

التجربة المنزلية 06

تداخل طبقة رقيقة، جفاف

الهدف: في هذه التجربة وفي التجربة التالية، ستستكشف نمط تداخل حزمتين ضوئيتين، والذي ينتج عندما يكون الضوء منعكساً عند ورود عمودي تقريباً من الطبقات الرقيقة. ليس من الصعب رؤية الظاهرة، وليس من الصعب القيام بالاستنتاج الرياضي لذلك. على أي حال، الفهم الصحيح لما يحدث يأتي فقط من دراسة أمثلة متنوعة.

تجارب

شريحتين مجهريتين: اغسل بحذر شريحتين مجهريتين وجففهما بمادة -تزيل كل شيء يمكن أن يعلق عليهما- مثل منديل رطب. ضع الشريحتين فوق بعضهما واضغطهما معاً عند إحدى النهايتين باستخدام الإبهام والسبابة. أمسكهما أمام خلفية سوداء (كورقة أشغال سوداء) وانظر إلى الضوء المنعكس على الشريحتين من ضوء تنغستن عريض (فتيلة) أو من السماء (ليس الشمس!). يجب أن ترى أنه بالقرب من أصابعك، الصورة المنعكسة تداخلت مع عدّة أهداف تداخل. باتجاه مركز الشريحتين، نمط التداخل يجب أن يختفي.

في هذه الحالة، الموجتان المتداخلتان تأتيان من السطحين زجاج-هواء وهواء-زجاج الفاصلين بين الشريحتين. طور الحقل الكهربائي يتغير 180 درجة عند أحد هذين الانعكاسين ولا يتغير عند الآخر.

وبالتالي إذا كانت المسافة الفاصلة بين المستويين أصغر بكثير من طول موجة الضوء عند نقطة معطاة، سيكون هناك تداخل هدام بين الحزمتين الضوئيتين وطبقة الهواء الرقيقة وستكون شفافة بالكامل عند تلك النقطة. (لاحظ أنه سيكون لا يزال هناك انعكاسات من الوجه العلوي للشريحة العلوية والوجه السفلي للشريحة السفلية، وبالتالي سيكون لا يزال هناك صورة منعكسة من التجمّع بالكامل (الشريحتين معاً).)

عندما تكبر فجوة الهواء، سيكون هناك تداخل بناء عند الورود العمودي من أجل الضوء الذي طول موجته λ عندما عرض الفجوة يساوي $\lambda/2 (m + 1/2)$ ، حيث m عدد صحيح غير سالب. من أجل الفجوات الصغيرة (من رتبة 1000 أنغستروم) ستكون هذه العلاقة ملائمة أولاً للضوء الأزرق ثم الأصفر ثم الأحمر أثناء ازدياد الفجوة. في هذه المنطقة، السماكات المختلفة تعكس ألواناً مختلفة غير متساوية، وبالتالي يظهر الضوء المنعكس ملوناً. عندما تزداد الفجوة أكثر، التداخل الأعظمي لترتيب مختلفة (m) ستتداخل والتميز بين ألوان مختلفة لن يكون ممكناً. وبالنتيجة، سيكون متوسط شدة الضوء المنعكس متقارب مع الضوء المنعكس من أحد السطحين الداخليين بشكل مفرد. هذا ما يحدث عندما تنتظر

باتجاه مركز جانب التجمع (أحد وجوه العدستين معاً). التأثير نفسه يمنعنا من رؤية أهداب التداخل من سطحي شريحة مفردة، لا يهم مدى كون السطحين متوازيين أو مسطحين.

أحياناً عندما يفتح أحدهم صندوق شرائح مجهر جديد، تكون الشرائح نظيفة جداً وخالية من أي عوالق بحيث عدة شرائح ستكون ملتصقة ببعضها عند إخراجهم من الصندوق، وأهداب التداخل يمكن أن تثرى عبر كل العدسات معاً.

من الصعب تكرار هذا الشرط بعد أن تصبح الشرائح مستعملة.

بالطبع إذا كان الضوء أحادي اللون، سيكون بالإمكان رؤية أهداب التداخل من أجل أي عرض للفجوة، بشرط أن تكون السطوح مسطحة ومتوازية بشكل كافٍ. ضوء الليزر المرسل من خلال ناشر ضوئي ليكون بزوايا موزعة ونطاق مكاني محدود من شأنه أن يوفر هذا المصدر. بالرغم من أننا لا نستطيع إعطاء كل واحد منكم ليزراً، يمكنك بنفسك رؤية تأثير تضيق التوزيع الطيفي للضوء.

قم بنفس التجربة الموضحة أعلاه، ولكن هذه المرة شاهد الأهداب من خلال فلتر ملون. يجب أن تكون قادراً على رؤية أهداب أكثر – من أجل نفس الإعدادات للشرائح – باستخدام فلتر مقارنة مع عدم استخدامه. يجب أن تكون الأهداب مرئية على منطقة من الشرائح أكبر، وهذا يتعلق بفجوات عرض. الفلتر يضيق الطيف وفق المعامل 3 أو 4، وبالتالي الأهداب يجب أن تكون مرئية من أجل الفجوات حتى 5000 أنغستروم.

من أجل المفاجأة، أعد التجربة باستخدام ضوء فلوريسنت كمصدر. تكون الأهداب مرئية على مجال عرض بكثير من الحالتين السابقتين. لاحظ أن الضوء ليس أحادي اللون لأنه يظهر أبيضاً (بذل مهندسو الإضاءة جهداً كبيراً لتحقيق ذلك التأثير). بالإضافة إلى ذلك، يمكنك رؤية أن أهداب التداخل ملونة! كما تبين، إن أضواء الفلوريسنت لديها –بالإضافة إلى طيف مستمر واسع– عدة سطوعات وخطوطاً مفردة ضيقة جداً في الأحمر والأخضر والأزرق. هذه الخطوط تهيمن على نمط التداخل وتسمح للأهداب أن تكون ملاحظة (مرئية) على مجال أكبر بكثير من الفجوات. لا تزال لا تستطيع رؤية الأهداب من شريحة مفردة (سماكتها حوالي 1 ميلي متر) بهذه الطريقة، ولكن شريحة غطاء المجهر الزجاجية (سماكتها حوالي 0.15 ميلي متر) يجب أن تظهر الأهداب تحت ضوء فلوريسنت.

أغشية رقيقة متينة (صلبة): حاول أن ترى أهداب التداخل باستخدام شريحة غطاء مجهر زجاجية واحدة تحت ضوء فلوريسنت. كل هذب يتوافق مع محيط سماكة ثابتة. في الحقيقة، أنت ترى خريطة طوبوغرافية لشريحة غطاء المجهر الزجاجية. حاول مع شرائح غطاء أخرى، بعضها مسطح أكثر من بعض. حاول نفس التجربة مع ضوء النهار، ثم مع ضوء النهار وفلتر. هل وُقِّت؟

بعض البوليمر الشفاف الصلب يمكن أن يُصنع كشرائح رفيعة جداً والتي ربما تكون متجانسة (متماثلة) بشكل كافٍ لإظهار الأهداب المتداخلة. أوجد شريحة من مادة كهذه المادة ومددها على فم كوب أو كأس لتكون طبقة مسطحة ورقيقة. جهزنا عينة من غطاء طعام شائع (الأغطية الشفافة التي يغطي بها الطعام)، يجب أن تجد وتختبر خيارات أخرى ممكنة. أولاً تحقق لترى فيما إذا كان السطح أملساً بشكل كافٍ بحيث يكون بإمكانك ملاحظة الانعكاس، مثل انعكاس بعض ضوء الفلوريسنت الوارد من مصباح السقف. إذا كان الانعكاس منحرفاً على مسافة صغيرة وبالتالي جزء من السطح يكون خشناً وهو الذي يمنع ملاحظة الأهداب. مع قليل من الحظ، ستري تلويناً مبرقشاً للانعكاس كإشارة للتداخل ولكن السماكات تختلف على نطاق متوسط. إذا كنت محظوظاً بشكل كافٍ لتجد مادة مسطحة جداً، ستري معالم تداخل مميزة. كما كان الحال مع شرائح غطاء المجهر.

حلقات "نيوتن": أي كتاب يناقش التداخل، يذكر حلقات "نيوتن". إنها نمط التداخل الذي نراه في الانعكاس عندما يستند السطح الكروي للعدسة على سطح زجاجي غير مصقول. الظاهرة مماثلة للظاهرة التي لاحظتها مع شريحتي المجهر. في هذه الحالة، نمط التداخل يظهر كحلقات متحدة المركز. الكتاب ربما يحتوي على صورة للحلقات. الرسم التخطيطي المرافق -مقطع عرضي للعدسة المرتكزة على السطح الزجاجي والهواء الذي يتخللها- بالتأكيد لا يعبر عن مقياس رسم حقيقي. والسبب في ذلك أنه إذا كان نمط التداخل مرئي بسهولة للعين المجردة، نصف قطر انحناء العدسة يجب أن يكون كبيراً جداً.

من المناقشة في تجربة شريحة المجهر، يجب أن تعلم أن مركز حلقات "نيوتن" -عند مكان اتصال السطوح الزجاجية- يجب أن يكون مظلماً. ليس صعباً أن تستنتج أن نصف قطر الحلقة المظلمة رقم m يعطى بالعلاقة $r_m = [m\lambda R]^{1/2}$. هنا R هي نصف قطر السطح المنحني. من هذه العلاقة، يمكن أن نلاحظ أنه إذا كان نصف قطر أول حلقة مظلمة يساوي 2 مم، باستخدام ضوء طول موجته تساوي 5000 أنغستروم، بالتالي نصف قطر السطح المنحني يجب أن يكون 8 متر! عدسة محدبة مستوية بنصف قطر السطح المنحني هذا سيكون بعدها البؤري يساوي 16 متر. كالأبعاد البؤرية الطويلة الموجودة بشكل أساسي في التلسكوبات الانكسارية.

قمت بتجربة حلقات "نيوتن" باستخدام عدسات مخبرية عالية الجودة بأبعاد بؤرية تساوي حوالي 1 متر. هناك ثلاثة مشاكل: نصف قطر الحلقات صغير نوعاً ما، يوجد في العدسات أغلفة مانعة للانعكاس، وبالتالي تباين نمط التداخل ليس كما ينبغي أن يكون، والعدسات غالية جداً لاستخدامها في التجارب المنزلية.

في هذه التجربة، التفننا على المشاكل المذكورة أعلاه من خلال استخدام عدسات مصقولة. أوجد عدسة بأكبر بعد بؤري (أكثر عدسة مسطحة). قم بتنظيفها بحذر وضع السطح المنحني على شريحة مجهر

نظيفة. ضع الشريحة تحت مصدر ضوء بحيث تتوقع أنك تستطيع رؤية أهداب التداخل في الانعكاس. ربما تكون قادراً على رؤية نقطة سوداء صغيرة والتي تدل على مركز حلقات "نيوتن". خذ عدسة أخرى واستخدمها كعدسة مكبرة لتفحص نمط الحلقة. بهذه الطريقة، يجب أن ترى نمطاً واضحاً كالأنماط الموجودة في الكتب. كما في التجارب الموصفة أعلاه، انظر، فيما إذا كنت تستطيع إيجاد حلقات أكثر (بقطر أكبر) إذا استخدمت فلترًا ملوناً أو ضوء فلوريسنت.

