

المحاضرة العاشرة

الموجة:

- هي اضطراب منتشر يقوم بنقل الطاقة في اتجاه انتشاره.
- ويمكن تقسيم الموجات إلى ثلاثة أقسام وهي:

أنواع الموجات

انواع الموجات

موجات مادية

«موجات دي برولي»

أي جسم مادي متحرك تصاحبه موجة طبقاً للخاصية الثابتة لدي برولي.

موجات ميكانيكية

لا بد من وجود وسط لانتقالها.
تنقسم إلى نوعين:

موجات كهرومغناطيسية

عبارة عن اضطراب لمجالين متعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي.
لا تحتاج لوسط لانتقالها مثل موجات الضوء وأشعة جاما والأشعة السينية.

موجات مستعرضة

تتكون من قمة وقاع.
جزئيات الوسط تهتز عمودياً على اتجاه انتشار الموجة.
مثل موجات الماء والأوتار.

مثل موجات الماء والأوتار.

انتشارها عمودي.

موجات طولية

تتكون من تضاعط وتخلخل.
جزئيات الوسط تهتز في نفس اتجاه انتشار الموجة.
مثل موجات الصوت والزنبرك.

مثل موجات الصوت والزنبرك.

انتشارها عمودي.

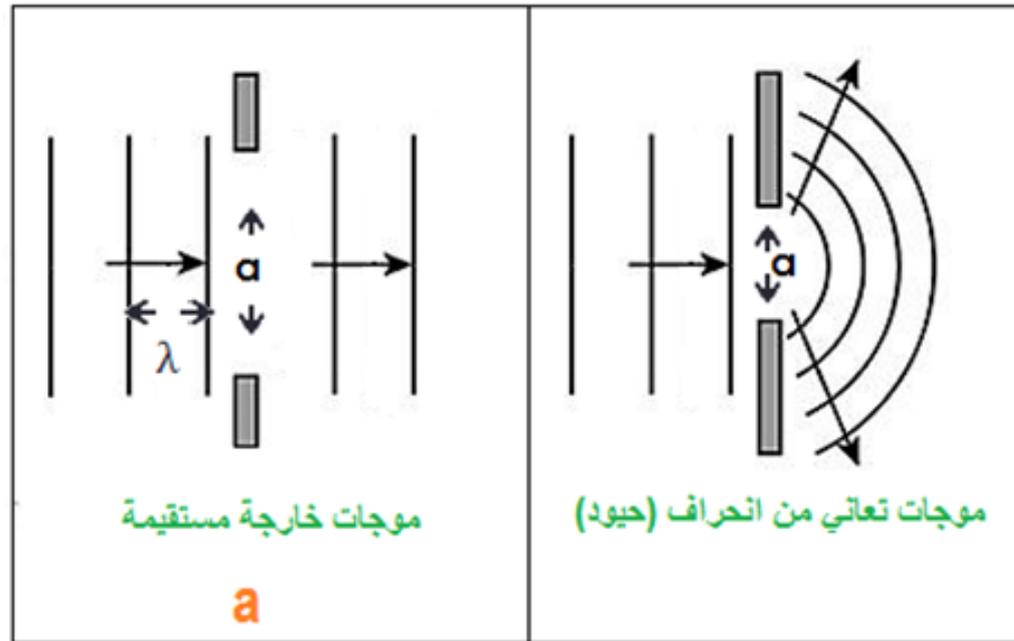
- الموجات التي تمت دراستها سابقاً هي موجات ميكانيكية تحتاج لوسط مادي لانتقالها مثل: موجات الصوت وموجات الماء والموجات على الحبل.
- الآن نتعرف على الموجات الكهرومغناطيسية والتي تختلف عن النوع الأول كونها تستطيع الانتشار خلال الفضاء (الفراغ) بسرعة مساوية لسرعة الضوء مثل موجات الراديو (10^7 Hz) إلى موجات الطيف المرئي التي يتراوح ترددها من 10^{11} – 10^{15} , إلى أشعة جاما ترددها (10^{22} Hz).
- أي أن الموجات الكهرومغناطيسية تغطي مدى واسع من الترددات.

ومن خصائص الموجات الكهرومغناطيسية:

1. تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة تساوي 3×10^8 m/s
2. لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية
3. تنتشر في خطوط مستقيمة وتخضع للخصائص الموجية من حيث الحيود والتداخل
4. موجات مستعرضة قابلة للاستقطاب
5. تحمل الطاقة وكمية التحرك وتوصلها للسطوح
6. تتكون من تذبذب مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين على بعضهما وكذلك متعامدين على خط انتشار الموجة

حيود الموجات:

عند التقاء موجة بحاجز به فتحة عرضها a , فإذا كانت عرض الفتحة مساوي لطول الموجة أو أصغر منها $a \leq \lambda$ فإنه يحدث انحراف أو انحناء للموجة المارة من خلال الثقب وهو ما يسمى بحيود الموجة أما إذا كانت الفتحة $a > \lambda$ فإنه لا نحصل على الانحناء أي لا نحصل على ظاهرة الحيود, ونحصل خلف الحاجز على موجات مستقيمة كما في الشكل (a)



إذا تعريف الحيود: هو انحراف الموجات عن مسارها عند الفتحات الضيقة.

أمثلة الحيود:

- أكثر الأمثلة على الحيود الأقراص المدمجة (CD) يوجد بها مسارات دائرية متقاربة وعند سقوط الضوء عليها ينعكس إلينا على شكل قوس قزح.
- عند النظر إلى أضواء الشارع من خلال ستارة رقيقة على النافذة.

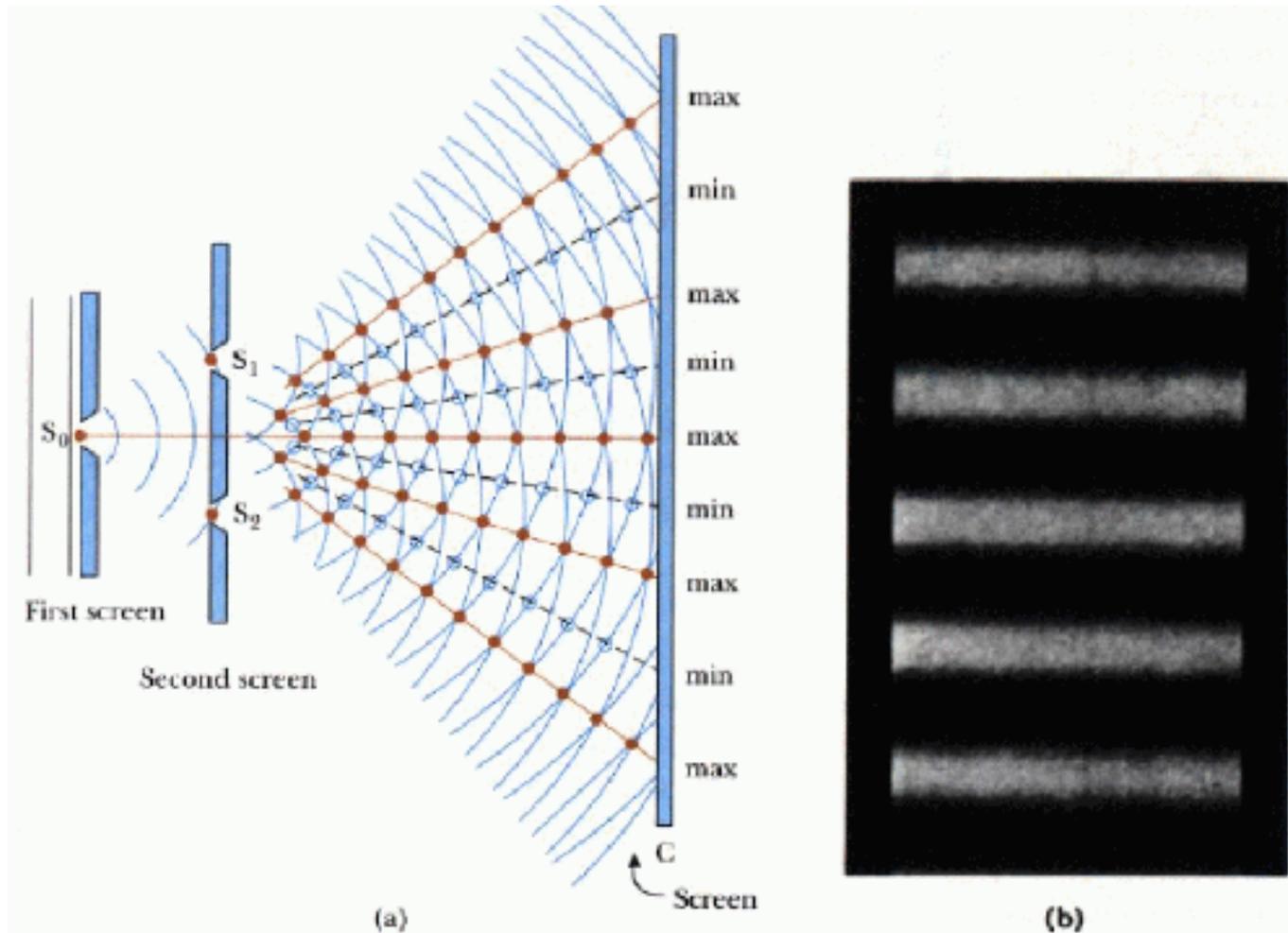
التداخل الضوئي:

تجربة ينج (الشق المزدوج)

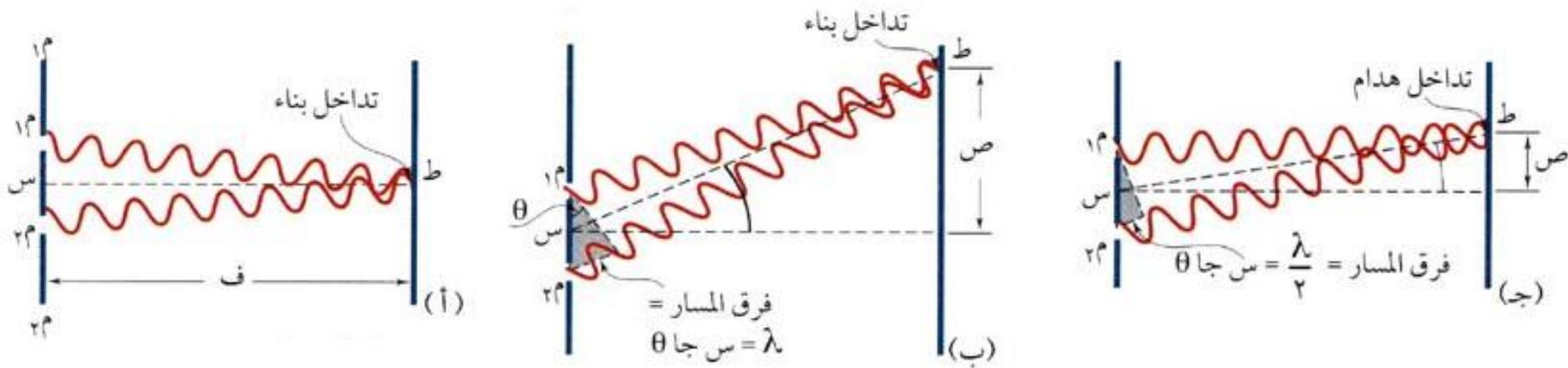
يسمح للضوء بالمرور خلال ثقب ضيق S_0 ثم من خلال ثقبين ضيقين S_1, S_2 على بعد كبير من الثقب الأول, ويكون الضوء النافذ من الفتحتين على حائل أبيض نموذجاً للتداخل الضوئي, يتكون من شرائط مضيئة وأخرى مظلمة.

يكون تداخل بناء عن ظهور هدبة مضيئة

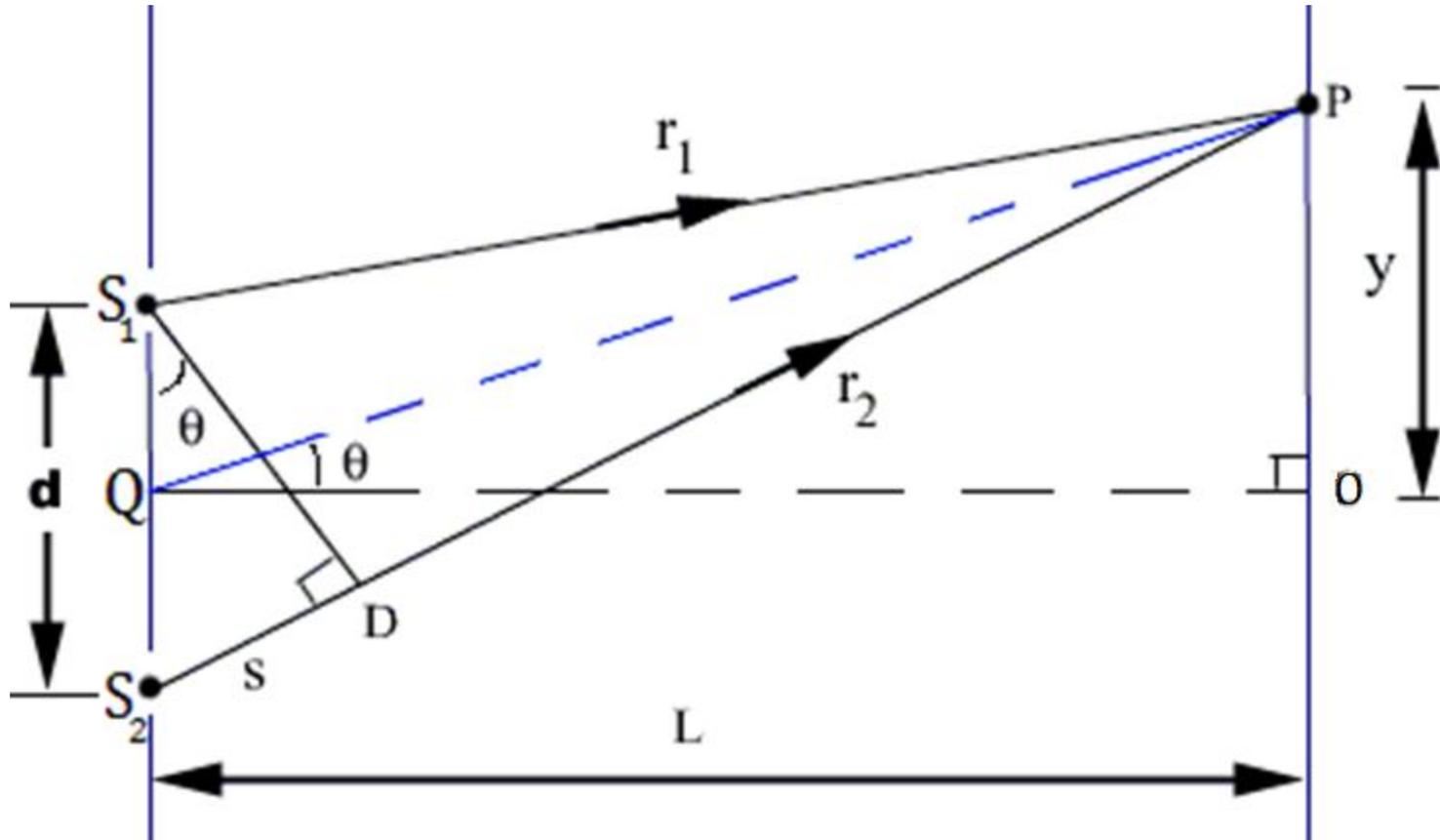
بينما تظهر هدبة معتمة عندما يكون تداخل هدام



عندما تصل الموجتان بنفس الطور إلى الحائل يحدث تداخل بناء
 وعندما تصل الموجتان إلى الحائل مختلفتان في الطور يحدث تداخل هدام



يمكن وصف تجربة ينج بالاستعانة بالشكل:



يبعد الحائل مسافة أفقية L عن الحائل ذي الشق المزدوج وهذان الشقان (الفتحتان) S_1, S_2 تبعدان عن بعضهما بمسافة d , وضع أمامهما مصدر ضوئي أحادي الطول الموجي وفرق المسار δ بين الشعاعين الذين يصلان إلى النقطة P يساوي

$$d \sin \theta$$

• الموجات الخارجة من الثقبين لهما نفس التردد والسعة والطور

$$\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

شرط الهدب المضيئة

$$\delta = d \sin \theta_{bright} = m \lambda$$

شرط الهدب المظلمة

$$\delta = d \sin \theta_{dark} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

بافتراض أن $d \gg \lambda$, $L \gg d$

حيث أن L في حدود المتر الواحد, وقيمة d في حدود ملليمتر واحد, وقيمة λ تساوي جزء من المايكروميتر في منطقة الطيف المرئي فتكون قيمة θ صغيرة جداً حيث تعتبر:

$$\sin \theta \approx \tan \theta$$

المثلث OPQ

$$\sin \theta = \tan \theta = \frac{y}{L}$$

∴ مواقع الهدب المضيئة

$$d \frac{y_{bright}}{L} = m \lambda$$

$$y = \frac{m \lambda L}{d}$$

ومواقع الهدب المظلمة

$$d \frac{y_{dark}}{L} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

$$\therefore y_{dark} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \frac{L \lambda}{d}$$

المسافة بين أي هديتين مضيئتين أو مظلمتين

$$y_{m+1} - y_m = (m + 1) \frac{\lambda L}{d} - m \frac{\lambda L}{d}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} (m + 1 - m)$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

مثال:

تبعد شاشة العرض عن الحائل المحتوي على الفتحتين في تجربة ينج بمسافة 1.2m , وكانت المسافة بين الفتحتين تساوي 0.030mm . ووجد أن الهدبة المضيئة ذات الرتبة الثانية ($m=2$) تقع على بعد 4.5cm من الخط المركزي.

(a) عيني طول موجة الضوء.

(b) أحسبي المسافة بين كل هدتين مضيئتين متتاليتين.

الحل:

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} m \quad \text{باستخدام المعادلة (a)}$$

وبالتعويض عن

$$d = 3.0 \times 10^{-5} m, L = 1.2 m, y_2 = 4.5 \times 10^{-2} m, m = 2$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{dy_2}{mL} = \frac{(3.0 \times 10^{-5} m)(4.5 \times 10^{-2} m)}{2(1.2 m)} \\ &= 5.6 \times 10^{-7} m = 560 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} m \quad \text{من المعادلة (b) ونتيجة الجزء a نجد:}$$

$$\begin{aligned} y_{m+1} - y_m &= \frac{\lambda L(m+1)}{d} - \frac{\lambda Lm}{d} \\ &= \frac{\lambda L}{d} = \frac{(5.6 \times 10^{-7} m)(1.2 m)}{3.0 \times 10^{-5} m} \\ &= 2.2 \times 10^{-2} m = 2.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

تعريفات مهمة:

• تداخل الصوت:

هو تراكم موجتين أو أكثر لهما نفس التردد والسعة واتجاه الانتشار, إما أن يكون تداخل بناء أي تقوية للشدة أو يكون تداخل هداماً بمعنى أضعاف للشدة أو انعدامها.

• حيود الصوت:

هو تغير في مسار الموجة أو انحنائها عند مرورها من فتحة ضيقة بالنسبة لطولها الموجي أي عندما تكون أبعاد الفتحة مقاربة للطول الموجي أو عند مرورها بحافة حادة في نفس الوسط.

X-RAY الأشعة السينية

اكتشافها وطبيعتها:

اكتشف العالم الألماني روتجن بطريق الصدفة أشعة جديدة ذات قدرة كبيرة على اختراق المواد أطلق عليها اسم الأشعة السينية.

وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية لها طول موجي قصير بحدود (1\AA) ولها نفس الخصائص الفيزيائية للموجات الكهرومغناطيسية كالموجات الضوئية.

انتاج الأشعة السينية:

لقد بيّن رونتجن أن الأشعة السينية تنتج عن تصادم الالكترونات السريعة وتفاعلها مع المواد الصلبة ولذلك فإن الجهاز المستخدم لإنتاجها يحتوي على مايلي:

1. مصدر الالكترونات.
2. فرق جهد عالي لزيادة سرعة الالكترونات وبالتالي طاقتها الحركية.
3. جسم مادي تصطدم به الالكترونات ويعرف بالهدف.
4. تسمى أجهزة انتاج الأشعة السينية بأنابيب الأشعة السينية.

من خصائص الأشعة السينية:

1. تصدر الأشعة السينية عندما تتفاعل الإلكترونات السريعة مع المواد الصلبة.
 2. يمكن أن تحدث هذه الأشعة تأيناً في الغازات أو فلورة في كثير من المواد التي تسقط عليها (الفلورة: أي متصاص الأشعة بأطوال معينة وانبعاث أشعة أخرى بأطوال موجية أكبر من الممتصة).
 3. تسير بخطوط مستقيمة وبسرعة مساوية لسرعة الضوء ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية وهذا يدل على أنها لا تحمل أي شحنة كهربائية.
 4. تمتص خلال المواد بدرجات متفاوتة وتعتمد على العدد الذري للمادة.
- وقد تمكن رونتجن من خلال هذه الخاصية من الحصول على أول صورة للعظام.

حيود الأشعة السينية:

عندما تسقط حزمة من الأشعة السينية ذات الطوال الموجي الأحادي من على بلورة فإنها تنعكس, وهذا الانعكاس يحدث عند قيم محددة لزاوية السقوط وهذه تعتمد على الطول الموجي الساقط والثوابت البلورية.

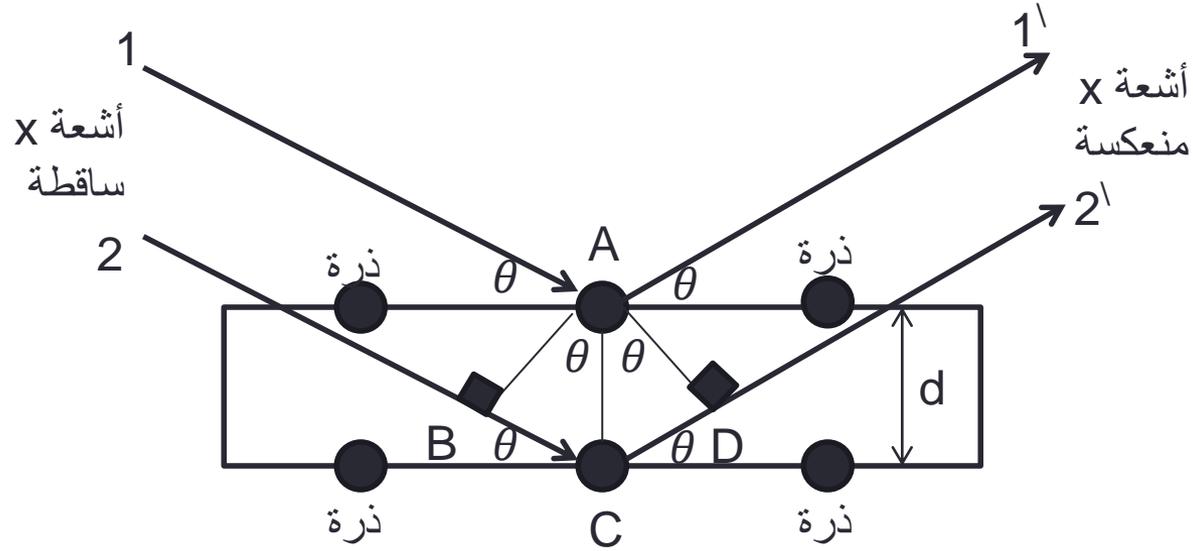
يحدث التداخل البناء بين الشعاعين المنعكسين فقط عندما يكون فرق المسار بين شعاعين مساوياً لعدد صحيح مضروب في الطول الموجي ويأخذ الصيغة

$$2d \sin \theta = m \lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

حيث أن:

d : هي المسافة بين المستويات البلورية.

θ زاوية سقوط الأشعة وهي الزاوية المحصورة بين الأشعة و سطح البلورة



$$\delta = 2d \sin \theta = m \lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

تعرف هذه المعادلة بـ (قانون براغ)

حيود الجسيمات:

للبرهنة على نظرية دي برولي فإنه يجب أن نلاحظ التداخل من الموجات المصاحبة للجسيمات المتحركة كالألكترونات والبروتونات والنيوترونات.

لقد قام العالمان (دافيسون وجرمر) ببرهان ذلك حيث عجلوا الكترونات في فرق جهد كهربى V فكانت طاقتها الحركية:

$$ev = \frac{1}{2}mv^2$$

حيث أن (v, e, m) كتلة الالكترون وشحنته وسرعته

$$v = \sqrt{\frac{2ev}{m}}$$

سرعة الالكترون

ومن فرضية دي برولي فإن الطول الموجي المصاحب للإلكترون

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2ev}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2evm}}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2em}\sqrt{v}} = \frac{1.2268 \times 10^{-9}}{\sqrt{v}} = \frac{1.2268}{\sqrt{v}} \text{ nm}$$

قد استعملنا جهداً كهربياً مقداره 54v لتعجيل الإلكترونات فكانت طول موجة الكترونات المصاحبة

$$\lambda = \frac{1.2268}{\sqrt{54}} \text{ nm} = 0.167 \text{ nm}$$

وهذه القيمة في حدود أطوال الأشعاعات إليه.