نجاح وفشل النظرية الكهرومغناطيسية لمكسويل

نجاح النظرية	فشل النظرية
اثبت أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية	لم تستطع تفسير أن جميع الاجسام تبعث طيفاً من الموجات كهرومغناطيسية
فسر بعض الظواهر الضوئية مثل التداخل والحيود والاستقطاب وغيرها	
اكتشف أن الفلزات تبعث الالكترونات بشكل غريب عندما يتعرض سطح هذا الفلز إلى إشعاع فوق بنفسجي .	
الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص جسيمية وموجية .	

الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام :

ما المقصود بشدة الاشعاع : هي كمية الطاقة الإشعاعية التي تسقط عمودياً على وحدة المساحات خلال ثانية وتقاس بوحدة W/m^2

ـ فما طبيعة هذه الاشعاعات ؟

- عند زيادة جهد المصباح فإن درجة حرارة الفتيلة المتوهجة تزداد ويتغير اللون من الأحمر الداكن إلى البرتقالي ، ثم على الأصفر وأخيراً على الأبيض .

وسبب التغير في اللون هو الارتفاع في درجة حرارة الفتيلة ، فأصبحت تبعث إشعاعاً بتردد اعلى .في طرف الطيف المرئي عالي التردد يختلط اللونان الأزرق والبنفسجي مع الأحمر والبرتقالي مما يؤدي إلى أن تظهر الفتيلة باللون الأبيض .

توقعات النظرية الكهرومغناطيسية :

الجسيمات المشحونة المهتزة في فتيل المصباح الكهربائي تبعث الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء حيث تتوهج الفتيلة لأنها ساخنة .لذلك يسمى المصباح **الكهربائي بالمتوهج .**

تعتمد الالوان التي تراها على شدة الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة بترددات مختلفة وعلى حساسة عينك لهذه الموجات

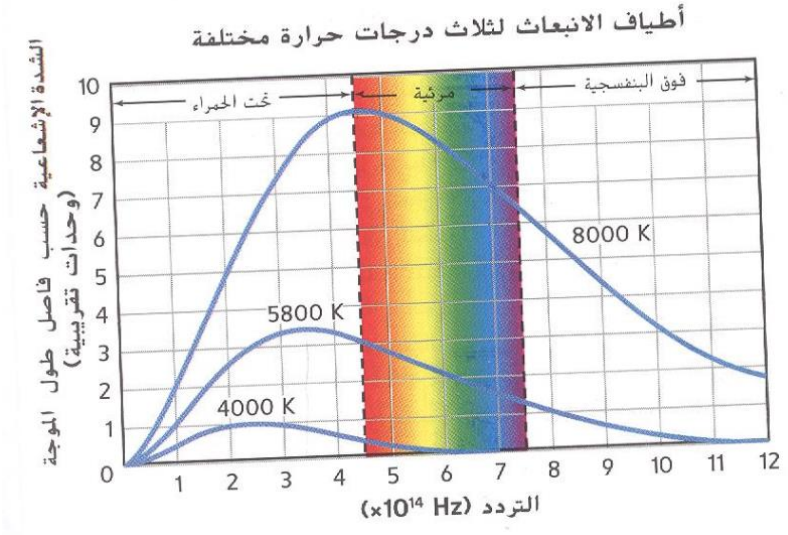
أطياف الإنبعاث :

- **ما ذا تتوقع أن تشاهد إذا نظرت على الفتيلة المتوهجة من خلال محزوز حيود .؟**

تشاهد جميع ألوان قوس المطر

ويبعث المصباح ايضاً أشعة غير مرئية مثل تحت الحمراء وفوق بنفسجية

التمثيل البياني لشدة الإشعاع المنبعث من جسم على مدى من الترددات .



المشاهدة :

- تبلغ شدة الإشعاع قيمتها القصوى عند تردد معين .
- تقل شدة الإشعاع تدريجياً كلما زاد التردد عن التردد الذي تصل شدة الإشعاع عنده القيمة القصوى حتى تنعدم عند الترددات الكبيرة جداً .
- تقل شدة الإشعاع تدريجياً كلما قل التردد عن التردد الذي تصل شدة الإشعاع عنده قيمتها القصوى حتى تنعدم عند الترددات القصيرة جداً .

–**كلما ازدادت درجة الحرارة الجسم** فإن التردد الذي ينبعث عنده القيمة العظمى من الطاقة يزداد أيضاً .

www.almanahj.com

الربط بعلم الفلك :

- تزداد القدرة الكلية المنبعثة من الجسم بزيادة درجة حرارته . (الطاقة المنبعثة في الثانية تتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة للأجسام الساخنة مرفوعة للقوة الرابعة (T^4) .
- الأجسام الساخنة تشع في كل ثانية مقداراً من الطاقة أكبر بكثير مما تشعه الأجسام الباردة .

مثال : الشمس

–مقدار الطاقة الكلية المشعة من الجسم تمثله المساحة تحت المنحنى

تفسير أطياف الإنبعاث :

عام 1900 **استطاع ماكس بلانك حساب الطيف** فقط في حال افتراض أن **الذرات لا تمتص ولا تشع إلا كميات محددة من الطاقة** وأن تغيرا ت طاقة الذرة في الجسم الصلب تتناسب مع ناتج ضرب تردد الاهتزاز في عدد صحيح :

طاقة الاهتزاز $E = nhf$

طاقة الذرة المهتزة تساوي حاصل ضرب عدد صحيح في ثابت بلانك وفي تردد الاهتزاز.

$h = 6.63\times10^{-34}$ J.S ثابت بلانك سرعة الضوء $C= 3\times10^{8}$ m/s

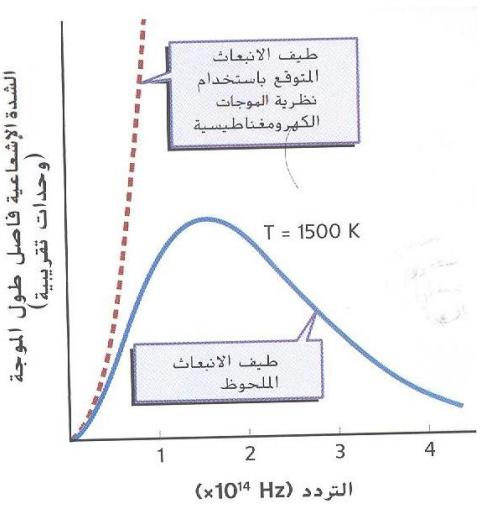
E : الطاقة وتكون بوحدة الجول J ، $n = (1 , 2 ,3 ,\ldots\ldots)$ عدد الفوتونات وهو عدد صحيح .

هام جداً- **الطاقة مكمّاة** :اي تتكون من حزم ذات كميات محددة ،ومن المستحيل أن تساوي n قيم كسرية

تغير الاهتزازات :

نظرية الموجات الكهرومغناطيسي	نظرية بلانك
الذرات تبعث إشعاعات في كل الاوقات على نحو مستمر	**الذرات تبعث إشعاعاً أثناء تغير طاقتها فقط ،** **مثلاً :** تغيرت الطاقة من 3hf إلى 2hf فإن الذرة تصدر إشعاعاً ، الطاقة المنبعثة تساوي التغير في طاقة الذرة وتساوي hf .

الشكل التالي يبين الفرق بين الطيف المتوقع والطيف الملحوظ تجريبياً .



1 – تتفق النظرية الكهرومغناطيسية مع النتائج التجريبية في أن :

- شدة الإشعاع تقل بتناقص التردد (f) لتنعدم عند الترددات الصغيرة جداً .

2 – تخفق النظرية الكهرومغناطيسية في :

- تفسير وجود تردد معين تكون عنده شدة الإشعاع أكبر ما يمكن .
- التنبؤ بانعدام شدة الإشعاع عند التردد الكبيرة جداً .

ملاحظة : تتوقع النظرية الكهرومغناطيسية أن شدة الإشعاع تزداد بشكل كبير جداً بتناقص الطول الموجي فتزداد الطاقة المشعة من الجسم زيادة هائلة باقتراب الطول الموجي من الصفر . وهذا توقع غير صحيح .

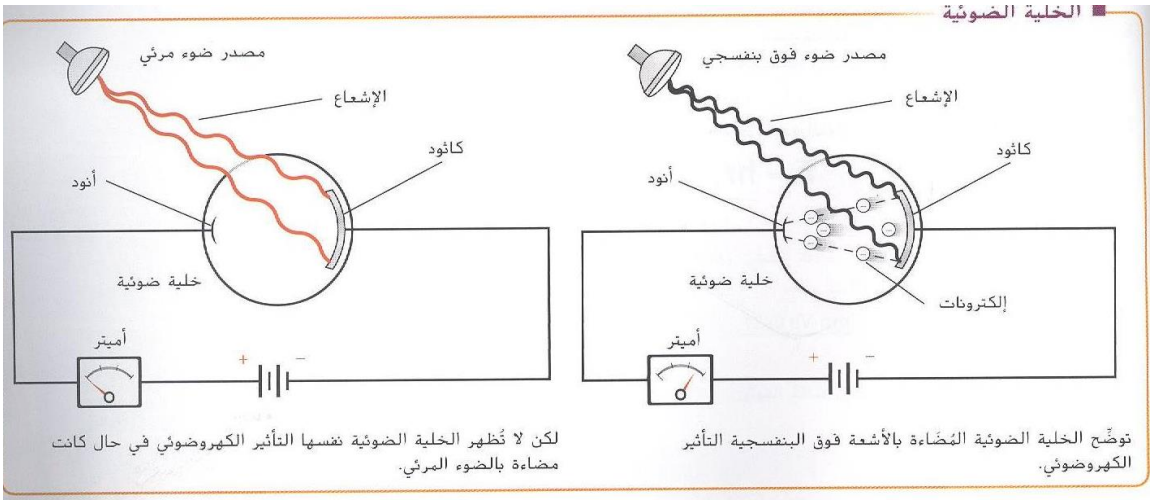
بينما النتائج التجريبية أثبتت أن شدة الإشعاع تزداد بتناقص الطول الموجي إلى أن يصل تقريباً إلى طول موجة اللون فوق البنفسجي بعدها تبدأ شدة الإشعاع بالتناقص تدريجياً بتناقص الطول الموجي .

www.almanahj.com

التأثير الكهروضوئي :

هوإنبعاث الكترونات من سطح فلز عندما يسقط عليه إشعاع كهرومغناطيسي مناسب .

يمكن دراسة التأثير الكهروضوئي باستخدام خلية ضوئية . كما في الشكل التالي :



مكونات الخلية الكهروضوئية

1– قطبين فلزيين أحدهما مصعد (صغير الحجم) وآخر مهبط (كبير الحجم)

2 - أنبوب مفرغ من الهواء ومحكم الإغلاق مصنوع من الكوارتز ؟ لمنع تأكسد سطوح الفلزين ومنع الالكترونات من التباطؤ أو التوقف نتيجة تفاعلها مع الجسيمات الموجودة مع الهواء ، من الكوارتز : لكي يسمح للأطوال الموجية للأشعة الفوق بنفسجية بالنفاذ من خلالها .

3 – يطلى المهبط بمادة السيزيوم ؟ لأن دالة شغلها صغيرة .

4 – المصعد يصنع من سلك رفيع ؟ لكي يحجب كمية قلية من الإشعاع الساقط .

- بتطبيق فرق جهد على القطبين ينجذب الالكترونات في اتجاه المصعد .

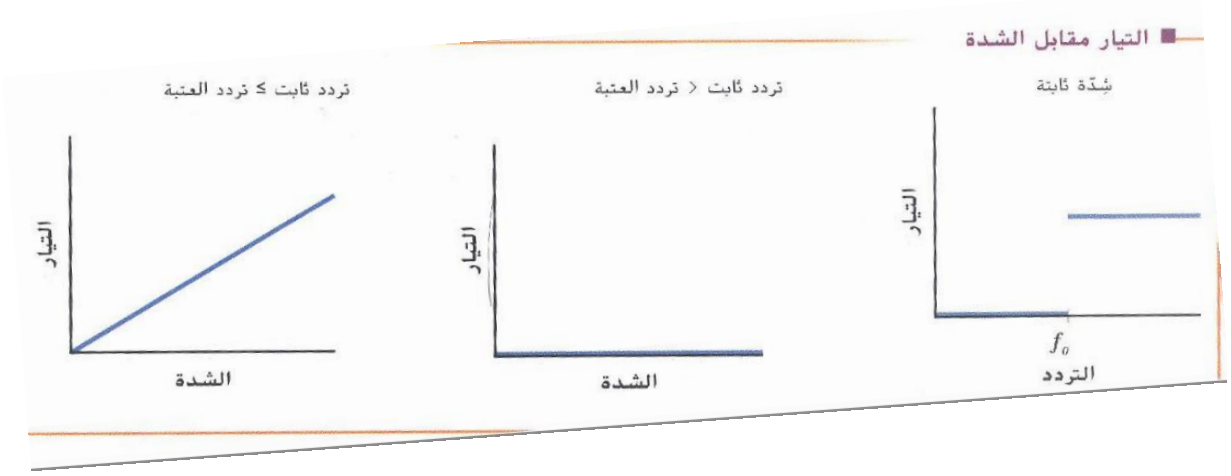
5 – في حالة عدم سقوط إشعاع على الكاثود (القطب السالب) لا يسري تيار في الدائرة الكهربائية .

ولكن عندما يسقط عليه إشعاع بترددات معينة ينتج تيار كهربائي يتم قياسه بواسطة الاميتر .

6 – تمتص الالكترونات طاقة الأشعة فتتحرر من تأثير طاقة الوضع التي تشدها إلى الكاثود لتتدفق إلى الآنود أو القطب الموجب فيشكل تياراً يسري في الدائرة الكهربائية .

وتسمى الالكترونات المتدفقة **بالالكترونات الضوئية** .

تردد العتبة f_0 :أقل تردد يؤدي إلى تحرير الكترونات من سطح فلز



النظرية الكهرومغناطيسية والتأثير الكهروضوئي :

وجه المقارنة	توقعات النظرية الكهرومغناطيسية	نتائج مختبرية
تحرر الالكترونات يعتمد على	شدة الضوء وليس تردده ،أحمرساطع يحرر أخضر خافت لا يحرر	تردد الضوء وليس شدته أخضرخافت يحرر أحمرساطع لا يحرر
طاقة حركة الإبكترونات المتحررة ($K.E_m$) تعتمد على	شدة الضوء وليس تردده	تردد الضوء وليس شدته
عدد الالكترونات المتحررة يعتمد على	شدة الضوء مهما كان تردده	شدة الضوء شرط أن يكون تردده كافياً
زمن تحرر الإلكترونات يعتمد على	يستغرق وقتاً إذا كانت الشدة منخفضة . ومباشرة إذا كانت الشدة عالية	مباشرة بشرط أن يكون التردد مناسباً سواء أكانت الشدة منخفضة أو عالية .

www.almanahj.com

الفوتونات والطاقة المكمَّاة:

نشر اينشتاين 1905 م نظرية تفسر التأثير الكهروضوئي ،

يتكون الضوء والأشكال الأخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي من حزم مكمّاة ومنفصلة من الطاقة ،

سمي كل منها **فوتون** وتعتمد طاقة الفوتون على تردده ،

طاقة الفوتون $E = hf$

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الفوتون.

حيث f التردد ووحدة قياسه الهرتز Hz=1/s . h ثابت بلانك وحدة قياسه J.S

وحدة الجول وحدة طاقة كبيرة جداً ، فالوحدة الاكثر شيوعاً للطاقة هي الالكترون فولت (eV) .

تعريف الالكترون فولت (eV) : هي الطاقة التي يكتسبها إلكترون أو بروتون عندما يتسارع عبر فرق جهد مقداره (1V) :

$$1\,\text{eV} = (1.60\times10^{-19}\,\text{C})(1\,\text{V})$$
$$= 1.60\times10^{-19}\,\text{C.V}$$
$$= 1.60\times10^{-19}\,\text{J}$$

معادلة طاقة الفوتون بوحدة الكترون فولت (eV):

طاقة الفوتون $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240\ \text{eV.nm})}{\lambda}$

طاقة الفوتون تساوي حاصل قسمة 1240 eV . nm على الطول الموجي للفوتون .

نعريف الفوتون : اصغر جزء من الطاقة

استراتيجيات حل المسألة

وحدات hc وطاقة الفوتون

يُزوِّدنا تحويل الكمية hc إلى وحدة eV.nm بمعادلة مبسطة يمكن أن تستخدم لحل المسائل التي تتضمن الطول الموجي للفوتون.

1. تعطى طاقة فوتون طوله الموجي λ بالمعادلة $E = hf$.
2. لأن $f = c/\lambda$، فإنه يمكن كتابة هذه المعادلة على شكل $E = hc/\lambda$.
3. عند استخدام المعادلة $E = hc/\lambda$، إذا كان مقدار hc بوحدة eV.nm مقسومًا على λ بوحدة nm فسوف تحصل على الطاقة بوحدة eV؛ لذا من المفيد أن تعلم مقدار hc بوحدة eV.nm.
4. يتم تحويل وحدة قياس hc إلى وحدة eV.nm على النحو الآتي:

$$hc = (6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})\ (2.998\times10^{8}\ \text{m/s})$$

$$\left(\frac{(1\ \text{eV})}{(1.602\times10^{-19}\ \text{J})}\right)\frac{10^{9}\text{nm}}{1\ \text{m}} = 1240\ \text{eV.nm}$$

5. بتعويض $hc = 1240$ eV.nm في معادلة طاقة الفوتون تحصل على المعادلة التالية؛ حيث λ بوحدة nm والطاقة E بوحدة eV:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240\ \text{eV.nm})}{\lambda}$$

6. استخدم المعادلة أعلاه لحل مسائل طاقة الفوتون عندما تكون الطاقة مطلوبة بوحدة eV.

www.almanahj.com

بلانك وإينشتاين :.

لكي يفلت إلكترون من المعدن لا بد ان يتغلب على القوة التي تربطه بالمعدن ويتطلب هذا الإفلات من سطح المعدن أن يتوفر للإلكترون كمية دنيا من الطاقة تسمى دالة الشغل للمعدن hf_0

1 – الطاقة الضوئية تنبعث وتمتص على شكل كمات منفصلة تسمى فوتونات .

2 – طاقة الفوتون الواحد تتناسب طردياً مع تردده $E = h f$

3 – لكل فلز حد أدنى من الطاقة اللزمة لتحرير إلكتروناته تسمى دالة الشغل Ø حيث $Ø = hf_0$

ودالة الشغل ثابت للفلز الواحد . f_0 : تردد العتبة للفلز (أقل تردد يحرر طاقة)

4 – الإلكترون الواحد يمتص فوتون واحد فقط .

5 – العلاقة بين طاقة الفوتون ودالة الشغل . KE = E - Ø

الطاقة الحركية لإلكترون كهروضوئي $KE = hf - hf_0$

الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط hf والطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من الفلز hf_0.

1 – لن تتحرر الكترونات $1 - E \prec \phi \Rightarrow f \prec f_0$

2 – تتحرر الكترونات دون طاقة حركية $2 - E = \phi \Rightarrow f = f_0$

3 – تتحرر الكترونات وتكتسب طاقة حركية قصوى $3 - E \succ \phi \Rightarrow f \succ f_0$

انتبه :

1 – تعتمد طاقة الفوتونات Eعلى التردد f (تناسب طردي) وطول الموجة λ (تناسب عكسي)

2 - تعتمد دالة الشغل Ø وتردد العتبة f_0 على نوع الفلز

3 – تعتمد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنطلقة من الفلز $K.E_m$ على كل من

أ – طاقة الفوتونات الساقطة E : تزداد $K.E_m$ بزيادة E

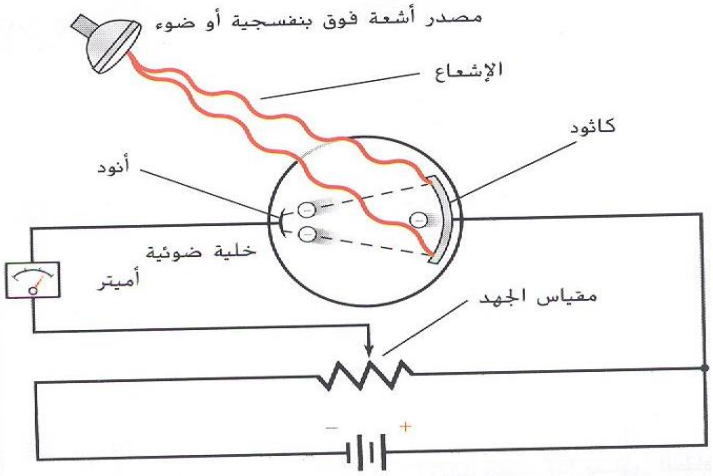
ب – دالة الشغل للفلز Ø : تزداد $K.E_m$ بتناقص Ø

ملاحظة هامة للتذكير والتأكيد :

- بزيادة التردد (f) تزيد طاقة الفوتون الواحد (E) ولاتتغير عدد الفوتونات n وشدة الاشعاع
- بزيادة شدة الاشعاع أو شدة السطوع يزيد عدد الفوتونات (n) أما طاقة الفوتون الواحد (E) فلا تتأثر

م	خصائص التأثير الكهروضوئي	التفسير حسب نظرية اينشتاين
1	تحدث ظاهرة التاثير الكهروضوئي عند تردد العتبة للمعدن	لأن طاقة الفوتونات تكون أكبرأو يساوي دالة الشغل فتستطيع تحرير الكترونات من سطح الفلز
2	لا تحدث ظاهرة التأثير الكهروضوئي عند تردد ادنى من تردد العتبة مهما كانت شدة الضوء الساقط	لأن طاقة حركة الإلكترونات لا يمكن أن تكون سالبة . لذلك طاقة الفوتون يجب أن تكون أكبرمن دالة الشغل أو تساويها حتى تستطيع تحرير الإلكترون (طاقة الفوتون تعتمد على تردد الضوء وليس شدته)
3	طاقة حركة الالكترونات القصوى المتحررة تعتمد على تردد الضوء	لإن طاقة الحركة القصوى للإلكترونات ($k.E_m$) تعتمد على طاقة الفوتون E وطاقة الفوتون تعتمد على تردد الضوء الساقط $K.E_m = E - Ø = h f - h f_0$
4	طاقة حركة الالكترونات المتحررة لاتعتمد على شدة الضوء	بزيادة شدة الضوء يزيد عدد الفوتومات الساقطة فيزيد عدد الابكترونات المتحررة أما ($K.E_m$) فتبقى ثابتة لأنها تعتمد على تردد الضوء ودالة الشغل فقط .
5	الانبعاث اللحظي للإلكترونات عندما يكون تردد الضوء مناسباً .	لأن الإلكترون يمتص فوتون واحد فقط فإما أن يتحرر فوراً إذا كانت ($f \geq f_0$) أو لايتحرر إذا كانت ($f<f_0$)

www.almanahj.com



اختيار نظرية الفوتون :

في الجهاز المجاور يستخدم فرق جهد متغير لضبط فرق الجهد المطبق بين قطبي الخلية الكهروضوئية ،
ونتيجة لضبط فرق الجهد .
تخسر الالكترونات المتحررة طاقة للوصول إلى الأنود . وتصل إلية فقط الإلكترونات المتحررة من الكاثود وذات الطاقة الحركية العالية .
وكلما ازداد فرق الجهد المعاكس تحتاج الالكترونات على طاقة حركية أكبر لوصول إلى الأنود .
وبالتالي يصل إلى عدد قليل من الالكترونات لتكمل دورتها .

تعريف جهد الإيقاف : فرق الجهد المطبق على قطبي الخلية والتي عنده لن يصل أي الكترون إلى الأنود .
وبالتالي يتوقف سريان التيار .
عند جهد الإيقاف تكون الطاقة الحركية للالكترونات عند الكاثود مساوية للشغل المبذول من المجال الكهربائي لإيقافها .

ويمكن التعبير عنها بالمعادلة : $KE = -e\Delta V_0$

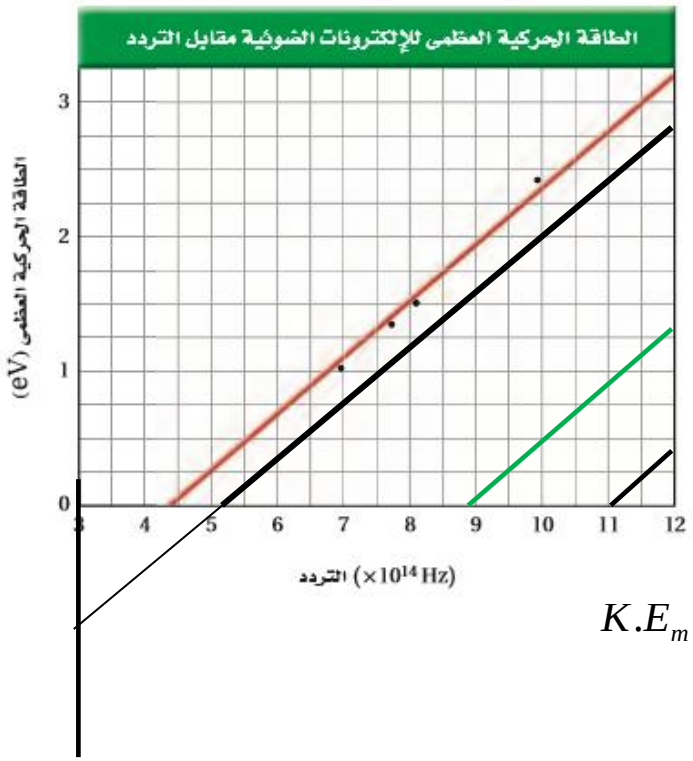
KE : طاقة الحركة J

ΔV_0 : فرق جهد الإيقاف بوحدة J/C ، $e = -1.6\times10^{-19}$ c شحنة الالكترون

تطبيق التأثير الكهروضوئي : يقرأ من الكتاب

الكاميرا الرقمية : تستخدم شبكة من كاشفات التأثير الكهروضوئي الدقيقة .
حيث يجتمع الملايين منها في بضعة سنتيمترات مربعة وهي مصممة بحيث يدخل الضوء إليها من خلال العدسة ،
ويمرعبر من المرشحات الموضوعة فوق كاشفات التأثير الكهروضوئي ، حيث تسمح --------

قياس h (ثابت بلانك) :



1 - المنحنى البياني (طاقة حركة عظمى – تردد)
تقاطع الخط مع المحور يساوي تردد العتبة للفلز f_0.

2 –ميل الخط المستقيم (طاقة حركة عظمى – تردد)
يساوي ثابت بلانك $h = \frac{\Delta K.E}{\Delta f}$

3 – تقاطع إمتداد الخط المستقيم مع محور
طاقة الحركة يساوي دالة الشغل $-hf_0$

4 - لحساب السرعة القصوى للإلكترونات المنطلقة نستخدم العلاقة التالية $K.E_m = \frac{1}{2} m_e v_m^2$
حيث m كتلة الإلكترون

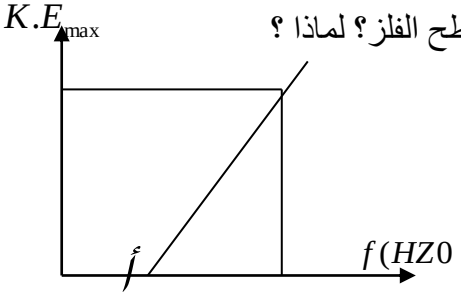
حل المسائل التالية

س 1 : إذا اسقط شعاع ضوئي طاقة كل من فوتوناته (4.87×10^{-19} J) على سطح معدن تردد العتبة له (1.24×10^{15}Hz) علما أن ($C = 3.0 \times 10^{8}$ m/s $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s) فاحسب :

1- طول موجة الفوتونات الساقطة

2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة

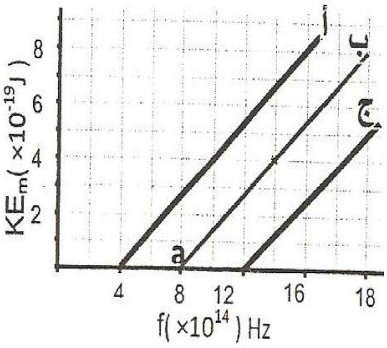
س2 :الشكل المقابل أدناه يمثل العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط على سطح الفلز (f) باستخدام بيانات الرسم اجب عما يلي :



1- ما الذي يطرأ على قيمة النقطة (أ) عند زيادة تردد الضوء الساقط على سطح الفلز؟ لماذا ؟

2- ماذا يساوي ميل الخط ؟

س3 : يظهر الشكل المجاور الخط البياني للعلاقة بين طاقة الحركة القصوى للالكترونات المنبعثة من سطح ثلاثة فلزات و تردد الضوء الساقط عليه معتمدا على الشكل اجب عما يلي :



1- ما الذي تمثله النقطة a على الرسم ؟

2- احسب دالة الشغل للمعدن ب ؟

3- إذا سقط ضوء تردده (7×10^{15} Hz) فما مقدار الطاقة الحركية القصوى للالكترونات المتحررة من كل معدن ؟

www.almanahj.com

4- إذا سقط ضوء بتردد معين بحيث يحرر الالكترونات من المعادن الثلاثة فأي الالكترونات تمتلك طاقة حركية اكبر

5- ما اقل تردد يلزم لتحرير الالكترونات من جميع الفلزات (أ , ب , ج) ؟

تأثير كمبتون :

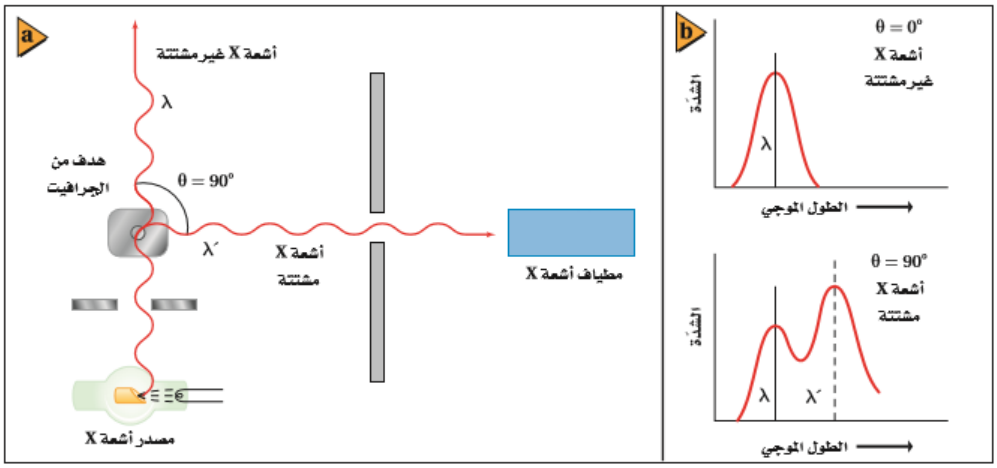
- يُظهر التأثير الكهروضوئي أن للفوتون طاقة حركية تماماً كما للجسيمات بالرغم أن ليس له كتله ،
- أقترح أينشتاين أن الفوتون يجب أن يكون له خاصية جسيمية اخرى هي الزخم (كمية الحركة) وبين أن الكمية الحركة P تساوي

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} \qquad \text{زخم الفوتون}$$

زخم الفوتون يساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على الطول الموجي للفوتون.

- أثبت العالم كومبتون عام 1922 م نظرية أينشتاين عملياً ودعمت النموذج الجسيمي للضوء .

تجربة كمبتون :



اسقط اشعة X ذات طول موجي معلوم على هدف من الجرافيت وقاس الأطوال الموجية لأشعة X التي شتتها الهدف لاحظ كومبتون :

www.almanahj.com

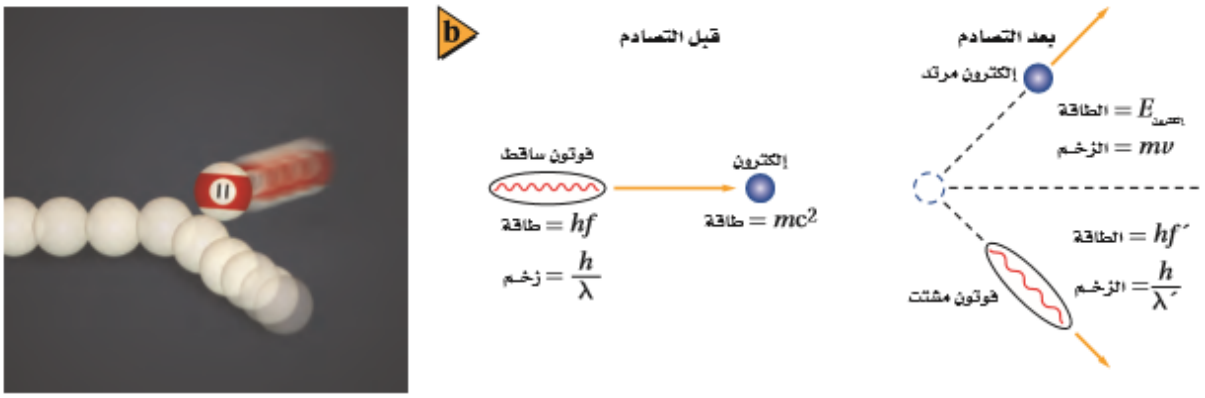
1- بعض الأشعة السينية المشتته لم يتغير طولها الموجي .مما للإشعاع الساقط

2- بعض الأشعة السينية المشتته زاد طوله الموجي مما للإشعاع الساقط .

من خلال دراستك لطاقة الفوتون $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ تلاحظ أن الطاقة تتناسب عكسياً مع الطول الموجي

- لاحظ كومبتون أن الزيادة في الطول الموجي تعني أن فوتونات أشعة اكس x قد فقدت طاقة وكمية حركة . **تسمى الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة تأثير كومبتون .** وهذه الإزاحة في الطاقة صغيرة جداً

الفوتونات وبقاء الطاقة وكمية الحركة :



لاحظ كومبتون في التجارب الأخيرة تحرر الكترونات من حاجز الجرافيت خلال إجراء التجربة ، اقترح أن فوتونات أشعة اكس x اصطدمت بالالكترونات الموجودة في هدف الجرافيت ، ونقلت الطاقة وكمية الحركة إليها . اعتقد أن تصادم فوتون – الكترون مشابهة لتصادم كرات البلياردو .

وجد كومبتون أن الطاقة وكمية الحركة اللذين تكتسبها الالكترونات يساويان الطاقة وكمية الحركة اللذين تفقدهما الفوتونات .لذا فإن الفوتونات تحقق قانوني حفظ كمية الحركة والطاقة عندما تصطدم بجسيمات أخرى .

س – ميز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون ؟

ج / تأثير كومبتون عبارة عن تشتت الفوتون بواسطة المادة منتجة فوتوناً له طاقة وزخم أقل في حين التأثير الكهروضوئي عبارة عن إنبعاث الكترونات من الفلز عندما يسقط عليه إشعاع ذو طاقة كافية .

موجات المادة :

موجات دي برولي :

إذا كان للموجات الكهرومغناطيسية خصائص جسيمية كحفظ كمية حركة وطاقة ، فهل يمكن للجسيمات أن تسلك سلوك الموجات وذلك بأن تظهر الحيود والتداخل ؟

عام 1923 طرح العالم الفرنسي دي برولي أن للجسيمات المادية خصائص موجية ، وقد قوبل بالرفض من علماء أخرين حينها . حتى اقر أينشتاين أبحاث دي برولي وأقرها .

- كمية حركة جسم يساوي كتلته مضروباً بسرعته $p=m\nu$ وقياساً فإن كمية حركة الفوتون .

λ : الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك ويسمى طول موجة دي برولي

$$p = m\nu = \frac{h}{\lambda}$$

طول موجة دي برولي $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\nu}$

طول موجة دي برولي المصاحبة لجسيم متحرك تساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على زخم الجسيم.

في عام 1927 م أجريت تجربتان مستقلتان أثبتت نتائجهما أن الالكترونات تحيد تماماً كالضوء . وهو يعد دليلاً على الخصائص الموجية للألكترونات

إن الطبيعة الموجية للأجسام التي تراها وتتعامل معها يومياً لا يمكن ملاحظتها لأن أطوالها الموجية قصيرة جداً .

س2 : تغادركرة بيسبول وزنها 0.145 Kg المضرب (الخفاش) بسرعة 38 m/s .
أحسب طول موجة كرة البيسبول ؟

الحل

$$\lambda = \frac{h}{m\nu} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.s}}{(0.145\ \text{kg})(38\ \text{m/s})} = 1.2 \times 10^{-34}\ \text{m}$$

الموقع وكمية الحركة :

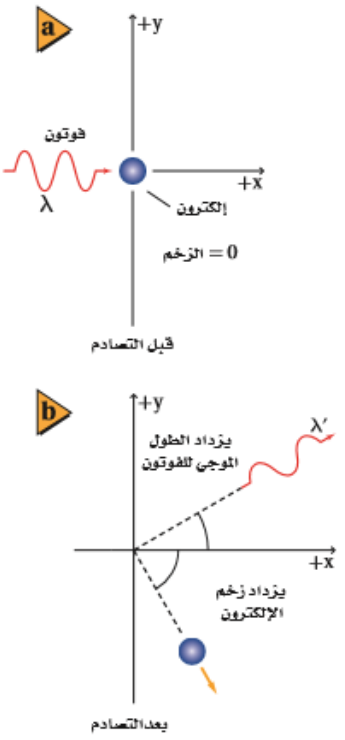
حتى تحدد خصائص جسيم بدقة فسوف تكون بحاجة إلى أن تبتكر تجربة تقيس مباشرة الخصائص المطلوبة .فمثلاً لا تستطيع أن تقرر ببساطة أن جسيماً في موقع ما ويتحرك بسرعة محددة .

وبدلاً من ذلك يجب أن تجري تجربة لتحدد موقع الجسيم وتقيس سرعته .

لم تضع الفيزياء الكلاسيكية حداً لدقة القياس . إلا أن نظرية دي برولي الجديدة للموجات المادية أجبرت علماء الفيزياء على وضع حدود للقياس .

www.almanahj.com

مبدأ عدم اليقين لها يزنبرغ :



فكر في قياس موقع جسيم ذري من خلال تسليط الضوء عليه ثم جمع الضوء المنعكس من خلال أحد أجهزة القياس وبسبب الحيود فإن الضوء المستخدم في تحديد موقع الجسيم ينتشر .
مما يجعل تحديد موقع الجسيم بشكل دقيق أمراً مستحيلاً .
للحصول على قياسات أكثر دقة ينبغي استخدام إشعاع ذي طول موجي قصير حيث يقلل من درجة الحيود ومن نسبة عدم التحديد
نتيجة لتأثير كومبتون عندما يصطدم إشعاع طوله الموجي قصير وطاقته عالية بجسيم فإن كمية حركة الجسيم يتغير كما في الشكل :
لذلك يؤثر تحديد موقع الجسيم بدقة في تغير كمية حركته ،
وكلما ازدادت الدقة في تحديد موقع جسيم ازداد عدم التحديد في قياس كمية حركته ، وبالطريقة نفسها غذا تم قياس كمية الحركة لجسيم بدقة فإن موقعه يتغير ويصبح اقل تحديداً . لخصت هذه الحالة في **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج** ، **الذي ينص**
من الغير ممكن قياس كمية حركة جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه . .
إذاً هناك حداً للدقة في قياس الموقع وكمية الحركة .
مبدأ هايزنبرج هو نتيجة للطبيعة المزدوجة للضوءوالمادة .

س 3 – عندما يمر الضوء أو حزمة من الذرات عبر شق مزدوج ، يتكون نمط تداخل .
وتحدث كلتا النتيجتين عندما تمر الفوتونات أو الذرات عبر الشق المزدوج في الوقت نفسه .
كيف يشرح مبدأ عدم التحديد لهايزنبيرج هذا الأمر ؟

ج / ينص مبدأ هايزنبرك على أنه من غير الممكن قياس كمية حركة جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه ، فإذا استطعت تحديد الموقع الدقيق لفوتون أو ذرة عندما تعبر خلال الشق فإنك لن تستطيع معرفة كمية حركته بدقة . لذلك لن تكون متأكداً من أي الشقوق قد عبرت الحزمة الناتجة عن توزيع الفوتونات أو الذرات التي يمكن مشاهدتها في نمط التداخل .

www.almanahj.com