

التمرين الأول: (9,25 نقاط)



إن الشركة القطرية للأقمار الصناعية تأسست عام 2010 لإطلاق وتشغيل الأقمار الاصطناعية وتقديم خدمات البث التلفزيوني وخدمات الاتصالات للقطاع الحكومي والخاص وأنها تعاقدت مع شركة «سبيس سيستمز لورال» الأميركية لبناء القمر «سهيل 1» الذي استغرقت عملية بنائه نحو 3 سنوات، أرسل إلى مداره في 15 نوفمبر 2018، ويتم تشغيله حاليا بالتعاون مع شركة «يوتلسات» الفرنسية.

نعتبر القمر الاصطناعي سُهيل سات 1، يدور حول الأرض في مسار دائري نصف قطره  $r_s$ ، على ارتفاع  $h$  من سطح الأرض، خاضع لقوة جذب الأرض  $\vec{F}_{T/S}$  فقط.

معطيات:

◀ نصف قطر الأرض  $R_T = 6400 \text{ km}$

◀ دور الأرض حول محورها  $T_T \approx 24 \text{ h}$

◀ الجاذبية على سطح الأرض  $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

1- أعد رسم الشكل ومثل عليه  $\vec{v}_S$  شعاع سرعة القمر الاصطناعي (S).

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن خصائص شعاع التسارع  $\vec{a}_G$  متماثلة مع

خصائص شعاع القوة  $\vec{F}_{T/S}$ ، ثم استنتج طبيعة حركة القمر الاصطناعي (S).

3- اكتب عبارة شدة القوة  $\vec{F}_{T/S}$  بدلالة  $G$ ،  $m_S$  و  $r$ ، ثم جد باستعمال التحليل البعدي وحدة ثابت الجذب العام  $G$  في

جملة الوحدات الدولية (SI).

4- أثبت أن الجاذبية  $g$  على الارتفاع  $h$  من سطح الأرض يعبر عنها بالعلاقة:  $g = \frac{g_0 \cdot R_T^2}{r^2}$ ، حيث  $g_0$  هي قيمة

الجاذبية على سطح الأرض.

5- جد عبارة كل من  $v$  سرعة القمر الاصطناعي (S)، و  $T$  دور حركته حول مركز الأرض بدلالة  $g_0$  و  $R_T$  و  $r$ .

6- اذكر نص القانون الثالث لكبلر ثم عبر عن النسبة  $\frac{T^2}{r_s^3}$  التي توافقه بدلالة  $R_T$  و  $g_0$ .

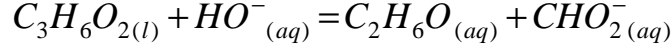
7- القمر الاصطناعي (S) سُهيل سات 2 جيومستقر، اذكر خصائص القمر الاصطناعي جيومستقر، ثم جد  $r_s$

نصف قطر مدار القمر الاصطناعي سُهيل سات 1.

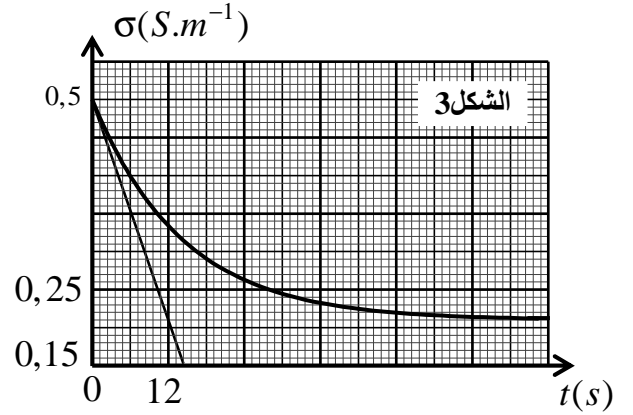
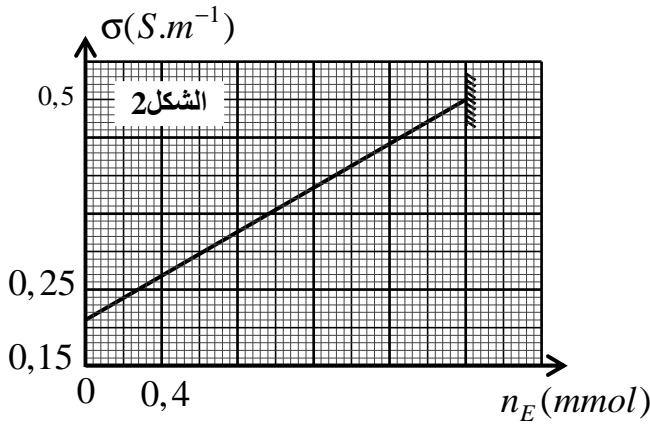
الشكل 1

## التمرين الثاني: (10,75 نقاط)

من أجل متابعة تطور التحول الكيميائي التام والبطيء بين المركب العضوي السائل  $C_3H_6O_2$  (الذي نرمز له لاحقا بـ  $E$ ) وهيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$  والذي نمذجته بالمعادلة الكيميائية التالية:



وضعنا في بيشر حجما  $V_0 = 100 mL$  من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي  $c_0 = 2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$  وعند اللحظة  $t = 0$  ودرجة حرارة  $25^\circ C$  أضفنا للبيشر بعض قطرات من المركب العضوي السابق والتي تكافئ كمية مادة  $n_{E0}$ . قمنا بقياس  $\sigma$  الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل من حين لآخر، وعند كل قياس استنتجنا كمية مادة المركب العضوي  $E$  حيث  $(V_T = V_0)$ ، ثم مثلنا بيانيا  $\sigma = f(n_E)$  (الشكل 2) و  $\sigma = g(t)$  (الشكل 3).



- 1- ما هو شرط متابعة تطور تفاعل كيميائي عن طريق قياس الناقلية؟ بما تتعلق الناقلية النوعية لمحلول مائي؟
- 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

- 3- عين المتفاعل المحد ثم استنتج التقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

- 4- اعتماداً على جدول تقدم التفاعل، بين أن الناقلية النوعية للمزيج عند كل لحظة زمنية  $t$  يُعبر عنها بدلالة كمية مادة المركب العضوي  $(E)$  بالعلاقة:  $\sigma(t) = 145n_{E(t)} + 0,21$

- 5- عرف  $t_{1/2}$  زمن نصف التفاعل ثم بين أن عند هذه اللحظة يكون  $n_{E1/2} = \frac{n_{E0}}{2}$

- 5- أحسب قيمة الناقلية النوعية عند زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم عينها من بيان (الشكل 3).

- 6- عرف السرعة الحجمية لاختفاء  $(E)$  واحسب قيمتها الأعظمية.

- 7- نعيد التجربة عند درجة الحرارة  $40^\circ C$ ، أجب بصحيح أو خطأ على مايلي:
- أ- تزداد قيمة  $t_{1/2}$  زمن نصف التفاعل.

- ب- تتعدم قيمة  $v_{vol}$  السرعة الحجمية للتفاعل في مدة زمنية أقل.

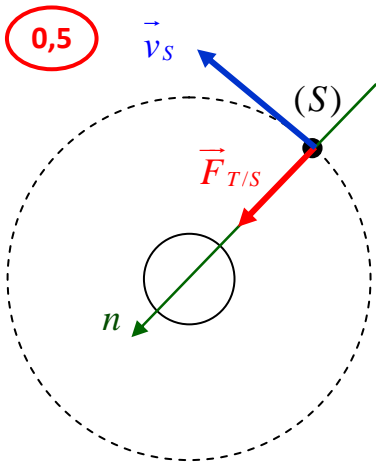
- ج- قيمة  $\sigma_{max}$  الناقلية النوعية الأعظمية لا تتغير.

يعطى:  $\lambda_{CHO_2^-} = 5 ms.m^2.mol^{-1}$ ،  $\lambda_{Na^+} = 5 ms.m^2.mol^{-1}$ ،  $\lambda_{HO^-} = 20 ms.m^2.mol^{-1}$

التمرين الأول: (25,9 نقاط)

1- تمثيل  $\vec{v}_S$  شعاع سرعة القمر الاصطناعي: (الشكل التالي)

2- تبيان أن خصائص شعاع التسارع مماثلة لخصائص شعاع القوة  $\vec{F}_{T/S}$ :



$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{F}_{T/S} = m_S \cdot \vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G = \frac{\vec{F}_{T/S}}{m_S}$$

- الجملة المدروسة: قمر اصطناعي (S).

- مرجع الدراسة: مركزي أرضي نعتبره غاليلي (جيومركزي).

- القوة الخارجية المؤثرة على الجملة:  $\vec{F}_{T/S}$ .

- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

نستنتج أن  $\vec{a}$  و  $\vec{F}_{T/S}$  متماثلين في الخصائص.

- طبيعة الحركة:

حسب قانون الجذب العام  $\vec{F}_{T/S}$  ثابتة في الشدة وناظمية، وكون أن  $\vec{a}$  و  $\vec{F}_{T/S}$  متماثلين في الخصائص كما ذكرنا سابقا، يكون شعاع التسارع  $\vec{a}$  أيضا ثابت في الشدة وناظمي، ومنه الحركة دائرية منتظمة.

3- عبارة شدة القوة  $\vec{F}_{T/S}$ :

$$F_{T/S} = \frac{G \cdot m_S \cdot M_T}{r_S^2}$$

- وحدة  $G$  بالتحليل البعدي:

من عبارة شدة القوة  $\vec{F}_{T/S}$  السابقة، يكون:

$$G = \frac{F_{T/S} \cdot r_S^2}{m_S \cdot M_T} \Rightarrow [G] = \frac{[f] \cdot [r]^2}{[m]^2} \Rightarrow [G] = \frac{[m] \cdot \frac{[l]}{[t]^2} \cdot [l]^2}{[m]^2} \Rightarrow [G] = \frac{[l]^3}{[m] \cdot [t]^2}$$

ومن بعد الثابت  $G$  هو  $[G] = L^3 \cdot T^{-2} \cdot M^{-1}$  فتكون وحدته في الجملة الدولية هي  $m^3 \cdot s^{-2} \cdot Kg^{-1}$ .

$$-4 \text{ - إثبات أن } g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

- يخضع القمر الاصطناعي إلى تأثير القوة  $\vec{F}_{T/S}$  حيث:

$$F_{T/S} = m_s \cdot g = \frac{G \cdot m_s \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \Rightarrow g = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \quad (0,5)$$

وهي قيمة الجاذبية على الارتفاع  $h$  من سطح الأرض.

- على سطح الأرض، أين  $h = 0$ ،  $g = g_0$  نكتب:

$$g_0 = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} \quad (0,5)$$

بقسمة  $g$  على عبارة  $g_0$  طرف إلى طرف نجد:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2}}{\frac{G \cdot M_T}{R_T^2}} \Rightarrow \frac{g}{g_0} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \Rightarrow g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \Rightarrow g = g_0 \frac{R_T^2}{r_s^2} \quad (0,5)$$

-5 عبارة  $v$  سرعة القمر الاصطناعي (S) بدلالة  $g_0$ ،  $R_T$  و  $h$ :

وجدنا سابقا حسب القانون الثاني لنيوتن:

$$\vec{F}_{T/S} = m_s \cdot \vec{a}_G$$

بالإسقاط على المحور الناظمي نجد:

$$F_{T/S} = m_s \cdot a_n \Rightarrow m_s \cdot g = m_s \cdot \frac{v^2}{r_s} \Rightarrow g_0 \cdot \frac{R_T^2}{r_s^2} = \frac{v^2}{r_s} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_T^2}{r_s}} \quad (0,5)$$

عبارة  $T$  دور حركة القمر الاصطناعي (S) بدلالة  $g_0$ ،  $R_T$  و  $h$ :

$$T = \frac{2\pi \cdot r_s}{v} = \frac{2\pi \cdot r_s}{\sqrt{\frac{g_0 \cdot R_T^2}{r_s}}} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r_s}{g_0 \cdot R_T^2} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r_s^3}{g_0 \cdot R_T^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot r_s^3}{g_0 \cdot R_T^2}} \Rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r_s^3}{g_0 \cdot R_T^2}} \quad (0,5)$$

-6 نص القانون الثالث لكبلر:

" مربع الدور  $T^2$  لحركة كوكب يتناسب طرديا مع مكعب البعد المتوسط  $r^3$  بين مركزي الكوكب والشمس "

(0,5)

$$- \text{عبارة النسبة } \frac{T^2}{r_s^3} \text{ بدلالة } g_0, R_T : \frac{T^2}{r_s^3} = \frac{4\pi^2}{g_0 R_T^2}$$

اعتمادا على ما سبق:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r_s^3}{g_0 \cdot R_T^2} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{g_0 \cdot R_T^2} \quad (0,5)$$

7- مميزات القمر الاصطناعي جيومستقر:

- يدور في جهة دوران الأرض.
- دور حركته مساوي لدور حركة الأرض حول محورها. (0,75)
- يدور في مستوي الاستواء.
- إيجاد  $r_s$  نصف قطر مدار القمر الاصطناعي (S) سهيل سات 1:
- القمر الاصطناعي (S) سهيل سات 2، جيو مستقر ومنه يكون دوره:

$$t = 24 h = 24 \times 3600 = 86400 s$$

واعتمادا على ما سبق:

$$\frac{T^2}{r_s^3} = \frac{4\pi^2}{g_0 \cdot R_T^2} \Rightarrow r_s = \sqrt[3]{\frac{T^2 \cdot g_0 \cdot R_T^2}{4\pi^2}} \quad (0,5)$$

$$r_s = \sqrt[3]{\frac{(86400)^2 \times 9,8 \times (6400 \times 10^3)^2}{4\pi^2}} = 4,24 \times 10^7 m \quad (0,5)$$

التمرين الثاني: (10 نقاط)

1- شرط متابعة تطور تفاعل كيميائي عن طريق قياس الناقلية هو أن يحتوي الوسط التفاعلي على شوارد موجبة وسالبة. (0,5)

- تتعلق الناقلية النوعية لمحلول مائي بما يلي:

- التركيز المولي للمحلول.
- طبيعة الشوارد. (0,75)
- درجة الحرارة.

## -2 جدول التقدم:

| المعادلة |           | $C_3H_6O_2 + HO^- = C_2H_6O + CHO_2^-$ |                      |           |           |
|----------|-----------|--|----------------------|-----------|-----------|
| الحالة   | التقدم    | كمية المادة بـ (mol)                   |                      |           |           |
| ابتدائية | $x = 0$   | $n_{E0}$                               | $n_0(HO^-) = c_0V_0$ | 0         | 0         |
| انتقالية | $x$       | $n_{E0} - x$                           | $c_0V_0 - x$         | $x$       | $x$       |
| نهائية   | $x_{max}$ | $n_{E0} - x_{max}$                     | $c_0V_0 - x_{max}$   | $x_{max}$ | $x_{max}$ |

0,75

## - تعيين المتفاعل المحد:

من بيان (الشكل 3)  $\sigma_f = 2,2 S/m$ ، بالإسقاط في بيان (الشكل 2)، نجد:  $n_{Ef} = 0$ ، ومنه  $E$  متفاعل محدد.

0,5

- قيمة  $x_{max}$ :

من بيان (الشكل 3)  $\sigma_0 = 0,5 S/m$ ، بالإسقاط في بيان (الشكل 2)، نجد:

$$n_{E0} = 5 \times 0,4 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

من جدول التقدم مع الأخذ بعين الاعتبار أن  $E$  متفاعل محدد يكون:

$$n_{E0} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = n_{E0} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

0,5

-3 إثبات  $\sigma_{(t)} = 145n_{E(t)} + 0,21$ :

$$\sigma_{(t)} = \lambda(HO^-)[HO^-]_{(t)} + \lambda(CHO_2^-)[CHO_2^-]_{(t)} + \lambda(Na^+)[Na^+] \quad 0,5$$

اعتمادا على جدول التقدم:

$$\sigma_{(t)} = \lambda(HO^-) \frac{c_0V_1 - x_{(t)}}{V_T} + \lambda(CHO_2^-) \frac{x_{(t)}}{V_T} + \lambda(Na^+) \frac{c_0V_0}{V_T}$$

$$\sigma_{(t)} = \lambda(HO^-) \frac{c_0 \cancel{V_1}}{\cancel{V_T}} - \lambda(HO^-) \frac{x_{(t)}}{V_T} + \lambda(CHO_2^-) \frac{x_{(t)}}{V_T} + \lambda(Na^+) \frac{c_0 \cancel{V_0}}{\cancel{V_T}}$$

$$\sigma_{(t)} = \lambda(HO^-)c_0 - \lambda(HO^-) \frac{x_{(t)}}{V_T} + \lambda(CHO_2^-) \frac{x_{(t)}}{V_T} + \lambda(Na^+)c_0$$

$$\sigma_{(t)} = \frac{\lambda(CHO_2^-) - \lambda(HO^-)}{V_T} x_{(t)} + (\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))c_0 \quad 0,5$$

$$\sigma_{(t)} = \frac{5,5 \times 10^{-3} - 20 \times 10^{-3}}{0,1 \times 10^{-3}} x_{(t)} + (5 \times 10^{-3} + 20 \times 10^{-3}) \times 20$$

$$\sigma_{(t)} = -145x_{(t)} + 0,5 \quad 0,5$$

من جدول التقدم:

$$n_{E(t)} = n_{E0} - x_{(t)} \Rightarrow n_{E(t)} = 2 \times 10^{-3} - x_{(t)} \Rightarrow x_{(t)} = 2 \times 10^{-3} - n_{E(t)}$$

ومنه يصبح:

$$\sigma_{(t)} = -145 \times (2 \times 10^{-3} - n_{E(t)}) + 0,5$$

$$\sigma_{(t)} = -145 \times 2 \times 10^{-3} + 145 n_{E(t)} + 0,5$$

$$\sigma_{(t)} = -0,29 + 145 n_{E(t)} + 0,5 \Rightarrow \sigma_{(t)} = 145 n_{E(t)} + 0,21 \quad (0,5)$$

4- تعريف  $t_{1/2}$  زمن نصف التفاعل:

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم نصف قيمته الأعظمية. (0,5)

$$\text{إثبات أن } n_{E1/2} = \frac{n_{E0}}{2}$$

- من جدول التقدم في نهاية التفاعل  $n_{Ef} = n_{E0} - x_{\max}$ ، وكون أن  $(E)$  متفاعل محد يكون:

$$n_{E0} - x_{\max} = 0 \quad (1)$$

- من جدول التقدم أيضا:

$$n_{E1/2} = n_{E0} - x_{1/2} \quad (0,5)$$

حسب تعريف  $t_{1/2}$  يكون  $x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$ ، منه:

$$n_{E1/2} = n_{E0} - \frac{x_{\max}}{2}$$

بضرب الطرفين في 2 نجد:

$$2n_{E1/2} = 2n_{E0} - x_{\max}$$

$$2n_{E1/2} = n_{E0} + \underbrace{n_{E0} - x_{\max}}_0 \quad (2)$$

من (1)، (2) يكون:

$$2n_{E1/2} = n_{E0} \Rightarrow n_{E1/2} = \frac{n_{E0}}{2} \quad (0,5)$$

قيمة  $\sigma_{1/2}$ :

اعتمادا على ما سبق:

$$\sigma_{1/2} = 145 n_{E1/2} + 0,21 \Rightarrow \sigma_{1/2} = 145 \times \frac{n_{E0}}{2} + 0,21 \quad (0,5)$$

$$\sigma_{1/2} = 145 \times \frac{2 \times 10^{-3}}{2} + 0,21 = 0,335 \text{ mol}$$

بالإسقاط في بيان (الشكل 3) مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد  $t_{1/2} = 9,6 \text{ s}$  (0,5)

5- تعريف السرعة لاختفاء (E) الحجمية للتفاعل:

0,5

هي سرعة اختفاء (E) في وحدة الحجم.

السرعة الحجمية الأعظمية لاختفاء (E) عند اللحظة  $t = 0$ :

$$v_{vol}(E) = -\frac{1}{V_{vol}} \frac{dn(E)}{dt} \quad 0,5$$

مما سبق:  $\sigma_{(t)} = 145n_{E(t)} + 0,21$ ، ومنه:

$$\sigma_{(t)} - 0,21 = 145n_{E(t)} \Rightarrow n_{E(t)} = \frac{\sigma_{(t)} - 0,21}{145}$$

بالتعويض في عبارة السرعة الحجمية لاختفاء (E):

$$v_{vol}(E) = -\frac{1}{V_{vol}} \frac{d}{dt} \left( \frac{\sigma_{(t)} - 0,21}{145} \right) \Rightarrow v_{vol}(E) = -\frac{1}{145V_{vol}} \frac{d\sigma_{(t)}}{dt} \quad 0,5$$

السرعة الحجمية لاختفاء (E) تتناقص خلال التحول الكيميائي، وتكون أعظمية عند اللحظة  $t = 0$ ، اعتمادا على بيان (الشكل 3) عند اللحظة  $t = 0$  يكون:

0,5

$$v_{vol}(E) = -\frac{1}{145 \times 0,1} \frac{(0 - 0,5)}{(1,2 - 0) \times 12} = 2,39 \times 10^{-4} \text{ mol / L.min} \quad 0,5$$

6- الإجابة بصحيح أم خطأ بعد إعادة التجربة عند درجة الحرارة  $40^\circ\text{C}$ :

أ. تزداد قيمة زمن نصف التفاعل  $\Leftarrow$  خطأ.

0,75

ب. تنعدم قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في مدة زمنية أقل  $\Leftarrow$  صحيح.

ج. قيمة الناقلية النوعية النهائية لا تتغير  $\Leftarrow$  خطأ.