كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : اطياف ذرية

المحاضرة: الخامسة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

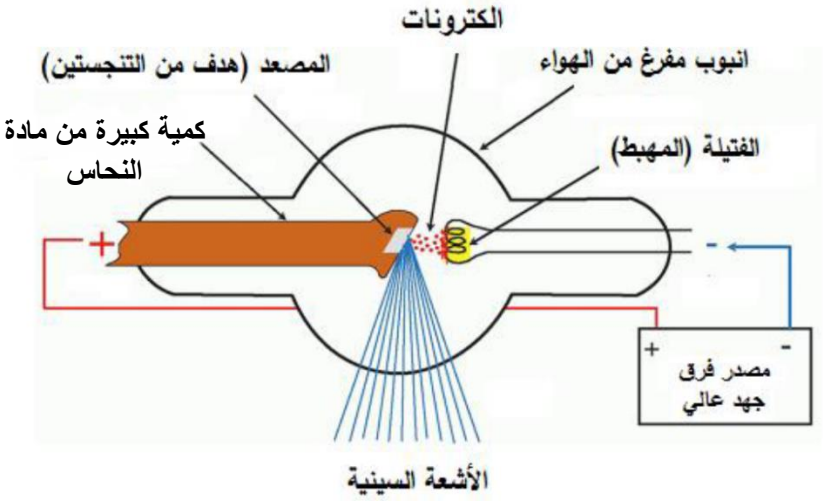
الأشعة السينية $X-Rays$

أهداف الجلسة:

1- التعرف على كيفية توليد ومنشأ الأشعة السينية.
2- دراسة طيف الأشعة السينية، واستخدامه لحساب ثابت بلانك.
3- التعرف على خصائص واستخدامات الأشعة السينية.

أولاً: الموجز النظري

اكتشف العالم الألماني رونتجن بطريق الصدفة عام 1895 م أشعة جديدة ذات قدرة كبيرة على اختراق المواد أطلق عليها اسم الأشعة السينية تتكون عندما تصطدم إلكترونات سريعة مع جسم مادي والجهاز الذي استخدمه العالم رونتجن **موضح بالشكل جانباً:**



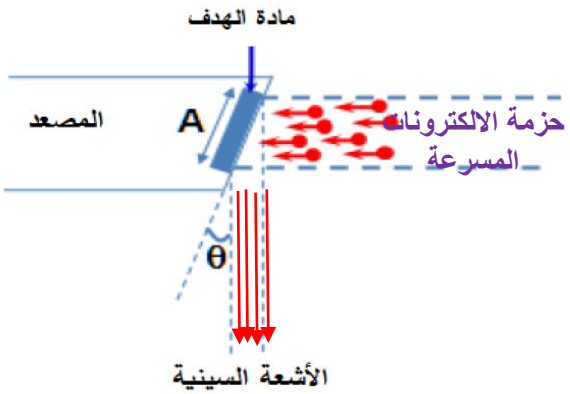
والمكون من حجيرة زجاجية مخلاة من الهواء بدرجة كبيرة ويوجد ضمنها

- **دارة المهبط** وهي عبارة عن فتيلة مغلفة بقناع المهبط، الفتيلة هي سلك رفيع جداً مصنوع من مادة ذات درجة انصهار عالية حتى لا تتلف بسرعة مع ارتفاع درجة حرارتها.
- **المصعد** يحتوي على مادة الهدف التي تكون مواجهة للمهبط ومائلة بزاوية على مسار الإلكترونات المسرّعة القادمة من المهبط بحيث تنطلق الالكترونات من المصدر نحو الهدف (المصعد) على شكل حزمة ضيقة ويمنع بالتالي تشتتها خلال الانبوبة، وعادة ما يستخدم مادة الهدف ذو عدد ذري كبير.

- **مصدر طاقة كهربائية** مستمر يسبب فرق جهد كهربائي كبير بين طرفي الأنبوب أثناء التشغيل للتحكم بسرعة الالكترونات المنطلقة، بحيث يكون المصعد موجباً بالنسبة للمهبط، ويصل فرق الجهد الكهربائي إلى عشرات الآلاف من الفولتات.

تُحاط الحجيرة الزجاجية بواقٍ سميك من الرصاص لامتصاص معظم الأشعة السينية الصادرة باتجاهات مختلفة ويسمح فقط بخروج الأشعة السينية من نافذة معينة في جدار الرصاص.

آلية توليد الأشعة السينية:



عند تسخين الفتيلة، ينطلق منها حزمة من الإلكترونات ذات طاقة حركية صغيرة، وتكتسب هذه الإلكترونات طاقة كبيرة جداً بسبب تعرضها لفرق جهد كهربائي أثناء انطلاقها باتجاه مادة الهدف، وعند اصطدام الإلكترونات المعجلة بمادة الهدف، يصدر طيف الأشعة السينية $X-Ray$ ويؤدي تفاعل الإلكترونات مع مادة الهدف إلى ارتفاع درجة حرارته بشكل كبير، حيث إن معظم طاقة حركة الإلكترونات تُفقد في مادة الهدف كطاقة حرارية، مما يلزم تبريد مادة الهدف خوفاً من انصهارها، يُحاط الهدف بكتلة كبيرة من النحاس (لأنه جيد التوصيل للحرارة وسعته الحرارية عالية) لامتصاص معظم الطاقة الحرارية الناتجة. **كما يوضح الشكل جانباً**

عند قياس شدة الأشعة السينية المنبعثة عن مادة الهدف كتابع لطول موجتها بواسطة مطياف بلوري وُجد بأن طيف الاشعة السينية الناتج **يتألف من نوعين هما:**

1- طيف مستمر
2- طيف خطي

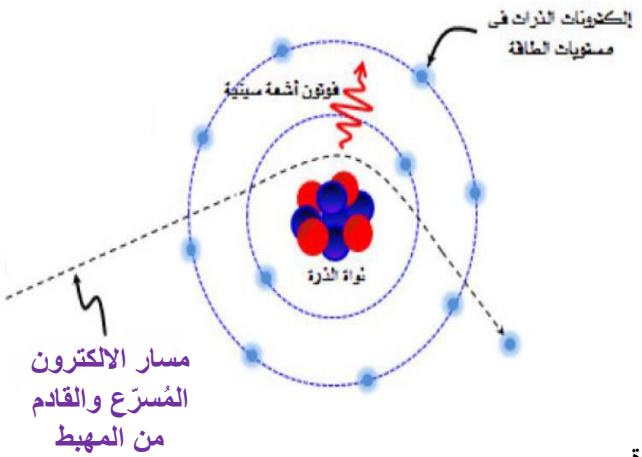
يُعزى ظهور نوعين من طيوف إصدار الأشعة السينية المتولد في الأنبوبة **إلى وجود حالتين هما:**

- الكبح (الإعاقة).
- التأين (التهيج أو الإثارة).

بالنتيجة نجد أن طيف إصدار الاشعة السينية هو عبارة عن **مجموع** طيفين مستمر وخطي.

أولاً: الطيف المستمر

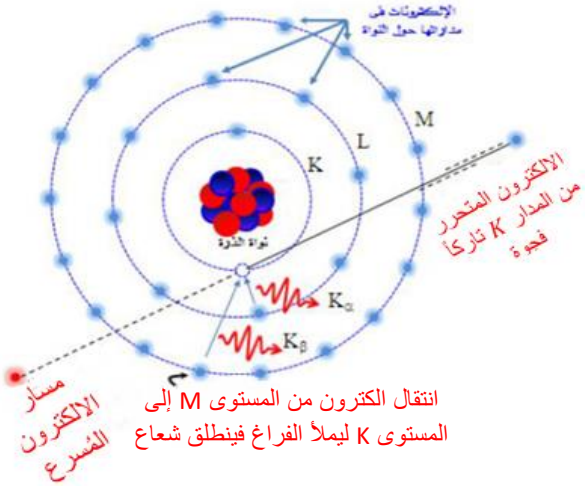
يمكن تفسير الطيف المستمر للأشعة السينية من خلال تفاعل الإلكترونات المُسرّعة مع مادة الهدف **(وعلى الخصوص نوى مادة الهدف)** ويمكن لمجال النواة القوي (الحقل الكهربائي للنواة) أن يُحدث تباطؤاً في حركة الإلكترونات السريعة، مما يؤدي إلى فقدان جزء من طاقة حركتها أو طاقتها كلها على صورة أشعة سينية، **وهو ما يسمى بعملية الكبح** **كما يوضح الشكل جانباً** وقد يتناقص تسارع الإلكترون الواحد أكثر من مرة على طول مساره في مادة الهدف، وكل تفاعل من هذا النوع قد ينتج عنه فقدان جزء من طاقة الإلكترون أو كلها ومن ثم، ويمكن للإلكترون أن يتابع سيره ليمر من نواة ذرة أخرى ويكرر العملية، أي أن طاقة الأشعة السينية الناتجة تكون متصلة ومحصورة في مدى معين، **ولذلك سميت بالأشعة السينية المستمرة**



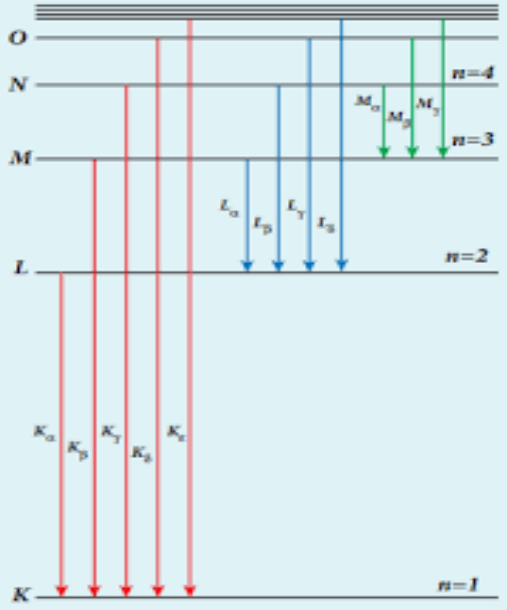
رسم تخطيطي يمثل انطلاق الأشعة السينية المستمرة عند انحراف الإلكترون المُسرّع عن مساره

ثانياً: الطيف الخطي

هناك احتمال آخر للتفاعل، وخاصة إذا كانت طاقة الإلكترونات الساقطة كبيرة جداً (عند تطبيق فرق جهد كبير) وأكبر من طاقة ربط الطبقات الداخلية للذرة، **في هذه الحالة**، يمكن للإلكترون الذري أن يحصل من الإلكترون الساقط على طاقة كافية لتحرره من ذرة الهدف فيترك مكانه وتصبح الذرة في حالة إثارة، فينتقل إلكترون آخر من الطبقة الخارجية الأكثر بُعداً عن النواة ليشغل مكان الإلكترون المتحرر، وينطلق فرق الطاقة بين المدارين على صورة فوتون أشعة سينية. **كما يوضح الشكل جانباً**



رسم تخطيطي يوضح انتاج طيف الأشعة السينية الخطية



فإذا كان الالكترون المُقتلع من الطبقة الأولى K

يُمكن أن يكون الالكترون الذي سينتقل من الطبقة الخارجية الأكثر بُعداً عن النواة ليشغل مكان الإلكترون المتحرر في الطبقة K من الطبقة الأعلى منه L ويسمى الخط الطيفي الناتج عندها في هذه الحالة بـ K_α، ومن الممكن أن يكون من الطبقة M ويسمى الخط الطيفي الناتج في هذه الحالة بـ K_β ومن الممكن أن يكون من الطبقة N ويسمى الخط الطيفي الناتج في هذه الحالة بـ K_γ .....الخ

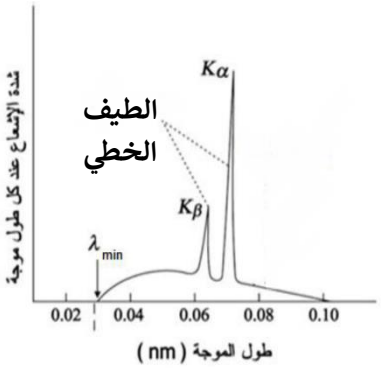
تسمى الخطوط المميزة (الطيفية)الناتجة .... $K_\alpha , K_\beta , K_\gamma$ متسلسة K

أما إذا كان الالكترون المُقتلع من الطبقة الثاني L

يُمكن أن يكون الالكترون الذي سينتقل من الطبقة الخارجية الأكثر بُعداً عن النواة ليشغل مكان الإلكترون المتحرر في الطبقة L من الطبقة الأعلى منه M ويسمى الخط الطيفي الناتج في هذه الحالة بـ L_α، ومن الممكن أن يكون من الطبقة N ويسمى الخط الطيفي الناتج في هذه الحالة بـ L_β .....الخ

تسمى الخطوط المميزة (الطيفية) الناتجة .... $L_\alpha , L_\beta , L_\gamma$ متسلسة L

وهكذا..... كما يوضح المخطط جانباً:



تُحسب طاقة الأشعة السينية الصادرة من خلال العلاقة: $E_{max} = h\nu_{max} = e.V$

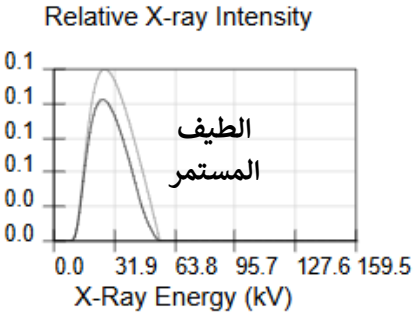
حيث أن:

E_{max}: طاقة الأشعة الصادرة ($joul$ أو eV)

ν_{max}: تواتر الإشعاع الصادر (Hz ، s^{-1})

$$\Rightarrow \quad \nu_{max} = \frac{e.V}{h}$$

ومنه يمكن حساب أصغر طول موجي λ_{min} موافق لأعظم تردد أشعة سينية $X-Ray$



$$\rightarrow \lambda_{min} = \frac{C}{\nu_{max}} = \frac{C.h}{e.V} = \frac{3\times10^{8}\times6.626\times10^{-34}}{1.6\times10^{-19}\times V}$$

ومنه تكون **العلاقة النهائية**:

$$\boxed{\lambda_{min}(m) = \frac{12.4\times10^{-7}}{V}}$$

V : فرق الجهد المطبق بين المصعد والمهبط (جهد التسريع) V $(volt)$

خصائص الأشعة السينية:

1) يمكن أن تحدث هذه الأشعة تأيناً في الغازات أو فلورة في كثير من المواد التي تسقط عليها.
2) أشعة كهرطيسية ذات طول موجي يتراوح بين $0.1A^{\circ}$ إلى $10A^{\circ}$ وطاقتها بين $120eV$ و $1.2\ MeV$
3) تسير في خطوط مستقيمة وبسرعة مساوية لسرعة الضوء.
4) لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية وبالتالي لا تحمل أية شحنة كهربائية.
5) تستطيع هذه الأشعة أن تؤين الغازات عند مرورها من خلال الأجسام المشحونة.
6) تُمتص هذه الأشعة في المواد بدرجات متفاوتة وتعتمد على العدد الذري للمادة وتظهر المواد ذات العدد الذري الصغير شفافية للأشعة السينية.

ثانياً: الجزء العملي

أولاً: أثناء دراسة العلاقة التجريبية بين التردد الأعظمي للأشعة السينية الصادرة وجهد التسريع المستخدم، تم تسجيل القيم التالية:

$V\ (KV)$	15	20	25	30
$V\ (V)$				
$\lambda_{min}\ (nm)$	0.079	0.059	0.048	0.039
$\lambda_{min}\ (m)$				
$v_{max}\ (Hz)$				
$E_{max}\ (j)$				

ثانياً: المسائل

مسألة1:

إذا علمت ان كمية حركة الكترون لحظة اصطدامه بماده الهدف في أنبوبة الأشعة السينية تساوي $P = 9.1 \times 10^{-24}\ Kg.m.s^{-1}$ احسب أقصر طول موجي للأشعة السينية الناتجة.

مسألة2:

من اجل انتاج طول موجي مقداره $\lambda = 1.377\ A^{\circ}$ من مادة هدف النحاس في أنبوبة الأشعة السينية يجب أن يطبق فرق جهد بين طرفيها مقداره $9000\ V$ **والمطلوب** حساب النسبة $\frac{h}{e}$ ثم استنتج من ذلك قيمة ثابت بلانك مع العلم أن: $e = 1.6 \times 10^{-19} c$.

انتهت المحاضرة

مكتبة A to Z