

تصحيح الامتحان الموحد الوطني للباكالوريا لمادة الفيزياء والكيمياء

الدورة الإستدراكية 2017

الشعبة العلوم التجريبية – مسلك العلوم الفيزيائية

الكيمياء (7 نقط)

الجزء الاول : التفضيض بواسطة التحليل الكهربائي

1- خلال عملية التفضيض بواسطة التحليل الكهربائي :

الجواب الصحيح هو .

■ تمثل صفيحة النحاس الكاثود و هي متصلة بالقطب السالب للمولد G .

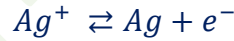
2- تكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل الحاصل عند إكترود الغرافيت على الشكل :



3- الكتلة m المتوضعة على صفيحة النحاس خلال المدة Δt هي :

$$m(Ag) \approx 1,9 g \quad \blacksquare$$

التعليل :



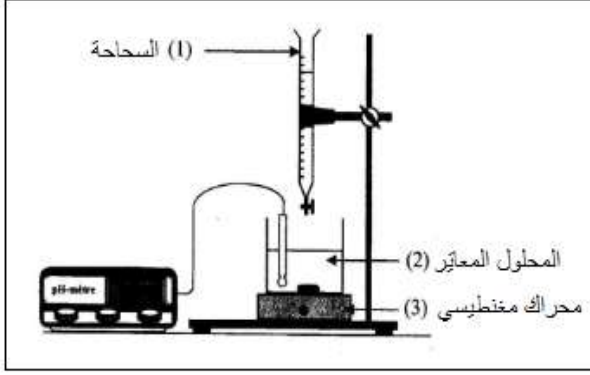
$$n(e^-) = n(Ag) = \frac{m}{M(Ag)}$$

$$n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$$

$$\frac{m}{M(Ag)} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$$

$$m = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(Ag)}{F} = \frac{0,4 \times 70 \times 60 \times 108}{96500} = 1,88 g \approx 1,9 g$$

الجزء الثاني : تفاعل الأسترة



1- الهدف من استعمال الماء المثلج قبل القيام بالمعايرة :

إيقاف تفاعل الأسترة بين حمض الإيثانويك و الإيثانول .

2- أسماء المكونات التي تشير إليها الأرقام المبنة على الشكل جانبه

3- نبين ان الخليط التفاعلي في الانبوب متساوي المولات :

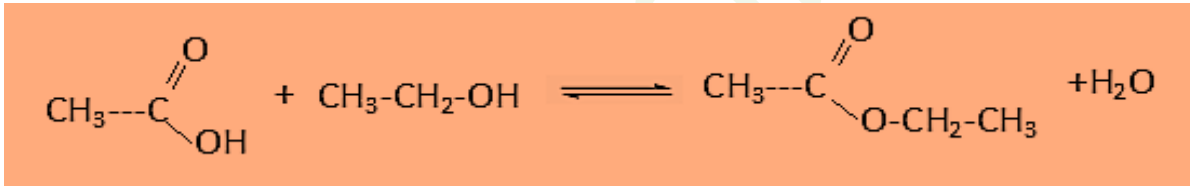
نحدد كمية مادة المتفاعلات البدئية :

$$n_i(acide) = 0,6 \text{ mol}$$

$$n_i(alcool) = \frac{m}{M(C_2H_5OH)} = \frac{\rho \cdot V}{M(C_2H_5OH)} \Rightarrow n_i(alcool) = \frac{0,8 \times 34,5}{46} = 0,6 \text{ mol}$$

و بالتالي الخليط متساوي المولات.

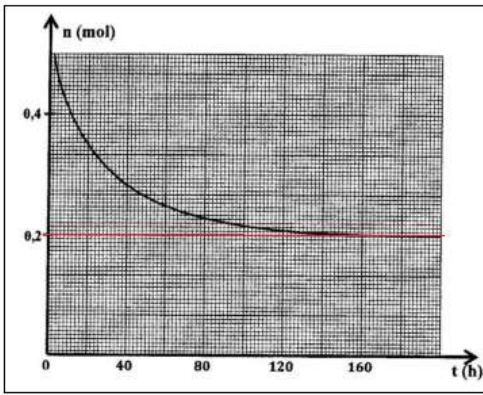
4- معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك و الإيثانول باستعمال الصيغ نصف المنشورة :



5- تحديد تركيب الخليط في كل أنبوب عند التوازن :

الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	Acide	+	alcool	\rightleftharpoons	ester	+	eau
حالة المجموعة	$n(acide)$		$n(alcool)$		$n(ester)$		$n(eau)$
الحالة البدئية	$n_i(acide) = 0,6$		$n_i(alcool) = 0,6$		0		0
خلال التحول	$0,6 - x$		$0,6 - x$		x		x
حالة التوازن	$0,6 - x_{eq}$		$0,6 - x_{eq}$		x_{eq}		x_{eq}



باستعمال المبيان يتبين ان : $n_{eq}(acide) = 0,2 \text{ mol}$
 حسب الجدول الوصفي :

$$n_{eq}(acide) = 0,6 - x_{eq}$$

ومنه :

$$x_{eq} = 0,6 - n_{eq}(acide) = 0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_{eq}(alcool) = n_{eq}(acide) = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_{eq}(ester) = n_{eq}(eau) = x_{eq} = 0,2 \text{ mol}$$

تعبير $Q_{r,eq}$

$$Q_{r,eq} = \frac{[ester]_{eq} \cdot [eau]_{eq}}{[acide]_{eq} \cdot [alcool]_{eq}} = \frac{\frac{n_{eq}(ester)}{V} \cdot \frac{n_{eq}(eau)}{V}}{\frac{n_{eq}(alcool)}{V} \cdot \frac{n_{eq}(acide)}{V}}$$

$$Q_{r,eq} = \frac{(x_{eq})^2}{(0,6 - x_{eq})^2} = \frac{0,4^2}{0,2^2}$$

$$Q_{r,eq} = 4$$

7- مردود التفاعل يعبر عن بالعلاقة التالية :

$$r = \frac{n_{exp}(ester)}{n_{th}(ester)} = \frac{x_{eq}}{x_{max}}$$

الجدول الوصفي يكتب :

معادلة التفاعل	Acide	+	alcool	\rightleftharpoons	ester	+	eau
حالة المجموعة	$n(acide)$		$n(alcool)$		$n(ester)$		$n(eau)$
الحالة البدئية	$n_i(acide) = 0,1$		$n_i(alcool) = 0,4$		0		0
حالة التوازن	$0,1 - x_{eq}$		$0,4 - x_{eq}$		x_{eq}		x_{eq}

$$K = \frac{n_{eq}(ester) \cdot n_{eq}(eau)}{n_{eq}(alcool) \cdot n_{eq}(acide)} = \frac{x_{eq}^2}{(0,1 - x_{eq}) \cdot (0,4 - x_{eq})} = 4$$

$$x_{eq}^2 = 4(0,1 - x_{eq}) \cdot (0,4 - x_{eq}) \Rightarrow x_{eq}^2 = 4x_{eq}^2 - 2x_{eq} + 0,16$$

$$3x_{eq}^2 - 2x_{eq} + 0,16 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 2^2 - 4 \times 3 \times 0,16 = 2,08$$

$$x_{eq1} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{2 - \sqrt{2,08}}{2 \times 3} = 0,093 \text{ mol}$$

$$x_{eq2} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{2 + \sqrt{2,08}}{2 \times 3} = 0,57 \text{ mol}$$

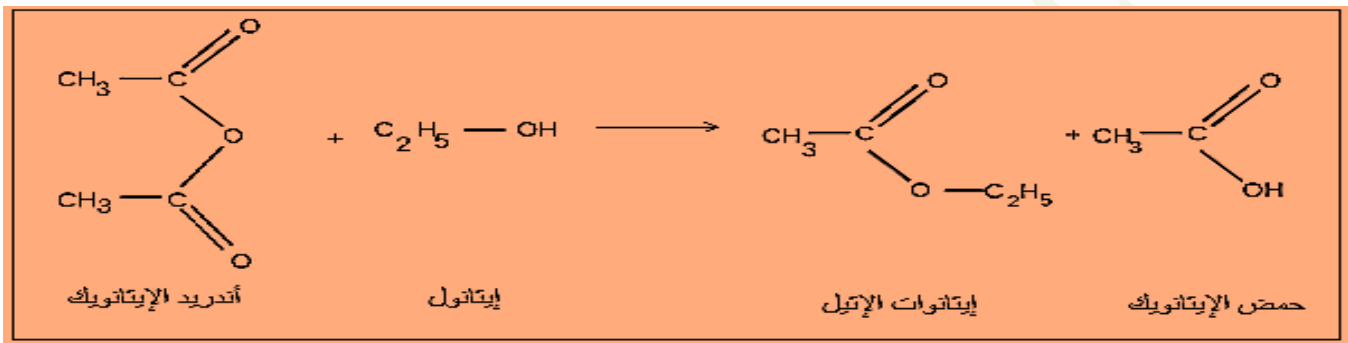
بما ان $0 < x_{eq} < 0,1 \text{ mol}$ فإن الحل المناسب هو : $x_{eq} = 0,093 \text{ mol}$

كما ان المتفاعل المحد هو الحمض ومنه فإن التقدم الأقصى هو $x_{max} = 0,1 \text{ mol}$ و يكون المردود هو

$$r = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{0,093}{0,1} = 0,93$$

$$r = 93\%$$

8- معادلة التفاعل الحاصل بين أندريد الإيثانويك و الإيثانول باستعمال الصيغ نصف المنشورة :



الفيزياء (13 نقطة)

التمرين الثاني : (3نقط)

الجزء الاول . حيود موجة ضوئية

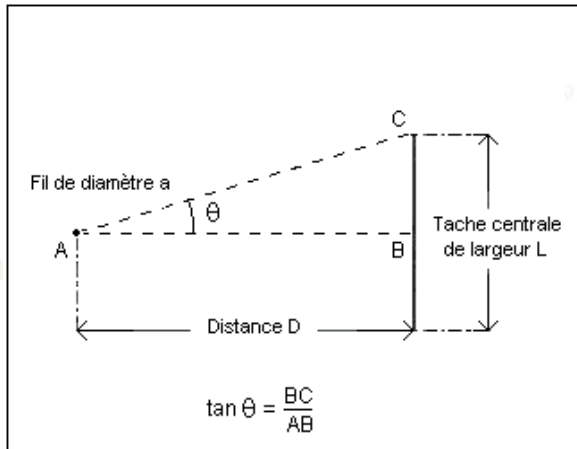
1- طول الموجة λ للمنبع الضوئي :

لدينا :

$$\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

باعتبار الفرق الزاوي θ صغيرا :

$$\tan\theta \approx \theta \Rightarrow \theta = \frac{L}{2D}$$



$$\begin{cases} \theta = \frac{\lambda}{d} \\ \theta = \frac{L/2}{D} \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda}{d} = \frac{L}{2D} \Rightarrow \lambda = \frac{d \cdot L}{2D} \Rightarrow \lambda = \frac{0,1 \times 10^{-3} \times 56 \times 10^{-3}}{2 \times 3,5} = 8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 800 \text{ nm}$$

2- كيفية تغيير عرض البقعة المركزية عند تعويض المنبع الضوئي السابق بمنبع آخر لونه بنفسجي .

نعلم ان : $\lambda_R > \lambda_V$

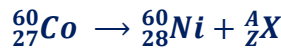
و $\lambda = \frac{d.L}{2D} = K.L$ أي أن عرض البقعة المركزية يتناسب مع طول الموجة .

بما ان طول موجة الضوء البنفسجي صغير فإن عرض البقعة المركزية سيتناقص .

الجزء الثاني : نواة الكوبالت 60

1- التعرف على الدقيقة X :

ينتج عن تفتت الكوبالت ${}^{60}_{27}\text{Co}$ نواة النيكل ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ حسب المعادلة :



حسب قوانين الانحفاظ :

$$\begin{cases} 60 = 60 + A \\ 27 = 28 + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 0 \\ Z = -1 \end{cases} \Rightarrow {}^A_Z\text{X} = {}^{-1}_0\text{e}$$

طراز التفتت هو β^- .

2- حساب الطاقة المحررة E_{lib} خلال هذا التفتت :

$$E_{lib} = |\Delta E| = |m({}^{60}_{28}\text{Ni}) + m({}^{-1}_0\text{e}) - m({}^{60}_{27}\text{Co})|.c^2$$

$$E_{lib} = |59,91543 + 0,00055 - 59,91901| \times u.c^2 = 3,03 \times 10^{-3} \times 931,5 \text{ MeV} . c^{-2} . c^2$$

$$E_{lib} = 2,82244 \text{ MeV}$$

3- طاقة الربط بالنسبة لنواة ${}^{60}_{28}\text{Ni}$:

$$\xi = \frac{E_L}{A} = \frac{(Zm_p + (A - Z).m_n - m({}^{60}_{28}\text{Ni})) . c^2}{A}$$

$$\xi = \frac{(28 \times 1,00728 + (60 - 28) \times 1,00866 - 59,91543) \times 931,5 \text{ MeV} . c^{-2} . c^2}{60}$$

$$\xi({}^{60}_{28}\text{Ni}) = 8,78 \text{ MeV/nucléon}$$

طاقة الربط بالنسبة لنواة ${}^{56}_{28}\text{Ni}$ هي : $\xi({}^{56}_{28}\text{Ni}) = 8,64 \text{ MeV/nucléon}$

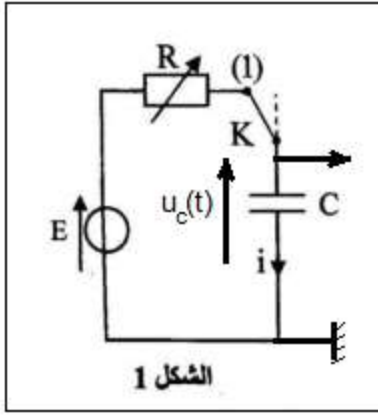
النواة الأكثر استقرارا هي التي لها أكبر طاقة الربط بالنسبة لنواة $\xi({}^{60}_{28}\text{Ni}) < \xi({}^{56}_{28}\text{Ni})$

إذن نواة ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ أكثر استقرارا من نواة ${}^{56}_{28}\text{Ni}$.

التمرين 3 : الكهرباء (4,5 نقطة)

1- دراسة استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

1.1- كيفية ربط نظام مسلك معلوماتي لمعاينة التوتر $u_C(t)$ أنظر تبيانة الشكل 2 :



1.2- إثبات المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_c(t)$:

حسب قانون إضافية التوترات : (1) $E = u_R + u_C$

مع : $u_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot \frac{d(C \cdot u_C)}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt}$: نعوض في المعادلة (1):

$$R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = E$$

1.3- تعبير كل من الثابتين A و τ :

حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل : $u_C(t) = A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

وبالتالي : $\frac{du_C}{dt} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ نعوض في المعادلة التفاضلية : $R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = E$ نحصل على :

$$R \cdot C \cdot \frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = E$$

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(\frac{R \cdot C}{\tau} - 1 \right) + A - E = 0$$

هذه المعادلة تقبل تقبل حلا مهما كانت قيمة t إذا كان :

$$\begin{cases} \frac{R \cdot C}{\tau} - 1 = 0 \\ A - E = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = R \cdot C \\ A = E \end{cases}$$

الحل يكتب : $u_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}})$

1.4- تحديد سعة المكثف C :

حسب منحنى الشكل 2 ثابتة الزمن للمنحنى (1) هي : $\tau_1 = 2 \text{ ms}$ وبما ان :

$$\tau_1 = R_1 \cdot C \quad \text{أي} \quad C = \frac{\tau_1}{R_1} \quad \text{ت.ع.} \quad C = \frac{2 \times 10^{-3}}{20} = 10^{-4} \text{ F} \quad \text{أي} \quad C = 100 \mu\text{F}$$

- تحديد R_2 :

حسب منحنى الشكل 2 ثابتة الزمن للمنحنى (2) هي : $\tau_2 = 6 \text{ ms}$ وبما ان :

$$\tau_2 = R_2 \cdot C \quad \text{أي} \quad R_2 = \frac{\tau_2}{C} \quad \text{ت.ع.} \quad R_2 = \frac{6 \times 10^{-3}}{10^{-4}} = 60 \Omega$$

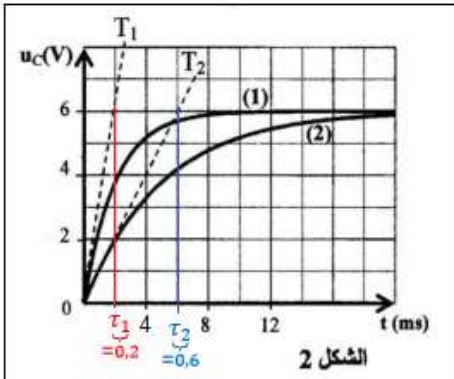
1.5- استنتاج كيفية تأثير المقاومة على ثابتة الزمن :

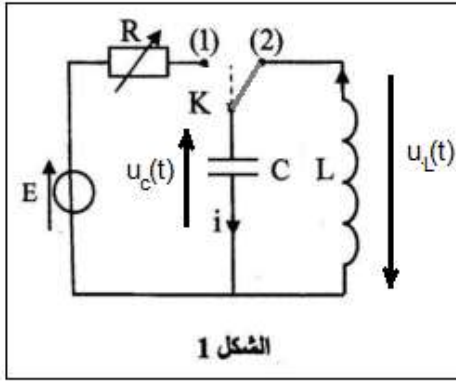
نلاحظ ان : $\tau_1 < \tau_2$ و $R_1 < R_2$ و كلما زادت قيمة المقاومة زادت قيمة ثابتة الزمن .

2- دراسة الدارة RLC في حالة الخمود المهمل

2.1- إثبات المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة $q(t)$:

حسب قانون إضافية التوترات : (1) $u_L + u_C = 0$





مع : $\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dq}{dt} \right) = \frac{d^2q}{dt^2}$ و $i = \frac{dq}{dt}$ و $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$
 كما ان : $u_C(t) = \frac{q}{C}$
 نعوض في المعادلة (1):

$$L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + \frac{1}{L \cdot C} \cdot q(t) = 0$$

2.2- تعبير الدور الخاص T_0 :

حل المعادلة التفاضلية يكتب : $q(t) = Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$

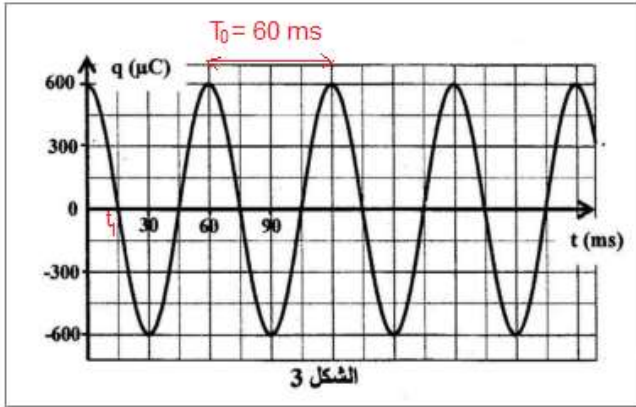
$$\frac{dq(t)}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0} Q_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \Rightarrow \frac{d^2q(t)}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot q(t)$$

نعوض في المعادلة التفاضلية :

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot q(t) + \frac{1}{L \cdot C} \cdot q(t) = 0$$

$$\underbrace{q(t)}_{\neq 0} \left[\frac{1}{L \cdot C} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \right] = 0 \Rightarrow \frac{1}{L \cdot C} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = 0 \Rightarrow \frac{1}{L \cdot C} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

$$\frac{2\pi}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$



2.3- التحقق من قيمة معامل الترخيص :

باستعمال مبيان الشكل 3 نجد قيمة الدور الخاص :

$$T_0 = 60 \text{ ms}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \Rightarrow T_0^2 = 4\pi^2 L \cdot C \Rightarrow L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$$

$$L = \frac{(60 \times 10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 100 \times 10^{-6}} = 0,912 \text{ H}$$

$$L \approx 0,91 \text{ H}$$

2.4- حساب الطاقة الكلية ξ_T للدارة عند اللحظة $t_1 = 0$ تعبير الطاقة الكلية :

$$\xi_T = \xi_e + \xi_m$$

$$\xi_T = \frac{1}{2} C u_c^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2 = \frac{1}{2C} \cdot q^2 + \frac{1}{2} L \cdot \left(\frac{dq}{dt} \right)^2$$

$$\xi_T = \frac{1}{2C} \cdot \left[Q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \right]^2 + \frac{1}{2} L \cdot \left[\frac{2\pi}{T_0} Q_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \right]^2$$

$$\xi_T = \frac{1}{2C} \cdot Q_m^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) + \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot Q_m^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$$

حسب المبيان لدينا : $q(t_1 = 0) = Q_m = 600 \mu C$ و $i(t_1 = 0) = \frac{dq}{dt} = 0$

$$\xi_T = \frac{1}{2C} Q_m^2 = \frac{1}{2 \times 100 \times 10^{-4}} \times (600 \times 10^{-6})^2$$

$$\xi_T = 1,8 \times 10^{-3} J$$

حساب الطاقة الكلية ξ_T عند اللحظة $t_2 = \frac{T_0}{4}$:

حسب المبيان لدينا : $q\left(t_2 = \frac{T_0}{4}\right) = 0$ و $i(t_2) = \frac{2\pi}{T_0} \cdot Q_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) = \frac{2\pi}{T_0} \cdot Q_m$ و $\sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) = 1$

$$\xi_T = \frac{1}{2} L \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot Q_m^2 = \frac{1}{2} \times 0,91 \times \left(\frac{2\pi}{60 \times 10^{-3}}\right)^2 \cdot (600 \times 10^{-6})^2 = 1,796 \times 10^{-3} J$$

$$\xi_T \approx 1,8 \times 10^{-3} J$$

الطاقة الكلية للدارة تحفظ في حالة انعدام المقاومة .

التمرين 4 : الميكانيك (5,5 نقطة)

الجزء الأول : دراسة حركة كوكب خارجي حول نجمه

1- تعبير الشدة $F_{S/b}$ لقوة التجاذب الكوني التي يطبقها النجم S على الكوكب الخارجي b :

$$F_{S/b} = G \cdot \frac{M_S \cdot m_b}{r_b^2}$$

-2

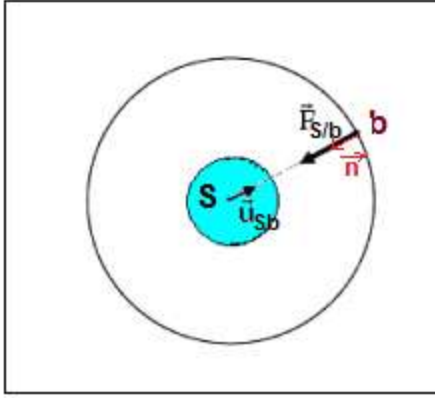
2.1- إثبات ان حركة الكوكب دائرية منتظمة :

المجموعة المدروسة : {الكوكب (b)}

يخضع الكوكب الخارجي b فقط إلى قوة التجاذب الكوني $\vec{F}_{S/b}$ المطبقة من طرف النجم S و التي نعبر عنها ب :

$$\vec{F}_{S/b} = -G \cdot \frac{M_S \cdot m_b}{r_b^2} \cdot \vec{u}_{sb}$$

تطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكوكب ذي الكتلة m_b ، في المعلم المرتبط بمركز النجم S و الذي نعتبره غاليليا :



$$\vec{F}_{S/b} = m_b \cdot \vec{a}$$

$$m_b \cdot \vec{a} = -G \cdot \frac{M_S \cdot m_b}{r_b^2} \cdot \vec{u}_{sb}$$

$$\vec{a} = -G \cdot \frac{M_S}{r_b^2} \cdot \vec{u}_{sb}$$

$$\vec{n} \text{ و } \vec{u}_{sb} \text{ متجهتان واحدتان متعاكستان : } \vec{n} = -\vec{u}_{sb}$$

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_S}{r_b^2} \cdot \vec{n}$$

متجهة التسارع مركزية انجذابة .

نستنتج ان حركة الكوكب (b) دائرية منتظمة في المعلم المركزي للنجم (S).

2.2- إثبات القانون الثالث لكيبلر :

باعتبار التسارع منظما ، فإن :

$$a = a_N = \frac{v^2}{r_b}$$

$$\frac{v^2}{r_b} = G \cdot \frac{M_S}{r_b^2}$$

$$v^2 = \frac{G \cdot M_S}{r_b}$$

حسب تعبير سرعة الكوكب (b) :

$$v = \frac{2\pi r_b}{T} \Rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2 r_b^2}{T^2}$$

$$\frac{G \cdot M_S}{r_b} = \frac{4\pi^2 r_b^2}{T^2}$$

$$\frac{r_b^3}{T^2} = \frac{G \cdot M_S}{4\pi^2}$$

نستنتج القانون الثالث لكيبلر :

$$\frac{T^2}{r_b^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S} = K$$

2.3- تحديد قيمة الكتلة M_S :

من العلاقة السابقة نستنتج تعبير الكتلة M_S :

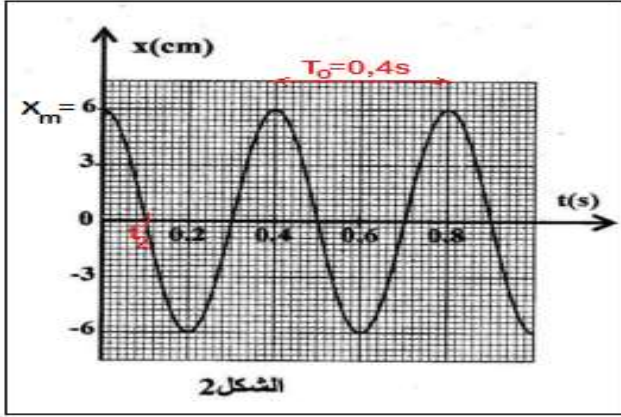
$$\frac{T^2}{r_b^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S} \Rightarrow M_S = \frac{4\pi^2 r_b^3}{G \cdot T^2}$$

ت.ع :

$$M_S = \frac{4\pi^2 \times (2,24 \times 10^{11})^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (5,56 \times 10^7)^2}$$

$$M_S = 2,15 \times 10^{30} \text{ kg}$$

الجزء الثاني : دراسة طاقة لمتذبذب ميكانيكي (جسم صلب- نابض)



$$\varphi = 0$$

1- تحديد قيمة كل من T_0 و φ :

حسب مبيان الشكل 2 :

$$X_m = 6 \text{ cm} \quad \text{الوسع :}$$

$$T_0 = 0,4 \text{ s} \quad \text{الدور الخاص :}$$

الطور φ عند $t = 0$ نجد $x(0) = X_m$

حسب المعادلة الزمنية : $x(0) = X_m \cdot \cos\varphi$

$$X_m \cdot \cos\varphi = X_m \Rightarrow \cos\varphi = 1$$

المعادلة الزمنية تكتب :

$$x(t) = 6 \cdot 10^{-2} \cos(5\pi t)$$

2- تحديد قيمة الطاقة الميكانيكية للمتذبذب :

باختيار المستوى الأفقي المار من G كحالة مرجعة لطاقة الوضع الثقالية ، فإن $E_{pp} = 0$.

تعبير طاقة الوضع المرنة : $E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2 + Cte$ باعتبار موضع التوازن حالة مرجعية E_{pe} ، فإن : $E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2$

تعبير الطاقة الميكانيكية :

$$E_m = E_c + E_{pe} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} K \cdot x^2$$

$$v = \frac{dx}{dt} = 0 \text{ و } x(0) = X_m = 6 \text{ cm}$$

عند اللحظة $t = 0$ لدينا :

$$E_m = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \Rightarrow E_m = \frac{1}{2} \times 20 \times (6 \times 10^{-2})^2$$

$$E_m = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

3- قيمة الطاقة الحركية E_{c1} للمتذبذب عند اللحظة $t_1 = 0,3 \text{ s}$:

مبياننا عند هذه اللحظة نجد : $x(t_1) = 0$ ومنه : $E_{pe1} = 0$ حسب تعبير E_m :

$$E_m = E_{c1} + \underbrace{E_{pe1}}_{=0}$$

تعبير الطاقة الحركية E_{c1} هو :

$$E_{c1} = E_m = 3,6.10^{-2} J$$

4- حساب $W_{AB}(\vec{F})$ شغل قوة الارتداد عندما ينتقل G من A أفصوله $x_A = 0$ إلى B أفصوله $x_B = \frac{x_m}{2}$:

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\Delta E_{pe} = -\left(\frac{1}{2}K \cdot x_B^2 - \frac{1}{2}K \cdot \underbrace{x_A^2}_{=0}\right)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\frac{1}{2}K \cdot x_B^2 = -\frac{1}{2}K \cdot \left(\frac{x_m}{2}\right)^2 = -\frac{1}{8}K \cdot x_m^2$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\frac{1}{8} \times 20 \times (6 \times 10^{-2})^2$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -9.10^{-3} J$$

