جامعة بنها	الفرقة الثانية (تخلف)
كلية التربية	مادة بصريات فيزيائية وديناميكا حرارية
دور مايو 2013	نظام قديم

د./ صلاح عيد إبراهيم حمزة — تاريخ الامتحان: 2013/05/14

مادة كاملة

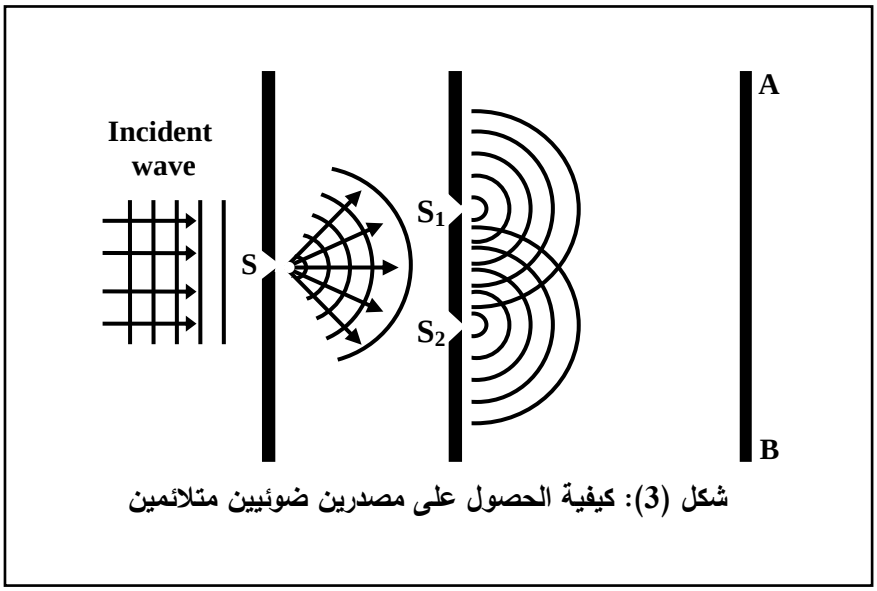
1. الشروط الواجب توافرها لكي يتداخل الضوء

---------- الحل ----------

لكي يتداخل الضوء المنبعث من مصدرين مختلفين فإنه يوجد عدة شروط للحصول على ظاهرة التداخل وهى:

أولاً: التواؤم Coherence

يشترط للحصول على ظاهرة تداخل واضحة المعالم أن يكون المصدران S_1, S_2 متوائمان أي يكون الضوء الخارج منهما له نفس التردد والسعة ويكونا معاً في طور واحد أو يظل فرق الطور بينهما ثابت مع مرور الزمن. أما إذا رفعنا المصدر S في شكل (3) واستبدلناه بمصدرين ضوئيين منفصلين عند S_1, S_2 فإنه لا تظهر هدب تداخل على الحائل ولكن تظهر بدلاً منها إضاءة منتظمة نسبياً. ويرجع ذلك إلى أن عملية الانبعاث الضوئي تحدث من الذرات المفردة، وهذه الذرات لا تعمل معاً بطريقة تعاونية.



شكل (3): كيفية الحصول على مصدرين ضوئيين متلائمين

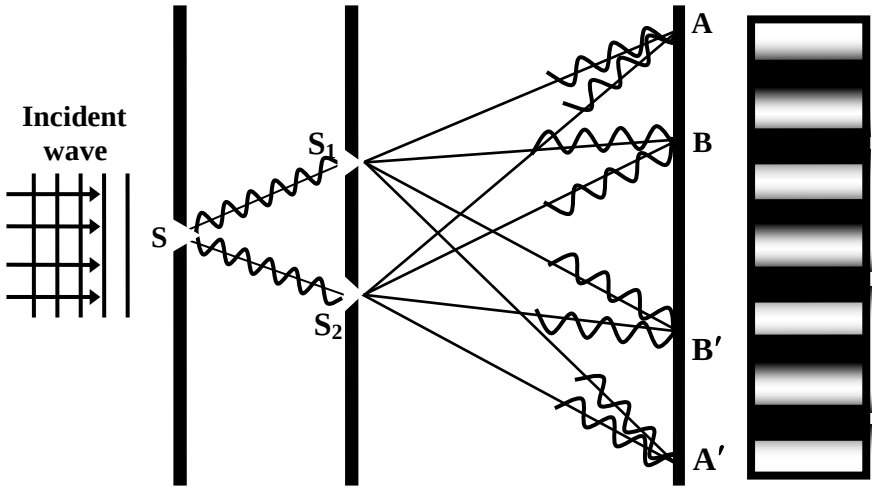
وفى الحقيقة أنه لا يمكن بل من المستحيل الحصول على مصدرين منفصلين متوائمين. ولكن للأغراض العملية يمكن تكوين مصدرين تخيليين متوائمين من مصدر واحد، وتتم هذه العملية بطريقتين. أولا تقسيم صدر الموجة، كما في تجربة الشق المزدوج لينج حيث يوضع مصدر ضوئي S يصدر موجات ترتطم بالثقبين S_1, S_2 وفى هذه الحالة فإن الموجات الخارجة من S_1, S_2 تكون متوائمة لأنها تصدر من نفس المصدر، فإذا تغير الضوء المنبعث من S فإن هذا التغير ينتقل تلقائيا إلى S_1, S_2. وبذلك نحتفظ عند أي نقطة على الحائل بفرق طور ثابت بين الحزمتين الخارجتين من S_1, S_2 وينتج نموذج تداخل ثابت في جميع الأحوال. ثانيا تقسيم الشعاع بالشرائح الرقيقة كما في تجربة حلقات نيوتن.

ثانياً: استخدام مصدر أحادى اللون Monochromatic source

يجب أن يكون المصدر الضوئي مشعاً لموجات ذات طول موجي واحد وذلك لضمان ظهور هدب التداخل واضحة وغير متراكبة مع هدب أخرى ناتجة من تداخل موجات ذات أطوال موجية مختلفة مثلما يحدث عند استخدام الضوء الأبيض مثلاً.

ثالثاً: أن يكون للأشعة المتداخلة نفس اتجاه الانتشار

لكي تتم عملية التداخل بطريقة صحيحة لابد أن يكون للأشعة المتداخلة نفس اتجاه الانتشار. حيث يكون التداخل بناء إذا تداخلت قمة مع قمة أو قاع مع قاع تماماً (عند النقط A, A')، ويكون التداخل هدام إذا تداخلت قمة مع قاع أو قاع مع قمة تماماً (عند النقط B, B') كما في شكل (4). وهذا الشرط يتحقق بجعل المسافة بين المصدرين S_1 , S_2 صغيرة جداً.

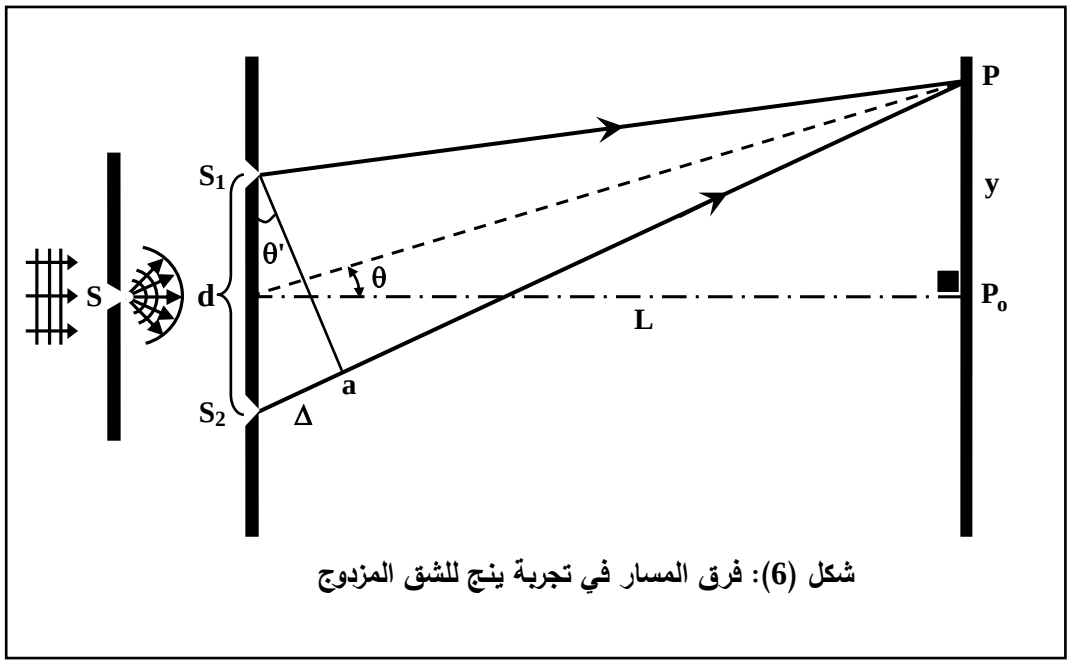


شكل (4): كيفية تداخل الموجات الصادرة من S_1 , S_2 على الحائل

(ب) تجربة ينج للشق المزدوج Young's double-slit experiment

في هذه التجربة نحصل على هدب التداخل عن طريق انقسام جبهات الضوء المستخدم. يوضح شكل (6) الجهاز المستخدم حيث يسقط الضوء من مصدر أحادى اللون على ثقب ضيق وذلك لمحاولة الحصول على مصدر نقطي S. بعد ذلك ينتشر الضوء في شكل موجات كريه من المصدر S طبقاً لمبدأ هايجنز ثم يسمح لهذه الموجات بالسقوط على شقين S_1 , S_2 المسافة بينهما صغيرة جداً. يصبح الشقان S_1 , S_2 مصادر جديدة لأشعة ضوئية مترابطة والتي يظهر

هدب تداخلها على الحائل. يفترض هنا أن الموجتين تبدآن من S_1, S_2 في نفس الطور لأن هذان الشقان يقعان على بعدين متساويين من S. علاوة على ذلك تكون السعتان متساويتان إذا كان الشقان S_1, S_2 متساويين في الاتساع ومتقاربين جداً.



شكل (6): فرق المسار في تجربة ينج للشق المزدوج

سنحاول الآن إيجاد المسافة الفاصلة بين هدبتي تداخل متجاورتين على الحائل وذلك لأن معرفة هذه المسافة تمكننا من تعيين الطول الموجى للضوء المستخدم مباشرة. الموجتان الواصلتان إلى P تقطعان مسافتين مختلفتين S_1P, S_2P أي أنهما تتراكبان بفرق في المسار مقداره:

$$\Delta = (S_2P - S_1P) \qquad (6)$$

ويمكننا إيجاد قيمة فرق المسار Δ بدلالة المسافة y وهى بعد النقطة P عن النقطة المركزية P_o على الحائل والمسافة بين الشقين d وبعد الشقين عن الحائل L. في شكل (6) فرق المسار بين الشعاعين هو المسافة S_2a حيث رسم الخط S_1a لكي يجعل النقطتين S_1, a متساويتين البعد عن P. وعادةً تجرى تجربة ينج بحيث تكون المسافة L أكبر من d أو y ببضعة آلاف

من المرات. ومن ثم فإن الزاويتين θ و θ' تكونان صغيرتين جداً ومتساويتين عملياً. ولهذا يمكننا اعتبار المثلث $S_1 a S_2$ مثلثاً قائماً، وبناءً عليه فإن فرق المسار Δ يصبح:

$$\Delta = d \sin\theta' \approx d \sin\theta \tag{7}$$

بنفس هذا التقريب يمكننا اعتبار أن جيب الزاوية يساوى ظلها بحيث يكون:

$$\sin\theta \approx \tan\theta \approx \frac{y}{L} \tag{8}$$

بناءً على هذه الفروض نجد أن:

$$\Delta = d\frac{y}{L} \tag{9}$$

باستخدام معادلة (9) فإننا نحصل على تداخل بناء إذا كان فرق المسار بين الشعاعين يساوى مضاعفات صحيحة للطول الموجى كما نحصل على تداخل هدام إذا كان فرق المسار يساوى مضاعفات صحيحة لأنصاف الطول الموجى أي أن:

$$\Delta = d\frac{y_m}{L} = \begin{cases} m\lambda & (\text{for constructive interference}) \\ (m+\frac{1}{2})\lambda & (\text{for destructive interference}) \end{cases} \tag{10}$$

حيث $m = 0, 1, 2, 3, \ldots$ تسمى رتبة الهدب أو رتبة التداخل ومن ثم فإن الهدب ذات $m = 0, 1, 2$ تسمى الرتب الصفرية والأولى والثانية. من المعادلة السابقة نحصل على مكان الهدب المضيء أو المظلم على الحائل من العلاقة:

$$y_m = \begin{cases} m\dfrac{\lambda L}{d} & (\text{for bright fringes}) \\ (m+\frac{1}{2})\dfrac{\lambda L}{d} & (\text{for dark fringes}) \end{cases} \tag{11}$$

كما أن البعد بين أي هدبتين متتاليتين ينتج بتغير m بمقدار الوحدة في أي من المعادلتين (11) أي أن:

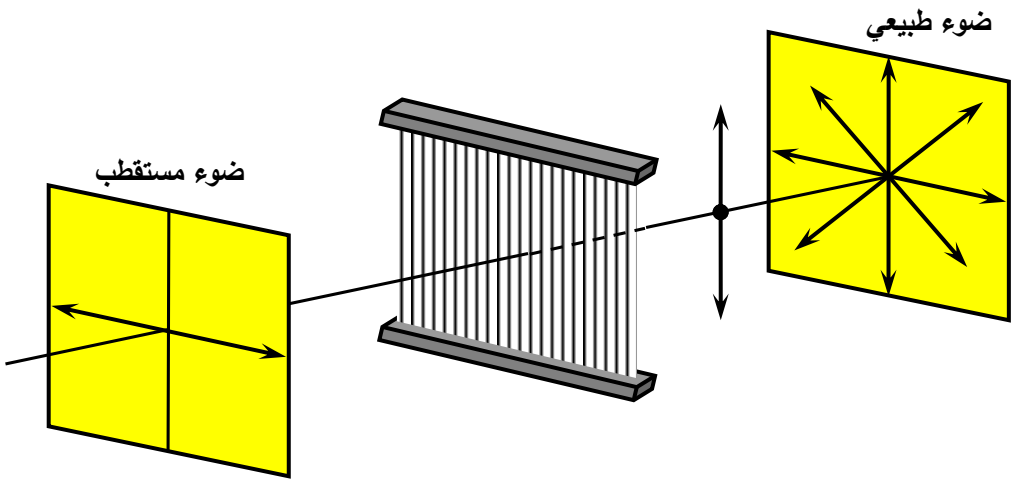
$$y_{m+1} - y_m = \frac{\lambda L}{d} \tag{12}$$

طبقاً لهذه المعادلة نرى أن المسافة بين أي هدبتين متتاليتين (سواء مظلمتين أو مضيئتين) تساوى مقدار ثابت قيمته $\frac{\lambda L}{d}$. المعادلة (12) توضح أن المسافة بين هدبتين متتاليتين تتناسب طردياً مع λ, L وعكسيا مع d ومن ثم فإن معرفة مسافة انفصال الهدب تعطينا طريقة مباشرة لتعيين λ بدلالة كميات معلومة.

3. المستقطب الشبكي

---------- الحل ----------

من أكثر الاهتمامات العملية في هذه الأيام هي أجهزة المستقطب ذو الشبكة السلكية المبين في شكل (5). فعند سقوط شعاع غير مستقطب على مجموعة متقاربة من الأسلاك الرفيعة جداً وجيدة التوصيل الكهربي فإن مركبة الضوء الموازية للأسلاك تولد الكترونات في هذه الأسلاك عندما تسقط عليها. وحيث أن مركبتي الضوء عبارة عن موجة كهرومغناطيسية فإن حركة الالكترونات التي تنشأ في السلك تأخذ شكل حركة الكترونات التيار المتردد. وتشع هذه الكترونات أثناء حركتها موجة عكسية (تبعاً لقاعدة لنز) تعمل على أضعاف المركبة الرأسية للضوء العادي. وبناءاً على ذلك فإن الشعاع النافذ يكون ذا إستقطاب خطى عمودي على الأسلاك.



شكل (5): المستقطب الشبكي وامتصاص إحدى مركبتي الضوء

4. <u>الشغل المبذول أثناء التمدد الأيزوثيرمي للغاز المثالي</u>

---------- الحل ----------

لنفرض أن غاز مثالي كتلته تساوى واحد جرام–جزئ يتمدد من الحجم V_1 إلي الحجم V_2. الشغل المبذول بواسطة الغاز هو

$$W = \int_{V_1}^{V_2} dW = \int_{V_1}^{V_2} P\ dV \qquad (32)$$

من معادلة حالة الغاز المثالي $PV = RT$ نحصل على:

$$P = \frac{RT}{V} \qquad (33)$$

وبالتعويض في W نحصل على:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} RT\ \frac{dV}{V} = RT\ \ln\frac{V_2}{V_1} \qquad (34)$$

هذا هو الشغل المبذول أثناء التمدد الأيزوثيرمى لغاز مثالي كتلته واحد جرام–جزئ. وإذا كانت كتلة الغاز M وليست واحد جرام–جزئ فإن

$$W = \frac{M}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (35)$$

هذه العلاقة صالحه ليس فقط للتمدد ولكن للانكماش الأيزوثيرمى أيضا.

وكما ذكرنا من قبل فإن الغاز المثالي لكي يتمدد أيزوثيرميا فإنه يحتاج كمية حرارة من الخارج هذه الكمية سيأخذها الغاز ليبذل بها الشغل W.

وكذلك عندما ينكمش الغاز المثالي أيزوثيرميا فإن الشغل المبذول عليه يخرج للوسط المحيط على هيئة طاقة حرارية أي أن الغاز يتخلص من كمية حرارة مساوية للشغل المبذول عليه أثناء الانكماش الأيزوثيرمى. أنظر شكل (6).