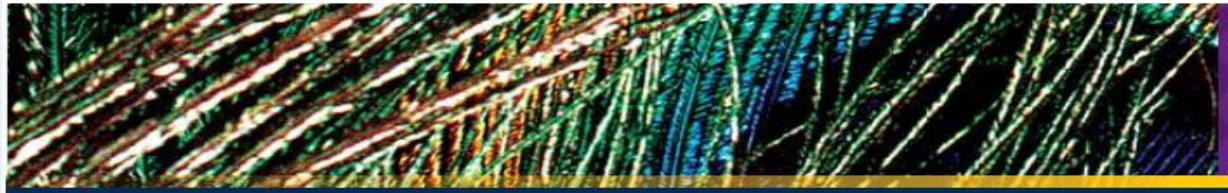
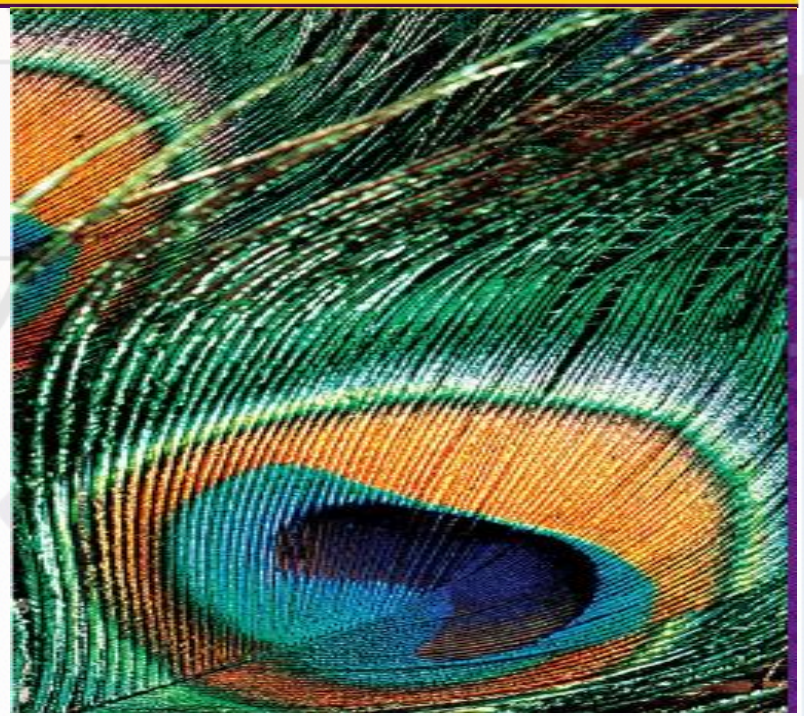


الوحدة 8

التداخل والحيود

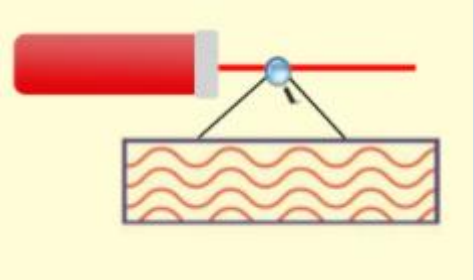
الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



1 - التداخل وتجربة الشق المزدوج

قناة قطوف فيزيائية

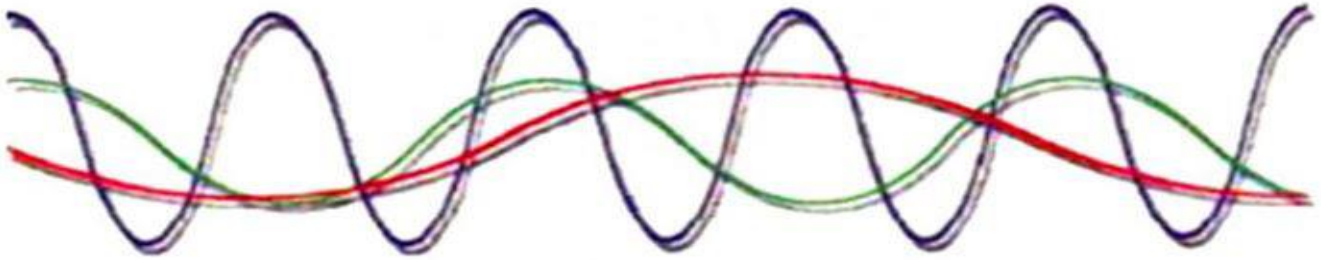
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

الضوء غير المترابط	الضوء المترابط
الضوء الذي تختلف موجاته في الطور	الضوء الذي تكون موجاته لها نفس الطول الموج (اللون) وتكون متفقة في الطور
الضوء الأبيض الصادر من مصباح قريب	ضوء الليزر
	

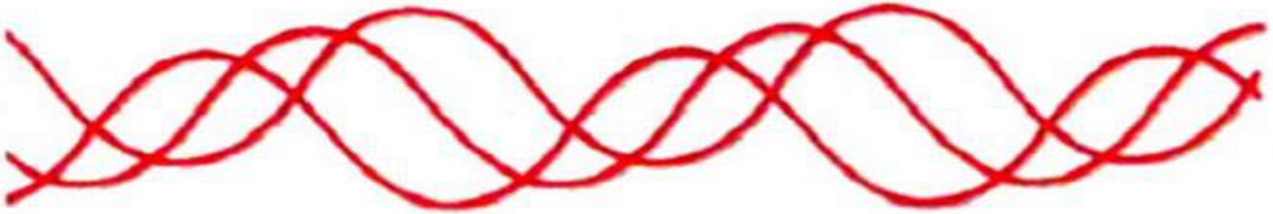
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

في تجربة التداخل :

- يكون المصدرين مترابطين
- يكون الضوء أحادي اللون (له طول موجي محدد)



ضوء الشمس (ضوء مركب من ألوان أو ترددات مختلفة)



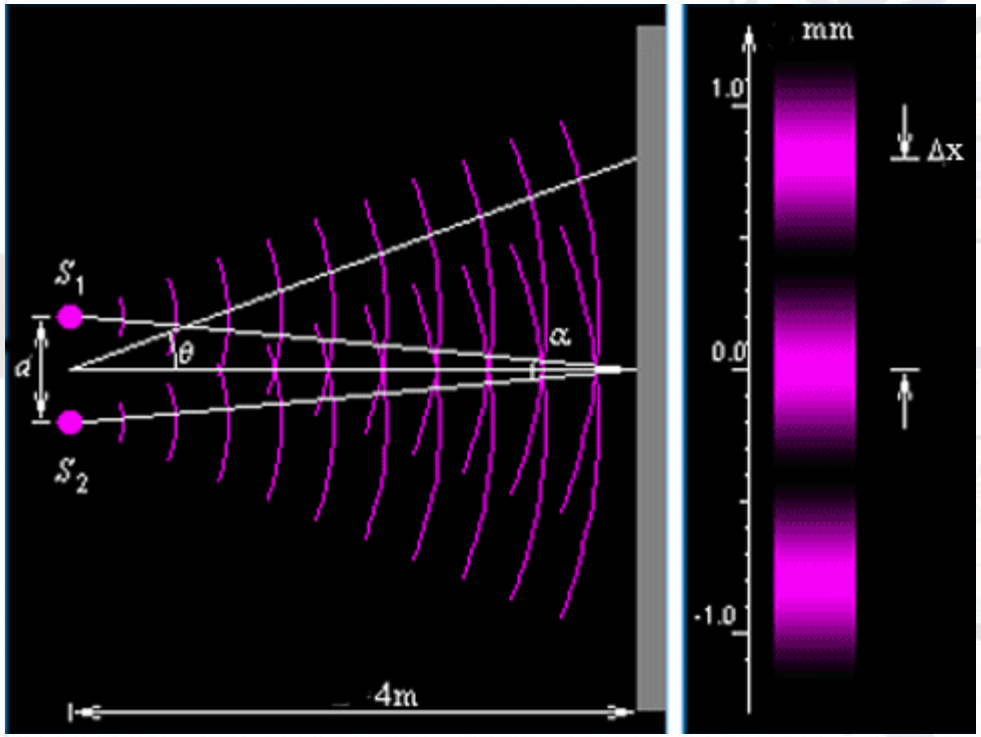
ضوء مصباح LED :ضوء وحيد اللون لكن الأمواج الضوئية غير مترابطة

ضوء الليزر: ضوء وحيد اللون أمواجه مترابطة

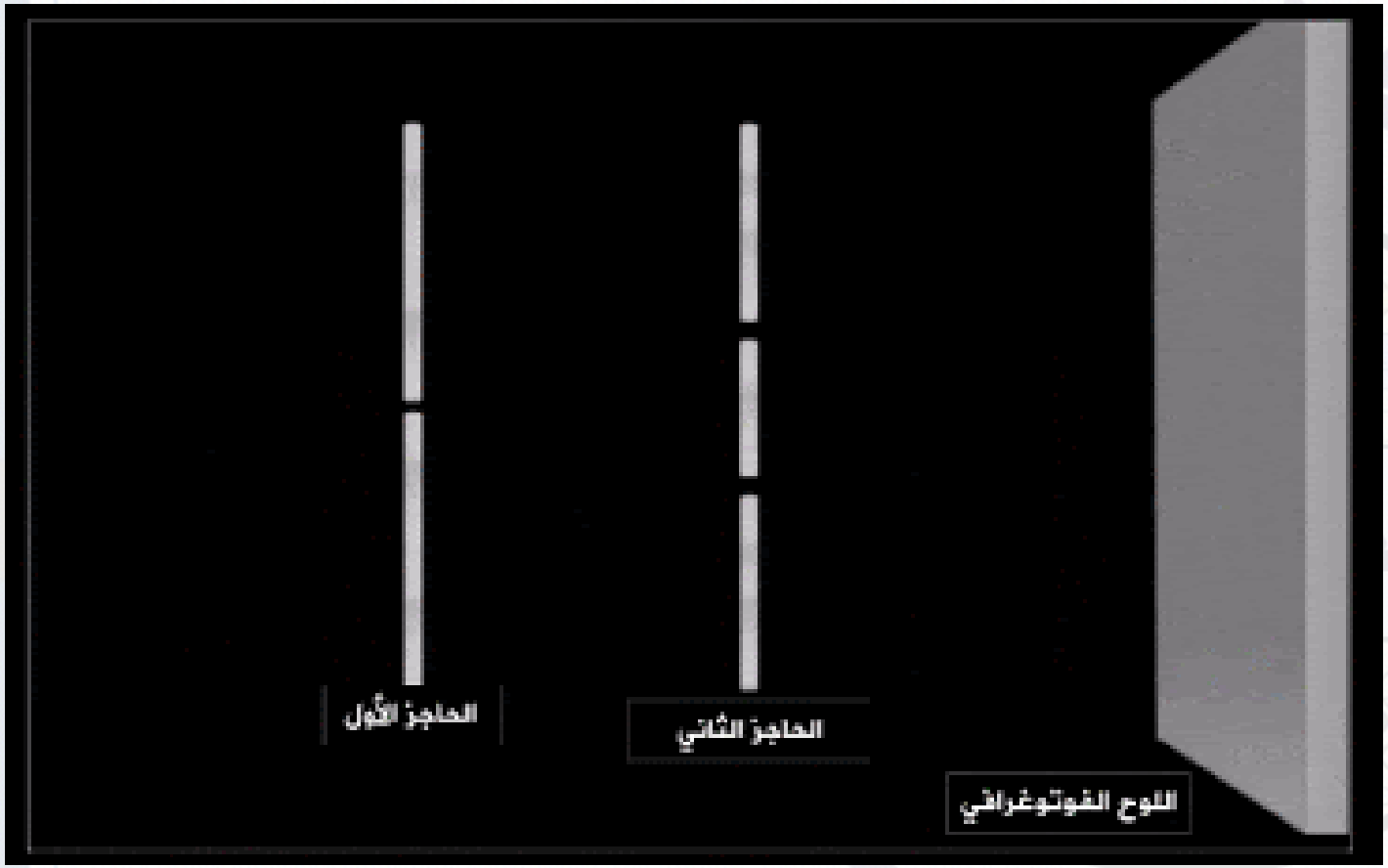
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

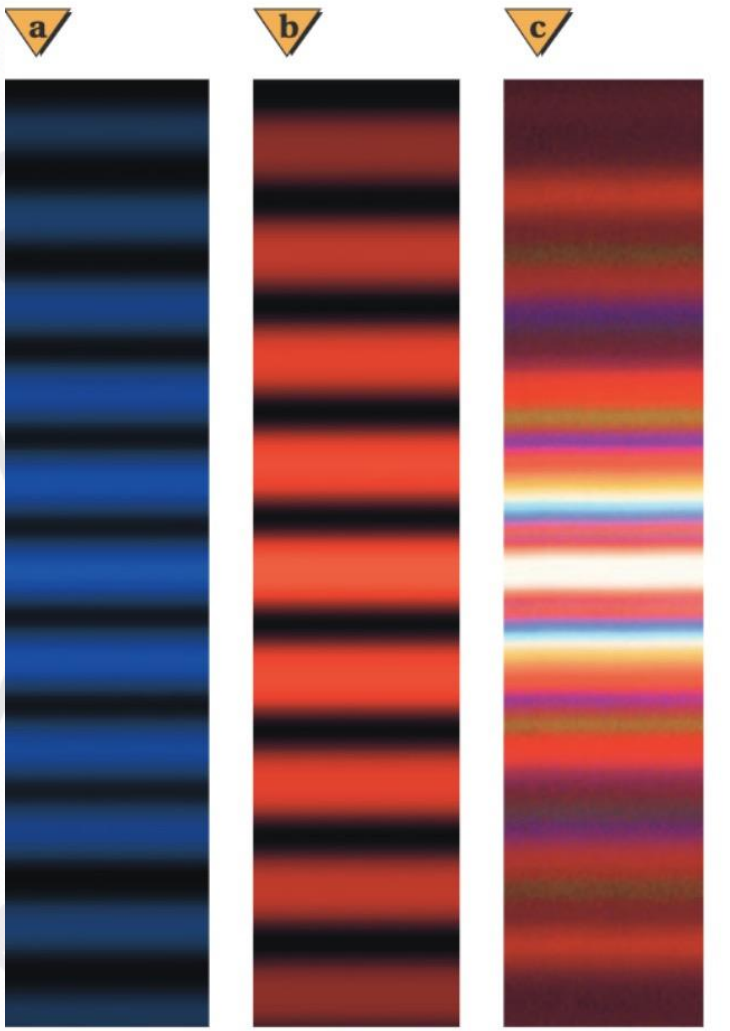
تداخل الضوء المترابط (تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج)

- للحصول على ضوء مترابط : أسقط الضوء أحادي اللون (له طول موجي واحد) على شقين ضيقين ومتقاربين
- أهداب التداخل : الحزم المضيئة والمظلمة على الشاشة
- الحزمة المركزية : تقع عند منتصف الشاشة وتكون دائماً مضيئة
- على جانبي الحزمة المركزية يوجد حزم مضيئة تفصلها فراغات متساوية
- التداخل البناء : ينتج عنه حزم مضيئة
- التداخل الهدام : ينتج عنه حزم مظلمة
- يعتمد موقع الحزم المضيئة والمظلمة على : الطول الموجي للضوء
- عند استخدام ضوء أبيض (خليط من عدة ألوان): تظهر أطياف ملونة لأن كل حزمة لون تظهر عند موقع مختلف



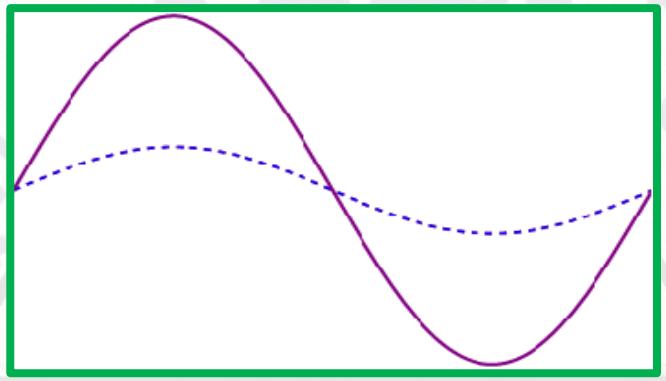
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm





https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

التداخل



تداخل بناء

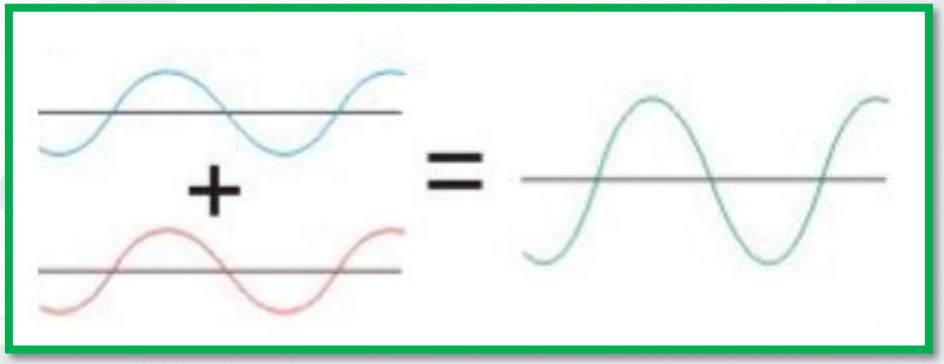
قمة + قمة أو قاع +قاع

ينتج حزم مضيئة

فرق المسار = عدد صحيح من الأطوال الموجية

حزمة مضيئة أولى : فرق المسار 1λ

حزمة مضيئة ثانية : فرق المسار 2λ



تداخل هدام

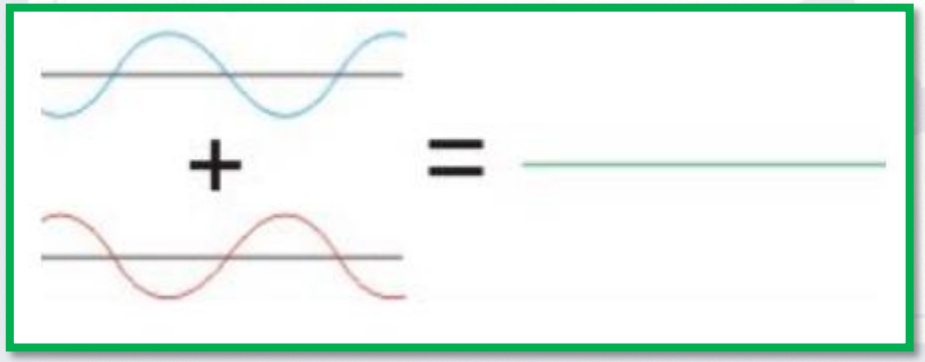
قمة + قاع

ينتج حزم مظلمة

فرق المسار = عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية

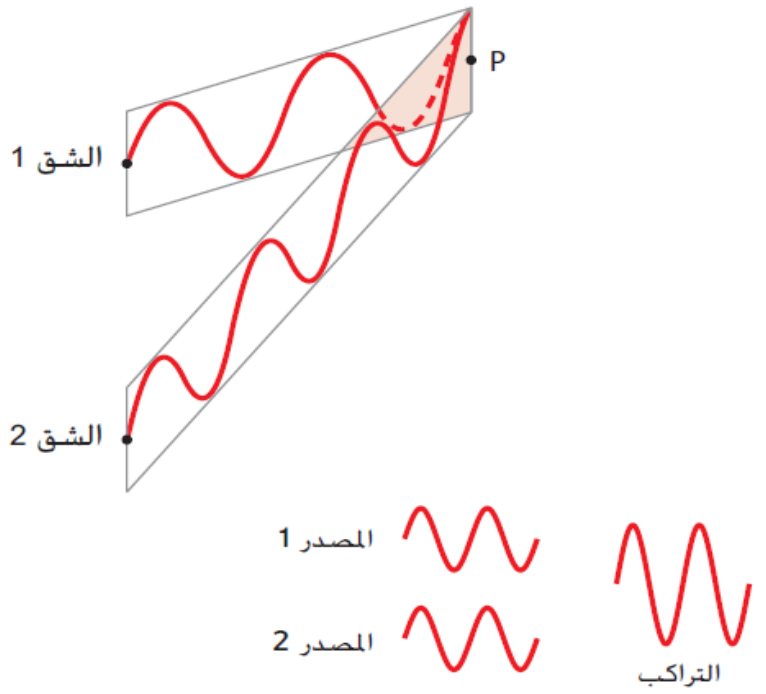
حزمة مظلمة أولى : فرق المسار 0.5λ

حزمة مظلمة ثانية : فرق المسار 1.5λ



https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

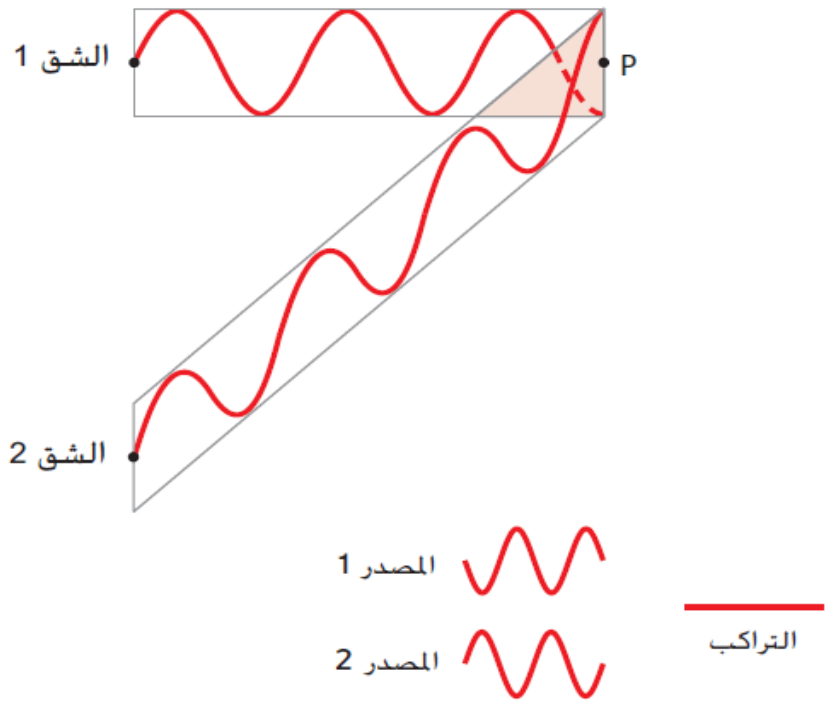
تداخل بنّاء



تظهر حزم مضيئة عند نقاط تداخل الموجات تداخلًا بنّاءً.

حزمة مضيئة أولى

تداخل هدَّام



تظهر حزم معتمة عند نقاط تداخل الموجات تداخلًا هدَّامًا.

حزمة مظلمة أولى

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

قياس الطول الموجي للضوء

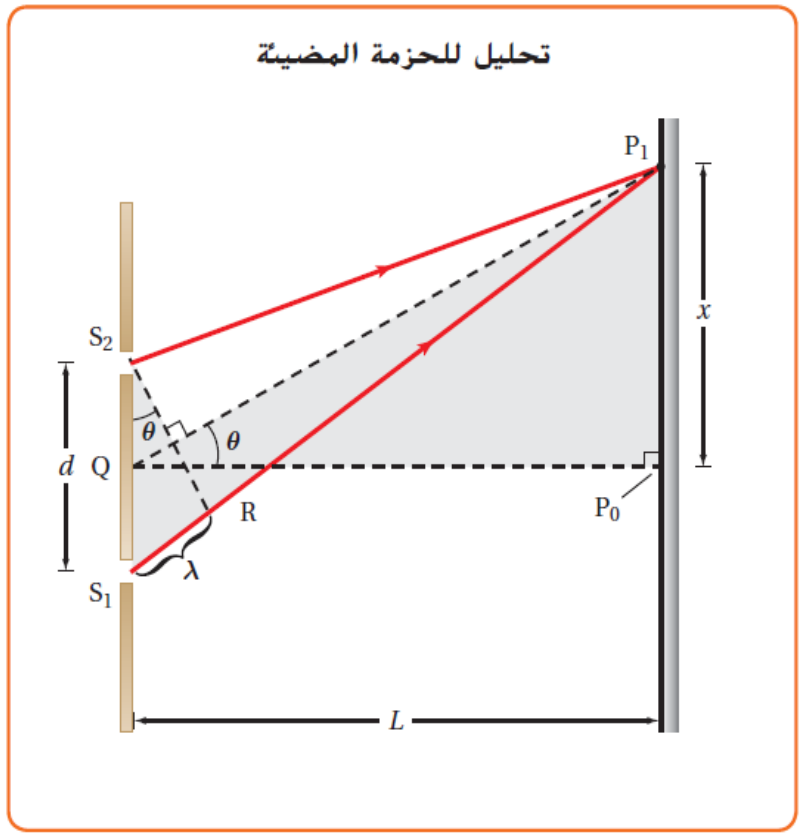
$$\lambda = \frac{x\ d}{L}$$

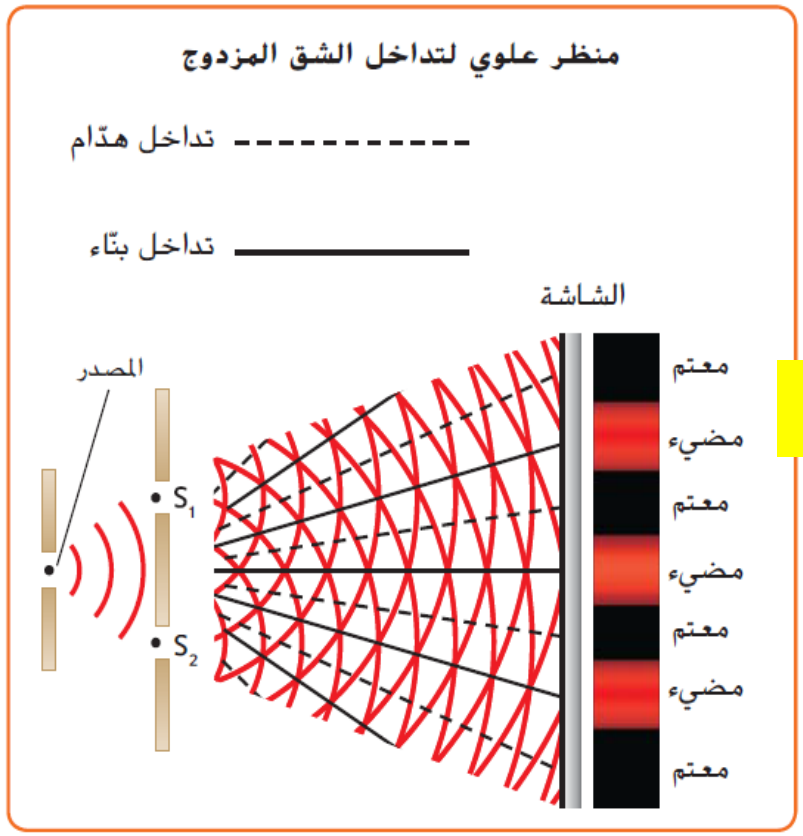
λ : الطول الموجي للضوء (m)

x : بعد الحزمة المضيئة الأولى عن المركز (m)

d : المسافة بين الشقين (m)

L : المسافة بين الشقين والشاشة (m)





يعتمد البعد بين الحزمة المضيئة والحزمة المركزية على :

- الطول الموجي للضوء المستخدم (علاقة طردية)
- البعد بين الشقين (علاقة عكسية)
- بعد الشاشة عن الشقين (علاقة طردية)

أحمر – برتقالي – أصفر – أخضر – أزرق -نيللي - بنفسجي

يقل الطول الموجي

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

12- سقط ضوء أخضر على شقين تفصل بينهما مسافة صغيرة جداً وتم رصد حزم مضيئة ومعتمة على الشاشة .

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

ماذا يطرأ على المسافات بين الحزم المضيئة إذا تم تقريب الشاشة من الشقين ؟

.....

ماذا يطرأ على المسافات بين الحزم المضيئة إذا تم زيادة المسافة بين الشقين ؟

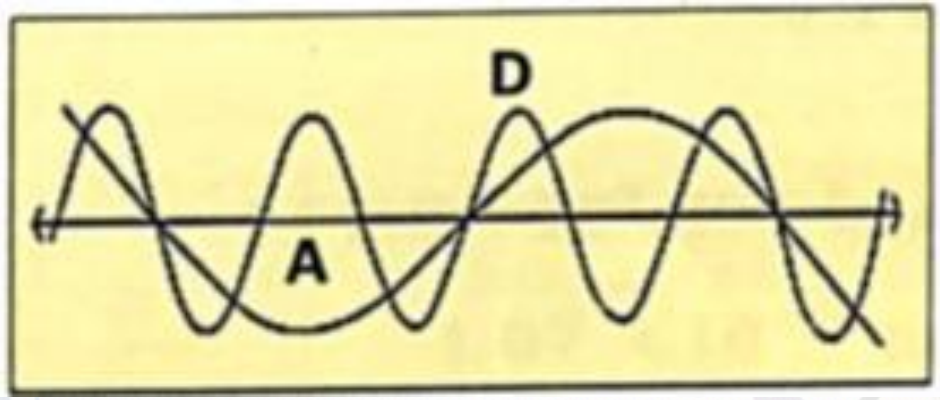
.....

ماذا يطرأ على المسافات بين الحزم المضيئة إذا تم استبدال الضوء الأخضر بضوء أحمر؟

.....

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

➢ ما نوع التداخل الذي سيحدث للموجتين عند A و D في الرسم التخطيطي ؟



- عند A بناء , وعند D هدام
- عند A بناء , وعند D بناء
- عند A هدام , وعند D هدام
- عند A هدام , وعند D بناء

➢ في تجربة يونج , سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي λ على شقين المسافة الفاصلة بينهما d وتكون نمط التداخل على شاشة تبعد مسافة L عن الشقين .

لزيادة المسافة بين الأهداب يجب زيادة .....

- الطول الموجي
- المسافة بين الشقين
- مساحة الشاشة
- شدة الضوء

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

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

➢ عند استخدام ضوء أحادي اللون في تجربة يونغ (الشق المزدوج) , فإن النمط الناشئ يحتوي على :

- حزمة مركزية معتمة وحزم متعددة الألوان على الجانبين .
- حزمة مركزية مضيئة وحزم معتمة ومضيئة بالتناوب على الجانبين .
- حزمة مركزية معتمة وحزم معتمة ومضيئة بالتناوب على الجانبين .
- حزمة مركزية مضيئة وحزم متعددة الألوان على الجانبين .

➢ في نمط التداخل الناتج عن تجربة الشق المزدوج , لماذا تظهر الحزمة الداكنة في موقع حدوث التداخل الهدام ؟

- فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل نصف طول موجي .
- فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل طول موجي واحد .
- مقدمة الموجتين تلتقيان بنفس اللحظة عند نقطة التداخل
- تصل مقدمة الموجتين إلى الشاشة بنفس الإتجاه

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

لأي حزمة مضيئة يكون القانون :

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

حيث m هي رتبة الهدبة

m : 0 ,1 ,2 , 3

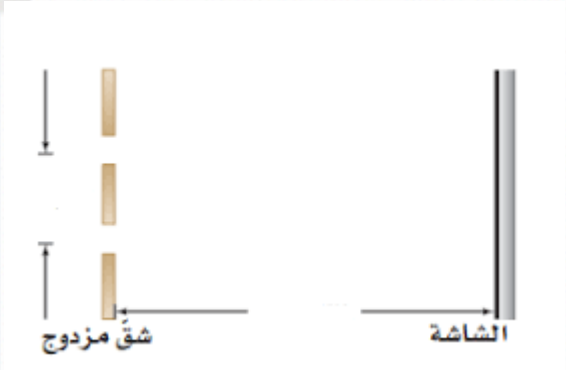
لأي حزمة مظلمة يكون القانون :

$$(m - \frac{1}{2})\lambda = \frac{x_m \ d}{L}$$

حيث m هي رتبة الهدبة

m : 1 ,2 , 3

الطول الموجي للضوء أُجريت تجربة شق مزدوج لقياس الطول الموجي للضوء الأحمر. وكان البُعد بين الشقين 0.0190 mm. إذا كانت المسافة بين الشقين والشاشة 0.600 m، والمسافة بين الحزمة المضيئة ذات الرتبة الأولى والحزمة المركزية المضيئة 21.1 mm، فما الطول الموجي للضوء الأحمر؟



$d = 0.0190 \times 10^{-3} m$ $\quad m = 1$ $\quad x_1 = 21.1 \times 10^{-3} m$

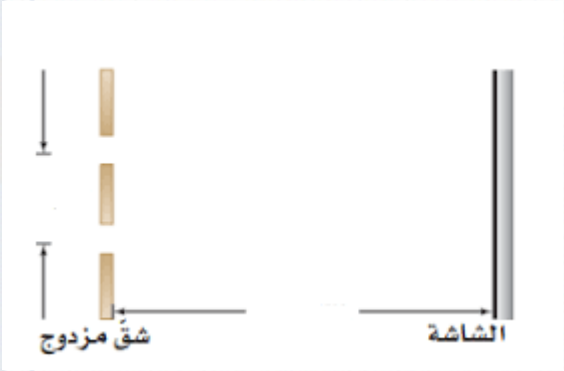
$L = 0.600 \ m$ $\quad \lambda = ?$

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L} \qquad \lambda = \frac{(21.1 \times 10^{-3})(0.0190 \times 10^{-3})}{0.600}$$

$$\lambda = 6.68 \times 10^{-7} \ m = 668 \ nm$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

1. سقط ضوء بنفسجي على شقين، المسافة الفاصلة بينهما 1.90×10^{-5} m. فظهرت الحزمة المضيئة ذات الرتبة الأولى على بُعد 13.2 mm من الحزمة المركزية المضيئة على شاشة تبعُد 0.600 m عن الشقَّين. ما مقدار الطول الموجي λ؟



$$d = 1.90 \times 10^{-5} m \qquad m = 1 \qquad x_1 = 13.2 \times 10^{-3} m$$

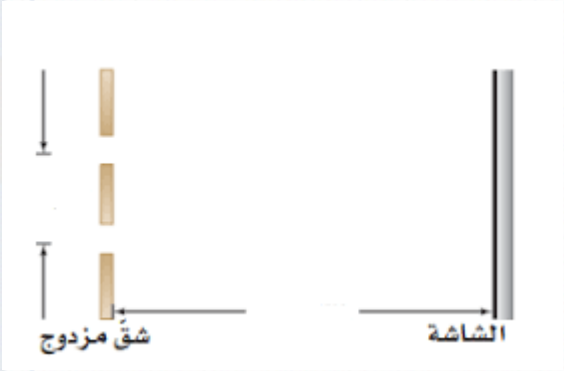
$$L = 0.600\ m \qquad \lambda = ?$$

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L} \qquad \lambda = \frac{(13.2 \times 10^{-3})(1.90 \times 10^{-5})}{0.600}$$

$$\lambda = 4.18 \times 10^{-7}\ m = 418\ \ nm$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

2. سُلِّط ضوء برتقالي مُصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm على شقين البُعد بينهما 1.90×10^{-5} m. ما المسافة بين الحزمة المركزية المضيئة والحزمة المضيئة باللون الأصفر ذات الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعُد مسافة 0.600 m عن الشقَّين؟



$d = 1.90 \times 10^{-5} m$ $\quad m = 1$ $\quad x_1 = ?$

$L = 0.600\ m$ $\quad \lambda = 596 \times 10^{-9}\ m$

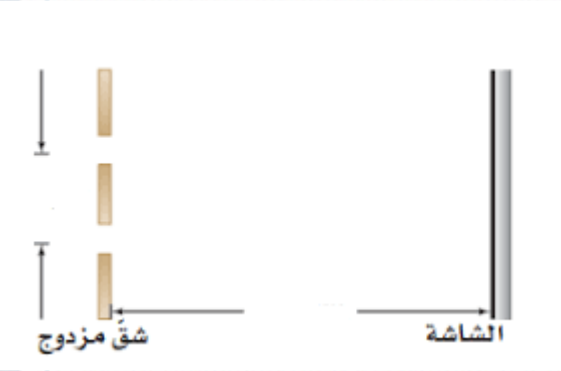
$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

$$596 \times 10^{-9} = \frac{x\,(1.90 \times 10^{-5})}{0.600}$$

$$x = 1.88 \times 10^{-2}\ m = 1.88\ cm$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

3. في تجربة شق مزدوج، استخدم طلاب الفيزياء أشعة ليزر طولها الموجي $\lambda = 632.8\ nm$. ووضع أحد الطلاب الشاشةَ على بُعد $1.000\ m$ من الشقين، فوجد أنّ المسافة بين الحزمة المضيئة ذات الرتبة الأولى والحزمة المركزية المضيئة هي $65.5\ mm$. ما المسافة الفاصلة بين الشقين؟



$d = ?$ $\quad m = 1 \quad x_1 = 65.5 \times 10^{-3} m$

$L = 1.000\ m \quad \lambda = 632.8 \times 10^{-9} m$

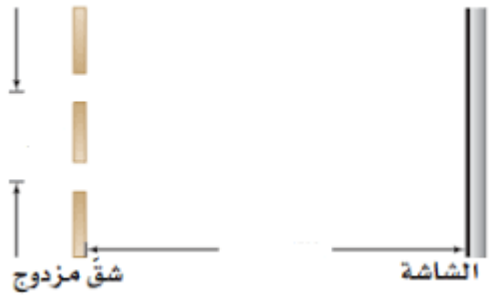
$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

$$632.8 \times 10^{-9} = \frac{(65.5 \times 10^{-3})(d)}{1.000}$$

$$d = 9.66 \times 10^{-6}\ m = 9.66\ \mu m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

4. **تحفيز** مرّ ضوء برتقالي مُصفر طوله الموجي 596 nm عبر شقَّين المسافة الفاصلة بينهما 2.25×10^{-5} m فنتج نمط تداخل على الشاشة. إذا كانت المسافة بين الحزمة المركزية والحزمة المضيئة باللون الأصفر ذات الرتبة الأولى 2.00×10^{-2} m، فما بُعد الشاشة عن الشقين؟



$d = 2.25 \times 10^{-5}$ $\quad m = 1$ $\quad x_1 = 2.00 \times 10^{-2} m$

$L = ?$ $\quad \lambda = 596 \times 10^{-9} m$

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

$$596 \times 10^{-9} = \frac{(2.00 \times 10^{-2})(2.25 \times 10^{-5})}{L}$$

$$L = 0.755\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

6. يضيء شعاع ليزر طول موجته 638 nm شقين ضيقين. تبعد الحزمة ذات الرتبة الثالثة للنمط الناتج عن الحزمة المركزية المضيئة بمقدار 7.5 cm. تبعد الشاشة عن الشقوق بمقدار 2.475 m. ما المسافة الفاصلة بين الشقين؟

A. 5.8×10^{-8} m

B. 6.3×10^{-7} m

C. 2.1×10^{-5} m

D. 6.3×10^{-5} m

$d = ?$ $\quad m = 3 \quad x_1 = 7.5 \times 10^{-2} m$

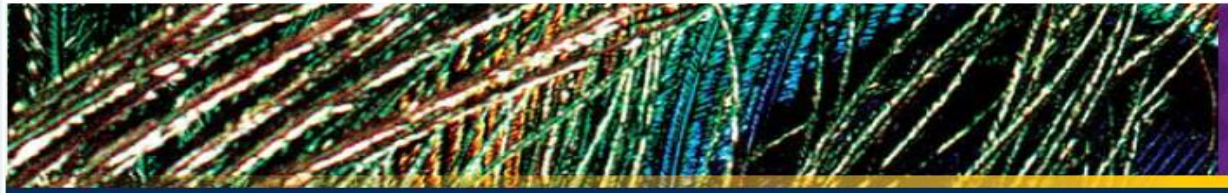
$L = 2.475\ m \quad \lambda = 638 \times 10^{-9} m$

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

$$3 \times 638 \times 10^{-9} = \frac{(7.5 \times 10^{-2})(d)}{2.475}$$

$$d = 6.3 \times 10^{-5}\ m$$

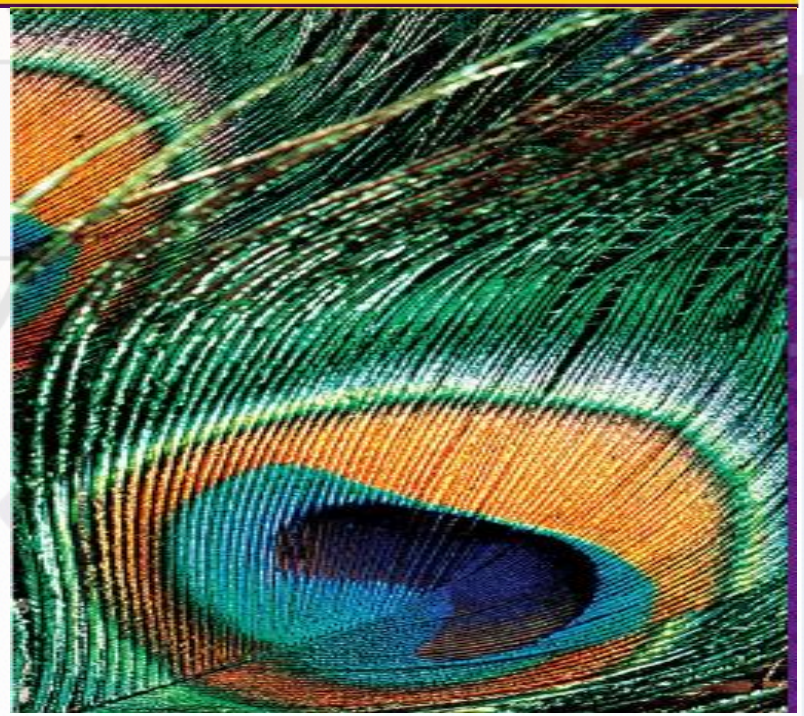
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



2- التداخل في الأغشية الرقيقة

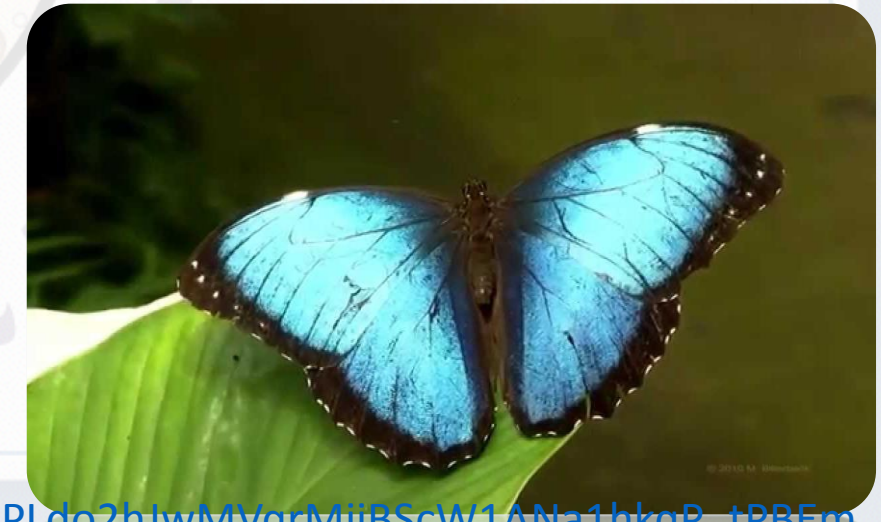
قناة قطوف فيزيائية

الأغشية الرقيقة

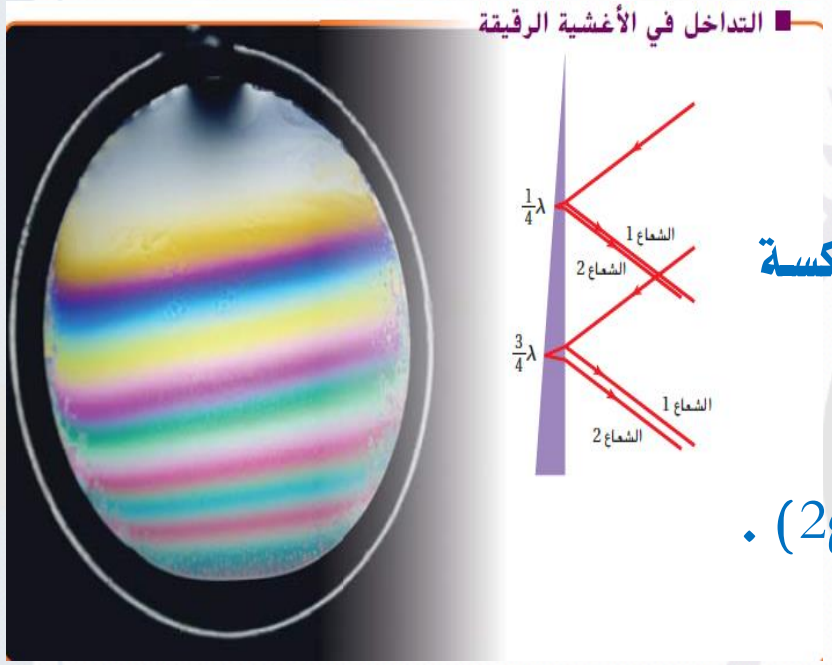
تظهر في (فقاعة الصابون – غشاء زيتي – جناحي فراشة المورفو)

نتيجة للتداخل البناء والهدام للموجات الضوئية

بسبب انعكاسها عن الغشاء الرقيقة
(التداخل في الأغشية الرقيقة)



https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



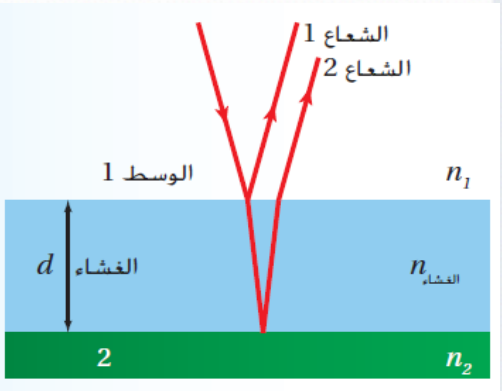
- عند حمل غشاء الصابون رأسيا ، فإن وزنه يجعله عند القاع أكبر سمكا من قمته ويتغير السمك تدريجيا من القمة إلى القاع.
- عند سقوط الموجة ينعكس جزء منها (شعاع 1) وينفذ جزء آخر ، ويكون للموجتين المنعكسة والنافذة تردد الموجة الأصلية نفسه.
- الموجة النافذة تنتقل خلال الغشاء إلى السطح الخلفي، حيث ينعكس منها مرة أخرى (شعاع2) .
- إن عملية تجزئة كل موجة ضوئية من المصدر غير المترابط إلى زوج متماثل من الموجات تعني أن الضوء المنعكس عن الغشاء الرقيق ضوء مترابط.

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

تعزيـــز اللـــون

- ويعني زيادة شدة إضاءة انعكاس ضوء أحادي اللون
- يجعل الانعكاس لضوء أحادي اللون معززا (شدة إضاءته أكبر) ويحدث عندما يكون للموجتين المنعكستين **الطور نفسه** بالنسبة لطول موجي محدد .
- يحدث تداخل هدام للضوء عند الأطوال الموجية الأخرى .
- **عند سقوط الموجة بين وسطين** : جزءًا منها ينعكس وجزء ينفذ.
- **الموجة المنعكسة :**
  - ✓ تنعكس وتنقلب : عندما تنتقل إلى وسط أكبر في معامل الإنكسار (سرعة الضوء أقل)
  - ✓ تنعكس **ولا** تنقلب : عندما تنتقل إلى وسط أقل في معامل الإنكسار (سرعة الضوء أقل)
- **الموجة النافذة :**
  - ✓ تنفذ كما هي بدون انقلاب

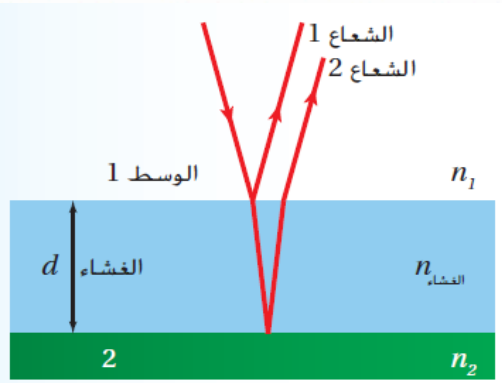
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



$n_1 < n_{\text{غشاء}} < n_2$

الشعاع 1: ينعكس وينقلب .

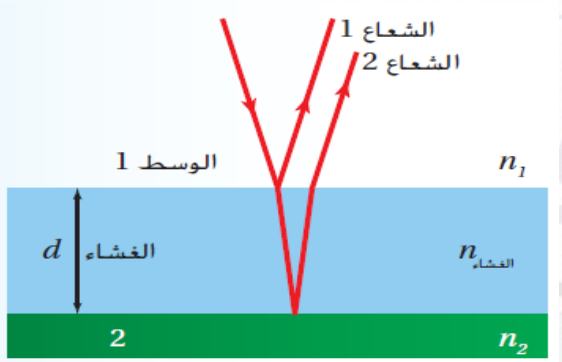
الشعاع 2: ينعكس و ينقلب



$n_1 < n_{\text{غشاء}} > n_2$

الشعاع 1: ينعكس وينقلب .

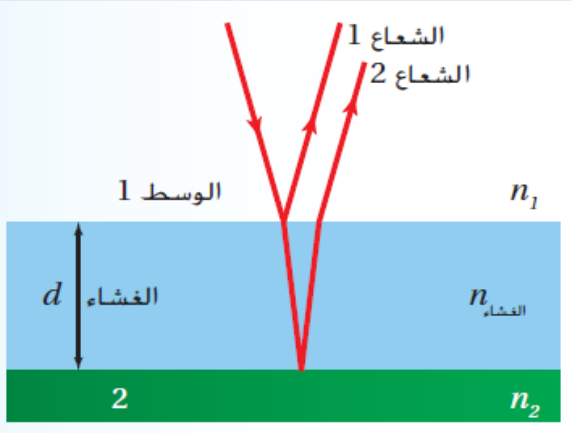
الشعاع 2: ينعكس ولا ينقلب .



$n_1 > n_{\text{غشاء}} < n_2$

الشعاع 1: ينعكس ولا ينقلب .

الشعاع 2: ينعكس و ينقلب .



$n_1 > n_{\text{غشاء}} > n_2$

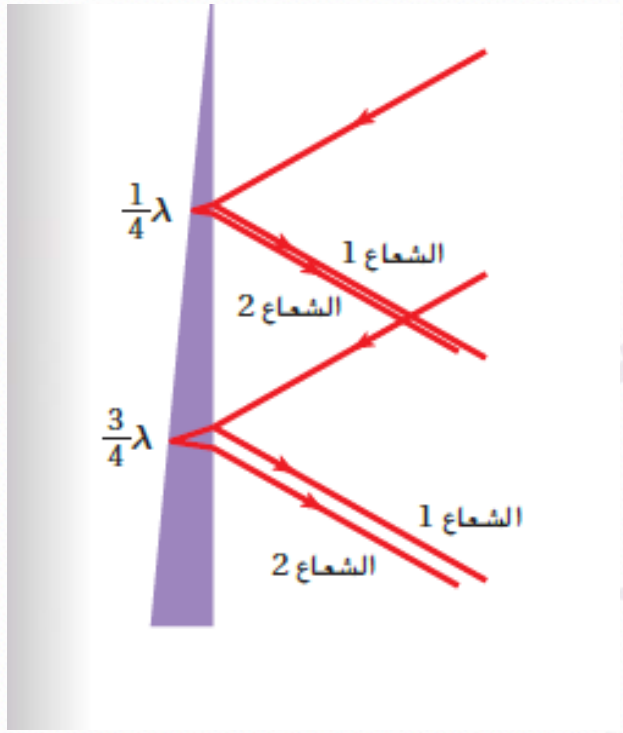
الشعاع 1: ينعكس ولا ينقلب .

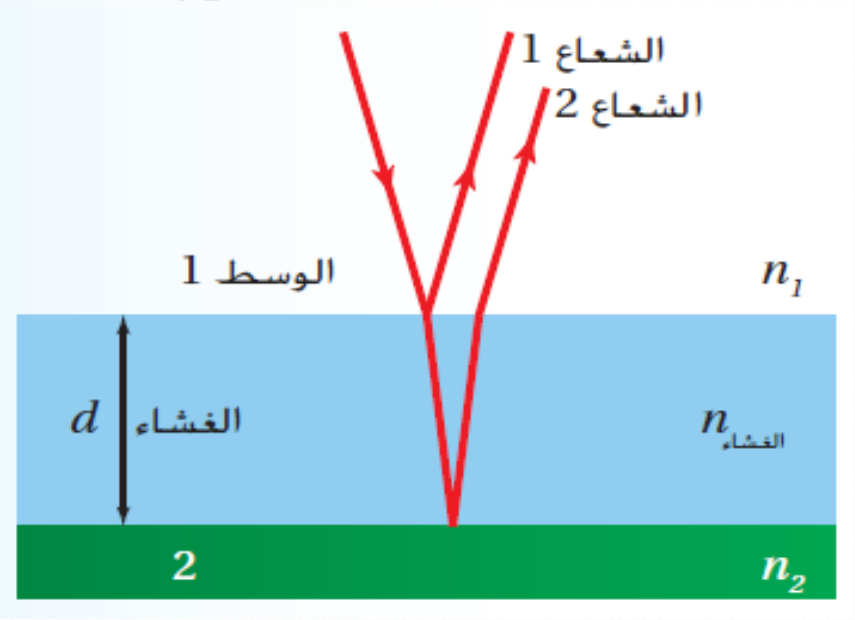
الشعاع 2: ينعكس ولا ينقلب .

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

- عندما يكون سمك غشاء الصابون مساويًا ربع الطول الموجي : $d = \frac{\lambda}{4}$
- طول المسار ذهابا وإيابا داخل الغشاء يساوي : $2d = \frac{\lambda}{2}$
- يحدث التداخل البناء عند : $\frac{\lambda}{4}$ و $\frac{3\lambda}{4}$ و $\frac{5\lambda}{4}$





$n_1 < n_{\text{غشاء}} > n_2$

$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$

الشعاع 1 : ينعكس وينقلب .

الشعاع 2 : ينعكس ولا ينقلب .

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

خطوات حل المسائل على الأغشية الرقيقة

1- ارسم رسماً تخطيطًا وحدد ماذا حدث لكل شعاع :

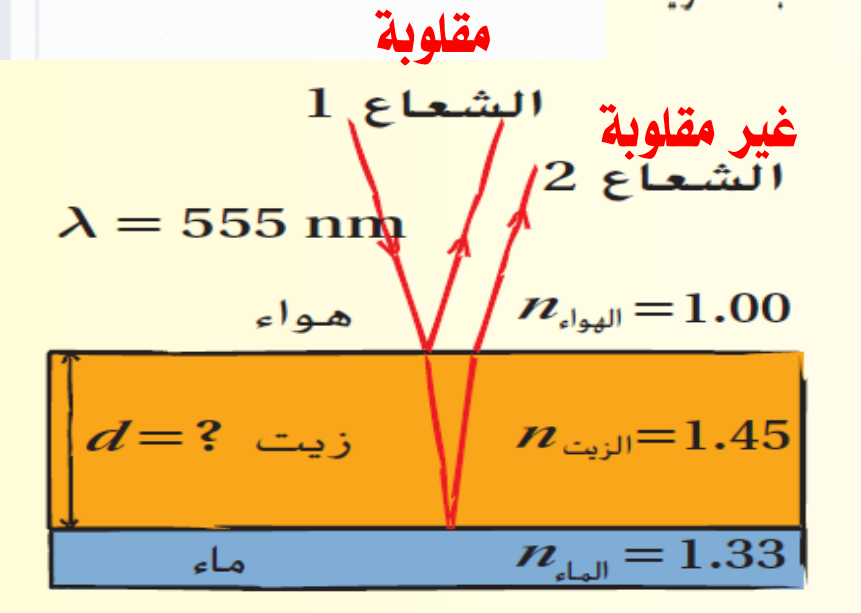
- إذا انعكس عن وسط له معامل انكسار أكبر تنقلب
- إذا انعكس عن وسط له معامل انكسار اقل لا تنقلب

2- حدد نوع التداخل :

- بناء : ظهور اللون - تعزيز اللون - زيادة سطوع اللون
- هدام : اختفاء اللون - منع انعكاس اللون - خط أسود

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

الزيت والماء لاحظتَ وجود حلقات ملونة على سطح بركة ماء واستنتجت أنه لا بدّ من وجود طبقة رقيقة من الزيت على سطح الماء. ونظرتَ مباشرة إلى الأسفل نحو البركة فرأيتَ منطقة صفراء مُخضرة (λ = 555 nm). إذا كان معامل انكسار الزيت 1.45، ومعامل انكسار الماء 1.33، فما أقل سُمك لطبقة الزيت يُسبب ظهور هذا اللون؟



تداخل بناء

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

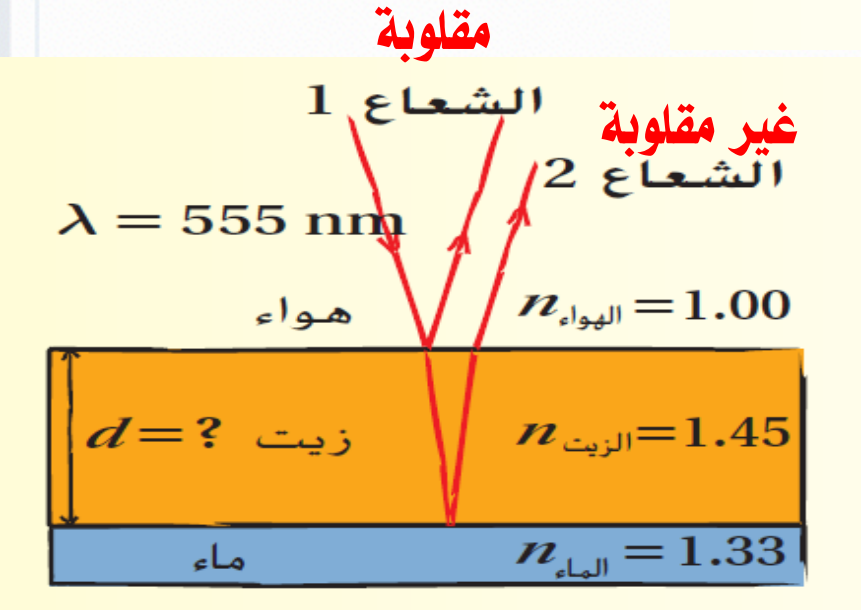
$$2d \times 1.45 = (0 + \frac{1}{2}) \times 555 \times 10^{-9}$$

$$d = 9.57 \times 10^{-8}\ m$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

5. في مثال المسألة 2، ما أقل سُمك للغشاء لتكوين حزمة ضوء منعكسة لونها أحمر ($\lambda = 635\ nm$)؟



تداخل بناء

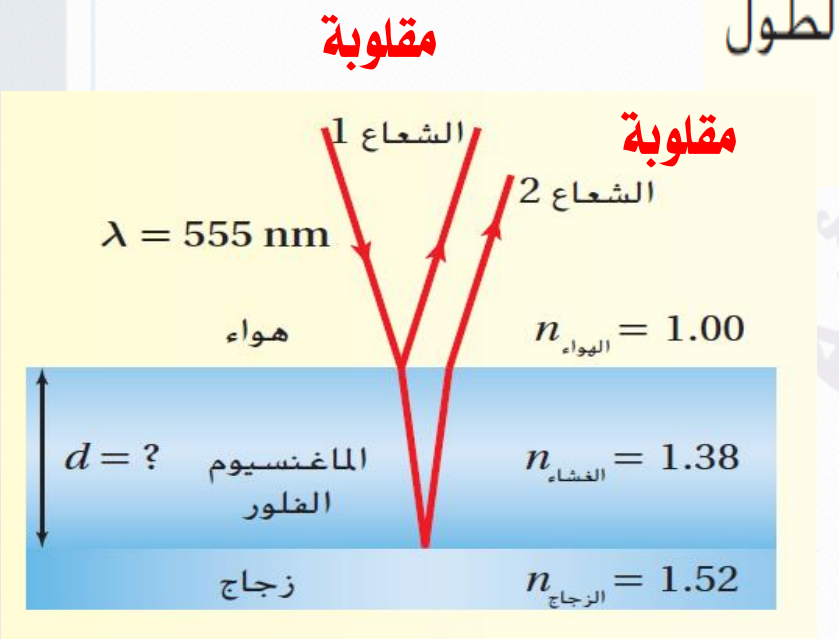
$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.45 = (0 + \frac{1}{2}) \times 635 \times 10^{-9}$$

$$d = 1.09 \times 10^{-7}\ m = 109\ nm$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $m = 1$ $d_{\text{أقل}}$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0$ $d_{\text{أقل}}$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

6. وُضع غشاء من فلوريد المغنيسيوم على عدسة زجاجية مطلية بطبقة غير عاكسة. ما السُمك اللازم للغشاء غير العاكس لمنع انعكاس الضوء الأخضر المُصفر ذي الطول الموجي 555 nm؟ انظر إلى الرسم الموجود في **الشكل 9**.



تداخل هدام

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

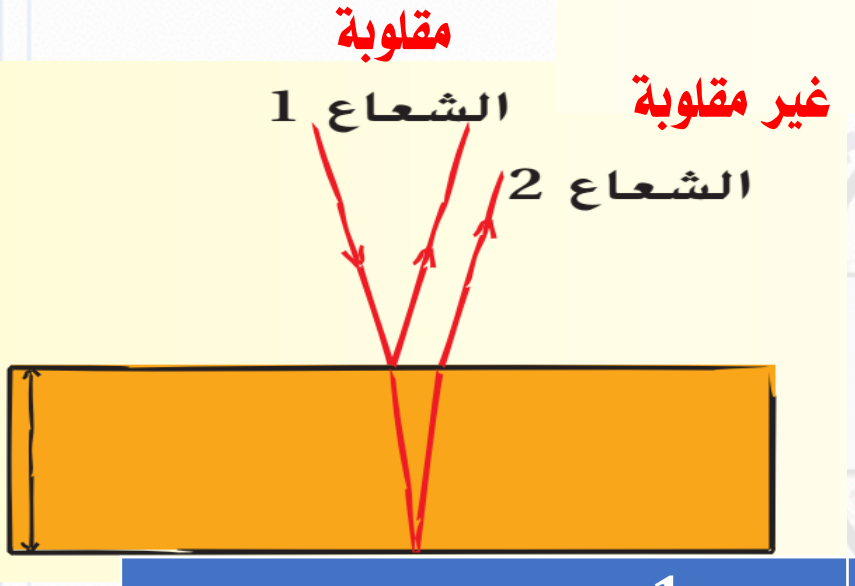
$$2d \times 1.38 = (0 + \frac{1}{2}) \times 555 \times 10^{-9}$$

$$d = 1.00 \times 10^{-7}\ m = 100\ nm$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

7. يمكنك ملاحظة التداخل في الأغشية الرقيقة عند غمس عصا فقاعة في محلول فقاعات ثم رفع العصا في الهواء. ما أقل سُمك لغشاء الصابون يمكن أن ترى عليه خيطًا أسود إذا كان الطول الموجي للضوء الساقط على الغشاء 521 nm؟ استخدم $n = 1.33$ لمحلول الفقاعات.



تداخل هدام

$$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$$

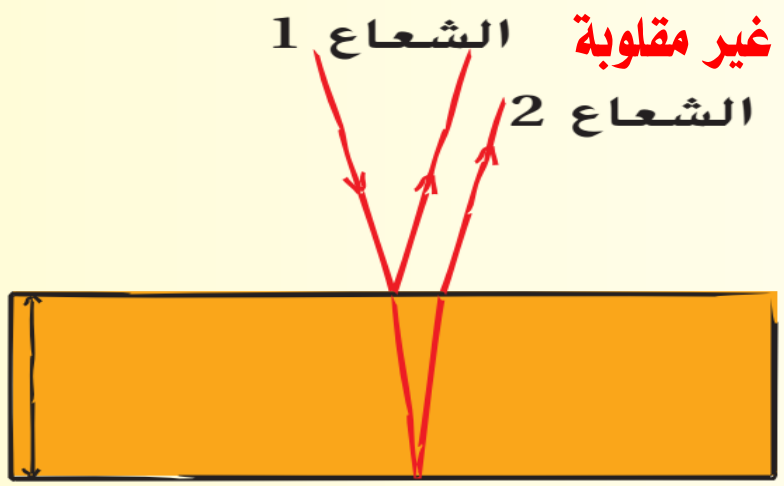
$$2d \times 1.33 = 1 \times 521 \times 10^{-9}$$

$$d = 1.96 \times 10^{-7}\ m = 196\ \text{nm}$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $m = 1$ $d_{\text{أقل}}$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0$ $d_{\text{أقل}}$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

8. ما أقل سُمك لغشاء الصابون الذي معامل انكساره $(n = 1.33)$ ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلًا بنّاءً مع نفسه؟



تداخل بناء

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.33 = (0 + \frac{1}{2}) \times 521 \times 10^{-9}$$

$$d = 9.79 \times 10^{-8}\ m = 97.9\ nm$$

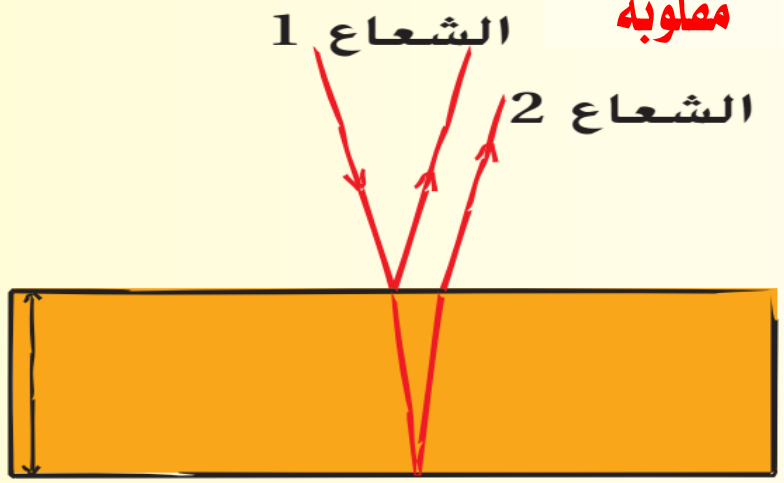
نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

9. **مسألة تحفيزية** خلية شمسية من السليكون مطلية بطبقة غير عاكسة. إذا وُضع غشاء من أول أكسيد السليكون معامل انكساره $n = 1.45$ على السليكون الذي معامل انكساره $n = 5.3$، فما السُمك اللازم لهذه الطبقة لمنع انعكاس ضوء أخضر مُصفر طوله الموجي $(\lambda = 555\ nm)$؟

مقلوبة

مقلوبة



تداخل هدام

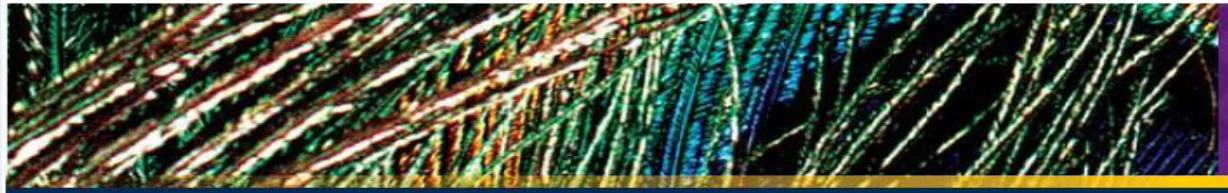
$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.45 = (0 + \frac{1}{2}) \times 555 \times 10^{-9}$$

$$d = 9.57 \times 10^{-8}\ m = 95.7\ nm$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $m = 1$ أقل d	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0$ أقل d
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

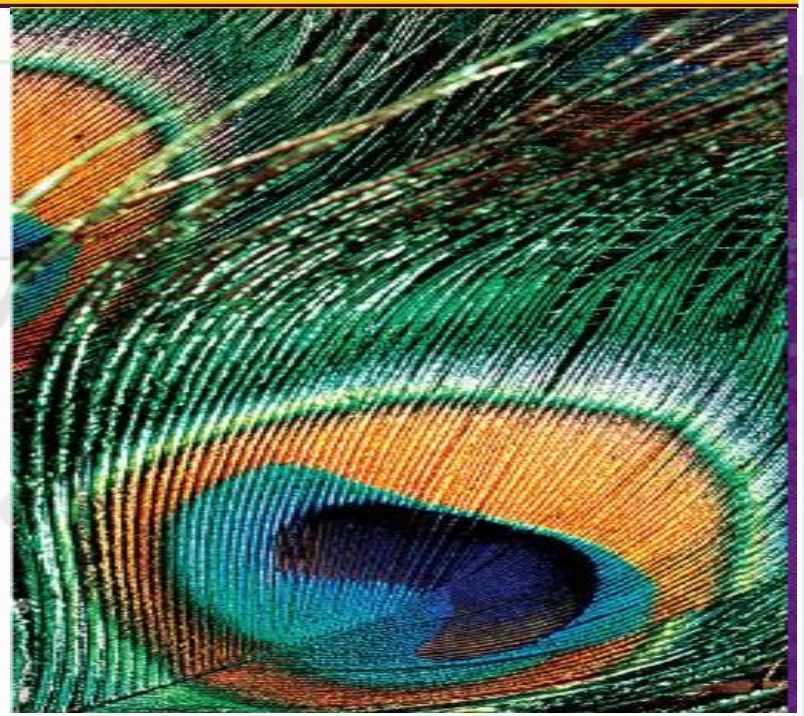
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



3- حيود الشق الأحادي

قناة قطوف فيزيائية

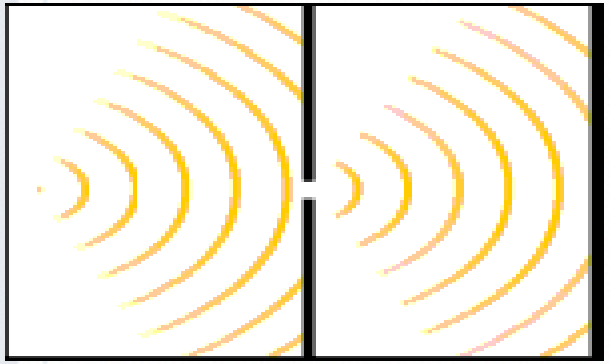
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

الحيود

انحناء مقدمات الموجات الضوئية حول حواف فتحة في حاجز أثناء نفاذها من خلال الفتحة

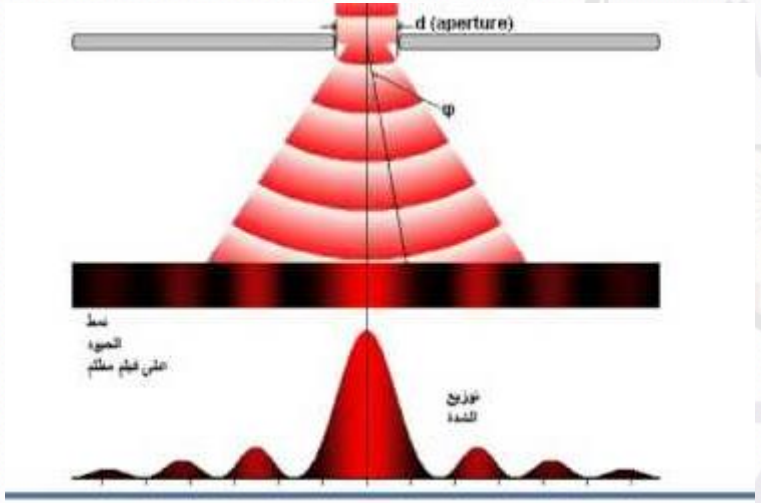
مبدأ هويجنز

مقدمة الموجة تتكون من مويجات كثيرة تُمثل مصادر نقطية

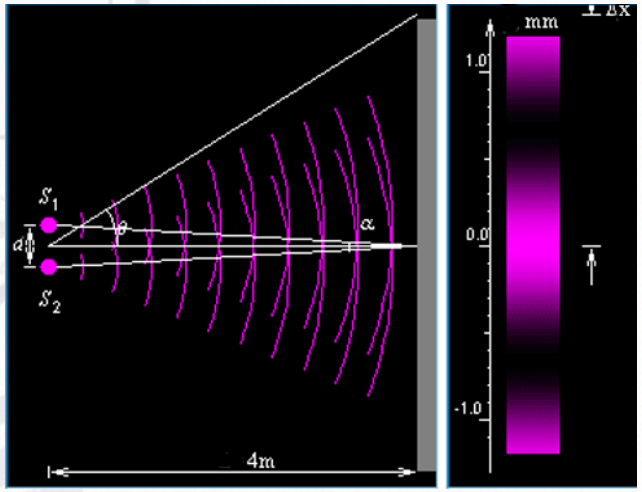


عندما يمر الضوء عبر شق ضيق ينتج نمط عن التداخل البناء والهدام لمويجات هيجنز يسمى **نمط الحيود**

ما الفرق بين نموذج التداخل في تجربة الشقين ليونج وتجربة الشق المفرد ؟



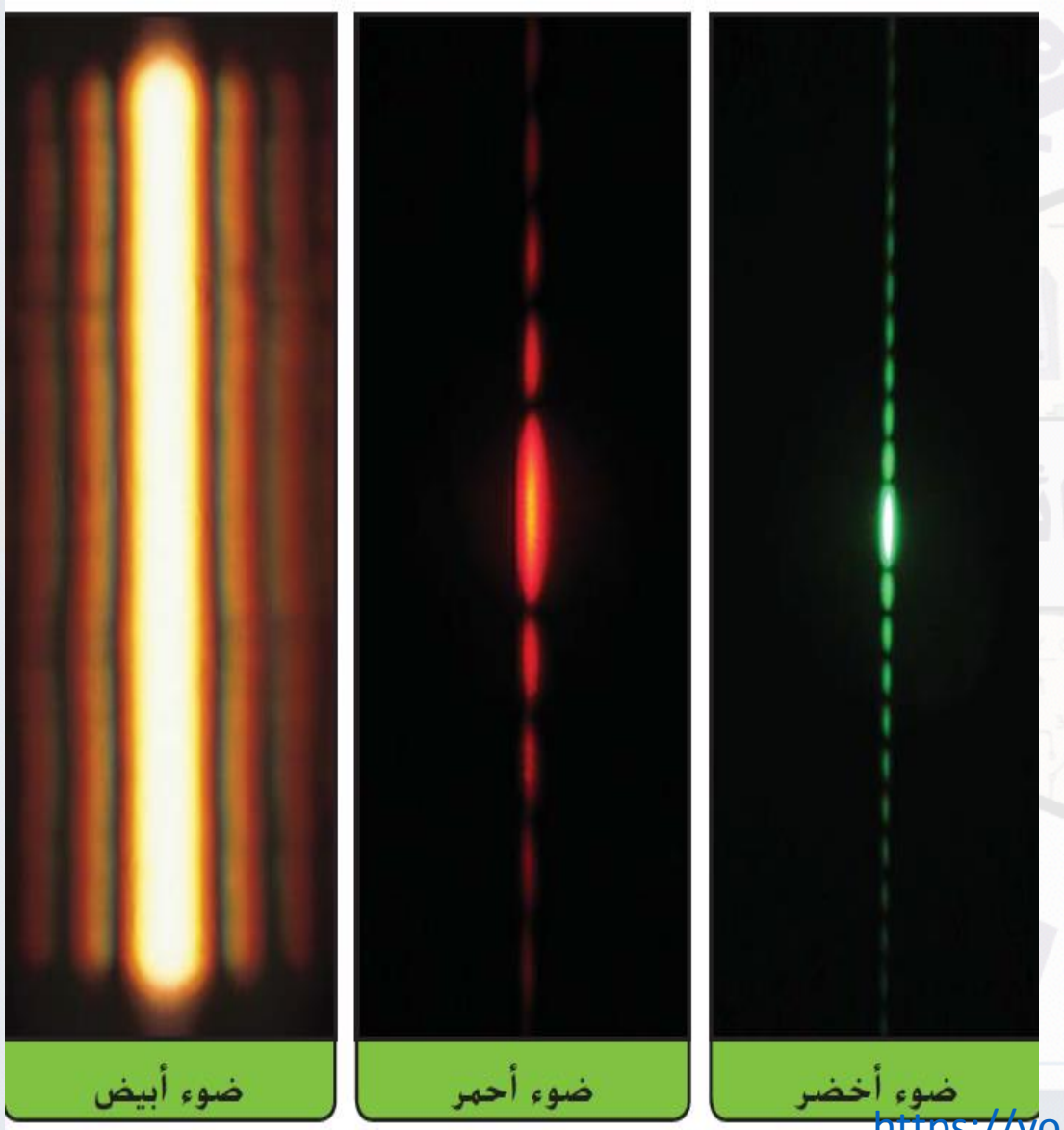
الحزمة المركزية أعرض و أكثر إضاءة



حزم مضيئة تفصلها مسافات متساوية لها نفس العرض تقريباً

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

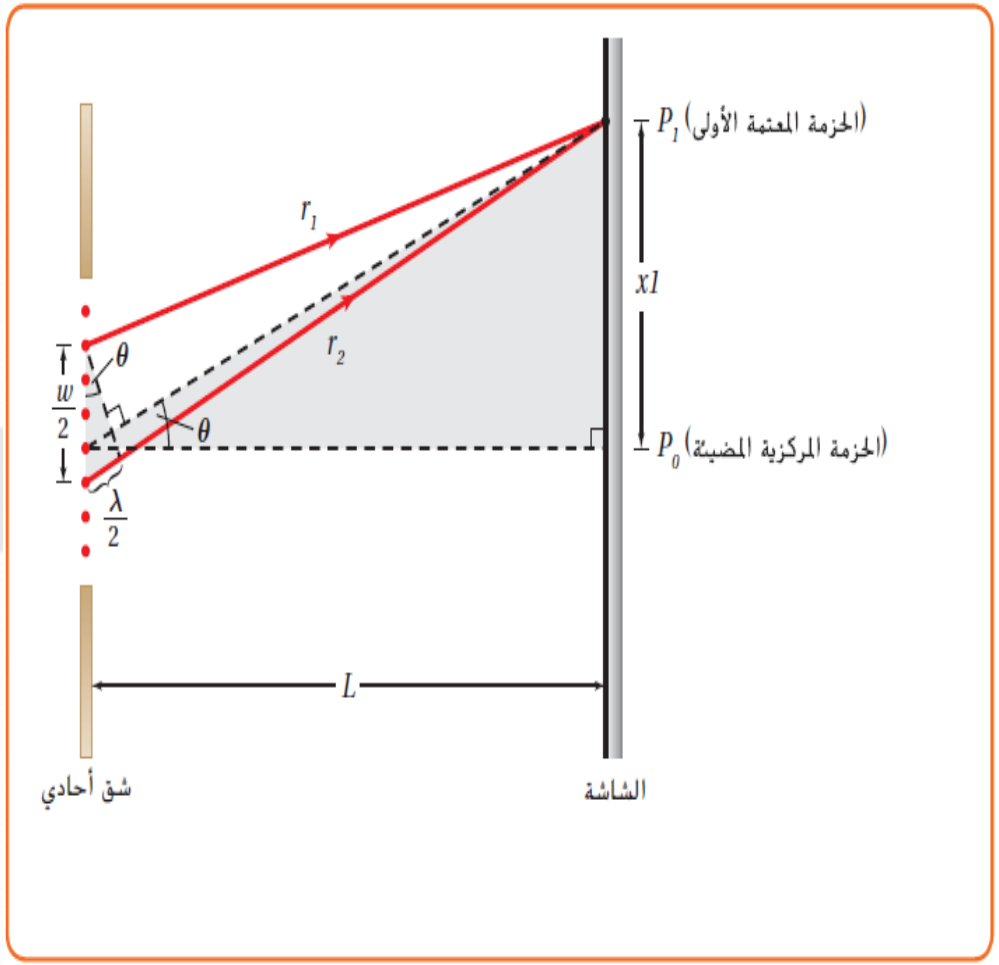
حيود الشق الأحادي



- عند مرور الضوء المترابط خلال شق صغير بالنسبة للطول الموجي للضوء فإن الضوء يحيد عن كلتا الحافتين
- وتتكون سلسلة من الأهداب المضيئة والمعتمة على شاشة بعيدة .
- يتكون النمط من هدب مركزي مضيء عريض مع أهداب أقل سمكاً وأقل إضاءة على كلا الجانبين .
- يزداد عرض الحزمة المركزية بزيادة الطول الموجي للضوء
- عرض الحزمة المركزية للضوء الأحمر أكبر من عرض الحزمة المركزية للضوء الأخضر لأن الطول الموجي للضوء الأحمر أكبر
- عند استخدام الضوء الأبيض يتكون نمط مكون من ألوان مختلفة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

حيود الشق الأحادي



- تتكون عند مركز الشاشة حزمة مركزية مضيئة
- تظهر الحزمة المظلمة الأولى عند الموضع P_1 لأن فرق المسار بين الموجتين عند هذه النقطة يساوي $0.5\ \lambda$

$$\frac{1}{2}\lambda = \frac{x_1 d}{L} \quad : \quad d = \frac{w}{2}$$

$$\frac{1}{2}\lambda = \frac{x_1 w}{2L}$$

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

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

x_1 بعد الحزمة المظلمة الأولى عن مركز الشاشة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

x_m بعد الحزمة عن مركز الشاشة

$$x_m = \frac{m\,\lambda\,L}{w}$$

$2x_1$ عرض الحزمة المركزية

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

λ : الطول الموجي للضوء (m)

w : عرض الشق (m)

L : المسافة بين الشق والشاشة (m)

$m = 1,2,3$ (حزمة معتمة)

$m = \frac{1}{2}\ ,\ 1\frac{1}{2}\ ,\ 2\frac{1}{2}$ (حزمة مضيئة)

يزداد عرض الحزمة المركزية :

- استخدام طول موجي أكبر
- إبعاد الشاشة
- إنقاص عرض الشق

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

16. يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق أحادي عرضه 0.095 mm. ويبعُد الشق مسافة 75 cm عن الشاشة. فكم يبلغ عرض الحزمة المركزية المضيئة؟

$$w = 9.5 \times 10^{-5}$$

$$L = 0.75\ m$$

$$\lambda = 546 \times 10^{-9} m$$

$$2x_1 = ?$$

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

$$2x_1 = \frac{2(546 \times 10^{-9})(0.75)}{9.5 \times 10^{-5}}$$

$$2x_1 = 8.62 \times 10^{-3}\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

17. مرّ ضوء أصفر طوله الموجي 589 nm عبر شق عرضه 0.110 mm فنتج نمط على الشاشة. إذا كان عرض الحزمة المركزية المضيئة 2.60×10^{-2} m، فما بُعد الشقوق عن الشاشة؟

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

$$\lambda = 589 \times 10^{-9} m$$

$$w = 0.110 \times 10^{-3}\ m$$

$$2x_1 = 2.60 \times 10^{-2}\ m$$

$$L = ?$$

$$2.60 \times 10^{-2} = \frac{2(589 \times 10^{-9})(L)}{0.110 \times 10^{-3}}$$

$$L = 2.43\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

18. سقط ضوء من ليزر هيليوم - نيون (λ = 632.8 nm) على شق عرضه مجهول، وتكوّن نمط على شاشة تبعُد 1.15 m، وكان عرض الحزمة المركزية عليها 15.0 mm. فكم عرض الشق؟

$$\lambda = 632.8 \times 10^{-9} m$$

$$L = 1.15$$

$$2x_1 = 15.0 \times 10^{-3}\ m$$

$$w = ?$$

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

$$15.0 \times 10^{-3} = \frac{2(632.8 \times 10^{-9})(1.15)}{w}$$

$$w = 9.70 \times 10^{-5} m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

19. سقط ضوء أصفر على شق أحادي عرضه 0.0295 mm. وكان عرض الحزمة المركزية المضيئة 24.0 mm على شاشة تبعُد 60.0 cm. فما الطول الموجي للضوء؟

$w = 2.95 \times 10^{-5} m$

$2x_1 = 24.0 \times 10^{-3}\ m$

$L = 0.60\ m$

$\lambda = ?$

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

$$24.0 \times 10^{-3} = \frac{2(\lambda)(0.60)}{2.95 \times 10^{-5}}$$

$$\lambda = 5.9 \times 10^{-7} m$$

قطوف فيزيائية

20. مسألة تحفيزية سقط ضوء أبيض على شق أحادي عرضه 0.050 mm. ووُضعت شاشة على بُعد 1.00 m. ووَضع طالب مرشحًا أزرق بنفسجيًا (λ = 441 nm) على الشق أولًا، ثم وضع مرشحًا أحمر (λ = 622 nm). ثم قاس الطالب عرض الحزمة المركزية المضيئة.

a. أي من المرشّحَين نتجت عنه حزمة أكثر عرضًا؟ **المرشح الأحمر لأن له طول موجي أكبر**

b. احسب عرض الحزمة المركزية المضيئة لكل من المرشّحَين.

$$w = 0.050 \times 10^{-3} m$$

$$2x_1 = 24.0 \times 10^{-3}\ m$$

$$L = 1.00 m$$

$$\lambda_{\text{أحمر}} = 622 \times 10^{-9} m \qquad \lambda_{\text{بنفسجي}} = 441 \times 10^{-9} m$$

$$2x_{1\,\text{أحمر}} = \frac{2\lambda L}{w} = \frac{2(622 \times 10^{-9})(1.00)}{0.050 \times 10^{-3}} = 0.025\ m$$

$$2x_{\text{بنفسجي}} = \frac{2\lambda L}{w} = \frac{2(441 \times 10^{-9})(1.00)}{0.050 \times 10^{-3}} = 0.018\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

49. يمرّ ضوء طوله الموجي 455 nm خلال شق أحادي ويسقط على شاشة تبعُد 100 cm. إذا كان عرض الشق 0.015 cm، فما المسافة بين مركز النمط والحزمة المعتمة الأولى؟

$w = 0.015 \times 10^{-3} m$

$L = 1.00\ m$

$\lambda = 455 \times 10^{-9} m$

$m = 1$

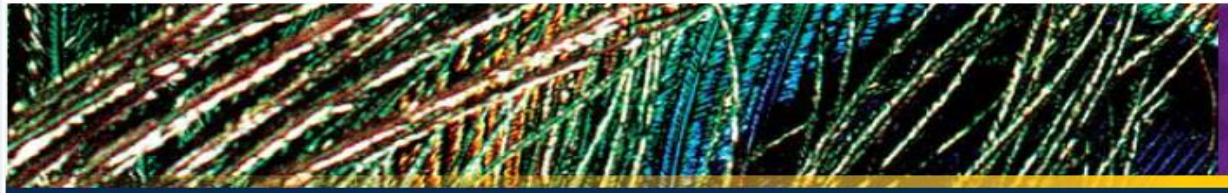
$2x_1 = ?$

$$x_m = \frac{m\lambda L}{w}$$

$$x_1 = \frac{1 \times (455 \times 10^{-9})(1.00)}{0.015 \times 10^{-3}}$$

$$x_1 = 0.030\ m = 3.0\ cm$$

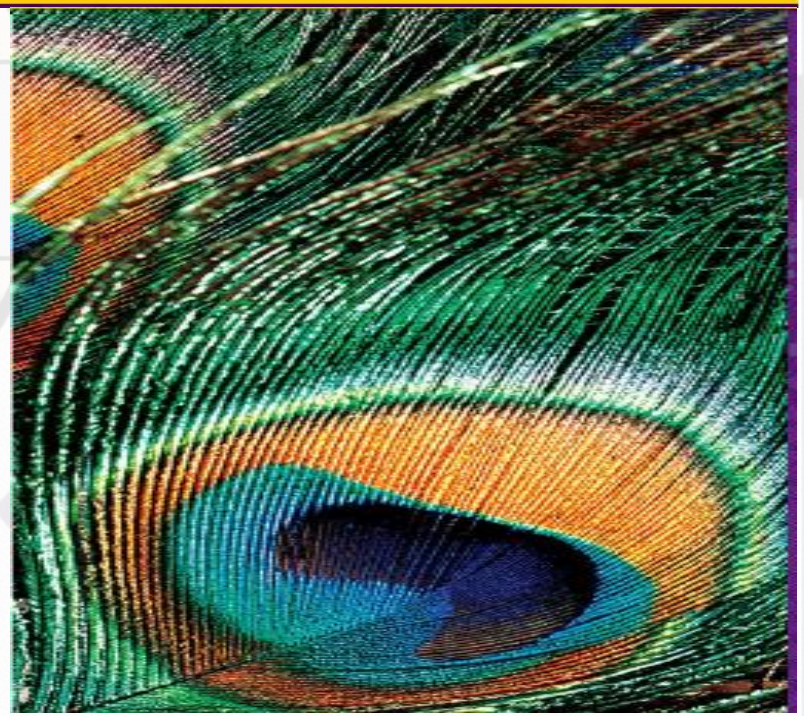
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



4- محزوز الحيود

قناة قطوف فيزيائية

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

محزوز الحيود

- أداة مكونة من شقوق كثيرة صغيرة تُسبب حيود الضوء .
- يتكون نمط تداخل يشبه التداخل الناتج عن الشق المزدوج ولكن تكون الحزمة أكثر إضاءة وأقل عرضًا
- يمكن أن يتكون محزوز الحيود من 10000 شق لكل سنتيمتر
- يتم حساب المسافة بين كل شقين متجاورين من العلاقة : $d = \frac{1}{N} = \frac{1}{10000} = 10^{-4}cm = 10^{-6}m$

- يمكن استخدام محزوز الحيود مع الألماس لتشتت الضوء ويبدو براقًا أكثر.

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

أنواع محزوزات الحيود

محزوز النفاذ

يصنع هذا المحزوز بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء في صورة خطوط رفيعة جدًا باستخدام رأس من الألماس، حيث تعمل الفراغات بين خطوط الخدوش كالشقوق

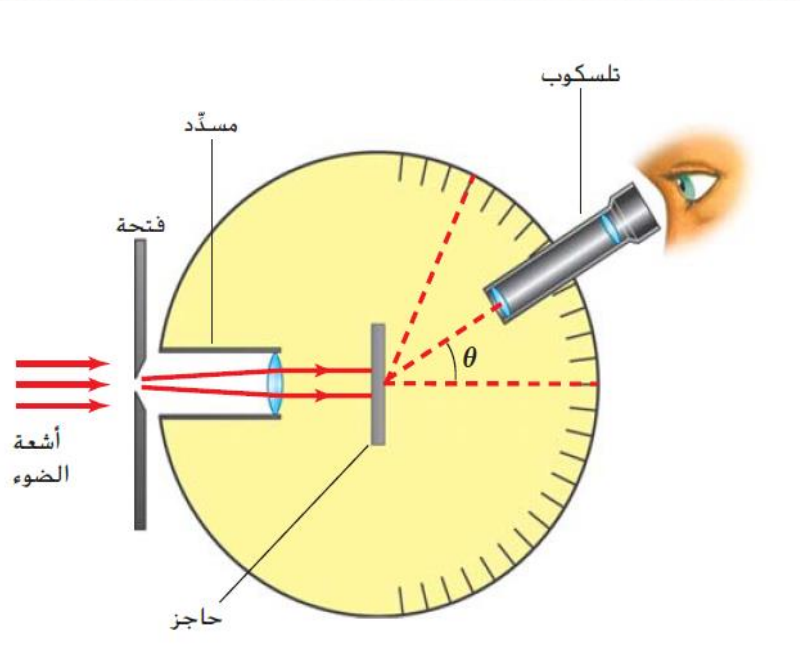
محزوز طبق الأصل "الغشائي"

ضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي وعندما تسحب صفيحة البلاستيك الرقيقة خارج المحزوز يتكون أثر على سطحها مماثل للمحزوز الزجاجي.

محزوز الإنعكاس

يصنع هذا النوع بواسطة حفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس.

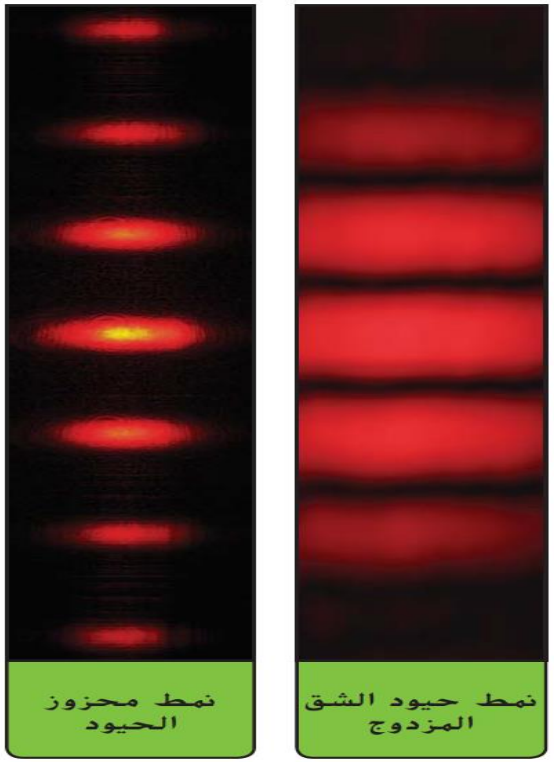
المنظار الطيفي



- يُستخدم لقياس الطول الموجي للضوء بدقة
- يتم توجيه الضوء نحو شق ومنه إلى عدسة مجمعة ثم إلى محزوز حيود فينتج المحزوز نمط حيود يُمكن مشاهدته بالتلسكوب
- يكون نمط الحيود الناتج عبارة عن خطوط مضيئة ضيقة تفصلها مسافات متساوية
- كلما زاد عدد الشقوق لكل وحدة طول في المحزوز كانت الخطوط أضيق في نمط الحيود وزادت دقة القياس

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

➢ في محزوز الحيود يمكن قياس المسافة بين الخطوط المضيئة بدقة اكبر من نمط الشق المزدوج



➢ في تجربة الشق المزدوج :

عند الزوايا الصغيرة : $\sin\theta = \tan\theta$

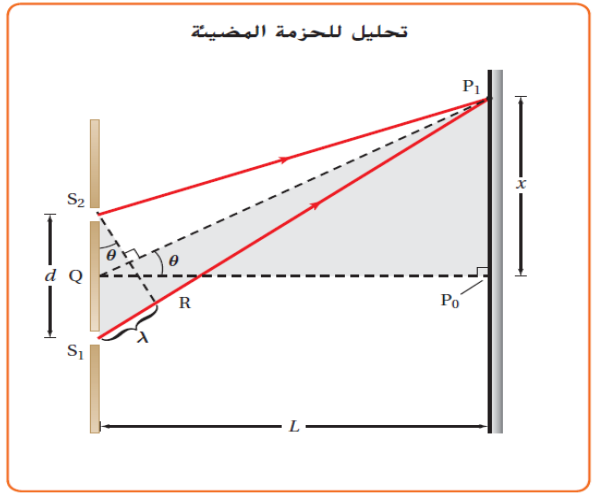
$$\frac{m\lambda}{d} = \frac{x}{L}$$

➢ في محزوز الحيود :

عند الزوايا الكبيرة : $\sin\theta \neq \tan\theta$

لذا نستخدم القانونين: $d\sin\theta = m\lambda$

$$\tan\theta = \frac{x}{L}$$



λ : الطول الموجي للضوء (m)

$m = 1,2,3$ (حزمة مضيئة)

x : بعد الحزمة عن المركز (m)

d : المسافة الفاصلة بين الشقوق في المحزوز (m) $\quad d = \frac{1}{N}$

L : المسافة بين الشقين والشاشة (m)

مثال 3

استخدام قرص DVD بوصفه محزوز حيود لاحظت طالبة طيفًا رائعًا منعكسًا عن قرص DVD، حيث وجّهت شعاعًا من مؤشر الليزر الأخضر الخاص بمعلمتها نحو قرص الـ DVD فوجدت ثلاث بقع مضيئة قد انعكست على الجدار. وظهر على المؤشر أنّ الطول الموجي 532 nm. ووجدت الطالبة أنّ الفراغات بين هذه البقع كانت 1.29 m على الجدار الذي يبعُد مسافة 1.25 m عن القرص. فما المسافة بين الفراغات على قرص الـ DVD؟

$$\lambda = 532 \times 10^{-9} m$$

$$x = 1.29\ m$$

$$L = 1.25\ m$$

$$d = ?$$

$$\tan\theta = \frac{x}{L} \qquad \tan\theta = \frac{1.29}{1.25}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1.29}{1.25}\right) = 45.9^0$$

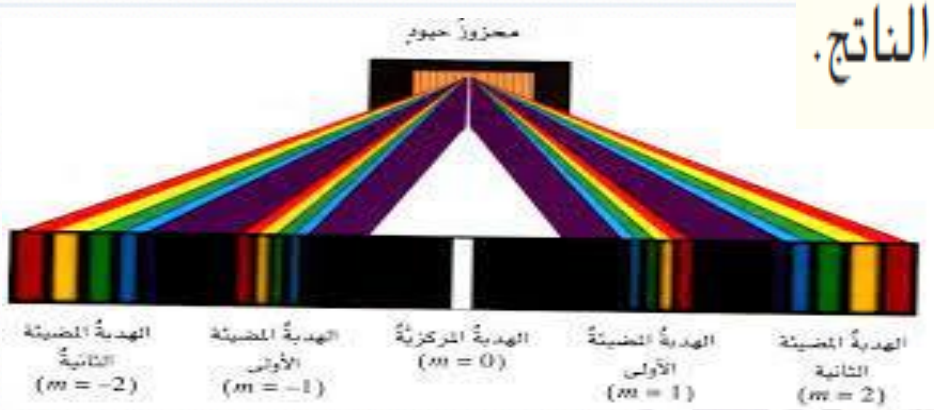
$$d \sin\ \theta = \lambda$$

$$d \sin\ 45.9 = 532 \times 10^{-9}$$

$$d = 7.41 \times 10^{-7} m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

21. يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على شاشة. صِف النمط الناتج.



تكون الحزمة المركزية بيضاء

والحزم المضيئة خطوط ملونة

28. **المسافة بين الخطوط** سلّطتَ ضوء ليزر أحمر إلى محزوز حيود فنتج نمط من النقاط الحمراء على شاشة. ثم استبدلتَ محزوز الحيود الأول بمحزوز حيود آخر، فنتج نمط مختلف. وكانت النقاط الناتجة عن المحزوز الأول أكثر انتشارًا من تلك الناتجة عن المحزوز الثاني. أي من المحزوزَين يحتوي على خطوط أكثر لكل ملليمتر؟

المحزوز الأول

كلما زاد عدد الخطوط لكل وحدة طول في المحزوز يقل المسافة الفاصلة بين الشقوق في المحزوز فيزداد التباعد بين الخطوط على الشاشة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

22. إذا سقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود، وكانت المسافة الفاصلة هي 0.55 m بين الخطوط الناتجة على شاشة تبعُد 1.05 m، فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في المحزوز؟

$\lambda = 434 \times 10^{-9} m$

$x = 0.55\ m$

$L = 1.05\ m$

$d = ?$

$$\tan\theta = \frac{x}{L} \qquad \tan\theta = \frac{0.55}{1.05}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.55}{1.05}\right) = 27.6^0$$

$$d \sin\ \theta = \lambda$$

$$d \sin\ 27.6 = 434 \times 10^{-9}$$

$$d = 9.37 \times 10^{-7} m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

23. يضاء محزوز حيود تفصل بين شقوقه مسافة 8.60×10^{-7} m بضوء بنفسجي طوله الموجي 421 nm.
إذا كانت الشاشة على بُعد 80.0 cm من المحزوز، فما مقدار المسافات الفاصلة بين الخطوط في نمط الحيود؟

$$d \sin \theta = \lambda$$

$$8.60 \times 10^{-7} \sin\theta = 421 \times 10^{-9}$$

$\lambda = 421 \times 10^{-9} m$

$d = 8.60 \times 10^{-7} m$

$L = 0.80\ m$

$x = ?$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{421 \times 10^{-9}}{8.60 \times 10^{-7}}\right) = 29.3^0$$

$$\tan\theta = \frac{x}{L} \qquad \tan 29.3 = \frac{x}{0.80}$$

$$x = 0.80 \tan(30.3) = 0.45\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

24. يسقط ضوء أزرق على قرص DVD في مثال المسألة 3. إذا كانت المسافات الفاصلة بين النقاط المتكوِّنة على جدار يبعُد 0.65 m تساوي 58.0 cm، فما مقدار الطول الموجي؟

$$d = 7.41 \times 10^{-7} m$$

$$L = 0.65\ m$$

$$x = 0.58\ \ m$$

$$d = 7.41 \times 10^{-7} m$$

$$\lambda = ?$$

$$\tan\theta = \frac{x}{L} \qquad \tan\theta = \frac{0.58}{0.65}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.58}{0.65}\right) = 41.7^{\,0}$$

$$d \sin\ \theta = \lambda$$

$$7.41 \times 10^{-7} \sin\ 41.7 = \lambda$$

$$\lambda = 4.93 \times 10^{-7} m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

25. **تحفيز** يمرّ ضوء طوله الموجي 632 nm عبر محزوز حيود ويكوِّن نمطًا على شاشة تبعُد مسافة 0.55 m عن المحزوز. إذا كانت الحزمة المضيئة الأولى على بُعد 5.6 cm من الحزمة المركزية المضيئة، فما عدد الشقوق لكل سنتيمتر في المحزوز؟

$\lambda = 632 \times 10^{-9} m$

$x = 0.056\ m$

$L = 0.55\ m$

$N = ?$

$$\tan\theta = \frac{x}{L} \qquad \tan\theta = \frac{0.056}{0.55}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.056}{0.55}\right) = 5.81^0$$

$$d \sin\ \theta = \lambda$$

$$d \sin\ 5.81 = 632 \times 10^{-9}$$

$$d = 6.24 \times 10^{-6} m\ = 6.24 \times 10^{-4}\ cm$$

$$d = \frac{1}{N} \qquad N = \frac{1}{d} = \frac{1}{6.24 \times 10^{-4}} = 1.63 \times 10^3\ \text{شق}/cm$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

53. المنظار الطيفي يُستخدم في منظار طيفي محزوز حيود يحوي 12,000 خط لكل cm. أوجد الزاويتين اللتَين توجد عندهما الخطوط المضيئة ذات الرتبة الأولى لكل من الضوء الأحمر الذي طوله الموجي (632 nm) والضوء الأزرق الذي طوله الموجي (421 nm).

$N = 12000$ شق$/cm$

$\lambda_{red} = 632 \times 10^{-9} m$

$\lambda_{blue} = 421 \times 10^{-9} m$

$m = 1$

$\theta = ?$

$$d = \frac{1}{N} = \frac{1}{12000} = 8.33 \times 10^{-5}\ cm$$

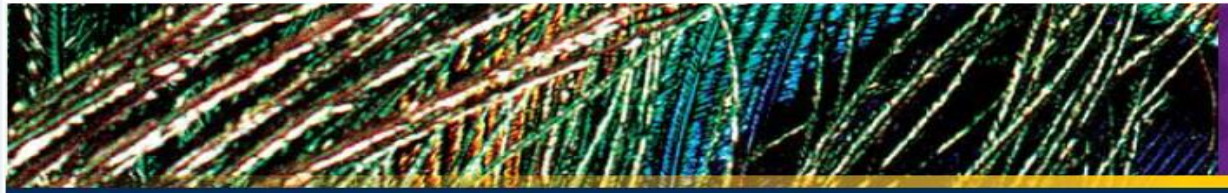
$$d = 8.33 \times 10^{-7}\ m$$

$$d \sin\ \theta = m\lambda$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{m\lambda}{d}\right)$$

$$\theta_{red} = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 632 \times 10^{-9}}{8.33 \times 10^{-7}}\right) = 49.4^0 \qquad \theta_{blue} = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 421 \times 10^{-9}}{8.33 \times 10^{-7}}\right) = 30.4^0$$

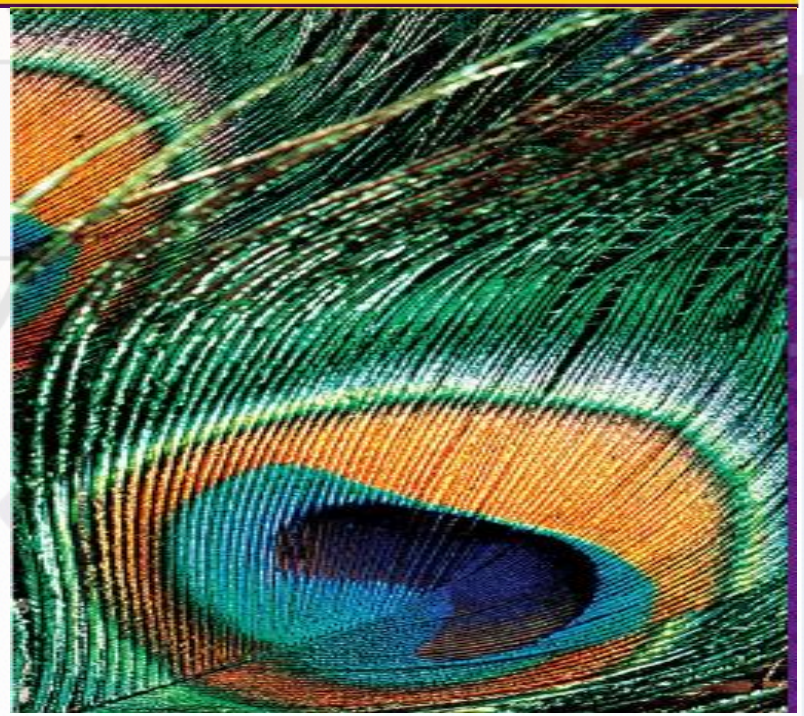
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



5- قدرة التحليل للعدسات

قناة قطوف فيزيائية

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

قدرة التحليل للعدسات

- تعمل العدسة المستديرة في التلسكوب والمجهر والعين مثل الشق الأحادي
- تنتج حلقات مضيئة ومعتمة عند مرور الضوء من خلالها
- نستخدم نفس معادلة الشق الأحادي ولكن :
  - ✓ نستبدل عرض الشق w بقطر الفتحة D
  - ✓ إضافة المعامل 1.22

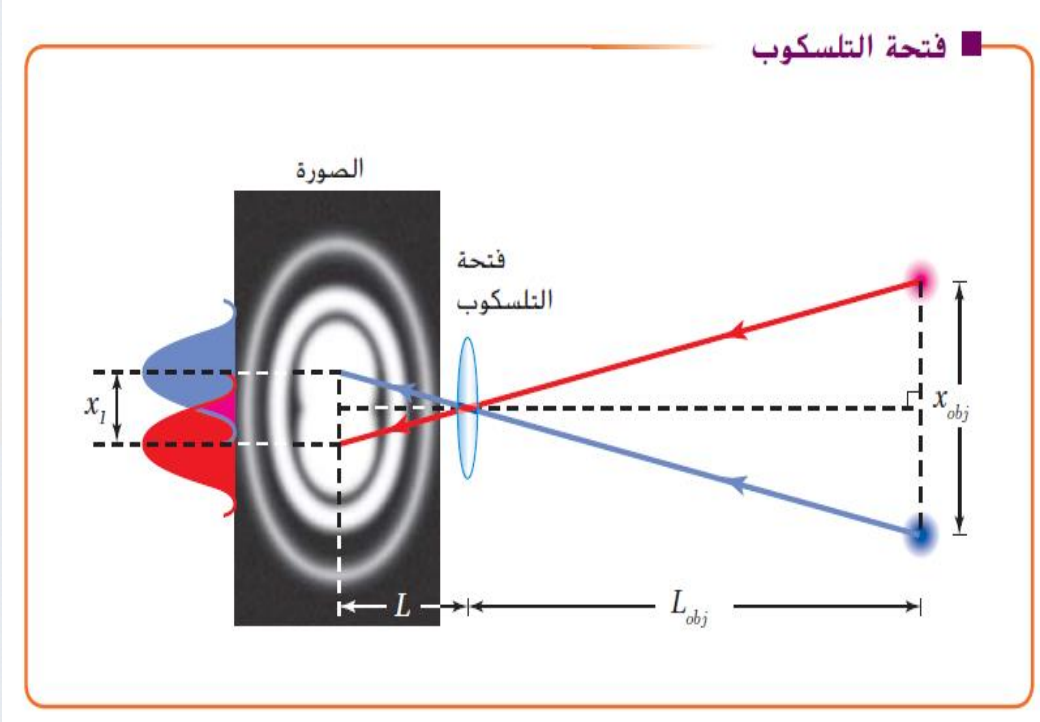
$$x_{obj} = \frac{1.22\ \lambda\ L}{D}$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

معيار ريليه

- المسافة الفاصلة بين جسمين عند حد التمييز تساوي 1.22 مضروبًا في الطول الموجي للضوء والمسافة من الفتحة المستديرة إلى الجسمين مقسومًا على قطر الفتحة

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



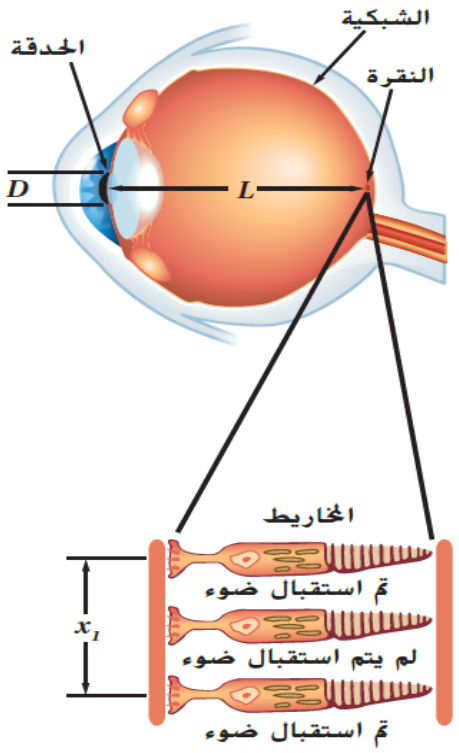
- إذا سقط مركز البقعة المضيئة لصورة احد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني فإن الصورتين تكونا عند حد التمييز ويكون المشاهد قادرًا على تحديد وجود نجمين بدلاً من نجم واحد

- إذا كان هناك نجمان قريبان جدًا فإن صورتيهما تتداخلان معًا

- معيار ريليه : لتحديد ما إذا كان هناك نجم أو نجمان في الصورة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

الحيود في العين



الشكل 21 تُعدّ حدقة العين فتحة تسبب حيود الضوء.

- عندما يكون الضوء ساطعًا يكون قطر بؤبؤ العين (3 mm) تقريبًا .
- العين البشرية أكثر حساسية للون الأصفر –الأخضر (λ=550 nm) .
- المسافة بين البؤبؤ والشبكية (2 cm) تقريبًا .
- بتطبيق معيار ريليه على العين :

$$x_{obj} = \frac{1.22\ \lambda\ L}{D} = \frac{1.22 \times 550 \times 10^{-9} \times 0.02}{0.003} = 4.5 \times 10^{-6}\ m$$

- لذا من الصعب التمييز بين مصدرين نقطيين عندما تفصل بينهما مسافة مقدارها (4 μm) على شبكية العين .
- في التلسكوب كلما زاد قطر العدسة او المرآة تزداد قدرته على التمييز .

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

27. **معيار ريليه** يُعدّ نجم الشِّعرى اليمانية (سيريوس) النجم الأكثر سطوعًا في نصف الكرة الأرضية الشمالي في فصل الشتاء. وهذا النجم، في الحقيقة، نظام مكوَّن من نجمين يدور كل منهما حول الآخر. إذا وُجِّه تلسكوب هابل الفضائي (قطر فتحته 2.4 m) نحو هذا النظام الذي يبعُد 8.44 سنوات ضوئية عن الأرض، فما أقل مسافة فاصلة بين النجمين نحتاج إليها لنتمكن من التمييز بينهما باستخدام التلسكوب؟ افترض أنّ الطول الموجي للضوء المنبعث من النجمين يساوي 550 nm.

السنة الضوئية $= 9.46 \times 10^{15} m$

$D = 2.4\ m$

$L_{obj} = 8.44 \times 9.46 \times 10^{15} m$

$x_{obj} = ?$

$\lambda = 550 \times 10^{-9} m$

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

$$x_{obj} = \frac{1.22 \times 550 \times 10^{-9} \times 8.44 \times 9.46 \times 10^{15}}{2.4}$$

$$x_{obj} = 2.23 \times 10^{10}\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

50. الكاليدوسكوب أُزيلت المرايا من كاليدوسكوب. وكان قطر فتحة العين عند الطرف الخلفي 7.0 mm. إذا كان من الصعب تمييز بقعتين صغيرتين لونهما أرجواني يميل إلى الزرقة موجودتين على الجانب الآخر من الكاليدوسكوب وتفصل بينهما مسافة 40 μm، فما طول الكاليدوسكوب؟ استخدم الطول الموجي λ = 650 nm وافترض أنّ الدقة محدودة الحيود بواسطة فتحة العين.

$D = 7.0 \times 10^{-3}\ m$

$x_{obj} = 40 \times 10^{-6}\ m$

$\lambda = 650 \times 10^{-9} m$

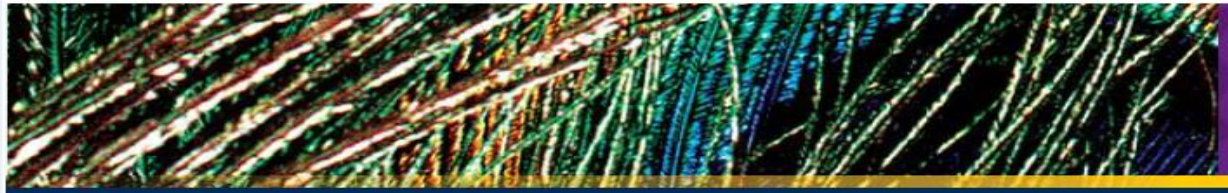
$L_{obj} = ?$

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

$$40 \times 10^{-6} = \frac{1.22\ \times 650 \times 10^{-9} \times L_{obj}}{7.0 \times 10^{-3}}$$

$$L_{obj} = 0.35\ m$$

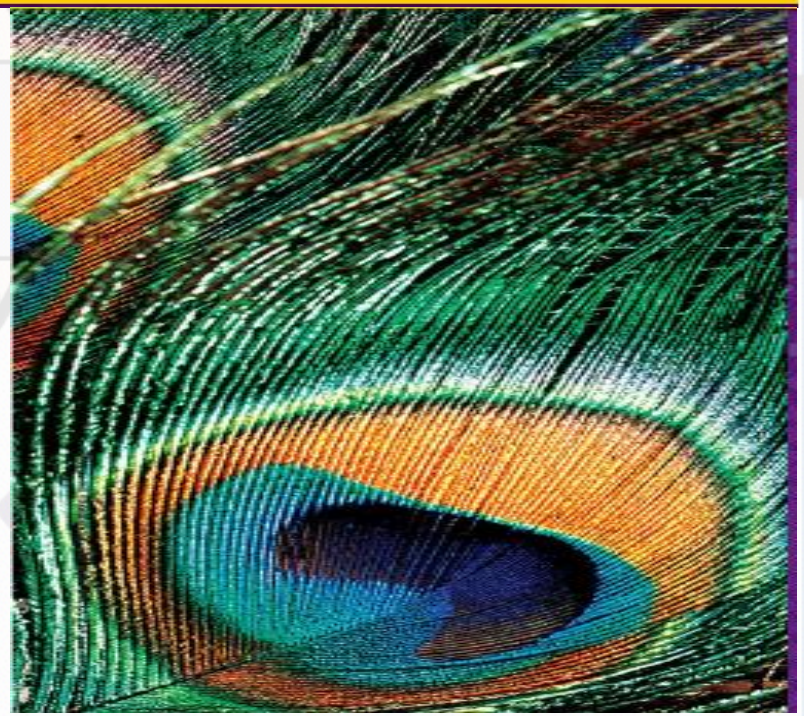
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.



6- تدريب على الإختبار المعياري

قناة قطوف فيزيائية

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

1. ما أفضل تفسير محتمل لسبب تغيّر ألوان الغشاء الرقيق، مثل فقاعة الصابون أو الزيت على الماء وتحركها كما ترى؟

A. لأنّ موجات الحمل الحراري في الهواء بجانب الغشاء الرقيق تشوه الضوء

B. لأنّ سُمك الغشاء في موقع معيّن يتغيّر مع مرور الزمن

C. لأنّ أطوال موجة ضوء الشمس تختلف مع مرور الزمن

D. لأنّ رؤيتك تختلف إلى حد ما مع مرور الزمن

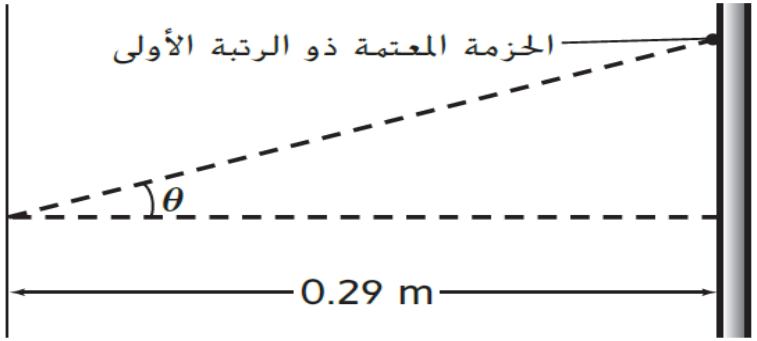
2. يظهر الضوء عند 410 nm من خلال شق ويسقط على شاشة مسطحة كما هو موضّح في الشكل التالي. يبلغ عرض الشق 3.8×10^{-6} m. ما عرض الحزمة المركزية المضيئة؟

A. 0.024 m

B. 0.031 m

C. 0.048 m

D. 0.063 m

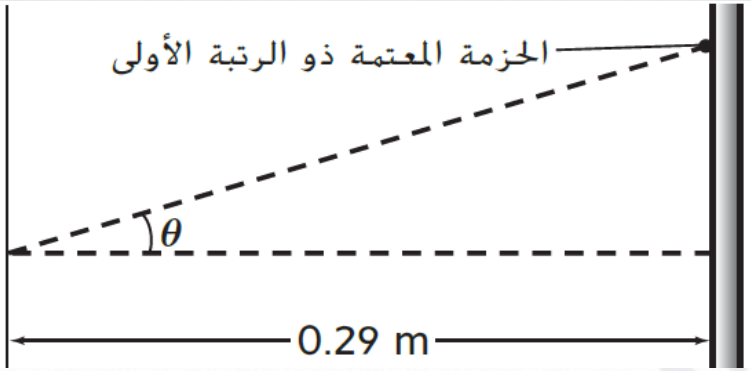


$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$2x_1 = \frac{2(410 \times 10^{-9})(0.29)}{3.8 \times 10^{-6}}$$

$$2x_1 = 0.063\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



3. في ما يتعلق بالحالة الموضّحة في المسألة 2، ما زاوية (θ) للحزمة الأولى المعتمة؟

A. 3.1°
B. 6.2°
C. 12°
D. 17°

$$2x_1 = 0.063\ m$$

$$x_1 = \frac{0.063}{2} = 0.031m$$

$$\tan\theta = \frac{x_1}{L}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.031}{0.29}\right) = 6.2^0$$

4. يبعد نجمان عن الأرض بمقدار 6.2×10^4 سنة ضوئية وتصل المسافة بينهما إلى 3.1 سنوات ضوئية. ما أصغر قطر لتلسكوب يمكن أن يميّز بينهما باستخدام ضوء طول موجته 610 nm؟

A. 5.0×10^{-5} m
B. 6.1×10^{-5} m
C. 1.5×10^{-2} m
D. 1.5×10^{7} m

السنة الضوئية $= 9.46 \times 10^{15} m$

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

$$3.1 \times 9.46 \times 10^{15} = \frac{1.22\ \times 610 \times 10^{-9} \times 6.2 \times 10^{4} \times 9.46 \times 10^{15}}{D}$$

$$D = 0.015\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

5. تبعد شقوق محزوز عن بعضها بمقدار 0.055 mm. ما زاوية الخط المضيء ذي الرتبة الأولى لضوء طول موجته 650 nm؟

A. 0.012°
B. 0.68°
C. 1.0°
D. 11°

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{m\lambda}{d}\right)$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 650 \times 10^{-9}}{0.055 \times 10^{-3}}\right) = 0.68^{0}$$

6. يضيء شعاع ليزر طول موجته 638 nm شقين ضيقين. تبعد الحزمة ذات الرتبة الثالثة للنمط الناتج عن الحزمة المركزية المضيئة بمقدار 7.5 cm. تبعد الشاشة عن الشقوق بمقدار 2.475 m. ما المسافة الفاصلة بين الشقين؟

A. 5.8×10^{-8} m
B. 6.3×10^{-7} m
C. 2.1×10^{-5} m
D. 6.3×10^{-5} m

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

$$3 \times 638 \times 10^{-9} = \frac{(7.5 \times 10^{-2})(d)}{2.475}$$

$$d = 6.3 \times 10^{-5}\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

7. وُضعت شاشة مستوية على بُعد 4.200 m من شقَّين مضائين بواسطة شعاع ضوء أحادي اللون. على الشاشة، تصل المسافة الفاصلة بين الحزمة المضيئة المركزية والحزمة المضيئة ذات الرتبة الثانية إلى 0.082 m. تبلغ المسافة بين الشقين 5.3×10^{-5} m. حدد طول موجة الضوء.

A. 2.6×10^{-7} m

B. 5.2×10^{-7} m

C. 6.2×10^{-7} m

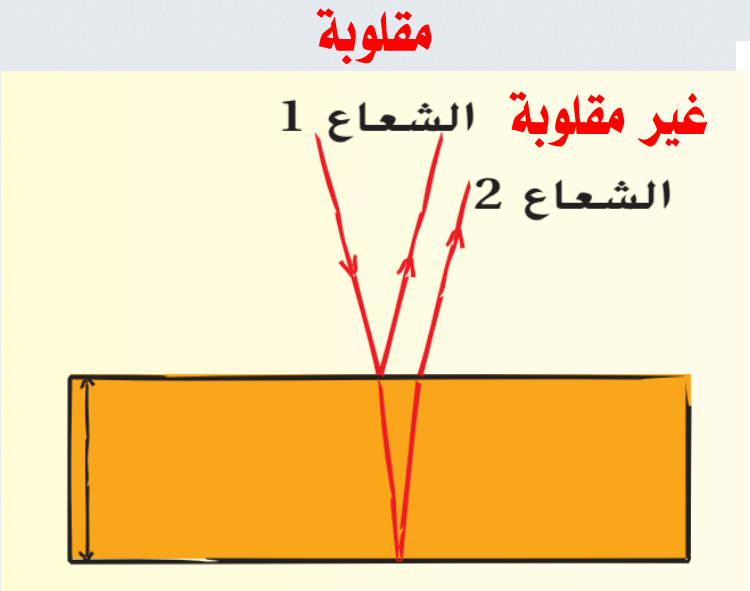
D. 1.0×10^{-6} m

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

$$2 \times \lambda = \frac{(0.082)(5.3 \times 10^{-5})}{4.200}$$

$$\lambda = 5.2 \times 10^{-7}\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



8. ينفخ مهرج فقاعات صابون وتلاحظ أنّ لون جزء واحد من الفقاعة الكبيرة بشكل خاص يوافق لون أنفه. إذا كانت الفقاعة تعكس موجات الضوء الأحمر بمقدار 6.5×10^{-7} m وكان معامل الانكِسار لغشاء الفقاعة 1.41، فما الحد الأدنى لسمك فقاعة الصابون في الموقع الذي تعكس فيه الضوء الأحمر؟

A. 1.2×10^{-7} m
B. 3.5×10^{-7} m
C. 9.2×10^{-7} m
D. 1.9×10^{-6} m

تداخل بناء

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.41 = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \times 6.5 \times 10^{-7}$$

$$d = 1.2 \times 10^{-7}\ m$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $m = 1$ $d_{\text{أقل}}$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0$ $d_{\text{أقل}}$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

9. يُنتج محزوز حيود يتكون من 6000 شق لكل cm نمط حيود يتضمن خطًا مضيئًا من الرتبة الأولى عند 20° من الخط المركزي المضيء. فما الطول الموجي للضوء؟

$$d = \frac{1}{N} = \frac{1}{6000} = 1.67 \times 10^{-4}\ cm$$

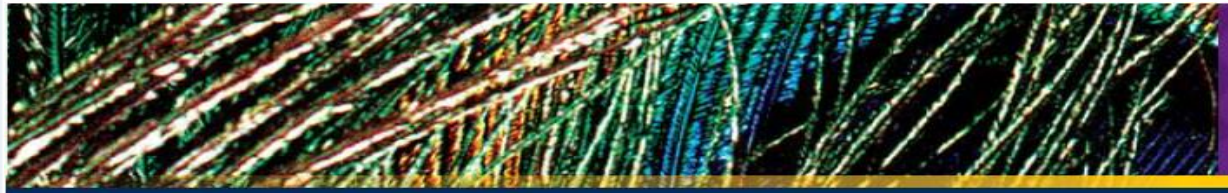
$$d = 1.67 \times 10^{-6}\ m$$

$$d \sin\ \theta = m\lambda$$

$$1.67 \times 10^{-6} \sin\ 20 = 1 \times \lambda$$

$$\lambda = 5.70 \times 10^{-7}\ m$$

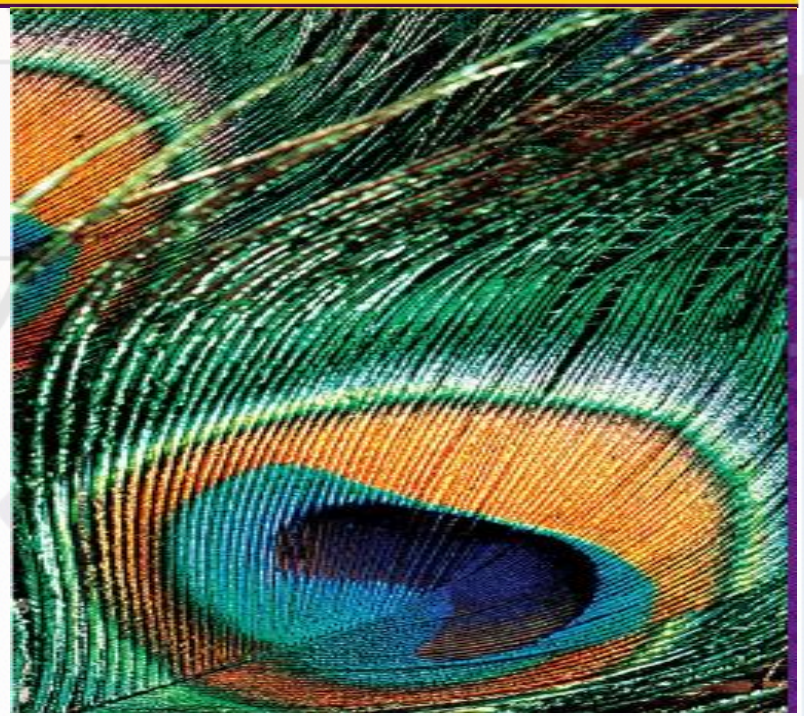
https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm



الوحدة 8

التداخل والحيود

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحيد الموجات الضوئية كما يمكن أن تتداخل مع بعضها.

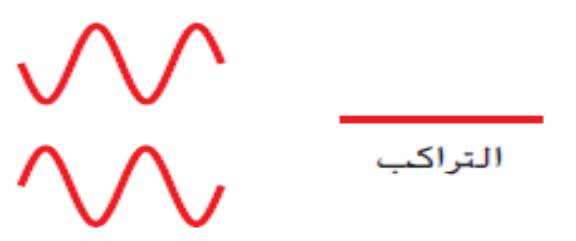


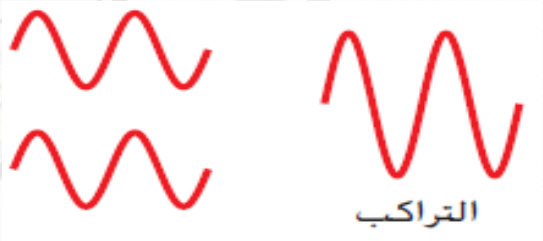
مراجعة عامة على التداخل

قناة قطوف فيزيائية

1- في نمط التداخل الناتج عن تجربة الشق المزدوج , لماذا تظهر الحزمة الداكنة في موقع حدوث التداخل الهدام ؟

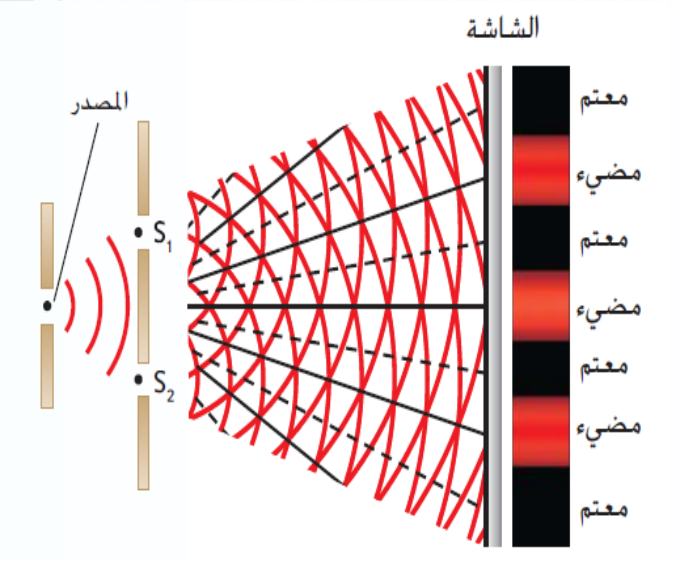
- فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل نصف طول موجي .
- فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل طول موجي واحد .
- مقدمة الموجتين تلتقيان بنفس اللحظة عند نقطة التداخل
- تصل مقدمة الموجتين إلى الشاشة بنفس الإتجاه





https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

2- عند استخدام ضوء أحادي اللون في تجربة يونغ (الشق المزدوج) , فإن النمط الناشئ يحتوي على :

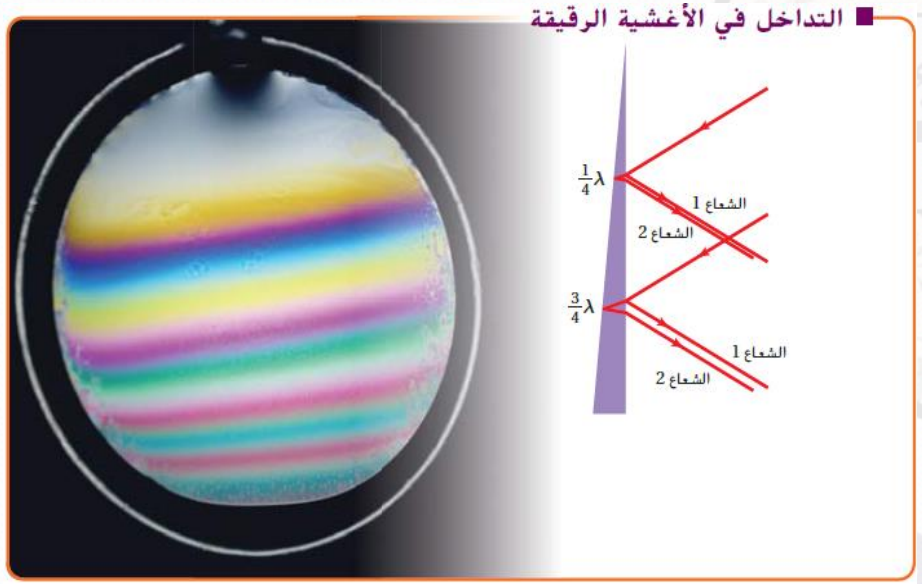


- حزمة مركزية معتمة وحزم متعددة الألوان على الجانبين .
- حزمة مركزية مضيئة وحزم معتمة ومضيئة بالتناوب على الجانبين .
- حزمة مركزية معتمة وحزم معتمة ومضيئة بالتناوب على الجانبين .
- حزمة مركزية مضيئة وحزم متعددة الألوان على الجانبين .

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

3- ما أفضل تفسير محتمل لسبب تغير ألوان الغشاء الرقيق مثل فقاعة الصابون أو الزيت على الماء أو تحركها كما ترى ؟:

- لأن موجات الحمل الحراري في الهواء بجانب الغشاء الرقيق تُشوه الضوء
- لأن سمك الغشاء في موقع معين يتغير بمرور الزمن .
- لأن أطوال موجة ضوء الشمس تختلف مع مرور الزمن
- لأن رؤيتك تختلف إلى حد ما مع مرور الزمن .



https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

4- يُضئ شعاع ليزر طول موجته ($638\ nm$)شقين ضيقين . تبعد الحزمة المضيئة ذات الرتبة الثالثة للنمط الناتج عن الحزمة المركزية المضيئة بمقدار ($7.5\ cm$). وتبعد الشاشة عن الشق المزدوج بمقدار ($2.475\ m$). ما المسافة الفاصلة بين الشقين ؟

- $5 \cdot 8 \times 10^{-8} m$
- $6.3 \times 10^{-7} m$
- $2.1 \times 10^{-5} m$
- $6.3 \times 10^{-5} m$

$\lambda = 638 \times 10^{-9} m$ $\quad m = 3$ $\quad x_3 = 7.5 \times 10^{-2} m$

$L = 2.475 m$ $\quad d = ?$

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

$$3 \times 638 \times 10^{-9} = \frac{7.5 \times 10^{-2} \times d}{2.475}$$

$$d = 6.3 \times 10^{-5} m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

5- وُضعت شاشة مستوية على بعد (4.200 m) من شقين مضائين بواسطة شعاع ضوء أحادي اللون على الشاشة . تصل المسافة بين الحزمة المضيئة المركزية والحزمة المضيئة ذات الرتبة الثانية إلى (0.082m) . وتبلغ المسافة بين الشقين $(5 \cdot 3 \times 10^{-5} m)$. حدد طول موجة الضوء .

$d = 5.3 \times 10^{-5} m$ $\quad m = 2 \quad x_2 = 0.082\ m$

$L = 4.200\ m \quad \lambda = ?$

- $2.6 \times 10^{-7} m$
- $5.2 \times 10^{-7} m$
- $6.2 \times 10^{-7} m$
- $1.0 \times 10^{-6} m$

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

$$2 \times \lambda = \frac{0.082 \times 5.3 \times 10^{-5}}{4.200}$$

$$\lambda = 5.2 \times 10^{-7}\ m$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

7- ينفخ مهرج فقاعات صابون ويُلاحظ أن لون جزء محدد من الفقاعة الكبيرة بشكل خاص يُوافق لون أنفه , إذا كانت الفقاعة تعكس موجات الضوء الأحمر الذي طوله الموجي $(6.5 \times 10^{-7} m)$ وكان معامل الإنكسار لغشاء الفقاعة (1.41) .

فما الحد الأدنى لسمك فقاعة الصابون في الموقع الذي تعكس فيه الضوء الأحمر ؟

$1.2 \times 10^{-7} m$ ☐

$9.2 \times 10^{-7} m$ ☐

$3.5 \times 10^{-7} m$ ☐

$1.9 \times 10^{-6} m$ ☐

$n = 1.41 \qquad \lambda = 6.5 \times 10^{-7} m \qquad d = ?$

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.41 = (0 + \frac{1}{2}) \times 6.5 \times 10^{-7}$$

$$d = 1.2 \times 10^{-7} m$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $m = 1 \quad d_{\text{أقل}}$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $m = 0 \quad d_{\text{أقل}}$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

8- في تجربة لتوضيح التداخل في الأغشية الرقيقة وضع غشاء من فلوريد الماغنسيوم معامل انكساره (n=1.38) على عدسة زجاجية مطلية بطبقة غير عاكسة معامل انكسارها (n= 1.52) كم يجب أن يكون اقل سمك لغشاء فلوريد الماغنسيوم لمنع انعكاس الضوء الأصفر المخضر $(\lambda = 555nm)$؟

$1.2 \times 10^{-7}m$

$1.0 \times 10^{-7}m$

$.5 \times 10^{-7}m$

$1.9 \times 10^{-6}m$

$n = 1.38 \quad \lambda = 555 \times 10^{-9}m \quad d = ?$

$$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2d \times 1.38 = (0 + \frac{1}{2}) \times 555 \times 10^{-9}$$

$$d = 1.0 \times 10^{-7}m$$

نوع التداخل	$2dn_{\text{غشاء}} = m\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 1$	$2dn_{\text{غشاء}} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $d_{\text{أقل}} \quad m = 0$
تداخل بناء	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة	إحداهما مقلوبة
تداخل هدام	إحداهما مقلوبة	كلاهما مقلوبة أو غير مقلوبة

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

9- سقط ضوء A طوله الموجي (630 nm) على شق مزدوج وتتكون نمط تداخل على شاشة بحيث كان البعد بين الأهداب المضيئة (8.3 mm) , وعندما استبدل الضوء بضوء آخر B كان البعد بين الأهداب المضيئة (7.6mm) . ما الطول الموجي للضوء B ؟

- $775\ nm$
- $577\ nm$
- $500\ nm$
- $700\ nm$

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

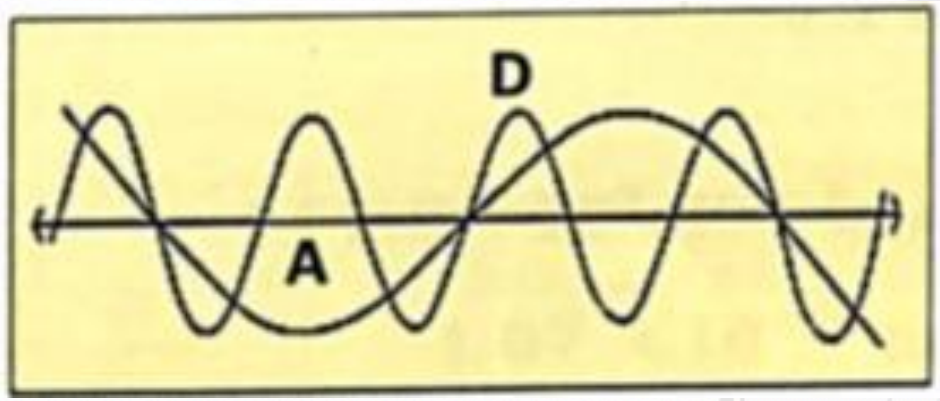
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{x_{m1}}{x_{m2}}$$

$$\frac{630}{\lambda_2} = \frac{8.3}{7.6}$$

$$\lambda_2 = 577\ nm$$

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

10- ما نوع التداخل الذي سيحدث للموجتين عند A و D في الرسم التخطيطي ؟



- عند A بناء , وعند D هدام
- عند A بناء , وعند D بناء
- عند A هدام , وعند D هدام
- عند A هدام , وعند D بناء

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm

11- في تجربة يونج , سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي λ على شقين المسافة الفاصلة بينهما d وتكون نمط التداخل على شاشة تبعد مسافة L عن الشقين .

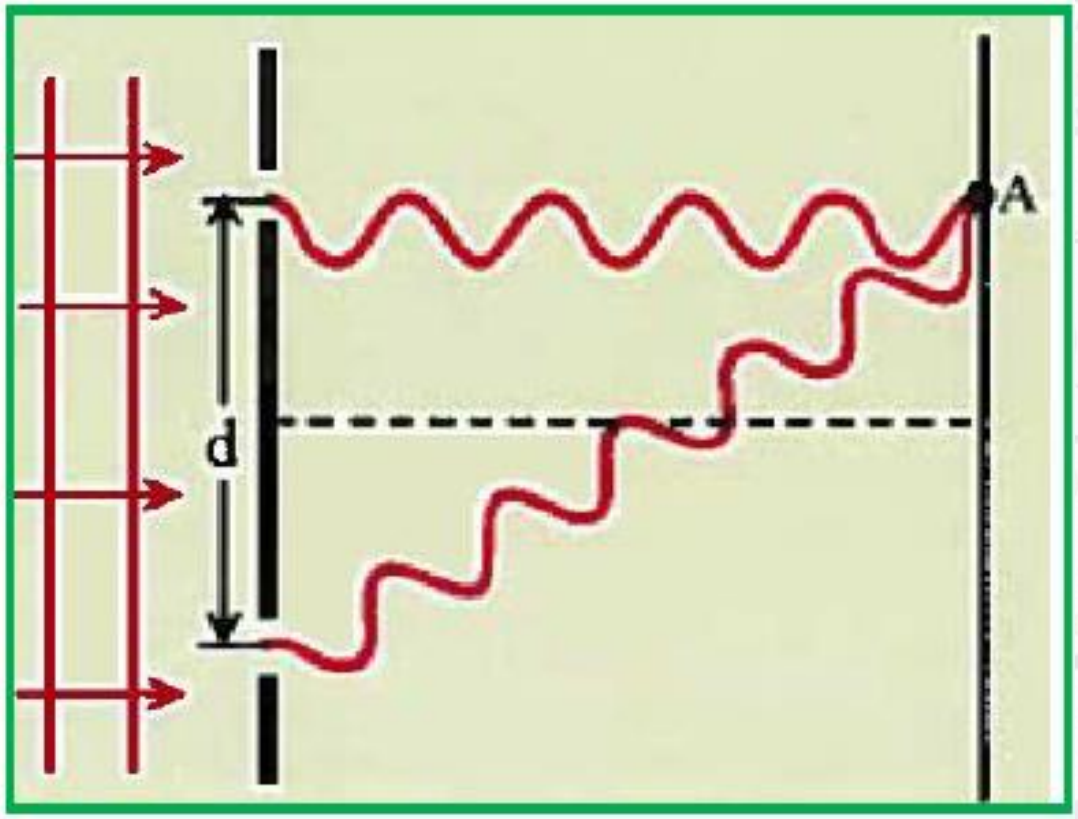
لزيادة المسافة بين الأهداب يجب زيادة .....

- الطول الموجي
- المسافة بين الشقين
- مساحة الشاشة
- شدة الضوء

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

قطوف فيزيائية

13- في الشكل المقابل :



ما نوع التداخل ؟

مانوع الهدبة ؟

مارتبة الهدبة ؟

https://youtube.com/playlist?list=PLdo2hJwMVqrMjiBScW1ANa1hkqP_tPBEm