الفصل الرابع: التداخل والطيود

* مقدمة *

يمكن رؤية كل من ظاهرتي التداخل والطيود في الأشياء المحيطة بك، إذ تظهر إقواص الدرجة الطيود بوضوح كما يظهر التداخل في الفقاعات في حين تظهر أجنحة الفراشات الزرقاء كل من التداخل والطيود.

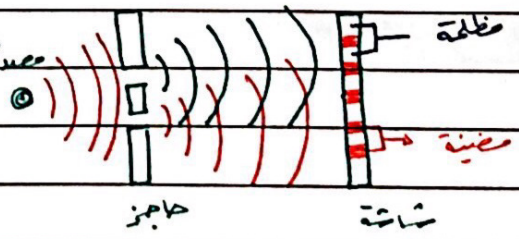
فكّر 😟
س: كيف يظهر محلول فقاعات الصابون ألوان قوس قزح؟

التداخل هو التقاء موجتي ضوء متساويتين في التردد والسرعة وتحركتا بفرق طور ثابت.

* الضوء غير المترابط: هو ضوء ذو مصدرين موجيين غير متزامنة. ضوء الشمس.
* الضوء المترابط: هو ضوء ينتج من مصدر أو أكثر يولد موجات ذات مصدرين متزامنة (متطابقة التردد والطول الموجي). ضوء الليزر.

س: لماذا الضوء الغير مترابط لا يظهر متقطع؟
ج: لأن تردد موجات الضوء كبير جداً.

تجربة شقي يونج وجه يونج ضوء من مصدر مترابط أحادي اللون وهو ضوء ذو طول موجي واحد على شقين في حاجز وعند تداخل الضوء الخارج من الشقين ظهرت على الشاشة حزم مضيئة (تداخل بناء) وأخرى معتمة (تداخل هدام) سماها يونج أهداب التداخل.
وأثبت أن للضوء خصائص موجية واستنتج قانونه لحساب الطول الموجي.



* هدبة مركزية مضيئة وتتناقص شدة إضاءة الحزم كلما ابتعدنا عن الهدبة المركزية.

$$\lambda = \frac{x\,d}{L}$$

λ ← الطول الموجي
x ← المسافة بين الهدبة المركزية والهدبة المضيئة
d ← المسافة بين الحاجز والشاشة
L ← المسافة بين شقي يونج

* تدريب * في تجربة شقي يونج تكون الهدب الضوئية ذو الرتبة الأولى على بعد 21 mm من الهدب المركزي فإذا كان البعد بين الشقين 0.02 mm ووضعت الشاشة على بعد 0.5 m فما مقدار الطول الموجي؟

$x = 21\times10^{-3}\,m$
$d = 0.02\times10^{-3}\,m$
$L = 0.5\,m$
$\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{x\,d}{L} = \frac{21\times10^{-3}\times0.02\times10^{-3}}{0.5}$$

$$\therefore \lambda = 8.4\times10^{-7}\,m$$

التداخل في الأغشية الرقيقة

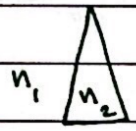
س/ ما سبب وجود ألوان الطيف في فقاعات الصابون أو بقع الزيت على الماء ؟

ج/ بسبب التداخل البناء والهدام للموجات الضوئية.

س/ ما تأثير طبقة الزجاجية على تكون الغشاء الرقيق عند حملها سيارة ؟

ج/ تجعل تكون الغشاء الرقيق في الأسفل أكبر منه في الأعلى.

هو طيف الألوان الناتج من التداخل البناء والهدام للموجات الضوئية بسبب انعكاسها عن الغشاء الرقيق



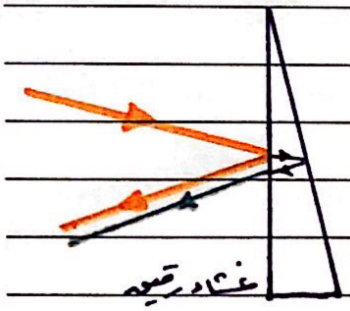
س/ كيف يحدث التداخل في الأغشية الرقيقة ؟

ج/ [1] للغشاء الرقيق سطحين خارجي وداخلي.

[2] يسقط الشعاع على السطح الخارجي للغشاء الرقيق جزء منه ينعكس والجزء الآخر ينفذ منكسراً.

[3] الشعاع النافذ يصل إلى السطح الداخلي للغشاء وينعكس ثم ينكسر خارجاً من الغشاء.

[4] يحدث تداخل بين الشعاعين المنعكسين.



تحسين اللون

الضوء المنعكس عن الغشاء الرقيق هو ضوء متداخل.

يحدث تداخل بناء في الأغشية الرقيقة إذا كان

طول المسار $\Delta x = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda \ldots$

وتداخل هدام إذا كان

$\Delta x = 0, \lambda, 2\lambda \ldots$

عكس التداخل في شقي يونج

* قانون حساب سمك الغشاء الرقيق لتداخل بناء:

سمك الغشاء الرقيق $\rightarrow d = \frac{\lambda}{4n}$

معامل انكسار مادة الغشاء

* تدريب * سقط ضوء طول موجي 513 nm على طبقة زيت معامل انكساره 1.45 ضوء بناء احسب سمك هذه الطبقة ؟

$\lambda = 513 \times 10^{-9}\ m \quad n = 1.45$

$d = \frac{\lambda}{4n}$

$= \frac{513 \times 10^{-9}}{4 \times 1.45}$

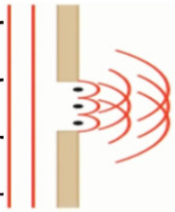
$\therefore d = 8.84 \times 10^{-8}\ m$

طيود

س/ قارن بين دائرة الضوء (قطر البقعة الضوئية) وقطر دائرة المصدر ؟

ج/ دائرة البقعة الضوئية أكبر من دائرة المصدر لأنه الضوء يحيد و يتغير اتجاهه عند اصطدامه بحاجز أو عائق .

طيود هو انحناء الضوء عند اصطدامه بحاجز .



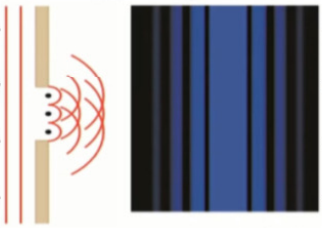
موجات الضوء تتداخل بعد حيودها 😊

س/ فسر طيود باستخدام مبدأ هيجنز ؟

ج/ إنقاط على مقدمات الموجات تمثل مصدر جديد لموجات صغيرة تنتشر بعضها خلف بعض في جميع الاتجاهات .

حيود الشق المفرد

في هذا الطيود نستخدم شق واحد صغير عرضه أكبر من الطول الموجي . فيتكون على الشاشة نمط عبارة عن هدب مركزي عريض و مضيء مع أهداب أقل سمكاً و أقل اضاءة على كل الجانبين .



* يزداد عرض الهدب المركزية بزيادة الطول الموجي *

يسمى هذا النمط نمط طيود و هو ناتج من تداخل البناء و الهدام للموجات الهيجنز .

عرض الحزمة الضيقة المركزية في حيود الشق الواحد

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

- $2x_1$ عرض الحزمة المضيئة
- λ الطول الموجي
- w عرض الشق
- L البعد بين الحاجز و الشاشة

تدريب # يسقط ضوء أخضر طوله الموجي 546 nm على شق مفرد عرضه 0.095 mm فإذا كان بعد الشق عن الشاشة 75 cm فما عرض الهدب المركزي المضيء ؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(2)(546\times10^{-9})(75\times10^{-2})}{0.095\times10^{-3}}$$

$$\therefore 2x_1 = 8.6\times10^{-3}\ m$$

$\lambda = 546\times10^{-9}\ m$

$w = 0.095\times10^{-3}\ m$

$L = 75\times10^{-2}\ m$

$2x_1 = ??$

فكّر

س/ ما الفرق بين نمط طيود و نمط التداخل ؟

محزوزات الحيود

محزوز الحيود هو أداة مكونة من شقوق عدة مفردة بمسافة بينها متساوية تسبب حيود الضوء .

* أنواع محزوزات الحيود *

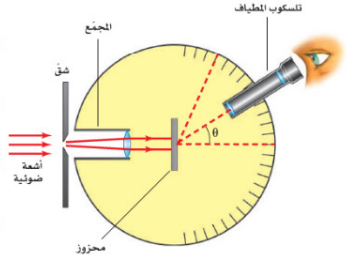
① محزوز نفاذ :
عمل خدوش رفيعة على زجاج منفذ للضوء بواسطة زمن من الماس .

② محزوز عاكس :
ضغط صفيحة رقيقة من الألومنيوم على محزوز زجاجي ثم سحبها .

③ محزوز الهولوجرام :
عمل حفر رفيعة جداً على طبقة معدنية أو زجاج عاكس .

نمط الحيود الناتج عن محزوزات الحيود

يتكون على شكل أهداب ضيقة تفصلها مسافات متساوية
ويكون الهدب أكثر ضيقاً كلما زاد عدد الشقوق
ويمكن قياس المسافة بين الأهداب بدقة أكبر .



لقياس الطول الموجي للضوء يتم استخدام محزوز الحيود
نستخدم جهاز يسمى المطياف

* قانون حساب الزاوية والطول الموجي في محزوز الحيود :

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$ ← الزاوية التي يتكون عندها الهدب المضيء
x ← بعد الهدب عن الهدب المركزي
L ← المسافة بين المحزوز والشاشة

$\lambda = d \sin\theta$
d ← المسافة بين الشقوق
λ ← الطول الموجي

ملاحظة : يمكن أن يتكون محزوز الحيود من 10000 شق لكل سنتمتر لذا فإن المسافة بين الشقوق تكون صغيرة جداً تصل إلى 10^{-6} m .

تدريب : سؤال 16 صفحة 117 :

$\lambda = 434 \times 10^{-9}$ m
$L = 1.05$ m
$x = 0.55$ m
$d = ??$

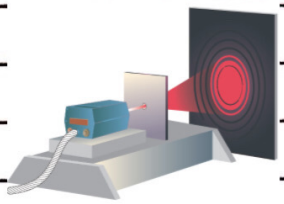
$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$
$= \tan^{-1}\left(\frac{0.55}{1.05}\right)$
$\therefore \theta = 27.6°$

$\lambda = d \sin\theta$
$\rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{434 \times 10^{-9}}{\sin 27.6}$
$\therefore d = 9.35 \times 10^{-7}$ m

قوة التمييز للعدسات

س/ ماذا نلاحظ عندما نسلط ضوء على ثقب دائري ولماذا ؟

ج/ نلاحظ تكوين حلقات ضيئة ومعتمة متعاقبة بسبب أن الضوء حدث له حيود عند مروره عبر الفتحة.
لذلك فإن العدسة تعمل كهذه الفتحة الدائرية حيث إذا مر ضوء من خلالها يحدث له حيود.

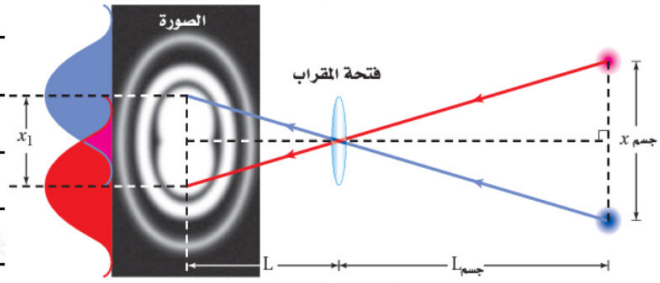


* معادلة الفتحة الدائرية : $x = 1.22\lambda L / D$

معيار رايلي

عندما نرى الضوء المنبعث من نجم بعيد بواسطة منظار نلاحظ أنه صورته تتشتت بسبب الحيود.
أما إذا كان هناك نجمان متجاورين من بعضهما نلاحظ أنه صورتهما تتداخلان لذلك وضع رايلي معياراً للتحديد ما إذا كان نجم واحد أو نجمان.

يفترض معيار رايلي على أنه إذا سقط مركز البقعة المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني فإن الصورتين تكونان عندها على حد الفصل أو التمييز.



$$x_{نجم} = \frac{1.22\lambda L_{نجم}}{D}$$

الحيود في العين

عندما يكون الضوء ساطعاً يكون قطر بؤبؤ العين 3 mm تقريباً وحساسية العين البشرية كبيرة للون الأخضر حيث الطول الموجي يساوي 550 nm وبتطبيق معيار رايلي $x_{نجم} = 2\times10^{-4} L$ وحيث أن المسافة بين البؤبؤ والشبكية 2cm فيكون من الصعب على العين التمييز بين مصدرين تفصل بينهما مسافة 4μm.
للعين القدرة على التمييز بين الضوئين إذا كانا بين مسافة بينهما 1.5m تبعد 7Km ، لذلك عملياً لا يحد الحيود من عمل العين بسبب وجود السائل الذي يملأ العين والعيوب في العدسة التي تقلل من قدرة التمييز.