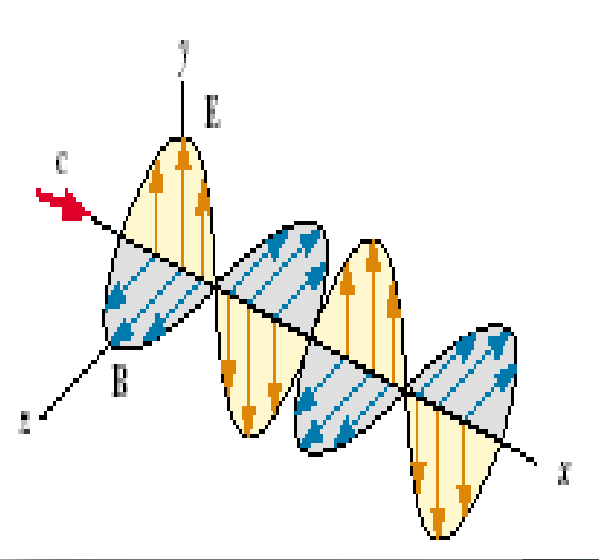


الاستقطاب (Polarization)

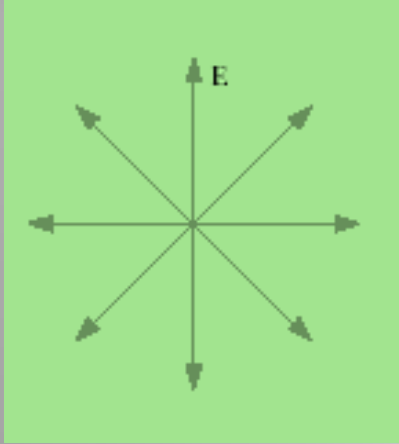
الضوء الطبيعي:



طبقاً للنظرية الموجية للضوء فإن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية مستعرضة ولذبذبتها مركبتان متوافقتان أي لهما نفس الطور ومتعامدتان على اتجاه انتشار الموجة ، أحدهما تمثل تغيراً دورياً في المجال الكهربائي والأخرى تمثل تغيراً دورياً في المجال المغناطيسي

ويحدث لهاتين الذبذبتين تغيراً مفاجئاً للاتجاه في الفراغ مع بقائهما عموديتين على اتجاه انتشار الموجة وهذا التغير يحدث بمعدل 10^8 مرة في الثانية مما يجعل متوسط شدة الذبذبة في أي اتجاه حول محور انتشار الموجة مقدار ثابت هذا بالنسبة للضوء الطبيعي (غير المستقطب).

ولكي يصبح الضوء مستقطباً يجب أن يكون اتجاه الذبذبة مفضلاً اتجاه ما عن بقية الاتجاهات في الفراغ.

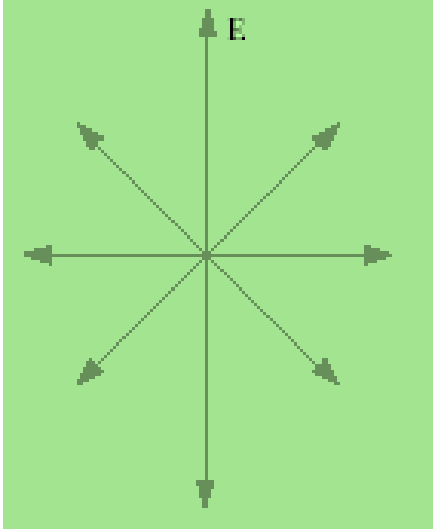


الاستقطاب : هو الحصول على ذبذبات تهتز في مستو واحد مفضل.

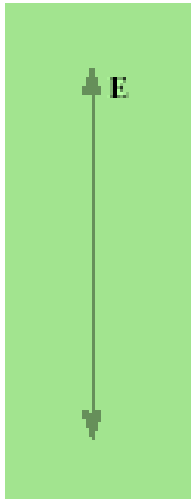
أنواع الاستقطاب:

يوجد أربعة أنواع مختلفة للضوء المستقطب وهي :

1- الاستقطاب الجزئي: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر منه في بقية الاتجاهات.



2- الاستقطاب الخطي: ويسمى بالكلي أو الاستوائي وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر ما يمكن وينعدم في بقية الاتجاهات.

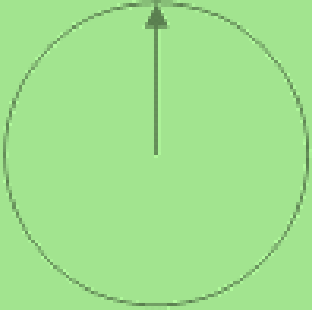


أنواع الاستقطاب:

3- **الاستقطاب الدائري:** وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة

ثابت وفي اتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فترسم

نهايته مساراً دائرياً وهنا يوجد تغير في الاتجاه فقط .

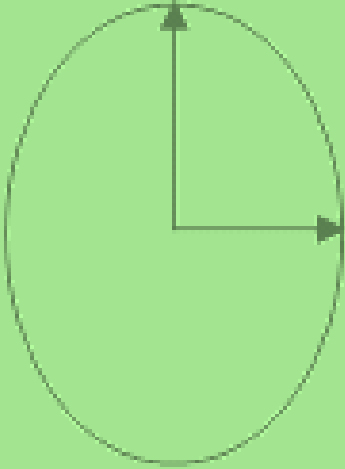


4- **الاستقطاب الإهليجي:** وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة غير

ثابت وفي اتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فترسم نهايته

مساراً إهليجياً أي أنه يوجد في هذه الحالة تغير في الشدة والاتجاه

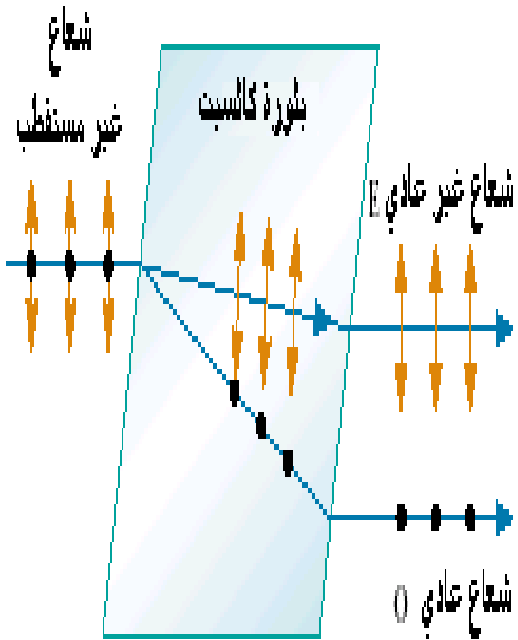
لمتوسط شدة الذبذبة.



الاستقطاب

طرق الحصول على الضوء المستقطب:
هناك عدة طرق للحصول على الضوء المستقطب منها:

1- الاستقطاب بالانكسار المزدوج (Double Refraction):



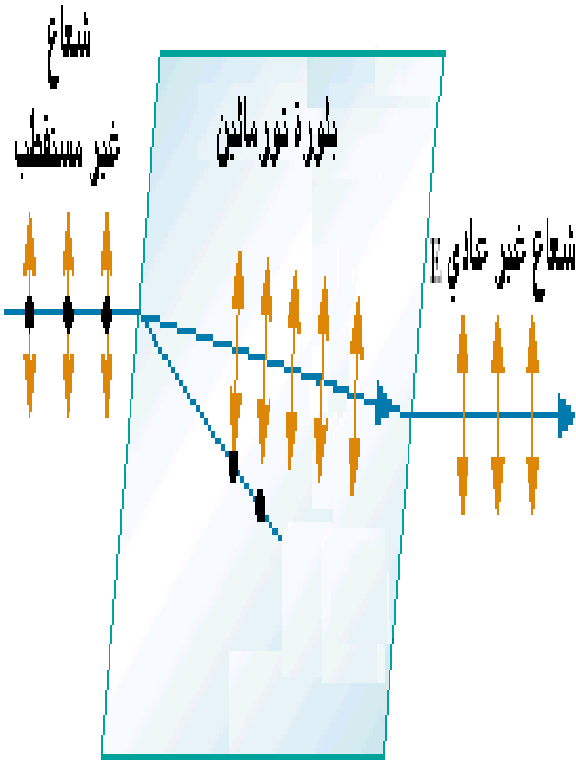
هذه الخاصية تتواجد في بعض البلورات التي لها خاصية تباين الخواص في الاتجاهات المختلفة **Anisotropy** ومن أمثلتها: (الكالسيت) والكوارتز.

فعند مرور الضوء في هذه البلورات يحدث الانكسار المزدوج وهو خروج الضوء على هيئة شعاعان أحدهما يتبع قوانين الانكسار ويسمى الشعاع العادي ، والآخر لا يتبع قوانين الانكسار ويسمى الشعاع غير العادي. وتختلف سرعة الشعاعين ويرمز للشعاع العادي بالرمز "O" وللشعاع غير العادي (أي المستقطب) بالرمز "e".

الاستقطاب

طرق الحصول على الضوء المستقطب:
هناك عدة طرق للحصول على الضوء المستقطب منها:

2-الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي Selective absorption:



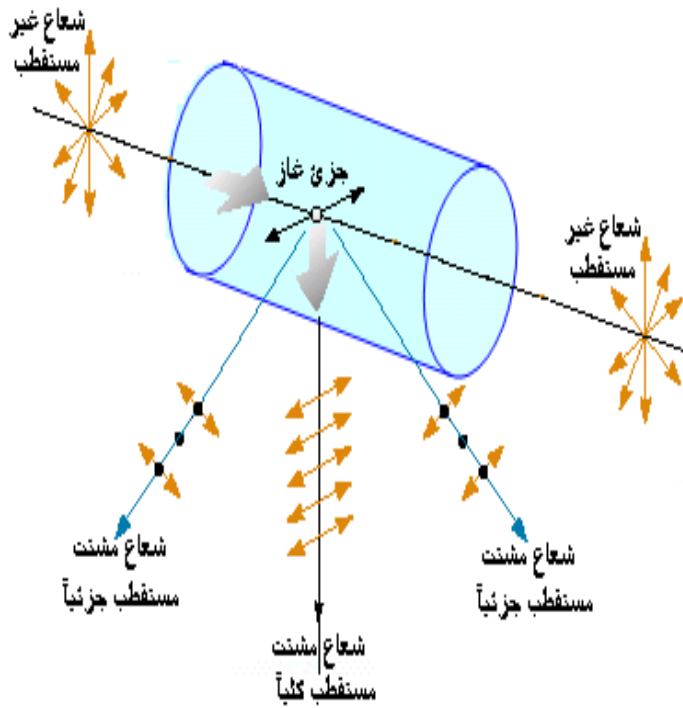
هناك بعض البلورات يكون فيها معامل الامتصاص لأحد شعاعي الانكسار المزدوج كبير بالنسبة لمعامل امتصاص الشعاع الآخر ومن هذه المواد مادة التورمالين وبالتالي يمكن باستخدام سمك معين من هذه المادة امتصاص أحد الشعاعين تماما ونفاذ الشعاع الآخر. وبالتالي نحصل فقط على الشعاع غير العادي المستقطب استقطابا خطيا .

الاستقطاب

طرق الحصول على الضوء المستقطب:
هناك عدة طرق للحصول على الضوء المستقطب منها:

3- الاستقطاب بالتشتت :

إذا مر شعاع ضوئي شدته I_0 خلال أنبوبة مملوءة بالدخان كما بالشكل ، فإن شدة الشعاع النافذ تكون أقل من I_0 وهذا النقص في شدة الاستضاءة لا يرجع فقط إلى خاصية الامتصاص ولكن أيضاً لأن جزء من الضوء تشتت إلى جوانب الأنبوبة بواسطة جسيمات الدخان ، وهذا الضوء المشتت يكون مستقطباً جزئياً ، أما الضوء المتشتت إلى جوانب الأنبوبة في الاتجاه العمودي على اتجاه الشعاع الساقط يكون مستقطباً استقطاباً استوائياً أو كلياً (خطياً).



الضوء Light

البصريات الهندسية
geometrical Optics

البصريات الموجية
Waves Optics

1- قاعدة هيجنز.

2- التداخل

3- الحيود.

1- المنشور الثلاثي .

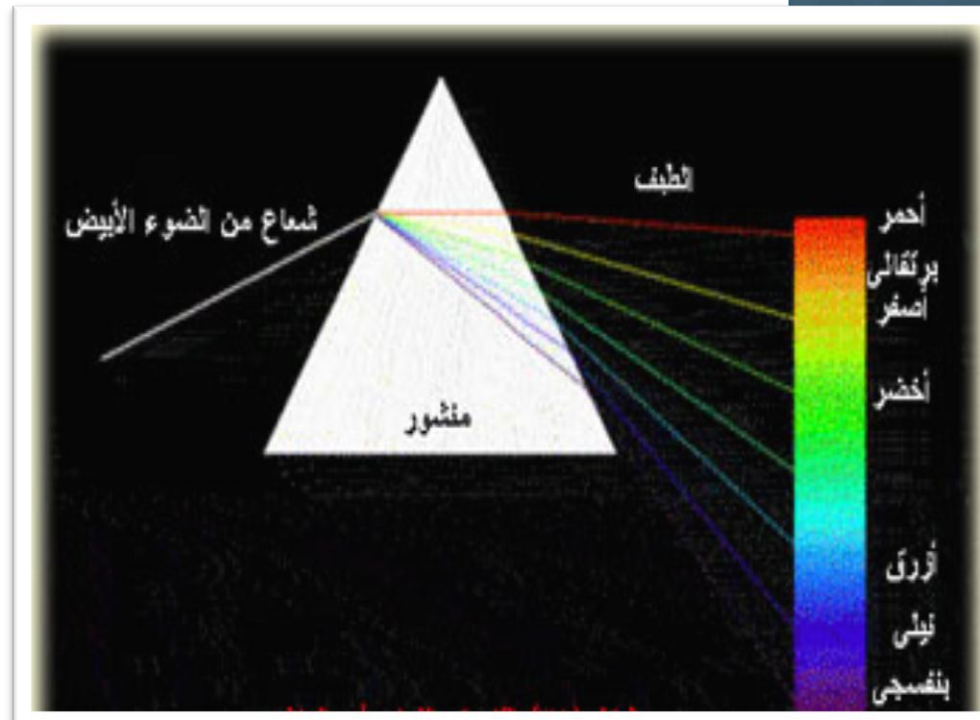
2- التفريق اللوني.

البصريات الهندسية

تحليل الضوء أو التفريق اللوني

عندما يسقط ضوء أبيض على منشور ثلاثي من الزجاج مثلاً فإن الشعاع المنكسر في الزجاج يعاني تفريقاً أو تحليلاً إلى الأشعة المكونة له. و تسمى هذه الظاهرة التفريق اللوني أو التشتت اللوني ، وهي تنتج من اختلاف معامل الانكسار بالنسبة للون الضوء. ويختلف حسب الطول الموجي ، كما هو موضح بالجدول .

اللون	الطول الموجي (نانومتر)	معامل الانكسار
الأحمر	660	1.520
البرتقالي	610	1.522
الأصفر	580	1.523
الأخضر	550	1.526
الأزرق	470	1.531
البنفسجي	410	1.538



تحليل الضوء أو التفريق اللوني

وتسمى مجموعة الألوان الناتجة من عملية تشتت الضوء الأبيض : الأحمر ، البرتقالي ، الأصفر ، الأخضر ، الأزرق ، النيلي ، البنفسجي . **بالطيف** كما يسمى الفرق بين زاويتي انحراف أي لونين **بالتفريق الزاوي** لهذين اللونين .

فإذا كانت زاوية انحراف اللون البنفسجي α_V ، وزاوية انحراف اللون الأحمر هي α_R

$$\alpha_R = A(n_R - 1) \quad \alpha_V = A(n_V - 1) \quad \text{فإن :}$$

n_R ، n_V هما معاملتا انكسار الأشعة البنفسجية والحمراء في مادة المنشور. أي أن التفريق الزاوي للونين البنفسجي و الأحمر يعطى من المعادلة الآتية:

$$\alpha_V - \alpha_R = A(n_V - n_R)$$

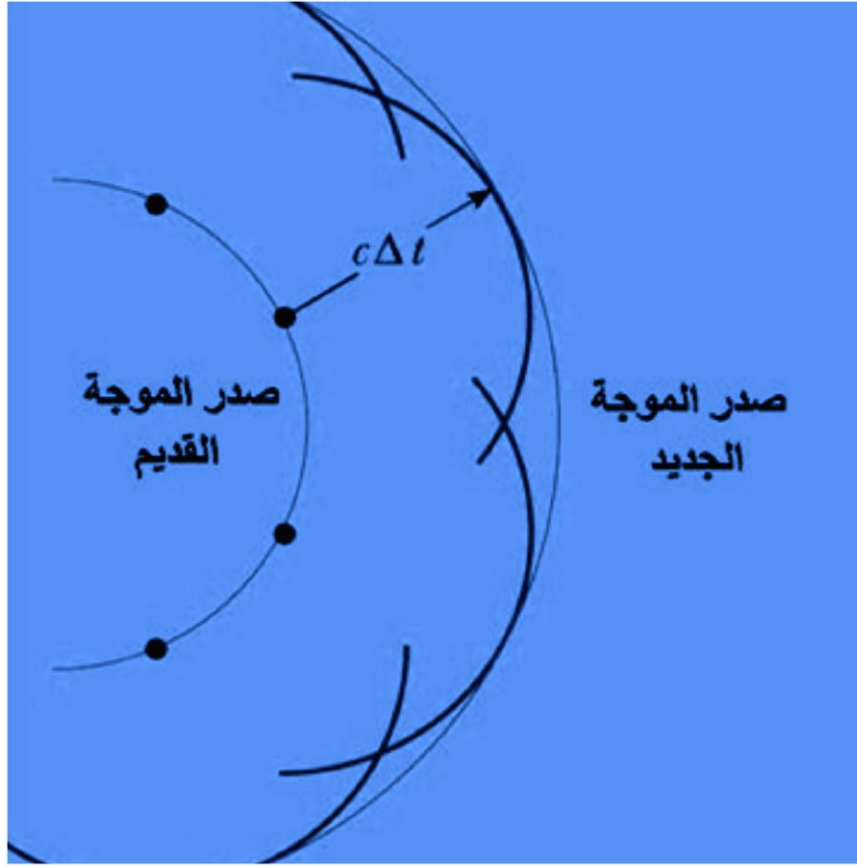
تحليل ضوء الشمس بقطرات المطر



البصريات الموجية

قاعدة هيجنز

Huygens Principle



فرض هيجنز أن الضوء ينتشر على شكل موجات مستعرضة تنتشر من المصدر الضوئي في جميع الاتجاهات. كما فرض أن صدر الموجة عبارة عن كرة مركزها المصدر الضوئي وأن كل نقطة على صدر الموجة تعمل عمل مصدر ثانوي يشع المويجات في جميع الاتجاهات كما هو موضح بالشكل المجاور.

وتنص القاعدة على أن: "كل نقطة على جبهة الموجة يمكن اعتبارها مصدراً لمويجات ثانوية كروية صغيرة وأن جبهة الموجة الأصلية عند فترة زمنية لاحقة هي عبارة عن السطح المماس لتلك المويجات، وأن المويجات تشع بشدة متساوية في كافة الاتجاهات".

البصريات الموجية

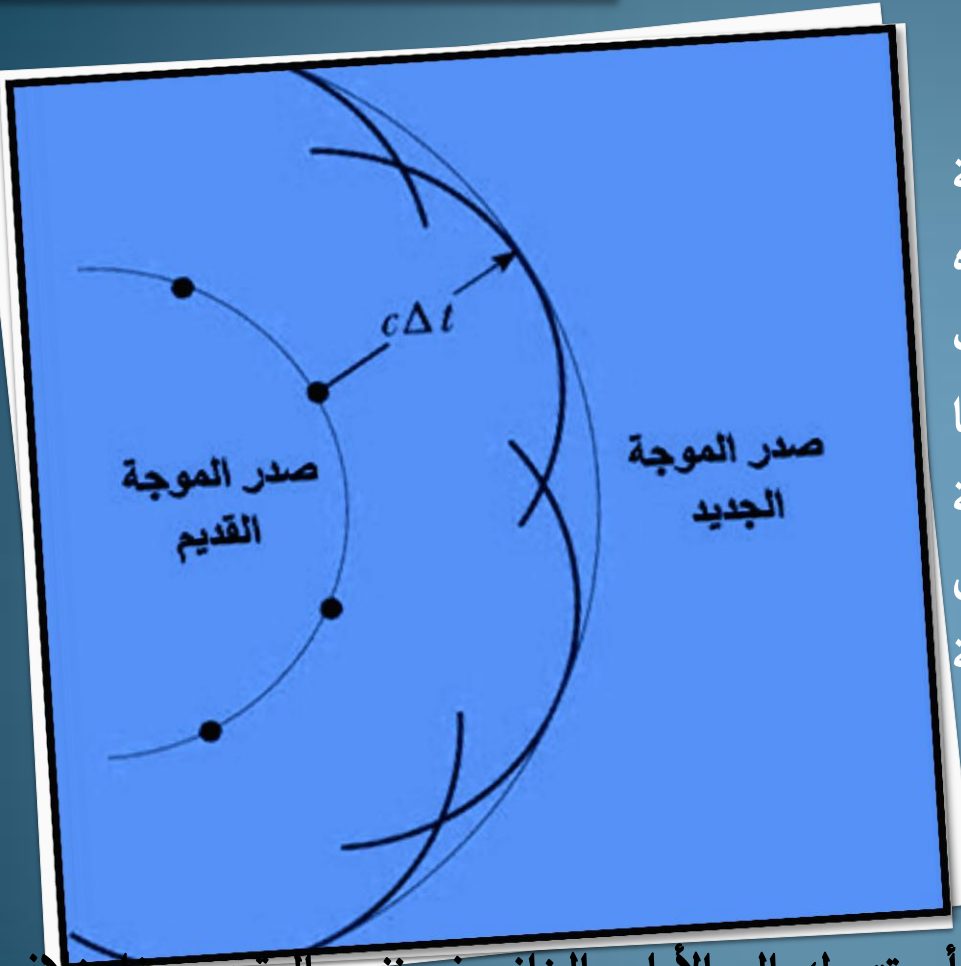
قاعدة هيجنز

Huygens Principle

لتوضيح استخدام قاعدة هيجنز نعتبر موجة كروية كما في الشكل ثم نرسم عدة نقاط على جبهة هذه الموجة ، المويجات الثانوية عبارة عن كريات ذات نصف قطر $r = ct$ والتي تمثل المسافة التي انتقلتها المويجة الثانوية في زمن t (وتمثل C سرعة الضوء) والمماس لهذه الكريات عبارة عن مستوى مزاح لجبهة الموجة الأصلية أي أن جبهة الموجة تحركت المسافة ct .

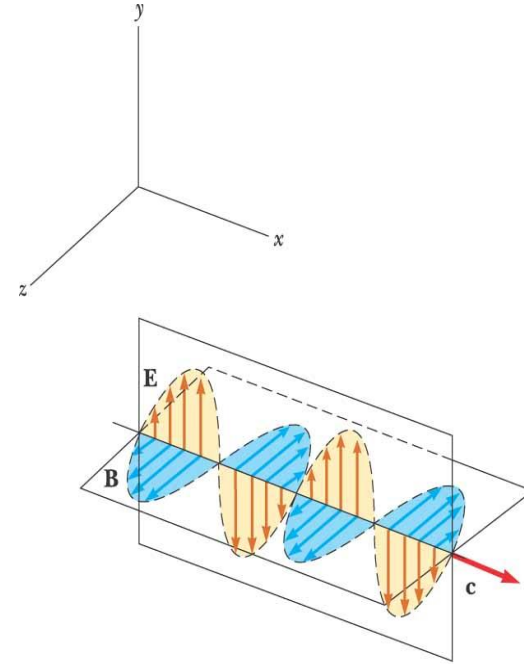
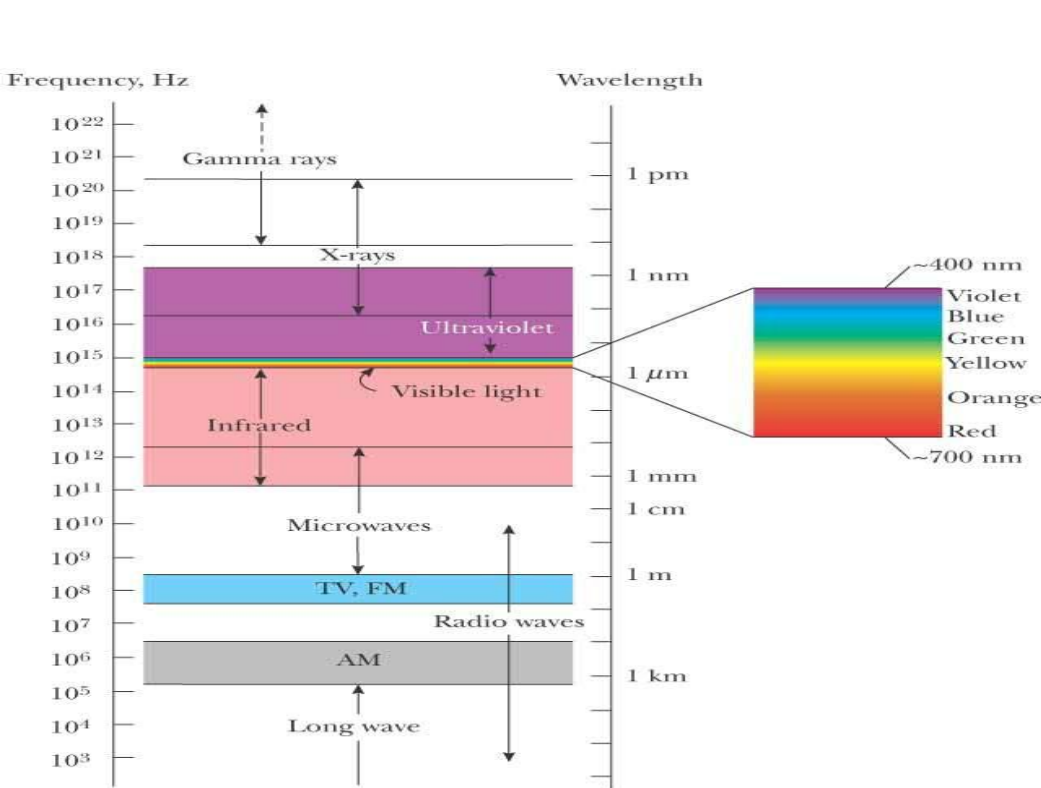
بما أن قاعدة هيجنز تنص على أن المويجات تشع

بشدة متساوية في كافة الاتجاهات ، فهذا يتطلب أن تتحرك إلى الأمام والخلف في نفس الوقت وهذا خلاف ما نشاهده في الواقع ، ولقد وضع فرنل **Fresnel** وكيرشوف **Kirchhoff** فكرة هيجنز بشكل مقبول حينما بينا أن شدة المويجات تبلغ قيمتها العظمى في الاتجاه الأمامي وتتناقص بالتدرج حتى تصل إلى الصفر في الاتجاه الخلفي ، لذلك لا نجد أمواج تتحرك نحو الخلف.



البصريات الموجية

النظرية الموجية للضوء : تنص على أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر بسرعة C على شكل جيبي (دالة جيب الزاوية) ، وتتكون الموجة من مركبتين أحدهما كهربية والأخرى مغناطيسية متعامدتين على بعضهما. وتستخدم عادة المركبة الكهربية لوصف واستنتاج قوانين التداخل والحيود والاستقطاب .



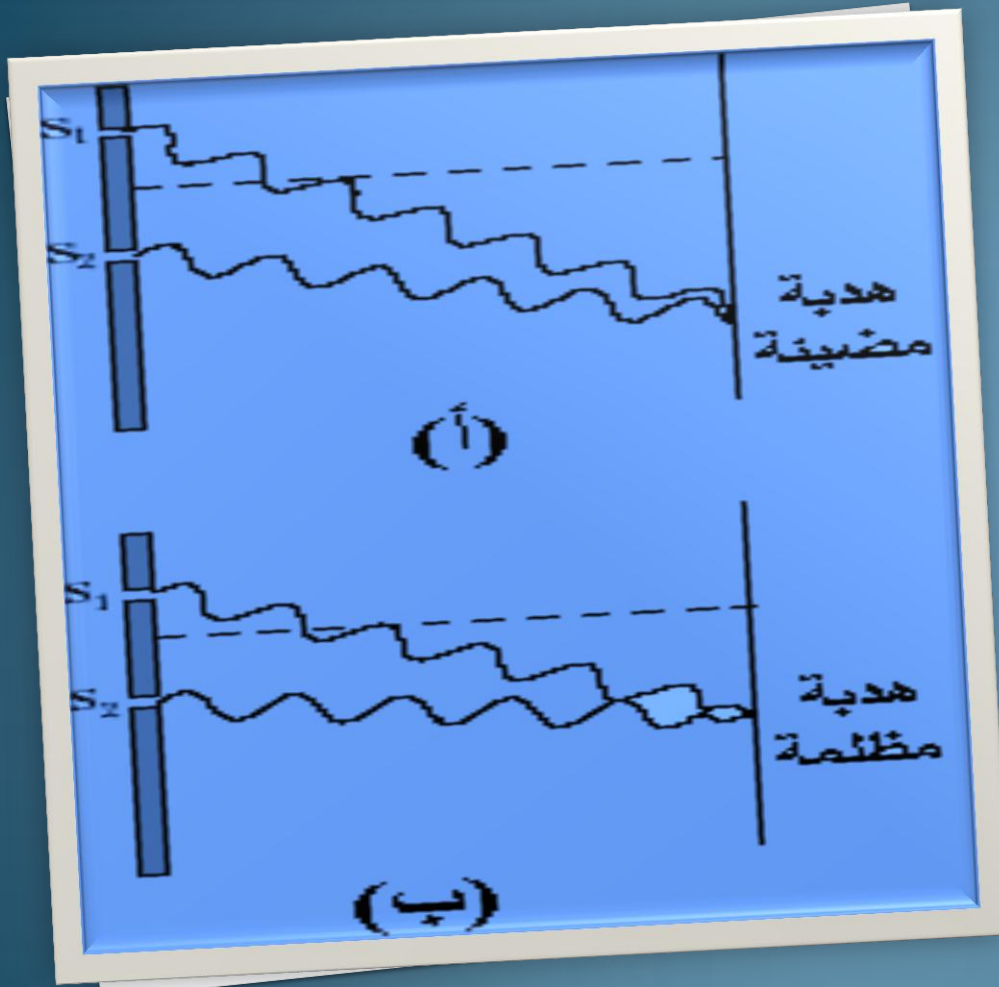
الموجات الكهرومغناطيسية

<http://www.deyaa.org/elecmagw.html>

Interference

يحدث التداخل في الضوء نتيجة تراكم شعاعين ضوئيين لهما نفس الطول الموجي (أي نفس التردد) ومتساويين في الشدة ومتوافقين في الطور (ومعني التوافق أن فرق الطور بينهما ثابت لا يتغير مع الزمن).

فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قمة ، وقاع مع قاع فيقوي كل منهما الآخر ، وتكون تلك النقطة هدبة مضيئة كما بالشكل (أ).



أما إذا كان هناك فرق طور وفرق مسير بينهما بمقدار عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قاع ، وقاع مع قمة فيضعف كل منهما الآخر ، وتكون تلك النقطة هدبة مظلمة كما بالشكل (ب).

التداخل

Interference

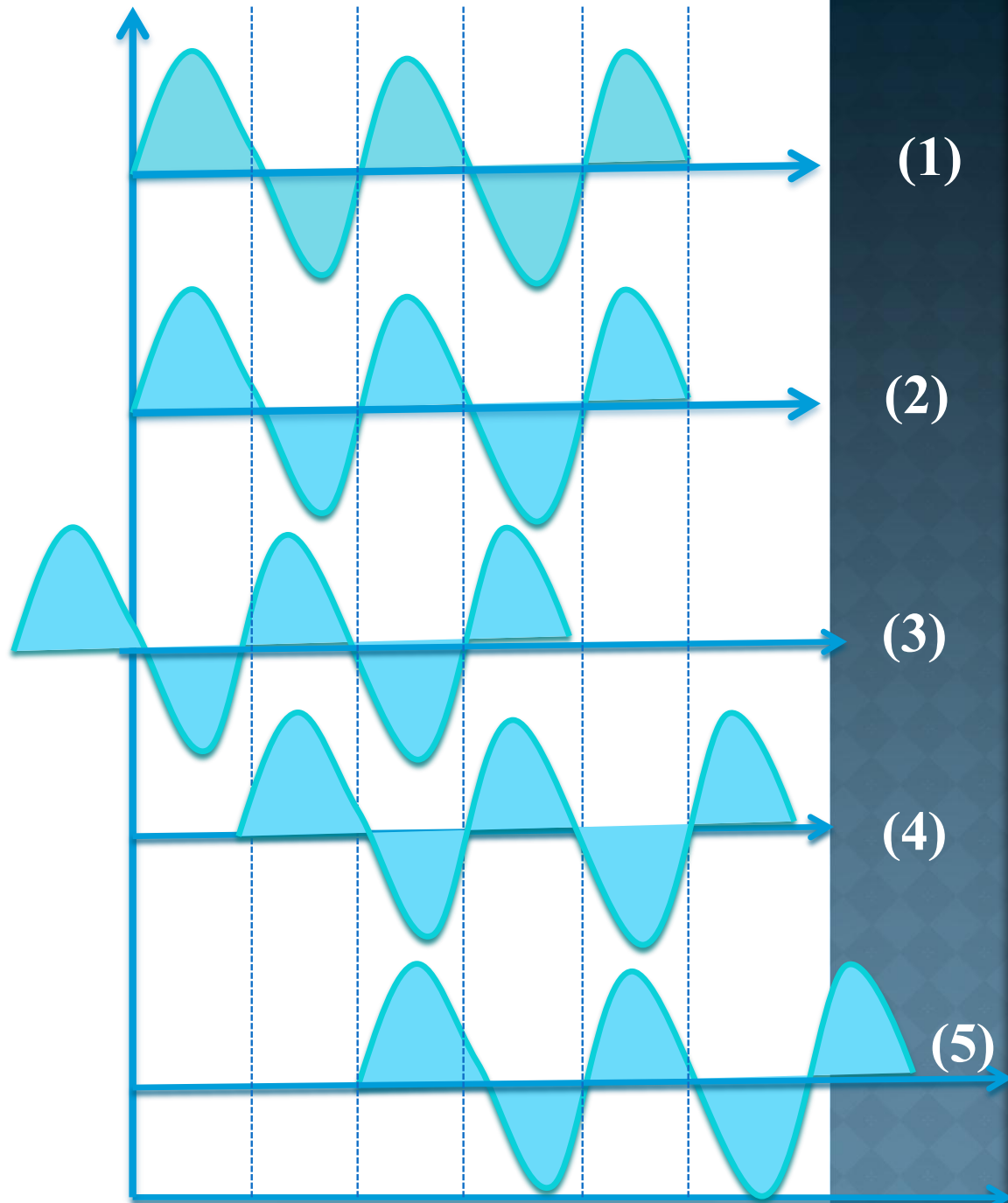
مقارنة الموجات بالموجة 1:

➤ الموجة ٢ لها نفس الطور ولا يوجد فرق في المسار.

➤ الموجة ٣ متأخرة عن الموجة ١ بنصف دورة أي (π) بزاوية 180° وطول موجي يساوي $\lambda/2$.

➤ الموجة ٤ متقدمة عن الموجة ١ بنصف دورة أي (π) بزاوية 180° ، وطول موجي يساوي $\lambda/2$.

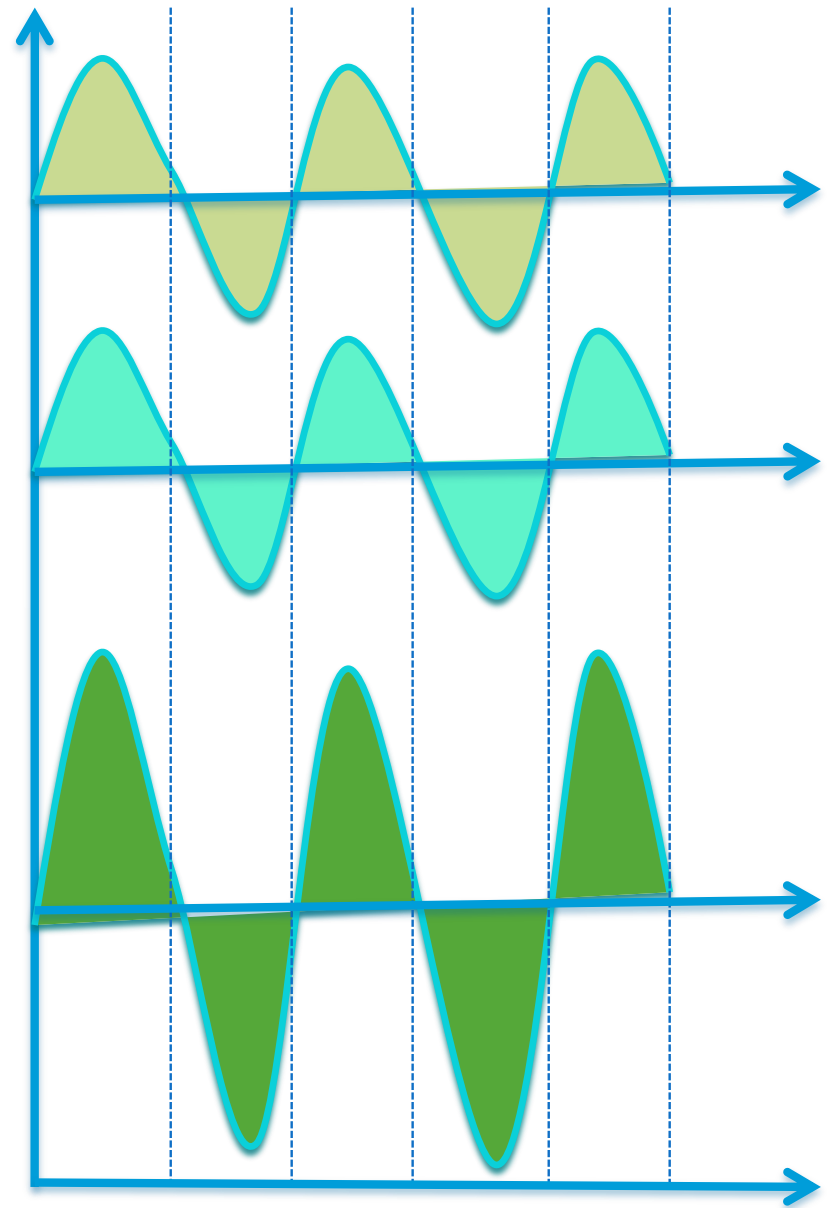
➤ الموجة 5 متقدمة عن الموجة ١ بدورة أي (2π) بزاوية 360° ، وطول موجي يساوي λ .



التداخل

Interference

تداخل بناء: الموجتان
متفقتان في الطور ولا
يوجد فرق في المسار.



(1)

(2)

(3)

التداخل

Interference

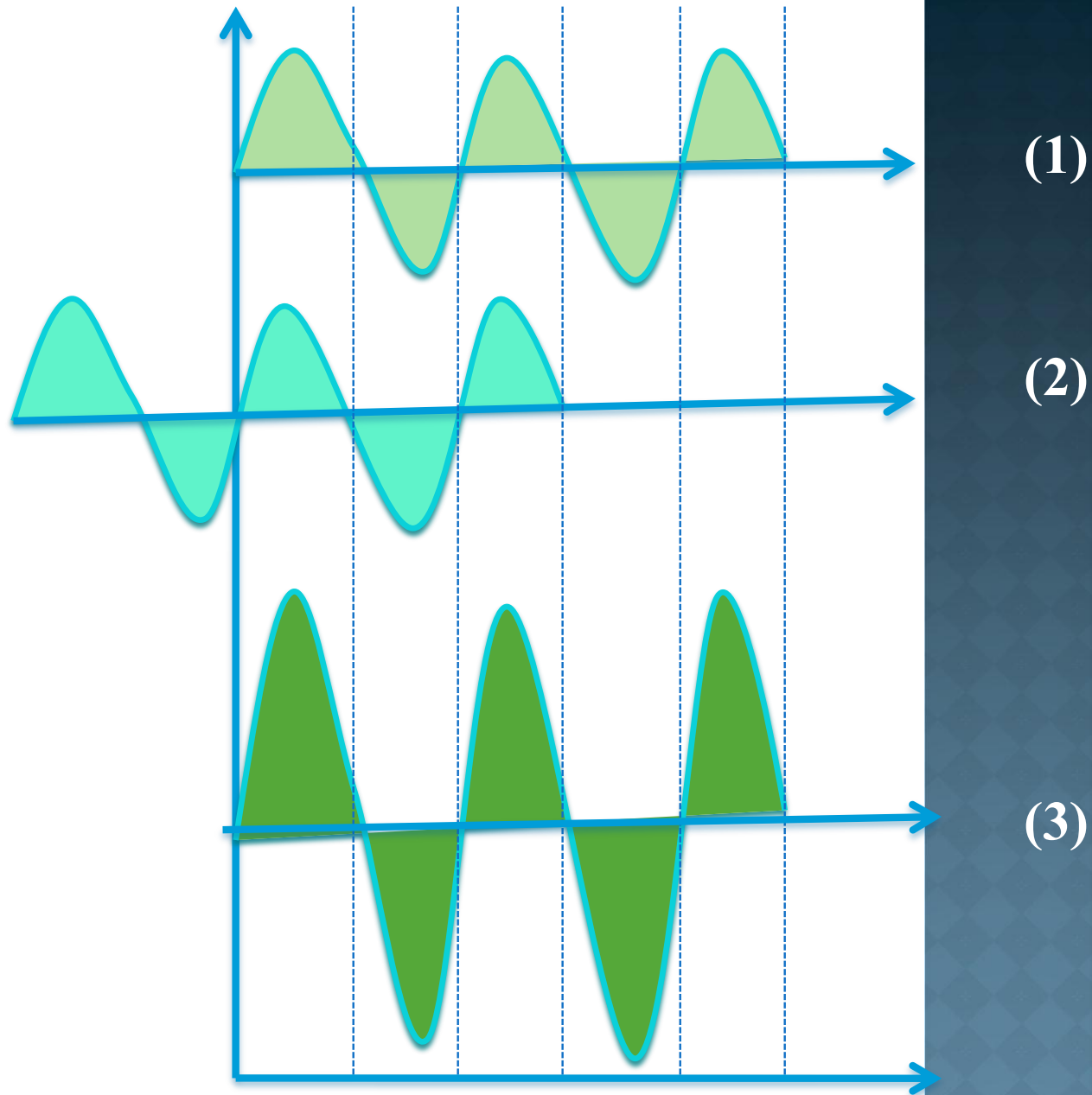
تداخل بناء:

الموجات متفاوتة الطور بمقدار

$360^\circ, 2(360^\circ), 3(360^\circ), \dots$

وفرق المسار يساوي

$\pm\lambda, \pm 2\lambda, \pm 3\lambda, \dots$



التداخل

Interference

تداخل هدام:

الموجات متفاوتة الطور بمقدار

$\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi, \dots$

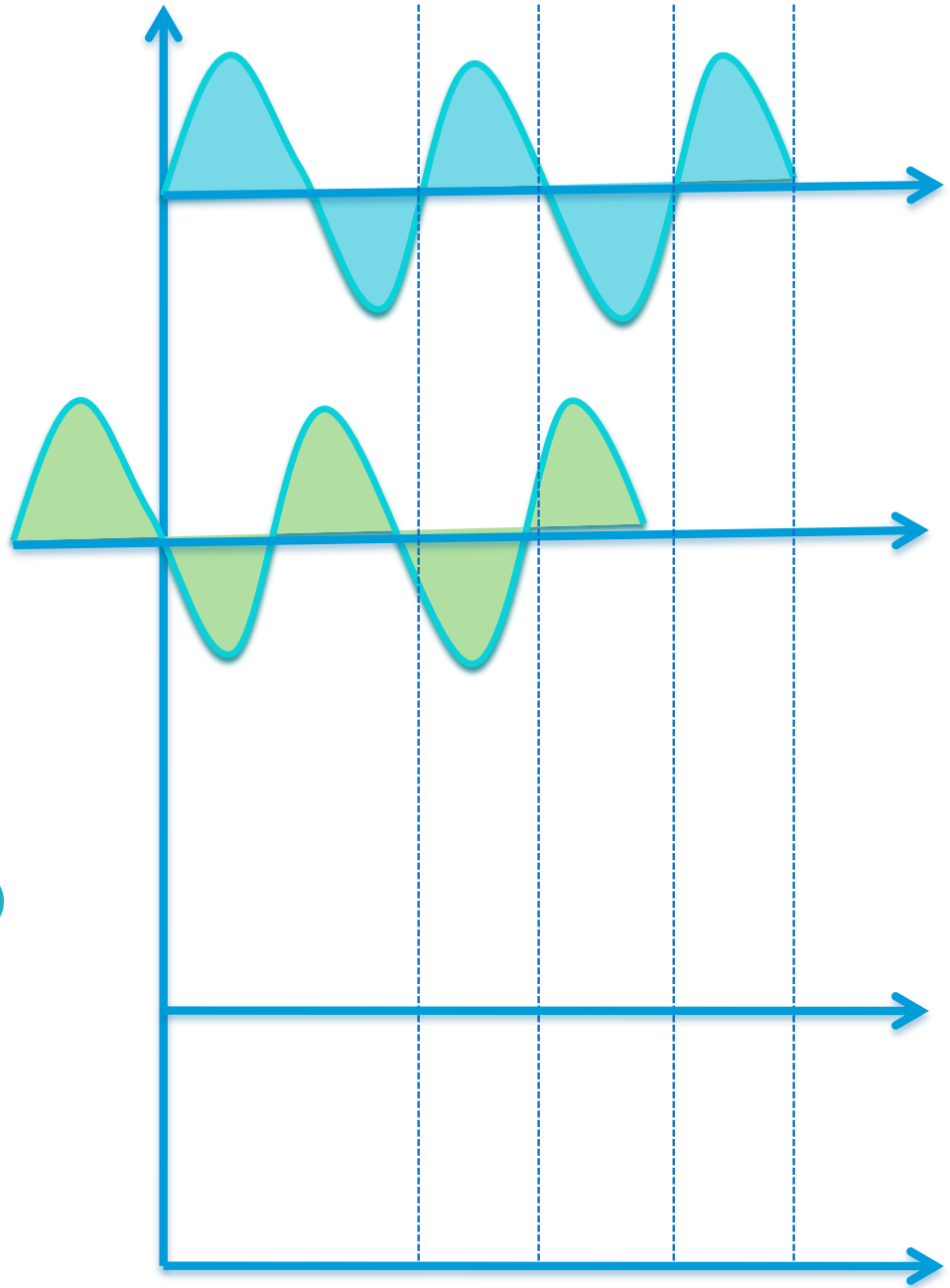
وفرق المسار يساوي

$\pm \lambda/2, \pm 3\lambda/2, \pm 5\lambda/2, \dots$

(1)

(2)

(3)



التداخل

التداخل	فرق الطور (φ)	فرق المسار (δ)
البناء	$\varphi = 2m\pi$ $= 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \dots$	$\delta = m\lambda$ $= 0, \pm\lambda, \pm 2\lambda, \pm 3\lambda, \dots$ $\delta = \varphi \cdot \lambda / 2\pi$
الهدام	$\varphi = (2m+1)\pi$ $= \pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi, \dots$	$\delta = (2m+1)\lambda/2$ $= \pm\lambda/2, \pm 3\lambda/2, \pm 5\lambda/2, \dots$

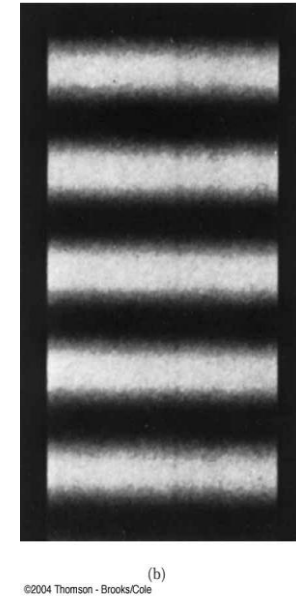
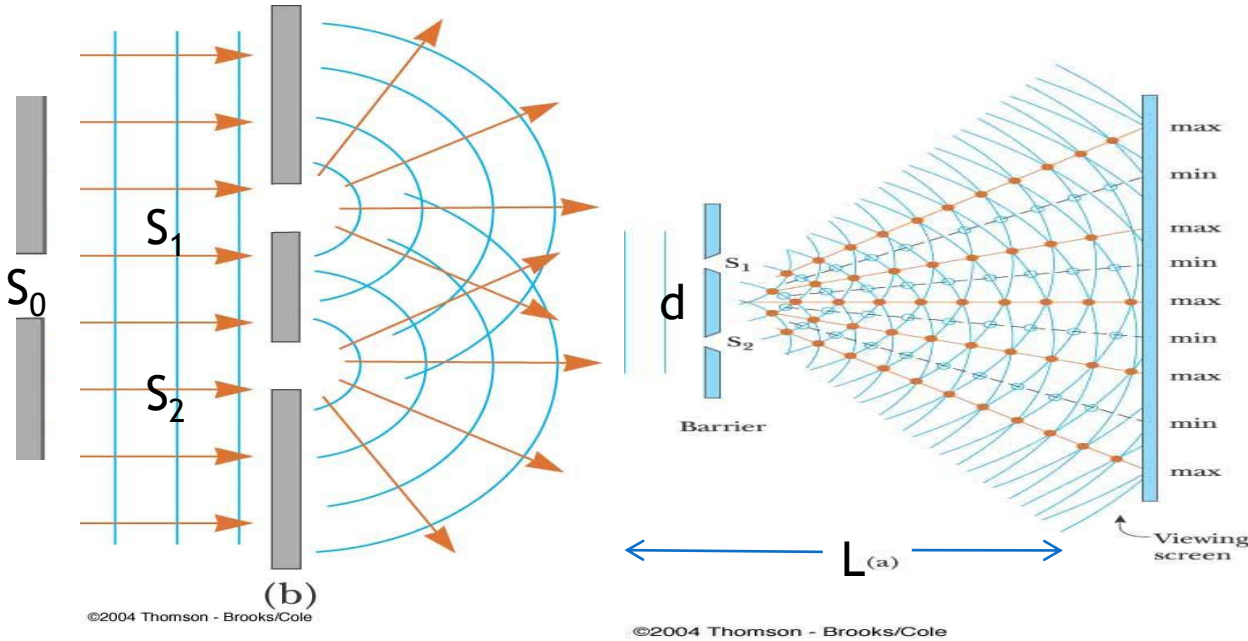
شرط التداخل :

الشرط الأساسي لتوليد التداخل هو أن يكون مصدرا الموجتين المتداخلتين مترابطين، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام منبع ضوئي نقطي وحيد يليه شقان مترابطان، ذلك لأن أي تغير في الطور يطرأ على المنبع النقطي يطرأ في الوقت نفسه على الشقين، فيظل فرق الطور بينهما ثابتاً على الدوام.

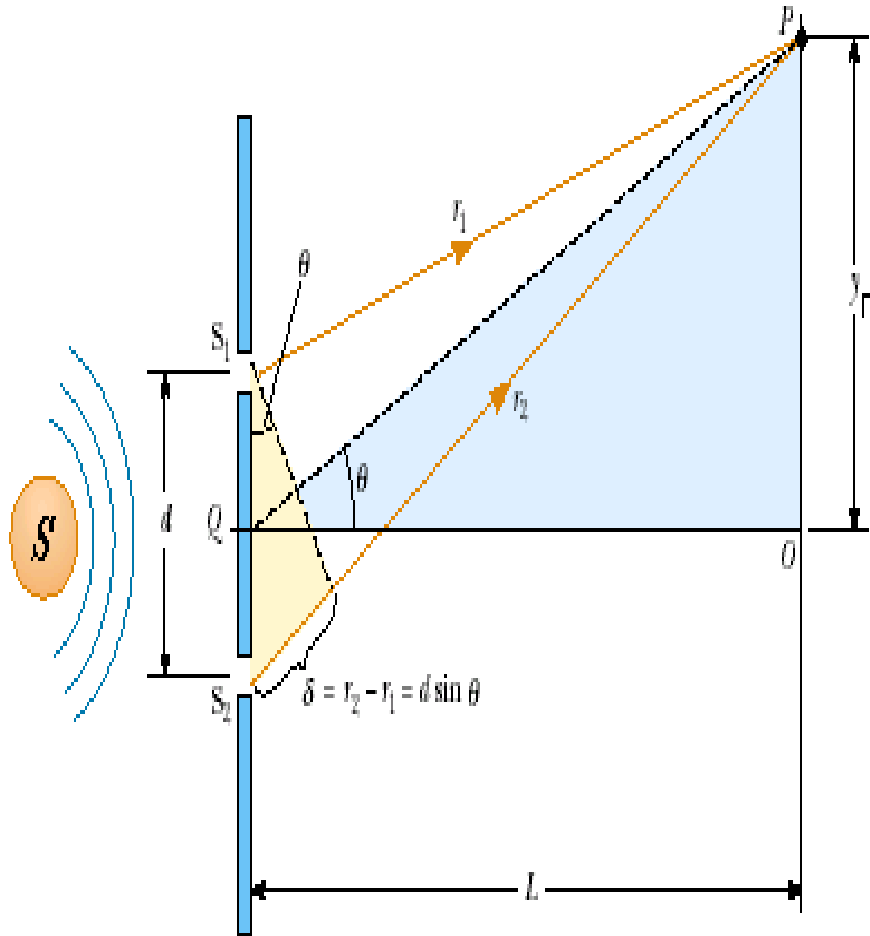
التداخل

شقي يونج:

مصدر ضوء أحادي الطول الموجي عند S_0 ، شقان ضيقان (S_1, S_2) متوازيان المسافة بينهما d يعملان كمصدرين لضوء مترابط لأن الضوء النافذ منهما له نفس جبهة الموجة الابتدائية. بذلك نحصل على موجتين ضوئيتين لهما نفس زاوية الطور والتردد ويسيران في نفس الاتجاه وب نفس السرعة .



تداخل الموجات الضوئية الصادرة من الشقين ينتج عنها أهداب عديدة ذات مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على الحاجز



التداخل البناء (مناطق مضيئة):

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

وعندما: $m = 0, \theta = 0$

تسمى الرتبة الصفرية

التداخل الهدام (مناطق مظلمة):

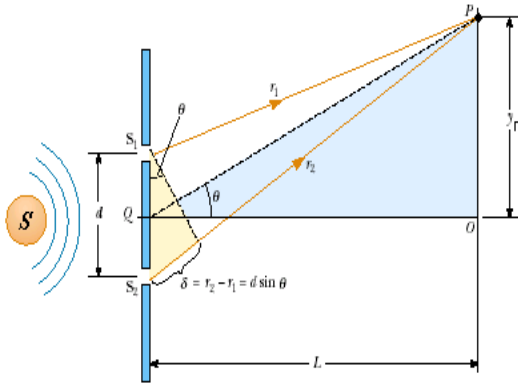
$$\delta = d \sin \theta = (2m+1) \lambda/2$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

وتسمى رتبة الهدب

التداخل

شقي يونج:



$$Y = m \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

موقع الأهداب المضيئة:

$$Y = (m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

موقع الأهداب المظلمة:

$$\Delta Y = \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

المسافة بين أي هديين متتاليين مضيئين أو مظلمين:

مثال : في تجربة شقي يونج للتداخل ، إذا كانت المسافة بين الشقين 0.5 mm ، والضوء الساقط طوله

الموجي 546.1 nm شوهدت أهداب التداخل على حاجز يبعد 1.5 m من الشقين . احسبي المسافة

بين القيمة العظمى المركزية وأول هذب مضيء ؟ و بين أول وثاني هذب مظلم ؟

$$\Delta Y = \frac{\lambda \cdot L}{d} = \frac{546.1 \times 10^{-9} \times 1.5}{0.5 \times 10^{-3}} = 1.6383 \times 10^{-3} \text{ m}$$

تداخل الضوء

<http://www.deyaa.org/inli080.htm>

التداخل وتجربة ينج

<http://www.deyaa.org/inter.html>

الحيود :هو انحناء الموجة حول **فتحة صغيرة** أو **حافة حادة** بشكل حائد عن خاصية سيره في خطوط مستقيمة .

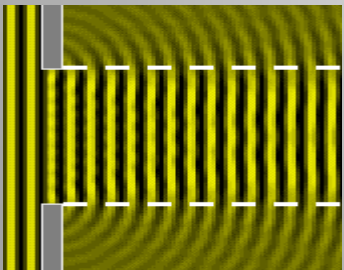
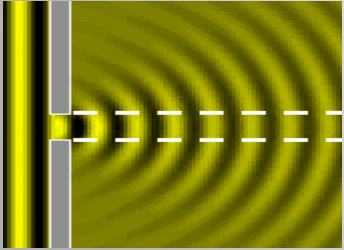
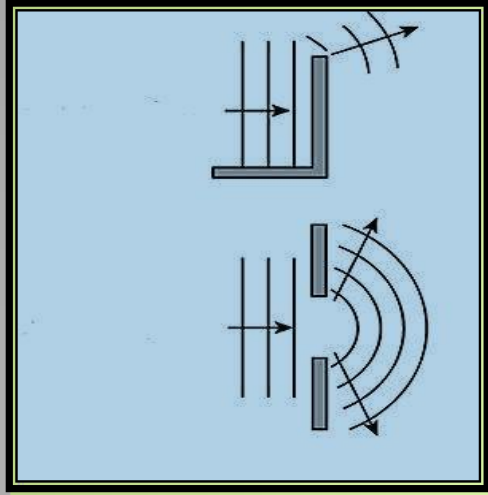
وتكون ظاهرة الحيود أوضح ما يمكن عندما يكون اتساع الفتحة مساوياً لطول الموجة أو أصغر منه قليلاً

يحدث الحيود في كل أنواع الموجات

كالموجات الصوتية ،الموجات الضوئية والموجات الكهرومغناطيسية بشكل عام
مثل الضوء المرئي وأشعة أكس وموجات الراديو . وتحدث ظاهرة
الحيود أيضاً مع الجسيمات الأولية مثل الإلكترون و النيوترين .

عند مرور الموجات من خلال **فتحة أصغر من الطول الموجي** للموجات المستخدمة فإن جبهة الموجة التي تصطدم بالفتحة تعمل كمصدر لموجة ثانوية تنتشر عبر الفتحة على شكل دوائر متحدة المركز، مركزها هو الفتحة فيكون مقدار الانحناء أكبر .

أما في الحالة التي تكون **الفتحة أكبر من الطول الموجي** فإن الفتحة تعمل كجزء من جبهة الموجة .



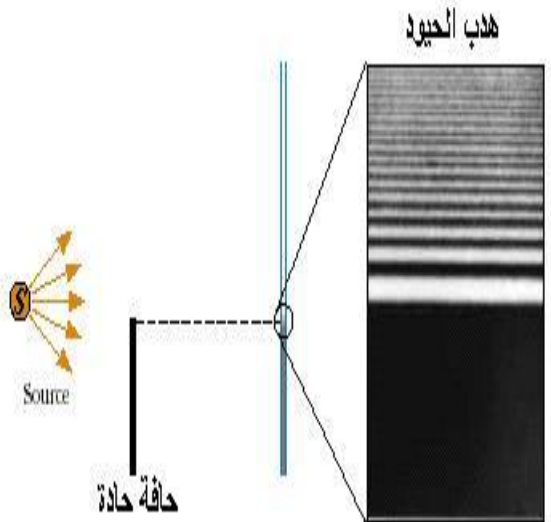
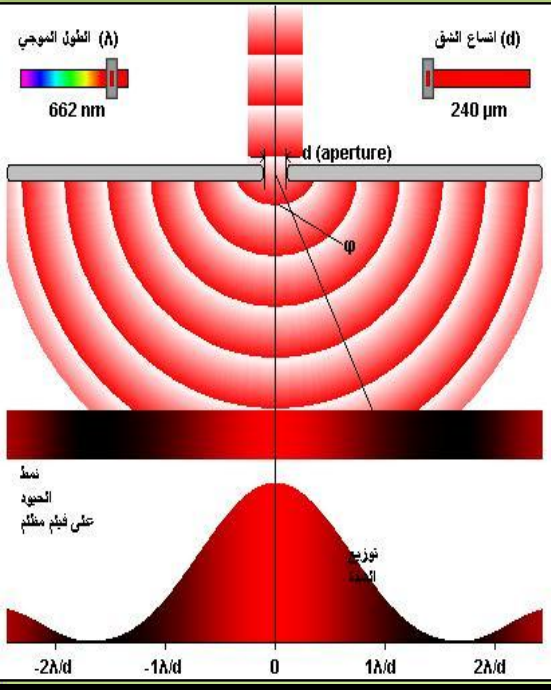
البصريات الموجية

الحيود Diffraction

تفسير الحيود باستخدام مبدأ هيجنز :

يمكن اعتبار عدة نقاط تعمل كل منها كموجات ثانوية تشترك في عمل جبهة جديدة لموجة تنتشر عبر الفتحة ومقدار انحناء الجبهة الجديدة أقل من الحالة الأولى.

وعند وضع حاجز لا يسمح بنفاذ الضوء من خلاله ولكن طرفه حاد ويمر الضوء من نفس مستواه يتكون ظل هندسي بسبب عدم عبور الضوء للحاجز ، ويلاحظ عبور جزء من الضوء إلى منطقة الظل أي أن الضوء انحنى ولم يلتزم بالانتشار في خطوط مستقيمة عند مروره بهذه الحافة الحادة ، كما يلاحظ أن المنطقة الخارجية التي فوق الظل الهندسي تحتوي على نطاقات مظلمة ومضيئة ، والشدة في المنطقة الأولى أكثر من الشدة في المناطق ذات الإضاءة المتدرجة في الشدة.



ينقسم حيود الأشعة الضوئية إلى نوعين :

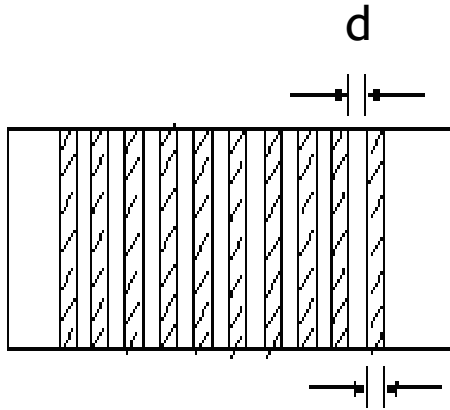
1-حيود فراونهوفر :

وهو الذي ينشأ عندما يكون المصدر الضوئي والحائل الذي يتكون عليه نموذج الحيود على مسافات بعيدة من الفتحة أو الحافة الحادة المسببة لهذا الحيود ، ويمكن رؤية هذا النوع من الحيود بسهولة بتحويل الضوء المنبعث من مصدر ما إلى حزمة ضوئية متوازية باستخدام عدسة ثم تركيزها بؤرياً على حاجز أي كأن المصدر والحاجز نقلاً إلى ما لا نهاية.

2-حيود فرنل :

وهو الذي ينشأ عندما يكون المصدر الضوئي أو الحاجز أو كلاهما على مسافة محدودة من الفتحة الحافة الحادة المسببة للحيود.

محزوز الحيود

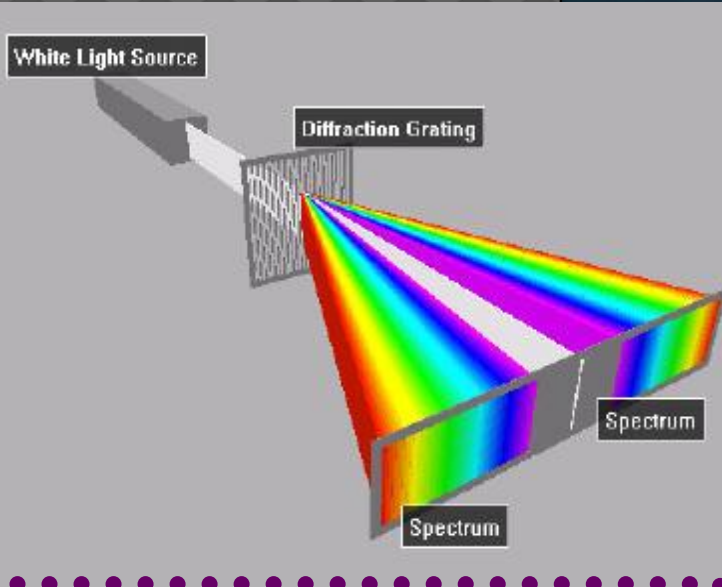


محزوز الحيود عبارة عن حائل به فتحات عديدة فهو يتركب من شريحة زجاجية عليها خدوش قد تصل إلى 6000 خط في السنتيمتر الواحد وتكون على شكل خطوط متوازية تم عملها بواسطة سن مدبب من الألماس. عند سقوط الأشعة الضوئية على المحزوز فإن الأشعة الخارجة منه تبدي حيود فرنفوفر من خلال فتحات عديدة ، حيث يمر الضوء من خلال الأجزاء غير المخدوشة أي بين خطوط المحزوز حيث تعمل عمل فتحات .

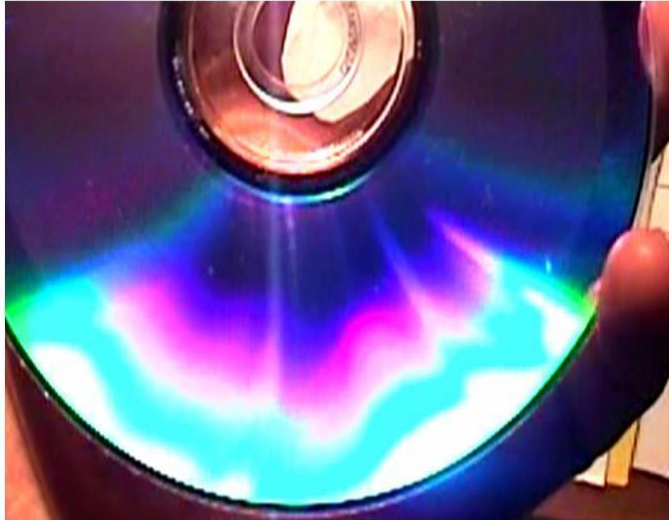
البصريات الموجية

الحيود Diffraction

إذا استعملنا مصدراً ضوئياً له طيف خطي فإن الضوء الخارج من محزوز الحيود يتحلل إلى ألوان الطيف ويكون كل لون له زاوية حيود خاصة به



Halogen light being diffracted by a DVD



Why is this so different from the CD pattern?

يمكن لتأثيرات الحيود أن تُرى في مشاهدات الحياة اليومية وأكثر الأمثلة دليلاً على الحيود: الأقراص المدمجة (DVD & CD)
حيث يوجد بها مسارات دائرية متقاربة تتصرف كمحزوز حيود لتشكل لنا ألوان الطيف على هذه الأقراص.

الحيود

<http://deyaa.org/sit098.html>

http://www.walter-fendt.de/ph14ar/singleslit_ar.htm