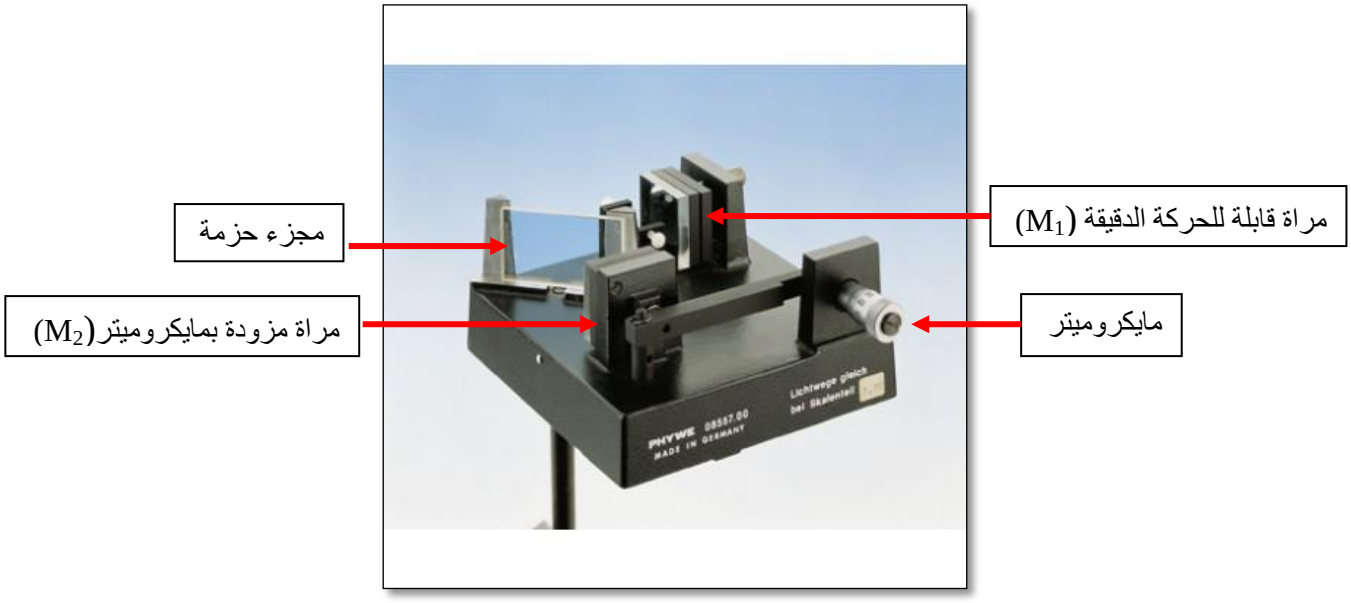
تجربة رقم (2)

التداخل بانقسام سعة الموجـــة: جهاز مايكلسن

الأجهزة المستعملة: جهاز مايكلسن للتداخل كما في الشكل ادناه ، ليزر هيليوم- نيون (He-Ne) - شاشة.



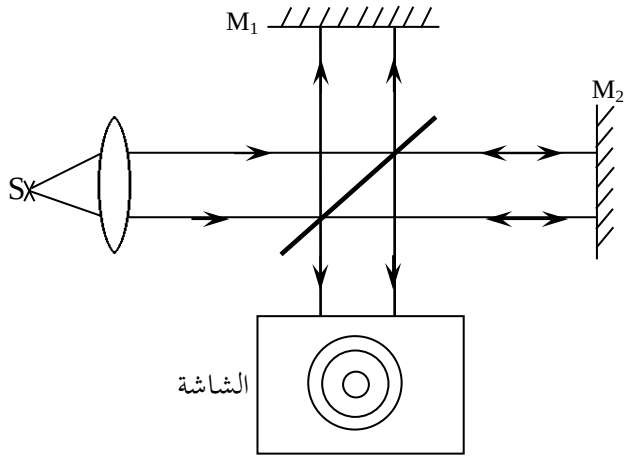
شكل (1) جهاز مايكلسن للتداخل

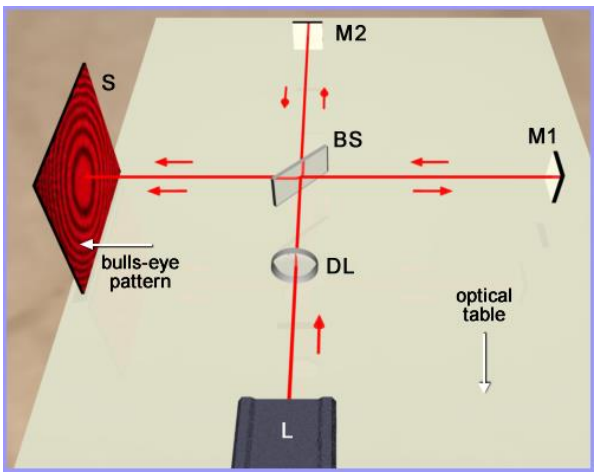
الغرض من التجربـــة :

1. دراسة ظاهرة التداخل بانقسام سعة الموجة .
2. ايجاد الطول الموجي لضوء الليزر المستخدم.
3. ايجاد الطول الموجي لضوء الليزر المستخدم باستخدام برنامج المحاكاة.

نظرية التجربة:

عندما تشترك موجتان متشاكهتان متساويتان بالسعة تقريباً وبينهما فرق ثابت بالطور يحدث التداخل ويمكن مشاهدة نمط التداخل بالموجات الضوئية أحادية اللون (الليزر في هذه التجربة) على الشاشة، كما في الشكل ادناه. إن القاعدة التي يستند عليها عمل جهاز مايكلسن تعتمد على تداخل سعتي موجتين متشاكهتين كما مبين بالشكل (2).





شكل (2)

فعند سقوط الضوء من المصدر (S) على اللوح الزجاجي (P) المثبت في الشكل (1) بزاوية (45^o) لماذا؟ فان جزءا من الضوء سينفذ خلال اللوح (P) و ينعكس ليسقط على المرآة (M_1) ثم ينعكس عنها، أما الجزء الأخر من الضوء فانه ينفذ خلال اللوح (P) ليسقط باتجاه المرآة (M_2) ثم ينعكس عنها ليمر مرة ثانية خلال اللوح (P) حيث ينعكس منه و عندها سيتداخل مع الشعاع المنعكس عن المرآة (M_1) و يمكن مشاهدة هذا بالعين المجردة أو بواسطة تلسكوب (هنا استخدمنا شاشة لاستلام نمط التداخل و ذلك لخطورة أشعة الليزر على العين). فعندما تكون المرآتان (M_1) و (M_2) متعامدتين على الأشعة الساقطة على مركزها سنرى أهداب دائرية متحدة المركز و يكون مركز هذه الأهداب أما مظلما أو مضيئا، فبحركة دقيقة للمرآة (M_2) يصبح الهدب المركزي مضيئا ثم مظلما ...الخ. تتحرك الأهداب المحيطة بالهدب المركزي أما بالاتجاه الخارج أو الداخل معتمدة على حركة المرآة (M_2)، لاحظ الشكل (2).

من الواضح انه بتحريك المرآة (M_2) سيتغير المسار البصري بين الأشعة المنعكسة من المرآتين. فعندما تتحرك المرآة (M_2) مسافة مقدارها (d) فان الأمواج الناتجة متشاكهه ففي كل مرة يتحول الهدب المركزي من مظلم إلى مضيء ثم مظلم مرة أخرى و هذا يعني بان المرآة (M_2) تكون قد تحركت مسافة قدرها ($\lambda/2$) حيث (λ) هي الطول الموجي للضوء الساقط، فإن كان عدد التغيرات بين مظلم و مضيء مقدارها (m) خلال مسافة (d) عندها :

$$d = \frac{m\lambda}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

أما بالنسبة للضوء الذي يسقط بزاوية مقدارها (θ) عندها سيكون فرق المسار البصري (λ) مساوي ($2d\cos\theta$) حيث :

$$d = \frac{m\lambda}{2\cos\theta} \ldots\ldots\ldots (2)$$

فإذا كان الهدب المركزي مضئيا ومحاطا بأهداب مظلمة ثم مضيئة عندما ستكون الأقطار الزاوية (angular diameter) هي θ_1 و θ_2, θ_3 حيث :

الهدب المركزي المضيء $2d\cos\theta = m\lambda$

$2d\cos\theta_1 = (m-1)\lambda$ الهدب المضيء الأول بعد المركزي

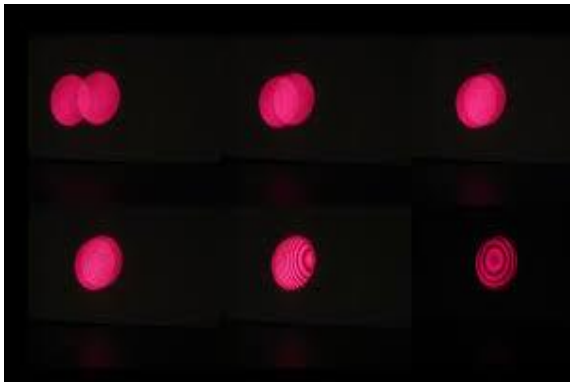
$2d\cos\theta_1 = (m-2)\lambda$ الهدب المضيء الثاني بعد المركزي

فبزدياد فرق المسار البصري تبدأ الأهداب بالظهور من المركز؟ (نمط الأهداب يكبر) وإذا قل فرق المسار البصري فستختفي الأهداب من المركز.

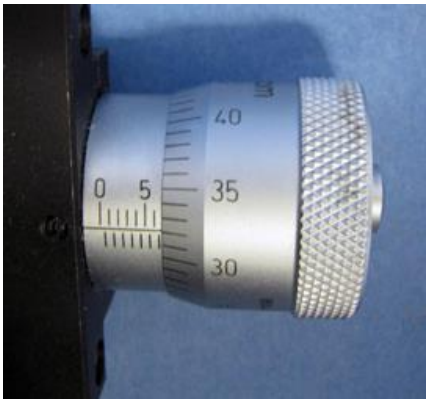
طريقة العمل

طريقة العمل داخل المختبر

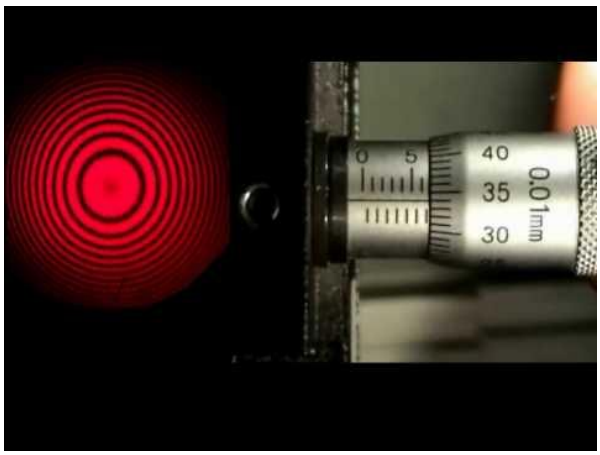
1. رتب الأجهزة كما في الشكل (1).
2. انظر على الشاشة سترى ظلين أو ثلاثة كل واحد منها سيتحرك عندما تحريك أحد براغي التعديل الموجودة في القسم الميكانيكي للمرآة (M_1) استمر بتحريك براغي التعديل في المرآة (M_1) إلى إن تتطابق جميع الظلال عندئذ ترى أهداب دائرية متمركزة. إن هذه المرحلة من التجربة من اصعب المراحل لذلك يجب تحريك البراغي بحذر ودقة بحيث يحرك كل برغي بمقدار $(\frac{1}{1000})$ من الدورة.



3. عند ظهور الأهداب بصورة واضحة اقرأ المايكروميتر (القراءة الأولى) كما موضح في الشكل.



4. ثم خذ عدة قراءات بعد عد (20, 40, 60, 80, 100 ,.....) هدب وذلك بتحريك المايكروميتر.



5. رتب قراءتك حسب الجدول التالي:

عدد الأهداب	قراءة المايكروميتر $d\ (mm)$	$\Delta d\ (mm)$ لكل (20) هدب	$\lambda\ (nm)$
m_0			
$m_0 \mp 20$			
$m_0 \mp 40$			
$m_0 \mp 60$			
$m_0 \mp 80$			

\+ تعني ظهور الاهداب من المركز.

\- تعني اختفاء الاهداب من المركز.

6. من الجدول السابق:

$$2\,d_0 = m_0\lambda$$

$$2\,d_1 = m_1\lambda = (\,m_0 \mp 20)\lambda$$

$$2(d_1 - d_0) = 2\Delta d = (\,m_0 \mp 20)\lambda - \,m_0\lambda$$

$$2\Delta d = 20\lambda$$

$$\lambda = \frac{2(\Delta d)}{20}$$

لكن يوجد تصحيح في جهاز المايكروميتر وقدره $\left(\frac{1}{10}\right)$ من المليمتر لذا فأن:

$$\lambda = \frac{2(\Delta d)}{10\times 20}$$

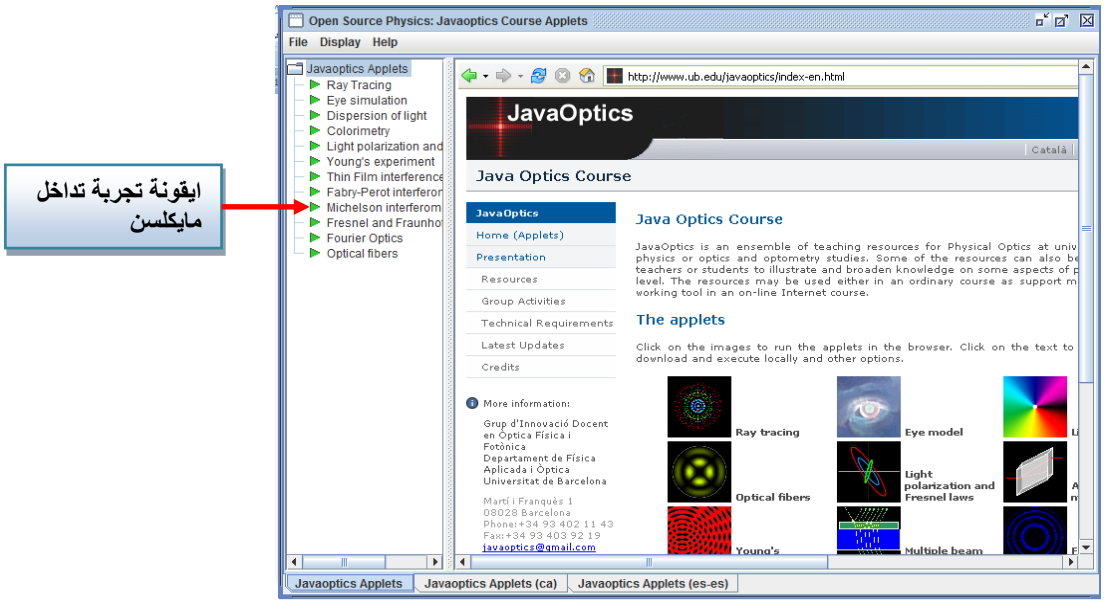
وباستخدام هذه المعادلة يمكن أيجاد الطول الموجي المستخدم.

7. ارسم علاقة بيانية بين (d) على محور الصادات و(m) على محور السينات ثم جد الميل. ثم قارن قيمة الطول الموجي الناتج مع تلك التي من العلاقة السابقة.

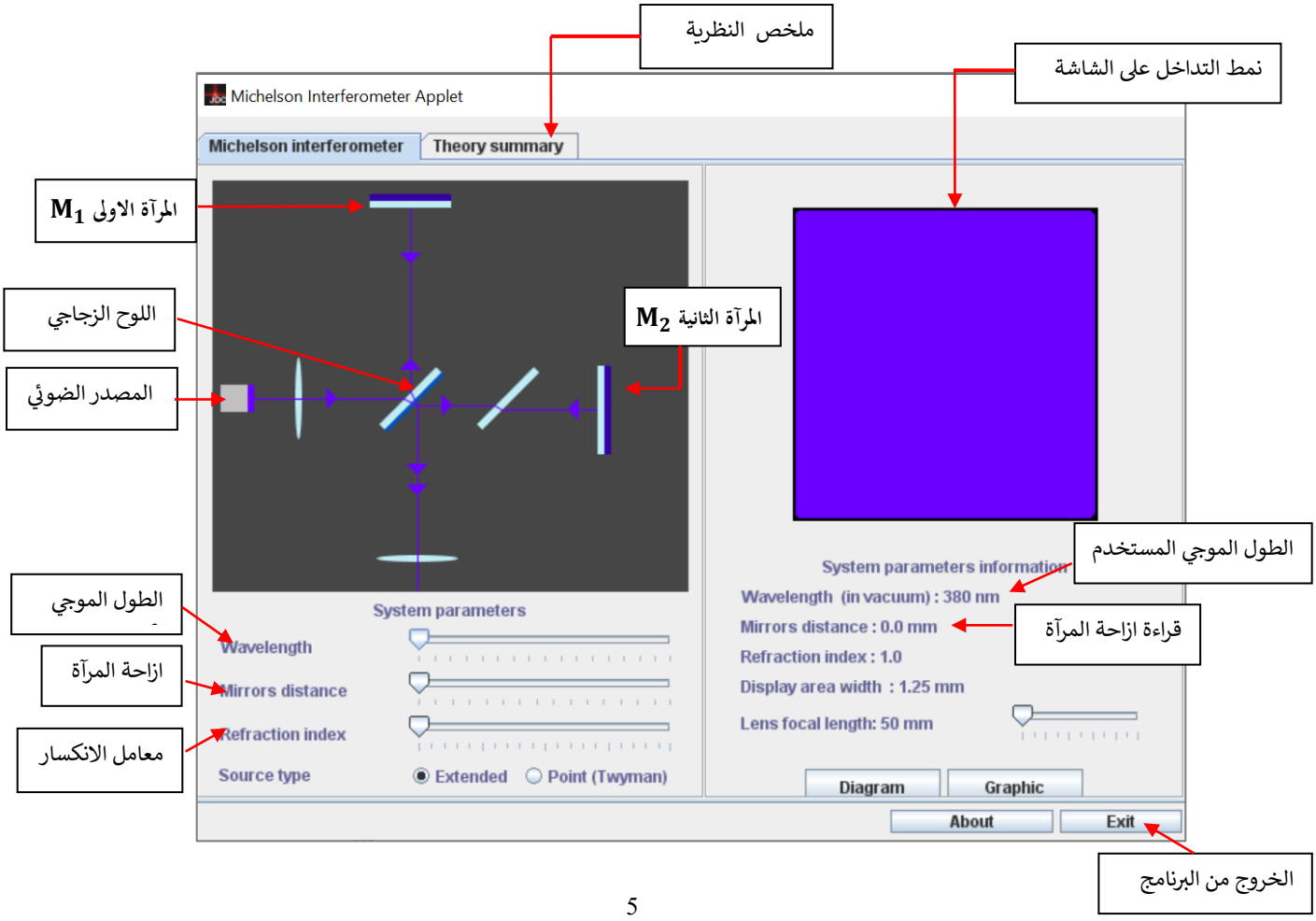
المحاكاة:

حساب الطول الموجي باستخدام برنامج المحاكاة JOptics Applet

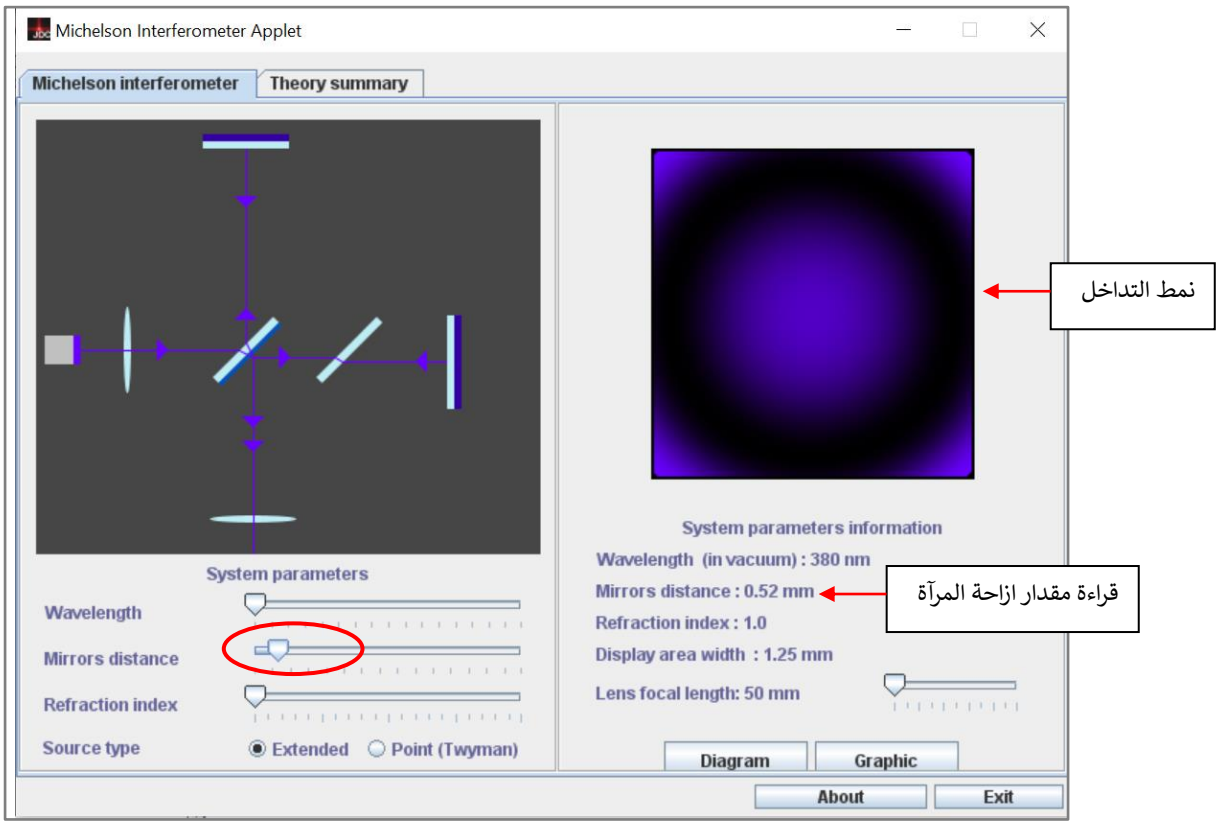
1. بعد الدخول الى موقع البرنامج http://www.ub.edu/javaoptics وهو متوفر مجانا على شبكة الانترنت، يتطلب تنصيب برنامج Java فقط، بعدها يتم تحميل وتشغيل البرنامج دون الحاجة الى توفر شبكة الانترنت.عندئذ تظهر الشاشة الرئيسية للبرنامج كما في الشكل الاتي.



2. من خيار File أختر أيقونة Michelson interferometer ، عندها ستظهر النافذة التالية:



3. بتغيير ازاحة المرآة نحصل على نمط التداخل والذي يكون بشكل اهداب دائرية، وكما موضح في الشكل ادناه



4. اجعل الهدب المركزي مضيئ وسجل قراءة الازاحة m_0
5. احسب عشرة اهداب مضيئة $m = 10$ وسجل قراءة الازاحة
6. احسب عشرة اهداب اخرى $m = 20$ وسجل القراءة ايضا
7. رتب قراءتك حسب الجدول التالي:

عدد الأهداب	$d\ (mm)$	$\lambda\ (nm)$
m_0		
$m_0 \mp 10$		
$m_0 \mp 20$		
$m_0 \mp 30$		
$m_0 \mp 40$		

8. ارسم علاقة بيانية بين عدد الاهداب m والازاحة d
9. احسب الطول الموجي من العلاقة $\lambda = \frac{2d}{m}$

الأسئلة:

1. ماذا ترى إذا كانت المرآتين (M_1) و (M_2) غير متعامدتين تماماً؟
2. ماذا ترى إذا وضعنا مصباح عادي (white light) بدلاً من المصباح أحادى اللون؟
3. متى يوضع اللوح الزجاجي (compensator plate) أمام المرآة (M_2) وما فائدته.
4. ما فائدة العدسة اللامة أمام المصدر (الليزر)؟