# طرق توصيف المواد

الأستاذ جملي عمر

قال تعالى : ( ولو كنت فظا غليظ
القلب لانفضوا من حولك )

# وحدة

يهدف هذا الدرس إلى :

- تطبيق المعرفة النظرية والعملية الأساسية للتوصيف المواد في المجالات:
  a. الذرية
  b. النانومترية
  c. الجزيئية

# مقدمة

تصنف المواد الصلبة عموما إلى صنفين، مواد بلورية كالمعادن، واغلب المركبات الكيماوية والسبائك والمواد الصلبة لا بلورية كالزجاج كما أن بعض المواد السائلة والغازية عند تجمدها تتحول إلى مواد بلورية كالثلج والغازات الخاملة.

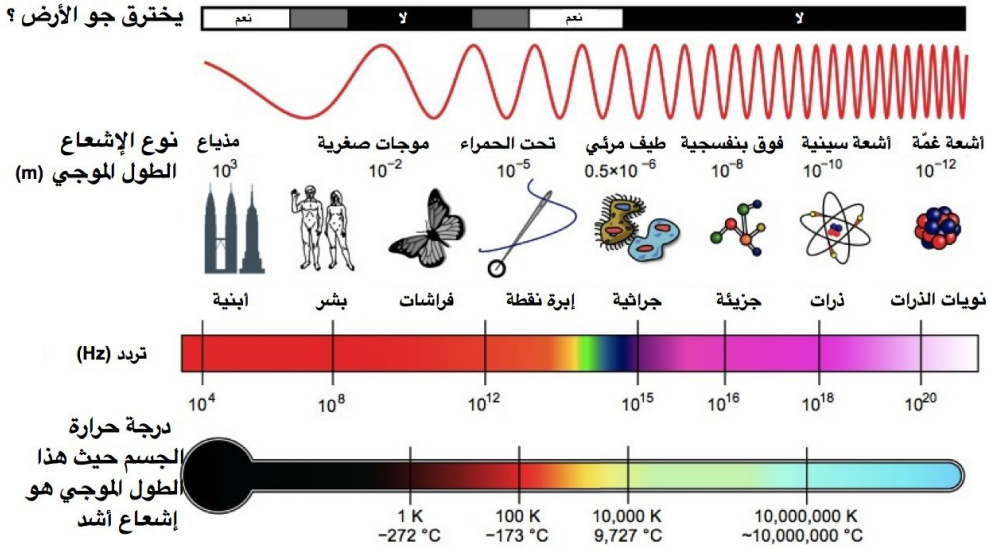
والمظهر الخارجي للبلورة يعكس طبيعة التراكيب الداخلية و وحدات البناء الداخلية التي كونت البلورة، وذلك باختلاف أشكال وجوهها أو باختلاف الزوايا بين هذه الوجوه وبالتالي اختلاف تناظرها وتماثلها .كما وان عدم انتظام أشكال البلورات الناتجة عن الظروف العفوية التي حدثت فيها عملية تنميتها أو بنائها يعقّد تعين طبيعة وحداتها الداخلية المكونة لها في الوقت الحاضر تستخدم الأشعة السينية لتحديد الوحدات الداخلية للبلورة. ومنذ اكتشاف حيود الأشعة السينية من البلورات سنة 1912 م أصبحت أي دراسة علمية تعتمد على معلومات عن مواقع الذرات في البلورة يمكن إجراؤها باستخدام علم البلورات حيث أصبح من الممكن تحديد تركيب المواد مثل الجزيئات العضوية و البروتينات، و أصبحت تطبيقات هذا العلم بدون حدود فهو ذو فائدة للفيزيائيين، والكيميائيين، والبيولوجيين، والعاملين في مجال الكيمياء الحيوية. وفي كل مرة كانت المعلومات التي يتم الحصول عليها تزيد من فهم أساسيات علم الفيزياء وغيرها من العلوم.

إن الحكم على كون مادة بلورية لا يكون بسبب مظهرها الخارجي وإنما على مدى انتظام ذراتها و جزيئاتها في ترتيب دوري على المستوى الميكروسكوبي. فالبرهان العلمي عليها قد تأكد عام 1913 م عندما برز علم البلورات مستندا على الأشعة السينية وإمكانياتها. ومن خلال ما أفادتنا به الأشعة السينية سوف نرى كيف تستخدم البيانات المستخرجة من حيود الأشعة السينية للوصول لمعرفة البعد الحبيبي للبلورات.

# I الأشعة السينية

اكتشفت الأشعة السينية عام 1895م من طرف رونتجن و تأكدت طبيعتها الموجية عام 1913م عندما أجريت أولى تجارب الحيود التي اقترحها (فون لاوا). ثم بينت التجارب اللاحقة أن الأشعة السينية موجات كهرومغناطيسية مستعرضة. يتراوح الطول الموجي للأشعة السينية بين 0.1A° (و هو الحد الأقصى لأشعة جاما) و 100A°و الحد الأدنى للموجات فوق البنفسجية و يناظر هذا المدى تراوح طاقتها من 0.1kev إلى 100kev. و تحسب طاقة الفوتون من الأشعة السينية (بوحدات الفولت الالكتروني) و الذي طول موجته بـالانجستروم A°

و يتراوح الطول الموجي للأشعة السينية المستخدمة في دراسة التركيب البلوري من 1 إلى 2A° .




*الاشعاع بدلالة الطول الموجي*

*الصورة الاولى لاكتشاف الاشعة السينية صدفة*

*https://www.youtube.com/watch?v=lMDczdoMlpk&ab_channel=EPS%3AfortheRadiographer*

*تاريخ الاشعاع السيني*

# آ. إنتاج الأشعة السينية

تنتج الأشعة السينية عن تصادم حزمة الالكترونات مع الهدف صلب و ذلك في جهاز خاص معد لهذا الغرض، حيث يتركب أساسا من شعيرة (Filament) تصنع من التنكستن W و هي تطلق الالكترونات عند تسخينها أثناء مرور التيار الكهربائي فيها حسب ظاهرة الإشعاع الكهروحراري. وهذه الالكترونات تعجل تحت تأثير فرق الجهد المسلط بين قطبين كهربائيين السالب (k) المتصل بالشعيرة و الموجب المتصل بالمصعد و حزمة الإلكترونات تركز عند مرورها بقطب معدني اسطواني مركز و المصعد (الهدف) يصنع عادة من معادن ثقيلة (tp ،C ،u W.....الخ) و أثناء تصادم الالكترونات مع المصعد فإنها تتحرك فيها مسافة صغيرة جدا و تفقد طاقتها الحركية. أغلب طاقتها (بحدود 97%) تتحول إلى حرارة مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجة حرارة المصعد، و ذلك يبرد هذا الأخير باستمرار عن طريق الماء أو الزيت الذي يسيل عبر قنوات خاصة.

*video.mp4*

*فرنسية*

## 1. اشعة التباطؤ

عند تسليط فرق الجهد u (في حدود 50 كيلو فولت) بين المصعد A و المهبط (أو الشعيرة) k فإن كل إلكترون سيكتسب طاقة حركية مقدارها eu عند وصولها إلى المصعد. و عند دخولها إلى داخل مادة المصعد فإنه سيعاني تباطؤا كبيرا و يصبح نتيجة ذلك مصدرا لإشعاع الموجات الكهرومغناطيسية و هذا الإشعاع يسمى إشعاع التباطؤ أو الاستيقاف.

التفسير الكلاسيكي لأشعة التباطؤ:

طبقا للنظرية التقليدية فإن الإلكترون المتباطئ يشع موجات كهرومغناطيسية بكل أطوال الأمواج من الصفر حتى اللانهاية و الشكل (2) يبين منحنيات توزيع شدة الأشعة السينية من معدن تنكستن W كهدف مع طول الموجة متحصله لقيم مختلفة لفرق الجهد U و يظهر منها تطابقا عاما مع استنتاجات النظرية التقليدية و لكن الاختلاف الواضح عن هذه النظرية هو أن تفسير المنحيات لا تبدأ من مبدأ المحاور بل تقطع المحور عند قيم معينة (تعتمد على U) و معنى هذا لا يوجد إشعاع طول موجته أقل من (الموافقة لفرق جهد معين ) و

تفسير هذه الحالة يعالج من قبل نظرية الميكانيك الكمي في الإشعاع فإذا كان الإشعاع ناتجا عن الطاقة المفقودة من قبل الإلكترون المتباطئ فإن طاقة الإشعاع لا يمكن أن تكون أكبر من طاقة الإلكترون الابتدائية

.eu

التفسير العملي لأشعة التباطؤ:

أما النتائج العملية تبين أن كمية إشعاع التباطؤ (Iph) لأشعة السينية (الشدة العظمى) تتوقف على:

- درجة حرارة الشعيرة، و بالتالي عدد الالكترونات المتحررة منها و بالتالي تيار أنبوبة الأشعة السينية (i).
- مربع جهد المصعد (U)
- العدد الذري لمادة الهدف (Z)

## 2. الأشعة المميزة

بزيادة شدة الالكترونات القاصفة يمكن أن تظهر أشعة سينية أخرى غير أشعة الاستيقاف ناتجة عن تهيج ذرات مادة المصعد و بالتالي نحصل على طيف متكون من تراكب نوعين من الأشعة السينية.

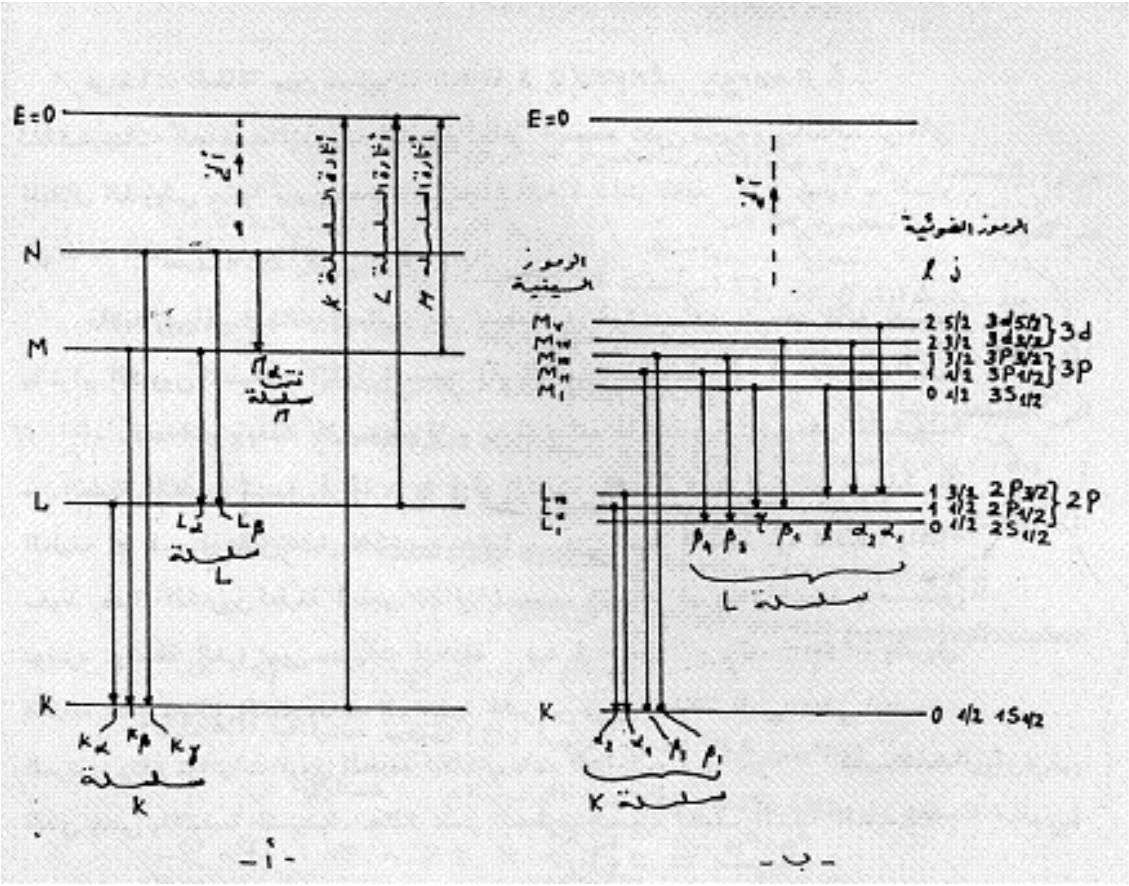
أشعة التباطؤ التي لا تعتمد على نوع مادة المصعد و طيفها مستمر و يدعى بالخلفية و الأشعة السينية المميزة الصادرة عن ذرات مادة المصعد و طيفها متقطع نتيجة لمصدرها الذري كما هو موضح في الشكل .

تفسير الأشعة المميزة:

عند إخراج إلكترون المدار الأول (الطبقة k) فإن إلكترونا من الطبقة L أو M أو N ...الخ، سيسقط إلى الطبقة k ليحل مكان هذا الإلكترون، فتصدر بذلك أشعة سينية نسميها سلسلة k عناصرها تسمى حسب مصدر انتقال الإلكترون أي حسب زيادة تردد الإشعاع بالأحرف ... الخ أي أن سلسلة تحتوي على الخطوط الطيفية k، k، k ..... الخ. نفس الشيء يقال عند إخراج إلكترون المدار الثاني (الطبقة L)، حيث تصدر السلسلة L المتكونة من خطوط L، L، L.....الخ. وهكذا لدينا أيضا السلسلة M (M ، M.....الخ).

ولقد لوحظ تجريبا أن أي خطا طيفي من خطوط سلسلة ما يتكون من خطين دقيقين منفصلين أو أكثر.نسمي هذه بحالة التركيب الدقيق .وهذه الحالة آتية من أن سوي الطاقة M و L.....الخ منقسم في الواقع طاقيا إلى عدة سويات طاقة فرعية كما هو موضح في الشكل. فلوصف التركيب الدقيق للأطياف يستخدم مخطط سويات الطاقة الفرعية . يوصف سوي الطاقة الفرعية بقيم الأعداد الكمية (j ،l ، n ). وعلى هذا الأساس يوصف سوي الطاقة بالرمز الضوئي 3 2/3d مثلا بالرمز IV M المستخدم في دراسة الأشعة السينية وهذا كله موضح في الشكل ، حيث يتبين أن "الخط" k مثلا متركب من خطين متجاورين 1 k، 2k ناتجان عن الانتقال من III،II الى k على التوالي (طاقة 1 k اكبر من طاقة 2k بقليل ) . والانتقال بين سويات الطاقة الفرعية يتم طبقا لقواعد الاصطفاء.

حيث Δ يمثل التغير.والانتقالات المسموح بها أي التي لا تخالف قواعد الاصطفاء تختلف بشدتها عن بعضها البعض حسب احتمالية الانتقال التي استنتجها اينشتين . ونذكر بان عملية إخراج الإلكترون k مثلا من ذرة مادة الهدف يمكن إحداثها ليس فقط باصطدام الكترونات سريعة بل وباصطدام بفوتون أشعة سينية ملائمة من منبع عندئذ تسمى الأشعة السينية المتولدة عن ذرة الهدف بالأشعة المتفلورة . وأخيرا نذكر بان الأشعة السينية كأشعة كهرومغناطيسية يمكن أن تدرج في الطيف العام للأشعة الكهرومغناطيسية الموضحة في الشكل




*الانتقالات المسموحة حسب قواعد الاصطفاء*

## ب. امتصلاص الاشعة السينية

الشكل يوضح مرور حزمة متوازية لأشعة سينية شدتها I0 خلال مادة ممتصة لها سمكها منتظم أو كثفتها غم/سم 3.

بعد مرور الأشعة السينية خلال الممتص فإن شدتها تنقص نحو القيمة I

أي أن النقصان بشدة الأشعة خلال مرورها بسمك dot من المادة الممتصة يتناسب مع شدة I و السمك dot ثابت السمك μ يسمى المعامل الخطي للامتصاص وحداته (cm-1) و الإشارة السالبة تبين أن الشدة في حالة تناقص خلال مرور الأشعة بالمادة الممتصة لو كانت μ غير معتمدة على t فإن تكامل المعادلة (1) من إلى I عند تغير السمك من الصفر إلى t

و عامل الامتصاص يحسب عمليا من المعادلة (2) و نميز أربع صيغ لمعامل الامتصاص

معامل الامتصاص الخطي :

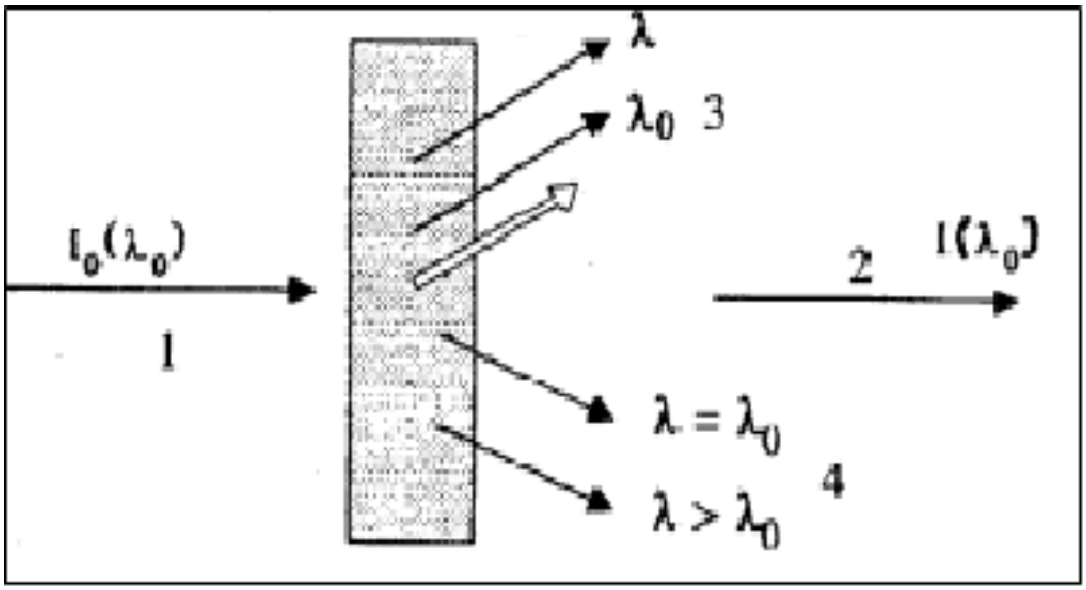
يعطي مقدار الامتصاص لوحدة المساحات لوحدة السمك من المادة الممتصة. $\mu = \frac{\ln(I_0/I)}{t} [\mathrm{cm}^{-1}]$

المعامل الكتلي للامتصاص :

يعطي مقدار الامتصاص لوحدة المساحة لوحدة الكتلة المادة الممتصة: $\mu_m = \mu/\rho$

المعامل الذري للامتصاص :

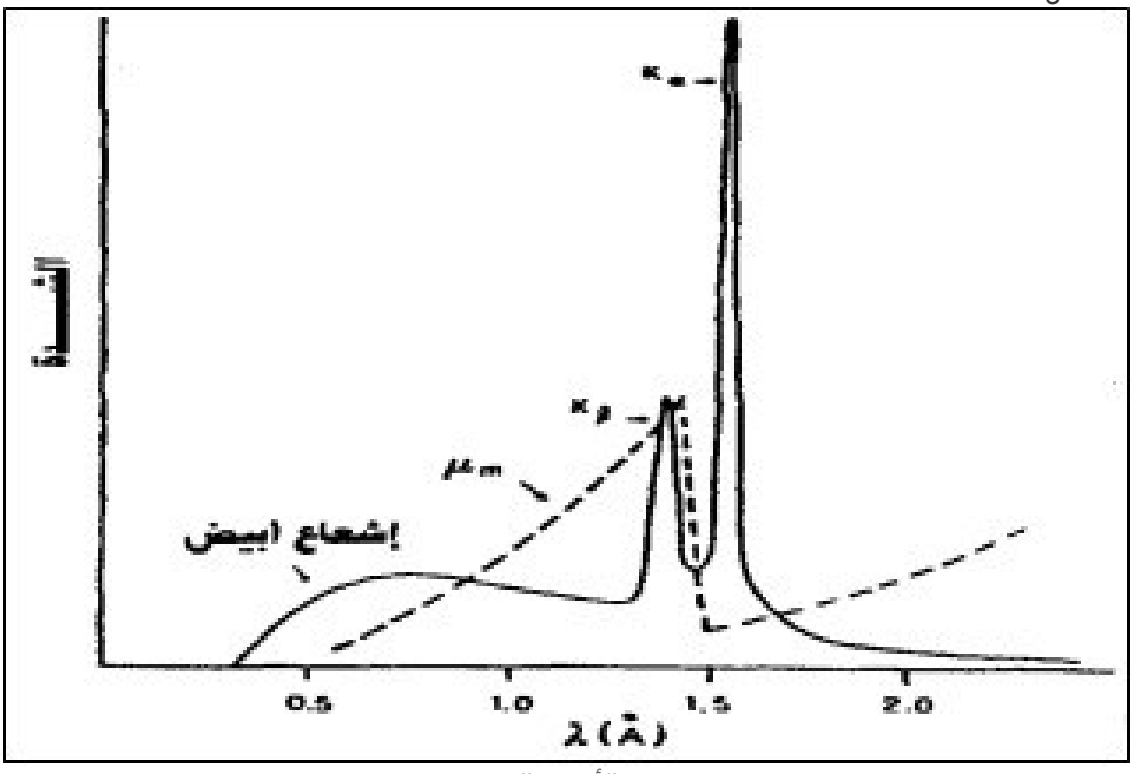
مقدار الامتصاص لوحدة المساحة لذرة واحدة: $\mu_a = \frac{\mu}{\rho}\frac{A}{N_a} = \frac{\mu}{n}\frac{[cm^2]}{[atom]}$




*امتصاص الأشعة السينية*

## 1. المرشحات

تستخدم ظاهرة امتصاص الأشعة السينية ووجود حافات الامتصاص بصناعة المرشحات التي تهدف إلى فصل خط سيني معين من الخطوط السينية المجاورة وسنتطرق إلى المرشح البسيط نسعى لدراسة خط الأشعة السينية و ذلك عن طريق ترشيحه من الخط القريب منه.عندئذ نمرر حزمة الأشعة السينية المحتوية على الخطين و خلال صفيحة مرشحة مادتها هو عنصر له حافة الامتصاص k أقل بقليل من الخط المطلوب دراسة فعند مرور الحزمة بالمرشحة أعلاه فإنها تقوم بامتصاص الخط تاركة الخط يمر بدون امتصاص




*ترشيح الأشعة السينية*

## ب. انعراج الأشعة السينية

شرط براغ :

اكتشف براغ في عام 1913 م بأن حزمة الأشعة السينية الوحيدة اللون (أي ذات طول موجي معين ) الساقطة باتجاه معين على بلورة معينة، تشتت بحيث تظهر لوحة التشتت هذه نهايات عظمى لشدة الأشعة السينية المشتتة أو المتعرجة.و لظهور هذه النهايات العظمى بحيث تحقق شرط براغ و لتفسير ملاحظاته العملية افترض براغ احتواء البلورات على مستويات ذرية متوازية فاصلتها d. و ظروف حدوث النهاية العظمى لشدة الأشعة السينية تستوجب مايلي:

تنعكس الأشعة السينية عن المستويات الذرية المتوازية حسب قوانين الانعكاس في المرايا أي زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. لا تنعكس كل حزمة الساقطة عن أول مستوى ذري عاكس بل ينعكس جزءا فقط من شدة الحزمة الساقطة و الجزء المتبقي يتوغل أكثر داخل البلورة لينعكس جزء آخر منه من المستوى العاكس الثاني الموازي للأول. و هكذا لذلك فإن الأشعة السينية ستخترق لتصل حتى طبقات عميقة داخل البلورة المتوازية. انعكاس أشعة المستويات المتوازية يتداخل ليعطي لنا تداخلا بناء.

ولكي يكون هذا التداخل بناءا يجب أن يساوي فرق المسار إلى أعداد كاملة لطول موجة الأشعة الساقطة.

شرط براغ عند سقوط الأشعة X على بلورة ما لا يحدث الانعكاس إلا إذا تحقق هذا الشرط فنلاحظ من شرط براغ:

- الطول ألموجي للأشعة السينية أقل أو يساوي من 2d
- n رتبة الانعكاس تعتمد على الزاوية
- عند سقوط أشعة X بيضاء على بلورة تقوم المستويات البلورية بانتقاء أطوال الأمواج التي تحقق شرط براغ و بالتالي نحصل على مجموعة كبيرة من الانعكاسات.

تفسير لاوي(1921م):

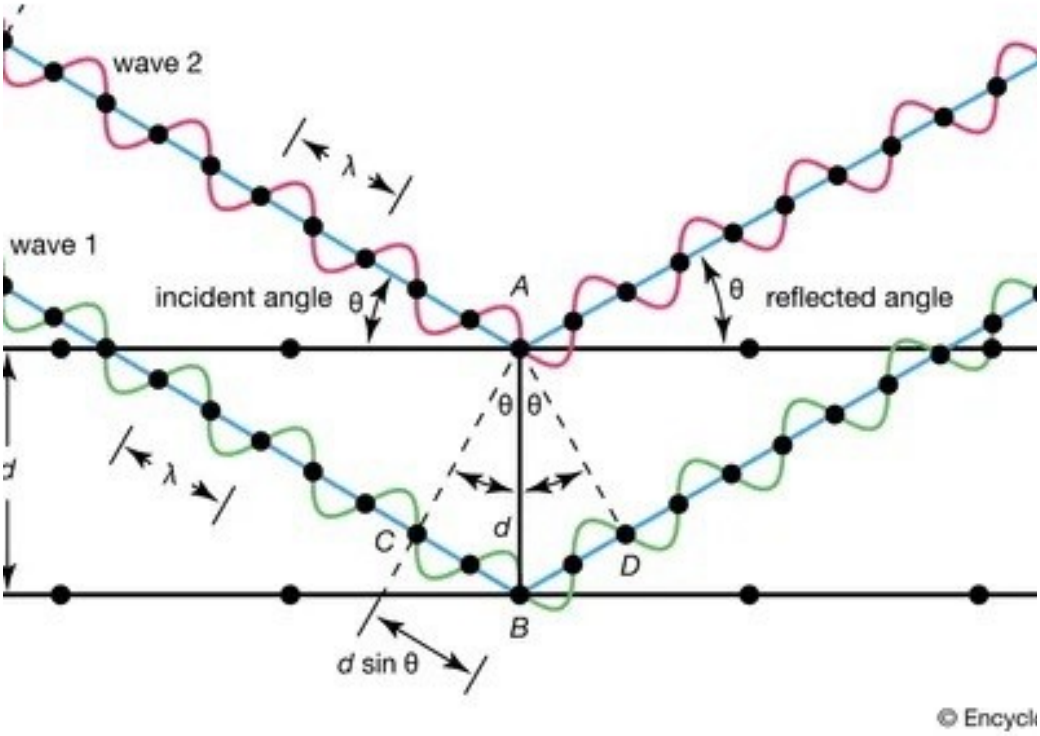
عند سقوط الأشعة السينية على عقد الشبكة البلورية التي تسمى هنا مراكز التشتت فإنها تمتص و يعاد إشعاعها في جميع الاتجاهات فتتداخل هذه الإشعاعات مع بعضها فإذا كان التداخل الناشئ من هذه الإشعاعات المتشتتة من كل عقدة في البلورة تداخلا بناء عندئذ تظهر هذه على لوحة الانعراج كقمة تسميها انعكاس براغي.

ندرس أولا مركزين للتشتت المسافة بينهما d تكتب شعاعيا d شعاع الموجة السينية الساقطة kو نفرض أن هو شعاع الموجة المنعكسة في اتجاه معين يساوي k0.

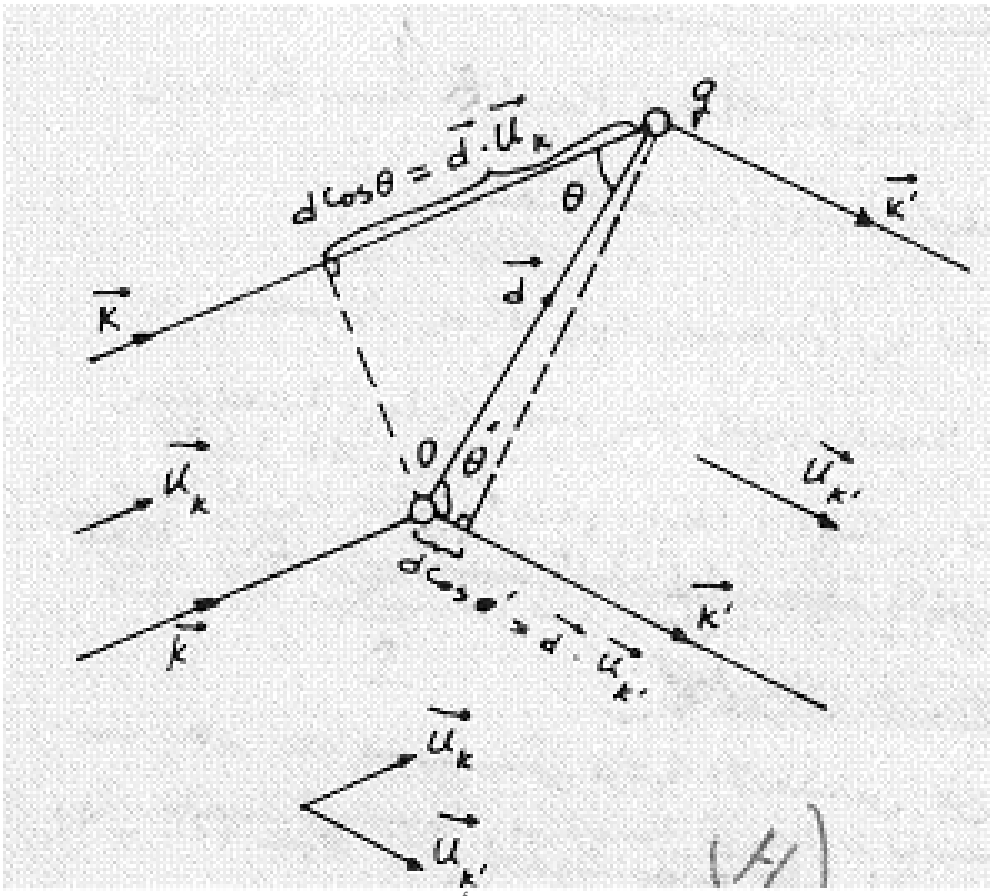
بناء ايوالد:

عمل ايوالد بناءا هندسيا يستخدم في تحليل النتائج العملية حيث نتبع الخطوات التالية:

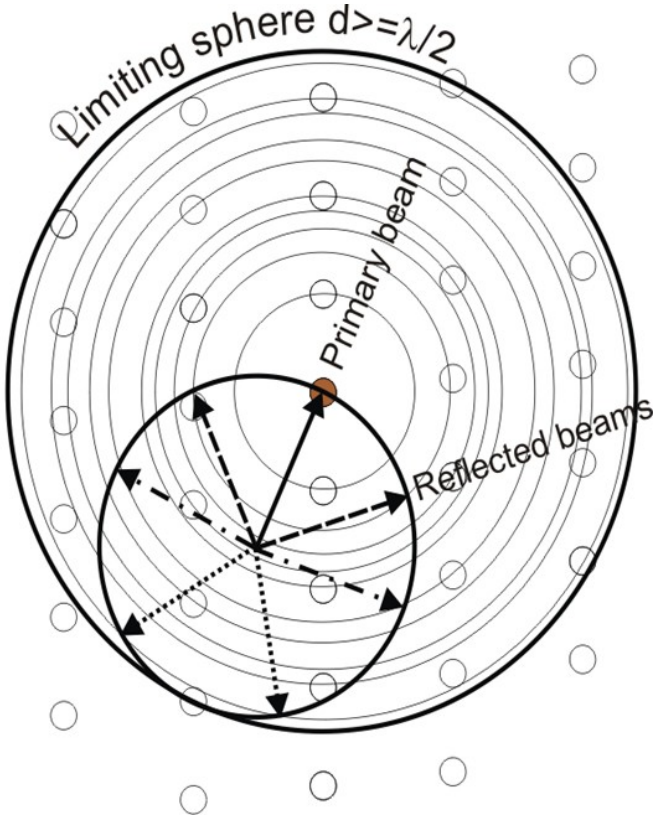
1. نرسم الشبكة المعكوسة .
2. نأخذ أي نقطة "O"
3. نجعل O رأس الشعاع المعرف المقدار و الاتجاه.
4. نعتبر ذنب الشعاع مركز الكرة ايوالد نصف قطرها عند حدوث الانعراج يجب ان تمر كرة ايوالد على الأقل بعقدة واحدة من عقد الشبكة المعكوسة (عدا"O") تعليم هذه العقدة هو نفسه تعليم بقعة الانعراج على لوحة الانعراج وهي تبين معاملات ميلر بالمستويات العاكسة .




شرط براغ




تفسير لاوي لانعراج الأشعة السينية




*بناء ايوالد*
*pdf.pdf*
*وثيقة1 شرط براغ*

# قائمة المراجع

[1] نعيمة عبد القادر احمد،محمد أمين سليمان "علم البلورات والأشعة السينية"،(2005).
[2] Lu, Liming, et al. "Quantitative X-ray diffraction analysis and its application to various coals." Carbon 39.12 (2001): 1821-1833.
[3] Pecharsky, Vitalij K., and Peter Y. Zavalij. Fundamentals of diffraction. Springer US, (2001).