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 (4)

18-03-2020

لحساب عرض الهدبة و المسافة بين هدبتين في هدب ينج

شرط تكون هدبة مضيئة (شدة عظمى) n=0, 1, 2, 3, ….,m $\frac{xd}{D} = n\lambda$

المسافة بين أى هدبة مضيئة و النقطة c (التى عندها فرق المسار مساوياً للصفر)

$$x = \frac{n\lambda D}{d}$$

$x_0 = 0$

الهدبة المضيئة المركزية (الصفرية)

$x_1 = \frac{1\lambda D}{d}$

الهدبة المضيئة الأولى

$x_2 = \frac{2\lambda D}{d}$

الهدبة المضيئة الثانية

$x_m = \frac{n\lambda D}{d}$

الهدبة المضيئة رقم m

المسافة بين أى هدبتين مضيئتين متتاليتين:

$$x_m - x_{m-1} = \cdots = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = \frac{\lambda D}{d}$$

شرط تكون هدبة مظلمة (الشدة =صفر)

$$\frac{xd}{D} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$ *n*=0, 1, 2, 3, ….

المسافة بين أى هدبة مظلمة و النقطة C (التى عندها فرق المسار مساوياً للصفر)

$$x = \frac{(2n+1)\lambda D}{2d}$$

$$x_0 = \frac{\lambda D}{2d}$$

الهدبة المظلمة الأولى

$$x_1 = \frac{3\lambda D}{2d}$$

الهدبة المظلمة الثانية

$$x_2 = \frac{5\lambda D}{2d}$$

الهدبة المظلمة الثالثة

$$x_{m-1} = \frac{(2m+1)\lambda D}{2d}$$

الهدبة المظلمة رقم m

المسافة بين أى هدبتين مظلمتين متتاليتين:

$$x_{m-1} - x_{m-2} = \cdots = x_2 - x_1 = x_1 - x_0 = \frac{\lambda D}{d}$$

المسافة بين أى هدبتين مضيئتين متتاليتين= المسافة بين أى هدبتين مظلمتين متتاليتين

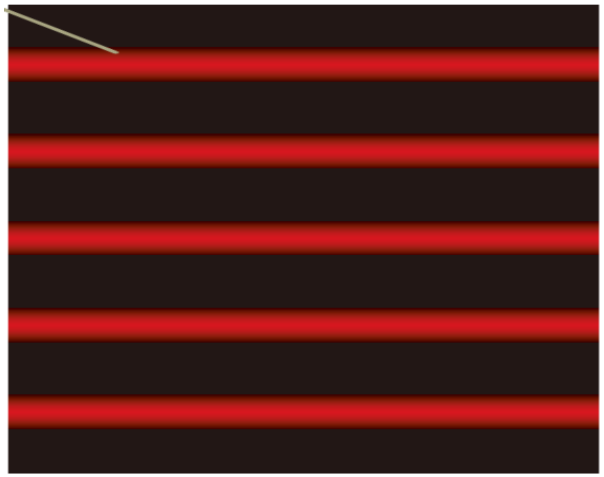
$\beta = \frac{\lambda D}{d}$ **و بالتالى يكون عرض الهدبة المضيئة مساوياً لعرض الهدبة المظلمة و يرمز له بالرمز** $\boldsymbol{\beta}$

توزيع شدة الاضاءة لهدب التداخل

$$I \propto A^2 = 2a^2(1 + \cos\delta) = 4a^2 \cos^2\frac{\delta}{2}$$

$I_{max} = 4a^2$ when $\delta = 0, 2\pi, 4\pi, \dots\dots, 2n\pi$

$I_{min} = 0$ when $\delta = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots\dots, (2n+1)\pi$



مثال:

إذا كانت المسافة بين المصدرين المترابطين في تجربة الشق المزدوج 0.18 مم و لوحظت الهدب على حائل يبعد مسافة 80 سم.

و باستخدام مصدر ضوئى أحادى الطول الموجى, وجد أن الهدبة الرابعة المضيئة على بعد 10.8 مم من الهدبة المركزية. أوجد الطول الموجى المستخدم.

الحل:

D=80 cm, d= 0.018 cm, n=4, x=1.08 cm, λ=?

$$x = \frac{n\lambda D}{d}$$

$$\lambda = \frac{xd}{nD} = \frac{(1.08\ cm)(0.018\ cm)}{4(80\ cm)} = 6075 \times 10^{-8}\ cm = 6075\ \text{Å}$$

مثال:

فى تجربة الشق المزدوج ل ينج, إذا كانت المسافة بين مركزى الهدبتين المضيئتين الأوليين على جانبى الهدبة المركزية 1.5 cm و تم رصد الهدب على حائل يبعد مسافة 200 cm من المصدرين المترابطين. احسب المسافة بين مركزى الشق المزدوج علماً بأن الطول الموجى للضوء المستخدم 5500 Å.

الحل:

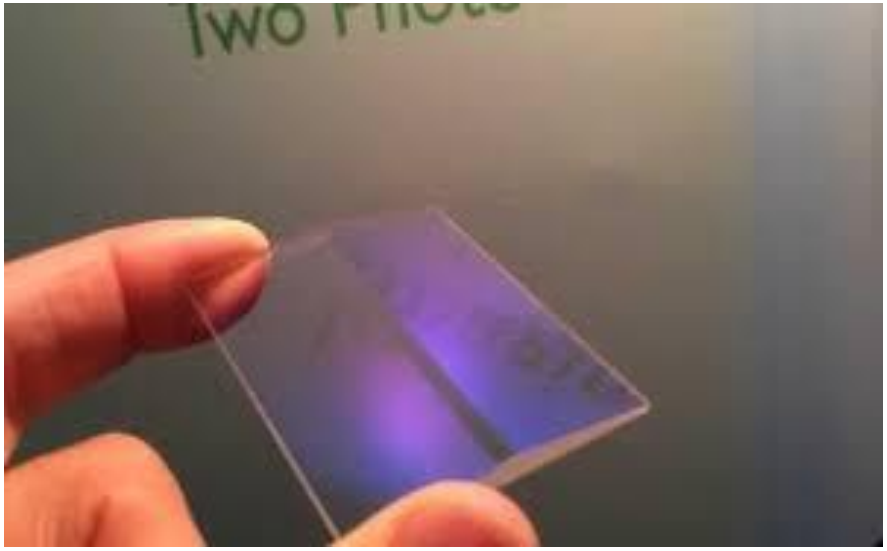
D=200 cm, λ= 5500 Å, x=1.5/2=0.75 cm, n=1, d=?

$$x = \frac{n\lambda D}{d}$$

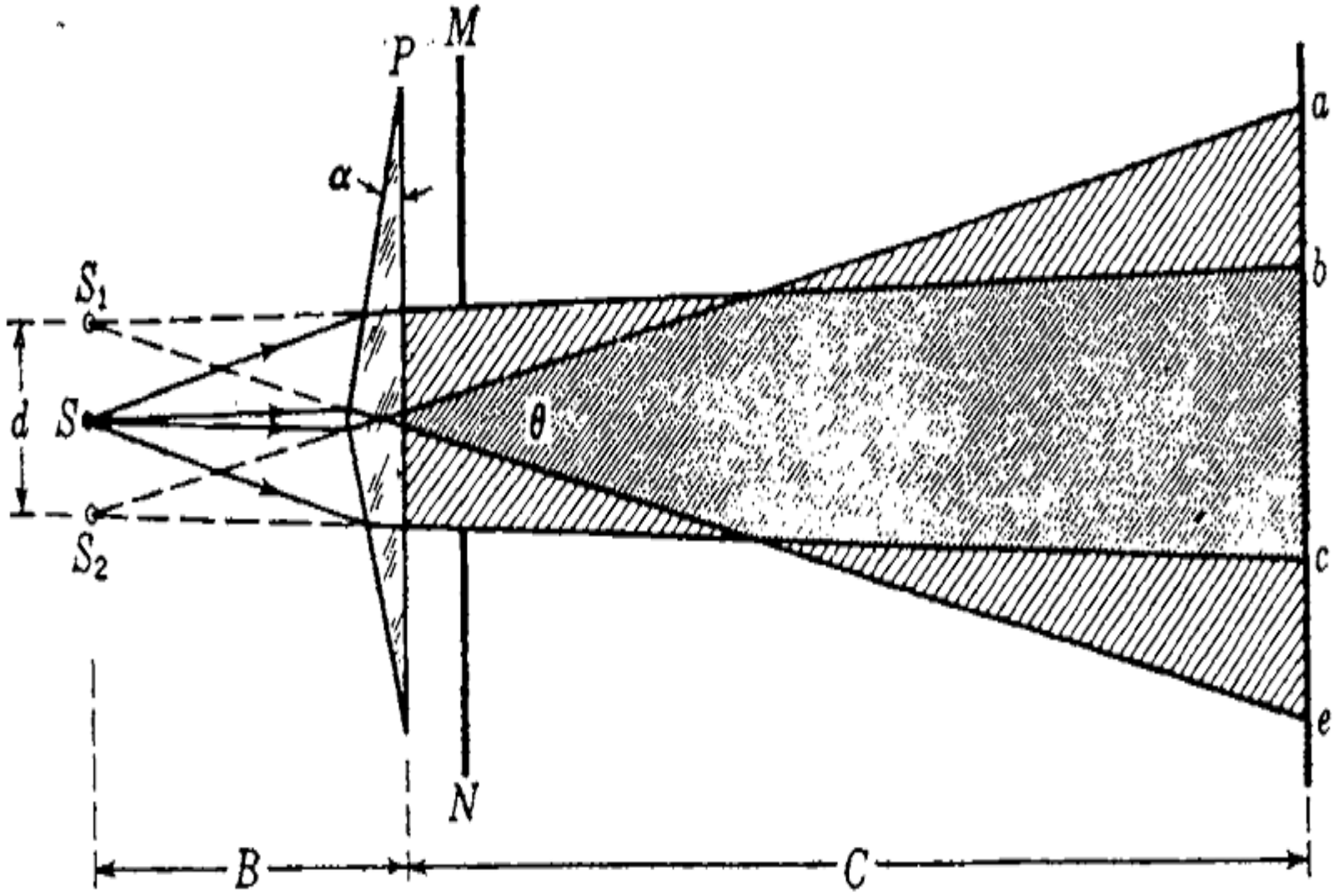
$$d = \frac{n\lambda D}{x} = \frac{1 \times 5500 \times 10^{-8} \times 200}{0.75} = .0147\ cm = 0.147\ mm$$

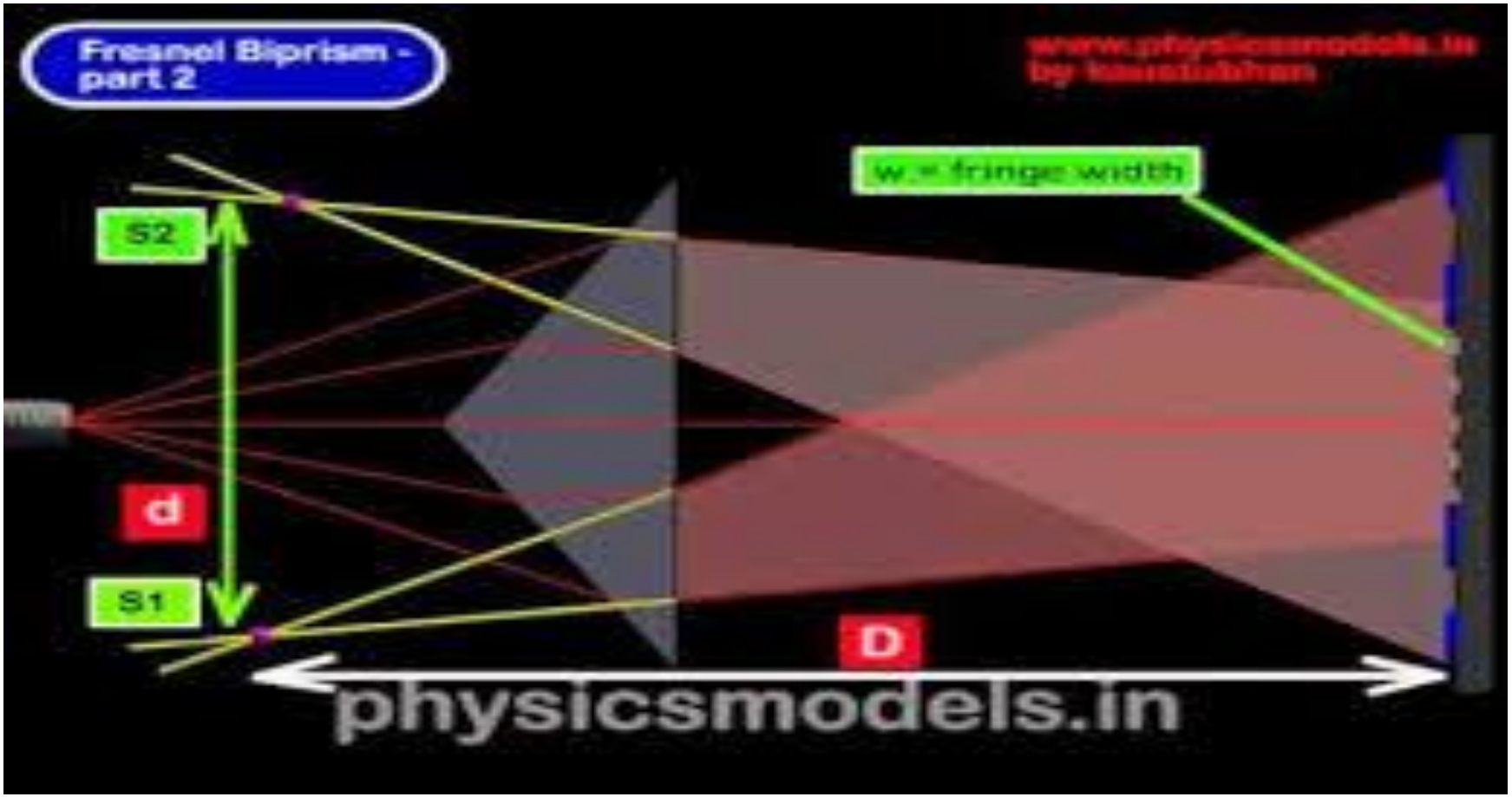
منشور فرنيل (تقسيم صدر الموجة)

بعد أن أجرى يونج تجربة الشق المزدوج بوقت قصير ثار جدل حول تفسير نتائج تلك التجربة مؤداة أن من المحتمل أن تكون الهدب الساطعة التى شاهدها قد نتجت من بعض التحوير المعقد للضوء بواسطة الشقين وليس نتيجة للتداخل الحقيقى ، لذلك ظلت النظرية الموجية موضع شك . ولكن قبل مرور سنوات قليلة أعلن فرنيل عدة تجارب جديدة أثبت فيها تداخل الحزمتين الضوئيتين بطريقة غير قابلة للاعتراض ؛ وسوف نناقش هنا إحدى هذه التجارب ، وهى تجربة المنشور الثنائى لفرنيل ، ببعض التفصيل .



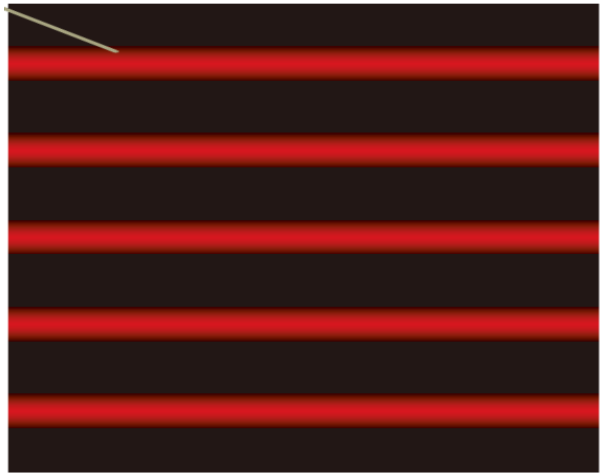
منشور فرنيل عبارة عن منشور رقيق جداً بزاوية رأس حوالى 179º و كل زاوية من زوايا القاعدة حوالى نصف درجة.


P
M
α
a
b
c
e
S_1
S
S_2
d
θ
N
B
C


Fresnel Biprism - part 2
w = fringe width
S2
d
S1
D
physicsmodels.in

المسافة بين أى هدبتين مضيئتين متتاليتين= المسافة بين أى هدبتين مظلمتين متتاليتين

و بالتالى يكون عرض الهدبة المضيئة مساوياً لعرض الهدبة المظلمة و يرمز له بالرمز β



$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

توزيع شدة الاستضاءة على هدب التداخل

$$I \propto A^2 = 2a^2(1 + \cos\delta) = 4a^2 \cos^2\frac{\delta}{2}$$

$I_{max} = 4a^2$ when $\delta = 0, 2\pi, 4\pi, \dots\dots, 2n\pi$

$I_{min} = 0$ when $\delta = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots\dots, (2n+1)\pi$

لمنشور فرينل العديد من التطبيقات:
منها تعيين الطول الموجى لمصدر ضوئى أحادى الطول الموجى مثل الليزر أو
تعيين سُمك شريحة رقيقة جداً من مادة شفافة بوضعها فى أحد مسارات الآشعة المتداخلة .

لتعيين الطول الموجى

- تكوين مجموعة من الهدب و استقبالها على حائل يبعد مسافة Dعن المنشور
- قياس طول عدد N من الهدب و ليكن L
- حساب متوسط عرض الهدبة الواحدة L/N

So, $$\beta = \frac{L}{N} = \frac{\lambda D}{d}$$

$$\lambda = \frac{\beta D}{d}$$

و بمعلومية β, D, d يتم حساب λ
كما يُمكن حساب قيمة d إذا كان الطول الموجى معلوماً.

Fresnel's Biprism Experiment (part 1)

https://www.youtube.com/watch?v=0tJ62PDCcJg

Light Interference-Fresnel Biprism - Part 2 (Physics)

https://www.youtube.com/watch?v=qUYU5WV0V5Q

مثال:

تم استخدام منشور فرنيل للحصول على نمط تداخل فإذا كان الضوء المستخدم لعمل التداخل طوله الموجى 650 nm و تم رصد نمط التداخل على مسافة 1 m من المنشور احسب المسافة بين المصدرين التخيليين إذا علمت أن عرض الهدبة 2 mm.

كم عدد الهدب المضيئة التى يمكن رصدها فى مسافة 2cm على الحائل.

الحل:

β= 2mm, λ= 650 nm, D= 1 m, d= ?

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

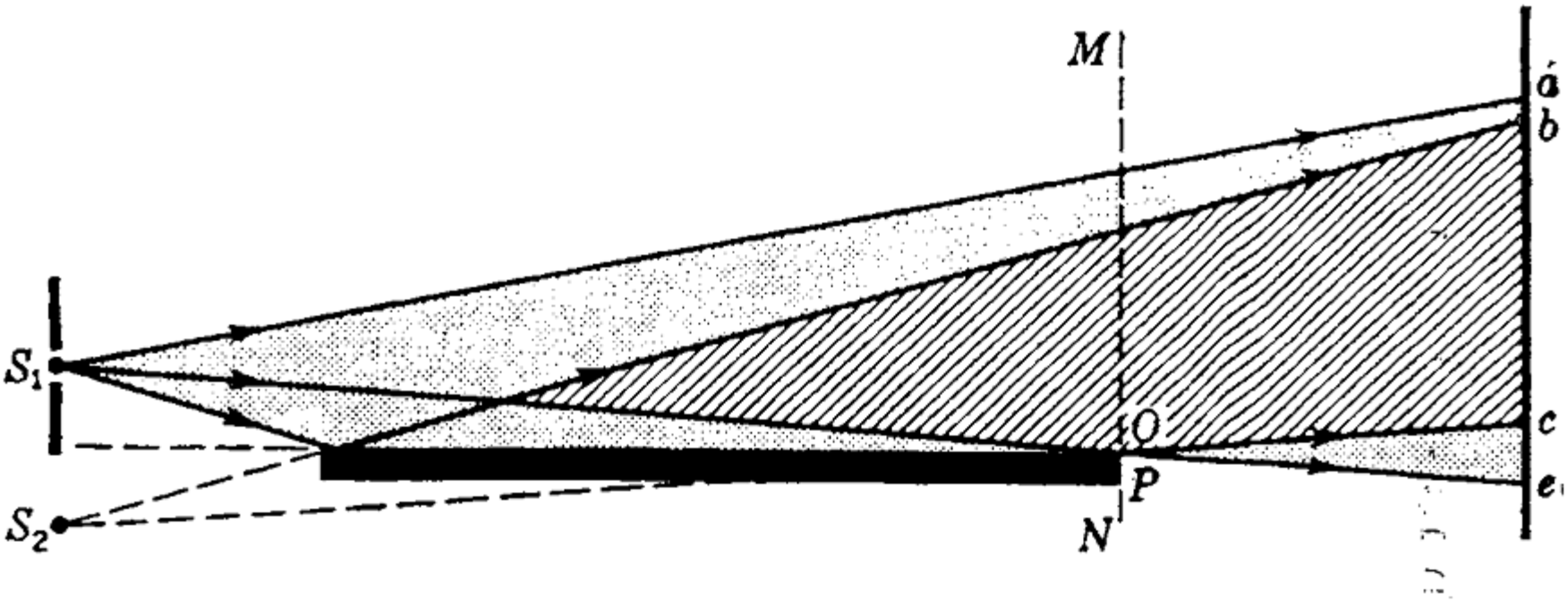
$$d = \frac{\lambda D}{\beta} = \frac{650 \times 10^{-7} \times 100}{0.2} = 0.0325\ cm = 0.325\ mm$$

$$\beta = \frac{L}{N}$$

$$N = \frac{L}{\beta} = \frac{2}{0.2} = 10\ fringes$$

Half of them are bright

التداخل الضوئى باستخدام مرآة لويد Lioyd's mirror

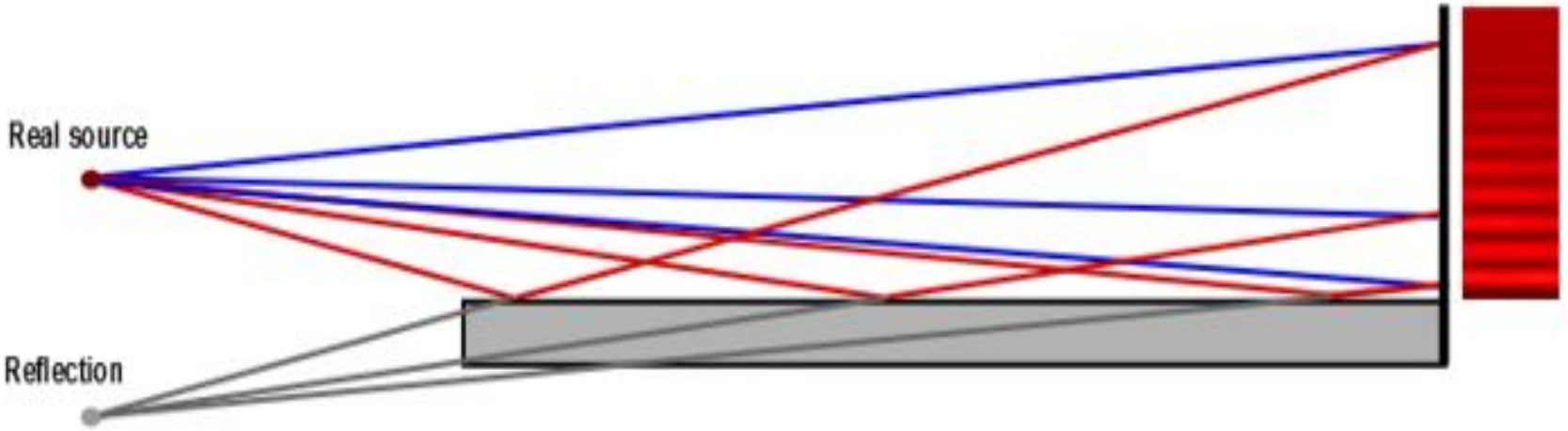


عند خروج آشعة من مصدر ضوئى S فإن جزء منها يصل للمرآة لينعكس و يصل للحائل ليتداخل مع الجزء الآخر من الآشعة التى وصلت مباشرة من المصدر للحائل.

و بالتالى يحدث تداخل ثنائى الآشعة كما فى حالة تداخل ينج و يكون عرض الهدبة المضيئة أو المظلمة

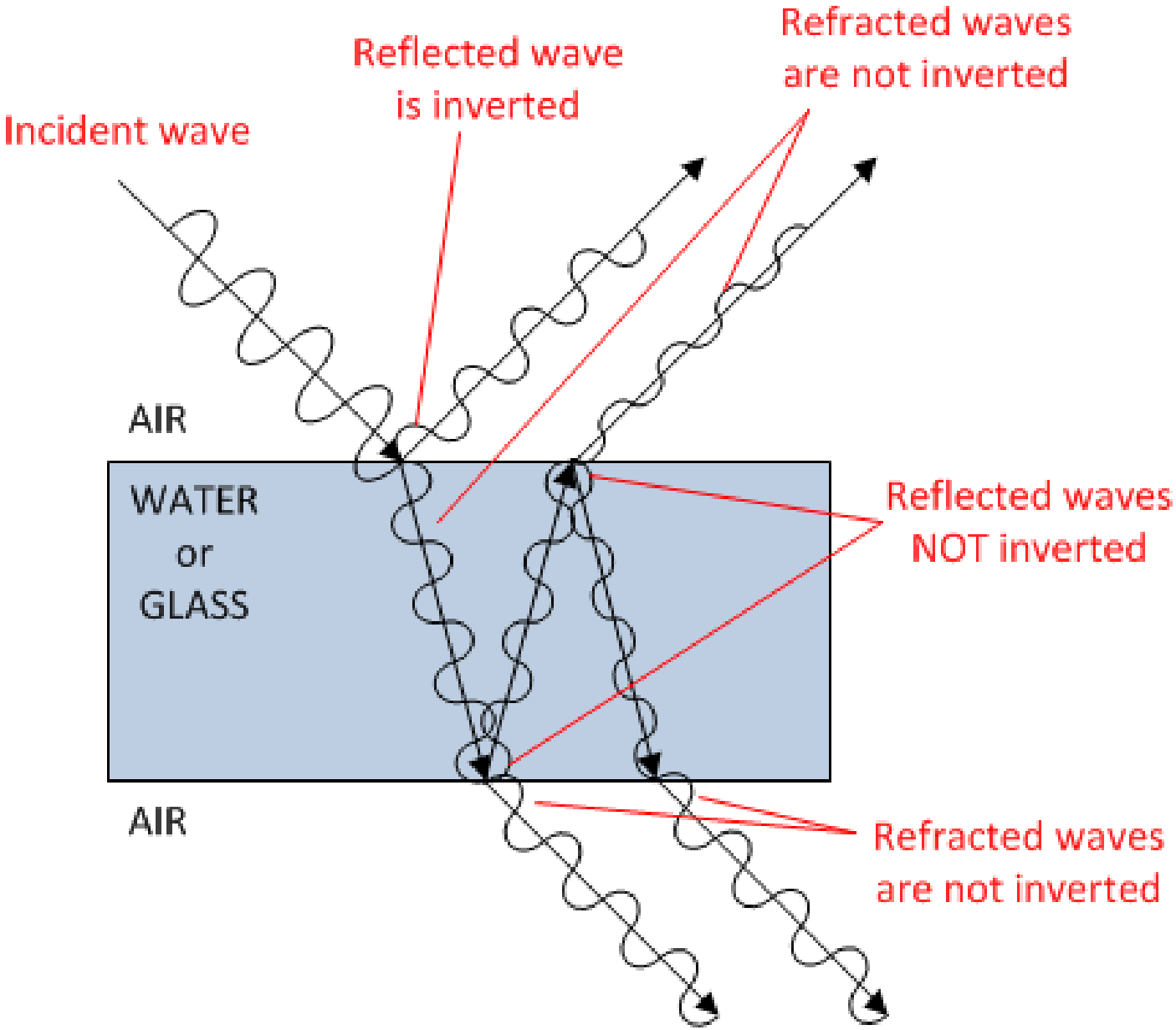
$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

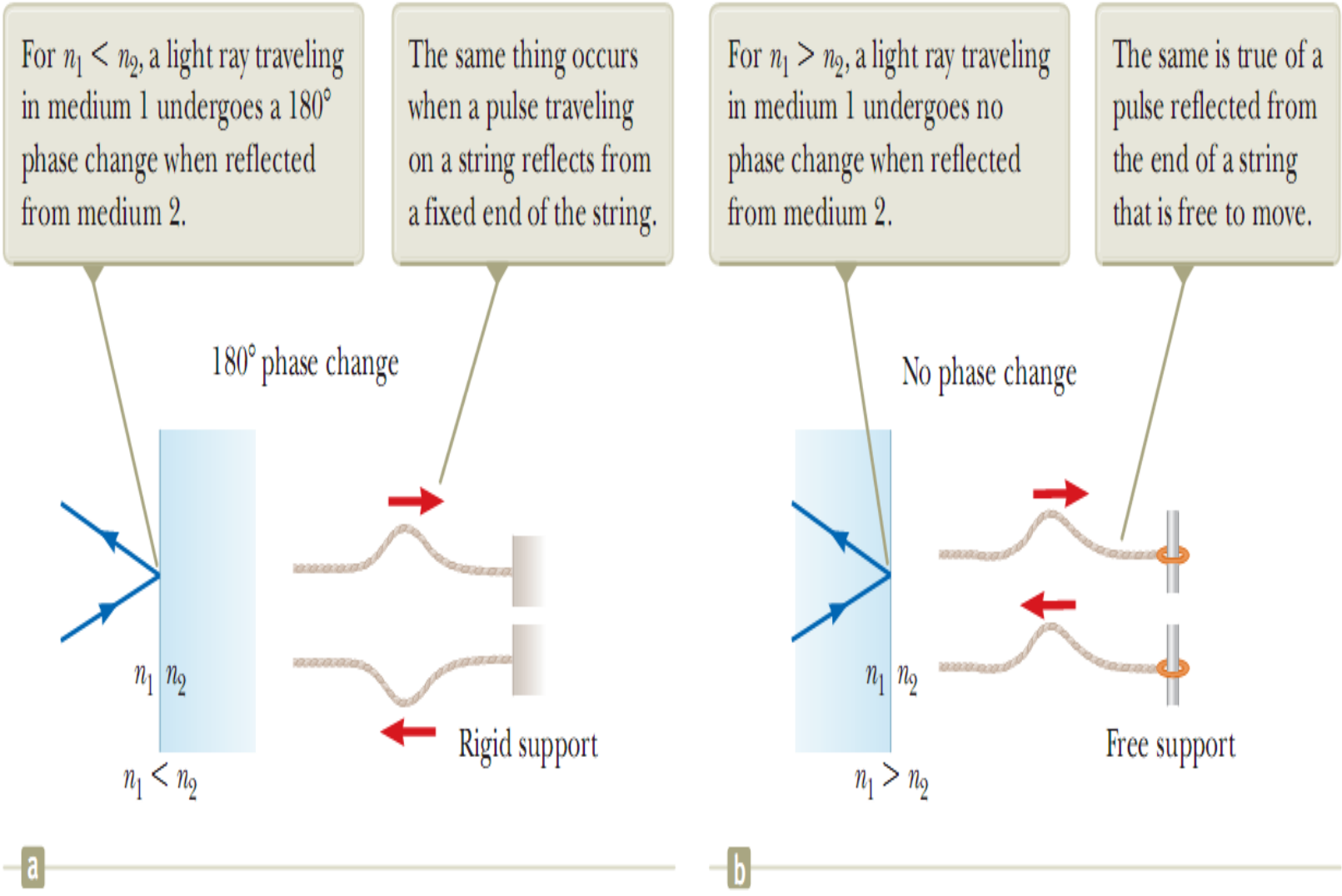
عند ملاحظة هدب التداخل المتكونة باستخدام مرآة لويد نجد أن الهدبة المركزية تكون مظلمة وليست مضيئة كما فى الحالتين السابقتين.



السبب فى ذلك هو تغير الطور بالانعكاس.

عند سقوط موجة على سطح معامل انكساره أكبر من الوسط القادم منه الموجة فإن الموجة المنعكسة تُعانى تغيراً فى الطور مقداره π و اللذى يتسبب فى حدوث فرق فى المسار بين الموجة القادمة من المصدرالرئيسى و الموجة القادمة من الصورة التقديرية مقداره $\lambda/2$


Incident wave
Reflected wave is inverted
Refracted waves are not inverted
AIR
WATER or GLASS
Reflected waves NOT inverted
AIR
Refracted waves are not inverted


For $n_1 < n_2$, a light ray traveling in medium 1 undergoes a 180° phase change when reflected from medium 2.
The same thing occurs when a pulse traveling on a string reflects from a fixed end of the string.
180° phase change
n_1 n_2
$n_1 < n_2$
Rigid support
a
For $n_1 > n_2$, a light ray traveling in medium 1 undergoes no phase change when reflected from medium 2.
The same is true of a pulse reflected from the end of a string that is free to move.
No phase change
n_1 n_2
$n_1 > n_2$
Free support
b

شرط تكون هدبة مضيئة (شدة عظمى) في حالة مرآة لويد

$$\frac{xd}{D} = n\lambda + \frac{\lambda}{2}$$ *n*=0, 1, 2, 3, ….

و هذا هو شرط الإظلام فى حالة ينج.

شرط تكون هدبة مظلمة (الشدة =صفر) في حالة مرآة لويد

$$\frac{xd}{D} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = (n+1)\lambda = m\lambda$$ *n*=0, 1, 2, 3, ….

أى أن فرق المسار يساوى عدد صحصح من الأطوال الموجية
و هذا هو شرط الإضاءة فى حالة ينج.

المسافة بين أى هدبتين مضيئتين متتاليتين= المسافة بين أى هدبتين مظلمتين متتاليتين

و بالتالى يكون عرض الهدبة المضيئة مساوياً لعرض الهدبة المظلمة و يرمز له بالرمز β

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

مثال:

فى تجربة مرآة لويد, تم الحصول على نمط تداخل باستخدام مصدر ضوئى طوله الموجى 500 nm على بُعد 1m من المصدرين المترابطين و التى كانت المسافة بينهما 200 µm. احسب المسافة التى تبعدها الهدبة المظلمة العاشرة عن الهدبة المركزية.

احسب المسافة بين مركزى الهدبتين المضيئة الثالثة و المظلمة الخامسة.

الحل:

D=100 cm, λ= 500 nm, d=100 µm, n=10, x=?

$$\frac{xd}{D} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = (n+1)\lambda$$

$$x = \frac{D(n+1)\lambda}{d} = \frac{100 \times 11 \times 500 \times 10^{-7}}{200 \times 10^{-4}} = 2.75\ cm = 27.5\ mm$$

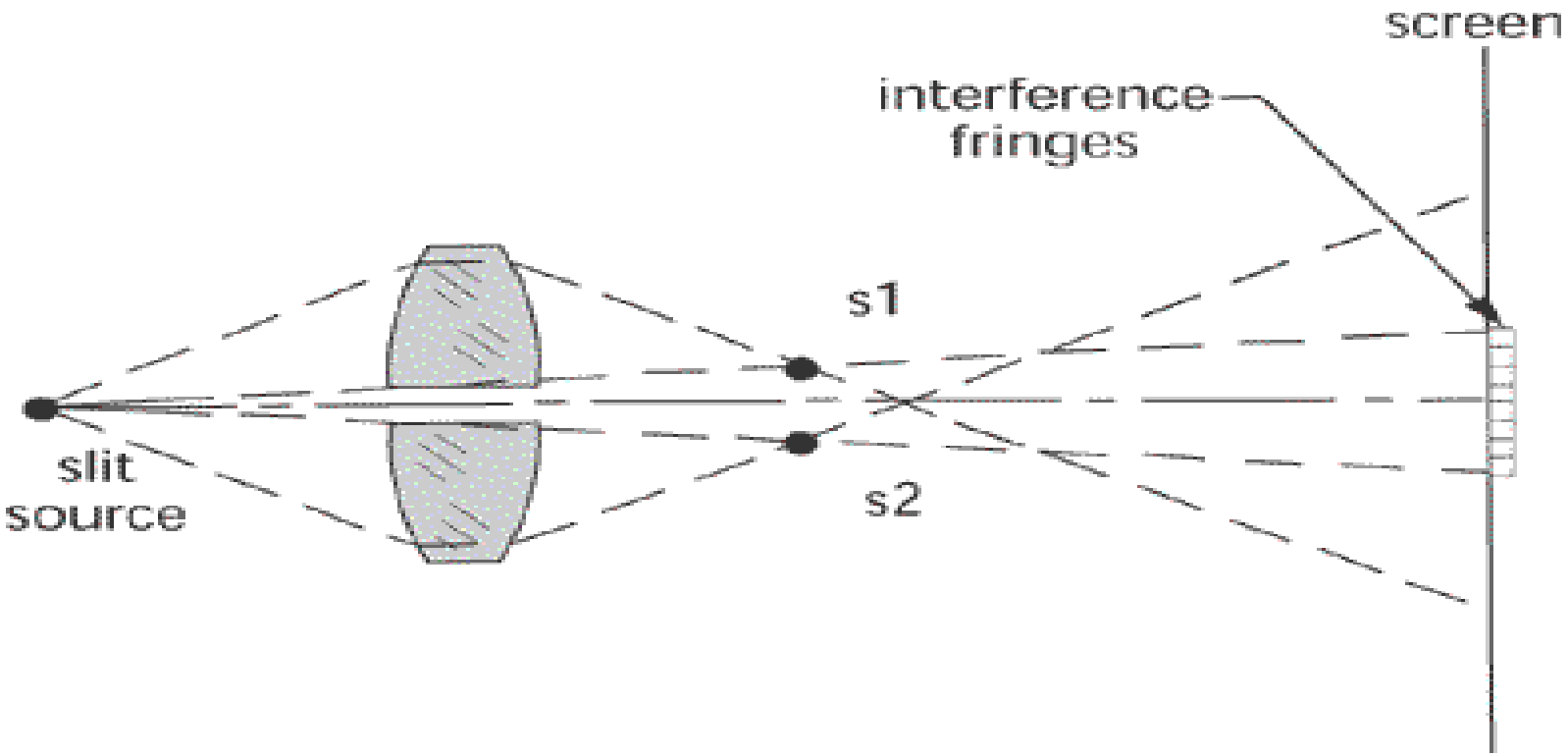
$$\frac{xd}{D} = n\lambda + \frac{\lambda}{2}$$

$$x = \frac{D\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda}{d} = \frac{100 \times (3+\frac{1}{2}) \times 500 \times 10^{-7}}{200 \times 10^{-4}} = 0.875cm$$

$$x = \frac{D(n+1)\lambda}{d} = \frac{100 \times 6 \times 500 \times 10^{-7}}{200 \times 10^{-4}} = 1.5\ cm$$

$$\Delta x = 1.5 - 0.875 = 0.625\ cm$$

Billet's bi-lens عدسة بليت المقسومة



طريقة تداخل عن طريق تقسيم صدر الموجة.

عبارة عن عدسة مجمعة (محدبة) مقسومة لجزئين متساويين و موضوعتين فى مستوى واحد و يتم التحكم فيهما بواسة ميكرومتر محوى.

S1, S2 عبارة عن صورتان تخيليتان للمصدر الرئيسى و ينتج عنهما تداخل ثنائى مشابه لحالة ينج.

Geometric Optics

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/geometric-optics

Bending light simulator

https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light

Wave interference simulator

https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference