كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : اطياف ذرية

المحاضرة:الاولى/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

المفعول الكهرضوئي

Photoelectric Effect

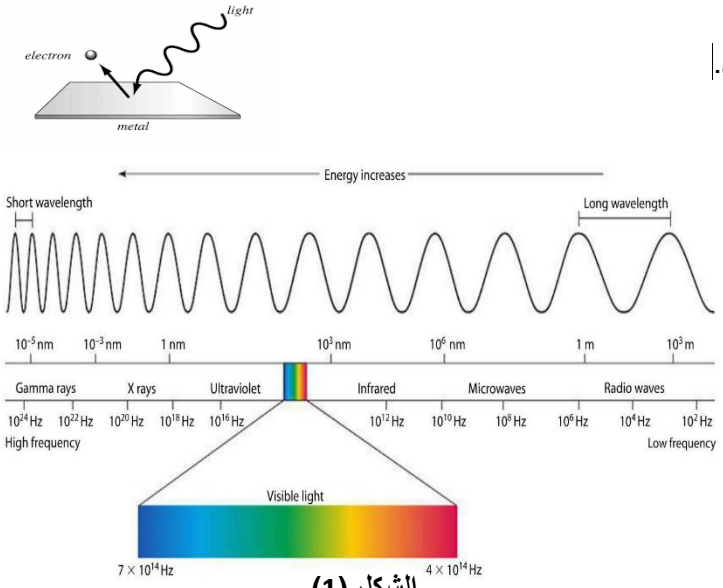
أهداف الجلسة:

1- التعرف على طريقة انتزاع الالكترونات من سطح معدن.
2- انتاج التيار الكهربائي باستخدام المفعول الكهربائي.
3- التحكم بالتيار الكهربائي الناتج.
4- تعيين قيمة ثابت بلانك وتابع العمل الخاص بالمعدن.

أولاً: <u>الجزء النظري:</u>

<u>الطيف الكهرطيسي:</u>

هو حزمة (باقة، مجموعة) من الأطوال الموجية الكهرطيسية التي تنبعث من الذرة المثارة عندما تعود إلى حالة الاستقرار **كما يوضح الشكل (1):**



الشكل (1)

نلاحظ من الشكل (1) أنه كلما نَقُص الطول الموجي λ يزداد التواتر v بدوره تزداد طاقة الموجة الكهرطيسية (طاقة الفوتون) E (من اليمين إلى اليسار) والعكس صحيح **حسب علاقة بلانك** :

$$E = hv$$

<u>حيث أن:</u>

E: طاقة الفوتون الساقط ($joul$ أو eV)

v: تواتر الإشعاع الساقط (s^{-1})

h: ثابت بلانك ($6.626 \times 10^{-34} j.s$)

<u>بالتعريف:</u> المفعول الكهرضوئي هو عملية انتزاع الالكترونات من أسطح المعادن عند سقوط الأشعة الضوئية عليها (المرئية أو فوق البنفسجية).

فعند سقوط شعاع ضوئي ذا طول موجة مناسب (تواتر مناسب) لانتزاع الالكترونات من سطح المعدن يجب أن يكون تواتر الفوتون الساقط على سطح المعدن كافي لأن يُعطي للإلكترون المرتبط بالأيونات الموجبة داخل المعدن طاقة كافية ليمتصها الالكترون ويخرج خارج المعدن متغلباً على طاقة الانتزاع

<u>فإذا كانت</u> طاقة الأشعة الضوئية الساقطة على المعدن E مساوية لطاقة انتزاع الالكترونات من المعدن W_0

$$E = hv = W_0$$

تذكرة كمومية:
من وجهة نظر **<u>الفيزياء الكلاسيكية</u>** إن الضوء هو عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية أما من وجهة **<u>فيزياء الكم</u>** يعتبر الشعاع الضوئي مؤلف من جسيمات تسمى الفوتونات تتناسب طردا مع تواتر الإشعاع الساقط وفقا لعلاقة بلانك $E = hv$

سميت طاقة الربط التي يرتبط بها الالكترون بأيون المعدن الموجب بطاقة الانتزاع أو طاقة الإرتباط ورمزها W_0 وتسمى أيضاً بتابع العمل Work function لأنها طاقة مرتبطة بالعمل اللازم لإخراج إلكترون من المعدن

<u>وبالتعريف</u> هو أقل طاقة كهرطيسية لازمة لاقتلاع الإلكترون من سطح المعدن المُضاء ويعطى بالعلاقة:

$W_0 = hv_0$ **حيث أن:** v_0 تواتر العتبة الخاص بالمعدن أو تواتر الإصدار

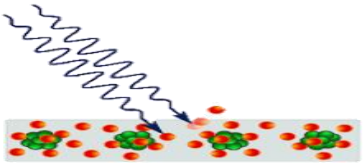
التحويل من الجول $joul$ إلى الالكترون فولط eV

$$E_{(eV)} = \frac{E_{(joul)}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

وبالعكس للتحويل من الالكترون فولط eV إلى الجول $joul$

$$E_{(joul)} = E_{(eV)} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

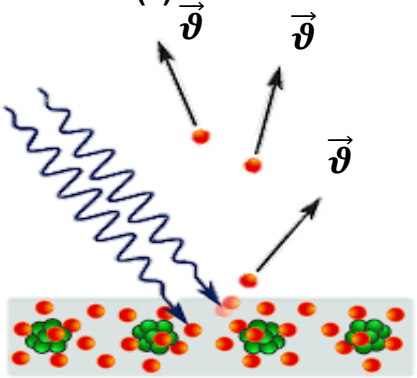
عندها الإلكترونات ستمتص طاقة الفوتون E وتتغلب على طاقة الربط W_0 (طاقة الانتزاع) وتخرج من سطح المعدن من دون طاقة حركية **كما يوضح الشكل (2)**



الشكل (2)

<u>أما إذا كانت</u> طاقة الأشعة الضوئية الساقطة على المعدن E أكبر من طاقة انتزاع الالكترونات من المعدن W_0 **كما يوضح الشكل (3)**

$$E = h\nu > W_0$$



الشكل (3)

وهنا الالكترونات ستمتص طاقة الفوتون E وتتغلب على طاقة الربط W_0 و عندها يتحرك الالكترون بطاقة حركية هذا يعني ان طاقة الفوتون هي مجموع الطاقة الحركية E_k وطاقة الربط W_0

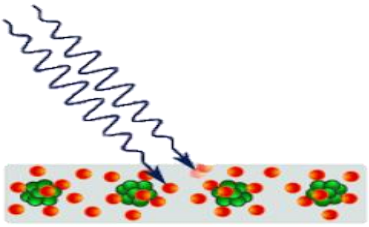
$$E = W_0 + E_k$$

وتسمى هذه العلاقة بـ علاقة أينشتاين لتحرير الإلكترونات في تأثير الظاهرة الكهروضوئية

ولأخذ العلم إن لِكُل معدن تواتراً خاصاً به يسمى تواتر العتبة ν_0 دونه لا يحدث انتزاع الالكترونات وهذه العملية تعتمد على العديد من المتغيرات

1- شدة الإشعاع الضوئي E
2- تواتر الإشعاع الضوئي ν
3- الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر E_k
4- نوع المعدن

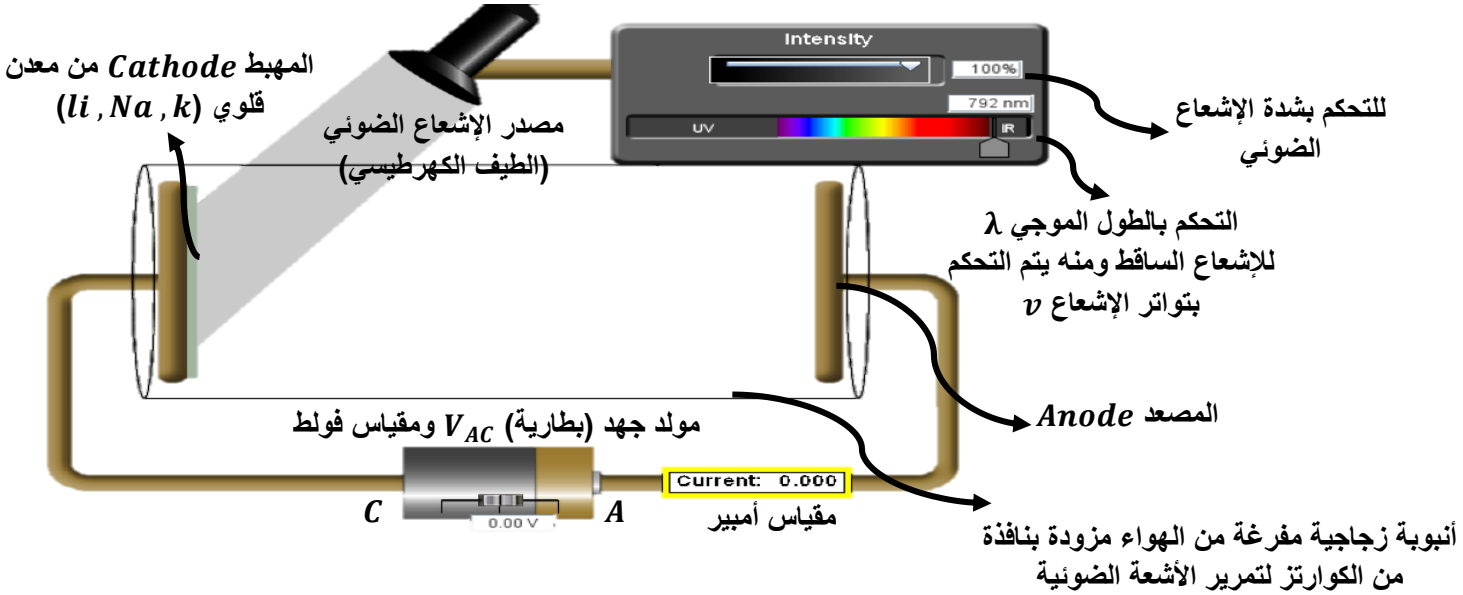
<u>أما في حال كانت</u> طاقة الأشعة الضوئية الساقطة على المعدن E أصغر من طاقة انتزاع الكترونات المعدن W_0 فلن تُنتزع الالكترونات من سطح المعدن **كما يوضح الشكل (4)**



الشكل (4)

$$E = h\nu < W_0$$

ولدراسة ظاهرة المفعول الكهرضوئي تجريبياً نقوم بتوصيل أدوات التجربة **<u>كما هو موضح بالشكل جانباً:</u>**



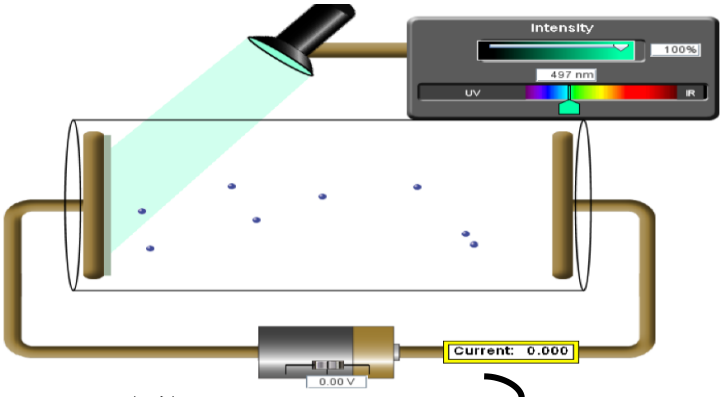
أولاً: نجعل جهد البطارية $V_{AC} = 0$ نقوم بتسليط شعاع ضوئي على صفيحة معدن المهبط وليكن الصوديوم فنلاحظ انبعاث الكترونات من سطح المعدن ولكن مقياس الامبير لا يسجل اي مرور لتيار كهربائي $i = 0$ وهذا يمكن تفسيره من خلال أن تواتر الإشعاع الساقط ν أكبر من تواتر العتبة ν_0 ولكن عدد الالكترونات غير كافي ليتحسسه مقياس الأمبير **كما يوضح الشكل (5):**

والآن لنزيد من تواتر الإشعاع الساقط على المعدن فيزداد عدد الالكترونات المُقتلعة وتمتلك عندها طاقة حركية E_k كافية فيشير مقياس الأمبير لمرور تيار كهربائي في الدارة **كما يوضح الشكل (6):**

ثانياً: نقوم برفع جد البطارية نحو قيماً موجبة $V_{AC} = +$ فيقوم بدوره بتسريع الالكترونات نحو المصعد بوساطة الحقل الكهربائي أي زيادة طاقتها الحركية فقط ولا تزداد شدة التيار الذي يسجله مقياس الأمبير **كما يوضح الشكل (7):**

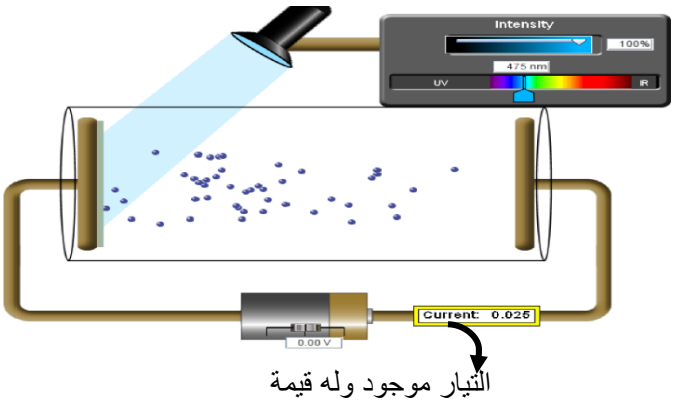
سبب استخدام المعادن القلوية في هذه التجربة؟؟!!

تُستخدم المعادن القلوية في هذه التجربة مثل الصوديوم والبوتاسيوم وغيرها من عناصر العمود الثاني في الجدول الدوري لأن هذه المعادن تتمتع بطاقة انتزاع الكترونات منخفضة نسبيا (تابع عمل منخفض)



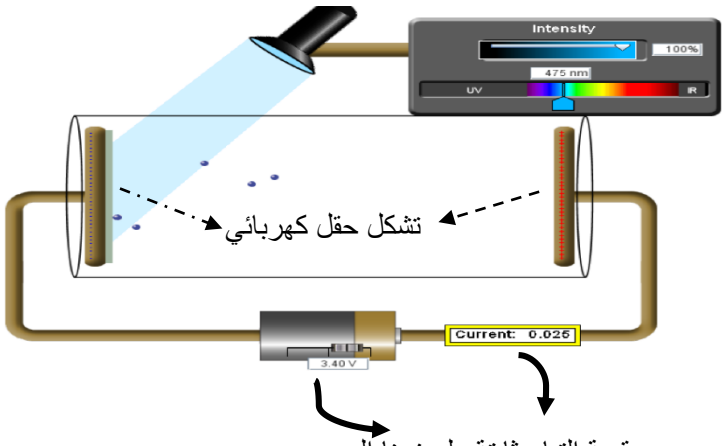
الشكل (5)

التيار معدوم بالرغم من انبعاث الكترونات ووصولها للمصعد



التيار موجود وله قيمة

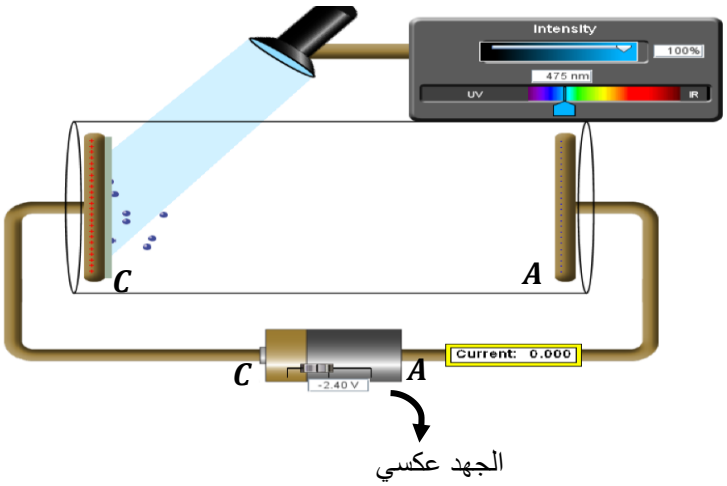
الشكل (6)



قيمة التيار ثابتة ولو زدنا الجهد

الشكل (7)

ثالثاً: نقوم بخفض جهد البطارية نحو قيماً سالبة $V_{AC} = -$ (عكس القطبية)



نلاحظ انعدام التيار من أجل قيمة محدده لجهد البطارية هذه القيمة من جهد البطارية التي سببت انعدام التيار في الدارة تسمى **جهد الإيقاف** V_s بالتالي: $V_{AC} = -V_s$

وتعليل ذلك هو أن الإلكترونات الصادرة عن المهبط يتم كبحها بواسطة الحقل العكسي المطبق

- يمكن حساب جهد الإيقاف باستخدام نظرية الطاقة الحركية على الكترون كتلته m ينتقل من المهبط إلى المصعد بسرعة ϑ

$$\Delta E_k = e.V_{AC}$$

$$E_{k_A} - E_{k_C} = e.V_{AC}$$

$$\frac{1}{2}m\,\vartheta_A^2 - \frac{1}{2}m\vartheta_c^2 = e.V_{AC}$$

وبما أن الالكترونات لا تصل إلى المصعد عند جهد الإيقاف هذا بالتالي سرعة الالكترونات عند المصعد A معدومة أي $\vartheta_A = 0$ فيكون:

$$-\frac{1}{2}m\vartheta_c^2 = e.V_{AC}$$

وبما أن: $V_{AC} = -V_s$ عند انعدام التيار بالجهد العكسي

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m\vartheta_c^2 = -e.V_{AC} = e.V_S$$

إذاً من خلال هذه العلاقة يمكن حساب أقصى سرعة للإلكترونات المنطلقة من المهبط أيضاً. $\vartheta_c = \vartheta_{max}$

$$\frac{1}{2}m\vartheta_c^2 = e.V_S \ldots\ldots\ldots\ldots (*)$$

هام جداً

- تغير جهد الإيقاف بدلالة التردد وحساب ثابت بلانك بيانياً:

انطلاقاً من علاقة أينشتاين لتحرير الإلكترونات في تأثير الظاهرة الكهروضوئية

$$E = W_0 + E_k$$

يمكن حساب جهد الإيقاف

$$E_k = E - W_0$$

وبما أن $E = hv$ نجد:

$$\Rightarrow \quad E_k = hv - W_0$$

$$\frac{1}{2}m\vartheta_c^2 = hv - W_0$$

إذاً من العلاقة (*) نجد:

$$e.\boldsymbol{V_S} = hv - W_0$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{V_S} = \frac{h}{e}\,v - \frac{W_0}{e}$$

وهي العلاقة المعبرة عن تغير جهد الإيقاف $\boldsymbol{V_S}$ بدلالة التواتر v وهي معادلة خطية من الدرجة الأولى $y = mx + b$ ومن خلالها يمكننا حساب ميل الخط البياني وإيجاد قيمة ثابت بلانك وطاقة الانتزاع الخاصة بالمعدن المدروس.

الجزء العملي:

1- ارسم الخط البياني الذي يعبر عن $f(v) = i$؟ من أجل شدة ضوئية ثابتة

$\boldsymbol{\lambda}$ $(\boldsymbol{nm})$						
$\boldsymbol{\lambda}$ $(\boldsymbol{m})$						
v (Hz)						
i (A)						

2- ارسم الخط البياني الذي يعبر عن $f(v) = \boldsymbol{V_S}$؟ من أجل شدة ضوئية ثابتة وعين بيانياً ثابت بلانك h وقارنه مع قيمته النظرية $h = 6.626 \times 10^{-34} j.s$ وعين تابع العمل المدروس W_0 ثم ابحث من خلال هذه القيمة عن نوع المعدن التابع له؟

$\boldsymbol{\lambda}$ $(\boldsymbol{nm})$					
$\boldsymbol{\lambda}$ $(\boldsymbol{m})$					
v (Hz)					
$\boldsymbol{V_S}$					

معلومة: يمكن حساب التواتر من العلاقة $v = \frac{C}{\lambda}$ ، حيث أن: سرعة الضوء $C = 3 \times 10^8\ m.s^{-1}$ ، شحنة الالكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} c$

مسألة:

يبعث مصباح نوعان من الأشعة طول موجة الأولى $\boldsymbol{\lambda_1} = 550\ nm$ والثانية $\boldsymbol{\lambda_2} = 750\ nm$ تسقط هذه الأشعة على صفيحة من معدن السيزيوم، مع العلم أن تابع العمل لهذه الصفيحة يساوي $W_0 = 1.9\ eV$ **والمطلوب:**

1- أثبت أن هذا السطح يصدر الإلكترونات الضوئية عند سقوط هذه الأشعة عليه.
2- احسب السرعة العظمى التي تنطلق بها هذه الإلكترونات.

انتهت المحاضرة