

الواجب المنزلي 07

قراءات مفيدة قبل حل الواجب

كتاب "فرنش": الصفحات 274-280، كتاب "باكفي & باريت": انظر الواجب المنزلي رقم 6 الصفحات 189-250، قراءة جديدة: الصفحات 208-251.

السؤال 7-1: الإشعاع المستقطب

اكتب الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي المرتبط به في الفراغ من أجل أمواج مستوية مرتحلة. سعة المتجه الكهربائي E_0 والتردد ω .

أ- الإشعاع مستقطب خطياً في المستوي $y-z$ عند زاوية 45 درجة مع المحور y ، ويرتحل في الاتجاه الموجب للمحور x . هناك حلان.

ب- الإشعاع مستقطب دائرياً في المستوي $y-z$ ، ويرتحل في الاتجاه x الموجب. هناك حلان.

السؤال 7-2: المستقطبات الخطية – قانون "مالوس" + الامتصاص

في المحاضرات، كان لديك ثلاث مستقطبات خطية من النوع HN30 في المغلف. إذا كان الضوء مستقطباً خطياً 100% وبشدة I_0 يمر من مستقطب مثالي (متراصف بشكل صحيح)، سينبثق منها ضوء مستقطباً خطياً 100% وبشدة I_0 . مثل المستقطبات التي تدعى HN50.

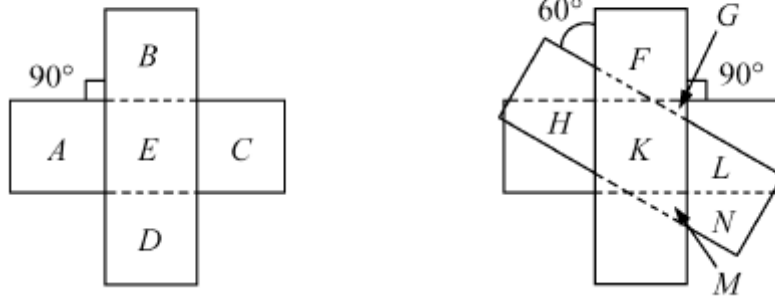
في الواقع، المستقطبات ليست مثالية، وهناك عدة أنواع منها وبدرجات مختلفة من الامتصاص. المستقطبات التي لديك هي من النوع HN30. هذا يعني أنه إذا قمت بالتجربة كما هو موصّف في الأعلى، فقط 70% من I_0 سينبثق. وبالتالي إذا جعلنا ضوء مستقطباً خطياً 100% وبشدة I_0 يمر عبر مستقطبين (كلاهما متراصفين بشكل صحيح)، سينبثق فقط 49% من الضوء بشدة I_0 .

أ- انظر من خلال أحد المستقطبات لديك إلى منبع ضوء. ثم ضع المستقطب الثاني أمام الأول (بنفس الاتجاه). ستلاحظ أن شدة الضوء تتناقص.

ضع مستقطبين بزوايا قائمة كما هو موضح في الجزء الأيسر من الشكل. دعونا نعرّف شدة الضوء لضوء مستقطب خطياً 100% والذي يخرج من المناطق A و B و C و D كـ I_0 . شدة الضوء عبر المنطقة E الآن تساوي 0.

ضع الآن المستقطب الثالث بين المستقطبين (كما هو موضح في الجزء الأيمن من الشكل)، قم بتدوير المستقطب الثالث في نفس مستويه بينما تحافظ على الزاوية 90 درجة بين الاثنین الآخرين. ستختفي الظلمة في المنطقة E. جرب ذلك!!

ب- ما هي قيمة شدة الضوء عبر المناطق: F، G، H، K، L، M، N و؟ لاحظ الزاوية 60 درجة. خذ بالاعتبار أن المستقطبات الذي لديك هي من النوع HN30.



السؤال 3-7: إشعاع من شحنة متسارعة

قم بحل المسألة 4-1 من كتاب

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

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

شحنة q ساكنة في البداية، تُعطى تسارعاً قليلاً على طول المحور z . لنفرض أن ذلك يحدث عند مركز نظام الإحداثيات في اللحظة $t=0$.

أ- أعطِ أوقات الوصول، القوى النسبية ووصف الاتجاهات للحقل الكهربائي المشع الذي يُرى بواسطة ثلاثة مراقبين في المستوي $y-z$ وبمسافة كبيرة R من مركز نظام الإحداثيات. المراقب الأول يقع على المحور y ، ومراقب يقع على المحور z ، والمراقب الثالث يقع على نصف قطر يصنع مع المحور z زاوية 30 درجة.

ب- وصف الاتجاه والطويلة للحقول المغناطيسية المشعة المرافقة.

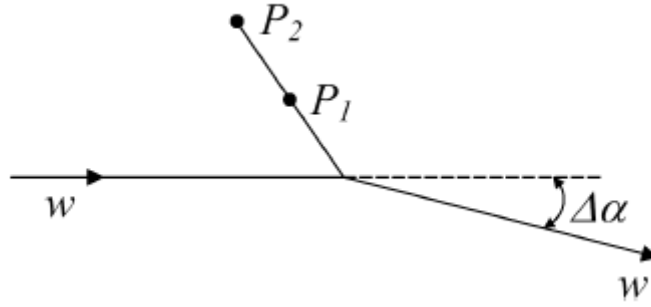
السؤال 4-7: إشعاع من شحنة متسارعة

قم بحل المسألة 4-2 من كتاب

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

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

تتحرك شحنة نقطية $+q$ بسرعة اتجاهية ثابتة ω على طول خط مستقيم حتى اللحظة $t=t_0$. في الفترة الزمنية القصيرة من $t = t_0$ إلى $t = t_0 + \Delta t$ ، قوة عمودية على المسار تغير الاتجاه بدون تغيير سرعة السرعة الاتجاهية. بعد الزمن $t = t_0 + \Delta t$ ، تتحرك الشحنة مرة أخرى وفق السرعة الاتجاهية ω على طول خط مستقيم مشكلة زاوية صغيرة $\Delta\alpha$ مع المسار الابتدائي.

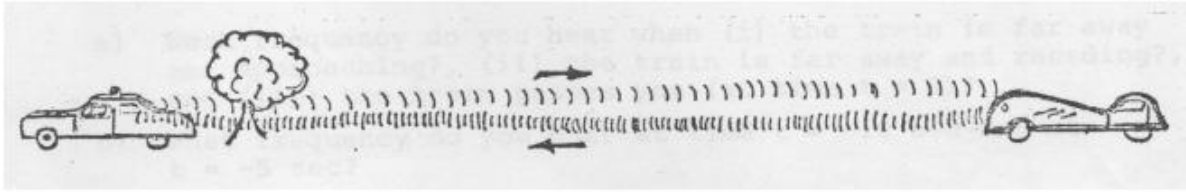


- أ- ما هو اتجاه الحقل الكهربائي الناشئ بسبب التسارع، عند النقطة البعيدة P_1 ؟
- ب- في أي اتجاه تكون شدة الإشعاع للشحنة المتسارعة أكثر شدة؟
- ت- أين تكون أقل شدة؟
- ث- النقطة p_2 تبعد عن نقطة انعطاف المسار ضعف بعد النقطة p_1 . في أي جزء ستتناقص سرعة الاضطراب المغناطيسي عندما تنتقل نبضة الإشعاع من p_1 إلى p_2 ؟
- ج- ما هي قيمة الطاقة الكلية المشعة؟
- ارسم مخططات دقيقة للإجابات الخاصة بالأجزاء أ، ب، ت.

السؤال 5-7: التحقق من السرعة بواسطة الرادار

شعاع رادار ($\lambda = 3$ سم) ينعكس عن سيارة كما هو موضح في الشكل (انعكاس مواجه). مرسل الرادار غير متحرك. الشعاع المنعكس يُستقبل ثانيةً من قبل الشرطة، التردد f' لهذه الإشارة المنعكسة يقاس بمستقبل ثابت على سيارة الشرطة. وبذلك يمكن حساب السرعة الاتجاهية للسيارة v . كل ذلك يحدث في "صندوق أسود" بأقل من أجزاء صغيرة من الثانية.

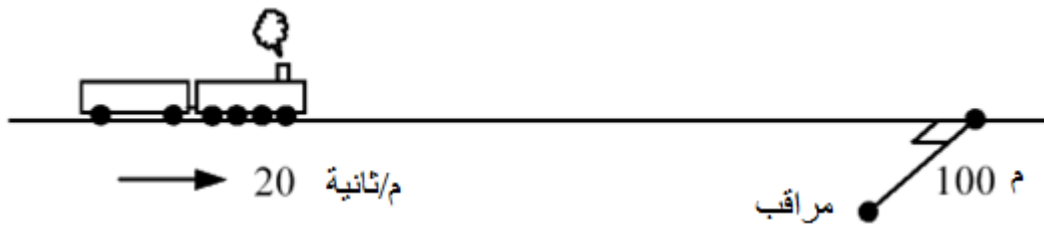
شاشة عرض رقمية تظهر لضابط الشرطة سرعتك بعد تحويلها إلى ميل/ساعة.



- أ- ما هي قيمة تردد مرسل الرادار؟
ب- أعطي معادلة تبين من خلالها العلاقة بين f و f' و v . (تلميح: احسب أولاً التردد الذي "تراه" السيارة، ثم أرسل هذه الإشارة إلى الشرطة.)

السؤال 6-7: لا تستطيع سماع الصافرة؟

يسافر قطار على طول مسار مستقيم بسرعة 20 م/ثانية (تقريباً 45 ميل/ساعة). ينفخ صافرته باستمرار (هرتز $f = 1000$). أنت كمراقب تقف على بعد 100 متر من المسار (انظر الشكل). نعرف الزمن $t=0$ أنه اللحظة التي يكون فيها القطار أقرب ما يمكن إليك.



- أ- ما هو التردد الذي تسمعه عندما (1) يكون القطار بعيداً عنك ويقترب؟ (2) القطار بعيد عنك ويبتعد (3) يمر القطار من جنبك (عند $t=0$)؟
ب- ما هي قيمة التردد الذي تسمعه عند اللحظة: ثانية $t = -10$ ، وعند اللحظة: ثانية $t = -5$ ؟
ت- ارسم منحنى التردد الذي تسمعه مقابل الزمن.

المسألة 7-7: كوننا المتوسع – مبسّط

يوضح الشكل في الأسفل توسع بالون بشكل مشابه للكون. تم تمثيل كامل الفضاء بواسطة سطح البالون الكروي، وعناقيد المجرات تم تمثيلها ببقع على هذا السطح، نصف قطر البالون متطابق مع $R(t)$ نصف قطر الكون.

عندما يتوسع البالون، يبقى للنقاط تباعد زاوي ثابت (Θ) من بعضها. لنفترض أن البالون يتوسع بمعدل ثابت.

أ- برهن أن:

$$\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right) = \left(\frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta t}\right) s \quad (1)$$

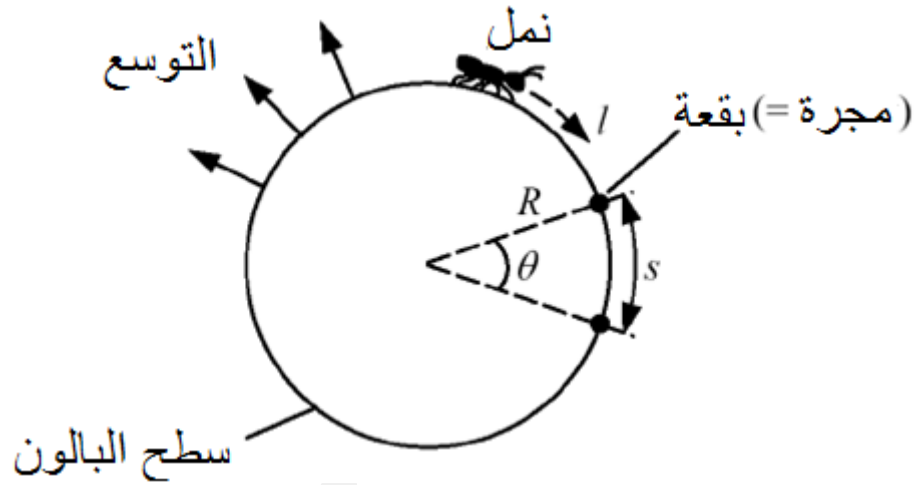
حيث s هي المسافة الفاصلة بين بقعتين على السطح، و $(\Delta s/\Delta t)$ هي سرعة ابتعاد بقعة عن الأخرى. لاحظ أن المعادلة (1) مكافئة لقانون "هابل":

$$v = Hr \quad (2)$$

ب- ما هي قيمة H بدلالة الرموز المستخدمة في المعادلة (1)؟ تحقق من أن إجابتك صحيحة بشكل بعدي، بشكل عام، يقاس H بـ (كم/ثانية)/ميغا بارسك.

يمكن تمثيل فوتونات الضوء من المجرات البعيدة كـ "نمل" يزحف على سطح البالون بسرعة l .

ت- وضح أنه من أجل التوسع الكوني المنتظم [$(\Delta R/\Delta t) = \text{ثابت}$]، هناك مسافة (s) بعدها لن يستطيع النمل منها الوصول إلى مجرتنا (هذه المسافة تدعى الأفق)!



لننتقل الآن إلى الطريقة التي كنا ننظر فيها إلى عالمنا منذ عدة سنوات، قبل اكتشاف "الطاقة المظلمة". الطاقة المظلمة مسؤولة عن حقيقة أن توسع الكون -بحسب الاعتقاد الحالي- متسارع وليس متباطئ. هذه الطاقة المظلمة الخفية تعتبر من أسخن المواضيع في الفيزياء حالياً. فيما يأتي، سنتظاهر أنه لا يوجد طاقة مظلمة.

ليكن لدينا مجال كروي غازي متوسع كثافته الكتليّة المنتظمة ρ وكتلته الكلية M ونصف القطر $R(t)$. ستتحرك جزيئة غاز عند سطح المجال الكروي شعاعياً للخارج بسرعة اتجاهية v وبالتالي:

$$\frac{v^2}{2} = \frac{GM}{R} + \text{ثابت} \quad (3)$$

هنا $v = \Delta R / \Delta t$ هي السرعة الشعاعية.

يجب أن تكون هذه المعادلة مألوفة من المساق 8.01. إذا كان الثابت موجباً فالتوسع لن يتوقف أبداً (طاقة حركية كبيرة جداً). وإذا كان الثابت سالباً سيتوقف التوسع في النهاية، ثم سينكمش على نفسه نتيجة قوى جاذبية.

ث- وضح أنه يمكن كتابة المعادلة (3) بالصيغة التالية:

$$\left(\frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta t} \right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} + \frac{2(\text{ثابت})}{R^2} \quad (4)$$

فيما يلي سنستخدم الرمز السفلي (0) عندما نشير إلى الوقت الحالي.

فيما يلي، سنفترض أن $H_0 = 70 \frac{\text{كم/ثانية}}{\text{ميغابارسك}}$ و $G = 6.7 \times 10^{-11}$ (وحدة قياسات النظام الدولي).

ج- ما هي أقل كثافة مطلوبة لكوننا الآن (ρ_0) لجعله مغلق؟

ح- وضح أنه في حالة الكون المسطح، نصف قطر الكون $R(t)$ متناسب مع $t^{2/3}$.

يستنتج من ذلك على الفور أن $H = \frac{2}{3t}$ (وضح ذلك) وبالتالي عمر الكون الآن:

$$t_0 = \frac{2}{3H_0} \sim 9.3 \times 10^9 \text{ سنة}$$

خ- المعادلة المعدلة رقم (4) تربط $H^2 = \left(\frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta t}\right)^2$ مع R . برهن أن ثابت "هابل" لا بد أنه كان أكبر في الماضي.

د- هل يمكن أن يصبح H سالباً؟ ما نتيجة ذلك على المجرات ذات الانزياح الأحمر؟