

التفوق في الفيزياء

الوحدة الثالثة: الفيزياء الحديثة

الفصل السابع: مقدمة الى فيزياء الكم

أ. Mustafa ٠٧٩٠٧٦٢٢٤٩

مصطفى

أولاً: تكمية الطاقة

- * تصدر الأجسام في الطبيعة اشعاعات كهرومغناطيسية عندما تكون درجة حرارتها فوق الصفر المطلق.
 - * تفسير الفيزياء الكلاسيكية للاشعاعات الصادرة عن الاجسام:
 - ١. يتألف الاشعاع الصادر عن الأجسام من موجات كهرومغناطيسية تصدر عن هذه الأجسام على هيئة سيل متصل (مستمر) من الطاقة نتيجة اهتزاز جسيمات مشحونة داخلها.
 - ٢. يُمكن للجسيم المهتز عند تردد اهتزازة معين أن يبعث مقدار غير مُحدد من الطاقة أو يمتصه عندما يتغير مقدار اتساع اهتزازه.
 - ٣. تتناسب طاقة الاشعاع طرديا مع شدته التي تتناسب مع اتساع اهتزاز الجسيمات المهتزة.
 - * لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسير بعض الظواهر مثل: الظاهرة الكهروضوئية و ظاهرة كومبتون.
 - * مبدأ تكمية الطاقة:
- فترض بلانك ان الاشعاع عبارة عن وحدات (منفصلة) غير متصلة تسمى الكمات لكل منها طاقة محددة كمماة تتناسب طرديا مع تردد الاشعاع، $E = h \nu$
- حيث: h : ثابت بلانك و يساوي 6.63×10^{-34} جول.ث
- ν : التردد و يقاس بوحدة هيرتز (s^{-1})

ينص مبدأ تكمية الطاقة على ان الطاقة الإشعاعية المنبعثة أو الممتصة تساوي عدد صحيح من مضاعفات الكمية ($h \nu$).

- * تقاس الطاقة بوحدين: ١. جول. ٢. الكترون فولت.
- ♦ اللالكترون فولت: هي الطاقة الحركية التي يكتسبها الالكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد مقداره (١)فولت.

- * التحويل من جول ← الكترون فولت : $1 \text{ جول} = 6.24 \times 10^{18} \text{ كلكترون فولت}$
- * سرعة الضوء في الهواء او الفراغ تساوي (3×10^8 م/ث) و تعطى بالعلاقة:

$$c = \lambda \nu \quad \text{لكن } E = h \nu \quad \text{إذاً يمكن حساب الطاقة باستخدام العلاقة: } E = h \frac{c}{\lambda}$$

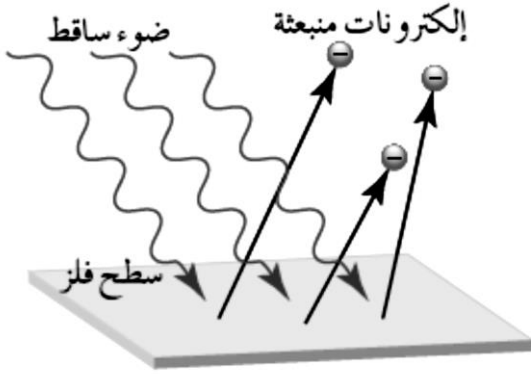
حيث: λ : الطول الموجي للفوتون.

مثال: سخن جسم حتى توهج باللون الاحمر، اذا كان احد الترددات الاشعاعية الصادرة عنه تساوي (1×10^{14} هيرتز، فاحسب طاقة الكمة الواحدة لهذا الاشعاع.

$$\leftarrow E = h \nu \quad \leftarrow E = 6.63 \times 10^{-34} \times 1 \times 10^{14} \quad \leftarrow E = 6.63 \times 10^{-20} \text{ جول.}$$

سؤال: احسب الطاقة بالالكترون فولت التي يحملها اشعاع طوله الموجي 6.63×10^{-14} م.

ثانياً: الظاهرة الكهروضوئية



◆ الظاهرة الكهروضوئية: انبعاث الكترونيات من سطح الفلز نتيجة سقوط الضوء عليه.

◆ الالكترونات الضوئية: هي الالكترونات المنبعثة من سطح فلز.

تجربة لينارد:



درس لينارد الظاهرة الكهروضوئية مستخدماً الدارة الموضحة في الشكل:

و كان الهدف من تجربته هو التحقق من التيار الكهربائي و دراسته.

سؤال: فسر. استخدم لينارد في تجربته انبوب زجاجي مفرغ من الهواء؟

← لكي لا تعيق جزيئات الهواء حركة الالكترونات المنبعثة.

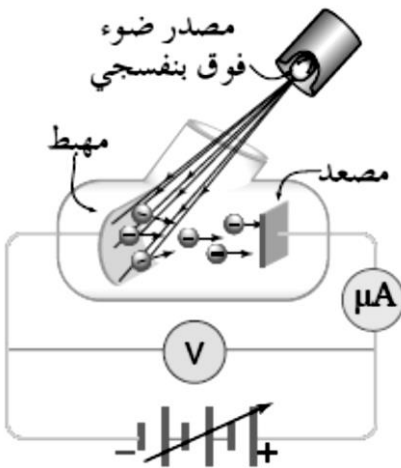
١. عند سقوط ضوء مناسب بتردد مناسب على مهبط الخلية فان الميكروأميتر يكشف عن مرور تيار بغياب مصدر فرق الجهد.

مصدر هذا التيار هو الالكترونات الضوئية و يدل ذلك على ان الضوء الساقط زود الالكترونات بقدر من الطاقة الحركية مكنته من التحرر و الوصول الى المصعد و نتج عن ذلك تيار كهروضوئي.

◆ التيار الكهروضوئي: هو التيار الناتج من حركة الالكترونات المنبعثة من المهبط و المتجهة الى المصعد.

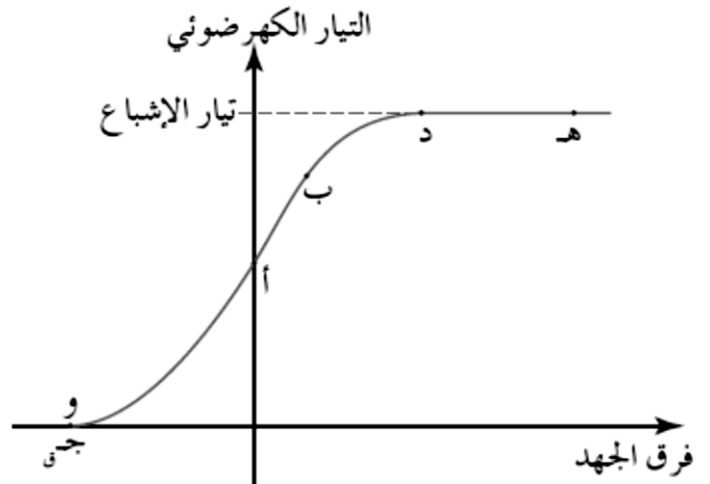
٢. عند اضافة مصدر جهد موجب (المصعد موجب و المهبط سالب) كما يبين الشكل المجاور، يزداد التيار الكهروضوئي.

فرق الجهد يبذل شغلاً على الالكترونات الضوئية فينقل الطاقة الحركية اليها، و يجذب المزيد من الالكترونات نحو المصعد كما يبين الشكل (النقطة ب).

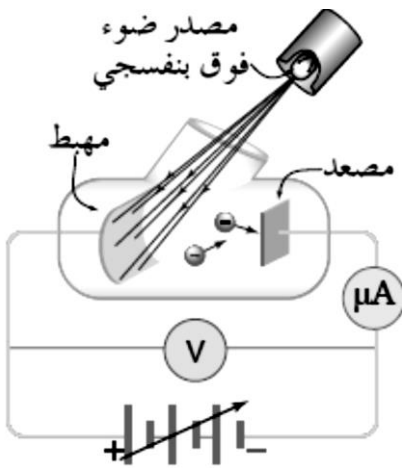


مع زيادة فرق الجهد يزداد التيار الكهروضوئي الى أن يصل قيمة معينة يثبت عندها (النقطة د).

مع استمرار زيادة فرق يثبت التيار الكهروضوئي لان الالكترونات المتحررة من المهبط جميعها قد وصلت الى المصعد.



◆ تيار الاشباع: هو التيار الكهروضوئي الناتج من حركة الالكترونات الضوئية جميعها المتحررة من المهبط و الواصلة الى المصعد.



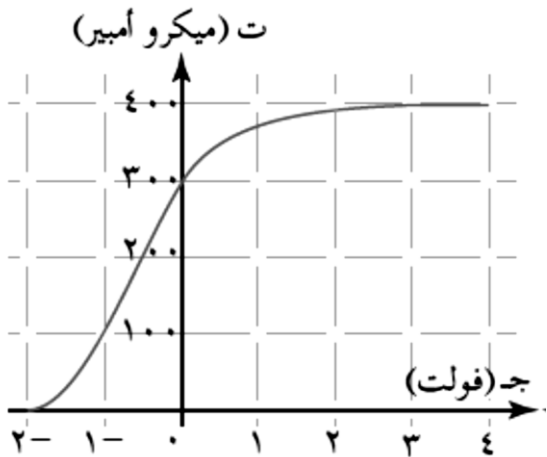
٣. عند توصيل القطب الموجب بالمهبط و السالب بالمصعد يصبح هناك فرق جهد عكسي يبذل شغل سالب أي يسحب الطاقة الحركية من الالكترونات المتحررة من المهبط و يُعيق وصولها الى المصعد.

مع زيادة فرق الجهد العكسي يتناقص عدد الالكترونات الضوئية المتحررة من المهبط و الواصلة الى المصعد (لاحظ الشكل السابق بين النقطتين أ، و) هذا يدل على ان الالكترونات المتحررة تمتلك طاقات حركية مختلفة، كلما زادت الطاقة الحركية للالكترونات المتحررة زاد مقدار فرق الجهد العكسي اللزم لإيقافها.

ينعدم التيار الكهروضوئي عندما يكون فرق العكسي كافياً لإيقاف الالكترون الذي يمتلك أكبر طاقة حركية (طح عظمى).

◆ جهد القطع: هو أقل فرق جهد عكسي يلزم لجعل التيار الكهروضوئي صفراً، (أو فرق الجهد العكسي اللازم لإيقاف أسرع الالكترونات الضوئية).

و يرمز لجهد القطع (ج ق) و النقطة (و) على الرسم البياني تمثل جهد القطع، حيث: $e\psi = e\psi_c$ ج ق .



مثال: ادرس الشكل المجاور و اجب عن الاسئلة التي تليه.

(١) ماقيمة تيار الاشباع؟

(٢) ما قيمة أقل فرق جهد بين طرفي الخلية الكهروضوئية عندما يصل التيار الى قيمته العظمى؟

(٣) ما قيمة جهد القطع؟

(٤) احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة الالكترون فولت.

(٥) احسب السرعة العظمى للالكترونات الضوئية.

← (١) تيار الاشباع = $10 \times 40 = 400$ أمبير

(٢) ٣ فولت.

(٣) ج ق = ٢ فولت

(٤) طح عظمى = $e\psi_c = e\psi_c$ ج ق

طح عظمى = $1.6 \times 10^{-19} \times 2 = 3.2 \times 10^{-19}$ ج

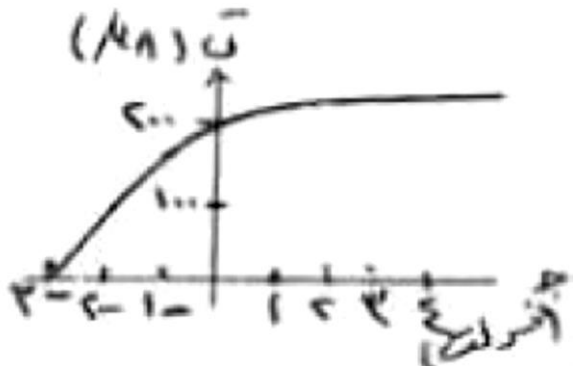
طح عظمى = $3.2 \times 10^{-19} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 3.2}{1.6 \times 10^{-19}} = 2$ الكترون فولت

(٥) طح = $\frac{1}{2} m_e v^2$

$3.2 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v^2$ ← $v = 8.4 \times 10^6$ م/ث .

الطاقة الحركية العظمى بوحدة الالكترون فولت تساوي القيمة المطلقة لجهد القطع

طح عظمى = |ج ق|

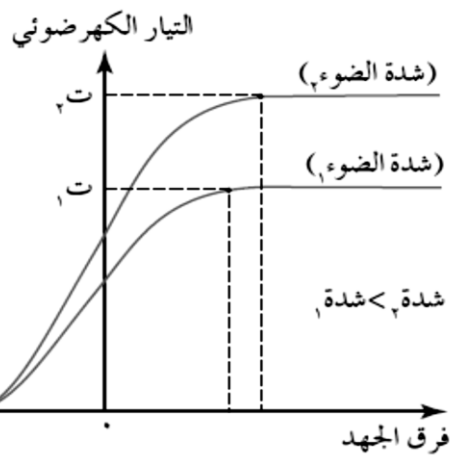


سؤال: في تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية رُسمت العلاقة بين فرق الجهد و التيار المبينة في الشكل المجاور، ادرس الشكل و اجب عما يلي:

(1) ما قيمة جهد القطع؟

(2) احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة الإلكترون فولت.

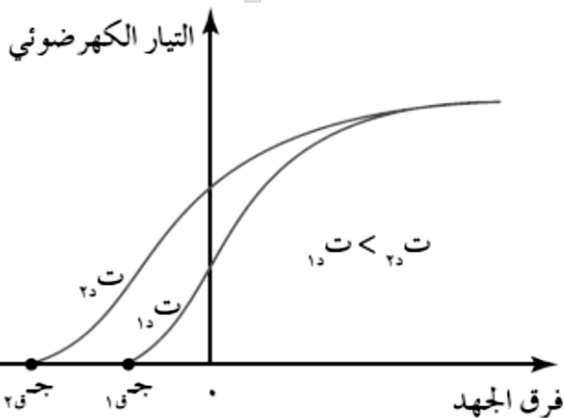
(3) احسب السرعة العظمى للإلكترونات الضوئية.



* الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لا تعتمد على شدة الضوء الساقط.

* زيادة شدة الضوء الساقط يزيد من عدد الإلكترونات الضوئية المتحررة وبالتالي يزيد مقدار التيار الكهروضوئي.

* التيار الكهروضوئي يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط عند ثبات فرق الجهد بين المهبط و المصعد.



* الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط.

* العدد الكلي للإلكترونات الضوئية المنبعثة لم يتغير بزيادة تردد الضوء الساقط و بالتالي التيار الكهروضوئي بقي ثابتاً.

* الإلكترونات تنبعث فور سقوط الضوء عليها.

* إذا كان تردد الضوء الساقط أقل من قيمة معينة لا تنبعث الإلكترونات مهما بلغت شدة الضوء، أقل تردد يلزم لانبعث الإلكترونات من سطح الفلز يسمى تردد العتبة (ت_د).

◆ تردد العتبة (ت_د): هو أقل تردد للضوء يلزم لتحرير الإلكترونات من سطح الفلز.

* لكل فلز تردد عتبة خاص به ت_د صويوم = 1.0 × 10¹⁴ هيرتز.

التفسير الكلاسيكي:

* الموجات الكهرومغناطيسية تحمل طاقة و هذه الطاقة تعتمد على شدة الضوء و لا تعتمد على تردده. مقارنة بين تنبؤات الفيزياء الكلاسيكية وفق النموذج الموجي للضوء و النتائج التجريبية للظاهرة الكهروضوئية:

التجارب	الكلاسيكية
الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات تعتمد على تردد الضوء الساقط و لا تعتمد على شدته.	الطاقة الحركية للإلكترونات تزداد بزيادة شدة الضوء و لا تعتمد على تردده.
الإلكترونات تنبعث فور سقوط الضوء على الفلز.	الإلكترون يحتاج لبعض الوقت حتى يمتلك الطاقة الكافية لتحريره من الفلز.
الإلكترونات لا تتحرر إذا كان تردد الضوء الساقط أقل من تردد العتبة لهذا الفلز مهما بلغت شدة الضوء.	عند سقوط ضوء ذي شدة عالية تحرر الإلكترونات من سطح الفلز.

تفسير فيزياء الكم:

١. وسع أينشتين مفهوم كمية الطاقة الذي افترضه بلانك ليشمل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها.

٢. طاقة الضوء تتركز في حزم منفصلة (كمات)، سُميت فيما بعد فوتونات.

٣. كل فوتون يمتلك طاقة مقدارها (ه ت_د).

٤. عند سقوط الضوء على الفلز فإن الفوتون الواحد يعطي طاقته كاملة الى إلكترون واحد.

سؤال: إذا سقط فوتونان اثنان طاقة كل منهما تساوي نصف اقتران الشغل ($\frac{1}{2} \phi$) و الإلكترون بحاجة الى (ϕ) كاملة لكي يتحرر، فهل سيتمكن الفوتونان من تحرير الكترونو لماذا؟



٥. يتحرر الإلكترون من ارتباطه بذرات الفلز بجزء من هذه الطاقة، و ينطلق بما تبقى على صورة طاقة حركية عظمى (طح عظمى = $e v = \text{ج ق}$).

معادلة أينشتين الكهروضوئية: $h\nu = \Phi + K_{\text{عظمى}}$

حيث: $h\nu$: طاقة الفوتون الواحد.

♦ اقتران الشغل Φ : أقل طاقة يمتلكها فوتون الضوء لتلزم لتحرير إلكترون من سطح الفلز من غير اكسابه طاقة حركية.

٦. الفوتون الذي تكون طاقته مساوية اقتران الشغل (Φ) للفلز يُحرر إلكترونًا من سطح الفلز ولا يُكسبه طاقة حركية، ويكون تردده مساوياً لتردد العتبة ($h\nu = \Phi$).

تفسير أينشتين للظاهرة الكهروضوئية:

١. زيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على الفلز، حيث أن الإلكترون يمتص طاقة الفوتون الواحد، يزداد تبعاً لذلك عدد الإلكترونات الضوئية و يزداد التيار الكهروضوئي ما يعني زيادة تيار الإشباع، دون أن تتغير الطاقة الحركية العظمى للإلكترون لأن التردد للفوتون لم يتغير ($h\nu$ يبقى ثابتاً).
لكن عند زيادة تردد الضوء الساقط تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية ويزداد جهد القطع مع ثبات تيار الإشباع .

٢. فسر أينشتين الانبعاث الفوري للإلكترونات بأنه إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من اقتران الشغل للفلز ($h\nu > \Phi$) فإن الإلكترون يتحرر و ينبعث ممثلاً طاقة حركية فور سقوط الفوتون .

٣. أقل طاقة يجب ان يمتلكها الفوتون حتى يحرر الكترونًا يجب ان تساوي اقتران الشغل (Φ)، لذلك لن يتحرر اي الكترون الا اذا كان تردد الفوتون الساقط مساوياً لتردد العتبة ($h\nu = \Phi$).

* فسر أينشتين انبعاث الإلكترونات الضوئية بسرعات مختلفة معتمداً على أن معظم حجم الذرة فراغ و سطح الفلز ينتهي الى عمق منات من الذرات، و تتفاوت الذرات في عمقها.

* تسقط الفوتونات ممتلئة نفس القدر من الطاقة ($h\nu$) عند تردد معين من الضوء، و اقتران الشغل (Φ) متساوي لذرات الفلز، لذلك فإن الإلكترونات المتحررة من سطح الفلز تمتلك الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات ($K_{\text{عظمى}}$)

* أما الإلكترونات الأكثر عمقاً فإنها تصطدم مع الذرات التي تقع في طريق خروجها فاقدةً جزءاً من طاقتها الحركية.

* يعتمد الجزء المفقود من الطاقة الحركية على العمق.

* السرعة التي تُحدد تجريبياً هي فقط السرعة العظمى عن طريق قياس جهد القطع.

مثال: إذا علمت أن اقتران الشغل (Φ) للحديد يساوي (٤.٥) إلكترون فولت، احسب:

(أ) تردد العتبة للحديد. (ب) طول موجة العتبة للحديد.

$$\Phi = 4.5 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\Phi = 4.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

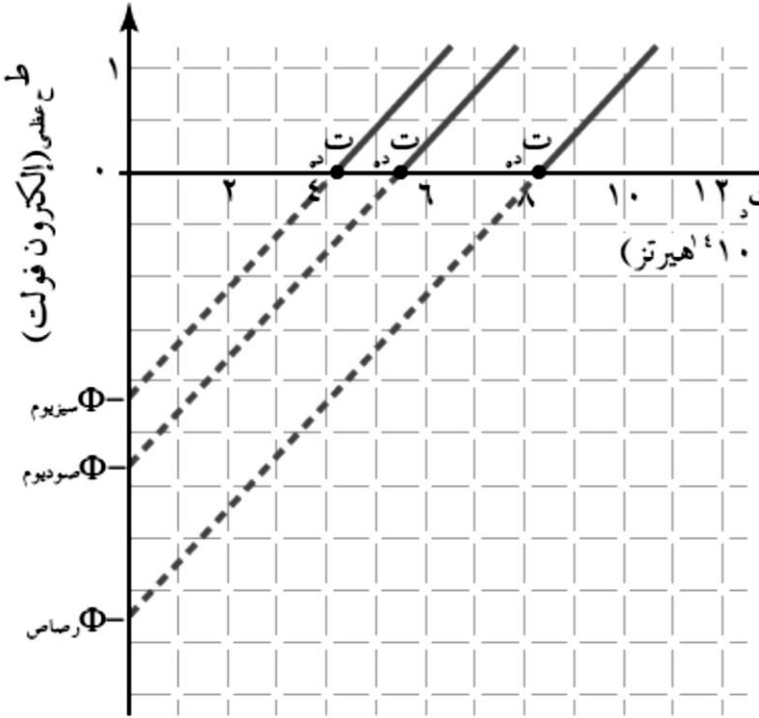
$$\Phi = h \nu = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.63 \times 10^{-34} \times \nu$$

$$\nu = 1.1 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1.1 \times 10^{15}} = 2.73 \times 10^{-7} \text{ م.}$$

سؤال: فلز تردد العتبة له 1.2×10^{14} هيرتز، احسب اقتران الشغل لهذا الفلز.



* العلاقة بين تردد الضوء الساقط و الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات علاقة طردية.

تجربة ميليكان:

* تمكن ميليكان من خلال تجاربه من قياس ثابت بلانك.

* ميل الخط يساوي ثابت بلانك (هـ)، نقطة تقاطع الخطوط مع المحور السيني تمثل تردد العتبة للفلزات (ت.د) و نقطة التقاطع مع محور الصادات تمثل اقتران الشغل (Φ) إذا كُتبت المعادلة على الصورة الآتية:

$$\text{ط عظمى} = h \nu - \Phi$$

مثال: سقط ضوء فوق بنفسجي طول موجته (420) ن.م، على مهبط خلية كهروضوئية فانطلقت منه الإلكترونات باتجاه

المصعد مكونة تياراً كهروضوئياً عبر دائرة مغلقة، و عندما أصبح فرق الجهد العكسي (1.4) فولت انقطع تيار

الدائرة. احسب :

(أ) طاقة الفوتون الساقط.

(ب) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة.

(ج) اقتران الشغل لفلز المهبط.

$$\leftarrow \text{أ) ط} = \text{هـ ت} \quad \text{لكن ت} = \frac{\text{س}}{\lambda}$$

$$\text{ط ح العظمى} = 1.6 \times 10^{-19} \times 1.4 =$$

$$\text{ط ح العظمى} = 2.24 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = \frac{\text{س}}{\lambda} = \frac{1.0 \times 3 \times 10^8 - 1.0 \times 6.63}{1.0 \times 420}$$

$$\text{ط} = 8.29 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\leftarrow \text{ج) } \Phi = \text{هـ ت} - \text{ط ح العظمى}$$

$$\Phi = 1.0 \times 2.24 - 1.0 \times 8.29$$

$$\Phi = 6.05 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال: سقط ضوء على سطح صوديوم فتحرر منه الكترونات طاقتها الحركية العظمى (0.82) إلكترون فولت،

أجب عما يأتي:

أ) احسب تردد الضوء الساقط.

ب) إذا سقط ضوء طول موجته (600) نانومتر على سطح الفلز نفسه فهل تتحرر منه الالكترونات؟ وضح اجابتك.

\leftarrow أ) من الجدول ص 206 سنجد ان Φ للصوديوم = 2.28 إلكترون فولت ط ح العظمى = 0.82 إلكترون فولت

$$\text{هـ ت} = 1.0 \times 4.96 = 10^{-19}$$

$$\text{ت} = 1.0 \times 4.96 = 10^{-34} \times 6.63 = 10^{-19}$$

$$\text{ت} = \frac{1.0 \times 4.96}{1.0 \times 6.63 \times 10^{-34}}$$

$$\text{ت} = 7.48 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

$$\text{هـ ت} = \Phi + \text{ط ح العظمى}$$

$$\text{هـ ت} = 0.82 + 2.28 =$$

$$\text{هـ ت} = 3.1 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\text{هـ ت} = 1.0 \times 1.6 \times 3.1 = 10^{-19}$$

$$\text{هـ ت} = 1.0 \times 4.96 = 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\leftarrow \text{ب) ط} = \text{هـ ت} = \frac{\text{س}}{\lambda}$$

$$\text{ط} = \frac{1.0 \times 3 \times 10^8 - 1.0 \times 6.63}{1.0 \times 600}$$

$$\text{ط} = 3.31 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = \frac{1.0 \times 3.31}{1.0 \times 1.6}$$

$$\text{ط} = 2.075 \text{ إلكترون فولت} > \Phi \text{ للصوديوم} = 2.28 \text{ إلكترون فولت}$$

طاقة الضوء أقل من الطاقة اللازمة لتحرير الالكترونات من سطح الفلز (أصغر من اقتران الشغل Φ لعنصر

الصوديوم) لذا لن تتحرر الالكترونات من سطح الصوديوم.

أسئلة الكتاب ص ٢٠٩:

١- سقطت حزمتان من الضوء بترددين مختلفين (ν_1 ، ν_2) على سطحين فلزيين مختلفين (س، ص) على الترتيب، بحيث $\Phi_s < \Phi_{ص}$ ، فإذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة منهما متساوية، فأى الحزمتين ترددها أكبر؟ وضح إجابتك.

$$\leftarrow \nu_2 < \nu_1$$

ط ح عظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز (س) = ط ح عظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز (ص)

$$h\nu_2 - \Phi_s = h\nu_1 - \Phi_{ص}$$

$$h\nu_2 - \nu_1 = \Phi_s - \Phi_{ص}$$

$$h(\nu_2 - \nu_1) = \Phi_s - \Phi_{ص}$$

رياضياً بمان أن $\Phi_s - \Phi_{ص} < 0$ ، يجب ان يكون $\nu_2 < \nu_1$ و بالتالي $\nu_2 < \nu_1$

٢- سقط ضوء تردده (ν_0) هيرتز على سطحين فلزيين مختلفين (أ، ب)، فتحررت إلكترونات ضوئية من السطح (أ) من غير طاقة حركية بينما لم تتحرر من السطح (ب) أي إلكترونات. ناقش هذه النتائج مستنداً إلى معادلة أينشتين الكهروضوئية، ثم بين كيف تتغير النتيجة المتعلقة بالسطح (أ) إذا سقط عليه ضوء طول موجته أقصر.

← انبعاث الإلكترونات من سطح الفلز (أ) يعني أن طاقة الضوء الساقط مساوية لاقتران الشغل للفلز (أ) وفقاً لمعادلة

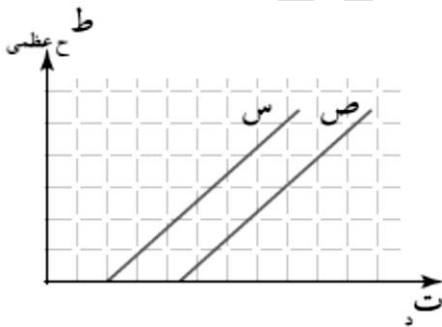
أينشتين الكهروضوئية ($h\nu = \Phi + \text{ط ح عظمى}$) حيث أن ط ح عظمى = صفر، أما الفلز (ب) فإن اقتران الشغل له

أكبر من الطاقة الحركية للضوء الساقط وهذا ما يُفسر عدم انبعاث اي الكترون كن سطح الفلز (ب).

إذا سقط على سطح الفلز (أ) ضوء له طول موجي أقصر فهذا يعني ان طاقة الضوء ($h\nu$) سوف تصبح أكبر من

اقتران الشغل للفلز (Φ) و وفقاً لمعادلة أينشتين الكهروضوئية ($h\nu = \Phi + \text{ط ح عظمى}$) سوف تنطلق

الإلكترونات بطاقة حركية عظمى (ط ح عظمى) تساوي الفرق بين طاقة الضوء و اقتران الشغل للفلز ($h\nu - \Phi$).



٣- يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط على

سطح فلز و بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية،

ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أي الفلزين س، ص طول موجة العتبة له أطول؟ وضح إجابتك.

(ب) إذا سقط ضوء له التردد نفسه على الفلزين، و انبعثت الكترونات

من كل منهما، فأى الفلزين تنبعث منه إلكترونات تمتلك طاقة حركية

أكبر؟ فسر إجابتك.

(ج) فسر يتساوى ميل المنحنيين الممثلين للفلز.

- ← (أ) $\lambda < \lambda_c$ ، من العلاقة $\frac{c}{\lambda} = \nu$ نجد أنه كلما زاد التردد قل الطول الموجي و بما ان تردد العتبة (ت.هـ) للفلز ص أكبر من ν فان الطول الموجي للفلز ص سوف يكون أقصر.
- ← (ب) من المعادلة : $h\nu = \Phi - E_k$ نجد انه كلما كان اقتران الشغل أقل و بالتالي تردد العتبة أقل زادت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات.
- إذا فالطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من سطح الفلز س ستكون أكبر لان تردد العتبة له أقل.
- ← (ج) ميل المنحنيين متساويين لانهما يمثلان ثابت بلانك (هـ).

-٤-

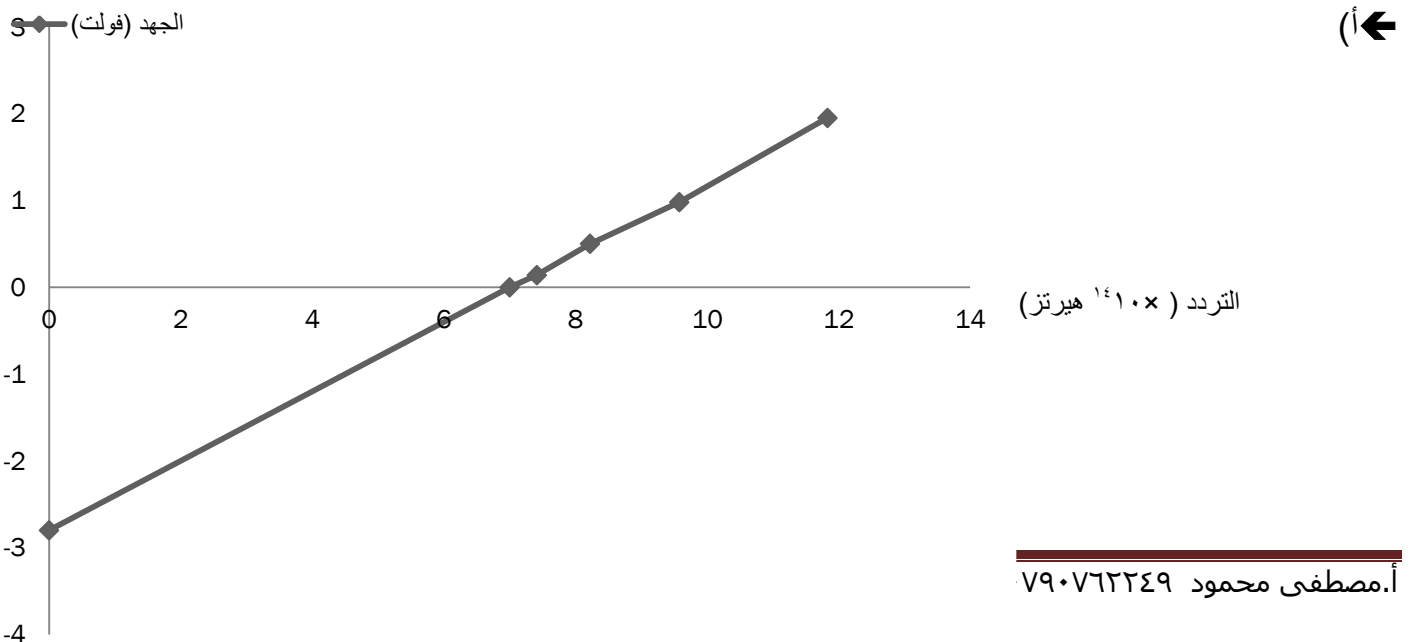
استخدمت الخلية الكهروضوئية في إجراء تجربة لقياس اقتران الشغل لفلز الكالسيوم، بإسقاط ضوء على سطح الفلز بأطوال موجية مختلفة، ثم تحديد فرق الجهد اللازم لقطع تيار الخلية في كل مرة يتم فيها تغيير الطول الموجي (لون الضوء الساقط)، فتم الحصول على البيانات الآتية:

λ (نم)	٢٥٣,٦	٣١٣,٢	٣٦٥,٠	٤٠٤,٧
ج _١ (فولت)	١,٩٥	٠,٩٨	٠,٥٠	٠,١٤

أ) ارسم العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط (على محور السينات) وجهد القطع (على محور الصادات).

ب) من الرسم البياني جد كلاً من: ثابت بلانك، وتردد العتبة، واقتران الشغل لفلز الكالسيوم.

ج) قارن بين قيمة اقتران الشغل التي حصلت عليها وقيمة اقتران الشغل لفلز الكالسيوم من الجدول (٧-١).



$$\text{الميل} = \frac{1.95 - 0.5}{11.82 - 8.21} = 0.10 \text{ فولت/هيرتز}$$

$$\text{الميل} \approx 0.10 \times 4 = 0.4 \text{ فولت/هيرتز}$$

← ه = الميل × هـ

$$ه = 0.10 \times 4 = 0.4 \text{ فولت/هيرتز}$$

نقطة تقاطع المنحنى مع محور السينات يمثل تردد العتبة ← تارة كالسيوم = $0.10 \times 7 = 0.7$ هيرتز

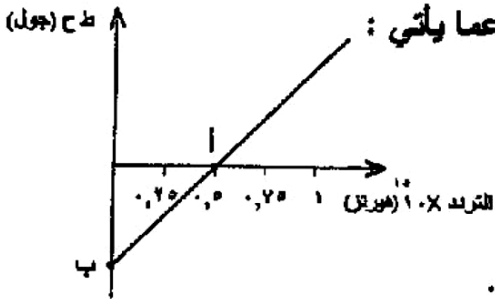
نقطة تقاطع المنحنى مع محور الصادات مضاعف بشحنة الالكترون يمثل اقتران الشغل

$$\Phi = -2.8 \times 1.6 \times 10^{-19} = -4.48 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

سؤال وزارى (شتوية 2013)

(6 علامات)

ب) الشكل المجاور يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى



للإلكترونات المتحررة في خلية كهروضوئية. اعتماداً على الشكل أجب عما يأتي :

(1) ماذا تمثل كل من النقطتين (أ ، ب) ؟

(2) ماذا يمثل ميل الخط البياني ؟

(3) إذا سقط ضوء تردده (0.25×10^{14}) هيرتز على مهبط

الخلية السابقة فهل يتمكن من تحرير إلكترونات منها؟ فسّر إجابتك.

ثالثاً: ظاهرة كومبتون

* الضوء سيل من الجسيمات النقطية (فوتونات).

* أدخل أينشتين مفهوم الزخم الخطي يُفسر الخصائص الجسيمية للضوء.

* افترض أن الفوتون الواحد الذي طاقته (هـ تـ) يحمل زخماً خطياً (خ) باتجاه حركته يعطى مقداره بالعلاقة $\frac{h}{\lambda} =$

* أثبتت تجارب كومبتون أن الضوء يسلك سلوك الجسيمات المادية كما افترض أينشتين.

* ظاهرة كومبتون من الظواهر التي فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسيرها.

* في العام ١٩٢٣ لاحظ كومبتون أن سقوط أشعة سينية ذات تردد عالي على هدف الغرافيت (الكربون) يؤدي الى اطلاق إلكترون يمتلك طاقة حركية، و تشتت أشعة سينية ذات طاقة أقل و طول موجي أكبر و بنفس سرعة الفوتون الساقط (سرعة الضوء ثابتة).

التفسير:

* الأشعة السينية تتكون من فوتونات، كل منها يحمل طاقة و يملك زخماً خطياً.
* اعتبر كومبتون أن إلكترون ذرة الكربون حرّاً ساكناً لأن طاقة الأشعة السينية عالية جداً إذا ما قورنت بإقتران الشغل (Φ) للكربون.

* عند اصطدام الفوتون بالإلكترون يحدث تصادم تام المرؤنة (كالأجسام المتصادمة).
* تبقى طاقة النظام (فوتون-إلكترون) و زخمه محفوظين في هذا التصادم.

* ينتج عن ذلك فوتون جديد يتشتت باتجاه يصنع زاوية ϕ مع اتجاه سير الفوتون الساقط، بينما ينطلق الإلكترون بزواوية θ .

* بما أن الطول الموجي للفوتون المتشتت أطول منه للفوتون الساقط فإن طاقته أقل.

* بما أن الطاقة محفوظة فان الطاقة الحركية التي اكتسبها الإلكترون بعد التصادم تساوي فرق طاقة الفوتونين الساقط و المتشتت :

$$ط\ ح\ إلكترون = ه\ ت\ - ه\ ت\ ر$$

حيث، ط ح إلكترون: الطاقة الحركية العظمى للإلكترون

ه\ ت\ ر : طاقة الفوتون الساقط

ه\ ت\ : طاقة الفوتون المتشتت

* انطلاق الإلكترون ممتلكاً طاقة حركية بعد التصادم يدل على اكتسابه زخماً خطياً باتجاه حركته.

* سرعة الفوتون الساقط = سرعة الفوتون المتشتت (سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ ثابتة).

مثال: في الشكل السابق و على فرض ان الإلكترون ساكن قبل التصادم، اذا كان طول موجة الفوتون الساقط

(٠.٢٤) نم و الطاقة الحركية للإلكترون بعد التصادم (٢٦) إلكترون فولت، احسب:

(أ) الزخم الخطي للفوتون الساقط.

(ب) طاقة الفوتون الساقط بوحدة الإلكترون فولت.

(ج) طول موجة الفوتون المتشتت.

$$\begin{aligned} \leftarrow (ب) ط\ فوتون\ ساقط &= ه\ ت\ ر \\ ط\ فوتون\ ساقط &= \frac{١٠ \times ٣ \times ٣^{-٤} - ١٠ \times ٦.٦٣}{١٠ \times ٠.٢٤} \\ ط\ فوتون\ ساقط &= ٧.٢٨ \times ١٠^{-٢٤} \text{ جول} \\ ط\ فوتون\ ساقط &= ٥١٨٠ \text{ إلكترون فولت} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \leftarrow (أ) خ &= \frac{ه}{\lambda} \\ خ &= \frac{٣^{-٤} - ١٠ \times ٦.٦٣}{١٠ \times ٠.٢٤} \\ خ &= ٢.٧٦ \times ١٠^{-٢٤} \text{ كغ.م}^٢/\text{ث} \end{aligned}$$

$$هتد = 1.6 \times 10^{-19} \times 5128 = 8.2048 \times 10^{-16} \text{ ج}$$

$$هتد - هتد = هتد - هتد$$

$$26 = 5180 - هتد$$

$$هتد = 5154 \text{ إلكترون فولت} = ط \text{ الفوتون المتشتت}$$

$$\frac{ط \text{ الفوتون المتشتت}}{هس} = \frac{ط \text{ الفوتون المتشتت}}{هس} \leftarrow \lambda = \frac{ط \text{ الفوتون المتشتت}}{هس}$$

$$\lambda = \frac{1.0 \times 3 \times 10^8 - 1.0 \times 6.63 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19} \times 5154}$$

$$\lambda = 2.41 \times 10^{-9} \text{ م}$$

أسئلة الكتاب ص 213:

١-صف ظاهرة كومتون.

← انبعاث الكترونيات من سطح الغرافيت (الكربون) نتيجة سقوط اشعة سينية، حيث تشتتت أشعة سينية جديد نتيجة الاصطدام طاقتها أقل من الأشعة الساقطة و طولها الموجي أكبر و لكن بنفس السرعة (سرعة الضوء).

٢-كيف فسر كومتون ظهور الأشعة السينية عندما يصدم فوتون مع إلكترون حر ساكن؟

← الاصطدام الذي يحدث بين الفوتون و الإلكترون الحر الساكن يكون اصطدام تام المرونة فيكون الزخم و الطاقة محفوظين في النظام (فوتون-إلكترون) .

٣-قارن بين الفوتون الساقط و الفوتون المتشتت في ظاهرة كومتون من حيث: الطاقة، الطول الموجي و السرعة؟

← الطول الموجي للفوتون المتشتت أقل منه للفوتون الساقط.

طاقة الفوتون المتشتت أكبر من طاقة الفوتون الساقط.

السرعة تبقى ثابتة و لا تتغير.

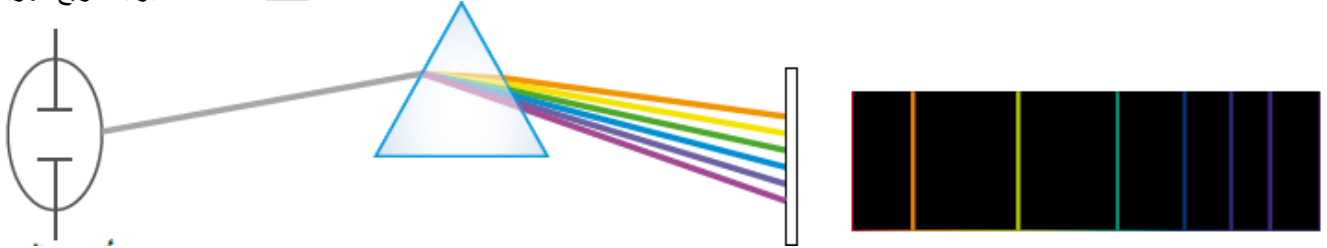
رابعاً: الأطياف الذرية للغازات:

* تبعث الأجسام الساخنة المتوهجة اشعاعاً حرارياً مثل توهج فتيل مصباح التنغستن.

* عند تحليل الاشعاع بواسطة المنشور فاننا نحصل على طيف متصل.

* الاشعاع الذي ينبعث من غاز عنصر منخفض الضغط في أنابيب التفريغ الكهربائي، يُعطي عند تحليله خلال

منشور طيف الانبعاث الخطي، الذي يظهر على هيئة خطوط ملونة منفصلة على خلفية سوداء. أنبوب تفريغ كهربائي



* عند مرور اشعاع متصل (ضوء الشمس) عبر غاز عنصر منخفض الضغط ثم تحليله نحصل على طيف خطي

يظهر على هيئة خطوط سوداء تتخلل الطيف المتصل للضوء، في المناطق التي تقابل خطوط طيف الانبعاث للغاز

نفسه و يسمى طيف الامتصاص الخطي.



- * الطيف الخطي (انبعاث او امتصاص) يظهر عند أطوال موجية محددة تختلف باختلاف العنصر.
- * الطيف الخطي صفة مميزة للعنصر، فلا يوجد غازان لهما الطيف الخطي نفسه.
- * الفيزياء الكلاسيكية لم تفسر الأطياف الخطية للغازات.
- * ١٩١٣ اقترح بور نموذجاً للذرة عالج فيه الطيف الذري للهيدروجين.

طيف ذرة الهيدروجين:

* الهيدروجين من أبسط الذرات لاحتوائها على بروتون واحد و إلكترون واحد، و طيفها الذري من أبسط الاطياف الذرية.

* يظهر طيف ذرة الهيدروجين على هيئة تجمعات عدة من الخطوط الطيفية التي يمكن حساب أطوالها الموجية باستخدام متسلسلات حسابية:

١. متسلسلة ليمان، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الضوء فوق البنفسجي

$$\dots, 4, 3, 2 = n, \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{1} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٢. متسلسلة بالمر، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الضوء المرئي

$$\dots, 5, 4, 3 = n, \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٣. متسلسلة باشن، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء

$$\dots, 6, 5, 4 = n, \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{3} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٤. متسلسلة براكنت، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء

$$\dots, 7, 6, 5 = n, \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{4} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٥. متسلسلة فوند، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء

$$\dots, 8, 7, 6 = n, \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{5} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

* حيث، λ : الطول الموجي

$$R_H: \text{ثابت ريديبيرغ} = 1.097 \times 10^7 \text{ م}^{-1}$$

ن: عدد صحيح موجب و يمثل رقم الغلاف الرئيسي حول نواة الذرة

* أول من لاحظ النمطية في الأطوال الموجية لخطوط طيف ذرة الهيدروجين هو السويسري بالمر عام ١٨٨٥.

* عند التعويض $n = 3$ في متسلسلة بالمر نحصل على طول موجة الخط الأول فيها، و عند التعويض $n = 4$ نحصل على طول موجة الخط الثاني.

* الأطوال الموجية لهذه الخطوط تقل كلما إنتقلنا من الخط الطيفي الأول الى الثاني الى الثالث.

* أكبرها طولاً موجياً هو الخط الأول و أقصرها الخط الأخير ($n = \infty$).

مثال: احسب طول موجة الخط الطيفي الثالث في متسلسلة بالمر.

$$\dots, 5, 4, 3 = n, \left(\frac{1}{2n} - \frac{1}{24} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

نعوض $n = 5$ لنحصل على طول موجة الخط الثالث ($5=3+2$)

$$\left(\frac{1}{25} - \frac{1}{24} \right) \times 1.0 \times 10^7 = \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1.0 \times 10^7 \times 0.23037 = 2.3037 \times 10^6 \text{ م}^{-1} \leftarrow \lambda = 4.341 \times 10^{-7} \text{ م}$$

مثال: احسب أقصر طول موجي في متسلسلة براكيت.

← أقصر طول موجي يكون عند $n = \infty$

$$\left(\frac{1}{2n} - \frac{1}{24} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$\left(\frac{1}{2\infty} - \frac{1}{24} \right) \times 1.0 \times 10^7 = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda = 1.0 \times 10^7 \times 1.459 = 1.459 \times 10^7 \text{ م}$$

نموذج بور لذرة الهيدروجين:

* مهد الطريق لتفسير الأطياف الذرية و فهم طبيعة الذرة، و عده آينشتين من أعظم الانجازات العلمية آنذاك.

* استفاد بور من نموذج رذرفورد و من مفهوم الزخم الزاوي.

* اذا تحرك الجسم في خط مستقيم اكتسب الجسم زخماً خطياً (خ خطي = ك ع)، اما اذا تحرك في مسار دائري فإنه يكتسب زخماً زاوياً (خ الزاوي = ك ع نق).

* استفاد بور من مفاهيم بلانك و آينشتين في تكمية الطاقة و ربط بين الفيزياء الكلاسيكية و الفيزياء الحديثة.

* وضع بور نموذجاً لذرة الهيدروجين يرتكز على (٤) فروض:

١. يتحرك الإلكترون حول النواة في مسارات دائرية بتأثير قوة التجاذب الكهربائية بين النواة الموجبة و الإلكترون السالب.

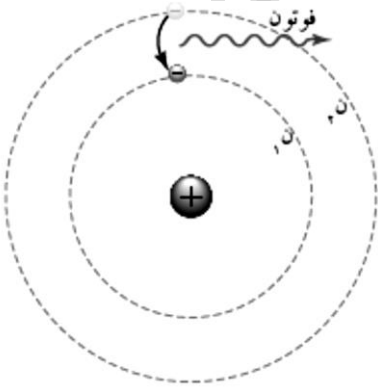
٢. يوجد الإلكترون في مدارات محددة مستقراً، كل مدار له مقدار محدد من

الطاقة يختلف عن غيره من المدارات، التي تُسمى مستويات الطاقة مع بقاء الإلكترون في مستوى طاقة معين فإنه لن يُشع أو يمتص أي طاقة.

٣. ينبعث الإشعاع من الذرة عندما ينتقل الإلكترون من مستوى طاقة عالٍ إلى

مستوى طاقة مُنخفض، و تكون الطاقة مكلمات على شكل فوتون طاقته

تساوي فرق الطاقة بين المستويين الذين انتقل بينهما.



إذا امتص الإلكترون فوتوناً طاقته تساوي الفرق في الطاقة بين مستويين فإنه ينتقل بينهما.

$$ط \text{ الفوتون} = ه ت ر = | ط - ط_0 |$$

حيث، $ط_0$: طاقة المستوى الابتدائي الموجود فيه الإلكترون.

$ط$: طاقة المستوى النهائي الذي انتقل اليه الإلكترون.

$ه ت ر$: طاقة الفوتون المنبعث أو الممتص.

٤. المدارات المسموح للإلكترون التواجد فيها هي التي يكون زخمها الزاوي فيها من مضاعفات $\frac{ه}{\pi^2}$

$$خ \text{ الزاوي} = ن \frac{ه}{\pi^2} \leftarrow ك ع نق = ن \frac{ه}{\pi^2}$$

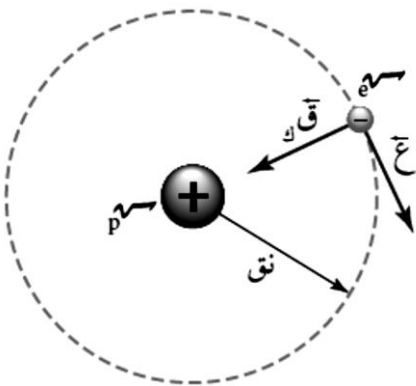
حيث، $ك$: كتلة الإلكترون $ع$: سرعة الإلكترون $نق$: نصف قطر المدار الذي يوجد فيه الإلكترون
 $ن$: رقم المدار ١, ٢, ٣,

أي أن الزخم الزاوي له كمات محددة.

١) حساب أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون التواجد فيها:

يخضع الإلكترون لقوة مركزية $ق م$ (قوة تجاذب كهربائي $ق ك$ تؤثر بها النواة على الإلكترون) :

$$ق م = \frac{ك ع^2}{نق^2} = ق ك \quad \text{حيث } ق ك = \frac{أس ه^2}{نق^2} \quad \text{و بما أن } ع = \frac{ه}{\pi^2 ن}$$



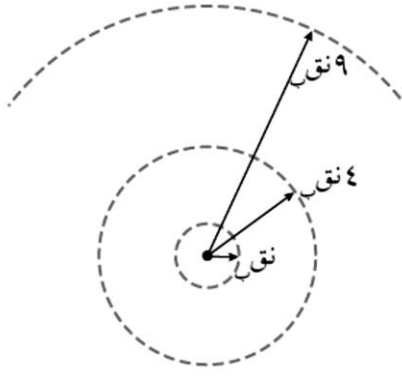
$$\text{إذا} \quad \frac{ك ع^2}{نق^2} = \frac{أس ه^2}{نق^2}$$

$$\text{من الفرض الرابع لبور: } ك ع نق = ن \frac{ه}{\pi^2} \leftarrow ع = \frac{ه}{\pi^2 ن} = \frac{ه}{\pi^2 ك نق}$$

$$\frac{ك ع^2}{نق^2} = \frac{أس ه^2}{نق^2} \quad \text{نعوض (} \frac{ه}{\pi^2 ك نق} \text{) بدلاً من } ع$$

$$\text{لتصبح: } ك = \left(\frac{ن^2 ه^2}{\pi^2 ك^2 نق^2} \right) \frac{أس ه^2}{نق}$$

$$\text{و باعادة ترتيب الكميات نحصل على: } نق = \left(\frac{ه^2}{\pi^2 ك أس ه^2} \right) ن^2$$



$$\text{نق} = \frac{h}{2\pi m v} = 0.29 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\leftarrow \text{نق} = \text{نق}^2$$

مثال: احسب نصف قطر المدار الثالث في ذرة الهيدروجين.

$$\leftarrow \text{نق} = \text{نق}^2 \quad \text{نق} = 0.29 \times 10^{-11} \times 3 = 0.87 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\text{نق} = 0.29 \times 10^{-11} \times 4.76 = 1.38 \times 10^{-11} \text{ م}$$

سؤال: احسب نصف قطر المدار الثاني في ذرة الهيدروجين.

٢) حساب طاقة المستويات المسموح بها في ذرة الهيدروجين:

يمتلك نظام (الالكترونون - بروتون) في ذرة الهيدروجين طاقة وضع كهربائية: $\frac{-e^2}{\text{نق}}$

و نتيجةً لدوران الالكترونون حول النواة فانه يمتلك طاقة حركية: $\frac{1}{2} m v^2$

$$\leftarrow \text{ط} = \text{ط} + \text{ط} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{e^2}{\text{نق}}$$

$$\text{نق} = \frac{h}{2\pi m v} \quad \text{نق} = \frac{h^2}{2\pi^2 m v^2} \quad \leftarrow \text{ط} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{e^2}{\text{نق}} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{2\pi^2 m^2 v^3}{h^2}$$

$$\text{ط} = \frac{e^2}{\text{نق}} - \frac{1}{2} m v^2 = \frac{e^2}{\text{نق}} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{2\pi \text{نق}} \right)^2$$

المقدار $\frac{e^2}{\text{نق}}$ = مقداراً ثابتاً و بالقسمة على شحنة الالكترونون نحصل على الطاقة بوحدة

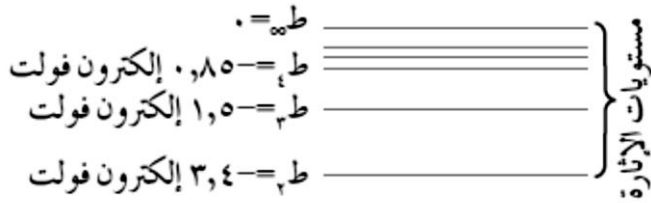
الالكترونون فولت $\frac{e^2}{\text{نق}}$ كما ان $\text{نق} = \text{نق}^2$

$$\leftarrow \text{في النهاية نحصل على ط} = \frac{e^2}{\text{نق}^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{2\pi \text{نق}} \right)^2$$

$$\leftarrow \text{ط} = \frac{13.6}{\text{ن}^2} \text{ بوحدة الالكترونون فولت}$$

حيث، ن: رقم المدار الذي يوجد فيه الالكترونون

* الاشارة السالبة تعني انه يجب تزويد الالكترونون بكمية من الطاقة تساوي طاقة المدار الذي يوجد فيه ليتحرر من الذرة من غير اكسابه طاقة حركية، و تسمى طاقة التآين.



مثلا عندما $n=1 \leftarrow ط = -13.6$ إلكترون فولت
 * ويسمى أدنى مستوى في ذرة الهيدروجين
 ($n=1$) مستوى الاستقرار.

* مستويات الاثارة: هي مستويات الطاقة التي تعلو مستوى الاستقرار في ذرة الهيدروجين، و هي المستويات التي ينتقل اليها الإلكترون اذا امتص مقدارا محددًا ممن الطاقة.

مستوى الاستقرار $ط = -13.6$ إلكترون فولت

* تكون الذرة غير مستقرة اذا كانت في حالة اثاره

و لكي تعود الى حالة الاستقرار يجب ان يعود

الإلكترون من مستوى الاثارة الى مستوى الاستقرار،

* وقد تكون العودة على مرحلة واحدة او على عدة مراحل.

* في كل مرة ينتقل فيها الإلكترون من مستوى طاقة الى مستوى طاقة أدنى منه ينبعث فوتونا طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين، و تظهر الفوتونات التي تنبعث بعد تحليلها في المطياف على هيئة خطوط تقع ضمن طيف الانبعاث الخطي لذرة الهيدروجين.

مثال: ادرس الشكل السابق الذي يبين مستوى الاستقرار و مستويات الاثارة لذرة الهيدروجين احسب:

(أ) أقل طاقة تلزم لتحرير الإلكترون عندما يكون في مستوى الاستقرار؟

(ب) طاقة الفوتون اللازمة لنقل الإلكترون من مستوى الاستقرار الى المستوى الرابع؟

$$\leftarrow \text{أ) } \Delta ط = ط - ط_{\infty} = 0 - (-13.6) = 13.6 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\leftarrow \text{ب) } \Delta ط = ط - ط_{\infty} = -0.85 - (-13.6) = 12.75 \text{ إلكترون فولت}$$

سؤال: مستعينا بالشكل السابق الذي يبين مستويا الطاقة في ذرة الهيدروجين احسب الطاقة اللازمة لاعادة إلكترون موجود في المستوى الثالث الى مستويا الاستقرار.

٢) نموذج بور و متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين:

* العلاقات الرياضية المستخدم لحساب أنصاف أقطار المدارات المسموح لإلكترون ذرة الهيدروجين الوجود فيها)

نق^ن = نق^ن و المستخدمة لحساب طاقة المدارات عند وجود الإلكترون فيها ($ط_n = -\frac{13.6}{n^2}$) مشتقة من

قوانين الفيزياء الكلاسيكية لذلك فإن القيم التي نحصل عليها باستخدام تلك العلاقات هي قيم نظرية، وليكون نموذج بور مقبولاً يجب ان يتنبأ بالقيم التجريبية للأطوال الموجية للخطوط الطيفية.

*الاثبات: ط الفوتون = ه ت = | ط - ط_ه |
 بالتعويض $\frac{13.6}{n} = \frac{h c}{\lambda} = \frac{h c}{\lambda} - \frac{h c}{\lambda_0}$ و تعويض $\frac{h c}{\lambda} = \frac{h c}{\lambda_0} + \frac{h c}{\lambda}$:

$$\left| \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1} \right| \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{h c}{\lambda}$$

الان نعوض قيم ه و س ، و نعيد ترتيب المعادلة بحيث تصبح كما يلي:

$$\left| \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1} \right| \times 1.097 \times 10^7 = \frac{1}{\lambda}$$

ريديربرج (R_H) ثابت

* اذاً يمكن حساب الأطوال الموجية للخطوط الطيفية لطيف ذرة الهيدروجين باستخدام العلاقة:

$$\left| \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1} \right| R_H = \frac{1}{\lambda}$$

و بالتعويض ن = 1، 2، 3، 4، 5 نجد هناك

تطابق مع متسلسلات: ليمان، بالمر، باشن، براكنت و فوند، انظر الشكل:

* ما الذي أعطى نموذج بور

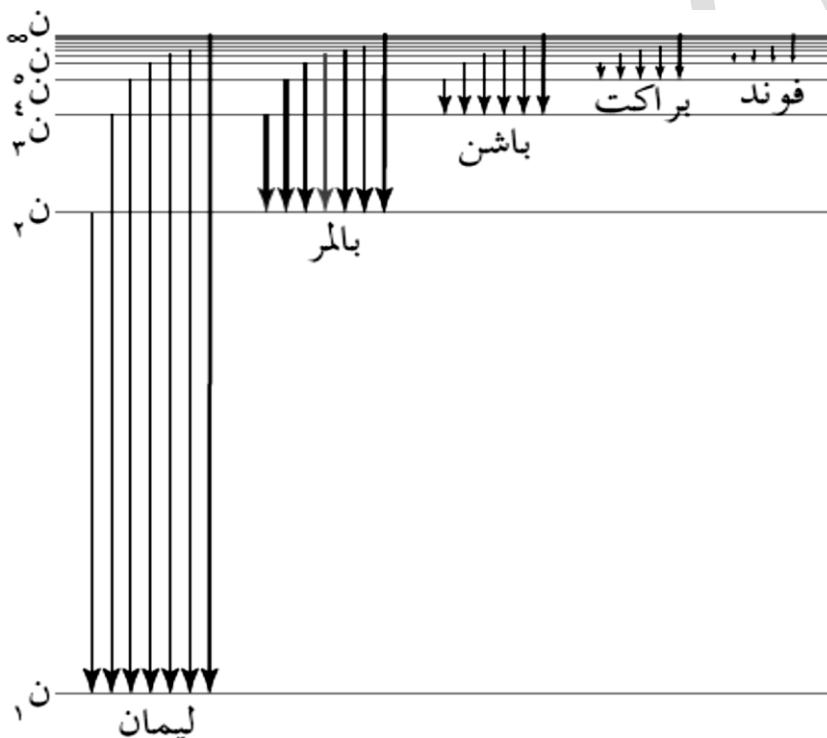
قبولاً عد العلماء؟

← ١. الفروض النظرية لبور قد

اتفقت مع النتائج التجريبية

لطيف ذرة الهيدروجين.

٢. التوصل الى ثابت ريديربرج R_H



مثال: انتقل إلكترون من ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة الثاني الى مستوى الطاقة الأول. احسب:

(أ) طاقة الفوتون المنبعث.

(ب) تردد الفوتون المنبعث.

ج) طول موجة الفوتون المنبعث.

$$\begin{aligned} \leftarrow \text{أ) } \lambda_{\text{الفوتون}} &= | \lambda - \lambda_{\text{ط}} | \\ \lambda_{\text{الفوتون}} &= \left| \frac{13.6}{n} - \frac{13.6}{n_0} \right| \\ \lambda_{\text{الفوتون}} &= 13.6 \left| \frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} \right| \\ \lambda_{\text{الفوتون}} &= 10.2 \text{ إلكترون فولت} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \leftarrow \text{ج) } \lambda &= \frac{v}{f} \\ \lambda &= \frac{10 \times 3}{10^{10} \times 2.46} \\ \lambda &= 10 \times 1.22 \times 10^{-7} \text{ م} \end{aligned}$$

← ب) $\lambda = \frac{v}{f}$

$$\begin{aligned} f &= \frac{19 - 10 \times 1.6 \times 10^{-19}}{3.4 \times 10^{-34}} \\ f &= 10 \times 2.46 \times 10^{10} \text{ هيرتز} \end{aligned}$$

أسئلة الكتاب ٢٢٥:

١. هل يمكن لذرة الهيدروجين أن تبعث فوتوناً طاقته (١٥) إلكترون فولت؟ فسر إجابتك.
٢. أي المدارات الممكنة لذرة الهيدروجين تكون فيه سرعة الإلكترون أكبر ما يمكن؟ وضح إجابتك.
٣. لماذا يتفق نموذج بور مع مبدأ بلانك في كمية الطاقة؟
٤. إلى أي متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين ينتمي الخط الطيفي ذو الطول الموجي الأقصر؟
٥. ما الفرق بين طاقة التآين وطاقة الإثارة؟

١) لا، لأن أكبر قدر من الطاقة يمكن أن ينبعث من ذرة الهيدروجين عند انتقال الإلكترون من $n = \infty$ إلى $n = 1$ هو ١٣.٦ إلكترون فولت و هو أكبر قدر من الطاقة يمتلكه إلكترون في ذرة الهيدروجين.

← ٢) أكبر قدر من الطاقة يمتلكه إلكترون في ذرة الهيدروجين يكون عند وضع الإلكترون في مستوى الاستقرار ($n=1$) و من العلاقة (ك ع نق = $n \cdot h$) نجد ان سرعة الإلكترون ع = $\frac{n \cdot h}{\pi^2 \cdot ك}$

$$\text{لكن نق} = \text{نق} \cdot n^2 \leftarrow \text{ع} = \frac{n \cdot h}{\pi^2 \cdot ك} = \frac{h}{\pi^2 \cdot ك} \cdot n^2$$

من المعادلة السابقة (n) هو المتغير الوحيد و يتناسب عكسياً مع سرعة الإلكترون لذلك فان سرعة الإلكترون تكون أكبر ما يمكن عندما $n=1$ اي في مستوى الاستقرار.

← ٣) اتفق مع بلانك في ان الطاقة التي تنبعث أو تمتص من الجسم (ذرة الهيدروجين مثلاً) تكون بمقادير محددة (مكماً).

← ٤) الخط الطيفي الذي له أقصر طول موجي يمتلك أكبر قدر من الطاقة (فوتون = $\frac{h\nu}{\lambda}$) و أكبر قدر من الطاقة تنبعث عند انتقال الكترون من المدار الاول (مستوى الاستقرار) لذرة الهيدروجين لذلك فطيف الهيدروجين الذي يمتلك أكبر قدر من الطاقة ينتمي الى متسلسلة ليمان.

← ٥) طاقة الاثارة هي اقل طاقة تلزم لنقل الكترون مستوى طاقة الى مستوى طاقة اعلى مع بقائه مرتبطاً بذرة الهيدروجين، أما طاقة التآين هي اقل طاقة تلزم لتحرير الإكترون من ذرة الهيدروجين .

خامساً: الطبيعة المزدوجة للإشعاع و المادة:

- * الشعاع يسلك سلوك الجسيمات المادية بدليل إمتلاك الفوتون زخماً كما أثبتت تجارب كومبتون.
- * كما استند بور في بناء نموذج الذري الى ان الضوء يسلك سلوك الجسيمات لتفسير الأطياف الذرية.
- * هناك ظواهر لا يمكن تفسيرها بإفترض الطبيعة الجسمية للضوء مثل: ظاهرة التداخل و الحيود .
- * الفوتون له خواص موجية مثل التردد و الطول الموجي، وخواص جسمية مثل الزخم بناءً على ذلك إفترض العلماء ان للضوء طبيعة مزدوجة (موجية - جسمية).

سؤال: للضوء طبيعة مزدوجة فسر ذلك؟

أطروحة لويس دي بروي:

بما ان للفوتونات خواص موجية و جسمية، فمن المحتمل ان يكون لأشكال المادة جميعها خواص موجية كما لها خواص جسمية

* الاجسام جميعها يصاحبها

موجات عند حركتها ليست كموجات الضوء (كهر ومغناطيسية) أو الصوت (ميكانيكية).

* الاجسام لها طبيعة مزدوجة (جسمية-موجية).

* افترض دي بروي ان للجسم موجات تتناسب عكسياً مع زخمه:

$$\frac{h}{\lambda} = \lambda \quad \text{ومنه}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \chi$$

علاقة آينشتين لزخم

$$\frac{h}{\lambda} = \lambda \quad \leftarrow \quad \chi = \frac{h}{\lambda}$$

مثال: احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لكل مما يأتي:

(١) رصاصة كتلتها ١٠ غ تتحرك بسرعة ٤٠٠ م/ث.

(٢) إلكترون طاقته الحركية (٢) إلكترون فولت، علماً ان كتلته (١.١ × ١٠^{-٣١} كغ).

$$\frac{h}{\lambda} = \lambda \quad \leftarrow$$

$$\lambda_{\text{الرصاصة}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{400 \times 0.01}$$

$$\lambda_{\text{الرصاصة}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.65 \times 10^{-3}} \text{ م}$$

لا تظهر موجات دي بروي للأجسام الكبيرة (الجاهرية) مثل الرصاصة أو السيارة، و لم يتمكن العلماء من قياسها عملياً، بعكس الموجات المصاحبة للإلكترونات و البروتونات و النيوترونات حيث أمكن قياسها عملياً.

$$\lambda_{\text{الإلكترون}} = \frac{h \cdot 1.0 \times 10^{-10} \text{ م}}{\sqrt{9.11 \times 6.4 \times 10^{-31}}}$$

$$\lambda_{\text{الإلكترون}} = \frac{h \cdot 1.0 \times 6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{9.11 \times 10^{-31}} \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

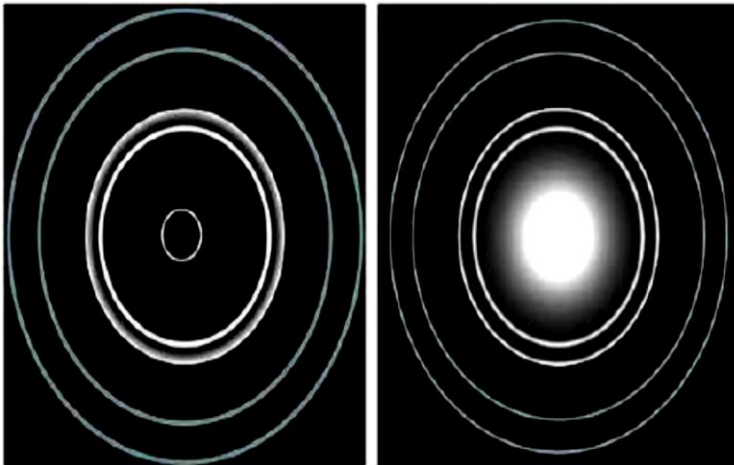
- * الطول الموجي للرصاصة صغير جداً و أصغر بكثير من ابعاد الرصاصة.
 - * لا تظهر موجات المادة المصاحبة للجسيمات و لا يمكن قياسها (لم يتمكن العلماء من قياسها).
 - * الطول الموجي للإلكترون من رتبة الطول الموجي للامواج الكهرومغناطيسية و امكن قياسه عملياً، بالإضافة للموجات المصاحبة للجسيمات الصغيرة مثل البروتونات و النيوترونات.
- سؤال: احسب الطول الموجي لجسيم كتلته 1.0×10^{-19} كغ، و يتحرك بسرعة 2×10^6 م/ث.

حيود الموجات:

- * عند اسقاط حزمة إلكترونات على بلورة نيكل يتشكل نمط من الحيود يشبه حيود الأشعة السينية.
- * حيث تكون الموجات المصاحبة للإلكترونات مساوية في الطول الموجي للأشعة السينية.

حيود موجات الأشعة السينية

حيود الموجات المصاحبة للإلكترونات



- * الشكل المجاور يظهر حيود كل من الموجات المصاحبة للإلكترون و حيود الأشعة السينية ذات الطول الموجي نفسه عند سقوطها على رقيقة ألومنيوم.

- * أثبتت هذه التجربة التي أجراها دافسون و جيرمر صحة نظرية دي بور بشكل عملي.
- * أجريت التجربة من خلال اسقاط بروتونات و نيوترونات و تم الحصول على أنماط حيود مماثلة تؤكد الطبيعة الموجية للمادة.
- * أثناء دوران الإلكترون حول النواة يصاحبه أمواج مادية، حيث :

$$\lambda = n \cdot \text{طول محيط المدار}$$

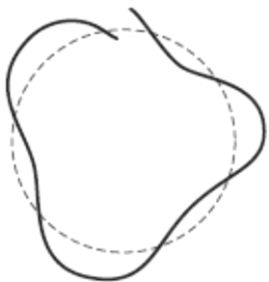
$$n \cdot \lambda = 2 \pi \text{ نقن}$$

- * وجود الإلكترون على بُعد محدد من النواة (2π نقن) ضروري لحدوث تداخل بناء.

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

- * الطول الموجي المصاحب للإلكترون يتناسب عكسياً مع سرعته

- * لذلك يجب ان تكون سرعة الإلكترون محددة و إلا حدث تداخل هدام بحيث تلغي الموجات المصاحبة للإلكترونات بعضها بعضاً.



$$n \cdot \lambda = 2 \pi \text{ نقن} \leftarrow \frac{h}{m \cdot v} = \lambda$$

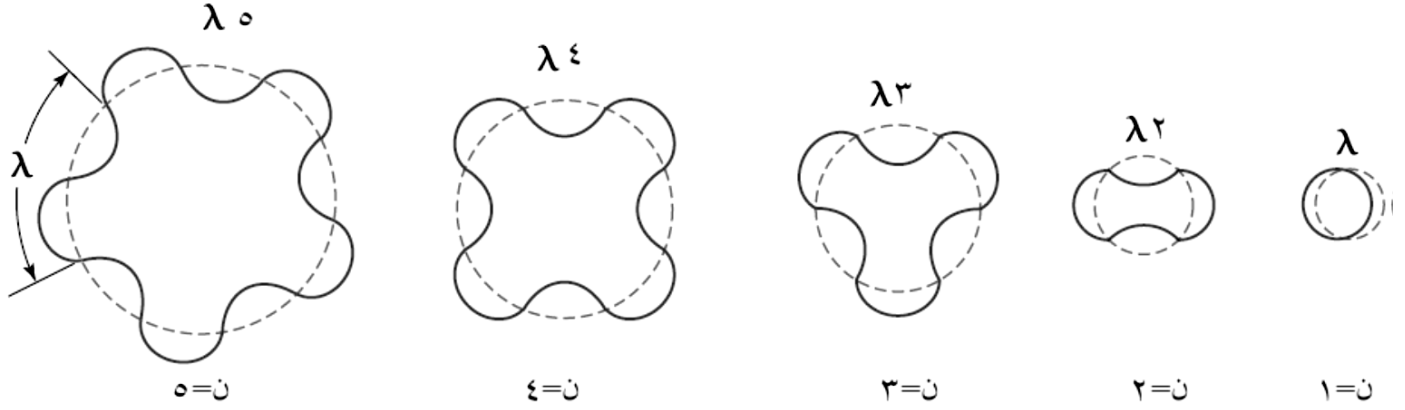
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

تمثل هذه العلاقة الفرض الرابع

لبور الذي حدد فيه الزخم الزاوي.

$$m \cdot v \cdot r = n \cdot \frac{h}{2 \pi}$$

* يمثل الشكل العلاقة بين عدد موجات دي بور و المدارات المسموح للإلكترون الوجود فيها.



مثال: إلكترون موجود في المدار الأول لذرة الهيدروجين ، احسب ما يلي:

(أ) طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون.

(ب) سرعة الإلكترون في هذا المدار.

$$\leftarrow \text{أ) نقب} = 1 = 1 \times \text{نق} = 1 \times 1.0 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\leftarrow \text{ب) } \pi^2 \text{ نق} = \lambda \leftarrow \lambda = 2 \times 3.14 \times 1.0 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\lambda = 2 \times 3.14 \times 1.0 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\leftarrow \text{ب) } \lambda = \frac{h}{m \cdot v} \leftarrow v = \frac{h}{m \cdot \lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 2 \times 3.14 \times 10^{-11}} = 1.18 \times 10^6 \text{ م/ث}$$

$$v = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 2 \times 3.14 \times 10^{-11}} = 1.18 \times 10^6 \text{ م/ث}$$

$$v = 1.18 \times 10^6 \text{ م/ث}$$

مثال: الشكل المجاور يبين مجات دي بروي المصاحبة للإلكترون موجود في

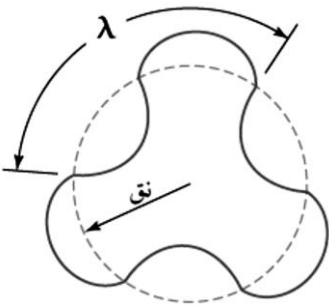
احد مدارات رة الهيدروجين اذا كان طول الموجة $9.1 \times 10^{-11} \text{ م}$ ، احسب:

(أ) رقم المدار؟

(ب) نصف قطر المدار؟

$$\leftarrow \text{أ) عدد موجات دي بروي } = 3$$

$$\leftarrow \text{ب) } n = 3$$



$$\leftarrow \text{ب) } 3 \text{ نق} = 3 \times 9.1 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$3 \times 9.1 \times 10^{-11} \text{ م} = 2.73 \times 10^{-10} \text{ م}$$

$$3 \times 9.1 \times 10^{-11} \text{ م} = 2.73 \times 10^{-10} \text{ م}$$

سؤال: إلكترون موجود في المدار الرابع لذرة الهيدروجين، احسب طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون و سرعة الإلكترون في المدار الرابع ثم ارسم موجات دي بروي المصاحبة للإلكترون.

* تستخدم الموجات المصاحبة للإلكترونات في تكبير الأجسام التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة في

المجهر الإلكتروني حيث تصل قوة التكبير الى مليون مرة.

* يُعد المجهر الإلكتروني من التطبيقات العملية على الطبيعة الموجية للمادة.

* تُسلط الموجات المصاحبة لإلكترونات تسرع عبر فرق جهد كهربائي على التفاصيل المراد تكبيرها.

* يُمكننا المجهر من رؤية التفاصيل التي تزيد أبعادها عن الطول الموجي المستخدم في المجهر $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

فعند زيادة سرعة الإلكترونات من خلال زيادة فرق الجهد يقل الطول الموجي.

* يصل فرق الجهد المُستخدَم الى ١٠٠ كيلوفولت لتصل قوة التكبير الى ما يزيد عن مليون مرة بقدرة على تمييز التفاصيل التي ابعادها عن ٠.٢ نم.

أسئلة الكتاب ٢٣١ ص:

١- وضح المقصود بالطبيعة المزدوجة للضوء؟ ما الذي دعا العلماء الى افتراض تلك الطبيعة؟

← الطبيعة المزدوجة للضوء تعني أن للضوء طبيعة موجية و طبيعة جسمية.
و الذي دعاهم الى ذلك الافتراض هو أن الضوء أحياناً يسلك سلوك الموجات عند تفاعله مع المادة و أحياناً اخرى يسلك سلوك الأجسام.

٢- لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة في حالة الأجسام الكبيرة (الجاهرية)؟

← لأن الموجات المصاحبة للأجسام الكبيرة صغيرة جداً و أصغر بكثير من أبعاد الأجسام و لا يُمكن قياسها عملياً.

٣- كيف فسّر دي بروي وجود الإلكترونات على أبعاد محددة من النواة؟

← لكي يستقر الإلكترون في مداره لا بُد من وجوده على بعد محدد يساوي عدد صحيح من مضاعفات الطول الموجي (ن ٨) لموجات دي بروي الناتجة عن دوران الإلكترون، حيث ان وجود الإلكترونات على أبعاد محددة من النواة ضروري لحدوث تداخل بناء.

٤- ما مبدأ عمل المجهر الإلكتروني؟ و على ماذا تعتمد قدرته على التمييز؟

← مبدأ عمله هو الموجات المصاحبة لإلكترونات التّسرع عبر فرق جهد كهربائي، و كلما زاد فرق الجهد تزداد سرعة الإلكترون و يقل طوله الموجي و بالتالي تزداد قدرت المجهر على التكبير، حيث يمكننا رؤية التفاصيل التي يزيد بُعدها عن الطول الموجي.

أسئلة الفصل ص ٢٣٢:

١-

٦	٥	٤	٣	٢	١
ب	د	ب	ج	أ	ب

٢- طن = $\frac{13,6^-}{2n}$ من خلال دراستك للعلاقة الرياضية التي تمثل طاقة المستويات في ذرة الهيدروجين ، أجب عما يلي:

(أ) ما دلالة الإشارة السالبة؟

(ب) الى ماذا يشير الرمز (ن)؟

(ج) هل يمكن ان تكون طاقة احد مستويات ذرة الهيدروجين مساوية (-١) إلكترون فولت؟ فسّر اجابتك.

← (أ) تُشير الى انه يلزم تزويد الإلكترون بمقدار من الطاقة لنقله من المستوى الذي يوجد فيه الى مستوى طاقة أعلى منه.

← (ب) تُشير الى رقم مستوى الطاقة الذي يمكن ان يوجد فيه الإلكترون.

← (ج) لا، طاقة الإلكترون كمماة و باستخدام العلاقة $\frac{13,6^-}{2n}$ فلا يمكن الحصول على طاقة تساوي (-١) إلكترون فولت.

سقط ضوء طول موجته (٤٢٠) نـم على سطح من فلز الكالسيوم. إذا كان اقتران الشغل للكالسيوم يساوي (٢,٨٧) إلكترون فولت، فاحسب:

أ) طاقة الفوتون الواحد للضوء الساقط بوحدة جول، ثم بوحدة إلكترون فولت.

ب) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الكالسيوم.

ج) جهد القطع.

د) طول موجة العتبة للكالسيوم.

$$\begin{aligned} \text{أ) } \lambda &= \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.94 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.1 \times 10^{-7} \text{ م} \\ \text{ب) } \Phi &= E - E_{\text{عظمى}} = 1.94 - 0.07 = 1.87 \text{ إلكترون فولت} \\ \text{ج) } \Phi &= \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.1 \times 10^{-7}} = 1.8 \times 10^{-19} \text{ جول} \\ \text{د) } \lambda &= \frac{h \cdot c}{\Phi} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.8 \times 10^{-19}} = 1.1 \times 10^{-7} \text{ م} \end{aligned}$$

عند سقوط ضوء طول موجته (٢٥٠) نـم على مهبط خلية كهروضوئية، يمر تيار كهروضوئي فيها، إذا علمت أن هذا التيار انقطع عند فرق جهد عكسي مقداره (٢,٩٢) فولت. فجد ما يأتي:

أ) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة إلكترون فولت، ثم بوحدة جول.

ب) اقتران الشغل للفلز الذي يتكون منه المهبط.

أ) طح العظمى = | ج ق | (بوحدة eV)

$$\text{ط ح العظمى} = |2.92 - 2.92| = 2.92 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\text{ط ح العظمى} = 2.92 - 1.6 \times 10^{-19} = 4.67 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ط الفوتون} = \frac{h \nu}{\lambda}$$

$$\text{جول} = \frac{1.0 \times 10^{-19} \times 7.96}{250 \times 10^{-9}} = 3.184 \times 10^{-19}$$

$$\Phi = \text{ط الفوتون} - \text{ط ح العظمى}$$

$$\Phi = 1.0 \times 10^{-19} \times 7.96 - 1.0 \times 10^{-19} \times 4.67$$

$$\Phi = 3.29 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

٥- إذا كان أقل طول موجي لفوتون في إحدى متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين يساوي $(\frac{9}{R_H})$ م،

حيث (R_H) : ثابت ريديرغ، فأجب عما يأتي:

أ) حدد المتسلسلة التي ينتمي إليها هذا الفوتون.

ب) احسب طاقة الفوتون.

ج) احسب أكبر طول موجي لفوتون ينتمي إلى هذه المتسلسلة.

← (أ) متسلسلة باشن.

$$\leftarrow \text{ب) } \frac{13.6}{n^2} = \text{ط} = 0 \text{ (} n = \infty \text{)}$$

$$\text{ط ح} = \frac{13.6}{2^2} = 3.4 \text{ إلكترون فولت} = 1.01 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\text{ط فوتون} = \text{ط} - \text{ط ح} = 0 = 1.01 = 1.01 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\frac{9}{\lambda} = \frac{1.01 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}} = 1.52 \times 10^{14} \text{ م}^{-1}$$

$$\leftarrow \text{ب) } \frac{h \nu}{\lambda} = \text{ط الفوتون}$$

$$\frac{1.01 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}} = \frac{1.01 \times 10^{-19}}{\lambda}$$

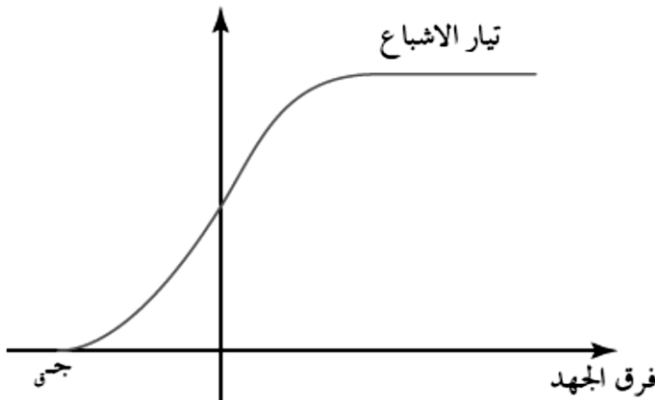
$$\lambda = 6.626 \times 10^{-14} \text{ م} = 0.6626 \text{ نانومتر}$$

← (ج) أكبر طول موجي عند انتقال إلكترون من $n=3$ إلى $n=2$ ؛

$$\frac{1}{\lambda} R_H = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)} = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)} = 6.56 \times 10^{-7} \text{ م} = 656 \text{ نانومتر}$$

التيار الكهروضوئي



٦- يمثل الشكل المجاور التمثيل البياني لفرق الجهد بين المهبط والمصعد و التيار الكهروضوئي في خلية كهروضوئية، بين أثر ما يأتي على كل من تيار الاشباع و جهد القطع:

أ) اذا زاد تردد الضوء الساقط.

ب) اذا زادت شدة الضوء الساقط.

ج) اذا زاد الطول الموجي للضوء الساقط.

← أ) يزداد جهد القطع دون أن يتغير تيار الاشباع.

← ب) لا تتغير قيمة جُهد القطع و يزداد تيار الاشباع.

← ج) يقل جُهد القطع مع بقاء تيار الاشباع ثابتاً.

٧- احسب ما يأتي :

أ) طول موجة الخط الطيفي الثاني في متسلسلة ليمان.

ب) طول موجة الخط الطيفي الثالث في متسلسلة باشن.

ج) أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر.

د) أكبر طول موجي في متسلسلة فوند.

← أ) الخط الطيفي الثاني عند $n=3 \leftarrow \frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$

$$1.097 \times 10^7 \times \frac{5}{11} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \times \frac{5}{11}} = 8 \times 10^{-8} \text{ م}$$

← ب) الخط الطيفي الثالث في متسلسلة باشن عند $n=6 \leftarrow \frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{6^2} \right)$

$$1.097 \times 10^7 \times \frac{7}{12} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \times \frac{7}{12}} = 36 \times 10^{-8} \text{ م}$$

← ج) أقصر طول موجي عند $n=\infty \leftarrow \frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{2^2} \right)$

$$1.097 \times 10^7 \times \frac{3}{4} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \times \frac{3}{4}} = 4 \times 10^{-8} \text{ م}$$

← د) أكبر طول موجي في متسلسلة فوند عند $n=6 \leftarrow \frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right)$

$$1.097 \times 10^7 \times \frac{25}{18} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{1.097 \times 10^7 \times \frac{25}{18}} = 36 \times 25 \times 10^{-8} \text{ م}$$

٨- إذا كان الزخم الزاوي للإلكترون ذرة الهيدروجين في أحد المدارات يساوي $(11, 2) \times 10^{-34} \text{ كغ.م}^2/\text{ث}$. فجد ما يأتي:

أ) رقم المدار الموجود فيه الإلكترون.

ب) نصف قطر المدار.

ج) طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون في هذا المدار.

د) طاقة المستوى في ذرة الهيدروجين عندما يكون الإلكترون في هذا المدار.

← أ) $\chi_{\text{الزاوي}} = n \frac{h}{2\pi}$

$$3.310 = \frac{6.63}{2} n$$

$$n = \frac{3.310 \times 2}{6.63} = 1$$

← ب) $n = \frac{3.14 \times 2.11}{3.310} = 2 \leftarrow$ الإلكترون في المدار الثاني.

$$\leftarrow \text{ب) } \text{نقن} = \text{ن}^2 \text{ نقب} \leftarrow \text{نق} = \sqrt{2} = \sqrt{2} \times 0.29 \times 10^{-11} = 1.2 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\leftarrow \text{ج) } \pi^2 \text{ نقن} = \lambda \leftarrow \lambda = \frac{1.2 \times 10^{-11} \times 3.14 \times 2}{\pi} = 2.36 \times 10^{-11} \text{ م}$$

$$\leftarrow \text{د) } \text{ن} = 2 \text{ طن} = \frac{13.6}{\text{ن}} \leftarrow \text{ط} = \frac{13.6}{2} = 6.8 \text{ إلكترون فولت}$$

٩- أجب عما يلي:

أ) بين لماذا نجحت النظرية الجسيمية في تفسير وجود تردد عتبة للفلزات في الظاهرة الكهروضوئية، في حين لم تنجح النظرية الموجية.

ب) أعط مثلاً على السلوك الموجي للمادة، وآخر على السلوك الجسيمي لها.

ج) إذا كان اقتران الشغل لفلز يساوي Φ ، هل يمكن لفوتونين طاقة كل منهما $(\frac{1}{2}\Phi)$ تحرير إلكترون واحد من سطح الفلز؟ وضح إجابتك.

أ) وفقاً للنظرية الجسيمية فإن الضوء يكون على شكل كمات منفصلة من الطاقة تسمى فوتونات و بناءً عليه فإن كل فوتون عند اصطدامه بسطح الفلز يُعطي طاقته لإلكترون واحد فقط، و إذا كانت طاقة الفوتون $(h\nu)$ أكبر من اقتران الشغل للفلز أو مساوية له (Φ) فإن الإلكترونات تتحرر من سطح الفلز ممتلكة طاقة حركية بمعنى آخر إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز (ν_0) تنبعث الإلكترونات.

بينما وفقاً للنظرية الموجية فإن الضوء يكون على شكل سيل مستمر و هذا يعني ان الإلكترونات ستنبعث من سطح الفلز إذا كانت شدة الضوء كافية بغض النظر عن التردد و هذا ما أثبتت التجارب عدم صحته.

ب) مثال على السلوك الموجي للمادة: موجات دي بروي المصاحبة للإلكترون ذرة الهيدروجين أثناء دورانه حول النواة .

مثال على السلوك الجسيمي للمادة : تفاعل الإلكترون مع الفوتون في ضاهرة كومبتون.

ج) لا، لأن كل فوتون يتفاعل مع إلكترون واحد فقط يُعطيه كامل طاقته، و إذا كانت طاقة الفوتون تساوي اقتران الشغل (Φ) للفلز يتحرر الإلكترون من الفلز أما إذا كان أقل من Φ لن يتحرر الإلكترون .

١٠- انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى الثالث الى المستوى الثاني. احسب طاقة الفوتون المنبعث و تردده و طول موجته نتيجة هذا الانتقال.

$\frac{h\nu}{e} = \lambda \leftarrow$ $\frac{1.0 \times 3}{1.6 \times 10^{-19}} = \lambda$ $1.9 \times 10^{-18} \text{ م}$	$\text{ط بوحدة الجول} = \frac{h\nu}{e} = \frac{h}{\lambda} \leftarrow$ $\frac{1.9 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = \text{طن}$ $11.875 \text{ إلكترون فولت}$	$\leftarrow \text{ط} = \text{ط} - \text{طه} $ $\text{ط} = \left \left(\frac{1}{23} - \frac{1}{2} \right) \times 13.6 \right $ $\text{ط} = \left \frac{5}{36} \times 13.6 \right $ $\text{ط} = 1.9$ $\text{ط} = 1.9 \text{ إلكترون فولت}$
--	--	--

١١- انبعث فوتون طول له الموجي (٦, ١٠٢) نم من ذرة هيدروجين، إذا كان هذا الفوتون يقع ضمن متسلسلة ليمان. فجد ما يأتي:

أ) رقم المستوى الذي انتقل منه الإلكترون.

ب) احسب طاقة الفوتون المنبعث وزخمه.

$$\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \leftarrow \text{أ) في متسلسلة ليمان } n = 1$$

$$\left(\frac{1}{n^2} - 1 \right) 1.0 \times 1.097 = \frac{1}{9 - 1.0 \times 1.02.6}$$

$$\frac{1}{1.0 \times 1.097 \times 9 - 1.0 \times 1.02.6} = \left(\frac{1}{n^2} - 1 \right)$$

$$\frac{1}{1.13} = \left(\frac{1}{n^2} - 1 \right)$$

$$\frac{1}{1.13} = \frac{1}{n^2} \quad \leftarrow n = \sqrt{8.69} = n \quad \leftarrow n = 3$$

$$\leftarrow \text{ب) } |E - E_0| = |E - 0| = |E| = 13.6 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9} \right) = 12.09 \text{ إلكترون فولت}$$

$$E = 1.6 \times 10^{-19} \times 12.09 = 1.93 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$E = 1.93 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda} \leftarrow \text{خ الزاوي} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.02.6} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ كغ م/ث}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda} \leftarrow \text{خ الزاوي} = \frac{6.64 \times 10^{-27}}{1.0} = 6.64 \times 10^{-27} \text{ كغ م/ث}$$