جامعة الانبار
كلية التربية الأساسية / حديثة
قسم العلوم العامة / فرع الفيزياء

اسم التدريسي: م.م. عبدالرحمن ظافر صباح

المرحلة الدراسية: الثالثة

الفصل الدراسي: الاول

اسم المادة باللغة العربية: ميكانيك الكم

اسم المادة باللغة الإنكليزية: Quantum Mechanics

اسم المحاضرة باللغة العربية: التأثير الكهروضوئي

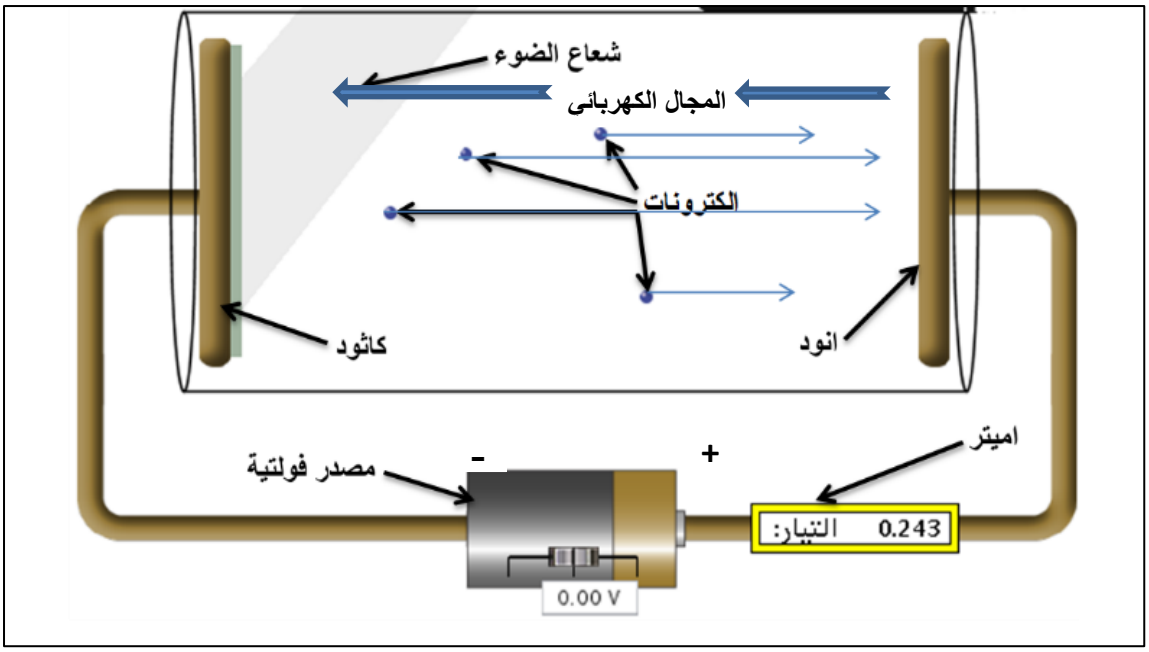
اسم المحاضرة باللغة الإنكليزية: The Photoelectric Effect

ثالثاً : التأثير او الظاهرة الكهروضوئية (The Photoelectric Effect):

من المعروف أن الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الموجية القصيرة تتسبب في انبعاث الإلكترونات من سطح المعدن ، وتعرف هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئي. أي ان الظاهرة الكهروضوئية تحدث عند سقوط حزمة كهرومغناطيسية على سطح معدني مما يؤدي إلى إطلاق إلكترونات من سطح المعدن. وتعتمد هذه العملية على العديد من المتغيرات :

1. تردد الاشعاع الكهرومغناطيسي.
2. شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي.
3. التيار الكهروضوئي الناتج.
4. الطاقة الحركية للإلكترون المنبعثة من سطح المعدن.
5. نوع المعدن.

لفهم تأثير كل من العوامل السابقة سنقوم بدراسة تأثير العوامل السابقة على التيار الناتج الذي يسمى التيار الكهروضوئي لأن الإلكترونات تم إطلاقها بواسطة الضوء (التيار الضوئي).



الشكل (6) : يوضح الجهاز المستخدم لهذا الغرض.

عندما يسقط شعاع كهرومغناطيسي أحادي اللون على سطح معدني (كاثود) مرتبط بالطرف السالب للبطارية، (يقع الكاثود داخل وعاء فارغ لمنع تصادم الإلكترونات المنبعثة مع جزيئات الهواء). عندما تنطلق الإلكترونات من المعدن وتكون قادرة على الوصول إلى اللوحة الموجبة (الأنود) فانه سيمر التيار الكهربائي عبر الدائرة ويمكن قياسه من خلال أجهزة قياس التيار(الاميتر) التي تعبر عن شدة التيار الكهروضوئي التي تمر عبر الدائرة . كلما زاد عدد الإلكترونات المنبعثة من سطح المعدن كلما زاد التيار الناتج.

نلاحظ أنه

1- تختلف طاقة الإلكترونات المنبعثة من الأنود.

2- تعمل الطاقة الكهربائية المتولدة من المجال الكهربائي بين الكاثود والأنود في الاتجاه المعاكس لحركة الإلكترونات (أن اتجاه المجال الكهربائي هو من القطب الموجب الى القطب السالب وحركة الالكترونات هنا من القطب السالب الى القطب الموجب وهذا يعني ان اتجاه حركة المجال كهربائي وحركة الالكترونات متعاكسة).

3- أن تكون طاقة الإلكترونات مساوية للشغل الذي يقوم به المجال الكهربائي من خلال العلاقة التالية:

$$E = hv \quad \text{..... (1)}$$

عندما تصطدم اشعة الضوء (طاقة الفوتون) (hv) بالسطح المعدني (الكاثود) ، فان الالكترونات الموجودة بالسطح المعدني (الكاثود) سوف تمتص طاقة الفوتون بالكامل وتنطلق الإلكترونات الموجودة بالكاثود بأقصى طاقة حركية لها وهي ($K.E_{max}$) ، والتي تُعطى على النحو التالي:

$$K.E_{max} = \frac{1}{2}mv^2 = hv - \emptyset_m \quad \text{.....} \quad (2)$$

دالة الشغل ($\emptyset_m$): - هي أقل طاقة لازمة لإزالة إلكترون من سطح معدن معين.

$$\emptyset_m = hv_o \quad \text{.....(3)}$$

تردد العتبة(v_o): - هو التردد المطلوب لانبعاث إلكترون من سطح المعدن ولكل فلز تردد عتبة مختلف .

بتعويض معادلة (3) في معادلة (2) نحصل على:

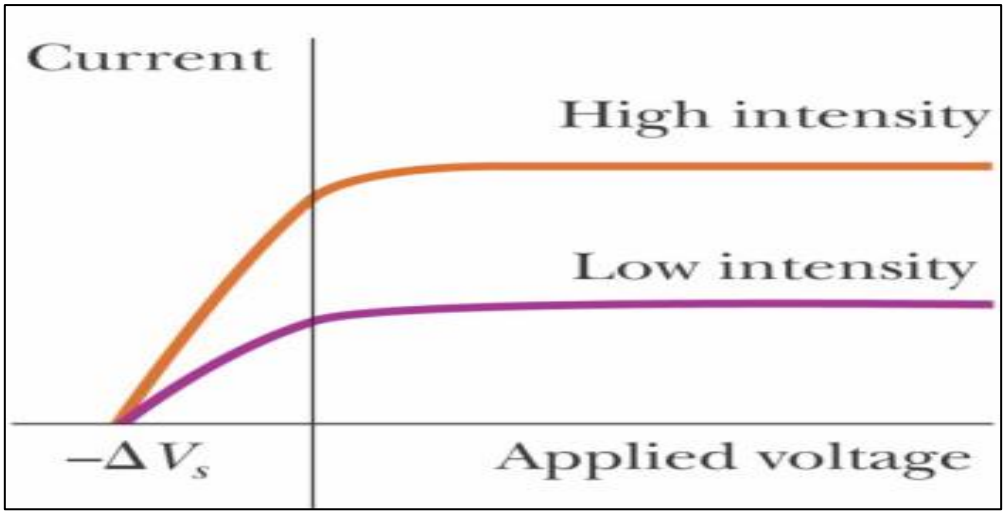
$$K.E_{max} = h(v - v_o) \quad \text{أو} \quad K.E_{max} = \frac{1}{2}mv^2 = (hv - hv_o) \quad \ldots\ldots (4)$$

معادلة (4) هي علاقة اينشتاين التي تفسر الظاهرة الكهروضوئية بشكل جيد ومن خلال هذه العلاقة يمكن استنتاج ما يلي ((نجاح الميكانيك الكمي في تفسير الظاهرة الكهروضوئية)) :

1- تنبعث الالكترونات الضوئية فقط اذا كانت طاقة الفوتون الساقطة اكبر من تردد العتبة للمعدن (أي أن $\nu > \nu_\circ$)

2- اذا كان تردد الفوتون الساقط (ν) اكبر من تردد العتبة ($\nu_\circ$) فان الالكترونات الضوئية الساقطة سوف تبعث طاقة مساوية الى دالة الشغل ($h\nu = \phi_m$) .

ويمكن قياس الطاقة الحركية العظمى ($K.E_{max}$) للإلكترونات المنبعثة عمليًا عن طريق تطبيق جهد كهربائي سالب على الأنود حيث ستنخفض حركة الإلكترونات حتى يصبح تيار الأنود مساويًا للصفر ، والجهد يعرف عندها بجهد الايقاف (V_s) و يُعرف تيار الأنود الذي يساوي الصفر بجهد الايقاف (V_s). والشكل (7) يوضح ذلك :



شكل (7):علاقة التيار مع الجهد المطبق

$$K.E_{max} = qV_S \quad \text{.....(5)}$$

حيث

(E): طاقة الفوتون. (h):ثابت بلانك.(v) : - تردد الضوء الساقط. ($K.E_{max}$)- الطاقة الحركية القصوى. (V_S): - جهد الايقاف. (q) : - شحنة الإلكترون.

بتساوي المعادلتين (4) و (5) نجد ان:

$$K.E_{max} = qV_S = h(v - v_o) \quad \text{... ... ...} \quad (6)$$

من خلال ما تم شرحه مسبقاً نستنتج ان الفيزياء الكلاسيكية قد فشلت في تفسير الظاهرة الكهروضوئية في انها :

1- لم تستطع اعطاء أي تفسير لتردد العتبة.

2- تنطلق الالكترونات التي تغادر سطح المعدن بطاقة حركية مساوية للصفر.

3- تشير الى ان الزمن اللازم لامتصاص الطاقة اللازمة لفصل الالكترون من المعدن هو 10 sec.

H.W :ما المقصود بالشعاع الكهرومغناطيسي أحادي اللون؟

مثال / دالة الشغل للصوديوم تساوي 1.82eV احسب تردد العتبة (ν_o) للصوديوم ؟

الحل /

نقوم بتحويل دالة الشغل الى الجول

$$\Phi_m = (1.82eV) \times (1.6 \times 10^{-19} \frac{J}{eV}) = 2.912 \times 10^{-19} J$$

$$\because \Phi_m = h\upsilon_\circ \Rightarrow \upsilon_\circ = \frac{\Phi_m}{h}$$

$$\therefore \upsilon_\circ = \frac{2.912 \times 10^{-19}(J)}{6.63 \times 10^{-34}\left(\left(\frac{m^2 \cdot kg}{s^2}\right) or\,(J.\sec)\right)} = 4.392 \times 10^{14}\left(\frac{1}{\sec}\right) \text{or}\,(\text{Hz})$$

مثال/ إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV ؟

الحل/

$$K.E = -qv_\circ$$

$$K.E = -(-1.60 \times 10^{-19} c)(5.7 \frac{J}{c})(\frac{1eV}{1.6 \times 10^{-19} J}) = 5.7\,\text{eV}$$

مثال/ احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz ودالة الشغل بوحدة eV إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm ؟

الحل/

$$\upsilon_\circ = \frac{c}{\lambda_\circ} = \frac{3\times10^{8}\ \frac{m}{\sec}}{310\times10^{-9}\,m} = 9.7\times10^{14}\,Hz$$

$$\phi_m = h\upsilon_\circ = (6.63\times10^{-34}\ \frac{J}{Hz})(9.7\times10^{14}\,Hz\,)(\frac{1eV}{1.6\times10^{-19}\,J})$$

$$\phi_m = 4\,\text{eV}$$

H.W: اذا كانت سرعة الالكترون $6.2\times10^{6}\left(\frac{m}{\sec}\right)$ فما طاقته بوحدة الإلكترون فولت ؟ علما ان كتلة الالكترون هي $(9.11\times10^{-31}kg)$ ؟

H.W/ ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للالكترونات المتحررة من السيزيوم عندا يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425nm اذا كانت دالة الشغل له 1.96 eV ؟

H.W/ جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضحة في الشكل ادناه. ما مقدار الطاقة الحركية العظمة للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية ؟

a. الإلكترون فولت
b. الجول