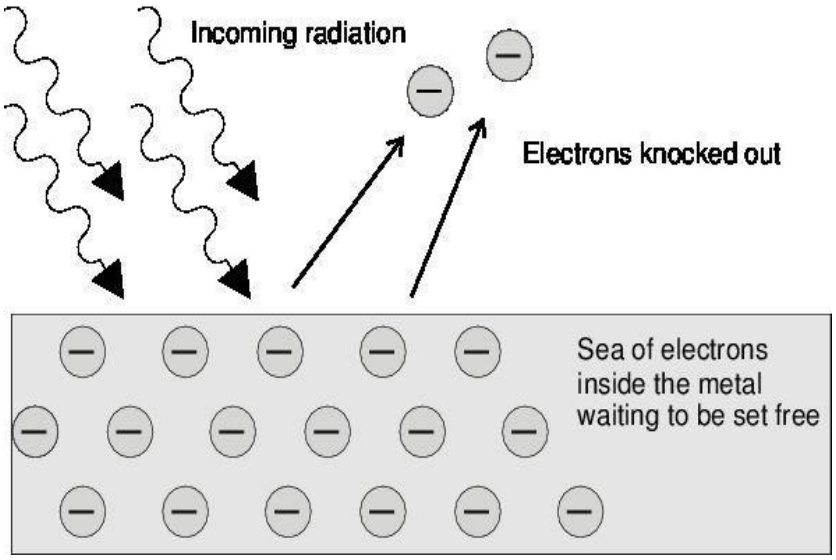
The photoelectric effect ظاهرة التأثير الكهروضوئي

وهي عملية انبعاث الالكترونات من الاجسام الصلبة او العناصر نتيجة اصطدامها بأشعة ذات طول موجي قصير اي امتصاص الطاقة الضوئية مما يؤدي الى انبعاث سيل من الالكترونات من سطوح هذه العناصر بسرعة تتناسب مع الطول الموجي المسلط على سطح العنصر لذلك سميت ظاهرة انتزاع الالكترونات من السطح بواسطة الضوء بالظاهرة الكهروضوئية، وتسمى هذه الظاهرة ايضا بظاهرة (الانبعاث الكهروضوئي photoemission) كما موضح بالشكل ادناه. اما الالكترونات المنبعثة من السطح تعرف بالإلكترونات الضوئية. ان الظاهرة الكهروضوئية تختلف عن الظاهرة الكهروحرارية التي يتم فيها انتزاع الالكترونات بواسطة الحرارة.



لقد فشل العديد من العلماء في تفسير هذه الظاهرة، حيث ان المفهوم السائد عن الضوء حسب ما جاء به العالم ماكسويل وغيره على ان الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية اي يتصف بالطبيعة الموجية ورغم ان النظرية الكهرومغناطيسية كانت من النظريات الاساسية التي استطاعت تفسير العديد من الظواهر الضوئية مثل الاستقطاب والحيود والتداخل وغيرها الى انها فشلت في تفسير الظاهرة الكهروضوئية. لاحقا تمكن العالم العبقري ماكس بلانك من خلال دراسته لإشعاع الجسم الاسود من وضع مبدأ تكميم الطاقة الذي يعتبر الحجر الاساس الذي يعتمد عليه ميكانيك الكم.

خصائص الظاهرة الكهروضوئية

ان الظاهرة الكهروضوئية لها عدة خصائص يمكن ان تتلخص فيما يلي:

1- تحدث هذه الظاهرة اذا كان تردد الضوء الساقط اكبر من تردد معين يسمى تردد العتبة ويرمز له (V_o). ويقصد به (هو اقل تردد للضوء الساقط يكفي لانبعاث الالكترونات من سطح الفلز دون اكسابها طاقة حركية ويعتمد على نوع المادة التي تغطي سطح الكاثود).

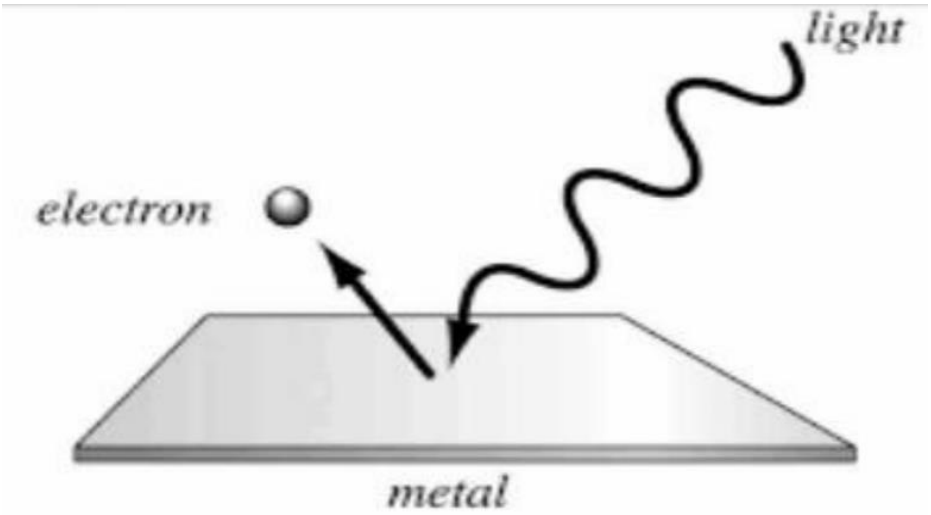
2- يحدث الانبعاث الكهروضوئي بمجرد سقوط الفوتونات الضوئية بتردد مناسب على سطح الفلز (الكاثود) وهذا يعني ان هذه الظاهرة لا تحتاج الى تخزين طاقة.

3- يعتمد عدد الالكترونات المنبعثة من سطح الكاثود على شدة الضوء الساقط وبمعنى اخر تزداد شدة التيار المار داخل الخلية الكهروضوئية بزيادة شدة الضوء الساقط على السطح (علاقة طردية).

4- تزداد الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة من سطح الفلز بزيادة تردد الضوء الساقط.

كيفية حصول الانبعاث الكهروضوئي

عند سقوط الضوء على سطح اللوح الفلزي، فان الفوتونات الضوئية تصطدم بالإلكترونات الموجودة داخل اللوح (وهي الكترونات حرة تتحرك بين ذرات الفلز وبعد اصطدام الفوتونات الضوئية بها تنطلق خارج اللوح الفلزي ويسمى ايضا هذا اللوح (الباعث او الكاثود) كما موضح بالشكل.

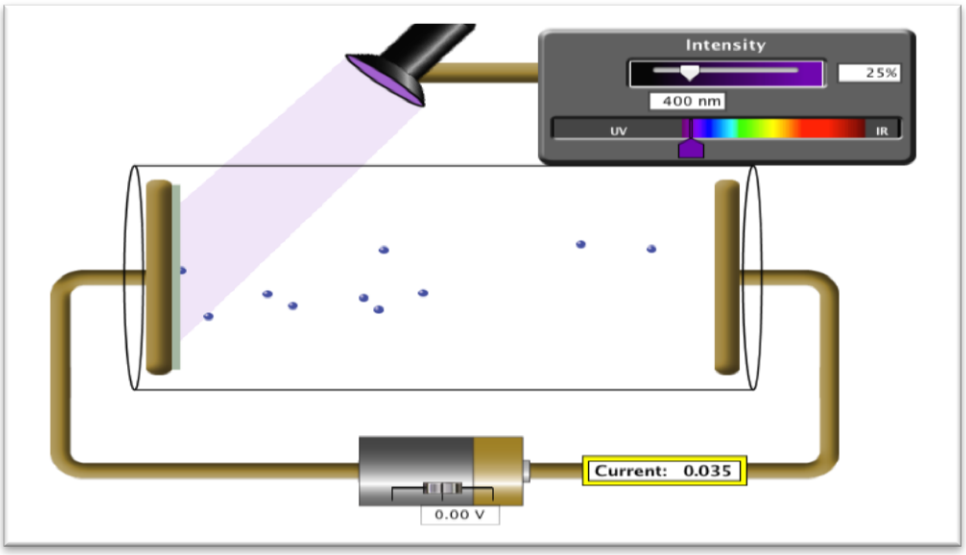


اذا وصلنا السطح الباعث بسطح اخر يسمى المجمع او الانود ، فأن الالكترونات المتحررة سوف تتجه من الباعث الى المجمع مكونة تيار كهروضوئي (current photoelectric). يمتلك الضوء الذي يقوم بتحرير الالكترونات من اللوح الفلزي تردد معين يعرف بتردد العتبة (وهو التردد الضوئي اللازم لانتزاع الالكترونات من سطح الباعث) كما ذكرنا سابقا ويختلف هذا التردد من مادة الى اخرى (لان طاقة ارتباط الالكترونات تختلف بأختلاف طبيعة المادة)، مثلا تردد العتبة لفلز الخارصين يختلف عن تردد العتبة لفلز الحديد. وعند تسليط ضوء تردده اقل من تردد العتبة للمادة ($V < V_o$) لن تنطلق اي الكترونات من سطح الفلز لعدم وجود طاقة كافية لتحريرها.

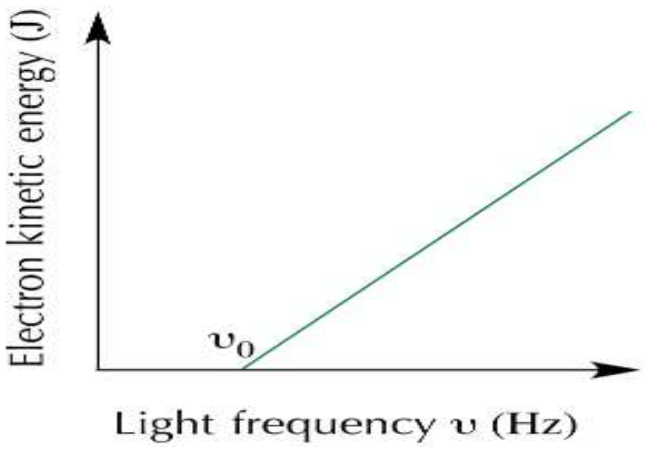
س/ كيف تنتقل الالكترونات من سطح اللوح الفلزي او الباعث الى سطح المجمع؟

ان انتقال الالكترونات من سطح الباعث يحدث بواسطة انتقال طاقة الفوتون الى الالكترون على شكل طاقة تجعله يتحرر من سطح الفلز وطاقة حركية تجعله ينطلق على شكل تيار كهروضوئي وان (اقل مقدار لطاقة الفوتون اللازمة لتحرير الالكترون من سطح الفلز تسمى دالة الشغل W_o). وعليه يجب ان تكون طاقة الضوء الساقط اكبر من دالة الشغل لتحرير الالكترونات من السطح. ان زيادة شدة الضوء لا تسبب زيادة في الطاقة الحركية للالكترون وليس له علاقة بأنتزاع الالكترونات وانما تزيد من عدد الفوتونات الساقطة على اللوح وهذا يزيد من عدد الالكترونات المتحررة مما يسبب زيادة في شدة التيار الكهروضوئي الناتج

الشكل ادناه يوضح ظاهرة الانبعاث الضوئي في الخلية الكهروضوئية بوجود مصدر للطاقة.



ويمكن توضيح العلاقة بين الطاقة الحركية للالكترون وتردد الضوء الساقط بالرسم البياني الاتي:



العلاقة بين الطاقة الحركية للالكترونات وطاقة الفوتون و دالة الشغل

ان عدد الالكترونات المتحررة من سطح الفلز تتناسب طرديا مع شدة الضوء الساقط وكذلك الطاقة الحركية للالكترونات تتناسب مع تردد الضوء الساقط وعليه فأن طاقة الفوتون الكلية تساوي مجموع الطاقة الحركية للالكترونات و دالة الشغل كما موضح بالمعادلة ادناه:

طاقة الفوتون(E_{photon}) = الطاقة الحركية للالكترونات ($KE_{electron}$) + دالة الشغل (W_o)

$$E_{photon} = KE_{electron} + W_o \quad .....(1)$$

$$h\nu = 1/2\ m_e\ V^2 + W_o \quad .....(2)$$

حيث m_e تمثل كتلة الالكترون وتساوي (9.1×10^{-31} kg) و V تمثل سرعة الالكترون.

مثال : عند تسليط اشعاع بطول موجي 250nm على سطح النحاس كان تردد الضوء الساقط يساوي (3×10^{16}Hz) وكانت دالة الشغل تساوي (6.9×10^{-19}J) احسب الطاقة الحركية العظمى للالكترون.

$$E_{photon} = KE_{electron} + W_o$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626 \times 10^{-34}\ J.s) \times (3\times10^{16}\ Hz) = 2.0\times10^{-17}\ J$$

$$KE_{electron} = E_{photon} - W_o = 2.0\times10^{-17}J - 6.9\times10^{-19}J = 1.931\times10^{-17}\ J$$

الخلايا الكهروضوئية photovoltaic cell

وهي عبارة عن خلايا فولتاضوئية تقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية بأستخدام مواد شبه موصلة حساسة للضوء ومحاطة بغلاف موصل للكهرباء. قد تكون اشباه الموصلات بشكل عناصر مثل السليكون والجرمانيوم او مركبات مثل كبريتيد النحاس وغيرها، وتسمى هذه الخلايا ايضا بالخلايا الشمسية والتي تتضمن تكون جهد وتيار كهربائي في المادة عند تعرضها للضوء.

ان مبدأ عمل هذه الخلية يعتمد على امتصاص طاقة الفوتون عندما يضرب الضوء الشمسي سطح المادة شبه الموصلة وتنتقل هذه الطاقة الى الالكترونات مما يؤدي الى تنشيطها حيث تتولد ازواج من الالكترونات والفجوات الموجبة وينشأ فرق جهد وبالتالي سريان التيار الكهربائي عبر الخلية.