كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : حالة صلبة٢

المحاضرة : الاولى/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الفيزياء

السّنة الرّابعة

فيزياء الحالة الصّلبة 2 – عملي

التّجربة الأولى

عنوان التّجربة : انعراج الأشعّة السّينيّة على بلّورة وحيدة

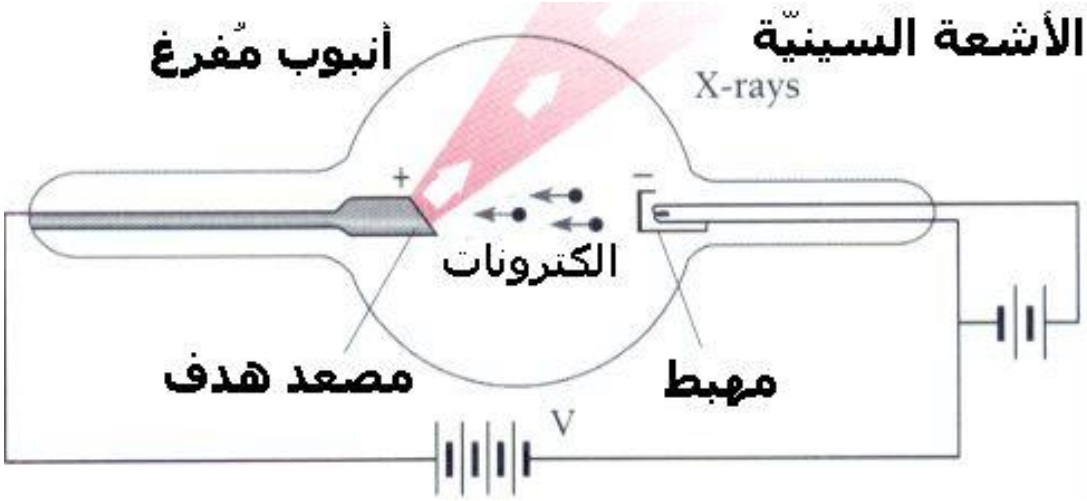
الهدف من التّجربة : التّعرف على مطياف الأشعّة السّينية واستخدامه لتعيين ثابتة الشّبكة البلوريّة لبلورة وحيدة بواسطة علاقة براغ ومقارنتها بالثّابتة المحسوبة من الوزن الجزيئي لمادّة البلّورة.

التّمهيد النّظري :

بطريقة الصدفة اكتشف العالم وليم رونتجن انبعاث إشعاعات قوية الاختراق ذات طبيعة مجهولة تتكوّن عندما تصطدم الكترونات سريعة مع جسم مادي، طلق رونتجن على هذه الأشعة اسم X-RAY لأنه لم يعرف طبيعتها. استخدم العالم رونتجن حجيرة زجاجية مخلّاة من الهواء بدرجة كبيرة ويوجد ضمن هذه الحجيرة مصعد ومهبط حيث المصعد عبارة عن قطعة من المعدن تتحمّل درجات حرارة عالية فاستخدم لذلك سلك من التنغستين أمّا المهبط فهو عبارة عن سلك من نوعية خاصة (مدفع الكتروني) عند اصطدام هذه الالكترونات مع السطح (المصعد) تفقد طاقتها وتظهر أشعة سينية، يجب على هذه الالكترونات أن تملك طاقة حركية كبيرة تحصل عليها من خلال تسريعها بواسطة الجهد المطّبق الذي يسمّى جهد التسريع. يعزى طيف إصدار الأشعة السينية المتولّد في الأنبوبة إلى وجود حالتين هما: التأيّن أو التهيّج (الإثارة) وينتج عنها طيف مميّز يسمى طيف خطي والحالة الثانية هي الكبح (الإعاقة) وينتج عنها طيف مستمر. بالنتيجة نجد أن طيف إصدار الأشعة السينية هو عبارة عن مجموع طيفين مستمر وخطي.

a) الطيف المستمر: عند مرور الالكترونات الساقطة بجوار نوى ذرات المصعد فإنها تتأثّر بحقولها وبالتالي تخضع لقوة جذب منها مما يؤدي إلى انحراف هذه الالكترونات عن مسارها وبالتالي تخفيض في سرعتها وهذا النقصان في السرعة يؤدي إلى إصدار إشعاعات بتواترات مختلفة تسمّى (أشعة الكبح) ويمكن للإلكترون أن يتابع سيره إذا لم يفقد كامل طاقته ليمر من نواة ذرة أخرى ويكرّر العملية يتم إصدار الأشعة باستمرار وبتردّدات مختلفة وكما ذكرنا يسمّى هذا الطيف بالطيف المستمر.

b) الطيف الخطي : يمثّل الاحتمال الثاني للتفاعل بين الالكترونات المسرعة وذرات المصعد وذلك عندما تكون طاقة الالكترونات الساقطة كبيرة جداً (تطبيق جهد عال) أكبر من طاقة ارتباط الالكترون بمداره فيمكن عندها أن يحصل الالكترون الذري (المصعد) من الالكترون المسرّع الساقط عليه على طاقة كافية لتحريره من الذرة فيترك مكانه وتصبح الذرة في حالة إثارة ، فإذا كان الالكترون المقتلع من المدار K (المدار الأول) فإن الالكترون الذي ينتقل ليحل مكانه يكون من المدار الذي يليه L,M,N,...



تعمل البلّورات عمل شبكات الانعراج الفراغيّة (في ثلاثة أبعاد) بالنّسبة للأمواج ذات الطّول الموجي القريب من المسافة بين الذّرات المتجاورة في البلورة (من رتبة $1\ A^o$) كالأمواج الكهرطيسيّة (الأشعّة السّينية) و الالكترونات أو النّترونات ذات الطّول الموجة المناسب.

حين تسقط حزمة من هذه الأمواج على البلورة تنفذ داخلها وتنتشر (بسبب التّأثير المتبادل مع الكترونات الذّرة) في جميع الاتّجاهات.

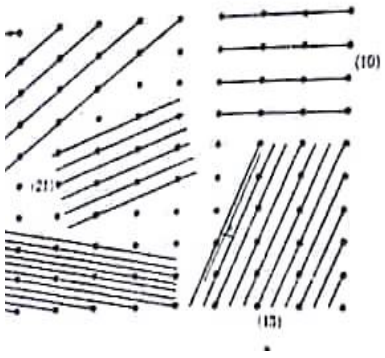
تتداخل هذه الأمواج المنتشرة عن الذّرات في اتجاهات معيّنة وفق نوعين: الأوّل تداخلاً بنّاءً والآخر هدّام (في اتّجاهات أخرى) ويتمّ ذلك بفضل التّرتيب المنتظم للذّرات في البلّورة.

ولإيجاد الشّدة في اتّجاه ما ينبغي دراسة انتشار الأمواج الواردة على كلّ ذرّات البلّورة ثمّ إيجاد محصّلة هذه الأمواج مع أخذ فروق الطّور بينها بعين الاعتبار فالعمليّة إذن معقّدة من النّاحية الرّياضيّة إلا أنّ براغ (W.Bragg) وجد وسيلة مبسّطة لإيجاد الاتّجاهات التّي تكون فيها شدّة الأمواج المنعرجة عظمى بافتراض وجود مستويات وهميّة في البلورة تدعى هذه المستويات بالبلّوريّة أو الذّرية أو مستويات براغ وتُعرَّف بأنّها مجموعة من المستويات المتوازية -إنّ هذه المستويات تشبه المرايا المستوية - التّي تفصل بينها مسافات متساوية (d) تلك المسافات هي ثابتة الشّبكة البلّوريّة .

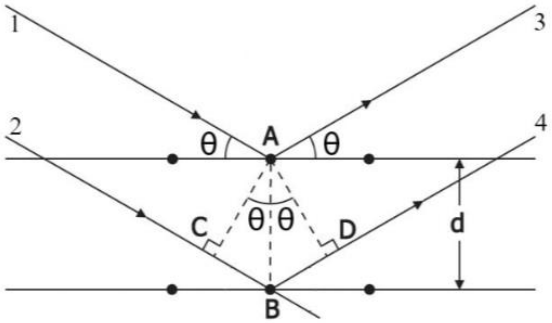
يوجد عدد لا نهائي من مجموعات المستويات الذّريّة المتوازية في البلّورة ويوضّح الشّكل (1) عدداً من هذه المجموعات.

يُفتَرَض أنّ الأمواج الواردة تنعكس عن هذه المستويات كما لو أنها تنعكس عن مرايا مستوية من نوع خاص (في إطار نظريّة براغ) ، بحيث أن كل مستوي لا يعكس إلا جزء صغير من الإشعاع كما لو أن الأمر يتم على مرايا مستوية مفضضّة.

بكلمات أخرى: فرض براغ أن البلورة عبارة عن مستويات متوازية (كالمرآة المستوية) البعد بين مستويين متتاليين هو (d) كما في الشّكل (2) التّالي:



الشّكل (1)



انعراج براغ في الشبكة البلورية

الشّكل (2)

وفرض براغ أنّ الحزم الواردة من الأشعّة السّينية 1 و2 من الشّكل السّابق متوازية وإنّ جزء بسيط منها سينعكس على المستويات البلّوريّة أي أنّ الأشعّة الواردة ستخترق الطّبقات المختلفة للبلورة وتتبادل التّأثير مع جميع المستويات البلوريّة للمادّة حتّى العميقة منها، أي باختصار إنّ الأشعّة الضّعيفة ستنعكس على المستويات البلّوريّة بزاوية تساوي زاوية الورود، والأشعّة القويّة ستخترق المستويات التّالية

للبلّورة وهكذا تصل الأشعّة إلى جميع المستويات البلّوريّة.

الشّعاعان 1 و 2 هما الأشعّة الواردة ويستخدم في هذه

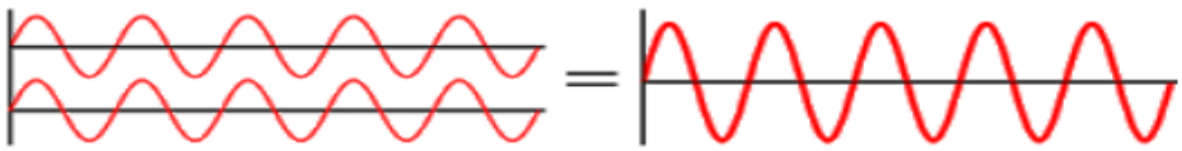
التّجربة الأشعّة السينيّة، والشّعاعان 3 و 4 أشعّة

منعكسة، ونلاحظ أنّ زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس .

ملاحظة : يجب التّنويه هنا أنّ براغ أخذ الزّاوية بالنّسبة لمستوي البلّورة وليس للنّاظم ولذلك سمّيت بـ **زاوية براغ**

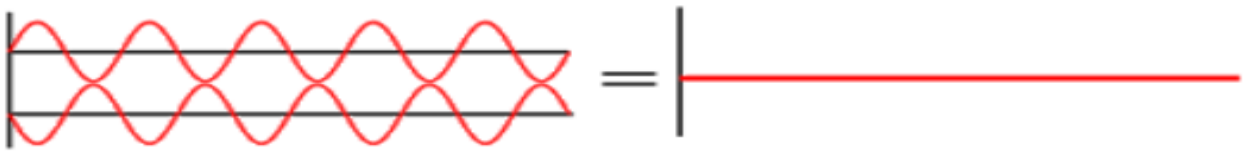
سنقول أنّ هناك عدد كبير من الأشعّة ستنعكس بسبب وجود آلاف المستويات البلّوريّة أي أنّ هناك عدد كبير جدّاً من الفوتونات سيرصدها الكاشف عند 3 و4 لكن لنفكّر بشكل أعمق:

نحن نعلم أنّ الأشعّة السّينيّة عبارة عن موجة إذن ، إذا تداخلت موجتان متّفقتان في الطّور ينتج لدينا تداخل بنّاء (شعاع أعظمي)



تداخل بناء لموجتين متفقتين بطور

وإذا كانتا متعاكستان في الطّور ينتج تداخل هدّام (أي عدم وجود شعاع)



تداخل هدام لموجتين متعاكستين في الطور

أي أنّ الأشعّة التّي ستحقق شرط التّداخل البنّاء هي التّي ستزداد شدّتها وترصد على الكاشف وأمّا الأشعّة غير المحقّقة للشّرط ستضعف ولن تُرصَد. لنعود إلى الشّكل (2) إنّ شرط أن يكون التّداخل بنّاء للشّعاعين الواردين 1 و 2 هو أن يكون فرق المسير بين الشّعاعين المنعكسين عن مستويين بلّوريّين متوازيين متتاليين $(CB + BD)$ يساوي عدد صحيح من طول الموجة $(n\lambda)$ وهذا ما يسمّى بـ **شرط براغ** . إذن علينا في هذه التّجربة حساب فرق المسير الذّي هو الطّول $(CB + BD)$ عن طريق قانون جيب الزّاوية .

$$CB = BD = d.sin\,\theta \implies CB + BD = 2d.sin\,\theta$$

إذن فرق المسير هو $2d.sin\,\theta$. وبتطبيق شرط التّداخل ينتج لدينا قانون براغ:

$$2d.sin\,\theta = n.\lambda$$

حيث أنّ : n : رتبة الانعراج – λ : طول موجة الشّعاع الوارد المستعمل

d : البعد بين مستويين متتاليين من الشّبكة البلّورية – θ : الزّاوية بين شعاع الموجة الواردة والمستويات البلّوريّة للشّبكة .

<u>الجزء العملي :</u> في هذه التّجربة سندرس بلّورة $NaCl$.

أوّلاً : سنحسب d من قانون براغ

$$2d.sin\,\theta = n.\lambda \implies d = \frac{n.\lambda}{2.sin\,\theta}$$

ثانياً : نحسب d عن طريقة الوزن الجزيئي :

تُعطى الكتلة لعيّنة ما تحوي عدد أفوغادرو من الذّرات والجزيئات بالعلاقة :

$$m = n\frac{M}{N_A}$$

حيث أنّ : n : عدد الذّرّات – M : الكتلة المولّية - m : الكتلة - N_A : عدد أفوغادرو .

وتعطى الكثافة بالعلاقة :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

وباعتبار أنّ بلّورة $NaCl$ مكعّبة الشّكل فإنّ $V = d^3$

بالتّعويض المناسب للمعادلات السّابقة نستطيع حساب d.

#ملاحظة: يمكن حساب البعد بين مستويين متوازيين ومتجاورين من الذرّات ولهما قرائن ميلر ذاتها بالتباعد المستوي d_{hkl} ويعطى في المواد المكعبيّة بالعلاقة:

$$d_{hkl} = \frac{a_0}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

حيث a_0 ثابت الشبكة البلوريّة و h, k, l قرائن ميلر للمستويات المتجاورة المدروسة.

النّتائج : باستخدام المعطيات التّالية ، قارن بين قيمتيّ d المحسوبتين بالطّريقتين :الأولى من علاقة براغ والثّانية من الوزن الجزيئي لمادّة البلّورة :

الكثافة : $\rho = 2.16 \times 10^3 kg/m^3$ ، عدد الذّرّات $n = 4$ ،الكتل الموليّة : $Na: 23\ ,\ \ Cl: 35.5$ ،

عدد أفوغادرو : $N_A = 6.02 \times 10^{23}$

طول الموجة $\lambda = 1.54\ A^O$ ، $2\theta = 44^0$ ، ونعتبر رتبة التّداخل $n = 2$.

انتهت التّجربة

إشراف: أ.د . حسن سليمان .