrons is proportional to the frequency of the emitted light, and there is some minimum frequency below which no photocurrent is generated.

The second of these is puzzling, since according to classical EM theory, the frequency should play no role in the describing the energy transfer from light to electrons.



A plot of E_{max} vs. frequency looked nearly the same for all metals used for the emitting electrode. Different metals would result in different minimum frequencies, but otherwise the curves were identical.

أدناه بعض نتائج تجربة الأنبعاث الألكتروني بسبب شعاع ساقط أو متمتص.

- The use of a bright light [higher intensity radiation] of a certain energy (or frequency) leads to an increase in the number of emitted electrons per time unit and the kinetic energy of the emitted electrons is not affected. This observation indication that the number of emitted electrons [or electric current] is proportional to the intensity [or brightness] of the absorb electromagnetic radiation [or light].

أستعمال ضوء أو شعاع شديد ذو طاقة محددة أو تردد معين أو محدد يؤدي الى زيادة في عدد الألكترونات المنبعثة خلال وحدة الزمن ولكن هذه الملاحظة التجريبية أو العملية تشير الى أن عدد الألكترونات المنبعثة ذو طاقة أو تردد معينين يتناسب طرديا مع شدة الضوء أو الشعاع الممتص أو الساقط على المادة.

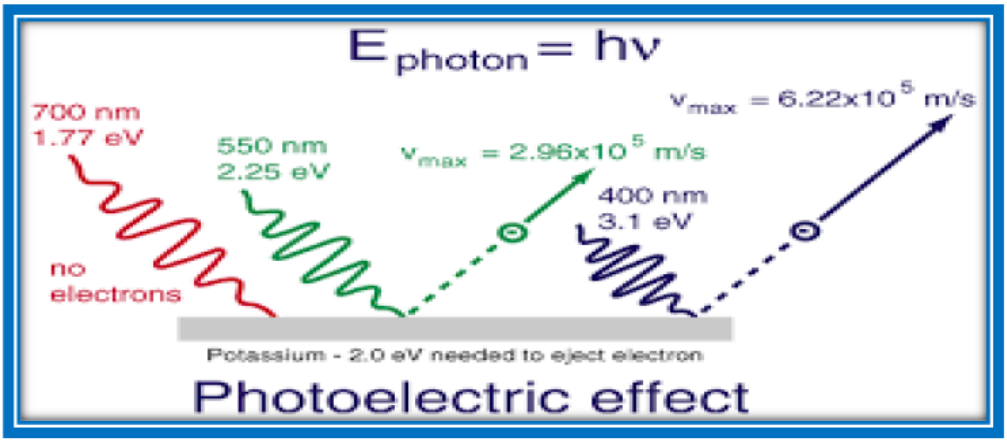
- the use of a dim light (or radiation) of a certain energy (or frequency) results in immediate emission of electrons but the number of emitted electrons is less than that observed when a brighter light was used. This observation indicates that the time not important factor for this phenomena to occur.

استعمال ضوء او شعاع خافت ذو طاقة وتردد معينين ينتج انبعاث الكتروني مباشر [حال أمتصاص أو سقوط الشعاع] ، عدد الألكترونات المنبعثة أو المتحررة هو أقل مما لو أستعمل ضوء أو شعاع شديد. الملاحظة العملية هذه تشير الى أن الوقت أو الفترة الزمنية التي تتعرض فيها المادة الى الشعاع ليس أمرا أو عاملا مهما في هذه الظاهرة لكي تحدث. بتعبير أخر أن ظاهرة الأنبعاث الألكتروني اذا لم تحصل خلال الثواني القليلة بعد تعرض المادة للأشعاع فأنها لا تحصل حتى ولو طال التعرض أو أمتصاص الأشعاع من قبل المادة الى فترات زمنية طويلة جدا.

- Increasing the frequency (or Energy) of the incident (or absorb) light (or radiation) would lead to an increase in the kinetic energy of the emitted electrons. If, however, the frequency (υ') of the used radiation falls below a minimum value called the threshold frequency ($\upsilon'_{\circ}$), there would be no electrons emitted and no matter how intense the used radiation and how long the exposure are.

زيادة تردد أو طاقة الشعاع الساقط (أو الممتص) تؤدي الى زيادة في الطاقة الحركية للألكترونات المتحررة أو المنبعثة. اذا على كل حال التردد (υ) للشعاع أو الضوء المستعمل أنخفض دون القيمة الدنيا المسماة بتردد العتبة ($\upsilon_{\circ}$) فلن يكون هناك أنبعاث أو تحرير الكترونات مهما كان الشعاع شديد ومهما كان طول المدة الزمنية التي تتعرض فيها المادة للشعاع أو الضوء.

المخطط أدناه يوضح بالقيم العددية العلاقة بين شدة و تردد الشعاع الساقط والطاقة الحركية للألكترون المنبعث وكذلك تأثير تردد العتبة ($\upsilon_{\circ}$) على أمكانية حصول الانبعاث الألكتروني.



ونستنتج من ذلك أن طاقة الفوتون الساقط يجب أن تكون كافية لأزاحة الألكترون من تأثير النواة أضافة الى أكتساب الألكترون طاقة حركية حسب القانون التالي:

$$E = h\upsilon = h\,\upsilon_{\circ} = W_{\circ} + \frac{1}{2}mv^2$$

التردد الحرج $\upsilon_{\circ}$ دالة الشغل $W_{\circ}$ الطاقة الحركية للجسم $\frac{1}{2}mv^2$

$$\frac{1}{2}mv^2 = h\upsilon - W_{\circ}$$

بمعنى أخر عند أصطدام الفوتون على سطح فلز تنتقل طاقة الفوتون الى أحد الألكترونات في الفلز فيكتسب الألكترون هذه الطاقة فيتحول من مستوى طاقي واطئ الى مستوى طاقي عالي ينشط الألكترون ويكسب طاقة حركية والطاقة الحركية هذه تتناسب طرديا مع تردد الأشعاع الساقط وكلما كان عالي تكون طاقة الفوتون عالية.

$$h\upsilon = W_\circ + \frac{1}{2} mv^2$$

- كلما كان الفلز نشط أو قابل للتأين كلما قل التردد اللازم لأزاحة الألكترونات.

Example: Calculate the kinetic energy of the electron from potassium surface when $W_\circ = 3.62 \times 10^{-12}$ erg by the incident light having the following wave lengths: 7×10^{-5} cm, 5.5×10^{-8} cm?

Solution:-

1- $C = \lambda\upsilon$

$$\upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3x10^{10}}{7x10^{-5}} \frac{cm/sec}{cm}$$

$\upsilon = 4 \times 10^{14}$ Hz

$$\frac{1}{2} mv^2 = h\upsilon - W_\circ$$

$$= 6.62 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^{-4} - 3.62 \times 10^{-12}$$

2- $$\upsilon = \frac{3x10^{10}}{5.5x10^{-8}} = 5x\,10^{17}\ Hz$$

$$\frac{1}{2} mv^2 = 6.62 \times 10^{-27} \times 5 \times 10^{17} - 3.62 \times 10^{-12}$$