



C: RS28
BR

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
-الدورة الاستدراكية 2008-
الموضوع

المعامل: 7	الفيزياء والكيمياء	المادة:
مدة الإجازة: 3س	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	الشعب(ة):

يسمح باستعمال الحاسبة غير القابلة للبرمجة

تعطى الصيغ الحرفية قبل إنجاز التطبيقات العددية

مكونات الموضوع

الكيمياء (7 نقط):

* دراسة الخل التجاري

الفيزياء (13 نقطة):

تمرين 1: (3 نقط)

* الموجات - قياس قطر خيط رفيع

تمرين 2: (4,5 نقط)

* الكهرباء - مبدأ إحداث شرارة في محرك السيارة

تمرين 3: (5,5 نقط)

* الميكانيك - دراسة حركة قمر اصطناعي في مجال الثقالة المنتظم

أجزاء جميع التمارين مستقلة

الكيمياء : دراسة الخل التجاري

يعتبر الخل التجاري محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك (CH_3COOH) ، ويتميز بدرجة حمضية (X°) ، و التي تمثل الكتلة X بالغرام (g) لحمض الإيثانويك الموجودة في 100 g من الخل.

المعطيات:

- تمت جميع العمليات عند 25°C .
- الكتلة الحجمية للخل : $\rho = 1 \text{ g/mL}$.
- الكتلة المولية لحمض الإيثانويك : $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$.
- الموصلية المولية للأيون H_3O^+ : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,49.10^{-2} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.
- الموصلية المولية للأيون CH_3COO^- : $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,09.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

* تذكير:

- تكتب الموصلية σ بدلالة التراكيز الفعلية للأنواع الأيونية X_i في المحلول والموصلية المولية الأيونية λ_i لهذه الأنواع كما يلي: $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$.

(1) الجزء I- دراسة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء:

نتوفر على محلولين مائيين (S_1) و (S_2) لحمض الإيثانويك:

- المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1 = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ وموصليته $\sigma_1 = 3,5.10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$.
 - المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2 = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ وموصليته $\sigma_2 = 1,1.10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$.
- نعتبر ذوبان حمض الإيثانويك في الماء تفاعلاً محدوداً.

- 1.1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج لذوبان حمض الإيثانويك في الماء. (0,75 ن)
- 1.2- أوجد تعبير التركيز المولي الفعلي $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ لأيونات الأوكسونيوم عند التوازن بدلالة σ و $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ و $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}$. (0,75 ن)

- 1.3- احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ في كل من (S_1) و (S_2) . (0,5 ن)

- 1.4- حدد نسبتي التقدم النهائي τ_1 و τ_2 لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء في كل محلول؛ واستنتج تأثير التركيز البدئي للمحلول على نسبة التقدم النهائي. (1 ن)

- 1.5- حدد ثابتة التوازن لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء بالنسبة لكل من (S_1) و (S_2) . ماذا تستنتج ؟ (1 ن)

(2) الجزء II - التحقق من درجة حمضية الخل التجاري:

- نأخذ حجماً $V_0 = 1 \text{ mL}$ من خل تجاري درجة حمضيته (7°) و تركيزه المولي C_0 ، ونضيف إليه الماء المقطر لتحضير محلول مائي (S) تركيزه المولي C_S وحجمه $V_S = 100 \text{ mL}$.
- نعابير الحجم $V_A = 20 \text{ mL}$ من المحلول (S) بمحلول مائي (S_B) لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_B = 1,5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

نحصل على التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{BE} = 15,7 \text{ mL}$ من المحلول (S_B) .

2.1- اكتب المعادلة المنمذجة للتفاعل حمض- قاعدة. (0,75 ن)

2.2- احسب C_S . (0,75 ن)

2.3- حدد درجة الحمضية للخل المدروس، واستنتج هل تتوافق هذه النتيجة مع القيمة المسجلة على الخل التجاري. (1,5 ن)

الفيزياء:

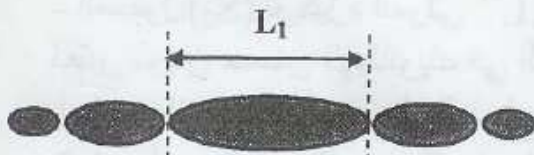
تمرين 1- الموجات - قياس قطر خيط رفيع:

تستعمل أشعة اللآزر في مجالات متعددة نظرا لخصائصها البصرية والطاقة، ومن بين هذه الاستعمالات توظيفها لتحديد الأبعاد الدقيقة لبعض الأجسام.

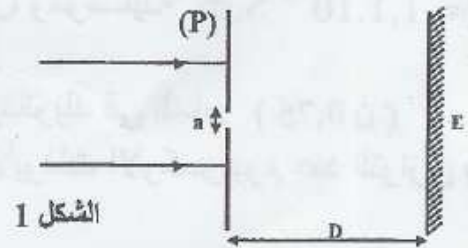
لقياس القطر d لخيط رفيع ننجز التجريبتين التاليتين:

(1) التجربة 1 :

نضيء صفيحة (P) بها شق عرضه a_1 بضوء أحادي اللون طول موجته λ منبعث من جهاز اللآزر، ثم نضع شاشة E على المسافة $D = 1,6 \text{ m}$ من الشق (الشكل 1)، فنشاهد على الشاشة E مجموعة من البقع الضوئية، بحيث يكون عرض البقعة المركزية $L_1 = 4,8 \text{ cm}$ (الشكل 2).



الشكل 2



الشكل 1

1.1- انقل الشكل (1) وأتمم مسار الأشعة الضوئية المنبثقة من الشق؛ وأعط اسم الظاهرة التي

يبرزها الشكل (2) على الشاشة E. (0,5 ن)

1.2- اذكر الشرط الذي ينبغي أن يحققه عرض الشق a لكي تحدث هذه الظاهرة. (0,25 ن)

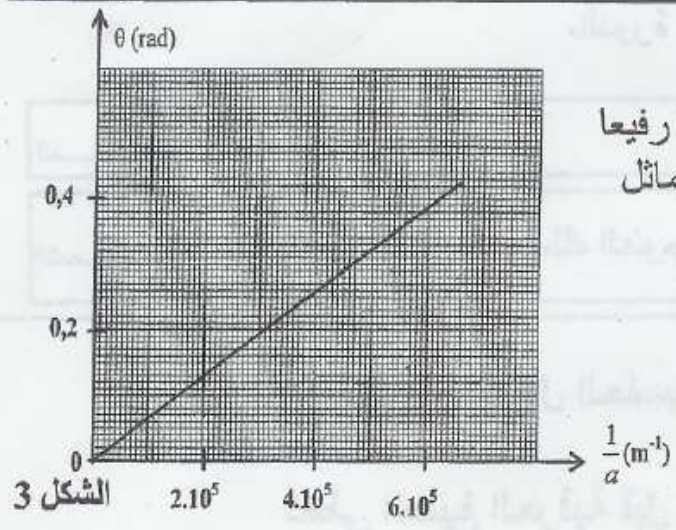
1.3- اكتب تعبير الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة الضوئية المركزية وأحد طرفيها بدلالة L_1

و D . (0,25 ن)

1.4- يمثل منحنى الشكل (3) (الصفحة 4) تغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$.

1.4.1- كيف يتغير عرض البقعة المركزية مع تغير a ؟ (0,5 ن)

1.4.2- حدد مبيانيا λ واحسب a_1 . (1 ن)

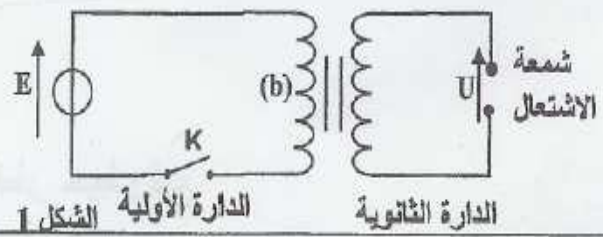


(2) التجربة 2:
نزيل الصفحة (P) و نضع مكانها بالضبط خيطا رفيعا قطره d مثبت على حامل، فنحصل على شكل مماثل للشكل (2) بحيث يكون عرض البقعة المركزية $L_2 = 2,5 \text{ cm}$. حدد d . (0,5 ن)

تمرين 2- الكهرباء - مبدأ إحداث شرارة في محرك السيارة:

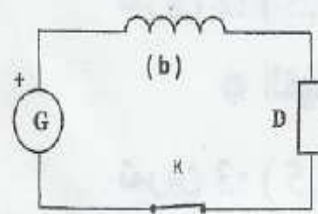
يعتمد نظام إحداث شرارة في محرك سيارة على دارتين كهربائيتين: دائرة أولية تتكون من وشيعة معامل تحريضها الذاتي L ومقاومتها r تغذيها بطارية السيارة، و دائرة ثانوية تتكون من وشيعة أخرى وشمعة الاشتعال (Bougie d'allumage). يؤدي فتح الدارة الأولية إلى ظهور شرارة تنبعث بين مربيطي شمعة الاشتعال وينتج عنها احتراق الخليط هواء- بنزين. تظهر هذه الشرارة عندما تتعدى القيمة المطلقة للتوتر بين مربيطي شمعة الاشتعال $U = 10000 \text{ V}$.

ننمذج نظام إحداث شرارة في محرك سيارة بالتركيب الممثل في الشكل 1.



الجزء I- إقامة التيار الكهربائي في الدارة الأولية:

ننمذج الدارة الأولية بالتركيب الممثل في الشكل 2 حيث:



الشكل 2

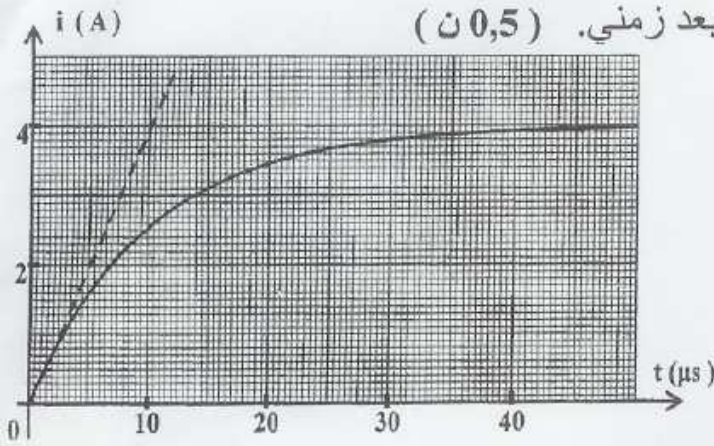
- G بطارية السيارة والتي نمائلها بمولد مؤتمل لتوتر مستمر $E = 12 \text{ V}$.
- (b) وشيعة معامل تحريضها الذاتي L ومقاومتها $r = 1,5 \Omega$.
- D يمثل موصلا أوميا مكافئا لباقي عناصر الدارة مقاومته $R = 4,5 \Omega$.
- K قاطع التيار.

1- نغلق قاطع التيار K عند اللحظة $t = 0$ فيمر في الدارة تيار كهربائي $i(t)$.

1.1- انقل تبيانة الشكل 2 ومثل عليها التوترات في الاصطلاح مستقبل. (0,5 ن)

1.2- بين أن المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار $i(t)$ نكتب على الشكل $\frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = A$ محدد

تعبيري الثابتين τ و A . (1 ن)



الشكل 3

1.3- يبين، باعتماد معادلة الأبعاد ، أن الثابتة τ لها بعد زمني. (0,5 ن)

1.4- يمثل الشكل 3 منحنى تغيرات شدة التيار المار في الدارة بدلالة الزمن.

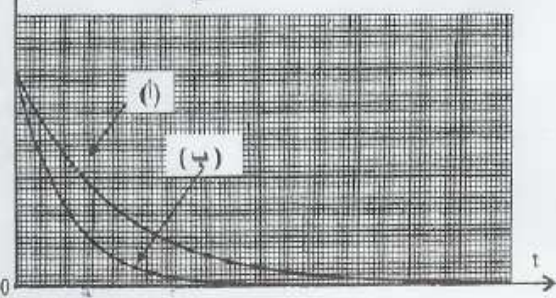
1.4.1- عيّن مبيانيا ثابتة الزمن τ وشدة التيار I_0 في النظام الدائم. (0,5 ن)

1.4.2- استنتج معامل التحريض الذاتي L للوشية (b). (0,5 ن)

الجزء II - انعدام التيار في الدارة الأولية:

2- نفتح الدارة الأولية عند لحظة نعتبرها أصلا جديدا للتواريخ ($t = 0$). فنتناقص شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة وتظهر شرارة بين مربطي الشمعة في الدارة الثانوية.

2.1- حدد من بين التعبيرين التاليين ل $i(t)$ ، التعبير الموافق لهذه الحالة. علل جوابك. (0,5 ن)



الشكل 4

2.2- يمثل الشكل 4 المنحنيين (أ) و(ب) تغيرات شدة التيار بدلالة الزمن بالنسبة لوشيتين (أ) و(ب) لهما نفس المقاومة r ومعامل تحريض ذاتي مختلفين .

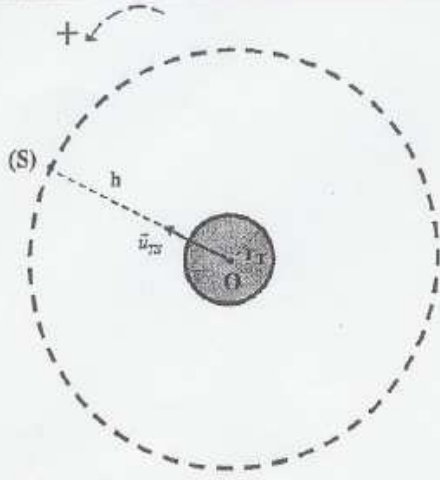
علما أن التوتر U في الدارة الثانوية يتناسب إطرادا مع $\left| \frac{\Delta i}{\Delta t} \right|$ وأن اشتعال الشمعة يتم بكيفية جيدة كلما كان التوتر U كبيرا .

حدد الوشية التي يتم بواسطتها اشتعال الشمعة بكيفية أفضل. (1 ن)

تمرين 3- الميكانيك - دراسة حركة قمر اصطناعي في مجال الثقالة المنتظم:

زرقاء اليمامة، قمر اصطناعي مغربي يقوم بمهام مراقبة الحدود الجغرافية للمملكة وبالتواصل والإستشعار عن بعد. وقد أنجز هذا القمر من طرف خبراء المركز الملكي للاستشعار البعدي الفضائي بتعاون مع خبراء دوليين. تم وضع زرقاء اليمامة في مداره يوم 10 دجنبر 2001 على ارتفاع h من سطح الأرض. ينجز هذا القمر الاصطناعي (S) حوالي 14 دورة حول الأرض في اليوم الواحد.

نفترض مسار (S) دائريا، وندرس حركته في المرجع المركزي الأرضي. نعتبر الأرض ذات تماثل كروي لتوزيع الكتلة. نهمل أبعاد (S) أمام المسافة الفاصلة بينه وبين مركز الأرض.



الشكل 1

المعطيات:

. ثابتة التجاذب الكوني: $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ (SI)

. شعاع الأرض: $r_T = 6350$ km

. شدة مجال الثقالة على سطح الأرض: $g_0 = 9,8$ m.s⁻²

. الدور T للأرض حول المحور القطبي: $T = 84164$ s

. الارتفاع h: $h = 1000$ km

. \vec{u}_{TS} : متجهة واحدة موجهة من O نحو S

1- انقل تبيانة الشكل 1 ومثل عليها متجهة السرعة \vec{v}_S للقمر الاصطناعي (S) ومثل كذلك متجهة

قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S). (0,5 ن)

2- أعط التعبير المتجهي لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S). (0,25 ن)

3- اكتب في أساس فرينبي، تعبير متجهة التسارع لحركة (S). (0,5 ن)

4- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور القمر الاصطناعي (S):

4.1- بين أن حركة (S) دائرية منتظمة. (0,75 ن)

4.2- اكتب تعبير v_S بدلالة g_0 و r_T و h ؛ واحسب قيمتها. (0,75 ن)

5- بين أن كتلة الأرض هي $M_T \approx 6 \cdot 10^{24}$ kg. (0,5 ن)

6- بين أن القمر الاصطناعي (S) لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي. (0,75 ن)

7- يقوم قمر اصطناعي (S') بالدوران حول الأرض بسرعة زاوية ω بحيث يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي ويرسل صوراً إلى الأرض تُعتمد في التوقعات الجوية.

7.1- أثبت العلاقة: $\omega^2 \cdot (r_T + z)^3 = Cte$ ؛ حيث z المسافة الفاصلة بين سطح الأرض والقمر

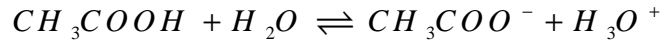
الاصطناعي. (0,75 ن)

7.2- أوجد قيمة z . (0,75 ن)

التصحيح

موضوع الكيمياء :

1-1 - 1 معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء :



$$\sigma = \lambda_{(H_3O^+)} \cdot [H_3O^+] + \lambda_{(CH_3COO^-)} \cdot [CH_3COO^-] \quad \text{(1-2) لدينا :}$$

$$[H_3O^+] = [CH_3COO^-] \quad \text{وبما أن :}$$

$$\sigma = [H_3O^+] (\lambda_{(H_3O^+)} + \lambda_{(CH_3COO^-)})$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma}{\lambda_{(H_3O^+)} + \lambda_{(CH_3COO^-)}} \quad \text{ومنه :}$$

(1-3) في المحلول : S_1

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{(H_3O^+)} + \lambda_{(CH_3COO^-)}} = \frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{3,49 \cdot 10^{-2} + 4,09 \cdot 10^{-3}} = 0,897666 \approx 0,9 \text{ mol / m}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol / L}$$

في المحلول : S_2

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{(H_3O^+)} + \lambda_{(CH_3COO^-)}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-2}}{3,49 \cdot 10^{-2} + 4,09 \cdot 10^{-3}} = 0,28 \text{ mol / m}^3 = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ mol / L}$$

(1-4) لنحدد نسبة التقدم النهائي في كل من المحلولين .

$$x_{1f} = [H_3O^+]_{1f} V_1 \quad \text{و} \quad x_{1\max} = c_1 V_1 \quad , \quad \tau_1 = \frac{x_{1f}}{x_{1\max}} = \frac{[H_3O^+]_{1f}}{c_1} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,018 = 1,8\%$$

$$x_{2f} = [H_3O^+]_{2f} V_2 \quad \text{و} \quad x_{2\max} = c_2 V_2 \quad , \quad \tau_2 = \frac{x_{2f}}{x_{2\max}} = \frac{[H_3O^+]_{2f}}{c_2} = \frac{0,28 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,056 = 5,6\%$$

بالنسبة لنفس الحمض كلما ازداد التركيز البدني للمحلول كلما تناقصت قيمة نسبة التقدم النهائي.

(1-5)

$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$			
CV	<i>excès</i>	0	0
$CV - x_f$	<i>excès</i>	x_f	x_f

$$[CH_3COO^-]_{\acute{e}q} = [H_3O^+]_{\acute{e}q} = \frac{x_f}{V}$$

$$[CH_3COOH]_{\acute{e}q} = \frac{cV - x_f}{V} = c - \frac{x_f}{V} = c - [H_3O^+]_{\acute{e}q}$$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{\acute{e}q}} = \frac{[H_3O^+]_{\acute{e}q}^2}{c - [H_3O^+]_{\acute{e}q}} \quad \text{: ثابتة التوازن}$$

بالنسبة للمحلول : S_1

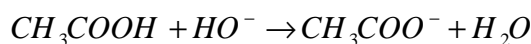
$$K_1 = \frac{[H_3O^+]_{1\acute{e}q}^2}{c_1 - [H_3O^+]_{1\acute{e}q}} = \frac{(0,9 \cdot 10^{-3})^2}{5 \cdot 10^{-2} - 0,9 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

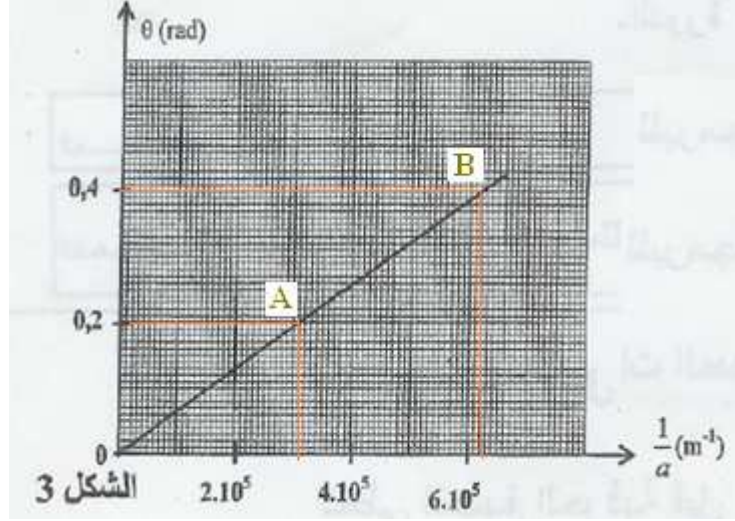
بالنسبة للمحلول : S_2

$$K_2 = \frac{[H_3O^+]_{2\acute{e}q}^2}{c_2 - [H_3O^+]_{2\acute{e}q}} = \frac{(0,28 \cdot 10^{-3})^2}{5 \cdot 10^{-3} - 0,28 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

ثابتة التوازن لا تتعلق بالحالة البدنية للمجموعة. $k_1 = k_2$

(1-2) (2) معادلة التفاعل الحاصل خلال المعايرة:





$$k = \lambda = \frac{\Delta\theta}{\Delta(\frac{1}{a})} = \frac{0,4 - 0,2}{(6,2 - 3,1) \cdot 10^5} = 645 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 645 \text{ nm}$$

$$a_1 = \frac{2D \cdot \lambda}{L_1} = \frac{2 \cdot (1,6 \text{ m}) \cdot 645 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 43 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 43 \text{ nm} \leftarrow$$

$$\frac{L_1}{2D} = \frac{\lambda}{a_1} \text{ ولدينا}$$

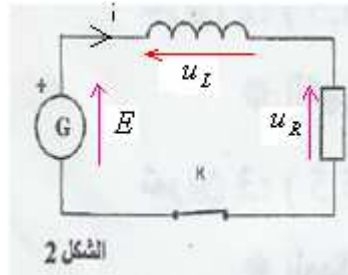
-2

$$d = \frac{2D \cdot \lambda}{L_2} = \frac{2 \cdot (1,6 \text{ m}) \cdot 645 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 82,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 82,5 \text{ nm} \leftarrow$$

$$\frac{L_1}{2D} = \frac{\lambda}{d}$$

تمرين الفيزياء 2 الكهرياء

-1-1 -1
-2



1-2- بتطبيق قانون تجميع التوترات لدينا :

$$u_L + u_R = E$$

$$L \frac{di}{dt} + (R + r)i = E$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{R + r}{L} i = \frac{E}{L}$$

$$\tau = \frac{L}{R + r}; A = \frac{E}{L}$$

-1-3

$$[L] = \frac{[U][t]}{[I]} \leftarrow [U] = [L] \frac{[I]}{[t]} \leftarrow u_L = L \frac{di}{dt}$$

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} \leftarrow [U] = [R][I] \leftarrow u_R = R \cdot i \text{ : و}$$

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = [U][t][I]^{-1} \times [U]^{-1} \cdot [I] = [t] \leftarrow \tau = \frac{L}{R} \text{ : وبما أن ثابتة الزمن}$$

إذن ثابتة الزمن τ لها بعد زمني وحدتها الثانية s .

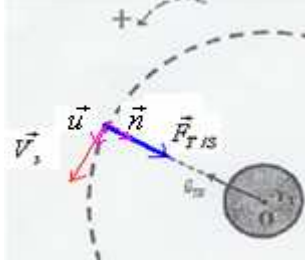
-1-4-1 -3

$$\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T \cdot m_s}{(r_T + h)^2} \vec{u}_{TS}$$

$$\vec{a} = a_t \vec{u} + a_n \vec{n} \quad \text{3- في معلم فريني متجهة التسارع :}$$

$$\vec{a} \begin{cases} a_t = \frac{dv}{dt} \\ a_n = \frac{v_s^2}{r_T + h} \end{cases}$$

-4-1 -4



بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على S الذي يخضع لقوة التجاذب الكوني $\vec{F}_{T/S}$:

$$\Sigma \vec{F} = m_s \vec{a}_G$$

$$\vec{F}_{T/S} = m_s \vec{a}_G \quad \text{مجموع متجهات القوى انجذابية مركزية.}$$

$$F_{T/S} = m_s a_n \quad \text{بالإسقاط على المنظمي :}$$

$$F_{T/S} = m_s \cdot \frac{v_s^2}{r_T + h} \quad \text{وبالتالي فإن حركة S دائرية منتظمة شعاعها } R = r_T + h$$

4-2- نعلم أن وزن الجسم في الإرتفاع h يساوي قوة التجاذب المطبقة عليه من طرف الأرض في هذا الموضع:

$$F_{T/S} = P_h \quad \text{أي :}$$

$$m_s a_n = m_s \cdot g_h$$

$$m_s a_n = m_s \cdot g_h$$

$$a_n = \frac{v_s^2}{r_T + h} \quad \text{مع : } g_h = g_o \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2} \quad \text{و } a_n = g_h$$

$$\frac{v_s^2}{r_T + h} = g_o \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2}$$

$$v_s = r_T \sqrt{\frac{g_o}{r_T + h}}$$

$$v_s = r_T \sqrt{\frac{g_o}{r_T + h}} = 6350.10^3 m \sqrt{\frac{9,8 m \cdot s^{-2}}{(6350 + 1000).10^3 m}} \approx 7.10^3 m/s \quad \text{ت.ع.}$$

-5

$$F_{T/S} = P_h$$

$$G \cdot \frac{m_s \cdot M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot g_o \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2}$$

$$G \cdot M_T = g_o r_T^2$$

$$M_T = \frac{g_o r_T^2}{G} = \frac{9,8 m \cdot s^{-2} \cdot (6350.10^3 m)^2}{6,67.10^{-11} N \cdot m^2 kg^{-2}} = 5,92.10^{24} kg \approx 6.10^{24} kg$$

5- لكي يبدو القمر الإصطناعي ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي يجب أن يكون دوره مساو لدور حركة دوران الأرض حول نفسها أي :

$$T_s = T = 24h$$

$$T_s = \frac{T}{14} = \frac{24h}{14} \neq T \quad \text{بما ان القمر الإصطناعي -اليمامة- ينجز 14 دورة في اليوم فإن دوره :}$$

وبالتالي فهو لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ ارضي .

6- لدينا من خلال العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن :

$$F = m a_N$$

$$v_s = (r_T + h)\omega \quad \text{مع} \quad G \frac{m_s \cdot M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot \frac{v_s^2}{r_T + h} \quad \text{أي:}$$

$$G \cdot M_T = (r_T + h)^3 \omega^2 \quad \Leftrightarrow \quad G \frac{M_T}{(r_T + h)^2} = (r_T + h) \omega^2 \quad \Leftrightarrow \quad G \frac{m_s \cdot M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot (r_T + h) \omega^2$$

بما أن G و M_T ثابتين فإن : $(r_T + h)^3 \omega^2 = C^{te}$

-7

القمر الإصطناعي يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ ارضي \Leftrightarrow دوره مساو لدور حركة دوران الأرض حول نفسها أي :

$$T_s = T = 24h$$

$$(r_T + h)^3 = \frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{G \cdot M_T}{(r_T + h)^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \quad \Leftrightarrow \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{مع} \quad G \cdot M_T = (r_T + h)^3 \omega^2 \quad \text{ولدينا}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2} - r_T^3} \quad \Leftrightarrow \quad r_T + h = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}}$$

ت.ع:

$$h = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot [24 \cdot (3600 \text{ s})]^2}{4 \cdot \pi^2} - 6350 \cdot 10^3 \text{ m}^3} = 3,595 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 3,6 \cdot 10^6 \text{ m} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$h = 3600 \text{ km}$$

نفعا الله وإياكم بما تعلمناه ورزقنا وإياكم ثوابه .
