



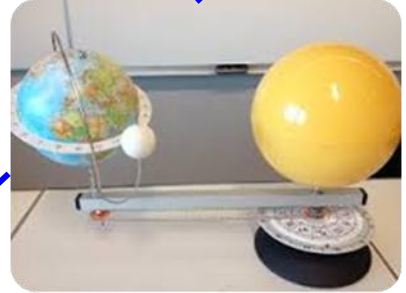
NPhO
الأولمبياد

الوطنية في الفيزياء 2015

مسك العلوم الرياضية 'أ'

مسك العلوم الرياضية 'ب'

مسك العلوم الفيزيائية



فرض المحطة الجهوية

الجمعة 27 مارس 2015

مدة الإنجاز: 3 ساعات

من الساعة الثانية ونصف بعد الزوال إلى الساعة الخامسة ونصف

نصائح وتوجيهات

- ① يرجى من المترشحات والمترشحين، التأكد من توفرهم على جميع صفحات الموضوع البالغ عددها 14 صفحة.
- ② يضم الموضوع شقين مستقلين عن بعضها البعض.
- ③ إذا لاحظ أحد المترشحين أو المترشحات ما يعتبره خطأ في نص التمرين، يشير إلى ذلك على ورقة تحريره، ويعالج التمرين على ذلك الأساس. وفي هذه الحالة يوضح المترشح(ة) على ورقة تحريره نوع الخطأ ونص الاستبدال مع تعليل ذلك.
- ④ يرجى من المترشحات والمترشحين تخصيص نصف الساعة الأولى من مدة الإنجاز لقراءة نص جميع التمارين الواردة في الموضوع لأخذ صورة واضحة عن العمل المطلوب إنجازه إجمالاً.
- ⑤ يسمح باستعمال الآلة الحاسبة غير القابلة للبرمجة.
- ⑥ لا يسمح باستعمال أية وثيقة خارج ما يتسلمه المترشح(ة) مع الموضوع.
- ⑦ يرجى من المترشحات والمترشحين صياغة أجوبتهم بخط واضح، وتجنب التشطيب ما أمكن، وعدم استعمال اللون الأحمر في الكتابة أو التسطير.
- ⑧ يرجى من المترشحات والمترشحين احترام تسلسل مكونات كل تمرين مع الإشارة إلى كل سؤال برقمه مقروناً برقم التمرين تيسيراً لعملية التصحيح.

هام جداً

ليكن في علم المترشحات والمترشحين أن هذا الاختبار ليس امتحاناً مدرسياً وإنما مباراة تمهيدية من أجل المشاركة في مباراة وطنية تضم 32 من أجود التلميذات والتلاميذ في مجال الفيزياء بشقيها النظري والتجريبي، لذا نتمنى أن يكون الإنجاز إنجازاً شخصياً يجسد الكفاءة الفعلية للتلميذ(ة) التي تطمح مباريات الأولمبياد في الكشف عنها كما هو متعارف عليه على الصعيد الدولي.

الشق الأول: الكهرباء (20 نقطة)

يعتمد اشتغال العديد من الأجهزة الإلكترونية على دارات كهربائية تتضمن ثنائيات قطب من صنف (RL) أو (RC) أو (RLC)، ويختلف تصرف هذه الدارات حسب نوع المركبات التي تحتويها. ويمكن تحديد هذا التصرف باعتماد طرق متنوعة واستثمار معطيات تسمح بتحديد المقادير المميزة في كل دارة.

الجزء الأول: ثنائي القطب RLC (14 نقطة)

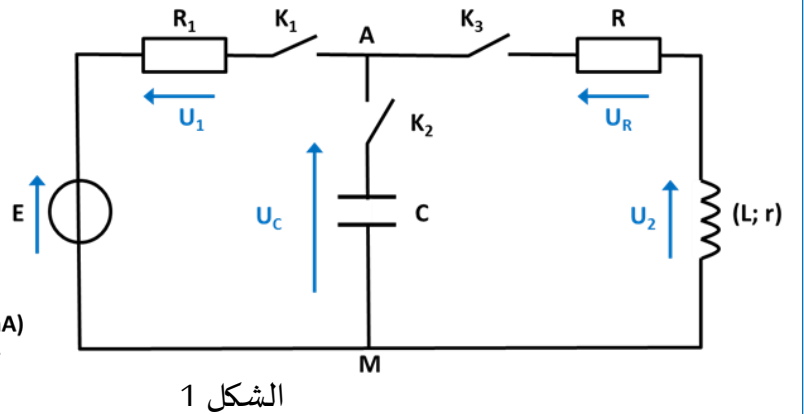
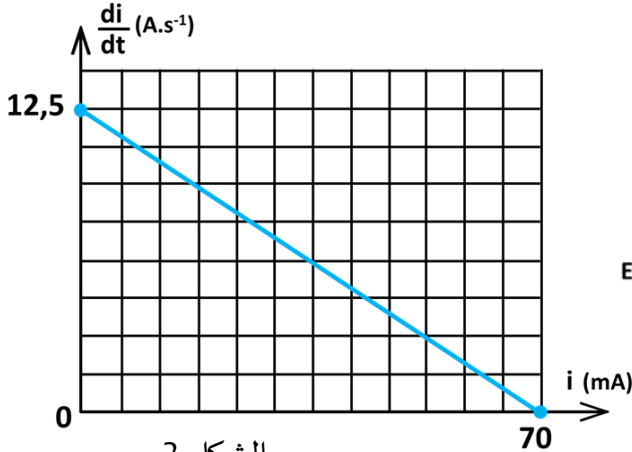
لدراسة تصرف بعض ثنائيات القطب ننجز الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (1) و المتكونة من مولد مؤتمل للتوتر قوته الكهرومحرركة $E = 10\text{ V}$ ووشية محرك (L, r) وموصلين أو ميين مقاوماتهما على التوالي R_1 و R ومكثف سعته C غير مشحون بدئياً وقواطع للتيار K_1 و K_2 و K_3 .

نعرف مدة الصعود $t_m = t_2 - t_1$ لمقدار كهربائي $x(t)$ ، بالمدة التي تنتقل خلالها قيمة المقدار $x(t)$ تبعاً من 10% إلى 90% من قيمته في النظام الدائم.

نعطي: $R_1 = R = 50\Omega$.

• تعيين مميزات الوشية

لتعيين معامل التحريض L والمقاومة r للوشية، نغلق قاطعي التيار K_1 و K_3 عند اللحظة $t = 0$.



1. تحديد r و L باعتماد مخطط الطور

1.1. أثبت المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار i خلال إقامة التيار الكهربائي في الدارة.

1.2. بين أن حل المعادلة التفاضلية السابقة يكتب $i = I_p(1 - e^{-t/\tau})$ حيث τ ثابتة الزمن.

1.3. استنتج تعبير τ بدلالة r و R و R_1 و L ، ثم حدّد بُعد المقدار τ ، ومدلوله الفيزيائي.

1.4. عبّر، بدلالة r و R و R_1 و E ، عن الشدة I_p للتيار عندما يحصل النظام الدائم.

1.5. يمثل منحنى الشكل (2) مخطط الطور $\frac{di}{dt} = f(i)$ ، حيث i الشدة اللحظية للتيار خلال إقامته في

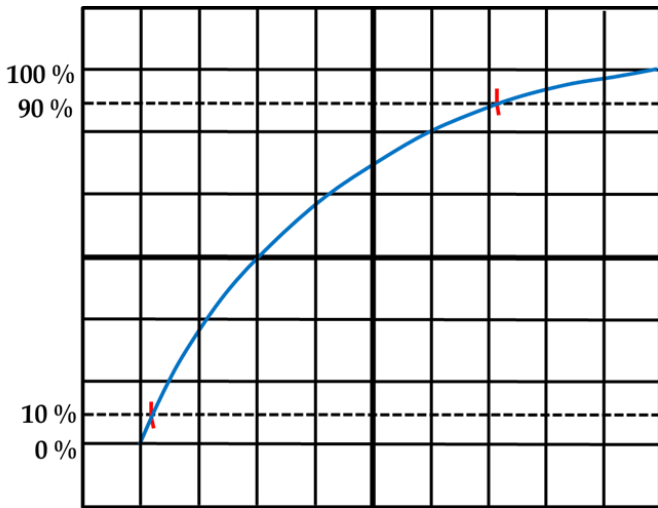
الدارة. بيّن باعتماد هذا المخطط أن $L = 0,8 H$ ، ثم حدّد قيمة المقاومة r للوشية.

2. تحديد r و L باعتماد مدة الصعود

2.1. عبّر، بدلالة الزمن، عن التوتر u_1 بين مربيئي الموصل الأومي ذي المقاومة R_1 خلال إقامة التيار في الدارة.

2.2. بيّن على تبيانة، كيفية ربط راسم التذبذب لمعاينة التوتر u_1 بين مربيئي الموصل الأومي.

2.3. أوجد تعبير t_m مدة الصعود بدلالة τ .



2.4. يمثل الشكل 3 الرسم التذبذي المحصل عند معاينة التوتر u_1 .

علماً أن القيمة القصوى للتوتر u_1 هي $u_{1max} = 3,5V$ حدّد من جديد قيمة كل من r و L . الحساسية الأفقية هي: $2ms \cdot div^{-1}$

2.5. بعد حصول النظام الدائم، وعند فتح الدارة تظهر شرارة. فسّر ذلك.

14/ 14

• تعيين سعة المكثف باعتماد مدة الصعود

نغلق قاطعي التيار K_1 و K_2 ونترك K_3 مفتوحاً عند اللحظة $t = 0$.

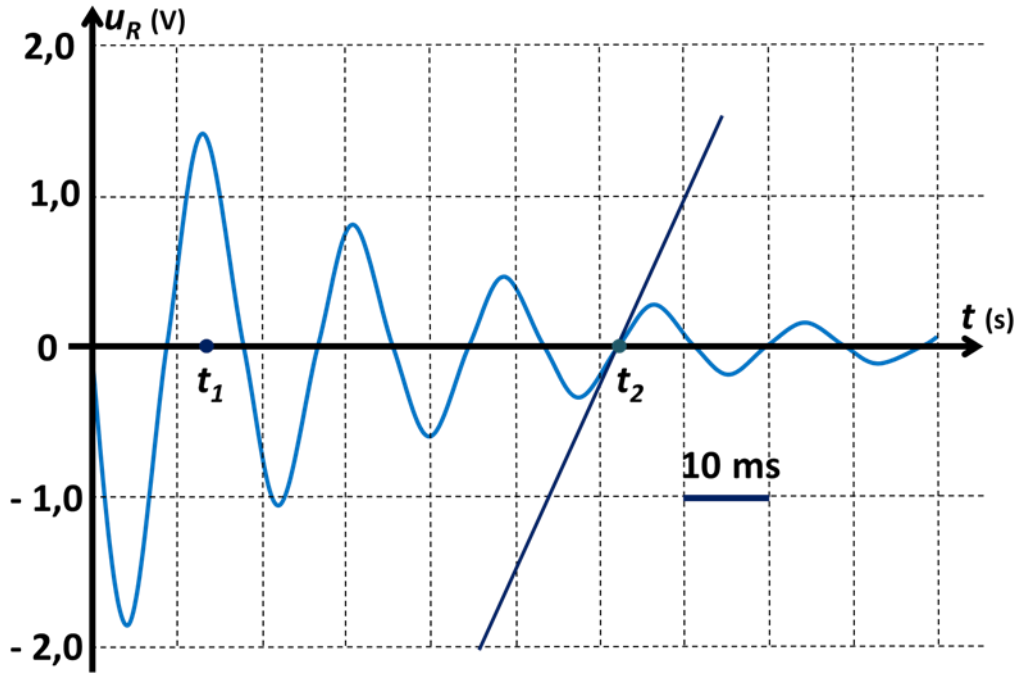
1. أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_C(t)$ بين مربيئي المكثف .

2. بيّن أن حل المعادلة التفاضلية يكتب $u_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ حيث τ ثابتة الزمن.

3. حدّد قيمة C علماً أن مدة الصعود هي $t_m = 1,1ms$.

• التذبذبات الحرة في الدارة المتوالية RLC

عند حصول النظام الدائم في الدارة السابقة، نغلق قاطعي التيار K_2 و K_3 ونفتح K_1 عند لحظة نختارها أصلاً جديداً للتواريخ. يمثل المنحنى على الشكل 4 تغيرات التوتر $u_R(t)$ بين مربيئي الموصل الأومي R بدلالة الزمن.



الشكل 4

1. بيّن أن التوتر u_R يحقق المعادلة التفاضلية: $\frac{d^2 u_R}{dt^2} + 2.\lambda \frac{du_R}{dt} + \frac{4.\pi^2}{T_0^2} .u_R = 0$ ، ثم حدّد تعبير

كل من الثابتين λ و T_0 بدلالة برامترات الدارة.

2. يرتبط شبه الدور T والدور الخاص T_0 للمتذبذب بالعلاقة $\frac{\lambda^2}{4\pi^2} = \frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T^2}$. حدّد قيمة C .

3. نعتبر لحظتين تاريخاهما t_1 و t_2 كما هو مبين على منحنى الشكل 4، ونرمز للطاقة الكلية المخزونة في

الدارة عند اللحظة t ، بـ $E_T(t)$. بيّن أن $E_T(t_1) = \frac{u_R^2}{2.R^2} (C.(R+r)^2 + L)$

وأن $E_T(t_2) = \frac{C.L^2}{2.R^2} \cdot \left(\frac{du_R}{dt}\right)^2$

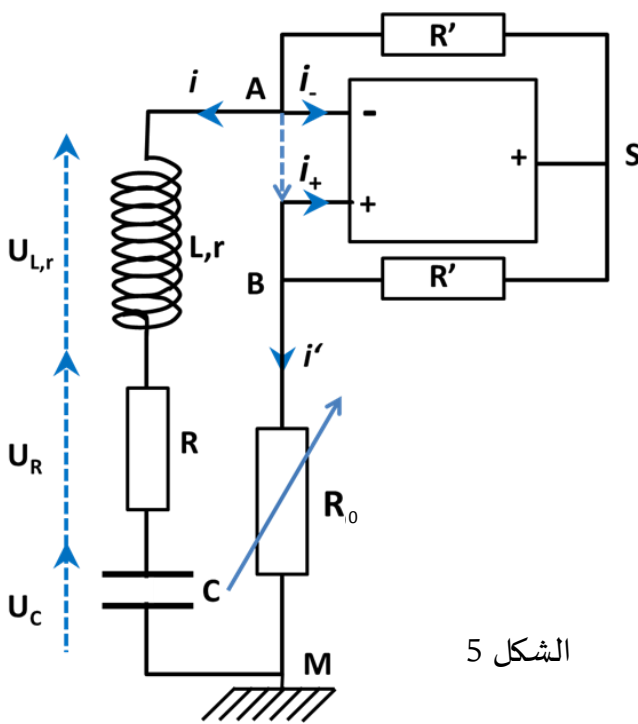
4. احسب الطاقة المبددة بمفعول جول في الدارة بين t_1 و t_2 . يمثل المستقيم (Δ) المماس للمنحنى

$u_R(t)$ عند اللحظة t_2 .

• صيانة التذبذبات الكهربائية الحرة في الدارة

لصيانة التذبذبات الكهربائية الحرة، نستعمل التركيب الإلكتروني المبين في الشكل 5. يتضمن هذا التركيب مضخماً عملياً وموصلين أو ميين لهما نفس المقاومة R' وموصل أومي مقاومته R_0 قابلة للضبط.

نذكر أنه بالنسبة لمضخم عملياتي كامل في النظام الخطي يكون: $i^+ = i^- = 0$ و $U_{E+E-} = 0$.



الشكل 5

1. تحقق أن التوتر u_{AM} يُكتب $u_{AM} = R_0 \cdot i$ حيث

$i(t)$ شدة التيار المار في الدارة.

2. أثبت المعادلة التفاضلية التي تحققها

شدة التيار $i(t)$.

3. حدّد قيمة R_0 لتكون الدارة مقر تذبذبات

كهربائية دورية.

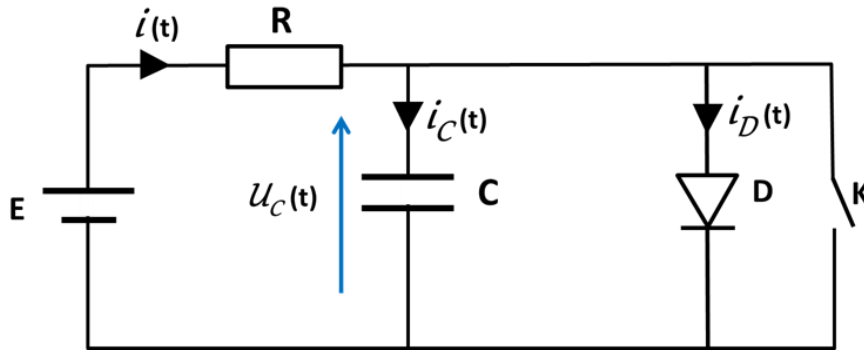
4. استنتج دور التركيب الإلكتروني من منظور طاقي.

الجزء الثاني : مؤقتة إلكترونية (6 نقط)

نعتبر التركيب الممثل في الشكل والمكون من مولد مؤمّثل للتوتر قوته الكهربائي $E=5V$ ومكثف سعته

$C=1000\mu F$ وموصل أومي مقاومته $R=10k\Omega$ وصمام ثنائي مؤمّثل عتبة توتره $U_s=1,8V$ وذو مقاومة

مهملة.



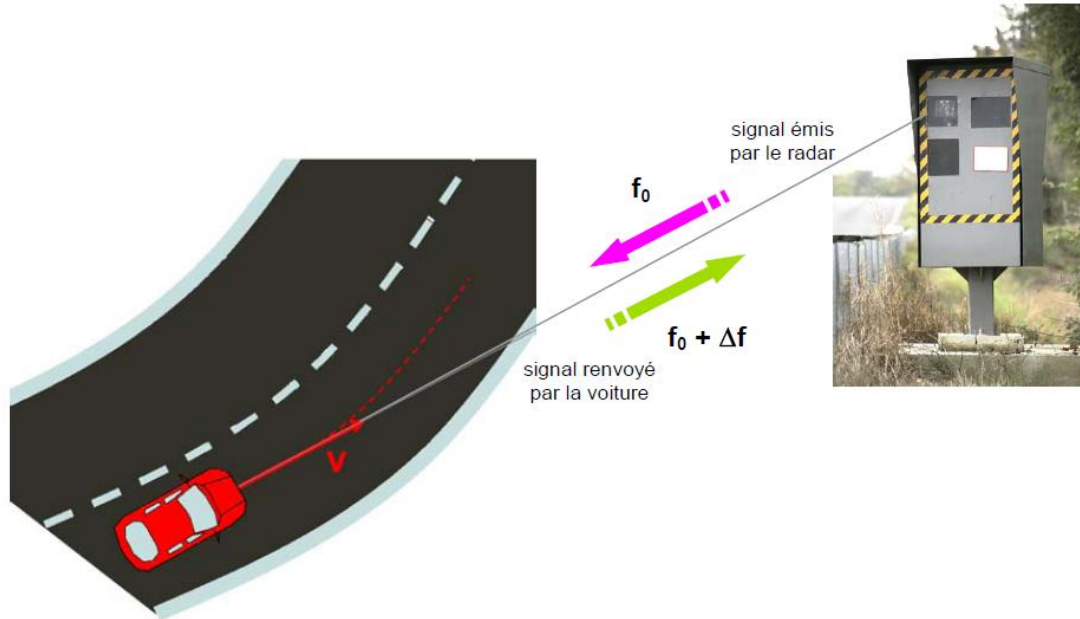
1. يكون القاطع K مغلقاً بالنسبة للتاريخ $t \leq 0$ ، ويتم فتحه عند أصل التواريخ $t = 0$. حدّد عند اللحظة $t = 0$ الحالة التي يوجد عليها الصمام الثنائي (مار أم حاجز للتيار)؟ علل جوابك.
2. يبقى الصمام في الحالة السابقة في مجال زمني $[0, t_0]$.
 - 1.2. أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها $u_C(t)$ التوتريين مربوطين المكثف.
 - 2.2. بيّن أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل الحل: $u_C(t) = A + Be^{-\alpha t}$ مع A و B و α ثوابت يجب تحديدها. استنتج تعبير وقيمة t_0 .
3. أوجد تعبير التوتر $u_C(t)$ بالنسبة للتاريخ $t \geq t_0$ ، ثم استنتج تعبير $i_C(t)$ شدة التيار المار في المكثف.
4. مثّل بدلالة الزمن، وبدون سلم، منحنيات تغيرات كل من $u_C(t)$ و $i_C(t)$ و $i_D(t)$ و $i(t)$.
5. علّل تسمية التركيب بمؤقتة إلكترونية (minuterie).

الشق الثاني: الموجات (20 نقطة)

يتناول هذا الموضوع دراسة مبدأ بعض التطبيقات العلمية لمفعول "دوبلير" الذي يتجلى في بعض الظواهر الفيزيائية. يتوجب قراءة الوثائق الثلاثة قراءة متأنية قبل الشروع في معالجة أسئلة الموضوع.

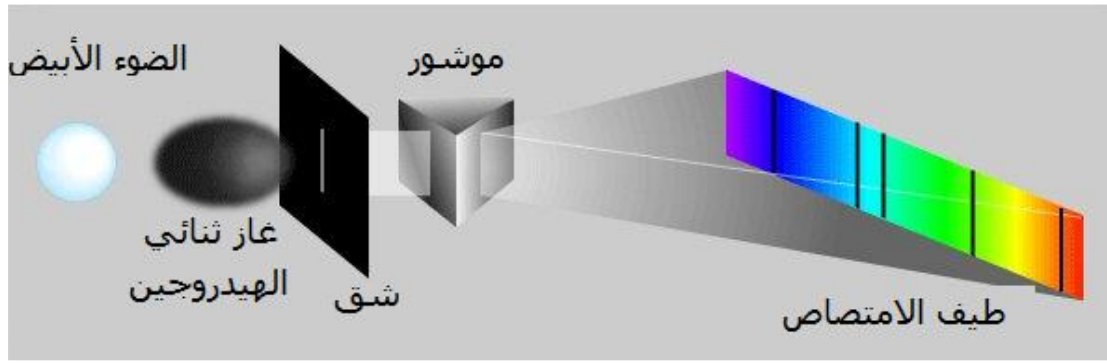
الوثيقة 1: Christian Andreas Doppler

تم إبراز وجود هذا المفعول من طرف العالم الفيزيائي Christian Andreas Doppler (1803م - 1853م). يتجلى هذا المفعول عندما يصدر باعث (E) موجة ذات تردد f_s ويتم التقاطها بواسطة مستقبل (R) إذ يرتبط ترددها بالسرعة النسبية بين الباعث (E) والمستقبل (R). يعتمد مبدأ رادار السرعة (Radar de Vitesse) بالأساس على مفعول دوبلير، ويتم تمثيل هذا من خلال الصورة التالية:



الوثيقة 2: طيف الامتصاص وطيف الانبعاث: بصمات نوع كيميائي

يتم الحصول على طيف الامتصاص لنوع كيميائي عند توجيه حزمة دقيقة من الضوء الأبيض على عينة غازية من هذا النوع وتحليلها بواسطة مطياف الضوء. يتخلل طيف الامتصاص حزمات مظلمة تدل على غياب بعض أطوال الموجات التي تمتصها من طرف الغاز. (تمثل الصورة أسفله طيف الامتصاص لعنصر الهيدروجين).



الوثيقة 3: الكون في تمدد

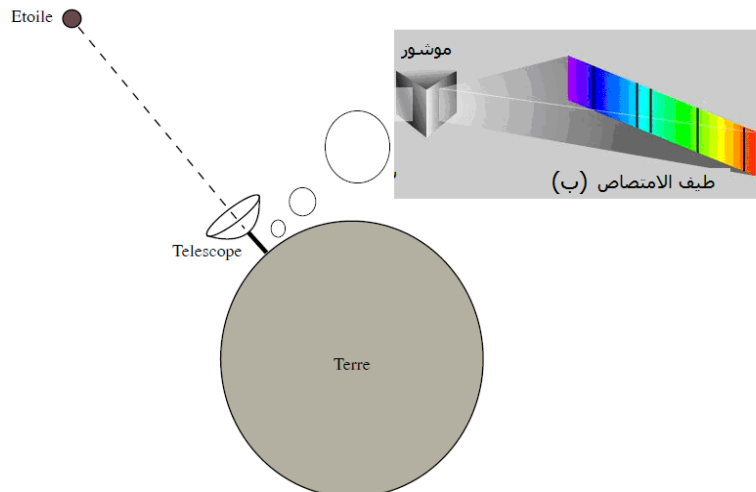
قبل ظهور نسبية Albert Einstein (1915م) سادت نظرية "الكون الساكن" والتي تقول بأن الكون عبارة عن عدد لا محصور من نجوم ساكنة تسطح في سمائه. ويُفترض على إثر هذه الفرضية أن الأرض ينبغي أن تكون مضاءة طول اليوم ليلها كنهها عكس ما يلاحظ، وكانت هذه إحدى تساؤلات العالم الفلكي OLBERS (1823م) والذي كان في حيرة من التناقض الحاصل. ويرجع الفضل إلى العالم HUBBLE (1925م) في اكتشاف أن الكون في توسع وذلك على إثر مقارنة الطيفين:

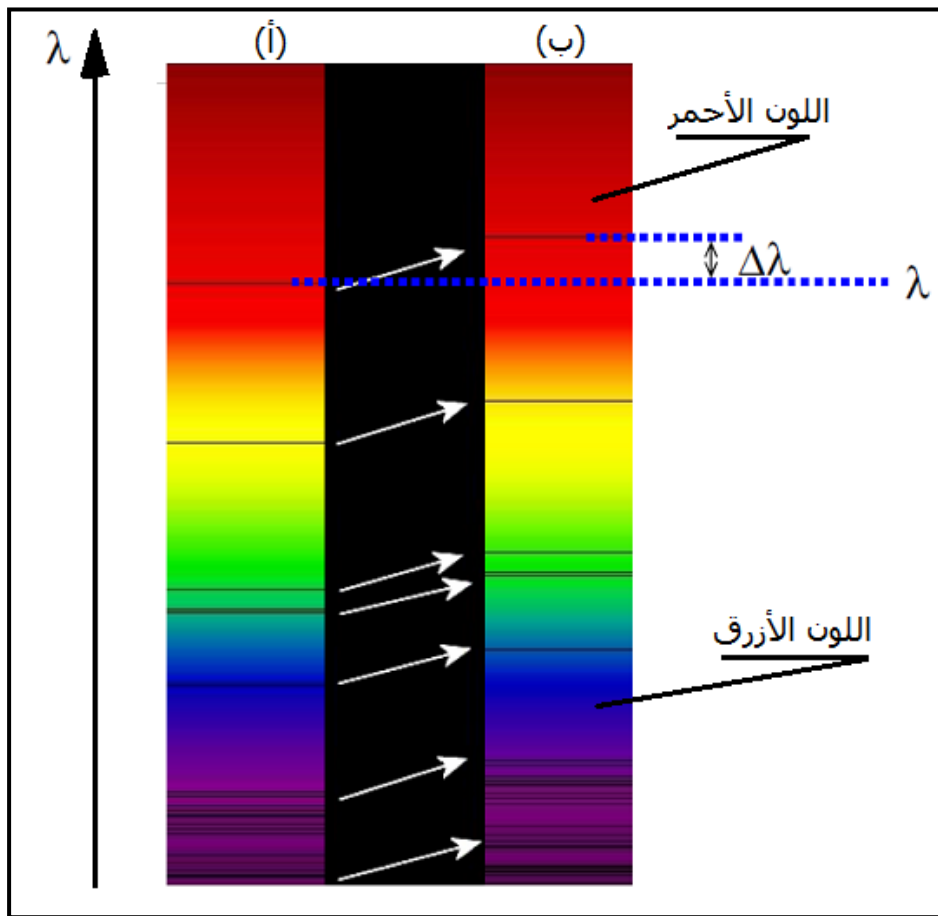
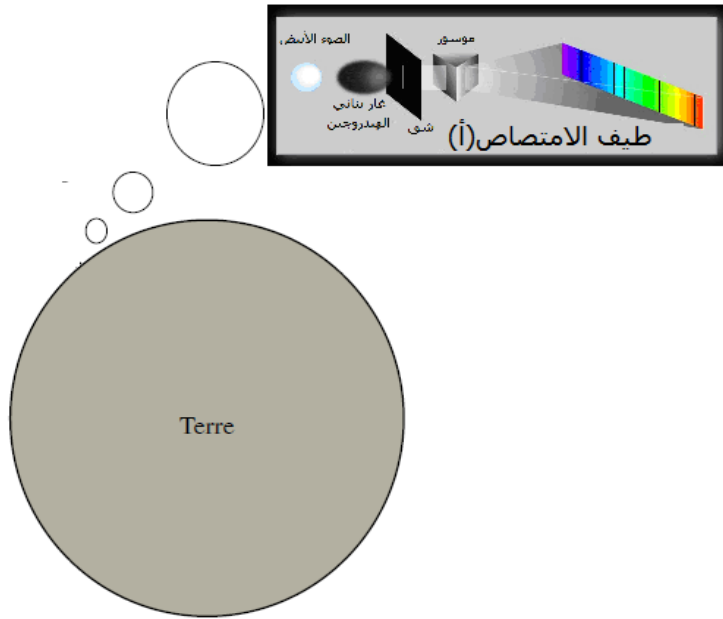
أ- طيف امتصاص لعنصر كيميائي موجود على سطح الأرض؛

ب- طيف امتصاص لنفس العنصر الكيميائي الموجود بنجم.

وقد توصل HUBBLE تجريبياً باستغلال الفرق النسبي بين الطيفين واستغلال كذلك D المسافة بين النجم (المجرة) والأرض إلى علاقة تحمل اسمه، تبرز تناسباً بين المسافة D والسرعة النسبية V بين النجم والأرض:

$$H.D=V \quad H = 75 \text{ km.s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} \quad \text{ثابتة "هابل" مع } 1 \text{ Mpc} = 3.10^{22} \text{ m}$$





1 - دراسة نظرية لمفعول "دوبلير"

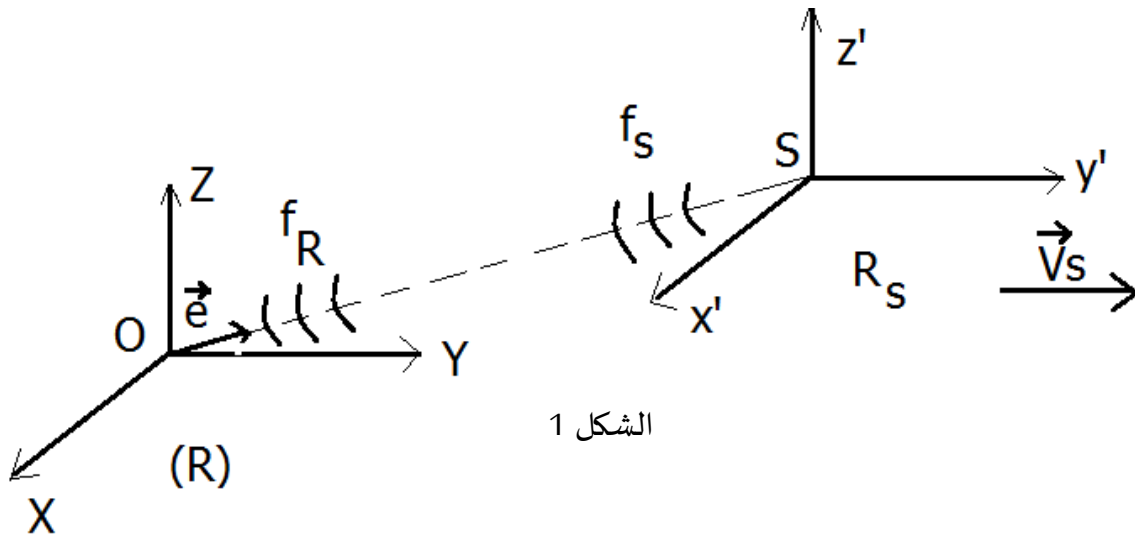
مفعول "دوبلير" للموجات الصوتية

A- حالة الباعث أو المستقبل في سكون

يتحرك (S) منبع موجات صوتية بسرعة متجهتها \vec{v}_s بالنسبة لمعلم $R(O, X, Y, Z)$ نعتبره غاليلياً، ونقرن المنبع (S) بالمرجع $R_s(S, x', y', z')$.

يصدر المنبع موجة صوتية ترددها f_s تنتشر بسرعة c_s بالنسبة للمعلم $R(O, X, Y, Z)$ إذ يتم التقاطها من طرف ملاحظ يوجد عند الموضع O، ونرمز لتردد الموجة الصوتية التي يلتقطها الملاحظ بـ f_R كما يظهر الشكل 1. تتم معالجة الموضوع في إطار الميكانيك غير النسبوية: $v_s \ll c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1- نفترض أنه عند اللحظة t_1 يحتل منبع الموجات S الموضع S_1 إذ يصدر أول إشارة صوتية، وعند اللحظة t_2 يحتل الموضع S_2 إذ يصدر الإشارة الصوتية الثانية بحيث $\Delta t = t_2 - t_1 = T_s$. أعط بدلالة OS_1 و OS_2 و c_s تعبير $\Delta t'$ المدة الزمنية التي يقيسها الملاحظ بين إشارتين متتاليتين يلتقطهما الملاحظ. نفترض أن $(v_s \ll c_s)$ حيث c_s سرعة الموجات الصوتية.



الشكل 1

2- نفترض أن $OS_1 \ll S_1 S_2$ و $OS_2 \ll S_1 S_2$ ، بين أن دور الموجة الصوتية T_R التي يستقبلها الملاحظ تكتب

$$T_R \approx T_s \left(1 + \frac{\vec{e}_y \cdot \vec{v}_s}{c_s}\right) \quad \text{كالتالي:}$$

نقبل في حالة $x \ll 1$ التقريب التالي: $(1+x)^n \approx 1 + nx$

$$3- \text{بين أن العلاقة بين الترددتين هي:} \quad f_R \approx \frac{f_s}{\left(1 + \frac{\vec{e}_y \cdot \vec{v}_s}{c_s}\right)} \quad \text{علاقة (1)}$$

4- تتحرك سيارة إسعاف وفق حركة مستقيمة منتظمة وبسرعة $v_A = 20m.s^{-1}$ وتصدر النوتة « La » ذات التردد 440Hz.

ما قيمة تردد الموجة الصوتية التي يستقبلها ملاحظ متوقف في موضع ويوجد على نفس مسار سيارة الإسعاف وهي تقترب منه؟ وما قيمتها عندما تبتعد السيارة منه؟

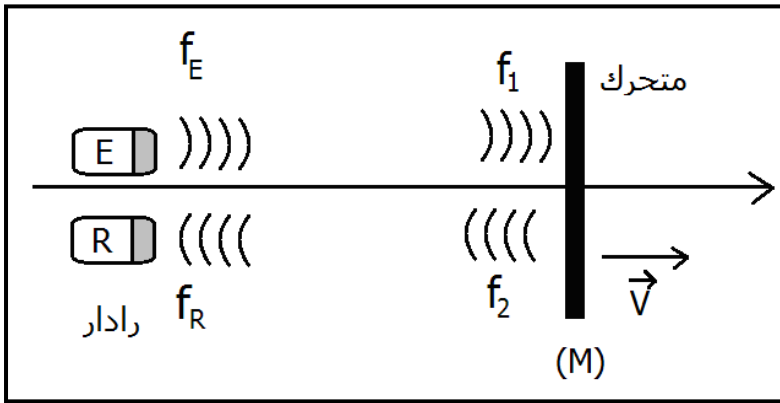
$$c_s \approx 340m.s^{-1} \text{ نعطي}$$

5- بين بالمماثلة، كيف تكتب العلاقة (1) في حالة القيام بالبرهنة بالنسبة للمرجع المرتبط بالمنبع.

6- نُنمذج الرادار والمتحرك بالمجموعة التالية:

*الرادار ممثل بـ (E) باعث لموجات فوق صوتية ترددها f_E و (R) مستقبل للموجات فوق الصوتية وهما متوقفين.

* متحرك ممثل بصفيحة فلزية (M) مصقولة تعكس الموجات التي تسقط على سطحها تتحرك بسرعة \vec{V} .



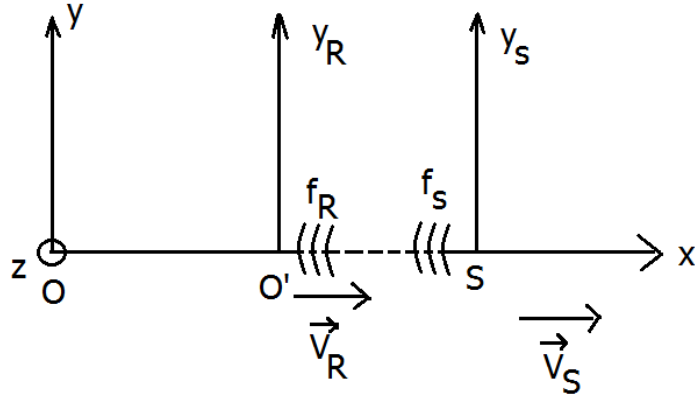
1. 6- عبّر عن f_1 تردد الموجات التي تصل إلى (M) بدلالة f_E و v .
2. 6- استنتج f_2 تردد الموجات التي تنعكس على (M).
3. 6- بين أن f_R تردد الموجات التي يستقبلها الرادار يكتب كالتالي:

$$f_R = f_E \left(1 - 2\frac{v}{c_s}\right) \text{ نفترض أن } v \ll c_s$$

4. 6- عبّر عن الفرق النسبي $\left|\frac{\Delta f}{f_E}\right|$ بدلالة $\frac{v}{c_s}$. اشرح في كلمات مبدأ اشتغال الرادار مستعيناً بالوثيقة (1).

B - المنبع والملاحظ في حركة معاً

في أغلب الأحيان يكون المنبع والمستقبل في حركة. نُنمذج المجموعة (الملاحظ + المنبع) بالشكل التالي:



نعتبر المرجع $R(O, x, y, z)$ غاليلياً ونقرن الملاحظ بالمرجع $R_O(O', x_R, y_R, z_R)$ والمنبع بالمرجع $R_S(S, x_S, y_S, z_S)$ ونعبر عن سرعتيها بالنسبة للمرجع $R(O, x, y, z)$ تبعاً بالسرعتين \vec{v}_R و \vec{v}_S . نرسم للمتجهة الواحدة الموجهة للمحور (Ox) بالمتجهة \vec{e}_x .

1. عند اللحظة t_1 يحتل الملاحظ الموضع O_1 ويحتل المنبع الموضع S_1 حيث تصدر أول إشارة صوتية بينما تتبعث الإشارة الثانية عند اللحظة t_2 حيث يحتل كل من الملاحظ والمنبع بالتتابع الموضعين O_2 و S_2 . تبقى الافتراضات الواردة في الجزء A هي نفسها.

عبر عن:

$$- O_1S_1 \text{ بدلالة } O_2S_1 \text{ و } T_s \text{ و الجداء السلمي } \vec{v}_R \cdot \vec{e}_x ;$$

$$- O_2S_2 \text{ بدلالة } O_2S_1 \text{ و } T_s \text{ و الجداء السلمي } \vec{v}_S \cdot \vec{e}_x .$$

2- نرسم بـ t_1' و t_2' تبعاً لحظتي استقبال الإشارتين الأولى والثانية من طرف الملاحظ، بين أن:

$$\begin{cases} t_1' = t_1 + \frac{O_1S_1}{c_S} \frac{1}{1 + \frac{\vec{v}_R \cdot \vec{e}_x}{c_S}} \\ t_2' = t_2 + \frac{O_2S_2}{c_S} \frac{1}{1 + \frac{\vec{v}_R \cdot \vec{e}_x}{c_S}} \end{cases}$$

$$3- \text{ استنتج أن: } f_R = f_S \cdot \frac{1 - \frac{\vec{v}_S \cdot \vec{e}_x}{c_S}}{1 - \frac{\vec{v}_R \cdot \vec{e}_x}{c_S}} \quad \text{العلاقة (2)}$$

4- يمكن تطبيق العلاقة (2) بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية إذ نستبدل c_S بالسرعة c سرعة الضوء في الفراغ. أوجد العلاقة بين λ_S طول الموجة المنبعثة و λ_R طول الموجة المستقبلة.

5- قارن λ_R و λ_S في الحالتين التاليتين:

- المنبع والملاحظ يتعدان بعضهما عن البعض؛
- المنبع والملاحظ يقتربان من بعضهما البعض.

6 - يبين أن الفرق النسبي يكتب تقريبياً
$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_R - \lambda_S}{\lambda_S} \simeq \frac{(\vec{v}_S - \vec{v}_R) \cdot \vec{e}_x}{c}$$

7 - توسع الكون

1.7 - باستغلال الوثيقة 3 والنتائج المحصل عليها، تأكد من قوله أن الكون في توسع؛

2.7 - حدّد بُعد ثابتة HUBLE واستنتج العمر التقريبي للكون.

◆◆◆◆

نهاية الموضوع