

ملخص شامل

الفصل الدراسي الثالث

للسف الثاني عشر عام

في مادة

الفيزياء

للعام الدراسي 2023/2022 م

الوحدة التاسعة : نظرية الكم

إعداد / محمد طلعت محمد الصاوي

القسم الأول : النموذج الجسيمي للموجات

- 1- الضوء من الموجات الكهرومغناطيسية
- 2- الاجسام مهما كانت درجة حرارتها تبعث كميات لا متناهية من الطاقة على صورة موجات كهرومغناطيسية
- 3- الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص جسيمية إضافة إلى خصائصها الموجية
- 4- الفلزات تبعث إلكترونات عندما يتعرض سطح الفلز إلى إشعاع

الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام

- 1- يعتمد لون وهج المصباح على درجة حرارة الفتيل

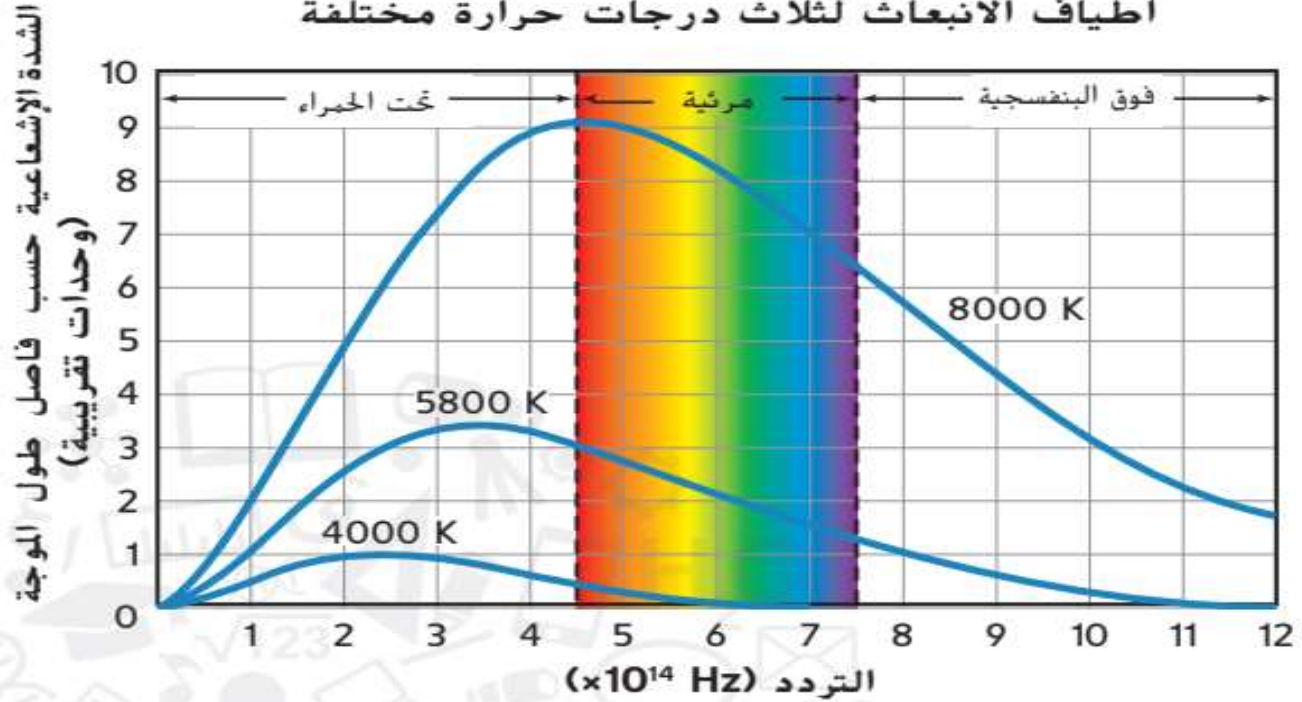
(بزيادة فرق الجهد تزداد درجة حرارة الفتيل المتوهج)

- 2- يعتمد التردد الذي يصل عنده طيف انبعاث لجسم

متوهج إلى أقصى شدة على درجة حرارة هذا الجسم (بزيادة درجة الحرارة يزداد التردد)



أطياف الانبعاث لثلاث درجات حرارة مختلفة



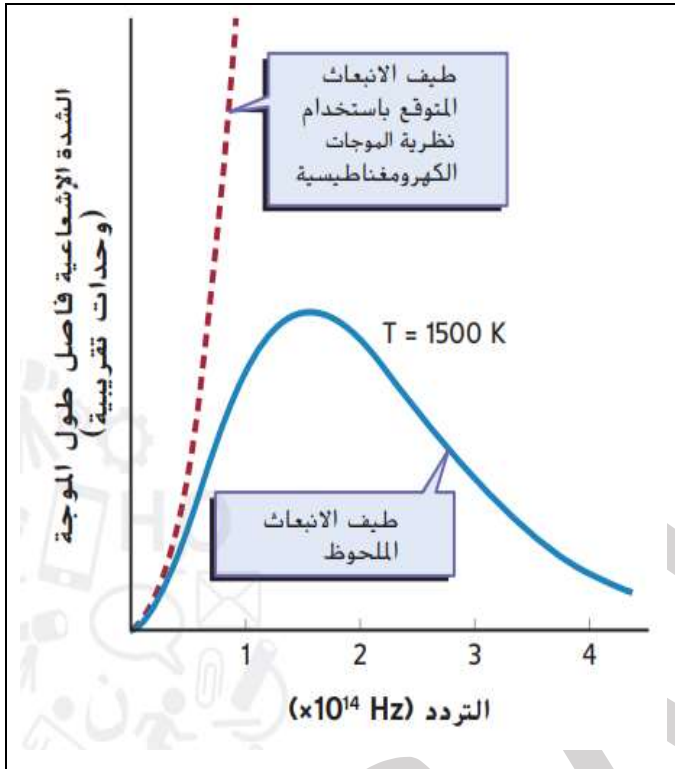
طيف الانبعاث : شدة الاشعاع المنبعث من جسم على مدى من الترددات

الطاقة المنبعثة من الجسم تتناسب طرديا مع T^4 (درجة الحرارة مرفوعة للأس أربعة)

عند مضاعفة درجة الحرارة فإن الطاقة المنبعثة تزيد بمعامل 16

تفسير أطيف الانبعاث

1- افترض بلانك (تغيرات طاقة الذرة بالجسم الصلب تتناسب مع ناتج ضرب تردد الاهتزاز في عدد صحيح)



معادلة طاقة الاهتزاز :

الطاقة المنبعثة أو الممتصة من الذرة

= عدد صحيح \times ثابت بلانك \times تردد الاهتزاز

$$E = n h f$$

حيث E تمثل الطاقة ووحدتها جول J

و n عددا صحيحا

و h ثابت بلانك ويكافئ $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$

و f تردد الاهتزازة ووحدتها هرتز Hz

معادلة طاقة الاهتزاز

إن الطاقة التي تبعثها أو تمتصها الذرة المهتزة تساوي ناتج ضرب عدد صحيح في ثابت بلانك وفي تردد الاهتزاز.

$$E = nhf$$

حيث يمثل f تردد اهتزاز الذرة، ويمثل h ثابت بلانك،

وقيمته $6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$ ، ويمثل n عددا صحيحا

0, 1, 2, 3 ...

نلاحظ أن طاقة الاشعاع قد تكون ساوية hf أو $2hf$ أو $3hf$

يعني ذلك أن الطاقة كمائة (مضاعفات لعدد صحيح من hf)

التردد : f : عدد الاهتزازات التي يحدثها الجسم في الثانية (مقلوب الزمن الدوري $f = \frac{1}{T}$) ($f = \frac{c}{\lambda}$)

الطول الموجي λ : المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين ($\lambda = \frac{c}{f}$)

1- ما الطاقة المنبعثة من جسيم تردده $2 \times 10^4 \text{ Hz}$ ؟

2- إذا كانت الطاقة المنبعثة من أحد الجسيمات هي $5 \times 10^2 \text{ J}$ فما تردد موجاته ؟

3- إحدى التالية لا يمكن أن تكون طاقة إشعاع أو إمتصاص لأحد الموجات

$$2.5 h f$$

$$2 h f$$

$$h f$$

التأثير الكهروضوئي

هو انبعاث الإلكترونات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي على جسم

انبعاث الإلكترونات من سطح الفلز عند تسليط إشعاع عليه

تنبعث الإلكترونات من سطح الفلز عند تسليط قدر كاف من الطاق عليه

يعتمد انبعاث الإلكترونات من سطح الفلز على تردد الضوء الساقط

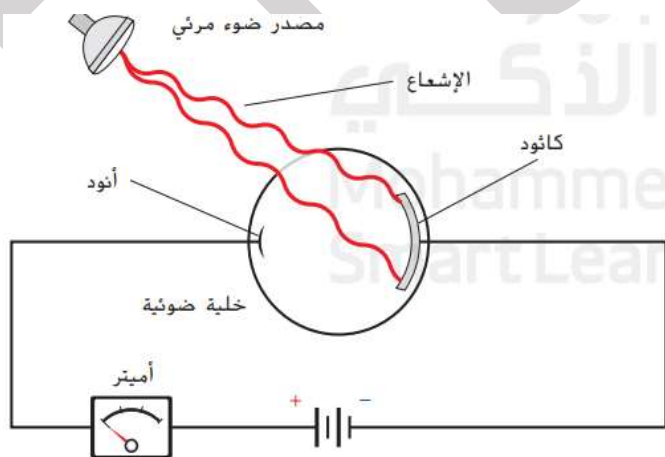
تردد العتبة : f_0 : أدنى تردد للضوء الساقط على الفلز يمكنه أن يحرر إلكترونات من سطح الفلز

: لكل فلز تردد عتبة خاص به يختلف عن الآخر

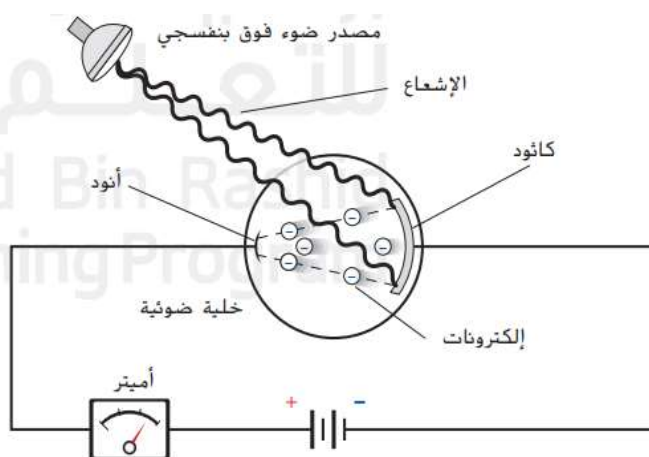
عند سقوط ضوء تردده أقل من تردد العتبة لا تنبعث الإلكترونات من سطح الفلز

كلما زاد تردد الضوء الساقط على سطح الفلز من تردد العتبة كلما تزداد طاقة حركة الفوتونات

تحسب طاقة الفوتون من العلاقة $E = h f$ حيث E (الطاقة) و h (ثابت بلانك) و f (التردد)



لكن لا تظهر الخلية الضوئية نفسها التأثير الكهروضوئي في حال كانت مضاءة بالضوء المرئي.



توضّح الخلية الضوئية المُضاءة بالأشعة فوق البنفسجية التأثير الكهروضوئي.



طاقة الفوتون

نساوي طاقة الفوتون ثابتاً مقداره $1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ مقسوماً على الطول الموجي للفوتون.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda}$$

طاقة الفوتون

نساوي طاقة الفوتون ناتج ضرب ثابت بلانك في تردد الفوتون.

$$E = hf$$

ملاحظات :

- 1) وحدة قياس الطاقة هي الجول (الجول يكافئ نيوتن متر $\text{J} = \text{N m} = \text{kg m}^2/\text{s}^2 = \text{C V}$)
- 2) من وحدات الطاقة إلكترون فولت eV ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$)
- 3) التردد وحدته هرتز ($\text{Hz} = \text{s}^{-1}$) الهرتز يكافئ مقلوب الثانية
- 4) سرعة الموجة الكهرومغناطيسية بالفراغ تعادل ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
- 5) علاقات الطاقة
$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV nm}}{\lambda}$$
- 6) ثابت بلانك ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J / Hz}$)
- 7) وحدة قياس الطاقة هي الجول
- للتحويل من إلكترون فولت إلى الجول نضرب في 1.6×10^{-19} ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$)
- للتحويل من جول إلى إلكترون فولت نقسم على (1.6×10^{-19})
- 8) الطول الموجي وحدته متر m (النانومتر $\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$) (ميكرومتر $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$)

تمارين

- 1) ما الطاقة التي تمتلكها موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ ؟

.....

.....

(2) ما طاقة موجة كهرومغناطيسية ترددها $5 \times 10^4 \text{ Hz}$ ؟

(3) ما مقدار طاقة الفوتون الذي يساوي طوله الموجي 515 nm ؟

(4) إذا كانت طاقة أحد الفوتونات 2.03 eV فأوجد كلا من

التردد :

الطول الموجي :

(5) رتب الفوتونات التالية حسب الطاقة ترتيباً تصاعدياً

811 nm - 2.1 eV - 320 nm - 4.0 eV

(6) مستخدماً $E = \frac{1240 \text{ eV nm}}{\lambda}$ ما طاقة فوتون طوله الموجي 515 nm ؟

(7) من نفس العلاقة السابقة ما الطول الموجي لفوتون طاقته 2.1 eV ؟

(8) فلز طاقته 2.5 eV بين أي من الطاقات التالية للفوتونات الساقطة يمكنها أن تحرر الإلكترونات عند

سقوطها على الفلز

2.4 eV :

2.7 eV :

$3.9 \times 10^{-19} \text{ J}$:

طوله الموجي $5 \times 10^{-7} \text{ m}$:

تردده $2.8 \times 10^{13} \text{ Hz}$:

(9) ماتردد العتبة لفلز طاقته $4.2 \times 10^6 \text{ J}$ ؟

(10) ما تردد العتبة لفلز طاقته 1.6 eV ؟

بلانك وأينشتاين

(1) كلما زادت طاقة الضوء الساقط على الفلز تزداد طاقة حركة الإلكترونات المنبعثة من الفلز

(2) أقل طاقة يمكنها تحرير إلكترونات من سطح الفلز هي $h f_0$ حيث f_0 هي تردد العتبة

(3) تختلف سرعة الإلكترونات المنبعثة من الفلز حسب الطاقة الساقطة على الفلز

(3) تحسب الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز من العلاقة $KE = hf - hf_0$

(4) إذا قلت الطاقة الساقطة على الفلز عن $h f_0$ لن تنبعث إلكترونات من سطح الفلز

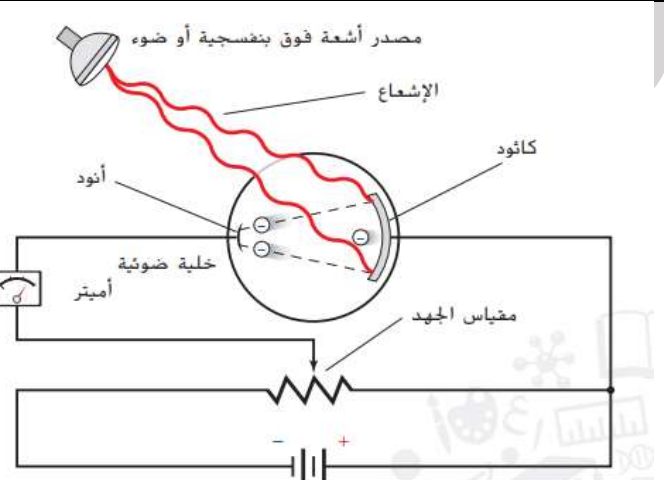
(5) فرق الجهد الكهربائي يزيد من طاقة الحركة حسب العلاقة التالية $KE = -e \Delta V$

(6) تذكر أن الطاقة الحركية $KE = \frac{1}{2} m v^2$ (حيث m الكتلة و v السرعة)

حيث ΔV فرق الجهد بوحدة الفولت (J/C) و e تمثل شحنة الإلكترونات ($-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

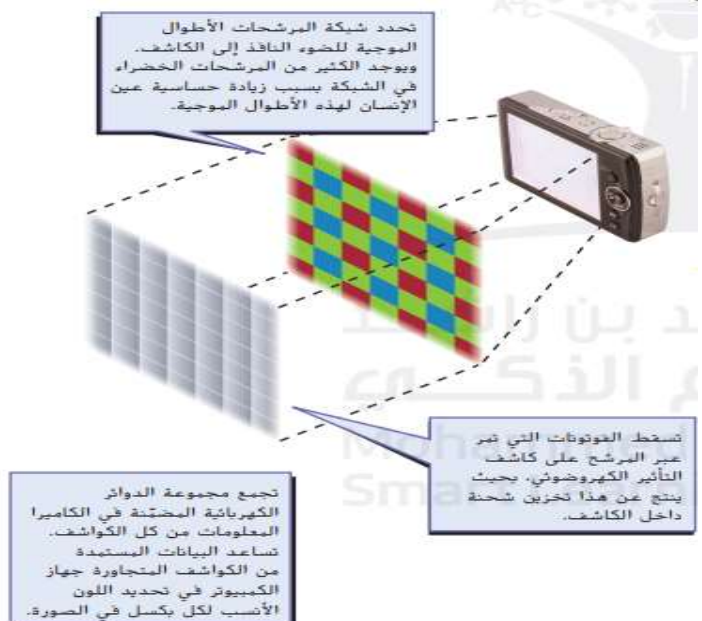
الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث نتيجة التأثير الكهروضوئي تساوي الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث الفرق بين طاقة الفوتون الساقط (hf) وطاقة العتبة (hf_0).

$$KE = hf - hf_0$$



الشكل 7 يتحكم بقياس الجهد في فرق الجهد داخل الخلية الضوئية. ومن خلال ضبط مقياس الجهد بدقة، يمكنك تحديد الجهد الذي ينتج عنه تيار صفري. تُحقق كل الإلكترونات في الوصول إلى الأنود عند عتبة التيار الصفري، بل تسقط بدلاً من ذلك على الكاثود بسبب القوة الناتجة عن المجال الكهربائي بين الكاثود والأنود.

الشكل 8 يعتمد كاشف صورة الكاميرا الرقمية على التأثير الكهروضوئي لتوليد الجهد.



(7) الطاقة الحركية KE وحدتها جول (عند التحويل من eV إلى جول نضرب في $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)

(8) للتحويل من جول إلى eV نقسم على $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

(9) ثابت بلانك قيمته ثابتة $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$

(10) تذكر أن $f = \frac{c}{\lambda}$ حيث C سرعة الضوء ($3 \times 10^8 \text{m/s}$) و λ تمثل الطول الموجي

تمارين

(1) إذا كانت طاقة أحد الإلكترونات 2.3eV فما طاقة هذا الإلكترون بوحدة الجول ؟

.....
.....

(2) إذا كان فرق جهد الإيقاف لخلية ضوئية 4.0V فما مقدار الطاقة الحركية ؟ $q = - 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

.....
.....

من السؤال السابق – ما سرعة حركة الإلكترونات ؟ $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

.....
.....

(3) ما الطاقة الحركية للإلكترون يتحرك بسرعة $6.3 \times 10^6 \text{ m/s}$ بوحدة الجول والإلكترون فولت ؟

.....
.....

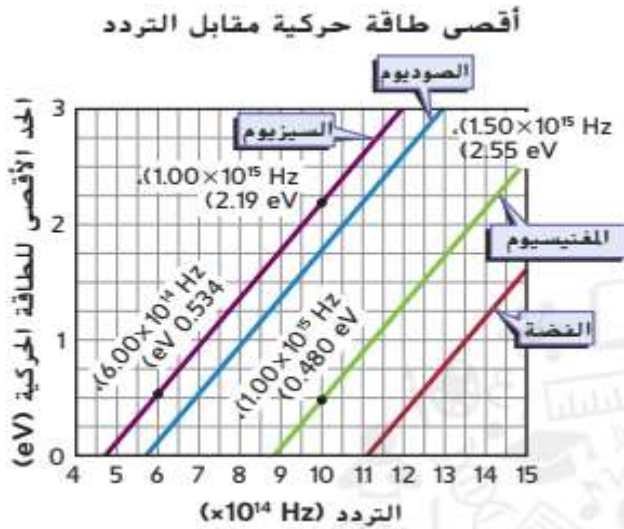
(4) إذا كانت الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من الفلز $7.5 \times 10^{-19} \text{J}$ فما مقدار جهد الإيقاف ؟

.....
.....

(5) إذا كان جهد الإيقاف يعادل 5.6V فما السرعة التي تتحرك بها الإلكترونات ؟

.....
.....

.....



الجدول 1 تردد العتبة، والطول الموجي عند العتبة، ودالة الشغل المبذول من الفلز.

الفلز	تردد العتبة ($\times 10^{14}$ Hz)	الطول الموجي العتبة (nm)	دالة الشغل (eV)
البوتاسيوم	4.70	637	1.95
الفضة	8.84	339	3.66
الزنك	11.1	270	4.6
الصوديوم	5.70	526	2.36

1- الميل للخط البياني السابق بين كل من الطاقة الحركية والتردد يمثل ثابت بلانك h

2- تردد العتبة للفلز يمثل تقاطع المستقيم مع محور x (تكون عندها $KE = 0$)

3- يعرف الحد الأدنى من الطاقة باسم دالة الشغل $(h f_0)$

دالة الشغل : مقدار الطاقة اللازمة لتحرير أضعف الإلكترونات إرتباطا بالنواة

4- تحسب الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز من العلاقة $KE = hf - hf_0$

تمارين

1- إذا كان الطول موجة العتبة لفلز الصوديوم 526nm ($\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$) فما دالة الشغل له ؟

2- إذا سقطت أشعة طولها الموجي 348nm على فلز الصوديوم – فهل تتحرر إلكترونات أم لا ؟ وضح ؟

3- إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310nm فما تردد العتبة بالهرتز – وما دالة شغله ب eV ؟

4- إذا كانت دالة الشغل لفلز السيزيوم 1.95eV فما الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة منه عندما يسقط ضوء طاقته 2.2eV على فلز السيزيوم ؟

.....

5- فلز السيزيوم دالة شغله 1.95eV ما الطاقة الحركية المنبعثة للإلكترونات التي تخرج منه عندما يسقط عليه ضوء طول الموجي 425nm على الفلز ؟

.....

.....

6- عند سقوط إشعاع ضوئي طول الموجي 193nm على فلز تنبعث منه الإلكترونات بطاقة حركية مقدارها 3.5eV فما دالة الشغل للفلز ؟

.....

.....

7- يسقط ضوء تردده $6 \times 10^6\text{Hz}$ على فلز تردده $4.6 \times 10^6\text{Hz}$ فما طاقة حركة الإلكترونات التي تنبعث من الفلز ؟

.....

.....

8- يسقط ضوء طول الموجي 512nm على فلز طول عتبه 360nm فأوجد كلا من

- تردد العتبة للفلز :

- دالة الشغل للفلز :

- طاقة حركة الإلكترونات المنبعثة من الفلز :

.....

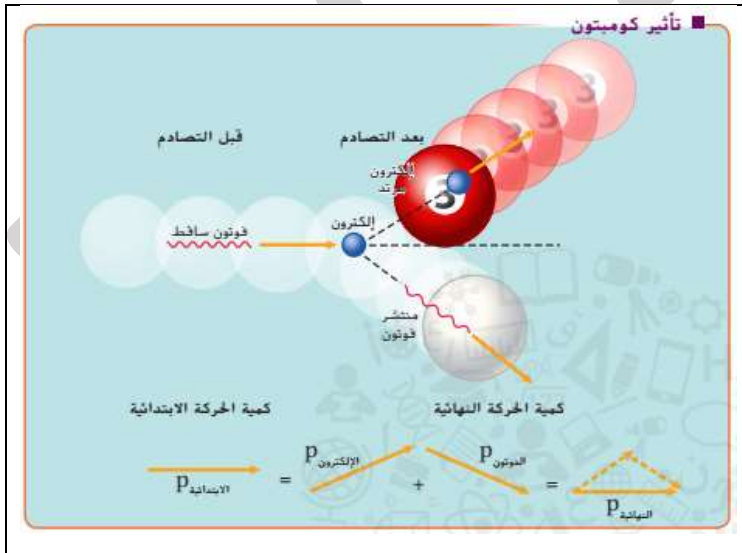
تأثير كومبتون :



1- يطلق على الازاحة في الطول الموجي للفوتونات المشتتة (تأثير كومبتون)

2- تحسب كمية حركة (زخم) الفوتون : من العلاقة $P = \frac{h}{\lambda} = \frac{hf}{c}$

كمية تحرك الفوتون (زخم الفوتون)
تساوي كمية حركة الفوتون ثابت بلانك مقسوماً على الطول الموجي للفوتون.
$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$



حيث P كمية حركة الفوتون (الزخم)

h ثابت بلانك ($6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$)

c (سرعة الضوء) ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

λ تمثل الطول الموجي

1- ما كمية حركة فوتونات ترددها $2.4 \times 10^6 \text{ Hz}$

2- ما كمية حركة فوتونات طولها الموجي 212 nm ؟

القسم الثاني : موجات المادة

موجات دي برولي : طرح أنه يمكن وصف الجسم الادي بطول موجي

$$P = m v = \frac{h}{\lambda}$$

كما يمكن المساواة بين معادلتى كمية الحركة

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

لذلك يمكن حساب طول موجة دي برولي من العلاقة

h ثابت بلانك (6.63×10^{-34} J/Hz)

حيث λ طول موجة دي برولي

v سرعة الجسم

m كتلة الجسم

طول موجة دي برولي

طول موجة دي برولي للجسيم المتحرك يساوي ثابت بلانك مقسومًا على كمية حركة الجسيم.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

1) تضرب كرة بيسبول كتلتها 0.145kg بسرعة 38m/s بمضرب - ما طول موجة دي برولي ؟

2) يتسارع إلكترون ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg , $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C) تحت تأثير فرق جهد 45V - ما طاقة حركته

- ما سرعة حركة الإلكترون

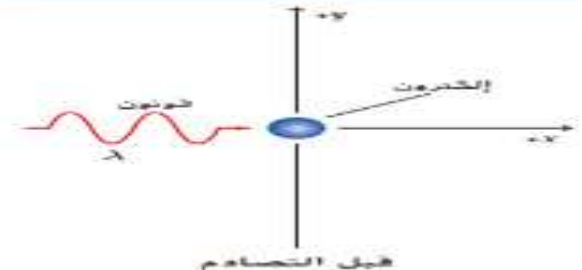
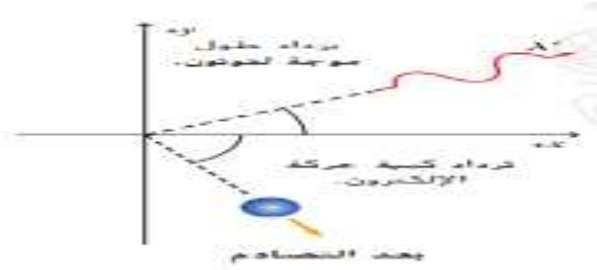
- ما كمية حركة الإلكترون

- طول موجة دي برولي

3) إذا تسارع إلكترون ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg , $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C) تحت تأثير فرق جهد 250V فما طول موجة دي برولي ؟

الموقع وكمية الحركة

مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج : من غير الممكن قياس موقع الجسم وكمية حركته بدقة في وقت واحد

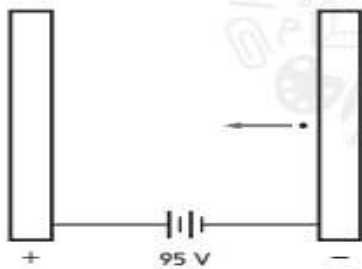


لنحس مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج هذه الحالة حيث ينص على أنه من غير الممكن قياس موقع الجسيم وكمية تحركه بدقة في آن واحد. إن هذا المبدأ الذي سُمي نسبة إلى عالم الفيزياء الألماني فيرنر هايزنبرغ، نتيجة الطبيعة المزدوجة للضوء والمادة. وبالرغم من أن آثار الحد لا تكون ملحوظة إلا عند قياس الجسيمات ذات الحجم الذري. أدى عمل هايزنبرغ إلى تغيير جوهري في مدى فهمنا للعالم من حولنا. في حين أن نظريات نيوتن وماكسويل الكلاسيكية كانت نماذج ناجحة بالنسبة إلى الأجسام المستخدمة في حياتنا اليومية. إلا أن نظرية الكم ونماذجها ذات الطبيعة المزدوجة للضوء والمادة لا يزال يلزمها وصف الأجسام على المستوى الذري بدقة.

الاختيار من متعدد

1. تتبع فوتونات من ليزر الهليوم - النيون بطول موجي يساوي 632.8 nm. ما مقدار طاقة كل فوتون منبعث من الليزر بوحدة الجول؟
A. 3.135×10^{-19} J .C. 2.546×10^8 J .D. 1.639×10^{34} J .B. 8.231×10^{-17} J
2. ما دالة الشغل للفلز؟
A. مقياس لكمية الشغل الذي يمكن أن يبذله الإلكترون المنبعث من الفلز
B. تساوي تردد العتبة
C. الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الداخلي (أقرب إلى النواة) في ذرة الفلز
D. الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطًا بالنواة في ذرة الفلز
3. كيف يرتبط تردد العتبة بالتأثير الكهروضوئي؟
A. يمثل أدنى تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد خلية ضوئية.
B. يمثل أقصى تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد خلية ضوئية.
C. يمثل تردد الإشعاع الساقط الذي تتحرر الإلكترونات عند ترددات أقل منه.
D. يمثل أدنى تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الإلكترونات من الذرة.

5. إذا كان تردد فوتون 1.14×10^{15} Hz. ما مقدار طاقة الفوتون؟
A. 5.82×10^{-49} J .C. 8.77×10^{-19} J .D. 1.09×10^{-12} J .B. 7.55×10^{-19} J
6. ما طول موجة دي برولي للإلكترون يتحرك بسرعة 391 km/s؟
A. 3.52×10^{-25} m .C. 4.27×10^{-15} m .D. 1.86×10^{-9} m .B. 4.79×10^{-15} m
7. يتسارع إلكترون خلال فرق جهد قدره 95.0 V، كما هو مبين في الشكل أدناه. ما طول موجة دي برولي للإلكترون؟
A. 5.02×10^{-10} m .C. 2.52×10^{-10} m .D. 5.10×10^6 m .B. 1.26×10^{-10} m



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

8. يبلغ طول موجة دي برولي لجسم ما 2.3×10^{-34} m. عندما تكون سرعته النتيجة 45 m/s. ما مقدار كتلة الجسم بوحدة الكيلوجرام؟
9. يُعدّ المجهر الإلكتروني مقياسًا حيث يُمكن جعل أطوال موجة دي برولي للإلكترونات أصغر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة بوحدة الإلكترون فولت اللازم منحها لإلكترون ليصبح طول موجة دي برولي له 20.0 nm؟

4. يسقط إشعاع طاقته تساوي 5.17 eV على خلية ضوئية. كما هو موضح أدناه. إذا كانت دالة الشغل للخلية الضوئية تساوي 2.31 eV. فما مقدار طاقة الإلكترون الضوئي المنبعث؟
A. 0.00 eV .C. 2.86 eV .D. 7.48 eV .B. 2.23 eV

