مقرر: ضوء فيزيائي (210 ف)-إجبارى

برنامجي: الفيزياء + الفيزياء و علوم الحاسب
كلية العلوم

A course Presented by:

Dr./ Ahmed S. El-Tawargy

د./ أحمد صلاح الدين التوارجي

Lecturer of experimental physics

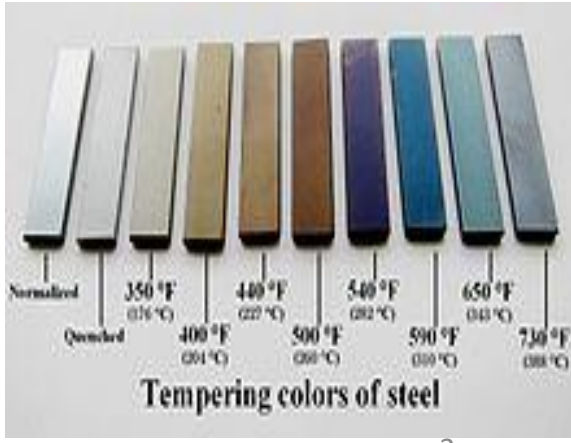
Lecture (7)

النوع الثاني: التداخل بواسة تقسيم السعة

أولاً: التداخل فى حالة الأغشية الرقيقة thin films

عند سقوط ضوء على غشاء رقيق كغشاء فقاعة صابون فإن جزء من الضوء الساقط ينعكس من السطح العلوي للغشاء و جزء آخر ينفذ خلال الغشاء لينعكس منه جزء على السطح الداخلي السفلي للغشاء. و هذا الجزء الأخير بعد الانعكاس يتجه لأعلى ليلتقي بالجزء المنعكس الأول. و لكن بالتقاء هذين الشعاعين فإن بينهما فرق مسار و بالتالي سيكون هناك فرق في الطور مسبباً تداخل ضوئي.

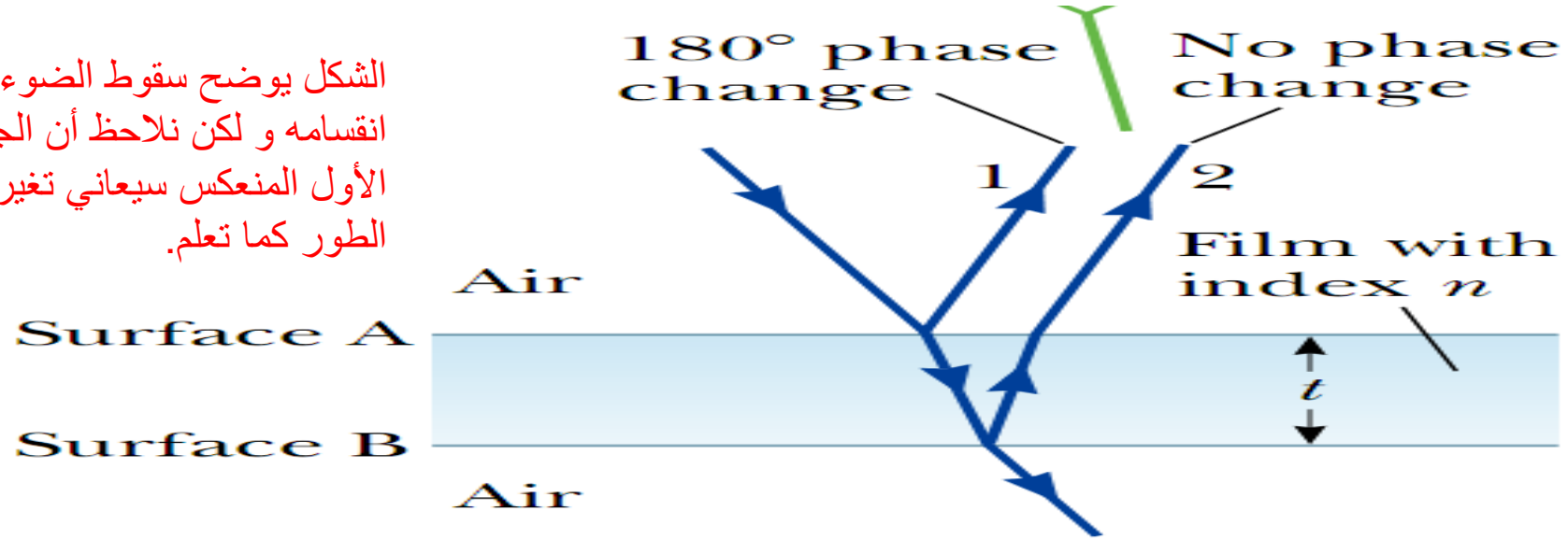
إذا كان الضوء الساقط في الأساس أبيض فإننا سنلاحظ الألوان كما بالصور ناتجة عن التداخل.

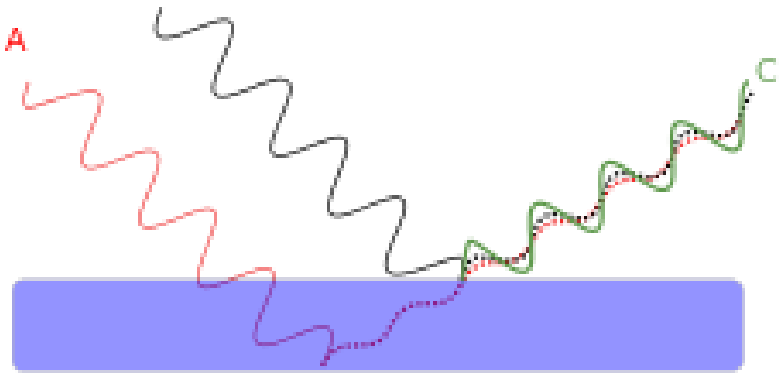


Thin films are used commercially in anti-reflection coatings, mirrors, and optical filters. They can be engineered to control the amount of light reflected or transmitted at a surface for a given wavelength.

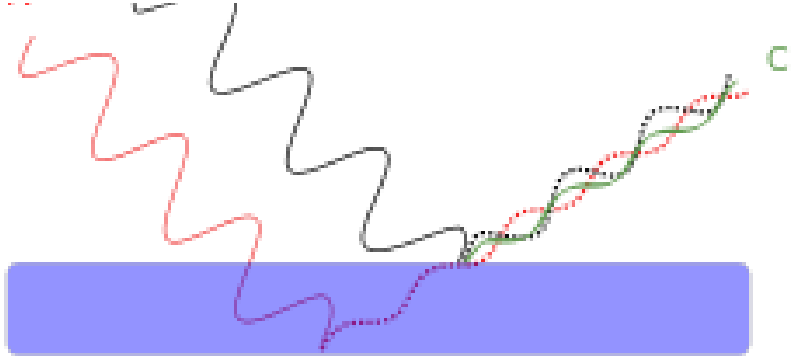
للأغشية الرقيقة كثير من التطبيقات كاستخدامها في المرشحات الضوئية و الأجهزة الاكترونية و غيرها الكثير.

الشكل يوضح سقوط الضوء و انقسامه و لكن نلاحظ أن الجزء الأول المنعكس سيعاني تغيراً في الطور كما تعلم.





Constructive interference



Destructive interference

The optical path difference (OPD) of ***the reflected light***

لحساب فرق المسار بين الشعاعين المنعكسين نستخدم لشكل المقابل

$$OPD = n_2(AB + BC) - n_1(AD)$$

$$AB = BC = \frac{d}{\cos\theta_2}$$

$$AD = 2d\tan(\theta_2)\sin(\theta_1)$$

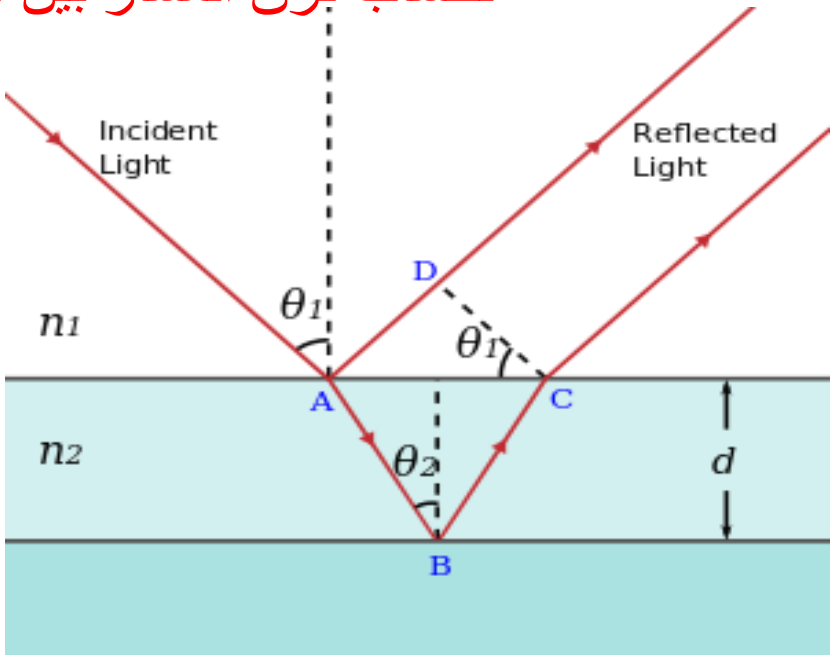
But, Snell's law of refraction states that

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$OPD = n_2\left(\frac{2d}{\cos\theta_2}\right) - 2d\tan(\theta_2)\, n_2 \sin(\theta_2)$$

$$OPD = 2n_2\, d\left(\frac{1-\sin^2\theta_2}{\cos\theta_2}\right)$$

$$OPD = 2n_2\, d\cos\theta_2$$



نلاحظ أن هذه الحالة عكس ينج

من المفترض أن شرط التداخل البناء $OPD = 2n_2\, d\cos\theta_2 = n\lambda$

و لكن لحدوث تغير في الطور للشعاع المنعكس أولا سيكون شرط التداخل البناء هو

$$OPD = 2n_2\, d\cos\theta_2 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

و يكون شرط التداخل الهدام هو

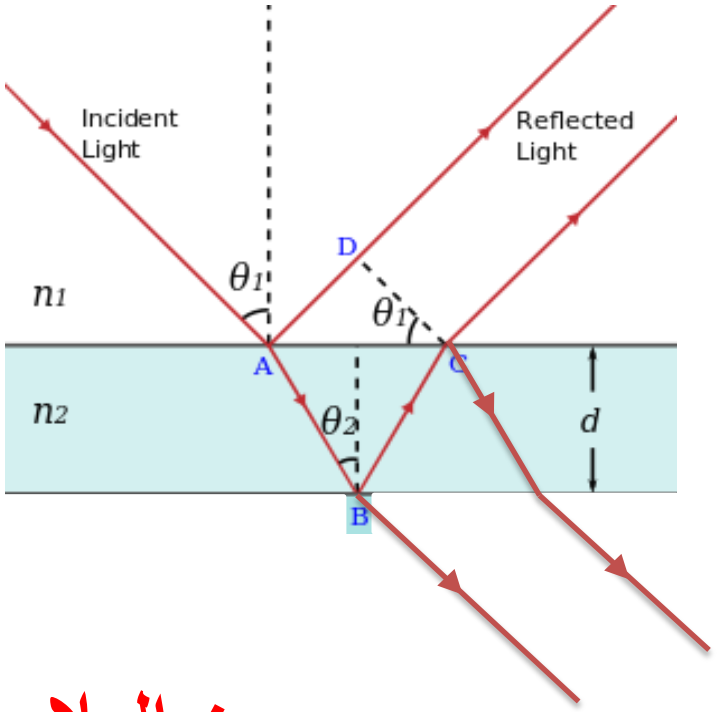
$$OPD = 2n_2\, d\cos\theta_2 = n\lambda$$

The optical path difference (OPD) of ***the transmitted light***

يمكن حدوث تداخل أسفل الغشاء (بعد النفاذ) و لكن هنا لن يحدث تغير في الطور للآشعة المتداخلة

بنفس الطريقة يُمكن اثبات أن

$$OPD = 2n_2\, d \cos\theta_2$$



و نظراً لعدم تغير الطور بالانعكاس نجد أن شرط التداخل البناء كما في حالة ينج

$$OPD = 2n_2\, d \cos\theta_2 = n\lambda$$

و كذلك شرط التداخل الهدام

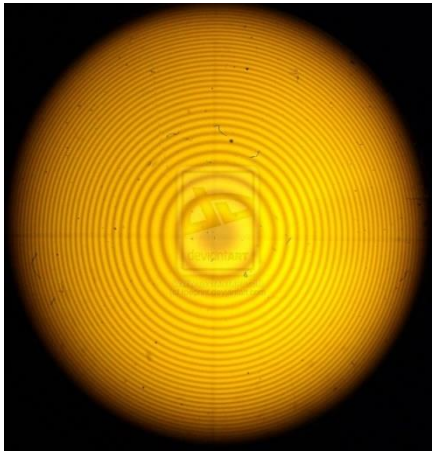
$$OPD = 2n_2\, d \cos\theta_2 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

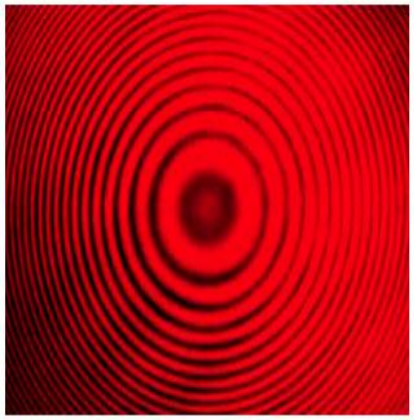
من الملاحظ أن هذه الحالة مثل حالة ينج

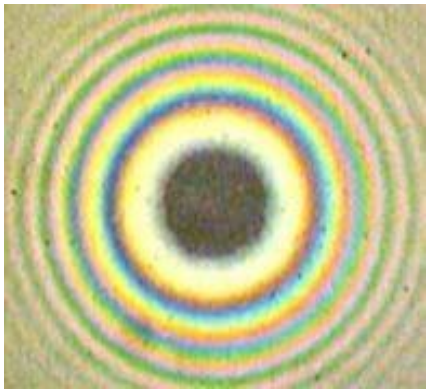
و لكن ماذا يحدث فى حالة تدرج سُمك الغشاء؟

حلقات نيوتن *Newton's rings*

هدب تداخل عبارة عن حلقات دائرية متحدة المركز

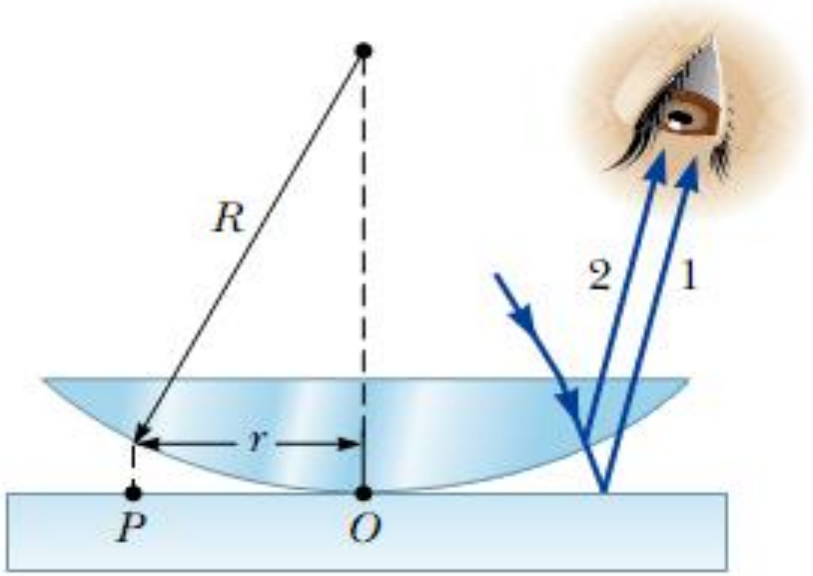






كيف تتكون حلقات نيوتن؟

ظاهرة حلقات نيوتن، التي تحمل اسم اسحق نيوتن، هو شكل من اشكال تداخل الضوء يحدث بسبب ظاهرة انعكاس الضوء بين سطحين—بين سطح مستوى وسطح كروي متجاوران. عندما يُنظر إليها مع ضوء أحادي اللون تبدو كسلسلة من الحلقات أو الدوائر متحدة المركز، مضيئة ومظلمة بالتناوب بحيث يكون مركز الحلقات عند نقطة الاتصال بين السطحين. وعندما ينظر إليها مع الضوء الأبيض، فإنها تشكل حلقة مركزية من ألوان قوس قزح بسبب اختلاف الأطوال الموجية للضوء الاتى تتداخل عند ابعاد مختلفة من سمك طبقة الهواء بين السطحين. الحلقات المضيئة سببها التدخل البناء بين أشعة الضوء المنعكس من كل من السطحين، في حين أن الحلقات المظلمة سببها التدخل الهدام. وأيضا يلاحظ ،ان الحلقات الخارجية متقاربة على نحو أوثق من تلك الداخلية.



فرق المسار و فرق الطور

فرق المسار $2\mu t\cos\theta$

$\mu = 1$ for air thin film

$\cos\theta = 1$ for normal incidence

فرق المسار = 2t

من هندسة الشكل $R^2 = r^2 + (R-t)^2$

$$R = \frac{r^2 + t^2}{2t}$$

For large R $t^2 << r^2$

$$t = \frac{r^2}{2R} \qquad 2t = \frac{r^2}{R}$$

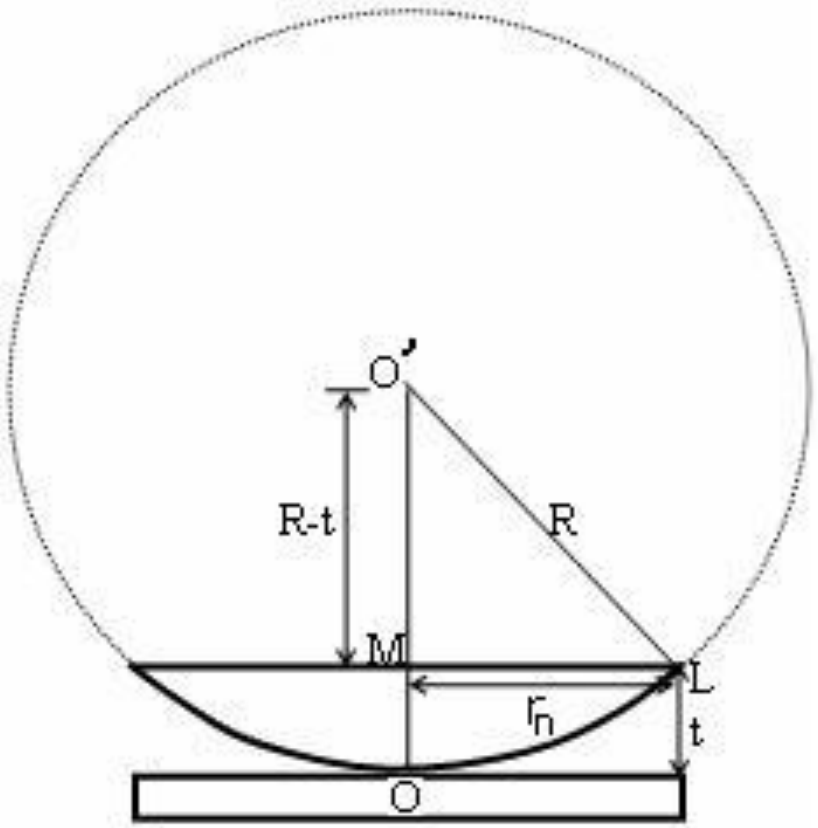
$$2t = \frac{r^2}{R} = n\lambda \qquad 2t = \frac{r^2}{R} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

Destructive interference

Constructive interference

الحلقة المركزية مُظلمة

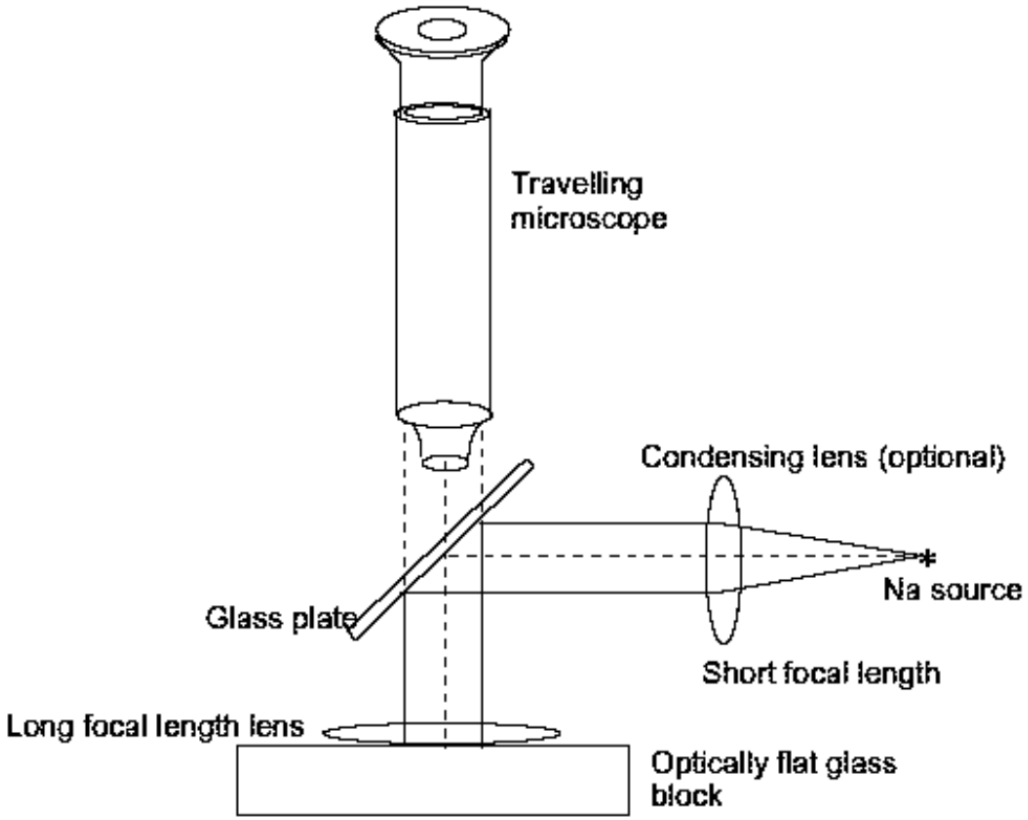
و يحدث العكس فى حالة النفاذ



- نصف قطر تكور العدسة **R**
- سُمك الغشاء الهوائى **t**
- بُعد الحلقة (الهدبة) عن نقطة تلامس العدسة مع السطح الزجاجى **r**

$$t = \frac{r^2}{2R} + t_o$$

فى حالة ارتكاز العدسة على شريحة أخرى سُمكها t_o يكون:



n	1	2	3	4	5	6	7
r cm							
r^2 cm^2							

مثال:

فى تجربة حلقات نيوتن المتكونة بالانعكاس تم استخدام عدسة محدبة مستوية نصف قطر تكورها 50 cm و كان الضوء المستخدم طوله الموجى 589 nm احسب سمك غشاء الهواء المحصور بين العدسة و السطح الزجاجى عند موضع الهدبة المُظلمة العاشرة.

احسب قطر هذه الهدبة.

الحل:

R= 50 cm, λ= 589 nm, n=10, t=?, 2r=?

$$2t = \frac{r^2}{R} = n\lambda$$

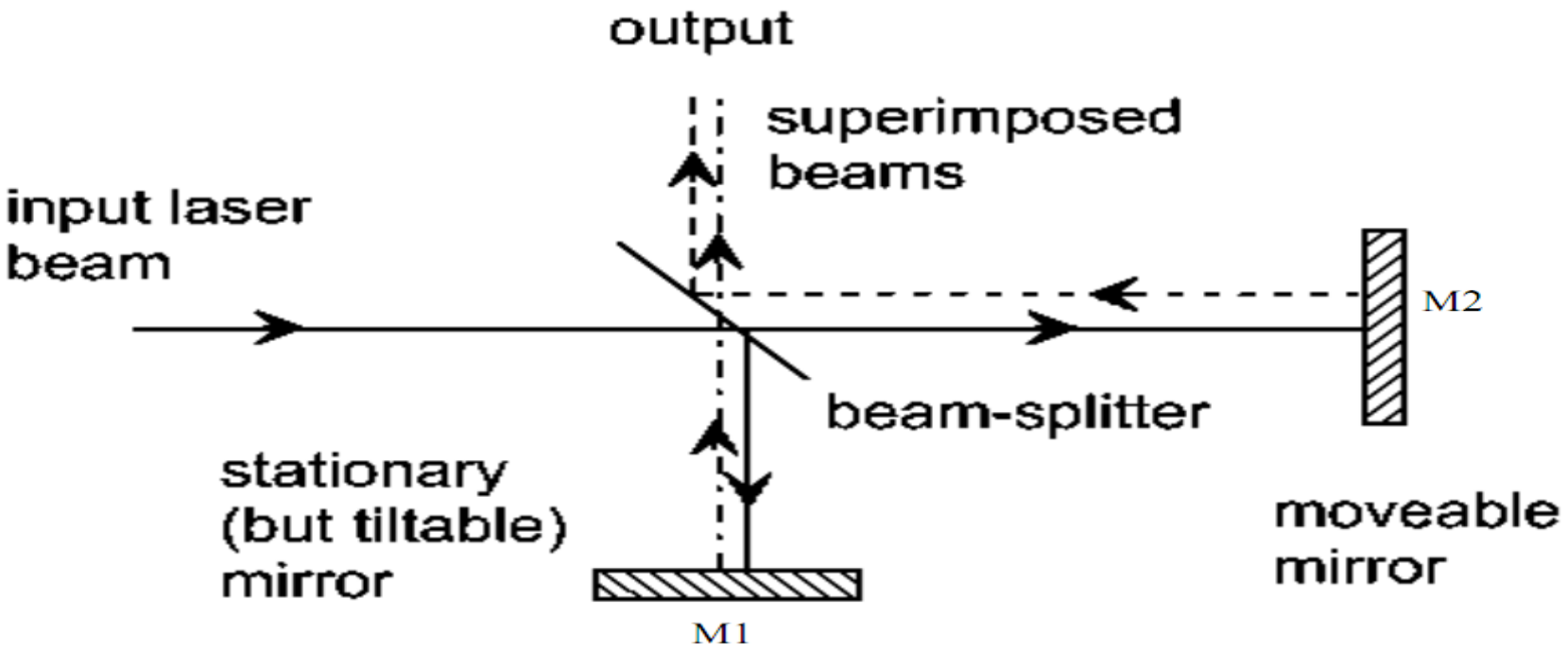
$$t = \frac{n\lambda}{2} = \frac{10 \times 589 \times 10^{-7}}{2} = 2.945 \times 10^{-4}\ cm = 2.945\ \mu m$$

$$r = \sqrt{nR\lambda} = \sqrt{10 \times 50 \times 589 \times 10^{-7}} = 0.1716\ cm = 1.716\ mm$$

$$2r = 3.432\ mm$$

Michelson interferometer

مقياس مايكلسون للتداخل هو مقياس تداخل الموجات ابتكره الفيزيائي ألبرت ميكلسون .
في الحالة المعتادة تستخدم مصادر ضوئية ، وغالبا ما تكون مصدر ليزر وتجرى بواسطته تجارب التداخل . وفي التجربة يتم شق الشعاع الضوئي إلى شقين بواسطة "مقسم الشعاع beam splitter " ، وبعد انعكاسهما على أنفسهما وتقابلهما يمكن أن يحدث تداخلهما .



الحلقة المركزية مُضيئة
مثل ينج
و ذلك فى حالة تساوى المساران و تعامد المرايا تماما

Constructive interference التداخل البناء

$$OPD=2n_2\ d\cos\theta_2=n\lambda$$

Destructive interference التداخل الهدام

$$OPD = 2n_2\ d\cos\theta_2 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

Michelson Interferometer Animation

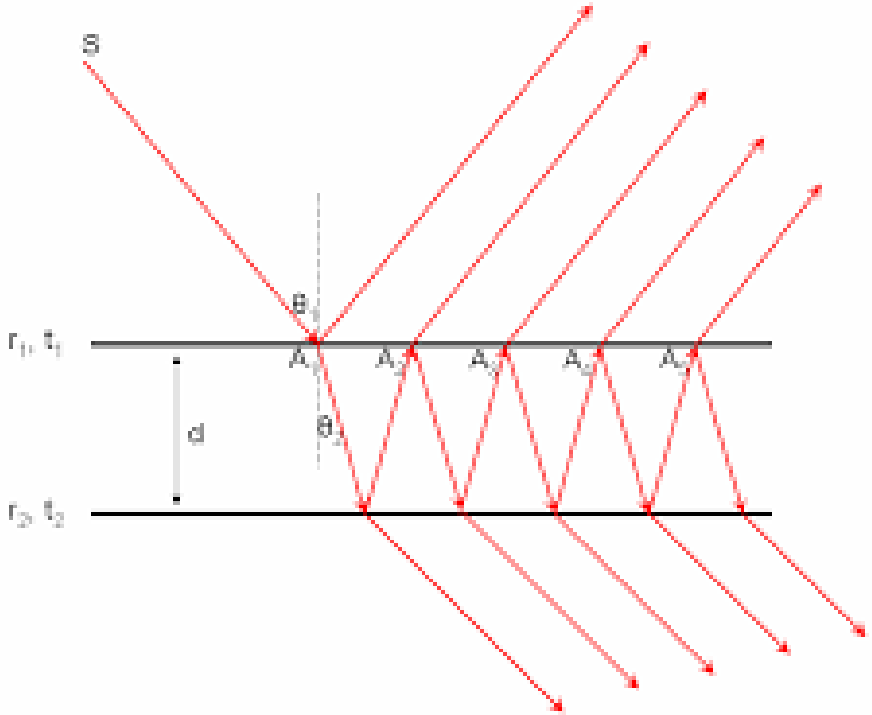
https://www.youtube.com/watch?v=UA1qG7Fjc2A

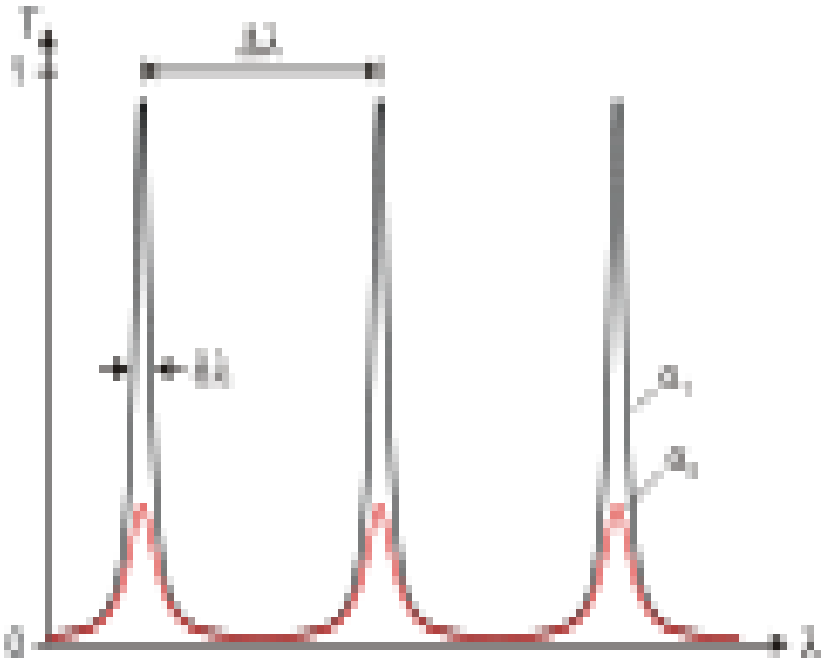
Newton's Rings - Amrita University

https://www.youtube.com/watch?v=PU-SeNfIRcs

Multiple-beam interference التداخل متعدد الآشعة

كل ما سبق كان التداخل يحدث بين شعاعين ضوء فقط عند كل نقطة على الحائل و لكن يُمكن أن يكون التداخل بين أكثر من شعاع عند نفس النقطة مثل ما بالشكل.
يحدث ذلك نتيجة تقسيم الشعاع الأصلي أكثر من مرة و معاناته انعكاسات متتالية.
و يكون توزيع الشدة الضوئية الناتج مختلفا عن حالة التداخل ثنائي الآشعة.





- Depends on reflectivity and transitivity of surfaces.
- Non-equal (bright and dark) fringes.

Lecture (8)

What to learn in this lecture?

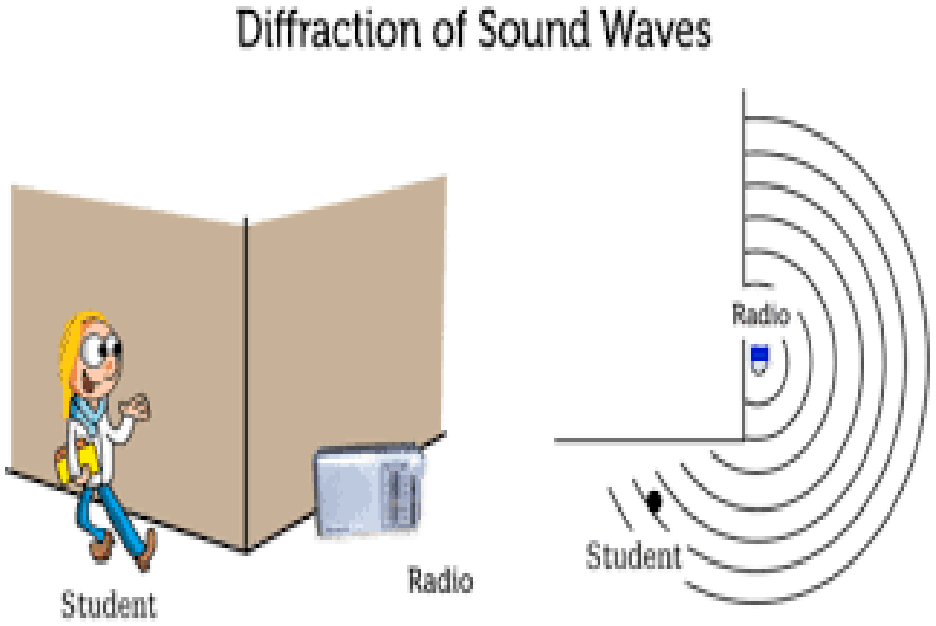
- Diffraction of light waves
  حيود موجات الضوء

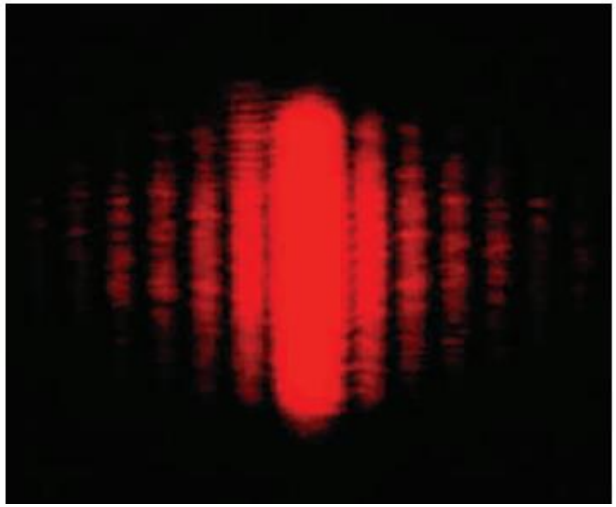
- Diffraction Grating
  محزوز الحيود

Diffraction of light حيود الضوء

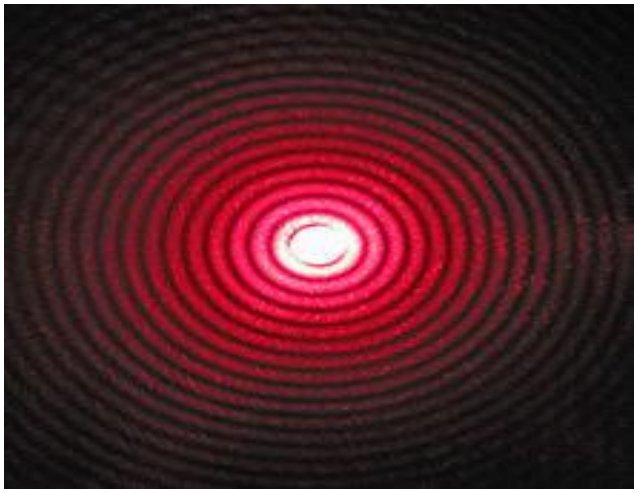
انحراف أو حيود الضوء يشير في العادة إلى ظواهر طبيعية عديدة تحدث عند اصطدام موجة (ضوئية أو صوتية أو غيرها) بعائق وتوصف بأنها انحناء شديد الوضوح للموجات حول عوائق صغيرة وانتشار الموجات من خلال فتحات صغيرة.

Diffraction of water waves

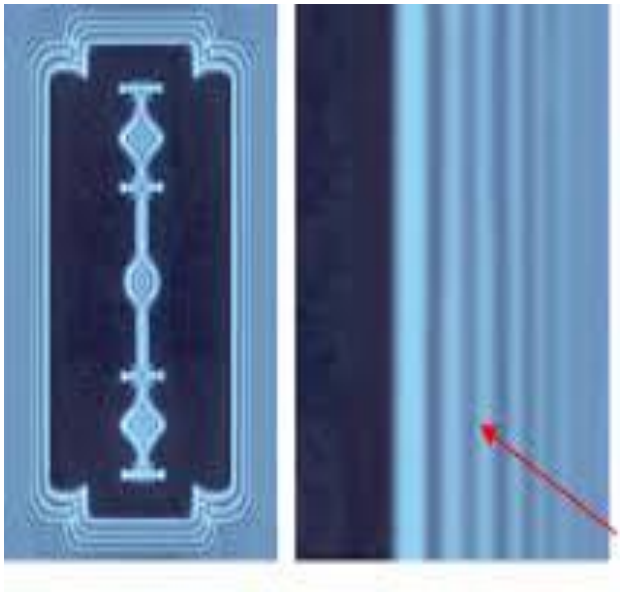


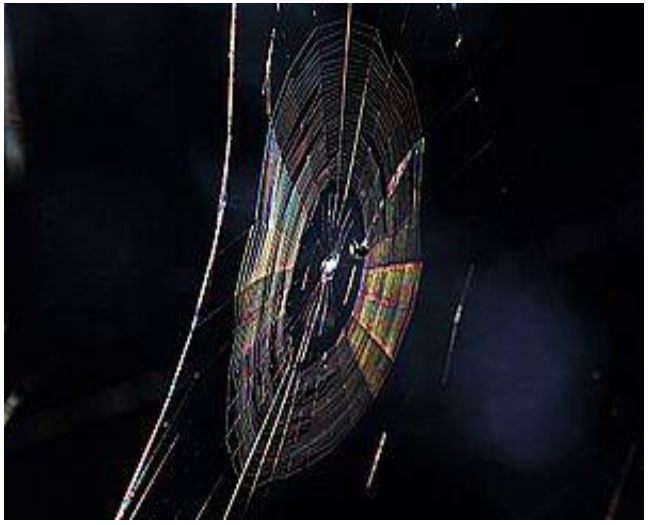


The diffraction pattern that appears on a screen when light passes through a narrow vertical slit.



Diffraction pattern of red laser beam made on a plate after passing through a small circular aperture in another plate

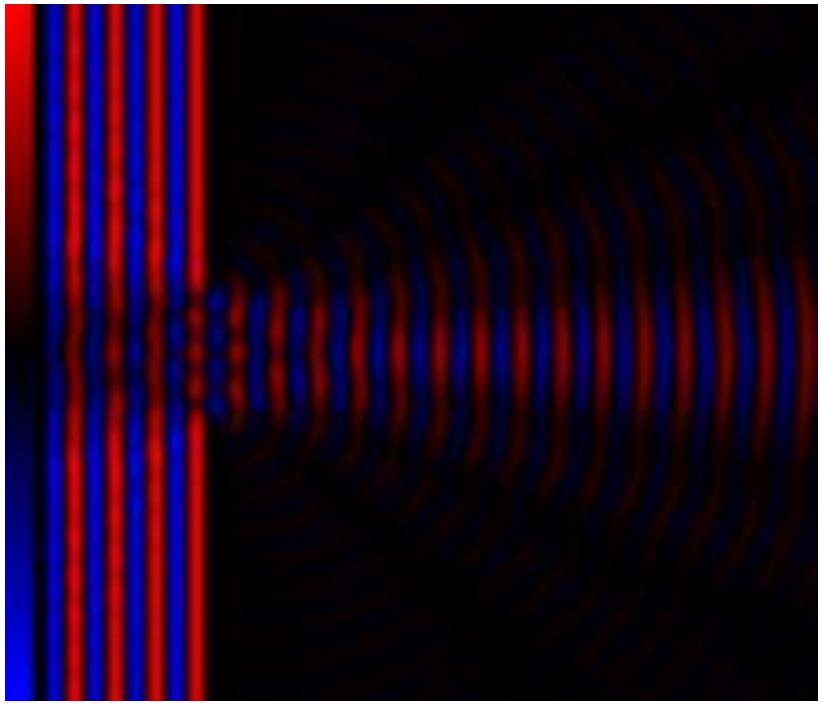




Diffraction on a sharp metallic edge

https://www.youtube.com/watch?v=X38rQWRUjXU&feature=youtu.be

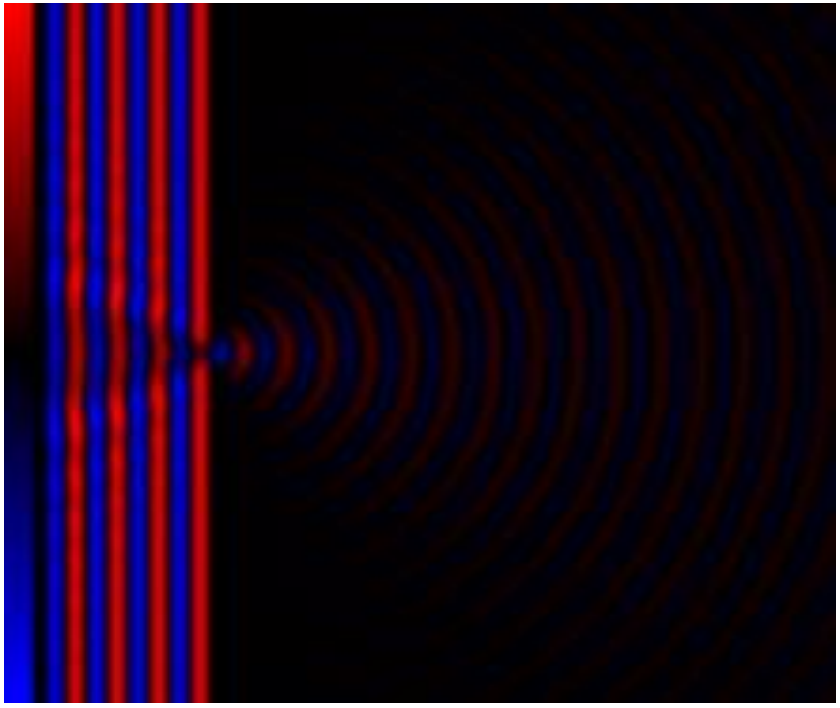
الحيود



Diffraction of a scalar wave passing through a 4-wavelength-wide slit

حيود الضوء من فتحة عرضها 4 أضعاف الطول الموجي

من الواضح حدوث تداخل بين المصادر الثانوية التي نتجت من الحيود



Diffraction of a scalar wave passing through a 1-wavelength-wide slit

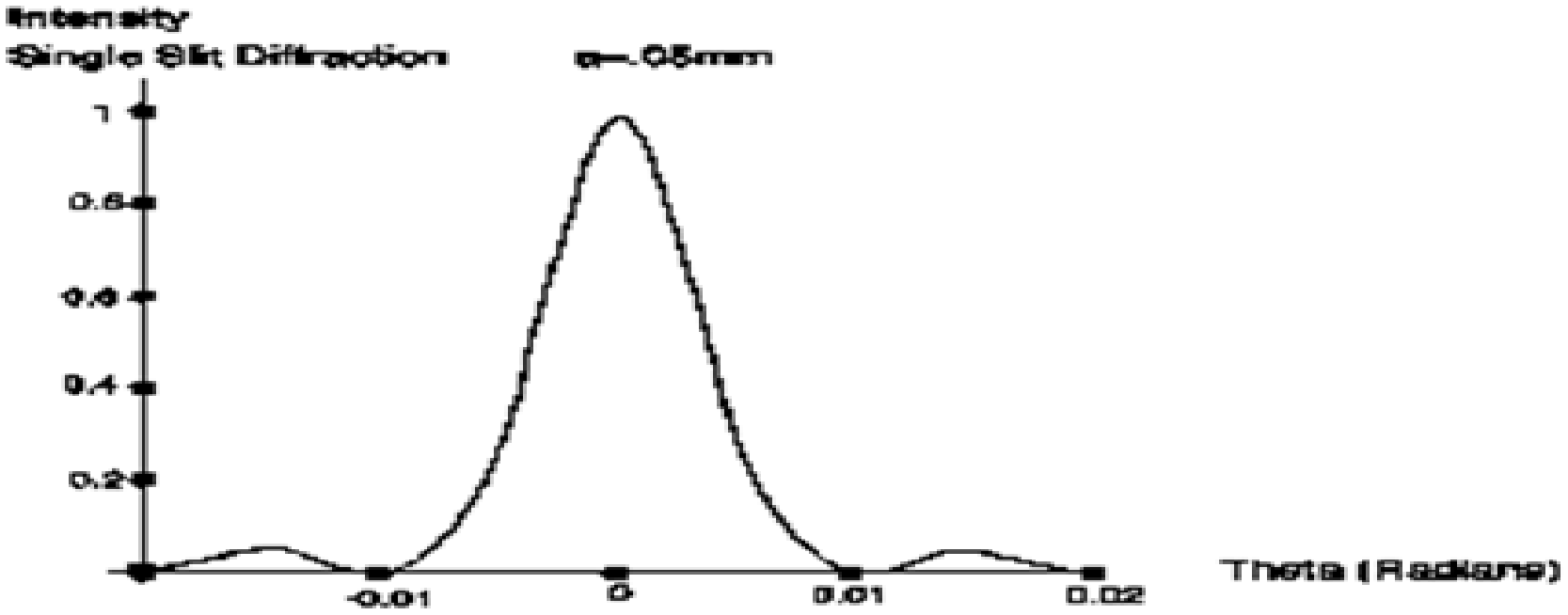
حيود الضوء من فتحة عرضها طول موجي واحد

مبدأ هيجنز

افترض هيجنز أن كل نقطة على صدر الموجة تعتبر مصدراً جديداً لمويجة تنتشر بنفس سرعة الموجة الأصلية.

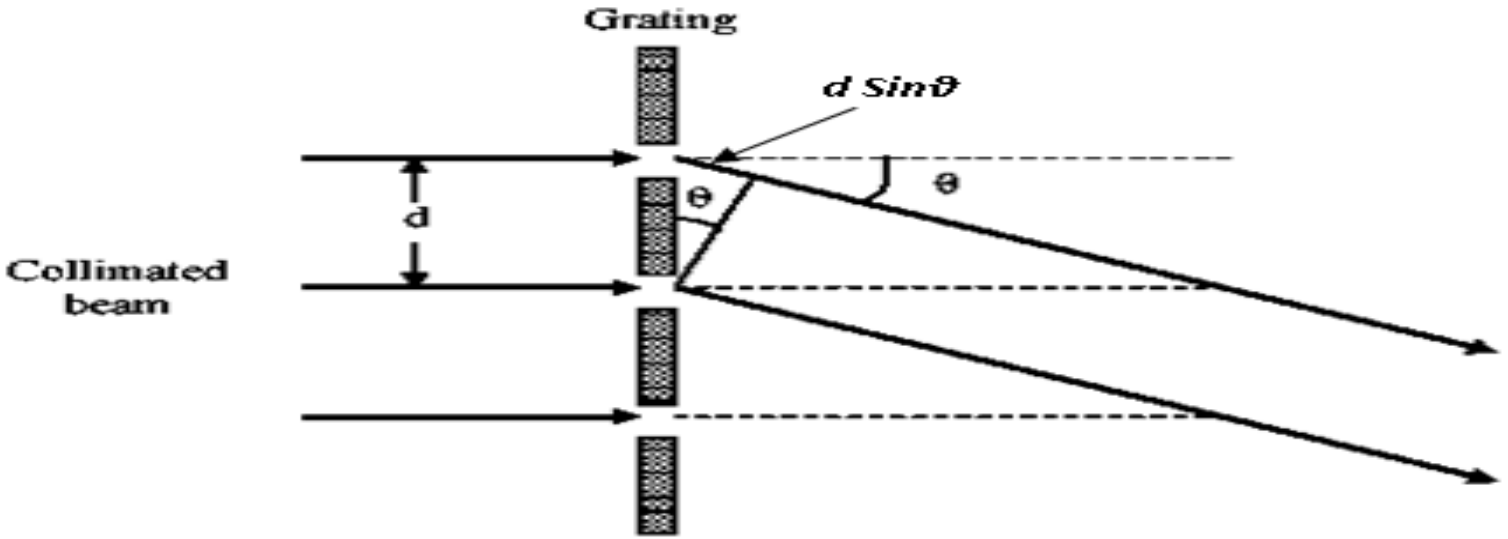
تم استخدام هذا المبدأ لتفسير ظاهرة الحيود, فعند عبور الموجات الضوئية خلال فتحة ضيقة فإن الفتحة تكون مصدراً لموجات تنتشر على شكل نصف كرة بعد الحائل الموجود به الفتحة.

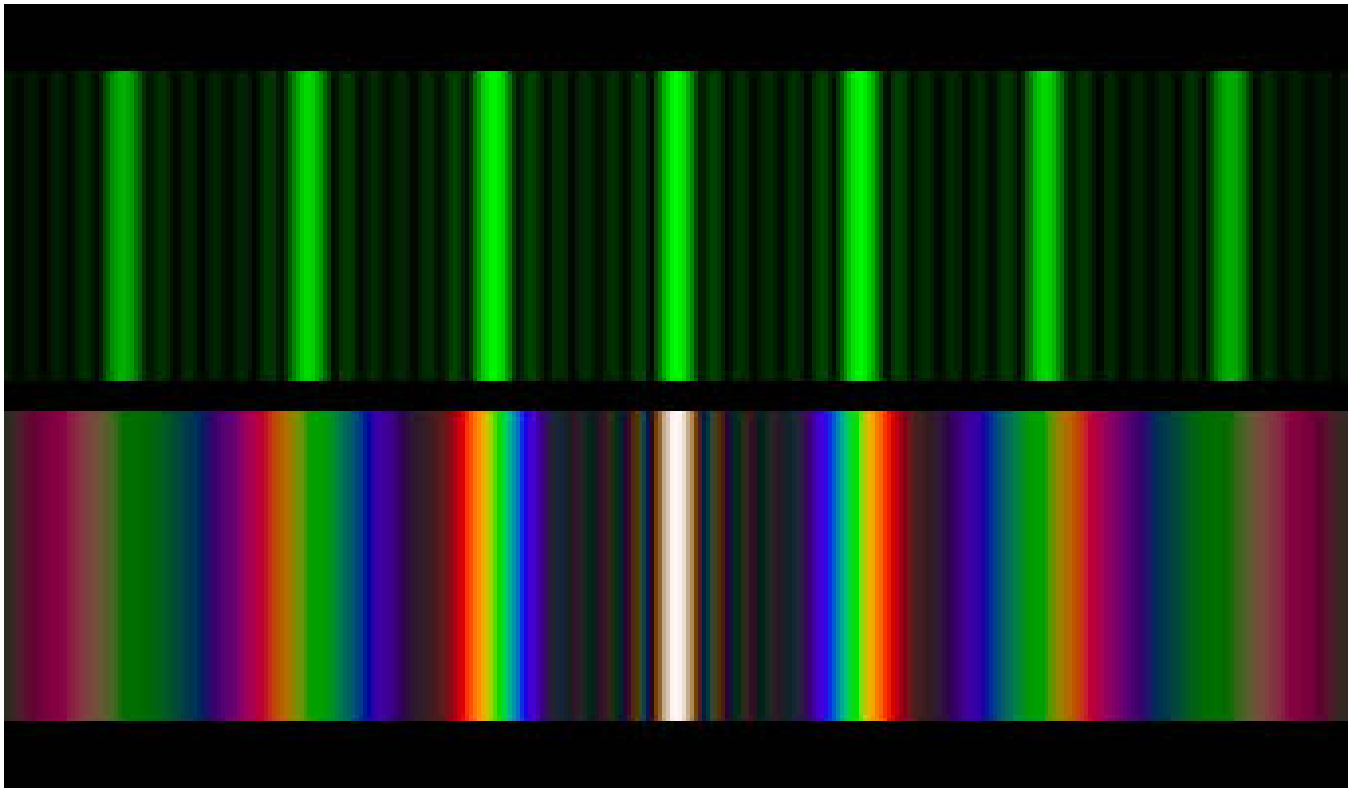
ينتج عن الحيود هدب يمكن رصدها و يكون توزيع الشدة الضوئية لها محتلفاً عما درسناه في حالة التداخل.
الشكل التالي يبين شكل توزيع شدة ضوئية ناتجة عن حيود خيث يوجد هدبة مركزية شديدة الاضاءة و حولها هدب أقل منها كثيرا في الشدة



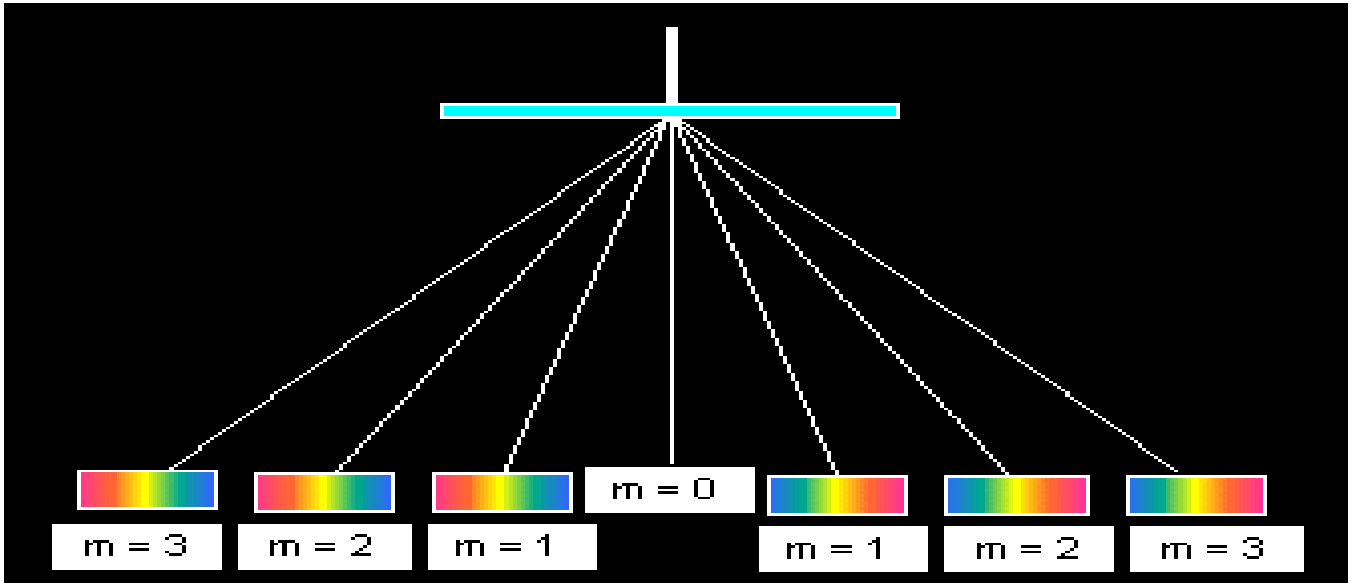
محزوز الحيود (عديد الفتحات) *Diffraction Grating*

لقد تم اقتراح فكرة محزوز الحيود لأول مرة بواسطة الفلكى الأمريكى ديفيد رايتنهاوس David Rittenhouseعام 1785 و لكن تم تجاهله حتى أُعيد تقديمه بواسط فرونهوفر Fraunhofer عام 1819. يستخدم المحزوز فى تحليل analyzing مصادر الضوء المختلفة. يتم تصنيع محزوز الحيود بعمل فتحات grooves متوازية على مسافات متساوية من بعضها على سطح زجاجى أو معدنى و تكون هذه الفتحات متساوية الإتساع. لذلك يتكون المحزوز من عدد كبير جداً من الشقوق slits المتوازية و التى يصعب رؤيتها بالعين المجردة لدقتها. عادة, يتم عمل هذه الشقوق بحفر etching خطوط متوازية على لوح زجاجي glass plate أو على شريحة فوتوغرافية photographic slide. إذا تم تصميم المحزوز لكى يمر الضوء خلاله فإنه يُسمى محزوز نفاذ transmission grating و إذا تم تصميمه من مواد عاكسة فإنه يُسمى محزوز عاكس reflection .grating





The diffraction pattern produced by a monochromatic light source (top) and a white light source (bottom) incident on a diffraction grating



Multiple Slit Diffraction

http://www.cabrillo.edu/~jmccullough/Applets/optics.html

Lecture (9)

What to learn in this lecture?

- Polarization of light waves

استقطاب موجات الضوء

Polarization الاستقطاب

- ينتشر الضوء غير المستقطب في جميع الاتجاهات باحتمالات متساوية.
- استقطاب الضوء هو جعله ينتشر في اتجاه وحيد. و ذلك بجعل المركبة الكهربية تمر في اتجاه وحيد و تكون مركبتها المغناطيسية عمودية على هذا الاتجاه.
- الاستقطاب يحدث للموجات المستعرضة فقط و منها موجات الضوء الكهرومغناطيسية.
- موجة في حبل أو موجة ماء بعد إلقاء حجر فيها تكون مستعرضة و لكنها مستقطبة.
- موجات الضوء غير مستقطبة غالباً و لكن يمكن استقطابها بطرق مختلفة.

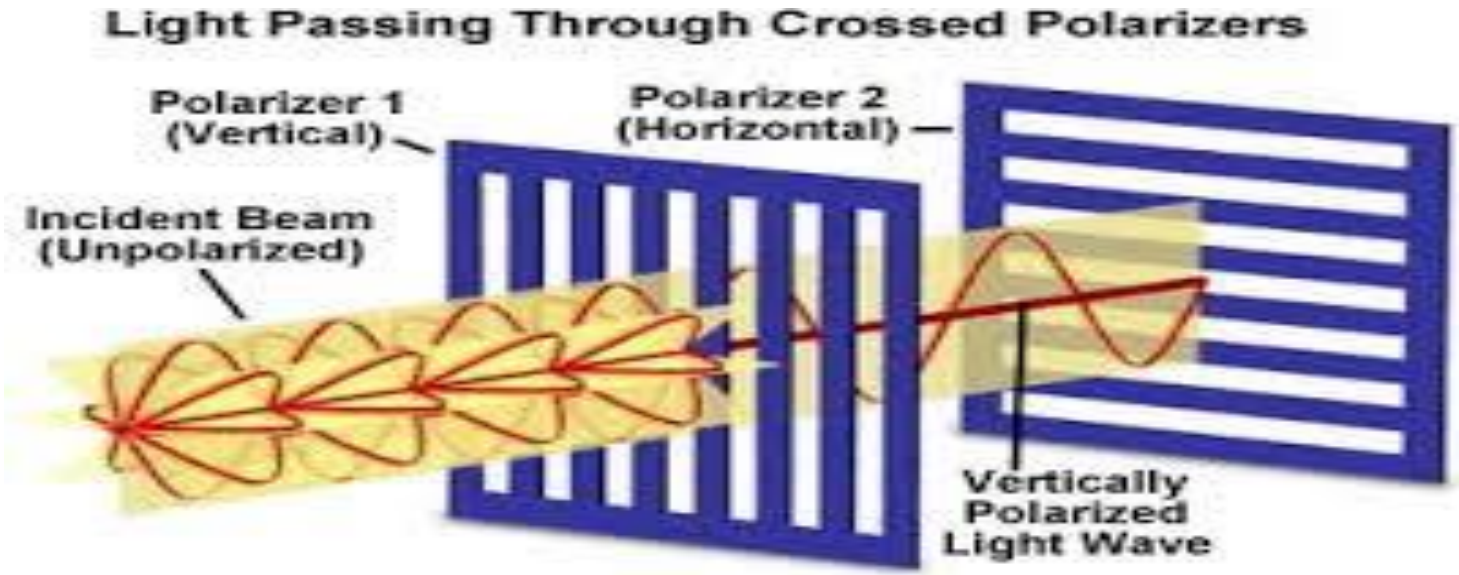
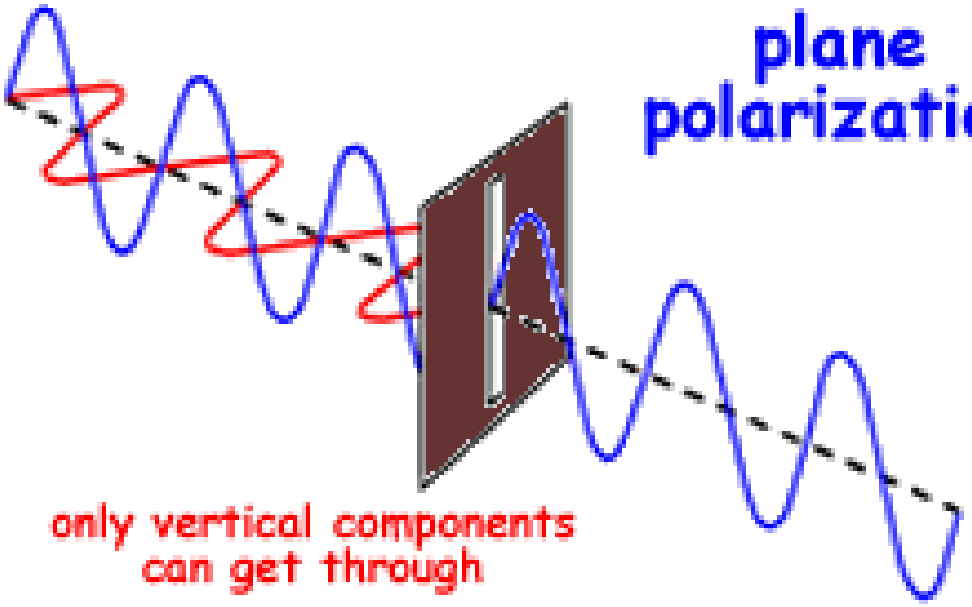


Figure 1

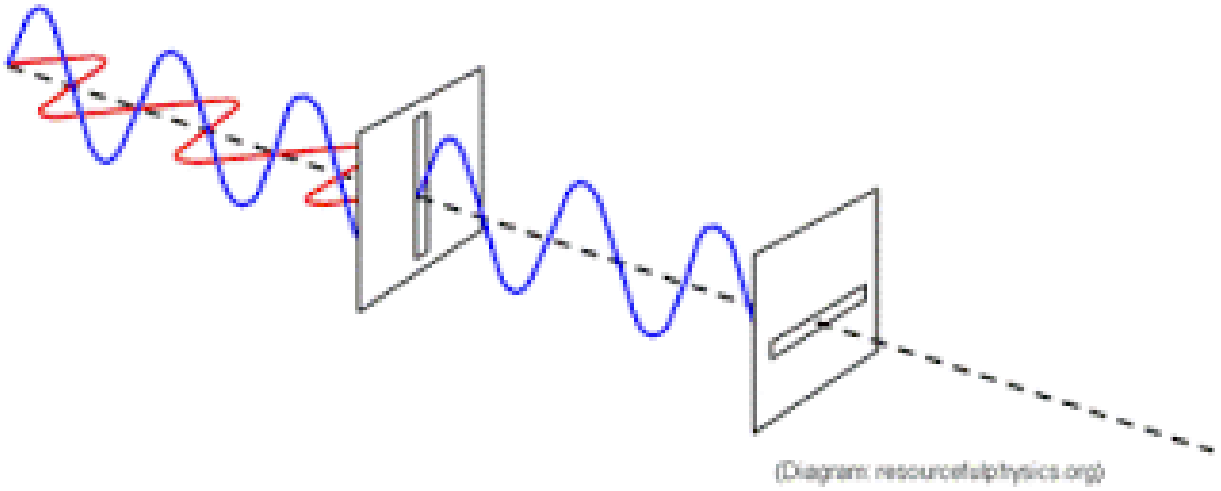
Vertical plane polarization

horizontal component of the wave

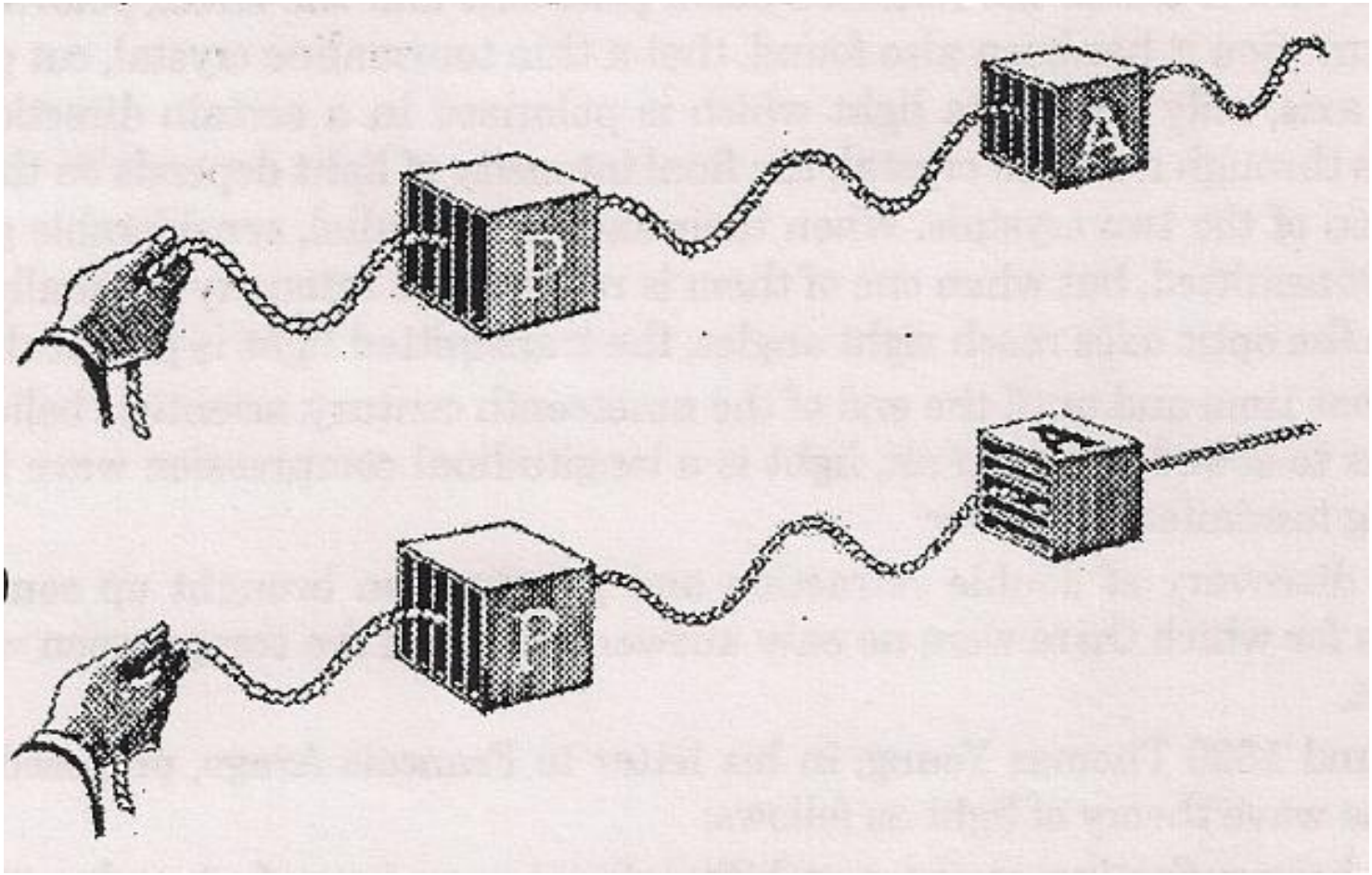
vertical component of the wave



only vertical components can get through



(Diagram: resourcesforphysics.org)



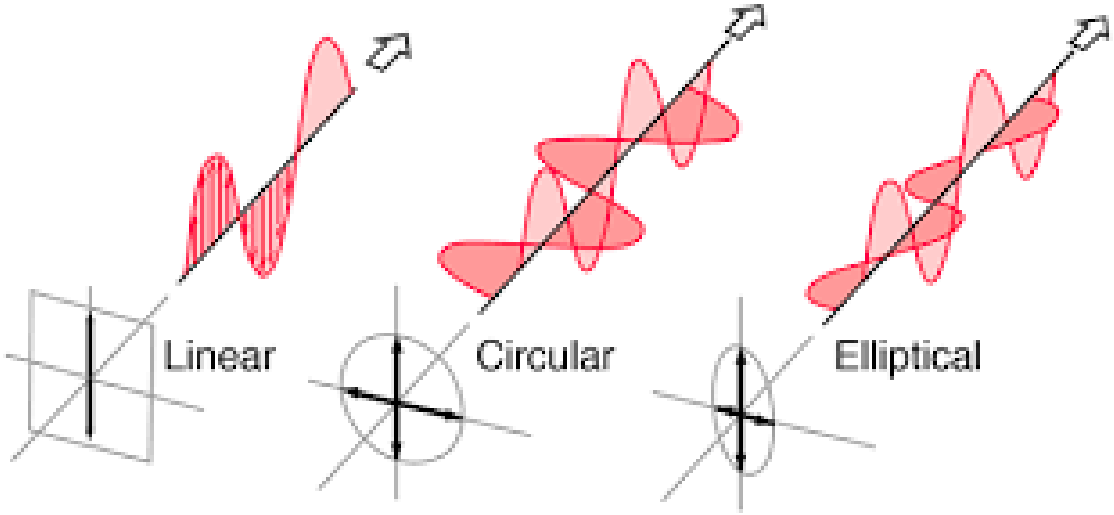
Polarization of Light

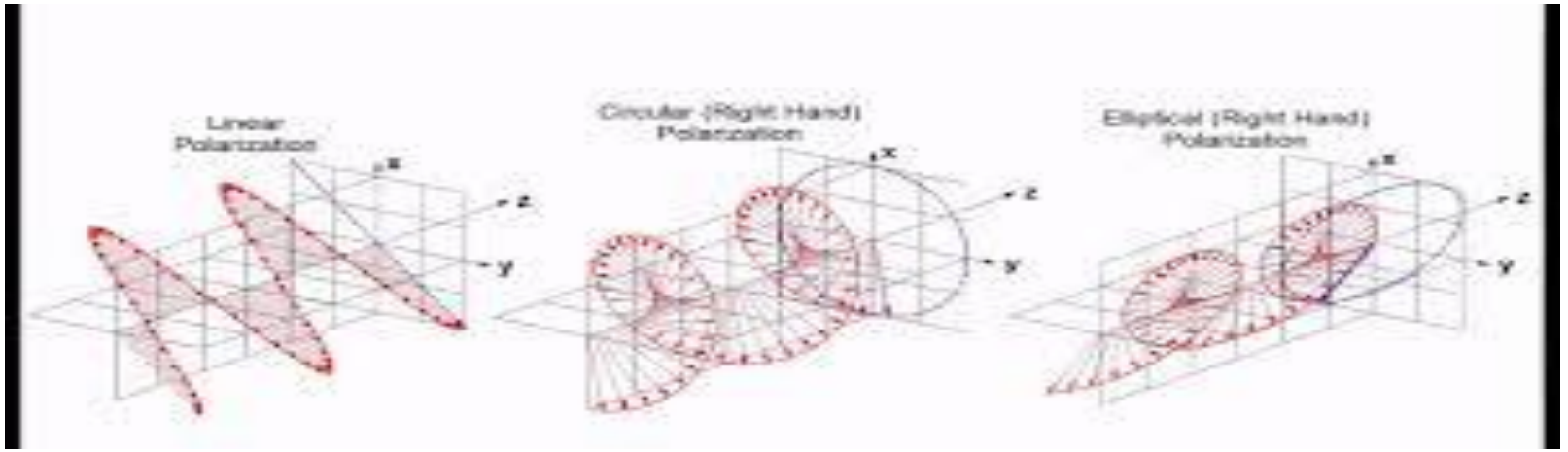
https://www.youtube.com/watch?v=E9qpbt0v5Hw

أنواع الاستقطاب

عند استقطاب موجات الضوء فإن الضوء المستقطب يكون مستقطباً إما:

- خطياً linear أو
- دائرياً circular أو
- اهليليجياً (بيضاوياً) elliptical





طرق استقطاب الضوء:

- عن طريق استخدام مُستقطب (polarizer (& sometimes analyzer

(و سنكتفي بمعرفة هذا النوع قي الشريحة التالية)

- الاستقطاب بالانكسار المزدوج (double refraction (birefringence

- الاستقطاب بالانعكاس reflection

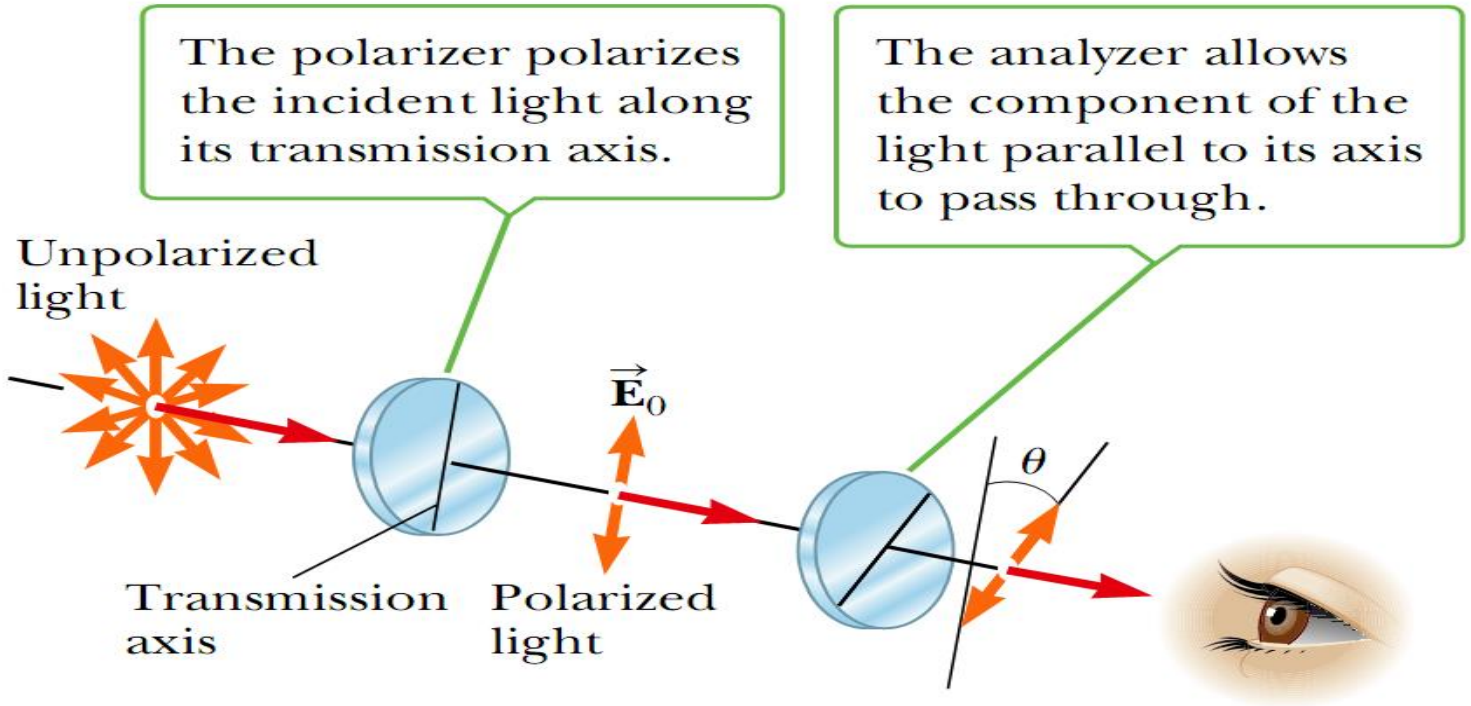
- الاستقطاب بالانتثار/ الانتشار المشتت scattering

Firstly: Polarizer and analyzer المُستقطب و المُحلل

Polarizing material reduces the intensity of light passing through it.

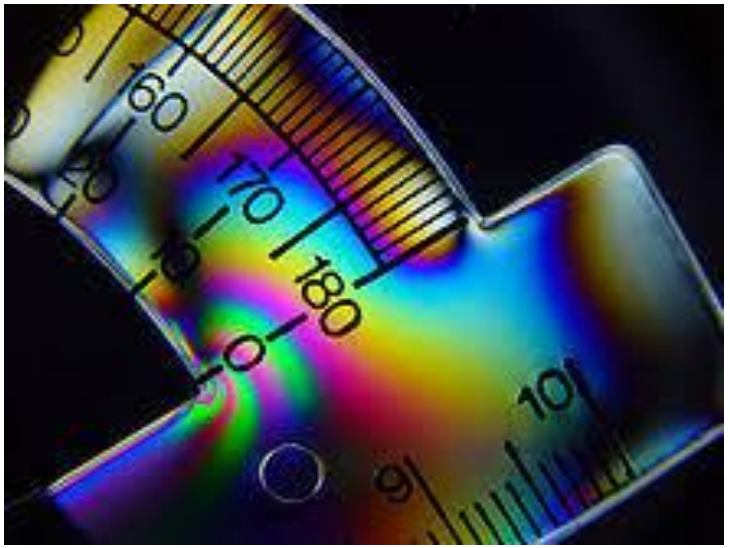
هناك بعض المواد المُستقطبة (كبعض البللورات) يُمكنها عمل استقطاب للضوء غير المُستقطب عند مروره خلالها. الضوء المُستقطب تقل شدته عن الضوء غير المُستقطب قبل مروره خلال البللورة المستقطبة.

عند وجود مُستقطب ثانٍ يُسمى مُحلل analyzer.



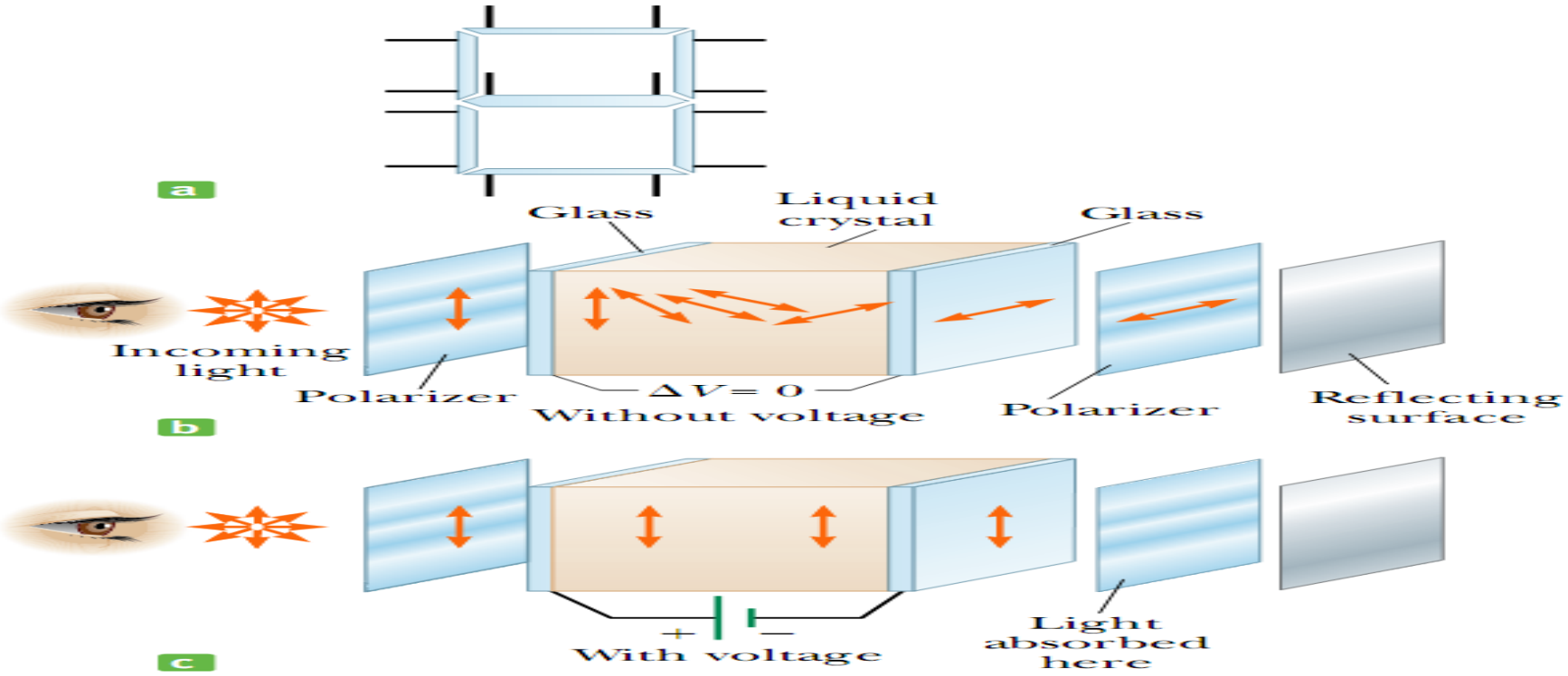
تطبيقات الاستقطاب:

- في النظارات الشمسية، التي تخفض التوهج و كذلك في كاميرات التصوير
- في الصناعة، تستخدم فلاتر المادة المستقطبة للضوء لإجراء اختبارات تحليل الإجهاد على البلاستيك الشفاف. لدى مرور الضوء عبر البلاستيك، يستقطب كل لون من الضوء المرئي في اتجاهه الخاص. إذا وضعت مثل هذه القطعة البلاستيكية بين صفيحتي استقطاب، فسيظهر نمط غني بالألوان.
- إنتاج وعرض الأفلام ثلاثية الأبعاد. الأفلام ثلاثية الأبعاد.



Liquid crystal display (LCD) شاشة العرض البلوري السائل

كالمستخدة في التلفاز، الهواتف الخليوية، السّاعات الرقمية، وأجهزة الكمبيوتر وفي أغلب الاجهزه الكهربية وغيرها.
هذه المواد (البللورات السائلة) تصبح مستقطبة للضوء عند تطبيق فرق جهد عليها و بالتالي يُمكن التحكم بالاشارات الكهربية المطبقة على مجموعة من هذه البللورات لجعلها مُستقطبة أول لا.



LCD Technology: How it Works

https://www.youtube.com/watch?v=0B79dGR19Tg

The end