Faculty of Education
Second year
2 أساسي (علوم)

Physical Optics ضوء فيزيائـي

A course Presented by:

Dr./ Ahmed S. El-Tawargy

د./ أحمد صلاح الدين التوارجي

Lecturer of experimental physics

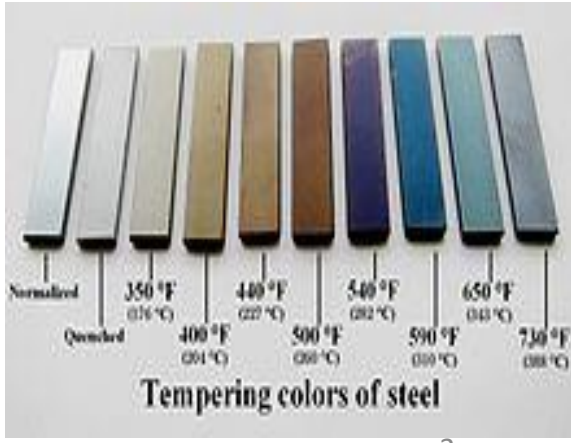
Lecture (5)

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.

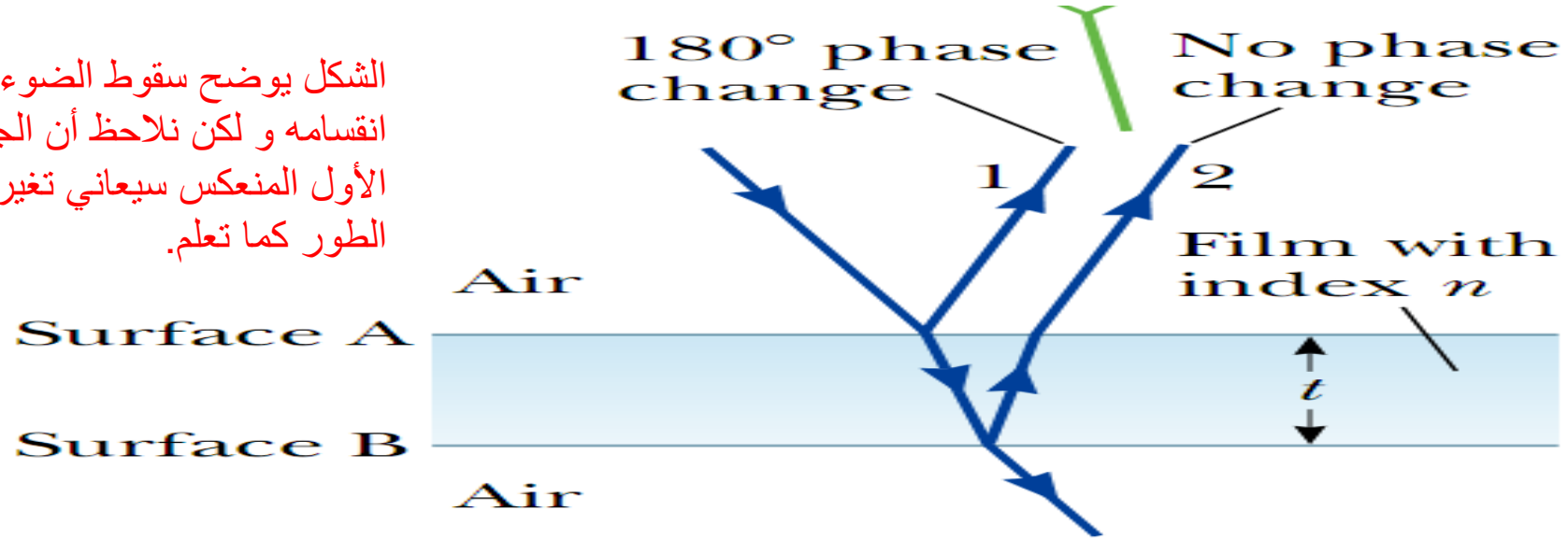
إذا كان الضوء الساقط في الأساس أبيض فإننا سنلاحظ الألوان كما بالصور ناتجة عن التداخل.

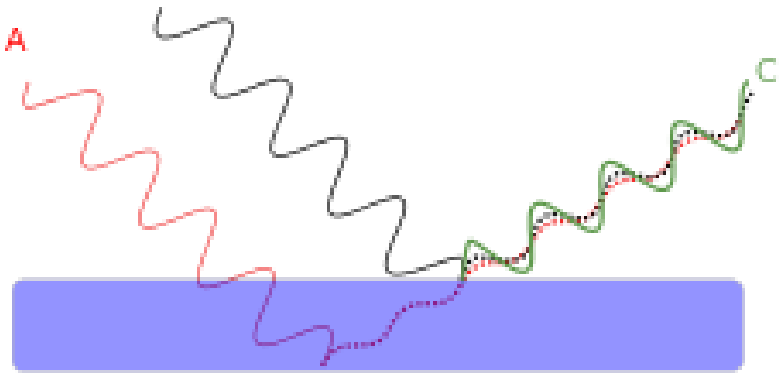


Thin films are used commercially in anti-reflection coatings, mirrors, and optical filters. They can be engineered to control the amount of light reflected or transmitted at a surface for a given wavelength.

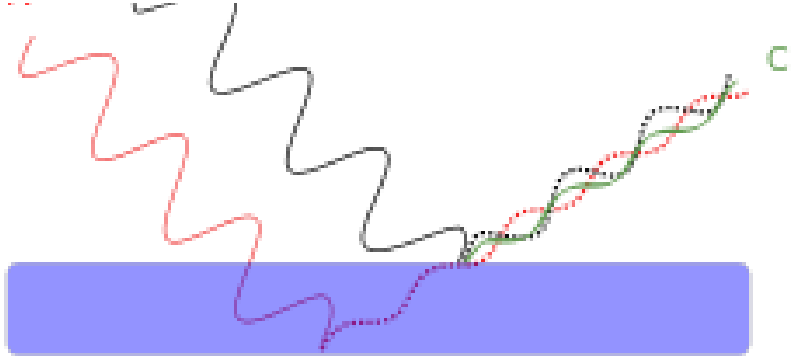
للأغشية الرقيقة كثير من التطبيقات كاستخدامها في المرشحات الضوئية و الأجهزة الاكترونية و غيرها الكثير.

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

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

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

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

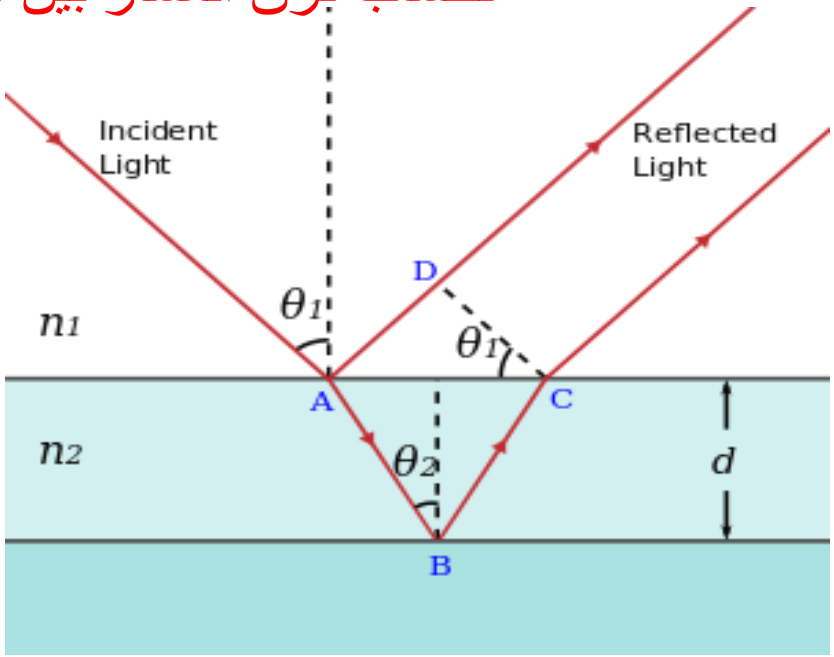
But, Snell's law of refraction states that

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

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

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

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



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

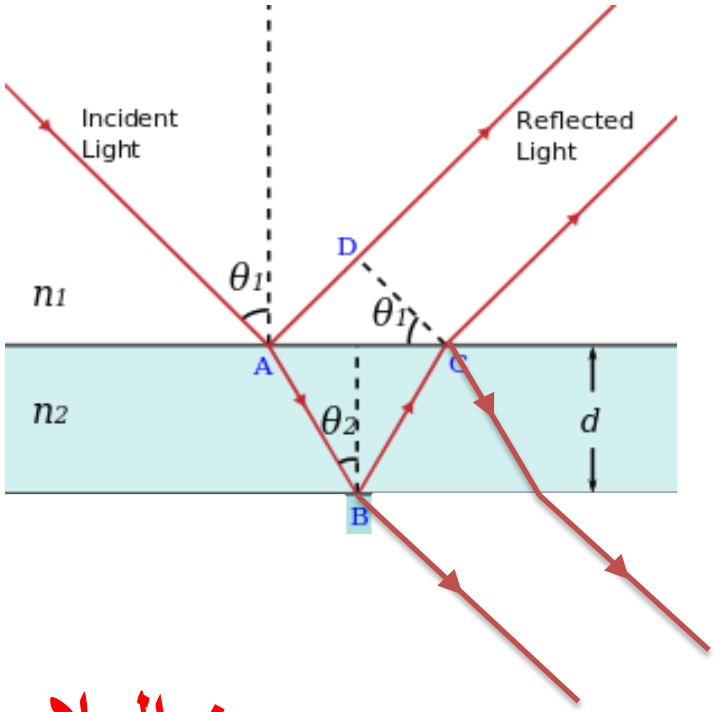
$$OPD = 2n_2\, d\cos\theta_2 = n\lambda$$

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

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

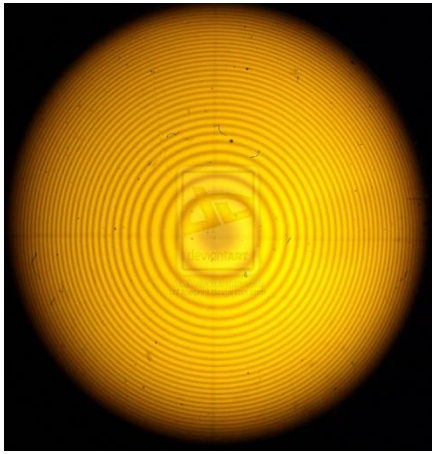
من الملاحظ أن هذه الحالة مثل حالة ينج

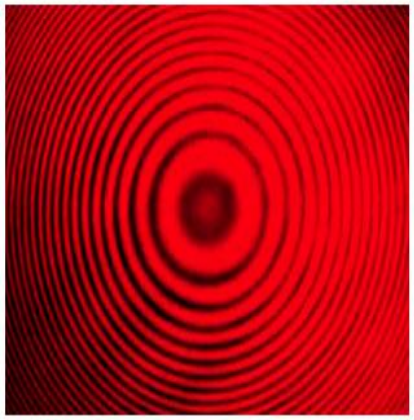
و لكن ماذا يحدث فى حالة تدرج سُمك الغشاء؟

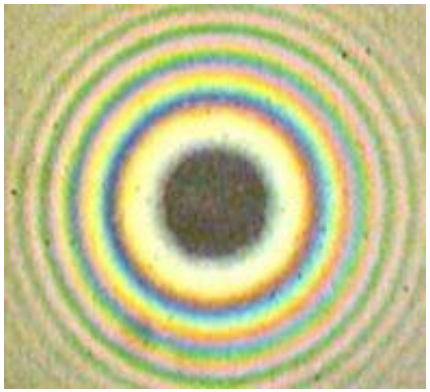
Lecture (6)

Newton's rings حلقات نيوتن

هدب تداخل عبارة عن حلقات دائرية متحدة المركز

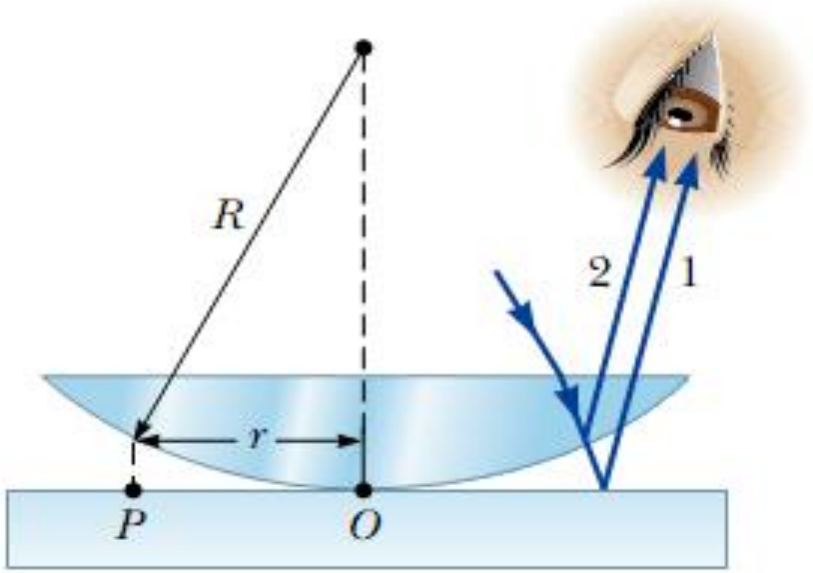






كيف تتكون حلقات نيوتن؟

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 $t^2 << r^2$

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

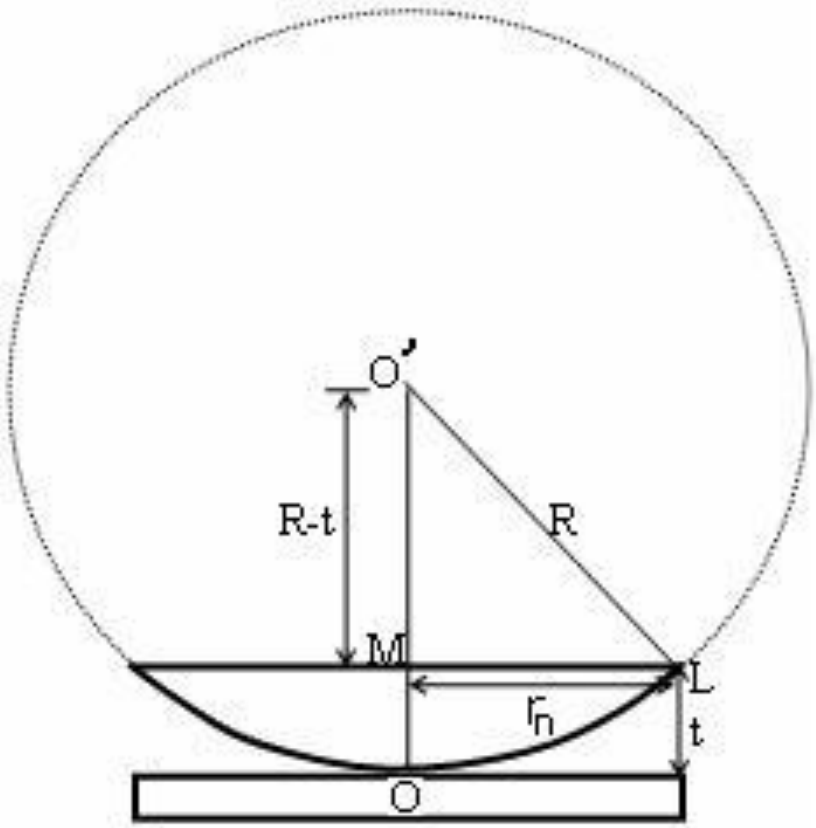
$$2t = \frac{r^2}{R} = n\lambda \qquad 2t = \frac{r^2}{R} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

Destructive interference

Constructive interference

الحلقة المركزية مُظلمة

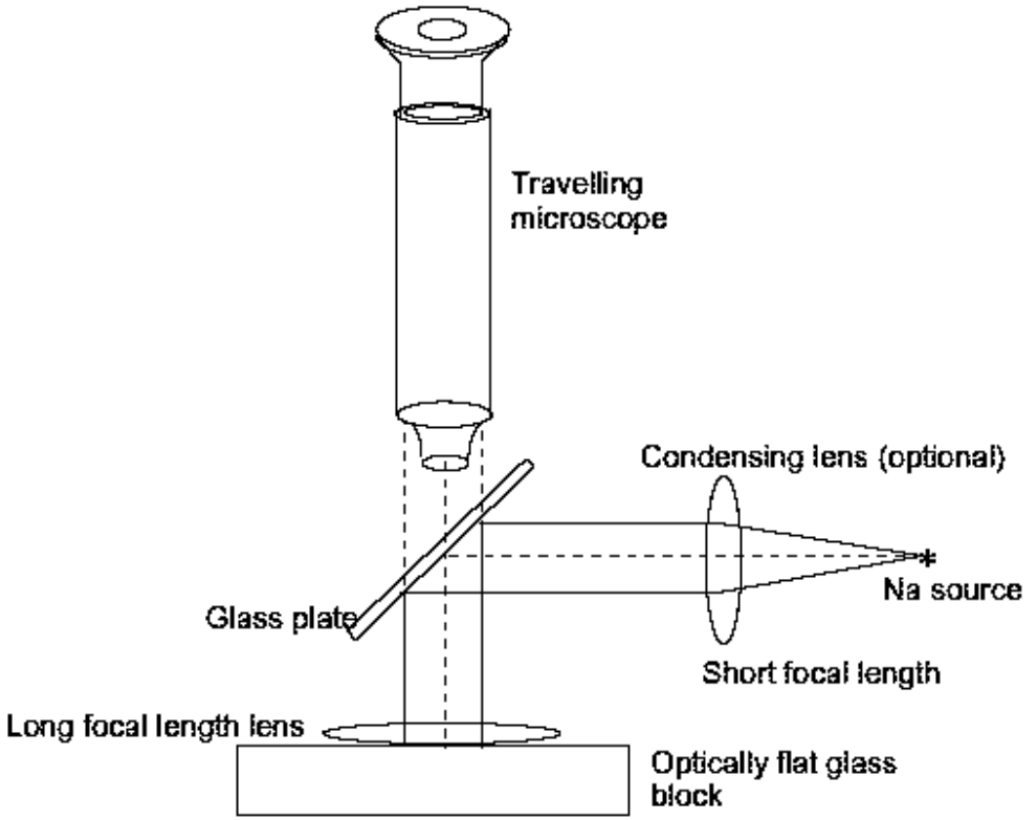
و يحدث العكس فى حالة النفاذ



- 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=?

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

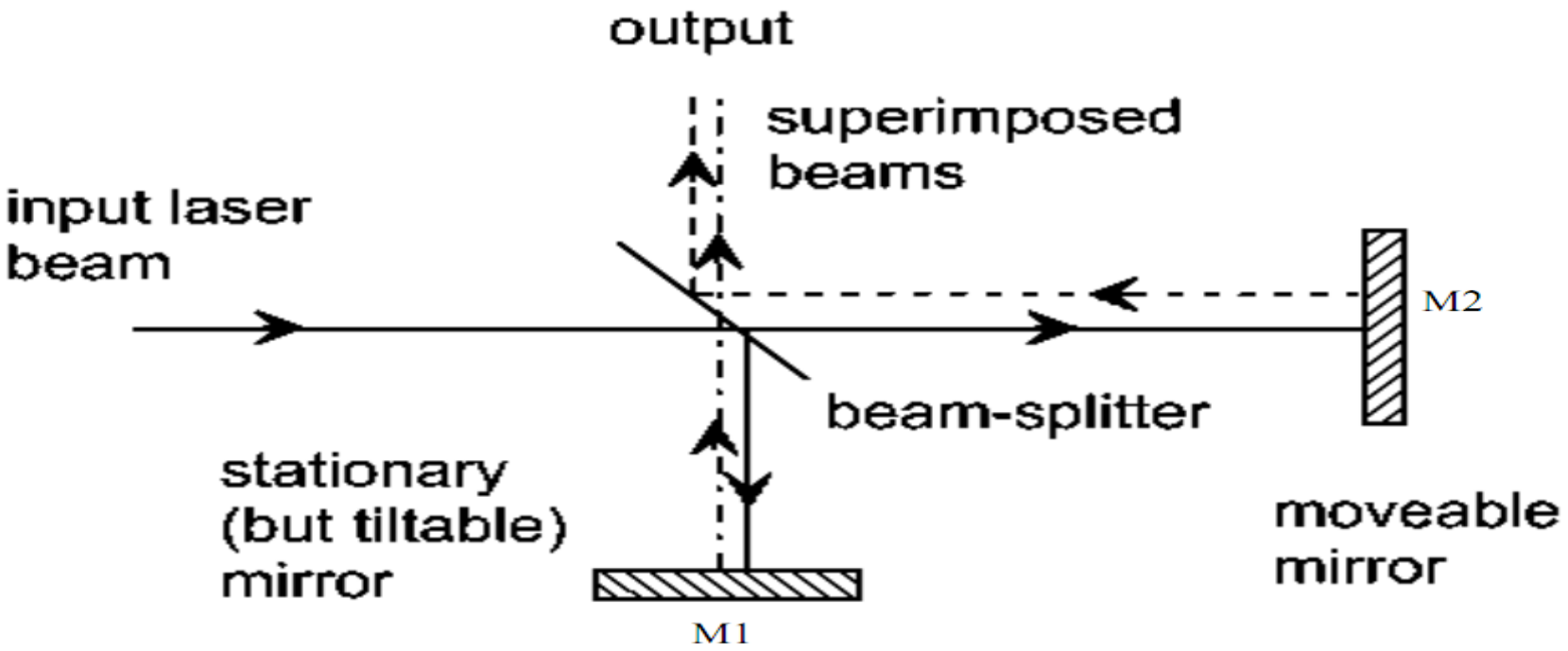
$$t = \frac{n\lambda}{2} = \frac{10 \times 589 \times 10^{-7}}{2} = 2.945 \times 10^{-4}\ cm = 2.945\ \mu m$$

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

$$2r = 3.432\ mm$$

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