

الواجب المنزلي 10

قراءات مفيدة قبل حل الواجب

كتاب "باكفي & باريت": الصفحات 519-522، 525&526، 532-548

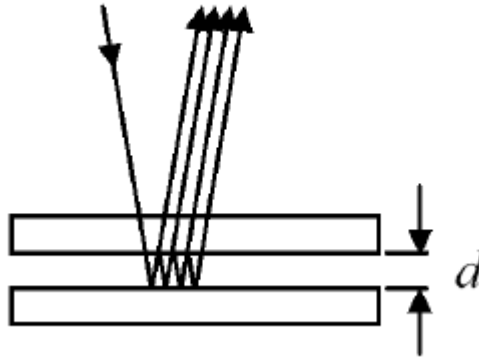
السؤال 1-10: تداخل الطبقة الرقيقة

قم بحل المسألة 8-1 من كتاب

Bekefi, and Barrett. *Electromagnetic Vibrations, Waves and Radiation*.

Cambridge, MA: The MIT Press, September 15, 1977. ISBN: 0262520478.

يرد ضوء أبيض بشكل عمودي على طبقة هواء رقيقة سماكتها d ، تقع بين مستويين (صفيحتين) زجاجيين. ماذا يجب أن يكون أصغر سماكة للطبقة الرقيقة d إذا كان سينعكس بشدة فقط ضوء أزرق طول موجته (متر $4 \times 10^{-7} =$) أنغستروم 4000 ؟



السؤال 2-10: حلقات "نيوتن"

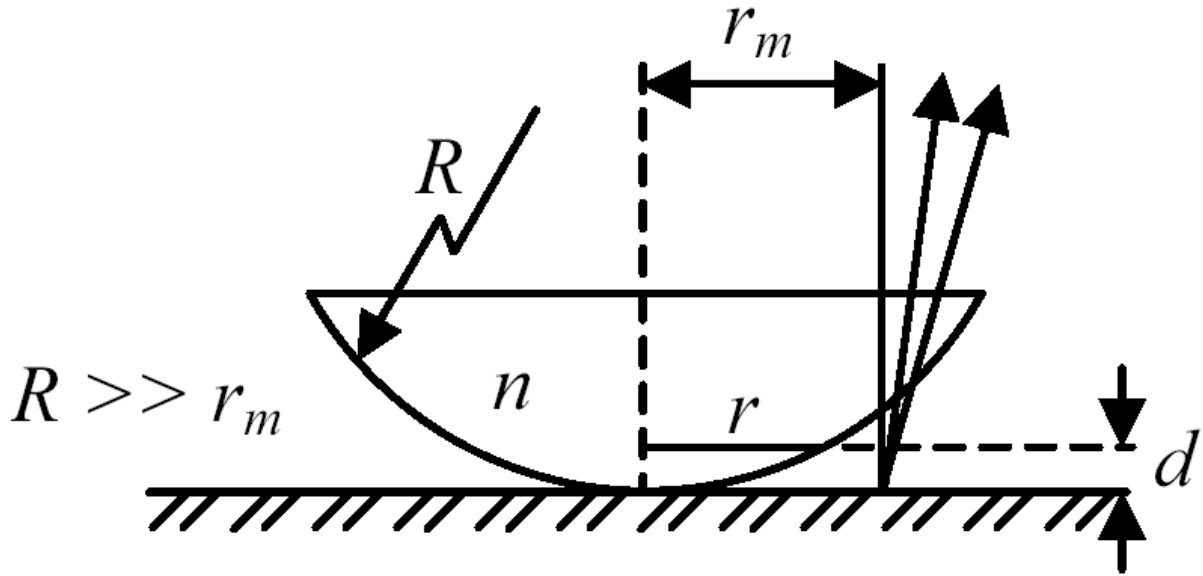
قم بحل المسألة 8-4 من كتاب

Bekefi, and Barrett. *Electromagnetic Vibrations, Waves and Radiation*.

Cambridge, MA: The MIT Press, September 15, 1977. ISBN: 0262520478.

كانت هذه المسألة إحدى مسائل الامتحان النهائي في ربيع 2004.

قطعة زجاج محدبة مستوية (قرينة الانكسار n)، تقع في مستوي موازي من الزجاج كما هو موضح في الشكل. نصف قطر السطح الكروي R وهو أكبر بكثير من r_m . يرد ضوء (الطول الموجي λ) بشكل عمودي وينعكس عند السطح الفاصل زجاج-هواء وعند السطح الفاصل هواء-زجاج للمستوي الزجاجي. تتداخل الحزم المنعكسة لتشكل سلسلة متناوبة من دوائر مظلمة ومشعة متحدة المركز عندما ننظر إليها من الأعلى.



أ- أوجد المسافة الشعاعية r من نقطة الاتصال حيث المسافة الفاصلة بين السطح الكروي وقطعة الزجاج في حالة الاسترخاء هي d . أي أوجد العلاقة بين d و r .

ب- استنتج علاقة من أجل المسافات الشعاعية r_m ، التي ستكون عندها الحلقات المشعة ملاحظة.

ت- استنتج علاقة من أجل المسافات الشعاعية r_m ، التي ستكون عندها الحلقات المظلمة ملاحظة. اعتبر R يساوي 2 متر و λ تساوي 640 نانو متر.

ث- الفاصلة بين الحلقة المظلمة رقم 25 والحلقة المظلمة رقم 26.

السؤال 10-3: التجربة المنزلية رقم 6 – تداخل الطبقة الرقيقة

التجارب رائعة جداً وسهلة لتقوم بها، ستعطيك بعد نظر حول ظاهرة التداخل الشائعة والمثيرة للاهتمام (أيضاً فقاعات الصابون والزيوت المسكوب على الطريق). أشجعكم بشدة لتقوموا بالتجارب كما سترون المسألة 1-10 و 2-10 أثناء العمل. لا يجب عليكم كتابة نتائجكم لتحصلوا على العلامة الكاملة في هذا الواجب. على أي حال، عند التحضير لامتحان النهائي، سأعتبر أنكم قمتم بهذه التجارب.

السؤال 10-4: قوس قزح

حزمة ضيقة جداً من ضوء أحمر غير مستقطب، شدته I_0 ، يرد (عند النقطة A) على قطرة ماء كروية (انظر الشكل). زاوية الورود تساوي 60 درجة. عند النقطة A، بعض الضوء ينعكس وبعضه الآخر ينفذ إلى قطرة الماء. الضوء المنكسر يصل إلى سطح القطرة عند النقطة B حيث ينعكس بعض الضوء ويعود إلى الماء وبعضه ينفذ إلى الهواء. الضوء الذي انعكس إلى الماء يصل سطح القطرة عند النقطة C حيث ينعكس بعض الضوء ويعود إلى القطرة وبعضه ينفذ إلى الهواء. قرينة انكسار الماء من أجل الضوء الأحمر $n = 1.331$.

استخدم ملاحظات محاضرة 16 تشرين الثاني، 2004 (إنها متاحة على الموقع الإلكتروني).

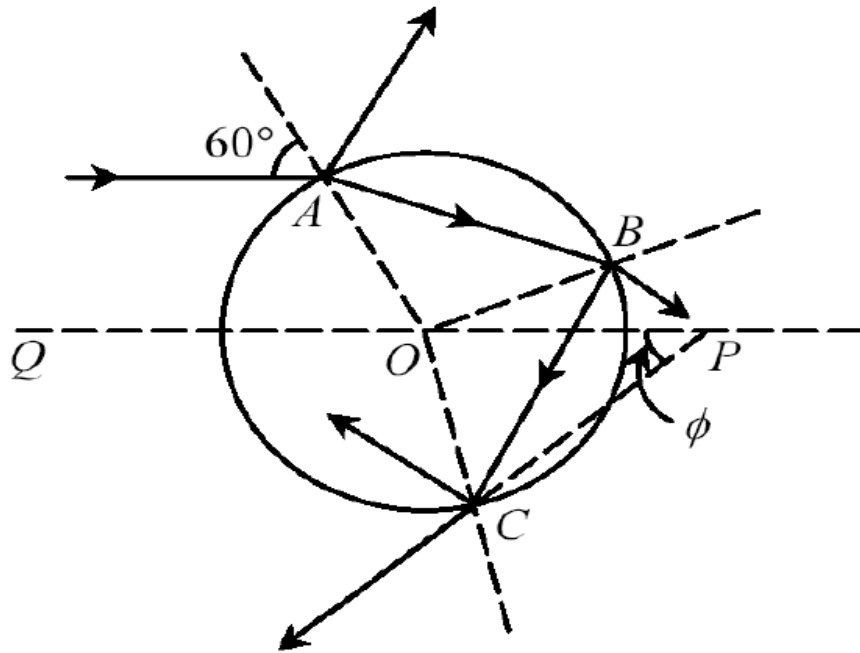


FIG. 4: Problem 10.4

أ- ما هي شدة ودرجة استقطاب الضوء المنكسر إلى القطرة عند النقطة A؟

ب- ما هي شدة ودرجة استقطاب الضوء المنعكس عند النقطة B؟

ت- ما هي شدة ودرجة استقطاب الضوء الذي ينفذ للهواء عند النقطة C؟

ث- لتكن زاوية ورود عند النقطة A هي θ_1 وزاوية الانكسار هي θ_2 . عبّر عن الزاوية Φ (انظر الشكل) كدالة بالنسبة لـ θ_1 و θ_2 فقط.

ج- احسب الزاوية Φ في حالة θ_1 تساوي 60 درجة. قم بذلك من أجل الضوء الأحمر وأيضاً الضوء الأزرق (قرينة الانكسار من أجل الضوء الأزرق تساوي 1.343). سرعة الضوء الأزرق في الماء أبطأ بحوالي 1% من الضوء الأحمر.

ح- من أجل طول موجي معطى، يوجد قيمة وحيدة فقط لـ θ_1 بحيث تكون عندها قيمة Φ أعظمية (Φ_{\max}). أثبت أن هذه الحالة عندما يكون $(\cos \theta_1)^2 = \frac{(n^2-1)}{3}$. هنا n هي قرينة الانكسار.

خ- باستخدام المعادلة الواردة في الجزء (ح)، احسب قيم θ_1 من أجل كل من الضوء الأحمر والأزرق والتي تؤدي إلى قيم عظمى لـ Φ . باستخدام نتائجك في القسم (ث)، احسب القيم العظمى لـ Φ (كل طول موجي سيكون له مجموعة خاصة من قيم θ_1 وقيم Φ_{\max} المرتبطة بها).

د- في عالم ما، بعيد جداً، ينزل المطر كقطرات صغيرة من الزجاج (قرينة الانكسار حوالي 1.5). الأرواح التي تعيش هناك تتحدث عن "قوس زجاج". ما هي القيمة الأعظمية لـ Φ من أجل "أقواس الزجاج"؟ قارن هذا مع "أقواس قزح" في عالمنا.

تشكل أقواس قزح: زاوية الورود 60 درجة (انظر الشكل) قريبة جداً من القيم التي وجدتها في القسم (خ). وبالتالي قيمة Φ كما هي موضحة في الشكل قريبة جداً لـ Φ_{\max} التي أوجدتها في القسم (خ). الحقيقة أن Φ_{\max} المختلفة بين اللون الأزرق والأحمر هي المفتاح الرئيسي في تشكل قوس قزح. الشكل الهندسي الموضح في الشكل سيلعب دوراً مركزياً في محاضرة قوس قزح في 7 ديسمبر. سيكون هناك قوس قزح، أنصحكم بأن تجلبوا المظلة معكم.

المسألة 10-5: تراكم N مذبذب

قم بحل المسألة 8-5 من كتاب

Bekefi, and Barrett. *Electromagnetic Vibrations, Waves and Radiation*. Cambridge, MA: The MIT Press, September 15, 1977. ISBN: 0262520478.

نرغب في القيام بتراكب الاهتزازات لعدة مذبذبات توافقية بسيطة لها نفس التردد ω ونفس السعة A. ولكن تختلف عن بعضها بتزايد ثابت للطور α ، حيث:

$$E(t) = A \cos \omega t + A \cos(\omega t + \alpha) + A \cos(\omega t + 2\alpha) + A \cos(\omega t + 3\alpha) + \dots$$

أ- باستخدام مطوار بياني إضافي أوجد $E(t)$ ، حيث يكتب بالشكل $E(t) = A_0 \cos(\omega t + \phi)$ أوجد A_0 و Φ من أجل الحالة التي يكون هناك 5 مذبذبات مع سعة A تساوي 3 وحدات و $\alpha = \pi/9$ راديان.

ب- ادرس المضلع الذي أوجدته في الجزء (أ) وباستخدام اعتبارات هندسية صرفة أثبت أنه من أجل N مذبذب يكون:

$$E(t) = (NA) \frac{\sin(N\alpha/2)}{N \sin(\alpha/2)} \cos \left[\omega t + \left(\frac{N-1}{2} \right) \alpha \right].$$

ت- ارسم سعة $E(t)$ كدالة بالنسبة لـ α .

(الحسابات في الأعلى هي أساس إيجاد الإشعاع من مصفوفة المستقبلات الهوائية وانعراج المشبك).