

# تأشيرة النجاح في العلوم الفيزيائية

الجزء الأول 1

شهادة  
البكالوريا



تأليف الأستاذ : شنايت عز الدين  
أستاذ رئيسي ثانوية الرياضيات « القبة »

تحت إشراف مفتشي التربية الوطنية

• زميت خالد • مجاهد نور الدين

الشعب :

• رياضيات • تقني رياضي  
• علوم تجريبية

كتابة و رسومات : فديس محمد لمين



# تأشيرة النجاح

## في العلوم الفيزيائية

السنة الثالثة ثانوي  
الجزء الأول

للشعب:

رياضيات



تقني رياضي



علوم تجريبية



تأليف الأستاذ: شنايت عزالدين

أستاذ رئيسي ثانوية الرياضيات - القبة -

تحت إشراف مفتشي التربية الوطنية:

مجاهد نورالدين

زميت خالد

الطبعة الثانية 2018

طبعة جديدة ومصححة



# تأشيرة النجاح

## في العلوم الفيزيائية

السنة الثالثة ثانوي  
الجزء الأول

من إعداد الأستاذ: شنايت عزالدين  
طبع على حساب المؤلف

الإيداع القانوني: أوت 2017  
ISBN : 987-9947-0-4977-8

الهاتف: 07 - 69 - 68 - 0550  
البريد الإلكتروني: [chenaitaz@gmail.com](mailto:chenaitaz@gmail.com)

© حقوق النشر والتوزيع محفوظة للمؤلف

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب أو اختزال مادته بطريقة استرجاع أو نقله على أي نحو وبأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو بالتصوير أو بالتسجيل أو خلاف ذلك إلا بموافقة المؤلف على ذلك كتابيا

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## مقدمة:

تلامذتنا الأعزاء،

لقد تم إعداد هذا الكتاب الجديد "تأشيرة النجاح في العلوم الفيزيائية" للسنة الثالثة ثانوي  
شعبة رياضيات، تقني رياضي والعلوم التجريبية وفق التوجيهات الجديدة لوزارة التربية الوطنية.

يتألف الكتاب من ثلاثة أجزاء رئيسية:

- الجزء الأول: يحتوي على ثلاث وحدات: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي، التحولات النووية والظواهر الكهربائية (ثنائي القطب  $RC$  وثنائي القطب  $RL$ ).
- الجزء الثاني: يحتوي على أربع وحدات: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن، الظواهر الميكانيكية، مراقبة جهة تطور جملة كيميائية والظواهر المهتزة.
- الجزء الثالث: يحتوي على أسئلة نظرية على كامل المقرر الدراسي، بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من الاختبارات النموذجية المقترحة لتحضير شهادة البكالوريا.

تتضمن كل وحدة ملخص للدرس يتمثل في الحد الأدنى الضروري الذي يجب عليك استيعابه متبوعاً بكم هائل من التمارين تمكنك من اختبار معلوماتك واستدراك ما لم يتم استيعابه بشكل جيد وتدارك الثغرات التي تشوب معلوماتك.

هذه التمارين متدرجة في الصعوبة مرفقة بحلول مفصلة تساعدك على التعامل مع وضعيات فيزيائية مشابهة وتعطيك منهجية في التعامل مع الاختبارات خلال السنة واختبار البكالوريا في نهاية السنة إن شاء الله.

أخذت هذه التمارين من نماذج بكالوريات جزائرية وأخرى أجنبية وامتحانات وفروض لمؤسسات تربوية، قمت بإجراء بعض التغييرات عليها التي أراها مناسبة للتلميذ ووضع تمارين من تأليفي الخاص. أنصح عزيزي التلميذ أن يقرأ الدرس عدة مرات حتى يتم استيعابه ثم يتدرج في حل التمارين دون النظر إلى الحل وبعدها يقيم الإجابة على ضوء الحل النموذجي المقترح.

نأمل أن تجدوا في هذا الكتاب ما يحفزكم ويشجعكم على الاجتهاد والرغبة في المزيد من الاستكشاف والمعرفة.

والله ولي التوفيق

الأستاذ: عز الدين شنايت



## الإهداء

إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله تعالى

إلى زوجتي وأبنائي الأعزاء

إلى إخوتي وجميع أفراد عائلتي

إلى كل من علمني حرفا في هذه الدنيا

إلى جميع أصدقائي رفقاء دربي

إلى كل الأساتذة الذي دعموني وساندوني في عملي هذا

إلى تلاميذي الأعزاء

أهدي لكم جميعا هذا العمل المتواضع كتاب "تأشيرة النجاح في العلوم الفيزيائية"  
الذي أرجو أن يكون سندا مفيدا للتلاميذ المقبلين على شهادة البكالوريا.

الأستاذ: عز الدين شنايت

# الفهرس:

## الوحدة الأولى: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| I. بعض المكتسبات القبلية                        | 9  |
| (1) كمية المادة                                 | 9  |
| (2) التركيز المولي والتركيز الكتلي              | 9  |
| (3) تخفيف محلول مركز (التمديد)                  | 10 |
| (4) الجنول الوصفي لتقدم تفاعل كيميائي           | 10 |
| (5) الناقلية                                    | 12 |
| (6) تفاعلات أكسدة إرجاع                         | 13 |
| II. المدة المستغرقة لتحول كيميائي               | 15 |
| (1) التحول السريع                               | 15 |
| (2) التحول البطيء                               | 15 |
| (3) التحول البطيء جدا                           | 15 |
| III. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي | 15 |
| (1) الطريقة 01: قياس الحجم                      | 15 |
| (2) الطريقة 02: قياس الضغط                      | 16 |
| (3) الطريقة 03: قياس الناقلية النوعية           | 17 |
| (4) الطريقة 04: بواسطة المعايرة اللونية         | 18 |
| IV. زمن نصف التفاعل                             | 18 |
| (1) تعريفه                                      | 18 |
| (2) بعض استعملاته                               | 18 |
| (3) كيف يستخرج من مختلف البيانات                | 19 |
| V. سرعة التفاعل                                 | 19 |
| (1) سرعة التفاعل                                | 19 |
| (2) سرعة تشكل نوع كيميائي                       | 21 |
| (3) سرعة اختفاء نوع كيميائي                     | 22 |
| VI. العوامل الحركية                             | 23 |
| (1) تعريف العامل الحركي                         | 23 |
| (2) بعض العوامل الحركية                         | 23 |
| (3) أهمية العوامل الحركية                       | 24 |
| (4) التفسير المجهرى للعوامل الحركية             | 24 |
| تمارين الوحدة الأولى                            | 26 |

## الوحدة الثانية: التحولات النووية

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| I. بعض المكتسبات القبلية                   | 111 |
| (1) بنية النواة                            | 111 |
| (2) النظائر                                | 111 |
| (3) حجم النواة                             | 111 |
| (4) نصف قطر النواة                         | 111 |
| (5) القوة النووية القوية                   | 111 |
| II. النشاط الإشعاعي                        | 112 |
| (1) مقدمة حول اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي | 112 |
| (2) تعريف ظاهرة النشاط الإشعاعي            | 112 |
| (3) خصائص النشاط الإشعاعي                  | 112 |
| (4) قانوني صودي                            | 112 |
| (5) اكتشاف بعض أنواع النشاط الإشعاعي       | 112 |
| (6) مخطط سيغري                             | 115 |
| III. التناقص الإشعاعي                      | 116 |
| (1) ظاهرة التناقص الإشعاعي                 | 116 |
| (2) تعريف زمن عمر النصف                    | 116 |
| (3) تعريف ثابت الزمن                       | 116 |
| (4) تعريف ثابت النشاط الإشعاعي             | 116 |
| (5) قانون التناقص الإشعاعي                 | 116 |
| (6) العلاقة بين $t_{1/2}$ و $\lambda$      | 116 |
| (7) تعريف النشاط الإشعاعي                  | 117 |
| (8) العبارة اللحظية للنوية المتفككة        | 117 |
| (9) التاريخ بالإشعاع                       | 118 |
| IV. المظهر الطاقي                          | 119 |
| (1) علاقة أينشتاين                         | 119 |
| (2) تعريف وحدة الكتلة الذرية $u$           | 119 |
| (3) بعض وحدات الطاقة                       | 119 |
| (4) النقص الكتلي لنواة                     | 119 |
| (5) طاقة الربط النووي                      | 119 |
| (6) طاقة الربط لكل نوية (نيوكليون)         | 120 |
| (7) منحني أستون                            | 120 |
| V. التفاعلات النووية المفتعلة              | 121 |
| (1) تعريف الانشطار النووي                  | 121 |
| (2) تعريف الاندماج النووي                  | 121 |
| (3) الحصلة الطاوية لتفاعل نووي             | 122 |
| (4) المفاعل النووي                         | 123 |
| تمارين الوحدة الثانية                      | 124 |

الوحدة الثالثة: الظواهر الكهربائية ثنائي القطب RL

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| I. خصائص الوشعة                                              | 271 |
| (1) تعريفها                                                  | 271 |
| (2) رمزها                                                    | 271 |
| (3) ذاتيتها                                                  | 271 |
| (4) دورها                                                    | 271 |
| (5) العلاقة بين $i$ و $u_b$                                  | 271 |
| (6) جمع الوشائع                                              | 271 |
| II. ظهور التيار في الوشعة                                    | 271 |
| (1) تجربة                                                    | 272 |
| (2) تحليل البيان                                             | 272 |
| (3) قانون جمع التوترات                                       | 272 |
| (4) المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة $i(t)$                 | 272 |
| (5) عبارة $I_0$ (التيار في النظام الدائم)                    | 272 |
| (6) عبارة $u_R$                                              | 272 |
| (7) عبارة $u_b$                                              | 273 |
| (8) وحدة $\tau$ بالتحليل البعدي                              | 273 |
| III. انقطاع التيار في الوشعة                                 | 273 |
| (1) تجربة                                                    | 274 |
| (2) تحليل البيان                                             | 274 |
| (3) قانون جمع التوترات                                       | 274 |
| (4) المعادلة التفاضلية بدلالة $u_R$                          | 274 |
| (5) عبارة $u_R$                                              | 274 |
| (6) عبارة $u_b$                                              | 274 |
| IV. الطاقة المخزنة في الوشعة                                 | 275 |
| (1) قانون الطاقة المخزنة في الوشعة                           | 275 |
| (2) العبارة اللحظية للطاقة المخزنة                           | 275 |
| V. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RL في حالة ظهور التيار    | 276 |
| VI. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RL في حالة انقطاع التيار | 277 |
| تمارين الوحدة الثالثة ثنائي القطب RL                         | 278 |

الوحدة الثالثة: الظواهر الكهربائية ثنائي القطب RC

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| I. بعض المكتسبات القبلية                                | 207 |
| (1) قانون أوم                                           | 207 |
| (2) ربط المقاومات                                       | 207 |
| (3) بعض الأجهزة والعناصر الكهربائية                     | 208 |
| II. خصائص المكثفة                                       | 209 |
| (1) تعريفها                                             | 209 |
| (2) دورها                                               | 209 |
| (3) رمزها                                               | 209 |
| (4) سعتها                                               | 209 |
| (5) شدة التيار                                          | 209 |
| (6) العلاقة بين $i(A)$ و $u_c(V)$                       | 209 |
| (7) تجميع المكثفات                                      | 210 |
| III. شحن المكثفة                                        | 210 |
| (1) تجربة                                               | 210 |
| (2) تحليل البيان                                        | 210 |
| (3) قانون جمع التوترات                                  | 211 |
| (4) المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة $u_c$             | 211 |
| (5) عبارة الشحنة الكهربائية                             | 211 |
| (6) عبارة التوتر                                        | 211 |
| (7) عبارة شدة التيار                                    | 211 |
| (8) إثبات أن: $\tau$ متجانس مع الزمن                    | 212 |
| IV. تفريغ المكثفة                                       | 212 |
| (1) تجربة                                               | 212 |
| (2) تحليل البيان                                        | 212 |
| (3) قانون جمع التوترات                                  | 213 |
| (4) المعادلة التفاضلية                                  | 213 |
| (5) عبارة الشحنة الكهربائية                             | 213 |
| (6) عبارة التوتر                                        | 213 |
| (7) عبارة شدة التيار                                    | 213 |
| V. الطاقة المخزنة في المكثفة                            | 214 |
| (1) قانون الطاقة المخزنة في مكثفة                       | 214 |
| (2) العبارة اللحظية للطاقة المخزنة                      | 214 |
| VI. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RC في حالة الشحن    | 216 |
| VII. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RC في حالة التفريغ | 217 |
| تمارين الوحدة الثالثة (ثنائي القطب RC)                  | 218 |



# الوحدة الأولى:

## المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

- I. مكتسبات قبلية.
- II. المدة المستغرقة لتحول كيميائي.
- III. طرق المتابعة الزمنية.
- IV. زمن نصف التفاعل.
- V. سرعة التفاعل.
- VI. العوامل الحركية.
- VII. التفسير المجهرى للعوامل الحركية.

الأستاذ للطلاب: ما هي أسئلتكم  
في بداية السنة الدراسية؟؟؟  
قال طالب: متى تأتي العطلة يا أستاذ ؟؟؟

## I. بعض المكتسبات القبلية:

(1) كمية المادة  $n$ :هي مقدار فيزيائي يتناسب مع عدد الجسيمات (ذرات، جزيئات، أيونات، إلكترونات ...) مكونة للمادة، وحدتها  $mol$ .

أ/ العلاقة بين عدد الأفراد وكمية المادة:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

 $N$ : عدد الأفراد الكيميائية.

$$N_A = 6,023 \times 10^{23}$$

 $N_A$ : عدد أفوغادرو.

ب/ العلاقة بين الكتلة وكمية المادة:

$$n = \frac{m}{M}$$

 $m$ : كتلة الجسم ( $g$ ). $M$ : الكتلة المولية للجسم ( $g/mol$ ).

ج/ العلاقة بين الحجم وكمية المادة بالنسبة لغاز مثالي:

$$n = \frac{V}{V_M}$$

 $V$ : حجم الغاز ( $L$ ). $V_M$ : الحجم المولي ( $L/mol$ ).

د/ العلاقة بين الضغط وكمية المادة بالنسبة لغاز مثالي:

$$PV = nRT$$

 $P$ : ضغط الغاز بوحدة الباسكال ( $Pa$ ).

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

 $V$ : حجم الغاز بوحدة ( $m^3$ ). $T$ : درجة الحرارة بوحدة الكلفن ( $K$ ).  $T(K) = 273 + T(^{\circ}C)$ . $R$ : ثابت الغازات المثالية، وقيمته بالوحدة الدولية هي:  $8,31 \text{ SI}$ .(2) التركيز المولي ( $mol/l$ ) والتركيز الكتلي ( $g/L$ ):

أ/ التركيز المولي لمحلول مائي:

$$C = \frac{n}{V}$$

 $n$ : كمية مادة الجسم المذاب ( $mol$ ). $V$ : حجم المحلول ( $L$ ).

ب/ التركيز الكتلي لنوع كيميائي مذاب في محلول

$$C_m = \frac{m}{V}$$

 $m$ : كتلة الجسم المذاب ( $g$ ). $V$ : حجم المحلول ( $g$ ).

ج/ العلاقة بين التركيز المولي والتركيز الكتلي

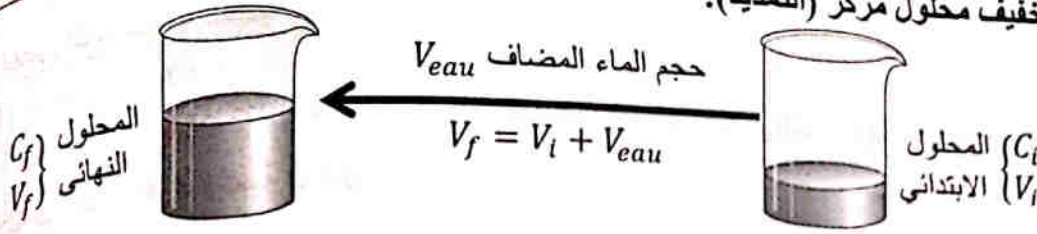
$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{C_m}{M}$$

د/ التركيز المولي لمحلول تجاري

 $d$ : كثافة المحلول $M$ : الكتلة المولية للنوع الكيميائي $P\%$ : درجة النقاوة الكتلية

$$C = \frac{10 \times P\% \times d}{M}$$

(3) تخفيف محلول مركز (التمديد):



$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

علاقة التمديد :

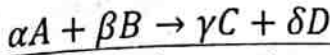
$$F = \frac{C_i}{C_f} = \frac{V_f}{V_i}$$

(F > 1)

معامل التمديد :

(4) الجدول الوصفي لتقدم تفاعل كيميائي:

الجدول الوصفي لتقدم تفاعل كيميائي منمذج بالمعادلة:



| المعادلة |       | $\alpha A$                   | + | $\beta B$                  | = | $\gamma C$         | + | $\delta D$         |
|----------|-------|------------------------------|---|----------------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| التقدم   |       | كميات المادة $n(\text{mol})$ |   |                            |   |                    |   |                    |
| الحالة   |       |                              |   |                            |   |                    |   |                    |
| ابتدائية | 0     | $n_0(A)$                     |   | $n_0(B)$                   |   | 0                  |   | 0                  |
| انتقالية | x     | $n_0(A) - \alpha \cdot x$    |   | $n_0(B) - \beta \cdot x$   |   | $\gamma \cdot x$   |   | $\delta \cdot x$   |
| نهائية   | $x_f$ | $n_0(A) - \alpha \cdot x_f$  |   | $n_0(B) - \beta \cdot x_f$ |   | $\gamma \cdot x_f$ |   | $\delta \cdot x_f$ |

حيث :  $x$  : تقدم التفاعل (mol) في لحظة t.

$x_f$  : التقدم النهائي للتفاعل : هو تقدم التفاعل لما تتوقف الجملة عن التطور (نجدته تجريبيا).

$x_{max}$  : التقدم الأعظمي للتفاعل (mol) الذي من أجله تنعدم (تستهلك) كمية مادة المتفاعل المحد. طريقة إيجاد  $x_{max}$  :

- إذا كان A محدا (يختفي عند نهاية التفاعل) فإن:

$$n_0(A) - \alpha \cdot x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{n_0(A)}{\alpha}$$

- وإذا كان B محدا فإن:

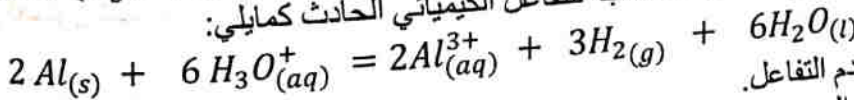
$$n_0(B) - \beta \cdot x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

توافق قيمة التقدم الأعظمي للتفاعل أصغر قيمة لـ  $x_{max}$ ، أي القيمة التي توافق اختفاء المتفاعل المحد. إذا تساوت قيم  $x_{max}$  الممكنة نقول عن المزيج أنه ستوكيومترى أي:

$$x_{max} = \frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

تطبيق:

نمزج 2,7 g من الألمنيوم Al مع  $V = 600 \text{ mL}$  من حمض كلور الماء  $(\text{H}_3\text{O}^+, \text{Cl}^-)$  تركيزه المولي  $C = 1 \text{ mol/L}$ ، تعطى المعادلة المنمذجة للتفاعل الكيميائي الحادث كمايلي:



1- ضع جدولا لتقدم التفاعل.

2- أوجد المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

3- حدد التركيب المولي النهائي للمزيج.

4- احسب حجم الهيدروجين المنطلق وتركيز شوارد الألمنيوم عند نهاية التفاعل يعطى:

$$V_M = 24 \text{ L/mol}$$

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$$



الحل:

1- جدول تقدم التفاعل:

$$n_0(Al) = \frac{m}{M} = \frac{2,7}{27} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_0(H_3O^+) = C.V = 1 \times 0,6 = 0,6 \text{ mol}$$

| المعادلة |        | $2 Al_{(s)} + 6 H_3O_{(aq)}^+ = 2 Al_{(aq)}^{3+} + 3 H_{2(g)} + 6 H_2O_{(l)}$ |              |        |        |       |
|----------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم | كميات المادة $n(mol)$                                                         |              |        |        |       |
| ابتدائية | 0      | 0,1                                                                           | 0,6          | 0      | 0      | بوفرة |
| انتقالية | $x$    | $0,1 - 2x$                                                                    | $0,6 - 6x$   | $2x$   | $3x$   | بوفرة |
| نهائية   | $x_f$  | $0,1 - 2x_f$                                                                  | $0,6 - 6x_f$ | $2x_f$ | $3x_f$ | بوفرة |

2- إيجاد المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي  $x_{max}$ :

إذا كان المتفاعل المحد هو  $Al$  فإن:  $0,1 - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 0,05 \text{ mol}$

إذا كان المتفاعل المحد هو  $H_3O^+$  فإن:  $0,6 - 6x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 0,1 \text{ mol}$

التقدم الأعظمي المقبول هو:  $x_{max} = 0,05 \text{ mol}$  والمتفاعل المحد هو:  $Al$ .

3- تحديد التركيب المولي النهائي للمزيج:

$$n_f(Al) = 0,1 - 2x_{max} = 0$$

$$n_f(H_3O^+) = 0,6 - 6x_{max} = 0,6 - 6 \times 0,05 = 0,3 \text{ mol}$$

$$n_f(Al^{3+}) = 2x_{max} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_f(H_2) = 3x_{max} = 0,15 \text{ mol}$$

4- حساب حجم الهيدروجين المنطلق وتركيز شوارد الألمنيوم عند نهاية التفاعل.

حساب حجم الهيدروجين المنطلق:

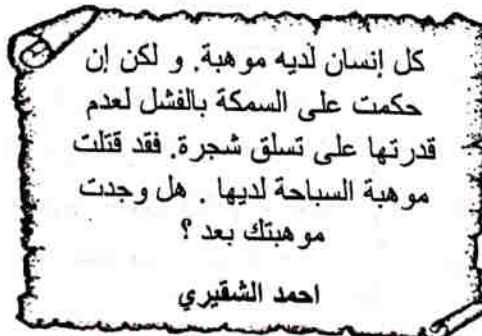
$$n = \frac{V_g}{V_M} \Rightarrow V_g = n.V_M$$

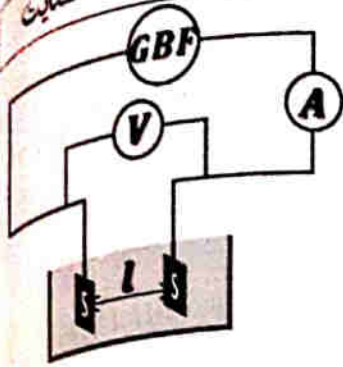
$$V_f(H_2) = n_f(H_2).V_M = 0,15 \times 24 = 3,6 \text{ L}$$

تركيز شوارد الألمنيوم:

$$n_f(Al^{3+}) = [Al^{3+}]_f \times V \Rightarrow [Al^{3+}]_f = \frac{n_f(Al^{3+})}{V}$$

$$[Al^{3+}] = \frac{0,1}{0,6} \approx 0,166 \text{ mol/L}$$





(5) الناقلية:

تعطى علاقة الناقلية لمحلول شاردى كما يلي:

$$G = \frac{I}{U}$$

حيث:  $G$ : ناقلية المحلول الشاردى ووحدته سيمنس (S).  
 $I$ : شدة التيار المارة في الدارة، ووحدته الأمبير (A).  
 $U$ : التوتر الكهربائي بين طرفي خلية القياس، ووحدته الفولط (V).

كما تعطى بالعلاقة التالية:

$$G = K\sigma$$

حيث:  $\sigma$ : الناقلية النوعية ووحدتها  $(S \cdot m^{-1})$

$K$ : ثابت خلية القياس ووحدته المتر (m) وعبارته:  $K = \frac{S}{l}$

$S$ : مساحة صحيفة خلية قياس الناقلية  $(m^2)$ .

$l$ : البعد بين الصفيحتين (m).

- تكتب الناقلية النوعية  $\sigma$  لمحلول شاردى يحتوي على الشوارد  $M^+_{(aq)}$  و  $N^-_{(aq)}$  فقط على الشكل:

$$\sigma = \lambda_{M^+} \times [M^+] + \lambda_{N^-} \times [N^-]$$

حيث يمثل المعاملان  $\lambda_{M^+}$  و  $\lambda_{N^-}$  الناقلية المولية الشاردية لشاردتين  $M^+_{(aq)}$  و  $N^-_{(aq)}$  بالوحدة  $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

تطبيق:

اكتب عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  للتفاعل المدروس في التطبيق 01 بدلالة تقدم التفاعل  $x$ .  
 يعطى:

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \quad \lambda_{Al^{3+}} = 18,3 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \quad \lambda_{Cl^-} = 7,6 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

الحل:

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+] + \lambda_{Al^{3+}} \cdot [Al^{3+}] + \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-]$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot \frac{0,6 - 6x}{V} + \lambda_{Al^{3+}} \cdot \frac{2x}{V} + \lambda_{Cl^-} \cdot C$$

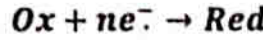
$$\sigma = (35 \times 10^{-3}) \cdot \frac{0,6 - 6x}{0,6 \times 10^{-3}} + (18,3 \times 10^{-3}) \cdot \frac{2x}{0,6 \times 10^{-3}} + (7,6 \times 10^{-3}) \cdot 1 \times 10^3$$

$$\sigma = 42,6 - 289x$$

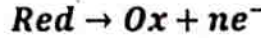
شئ في جسمك من ثلاثة احرف  
 الاول والثاني طائر والاول والثالث  
 مشروب مشهور والثاني والثالث  
 وحدة موازين فما هو؟

(6) تفاعلات أكسدة إرجاع:

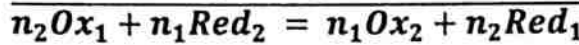
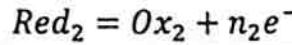
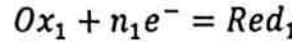
أ/ مؤكسد: هو كل فرد كيميائي بإمكانه أن يكتسب إلكترون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي، نرسم له بـ  $Ox$  ويسمى الفرد الناتج مرجع ونرسم له  $Red$ ، والمعادلة النصفية الممنجة لتفاعل الإرجاع هي:



ب/ مرجع: هو كل فرد كيميائي بإمكانه أن يفقد إلكترون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي، نرسم له بـ  $Red$  ويسمى الفرد الناتج مؤكسد ونرسم له  $Ox$ ، والمعادلة النصفية الممنجة لتفاعل الأكسدة هي:



ج/ الثنائية (مرجع/مؤكسد): هي ثنائية مكونة من مؤكسد  $Ox$  والمرجع المرافق له ونرسم لها بـ  $(Ox/Red)$  تفاعل أكسدة-إرجاع: تبادل إلكترونات بين المؤكسد  $Ox_1$  للثنائية  $(Ox_1/Red_1)$  والمرجع  $Red_2$  للثنائية  $(Ox_2/Red_2)$ .



مثال: تفاعل أكسدة إرجاع بين شوارد البرمنغنات  $MnO_4^-$  مع شوارد الحديد  $Fe^{2+}$  علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:  $(MnO_4^-/Mn^{2+})$  و  $(Fe^{3+}/Fe^{2+})$

✧ كتابة المعادلة النصفية الموافقة للثنائية:  $(MnO_4^-/Mn^{2+})$ .

- إنحفاظ عنصر المنغنيز:  $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$

- إنحفاظ عنصر الأكسجين بإضافة جزيئات الماء:  $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

- إنحفاظ عنصر الهيدروجين بإضافة  $H^+$ :  $MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

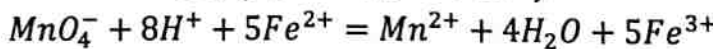
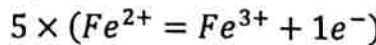
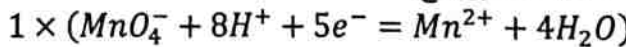
- إنحفاظ الشحنة بتحديد عدد الإلكترونات  $(e^-)$ :  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$

✧ كتابة المعادلة النصفية الموافقة للثنائية  $(Fe^{3+}/Fe^{2+})$

- إنحفاظ عنصر الحديد:  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$

- إنحفاظ الشحنة بتحديد عدد الإلكترونات  $(e^-)$ :  $Fe^{2+} = Fe^{3+} + 1e^-$

✧ كتابة المعادلة الممنجة لتفاعل أكسدة-إرجاع:



تطبيق:

اكتب المعادلة أكسدة إرجاع للتفاعلات التالية في وسط حمضي:

1- المغنيزيوم  $Mg$  مع شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$   $(Mg^{2+}/Mg(s))$   $(H^+_{(aq)}/H_{2(g)})$

2- الماء الأوكسجيني  $H_2O_2$  مع شوارد اليود  $I^-$   $(I_{2(aq)}/I^-_{(aq)})$   $(H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(l)})$

3- التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني  $H_2O_2$   $(O_{2(g)}/H_2O_{2(aq)})$   $(H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(l)})$

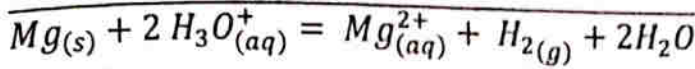
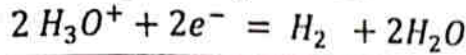
4- شوارد البرمنغنات  $MnO_4^-$  مع الماء الأوكسجيني  $H_2O_2$   $(O_{2(g)}/H_2O_{2(aq)})$   $(MnO_4^-_{(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)})$

5- الأوكساليك  $C_2H_2O_4$  مع شوارد البيكرومات  $Cr_2O_7^{2-}$   $(Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}/Cr^{3+}_{(aq)})$   $(CO_{2(aq)}/C_2H_2O_{4(aq)})$

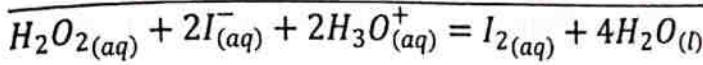
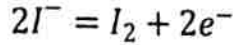
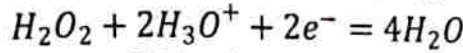


الحل:

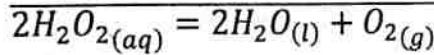
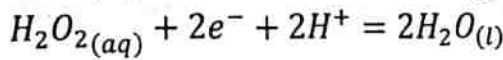
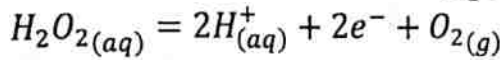
1- المغنزيوم  $Mg$  مع شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$   
 $Mg = Mg^{2+} + 2e^-$



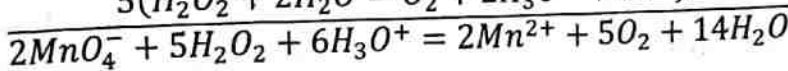
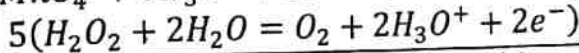
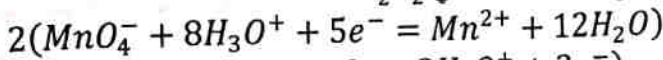
2- الماء الأوكسجيني  $H_2O_2$  مع شوارد اليود  $I^-$ .



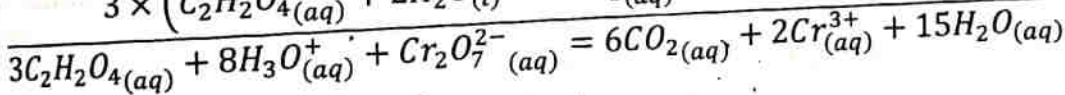
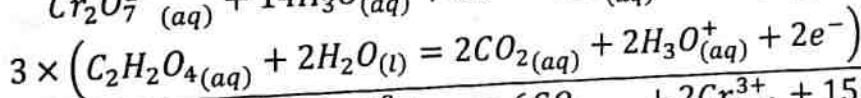
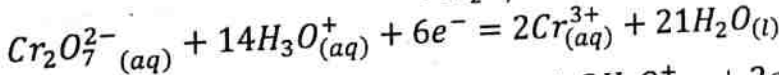
3- التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني  $H_2O_2$ .



4- شوارد البرمنغنات  $MnO_4^-$  مع الماء الأوكسجيني  $H_2O_2$ .



5- الأوكساليك  $C_2H_2O_4$  مع شوارد البيكرومات  $Cr_2O_7^{2-}$ .



واحد الزوج كانوا شاربين راهم يمشو فالليل شافو القمر  
 ناضو يدايزو واحد يقول قمر ولوخر يقول شمس  
 سقساو واحد كان يمشي فالطريق قالولو واش هذا قمر  
 ولا شمس قاللهم والله غير اسمحولي انا ماشي منا

## II. المدة المستغرقة لتحول كيميائي:

تصنف التحولات الكيميائية من حيث المدة المستغرقة إلى ثلاثة أقسام:

## (1) التحول السريع:

يكون التحول سريعاً إذا كان تطور المجموعة المتفاعلة لحظياً (يبدو وكأنه انتهى بمجرد حدوث التلامس بين المتفاعلات)، لا يمكن متابعته بالعين المجردة، منه أقل من 0,1 ثانية.  
مثال: تفاعل حمض قوي ( $H_3O^+, Cl^-$ ) بأساس قوي ( $Na^+, OH^-$ ).

## (2) التحول البطيء:

وهو التحول الذي يمكن متابعته تطوره بالعين المجردة وهو من رتبة ثواني أو دقائق أو ساعات.  
مثال: تفاعل المغنزيوم  $Mg$  ومحلول حمض كلور الهيدروجين ( $H_3O^+, Cl^-$ ).  
ملاحظة: التحولات البطيئة هي التي سندرسها في هذه الوحدة.

## (3) التحول البطيء جداً:

يكون تطوره من رتبة أيام فأكثر.  
مثال: صدأ الحديد، تحلل المواد البلاستيكية.  
ملاحظة: لدراسة التحولات البطيئة جداً يجب تسريع التفاعل باستخدام عوامل حركية سنراها لاحقاً.

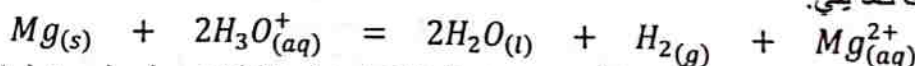
## III. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي:

لمتابعة تفاعل كيميائي يجب قياس أحد المقادير الفيزيائية (حجم غاز منطلق  $V$ ، الضغط  $P$  لغاز، الناقلية النوعية  $\sigma$  للوسط التفاعلي) أو أحد المقادير الكيميائية (المعايرة) وذلك باتباع المراحل التالية:

- ◊ اختيار مقدار مناسب تربطه علاقة مع تقدم التفاعل  $x$
- ◊ يتم قياس المقدار في لحظات مختلفة.
- ◊ باستعمال جدول التقدم يجب ربط المقدار المقاس بتقدم  $x(t)$  للتفاعل المدروس، ومن ثم نستطيع استنتاج تركيب المجموعة في كل لحظة أثناء تطورها.

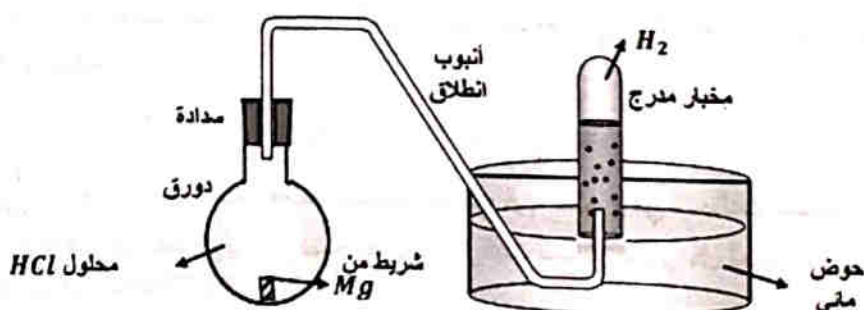
(1) الطريقة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بقياس الحجم ( $V$ ) لغاز منطلق:

تستعمل هذه الطريقة كثيراً عندما يكون أحد النواتج غازاً (كما يمكن استعمالها إذا كان أحد المتفاعلات غاز).  
مثال: نمزج  $n_0(H_3O^+)$  من حمض كلور الماء مع  $n_0(Mg)$  من المغنزيوم، تعطى المعادلة النمذجة للتفاعل الكيميائي الحادث كما يلي:



نلاحظ أن الغاز  $H_2$  من النواتج ومنه نقوم بقياس حجمه في لحظات زمنية مختلفة فنحصل على جدول القياسات التالي:

|               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(min)$      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| $V_{H_2}(mL)$ | 0 | 336 | 625 | 810 | 910 | 970 | 985 | 985 | 985 |





الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

| - يعطى جدول تقدم التفاعل المدروس:                            |           |                    |                      |       |       |       |
|--------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| $Mg(s) + 2H_3O^+(aq) = 2H_2O(l) + H_{2(g)} + Mg^{2+}_{(aq)}$ |           |                    |                      |       |       |       |
| المعادلة                                                     | التقدم    | كميات المادة (mol) |                      |       |       |       |
| الحالة                                                       | 0         | $n_0(Mg)$          | $n_0(H_3O^+)$        | بوفرة | 0     | 0     |
| ابتدائية                                                     | $x$       | $n_0(Mg) - x$      | $n_0(H_3O^+) - 2x$   | بوفرة | $x$   | $x$   |
| انتقالية                                                     | $x_{max}$ | $n_0(Mg) - x_m$    | $n_0(H_3O^+) - 2x_m$ | بوفرة | $x_m$ | $x_m$ |
| نهائية                                                       |           |                    |                      |       |       |       |

من جدول التقدم نربط المقدار الفيزيائي المقاس وهو الحجم ( $V_{H_2}$ ) بتقدم  $x(t)$  للتفاعل المدروس فنجد:

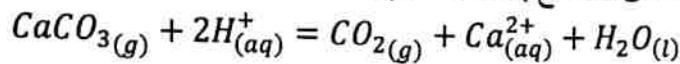
$$n(H_2) = x$$

ونعلم أن:  $n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_M}$  ومن العلاقتين نستنتج أن:  $x = \frac{V_{H_2}}{V_M}$

ومن هذه العلاقة نستطيع استنتاج قيم التقدم  $x$  في اللحظات السابقة ثم رسم البيان  $x = f(t)$  واستنتاج قيم التقدم  $x$  في كل لحظة (من البيان عن طريق التمديد والإسقاط) وبالتالي نستطيع تركيب المجموعة في كل لحظة أثناء تطورها بتعويض  $x$  جدول تقدم التفاعل في الحالة الانتقالية.

(2) الطريقة 02: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بقياس الضغط ( $P$ ):

تستعمل هذه الطريقة غالباً عندما يكون أحد النواتج غاز (كما يمكن استعمالها عندما يكون أحد المتفاعلات غاز) كمثل لدينا التفاعل النموذج بالمعادلة التالية:



نضع عند  $t = 0$  قطعة من كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  في محلول حمض كلور الماء عند درجة حرارة قدرها  $20^\circ C$  فنلاحظ انطلاق غاز  $CO_2$ ، نقوم بحجزه في دورق حجمه  $V$ ، ثم نقوم بقياس ضغط الغاز المنطلق  $CO_2$  في لحظات زمنية مختلفة فنحصل على جدول القياسات التالي:

|                  |      |      |      |
|------------------|------|------|------|
| $t(s)$           | 20   | 60   | 100  |
| $P_{(CO_2)}(Pa)$ | 2280 | 5560 | 7170 |

- يعطى جدول تقدم التفاعل المدروس:

| $CaCO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} = CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ |           |                         |                       |           |           |          |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------|
| المعادلة                                                              | التقدم    | كميات المادة (mol)      |                       |           |           |          |
| الحالة                                                                | 0         | $n_0(CaCO_3)$           | $n_0(H^+)$            | 0         | 0         | بالزيادة |
| ابتدائية                                                              | $x$       | $n_0(CaCO_3) - x$       | $n_0(H^+) - 2x$       | $x$       | $x$       | بالزيادة |
| انتقالية                                                              | $x_{max}$ | $n_0(CaCO_3) - x_{max}$ | $n_0(H^+) - 2x_{max}$ | $x_{max}$ | $x_{max}$ | بالزيادة |
| نهائية                                                                |           |                         |                       |           |           |          |

من جدول تقدم التفاعل نربط المقدار الفيزيائي المقاس وهو الضغط  $P_{(CO_2)}$  بتقدم  $x(t)$  للتفاعل المدروس فنجد:  $n(CO_2) = x$  ونعلم أن:

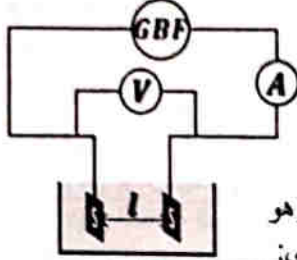
$$P_{CO_2} \cdot V_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot R \cdot T \rightarrow n_{CO_2} = \frac{V}{RT} P_{CO_2}$$

ومنه:  $x = \frac{V}{RT} P_{CO_2}$  ومن هذه العلاقة نستطيع استنتاج قيم التقدم  $x$  في اللحظات السابقة ثم رسم البيان  $x = f(t)$  واستنتاج  $x$  في كل لحظة وبالتالي نستطيع إيجاد تركيب المجموعة في كل لحظة أثناء تطورها بتعويض  $x$  تقدم التفاعل في الحالة الانتقالية.

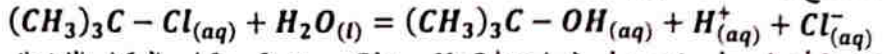


(3) الطريقة 03: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بقياس الناقلية النوعية  $\sigma$  للمحلول (أو الناقلية  $G$  لجزء من المحلول):

تستعمل هذه الطريقة كثيرا عندما يكون التفاعل يحتوي على شوارد في المتفاعلات أو في النواتج أو كليهما، الشرط أن يكون على الأقل تركيز بعض هذه الشوارد تتغير بمرور الزمن (لكي يكون هناك تغير في الناقلية)



مثال: نمزج عند  $t = 0$ : 2 كلورو-2-ميثيل-البروبان مع الماء فيحدث التفاعل النمذج بالمعادلة التالية:



نلاحظ أن الوسط يحتوي على شوارد  $H_3O^+$  و  $Cl^-$ ، ومنه نقوم بقياس المقدار الفيزيائي وهو الناقلية  $G$  ثم نستنتج الناقلية النوعية  $\sigma$  في لحظات زمنية مختلفة فنحصل على الجدول التالي:

| $t(s)$        | 0 | 30    | 60    | 80    | 100   | 120   | 150   | 200   |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sigma(s/m)$ | 0 | 0,246 | 0,412 | 0,502 | 0,577 | 0,627 | 0,688 | 0,760 |

- جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |           | $(CH_3)_3C - Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = (CH_3)_3C - OH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ |       |           |           |           |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| الحالة   | التقدم    | كميات المادة (mol)                                                                      |       |           |           |           |
| ابتدائية | 0         | $n_0((CH_3)_3C - Cl)$                                                                   | بوفرة | 0         | 0         | 0         |
| انتقالية | $x$       | $n_0((CH_3)_3C - Cl) - x$                                                               | بوفرة | $x$       | $x$       | $x$       |
| نهائية   | $x_{max}$ | $n_0((CH_3)_3C - Cl) - x_{max}$                                                         | بوفرة | $x_{max}$ | $x_{max}$ | $x_{max}$ |

- من جدول تقدم التفاعل نربط التقدم الفيزيائي المقاس وهو الناقلية النوعية  $\sigma$  بتقدم  $x(t)$  للتفاعل المدروس فنجد:

$$n(Cl^-) = x \text{ و } n(H_3O^+) = x$$

$$\left\{ \begin{aligned} [H_3O^+] &= \frac{n(H_3O^+)}{V_T} = \frac{x}{V_T} \dots (1) \\ [Cl^-] &= \frac{n(Cl^-)}{V_T} = \frac{x}{V_T} \dots (2) \end{aligned} \right.$$

و نعلم أن :

$$\delta = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] \dots (3)$$

ولدينا:

بتعويض (1) و (2) في (3) نحصل على :

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] = \lambda_{H_3O^+} \times \frac{x}{V_T} + \lambda_{Cl^-} \times \frac{x}{V_T}$$

$$\Rightarrow \sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x}{V_T} \Rightarrow x = \frac{V_T}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}} \sigma$$

ومن هذه العلاقة نستطيع استنتاج قيم التقدم  $x$  في اللحظات السابقة ثم رسم البيان  $x = f(t)$ ، واستنتاج  $x$  في كل لحظة وبالتالي نستطيع استنتاج تركيب المجموعة في كل لحظة أثناء تطورها بتعويض  $x$  تقدم التفاعل في الحالة الانتقالية.

ملاحظة: يمكن استنتاج قيم التقدم  $x$  في لحظات زمنية مختلفة بطريقة أخرى:

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x}{V_T} \dots (1)$$

عند لحظة  $t$ :

$$\sigma_f = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x_f}{V_T} \dots (2)$$

عند نهاية التفاعل:

$$\frac{\sigma}{\sigma_f} = \frac{x}{x_f}$$

بقسمة (1) على (2) نجد:

$$x = \frac{x_f}{\sigma_f} \sigma$$

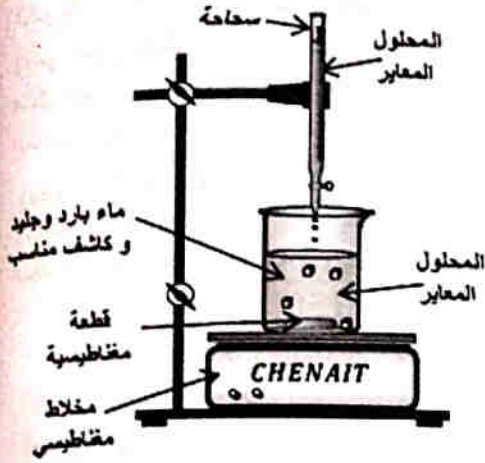
إذن :

ومن هذه العلاقة نستطيع استنتاج قيم التقدم  $x$  في اللحظات السابقة ثم رسم البيان  $x = f(t)$ ، واستنتاج  $x$  في كل لحظة وبالتالي نستطيع استنتاج تركيب المجموعة في كل لحظة أثناء تطورها بتعويض  $x$  تقدم التفاعل في الحالة الانتقالية.

#### (4) الطريقة 04: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بواسطة المعايرة اللونية:

لإنجاز التتبع الزمني بالمعايرة لتفاعل كيميائي يجب اتباع المراحل التالية (البروتوكول التجريبي للمعايرة):

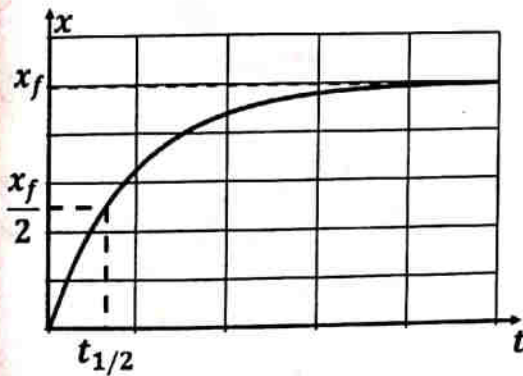
- ◊ تقسيم المزيج الابتدائي إلى عدة أنابيب متساوية الحجم  $V_0$ .
- ◊ في لحظات مختلفة  $t_1, t_2, t_3, \dots$  نأخذ أحد الأنابيب ونضعه في بيشر يحتوي على ماء بارد وجليد لتوقيف (تعطيل) التفاعل في اللحظة المعتمدة.
- ◊ نضع البيشر فوق مخلوط مغناطيسي ونضيف إليه قليلا من كاشف مناسب.
- ◊ نملأ السحاحة بالمحلول المعاير ذي التركيز المعلوم ونسحب تدريجيا إلى غاية تغير لون الكاشف.
- ◊ نسجل  $V_E$  الحجم الواجب إضافته للحصول على التكافؤ (تغير لون الكاشف).
- ◊ نعيد العملية مع باقي الأنابيب في لحظات مختلفة.
- ◊ باستعمال جدول تقدم التفاعل ومعادلة تفاعل المعايرة نربط التقدم  $x(t)$  للتفاعل المدروس مع  $V_E$  الحجم الواجب إضافته للحصول على التكافؤ.



#### IV. زمن نصف التفاعل:

##### (1) تعريفه:

نسمي زمن نصف التفاعل الذي نرمز له بـ  $(t_{1/2})$  المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل نصف قيمة تقدمه النهائي  $x_f$ . ويعرف أيضا إذا كن التفاعل تاما: الزمن اللازم لفاذ نصف كمية مادة المتفاعل المحد.



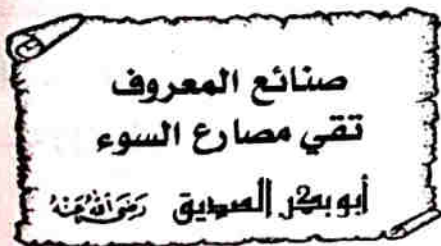
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

##### ملاحظات:

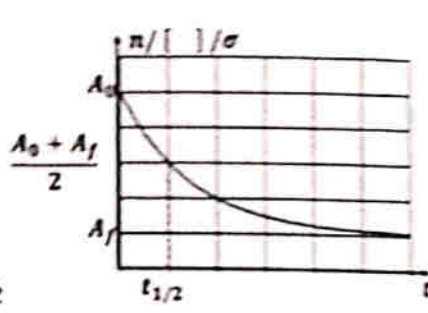
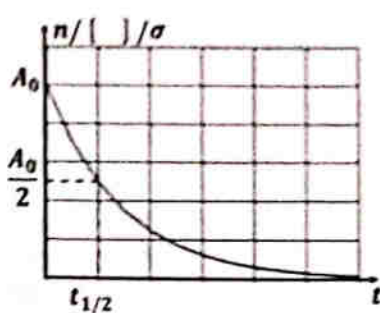
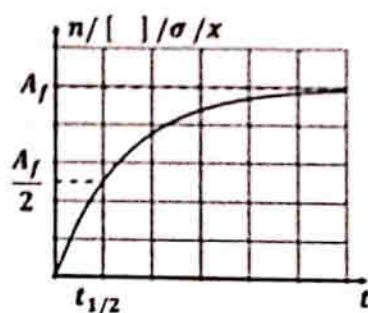
- ◊ التقدم النهائي  $x_f$  هو التقدم الملاحظ تجريبيا (بيانيا) أي عند توقف الجملة عن التطور.
- ◊ التقدم الأعظمي  $x_{max}$  هو التقدم الذي من أجله تنعدم كمية مادة المتفاعل المحد. (يستخرج من جدول تقدم التفاعل)
- ◊ إذا كان  $x_f = x_{max}$  فإن التفاعل تام.
- ◊ إذا كان  $x_f < x_{max}$  فإن التفاعل غير تام.

##### (2) بعض استعمالات $t_{1/2}$ :

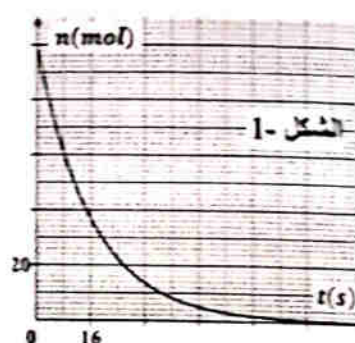
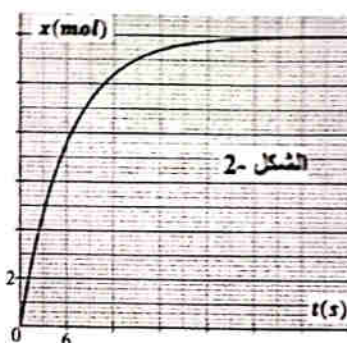
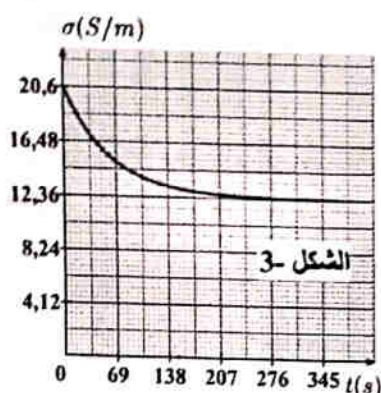
- ◊ يُمكن من تقدير المدة الزمنية اللازمة لتوقف التفاعل المدروس  $(7t_{1/2})$  (تقريبا).
- ◊ يُمكن من اختيار الطريقة الملائمة لتتبع التطور الزمني لمجموعة أثناء التحول.
- ◊ يُمكن من المقارنة بين تفاعلين من حيث السرعة.





(3) كيف يستخرج  $t_{1/2}$  من مختلف البيئات:

تطبيق:

أوجد قيمة  $t_{1/2}$  للأشكال التالية:

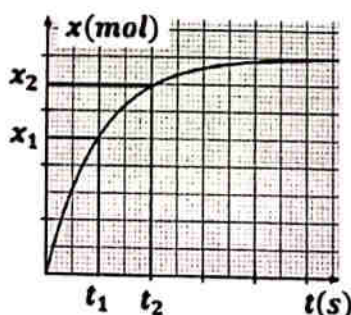
الحل:

| الشكل                     | 1      | 2     | 3      |
|---------------------------|--------|-------|--------|
| زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ | 11,2 s | 4,2 s | 41,1 s |

V. سرعة التفاعل:

ليكن التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:  $\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$ 

(1) سرعة التفاعل:

السرعة المتوسطة للتفاعل بين لحظتين  $t_1$  و  $t_2$  هي مقدار تغير التفاعل خلال مدة زمنية  $\Delta t$ .

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$$



## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شنايت

ب/ السرعة اللحظية للتفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن عند لحظة  $t$ ، وحدتها  $\text{mol/s}$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

وتحسب بيانياً بميل المماس (معامل التوجيه) للمنحنى  $x = f(t)$  عند اللحظة  $t$ .

لتحديد قيمة سرعة التفاعل في اللحظة  $t$  نقوم بما يلي:

نرسم المنحنى الممثل لتغيرات التقدم بدلالة الزمن.

نرسم المستقيم  $(\Delta)$  المماسي لهذا المنحنى عند اللحظة  $t$

نحسب ميل المستقيم  $(\Delta)$  (معامل التوجيه) بالعلاقة:

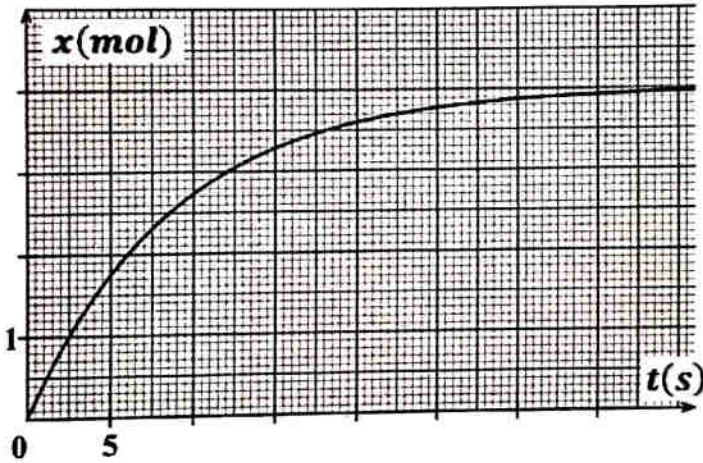
$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

ج/ السرعة الحجمية للتفاعل: هي سرعة التفاعل لوحدة حجوم، وحدتها  $\text{mol/l.s}$ ، وتعرف أيضاً بمقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في وحدة حجوم.

$$v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

وتحسب بيانياً: بميل المماس (معامل التوجيه) للمنحنى  $x = f(t)$  عند اللحظة  $t$  مضروب في مقلوب الحجم.

تطبيق: احسب سرعة التفاعل عند اللحظة  $t = 20 \text{ s}$  من خلال البيان التالي:

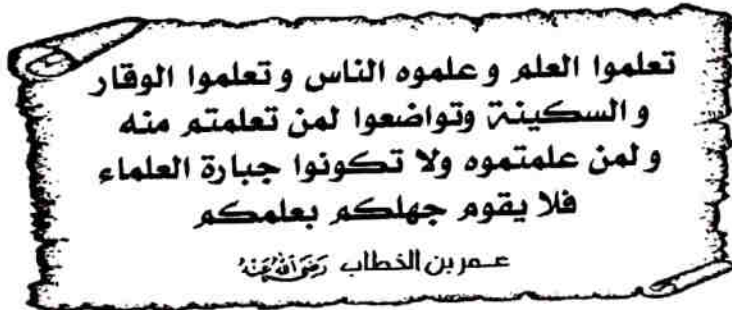


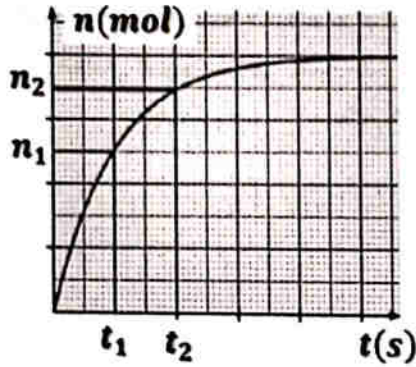
الحل:

نرسم المماس عند  $t = 20 \text{ s}$  (حاول رسم المماس بنفسك على الشكل).

نحسب ميل المماس باختيار نقطتين من هذا المماس فنجد سرعة التفاعل :

$$v(t = 20\text{s}) = 5 \times 10^{-5} \text{ mol.s}^{-1}$$





(2) سرعة تشكل نوع كيميائي C:

أ/ السرعة المتوسطة لتشكل نوع كيميائي C:

هي مقدار تغير كمية مادة C خلال مدة زمنية  $\Delta t$ .

$$v_m = \frac{\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

ب/ السرعة اللحظية لتشكل نوع كيميائي C:

هي مقدار تغير كمية مادة C بالنسبة للزمن  $t$ .

$$v_c = \frac{dn}{dt}$$

و تحسب بيانيا: بميل المماس للمنحنى  $n_C = f(t)$  عند اللحظة  $t$ .

لتحديد قيمة سرعة تشكل نوع كيميائي في اللحظة  $t$  نقوم بما يلي:

- نرسم المنحنى الممثل لتغيرات عدد المولات المتشكلة بدلالة الزمن.

- نرسم المستقيم ( $\Delta$ ) المماسي لهذا المنحنى عند اللحظة  $t$ .

- نحسب ميل المستقيم ( $\Delta$ ) (معامل التوجيه) بالعلاقة:

$$v_c = \frac{dn_C}{dt} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

ج/ السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي C:

هي سرعة تشكل C لوحدة الحجم أي هي مقدار تغير كمية مادة C بالنسبة للزمن في وحدة حجم:

$$v_c = \frac{1}{V} \times \frac{dn_C}{dt}$$

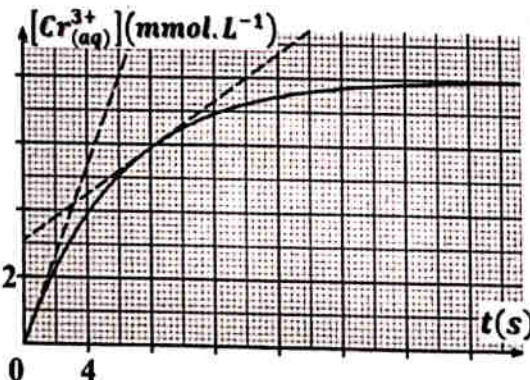
وتحسب بيانيا: بميل المماس للمنحنى  $n_C = f(t)$  عند اللحظة  $t$  مضروب في مقلوب الحجم.

ملاحظة: في حالة ثبات الحجم نستطيع كتابة العلاقة السابقة كالتالي:

$$v_{vol}(C) = \frac{1}{V} \times \frac{dn_C}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{d([C] \times V)}{dt} = \frac{d[C]}{dt}$$

وتصبح السرعة الحجمية لتشكل النوع C تمثل مقدار تغير تركيز النوع الكيميائي C بالنسبة للزمن.

تطبيق: احسب السرعة الحجمية لتشكل  $Cr^{3+}$  عند لحظة  $t = 0$  ثم عند اللحظة  $t = 8s$  في الشكل التالي:





(3) سرعة اختفاء نوع كيميائي A:

أ/ السرعة المتوسطة لاختفاء نوع كيميائي A:

هي المقدار الموجب لتغير كمية مادة A خلال مدة زمنية  $\Delta t$ :

$$v_m = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

ب/ السرعة اللحظية لاختفاء نوع كيميائي A:

هي المقدار الموجب لتغير كمية مادة A بالنسبة للزمن t

$$v_A = -\frac{dn_A}{dt}$$

وتحسب بيانياً: اعتماداً على ميل المماس للمنحنى  $n_A = f(t)$  عند اللحظة t.

لتحديد قيمة سرعة اختفاء نوع كيميائي في اللحظة t نقوم بما يلي:

نرسم المنحنى الممثل لتغيرات عدد المولات المختلفة بدلالة الزمن.

نرسم المستقيم ( $\Delta$ ) المماسي لهذا المنحنى عند اللحظة t.

نحسب ميل المستقيم ( $\Delta$ ) (معامل التوجيه) بالعلاقة:

$$v_A = -\frac{dn_A}{dt} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

ج/ السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي A:

هي سرعة اختفاء A لوحدة الحجم أي هي المقدار الموجب لتغير كمية مادة A بالنسبة للزمن في وحدة حجوم

$$v_A = -\frac{1}{V} \times \frac{dn_A}{dt}$$

أما بيانياً: تمثل القيمة المطلقة لميل المماس للمنحنى  $n_A = f(t)$  عند اللحظة t مضروب في مقلوب الحجم.

**ملاحظة:** في حالة ثبات الحجم نستطيع كتابة العلاقة السابقة كالتالي:

$$v_{vol}(A) = -\frac{1}{V} \times \frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{V} \times \frac{d([A] \times V)}{dt} = -\frac{d[A]}{dt}$$

وتصبح السرعة الحجمية لاختفاء النوع A تمثل مقدار تغير تركيز النوع الكيميائي A بالنسبة للزمن.

**ملاحظة هامة:**

العلاقة بين سرعة اختفاء المتفاعلات وسرعة تشكل النواتج مع سرعة التفاعل.

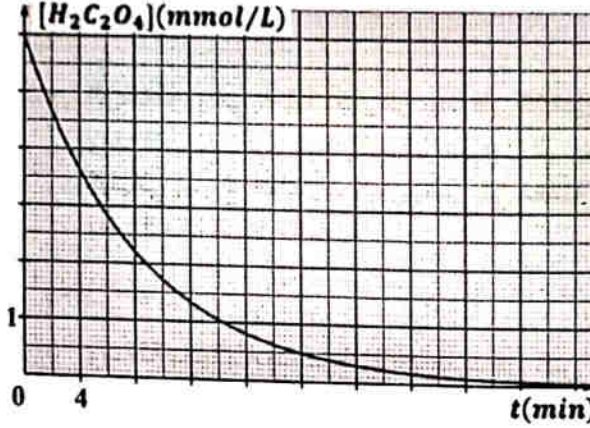
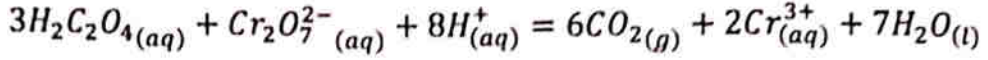
لدينا التفاعل التالي:  $\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$

$$V_{تفاعل} = \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\gamma} = \frac{v_D}{\delta}$$



تطبيق:

ليكن التفاعل الممنذج بالمعادلة التالية:



أ/ يبين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة:

$$v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

ب/ احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة:  $t = 12min$

الحل:

أ/ إثبات العلاقة:

من جدول التقيم: و منه  $x = \frac{n_1 - n(H_2C_2O_4)}{3} \Rightarrow n(H_2C_2O_4) = n_1 - 3x$

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا:}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{d}{dt} \left( \frac{n_1 - n(H_2C_2O_4)}{3} \right) \Rightarrow v_{vol} = \frac{1}{3V} \times \frac{d(-n(H_2C_2O_4))}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{-1}{3V} \times \frac{d(n_{H_2C_2O_4})}{dt} \Rightarrow v_{vol} = \frac{-1}{3V} \times \frac{d[H_2C_2O_4] \times V}{dt}$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

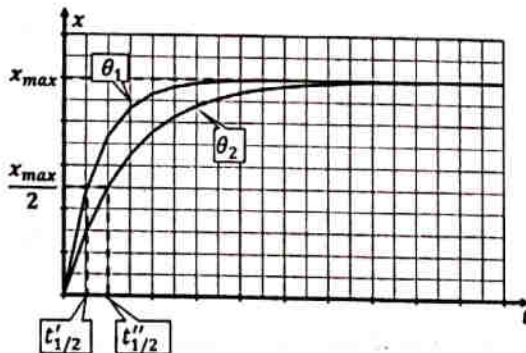
ج- حساب قيمتها عند  $t = 12min$ 

$$v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \left( \frac{(1,3 - 2,9) \times 10^{-3}}{12 - 0} \right) = 4,4 \times 10^{-5} \text{ mol/l.min}$$

## VI. العوامل الحركية:

### 1) تعريف العامل الحركي:

العامل الحركي هو كل مقدار يعمل على تغيير سرعة التفاعل التي تتطور بها جملة كيميائية.

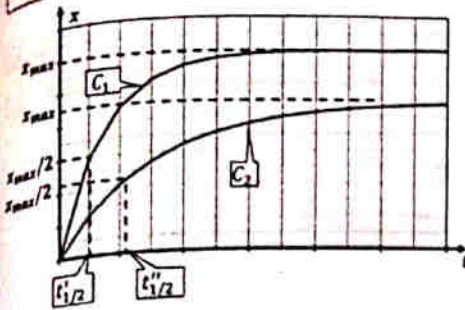


### 2) بعض العوامل الحركية:

يمكن للعامل الحركي أن يكون:

أ/ درجة الحرارة: كلما ارتفعت درجة حرارة الوسط التفاعلي، كلما كانت مدة التفاعل أقصر (تزايد سرعة اختفاء المتفاعلات وظهور النواتج).

ب/ تراكيز المتفاعلات: يكون تطور جملة كيميائية أسرع، كلما كان التركيز الابتدائي للمتفاعلات أكبر.



ج/ الوساطة: وهي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي. ومنه لتسريع تطور جملة كيميائية نستعمل الوسيط، وهو نوع كيميائي يسرع التفاعل دون أن يظهر في معادلة التفاعل ولا يغير الحالة النهائية للجملة.

ونميز منها:

- ◊ وساطة متجانسة (الوسيط والمتفاعلات في نفس الطور).
- ◊ وساطة غير متجانسة (الوسيط والمتفاعلات مختلفان في الطور).
- ◊ وساطة أنزيمية (الوساطة عبارة عن أنزيم).

د/ عوامل أخرى: هناك عوامل أخرى يمكن أن تؤثر على سرعة تحول كيميائي مثل: الضوء، الضغط، سطح التلامس، الحالة الفيزيائية...

### 3) أهمية العوامل الحركية:

تلعب العوامل الحركية أدواراً مهمة في مجالات متعددة حيث تساعد وتمكن من:

- ◊ تبطين تحول كيميائي: مثال: وضع المواد العضوية في الثلاجات لتبطى التغيرات
- ◊ توقف تحول كيميائي: مثال: غمر خليط متفاعل في قطع ثلجية لتوقيف التفاعل.
- ◊ تسريع تحول كيميائي: مثال: وضع خليط متفاعل في طنجرة مرتفعة الضغط لتسريع التفاعل بتأثير الضغط.
- ◊ انطلاق تحول كيميائي: مثال: تقريب شريط من نحاس متوهج من خليط غازي مكون من ثنائي الأكسجين وثنائي الهيدروجين فينطلق تفاعل لحظي

### 4) التفسير المجهرى للعوامل الحركية:

أ/ درجة الحرارة:

عند ارتفاع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للأفراد المتفاعلة مما يؤدي إلى زيادة التصادمات الفعالة فيسبب ذلك زيادة سرعة التفاعل.

$$درجة\ الحرارة \propto E_c \propto \text{التصادمات الفعالة} \propto v \propto t_{1/2}$$

ب/ التركيز الابتدائي للمتفاعلات:

عند زيادة التركيز الابتدائي لأحد لمتفاعلات يزداد عدد الأفراد الكيميائية مما يؤدي إلى زيادة التصادمات الفعالة فيسبب ذلك زيادة سرعة التفاعل.

$$\text{التركيز الابتدائي} \propto \text{عدد الأفراد الكيميائية} \propto \text{التصادمات الفعالة} \propto v \propto t_{1/2}$$

ج/ الوساطة:

وجود الوسيط المناسب يخفض من الطاقة اللازمة للتفاعل وبالتالي يزداد عدد التصادمات الفعالة مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

$$\text{وجود وسيط مناسب} \propto \text{الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل} \propto \text{التصادمات الفعالة} \propto v \propto t_{1/2}$$

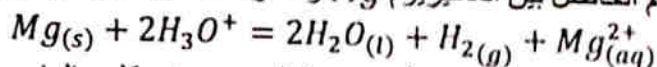




## تمارين المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

## التمرين 01:

ننمذج التفاعل الكيميائي التام الحاصل بين المغنيزيوم  $Mg$  ومحلول حمض كلور الهيدروجين بمعادلة أكسدة-إرجاع:



ندخل كتلة من معدن المغنيزيوم  $m = 1.0g$  في كأس به محلول من حمض كلور الماء حجمه  $V = 60 mL$  وتركيزه المولي  $C = 5.0 mol/L$ ، فنشاهد انطلاق غاز ثنائي الهيدروجين و تزايد حجمه تدريجيا حتى اختفاء كتلة المغنيزيوم كليا. نجمع غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق ونقيس حجمه كل دقيقة نحصل على النتائج المدونة في جدول القياسات أدناه:

|               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(min)$      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| $V_{H_2}(mL)$ | 0 | 336 | 625 | 810 | 910 | 940 | 960 | 960 | 960 |
| $x(mol)$      |   |     |     |     |     |     |     |     |     |

- (1) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
  - (2) أكمل جدول القياسات حيث  $x$  يمثل تقدم التفاعل.
  - (3) ارسم المنحنى البياني  $x = f(t)$  بسلم مناسب.
  - (4) أوجد التقدم الأعظمي  $x_{max}$  للتفاعل الكيميائي وحدد المتفاعل المحد.
  - (5) عين زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .
  - (6) احسب تركيز شوارد الهيدرونيوم ( $H_3O^+$ ) في الوسط التفاعلي عند انتهاء التفاعل الكيميائي.
  - (7) أوجد التركيب المولي للمزيج في اللحظة  $t = 3 min$ .
- نأخذ:  $M(Mg) = 24,3 g/mol$  ، الحجم المولي في شروط التجربة  $V_M = 24 L/mol$

## تصحيح التمرين 01:



(1) جدول التقدم:

| المعادلة | $Mg(s) + 2H_3O^+_{(aq)} = 2H_2O(l) + H_{2(g)} + Mg^{2+}_{(aq)}$ |                    |              |       |       |       |
|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|-------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم                                                          | كميات المادة (mol) |              |       |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$                                                         | 0,041              | 0,3          | بوفرة | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$                                                             | $0,041 - x$        | $0,3 - 2x$   | بوفرة | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                           | $0,041 - x_f$      | $0,3 - 2x_f$ | بوفرة | $x_f$ | $x_f$ |

$$n_0(Mg) = \frac{m}{M} = \frac{1}{24,3} = 0,041 mol$$

$$n_0(H_3O^+) = C.V = 5 \times 60 \times 10^{-3} = 0,3 mol$$

(2) جدول القياسات:

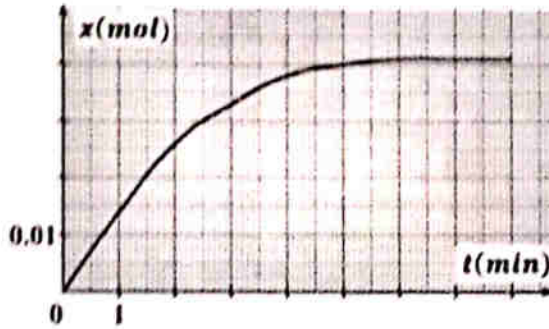
لدينا من جدول التقدم:  $n_{(H_2)} = x$  ونعلم أن:  $n_{(H_2)} = \frac{V_g}{V_M}$

إذن  $V_M = 24 l/mol$  منه:  $x = \frac{V_{(H_2)}}{24}$

في كل مرة نعوض  $V_{(H_2)}$  المعطاة فنجد قيم  $x$ .

|           |   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t(min)$  | 0 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| $x (mol)$ | 0 | 0,014 | 0,026 | 0,033 | 0,038 | 0,039 | 0,040 | 0,040 | 0,040 |



(3) المنحنى البياني:  $x = f(t)$ (4) تعيين  $x_{max}$  والمتفاعل المحد:

$$0,041 - x_{max_1} = 0 \Rightarrow x_{max_1} = 0,041 \text{ mol}$$

$$0,3 - 2x_{max_2} = 0 \Rightarrow x_{max_2} = 0,15 \text{ mol}$$

$$x_{max_1} < x_{max_2} \Rightarrow x_{max} = 0,041 \text{ mol}$$

المتفاعل المحد هو  $Mg(s)$  (توجد إشارة إلى ذلك في نص التمرين "يختفي كلياً").(5) زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{0,041}{2} = 0,0205 \text{ mol}$$

بالإسقاط على المنحنى  $x = f(t)$  نجد  $t_{1/2} \approx 1,5 \text{ min}$ (6) حساب  $[H_3O^+]_f$  في الوسط التفاعلي:

$$[H_3O^+]_f = \frac{n_f(H_3O^+)}{V} = \frac{0,3 - 2x_f}{V}$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{0,3 - 2(0,041)}{60 \times 10^{-3}} = 3,63 \text{ mol/l}$$

(7) عند  $t = 3 \text{ min}$  يكون  $x = 0,033 \text{ mol}$  بالتعويض في جدول التقدم نجد:

$$n(Mg) = 0,041 - 0,033 = 0,008 \text{ mol}$$

$$n(H_3O^+) = 0,3 - 2 \times 0,033 = 0,234 \text{ mol}$$

$$n(Mg^{2+}) = n(H_2) = 0,033 \text{ mol}$$

"لكل شيء آفة، وآفة العلم نسيانه  
عشان بن عيان رحمه الله"

## التمرين 02:

في حصة الأعمال المخبرية، أراد فوج من التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنزيوم، محلول حمض كلور الماء). فوضع أحد التلاميذ شريطاً من المغنزيوم  $Mg(s)$  كتلته  $m = 36 \text{ mg}$  في دورق ثم أضاف إليه محلولاً لحمض كلور الماء تركيزه  $C_0$ ، حجمه  $V = 30 \text{ mL}$ ، وسدّ الدورق بعد أن أوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى.

(1) مثل مخططاً للتجربة، مع شرح الطريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق، وقياس حجمه والكشف عنه.

(2) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي التام الحادث في الدورق علماً أن الشناتيتين

المشاركيتين هما:  $(Mg^{2+}_{(aq)}/Mg(s))$ ،  $(H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)})$ .

(3) يمثل الجدول الآتي نتائج القياسات التي حصل عليها الفوج:

|                     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t(\text{min})$     | 0 | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   |
| $V(H_2)(\text{mL})$ | 0 | 12,0 | 19,2 | 25,2 | 28,8 | 32,4 | 34,8 | 36,0 | 36,0 | 36,0 |
| $x(\text{mol})$     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

أ/ ضع جدولاً لتقدم التفاعل.

ب/ احسب قيم التقدم  $x$  في الأزمنة المبينة في الجدول.ج/ مثل البيان  $x = f(t)$  بسلم مناسب.د/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم عينه بيانياً.(4) تركيز  $H_3O^+$  عند نهاية التفاعل هو  $[H_3O^+]_f = 0,1 \text{ mol/L}$  استنتج التركيز المولي الابتدائي  $C_0$  لمحلول حمض كلور الماء المستعمل.

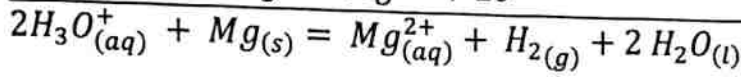
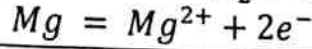
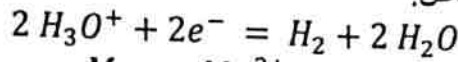
$$V_M = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \quad , \quad M(Mg) = 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad : \text{ يعطى}$$

## تصحيح التمرين 02:

(1) تمثيل مخطط التجربة:



شرح الطريقة التي تسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه والكشف عنه:  
بعد وضع المتفاعلات في الدورق، نسد بإحكام بواسطة سدادة موصولة بأنبوب معكوف يمتد إلى أنبوب اختبار معكوس في الماء (يكون أنبوب الاختبار مدرج لقياس حجم الغاز المنطلق)، نسد هذا الأنبوب بالأصبع ونخرجه من الماء المغمور فيه، نشعل عود الثقاب ونقربه من الأنبوب لحظة نزع الأصبع فنسمع فرقعة تدل على وجود غاز  $H_2$  (2) كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل:



(3)

أ/ تمثيل جدول التقدم:

| المعادلة |         | $2H_3O^+_{(aq)} + Mg_{(s)} = Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ |               |       |       |       |
|----------|---------|-----------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                    |               |       |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_0 \cdot V$                                                         | $n(Mg)$       | 0     | 0     | زيادة |
| انتقالية | $x$     | $C_0 \cdot V - 2x$                                                    | $n(Mg) - x$   | $x$   | $x$   | زيادة |
| نهائية   | $x_f$   | $C_0 \cdot V - 2x_f$                                                  | $n(Mg) - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | زيادة |

$$n_{Mg} = \frac{m}{M} = \frac{36 \times 10^{-3}}{24} = 1,5 \times 10^{-3} mol$$

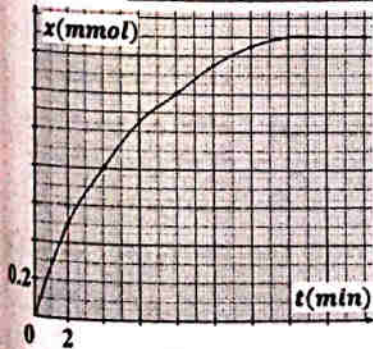
ب/ لدينا من جدول التقدم:

$$n(H_2) = x \Rightarrow x = n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_M} = \frac{V_{H_2}}{24}$$

في كل مرة نعوض  $V_{H_2}$  فنجد  $x$ .

| $t(min)$         | 0 | 2   | 4   | 6    | 8   | 10   | 12   | 14  | 16  | 18  |
|------------------|---|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| $x(mol) 10^{-3}$ | 0 | 0,5 | 0,8 | 1,05 | 1,2 | 1,35 | 1,45 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

ج/ رسم البيان:

د/ تعريف  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{2}$$

$$x(t_{1/2}) = 0,75 \times 10^{-3} mol$$

بالإسقاط على البيان نجد:

$$t_{1/2} \approx 3,5 min$$



(4) استنتاج التركيز المولي الابتدائي لمحلول حمض كلور الماء:

$$[H_3O^+]_f = 0,1 \text{ mol/l}$$

$$n_f(H_3O^+) = [H_3O^+] \times V_T = 0,1 \times 30 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

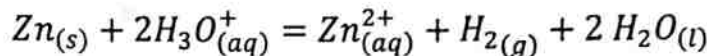
$$\Rightarrow x_f = x_{\max} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{ولدينا: } Mg \text{ المتفاعل المحد}$$

$$n_f(H_3O^+) = C_0 \cdot V - 2x_f \Rightarrow C_0 V = n_f(H_3O^+) + 2x_f$$

$$\Rightarrow C_0 = \frac{n_f(H_3O^+) + 2x_f}{V} = \frac{3 \times 10^{-3} + 2(1,5 \times 10^{-3})}{30 \times 10^{-3}} = 0,2 \text{ mol/l}$$

### التمرين 03:

لمتابعة التطور الزمني للتحويل الكيميائي الحاصل بين محلول حمض كلور الماء ومعدن الزنك، الذي يُنمذجُ بتفاعل كيميائي ذي المعادلة:



ندخل في اللحظة  $t = 0$  كتلة  $m = 1,0g$  من معدن الزنك في دورق به  $V = 40mL$  من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي  $C = 5,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ، نعتبر حجم الوسط التفاعلي ثابتاً خلال مدة التحويل وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة:  $V_M = 25 L \cdot \text{mol}^{-1}$ ، نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين  $V_{H_2}$  المنطلق في نفس الشرطين من الضغط ودرجة الحرارة، ندون النتائج في الجدول التالي:

|               |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(s)$        | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
| $V_{H_2}(mL)$ | 0 | 36 | 64  | 86  | 104 | 120 | 132 | 154 | 170 | 200 |
| $x(mol)$      |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |

- (1) أنجز جدولاً لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم  $x$  وحجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق  $V_{H_2}$ .  
(2) أكمل الجدول أعلاه.

$$1cm \rightarrow 100s$$

$$1cm \rightarrow 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(3) مثل البيان  $x = f(t)$  باعتماد سلم الرسم التالي:

- (4) احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين:  $t_1 = 100s$  ،  $t_2 = 400s$ . كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن؟ علل.

(5) إن التفاعل الكيميائي السابق تفاعل تام:

أ/ احسب التقدم الأعظمي  $x_{\max}$  واستنتج المتفاعل المحد.  
ب/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  وأوجد قيمته.

$$M(Zn) = 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ يعطى}$$

### تصحيح التمرين 03:

(1) جدول التقدم:

| المعادلة | $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ | كميات المادة (mol) |               |       |       |
|----------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم                                                             |                    |               |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$                                                            | 0,015              | 0,02          | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$                                                                | $0,015 - x$        | $0,02 - 2x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                              | $0,015 - x_f$      | $0,02 - 2x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

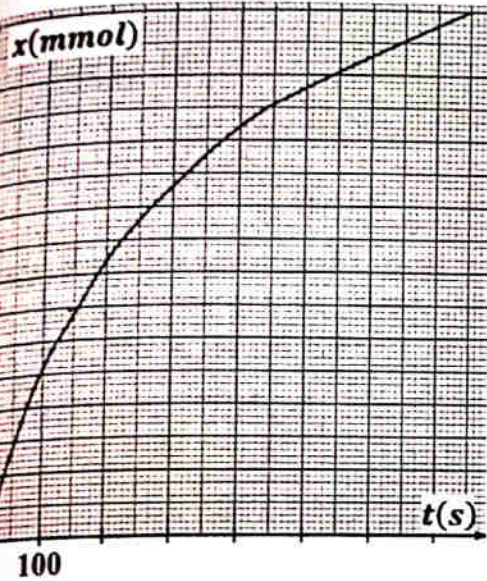
$$n_0(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{1}{65} = 0,015 \text{ mol}$$

$$n_0(H^+) = C \cdot V = 0,5 \times 40 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

العلاقة بين  $x$  و  $V_{H_2}$ : لدينا من جدول التقدم:  $x = n(H_2)$  و  $x = \frac{V(H_2)}{V_M}$  منه:  $n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M}$  إذن:  $V_M = 25 \text{ L/mol}$

(2) الجدول:

| $t(s)$           | 0 | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
|------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $x(\text{mmol})$ | 0 | 1,4 | 2,6 | 3,4 | 4,2 | 4,8 | 5,3 | 6,2 | 6,8 | 8   |



(البيان  $x = f(t)$ )

(السرعة الحجمية للتفاعل:  $v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$ )

$$v_{vol}(t_1 = 100s) = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} \times \frac{(3,4 - 1,4) \times 10^{-3}}{150 - 50}$$

$$v_{vol}(t_1 = 100s) = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/s.L}$$

$$v_{vol}(t_2 = 400s) = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} \times \frac{(6,8 - 5,3) \times 10^{-3}}{500 - 300}$$

$$v_{vol}(t_2 = 400s) = 1,875 \times 10^{-4} \text{ mol/s.L}$$

إذن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص تدريجياً إلى أن تتعدم.

(5) التحول تام:

أ/ تحديد  $x_{max}$  والمتفاعل المحد:

$$0,015 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max1} = 0,015 \text{ mol}$$

$$0,02 - 2x_{max} = 0 \rightarrow x_{max2} = 0,01 \text{ mol}$$

$$x_{max2} < x_{max1} \text{ منه: } x_{max} = 0,01 \text{ mol}$$

ب/ تعريف  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي (غير تام) أو نصف تقدمه الأعظمي (تام)

$$x_{t_{1/2}} = \frac{x_{max}}{2} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ mol}$$

$$t_{1/2} = 270 \text{ s} \quad \text{نجد: } x = f(t) \text{ على المنحنى}$$

### التمرين 04:

ندرس تفكك الماء الأوكسجيني ( $H_2O_2$ )، عند درجة حرارة ثابتة  $\theta_1 = 12^\circ C$ ، وفي وجود وسيط مناسب. نتمذج

التحول الكيميائي الحاصل بتفاعل كيميائي تام معادلته:  $2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$

نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتاً خلال مدة التحول، وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة،  $V_M = 24 \text{ L/mol}$

نأخذ في اللحظة  $t = 0$  حجماً  $V_S = 500 \text{ mL}$  من الماء الأوكسجيني تركيزه المولي الابتدائي

$[H_2O_2]_0 = 8 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، نجمع ثنائي الأوكسجين المتشكل ونقيس حجمه ( $V_{O_2}$ ) تحت ضغط ثابت كل أربع دقائق، ونسجل النتائج كما في الجدول التالي:

| $t(\text{min})$          | 0 | 4  | 8   | 12  | 16  | 20  | 24  | 28  | 32  | 36  | 40  |
|--------------------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V_{O_2}(\text{mL})$     | 0 | 60 | 114 | 162 | 204 | 234 | 253 | 276 | 288 | 294 | 300 |
| $[H_2O_2] \text{ mol/L}$ |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

(1) أنشئ جدول لتقدم التفاعل الكيميائي الحاصل.

(2) اكتب عبارة التركيز المولي  $[H_2O_2]$  للماء الأوكسجيني في اللحظة  $t$  بدلالة:  $V_{O_2}$ ،  $V_M$ ،  $V_S$ ،  $[H_2O_2]_0$ .



- (3) أ/ أكمل الجدول السابق.  
 ب/ ارسم المنحنى البياني  $[H_2O_2] = f(t)$  باستعمال سلم رسم مناسب.  
 ج/ أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي.  
 د/ احسب سرعة التفاعل الكيميائي في اللحظتين  $t_1 = 16\text{min}$  و  $t_2 = 24\text{min}$ .  
 واستنتج كيف تتغير سرعة التفاعل مع الزمن.  
 هـ/ عيّن زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  بيانياً.
- (4) إذا أجريت التجربة السابقة في الدرجة  $\theta_2 = 35^\circ\text{C}$ ، ارسم كيفياً شكل منحنى تغير  $[H_2O_2]$  بدلالة الزمن على البيان السابق مع التبرير.

## تصحيح التمرين 04:

(1) جدول التقدم:

| المعادلة |         | $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ |          |       |
|----------|---------|------------------------------------------|----------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                       |          |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_0$                                    | بالزيادة | 0     |
| انتقالية | $x$     | $n_0 - 2x$                               | بالزيادة | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_0 - 2x_f$                             | بالزيادة | $x_f$ |

- $n_0(H_2O_2) = [H_2O_2]_0 \times V_s = 8 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^{-3} = 0,04 \text{ mol}$   
 (2) كتابة عبارة التركيز المولي في كل لحظة: من جدول تقدم التفاعل لدينا:  

$$\begin{cases} n(H_2O_2) = n_0 - 2x_t \\ n(O_2) = x \end{cases}$$
  

$$n(H_2O_2) = n_0 - 2n(O_2)$$

$$[H_2O_2]_t \times V_s = [H_2O_2]_0 \times V_s - 2 \times \frac{V_{O_2}}{V_m} \quad \text{بالتبسيط نجد:}$$

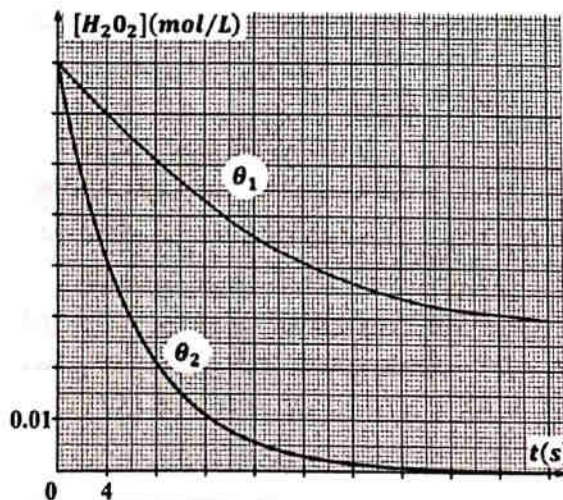
$$\Rightarrow [H_2O_2]_t = [H_2O_2]_0 - 2 \times \frac{V_{O_2}}{V_m \times V_s}$$

(3) أ/ ملأ الجدول:

$$[H_2O_2]_t = 0,08 - 2 \times \frac{V_{O_2}}{24 \times 0,5} \Rightarrow [H_2O_2]_t = 0,08 - \frac{V_{O_2}}{6}$$

في كل مرة نعوض قيم  $V_{O_2}$  فنجد قيم  $[H_2O_2]$ :

| $t \text{ (min)}$        | 0     | 4     | 8     | 12    | 16    | 20    | 24    | 28    | 32    | 36    | 40    |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $[H_2O_2] \text{ mol/L}$ | 0,080 | 0,070 | 0,061 | 0,053 | 0,046 | 0,041 | 0,037 | 0,034 | 0,032 | 0,031 | 0,030 |

ب/ المنحنى البياني  $[H_2O_2] = f(t)$ 

ج/ عبارة السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v_{vol} = \frac{1}{V_s} \times \frac{dx}{dt}$$

د/ حساب سرعة التفاعل عند اللحظتين:

$$n(H_2O_2) = n_0 - 2x \text{ منه } v = \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا:}$$

$$\Rightarrow x = \frac{n_0 - n(H_2O_2)}{2}$$

$$v = \frac{d}{dt} \left( \frac{n_0 - n(H_2O_2)}{2} \right)$$

بما أن  $n_0$  ثابت:

$$v = -\frac{1}{2} \cdot \frac{d}{dt} (n(H_2O_2)) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[H_2O_2] \times V_s}{dt}$$

$$v = -\frac{V_s}{2} \times \frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

حيث:  $\frac{d[H_2O_2]}{dt}$  يحسب بميل المماس.عند اللحظة  $t_1 = 16 \text{ min}$ 

$$v_1 = -\frac{0.5}{2} \times \frac{0.046 - 0.07}{16 - 0} = 3.75 \times 10^{-4} \text{ mol/min}$$

عند اللحظة  $t_2 = 24 \text{ min}$ 

$$v_2 = -\frac{0.5}{2} \times \frac{0.037 - 0.062}{24 - 0} = 2.6 \times 10^{-4} \text{ mol/min}$$

نلاحظ أن:  $v_1 > v_2$  نستنتج أن سرعة التفاعل تتناقص تدريجيا مع الزمن لنقصان تراكيز المتفاعلات.هـ/ تعيين زمن نصف التفاعل:  $t_{1/2}$ 

$$[H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2} = 0.04 \text{ mol/l}$$

بإسقاط هذه القيمة على المنحنى  $[H_2O_2] = f(t)$  نجد  $t_{1/2} \approx 21 \text{ min}$ (4) شكل المنحنى في الدرجة  $\theta' = 35^\circ \text{C}$ سرعة التفاعل تتزايد بارتفاع درجة الحرارة في نفس لحظة القياس:  $\theta' > \theta$  و  $V' > V$ .**التمرين 05:**

لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء  $(H_3O^+ (aq) + Cl^- (aq))$  ومعادن الزنك  $Zn(s)$ . نضيف عند اللحظة  $t = 0$  كتلة من الزنك  $m(Zn) = 0.654 \text{ g}$  إلى بورق به حجم  $V = 100 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $C = 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة التحول. نقيس حجم ثنائي الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية: درجة الحرارة  $\theta = 20^\circ \text{C}$  والضغط  $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل النمذج للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما:  $(H_3O^+ (aq)/H_2(g))$ ،  $(Zn^{2+} (aq)/Zn(s))$ .

(2) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل، وحدد المتفاعل المحد.

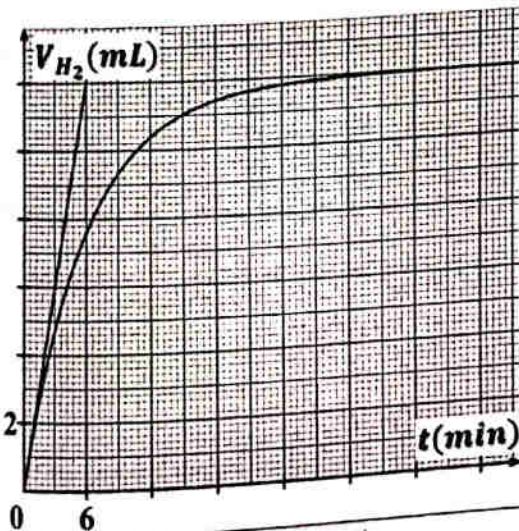
(3) الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنت من الحصول على البيان الموضح بالشكل. أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب/ بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل:

$$v_{vol} = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

حيث  $V$  حجم المزيج التفاعلي.ج/ احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 0$ د/ استنتج سرعة اختفاء شوارد  $(H_3O^+ (aq))$  عند نفس اللحظة.

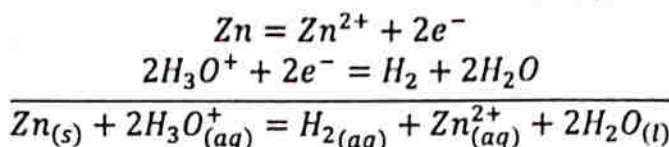
(4) عرف زمن نصف التفاعل، وحدد قيمته بيانياً.

تعطى عبارة قانون الغاز المثالي بالعلاقة:  $PV = nRT$ حيث  $M(Zn) = 65.4 \text{ g/mol}$ ،  $R = 8.314 \text{ (SI)}$ 



## تصحيح التمرين 05:

(1) المعادلة المعبرة عن التفاعل:



(2) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |            | $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} = \text{H}_{2(aq)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ |                   |            |            |          |
|----------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|------------|----------|
| الحالة   | التقدم     | كميات المادة (mol)                                                                                                      |                   |            |            |          |
| ابتدائية | $x = 0$    | $n_1$                                                                                                                   | $n_2$             | 0          | 0          | بالزيادة |
| انتقالية | $x$        | $n_1 - x$                                                                                                               | $n_2 - 2x$        | $x$        | $x$        | بالزيادة |
| نهائية   | $x_{\max}$ | $n_1 - x_{\max}$                                                                                                        | $n_2 - 2x_{\max}$ | $x_{\max}$ | $x_{\max}$ | بالزيادة |

تحديد المتفاعل المحد:

$$x_{\max} = n_1 = \frac{m}{M} = \frac{0,654}{65,4} = 10^{-2} \text{ mol} \Leftrightarrow n_1 - x_{\max} = 0$$

$$x_{\max} = \frac{n_2}{2} = \frac{C.V}{2} = \frac{10^{-2} \times 0,1}{2} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \Leftrightarrow n_2 - 2x_{\max} = 0$$

ومنه المتفاعل المحد هو  $\text{H}_3\text{O}^+$  و  $x_{\max} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 

(3) الدراسة التجريبية:

أ/ تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي تغير تقدم التفاعل بالنسبة لزمان في وحدة الحجم، وتكتب بالعلاقة:

$$v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

ب/ إثبات العبارة: من جدول تقدم التفاعل لدينا:

$$n_{\text{H}_2} = x \Rightarrow PV_{\text{H}_2} = xRT \Rightarrow x = \frac{PV_{\text{H}_2}}{RT}$$

$$v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{d}{dt} \left( \frac{PV_{\text{H}_2}}{RT} \right) = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{\text{H}_2}}{dt} \quad \text{ومنه:}$$

ج/ السرعة الحجمية للتفاعل عند  $t = 0$ :

$$v_{\text{vol}} = \frac{1,013 \times 10^5}{0,1 \times 8,314 \times 293} \times \frac{(12 - 0) \times 10^{-6}}{(6 - 0)} = 8,32 \times 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

د/ حساب سرعة اختفاء شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  عند نفس اللحظة:

$$v_{\text{H}_3\text{O}^+} = -\frac{dn(\text{H}_3\text{O}^+)}{dt} = -\frac{d(n_2 - 2x)}{dt} = 2 \times \frac{dx}{dt} = 2 \times V \times v_{\text{vol}} \quad \text{لدينا:}$$

$$v_{\text{H}_3\text{O}^+} = 2 \times 0,1 \times 8,32 \times 10^{-4} = 16,64 \times 10^{-5} \text{ mol/min}$$

(4) تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف قيمته النهائية.

قيمه بيانيا:

$$V_{\text{H}_2}(t_{1/2}) = \frac{8,314 \times 293 \times 2,5 \times 10^{-4}}{1,013 \times 10^5} = 6 \text{ mL} \Rightarrow t_{1/2} \simeq 4,2 \text{ min}$$

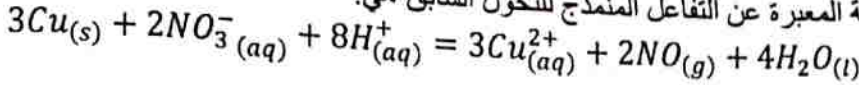
ما اسم الشجرة التي  
لا ظل لها ولا ثمار

## التمرين 06:

نضع في بيشر حجما  $V = 100 \text{ mL}$  من محلول حمض الأزوت  $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-)$  تركيزه المولي  $C = 1 \text{ mol/L}$  نضيف له كتلة  $m = 19,2 \text{ g}$  من النحاس  $(\text{Cu})$  مع وجود كمية وافرة من شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

(1) علما أن الثنائيتين  $(\text{Ox/Red})$  الداخلتان في التفاعل هما  $(\text{NO}_3^-/\text{NO})$  و  $(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$

أ/ بين أن المعادلة المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحويل السابق هي:



ب/ احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.

ج/ أنشئ جدول التقدم وحدد المتفاعل المحد.

(2) علما أن التجربة أجريت في درجة الحرارة  $20^\circ\text{C}$  وتحت الضغط  $P = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

أ/ بين أن الحجم المولي للغازات في شروط هو:

$$V_M = 24 \text{ L/mol}$$

ب/ أوجد العلاقة بين حجم غاز أكسيد الأزوت  $V_{(\text{NO})}$  المنطلق والتقدم  $x$

(3) يعطي البيان تغيرات حجم غاز أكسيد الأزوت  $V_{(\text{NO})}$  بدلالة الزمن

أ/ عرف سرعة التفاعل واحسب قيمتها عند اللحظة  $t = 20 \text{ s}$ .

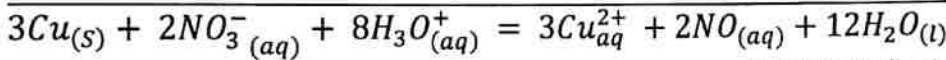
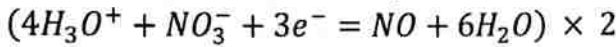
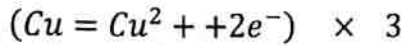
ب/ استنتج التركيب المولي للمزيج في اللحظة  $t = 40 \text{ s}$ .

يعطى:  $M(\text{Cu}) = 64 \text{ g/mol}$

## تصحيح التمرين 06:

(1)

أ/ المعادلة المعبرة عن التفاعل:



ب/ حساب كميات المادة الابتدائية:

$$n_0(\text{Cu}) = \frac{m}{M} = \frac{19,2}{64} = 0,3 \text{ mol} \quad ; \quad n_0(\text{NO}_3^-) = C \times V = 1 \times 0,1 = 0,1 \text{ mol}$$

ج/ جدول التقدم:

| المعادلة |         | $3\text{Cu}_{(s)} + 2\text{NO}_3^-_{(aq)} + 8\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} = 3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{NO}_{(g)} + 12\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ |              |          |        |        |          |
|----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|--------|--------|----------|
|          |         | كميات المادة (mol)                                                                                                                                 |              |          |        |        |          |
| الحالة   | التقدم  |                                                                                                                                                    |              |          |        |        |          |
| ابتدائية | $x = 0$ | 0,3                                                                                                                                                | 0,1          | بالزيادة | 0      | 0      | بالزيادة |
| انتقالية | $x$     | $0,3 - 3x$                                                                                                                                         | $0,1 - 2x$   | بالزيادة | $3x$   | $2x$   | بالزيادة |
| نهائية   | $x_f$   | $0,3 - 3x_f$                                                                                                                                       | $0,1 - 2x_f$ | بالزيادة | $3x_f$ | $2x_f$ | بالزيادة |

$$0,3 - 3x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max 1} = 0,1 \text{ mol}$$

$$0,1 - 2x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max 2} = 0,05 \text{ mol}$$

نلاحظ أن:  $x_{\max 1} > x_{\max 2}$  ومنه  $x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$  و  $(\text{NO}_3^-)$  هو المتفاعل المحد.

(2)

أ/ نبين أن  $V_M = 24 \text{ L/mol}$

لدينا:  $P.V = n.R.T$

من أجل إيجاد  $V_M$  نأخذ  $n = 1 \text{ mol}$

$$\begin{cases} P = 1,013 \times 10^5 \\ \theta = 20^\circ\text{C} \\ \theta = 293 \text{ K} \end{cases}$$

$$V = \frac{n.R.T}{P} \quad \text{منه:}$$

$$V_M = \frac{1 \times 8,31 \times 293}{1,013 \times 10^5} = 0,024 \text{ m}^3 = 24 \text{ L/mol}$$



ب/ إيجاد العلاقة بين  $V(NO)$  و التقدم  $x$ :

$$n(NO) = 2x \quad , \quad n(NO) = \frac{V(NO)}{V_M} \quad \text{من جدول التقدم:}$$

$$x = \frac{V(NO)}{2V_M} \rightarrow x = \frac{V(NO)}{48}$$

$$V(NO) = f(t) \quad (3)$$

أ/ سرعة التفاعل مقدار تغير تقدم التفاعل خلال وحدة زمن  $\frac{dx}{dt}$ حساب  $v(t = 20 \text{ s})$ :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad ; \quad x = \frac{V(NO)}{48}$$

$$v = \frac{d}{dt} \left( \frac{V(NO)}{48} \right) \Rightarrow v = \frac{1}{48} \times \frac{dV(NO)}{dt} \quad \text{ومنه:}$$

حيث:  $\frac{dv(NO)}{dt}$  هو ميل المماس عند  $t = 20(s)$  من المنحنى  $V(NO) = f(t)$ 

$$v(t = 20 \text{ min}) = \frac{1}{48} \times \frac{2,1 - 1,6}{20 - 0} \simeq 5,2 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

ب/ استنتاج التركيز المولي عند  $t = 40 \text{ s}$ في اللحظة  $t = 40 \text{ s}$  (نهاية التفاعل) يكون من البيان  $V_{NO} = 2,3 \text{ L}$ 

$$\Rightarrow x = \frac{2,3}{48} = 0,048 \text{ (mol)}$$

$$\begin{cases} n(\text{Cu}) = 0,156 \text{ mol} \\ n(\text{NO}_3^-) = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ n(\text{Cu}^{2+}) = 0,144 \text{ mol} \\ n(\text{NO}) = 0,096 \text{ mol} \end{cases}$$

نعوض  $x$  فيما سبق فنجد:

$$\begin{cases} n(\text{Cu}) = 0,3 - 3x \\ n(\text{NO}_3^-) = 0,1 - 2x \\ n(\text{Cu}^{2+}) = 3x \\ n(\text{NO}) = 2x \end{cases} \quad \text{ولدينا من جدول التقدم:}$$

تمارين المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغطالتمرين 07:

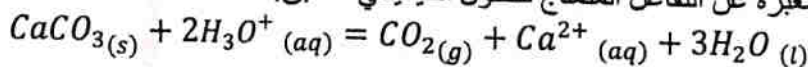
بهنّف تتبع التحول الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) على كربونات الكالسيوم. نضع قطعة كتلتها  $2,0 \text{ g}$  من كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  داخل  $100 \text{ mL}$  من حمض كلور الماء تركيزه المولي

$$C = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

الطريقة الأولى: نقيس ضغط غاز ثنائي أكسيد الكربون المنطلق والمحبوز في دورق حجمه لتر واحد ( $1 \text{ L}$ ) تحت درجة حرارة ثابتة  $T = 25^\circ \text{C}$ ، فكانت النتائج المدونة في الجدول التالي:

| $t(s)$                          | 20   | 60   | 100  |
|---------------------------------|------|------|------|
| $P_{(\text{CO}_2)}(Pa)$         | 2280 | 5560 | 7170 |
| $n_{(\text{CO}_2)}(\text{mol})$ |      |      |      |
| $x(\text{mol})$                 |      |      |      |

المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي السابق:



(1) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل السابق.

(2) ما العلاقة بين  $(n_{\text{CO}_2})$  كمية مادة الغاز المنطلق و  $(x)$  تقدم التفاعل؟(3) بتطبيق قانون الغاز المثالي والذي يعطى بالشكل  $P.V = nRT$ ، أكمل الجدول السابق.

(4) مثل بيان الدالة  $x = f(t)$ .يعطى:  $1L = 10^{-3} m^3$  ،  $R = 8,31 SI$ الطريقة الثانية: تتبع قيمة شوارد الهيدروجين ( $H^+$ ) في وسط التفاعل بدلالة الزمن أعطت النتائج المدونة في الجدول التالي:

|                        |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|
| $t(s)$                 | 20    | 60    | 100   |
| $[H_3O^+](mol.L^{-1})$ | 0,080 | 0,056 | 0,040 |
| $n(H_3O^+)(mol)$       |       |       |       |
| $x(mol)$               |       |       |       |

- (1) احسب كمية مادة شوارد الهيدروجين في كل لحظة.
- (2) مستعينا بجدول تقدم التفاعل، أوجد العبارة الحرفية التي تعطي  $n(H_3O^+)$  بدلالة التقدم  $(x)$ .
- (3) احسب قيمة التقدم  $(x)$  في كل لحظة.
- (4) أنشئ البيان  $x = f(t)$  ماذا تستنتج؟
- (5) حدد المتفاعل المحد.
- (6) استنتج  $t_{1/2}$  زمن نصف التفاعل.
- (7) احسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t = 50s$ .

$$M(O) = 16 g/mol \cdot M(C) = 12g/mol \cdot M(Ca) = 40g/mol$$

**تصحيح التمرين 07:**

$$(H_3O^+, Cl^-) \begin{cases} V = 100 ml \\ C = 0.1 mol/L \end{cases}$$

$$CaCO_3 \begin{cases} m = 2g \\ M = 100 g/mol \end{cases}$$

الطريقة 1: قياس الضغط  $CO_2$ :

(1) إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$ |               |       |       |          |
|----------|---------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------|----------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                        |               |       |       |          |
| ابتدائية | $x = 0$ | 0,02                                                                      | 0,01          | 0     | 0     | بالزيادة |
| انتقالية | $x$     | $0,02 - x$                                                                | $0,01 - 2x$   | $x$   | $x$   | بالزيادة |
| نهائية   | $x_f$   | $0,02 - x_f$                                                              | $0,01 - 2x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | بالزيادة |

$$n_0(CaCO_3) = \frac{m}{M} = \frac{2}{100} = 0,02 mol$$

$$n_0(H_3O^+) = C \times V = 10^{-1} \times 10^{-1} = 10^{-2} mol$$

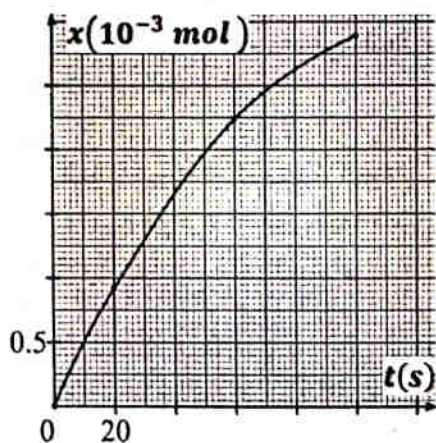
(2) العلاقة بين  $n(CO_2)$  و  $x$ : من جدول التقدم:  $x = n(CO_2)$ 

(3) ملأ الجدول:

$$P_{CO_2} \cdot V_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot R \cdot T \rightarrow n_{CO_2} = \frac{P_{CO_2} V_{CO_2}}{RT} = \frac{P_{CO_2} \times 10^{-3}}{8.31 \times 298}$$

خطرة واحد بلع نص حبة كاشي  
نتاع الرقاد رقد بعين وحدة





في كل مرة نعوض  $P_{CO_2}$  فنجد  $n_{CO_2}$

| $t(s)$            | 20   | 60   | 100  |
|-------------------|------|------|------|
| $n_{CO_2} (mmol)$ | 0,92 | 2,24 | 2,89 |
| $x(mmol)$         | 0,92 | 2,24 | 2,89 |

(4) البيان  $x = f(t)$ :

الطريقة 2: قياس تراكيز  $[H_3O^+]$ :

(1) حساب كمية مادة  $n(H_3O^+)$ :

$$n(H_3O^+) = [H_3O^+] \times V = [H_3O^+] \times 0.1$$

| $t(s)$                  | 20        | 60                   | 100                |
|-------------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| $n(H_3O^+) \text{ mol}$ | 0,0080    | 0,0056               | 0,004              |
| $x \text{ (mol)}$       | $10^{-3}$ | $2,2 \times 10^{-3}$ | $3 \times 10^{-3}$ |

(2) العبارة الحرفية لـ  $n(H_3O^+)$  بدلالة  $x$ :

$$n(H_3O^+) = 0,01 - 2x$$

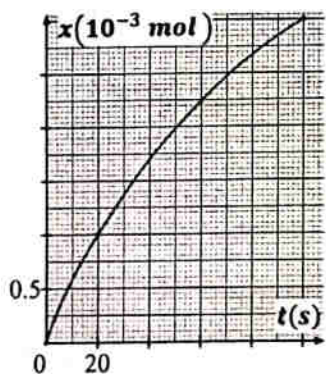
(3) حساب  $x$ :

$$n(H_3O^+) = [H_3O^+] \times V = [H_3O^+] \times 0,1$$

$$n(H_3O^+) = 0,01 - 2x \rightarrow x = \frac{0,01 - n(H_3O^+)}{2}$$

في كل مرة نعوض  $n(H_3O^+)$  فنجد  $x$ .

(4) البيان  $x = f(t)$ :



البيان  $x = f(t)$  يكون مماثل البيان السابق، لأن تغيير الطريقة المتبعة لا يؤثر في قيم  $x$  أو التراكيز وكميات المادة للمفاعلات والنواتج.

(5) المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} 0,02 - x_{max} = 0 \\ 0,01 - 2x_{max} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x_{max_1} = 0,02 \text{ mol} \\ x_{max_2} = 0,005 \text{ mol} \end{cases}$$

$x_{max_2} < x_{max_1}$  ومنه التقدم الأعظمي المقبول  $x_{max} = 0,005 \text{ mol}$  ومنه المتفاعل المحد هو:  $H_3O^+$

(6) استنتاج  $t_{1/2}$ :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{0,005}{2} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

بإسقاط  $x(t_{1/2})$  على البيان فنجد:  $t_{1/2} \approx 70 (s)$

(7) حساب السرعة الحجمية عند  $t = 50 (s)$ :

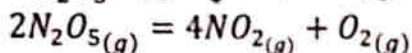
$$v_{vol}(t = 50 s) = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

حيث  $\frac{dx}{dt}$  يمثل ميل المماس عند  $t = 50 (s)$  من البيان  $x = f(t)$ :

$$v_{vol}(t = 50 s) = \frac{1}{10^{-1}} \times \frac{(2 - 0,7) \times 10^{-3}}{50 - 0} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ mol/s.L}$$

### التمرين 8:

نريد دراسة التحول التام والبطيء لتحلل غاز بنتا أكسيد ثنائي الأزوت  $N_2O_5$  عند درجة حرارة مرتفعة والذي يتم وفق التفاعل التالي:



نعتبر كل الغازات في هذا التفاعل مثالية ونذكر بقانون الغاز المثالي ( $P.V = n_G.R.T$ ) حيث  $n_G(mol)$  كمية مادة الغاز،  $P(Pa)$  ضغطه،  $V(m^3)$  حجمه،  $T(^{\circ}K)$  درجة حرارته،  $R = 8,31 SI$  ثابت الغاز المثالي. نضع غاز  $N_2O_5$  في وعاء مغلق حجمه ثابت  $V = 0,50 L$  عند درجة حرارة ثابتة  $T = 318^{\circ}K$ . بواسطة مقياس الضغط نتابع تطور الضغط  $P$  في الوعاء بمرور الزمن في اللحظة  $t = 0$  نجد قيمة الضغط:  $P_0 = 463,8 hPa$ . قياس النسبة  $P/P_0$  بمرور الزمن أعطى النتائج التالية:

|          |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t(s)$   | 0     | 10    | 20    | 40    | 60    | 80    | 100   |
| $P/P_0$  | 1,000 | 1,435 | 1,703 | 2,047 | 2,250 | 2,385 | 2,422 |
| $x(mol)$ |       |       |       |       |       |       |       |

(1) بين أن كمية المادة الابتدائية لغاز  $N_2O_5$  هي:  $n_0 = 8,8 \times 10^{-3} mol$

(2) لمتابعة تطور هذا التفاعل، يجب تحديد العلاقة بين  $P/P_0$  وتقدم التفاعل  $x$

أ/ أنشئ جدول تقدم التفاعل المدروس وعين قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

ب/ من جدول تقدم التفاعل عبر عن كمية المادة الكلية للغازات  $n_G$  بدلالة  $n_0$  و  $x$ .

ج/ بتطبيق قانون الغاز المثالي، استنتج العلاقة:

$$\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$$

(3) انطلاقاً من هذه العلاقة أكمل جدول القياسات بحساب قيم التقدم  $x$  ثم ارسم المنحنى  $x = f(t)$ .

أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل كيف تتغير هذه السرعة بمرور الزمن؟ علّل.

ب/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم عين قيمته من البيان.

ج/ احسب النسبة  $P_{max}/P_0$  حيث  $P_{max}$  قيمة الضغط في الوعاء عند بلوغ التقدم قيمته العظمي.

د/ تحقق من أن التفاعل لم ينتهي في اللحظة  $t = 100s$

### تصحيح التمرين 8:

(1) نبين أن  $n_0(N_2O_5) = 8,8 \times 10^{-3} mol$

$$P.V = n.G.R.T \Rightarrow n_0(N_2O_5) = \frac{P_0 \times V}{RT}$$

$$n_0(N_2O_5) = \frac{4,638 \times 10^4 \times 10^{-3} \times 0,5}{8,31 \times 318} = 8,8 \times 10^{-3} mol$$

(2) جدول التقدم:

| المعادلة          |       | $2N_2O_{5(g)} = 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ |        |       |
|-------------------|-------|----------------------------------------|--------|-------|
| الحالة الابتدائية | 0     | $8,8 \times 10^{-3}$                   | 0      | 0     |
| الحالة الانتقالية | $x$   | $8,8 \times 10^{-3} - 2x$              | $4x$   | $x$   |
| الحالة النهائية   | $x_f$ | $8,8 \times 10^{-3} - 2x_f$            | $4x_f$ | $x_f$ |

أ/ تعيين  $x_{max}$ :

$$8,8 \times 10^{-3} - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 4,4 \times 10^{-3} mol$$

ب/  $n_G$  بدلالة  $n_0$  و  $x$ :

$$n_G = n(N_2O_5) + n(NO_2) + n(O_2)$$

$$n_G = 8,8 \times 10^{-3} - 2x + 4x + x = 8,8 \times 10^{-3} + 3x = n_0 + 3x$$



ج/ استنتاج العلاقة:

$$\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$$

$$P_0 \cdot V = n_0 \cdot R \cdot T \Rightarrow P_0 = \frac{n_0 \times RT}{V} \dots \dots \dots (1)$$

$$P \cdot V = n_G \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n_G \times RT}{V} \dots \dots \dots (2)$$

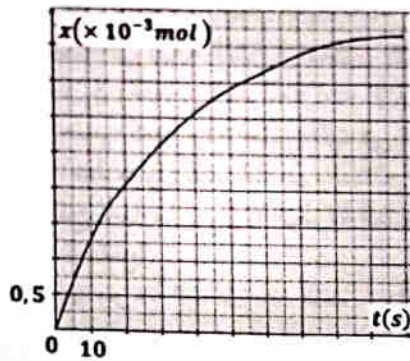
بقسمة (2) على (1) نجد:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\frac{n_G \times RT}{V}}{\frac{n_0 \times RT}{V}} = \frac{n_G}{n_0} = \frac{n_0 + 3x}{n_0} = \frac{n_0}{n_0} + \frac{3x}{n_0} \Rightarrow \frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$$

(3) ملأ الجدول:

| t(s)     | 0 | 10   | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |
|----------|---|------|------|------|------|------|------|
| x (mmol) | 0 | 1,28 | 2,06 | 3,07 | 3,66 | 4,06 | 4,17 |

المنحنى:



أ/ تعريف السرعة الحجمية:

هو مقدار تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في وحدة حجوم:

$$v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

حيث  $\frac{dx}{dt}$  ميل المماس عند لحظة t من البيان  $x = f(t)$ 

تتناقص السرعة تدريجياً إلى أن تنعدم (من البيان) لأن السرعة مرتبطة بميل المماس الذي يتناقص تدريجياً. أما مجهرياً فإن تناقص تركيز المتفاعلات يؤدي إلى تناقص التصادمات الفعالة وبالتالي تقل سرعة التفاعل. ب/ زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي (غير تام) الأعظمي (تام).

$$x_{t_{1/2}} = \frac{x_{max}}{2} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

بإسقاط القيمة على البيان نجد:  $t_{1/2} \approx 24 \text{ (s)}$ ج/ حساب  $\frac{P_{max}}{P_0}$ :

$$\frac{P}{P_0} = \frac{3x}{n_0} + 1 \Rightarrow \frac{3x}{n_0} = \frac{P}{P_0} - 1 \quad \text{لدينا}$$

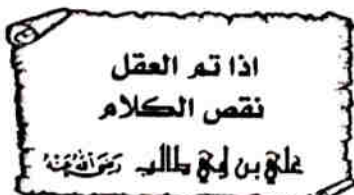
$$\frac{3x_{max}}{n_0} = \frac{P_{max}}{P_0} - 1 \Rightarrow \frac{P_{max}}{P_0} = \frac{3x_{max}}{n_0} + 1 = \frac{3 \times 4,4 \times 10^{-3}}{8,8 \times 10^{-3}} + 1 = 2,5$$

د/ التحقق أن التفاعل لم ينتهي عند  $t = 100 \text{ (s)}$ :

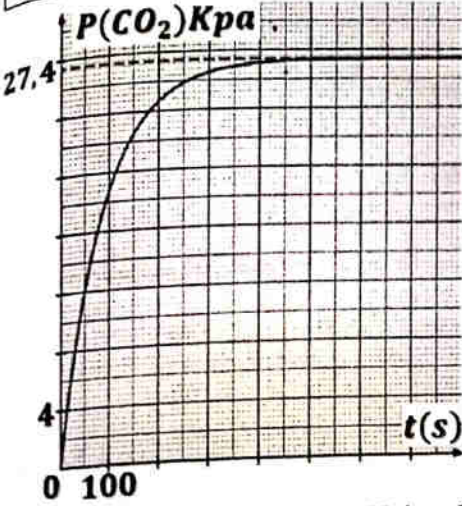
$$x_{max} = 4,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x(100 \text{ (s)}) = 4,17 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ولدينا بياناً:

بما أن  $x_{max} > x(100 \text{ (s)})$  ومنه التفاعل لم ينتهي عند  $t = 100 \text{ (s)}$ .

التمرين 09:



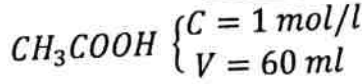
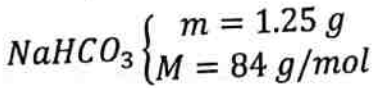
في بالون حجمه  $V' = 60 \text{ mL}$  نسكب  $V = 60 \text{ mL}$  من محلول حمض الإيثانويك تركيزه  $C = 1 \text{ mol.L}^{-1}$  وندخل فيه كتلة  $m = 1,25 \text{ g}$  من هيدروجينوكربونات الصوديوم  $\text{NaHCO}_3(s)$  نغلق بإحكام البالون بواسطة سدادة مزودة بأنبوب موصول إلى جهاز يمكنه التقاط الضغط التفاضلي للغاز المنطلق يتفاعل مع حمض الإيثانويك مع هيدروجينوكربونات الصوديوم وفق المعادلة:

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$$

ندون ضغط غاز  $\text{CO}_2$  الناتج في البالون بدلالة الزمن فنحصل على البيان المقابل:

- (1) أ/ هل التحول بطيء أم سريع؟ علّل.  
ب/ عيّن باستعمال البيان كمية المادة  $n_f$  من غاز  $\text{CO}_2$  المنطلقة في نهاية التجربة علما أن التجربة تمت عند درجة حرارة قدرها  $T = 298 \text{ K}$  وحجم البالون  $V = 1,35 \text{ L}$  (القانون العام للغازات:  $PV = nRT$ )  
(2) أ/ احسب كمية مادة المتفاعلات في الحالة الابتدائية؟  
ب/ اعط جدول تقدم التفاعل واستنتج التقدم الأعظمي والمتفاعل المحد.  
(3) استنتج كمية مادة  $\text{CO}_2$  النظرية المتحررة في نهاية التجربة، قارنها مع القيمة المتعينة باستعمال البيان ماذا تستنتج؟  
(4) احسب سرعة التفاعل عند اللحظة  $t = 100 \text{ s}$ ، كيف تتطور السرعة خلال هذا التفاعل؟  
يعطى:  $R = 8,31 \text{ SI}$  ،  $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g/mol}$  ،  $1 \text{ KPa} = 1000 \text{ Pa}$

تصحيح التمرين 09:



- (1) أ/ التحول بطيء لأنه استغرق عدة دقائق:  
ب/ تعيين  $n_f(\text{CO}_2)$ :

$$P_{\text{CO}_2} \times V_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T \quad ; \quad V = 1,35 \text{ L} \quad ; \quad T = 298 \text{ K}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2} \times V_{\text{CO}_2}}{R \times T} = \frac{27,4 \times 10^3 \times 1,29 \times 10^{-3}}{8,31 \times 298} = 1,42 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = C \cdot V = 1 \times 0,06 = 0,06 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{HCO}_3^-) = \frac{m}{M} = \frac{1,25}{84} = 1,48 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

ب/ إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)} = \text{CO}_{2(g)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$ |                             |       |       |
|----------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|
|          |         | كميات المادة (mol)                                                                                          |                             |       |       |
| الحالة   | التقدم  |                                                                                                             |                             |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $6 \times 10^{-2}$                                                                                          | $1,48 \times 10^{-2}$       | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$     | $6 \times 10^{-2} - x$                                                                                      | $1,48 \times 10^{-2} - x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $6 \times 10^{-2} - x_f$                                                                                    | $1,48 \times 10^{-2} - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

$$\begin{cases} 6 \times 10^{-2} - x_{\max_1} = 0 \\ 1,48 \times 10^{-2} - x_{\max_2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{\max_1} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ x_{\max_2} = 1,48 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{cases}$$

$x_{\max} = 1,48 \times 10^{-2} \text{ mol}$  و  $(\text{HCO}_3^-)$  منه المتفاعل المحد هو:  $x_{\max_2} < x_{\max_1}$



(3) استنتاج كمية  $n(CO_2)$  النظرية النهائية :

$$n(CO_2)_{max} = x_{max} \Rightarrow n(CO_2)_{max} = 1,48 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

من البيان لدينا:  $n(CO_2)_f = 1,42 \times 10^{-2} \text{ mol}$

نستنتج أن التفاعل المدروس شبه تام حيث:  $n_{max} \simeq n_f$  أي  $x_{max} \simeq x_f$

$$v(t = 100 (S)) = \frac{dx}{dt} : t = 100 (s) \quad (4)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{P_{CO_2} \times V_{CO_2}}{R \times T} \quad \text{منه:} \quad P.V = n.R.T \Rightarrow x = n_{CO_2} = \frac{PV}{RT}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V}{RT} \frac{dP_{CO_2}}{dt} \quad \text{حيث } (T, R, V) \text{ ثوابت ومنه:}$$

$$v(t = 100 (s)) = \frac{1,29 \times 10^{-3}}{8,31 \times 298} \times \frac{dP_{CO_2}}{dt}$$

$$t = 100 (S) \text{ عند } P_{CO_2} = f(t) \text{ يحسب ميل المماس للمنحنى } \frac{dP_{CO_2}}{dt} \quad \text{حيث}$$

$$v(t = 100 (s)) = \frac{1,29 \times 10^{-3}}{8,31 \times 298} \times \frac{(18 - 10) \times 10^3}{100 - 0}$$

$$v(t = 100 (s)) = 4.17 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$$

تتناقص السرعة تدريجيا إلى أن تتعدم

التعليل بيانيا: السرعة تحسب بميل المماس الذي يتناقص تدريجيا إلى حتى ينعدم.

التعليل مجهريا: أثناء التفاعل تتناقص عدد التصادمات الفعالة نتيجة لتناقص تراكيز المتفاعلات أثناء تفاعلها وبالتالي اختفاؤها.

### التمرين 10:

يتحول المركب  $CH_3OCH_3$  ميثوكسي ميثان في الطور الغازي عند درجة  $504^\circ C$  إلى غاز الميثان  $CH_4$

والميثانال  $CH_2O$  وفق المعادلة التالية:  $CH_3OCH_3(g) = CH_4(g) + CH_2O(g)$

لدراسة حركية هذا التفاعل التام ندخل في دورق حجم ثابت  $V$  كمية مادة (a) من المركب  $CH_3OCH_3$  ونقيس عند درجة حرارة ثابتة الضغط  $P_t$  في الدورق خلال الزمن نحصل على جدول النتائج التالية:

|                   |    |      |      |      |      |      |      |      |    |      |    |      |     |
|-------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|----|------|----|------|-----|
| $t(\text{min})$   | 0  | 6    | 9    | 16   | 20,5 | 25   | 32,5 | 38   | 46 | 70   | 96 | 130  | 160 |
| $P_t(\text{KPa})$ | 32 | 36,2 | 38,6 | 41,6 | 44,6 | 46,1 | 48,4 | 49,9 | 52 | 56,8 | 58 | 59,6 | 60  |

(1) أنشئ جدول تقدم التفاعل.

(2) عبر عن كمية المادة الكلية  $n(t)$  للغازات المتواجدة في الدورق عند لحظة معينة  $t$  بدلالة (a) وتقدم التفاعل  $x(t)$

(3) أ/ بين أن التقدم الحجمي للتفاعل  $\frac{x(t)}{V}$  يعطى بالعلاقة:  $\frac{x(t)}{V} = \frac{P(t) - P_0}{RT}$  حيث  $T$  درجة الحرارة للمزيج المتفاعل،

$R$  ثابت الغازات ( $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ )

$P_0$  الضغط الابتدائي.

ب/ بين لماذا يجب تثبيت درجة الحرارة للمزيج المتفاعل.

ج/ عبر عدديا عن التقدم الحجمي للتفاعل  $\frac{x(t)}{V}$  بدلالة  $P(t)$

ثم استنتج التراكيز المولية الحجمية لمختلف الغازات

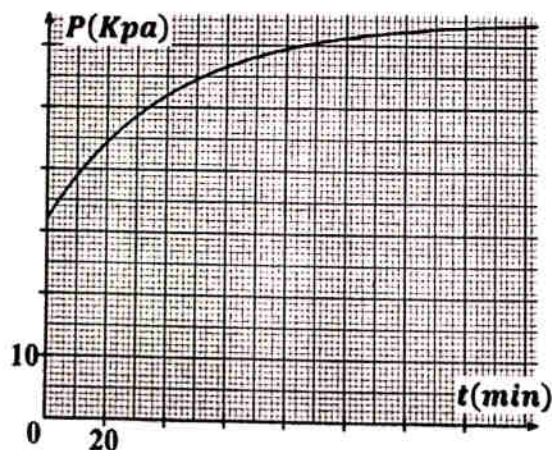
المتواجدة في الخليط عند اللحظة  $t = 25 \text{ min}$

(4) يمثل المنحنى المقابل تغيرات  $P(t)$ .

أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها

عند اللحظة  $t = 20 \text{ min}$

ب/ عرف زمن نصف التفاعل ثم احسب قيمته.



## تصحيح التمرين 10:

$$n(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = a ; \quad \theta = 504^\circ\text{C} = 504 + 273 = 777 \text{ K}$$

(1) إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة          |         | $\text{CH}_3\text{OCH}_3(g) = \text{CH}_4(g) + \text{CH}_2\text{O}(g)$ |       |       |
|-------------------|---------|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| الحالة الابتدائية | $x = 0$ | $a$                                                                    | $0$   | $0$   |
| الحالة الانتقالية | $x$     | $a - x$                                                                | $x$   | $x$   |
| الحالة النهائية   | $x_f$   | $a - x_f$                                                              | $x_f$ | $x_f$ |

(2) التعبير عن  $n(t)$  بدلالة  $x(t)$  و  $a$ :

$$n(t) = (a - x) + x + x = a + x \quad \text{ومنه} \quad \begin{cases} n_{\text{CH}_3\text{OCH}_3} = a - x \\ n_{\text{CH}_4} = x \\ n_{\text{CH}_2\text{O}} = x \end{cases} \quad \text{لدينا}$$

$$(3) \text{ / نبين أن: } \frac{x(t)}{V} = \frac{P(t) - P_0}{RT}$$

لما  $t = 0$ :

$$P_0 \cdot V = n \cdot R \cdot T = a \cdot R \cdot T$$

$$P_0 = \frac{aRT}{V} \dots \dots \dots (1)$$

$$P(t) \cdot V = (a + x) \cdot R \cdot T \Rightarrow P(t) = \frac{(a+x)RT}{V} \dots \dots \dots (2) \quad \text{في لحظة } t:$$

من (1) و (2) نجد:

$$P_t - P_0 = \frac{(a+x)R \cdot T}{V} - \frac{aRT}{V} = \frac{(a+x-a)R \cdot T}{V} = \frac{x}{V} \times RT$$

$$\Rightarrow \frac{x(t)}{V} = \frac{P(t) - P_0}{RT}$$

ب/ يصعب تتبع تفاعل بمتغيرين أو أكثر (درجة الحرارة + الضغط) فيثبت درجة الحرارة حتى يبقى متغير واحد وهو الضغط.

ج/ التعبير العددي عن  $\frac{x(t)}{V}$ :

$$\frac{x(t)}{V} = \frac{P_t - P_0}{R \cdot T} = \frac{P_t - 32 \times 10^3}{8,31 \times 777}$$

$$\frac{x(t = 25\text{min})}{V} = 2,18 \text{ mol/m}^3 = 2,18 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ه/ التراكيز المولية الحجمية عند  $t = 25\text{min}$ :

$$\left\{ \begin{aligned} [\text{CH}_3\text{OCH}_3] &= \frac{n}{V} = \frac{a-x}{V} = \frac{a}{V} - 2,18 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \dots \dots \dots (2) \\ [\text{CH}_4] &= \frac{n}{V} = \frac{x}{V} = 2,18 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \\ [\text{CH}_2\text{O}] &= \frac{n}{V} = \frac{x}{V} = 2,18 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{a}{V} = \frac{P_0}{R \cdot T} \Leftrightarrow P_0 \cdot V = a \cdot R \cdot T \quad \text{لدينا سابقا}$$

بالتعويض في (2) فنجد:

$$[\text{CH}_3\text{OCH}_3] = \frac{P_0}{RT} - \frac{x}{V}$$

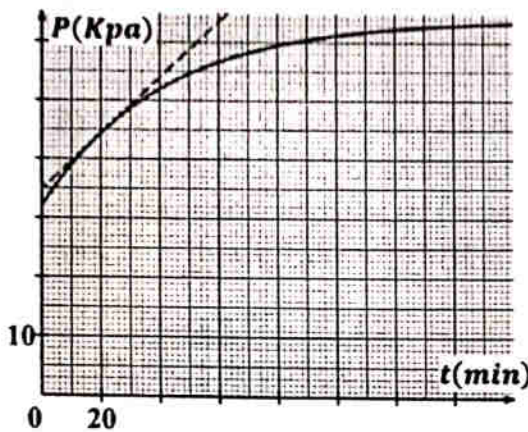
$$[\text{CH}_3\text{OCH}_3] = \frac{32 \times 10^3}{8,31 \times 777} - 2,18$$

$$[\text{CH}_3\text{OCH}_3] = 2,77 \text{ mol/m}^3 = 2,77 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$



(4)

أ/ السرعة الحجمية للتفاعل: هو مقدار تغير تقدم التفاعل لـ 1 ل خلال وحدة الزمن.



$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{x}{V} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{P - P_0}{R.T} \right)$$

$$v_{vol} = \frac{1}{RT} \times \frac{d(P)}{dt} = \frac{1}{RT} \times \frac{d(P)}{dt}$$

حيث:  $\frac{d(P)}{dt}$  تمثل ميل المماس لـ  $P = f(t)$  عند  $t = 20 \text{ min}$  من البيان المعطى.

$$v_{vol}(t = 20s) = \frac{1}{8,31 \times 777} \times \frac{(44 - 35) \times 10^3}{20 - 0}$$

$$v_{vol} = 7,74 \times 10^{-2} \text{ mol/m}^3 \cdot \text{min}$$

$$v_{vol} = 7,74 \times 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot \text{min}$$

ب/ زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي  
حساب قيمته:

$$(P - P_0) = \frac{x}{V} \times RT \quad \text{منه} \quad \frac{x}{V} = \frac{P - P_0}{R.T} \quad \text{لدينا}$$

$$P(t_{1/2}) = \frac{x_{t_{1/2}} \cdot R.T}{V} + P_0$$

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{a}{2} \quad \text{و لدينا}$$

$$P(t_{1/2}) = \frac{a \cdot R.T}{2V} + P_0 = \frac{a}{V} \times \frac{RT}{2} + P_0$$

لكن:  $\frac{a}{V} = \frac{P_0}{RT}$  ..... من ①

$$P(t_{1/2}) = \frac{P_0}{RT} \times \frac{RT}{2} + P_0 \Rightarrow P(t_{1/2}) = \frac{P_0}{2} + P_0 = \frac{3P_0}{2}$$

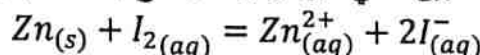
$$P(t_{1/2}) = \frac{3 \times 32 \times 10^3}{2} = 48 \times 10^3 \text{ pa}$$

بإسقاط القيمة نجد:  $t_{1/2} = 28 \text{ min}$

### تمارين المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية

#### التمرين 11:

وضعنا في بيشر حجما  $V_0 = 250 \text{ mL}$  من مادة مطهرة تحتوي على ثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  بتركيز  $c_0 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  ثم أضفنا له عند درجة حرارة ثابتة، قطعة من معدن الزنك  $Zn(s)$  كتلتها  $m = 0,5g$  التحول الكيميائي البطيء والتام الحادث بين ثنائي اليود والزنك يتمذج بتفاعل كيميائي نعبر عنه بالمعادلة:



متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على جدول القياسات التالي:

|                    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t(\times 10^2 s)$ | 0 | 1    | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   |
| $\sigma(S.m^{-1})$ | 0 | 0,18 | 0,26 | 0,38 | 0,45 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,52 |
| $x(\text{mmol})$   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

- (1) اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية.
- (2) احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلين.
- (3) أنجز جدولاً لتقدم التفاعل الحادث.
- (4) أ/ اكتب عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج التفاعلي بدلالة التقدم  $x$ .  
ب/ أكمل الجدول السابق.  
ج/ ارسم البيان  $x = f(t)$ .  
(5) أ/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم عين قيمته.  
ب/ جد قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين  $t_1 = 400\text{ s}$  و  $t_2 = 1000\text{ s}$ .  
ج/ فسر مجهرياً تطور السرعة الحجمية للتفاعل.  
يعطى:  $M(\text{Zn}) = 65.4\text{ g.mol}^{-1}$ ;  $\lambda_{\text{Zn}^{2+}} = 10.56\text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ ;  $\lambda_{\text{I}^-} = 7.70\text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$

## تصحيح التمرين 11:

- (1) الشرح: لتكوّن شوارد موجبة وسالبة في النواتج أو يمكن القول لتغير تركيز الشوارد في المحلول.
- (2) حساب كمية المادة الابتدائية:  $n_i(\text{I}_2) = 5 \times 10^{-3}\text{ mol}$  و  $n_i(\text{Zn}) = 7.65 \times 10^{-3}\text{ mol}$
- (3) جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل |        | $\text{I}_{2(aq)} + \text{Zn}_{(s)} = 2\text{I}_{(aq)}^- + \text{Zn}_{(aq)}^{2+}$ |                        |        |       |
|----------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|
| الحالة         | التقدم | كميات المادة (mol)                                                                |                        |        |       |
| ابتدائية       | 0      | $n_i(\text{I}_2)$                                                                 | $n_i(\text{Zn})$       | 0      | 0     |
| انتقالية       | $x$    | $n_i(\text{I}_2) - x$                                                             | $n_i(\text{Zn}) - x$   | $2x$   | $x$   |
| نهائية         | $x_f$  | $n_i(\text{I}_2) - x_f$                                                           | $n_i(\text{Zn}) - x_f$ | $2x_f$ | $x_f$ |

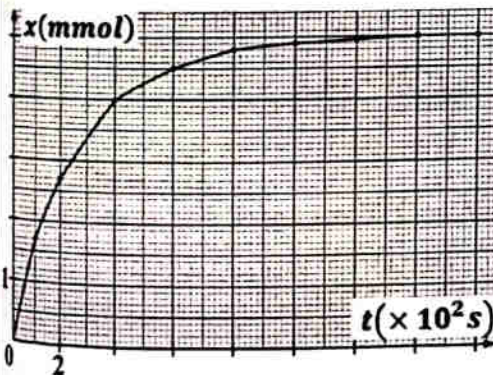
(4) أ/ كتابة العبارة الحرفية:

$$\sigma = \lambda_{\text{I}^-}[\text{I}^-] + \lambda_{\text{Zn}^{2+}}[\text{Zn}^{2+}] \Rightarrow \sigma = (2\lambda_{\text{I}^-} + \lambda_{\text{Zn}^{2+}}) \frac{x}{V_0} \Rightarrow \sigma = 103.84 x$$

ب/ تكملة الجدول:

$$x = \frac{V_0}{(2\lambda_{\text{I}^-} + \lambda_{\text{Zn}^{2+}})} \cdot \sigma = 9.63 \times 10^{-3} \sigma$$

|                           |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(\times 10^2\text{ s})$ | 0 | 1   | 2   | 4   | 6   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  |
| $x(\text{mmol})$          | 0 | 1,7 | 2,5 | 3,7 | 4,5 | 4,7 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,0 |

ج/ رسم المنحنى البياني  $x(t)$ :(5) أ/ تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ :

هو المدة الزمنية اللازمة لوصول تقدم إلى نصف قيمته النهائية.

تعيين قيمته:  $t_{1/2} = 200\text{ s}$ .

المثقفون يأتون لحل المشاكل  
بعد وقوعها، والعباقرة يسعون  
لمنعها قبل أن تبدأ  
البرت اينشتاين



ب/ إيجاد قيمة السرعة الحجمية في اللحظتين  $t = 400s$  و  $t = 1000s$ :

$$v_{vol} = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{dx}{dt}$$

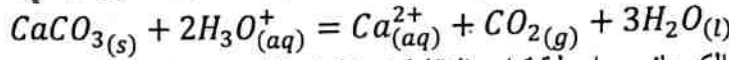
$$v_{vol}(400s) = \frac{1}{V_0} \left( \frac{dx}{dt} \right)_{400s} = \frac{1}{250 \times 10^{-3}} \left( \frac{3,7 - 1,7}{400 - 0} \right) = 2 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{vol}(1000s) = \frac{1}{V_0} \left( \frac{dx}{dt} \right)_{1000s} = \frac{1}{250 \times 10^{-3}} \left( \frac{4,8 - 4,3}{1000 - 0} \right) = 2,4 \times 10^{-3} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ج/ التفسير المجري لتطور السرعة الحجمية: أثناء التفاعل يتناقص تركيز المتفاعلات فتتناقص التصادمات الفعالة مما يؤدي إلى تناقص سرعة التفاعل.

### التمرين 12:

نضع في بالونة 2g من كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3(s)$  ومحلول حمض كلور الماء  $(\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)})$  حجمه  $V = 100\text{mL}$  وتركيزه  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ، المعادلة المنمذجة للتفاعل المدروس هي:



نقوم بمتابعة هذا التحول الكيميائي بواسطة قياس الناقلية في كل لحظة.

(1) ماهي الأفراد الكيميائية المسؤولة عن الناقلية؟ ما هو الفرد الخامل؟

(2) نلاحظ تجريبيًا تناقص في الناقلية النوعية للوسط التجريبي. علّل

(3) أنشئ جدول تقدم التفاعل.

(4) احسب الناقلية النوعية  $\sigma_0$  للمحلول عند اللحظة  $t = 0$ .

(5) برهن أن الناقلية النوعية  $\sigma$  مرتبطة بالتقدم  $x$  بالعلاقة:  $\sigma = 4,25 - 580x$

(6) استنتج أن:

$$\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2} \quad \text{و} \quad x = \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_f - \sigma_0} \cdot x_f$$

يعطى:  $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  ,  $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,5 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

$\lambda(\text{Ca}^{2+}) = 12,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  ,  $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$

### تصحيح التمرين 12:

(1) الأفراد الكيميائية المسؤولة عن الناقلية:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ، الفرد الخامل هو:  $\text{Cl}^-$

(2) تتناقص الناقلية النوعية للوسط التجريبي لأن شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  تختفي خلال التفاعل رغم تشكل شوارد

$\text{Ca}^{2+}$  ومنه نقارن بين  $\lambda_{\text{Ca}^{2+}}$  و  $2\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$  فنجد  $2\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} > \lambda_{\text{Ca}^{2+}}$

إذن: تتناقص ناقلية المحلول.

(3) إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ |              |       |       |       |
|----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_1$                                                                                        | $n_2$        | 0     | 0     | بوفرة |
| انتقالية | $x$     | $n_1 - x$                                                                                    | $n_2 - 2x$   | $x$   | $x$   | بوفرة |
| نهائية   | $x_f$   | $n_1 - x_f$                                                                                  | $n_2 - 2x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | بوفرة |

$$n_2 = C \cdot V = 0,1 \times 100 \times 10^{-3} = 0,01 \text{ mol}$$

(4) حساب الناقلية  $\sigma_0$  عند  $t = 0$ :

$$\sigma_0 = \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-] + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\sigma_0 = (\lambda_{\text{Cl}^-} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}) \times C = (7,5 \times 10^{-3} + 35 \times 10^{-3}) \times 0,1 \times 10^3 = 4,25 \text{ S/m}$$

(5) لنبرهن أن  $\sigma = 4,25 - 580x$ :

$$\sigma = \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] + \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Ca^{2+}} \times [Ca^{2+}]$$

$$\sigma = \lambda_{Cl^-} \times C + \lambda_{H_3O^+} \times \left( \frac{C \cdot V - 2x}{V} \right) + \lambda_{Ca^{2+}} \times \left( \frac{x}{V} \right)$$

$$\sigma = (\lambda_{Cl^-} + \lambda_{H_3O^+}) \times C + (-2\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Ca^{2+}}) \times \left( \frac{x}{V} \right)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{x}{V_T} (\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+}) = 4,25 + \frac{x}{0,1} (12 - 70)$$

$$\sigma = 4,25 - 580x$$

(6) استنتاج العلاقتان:

$$\delta_{t_{1/2}} = \delta_0 - 580x_{t_{1/2}}$$

$$\delta_{t_{1/2}} = \delta_0 - 580 \frac{x_f}{2}$$

$$\delta_{t_{1/2}} = \frac{2\delta_0 - 580x_f}{2}$$

$$\delta_{t_{1/2}} = \frac{\sigma_0 + (\sigma_0 - 580x_f)}{2}$$

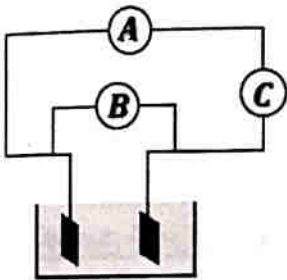
$$\sigma_{t_{1/2}} = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$$

$$\begin{cases} \delta = \delta_0 - 580x \\ \delta_f = \delta_0 - 580x_f \\ \delta - \delta_0 = -580x \\ \delta_f - \delta_0 = -580x_f \\ \frac{\delta - \delta_0}{\delta_f - \delta_0} = \frac{x}{x_f} \\ x = \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_f - \sigma_0} \cdot x_f \end{cases}$$

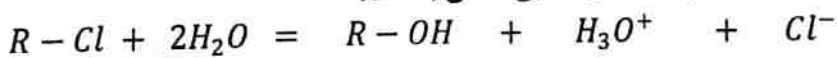
**التمرين 13:**

من أجل دراسة تطور التفاعل التام لـ 2-كلور 2-ميثيل بروبان (نرمز له بـ  $R - Cl$ ) في الماء. نسكب في بيشر 80 mL من خليط من ماء وستون، نضيف له حجما  $V = 20 \text{ mL}$  من محلول  $R - Cl$  تركيزه  $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$

I. نتابع تطور التحول الكيميائي الحاصل عن طريق الناقلية الكهربائية. من أجل ذلك نشكل الدارة الكهربائية التالية:



المعادلة المنمذجة للتفاعل السابق تعطى بالشكل:



- (1) لماذا يمكن متابعة تطور التفاعل عن طريق قياس الناقلية؟
- (2) اذكر ماذا تمثل الرموز  $A, B, C$  المشار إليها في الرسم؟
- (3) الهدف من هذا التركيب هو قياس ناقلية المحلول. اكتب عبارة ناقلية المحلول  $G$  بدلالة القياسات الممكنة.
- II. بواسطة التجهيز السابق استطعنا رصد تطورات الناقلية ثم استنتجنا تطور الناقلية النوعية للمحلول مع مرور الزمن فكانت النتائج التالية:

| $t(s)$        | 0 | 30    | 60    | 80    | 100   | 120   | 150   | 200   |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sigma(s/m)$ | 0 | 0,246 | 0,412 | 0,502 | 0,577 | 0,627 | 0,688 | 0,760 |

- (1) أنجز جدول تقدم التفاعل.
- (2) أوجد عبارة التقدم اللحظي للتفاعل  $x$  بدلالة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج ثم أكمل الجدول المرفق:

| $t(s)$           | 0 | 30 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 |
|------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| $x(\text{mmol})$ |   |    |    |    |     |     |     |     |

- (3) ارسم تغيرات التقدم  $x$  بدلالة الزمن.
- (4) عرف سرعة التفاعل ثم عين قيمتها عند اللحظة  $t = 50s$  مع شرح الطريقة المتبعة في ذلك.



(5) عين قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$  للتفاعل ثم القيمة العظمى للناقلية النوعية  $\sigma_{max}$  للمزيج. هل التفاعل وصل إلى نهايته عند اللحظة  $t = 200s$  ؟

(6) عين زمن نصف التفاعل بعد تعريفه مع شرح الطريقة التي تسمح بالحصول عليه؟  
يعطى:  $\lambda(Cl^-) = 7,6 \times 10^{-3} s.m^2/mol$  ،  $\lambda(H_3O^+) = 35 \times 10^{-3} s.m^2/mol$

## تصحيح التمرين 13:

(1) يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية لأنه يحتوي على شوارد موجبة وأخرى سالبة في النواتج.

(2) الرموز:

| C        | B        | A                  |
|----------|----------|--------------------|
| أومبومتر | فولطومتر | مولد كهربائي (GBF) |

(3) عبارة الناقلية  $G$ :

$$G = \frac{I}{U}$$

(1) إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $(CH_3)_3C - Cl_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = (CH_3)_3C - OH_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ |       |       |       |       |
|----------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                                          |       |       |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | 0,002                                                                                       | بوفرة | 0     | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$     | $0,002 - x$                                                                                 | بوفرة | $x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $0,002 - x_f$                                                                               | بوفرة | $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

$$n_0 = C.V = 20 \times 10^{-3} \times 0.1 = 0,002 \text{ mol}$$

(2) إيجاد عبارة التقدم  $x$  بدلالة  $\delta$ :

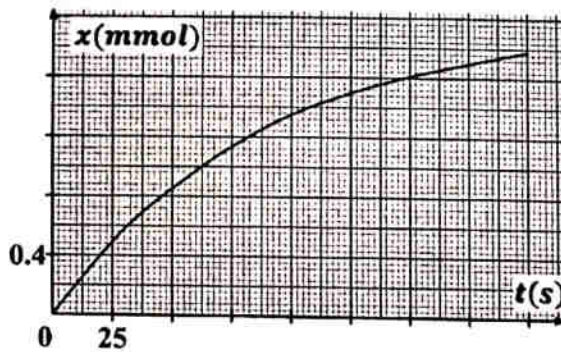
$$\delta = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] = \lambda_{H_3O^+} \times \frac{x}{V} + \lambda_{Cl^-} \times \frac{x}{V}$$

$$\delta = \frac{x}{V} (35 \times 10^{-3} + 7.6 \times 10^{-3}) = 426x \Rightarrow x = \frac{\delta}{426}$$

الجدول:

| t(s)    | 0 | 30   | 60   | 80   | 100  | 120  | 150  | 200  |
|---------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| x(mmol) | 0 | 0.58 | 0.97 | 1.18 | 1.35 | 1.47 | 1.61 | 1.78 |

(3) البيان:



(4) سرعة التفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة

$$v = \frac{dx}{dt}$$

للمزيج  $v(t = 50s) = \frac{dx}{dt}$  حيث  $\frac{dx}{dt}$  هي ميل المماس عند  $t = 50s$

$$v(t = 50s) = \frac{(0,84 - 0,2) \times 10^{-3}}{50 - 0} = 0,0128 \times 10^{-3} \text{ mol/s}$$

(5) تعيين  $x_{max}$  و  $\delta_{max}$ : من جدول التقدم:  $0,002 - x_{max} = 0$

$$x_{max} = 0,002 \text{ mol}$$

$$\delta_{max} = 426 \times x_{max} = 426 \times 0,002 = 0,852 \text{ (s/m)}$$

$$\delta(t = 200\text{s}) = 426x = 426 \times 1,78 \times 10^{-3} = 0,76 \text{ s/m}$$

(6) زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.  $\delta(t = 200\text{s}) < \delta_{max}$  التفاعل لا ينتهي عند  $t = 200 \text{ (s)}$ .

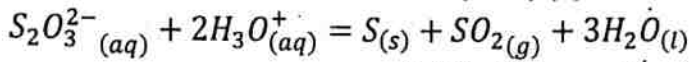
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{0,002}{2} = 0,001 \text{ mol} = 1 \text{ mmol}$$

بإسقاط القيمة على البيان نجد:  $t_{1/2} \approx 62,5 \text{ (s)}$ .

### التمرين 14:

لدراسة حركية تطور التحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم  $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$  ومحلول حمض كلور الماء  $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ .

في اللحظة  $t = 0$  نمزج حجما  $V_1 = 480 \text{ mL}$  من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه  $C_1 = 0,5 \text{ mol/L}$  مع حجم  $V_2 = 20 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $C_2 = 5,0 \text{ mol/l}$ . نمذج التفاعل الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:



(1) أنشئ جدول تقدم التفاعل.

(2) حدد المتفاعل المحد.

(3) إن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي

مكنك من رسم بيان الشكل والممثل لتغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن  $\sigma = f(t)$ .

- علل دون حساب سبب تناقص الناقلية النوعية.

(4) تعطى الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند لحظة  $t$  بالعلاقة:  $\sigma(t) = 20,6 - 170x$  / عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب/ بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل:

$$v_{vol} = -\frac{1}{170 \text{ V}} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

حيث  $V$  حجم الوسط التفاعلي المعتبر ثابتا.

ج/ احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 0$ .

د/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم حدد قيمته ببيان.

### تصحيح التمرين 14:

(1) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $S_2O_3^{2-}_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = S_{(s)} + SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ |                 |                  |           |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------|-----------|
| الحالة   | كميات المادة (mol)                                                        |                 |                  |           |           |
| بوفرة    |                                                                           |                 |                  |           |           |
| ابتدائية | $x = 0$                                                                   | $n_1$           | $n_2$            | 0         | 0         |
| انتقالية | $x$                                                                       | $n_1 - x$       | $n_2 - 2x$       | $x$       | $x$       |
| نهائية   | $x_{max}$                                                                 | $n_1 - x_{max}$ | $n_2 - 2x_{max}$ | $x_{max}$ | $x_{max}$ |

الإكره في الدين لا يصنع  
مؤمنين وإنما يصنع منافقين  
علاء الدين آل راشي



(2) تحديد المتفاعل المحد:

$$n_1 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n_1 = C_1 \times V_1 = 0,5 \times 0,480 = 0,24 \text{ mol}$$

$$n_2 - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_2}{2} = \frac{C_2 \times V_2}{2} = \frac{5 \times 0,02}{2} = 0,05 \text{ mol}$$

ومنه: المتفاعل المحد هو  $H_3O^+$  و  $x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$

(3) تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد:  $H_3O^+$  ،  $S_2O_3^{2-}$ .

(4) تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بدلالة الزمن في وحدة الحجم.

$$v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

ب/ البرهان:

$$x = \frac{20,6 - \sigma(t)}{170} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{170} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Rightarrow v_{\text{vol}} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

ج/ قيمة السرعة الحجمية:

$$v_{\text{vol}} = -\frac{1}{170 \times 0,5} \times \frac{0 - 20,6}{151 - 0} \approx 1,6 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{vol}} = 1,53 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

د/ تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

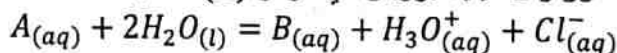
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025 \text{ mol} \quad \text{قيمته:}$$

$$\sigma(t_{1/2}) = 20,6 - 170 \times x_{t_{1/2}} = 20,6 - 170 \times 0,025 = 16,35 \text{ (S/m)}$$

ومن البيان نجد:  $t_{1/2} \approx [40 - 50] \text{ s}$

### التمرين 15:

ندرس التحول التام لإماهة 2-كلور و 2-ميثيل بروبان ذي الرمز (A)، تكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل كما يلي:



حيث B يمثل 2-ميثيل بروبان-2-ول، نضيف  $n_0 = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  من A لمزيج يحتوي (ماء-إيثانول) حجمه  $V = 50 \text{ mL}$ . الماء متواجد بوفرة، نقيس الناقلية النوعية  $\sigma$  (المحلول خلال الزمن، بعد مدة زمنية كبيرة تؤول الناقلية إلى القيمة  $\sigma_f = 1400 \text{ ms.m}^{-1}$ ).

| t(s)                       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17   | 20   | 24   |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| $\sigma(\text{mS.m}^{-1})$ | 102 | 194 | 281 | 366 | 444 | 516 | 645 | 757 | 850 | 930 | 1026 | 1100 | 1170 |

(1) لماذا يعتبر قياس الناقلية طريقة جيدة لمتابعة التفاعل خلال الزمن.

(2) أ/ ارسم البيان  $\sigma = f(t)$

ب/ أنجز جدول تقدم التفاعل.

ج/ عبر عن الناقلية النوعية  $\sigma$  بدلالة التقدم  $x$  والحجم  $V$  والنواقل المولية الشاردية.

(3) أ/ أوجد التقدم الأعظمي  $x_{\max}$  للتفاعل المدروس.

ب/ عبر عن الناقلية  $\sigma_f$  عند نهاية التفاعل بدلالة  $n_0$  ،  $V$  والنواقل المولية الشاردية

ج/ باستعمال السؤالين 2-ج و 3-ب، أوجد عبارة  $x$  في اللحظة  $t$  بدلالة  $\sigma$  و  $\sigma_f$  و  $n_0$

د/ أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة  $\sigma$  ،  $\sigma_f$  ،  $V$  و  $n_0$ .

هـ/ اعتمادا على البيان احسب السرعة الحجمية الابتدائية للتفاعل.

و/ عبر عن الناقلية النوعية عند زمن نصف التفاعل بدلالة  $\sigma_f$

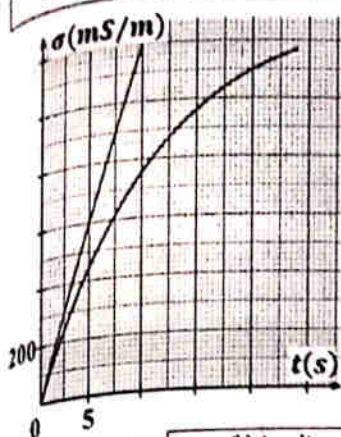
ز/ اعتمادا على البيان حدد زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

## تصحيح التمرين 15:

(1) يعتبر قياس الناقلية طريقة جيدة لمتابعة التفاعل خلال الزمن لوجود شوارد موجبة وشوارد سالبة في اللواتج.

(2)

أ/ رسم البيان:



ب/ إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $A_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = B_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ |       |       |       |       |
|----------|---------|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                |       |       |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_0$                                                             | بوفرة | 0     | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$     | $n_0 - x$                                                         | بوفرة | $x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_0 - x_f$                                                       | بوفرة | $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

$$n_0 = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ج/ التعبير عن  $\delta$  بدلالة  $x$  و  $V$  و  $\lambda$ :

$$\delta(t) = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-] = \lambda_{H_3O^+} \times \left(\frac{x}{V}\right) + \lambda_{Cl^-} \times \left(\frac{x}{V}\right)$$

$$\delta(t) = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x(t)}{V}$$

(3)

أ/ من جدول التقدم:

$$n_0 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x_{\max} = x_f = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ب/ التعبير عن  $\delta_f$  بدلالة  $n_0$  و  $V$  و  $\lambda$ :

$$\delta(t) = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \left(\frac{x(t)}{V}\right) \quad \text{لدينا :}$$

عند نهاية التفاعل تصبح العلاقة:

$$\delta_f(t) = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x_f}{V} = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{n_0}{V}$$

ج/ إيجاد عبارة  $x(t)$  بدلالة  $\delta$  و  $\delta_f$  و  $n_0$ :

$$\frac{\delta}{\delta_f} = \frac{(\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{x(t)}{V}}{(\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \frac{n_0}{V}}$$

$$\frac{\delta}{\delta_f} = \frac{x(t)}{n_0} \Rightarrow x(t) = \frac{\delta}{\delta_f} \times n_0$$

د/ السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d}{dt} \left( \frac{\delta}{\delta_f} \times n_0 \right)$$

$$\Rightarrow v_{vol} = \frac{n_0}{V \delta_f} \times \frac{d\delta}{dt}$$

حيث  $\frac{d\delta}{dt}$  يحسب من ميل المماس للبيان  $\sigma(t)$   
هـ/ حساب السرعة الحجمية:



$$v_{vol} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} \times \frac{9.2 \times 10^{-3}}{1400} \times \left( \frac{1200 - 0}{10 - 0} \right) \approx 0,016 \text{ mol/l.s}$$

و/ التعبير عن  $\delta$  عند  $t_{1/2}$  بدلالة  $\delta_\alpha$ :

$$\frac{\delta}{\delta_f} = \frac{x(t)}{n_0} \Rightarrow \frac{\delta}{\delta_f} = \frac{x(t)}{x_f}$$

$$\delta = \frac{x(t)}{x_f} \times \delta_f \Rightarrow \delta_{t_{1/2}} = \frac{x_{t_{1/2}}}{x_f} \times \delta_f = \frac{\frac{x_f}{2}}{x_f} \times \delta_f \Rightarrow \delta_{t_{1/2}} = \frac{\delta_f}{2}$$

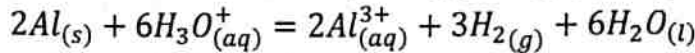
ز / تحديد  $t_{1/2}$ :

$$\delta_{t_{1/2}} = \frac{\delta_f}{2} = 700 \text{ (ms/m)}$$

بإسقاط هذه القيمة تجد :  $t_{1/2} \approx 9 \text{ (s)}$

### التمرين 16:

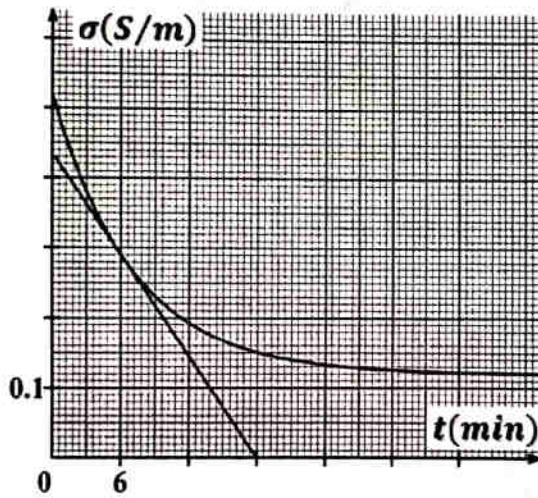
لفرض المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي النمذج بالمعادلة:



عن طريق قياس الناقلية النوعية عند درجة حرارة  $25^\circ C$  نضع في بيشر كتلة  $m = 27 \text{ mg}$  من الألمنيوم  $Al_{(s)}$  ونضيف إليه عند اللحظة  $t = 0$  حجما  $V = 20 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الماء  $(H_3O^+ + Cl^-)$  تركيزه

المولي  $C = 0,012 \text{ mol/l}$

ونتابع تغيرات الناقلية النوعية  $\sigma$  بدلالة الزمن  $t$  فحصل على البيان الموضح في الشكل.



(1) مثل جدولا لتقدم التفاعل.

(2) اكتب عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج التفاعلي.

(3) بين أن:  $\sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511$

(4) أوجد كمية المادة للفردين الكيميائيين:  $Al^{3+}_{(aq)}$

$t = 6 \text{ min}$  عند اللحظة  $H_3O^+_{(aq)}$

(5) بين أن سرعة التفاعل في هذه الحالة تعطى بالعلاقة:

$$v(t) = \frac{-1}{1,01 \times 10^4} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

(6) أوجد قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة  $t = 6 \text{ min}$

(7) استنتج السرعة الحجمية لتشكل الفرد الكيميائي  $Al^{3+}_{(aq)}$

عند اللحظة  $t = 6 \text{ min}$ .

تعطى عند درجة الحرارة  $25^\circ C$ :

$$\lambda(Al^{3+}) = 4 \times 10^{-3} \text{ s.m}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(Cl^-) = 7,6 \times 10^{-3} \text{ sm}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(H_3O^+) = 35 \times 10^{-3} \text{ sm}^2/\text{mol}$$

$$M(Al) = 27 \text{ g/mol}$$

### تصحيح التمرين 16:

(1) جدول التقدم:

| المعادلة |         | $2Al_{(s)} + 6H_3O^+_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ |                      |        |        |       |
|----------|---------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------|--------|-------|
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_0(Al)$                                                                | $n_0(H_3O^+)$        | 0      | 0      | بوفرة |
| انتقالية | $x$     | $n_0(Al) - 2x$                                                           | $n_0(H_3O^+) - 6x$   | $2x$   | $3x$   | بوفرة |
| نهائية   | $x_f$   | $n_0(Al) - 2x_f$                                                         | $n_0(H_3O^+) - 6x_f$ | $2x_f$ | $3x_f$ | بوفرة |

$$n_0(Al) = \frac{m}{M} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(H_3O^+) = C \cdot V = 20 \times 10^{-3} \times 0,012 = 0,24 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\begin{cases} x_{m_1} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mol} & \text{مرفوض} \\ x_{m_2} = 0,04 \times 10^{-3} \text{ mol} & \text{مقبول} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10^{-3} - 2x_m = 0 \\ 0,24 \times 10^{-3} - 6x_m = 0 \end{cases}$$

$$x_{m_2} < x_{m_1} \Rightarrow x_m = 0,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

إن المتفاعل المحد هو  $H_3O^+$ .

(2) كتابة عبارة  $\delta(t)$ :

$$\delta(t) = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{Al^{3+}} [Al^{3+}] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$$

(3) نبين العبارة المطلوبة:

$$\delta(t) = \lambda_{H_3O^+} \times \left( \frac{n_0(H_3O^+) - 6x}{V} \right) + \lambda_{Al^{3+}} \left( \frac{2x}{V} \right) + \lambda_{Cl^-} \left( \frac{n_0(H_3O^+)}{V} \right)$$

$$\delta(t) = \left[ (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times \left( \frac{n_0(H_3O^+)}{V} \right) \right] + \left[ \lambda_{Al^{3+}} \left( \frac{2x}{V} \right) - \lambda_{H_3O^+} \left( \frac{6x}{V} \right) \right]$$

$$\delta(t) = 0,511 - 10100x = 0,511 - 1,01 \times 10^4 x$$

(4) إيجاد كمية مادة  $Al^{3+}$  و  $H_3O^+$  عند  $t = 6 \text{ min}$

$$\delta = 0,3 \text{ s/m}$$

عند  $t = 6 \text{ min}$

$$\delta = 0,511 - 1,01 \times 10^4 x$$

$$x(t = 6 \text{ min}) = \frac{0,511 - \delta}{1,01 \times 10^4} = \frac{0,511 - 0,3}{1,01 \times 10^4} = 2,08 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) - 6x = 11,52 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n(Al^{3+}) = 2x = 4,16 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

(5) نبين عبارة السرعة:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(0,511 - \delta)}{dt \cdot 1,01 \times 10^4} = \frac{-1}{1,01 \times 10^4} \frac{d(\delta)}{dt}$$

(6) إيجاد  $v(t = 6 \text{ min})$

$$v(t = 6 \text{ min}) = \frac{-1}{1,01 \times 10^4} \frac{d(\delta)}{dt} = -9,9 \times 10^{-5} \times \frac{0,3 - 0,45}{6 - 0}$$

$$v(t = 6 \text{ min}) = 2,47 \times 10^{-6} \text{ mol/min}$$

(7) من جدول التقدم:

$$n(Al^{3+}) = 2x \Rightarrow \frac{dn(Al^{3+})}{dt} = 2 \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{1}{V} \times \frac{dn(Al^{3+})}{dt} = \frac{2}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

$$v_{vol}(Al^{3+}) = \frac{1}{V} \times 2 \left( \frac{dx}{dt} \right)_{t=6 \text{ min}} = 2,47 \times 10^{-4} \text{ mol/l.min}$$

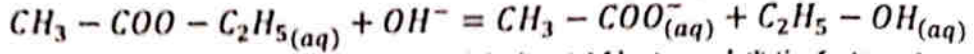
كان هناك خمس اخوات في منزل واحد،

سجى وسارة ومنى وسلوى وسعاد ، كانت سجى تكوي الثياب ، وسارة تقرأ كتاب ومنى تلعب شطرنج ، وسلوى تطبخ ، فماذا كانت سعاد تفعل ؟



التمرين 17:

تصبن استر هو تفاعل الاستر  $R - COO - R'$  مع محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)})$  ، نمزج في اللحظة  $t = 0$  كمية  $n_1 = 1 \text{ mmol}$  من هيدروكسيد الصوديوم مع كمية زائدة من الاستر. المعادلة النمذجة للتفاعل الكيميائي هي:



- (1) بين كيف يمكن متابعة هذا التطور بواسطة قياس الناقلية.  
(2) نقيس ناقلية المزيج في لحظات مختلفة ونسجل النتائج في الجدول التالي:

| نهاية التطور | 27   | 20   | 13   | 9    | 5    | 0   | $t(\text{min})$  |
|--------------|------|------|------|------|------|-----|------------------|
| 0,91         | 1,48 | 1,60 | 1,78 | 1,92 | 2,10 | 2,5 | $G(\text{ms})$   |
|              |      |      |      |      |      |     | $x(\text{mmol})$ |

- أ/ عبر عن الناقلية  $G$  بدلالة ثابت خلية القياس  $K$  وتركيز الشوارد المتواجدة في المزيج التفاعلي.  
ب/ باستعمال قيمة الناقلية عند اللحظة  $t = 0$ ، احسب النسبة  $\frac{K}{V}$  مبينا وحدتها،  $V$  هو حجم المزيج التفاعلي.  
ج/ أنشئ جدول لتقدم هذا التفاعل ثم تأكد من قيمة الناقلية في نهاية التحول.  
(3) نرمز لـ  $G(t)$  الناقلية في اللحظة  $t$ ، تأكد أن عبارة التقدم  $x$  في كل لحظة بدلالة  $G(t)$  هي:  
$$x = 1,57 \times 10^{-3} - 0,63 \cdot G(t)$$
  
(4) باستعمال هذه العلاقة املأ السطر الثالث من الجدول  
(5) مثل البيان  $x = f(t)$  واستنتج منه زمن نصف التفاعل.

يعطى:  $\lambda_{OH^-} = 20,0 \text{ ms.m}^2/\text{mol}$  ،  $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \text{ ms.m}^2/\text{mol}$  ،  $\lambda_{Na^+} = 5,0 \text{ ms.m}^2/\text{mol}$

تصحيح التمرين 17:

(1) يمكن متابعة التطور بواسطة قياس الناقلية لوجود شوارد موجبة وسالبة في الوسط التفاعلي.

(2) أ/ التعبير عن  $G$  بدلالة  $K$  والتركيز:  $G = K \times \sigma$

$$G = K \times (\lambda_{Na^+} \times [Na^+] + \lambda_{HO^-} \times [HO^-] + \lambda_{B^-} \times [B^-])$$

نضع:  $B^- = CH_3COO^-$

ب/ حساب  $\frac{K}{V}$ :

$$G_0 = K(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) \times \frac{n_1}{V} \Rightarrow \frac{K}{V} = \frac{G_0}{(\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})n_1} = 100 \text{ m}^{-2}$$

ج/ جدول التقدم:

| المعادلة | $CH_3 - COO - C_2H_5(aq) + OH^- = CH_3 - COO^-_{(aq)} + C_2H_5 - OH(aq)$ |                    |             |       |       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم                                                                   | كميات المادة (mol) |             |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$                                                                  | بوفرة              | $n_1$       | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$                                                                      | بوفرة              | $n_1 - x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                                    | بوفرة              | $n_1 - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

$$x_f = n_1 = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$G_f = K \times (\lambda_{CH_3COO^-} + \lambda_{Na^+}) \times \frac{n_1}{V} = 0,91 \text{ ms}$$

(3) إيجاد عبارة  $x$ :

$$G(t) = K \times \left[ \left( \lambda_{OH^-} \times \frac{n_1 - x}{V} \right) + \lambda_{Na^+} \times \left( \frac{n_1}{V} \right) + \lambda_{B^-} \times \left( \frac{x}{V} \right) \right]$$

$$G(t) = \frac{K}{V} [(\lambda_{OH^-} - (n_1 - x)) + \lambda_{Na^+} \cdot n_1 + \lambda_{B^-} \cdot x]$$

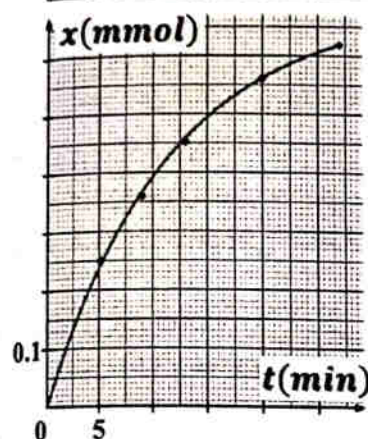
$$G(t) = \frac{K}{V} [(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+}) \times n_1 + (-\lambda_{OH^-} + \lambda_{B^-}) \cdot x]$$

$$G(t) = 2,5 \times 10^{-3} - 1,59x$$

$$x = \frac{2,5 \times 10^{-3} - G(t)}{1,59} \Rightarrow x(\text{mol}) = 1,57 \times 10^{-3} - 0,63G(t)$$

(4) إكمال الجدول:

| t(min)  | 0 | 5    | 9    | 13   | 20   | 27   | نهاية التطور |
|---------|---|------|------|------|------|------|--------------|
| x(mmol) | 0 | 0,25 | 0,36 | 0,45 | 0,56 | 0,63 | ≈ 1          |

(5) رسم البيان واستنتاج  $t_{1/2}$ :

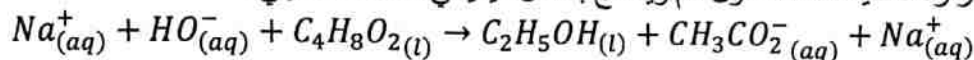
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{2} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow x(t_{1/2}) = 0,5 \text{ mmol}$$

$$t_{1/2} \approx 15,6 \text{ min} \quad \text{بالإسقاط نجد:}$$

**التمرين 18:**

نريد اصطناع إيثانوات الصوديوم في المخبر انطلاقا من تفاعل إيثانوات الإيثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم، عند درجة حرارة المحيط، هذا التحول تام وينمذج بتفاعل كيميائي معادلته كما يلي:



معطيات:

- الناقلية المولية الشاردية عند  $20^\circ C$  لبعض الشوارد:

| الشاردة                   | $Na^+$               | $HO^-$               | $CH_3CO_2^-$         |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $\lambda(S.m^2.mol^{-1})$ | $5,0 \times 10^{-3}$ | $2,0 \times 10^{-2}$ | $4,1 \times 10^{-3}$ |

- الكتلة المولية لإيثانوات الإيثيل:  $M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$ .- الكتلة الحجمية لإيثانوات الإيثيل:  $\rho = 0,90 \text{ g.mL}^{-1}$ .

(1) نضع في بيشر حجما  $V_0 = 200 \text{ mL}$  من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $C_0 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ونشغل المخلاط المغناطيسي، في اللحظة  $t = 0$  نضيف حجما  $V_1 = 1,0 \text{ mL}$  من إيثانوات الإيثيل، ثم نغمر في المزيج خلية قياس الناقلية لمتابعة قيمة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج بمرور الزمن. درجة حرارة الوسط التفاعلي تبقى ثابتة عند  $20^\circ C$ .

أ/ احسب كميات المادة الابتدائية في المزيج لكل من هيدروكسيد الصوديوم وإيثانوات الإيثيل.

ب/ أنشئ جدول تقدم التفاعل، وحدد المتفاعل المحد.

(2) نهمل الحجم  $V_1$ ، ونعتبر حجم المزيج  $V = V_0$ :

أ/ اكتب عبارة الناقلية النوعية للمزيج  $\sigma$  بدلالة  $[x_i]$  و  $\lambda_i$ ، حيث  $[x_i]$  يمثل تركيز النوع الشاردي في المحلول، و  $\lambda_i$  الناقلية النوعية المولية الشاردية لهذا النوع.

ب/ بين أن عبارة الناقلية النوعية للمزيج في اللحظة  $t = 0$  هي:  $\sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) \cdot C_0$ .

ج/ بين أن عبارة  $\sigma$  للمزيج في أي لحظة  $t$  بدلالة تقدم التفاعل  $x$  هي:

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{x}{V} (\lambda_{CH_3CO_2^-} - \lambda_{HO^-})$$



(3) متابعة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمزيج سمحت بالحصول على جدول القياسات التالي:

| $t(\text{min})$                         | 0  | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    |
|-----------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sigma(\text{mS} \cdot \text{m}^{-1})$ | 25 | 15,8  | 11,9  | 10,3  | 9,5   | 9,2   | 9,1   | 9,1   |
| $x(\text{mmol})$                        | 0  | 0,114 | 0,165 | 0,184 | 0,192 | 0,196 | 0,200 | 0,200 |

أ/ لماذا تتناقص الناقلية النوعية للمحلول أثناء هذا التحول الكيميائي؟  
ب/ ارسم المنحنى  $x = f(t)$ .

ج/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل، كيف تتغير هذه السرعة بمرور الزمن؟ برر إجابتك.

د/ هل يمكن اعتبار التفاعل قد انتهى في اللحظة  $t = 14 \text{ min}$ ؟ علّل.

هـ/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  وحدد قيمته.

و/ نعيد نفس التجربة في حمام مائي عند  $40^\circ\text{C}$  هل قيمة  $t_{1/2}$  تزداد، تتناقص، أم تبقى كما هي؟ برر إجابتك.

### تصحيح التمرين 18:

(1) أ/ حساب كميات المادة الابتدائية:

$$n_0(\text{OH}^-) = C_0 \cdot V_0 = 10^{-3} \times 0,2 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad / \quad m = \rho \cdot V = 0,9 \text{ g}$$

$$n_0(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = \frac{m}{M} = \frac{0,9}{88} = 0,01 \text{ mol}$$

ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + \text{OH}^- = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{CO}_2^-$ |                    |                          |       |       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم                                                                                                    | كميات المادة (mol) |                          |       |       |
| ابتدائية | 0                                                                                                         | 0,01               | $2 \times 10^{-4}$       | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$                                                                                                       | $0,01 - x$         | $2 \times 10^{-4} - x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                                                                     | $0,01 - x_f$       | $2 \times 10^{-4} - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

- تحديد المتفاعل المحد: نفرض أن:  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  هو المتفاعل المحد فنجد:  $x_{\text{max}} = 0,01 \text{ mol}$ .

نفرض أن:  $\text{OH}^-$  هو المتفاعل المحد فنجد:  $x_{\text{max}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

بما أن:  $2 \times 10^{-4} < 0,01$  فإن المتفاعل المحد هو:  $\text{OH}^-$ .

حيث:  $x_{\text{max}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

(2) أ/ عبارة الناقلية النوعية للمزيج  $\sigma$  بدلالة  $[x_i]$  و  $\lambda_i$ :

$$\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{OH}^-} \times [\text{OH}^-] + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} \times [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$$

ب/ عبارة الناقلية النوعية للمزيج في اللحظة  $t = 0$ : عند  $t = 0$  يكون  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  لم يتشكل بعد:

$$\sigma_0 = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+]_0 + \lambda_{\text{OH}^-} \times [\text{OH}^-]_0$$

$$\sigma_0 = \lambda_{\text{Na}^+} \times C_0 + \lambda_{\text{OH}^-} \times C_0 = C_0 \times (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{OH}^-})$$

ج/ عبارة  $\sigma$  المزيج في لحظة  $t$ :

$$\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{OH}^-} \times [\text{OH}^-] + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} \times [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$$

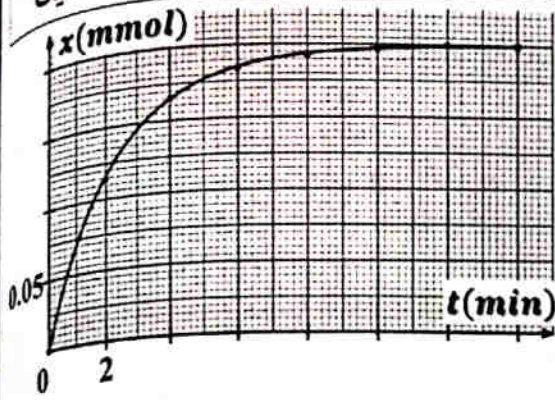
$$\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} \times C_0 + \lambda_{\text{OH}^-} \times \left( \frac{n_0 - x}{V} \right) + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} \times \left( \frac{x}{V} \right)$$

$$\sigma = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{OH}^-}) \times C_0 + \frac{x}{V} (-\lambda_{\text{OH}^-} + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-}) = \sigma_0 + \frac{x}{V} (-\lambda_{\text{OH}^-} + \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-})$$

(3) أ/ تتناقص الناقلية النوعية للمحلول أثناء هذا التحول الكيميائي بسبب اختفاء شوارد  $\text{OH}^-$  ذات الناقلية النوعية المولية الشارديّة الكبيرة وتشكل  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ذات الناقلية النوعية المولية الشارديّة الصغيرة نسبياً. ( $\lambda_{\text{OH}^-} > \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-}$ )

# الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شذات



ب/ رسم المنحنى:

ج/ تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في وحدة الحجم يعطى:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

-تتناقص السرعة الحجمية تدريجيا مع مرور الزمن إلى أن تنعدم بسبب تناقص عدد الأفراد الكيميائية وبالتالي التصادمات الفعالة ما يؤدي إلى تناقص في السرعة.

د/ نعم يمكن اعتبار أن التفاعل قد انتهى في اللحظة  $t = 14 \text{ min}$  لأن  $(x_{t=14\text{min}} = x_{max})$  هـ/ تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي

$$x_{t_{1/2}} = \frac{x_f}{2} = \frac{2 \times 10^{-4}}{2} = 10^{-4} \text{ mol}$$

بالإسقاط على البيان نجد:  $t_{1/2} \approx 1,8 \text{ min}$

و/ عندما نعيد التجربة في حمام مائي عند  $40^\circ\text{C}$ : يبلغ التفاعل حده في مدة أقل (تزداد سرعة التفاعل) أي تزداد تواتر الاصطدامات الفعالة وبالتالي ينقص زمن نصف التفاعل لأن درجة الحرارة عامل حركي.

## التمرين 19:

تفاعل أكسدة وإرجاع بين شوارد بيروكسوديكبريتات  $S_2O_8^{2-}(aq)$  و شوارد اليود  $I_2(aq)$  في محلول مائي.

المعطيات: الثنائيات مرجع/مؤكسد:  $(I_2(aq)/I_2(aq))$  ,  $(S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq))$

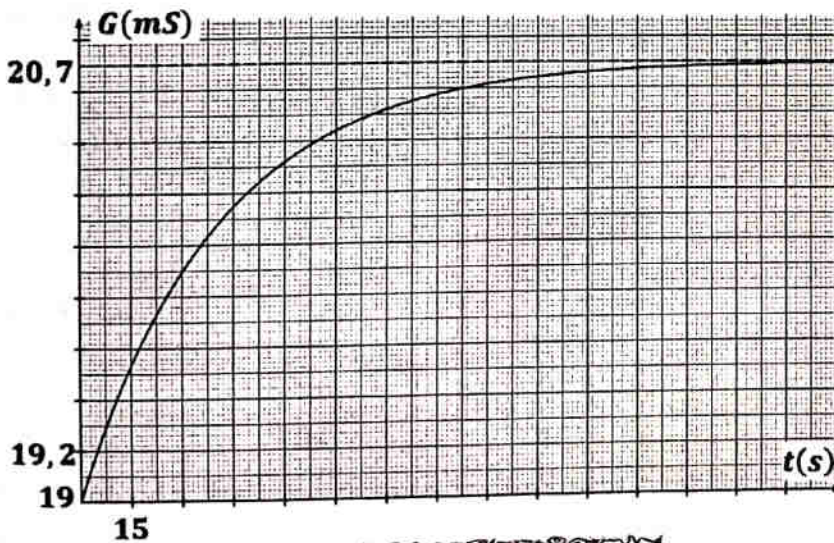
ندخل في كأس، حجما  $V_1 = 40 \text{ mL}$  لمحلول مائي من بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم  $(2K_2^{+}(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$

ذي التركيز المولي  $C_1 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  في اللحظة  $t = 0$  نضيف حجما  $V_2 = 60 \text{ mL}$  من محلول

ليود البوتاسيوم  $(K_2^{+}(aq) + I_2(aq))$  ذي التركيز المولي  $C_2 = 1,5 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  بواسطة جهاز قياس

الناقلية مرتبط بنظام لرصد المعطيات والذي يمكن من تتبع تطور ناقلية المحلول خلال الزمن.

المنحنى المحصل عليه هو كالتالي:



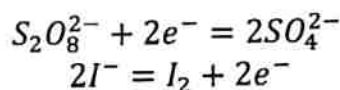
واحد شري صباط كبير  
عليه ولا يقادرو



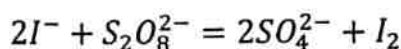
- (1) اكتب المعادلتين النصفيتين الداخلتين في التفاعل.
  - (2) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع للتحويل الكيميائي الحادث.
  - (3) أنجز جدول تقدم التفاعل ثم اكتب عبارة تراكيز مختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج بدلالة التقدم  $x$  والحجم  $V$  للمزيج
  - (4) بين أن العلاقة بين الناقلية  $G$  والتقدم  $x$  للتفاعل يكتب على الشكل:  
 $G = \frac{1}{V} (A + Bx)$  حيث أن  $V$  هو الحجم الكلي للمحلول، و  $A, B$  ثابتان يطلب تعيين عبارتهما.
  - (5) أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة التقدم  $x$ ، واستنتج تعبيرها بدلالة الناقلية  $G$ .  
 ب/ من البيان، احسب قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة  $t = 30s$ .  
 ج/ حدد قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$  للتفاعل.  
 د/ باستغلال نتيجة السؤال السابق، تحقق حسابيا من قيمة  $G_{max}$  الناقلية الأعظمية عند نهاية التفاعل، ثم حدد بيانيا لحظة انتهاء التفاعل.
  - (6) احسب  $t_{1/2}$ .
- تعطى:  $A = 1,9 \text{ mS.l}$  و  $B = 42 \text{ mS.l.mol}^{-1}$

## تصحیح التمرین 19:

(1) المعادلتين النصفيتين:



(2) معادلة التفاعل الإجمالية:



(3) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $S_2O_8^{2-}(aq)$     | $2I^-(aq)$            | $=$ | $2SO_4^{2-}(aq)$ | $+$ | $I_2(aq)$ |
|----------|---------|-----------------------|-----------------------|-----|------------------|-----|-----------|
| الحالة   |         | كميات المادة (mol)    |                       |     |                  |     |           |
| التقدم   | الحالة  |                       |                       |     |                  |     |           |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_1 = C_1 \cdot V_1$ | $n_2 = C_2 \cdot V_2$ |     | 0                |     | 0         |
| انتقالية | $x$     | $n_1 - x$             | $n_2 - 2x$            |     | $2x$             |     | $x$       |
| نهائية   | $x_f$   | $n_1 - x_f$           | $n_2 - 2x_f$          |     | $2x_f$           |     | $x_f$     |

حيث:  $n_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ,  $n_2 = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}$ عبارة التراكيز بدلالة  $x$  و  $V$ :

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-3} - x}{V} ; [SO_4^{2-}] = \frac{2x}{V}$$

$$[I^-] = \frac{9 \times 10^{-3} - 2x}{V} ; [I_2] = \frac{x}{V}$$

$$[K^+] = \frac{2 \times n_1 + n_2}{V} = \frac{1,7 \times 10^{-2}}{V}$$

(4) بيان عبارة  $G$ : نعلم أن:

$$G = \sigma K = (\lambda_{S_2O_8^{2-}} \times [S_2O_8^{2-}] + \lambda_{SO_4^{2-}} \times [SO_4^{2-}] + \lambda_{I^-} \times [I^-] + \lambda_{K^+} \times [K^+]) \times K$$

$$G = \frac{K}{V} ((4 \times 10^{-3} - x) \cdot \lambda_{S_2O_8^{2-}} + 2x \cdot \lambda_{SO_4^{2-}} + (9 \times 10^{-3} - 2x) \cdot \lambda_{I^-} + (1,7 \times 10^{-3}) \cdot \lambda_{K^+})$$

$$G = \frac{K}{V} ((4 \times 10^{-3} \lambda_{S_2O_8^{2-}} + 9 \times 10^{-3} \lambda_{I^-} + 1,7 \times 10^{-3} \lambda_{K^+}) + (2\lambda_{SO_4^{2-}} - 2\lambda_{I^-} - \lambda_{S_2O_8^{2-}}) \cdot x)$$

$$A = K(4 \times 10^{-3} \lambda_{S_2O_8^{2-}} + 9 \times 10^{-3} \lambda_{I^-} + 1,7 \times 10^{-3} \lambda_{K^+})$$

$$B = K(2\lambda_{SO_4^{2-}} - 2\lambda_{I^-} - \lambda_{S_2O_8^{2-}})$$

(5) تعريف السرعة الحجمية: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن خلال وحدة تعطى بالعلاقة:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

استنتاج العبارة: لدينا:  $G = \frac{1}{V} (A + Bx)$  باشتقاق الطرفين:

$$\frac{dG}{dt} = \frac{B}{V} \times \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{V}{B} \frac{dG}{dt}$$

إذن تصبح عبارة السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \left( \frac{V}{B} \frac{dG}{dt} \right) = \frac{1}{B} \times \frac{dG}{dt}$$

ب/ حساب السرعة الحجمية  $t = 30$  s

$$v_{vol} = \frac{1}{42 \cdot 10^{-3}} \left( \frac{19,9 - 19,3}{30 - 0} \right) 10^{-3}$$

$$v_{vol} = 4,76 \times 10^{-4} \text{ mol/L.s}$$

ج/ حساب  $x_{max}$  من جدول التقدم لدينا:

$$\begin{cases} x_{max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ \text{أو} \\ x_{max} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{cases} \text{ منه } x_{max} \text{ المقبول هو:}$$

$$x_{max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

د/ لدينا:  $x_{max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ونعلم أن:

$$G_{max} = \frac{1}{V} (A + Bx_{max}) = \frac{1}{0,1} (1,9 \times 10^{-3} + 42 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3})$$

$$G_{max} \approx 20,7 \text{ mS}$$

بالإسقاط بيانيا نجد:  $t = 210$  s وفي اللحظة يمكن اعتبار التفاعل منتهي.

(6) إيجاد  $t_{1/2}$

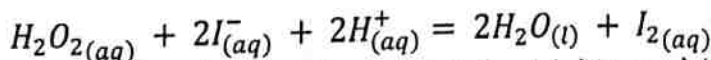
$$G(t_{1/2}) = \frac{G_0 + G_f}{2} = \frac{19 + 20,7}{2} = 19,85 \text{ mS}$$

بالإسقاط نجد:  $t_{1/2} \approx 30$  s

### تمارين المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة

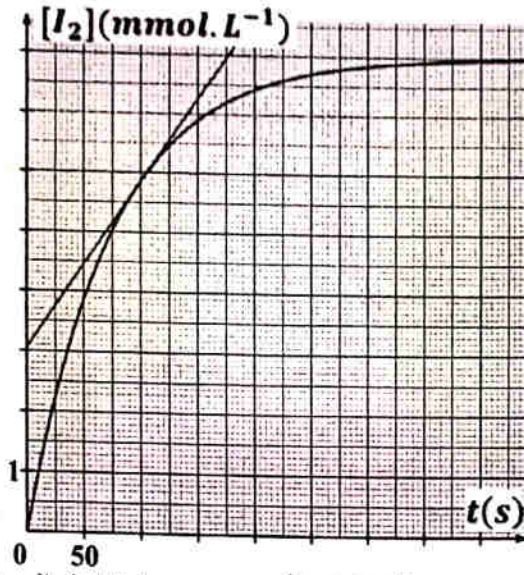
#### التمرين 20:

لأجل الدراسة الحركية لتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني، نحضر في بيشر في اللحظة  $t = 0$  المزيج التفاعلي S المشكل من الحجم  $V_1 = 368 \text{ mL}$  من محلول يود البوتاسيوم تركيزه  $C_1 = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$  والحجم  $V_2 = 32 \text{ mL}$  من الماء الأكسجيني الذي تركيزه  $C_2 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  وكمية كافية من حمض الكبريت المركز، فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود  $I_{(aq)}^-$  وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثنائي اليود. نمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الآتية:



نتابع التطور الحركي للتفاعل من خلال قياس التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في لحظات زمنية متعاقبة، وذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية: نأخذ في اللحظة  $t$  عينة حجمها  $V = 40,0 \text{ mL}$  من المزيج التفاعلي S ونسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر والنشاء، فيتلون المزيج بالأزرق، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العينة محلولاً مائياً لثيوكبريتات الصوديوم  $(2Na_{(aq)}^+ + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)})$  الذي تركيزه المولي  $C_3 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  غاية اختفاء اللون الأزرق. باستغلال الحجم  $V_E$  لثيوكبريتات الصوديوم المضاف ومعادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولي لثنائي اليود في اللحظة  $t$ .





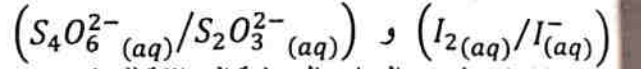
نعيد العملية في لحظات متعاقبة، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود  $[I_2(aq)]$  المتشكل بدلالة الزمن  $t$  فنحصل على المنحنى البياني.

(1) / وضح برسم تخطيطي التركيب المستعمل في عملية المعايرة.

ب/ ما هي الوسيلة التي تستعملها لأخذ 40 mL من المزيج التفاعلي؟

ج/ اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

الثنائيتان مرجع/مؤكسد المساهمتان في هذا التحول هما:



(2) عرّف التكافؤ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز

المولي لثنائي اليود  $[I_2(aq)]$  بدلالة الحجم  $V$  والحجم  $V_E$

والتركيز المولي  $C_3$  لثيوكبريتات الصوديوم.

(3) أنشئ جدولاً للتقدم المميز لتفاعل يود البوتاسيوم والماء الأكسجيني وبين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد.

(4) عرّف  $v$  السرعة الحجمية للتفاعل، ثم احسب قيمتها في اللحظة  $t = 100s$ .

(5) جد بيانياً زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

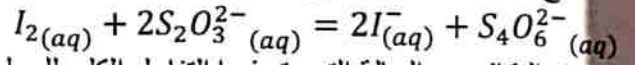
### تصحیح التمرين 20:

(1) أ- الرسم التخطيطي:

ب- الوسيلة هي: ماصة عيارية بحجم 20 mL أو ماصة

مدرجة 50 mL

ج- معادلة تفاعل المعايرة:



(2) التكافؤ هو الحالة التي يتم فيها التفاعل الكلي للمحلول المعاير

وفق المعاملات الستوكيومترية، أو الحالة التي يكون فيها

المزيج ستوكيومترية.

$$\begin{aligned} \frac{n(I_2)}{1} &= \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2} \Rightarrow \frac{[I_2]V}{1} \\ &= \frac{C_3 \times V_E}{2} \Rightarrow [I_2] \\ &= \frac{C_3 \times V_E}{2V} \end{aligned}$$

(3) جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | $H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) = 2H_2O(l) + I_2(aq)$ |                     |               |       |       |       |
|----------------|---------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-------|-------|-------|
| الحالة         | التقدم                                                  | كميات المادة (mmol) |               |       |       |       |
| ابتدائية       | 0                                                       | 3,2                 | 18,4          | بوفرة | بوفرة | 0     |
| انتقالية       | $x$                                                     | $3,2 - x$           | $18,4 - 2x$   | بوفرة | بوفرة | $x$   |
| نهائية         | $x_f$                                                   | $3,2 - x_f$         | $18,4 - 2x_f$ | بوفرة | بوفرة | $x_f$ |

تحديد المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} 3,2 - x_{max} = 0 \\ 18,4 - 2x_{max} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{max1} = 3,2 \text{ mmol} & \text{مقبول} \\ x_{max2} = 9,2 \text{ mmol} & \text{مرفوض} \end{cases}$$

ومنه المتفاعل المحد هو:  $H_2O_2$ .

(4) السرعة الحجمية: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في 1 لتر من الوسط التفاعلي،  $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

لما  $t = 100 \text{ s}$  فإن:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{6 - 3,2}{100 - 0} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mmol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

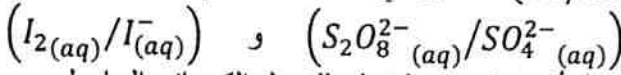
(5) إيجاد  $t_{1/2}$ :

$$[I_2]_{t_{1/2}} = \frac{[I_2]_f}{2} = 4 \text{ mmol/L}$$

بالإسقاط على البيان نجد:  $t_{1/2} \approx 50 \text{ s}$

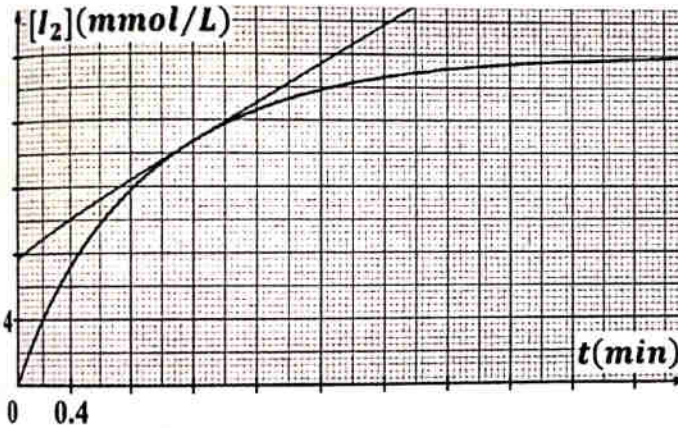
### التمرين 21:

نمزج في اللحظة  $t = 0$  حجما  $V_1 = 200 \text{ mL}$  من محلول مائي ليبروكسودي كبريتات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_1 = 4.00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  مع حجم  $V_2 = 200 \text{ mL}$  من محلول مائي ليود البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_2 = 4.0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
I. إذا علمت أن الثنائيتين  $(Ox/Red)$  الداخليتين في التحول الكيميائي الحاصل هما:



(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع النمذج للتحول الكيميائي الحاصل.  
(2) أنجز جدولاً تقدم التفاعل الحادث. استنتج المتفاعل المحد.

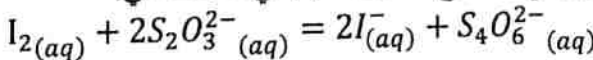
II. توجد عدة تقنيات لمتابعة تطور تشكل ثنائي اليود  $I_2$  بدلالة الزمن. استخدمت واحدة منها في تقدير كمية ثنائي اليود ورسم البيان:



(1) كم يستغرق التفاعل من الوقت لإنتاج نصف كمية ثنائي اليود النهائية؟  
(2) احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود في اللحظة  $t = 1,2 \text{ min}$ .

شيء يأكل كل شيء وعندما  
يشرب يموت فما هو؟

III. إن الطريقة التي أدت نتائجها إلى رسم البيان المقابل، تعتمد في تحديد تركيز ثنائي اليود المتشكل عن طريق المعايرة، حيث تؤخذ عينات متساوية، حجم كل منها  $V = 10 \text{ mL}$  من الوسط التفاعلي في أزمنة مختلفة (توضع العينة مباشرة لحظة أخذها في الماء والجليد) ثم نعاير محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم  $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}(aq))$  تركيزه المولي  $C' = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
المعادلة المعبرة عن التفاعل الكيميائي النمذج للتحول الكيميائي الحادث هي:

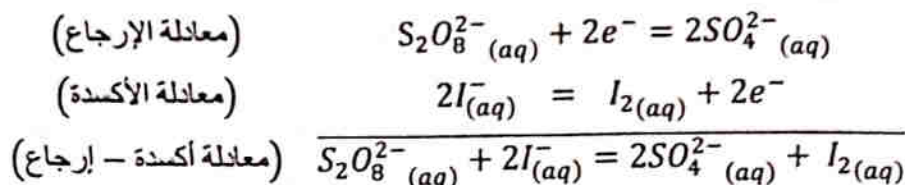


(1) اذكر الخواص الأساسية لتفاعل المعايرة.  
(2) أوجد عبارة  $[I_2]$  بدلالة كل من  $V$ ،  $V_E$ ،  $C'$ . حيث  $V_E$  هو حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لبلوغ نقطة التكافؤ  $E$ .  
(3) احسب الحجم المضاف  $V_E$  في اللحظة  $t = 1.2 \text{ min}$ .



## تصحيح التمرين 21:

1. كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل:



2. جدول التقدم:

| المعادلة |         | $S_2O_8^{2-} (aq) + 2I^- (aq) = 2SO_4^{2-} + I_2$ |                        |        |       |
|----------|---------|---------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                |                        |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_1 \cdot V_1$                                   | $C_2 \cdot V_2$        | 0      | 0     |
| انتقالية | $x$     | $C_1 \cdot V_1 - x$                               | $C_2 \cdot V_2 - 2x$   | $2x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $C_1 \cdot V_1 - x_f$                             | $C_2 \cdot V_2 - 2x_f$ | $2x_f$ | $x_f$ |

$$n(S_2O_8^{2-}) = C_1 \cdot V_1 = 4 \times 10^{-2} \times 200 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I^-) = C_2 \cdot V_2 = 4 \times 10^{-1} \times 200 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

استنتاج المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} n_1 - x_f = 0 \\ n_2 - 2x_f = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_f = 8 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ x_f = 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{cases}$$

مقبول

مرفوض

إذن المتفاعل المحد هو:  $S_2O_8^{2-}$  و مقدار التقدم الأعظمي  $x_{max} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 

.II

$$(1) \text{ تحديد الوقت اللازم لإنتاج نصف كمية ثنائي اليود النهائية: } n(I_2)_{t_{1/2}} = \frac{n_f(I_2)}{2}$$

$$[I_2]_{t_{1/2}} = \frac{[I_2]_f}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ mmol/l}$$

بإسقاط هذه القيمة نجد:  $t_{1/2} = 0,6 \text{ min}$ 

$$(2) \text{ حساب السرعة الحجمية لتشكيل } I_2 \text{ عند } t = 1,2 \text{ min}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{d[I_2] \cdot V}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt} \quad (\text{ميل المماس})$$

$$v_{vol} = \frac{(14,8 - 7,6) \times 10^{-3}}{1,2 - 0} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol/l.min}$$

.III

(1) الخواص الأساسية للتفاعل: سريع وتام.

(2) إيجاد عبارة  $[I_2]$ : عند نقطة التكافؤ تكون:

$$\frac{n(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_8^{2-})}{2} \Rightarrow [I_2] \cdot V = \frac{C' \times V_E}{2} \Rightarrow [I_2] = \frac{C' \times V_E}{2V}$$

حساب الحجم المضاف  $V_E$  في اللحظة  $t = 1,2 \text{ min}$ :لنا:  $t = 1,2 \text{ min}$  يكون:  $[I_2] = 14,8 \text{ mmol/L}$ 

$$V_E = \frac{2[I_2] \times V}{C'} = \frac{2 \times 14,8 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3}}{10^{-2}} = 29,6 \times 10^{-3} \text{ L} = 29,6 \text{ mL}$$

التمرين 22:

نأخذ عينة من منظف طهي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود  $I_2(aq)$  تركيزه المولي  $C_0$ . نضيف إليها قطعة من الزنك  $Zn(s)$  فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف

(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيين الداخلتين في التفاعل هما:  $(Zn^{2+}/Zn(s))$  ،  $(I_2(aq)/I^-_{(aq)})$ .

(2) التجربة الأولى: عند درجة الحرارة  $20^\circ C$  نضيف إلى حجم  $V = 50 mL$  من المنظف قطعة من  $Zn$ ، ونتابع تغيرات  $[I_2(aq)]$  بدلالة الزمن  $t$  فنحصل على البيان

$$[I_2(aq)] = f(t) \text{ (الشكل).}$$

أ/ اقترح طريقة لمتابعة هذا التفاعل.

ب/ عرف السرعة الحجمية لاختفاء  $I_2$  مبينا طريقة حسابها بيانيا.

ج/ كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء  $I_2$  مع الزمن؟ فسر ذلك بيانيا ومجهريا.

(3) التجربة الثانية: نأخذ نفس الحجم  $V$  من نفس العينة عند

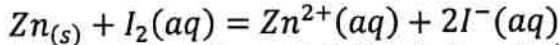
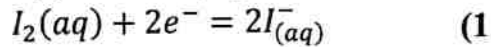
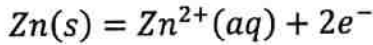
الدرجة  $20^\circ C$ ، نضعها في حوالة عيارية سعتها  $100 mL$  ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك. توقع شكل

البيان (2)،  $[I_2] = g(t)$  وارسمه كيفيا، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى. علل.

(4) التجربة الثالثة: نأخذ نفس الحجم  $V$  من نفس العينة، ترفع درجة الحرارة إلى  $80^\circ C$ ، توقع شكل البيان (3) وارسمه كيفيا، في نفس المعلم السابق.

(5) ماهي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب؟ فسرهما مجهريا؟

تصحيح التمرين 22:



(2) أ/ يمكن متابعة هذا التفاعل بعدة طرق نذكر من بينها:

✓ طريقة المعايرة اللونية لثنائي اليود المتشكل بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم.

✓ طريقة قياس الناقلية لاحتواء المحلول على شوارد موجبة وسالبة.

ب) تعريف السرعة الحجمية لاختفاء  $I_2$ : هي المقدار الموجب لتغير كمية مادة ثنائي اليود  $I_2$  بالنسبة لزمن خلال وحدة حجوم.

$$v = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(I_2)}{dt}$$

$$v = -\frac{d[I_2]}{dt}$$

تحسب السرعة بيانيا بالقيمة الموجبة لميل المماس للمنحنى في كل لحظة  $t$ .

ج) السرعة الحجمية تتناقص مع مرور الزمن

التفسير البياني: ميل المماس يتناقص.

التفسير المجهرى: أثناء التفاعل يتناقص تركيز المتفاعلات وبالتالي تتناقص الاصطدامات الفعالة مما يؤدي إلى نقصان في سرعة التفاعل.

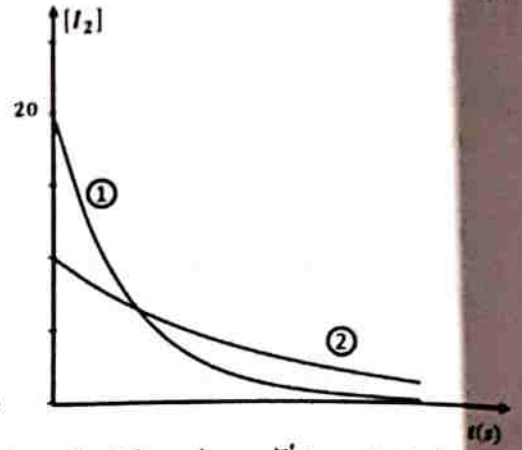
لا تقلق من تدابير البشر فأقصى

ما يستطيعون فعله معك هو تنفيذ إرادة الله

محمد متولى الشعراوى رحمه الله

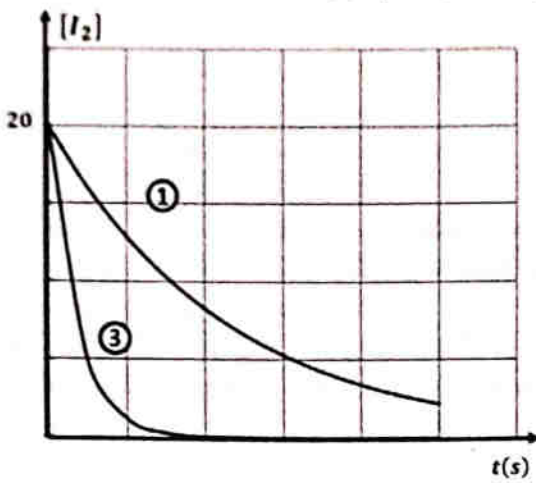


(3) شكل المنحنى:



السرعة عند  $t = 0$  أقل من السرعة في التجربة (1) عند نفس اللحظة بسبب التناقص في التركيز الابتدائي.

(4) عند درجة الحرارة  $80^\circ\text{C}$ .



(5) العوامل الحركية هي:

- التركيز المولي للمتفاعلات.

- درجة الحرارة.

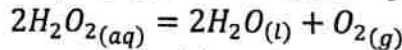
التفسير المجري للعوامل الحركية:

درجة الحرارة: عند ارتفاع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للأفراد المتفاعلة مما يؤدي إلى زيادة التصادمات الفعالة فيسبب ذلك زيادة سرعة التفاعل.

التركيز الابتدائي للمتفاعلات: عند زيادة التركيز الابتدائي لأحد لمتفاعلات يزداد عدد الأفراد الكيميائية مما يؤدي إلى زيادة التصادمات الفعالة فيسبب ذلك زيادة سرعة التفاعل.

### التمرين 23:

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة وكذلك في التبييض. يتفكك الماء الأكسجيني ذاتياً وفق التفاعل البطيء والتام النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:



اقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق.

وضع الأستاذ في متناولهم المواد والوسائل التالية:

- قارورة تحتوي على 500 mL من الماء الأكسجيني  $S_0$  منتج حديثاً كتب عليها ماء أكسجيني  $10\text{ V}$ .

(كل 1L من الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين، الحجم المولي:

$$V_M = 22.4 \text{ L/mol}$$

- الزجاجيات:

• حوجلات عيارية: 250mL، 200mL، 100mL، 50mL.

• ماصة عيارية: 10mL، 5mL، 1mL وإجاصة مص.

• بيشر سعتة: 250mL.

• سحاحة مدرجة سعتها: 50mL.

- قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثاً تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات  $C' = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

- ماء مقطر.

- قارورة حمض الكبريت المركز 98%.

- حامل.

قام الأستاذ بتفويض التلاميذ إلى أربع مجموعات مصغرة (A, B, C, D) ثم طلب منهم القيام بما يلي:

أولاً: تحضير محلول S بحجم 200mL أي بتمديد عينة من المحلول  $S_0$  40 مرة.

(1) ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.

(2) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل. (تفكك الماء الأكسجيني).

(3) احسب التركيز المولي للمحلول  $S_0$ . استنتج التركيز المولي للمحلول S.

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شنايت

ثانياً: تأخذ كل مجموعة حجماً من المحلول S، وتضيف إليه حجماً معيناً من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدول التالي:

| رمز المجموعة             | A  | B  | C  | D  |
|--------------------------|----|----|----|----|
| حجم الوسيط التفاعلي (mL) | 1  | 5  | 0  | 2  |
| حجم $H_2O_2$ (mL)        | 49 | 45 | 50 | 48 |
| حجم الوسيط التفاعلي (mL) | 50 | 50 | 50 | 50 |

(1) ما دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة؟

(2) تأخذ كل مجموعة، في لحظات زمنية مختلفة، حجماً مقداره  $V_0 = 10 \text{ mL}$  من الوسيط التفاعلي الخاص بها و يوضع في الماء البارد والجليد و تجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز).

أ/ ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد؟

ب/ اكتب معادلة تفاعل المعايرة علماً أن الثنائيات الداخلة في التفاعل هي:  $(O_2/H_2O_2)$ ،  $(MnO_4^-/Mn^{2+})$

ج/ برهن أن تركيز الماء الأكسجيني:  $[H_2O_2] = \frac{5C' \cdot V_E}{2V_0}$

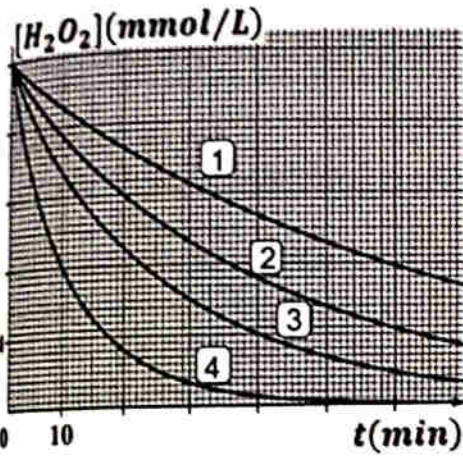
حيث  $V_E$  هو حجم برمنغنات البوتاسيوم اللازم إضافته لحدوث التكافؤ.

(3) سمحت عمليات المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل). أ/ حدد البيان الخاص بكل مجموعة.

ب/ أوجد من البيان التركيز المولي للمحلول S المعيار. استنتج التركيز المولي للمحلول  $S_0$ .

ج/ هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة؟

د/ أوجد قيمة زمن نصف التفاعل للبيان الموافق للمجموعة C.



## تصحيح التمرين 23:

أولاً:

(1) البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول S.

حجم المحلول  $S_0$  الواجب أخذه بالماصة: معامل التمديد:  $F = \frac{C_0}{C} = \frac{V}{V_0} = 40$  ومنه:  $V_0 = \frac{V}{40} = 5 \text{ mL}$

الأدوات المستعملة: ماصة عيار 5 mL، حوالة سعتها 200 mL، إجاصة مص.

المواد المستعملة: الماء الأكسجيني، الماء المقطر.

طريقة العمل: بواسطة ماصة عيارية سعتها 5 mL مزودة بإجاصة مص نأخذ 5 mL من المحلول  $S_0$  ونضعها في حوالة عيارية سعتها 200 mL، نكمل بالماء المقطر حتى خط العيار، ثم نرج المحلول جيداً للحصول على محلول متجانس.

(2) جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | $2H_2O_2(aq) = O_{2(g)} + 2H_2O(l)$ |              |       |
|----------------|-------------------------------------|--------------|-------|
| بوفرة          | 0                                   | $n_0$        | 0     |
| بوفرة          | $x$                                 | $n_0 - 2x$   | $x$   |
| بوفرة          | $x_f$                               | $n_0 - 2x_f$ | $x_f$ |

(3) التركيز المولي للمحلول  $S_0$ :

$$n_0 - 2x_f = 0 \Rightarrow n_0 = 2x_f \Rightarrow n_0 = 2 \cdot n_f(O_2)$$

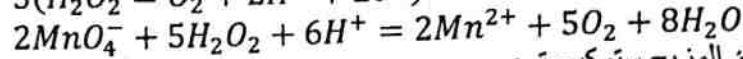
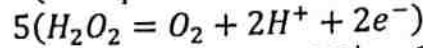
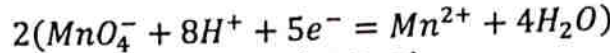
$$C_0 \cdot V = 2 \times \frac{V_{O_2}}{V_M} \Rightarrow C_0 \cdot V = 2 \times \frac{10V}{V_M} \Rightarrow C_0 = \frac{20}{22,4} = 0,893 \text{ mol/l}$$

$$\text{- التركيز المولي للمحلول S: } c = \frac{c_0}{40} = 2,23 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$



ثانياً:

- (1) الوسيط عامل حركي يعمل على تسريع أو تبطيء التفاعل دون أن يظهر في المعادلة المعبرة عن التفاعل.  
 أنواع الوساطة: متجانسة لأن الوسيط والمحول يشكلان طوراً واحداً (سائل).  
 (2) الغرض من إضافة الماء البارد والجليد: إيقاف تطور التفاعل.  
 ب/ المعادلة المعبرة عن التفاعل:



ج/ البرهان: عند التكافؤ المزيج ستوكيومترى

$$\frac{n(MnO_4^-)}{2} = \frac{n(H_2O_2)}{5} \Rightarrow \frac{C' \cdot V_E}{2} = \frac{[H_2O_2]V_0}{5} \Rightarrow [H_2O_2] = \frac{5C' \cdot V_E}{2V_0}$$

(3) أ/ تحديد البيانات:

- البيان (1) ————— المجموعة (C)  
 -البيان (3) ————— المجموعة (D)  
 -البيان (2) ————— المجموعة (A)  
 -البيان (4) ————— المجموعة (B)

ب/ من الرسم:  $c = 4 \times 5 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

$$c_0 = F \cdot c = 40 \times 2 \times 10^{-2} = 0,8 \text{ mol.L}^{-1}$$

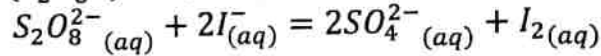
ج/ النتائج: مطابقة في حدود أخطاء التجربة والقياس.

د/ زمن نصف التفاعل:

$$t_{1/2} \approx 45 \text{ min}$$

## التمرين 24:

ينمذج التحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسوديكبريتات ( $S_2O_8^{2-}$ ) وشوارد اليود ( $I^-$ ) في الوسط المائي بتفاعل تام معادلته:



- I. لدراسة تطور هذا التفاعل في درجة حرارة ثابتة ( $\theta = 35^\circ C$ ) بدلالة الزمن، نمزج في اللحظة ( $t = 0$ ) حجماً  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول مائي لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ( $2K^+ + S_2O_8^{2-}$ ) تركيزه المولي  $c_1 = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  مع حجم  $V_2 = 100 \text{ mL}$  من محلول مائي ليود البوتاسيوم ( $K^+ + I^-$ ) تركيزه المولي  $c_2 = 8.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  فنحصل على مزيج حجمه  $V_T = 200 \text{ mL}$ .  
 (1) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الحاصل.

(2) اكتب عبارة التركيز المولي  $[S_2O_8^{2-}]$  لشوارد البيروكسوديكبريتات في المزيج خلال التفاعل بدلالة:  $V_1$ ،  $C_1$ ،  $V_2$ ، التركيز المولي لثنائي اليود ( $I_2$ ) في المزيج.

(3) احسب قيمة  $[S_2O_8^{2-}]$  التركيز المولي لشوارد البيروكسوديكبريتات في اللحظة ( $t = 0$ ) لحظة انطلاق التفاعل بين شوارد ( $S_2O_8^{2-}$ ) وشوارد ( $I^-$ ).

II. لمتابعة التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن. نأخذ في أزمنة مختلفة  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$  عينات من المزيج حجم كل عينة  $V_0 = 10 \text{ mL}$  ونبردها مباشرة بالماء البارد والجليد وبعدها نعاير ثنائي اليود ثنائي اليود المتشكل خلال المدة  $t_i$  بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ) تركيزه المولي  $C' = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  وفي كل مرة تسجل  $V'$  حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدول القياسات التالي:

|                        |   |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| $t(\text{min})$        | 0 | 5   | 10  | 15  | 20   | 30   | 45   | 60   |
| $V'(\text{mL})$        | 0 | 4.0 | 6.7 | 8.7 | 10.4 | 13.1 | 15.3 | 16.7 |
| $[I_2](\text{mmol/L})$ |   |     |     |     |      |      |      |      |

(1) لماذا تبرد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج؟

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شبايت

(2) في تفاعل المعايرة تتدخل الثنائيتان:  $S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$  و  $I_2(aq)/I^-(aq)$ .

اكتب المعادلة الاجمالية لتفاعل الأكسدة-إرجاع الحاصل بين الثنائيتين.

(3) بين مستعينا بجدول تقدم تفاعل المعايرة أن التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند نقطة التكافؤ يعطى بالعلاقة:

$$[I_2] = \frac{1}{2} \times \frac{C' \times V'}{V_0}$$

(4) اكمل جدول القياسات.

(5) ارسم على ورقة ميليمترية البيان  $[I_2] = f(t)$ .

(6) احسب بيانيا السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $(t = 20 \text{ min})$ .

### تصحيح التمرين 24:

I.

(1) اجدول التقدم:

| المعادلة | $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$ |                          |                           |        |       |
|----------|---------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم                                                  | كميات المادة (mol)       |                           |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$                                                 | $4 \times 10^{-3}$       | $8 \times 10^{-3}$        | 0      | 0     |
| انتقالية | $x$                                                     | $4 \times 10^{-3} - x$   | $8 \times 10^{-3} - 2x$   | $2x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                   | $4 \times 10^{-3} - x_f$ | $8 \times 10^{-3} - 2x_f$ | $2x_f$ | $x_f$ |

(2) عبارة التركيز المولي اللحظي  $[S_2O_8^{2-}](t)$ : من جدول التقدم الحالة الانتقالية نجد أن كمية مادة شوارد

بيروكسوديكبريتات المتبقية في المزيج هي:  $n(S_2O_8^{2-}) = C_1 \times V_1 - x$

$$[S_2O_8^{2-}](t) = \frac{n(S_2O_8^{2-})}{V_T} = \frac{C_1 V_1 - x}{V_T} = \frac{C_1 V_1}{V_T} - \frac{n(I_2)}{V_T} = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} - [I_2](t)$$

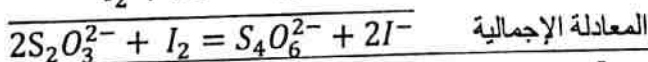
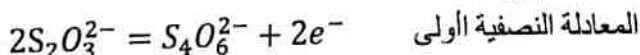
(3) قيمة التركيز المولي  $[S_2O_8^{2-}]_0$  في اللحظة  $t = 0$ : بما أن تركيز ثنائي اليود في اللحظة  $t = 0$  معدوما فإن

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_1 \times V_1}{V_1 + V_2} = \frac{4 \times 10^{-2} \times 0,1}{0,2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

II.

(1) تبرّد العينات مباشرة بعد أخذها من المزيج لإبطاء التفاعل والمحافظة على تركيب العينة على ما هو عليه لحظة فصلها عن المزيج.

(2) المعادلة الإجمالية لتفاعل المعايرة:



| المعادلة     | $2S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2I^-$ |                |       |        |
|--------------|-------------------------------------------|----------------|-------|--------|
| حالة التكافؤ | $n(S_2O_3^{2-}) - 2x_E$                   | $n(I_2) - x_E$ | $x_E$ | $2x_E$ |

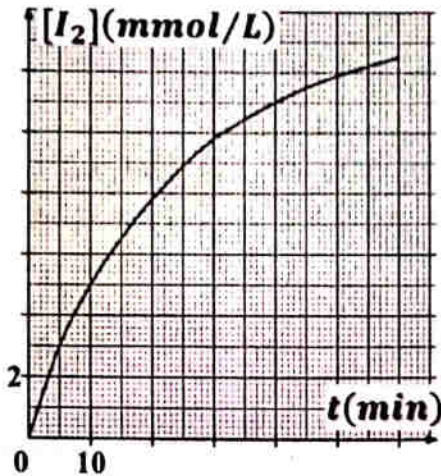
(3) عبارة التركيز المولي لثنائي اليود بدلالة  $C', V', V_0$ .

$$[I_2]_t = \frac{1}{2} \times \frac{C' \cdot V'}{V_0} \quad \text{ومنه:} \quad n(I_2) = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2} \Leftrightarrow \begin{cases} n(I_2) - x_E = 0 \\ n(S_2O_3^{2-}) - 2x_E = 0 \end{cases} \quad \text{عند التكافؤ:}$$

(4) إتمام جدول القياسات:

|                        |   |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| $t(\text{min})$        | 0 | 5   | 10  | 15  | 20   | 30   | 45   | 60   |
| $V' \text{ (mL)}$      | 0 | 4,0 | 6,7 | 8,7 | 10,4 | 13,1 | 15,3 | 16,7 |
| $[I_2](\text{mmol/L})$ | 0 | 3,0 | 5,0 | 6,5 | 7,8  | 9,8  | 11,5 | 12,5 |



(5) رسم البيان  $[I_2] = f(t)$ 

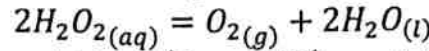
(6) حساب السرعة الحجمية:

$$v_{vol}(t = 20min) = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$$

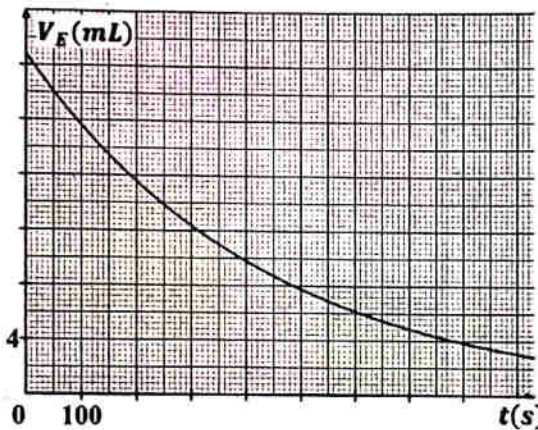
$$v(t = 20 min) \approx 2,4 \times 10^{-4} mol.min^{-1}.L^{-1}$$

## التمرين 25:

الماء الأكسجيني  $H_2O_2$  أهمية بالغة، فهو معالج للمياه المستعملة ومطهر للجروح ومعقم في الصناعات الغذائية. الماء الأكسجيني يتفكك بتحول بطيء جدا في الشروط العادية معطيا غاز ثنائي الأكسجين والماء وفقا للمعادلة الممنجة للتفاعل الكيميائي:



لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بدلالة الزمن، نأخذ مجموعة أنابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم



$V_0 = 10mL$  من هذا المحلول ونضعها عند اللحظة  $t = 0$  في حمام مائي درجة حرارته ثابتة.

عند كل لحظة  $t$ ، نفرغ أنبوبة اختبار في بيشر ونضيف إليه ماء وقطع جليد وقطرات من حمض الكبريت المركز

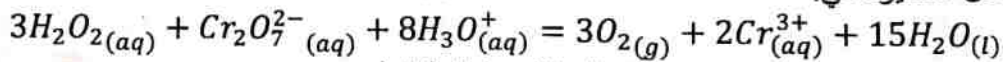
$(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$  ثم نعاير المزيج بمحلول مائي لثاني

كرومات البوتاسيوم  $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$  تركيزه المولي

$c = 0,1 mol.L^{-1}$  فنحصل في كل مرة على الحجم  $V_E$

اللازم لبلوغ التكافؤ. سمحت النتائج المحصل عليها برسم المنحنى الممثل في الشكل.

(1) معادلة تفاعل المعايرة هي:



أ/ اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل.

ب/ هل يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط في هذا التفاعل؟ علّل.

ج/ هل يؤثر إضافة الماء وقطع الجليد على قيمة حجم التكافؤ  $V_E$ ؟ لماذا؟

(2) عبر عن التركيز المولي  $[H_2O_2]$  لمحلول الماء الأكسجيني بدلالة  $c$  و  $V_E$  و  $V_0$ .

(3) القارورة التي أخذ منها الماء الأكسجيني المستخدم في هذه التجربة كتب عليها الدلالة (10V) أي: (كل 1L من

محلول الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين  $O_2$  في الشرطين النظاميين).

- هل المحلول محضرا حديثا؟ علّل.

(4) بالاعتماد على المنحنى والعبارة المتوصل إليها في السؤال 2- جد:

أ/ زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

ب/ عبارة السرعة الحجمية لاختفاء  $H_2O_{2(aq)}$  بدلالة  $V_E$ .

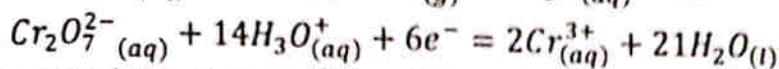
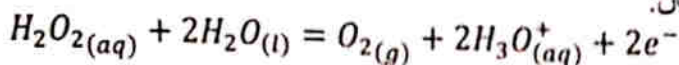
ج/ قيمة السرعة الحجمية لاختفاء الماء الأكسجيني عند اللحظتين  $t_1 = 200s$ ،  $t_2 = 600s$ . ماذا تلاحظ؟ علّل.

يعطى:  $V_M = 22.4 L.mol^{-1}$

تدور ولا تتعب وتأكّل ولا تشرب فما هي ؟

## تصحيح التمرين 25:

(1) أ/ المعادلتين النصفيتين:

ب/ لا يمكن اعتبار حمض الكبريت ( $2H_3O^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ) كوسيط لأنه استهلك في التفاعل (المشاردة  $H_3O^+_{(aq)}$ )ج/ إضافة الماء وقطع الجليد لا تؤثر في قيمة  $V_E$  لأن كمية الماء الأكسجيني  $H_2O_{2(aq)}$  لا تتغير (التكافؤ ينطق بكمية المادة وليس التركيز).(2) عبارة التركيز المولي  $[H_2O_2]$  عند نقطة التكافؤ. جدول تقدم التفاعل: (يمكن عدم استعماله).

| معادلة التفاعل | $3H_2O_{2(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + 8H_3O^+_{(aq)} = 3O_{2(g)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 15H_2O_{(l)}$ |              |             |       |        |        |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------|--------|--------|
| ابتدائية       | 0                                                                                                   | $n_1$        | $n_2$       | بوفرة | 0      | 0      |
| انتقالية       | $x$                                                                                                 | $n_1 - 3x$   | $n_2 - x$   |       | $3x$   | $2x$   |
| نهائية         | $x_f$                                                                                               | $n_1 - 3x_E$ | $n_2 - x_E$ |       | $3x_E$ | $2x_E$ |

عند نقطة التكافؤ المزيج ستوكيومري.

$$\frac{n_1}{3} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow \frac{[H_2O_2] \cdot V_0}{3} = C \cdot V_E \Rightarrow [H_2O_2] = \frac{3 \times C \cdot V_E}{V_0}$$

(3) صحة المعلومات المكتوبة على القارورة.

-حساب  $[H_2O_2]$  من البيان: عند  $t = 0$  لدينا:  $V_{E0} = 6,2 \times 4 \text{ ml} = 24,8 \text{ ml}$   
بالتعويض في العبارة السابقة نجد:

$$[H_2O_2]_0 = \frac{3 \times 0,1 \times 24,8 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0,74 \text{ mol/L}$$

-حساب التركيز من المعلومات المكتوبة: جدول التقدم للتفكك الذاتي للماء الأكسجيني.

| المعادلة | $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ |           |       |
|----------|------------------------------------------|-----------|-------|
| ابتدائية | $n$                                      | 0         | بوفرة |
| انتقالية | $n - 2x$                                 | $x$       | بوفرة |
| نهائية   | $n - 2x_{max}$                           | $x_{max}$ | بوفرة |

من أجل  $H_2O_2$  متفاعل محد فإن:

$$n - 2x_{max} = 0 \Rightarrow n = 2x_{max} \Rightarrow n = 2n(O_2)_{max} \Rightarrow C \cdot V = 2 \times \frac{V_{O_2}}{V_m}$$

$$C \cdot V = 2 \times \frac{10V}{22,4} \Rightarrow C = \frac{20}{22,4} = 0,892 \text{ mol} > 0,74 \text{ mol/L}$$

إذن المحلول غير حديث التحضير.

(4) أ/ زمن نصف التفاعل:

$$t = t_{1/2} \rightarrow x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} \rightarrow [H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2}$$

$$V_E(t_{1/2}) = \frac{V_E(0)}{2}$$

من البيان نجد:  $t_{1/2} \approx 300s$ ب/ عبارة السرعة الحجمية لاختفاء  $H_2O_2$  بدلالة  $V_E$ .

$$v_{vol} = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(H_2O_2)}{dt} = -\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{n}{V}\right) = -\frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

$$v_{vol} = -\frac{d}{dt} \times \left(\frac{3 \cdot C \cdot V_E}{V_0}\right) = -\frac{3 \cdot C}{V_0} \times \frac{dV_E}{dt}$$



ج/ قيمة السرعة الحجمية لاختفاء  $H_2O_2$ .

تقل بين  $[1,1 \rightarrow 1,3]$

$$v_1 = 1,17 \times 10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

عند اللحظة  $t_1 = 200s$

تقل بين  $[0,35 \rightarrow 0,55]$

$$v_2 = 0,42 \times 10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

عند اللحظة  $t_1 = 600s$

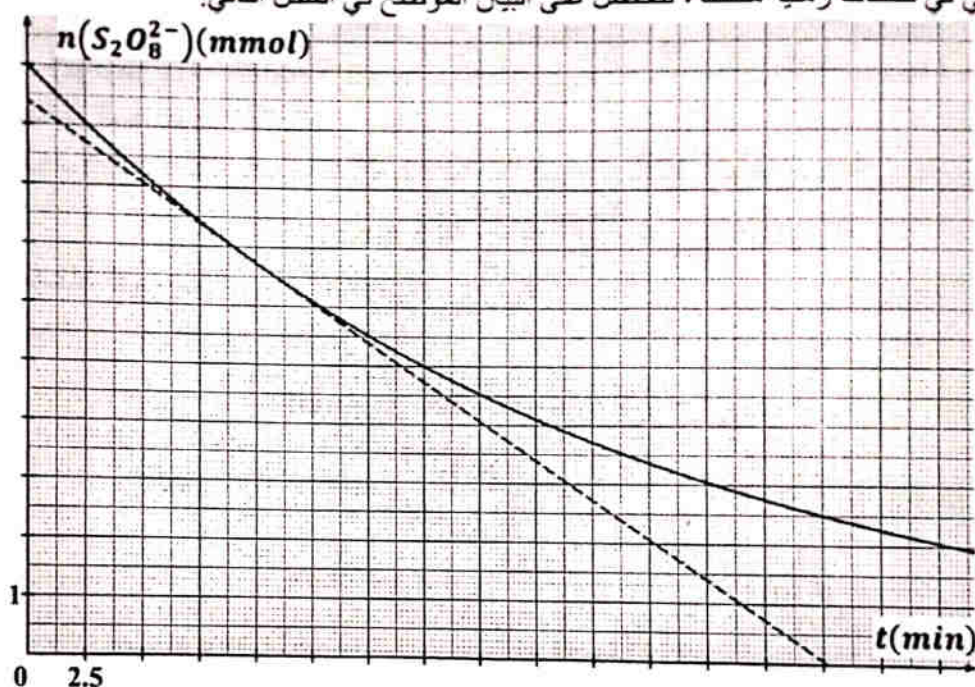
ملاحظ أن:  $v_1 > v_2$

التعليق: تتناقص السرعة بسبب تناقص التركيز المولي للماء الأكسجيني أثناء التفاعل.

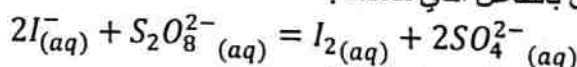
### تمارين عامة حول المتابعة الزمنية

#### التمرين 26:

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول ( $S_1$ ) البيروكسونيكبرينات البوتاسيوم ( $2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}$ ) وشوارد محلول ( $S_2$ ) ليود البوتاسيوم ( $K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$ ) في درجة حرارة ثابتة. لهذا الغرض نمزج في اللحظة  $t = 0$  حجما  $V_1 = 50 \text{ mL}$  من المحلول ( $S_1$ ) تركيزه  $C_1 = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  مع حجم  $V_2 = 50 \text{ mL}$  من المحلول ( $S_2$ ) تركيزه  $C_2 = 1.0 \text{ mol.L}^{-1}$ . نتابع تغيرات كمية مادة  $S_2O_8^{2-}$  المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فنحصل على البيان الموضح في الشكل التالي:



نمذج التحول الكيميائي الحاصل بالتفاعل الذي معادلته:



- (1) حدد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل.
- (2) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.
- (3) حدد المتفاعل المحدد علماً أن التحول تام.
- (4) عرف زمن نصف التفاعل ( $t_{1/2}$ ) واستنتج قيمته بيانياً.
- (5) أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة  $t_{1/2}$ .
- (6) استنتج بيانياً قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t = 10 \text{ min}$ .

قام أحد الأشخاص ببناء نزل جديد يحتوي على 100 غرفة.  
تم تعيين رسام مشهور لرسم الأرقام على أبواب الغرف من 1 إلى 100.  
كم مرة سوف يرسم الرسام الرقم ثمانية؟

## تصحيح التمرين 26:

(1) تحديد الثنائيات:



(2) إنشاء جدول التقدم:

| المعادلة |         | $2 I^- + S_2O_8^{2-} = I_2 + 2 SO_4^{2-}$ |             |       |        |
|----------|---------|-------------------------------------------|-------------|-------|--------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                        |             |       |        |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_2$                                     | $n_1$       | 0     | 0      |
| انتقالية | $x$     | $n_2 - 2x$                                | $n_1 - x$   | $x$   | $2x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_2 - 2x_f$                              | $n_1 - x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ |

$$n_1 = C_1 \times V_1 = 2 \times 10^{-1} \times 50 \times 10^{-3} = 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 1 \times 50 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

(3) تحديد المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} n_1 - x_{\max_1} = 0 \\ n_2 - 2x_{\max_2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{\max_1} = 10^{-2} \text{ mol} & (\text{مقبول}) \\ x_{\max_2} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol} & (\text{مرفوض}) \end{cases}$$

و منه المتفاعل المحد هو:  $(S_2O_8^{2-})$ (4) زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي، قيمته  $t_{1/2}$ :

$$N(S_2O_8^{2-})_{t_{1/2}} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ mmol}$$

$$t_{1/2} = 17,5 \text{ min} \quad \text{بإسقاط القيمة نجد:}$$

(5) إيجاد التراكيز المولية عند  $t = t_{1/2}$ :

$$\begin{aligned} x(t_{1/2}) &= \frac{x_M}{2} = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ [S_2O_8^{2-}]_{t_{1/2}} &= \frac{n_{t_{1/2}}(S_2O_8^{2-})}{V_T} = \frac{5 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol/l} \end{aligned}$$

$$[I^-]_{t_{1/2}} = \frac{n_2 - 2x(t_{1/2})}{V_T} = 4 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$$

$$[I_2]_{t_{1/2}} = \frac{x(t_{1/2})}{V_T} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$[SO_4^{2-}]_{t_{1/2}} = \frac{2 \cdot x(t_{1/2})}{V_T} = 10^{-1} \text{ mol/l}$$

$$[K^+]_{t_{1/2}} = \frac{2n_1 + n_2}{V_T} = 7 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$$

(6) استنتاج قيمة  $v_{vol}$  للتفاعل عند  $t = 10 \text{ min}$ :

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

$$n(S_2O_8^{2-}) = n_1 - x$$

$$\frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt} = -\frac{dx}{dt}$$

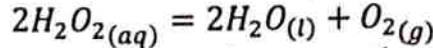
$$v_{vol} = -\frac{1}{V_T} \times \frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt} = -\frac{1}{V_T} \times \left( \text{ميل المماس عند } t = 10 \text{ min} \right) = \frac{-1}{0,1} \times \left( \frac{6,7 - 9,4}{10 - 0} \right) \times 10^{-3}$$

$$v_{vol} \approx 2,7 \times 10^{-3} \text{ mol/L.min}$$



## التمرين 27:

يحفظ الماء الأكسجيني (محلول ليبروكسيد الهيدروجين  $(H_2O_{2(aq)})$  في قارورات خاصة بسبب تفككه الذاتي البطيء. تحمل الورقة المصقفة على قارورته في المختبر الكتابة ماء أكسجيني (10V)، وتعني أن (1L) من الماء الأكسجيني ينتج بعد تفككه 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين حيث  $V_M = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  (1) يمدج التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بالتفاعل ذي المعادلة الكيميائية التالية:



أ/ بين أن التركيز المولي الحمضي للماء الأكسجيني هو:  $C_0 = 0,89 \text{ mol} \times L^{-1}$ .  
ب/ نضع في حوجة حجما  $V_0$  من الماء الأكسجيني ونكمل الحجم بالماء المقطر إلى  $V_1 = 100 \text{ mL}$ . كيف تسمى هذه العملية؟

• استنتج الحجم  $V_0$  علما أن المحلول الناتج تركيزه المولي  $C_1 = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ .  
(2) لغرض التأكد من الكتابة السابقة (10V) عايرنا  $V' = 20 \text{ mL}$  من المحلول الممدد بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)})$  المحمض، تركيزه المولي  $C_2 = 0,02 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  فكان الحجم المضاف عند التكافؤ  $V_E = 38 \text{ mL}$ .

أ/ اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع النمذج لتحول المعايرة علما أن الثنائيتان الداخليتان في هذا التفاعل هما:  $(MnO_4^-_{(aq)} / Mn^{2+}_{(aq)})$  و  $(O_{2(g)} / H_2O_{2(l)})$ .  
ب/ استنتج التركيز المولي الحجمي لمحلول الماء الأكسجيني الابتدائي. وهل تتوافق هذه النتيجة التجريبية مع ما كتب على ملصوقة القارورة؟

## تصحيح التمرين 27:

(1) أ/ لنبين أن التركيز المولي الحجمي للماء الأكسجيني هو:  $C_0 = 0,893 \text{ mol/l}$

| معادلة التفاعل |       | $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ |       |       |
|----------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------|
| الحالة         |       | كميات المادة (mol)                        |       |       |
| التقدم         | 0     | $n_0$                                     | 0     | بوفرة |
| انتقالية       | $x$   | $n_0 - 2x$                                | $x$   | بوفرة |
| نهائية         | $x_f$ | $n_0 - 2x_f$                              | $x_f$ | بوفرة |

لدينا عند نهاية التفاعل:  $n_0 - 2x_f = 0 \Rightarrow x_f = \frac{n_0}{2}$

ومن جهة أخرى:  $x_f = n_f(O_2) = \frac{V_{O_2}}{V_M}$  إذن:  $\frac{n_0}{2} = \frac{V(O_2)}{V_M}$   
 $\frac{C_0 \cdot V}{2} = \frac{10V}{V_M} \Rightarrow C_0 = \frac{20}{V_M} \Rightarrow C_0 = 0,893 \text{ mol/L}$

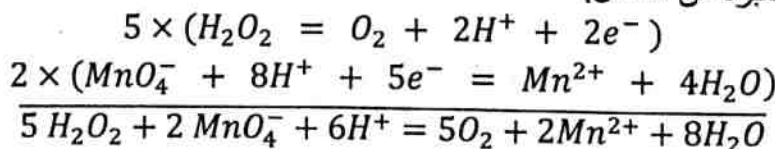
ب/ تسمى هذه العملية بعملية التمديد (التخفيف).

لدينا:  $C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$

استنتاج الحجم  $V_0$ :

$$V_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_0} = \frac{0,1 \times 100 \times 10^{-3}}{0,893} = 0,011 \text{ L} = 11 \text{ mL}$$

(2) أ/ كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل:



ب/ استنتج التركيز المولي لمحلول الماء الأكسجيني الابتدائي:  
عند نقطة التكافؤ يكون المزيج ستوكيومري فتحقق العلاقة التالية:

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شنايت

$$\frac{n(H_2O_2)}{5} = \frac{n(MnO_4^-)}{2} \Rightarrow \frac{[H_2O_2] \cdot V'}{5} = \frac{C_2 \cdot V_E}{2}$$

$$[H_2O_2] = \frac{C_2 \cdot V_E \cdot 5}{2V'} = \frac{0.02 \times 38 \times 10^{-3} \times 5}{2 \times 20 \times 10^{-3}} = 0.095 \text{ mol/l}$$

استنتاج  $C_0$ :

من قانون التمديد:  $[H_2O_2] \cdot V_1 = C_0 \cdot V_0$

$$C_0 = \frac{[H_2O_2] \cdot V_1}{V_0} = \frac{0.095 \times 100}{11} = 0.86 \text{ mol/l}$$

ومنه النتائج لا تتوافق مع النتائج السابقة.

### التمرين 28:

إن احتراق وقود السيارات ينتج غاز  $SO_2$  الملوّث للجو من جهة والمسبب للأمطار الحامضية من جهة أخرى. من أجل معرفة التركيز الكتلي لغاز  $SO_2$  في الهواء، نحل  $20 \text{ m}^3$  من الهواء في  $1 \text{ L}$  من الماء لنحصل على محلول  $S_0$  (نعتبر أن كمية  $SO_2$  تتحلل كلياً في الماء). نأخذ حجماً  $V = 50 \text{ mL}$  من  $S_0$  ثم نعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)})$  تركيزه  $C_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \times l^{-1}$ .

(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل المنمذج للمعايرة علماً أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:

(2) كيف تكشف تجريبياً عن حدوث التكافؤ؟  
 $(MnO_4^-_{(aq)} / Mn^{2+}_{(aq)})$  ;  $(SO_4^{2-}_{(aq)} / SO_{2(aq)})$

(3) إذا كان حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)})$  المضاف عند التكافؤ  $V_E = 9.5 \text{ mL}$  استنتج التركيز المولي  $(C)$  للمحلول المعاير.

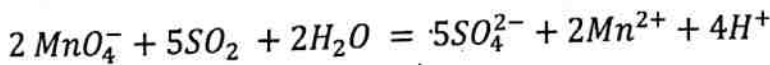
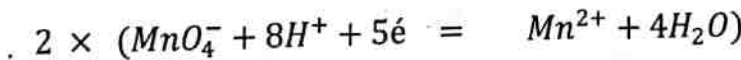
(4) عين التركيز الكتلي لغاز  $SO_2$  المتواجد في الهواء المدروس.

(5) إذا كانت المنظمة العالمية للصحة تشترط أن لا يتعدى تركيز  $SO_2$  في الهواء  $250 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ، هل الهواء المدروس ملوث؟ برر.

يعطى:  $M(S) = 32 \text{ g} \times \text{mol}^{-1}$  ،  $M(O) = 16 \text{ g} \times \text{mol}^{-1}$

### تصحيح التمرين 28:

(1) كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل:



(2) نكشف تجريبياً عن حدوث التكافؤ: بظهور اللون البنفسجي المستقر (ثبوت اللون البنفسجي) دلالة على وجود  $MnO_4^-$  شوارد.

(3) عند بلوغ التكافؤ يصبح المزيج ستوكيومتري ومنه نتحقق العلاقة التالية:

$$\frac{n(SO_2)}{5} = \frac{n(MnO_4^-)}{2} \Rightarrow \frac{[SO_2] \cdot V}{5} = \frac{C_1 V_E}{2}$$

$$[SO_2] = \frac{C_1 V_E}{V} \times \frac{5}{2}$$

$$[SO_2] = \frac{2 \times 10^{-4} \times 9.5 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} \times \frac{5}{2}$$

$$[SO_2] = 9.5 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$



(4) تعيين التركيز الكتلي لغاز  $SO_2$  الموجود في الهواء:

$$C_m = C \times M = 9,5 \times 10^{-5} \times 64 = 6,08 \times 10^{-3} \text{ g/l}$$

لدينا: نعلم أن: في 1 لتر من المحلول يوجد  $20 \text{ m}^3$  من الهواء.

$$C_m = 608 \times \frac{10^{-5} \text{ g}}{L} \Rightarrow C'_m = 608 \times \frac{10^{-5} \text{ g}}{20 \text{ m}^3}$$

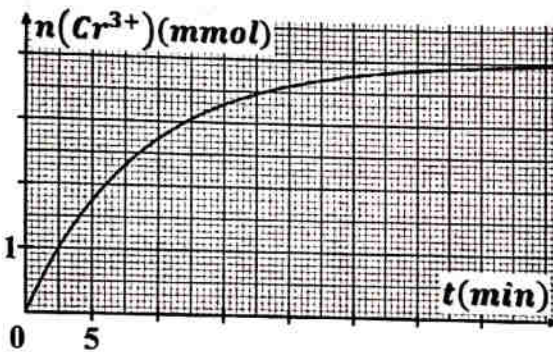
$$C'_m = 304 \times 10^{-6} \text{ g/m}^3$$

(5) بما أن:  $C'_m > 250 \times 10^{-6} \text{ g/m}^3$  منه الهواء ملوث.

### التمرين 29:

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات  $Cr_2O_7^{2-} (aq)$  ومحلول حمض الأوكساليك  $C_2H_2O_4 (aq)$  نمزج في اللحظة  $t = 0 \text{ s}$  حجما  $V_1 = 40 \text{ mL}$  من محلول بيكرومات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-})$  تركيزه المولي  $C_1 = 0,2 \text{ mol. L}^{-1}$  مع حجم  $V_2 = 60 \text{ mL}$  من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي مجهول  $C_2$ .

(1) إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما:  $(CO_{2(aq)} / C_2H_2O_{4(aq)}) (Cr_2O_7^{2-} (aq) / Cr^{3+}_{(aq)})$  اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع النموذج للتحول الكيميائي الحادث.



ب/ أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

(2) يمثل الشكل المنحني البياني لتطور كمية مادة  $Cr^{3+}_{(aq)}$  بدلالة الزمن. أوجد من البيان:

أ/ سرعة تشكل شوارد  $Cr^{3+}_{(aq)}$  في اللحظة  $t = 20 \text{ min}$

ب/ التقدم النهائي للتفاعل  $x_f$ .

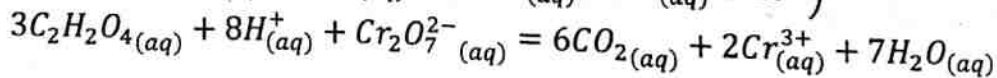
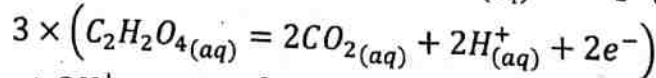
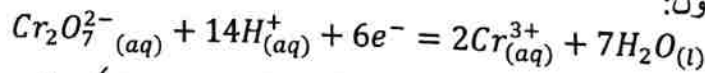
ج/ زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

(3) أ/ باعتبار التحول تاماً عين المتفاعل المحد.

ب/ أوجد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكساليك  $C_2$ .

### تصحيح التمرين 29:

(1) أ/ المعادلة المنمذجة للتحول:



ب/ جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل |       | $3C_2H_2O_{4(aq)} + Cr_2O_7^{2-} (aq) + 8H^+_{(aq)} = 6CO_{2(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(aq)}$ |                       |          |        |        |
|----------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|--------|--------|
| $t = 0$        | 0     | $C_2 \cdot V_2$                                                                                     | $C_1 \cdot V_1$       | بالزيادة | 0      | 0      |
| $t \neq 0$     | $x$   | $C_2 \cdot V_2 - 3x$                                                                                | $C_1 \cdot V_1 - x$   | بالزيادة | $6x$   | $2x$   |
| $t_f$          | $x_f$ | $C_2 \cdot V_2 - 3x_f$                                                                              | $C_1 \cdot V_1 - x_f$ | بالزيادة | $6x_f$ | $2x_f$ |

(2) أ/ سرعة تشكل شوارد  $Cr^{3+}_{(aq)}$ :

$$v(t) = \frac{dn(Cr^{3+}_{(aq)})}{dt} \approx 5 \times 10^{-5} \text{ mol. min}^{-1}$$

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شاهد

ب/ حساب التقدم النهائي:

$$2x_f = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow x_f = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ج- حساب  $t_{1/2}$ : من أجل  $x = \frac{x_f}{2}$  فإن:

$$n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2}$$

بالإسقاط نجد:  $t_{1/2} \approx 6 \text{ min}$

(3) أ/ المتفاعل المحد: باعتبار التفاعل تام  $x_{\max} = x_f = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

نفرض أن  $Cr_2O_7^{2-}$  هو المحد إذن:  $x_{\max} = c_1 \cdot v_1 = 8 \text{ mmol}$  وهذا مرفوض وعليه المتفاعل المحد هو حمض الأكساليك.

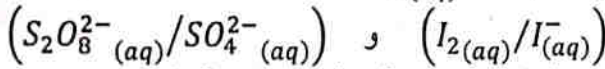
ب/ تركيز محلول حمض الأوكساليك:

$$c_2 = \frac{3x_{\max}}{V_2} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

### التمرين 30:

نسكب في بيشر حجما  $V_1 = 50 \text{ mL}$  من محلول يود البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$  تركيزه المولي

$C_1 = 3.2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ، ثم نضيف له حجما  $V_2 = 50 \text{ mL}$  من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_2 = 0.20 \text{ mol.L}^{-1}$ . نلاحظ أن المزيج التفاعلي يصفر، ثم يأخذ لونا بنيا نتيجة التشكل التدريجي لثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  وأن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما:



(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث.

(2) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم عيّن المتفاعل المحد.

(3) بين أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل  $I_{2(aq)}$  في كل لحظة  $t$  يعطى بالعلاقة:

$$[I_{2(aq)}] = \frac{c_1 V_1}{2V} - \frac{[I^-_{(aq)}]}{2} \quad \text{حيث } V = V_1 + V_2$$

(4) سمحت إحدى طرق متابعة التحويل الكيميائي بحساب التركيز المولي لشوارد اليود  $[I^-_{(aq)}]$  كل  $5 \text{ min}$  في

المزيج التفاعلي ودوّنت النتائج في الجدول التالي:

| $t(\text{min})$                            | 0    | 5    | 10  | 15  | 20  | 25  |
|--------------------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $[I^-_{(aq)}](10^{-2} \text{ mol.L}^{-1})$ | 16.0 | 12.0 | 9.6 | 7.7 | 6.1 | 5.1 |
| $[I_{2(aq)}](10^{-2} \text{ mol.L}^{-1})$  |      |      |     |     |     |     |

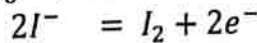
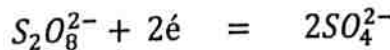
أ/ أكمل الجدول، ثم ارسم المنحنى البياني  $[I_{2(aq)}] = f(t)$ .

ب/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ ، ثم عين قيمته.

ج/ احسب سرعة التفاعل في اللحظة  $t = 20 \text{ min}$ ، ثم استنتج سرعة اختفاء شوارد اليود في نفس اللحظة.

### تصحيح التمرين 30:

(1) كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل:



قيل لأرسطو: كيف تحكم

على إنسان؟ فأجاب: أسأله كم

كتابا يقرأ وماذا يقرأ؟



(2) إنشاء جدول التقدم:

| معادلة التفاعل | التقدم | كميات المادة (mol)    |              |              |       |
|----------------|--------|-----------------------|--------------|--------------|-------|
|                |        | $S_2O_8^{2-}$         | $2 I^-$      | $2SO_4^{2-}$ | $I_2$ |
| الحالة         | 0      | $n_2$                 | $n_1$        | 0            | 0     |
| ابتدائية       |        |                       |              |              |       |
| انتقالية       | $x$    | $n_2 - x$             | $n_1 - 2x$   | $2x$         | $x$   |
| نهائية         | $x_f$  | $C_2 \cdot V_2 - x_f$ | $n_1 - 2x_f$ | $2x_f$       | $x_f$ |

$$n_1 = C_1 \times V_1 = 3,2 \times 10^{-1} \times 50 \times 10^{-3} = 0,016 \text{ mol}$$

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 0,2 \times 50 \times 10^{-3} = 0,01 \text{ mol}$$

تعيين المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} n_1 - 2x_{\max} = 0 \\ n_2 - x_{\max} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{\max} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol} & (\text{مقبول}) \\ x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol} & (\text{مرفوض}) \end{cases}$$

(مرفوض)

إذن المتفاعل المحد هو:  $I^-$ 

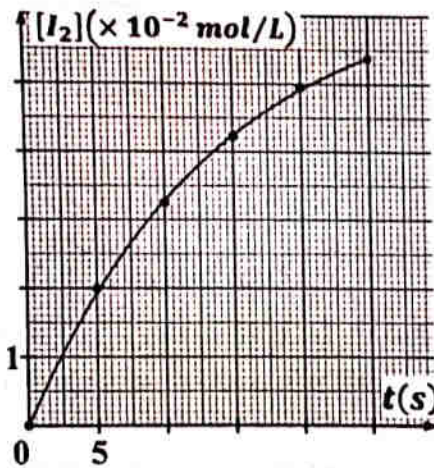
$$(3) \text{ لنبين أن: } [I_2] = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-]}{2} \text{ حيث } V = V_1 + V_2$$

من جدول التقدم:  $n(I^-) = n_1 - 2x$  و  $n(I_2) = x$  ، ومنه:  $n(I^-) = n_1 - 2n(I_2)$ 

$$2n(I_2) = n_1 - n(I^-) \Rightarrow 2[I_2] \times V = C_1 \times V_1 - [I^-] \times V$$

$$[I_2] = \frac{C_1 V_1 - [I^-] \cdot V}{2 \times V} \Rightarrow [I_2] = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-]}{2}$$

$$[I_2] = 0,08 - \frac{[I^-]}{2} \text{ في كل مرة نعوض قيمة } [I^-] \text{ فنجد } [I_2]:$$



| $t(\text{min})$                | 0 | 5 | 10  | 15   | 20   | 25   |
|--------------------------------|---|---|-----|------|------|------|
| $[I_2](10^{-2} \text{ mol/l})$ | 0 | 2 | 3.2 | 4.15 | 4.95 | 5.45 |

رسم المنحنى:

ب/ زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقممه النهائي  $x_f$ .

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} \text{ تعيين قيمته:}$$

من جدول التقدم:  $n(I_2) = x = [I_2] \cdot V$ 

$$[I_2] \cdot V = \frac{x_{\max}}{2}$$

$$[I_2]_{t_{1/2}} = \frac{x_{\max}}{2V} = \frac{[I_2]_{\max}}{2}$$

$$[I_2]_{t_{1/2}} = \frac{8 \times 10^{-3}}{2 \times 0.1} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

بإسقاط القيمة على محور الأزمنة نجد  $t_{1/2} \approx 14 \text{ min}$ .

ج/حساب سرعة التفاعل عند  $t = 20 \text{ min}$ بما أن:  $v = \frac{dx}{dt}$  ، ولدينا من جدول التقدم:  $n(I_2) = x \Rightarrow [I_2] \cdot V = x$ 

$$v = \frac{d[I_2] \cdot V}{dt} = V_t \times \frac{d[I_2]}{dt} = 0,1 \times \frac{(4,95 - 2,2)}{(20 - 0)} \times 10^{-2} = 1,37 \times 10^{-4} \text{ mol/min}$$

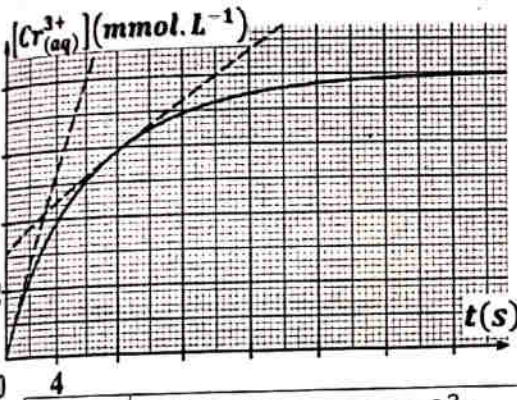
استنتاج سرعة اختفاء شوارد اليود عند  $t = 20 \text{ min}$ 

$$v_{\text{تفاعل}} = \frac{1}{2} \times v_{(I^-)} \Rightarrow v_{(I^-)} = 2v = 2 \times 1,37 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow V_{(I^-)} = 2,75 \times 10^{-4} \text{ mol/min}$$

**التمرين 31:**

لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4(aq)$  ومحلول بيكرومات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)})$  بدلالة الزمن، حضرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول حمض الأوكساليك الذي تركيزه المولي  $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  وحجم  $V_2 = 100 \text{ mL}$  من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي تركيزه المولي



$C_2 = 0,8 \times 10^{-2}$  وبضع قطرات من حمض الكبريت المركز، نتابع تطور المزيج التفاعلي من خلال معايرة شوارد الكروم  $Cr^{3+}_{(aq)}$  المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني (الشكل) الذي يمثل تطور التركيز المولي لشوارد الكروم  $[Cr^{3+}_{(aq)}]$  بدلالة الزمن  $t$ .

- كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه؟
- اعتمادا على المعطيات والمنحنى البياني أكمل جدول التقدم المميز لهذا التفاعل.

| $3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+_{(aq)} = 2Cr^{3+}_{(aq)} + 6CO_2(aq) + 7H_2O(l)$ |  |       |  |  |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|--|--|-------|
| كميات المادة (mmol)                                                                        |  |       |  |  |       |
| الحالة                                                                                     |  |       |  |  |       |
| الابتدائية                                                                                 |  | بوفرة |  |  | بوفرة |
| الانتقالية                                                                                 |  | بوفرة |  |  | بوفرة |
| النهائية                                                                                   |  | بوفرة |  |  | بوفرة |

هل التفاعل تام أم غير تام؟ لماذا؟

- عرّف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ ، ثم قدير قيمته بيانيا.
- ا/ عرّف السرعة الحجمية  $v$  للتفاعل، ثم عبر عنها بدلالة التركيز المولي لشوارد الكروم  $[Cr^{3+}_{(aq)}]$ .  
ب/ احسب السرعة الحجمية في اللحظتين  $t = 0$  و  $t = 8 \text{ s}$ .  
ج/ فسر على المستوى المجهرى تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.

**تصحيح التمرين 31:**

- نصف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه بأنه بطيء لاستغراقه عدة ثواني.
- إكمال الجدول:

| $3H_2C_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$ |         |            |             |       |        |        |
|---------------------------------------------------------------|---------|------------|-------------|-------|--------|--------|
| كميات المادة (mmol)                                           |         |            |             |       |        |        |
| المعادلة                                                      | التقدم  |            |             |       |        |        |
| الحالة                                                        |         |            |             |       |        |        |
| ابتدائية                                                      | $x = 0$ | 3          | 0,8         | بوفرة | 0      | 0      |
| انتقالية                                                      | $x$     | $3 - 3x$   | $0,8 - x$   | بوفرة | $2x$   | $6x$   |
| نهائية                                                        | $x_f$   | $3 - 3x_f$ | $0,8 - x_f$ | بوفرة | $2x_f$ | $6x_f$ |



$$n_1 = C_1 \times V_1 = 3 \times 10^{-2} \times 100 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol} = 3 \text{ mmol}$$

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 0,8 \times 10^{-2} \times 100 \times 10^{-3} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,8 \text{ mmol}$$

حتى يكون التفاعل تام فإنه يختفي على الأقل أحد المتفاعلات ومنه إيجاد  $x_{\max}$ :

$$\begin{cases} n_1 - 3x_{\max} = 0 \\ n_2 - x_{\max} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{\max} = 10^{-3} \text{ mol} \\ x_{\max} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$$

ومنه:  $x_{\max} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ومنه المتفاعل المحد هو:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

حساب  $[\text{Cr}^{3+}]_f$ :

$$[\text{Cr}^{3+}]_f = \frac{n}{V} = \frac{2x_{\max}}{V} = 8 \text{ mmol/L}$$

و هو ما يوافق البيان إذ نلاحظ بيانياً أنه في نهاية التفاعل  $[\text{Cr}^{3+}]_f = 8 \text{ mmol/l}$  ومنه هذا التفاعل تام.

(3) تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي.

$$[\text{Cr}^{3+}] = \frac{2x}{V_T} \rightarrow [\text{Cr}^{3+}]_{t_{1/2}} = \frac{2x_{t_{1/2}}}{V_T} \quad \text{- إيجاد قيمته بيانياً:}$$

$$[\text{Cr}^{3+}]_{t_{1/2}} = \frac{2x_{t_{1/2}}}{V_T} = \frac{2 \times \frac{x_f}{2}}{V_T} = \frac{x_f}{V_T} = \frac{0,8 \times 10^{-3}}{0,2} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

بإسقاط هذه النتيجة على البيان نجد:  $t_{(1/2)} = 4 \text{ s}$

(4) / تعريف السرعة الحجمية:

هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن خلال وحدة حجوم، تعطى العبارة  $v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$

- التعبير عنها: من جدول التقدم:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{1}{2} \times \frac{dn(\text{Cr}^{3+})}{dt} \quad \text{ومنه:} \quad \frac{dn(\text{Cr}^{3+})}{dt} = 2 \frac{dx}{dt} \quad \text{أي:} \quad n(\text{Cr}^{3+}) = 2x \\ v_{\text{vol}} &= \frac{1}{V_T} \times \frac{1}{2} \times \frac{d[\text{Cr}^{3+}] \cdot V_T}{dt} \Rightarrow v_{\text{vol}} = \frac{1}{2} \times \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt} \end{aligned}$$

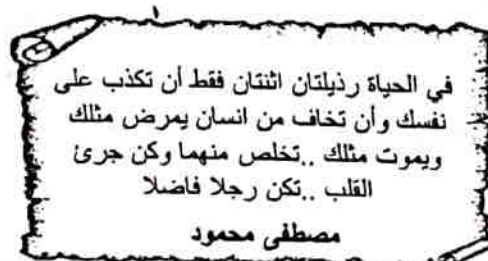
ب/ حساب السرعة الحجمية:

$$v_{\text{vol}}(t = 0 \text{ s}) = \frac{1}{2} \times \frac{(8 - 0)}{(6 - 0)} \times 10^{-3} = 6,66 \times 10^{-4} \text{ mol/L.s}$$

$$v_{\text{vol}}(t = 8 \text{ s}) = \frac{1}{2} \times \frac{(6 - 3)}{(8 - 0)} \times 10^{-3} = 1,87 \times 10^{-4} \text{ mol/L.s}$$

ج/ التفسير:

مع مرور الزمن يقل عدد الأفراد الكيميائية المتفاعلة وبالتالي تتناقص التصادمات الفعالة مما يؤدي إلى تناقص سرعة التفاعل إلى أن تتقدم.



التمرين 32:

لمتابعة تطور تفاعل حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4(aq)$  مع شوارد ثنائي الكرومات  $Cr_2O_7^{2-}(aq)$  نمزج في اللحظة  $t = 0 \text{ min}$  حجما  $V_1 = 50 \text{ mL}$  من محلول حمض الأوكساليك، تركيزه المولي:  $C_1 = 12 \text{ mmol/L}$  مع حجم:  $V_2 = 50 \text{ mL}$  من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}(aq))$  تركيزه المولي:  $C_2 = 16 \text{ mmol/L}$  وبوجود وفرة من حمض الكبريت المركز. نمنذج التحول الحاصل بالمعادلة التالية:

$$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+_{(aq)} = 6CO_2(g) + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O(l)$$

(1) أ/ حدد الثنائيتان (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.

ب/ أنشئ جدول تقدم التفاعل، ثم حدد المتفاعل المحد.

(2) البيان يمثل تغيرات التركيز المولي لحمض الأوكساليك بدلالة الزمن.

أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

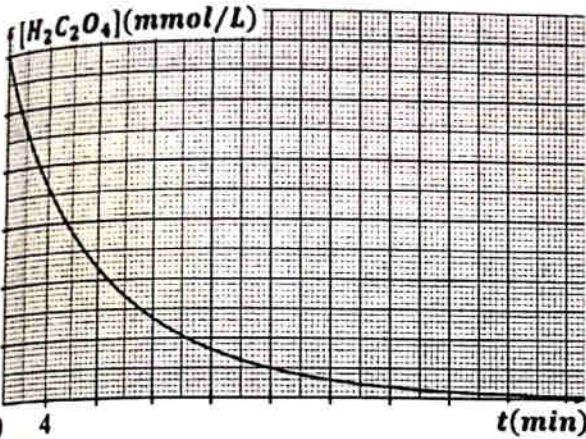
ب/ بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة:

$$v = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

ج/ احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة:

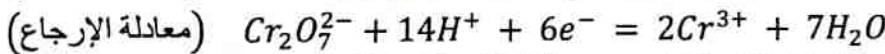
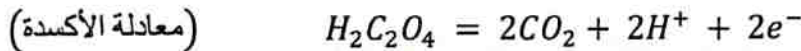
$$t = 12 \text{ min}$$

(3) عرف زمن نصف التفاعل، ثم احسبه.



تصحيح التمرين 32:

(1) أ/ تحديد الثنائيات:



ومنه الثنائيتين هما:  $(CO_2/H_2C_2O_4)$  ;  $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$

ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $3H_2C_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$ |             |       |        |        |       |
|----------|---------|---------------------------------------------------------------|-------------|-------|--------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                            |             |       |        |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_1$                                                         | $n_2$       | بوفرة | 0      | 0      | بوفرة |
| انتقالية | $x$     | $n_1 - 3x$                                                    | $n_2 - x$   | بوفرة | $2x$   | $6x$   | بوفرة |
| نهائية   | $x_f$   | $n_1 - 3x_f$                                                  | $n_2 - x_f$ | بوفرة | $2x_f$ | $6x_f$ | بوفرة |

$$n_1 = C_1 \times V_1 = 12 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 16 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

تحديد المتفاعل المحد:

$$\begin{cases} n_1 - 3x_{max} = 0 \\ n_2 - x_{max} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x_{max} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ x_{max} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$$

ومنه:  $x_f = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ومنه المتفاعل المحد هو:  $H_2C_2O_4$

(2) أ/ تعريف السرعة الحجمية:

هي مقدار تغير تقدم التفاعل لوحد لتر من المحلول خلال وحدة زمن تعطى العبارة:

$$v_{vol} = \frac{1}{v} \times \frac{dx}{dt}$$



بمليتين أن:  $v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$

من جدول التقدم: و منه  $x = \frac{n_1 - n(H_2C_2O_4)}{3}$

لدينا:  $v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$

بالتعويض نجد:  $v_{vol} = \frac{1}{3V} \times \frac{d(-n(H_2C_2O_4))}{dt}$

$v_{vol} = \frac{-1}{3V} \times \frac{d(n_{H_2C_2O_4})}{dt} \Rightarrow v_{vol} = \frac{-1}{3V} \times \frac{d[H_2C_2O_4] \times V}{dt}$

$v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$

ج/ صلب قيمتها عند  $t = 12 \text{ min}$

$v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \left( \frac{(1,3 - 2,9) \times 10^{-3}}{12 - 0} \right) = 4,4 \times 10^{-5} \text{ mol/l.min}$

(3) زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي.  
حسابه: لدينا من جدول التقدم:

$n(H_2C_2O_4) = n_1 - 3x \Rightarrow [H_2C_2O_4] = \frac{n_1 - 3x}{V_T}$

$V_T = V_1 + V_2$  مع  $[H_2C_2O_4]_{t_{1/2}} = \frac{n_1 - 3x(t_{1/2})}{V_T}$

$[H_2C_2O_4]_{t_{1/2}} = \frac{n_1 - 3\left(\frac{x_f}{2}\right)}{V_T} = \frac{0,6 \times 10^{-3} - 3 \times \left(\frac{0,2 \times 10^{-3}}{2}\right)}{10^{-1}} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$

بإسقاط هذه القيمة نجد:  $t_{1/2} \approx 5,6 \text{ min}$

### التمرين 33:

كتب على قارورة ماء جافيل المعلومات التالية:

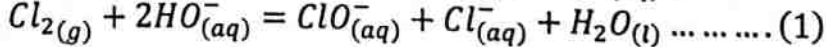
- يحفظ في مكان بارد معزولا عن الأشعة الضوئية.

- لا يمزج مع منتجات أخرى.

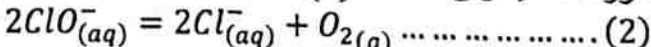
- بملامسته لمحلول حمضي ينتج غاز سام.

إن ماء جافيل منتج شائع، يستعمل في التنظيف والتطهير. نحصل على ماء جافيل مع تفاعل غاز ثنائي الكلور  $Cl_2$

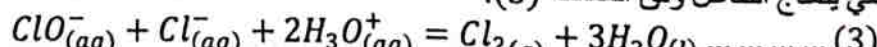
مع محلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$  ينمذج هذا التحول بالمعادلة (1):



يتفكك ماء جافيل ببطء في الشروط العادية وفق المعادلة (2):



أما في وسط حمضي ينمذج التفاعل وفق المعادلة (3):



(1) أنجز جدولا لتقدم التفاعل المنمذج وفق المعادلة (2).

(2) اعتمادا على البيانيين (الشكل)، المعبرين عن تغيرات تركيز شوارد  $ClO^-_{(aq)}$  في التفاعل المنمذج بالمعادلة

(2) بدلالة الزمن.

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

أ/ استنتج تركيز شوارد  $ClO^-$  في اللحظة:  $t = 8 \text{ semaines}$  من أجل درجتَي الحرارة:

$$\theta_2 = 40^\circ C \quad \text{و} \quad \theta_1 = 30^\circ C$$

ب/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل، وبين أنّ عبارتها تكتب بالشكل التالي:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[ClO^-]}{dt}$$

ج/ احسب قيمة السرعة الحجمية في اللحظة:  $t = 0$  من أجل

$$\theta_2 = 40^\circ C \quad \text{و} \quad \theta_1 = 30^\circ C$$

د/ هل النتائج المحصل عليها في السؤالين (2-أ) و (2-ج) تبرر المعلومة "يحفظ في مكان بارد؟" علّل.

(3) عرف زمن نصف التفاعل، ثمّ جد قيمته انطلاقاً من

المنحنى (2)، علماً أنّ التفكك تام.

(4) أعط رمز واسم الغاز السام المشار على القارورة.

### تصحيح التمرين 33:

(1) إنشاء جدول التقدم للمعادلة (2):

| المعادلة |         | $2ClO^- = 2Cl^- + O_2$ |        |       |
|----------|---------|------------------------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)     |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_0$                  | 0      | 0     |
| انتقالية | $x$     | $n_0 - 2x$             | $2x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_0 - 2x_f$           | $2x_f$ | $x_f$ |

(2) أ/ تركيز شوارد ( $ClO^-$ ) في اللحظة  $t = 8 \text{ semaines}$

$$\text{عند } \theta_1 = 30^\circ C : [ClO^-] = 1,8 \text{ mol/L}$$

$$\text{عند } \theta_2 = 40^\circ C : [ClO^-] = 1,2 \text{ mol/L}$$

ب/ تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل لوأحد لتر من المحلول خلال وحدة زمن

$$v_{vol} = \frac{1}{v} \times \frac{dx}{dt}$$

تعطى العبارة:

- لنبين أن:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[ClO^-]}{dt}$$

من جدول التقدم:

$$n(ClO^-) = n_0 - 2x \Leftrightarrow 2x = n_0 - n(ClO^-) \Leftrightarrow x = \frac{n_0}{2} - \frac{n(ClO^-)}{2}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{d\left(\frac{n_0}{2} - \frac{n(ClO^-)}{2}\right)}{dt} \Rightarrow v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{-1}{2} \times \frac{d(n(ClO^-))}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{-1}{2} \times \frac{d([ClO^-] \times V)}{dt} \Rightarrow v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[ClO^-]}{dt}$$

ج/ حساب السرعة الحجمية عند  $t = 0$

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \left( \frac{0 - 2,7}{14 - 0} \right) = 9,6 \times 10^{-2} \text{ mol/L.semaine} \quad : \theta = 30^\circ$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \left( \frac{0 - 2,7}{8 - 0} \right) = 16,8 \times 10^{-2} \text{ mol/L.semaine} \quad : \theta = 40^\circ$$

د/ النتائج المحصل عليها في السؤالين المذكورين تبرر المعلومة المذكورة لأن زيادة درجة الحرارة تسرع تفكك شوارد  $ClO^-$  إلى  $Cl^-$  و  $O_2$  (درجة الحرارة عامل حركي).



(3) تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي. إيجاد قيمته بيانياً: (المنحنى 2): من البيان نجد:

$$[ClO^-]_{t_{1/2}} = \frac{[ClO^-]_0}{2} = \frac{2,7}{2} = 1,35 \text{ mol/L}$$

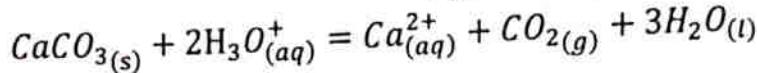
$$t_{1/2} = 7,2 \text{ semaines}$$

بإسقاط هذه القيمة نجد:

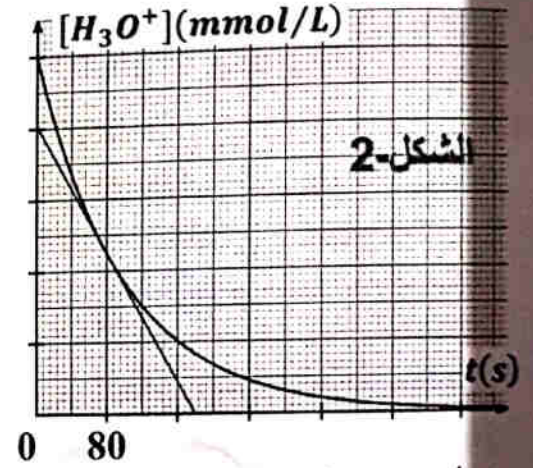
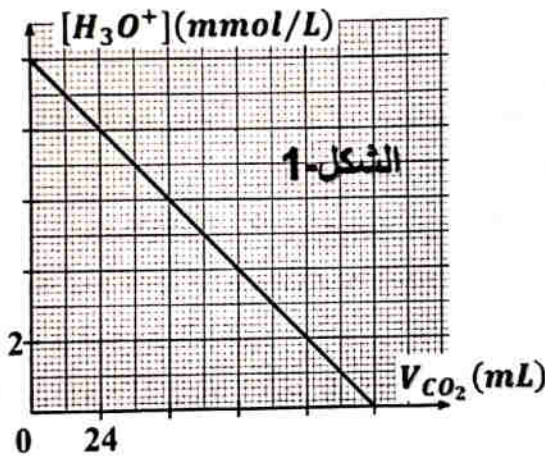
(4) رمز الغاز  $Cl_2$  واسمه: غاز الكلور (هو غاز خائف سام لونه أخضر).

### التمرين 34:

من أجل المتابعة الزمنية لتحول كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  الصلبة مع حمض كلور الماء  $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$  الذي نمذج بتفاعل كيميائي يعبر عنه بالمعادلة التالية:



نضع في ثورق حجما  $V$  من حمض كلور الماء تركيزه المولي  $c$  ونضيف إليه  $2g$  من كربونات الكالسيوم، يسمح تجهيز مناسب بقياس حجم غاز ثنائي أكسيد الكربون  $V_{CO_2}$  المنطلق عند لحظات مختلفة، تمت معالجة النتائج المحصل عليها بواسطة برمجية خاصة، فأعطت المنحنيين الموافقين للشكلين 1 و 2.



(1) أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

(2) أثبت أن التركيز المولي لشوارد  $H_3O^+_{(aq)}$  في أي لحظة يعطى بالعلاقة:

$$[H_3O^+] = c - \frac{2V_{CO_2}}{V \cdot V_M}$$

حيث  $V_M$  الحجم المولي للغازات. (نعتبر:  $V_M = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

(3) بالاعتماد على المنحنى الموافق للشكل 1 - جد:

أ/ كلا من التركيز المولي الابتدائي  $c$  للمحلول الحمضي وحجم الوسط التفاعلي  $V$ .

ب/ القيمة النهائية لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.

(4) المنحنى  $[H_3O^+] = f(t)$  الموضح في الشكل 2 - ينقصه سلم الرسم الخاص بالتركيز  $[H_3O^+]$ .

أ/ حدّد السلم الناقص في الرسم.

ب/ احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 80 \text{ s}$ .

ج/ جد من المنحنى زمن نصف التفاعل وحدد أهميته.

يعطى:  $M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(C_a) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

تصحيح التمرين 34:

(1) جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل |         | $CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = Ca^{2+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ |              |       |       |       |
|----------------|---------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| الحالة         | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                        |              |       |       |       |
| $t = 0$        | $x = 0$ | $n_1 = \frac{m}{M} = 0,02$                                                | $n_2 = C.V$  | 0     | 0     | زيادة |
| $t > 0$        | $x > 0$ | $n_1 - x$                                                                 | $C.V - 2x$   | $x$   | $x$   |       |
| $t \infty$     | $x_f$   | $n_1 - x_f$                                                               | $C.V - 2x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |       |

(2) إثبات العلاقة:

$$[H_3O^+] = C - \frac{2V_{CO_2}}{V.V_m}$$

من جدول تقدم التفاعل:  $n_{H_3O^+} = C.V - 2x$  و  $n_{CO_2} = x$

$$[H_3O^+] \times V = C.V - 2 \left( \frac{V_{CO_2}}{V_m} \right)$$

$$[H_3O^+] = C - \frac{2V_{CO_2}}{V.V_m}$$

$$[H_3O^+] = a.V_{CO_2} + b$$

(3) إيجاد  $c$ :

$$[H_3O^+] = -\frac{2}{V.V_m} V_{CO_2} + c$$

$$c = b = 10 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$a = -\frac{2}{V.V_m} \Rightarrow V = -\frac{2}{a.V_m}$$

حيث  $a$  قيمة ميل المنحني.

$$a = \frac{\Delta([H_3O^+])}{\Delta V_{CO_2}} = -0,0833 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V = 1L$$

ومنه:

ب/ المتفاعل المحد وقيمة  $x_f$ :

المتفاعل المحد  $H_3O^+$  (الاعتماد على البيان أو جدول التقدم) و  $x_f = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

(4) أ/ تحديد السلم الناقص في الرسم:

$$c = [H_3O^+]_0 = 10 \text{ mmol.L}^{-1} \quad t = 0 \quad \text{لما}$$

$$1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ mmol.L}^{-1} \quad \text{ومنه:}$$

ب/ حساب السرعة الحجمية لما  $t = 80 \text{ s}$ :

$$V_{VOL(80s)} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[H_3O^+]}{dt} = [0,015 ; 0,025] \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} \Rightarrow [H_3O^+]_{t_{1/2}} = \frac{[H_3O^+]_0}{2} = 5 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

بإسقاط هذه القيمة على البيان 2- نجد:  $t_{1/2} \simeq 64 \text{ s}$

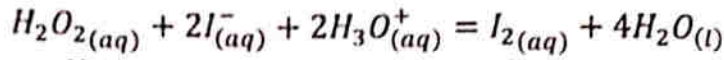
أهميته: -المقارنة بين تفاعلين من ناحية السرعة.

-تحديد القيمة التقريبية لمدة التفاعل (من  $4t_{1/2}$  إلى  $7t_{1/2}$ )



### التمرين 35:

لدراسة حركة التفاعل الكيميائي البطيء والتام بين الماء الأكسجيني  $H_2O_{2(aq)}$  ومحول يود البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$  في وسط حمضي و النمذج بالمعادلة:



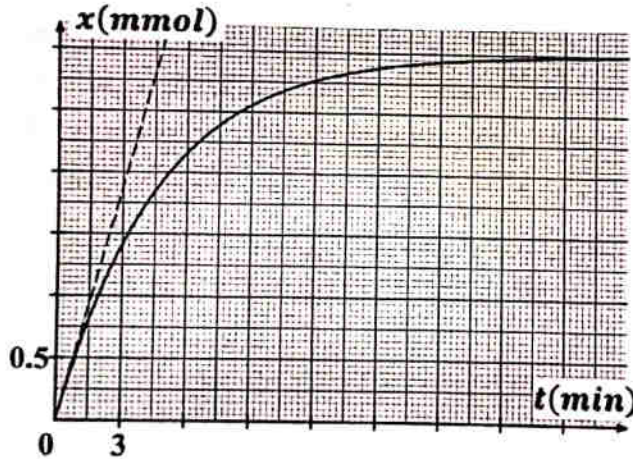
مزجنا في بيشر عند اللحظة  $t = 0$  ودرجة الحرارة  $25^\circ C$ ، حجما  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول الماء الأكسجيني تركيزه المولي  $C_1 = 4.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  مع حجم  $V_2 = 100 \text{ mL}$  من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي  $C_2 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  وبضع قطرات من محلول حمض الكبريت المركز  $(2H_3O^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$

1. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.
2. احسب كميتي المادة  $n_0(H_2O_2)$  للماء الأكسجيني و  $n_0(I^-)$  لشوارد اليود في المزيج الابتدائي.
3. أعد كتابة جدول التقدم للتفاعل وأكملة.

| معادلة التفاعل |        | $H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ |  |  |  |  |
|----------------|--------|-------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| الحالة         | التقدم | كميات المادة (mol)                                                      |  |  |  |  |
| ابتدائية       | 0      |                                                                         |  |  |  |  |
| انتقالية       | x      |                                                                         |  |  |  |  |
| نهائية         | $x_f$  |                                                                         |  |  |  |  |

(4) استنتج المتفاعل المحد.

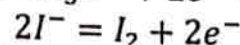
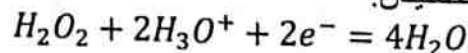
- II. لتحديد كمية ثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  المتشكلة في لحظات زمنية مختلفة، نأخذ في كل مرة نفس الحجم من المزيج التفاعلي ونضع فيه (ماء + جليد) وبضع قطرات من صمغ النشاء ونعايره بمحلول لثيوكبريتات الصوديوم  $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$  معلوم التركيز.
- معالجة النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم المنحنى  $x = f(t)$  الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في المزيج الأصلي بدلالة الزمن (الشكل)



1. ما الهدف من إضافة الماء والجليد؟
2. ضع رسما تخطيطيا للتجهيز التجريبي المستخدم في عملية المعايرة.
3. أ/ عرف واكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل.  
ب/ احسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين  $t_0 = 0$  و  $t_1 = 9 \text{ min}$ .  
ج/ عبر عن سرعة اختفاء شوارد  $I^-_{(aq)}$  بدلالة السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها في اللحظة  $t_1$ .

### تصحيح التمرين 35:

1. المعادلتان النصفيتان:



2. كميات المادة الابتدائية  $n_0(H_2O_2)$  و  $n_0(I^-)$ :

$$n_0(H_2O_2) = C_1 \cdot V_1 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(I^-) = C_2 \cdot V_2 = 6,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

غبي يقول لصاحبه : عيني حمرة وش ندير؟؟؟ قاله: اذا ولات خضرا ديماري

# الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شنايت

(3) جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | $H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ |         |          |   |   |       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---|---|-------|
| الحالة         | كميات المادة (mmol)                                                     |         |          |   |   |       |
| التقدم         | 0                                                                       | 4,5     | 6,0      | 0 | 0 |       |
| ابتدائية       | 0                                                                       | 4,5     | 6,0      | 0 | 0 |       |
| انتقالية       | x                                                                       | 4,5 - x | 6,0 - 2x | x |   | بوفرة |
| نهائية         | x <sub>f</sub>                                                          | 1,5     | 0        | 3 |   |       |

(4) من الجدول وفي الحالة النهائية لدينا:  $n_f(I^-) = 0$ ، ومنه شوارد اليود  $I^-_{(aq)}$  هي المتفاعل المحد.

(1-II) التوقيف الأنّي (التعطيل) لتفاعل تشكل ثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  في اللحظة المعتمدة  $t$ .

(2) لاحظ الشكل.

(3) السرعة الحجمية هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم.

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$$

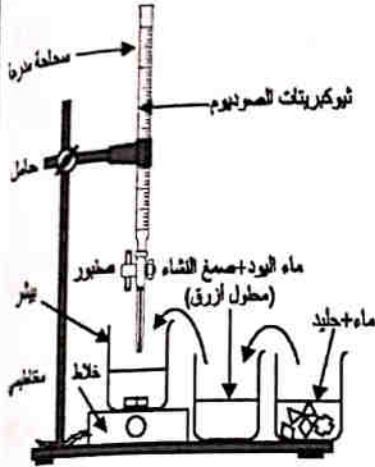
ب/ بيانيا:

$$V_{vol}(0 \text{ min}) = 3,33 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot L^{-1}$$

$$V_{vol}(9 \text{ min}) = 0,55 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot L^{-1}$$

$$v(I^-) = 2V \cdot v_{vol} \quad \text{ج/}$$

$$v(I^-)_{(9 \text{ min})} = 0,22 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



## التمرين 36:

عند اللحظة  $t = 0$  نمزج حجما  $V_1 = 50 \text{ mL}$  من محلول برمنغنات البوتاسيوم  $(K^+ + MnO_4^-)$  المحمض تركيزه

$C_1 = 0,2 \text{ mol/L}$  وحجما  $V_2 = 50 \text{ mL}$  من محلول لحمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4$  تركيزه  $C_2 = 0,6 \text{ mol/L}$ .

تعطى الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في التفاعل:  $(CO_{2(aq)}/H_2C_2O_{4(aq)})$ ,  $(MnO_4^-_{(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)})$ .

(1) أعط تعريف لكل من المؤكسد والمرجع.

(2) اكتب المعادلتين النصفيتين واستنتج معادلة تفاعل أكسدة-إرجاع.

(3) أنشئ جدول تقدم التفاعل.

(4) هل المزيج الابتدائي في الشروط الستوكيومترية للتفاعل؟

(5) لمتابعة تطور التفاعل نسجل خلال كل دقيقة التركيز المولي للمزيج بشوارد البرمنغنات  $MnO_4^-$  في الجدول التالي:

| t (min)                                               | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 | 7 |
|-------------------------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|---|---|
| $[MnO_4^-] (\times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1})$ | 100 | 98 | 92 | 60 | 30 | 12 | 5 | 3 |

أ/ احسب التركيز المولي الابتدائي لـ  $MnO_4^-$  و  $H_2C_2O_4$  في المزيج.

ب/ بين أن التركيز المولي  $[Mn^{2+}]$  عند اللحظة (t) يعطى بالعلاقة:

$$[Mn^{2+}](t) = \frac{C_1}{2} - [MnO_4^-](t)$$

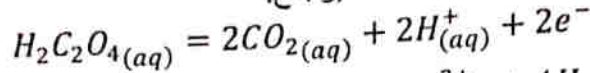
ج/ ارسم منحنى تغيرات  $[MnO_4^-]$  بدلالة الزمن

د/ أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة  $[MnO_4^-](t)$  ثم احسب قيمتها عند اللحظة  $t = 2 \text{ min}$ .

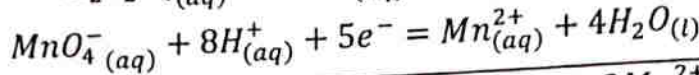


### تصحيح التمرين 36:

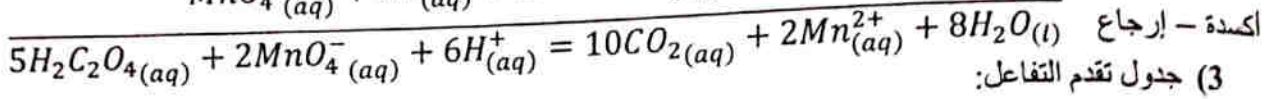
- (1) المؤكسد: كل فرد كيميائي يكتسب إلكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.  
المرجع: كل فرد كيميائي يتخلى عن إلكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.  
(2) كتابة المعادلتين النصفيتين واستنتاج معادلة تفاعل أكسدة-إرجاع:



الأكسدة



الإرجاع



| المعادلة |         | $5H_2C_2O_{4(aq)} + 2MnO_4^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 10CO_{2(aq)} + 2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$ |                            |       |         |        |       |
|----------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|---------|--------|-------|
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_2 \cdot V_2$                                                                                   | $C_1 \cdot V_1$            | زيادة | 0       | 0      | زيادة |
| انتقالية | $x$     | $C_2 \cdot V_2 - 5x$                                                                              | $C_1 \cdot V_1 - 2x$       | زيادة | $10x$   | $2x$   | زيادة |
| نهائية   | $x_f$   | $C_2 \cdot V_2 - 5x_{max}$                                                                        | $C_1 \cdot V_1 - 2x_{max}$ | زيادة | $10x_f$ | $2x_f$ | زيادة |

(4) المزيج ليس ستوكيومترى لأن:  $\frac{C_2 \cdot V_2}{5} = 6 \text{ mmol}$  و  $\frac{C_1 \cdot V_1}{2} = 5 \text{ mmol}$

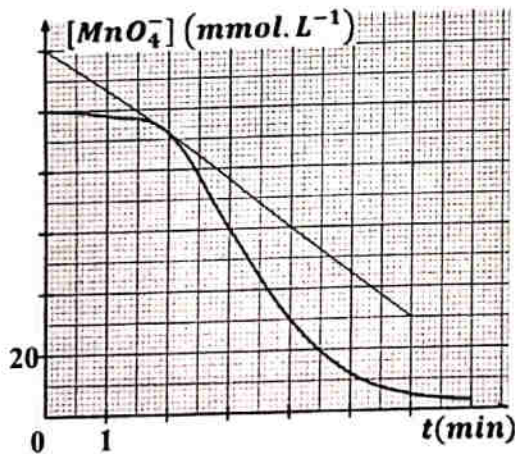
ومنه:  $\frac{C_1 \cdot V_1}{2} \neq \frac{C_2 \cdot V_2}{5}$

(5) / التركيز المولي الابتدائي لـ  $MnO_4^-$  و  $H_2C_2O_4$  في المزيج.

$$[MnO_4^-]_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[H_2C_2O_4]_0 = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = 0,3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ب/ إثبات العلاقة:



$$[Mn^{2+}] = \frac{2x}{V_T}$$

$$[MnO_4^-] = \frac{C_1 \cdot V_1 - 2x}{V_T} = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_T} - \frac{2x}{V_T}$$

حيث:  $V_T = 2 \cdot V_1$  ومنه:

$$[Mn^{2+}](t) = \frac{C_1}{2} - [MnO_4^-](t)$$

ج/ رسم المنحنى:

د/ السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$

$$v_{vol} \in [7,3 ; 8,3], \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

### التمرين 37:

نريد إجراء متابعة زمنية لتحول كيميائي بين الألمنيوم  $Al$  ومحلول حمض كلور الماء  $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$  الذي يمتزج بتفاعل كيميائي تام معادلته:  $2Al_{(s)} + 6H_3O^+_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$   
نضع في حوزة قطعة من الألمنيوم  $Al$  كتلتها  $m_0$  مملعة ثم نضيف إليها في اللحظة  $t = 0$  الحجم  $V = 100 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي  $C$ .

## الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

شأنيت  
متابعة تطور التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة ثابتة وضغط ثابت، نسجل في كل لحظة  $t$  حجم غاز الهيدروجين المنطلق، ثم نستنتج كتلة الألمنيوم المتبقية، وندون النتائج في الجدول التالي:

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t(\text{min})$ | 0    | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 7.00 | 8.00 |
| $m(\text{g})$   | 4.05 | 2.84 | 2.27 | 1.94 | 1.78 | 1.70 | 1.64 | 1.62 | 1.62 |

- (1) أ/ ارسم على ورق ميليمتري منحنى تغيرات الكتلة  $m(t)$  للألمنيوم المتبقى بدلالة الزمن باعتماد السلم:  
 $1\text{cm} \rightarrow 0,5\text{g}$   
 $1\text{cm} \rightarrow 1\text{min}$

ب/ حدد المتفاعل المحد.

- (2) أ/ أنشئ جدول تقدم التفاعل الحادث.

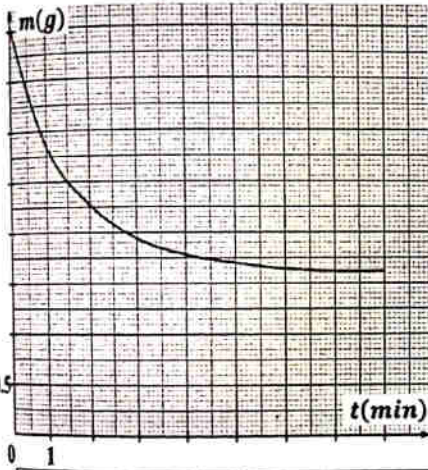
ب/ احسب كميات المادة الابتدائية  $n_0(\text{Al})$  و  $n_0(\text{H}_3\text{O}^+)$  للمتفاعلات ثم استنتج التركيز المولي  $C$  لمحلول حمض كلور الماء. تعطى الكتلة المولية للألمنيوم  $M = 27 \text{ g/mol}$

- (3) بين أن كتلة الألمنيوم المتبقية في اللحظة  $t = t_{1/2}$  (زمن نصف التفاعل) تعطى بالعلاقة:

$$m_{t_{1/2}} = \frac{m_0 + m_f}{2}$$

حيث  $m_f$  هي كتلة الألمنيوم المتبقية في الحالة النهائية. استنتج بيانياً قيمة  $t_{1/2}$ .

- (4) بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بـ:  $v_{\text{vol}} = -\frac{1}{2VM} \frac{dm(t)}{dt}$   
 احسب قيمتها في اللحظة  $t = 3\text{min}$



### تصحيح التمرين 37:

- (1) أ/ رسم المنحنى البياني

ب/ المتفاعل المحد: بما أنه يتبقى من الألمنيوم كتلة

$$m_f(\text{Al}) = 1,62 \text{ g}$$

والتفاعل تام فإن المتفاعل المحد هو  $\text{H}_3\text{O}^+$  (حمض كلور الماء).

- (2) أ- جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $2\text{Al}_{(s)} + 6\text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+ = 2\text{Al}_{(aq)}^{3+} + 3\text{H}_{2(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ |                         |                         |        |        |       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------|-------|
| التقدم   | كميات المادة (mol)                                                                                                        |                         |                         |        |        |       |
| الحالة   |                                                                                                                           |                         |                         |        |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$                                                                                                                   | $n_0$                   | $C.V$                   | 0      | 0      | زيادة |
| انتقالية | $x$                                                                                                                       | $n_0 - 2x$              | $C.V - 6x$              | $2x$   | $3x$   | زيادة |
| نهائية   | $x_f$                                                                                                                     | $n_0 - 2x_{\text{max}}$ | $C.V - 6x_{\text{max}}$ | $2x_f$ | $3x_f$ | زيادة |

ب/ حساب كميات المادة الابتدائية:

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m}{M} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{Al}) - 2x_{\text{max}} = n_f(\text{Al}) \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{n_0(\text{Al}) - n_f(\text{Al})}{2} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = C.V = 6x_{\text{max}} \quad n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,27 \text{ mol}$$

$$C = \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{V} = 2,7 \text{ mol/L}$$



(3) لما  $x = \frac{x_f}{2}$  لدينا:

$$n_{t_{1/2}}(Al) = n_0(Al) - 2x_{t_{1/2}} = n_0(Al) - \frac{2x_{max}}{2} = n_0 - x_{max}$$

$$n_{t_{1/2}}(Al) = n_0(Al) - \left( \frac{n_0(Al) - n_f(Al)}{2} \right) \Rightarrow n_{t_{1/2}} = \frac{n_0(Al) + n_f(Al)}{2}$$

$$\frac{m_{t_{1/2}}}{M} = \frac{\frac{m_0}{M} + \frac{m_f}{M}}{2} \Rightarrow m_{t_{1/2}} = \frac{m_0 + m_f}{2}$$

من البيان نجد:  $t_{1/2} = 1 \text{ min}$ (4) إثبات عبارة السرعة الحجمية:  $v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ 

$$n(Al)_t = n_0 - 2x \quad ; \quad m = m_0 - 2Mx$$

$$\frac{dm}{dt} = -2M \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2M} \frac{dm}{dt} \Rightarrow v_{vol} = -\frac{1}{2VM} \frac{dm}{dt}$$

قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة  $t = 3 \text{ min}$ : من البيان أو بحسابها من الجدول بين اللحظتين  $2 \text{ min}$  و  $4 \text{ min}$  نقبل النتائج المحصورة في المجال:  $[0,042 : 0,046] \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$

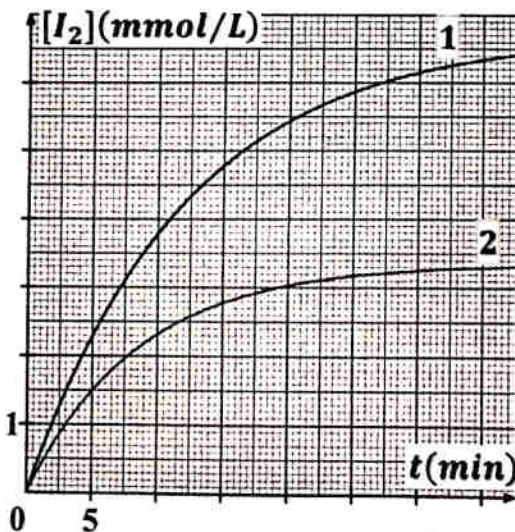
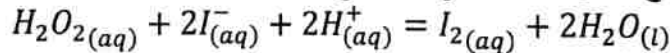
### التمرين 38:

لأجل إجراء دراسة حركية للتحويل الكيميائي التام و البطيء بين محلول يود البوتاسيوم  $(K^+(aq) + I^-(aq))$  والماء الأوكسجيني  $H_2O_2(aq)$  لهما نفس التركيز المولي  $C = 0.1 \text{ mol/L}$ ، نحضر في اللحظة  $t = 0$  وعند نفس درجة الحرارة المزيجين التاليين:

المزيج الأول:  $4 \text{ mL}$  من  $H_2O_2(aq)$  و  $36 \text{ mL}$  من  $(K^+(aq) + I^-(aq))$

المزيج الثاني:  $2 \text{ mL}$  من  $H_2O_2(aq)$  و  $20 \text{ mL}$  من  $(K^+(aq) + I^-(aq))$

نضيف لكل مزيج حجم من الماء المقطر وقطرات من حمض الكبريت المركز، فيصبح حجم المزيج التفاعلي لكل منهما  $V = 60 \text{ mL}$ . يُمزج التحويل الحادث في كل مزيج بالمعادلة الكيميائية التالية:



(1) اكتب المعادلتين النصفيتين أكسدة-إرجاع، ثم استنتج

الثنائيتين  $(Ox/Red)$  المشاركتين في التفاعل.

(2) أ/ احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات في كل مزيج.

ب/ أنشئ جدول تقدم التفاعل الحادث في المزيج الأول.

(3) البيانان (1) و (2) في الشكل يمثلان على الترتيب تطور

تركيز ثنائي اليود المتشكل في كل مزيج بدلالة الزمن.

أ/ احسب تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية في

المزيج الأول.

ب/ استنتج من البيان (1) تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة

اللحظة  $t = 30 \text{ min}$ .

ج/ هل يتوقف التفاعل في المزيج (1) عند  $t = 30 \text{ min}$ ؟

علل.

(4) أ/ أوجد عبارة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود بدلالة

التركيز  $[I_2]$ .

ب/ احسب السرعة الحجمية للتفاعل في كلا المزيجين عند اللحظة  $t = 10 \text{ min}$ .

ماذا تستنتج؟

تصحيح التمرين 38:



$$n(H_2O_2) = 4 \times 10^{-3} \times 0,1 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{المزيج الأول: (1)}$$

$$n(I^-) = 36 \times 10^{-3} \times 0,1 = 36 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(H_2O_2) = 2 \times 10^{-3} \times 0,1 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{المزيج الثاني}$$

$$n(I^-) = 20 \times 10^{-3} \times 0,1 = 20 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $H_2O_2$                     | + | $2I^-$                         | + | $2H^+$ | = | $I_2$     | + | $2H_2O$ |
|----------|---------|------------------------------|---|--------------------------------|---|--------|---|-----------|---|---------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)           |   |                                |   |        |   |           |   |         |
| ابتدائية | $x = 0$ | $4 \times 10^{-4}$           |   | $36 \times 10^{-4}$            |   | /      |   | 0         |   | /       |
| انتقالية | $x$     | $4 \times 10^{-4} - x$       |   | $36 \times 10^{-4} - 2x$       |   | /      |   | $x$       |   | /       |
| نهائية   | $x_f$   | $4 \times 10^{-4} - x_{max}$ |   | $36 \times 10^{-4} - 2x_{max}$ |   | /      |   | $x_{max}$ |   | /       |

$$x_{max} = 4 \times 10^{-4} = n(I_2) \quad \text{ب/ (2)}$$

$$[I_2]_n = \frac{n(I_2)}{V_s} = \frac{4 \times 10^{-4}}{60 \times 10^{-3}} = 6,7 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ب/ من البيان (1) عند  $t = 30 \text{ min}$ :

$$[I_2]_n = 6,2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ج/ بما أن:  $[I_2]_{t=30 \text{ min}} < [I_2]_m$

إذن: التفاعل في المزيج (1) لم ينته عند  $t = 30 \text{ min}$ .

$$v_{vol}(I_2) = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dn(I_2)}{dt} \quad \text{ب/ (3)}$$

$$v_{vol}(I_2) = \frac{d}{dt} \left( \frac{n(I_2)}{V_s} \right) = \frac{d[I_2]}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt} \quad \text{ب/ (4) المزيج الأول:}$$

$$v_{vol} = \frac{2,5 \times 10^{-3}}{10}$$

$$v_{vol} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

المزيج الثاني:

$$v_{vol} = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{2,5 \times 5}$$

$$v_{vol} = 1,2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

السرعة الحجمية في المزيج الأول أكبر.

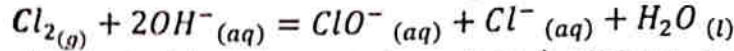
التعليل: التراكيز الابتدائية في المزيج الأول أكبر مما في المزيج الثاني (كمية المادة أكبر والحجم متساو).

وقاض قد قضى للناس عدلاً  
له كف وليس له بنان  
رأيت الناس قد قبلوا قضاءه  
ولا نطق لديه ولا لسان ؟



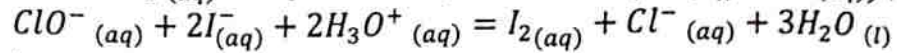
## التمرين 39:

نحضر ماء جافيل من تفاعل ثنائي الكلور  $Cl_2(g)$  مع محلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+(aq) + OH^-(aq))$  التحول الكيميائي التام الحادث يتمذج بتفاعل كيميائي يعبر عنه بالمعادلة التالية:



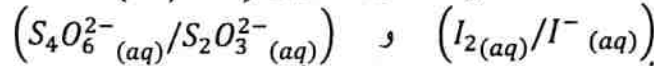
(1) تُعرّف الدرجة الكلورومترية ( $^{\circ}Chl$ ) بأنها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين النظاميين اللازم استعمالهما لتحضير لتر واحد من ماء جافيل. بين أن:  $^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M$  حيث  $V_M = 22.4 L \cdot mol^{-1}$  هو الحجم المولي للغاز و  $C_0$  هو التركيز المولي لماء جافيل.

(2) نأخذ عينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة الحرارة  $20^{\circ}C$  تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت  $ClO^-$  هو  $C_0$ ، ونمدها 4 مرات ليصبح تركيزه المولي  $C_1$ . نأخذ منها حجما  $V_1 = 2mL$  ونضيف إليها كمية كافية من يود البوتاسيوم  $(K^+(aq) + I^-(aq))$  في وسط حمضي، فيتشكل ثنائي اليود  $I_2(aq)$  وفق تفاعل تام يتمذج بالمعادلة التالية:



نعاير ثنائي اليود المتشكل في نهاية التفاعل بمحلول ثيوكبريتات  $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$  تركيزه بالشوارد

$S_2O_3^{2-}$  هو  $C_2 = 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$  بوجود كاشف ملون (صمغ النشا أو التيودان) فيكون الحجم ثيوكبريتات الصوديوم المضاف عند التكافؤ  $V_E = 20mL$ . تعطى الثنائيتين ( $Ox/Red$ ) الداخليتين في تفاعل المعايرة:

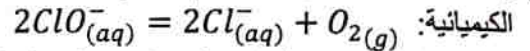


ا/ اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة تفاعل أكسدة-إرجاع المنمذج لتحول المعايرة.  
ب/ بين أن:

$$C_1 = \frac{C_2 \cdot V_E}{2V_1}$$

ج/ احسب  $C_1$  ثم استنتج  $C_0$  و  $^{\circ}Chl$ .

(3) يتفكك ماء جافيل وفق تحول تام و بطيء، معادلته الكيميائية:



يمثل الشكل المحنيين البيانيين لتغيرات تركيز شوارد  $ClO^-$  بدلالة الزمن الناتجين عن المتابعة الزمنية لتطور عينتين من ماء جافيل حضرتا بنفس الدرجة الكلورومترية للعينة (A) عند درجتَي الحرارة  $20^{\circ}C$  بالنسبة للعينة (1) و  $40^{\circ}C$  بالنسبة للعينة (2). العينتان حديثتا الصنع عند اللحظة  $t = 0$ .

أ/ استنتج بيانيا التركيز الابتدائي للعينتين (1) و (2) بالشوارد  $ClO^-$ . هل العينة (A) السابقة حديثة الصنع؟  
ب/ اكتب عبارة السرعة الحجمية لاختفاء شوارد  $ClO^-$ ، ثم احسب قيمتها في اللحظة  $t = 50journs$  بالنسبة لكل عينة. قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟

ج/ ماهي النتيجة التي نستخلصها من هذه الدراسة للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول؟

## تصحيح التمرين 39:

(1) بين أن:  $^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M$

الطريقة 1:

|                     |   |                |   |           |   |           |   |        |
|---------------------|---|----------------|---|-----------|---|-----------|---|--------|
| $Cl_2$              | + | $2OH^-$        | = | $ClO^-$   | + | $Cl^-$    | + | $H_2O$ |
| $n(Cl_2)$           |   | $n$            |   | 0         |   | 0         |   | /      |
| $n(Cl_2) - x_{max}$ |   | $n - 2x_{max}$ |   | $x_{max}$ |   | $x_{max}$ |   | /      |

$$^{\circ}Chl = V(Cl_2)$$

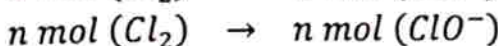
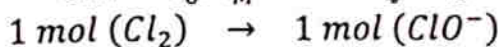
$$n(Cl_2) - x_{max} = 0 \rightarrow n(Cl_2) = x_{max}$$

$$n(Cl_2) = n(ClO^-)$$

$$\frac{V(Cl_2)}{V_M} = C_0 \cdot V \Rightarrow V(Cl_2) = C_0 \cdot V \cdot V_M$$

$$V(Cl_2) = C_0 \cdot V_M \quad : V = 1L \quad \text{لما}$$

$$^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M \quad : \text{وبالتالي}$$



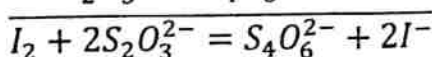
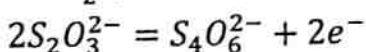
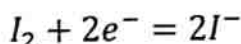
الطريقة 2:

$$\frac{V(Cl_2)}{V_M} = C_0 \cdot V \quad : \text{إذن} \quad n(Cl_2) = n(ClO^-)$$

$$V(Cl_2) = C_0 \cdot V_M \quad : V = 1L \quad \text{لما}$$

$$^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M \quad : \text{وبالتالي}$$

أ/ (2)



ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $ClO^- + 2I^- + 2H_3O^+ = I_2 + Cl^- + 3H_2O$ |       |       |           |           |
|----------|---------|-----------------------------------------------|-------|-------|-----------|-----------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                            |       |       |           |           |
| بوفرة    |         |                                               |       | 0     | 0         | بوفرة     |
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_1 \cdot V_1$                               | بوفرة | بوفرة | $x$       | $x$       |
| انتقالية | $x$     | $C_1 \cdot V_1 - x$                           | بوفرة | بوفرة | $x_{max}$ | $x_{max}$ |
| نهائية   | $x_f$   | $C_1 \cdot V_1 - x_{max}$                     | بوفرة | بوفرة | $x_{max}$ | $x_{max}$ |

لدينا:  $n(I_2) = x_{max} = C_1 \cdot V_1$  ومن تفاعل المعايرة لدينا:

$$n(I_2) = \frac{1}{2} n(S_2O_3^{2-}) \quad n(ClO^-) = \frac{1}{2} n(S_2O_3^{2-})$$

$$C_1 V_1 = \frac{1}{2} C_2 V_E \Rightarrow C_1 = \frac{C_2 V_E}{2 V_1}$$

$$C_1 = \frac{0,1 \times 20}{4} = 0,5 \text{ mol/L} / \text{ج}$$

$$C_0 = C_1 \times F = 0,5 \times 4 = 2 \text{ mol/L}$$

$$^{\circ}Chl = 2 \times 22,4 = 44,8$$

(3) أ/ العينتان لهما نفس التركيز المولي الابتدائي:

$$[ClO^-]_0 = 4,3 \times 0,5 = 2,15 \text{ mol/L}$$

العينة A السابقة ليست حديثة الصنع لأن:

$$C_0 < [ClO^-]_0$$

$$v_{vol}(ClO^-) = -\frac{d[ClO^-]}{dt} / \text{ب/}$$

$$v_{vol} = -\left(-\frac{2 \times 0,5}{2,9 \times 50}\right) = 7,14 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{J}^{-1} \quad : \text{العينة (1)}$$

$$v_{vol} = -\left(-\frac{1,5 \times 0,5}{50}\right) = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{J}^{-1} \quad : \text{العينة (2)}$$

السرعة الحجمية لاختفاء  $ClO^-$  في العينة 2 أكبر من السرعة الحجمية لاختفاء  $ClO^-$  في العينة (1).  
السبب: درجة الحرارة عامل حركي.

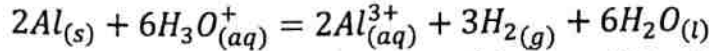
ج/ للحفاظ على ماء جافيل يجب وضعه في مكان بارد، أو على الأقل وضعه بعيدا عن أشعة الشمس.



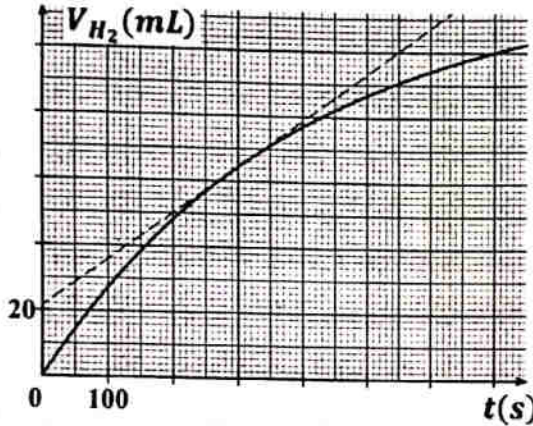
### التمرين 40:

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين ( $H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ) مع الألمنيوم وفق معادلة تفاعل تام منتجا غاز ثنائي الهيدروجين وشوارد الألمنيوم ( $Al^{3+}$ ).

في اللحظة  $t = 0$  ندخل عينة كتلتها  $m = 0,81g$  من حبيبات الألمنيوم في بالون (دورق) يحتوي على حجم  $V = 60mL$  من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي  $C = 0,18 mol.L^{-1}$ . نغلق البالون بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس غاز مدرج ومنكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج وقياس حجمه في لحظات مختلفة. النتائج المحصل عليها مكنتنا من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن  $V_{H_2} = f(t)$ . نمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:



(1) اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونييتين للأكسدة والإرجاع مع تحديد الثنائيتين ( $Ox/Red$ ) المشاركتين في التفاعل.



(2) أ/ أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث.

ب/ جد قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$  ثم حدد المتفاعل المحد

(3) أ/ جد العلاقة بين تقدم التفاعل  $x(t)$  وحجم غاز ثنائي

الهيدروجين الناتج  $V_{H_2}(t)$ .

ب/ استنتج حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق عند نهاية

التفاعل  $V_f(H_2)$ .

ج/ بين أن حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق في زمن

نصف التفاعل  $t_{1/2}$  يعطى بالعلاقة:

$$V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2}$$

ثم استنتج قيمة  $t_{1/2}$ .

(4) أ/ بين أن سرعة التفاعل في اللحظة  $t$  تعطى بالعلاقة:

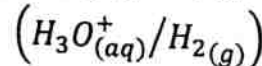
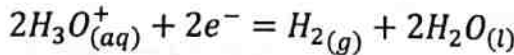
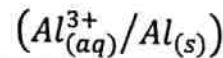
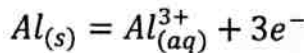
$$v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

ب/ احسب قيمة هذه السرعة في اللحظة  $t = 300s$ .

المعطيات:  $M(Al) = 27g.mol^{-1}$ ، الحجم المولي في شروط التجربة  $V_M = 24L.mol^{-1}$ .

### تصحيح التمرين 40:

(1) المعادلات:



(2) أ/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $2Al_{(s)} + 6H_3O^+_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ |                              |        |        |                   |
|----------|---------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|--------|-------------------|
| التقدم   |         | كميات المادة (mol)                                                       |                              |        |        |                   |
| ابتدائية | $x = 0$ | 0,03                                                                     | $1,08 \times 10^{-2}$        | 0      | 0      | 3,3<br>3,3<br>3,3 |
| انتقالية | $x$     | $0,03 - 2x$                                                              | $1,08 \times 10^{-2} - 6x$   | $2x$   | $3x$   |                   |
| نهائية   | $x_f$   | $0,03 - 2x_f$                                                            | $1,08 \times 10^{-2} - 6x_f$ | $2x_f$ | $3x_f$ |                   |

ب/  $x_{max} = 1,8 \times 10^{-3} mol$  المتفاعل المحد هو:  $H_3O^+$ .

# الوحدة 01: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

$$x = \frac{V_{H_2}}{3V_M} \quad / \quad (3)$$

$$V_f(H_2) = 0,13 \text{ L} \quad / \quad \text{ب}$$

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} \quad / \quad \text{ج}$$

$$V_{H_2}(t_{1/2}) = x(t_{1/2}) \cdot 3V_M = \frac{3V_M \cdot x_{max}}{2} = \frac{V_f(H_2)}{2}$$

$$t_{1/2} \approx 300 \text{ s} \quad : \text{قيمة } t_{1/2}$$

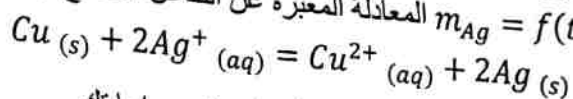
$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{V_{H_2}}{3V_M} \right) \quad / \quad (4)$$

$$v = \frac{1}{3V_M} \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

$$v = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol/s} \quad / \quad \text{ب}$$

## التمرين 41:

لدراسة حركية تحول كيميائي تام، غمرنا في لحظة  $t = 0$  صفيحة من النحاس كتلتها  $m = 3.175 \text{ g}$  في حجم قدره  $V = 200 \text{ mL}$  من محلول نترات الفضة  $(Ag^+(aq) + NO_3^-(aq))$  تركيزه المولي  $c_0$ . سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن  $m_{Ag} = f(t)$  المعادلة المعبرة عن التفاعل المنمذج لهذا التحول هي:



(1) هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برر إجابتك.

(2) حدد الشانيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل واكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

(3) أنشئ جدولاً تقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

(4) احسب  $c_0$  التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة.

(5) جد التركيب المولي (حصول المادة) في الحالة النهائية.

(6) عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  وحدد قيمته بيانياً.

(7) ا/ بين أن السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعلاقة:

$$V_{Ag}(t) = \frac{1}{2 M_{Ag}} \cdot \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$$

حيث:  $M_{Ag}$  الكتلة المولية للفضة.

ب/ احسب سرعة التفاعل في اللحظة  $t = 0$ .

يعطى:  $M(Cu) = 63.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ،  $M(Ag) = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

يستمر الغضب فقط مع الجهلة

البرت اينشتاين



## تصحيح التمرين 41:

- (1) التحول الكيميائي بطيء لأن المتابعة الزمنية استغرقت عدة دقائق.  
 (2) الشائيتين ox/red الداخليتين في التفاعل:  $Cu^{2+}/Cu$  ،  $Ag^+/Ag$   
 $Cu = Cu^{2+} + 2e^-$  الأكسدة  
 $2Ag^+ + 2e^- = 2Ag$  الإرجاع

(3) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $Cu + 2Ag^+ = Cu^{2+} + 2Ag$ |              |       |        |
|----------|---------|------------------------------|--------------|-------|--------|
| الحالة   |         | كميات المادة (mol)           |              |       |        |
| التقدم   |         |                              |              |       |        |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_1$                        | $n_2$        | 0     | 0      |
| انتقالية | $x$     | $n_1 - x$                    | $n_2 - 2x$   | $x$   | $2x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_1 - x_f$                  | $n_2 - 2x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ |

- حساب التقدم الأعظمي: لدينا من جدول تقدم التفاعل:  $n_f(Ag) = 2x_{max}$   
 ومن البيان نجد:  $n_f(Ag) = \frac{4,32}{108} = 0,04 \text{ mol}$  ومنه:  $x_{max} = 0,02 \text{ mol}$   
 (4) حساب التركيز  $C_0$ : من جدول التقدم:

$$n_f(Cu) = n_0(Cu) - x_{max} = \frac{m}{M_{Cu}} - x_{max}$$

بالتعويض نجد:  $n_f(Cu) = 0,03 \text{ mol}$ 

ومنه:  $Cu$  ليس متفاعل محد، إذن:  $Ag^+$  متفاعل محد ومنه تصبح:  $n_0(Ag) - 2x_{max} = 0$   
 ومنه:  $C_0 \cdot V = 2x_{max}$  نجد:

$$C_0 = \frac{2x_{max}}{V} = \frac{2 \times 0,02}{0,2} = 0,2 \text{ mol/L}$$

(5) حصيلة المادة في الحالة النهائية:

| الأفراد    | $Ag^+$ | $Cu$ | $Ag$ | $Cu^{2+}$ |
|------------|--------|------|------|-----------|
| $n_f(mol)$ | 0      | 0,03 | 0,04 | 0,02      |

(6) تعريف وتعيين  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.  
 من البيان  $t_{1/2} = 10 \text{ min}$  مع توضيح الطريقة.

(7) / عبارة السرعة اللحظية لتشكيل الفضة:

$$v(Ag) = \frac{dn(Ag)}{dt}$$

$$\frac{dn(Ag)}{dt} = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm(Ag)}{dt} \quad \text{ومنه:} \quad n(Ag) = \frac{m(Ag)}{M_{Ag}}$$

$$v(Ag) = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm(Ag)}{dt} \quad \text{بالتعويض نجد:}$$

ب/ سرعة التفاعل في  $t = 0s$ :

$$v(Ag) = 2 \cdot v \quad \text{لدينا} \quad v = \frac{dx}{dt} \quad \text{من معادلة التفاعل}$$

$$\Rightarrow v = \frac{1}{2M} \frac{dm(Ag)}{dt} = \frac{1}{2 \times 108} \times \frac{3,5 \times 0,864}{10}$$

$$\Rightarrow v = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol.min}^{-1}$$

## التمرين 42:

نمزج عند اللحظة  $t = 0$ ، حجما  $V_1$  من محلول مائي ليبروكسوديكبريتات البوتاسيوم  $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_1$  مع حجم  $V_2 = 200 \text{ mL}$  من محلول مائي ليود البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_2$ ، نتابع تغيرات كمية مادة  $(I^-_{(aq)})$  المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فتحصلنا على البيان (1) إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التحول الكيميائي الحاصل هما:

أ/ اكتب معادلة أكسدة-إرجاع النمذجة للتفاعل الكيميائي الحاصل.  
ب/ أنجز جدول تقدم التفاعل.

(2) اعتمادا على البيان:

أ/ استنتج التركيز المولي  $C_2$  لمحلول يود البوتاسيوم.

ب/ حدد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام.

ج/ استنتج قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

(3) أ/ استنتج بيانيا قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود  $(I^-_{(aq)})$  عند اللحظة  $t = 1 \text{ min}$ .

ب/ أوجد قيمة الحجم الكلي  $V_T$  للوسط التفاعلي علما أن قيمة السرعة

الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 1 \text{ min}$  هي  $v_{vol} = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ .

ج/ استنتج قيمة الحجم  $V_1$  لمحلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم وتركيزه المولي  $C_1$ .

(4) أ/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

ب/ بين أن كمية مادة شوارد اليود  $n(I^-)$  عند اللحظة  $t_{1/2}$  تعطى بالعلاقة

$$n_I(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2}$$

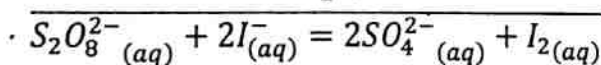
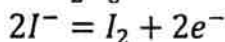
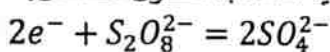
حيث  $n_0(I^-)$  هي كمية مادة شوارد اليود الابتدائية في الوسط التفاعلي،  $n_f(I^-)$  هي كمية مادة شوارد اليود في

الوسط التفاعلي عند نهاية التفاعل.

ج/ استنتج قيمة  $t_{1/2}$  بيانيا.

## تصحيح التمرين 42:

(1) أ/ كتابة معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية النمذجة للتحول الحاصل:



ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $S_2O_8^{2-}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} = 2SO_4^{2-}_{(aq)} + I_{2(aq)}$ |                        |        |       |
|----------|---------|--------------------------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|
| الحالة   |         | كميات المادة (mol)                                                 |                        |        |       |
| التقدم   |         |                                                                    |                        |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_1 \cdot V_1$                                                    | $C_2 \cdot V_2$        | 0      | 0     |
| انتقالية | $x$     | $C_1 \cdot V_1 - x$                                                | $C_2 \cdot V_2 - 2x$   | $2x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $C_1 \cdot V_1 - x_f$                                              | $C_2 \cdot V_2 - 2x_f$ | $2x_f$ | $x_f$ |

(2) اعتمادا على البيان:

أ/ عند  $t = 0$  :  $n_0(I^-) = C_2 \cdot V_2$  ومن البيان:  $n_0(I^-) = 20 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$C_2 = 0,1 \text{ mol/l} \Rightarrow C_2 = \frac{20 \times 10^{-3}}{V_2} = \frac{20 \times 10^{-3}}{0,2}$$



ب/ من البيان:  $n_f(I^-) \neq 0$  منه المتفاعل المحد هو:  $(S_2O_8^{2-})$

$$x_{\max} = \frac{C_2 \cdot V_2 - n_f(I^-)}{2} \Leftrightarrow C_2 \cdot V_2 - 2x_{\max} = n_f(I^-) \quad \text{ج/ وعليه}$$

منه  $x_{\max} = 8 \text{ mmol}$

3/ استنتاج سرعة اختفاء شوارد اليود  $(I^-)$  عند  $t = 1 \text{ min}$

$$v(I^-) = \frac{-dn(I^-)}{dt} \Rightarrow v(I^-) = \frac{-(16 - 0) \times 10^{-3}}{0 - 2,4} = 6,66 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

ب/ إيجاد الحجم الكلي  $V_T$ :

$$v_{\text{vol}}(\text{تفاعل}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{v(I^-)}{V_T} \quad \text{منه} \quad v_{\text{vol}}(\text{تفاعل}) = \frac{v_{\text{vol}}(I^-)}{2} \quad \text{نعلم أن:}$$

$$V_T = \frac{v(I^-)}{2 \times v_{\text{vol}}} \approx 365 \text{ mL} \Rightarrow V_T = 0,365 \text{ L} \quad \text{إذن: عند } t = 1 \text{ min}$$

$$V_1 = V_T - V_2 = 165 \text{ mL} \quad \text{ج/ استنتاج الحجم } V_1: \quad \text{استنتاج } C_1:$$

$$x_{\max} = C_1 \cdot V_1 \Rightarrow C_1 = \frac{x_{\max}}{V_1} \Rightarrow C_1 = 0,048 \text{ mol/l}$$

4/ تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي  $x_f$  حيث

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

ب/ بيان العلاقة: عند  $t = t_f$

$$n_f(I^-) = n_0(I^-) - 2x_f \quad \text{عند } t = t_{1/2}$$

$$n_{t_{1/2}}(I^-) = n_0(I^-) - 2x_{t_{1/2}} \quad \text{وعليه:}$$

$$n_{t_{1/2}} = n_0(I^-) - 2 \cdot \frac{x_f}{2} \Rightarrow n_{t_{1/2}} = n_0(I^-) - x_f \quad \text{إذن:}$$

$$x_f = n_0(I^-) - n_{t_{1/2}}(I^-)$$

$$n_f(I^-) = n_0(I^-) - 2(n_0(I^-) - n_{t_{1/2}}(I^-)) = -n_0(I^-) + 2n_{t_{1/2}}(I^-) \quad \text{نجد:}$$

$$n_{t_{1/2}}(I^-) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2} \quad \text{منه:} \quad n_f(I^-) + n_0(I^-) = 2n_{t_{1/2}}(I^-) \quad \text{إذن:}$$

ج/ استنتاج  $t_{1/2}$ :

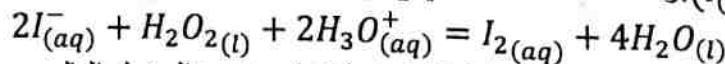
$$t_{1/2} \approx 0,7 \text{ min} \quad \text{عند } t = t_{1/2} \quad n_{t_{1/2}}(I^-) = \frac{20+4}{2} = 12 \text{ mmol} \quad \text{بالإسقاط على البيان نجد:}$$

### التمرين 43:

نعتبر التفاعل الكيميائي النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:  $\alpha A + \beta B = \gamma C + \lambda D$   
1) أثبت أن سرعة اختفاء النوع الكيميائي A يعبر عنها بدلالة سرعة تشكل النوع الكيميائي C كما يلي:

$$\frac{V_{(A)}}{\alpha} = \frac{V_{(C)}}{\gamma}$$

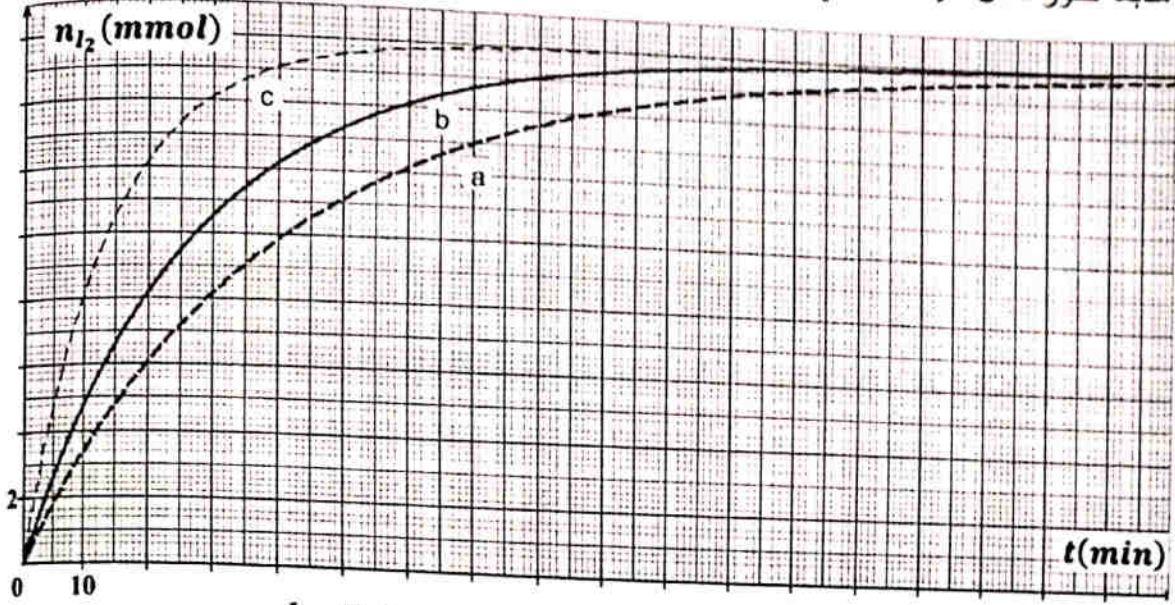
2) تتأكسد شوارد اليود  $(I_{(aq)}^-)$  بواسطة الماء الأكسجيني  $H_2O_2$  في وسط حمضي  $H_3O^+$  وفق التفاعل ذي المعادلة:



نحقق ثلاث تجارب في أحجام متساوية حسب شروط كل تجربة كما يوضحه الجدول التالي:

| رقم التجربة                               | 1            | 2            | 3            |
|-------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| كمية المادة الابتدائية من $H_2O_2$ (mmol) | $n_0$        | $n_0$        | $n_0$        |
| كمية المادة الابتدائية من $I^-$ (mmol)    | 40           | 80           | 80           |
| كمية المادة الابتدائية من $H_3O^+$        | زيادة        | زيادة        | زيادة        |
| درجة حرارة الوسط التفاعلي                 | $20^\circ C$ | $40^\circ C$ | $20^\circ C$ |

بعد متابعة تطور تشكل كمية مادة ثنائي اليود  $I_2$  في التجارب الثلاثة تحصلنا على المنحنيات التالية: (a), (b), (c).



أ/ هل شوارد  $H_3O^+$  تلعب دور وسيط أم متفاعل في التجارب الثلاثة؟ علّل.

ب/ أنسب رقم التجربة 1, 2, 3 لكل منحنى مع التعليل.

ج/ انطلاقاً من البيان: عين السرعة المتوسطة لتشكل ثنائي اليود  $I_2$  بين اللحظتين  $t_1 = 20 \text{ min}$

و  $t_2 = 60 \text{ min}$  بالنسبة للتجربة (b).

أ/ إذا كانت سرعة اختفاء  $(I_{aq}^-)$  هي  $v_{(I^-)} = 0,4 \text{ mmol/min}$ ، احسب سرعة تشكل  $H_2O$  التي نعتبرها  $v_{(H_2O)}$

### تصحيح التمرين 43:

$$\text{إثبات: } \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_C}{\gamma}$$

| المعادلة |         | $\alpha A + \beta B = \gamma C + \lambda D$ |                   |              |               |
|----------|---------|---------------------------------------------|-------------------|--------------|---------------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                          |                   |              |               |
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_1$                                       | $n_2$             | 0            | 0             |
| انتقالية | $x$     | $n_1 - \alpha x$                            | $n_2 - \beta x$   | $\gamma x$   | $\lambda x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $n_1 - \alpha x_f$                          | $n_2 - \beta x_f$ | $\gamma x_f$ | $\lambda x_f$ |

لدينا:  $v_A = -\frac{dn_A}{dt}$  من جدول تقدم التفاعل:  $n_A(t) = n_1 - \alpha x$

$$v_A = -\frac{d(n_1 - \alpha x)}{dt} \Rightarrow v_A = -(-\alpha) \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{v_A}{\alpha}$$

و لدينا:  $v_C = \frac{dn_C}{dt}$  من جدول تقدم التفاعل:  $n_C(t) = \gamma x$

$$v_C = \frac{d(\gamma x)}{dt} \Rightarrow v_C = (\gamma) \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{v_C}{\gamma}$$

$$\frac{v_C}{\gamma} = \frac{v_A}{\alpha} \quad \text{فإن} \quad \frac{v_C}{\gamma} = \frac{dx}{dt} \quad \text{و} \quad \frac{dx}{dt} = \frac{v_A}{\alpha}$$

أ/ الشوارد  $(H_3O^+)$  تلعب دور متفاعل في التجارب الثلاثة لأن الشوارد شاركت في التفاعل من حيث التوازن الذري والشحني.

ب/ تجربة 01 ← البيان a: درجة حرارة قليلة وكمية المادة صغيرة بالمقارنة بالتجربتين.

تجربة 02 ← البيان c: درجة حرارة مرتفعة وكمية المادة أيضاً مرتفعة بالنسبة للتجربتين.

تجربة 03 ← البيان b: درجة حرارة قليلة وكمية مادة مرتفعة بالنسبة للتجربة 01



ج/ السرعة المتوسطة لتشكل ثنائي اليود  $I_2$  بين اللحظتين  $t_1 = 20 \text{ min}$  و  $t_2 = 60 \text{ min}$  بالنسبة للتجربة (b)

$$v_m = \frac{\Delta(n_{I_2})}{\Delta t} = \frac{14 - 8}{60 - 20} = 0,15 \text{ mmol/min}$$

$$\frac{v_{H_2O}}{4} = \frac{v_{I_2}}{2} \quad \text{د/ من الجواب 1 لدينا:}$$

$$\Rightarrow v_{H_2O} = \frac{4v_{I_2}}{2} = 2v_{I_2} = 2 \times 0,4 = 0,8 \text{ mmol/min}$$

#### التمرين 44:

إن التفاعل بين محلول بيروكسود ثنائي كبريتات البوتاسيوم ( $2K^+, S_2O_8^{2-}$ ) ومحلول يود البوتاسيوم ( $K^+, I^-$ ) هو تفاعل تام وبطيء. نمذج التفاعل بالمعادلة الكيميائية التالية:  $S_2O_8^{2-} + 2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}$  (aq).  
كلف الأستاذ ثلاثة أفواج من التلاميذ لإجراء ثلاثة تجارب ملخصة في الجدول (1):

| درجة الحرارة | $V_2 = 100 \text{ ml}$<br>$[I^-](\text{mol/l})$ | $V_1 = 100 \text{ ml}$<br>$[S_2O_8^{2-}](\text{mol/l})$ |
|--------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| المزيج A     | 0,04                                            | 0,02                                                    |
| المزيج B     | 0,02                                            | 0,01                                                    |
| المزيج C     | 0,04                                            | 0,02                                                    |

الجدول (1)

قدم كل فوج نتائج تجربته فكانت كالتالي في الجدول (2):

| $[I_2](\text{mol/l})$        | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| الفوج الأول $t(\text{min})$  | 20,0  | 13,3  | 7,5   | 3,3   |
| الفوج الثاني $t(\text{min})$ | 60,0  | 36,7  | 21,7  | 8,3   |
| الفوج الثالث $t(\text{min})$ | 390   | 230   | 110   | 35    |

الجدول (2)

- ارفق كل تجربة بالفوج الذي قام بها اعتمادا على عوامل حركية يطلب ذكرها.
- احسب التقدم الكيميائي في المزيج C في اللحظة التي يكون فيها  $[I_2] = 8 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ ، هل انتهى التفاعل في هذه اللحظة؟
- أراد تلميذ أن يتأكد من قيمة تركيز ثنائي اليود في المزيج الخاص بالفوج الأول عند اللحظة  $t = 20 \text{ min}$ ، أخذ من هذا المزيج حجما قدره  $V = 10 \text{ ml}$  وأضاف له  $100 \text{ ml}$  من الماء المثلج، ثم عاير محلول ثنائي اليود بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم ( $2Na^+, S_2O_3^{2-}$ ) تركيزه المولي  $C_3 = 0,01 \text{ mol/L}$  فكان حجم اللازم للتكافؤ  $V_E = 16 \text{ ml}$   
أ/ ما هو الغرض من إضافة الماء المثلج؟ كيف نسمي هذه العملية؟  
ب/ اكتب معادلة المعايرة، ثم أوجد العلاقة بين التركيز المولي لثنائي اليود  $[I_2]$  و  $C$  و  $V$  و  $V_E$ ،  
ثم احسب قيمة  $[I_2]$ .  
ج/ هل تتوافق النتيجة مع نتيجة الفوج الأول؟

تعطى الثنائية:  $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$

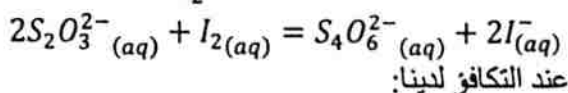
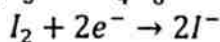
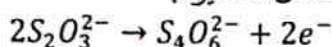
#### تصحيح التمرين 44:

- الفوج الأول ← المزيج C (أعلى درجة حرارة أكبر تركيز).
  - الفوج الثاني ← المزيج A (أكبر تركيز).
  - الفوج الثالث ← المزيج B (أعلى درجة حرارة أكبر تركيز).
- العاملان الحركيان: درجة الحرارة ( $T \leftarrow v$ )  
-التركيز الابتدائية للمفاعلات ( $C \leftarrow v$ )

(2) من معادلة تفاعل  $x_f = n_{(I_2)f} = [I_2](V_1 + V_2) = 1,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$   

$$\frac{[S_2O_8^{2-}] \cdot V_1}{1} = \frac{[I^-] \cdot V_2}{2} = 2 \times 10^{-3} \quad \text{لدينا}$$

المزيج ستوكيومترى و  $x_{max} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$   
 نلاحظ أن:  $x_f < x_{max}$  ومنه: التفاعل لم ينته في هذه اللحظة.  
 (3) أ/ الغرض من إضافة الماء المثلج: إيقاف التفاعل.  
 نسمي العملية: "عملية التمديد" ثم المعايرة  
 ب/ معادلة تفاعل المعايرة:



$$\frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{n_0(I_2)}{1}$$

$$[I_2] = \frac{C_3 V_E}{2V} \quad \text{منه} \quad \frac{C_3 V_E}{2} = [I_2] \cdot V$$

$$[I_2] = \frac{0,01 \times 16}{2 \times 10} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ومنه النتيجة تتوافق مع نتيجة الفوج الأول.

### التمرين 45:

محلول لحمض كلور الهيدروجين تركيزه  $C_1 = 4 \text{ mol.L}^{-1}$  نأخذ منه حجما  $V_1 = 10 \text{ ml}$  ونضيف إليه حجما  $V_2 = 40 \text{ ml}$  من ثيوكبريتات الصوديوم ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ) تركيزه  $C_2 = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$   
 فيحدث التحول النمذج بالتفاعل ذي المعادلة:  $S_2O_3^{2-} (aq) + 2H^+ (aq) = S(s) + SO_2(aq) + H_2O(l)$   
 سمحت عملية المتابعة الزمنية للتحول من معرفة تركيز شوارد ثيوكبريتات المتبقية كما مبينة في الجدول:

| t(s)                         | 0   | 15   | 30   | 45  | 60   | 90   | 120  | 180  | 240  | 300  | 360 |
|------------------------------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| $[S_2O_3^{2-}] (mol.L^{-1})$ | 0,4 | 0,33 | 0,26 | 0,2 | 0,16 | 0,11 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0   |
| x(mmol)                      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |

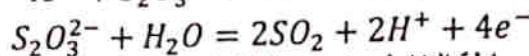
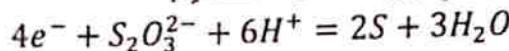
- كيف تصنف هذا التحول من حيث مدة استغراقه؟
- ما نوع التحول؟ استنتج الثنائيات الداخلة في التحول.
- بعد الإضافة مباشرة احسب تركيزا شوارد  $H^+$  و  $S_2O_3^{2-}$  الابتدائيين.
- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
- جد عبارة التقدم x بدلالة  $[S_2O_3^{2-}] (aq)_i$  و  $[S_2O_3^{2-}] (aq)_f$  حجم المزيج الابتدائي V.
- أكمل الخانة الأخيرة من الجدول ثم ارسم البيان  $x = f(t)$ .
- استنتج سرعة اختفاء شوارد  $S_2O_3^{2-}$  بدلالة سرعة التفاعل. ثم احسبها عند  $t = 0$ .
- علما أن التحول تام، أوجد:  
 أ/ المتفاعل المحد.  
 ب/ زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$



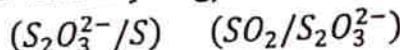
### تصحيح التمرين 45:

(1) التحول بطيء، لأنه استغرق  $360\text{ s} = 6\text{ min}$ .

(2) التحول أكسدة-إرجاع لوجود إلكترونات وفق المعادلات النصفية:



بالجمع طرف لطرف والاختزال نجد معادلة التفاعل منه فإن الثنائيات الداخلة في التفاعل:



$$[H^+]_i = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} = 0,8\text{ mol/L} [S_2O_3^{2-}] = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = 0,4\text{ mol/L} \quad (3)$$

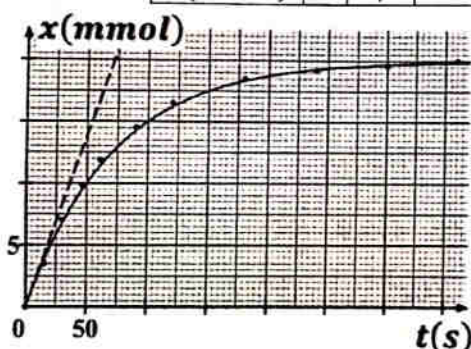
(4) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $S_2O_3^{2-} + 2H^+ = S + SO_2 + H_2O$ |
|----------|----------------------------------------|
| التقدم   | كميات المادة (mol)                     |
| بوفرة    | $C_2 \cdot V_2$                        |
| بوفرة    | $C_1 \cdot V_1$                        |
| بوفرة    | 0                                      |
| بوفرة    | 0                                      |
| انتقالية | $x$                                    |
| انتقالية | $C_2 \cdot V_2 - x$                    |
| انتقالية | $C_1 \cdot V_1 - 2x$                   |
| انتقالية | $x$                                    |
| انتقالية | $x$                                    |
| نهائية   | $x_f$                                  |
| نهائية   | $C_2 \cdot V_2 - x_f$                  |
| نهائية   | $C_1 \cdot V_1 - 2x_f$                 |
| نهائية   | $x_f$                                  |
| نهائية   | $x_f$                                  |

$$x = V([S_2O_3^{2-}]_0 - [S_2O_3^{2-}]) \quad (5) \quad \text{لدينا: } n(S_2O_3^{2-}) = n_0(S_2O_3^{2-}) - x$$

(6) إكمال الجدول ورسم البيان:

| t(s)    | 0 | 15  | 30 | 45 | 60 | 90   | 120  | 180  | 240 | 300  | 360 |
|---------|---|-----|----|----|----|------|------|------|-----|------|-----|
| x(mmol) | 0 | 3,5 | 7  | 10 | 12 | 14,5 | 16,5 | 18,5 | 19  | 19,5 | 20  |



$$(7) \quad \text{لدينا: } v_{S_2O_3^{2-}} = v(\text{التفاعل}) = \frac{dx}{dt} \quad \text{منه:}$$

$$v_{S_2O_3^{2-}}(0) = \text{ميل المماس} = 0,27\text{ mmol/s}$$

$$(8) \quad \text{أ/ إذا كان } H^+ \text{ محد فإن } C_1 \cdot V_1 - 2x_{\max} = 0 \quad \text{معناه:}$$

$$x_{\max} = 0,02\text{ mol}$$

$$\text{إذا كان } S_2O_3^{2-} \text{ محد فإن } C_2 \cdot V_2 - x_{\max} = 0 \quad \text{معناه:}$$

$$x_{\max} = 0,02\text{ mol}$$

إذن: المزيج ستوكيومترى (لا يوجد متفاعل محد).

ب/  $t_{1/2}$  هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي منه:

$$x = \frac{x_{\max}}{2} = 0,01\text{ mol}$$

إذن بالإسقاط على المنحني ثم على محور الأزمنة نجد:  $t_{1/2} = 45\text{ s}$

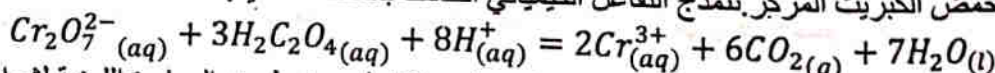
### التمرين 46:

لدراسة تطور تفاعل حمض الأوكساليك ( $H_2C_2O_4$ ) مع شوارد البيكرومات ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) نحضر مزيجا يتكون من

$C_1 = 2,1 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$  الحجمي  $V_1 = 50\text{ mL}$  من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي

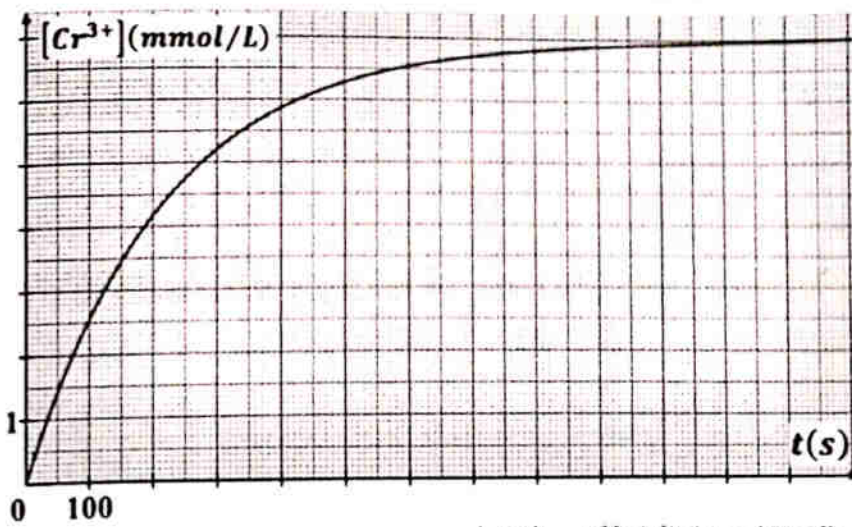
$C_2 = 1,0 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$  الحجمي  $V_2 = 50\text{ mL}$  من محلول بيكرومات البوتاسيوم تركيزه المولي

والمحضر بـ حمض الكبريت المركز. نمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة التالية:



نثبت درجة حرارة التفاعل عند القيمة  $\theta = 15^\circ C$  ونتابع تطور التفاعل، عن طريق المعايرة اللونية لشوارد  $Cr^{3+}$

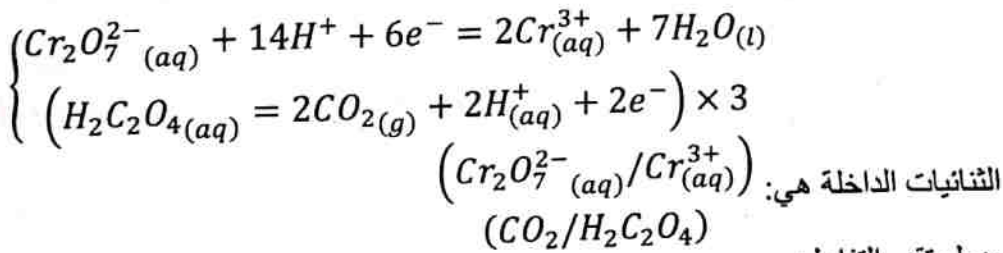
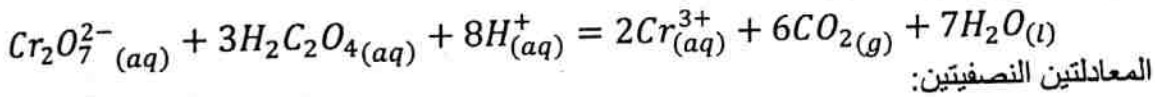
المتشكلة فنحصل على المنحني الممثل لتغيرات  $[Cr^{3+}]$  بدلالة الزمن المبين في الشكل الموالي.



- (1) حدد الثنائيتين (Ox/Red) الداخلة في التفاعل.
- (2) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واستنتج التقدم الأعظمي والمتفاعل المحد لهذا التفاعل الكيميائي (شوارد  $H^+$  موجودة بزيادة).
- (3) عرف السرعة الحجمية للتفاعل وعبر عنها بدلالة  $[Cr^{3+}]$ .
- (4) أوجد السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 100 s$ .
- (5) كيف تتطور السرعة الحجمية للتفاعل مع تطور الزمن؟ علّل.
- (6) احسب تركيز المزيغ النهائي بشوارد  $Cr^{3+}$ .
- (7) أوجد زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

### تصحیح التمرین 46:

(1) المعادلة المعبرة عن التفاعل:



(2) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3H_2C_2O_4(aq) + 8H^+(aq) = 2Cr^{3+}(aq) + 6CO_2(g) + 7H_2O(l)$ |             |              |       |        |        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------|--------|--------|
| الحالة   | كميات المادة (mol)                                                                  |             |              |       |        |        |
| التقدم   |                                                                                     |             |              |       |        |        |
| بوفرة    |                                                                                     |             |              | 0     | 0      | بوفرة  |
| ابتدائية | $x = 0$                                                                             | $n_2$       | $n_1$        | بوفرة |        | بوفرة  |
| انتقالية | $x$                                                                                 | $n_2 - x$   | $n_1 - 3x$   | بوفرة | $2x$   | $6x$   |
| نهائية   | $x_f$                                                                               | $n_2 - x_f$ | $n_1 - 3x_f$ | بوفرة | $2x_f$ | $6x_f$ |

- إيجاد التقدم النهائي والمتفاعل المحد:  $n_1 - 3x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = \frac{C_1 \cdot V_1}{3} = 3,5 \times 10^{-4} mol$

مرفوض  $n_2 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = C_2 \cdot V_2 = 5 \times 10^{-4} mol$   
 $x_{max} = 3,5 \times 10^{-4} mol$  هو التقدم الأعظمي، ومنه: حمض الأكساليك هو المتفاعل المحد.

(3) تعريف السرعة الحجمية: هي مقدار تقدم التفاعل خلال مدة زمنية في وحدة الحجم

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{dC}{dt}$$



من جدول تقدم التفاعل:  $[Cr^{3+}] = \frac{2x}{V_T}$ ، وبما أن  $V$  ثابت، فإن:  $\frac{d[Cr^{3+}]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dx}{dt}$ ،  $v_{vol} = \frac{dx}{dt}$   
(4) إيجاد السرعة الحجمية للتفاعل عند  $t = 100s$ : هو ميل المماس عند اللحظة  $t = 100s$  منه:

$$v_{vol} = \frac{(2,6 - 0,6) \times 10^{-3}}{(100 - 0) \times 2} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^2} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L.s}$$

السرعة تتناقص تدريجيا إلى أن تنعدم لأن: كمية مادة المتفاعلات تنقص وبالتالي تنقص التصادمات الفعالة ومنه تنقص السرعة.

(5) حساب تركيز المزيج النهائي بشوارد  $Cr^{3+}$ :  $n_{f(Cr^{3+})} = 2x_{max} = 7 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$$[Cr^{3+}]_f = \frac{7 \times 10^{-4}}{100 \times 10^{-3}} = 7 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

إيجاد زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : عند  $t = t_{1/2}$  تكون  $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$

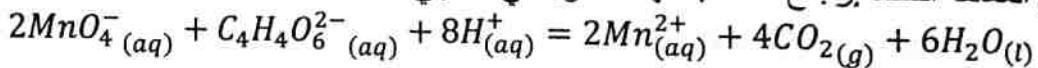
$$n_{\frac{1}{2}}(Cr^{3+}) = 2x(t_{1/2}) = 2 \cdot \frac{x_{max}}{2} = 3,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[Cr^{3+}]_{t_{1/2}} = \frac{3,5 \times 10^{-4}}{10^{-1}} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

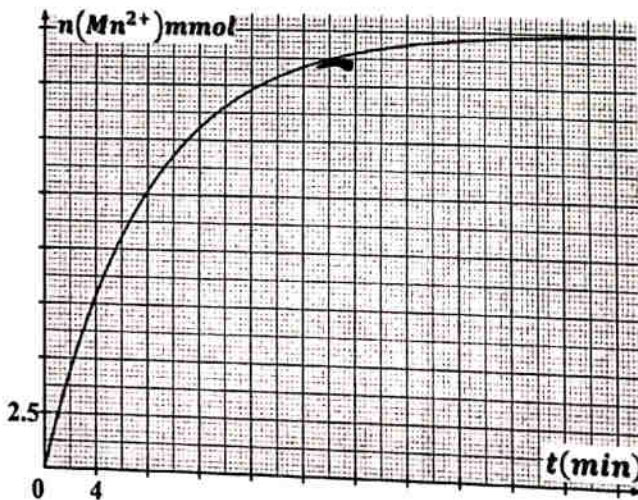
بمسقاط هذه القيمة على البيان نجد:  $t_{1/2} = 150s$ .

#### التمرين 47:

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البرمنغنات ( $MnO_4^-$ ) ومحلول يحتوي على شوارد الطرطرات ( $C_4H_4O_6^{2-}$ ) نضع في بيشر حجما  $V_1 = 500 \text{ mL}$  من محلول برمنغنات البوتاسيوم ( $K^+_{(aq)} + MnO_4^-$ ) تركيزه  $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  في اللحظة  $t = 0$  نضيف له حجما  $V_2 = 500 \text{ mL}$  من محلول يحتوي على شوارد الطرطرات تركيزه المولي  $C_2$ . تعطى:  $(MnO_4^- / Mn^{2+})$  و  $(CO_{2(g)} / C_4H_4O_6^{2-})$  (1) / بين أن المعادلة أكسدة-إرجاع المنمجة لهذا التحول هي كما يلي:



ب/ أنجز جدول تقدم التفاعل.  
(2) يمثل الشكل المنحني البياني الممثل لتطور كمية مادة شوارد المنغنيز  $n_{Mn^{2+}}$  بدلالة الزمن  $n_{Mn^{2+}} = f(t)$ .



استغل البيان في إيجاد ما يلي:  
أ/ السرعة الحجمية لتشكل شوارد المنغنيز عند اللحظة  $t = 12 \text{ min}$  ثم استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عندئذ.

ب/ التقدم النهائي للتفاعل  $x_f$ .

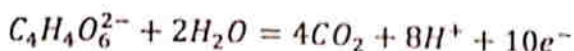
ج/ زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

(3) أ/ باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد.

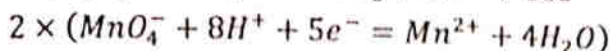
ب/ عين التركيز المولي لشوارد الطرطرات  $C_2$ .

## تصحيح التمرين 47:

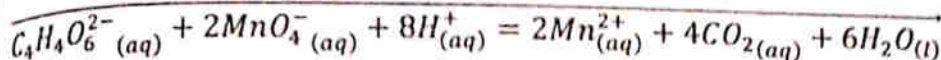
(1) أ/ كتابة معادلة أكسدة إرجاع.



أكسدة شوارد الطرطرات



إرجاع البرمنغنات



المعادلة الإجمالية

ب/ جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $C_4H_4O_6^{2-}(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) = 2Mn^{2+}(aq) + 4CO_{2(aq)} + 6H_2O(l)$ |                        |       |        |        |       |
|----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|--------|--------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                                     |                        |       |        |        |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $C_2 \cdot V_2$                                                                        | $C_1 \cdot V_1$        | بوفرة | 0      | 0      | بوفرة |
| انتقالية | $x$     | $C_2 \cdot V_2 - x$                                                                    | $C_1 \cdot V_1 - 2x$   | بوفرة | $2x$   | $4x$   | بوفرة |
| نهائية   | $x_f$   | $C_2 \cdot V_2 - x_f$                                                                  | $C_1 \cdot V_1 - 2x_f$ | بوفرة | $2x_f$ | $4x_f$ | بوفرة |

(2) حساب السرعة الحجمية لتشكل شوارد المغنزيوم لما  $t = 12 \text{ min}$ :

$$v_{vol(Mn^{2+})} = \frac{1}{V_T} \times \frac{dn(Mn^{2+})}{dt} = \frac{16 - 10}{12} \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/min.L}$$

من جدول تقدم التفاعل: لدينا:  $x = \frac{n(Mn^{2+})}{2}$   $\Rightarrow n(Mn^{2+}) = 2x$

بالاشتقاق نجد:  $\frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \times \frac{dn(Mn^{2+})}{dt}$  ومنه:  $\frac{dx}{dt} \times \frac{1}{V} = \frac{1}{2V_T} \times \frac{dn(Mn^{2+})}{dt}$

$$(v_{vol})_{t=12\text{min}} = \frac{1}{2} v_{vol}(Mn^{2+})_{t=12\text{min}}$$

$$\Rightarrow (v_{vol} x)_{t=12\text{min}} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

ب/ من جدول تقدم التفاعل:

من البيان:  $n_f(Mn^{2+}) = 20 \text{ mmol}$   $\Rightarrow x_f = \frac{n_f(Mn^{2+})}{2}$

ج/ زمن نصف التفاعل:  $t_{1/2}$  منه:  $x_f = 10^{-2} \text{ mol}$

$$n(t_{1/2}) = 2x(t_{1/2}) = 2\left(\frac{x_f}{2}\right) = x_f \Rightarrow n(t_{1/2}) = 10^{-2} \text{ mol}$$

بالإسقاط والتعميد علة محور الأزمنة نجد:  $t_{1/2} = 5,6 \text{ min}$ 

(3) أ/ تعيين المتفاعل المحد:

$$n_f(MnO_4^-) = C_1 \cdot V_1 - 2x_f = 0,05 - 0,02 = 0,03 \text{ mol}$$

التفاعل تام.  $n_f(MnO_4^-) \neq 0$  ومنه المتفاعل المحد هو شوارد الطرطرات  $C_4H_4O_6^{2-}$ .ب/ تعيين  $C_2$ :

$$n_f(C_4H_4O_6^{2-}) = 0 \Rightarrow C_2 \cdot V_2 - x_f = 0$$

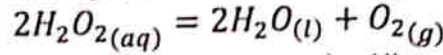
$$x_f = C_2 \cdot V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{x_f}{V_2} = \frac{0,01}{0,5} = 0,02 \text{ mol/L}$$

العالم حقا من استشكل  
الواضحة ووضح المشكل  
البورفيسور عبد الحميد بن شيكو



## التمرين 48:

I. الماء الأكسجيني التجاري عبارة عن محلول مائي لبيروكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ )، يستعمل كمطهر للجروح لـ  $H_2O_2$  ثنائيتين (Ox/Red) هما  $H_2O_2(aq)/H_2O(l)$  و  $O_2(g)/H_2O_2(aq)$ . يتفكك بيروكسيد الهيدروجين ذاتيا وينمذج هذا التحول بتفاعل كيميائي نعبّر عنه بالمعادلة التالية:



(1) اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

(2) اكمل جدول تقدم التفاعل.

| المعادلة      |            | $2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$ |       |  |
|---------------|------------|-----------------------------------|-------|--|
| حالة الجملة   | التقدم $x$ | كميات المادة بـ mol               |       |  |
| ح. الابتدائية | 0          | $n_0(H_2O_2)$                     | بوفرة |  |
| ح. الانتقالية | $x$        |                                   | بوفرة |  |
| ح. النهائية   | $x_{max}$  |                                   | بوفرة |  |

(3) أعط تعريفا للوسيط، وما نوع الوسيطة عندما نستخدم شوارد الحديد الثلاثية  $Fe^{3+}$  وذلك بإضافة محلول كلور الحديد الثلاثي للماء الأكسجيني.

II. لدراسة تطور هذا التفاعل عند درجة حرارة ثابتة نضيف عند اللحظة  $t = 0$  كمية قليلة من أكسيد المغنيز  $MnO_2$  ونتابع تطورا كمية المادة للماء الأكسجيني المتبقي عند لحظات مختلفة نتحصل على المنحنى البياني الممثل في الشكل.

(1) عبر عن تقدم التفاعل  $x$  بدلالة:  $n(H_2O_2)$  كمية مادة

$H_2O_2$  في اللحظة  $t$  و  $n_0(H_2O_2)$

(2) بين أنه يمكن التعبير عن السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

(3) احسب السرعة الحجمية في اللحظتين:

$t = 0$  و  $t = 25 s$ ، كيف تتطور؟

(4) ما العامل الحركي الذي لعب دورا في هذا التطور؟

(5) أعط تعريفا لزمان نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

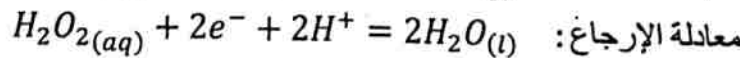
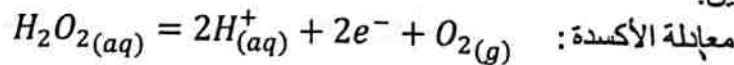
(6) بين أنه عند اللحظة  $t = t_{1/2}$  يكون:

$$[H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2}$$

واستنتج قيمة  $t_{1/2}$  بيانيا.

## تصحیح التمرين 48:

I. (1) المعادلتين النصفيتين:



(2) إكمال جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة      |           | $2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$ |       |           |
|---------------|-----------|-----------------------------------|-------|-----------|
| حالة الجملة   | التقدم    | كميات المادة بـ mol               |       |           |
| ح. الابتدائية | 0         | $n_0(H_2O_2)$                     | بوفرة | 0         |
| ح. الانتقالية | $x$       | $n_0 - 2x$                        | بوفرة | $x$       |
| ح. النهائية   | $x_{max}$ | $n_0 - 2x_{max}$                  | بوفرة | $x_{max}$ |

(3) تعريف الوسيط: هو نوع كيميائي مسرع للتفاعل دون أن يظهر في المعادلة الكيميائية.

نوع الوسيطة: متجانسة (لأننا نستعمل المحاليل).



II. (1) التعبير عن  $x$  بدلالة  $n_0$  و  $n(H_2O_2)$  من جدول التقدم والتفاعل نجد:  $n_0 - 2x = n_t(H_2O_2)$

ومنه :  $x = \frac{1}{2}(n_0 - n(H_2O_2))$

(2) عبارة السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2V} \times \frac{d(n_0 - n(H_2O_2))}{dt}$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{2V} \times \frac{d[H_2O_2]}{dt} \times \psi = -\frac{1}{2} \times \frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

(3) حساب السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[H_2O_2]_0}{dt}$$

$$v_{vol}(t = 0 \text{ s}) = -\frac{1}{2} \times \frac{7,5}{-1,5} = 2,5 \text{ mol/l.s}$$

$$v_{vol}(t = 25 \text{ s}) = 0 \text{ mol/l.s} \quad (\text{لانتهاى التفاعل})$$

تطور السرعة: تتناقص السرعة الحجمية للتفاعل إلى أن تنعدم بانعدام ميل المماس

(4) العامل الحركي الذي لعب دورا في هذا التطور هو الوسيط  $Fe^{3+}$ .

(5) تعريف  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي  $x_f$

(6) بين أنه عند  $t = t_{1/2}$

يكون  $[H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2}$ ، بما أن التفاعل تام فإن  $x_f = x_{max}$  وبالتالي عند  $t_{1/2}$  يكون:

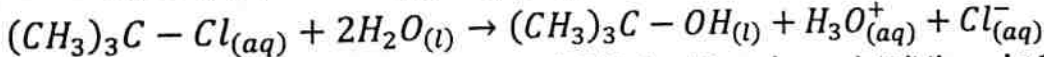
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} \Rightarrow n_{t_{1/2}}(H_2O_2) = \frac{n_0(H_2O_2)}{2}$$

$$\psi \cdot [H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0 \times \psi}{2} \Rightarrow [H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ mol/L}$$

قيمة  $t_{1/2}$  بيانيا:  $[H_2O_2]_{t_{1/2}} = 3,75 \text{ mol/L}$  بالإسقاط على البيان نجد أن:  $t_{1/2} \approx 1,2 \text{ s}$

### التمرين 49:

إن تفاعل إماعة 2-كلور و 2-مثيل بروبان هو تفاعل بطيء وتام ينمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:



يهدف دراسة تطور هذا التفاعل عن طريق قياس الناقلية النوعية  $\sigma$  للمحلول، عند اللحظة  $(t = 0)$  نمزج كمية قدرها  $1,85 \text{ mmol}$  من 2-كلور و 2-مثيل بروبان مع كمية وفيرة من الماء عند الدرجة  $25^\circ C$ ، قسنا الناقلية النوعية للمحلول في فترات زمنية مختلفة فتحصلنا على البيان التالي (نهمل التفكك الذاتي للماء)

(1) اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية؟

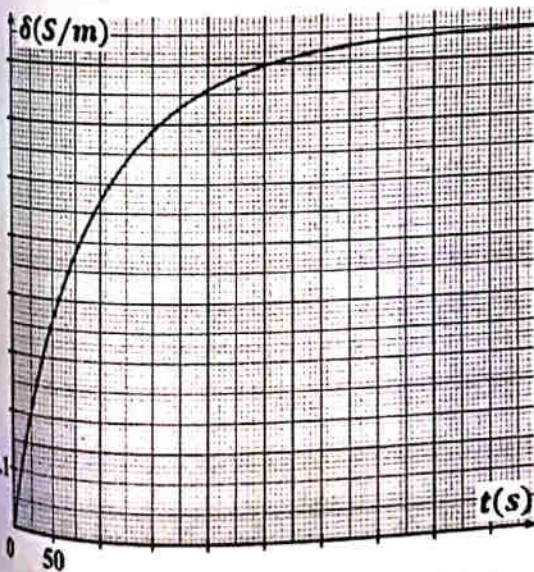
(2) أنجز جدول تقدم التفاعل واحسب التقدم الأعظمي.

(3) أوجد عبارة تقدم التفاعل  $x(t)$  بدلالة الناقلية النوعية  $\sigma$  والناقلية النوعية الأعظمية  $\sigma_{max}$  والتقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

(4) أعط عبارة سرعة تشكل  $H_3O^+_{(aq)}$  ثم احسبها في اللحظة  $t = 100 \text{ s}$

(5) عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم أوجده.

(6) ارسم كيفيا وفي نفس البيان  $\sigma = f(t)$  عند  $T = 50^\circ C$





## تصحیح التمرين 49:

- (1) يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية لأنه يوجد شوارد تؤثر في التفاعل:  $H_3O^+$  و  $Cl^-$ .  
 (2) جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة |         | $(CH_3)_3C - Cl_{(aq)} + 2H_2O_{(aq)} \rightarrow (CH_3)_3C - OH_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ |       |       |       |       |
|----------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| الحالة   | التقدم  | كميات المادة (mol)                                                                                     |       |       |       |       |
| ابتدائية | $x = 0$ | $1,85 \times 10^{-3}$                                                                                  | بوفرة | 0     | 0     | 0     |
| انتقالية | $x$     | $1,85 \times 10^{-3} - x$                                                                              | بوفرة | $x$   | $x$   | $x$   |
| نهائية   | $x_f$   | $1,85 \times 10^{-3} - x_f$                                                                            | بوفرة | $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

حساب التفاعل الأعظمي: - عند نهاية التفاعل:

$$1,85 \times 10^{-3} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 1,85 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(3) إيجاد عبارة تقدم التفاعل  $x_t$  بدلالة  $\sigma$ ,  $\sigma_{max}$ ,  $x_{max}$ .

$$\sigma_t = [H_3O^+] \lambda_{H_3O^+} + [Cl^-] \lambda_{Cl^-} \quad \text{لدينا عند لحظة } t:$$

$$[H_3O^+] = [Cl^-] \quad \text{منه:} \quad n_t(H_3O^+) = n_t(Cl^-) \quad \text{لدينا:} \quad n_t(H_3O^+) = n_t(Cl^-)$$

$$\sigma_t = [H_3O^+] \times (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) = \frac{x_t}{V_T} (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\Rightarrow x_t = \frac{\sigma_t \cdot V_T}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}$$

بنفس الطريقة نجد:

$$x_{max} = \frac{\sigma_{max} \cdot V_T}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}} \Rightarrow \frac{x_t}{x_{max}} = \frac{\sigma_t}{\sigma_{max}} \Rightarrow x_t = \frac{\sigma_t \cdot x_{max}}{\sigma_{max}}$$

(4) عبارة سرعة تشكل  $(H_3O^+)$ :

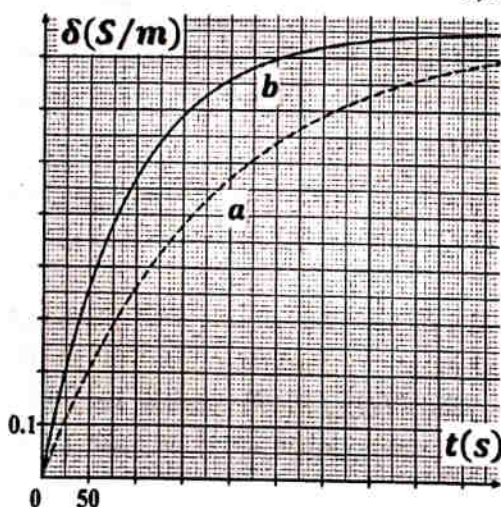
$$v_{(H_3O^+)} = \frac{dn(H_3O^+)}{dt} = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{\sigma_t \cdot x_{max}}{\sigma_{max}} \right) = \frac{x_{max}}{\sigma_{max}} \cdot \frac{d\sigma_t}{dt}$$

$\frac{d\sigma_t}{dt}$  هو ميل مماس البيان عند لحظة  $t$ .

بيانيا: نجد:  $\sigma_{max} = 0,85 \text{ S/m}$ .

$$\left( \frac{d\sigma}{dt} \right)_{t=100s} = \frac{0,27 - 0,57}{0 - 100} = 3 \times 10^{-3} \text{ S/m.s}$$

$$v(t = 100s) = \frac{1,85 \times 10^{-3}}{0,85} \times 3 \times 10^{-3} = 6,5 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$



(5) زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ : هو زمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف

تقدمه النهائي  $x_f$ .

$$\sigma_{t_{1/2}} = \frac{\sigma_0 + \sigma_{max}}{2} = 0,42 \text{ S/m} \quad \text{بيانيا}$$

بإسقاط قيمة  $\sigma_{t_{1/2}}$  على محور الفواصل نجد:

$$t_{1/2} \approx 60 \text{ s}$$

(6) الرسم البياني لتطور تغيرات الناقلية النوعية  $\sigma$  للمحلول

عند  $T = 50^\circ \text{C}$ .

(a) بيان تغيرات  $\sigma$  عند  $T = 25^\circ \text{C}$

(b) بيان تغيرات  $\sigma$  عند  $T = 50^\circ \text{C}$

ملاحظة: تغيرت قيمة  $\sigma_{max}$  لأنها تتعلق بدرجة الحرارة.

## التمرين 50:

ماء جافيل هو مادة كيميائية تستعمل كثيرا في المنازل، لأنه مطهر بفعالية كبيرة ضد الجراثيم، يصنع ماء جافيل بإذابة غاز ثنائي الكلور في محلول هيدروكسيد الصوديوم.

الفرد الكيميائي الفعال في ماء جافيل هو الشاردة المؤكسدة "شاردة الهيبوكلوريت"  $ClO^-_{(aq)}$ .

تعرف الدرجة الكلورومتريّة  $d_{Cl}$  لماء جافيل على أنها حجم غاز ثنائي الكلور اللازم لإنتاج لتر واحد من المحلول،

والعلاقة التي تربطه بالتركيز المولي  $[ClO^-]$  لشوارد الهيبوكلوريت هي:  $[ClO^-] = \frac{d_{Cl}}{V_m}$

حيث  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$  هو الحجم المولي للغازات في الشرطين النظاميين.

(1) احسب التركيز المولي للشوارد  $ClO^-$  الموجودة في ماء جافيل الذي درجته هي  $d_{Cl} = 12,1$ .

(2) بإمكان شاردة الهيبوكلوريت أن تؤكسد الماء إلى ثنائي الأوكسجين وترجع بدورها إلى شوارد الكلور. وهذا يعني أن محلول ماء جافيل لا يحافظ على درجته الكلورومتريّة مع مرور الزمن.

علما أن الثنائيتين (مرجع/مؤكسد) المساهمتين في هذا التفاعل هما:  $(O_{2(g)}/H_2O_{(l)})$  و  $(ClO^-_{(aq)}/Cl^-_{(aq)})$

اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهما، ثم المعادلة الكيميائية للتفاعل.

(3) لأجل دراسة الظروف المناسبة لتخزين ماء جافيل، مكنت الدراسة التجريبية لحركية تفاعل تفككه السابق من رسم المنحنيات المبينة بالشكل الموالي، والتي تعبر عن تغيرات التركيز المولي لشاردة الهيبوكلوريت مع مرور الزمن في ظروف مختلفة.

أ/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

ب/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ج/ أوجد العلاقة التي تربط السرعة الحجمية للتفاعل بكمية المادة  $n$  للشوارد  $ClO^-$  في المحلول، ثم عبر عنها

بدلالة التركيز المولي  $C = [ClO^-]$

د/ أوجد من البيان الموافق لـ  $\theta = 50^\circ C$  بمعزل عن

الضوء، قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة  $t = 15 \text{ semaines}$ .

ه/ اذكر العوامل الحركية التي تناولتها الدراسة التجريبية.

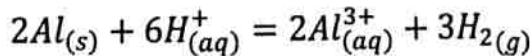
و/ إذا افترضنا أن تناقص التركيز المولي لشوارد الهيبوكلوريت المسموح به تجاريا لا يجب أن يتجاوز 10% من

قيمتها الابتدائية، ماهي في هذه الحالة المدة الزمنية القصوى  $t_1$  الموافقة لتخزين ماء جافيل بمعزل عن

الضوء عند درجة الحرارة  $50^\circ C$ ؟ ثم عند درجة الحرارة  $20^\circ C$ ؟ ماذا تستنتج؟

## التمرين 51:

لمتابعة تطور التحول الحادث بين معدن الألمنيوم  $Al$  ومحلول كلور الهيدروجين  $(H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$  الذي يمتدج بتفاعل كيميائي ذي المعادلة:



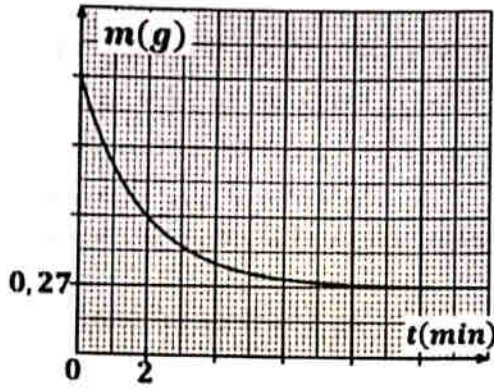
ندخل في اللحظة  $t = 0$  صفيحة من الألمنيوم كتلتها  $m = 1,08 \text{ g}$  بواسطة خيط داخل محلول حمض كلور الهيدروجين حجمه  $V = 90 \text{ mL}$  تركيزه  $C$  ومن لحظة إلى أخرى نخرج الصفيحة ونزنها ثم نعيدها إلى المحلول.

إن المنحنى البياني الموالي يمثل تغيرات كتلة صفيحة الألمنيوم بدلالة الزمن  $m = f(t)$ ، نعتبر حجم الوسط التفاعلي ثابتا خلال مدة التحول وأن درجة الحرارة ثابتة.

(1) حدد الثنائيتين  $(Ox/Red)$  الداخلتان في التفاعل مع كتابة المعادلتين النصفيتين.

(2) أنشئ جدول تقدم التفاعل.





(3) هل المزيج ستوكيومترى؟ حدد المتفاعل المحد.

(4) أوجد التقدم الأعظمي  $x_{max}$  للتفاعل

واستنتج قيمة التركيز المولي  $C$ .

(5) باستعمال جدول تقدم التفاعل بين صحة العلاقة:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{M.V}{3} \times \frac{d[H^+]}{dt} = 0,81 \times \frac{d[H^+]}{dt}$$

(6) احسب السرعة الحجمية لاختفاء شوارد  $(H^+_{aq})$  في اللحظتين:  $t = 10 \text{ min}$ ،  $t = 0 \text{ min}$  ماذا تلاحظ؟

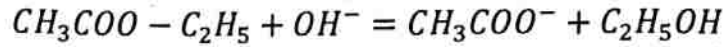
(7) عين زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  ثم احسب عندئذ كل من حجم

الهيدروجين  $V_{H_2}$  وتركيز شوارد الألمنيوم  $Al^{3+}_{aq}$ .

يعطى:  $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$ ، الحجم المولي للغاز في شروط التجربة  $V_M = 24 \text{ L/mol}$ .

### التمرين 52:

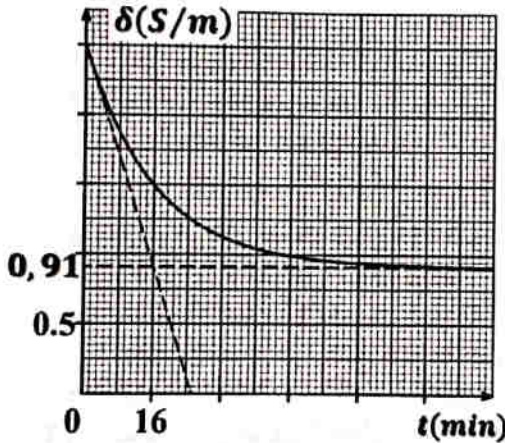
إن تفاعل التصبن الذي يحدث بين إيثانوات الإيثيل  $CH_3COO - C_2H_5$  و الصودا  $(Na^+, OH^-)$  هو تفاعل بطيء في البرودة. المعادلة المعبرة عن التفاعل الحادث هي:



نتابع تطورات التفاعل بطريقتين:

#### الطريقة الأولى:

نمزج عند اللحظة  $t = 0$  :  $n_0 \text{ mol}$  من الصودا مع  $n_0 \text{ mol}$  من إيثانوات الإيثيل حيث حجم المزيج  $V = 100 \text{ mL}$  نقوم بقياس الناقلية النوعية للمزيج في لحظات زمنية مختلفة ثم نمثل البيان التالي:



(1) أنشئ جدول التقدم لتفاعل السابق.

(2) أوجد الناقلية النوعية الابتدائية  $\sigma_0$  لمزيج عند اللحظة

$t = 0$  بدلالة:  $\lambda_{OH^-}$ ،  $\lambda_{Na^+}$ ،  $V$ ،  $n_0$ .

ب/ احسب قيمة  $n_0$ .

(3) أوجد العلاقة التي تربط بين الناقلية النوعية  $\sigma$  عند اللحظة  $t$  والتقدم  $x$

ب/ احسب تقدم التفاعل عند اللحظة  $t = 40 \text{ min}$

(4) بين أن تفاعل التصبن هو تفاعل تام.

(5) أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل

ب/ أوجد السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 0$ .

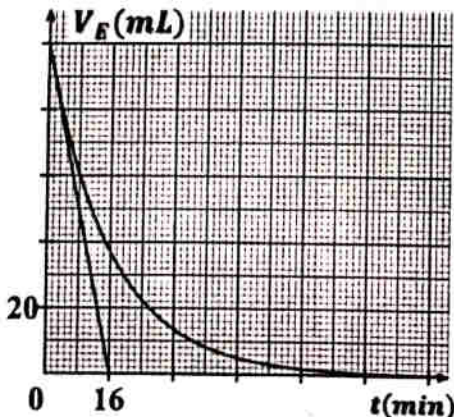
(6) عين زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$

#### الطريقة الثانية:

نمزج عند اللحظة  $t = 0$   $10^{-2} \text{ mol}$  من الصودا مع  $10^{-2}$  من إيثانوات الإيثيل حيث حجم المزيج  $V = 100 \text{ mL}$ .

نتابع تطور التفاعل بواسطة معايرة شوارد الهيدروكسيد  $OH^-$  بواسطة محلول حمض كلور الهيدروجين  $(H_3O^+, Cl^-)$  تركيزه المولي:  $C_a = 0,1 \text{ mol/L}$ .

معادلة تفاعل المعايرة هي:  $H_3O^+ + OH^- = 2H_2O$  نمثل الحجم اللازم لتكافؤ المزيج بدلالة الزمن  $V_E = f(t)$  كالآتي:



(1) اوجد العلاقة بين  $V_R$  والتقدم  $x$  عند اللحظة  $t$ ، ثم احسب التقدم عند اللحظة  $t = 40 \text{ min}$

(2) بين ان سرعة التفاعل تعطى بالعلاقة:  $v = -\frac{1}{10} \frac{dV_R}{dt}$

(3) احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t = 0$

(4) عرف  $t_{1/2}$  ثم حدده بيانيا.

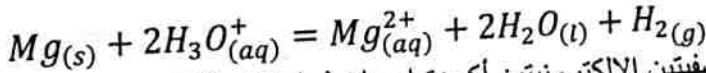
(5) هل تتوافق هذه النتائج مع تلك المتحصل عليها بالطريقة الاولى.

يعطى:

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \text{ ms.m}^2.\text{mol}^{-1}, \lambda_{OH^-} = 20 \text{ ms.m}^2.\text{mol}^{-1}, \lambda_{Na^+} = 5 \text{ ms.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

### التمرين 53:

ندخل في اللحظة  $t = 0$  كتلة قدرها  $m = 2 \text{ g}$  من المغنزيوم في بيشر يحتوي على  $50 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الهيدروجين  $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_0 = 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، فيحدث التفاعل الكيميائي النمذج بالمعادلة التالية:



(1) اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونييتين أكسدة-إرجاع ثم استنتج الشانيتين (Ox/Red) المشاركتين في هذا التفاعل الكيميائي.

(2) إن قياس الـ  $pH$  للمحلول الناتج في لحظات مختلفة أعطى النتائج المدونة في الجدول التالي:

| $t(\text{min})$                          | 0    | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   |
|------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $pH$                                     | 2,00 | 2,12 | 2,27 | 2,44 | 2,66 | 2,95 | 3,41 | 4,36 |
| $[H_3O^+] \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $[Mg^{2+}] \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |

أ/ أنجز جدول التقدم للتفاعل النمذج للتحويل الكيميائي الحادث.

ب/ بين أن المغنزيوم موجود بالزيادة في المحلول.

ج/ بين أن التركيز المولي للشوارد  $Mg^{2+}$  يعطى في كل لحظة بالعلاقة التالية:

$$[Mg^{2+}]_t = \frac{1}{2} (10^{-2} - [H_3O^+]_t)$$

د/ ارسم في نفس المعلم البيان (1) الموافق لـ  $[Mg^{2+}] = f(t)$

والبيان (2) الموافق لـ  $[H_3O^+] = g(t)$

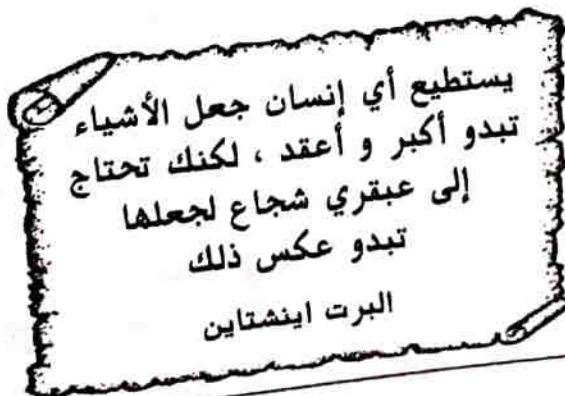
ه/ باستعمال البيان (1) احسب السرعة الحجمية لتشكّل شوارد المغنزيوم  $Mg^{2+}$  في اللحظة

و/ تأكد من قيمة السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$  عند نفس اللحظة.

(3) أ/ عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

ب/ احسب التركيز المولي لكل من شوارد الهيدرونيوم وشوارد المغنزيوم في اللحظة  $t = t_{1/2}$  ثم استنتج قيمة  $t_{1/2}$  بيانيا.

يعطى: الكتلة المولية الذرية للمغنزيوم  $M(Mg) = 24 \text{ g/mol}$





# الوحدة الثانية: التحولات النووية

- I. مكتسبات قبلية.
- II. النشاط الإشعاعي.
- III. التناقص الإشعاعي.
- IV. المظهر الطاقوي.
- V. الانشطار والاندماج.

الأستاذ للتلميذ: ماذا يعجبك في  
الثانوية؟  
التلميذ: الجرس يا أستاذ !!

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين

I. الحمد لله رب العالمين

II. الحمد لله رب العالمين

III. الحمد لله رب العالمين

IV. الحمد لله رب العالمين

V. الحمد لله رب العالمين

الحمد لله رب العالمين  
الحمد لله رب العالمين  
الحمد لله رب العالمين  
الحمد لله رب العالمين  
الحمد لله رب العالمين



### 1. بعض المكتسبات القبلية: (1) بنية النواة:

كل نواة عنصر يرمز لها بالرمز:  ${}^A_ZX$  حيث:  $A$  العدد الكتلي (عدد النوكليونات)، و  $Z$  العدد الشحني (العدد الذري) أو (عدد البروتونات). مع  $A = Z + N$  و  $N$  هو عدد النيوترونات.  
مثال: تركيب نواة الكربون  ${}^{14}_6C$ .

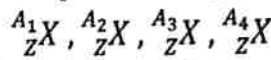
عدد البروتونات  $Z = 6$ ، عدد النوكليونات  $A = 14$ ، عدد النيوترونات  $N = A - Z = 8$

| رمزه         | كتلته                       | شحنته                     |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| ${}^1_1p$    | $1,6726 \times 10^{-27} Kg$ | $1,6 \times 10^{-19} eV$  |
| ${}^1_0n$    | $1,6749 \times 10^{-27} Kg$ | 0                         |
| ${}^0_{-1}e$ | $9,1093 \times 10^{-31} Kg$ | $-1,6 \times 10^{-19} eV$ |

ملاحظة: كتلة نواة:  $m_{نواة} \approx A \cdot m_p \approx A \cdot m_n$   
شحنة نواة:  $q_{نواة} = Z \cdot |e^-|$

### (2) النظائر:

هي أنوية عنصر التي تحتوي على نفس العدد الذري  $Z$  وتختلف في العدد الكتلي  $A$ ، أي في عدد النيوترونات.



نظائر الهيدروجين هي:  ${}^1_1H, {}^2_1H, {}^3_1H$

نظائر الكربون هي:  ${}^{11}_6C, {}^{12}_6C, {}^{13}_6C, {}^{14}_6C$

### (3) حجم النواة:

باعتبار أن النواة هي عبارة عن كرة، حجمها يعطى بالعلاقة:  $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$

### (4) نصف قطر النواة:

نصف قطر نواة  $R$  تعطى بالعلاقة:  $R = R_0 \cdot A^{1/3}$ ، حيث  $R_0 = 1,3 \times 10^{-15} m$  هو نصف قطر البروتون،

مع:  $A^{1/3} = \sqrt[3]{A}$

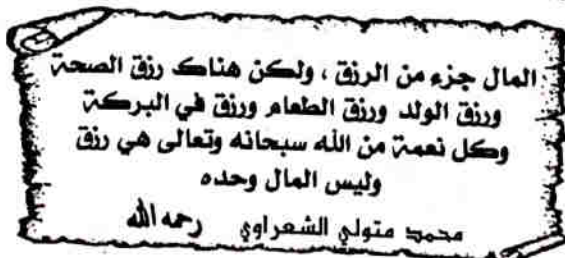
مثال: أوجد نصف القطر  $R$  نواة الليثيوم  ${}^8_3Li$ .

$$R = 1,3 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{8} \Rightarrow R = 2,6 \times 10^{-15} m$$

### (5) القوة النووية القوية:

إن بقاء النواة متماسكة رغم وجود التنافر بين البروتونات دليل على وجود قوة نووية قوية تتغلب على قوى التنافر بين البروتونات.

سؤال للبحث: ما الفرق بين القوة النووية والقوة الكهربائية؟



## II. النشاط الإشعاعي:



## (1) مقدمة حول اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي:

وضع الفيزيائي الفرنسي هنري بيكريل صندقة في درج مكتبه عينة من أملاح اليورانيوم فوق لوح فوتوغرافي وهذا حينما كان يقوم بأبحاث علمية على الأشعة السينية، في أول مارس 1896 فتح الدرج فلاحظ باندهار كبير أن الألواح متأثرة رغم عدم تعرض الأملاح لأشعة الشمس.

وهذا ما أدى إلى اكتشاف أن أملاح اليورانيوم انبعثت منها تلقائياً أشعة غير مرئية تركت أثراً على الألواح الفوتوغرافية، فدعاها بأشعة اليورانيوم.

## (2) تعريف ظاهرة النشاط الإشعاعي:

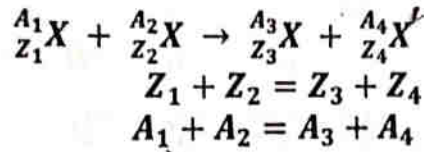
هي تحول طبيعي تلقائي وغير مرتقب في الزمن، تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة متولدة أكثر استقراراً مع انبعاث جسيم أو أكثر، نسمى النواة غير المستقرة (المشعة) بالنواة الأم ونرمز لها  $X$ ، والنواة المتولدة (الناجمة) بالنواة البنت ونرمز لها  $Y$ .

## (3) خصائص النشاط الإشعاعي:

إن ظاهرة النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية، تلقائية، حتمية، إحصائية، لا تتعلق بالعوامل الفيزيائية كدرجة الحرارة والضغط ولا بالتركيب الكيميائي.

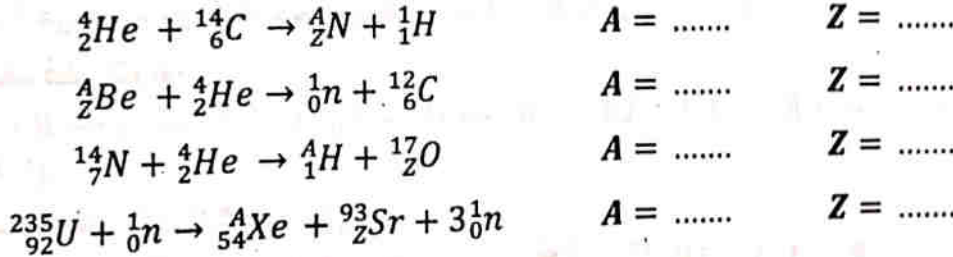
## (4) قانوني صودي:

خلال كل تحول نووي معادلته:



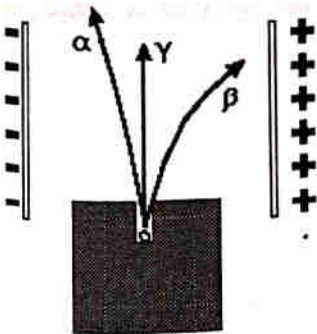
تحفظ الأعداد الذرية:  
والأعداد الكتلية:

تطبيق: أكمل المعادلات النووية التالية:



## (5) اكتشاف بعض أنواع النشاط الإشعاعي:

أكمل العالم إرنست رذرفورد ما بدأ به بيكريل فدرس ظاهرة النشاط الإشعاعي بالتفصيل، وتبين له بعد التجارب أن النشاط الإشعاعي ينقسم إلى ثلاثة أنواع وهي ألفا  $\alpha$ ، وبيتا  $\beta^-$ ، وغاما  $\gamma$  واكتشف بعد ذلك الإشعاع  $\beta^+$ ، وسنقوم الآن بشرح هذه الإشعاعات:



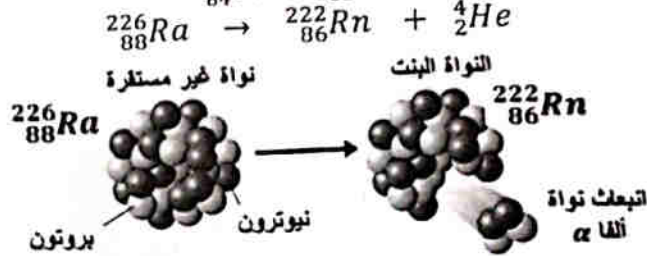


أ/ الإشعاع  $\alpha$ :

❖ تعريفه: نواة الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  يصدر من الأنوية الثقيلة التي لها فائض من البروتونات والنيوترونات  $A > 190$

❖ معادلته:

مثال:



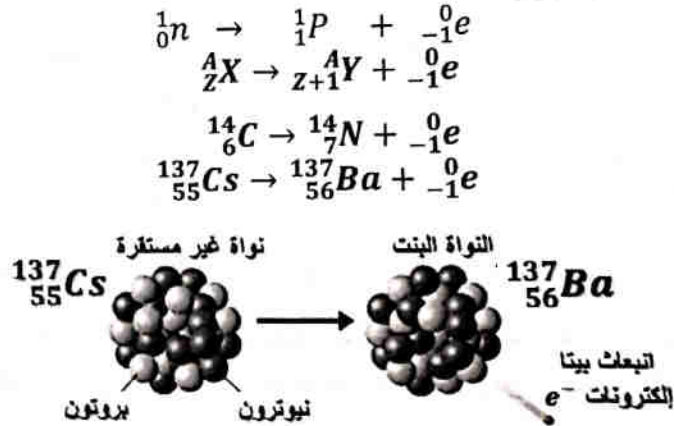
❖ خصائصه: طاقة حركية مرتفعة لحظة إصداره، توقفه ورقة بصورة سريعة ومشرد قوي (مؤين للمادة)، خطير إذا لمس جسم الإنسان، ينحرف بالمجال الكهربائي والمغناطيسي.

ب/ الإشعاع  $\beta^-$ :

❖ تعريفه: هو عبارة عن إلكترون  ${}^0_{-1}e$  يصدر من الأنوية التي لها فائض في النيوترونات، حيث يتحول نوترون إلى بروتون ويصدر إلكترون.

❖ معادلته:

مثال:



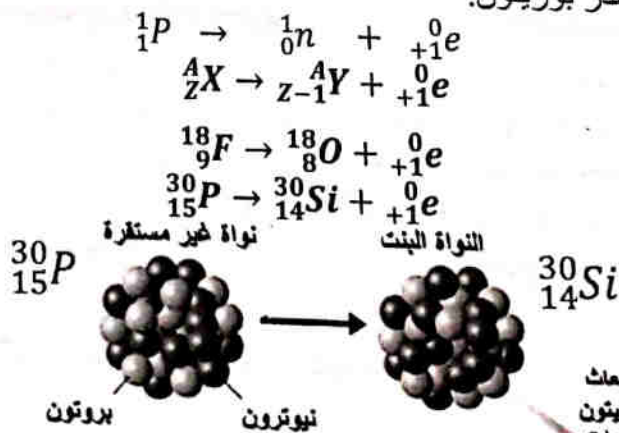
❖ خصائصه: أكثر نفاذاً من  $\alpha$ . توقفه بعض السنتمترات من الألمنيوم، ينحرف بالمجال الكهربائي والمغناطيسي، له كتلة صغيرة مقارنة مع جسيم  $\alpha$

ج/ الإشعاع  $\beta^+$ :

❖ تعريفه: هو عبارة عن بوزيتون  ${}^0_{+1}e$  يصدر من الأنوية التي لها فائض من البروتونات، حيث يتحول بروتون إلى نيوترون ويصدر بوزيتون.

❖ معادلته:

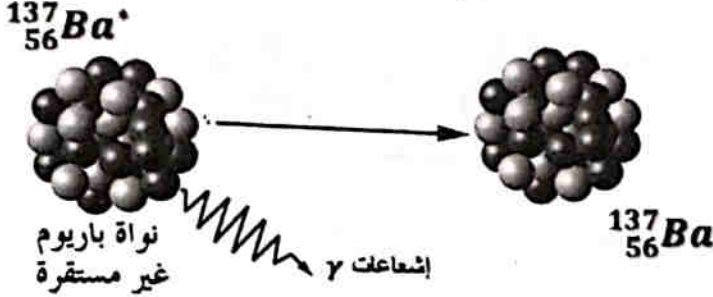
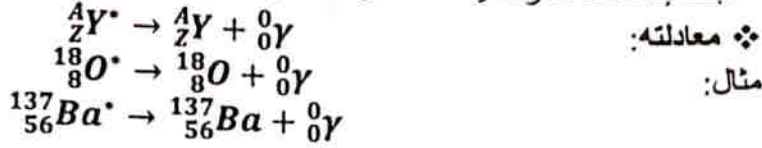
مثال:



❖ خصائصه: نفس خصائص  $\beta^-$ ، إلا أن هذا شعاع اصطناعي لا نجده في الطبيعة إلا نادراً.

د/ الإشعاع غاما  $\gamma$ :

❖ تعريفه: هو عبارة عن موجة كهرومغناطيسية  $^0_0\gamma$ ، وهو إشعاع تابع للإشعاعات السابقة يصدر من النواة البنت إذا كانت مثارة حيث تفقد النواة المثارة طاقتها الزائدة وتنزل إلى مستوى طاقة أقل.



❖ خصائصه: موجة كهرومغناطيسية وليس جسيم، لا ينحرف بالمجال الكهربائي والمغناطيسي، قدرة نفاذ عالية، خطير جداً إذا لمس جسم الإنسان.

تطبيق:

(1) يتفكك البولونيوم 210 معطياً جسيمات  $\alpha$  ونواة ابن هي  $^{206}_{82}Pb$ .  
اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الحاصل محددًا قيمة كل من  $Z$  و  $A$ .

(2) اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة السيزيوم  $^{137}_{55}Cs$  المشعة، التي تصدر جسيمات  $\beta^-$  وإشعاعات  $\gamma$  مستنتجاً رمز النواة الناتجة  $^A_ZY$  من بين الأنوية التالية:  $^{138}_{57}La$ ،  $^{137}_{56}Ba$ ،  $^{131}_{54}Xe$ .

سأل أحد التلاميذ مدرس الرياضيات قائلاً: يا أستاذ علمنا بعض الأدعية ..  
المعلم: اللهم لا تجعلني منحرفاً ولا شبه منحرف .. واجعل زاوية خطيقتي  
حادّة ولا تجعلها منفرجة واجعل دائرة معارفي واسعة .  
فرد عليه التلميذ: يا أستاذ لقد علمتنا الطرح فطرحنا منا الشر، و علمتنا  
الجمع ونجمع لك الخير كله، و علمتنا الضرب فنضرب بك الأمثال، و علمتنا  
القسمة ونقسم ألا ننسى جميلك أبداً.





(6) مخطط سيغري:

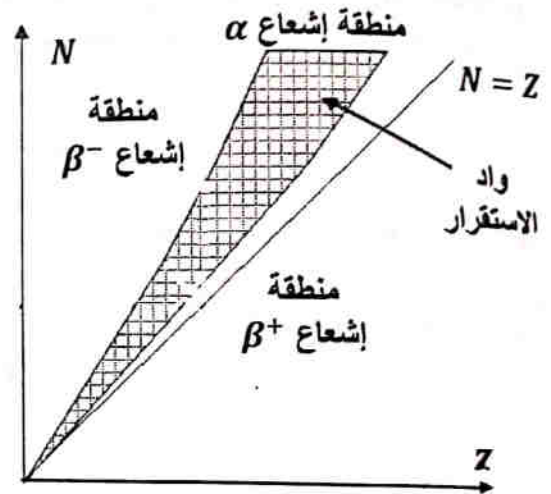
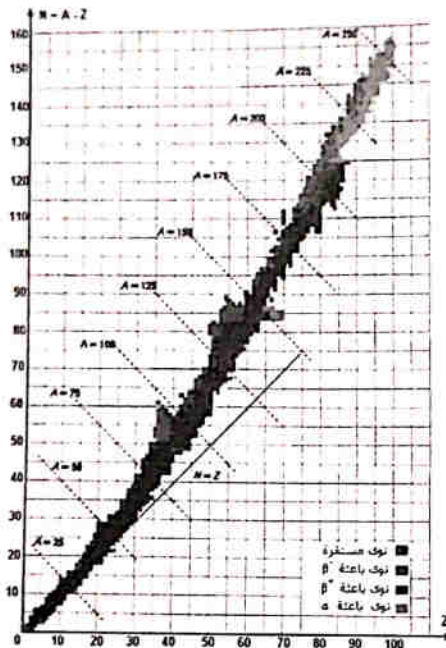
يمثل تغيرات عدد النوترونات بدلالة عدد البروتونات  $N = f(Z)$  لجميع الأنوية  ${}^A_ZX$  المستقرة والغير مستقرة، ويمكن تقسيمه إلى أربعة مناطق:

المنطقة 1: واد الاستقرار وتضم جميع الأنوية المستقرة.

المنطقة 2: يمار حافة واد الاستقرار: وتضم الأنوية التي لها فائض في النوترونات بالنسبة للأنوية المستقرة. وتصدر إشعاع من نوع  $(\beta^-)$  حتى تقترب من واد الاستقرار.

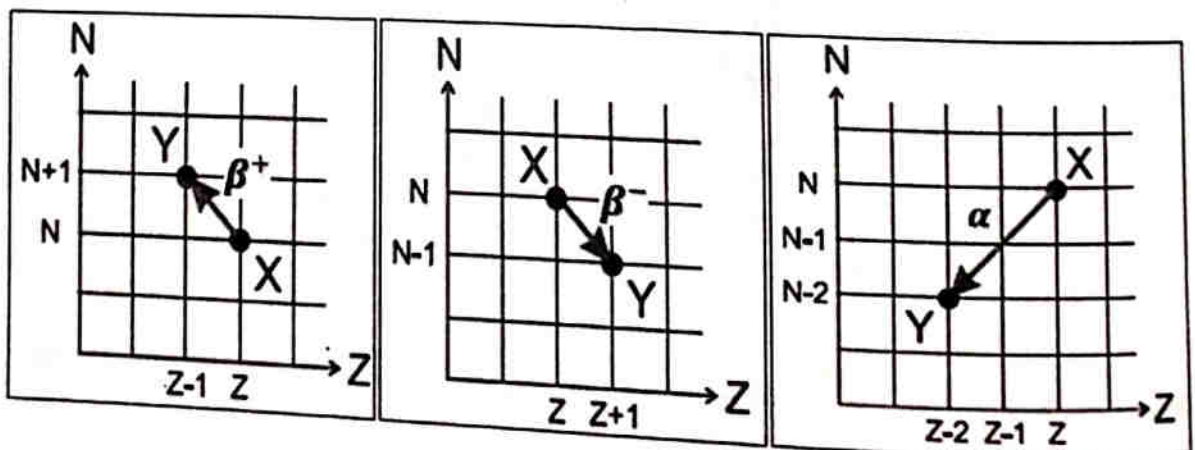
المنطقة 3: يمين حافة واد الاستقرار: وتضم الأنوية التي لها فائض في البروتونات بالنسبة للأنوية المستقرة. وتصدر إشعاع من نوع  $(\beta^+)$  حتى تقترب من واد الاستقرار.

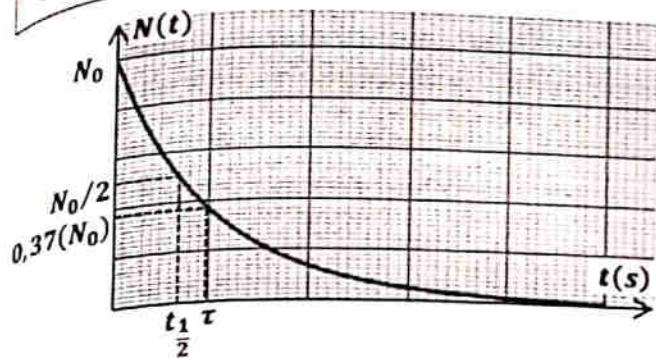
المنطقة 4: أعلى واد الاستقرار: وتضم الأنوية الثقيلة ( $A > 190$ ) وتصدر إشعاع من نوع  $(\alpha)$  حتى تقترب من واد الاستقرار.



ملاحظة:

يمكن رسم البيانات  $A = f(N)$  ،  $A = f(Z)$  ،  $Z = f(N)$  ويتغير شكل واد الاستقرار ولا يسمى حينئذ مخطط سيغري.





### III. التناقص الإشعاعي:

#### (1) ظاهرة التناقص الإشعاعي:

لتكن لدينا عينة مشعة عدد أنويتها الابتدائية  $N_0$  تتفكك هذه الأنوية فيتناقص عددها تدريجياً بشكل أسي إلى أن نتعهم، كما يوضحه البيان المقابل حيث:  
 $N$ : عدد الأنوية المتبقية في لحظة  $t$ .  
 $N_0$ : عدد الأنوية المشعة الابتدائية.

#### (2) تعريف زمن عمر النصف $t_{1/2}$ :

هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية أو الزمن اللازم لبقاء نصف الأنوية الابتدائية، وحدته الدولية هي الثانية (s).

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

ملاحظة: يتعلق  $t_{1/2}$  بنوع النظير فقط ولا يتعلق بدرجة الحرارة ولا بالضغط ولا بالحالة الفيزيائية.

#### (3) تعريف ثابت الزمن $\tau$ :

هو الزمن اللازم لتفكك 63% من الأنوية الابتدائية أي لبقاء 37% من الأنوية الابتدائية، وحدته الدولية هي الثانية (s).  
 $N(\tau) = 0,37N_0$   
 ويقصد به فيزيائياً متوسط عمر عينة مشعة.

#### (4) تعريف ثابت النشاط الإشعاعي $\lambda$ :

هو احتمال تفكك نواة خلال ثانية واحدة ويعطى بالعلاقة:  $\lambda = \frac{1}{\tau}$  وحدته الدولية  $s^{-1}$ .

#### (5) قانون التناقص الإشعاعي:

عزيزي التلميذ هذا البرهان الموجود في إطار لا يمكنك فهمه إلا بعد دراسة المعادلات التفاضلية وحلولها، لذا يمكن الاستغناء عنه الآن.

ليكن لدينا  $N_0$  نواة مشعة عند اللحظة  $t = 0$  بعد مرور مدة زمنية قدرها  $\Delta t$  يكون عدد الأنوية المتبقية هو  $N$ ، نسمي المقدار  $(-\Delta N)$  بعدد الأنوية المتفككة وقيمتها  $(-\Delta N) = N_0 - N$ .  
 -  $(-\Delta N)$  يتناسب طردياً مع عدد الأنوية  $N$ .  
 -  $(-\Delta N)$  يتناسب طردياً مع المدة الزمنية  $\Delta t$ .  
 -  $(-\Delta N)$  يتناسب طردياً مع الجداء  $N \times \Delta t$ .

$$-\frac{\Delta N}{N \times \Delta t} = cte \quad \text{فنكتب:}$$

وهو يمثل رياضياً احتمال تفكك نواة خلال مجال زمني أي ثابت التناسب  $\lambda$

$$-\frac{\Delta N}{N \times \Delta t} = \lambda \Rightarrow -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$$

خلال مجال زمني  $\Delta t$  صغير جداً تصبح المعادلة السابقة

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad \text{إن:}$$

وهي معادلة تفاضلية حلها من الشكل  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

إن تناقص الأنوية المشعة يتم بشكل أسي وفقاً للعلاقة:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ، حيث:

$N_0$ : عدد الأنوية الابتدائية عند  $t = 0$ .

$t$ : اللحظة الزمنية المعبرة.

$\lambda$ : ثابت النشاط الإشعاعي، وحدته  $s^{-1}$ .

#### (6) العلاقة بين $t_{1/2}$ و $\lambda$ :

$$N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \ln 1 - \ln 2 = -\lambda t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \cdot \ln 2 \quad \text{إن:}$$



(7) تعريف النشاط الإشعاعي  $A$ :

هو عدد التفككات خلال 1 ثانية وحدته البيكريل وجهاز قياسه عداد جيجر ويعطى بالعلاقة التالية:

$$A(t) = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

إذا كان  $\Delta t$  مجال زمني صغير جداً، تصبح العلاقة السابقة تكتب بالشكل التالي:

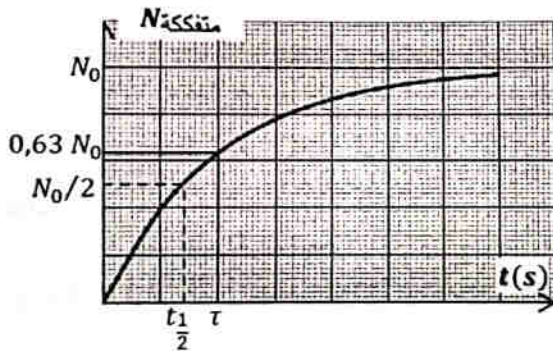
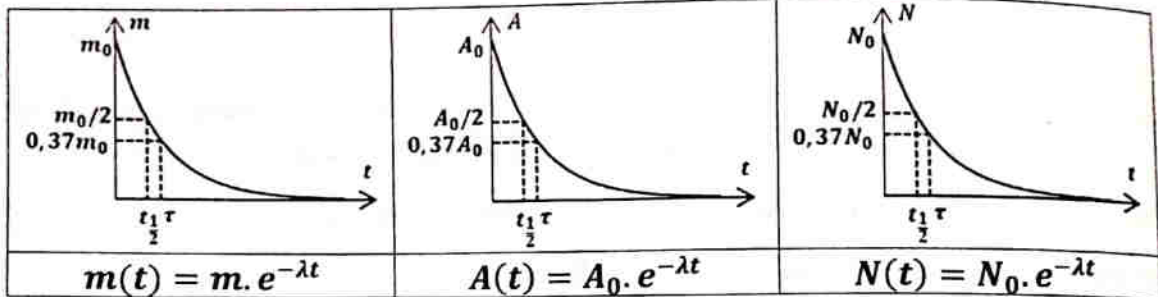
$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

$$A(t) = -\frac{d(N_0 \cdot e^{-\lambda t})}{dt} = -N_0 \cdot (-\lambda \cdot e^{-\lambda t}) = \lambda \cdot N_0 e^{-\lambda t} = \lambda \cdot N(t)$$

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) \quad \text{إذن:}$$

$$A_0 = \lambda N_0$$

ملاحظة: يمكن كتابة قانون التناقص الإشعاعي للنشاط  $A(t)$  بالشكل التالي:  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$  كما يمكن كتابة قانون التناقص الإشعاعي للكتلة المشعة المتبقية  $m(t)$  كما يلي:  $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$



(8) العبارة اللحظية للأنوية المتفككة  $N'(t)$ :

$$N'(t) + N(t) = N_0$$

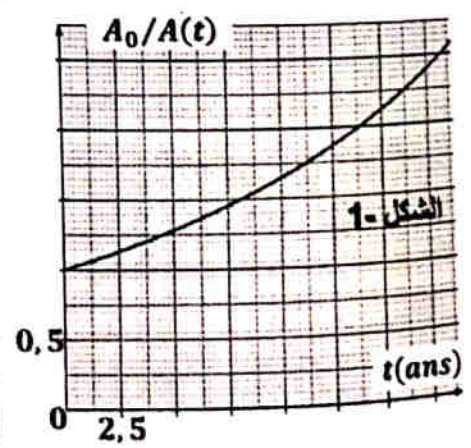
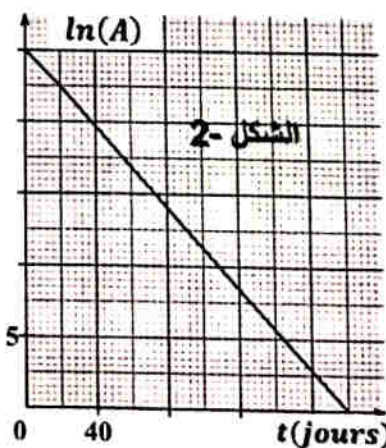
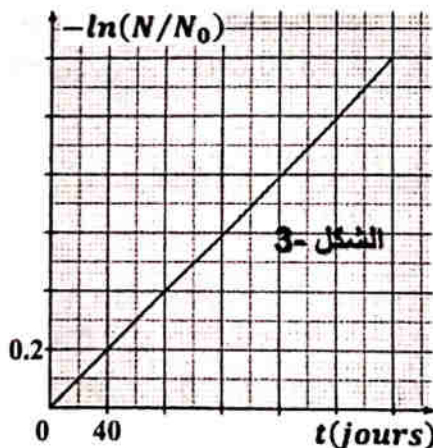
$$\Rightarrow N'(t) = N_0 - N(t)$$

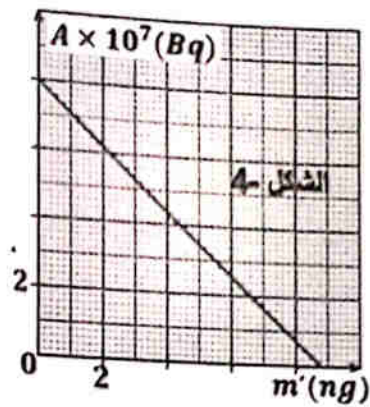
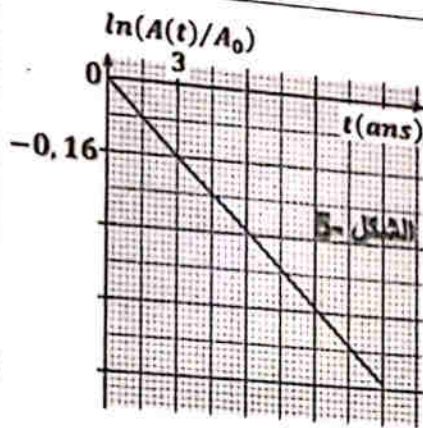
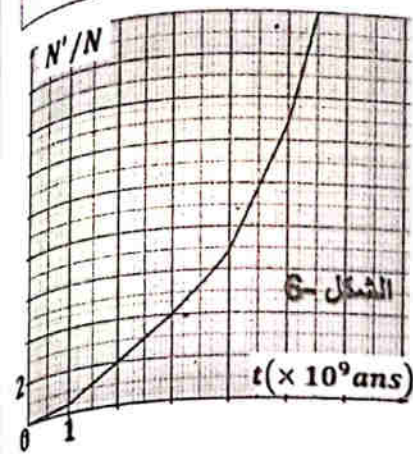
$$N'(t) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N'(t) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

تطبيق:

لديك البيانات التالية استخرج منها قيمة  $\lambda$ ،  $t_{1/2}$  و  $\tau$ .





| الشكل     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|
| $t_{1/2}$ |   |   |   |   |   |   |
| $\lambda$ |   |   |   |   |   |   |
| $\tau$    |   |   |   |   |   |   |

### (9) التأريخ بالإشعاع:

لتحديد عمر عينة (قطعة خشب، جمجمة إنسان، عظام كائن حي) نستعمل التأريخ بالإشعاع.

مثال: التأريخ بواسطة  $^{14}\text{C}$  يستند إلى النظرية القائلة بأن: النسبة  $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$  ثابتة في العالم الحي، وهذا بفضل التبادلات

في التركيب الضوئي والتغذية، وعندما يموت عضو فإن الكربون  $^{14}\text{C}$  الذي يحتويه لا يتجدد ويبدأ في التناقص، فإذا رمزنا بـ  $A_0$  للنشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة لحظة الموت و  $A(t)$  نشاط العينة بعد مدة  $t$  من موتها فإن:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

حيث:

$A_0$ : نشاط العينة عند  $t = 0$ .

$t$ : عمر العينة المشعة.

$A$ : نشاط العينة الآن.

$t_{1/2}$ : زمن عمر نصف المادة المشعة في العينة.

**تطبيق:** سمح تأريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها  $m(g)$  اكتشفت عام 2000، بمعرفة النشاط  $A$  لهذه العينة والذي قدر بـ 11.3 تفككا في الدقيقة، في حين قدر النشاط  $A_0$  لعينة حية مماثلة بـ 13.6 تفككا في الدقيقة. احسب عمر قطعة الخشب القديم، وماهي سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها؟

$$t_{1/2}(^{14}\text{C}) = 5570 \text{ ans}$$

يعطى:

الحل:

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{5570}{\ln 2} \ln\left(\frac{11,3}{13,6}\right) \approx 1489 \text{ ans}$$

$$2000 - 1489 \approx 511$$

منه: تم قطع الشجرة في سنة 511 ميلادي

استخرج أربع حيوانات  
من كلمة "قرنبيط"





#### المظهر الطاقي: IV. علاقة أينشتاين:

(1) علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة)، يمكن للكتلة أن تتحول إلى طاقة وللطاقة أن تتحول إلى كتلة وفقا للعلاقة:  $E = mc^2$  حيث:

الطاقة بوحدة الجول (Joule):  $E$   
الكتلة بوحدة Kg:  $m$

سرعة الضوء ومقدارها:  $c = 3 \times 10^8 m/s$

(2) تعريف وحدة الكتل الذرية  $u$ :

هي  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة الكربون  $^{12}C$  ومقدارها:  $1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$  ،  $1u = \frac{1}{12} m(^{12}C)$

(3) بعض وحدات الطاقة:

$$1eV = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Joule}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

(4) النقص الكتلي لنواة  $^A_ZX$ :

وجد تجريبيا أن كتلة النويات (مكونات النواة) أكبر من كتلة النواة، وسمي الفرق بالنقص الكتلي ويرمز له بـ  $\Delta m$ .

$$\Delta m = m_{\text{نويات}} - m_{\text{النواة}}$$

$$\Delta m = [(Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n) - m(^A_ZX)]$$

تطبيق: احسب نقص الكتلة لنواتي  $^{235}_{92}U$  ،  $^4_2He$  بوحدة  $u$  ثم بالـ  $Kg$

$$m(^1_1p) = 1.00728 u \quad m(^4_2He) = 4.0015 u \quad \text{يعطى:}$$

$$m(^1_0n) = 1.00866 u \quad m(^{235}_{92}U) = 234,99332 u$$

| بوحدـة Kg              | بوحدـة u | النقص الكتلي             |
|------------------------|----------|--------------------------|
| $5,04 \times 10^{-29}$ | 0,03038  | $\Delta m(^4_2He)$       |
| $3,17 \times 10^{-27}$ | 1,91482  | $\Delta m(^{235}_{92}U)$ |

الحل:

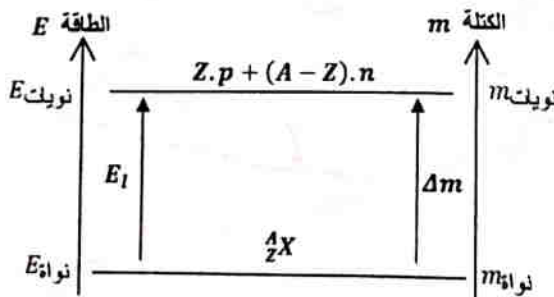
(5) طاقة الربط النووي:

هي الطاقة اللازم إعطاؤها للنواة وهي ساكنة لتفكيكها إلى مكوناتها (نوكليونات) المعزولة والساكنة، أي هي طاقة تماسك النواة، يرمز لها  $E_l$  وتحسب وفقا للعلاقة التالية:

$$E_l = [(Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n) - m(^A_ZX)] \cdot c^2$$

$$\begin{cases} E_l(J) = \Delta m(Kg) \cdot c^2 \\ E_l(MeV) = \Delta m(u) \times 931,5 \end{cases}$$

حيث:  $\Delta m$  هو النقص الكتلي للنواة  $^A_ZX$ .



تطبيق: احسب طاقة الربط لنواتي  $^{235}_{92}U$  ،  $^4_2He$  بوحدة  $MeV$  ثم بالجول  $J$

| بوحدـة Joule           | بوحدـة MeV | طاقة الربط          |
|------------------------|------------|---------------------|
| $4,54 \times 10^{-12}$ | 28,29897   | $E_l(^4_2He)$       |
| $2,86 \times 10^{-10}$ | 1783,65483 | $E_l(^{235}_{92}U)$ |

الحل:

(6) طاقة الربط لكل نوية (نيوكليون):  $E_{I/A}(\frac{A}{2}X)$   
هي النسبة بين طاقة الربط وعدد النوكليونات أي طاقة الربط للنوكليون الواحد، والهدف منها مقارنة استقرار الأنوية، تعطى بالعلاقة:

$$E_{I/A} = \frac{E_I(\frac{A}{2}X)}{A}$$

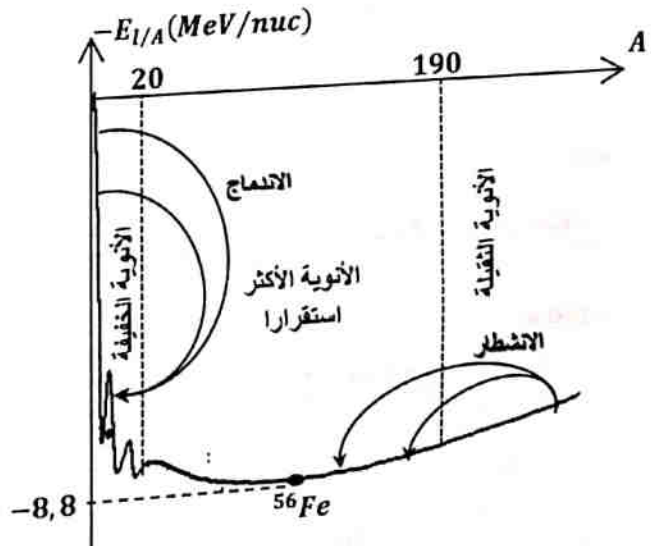
ملاحظة: النواة الأكثر استقرارا هي التي تملك  $E_{I/A}$  أكبر.  
تطبيق: رتب الأنوية التالية تصاعديا من الأقل إلى الأكثر استقرارا.

|                     | ${}^2_1H$ | ${}^3_1H$ | ${}^4_2He$ | ${}^{14}_6C$ | ${}^{14}_7N$ | ${}^{94}_{38}Sr$ | ${}^{140}_{54}Xe$ | ${}^{235}_{92}U$ |
|---------------------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|
| $E_I (MeV)$         | 2,23      | 8,57      | 28,41      | 99,54        | 101,44       | 810,50           | 1164,75           | 1790,5           |
| $E_{I/A} (MeV/nuc)$ |           |           |            |              |              |                  |                   |                  |
| الترتيب             |           |           |            |              |              |                  |                   |                  |

### (7) منحني أستون: (Aston)

يمثل منحني أستون تغيرات معاكس طاقة الربط لكل نوكليون  $-E_{I/A}$  بدلالة العدد الكتلي  $A$  ونميز فيه ثلاثة مناطق:

- المنطقة 1:  $20 < A < 190$ : الأنوية تكون أكثر استقرارا (أكثر تماسكا) ولها طاقة الربط لكل نوكليون كبيرة تقارب قيمتها  $8 MeV/nucleon$  ، كالحديد 56 بالخصوص.
- المنطقة 2:  $A < 20$ : أنوية خفيفة يمكن لها أن تتحد فيما بينها لتكون نواة أكثر تماسكا تسمى هذه الظاهرة الاندماج النووي.
- المنطقة 3:  $A > 190$ : أنوية ثقيلة غير مستقرة يمكن لها أن تنشط إلى نواتين أكثر تماسكا وتسمى الظاهرة الانشطار النووي.



الفائدة منه:

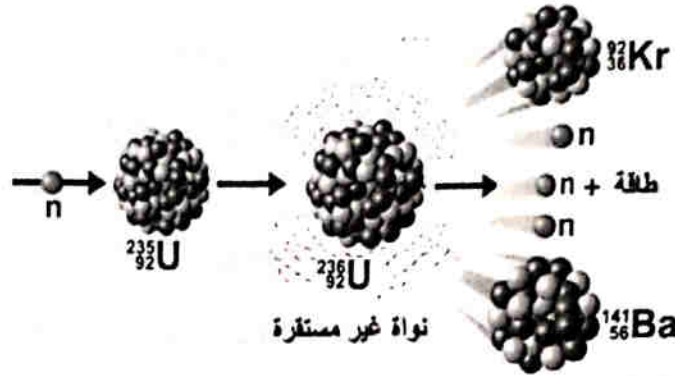
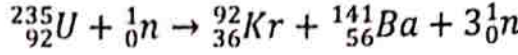
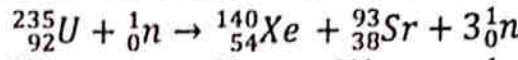
- نقارن به استقرار الأنوية ، النواة الأكثر استقرارا من لها أكبر  $E_{I/A}$  وتقع في أسفل البيان .
- يوضح اليتين لاستقرار الأنوية: الانشطار النووي للأنوية الثقيلة والاندماج النووي للأنوية الخفيفة.



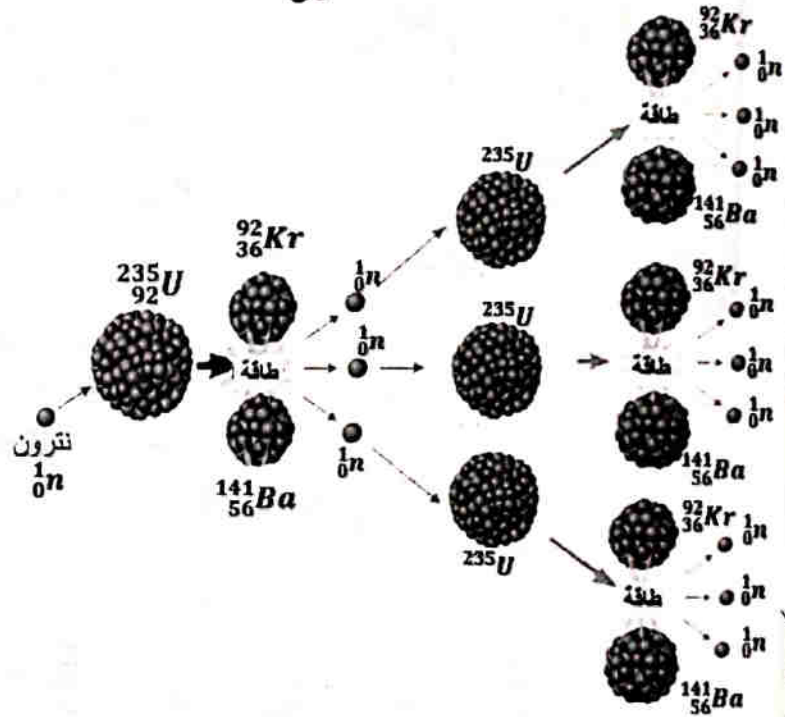
## V. التفاعلات النووية المفتعلة (الانشطار والاندماج النوويين):

## (1) تعريف الانشطار النووي:

هو تفاعل نووي مفتعل يتم فيه قذف نواة ثقيلة بـ نوترون فتتقسم إلى نواتين أكثر استقراراً وبتحرير طاقة.

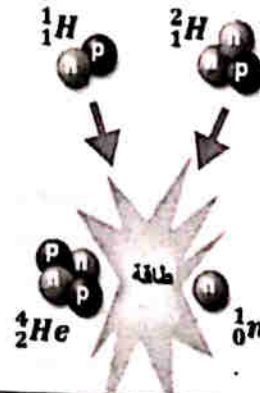
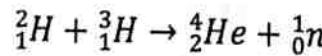


يعرف التفاعل السابق على أنه تسلسلي مغذى ذاتياً أي أن النوترونات المتحررة تعيد بعث التفاعل من جديد إثر اصطدامها بأنوية اليورانيوم المتبقية.



## (2) تعريف الاندماج النووي:

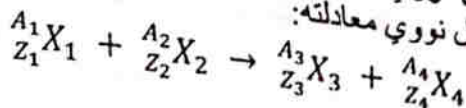
هو تفاعل نووي مفتعل يتم فيه دمج نواتين خفيفتين لتصبح نواة أكثر استقراراً وتحرر طاقة.



يصبح الانسان عجوزاً حين  
تحل الأعداء محل الأمل  
جون ناريمور

(3) الحصلة الطاقوية لتفاعل نووي:

تُحسب الطاقة المحررة  $E_{lib}$  من تفاعل نووي معادلته:



بإحدى الطرق التالية:

طريقة 1: باستخدام كتل الأنوية المتفاعلة والنتيجة.

$$\begin{cases} E_{lib}(J) = \Delta m(Kg) \cdot C^2 \\ E_{lib}(MeV) = \Delta m(u) \times 931,5 \end{cases}$$

حيث:  $\Delta m = m_{\text{متفاعلات}} - m_{\text{نواتج}} = (m(X_1) + m(X_2)) - (m(X_3) + m(X_4))$

$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  سرعة الضوء

طريقة 2: باستخدام طاقات الربط للأنوية المتفاعلة والنتيجة.

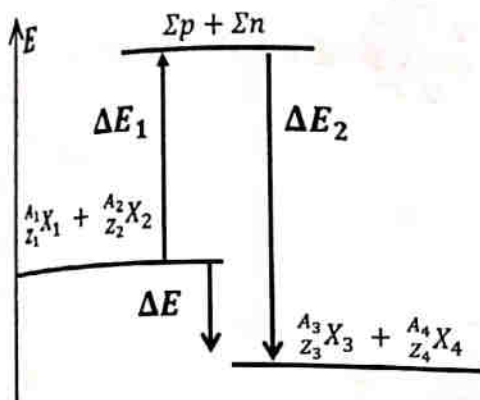
$$\Delta E_1 = E_l(\text{المتفاعلات}) = E_l(X_1) + E_l(X_2)$$

$$\Delta E_2 = -E_l(\text{النواتج}) = -E_l(X_3) - E_l(X_4)$$

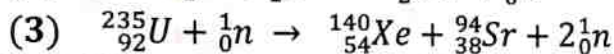
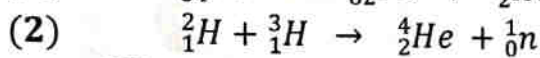
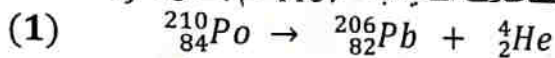
$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2$$

$$E_{lib} = |\Delta E|$$

$$E_{lib} = |(E_l(X_1) + E_l(X_2)) - (E_l(X_3) + E_l(X_4))|$$



تطبيق: احسب الطاقة المحررة من التفاعلات التالية بالـ  $MeV$  ثم بالجول  $J$ .



$1u = 931,5 \text{ MeV}/C^2$

$1\text{MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Joul}$

المعطيات:

|        | ${}_{38}^{94}Sr$ | ${}_{54}^{140}Xe$ | ${}_{92}^{235}U$ | ${}_{84}^{210}Po$ | ${}_{82}^{206}Pb$ | ${}_2^4He$ | ${}_0^1n$ | ${}_1^2H$ | ${}_1^3H$ |
|--------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| $m(u)$ | 93,8945          | 139,8920          | 234,9935         | 209,9553          | 205,9494          | 4,0015     | 1,00866   | 2,01355   | 3,0155    |

| الطاقة المحررة | $MeV$  | Joule                  |
|----------------|--------|------------------------|
| التفاعل (1)    | 4,10   | $6,56 \times 10^{-13}$ |
| التفاعل (2)    | 17,60  | $2,29 \times 10^{-12}$ |
| التفاعل (3)    | 184,75 | $2,96 \times 10^{-11}$ |

سأل أستاذ تلميذه: ما اسم الحيوان الذي تصحو على صوته كل صباح؟  
أجاب: بابا



ملاحظات هامة:

✓ في حالة انشطار كتلة  $m$  من مادة اليورانيوم، الطاقة الكلية المحررة هي:

$$E_{Tot} = N \cdot E_{lib} = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_{lib}$$

✓ في حالة انشطار مزيج ستوكيومترى من أنوية الديتريوم  $^2_1H$  والتريتيوم  $^3_1H$  كتلته  $m$  فإن الطاقة الكلية المحررة هي:

$$E_{Tot} = N \cdot E_{lib} = \frac{m}{M(^2_1H) + M(^3_1H)} \cdot N_A \cdot E_{lib}$$

✓ تظهر الطاقة المحررة  $E_{lib}$  على شكل:

- طاقة حرارية (إشعاعية).

- طاقة حركية.

✓ الطاقة المحررة لكل نوكلين هي النسبة بين الطاقة المحررة على عدد النوكليونات المشاركة في التفاعل.

$$E_{lib/A} = \frac{E_{lib}}{\text{مجموع النوكليونات}} = \frac{E_{lib}}{\Sigma A}$$

تطبيق: أيهما أفضل طاويا الانشطار أم الاندماج النووي؟

الحل: الاندماج أفضل لأن:

$$\frac{E_{lib}}{A} (\text{الاندماج}) > \frac{E_{lib}}{A} (\text{الانشطار})$$

#### (4) المفاعل النووي:

أ/ تعريفه:

جهاز لإنتاج كميات ضخمة من الطاقة النووية باستخدام كمية قليلة من الوقود. وفيه تُغذف نواة ذرة اليورانيوم 235 المستخدم وقودا في المفاعل بنيترون حر مما يؤدي إلى انشطار النواة وإطلاقها كمية هائلة من الطاقة الحرارية وتحريرها في نفس الوقت لعدد من النيوترونات التي تصطدم مجددا بذرات يورانيوم أخرى.

ويسمى هذا التفاعل بالانشطار النووي المتسلسل ويتم خلاله انشطار ملايين ذرات اليورانيوم خلال جزء من مليون من الثانية مما يولد طاقة حرارية هائلة.

ب/ مردوده:

$$r = \frac{E_{\text{منتجة}}}{E_{\text{مستهلكة}}} = \frac{E_{\text{كهربائية}}}{E_{\text{نووية}}} = \frac{P \cdot t}{N \cdot E_{lib}} = \frac{P \cdot t}{\frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_{lib}}$$

ج/ إيجابيات وسلبيات المفاعلات النووية:

إيجابيات المفاعل: تشغل المفاعلات النووية مساحات جغرافية صغيرة نسبيا من الأرض وتحتاج في توليد الطاقة النووية السلمية إلى وقود من اليورانيوم متوفر بكثرة في عدة دول ويمتاز بسهولة نقله واستخراجه. أقل بكثير من الفحم أو البترول المستخدمين في توليد نفس الكمية من الطاقة.

وتتميز المفاعلات النووية بكلفتها المنخفضة مقارنة مع المصادر الأخرى لإنتاج الطاقة بالإضافة إلى أن المفاعلات النووية تخلف نفايات ضئيلة مقارنة بما تخلفه الوسائل الأخرى لتوليد الطاقة.

سلبيات المفاعل: يؤدي استخدام الطاقة النووية إلى إنتاج نفايات ذات إشعاعات عالية، ولا تتضمن خطط التخلص منها حماية كافية للأفراد والمياه الجوفية من إشعاعاتها الخطيرة، كما يتسبب الماء المستخدم في المفاعلات النووية في مشكلات تهدد سلامة البيئة. وتصيب المفاعلات النووية حوادث وكوارث طبيعية يترتب عليها تعرض مئات الآلاف من البشر للإشعاعات المتسربة وإصابتهم بالأورام الخبيثة المميتة مثلما حدث في كارثتي تشيرنوبل الأوكرانية وفوكوشيما اليابانية.

**التمرين 01:** انطلاقاً من قانوني الانحفاظ أكمل المعادلات النووية التالية واذكر صنف التحولات (انشطار، اندماج، إشعاع  $\alpha$ ، إشعاع  $\beta^-$ ، إشعاع  $\beta^+$ ، إشعاع  $\gamma$ ، تفاعل مفتعل)

المعادلة النووية

| المعادلة النووية                                                               | إيجاد المجاهيل | الصنف |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|
| $^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^4_2X$                                 | $A =$ $Z =$    |       |
| $^1_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$                                     | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{106}_{47}Ag \rightarrow ^{106}_{48}Cd + ^4_2X$                              | $A =$ $Z =$    |       |
| $^4_2Mn + ^4_2He \rightarrow ^{57}_{27}Co + ^1_0n$                             | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^4_2X$                              | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + \alpha ^1_0n$ | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{137}_{55}Cs \rightarrow ^{137}_{56}Ba + ^0_{-1}e$                           | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{137}_{56}Ba^* \rightarrow ^{137}_{56}Ba + ^0_{-1}e$                         | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$                                     | $A =$ $Z =$    |       |
| $^{131}_{54}I \rightarrow ^{131}_{54}Xe + ^0_{-1}e$                            | $A =$ $Z =$    |       |

## التمرين 02:

(1) من بين الأسباب المحتملة لعدم استقرار النواة ما يلي:

- عدد كبير من النوكليونات.
- عدد كبير من الإلكترونات بالنسبة للبروتونات.
- فائض من البروتونات بالنسبة للنترونات.
- عدد ضئيل من النوكليونات.

اختر العبارات المناسبة.

(2) المخطط المقابل يضم الأنوية المستقرة للعناصر التي رقمها الذري محصور في المجال:  $1 \leq Z \leq 7$ . كيف تتوضع هذه الأنوية في المخطط  $(Z, N)$  ؟

(3) بالنسبة للأنوية التالية:  $^{12}_5B$ ،  $^{14}_5B$ ،  $^{16}_7N$ ، وكذلك  $^{11}_6C$ ،  $^{14}_6C$ ، و  $^8_5B$ ، وباستخدام المخطط بين:

أ/ مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك  $\beta^-$ .

ب/ مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك  $\beta^+$ .

ج/ ما الذي يميز كل مجموعة؟

د/ اكتب معادلة تفكك الكربون 14.

## تصحيح التمرين 02:

(1) من بين الأسباب لعدم استقرار النواة ما يلي:

- عدد كبير من النيكلونات.
- فائض من البروتونات بالنسبة للنترونات.

(2) توضع هذه الأنوية بجوار الخط البياني ذو المعادلة  $N = Z$  (واد الاستقرار).

أ/ مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك  $\beta^-$  هي:  $^{12}_5B$ ،  $^{14}_5B$ ،  $^{14}_6C$ ،  $^{16}_7N$ .

ب/ مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك  $\beta^+$  هي:  $^8_5B$ ،  $^{11}_6C$ ،  $^{12}_7N$ ،  $^{14}_7N$ .

ج/ المجموعة  $(\beta^-)$  تتميز بعدد من البروتونات أكبر من عدد البروتونات تقع فوق واد الاستقرار.

المجموعة  $\beta^+$  تتميز بعدد البروتونات أكبر من عدد البروتونات تقع تحت واد الاستقرار.

معادلة تفكك الكربون:  $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$

وضوح الغاية عند الإنس  
يسبب له الاطمئنان  
و يؤدي إلى السعادة  
غوته



### التمرين 03:

البولونيوم عنصر مشع، نادر الوجود في الطبيعة، رمزه الكيميائي  $Po$  ورقمه الذري 84. اكتشف أول مرة سنة 1898م في أحد الخامات. لعنصر البولونيوم عدة نظائر لا يوجد منها في الطبيعة سوى البولونيوم 210. يعتبر البولونيوم مصدر لجسيمات  $\alpha$  لأن أغلب نظائره تصدر أثناء تفككها هذه الجسيمات.

- (1) ما المقصود بالعبارة: أ/ عنصر مشع. ب/ للعنصر نظائر.
- (2) يتفكك البولونيوم 210 معطيا جسيمات  $\alpha$  ونواة ابن هي  ${}^4_2Pb$ . اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الحاصل محددًا قيمة كل من  $A$  و  $Z$ .
- (3) إذا علمت أن زمن نصف حياة البولونيوم 210 هو  $t_{1/2} = 138$  j وأن نشاط عينة منه في اللحظة  $t = 0$  هو  $A_0 = 10^8$  Bq، احسب:
  - أ/ ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك).
  - ب/  $N_0$  عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة في اللحظة  $t = 0$ .
  - ج/ المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد أنوية العينة مساويا ربع ما كان عليه في اللحظة  $t = 0$ .

### تصحيح التمرين 03:

- (1) أ/ عنصر مشع: عنصر غير مستقر يتفكك تلقائيا ليصبح أكثر استقرارا ويصدر إشعاعات. ب/ نظائر: أنوية عنصر لها نفس العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي.
- (2)  ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^4_2Pb + {}^{206}_{82}Pb$  بتطبيق قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $A = 206 \Leftarrow 210 = A + 4$   
بتطبيق قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $Z = 82 \Leftarrow 84 = Z + 2$   
ومنه تصبح المعادلة كالتالي:  ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^4_2He$
- (3) أ/ إيجاد ثابت التفكك ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{138 \times (24 \times 3600)} = 5,81 \times 10^{-8} (s^{-1})$$

ب/ إيجاد عدد الأنوية ( $N_0$ ) عند  $t = 0$ :

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{10^8}{5,81 \times 10^{-8}} = 1,72 \times 10^{15} \text{ (noyaux)}$$

ج/ المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد الأنوية ربع ما كان عليه:

### الطريقة 01:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_0}{4} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{4} = e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln 4}{\lambda} = \frac{\ln 4}{5,81 \times 10^{-8}} = 0,23 \times 10^8 (s) = 276 \text{ (jours)}$$

### الطريقة 02:

المدة الزمنية ليصبح فيها عدد الأنوية ربع ما كان عليه في اللحظة  $t = 0$  هي  $2t_{1/2}$ .

ومنه:  $2t_{1/2} = 276 \text{ jours}$

### التمرين 04:

يستؤجِب استعمال الأنديموم 192 أو السيزيوم 137 في الطب، وضعهما في أنابيب بلاستيكية قبل أن توضع على ردم المريض قصد العلاج.

- (1) نواة السيزيوم  $^{137}_{55}\text{Cs}$  مشعة، تصدر جسيمات  $\beta^-$  وإشعاعات  $\gamma$ . ما سبب إصدار النواة لإشعاعات  $\gamma$ .  
أ/ ما المقصود بالعبرة: (، تصدر جسيمات  $\beta^-$  وإشعاعات  $\gamma$ ).  
ب/ اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الذي يحدث للنواة "الأب" مستنتجا رمز النواة "الابن"  $\gamma$  من بين الأنوية التالية:  $^{138}_{57}\text{La}$ ،  $^{137}_{56}\text{Ba}$ ،  $^{131}_{54}\text{Xe}$   
(2) يحتوي أنبوب على عينة من السيزيوم  $^{137}_{55}\text{Cs}$  كتلتها  $m = 1,0 \times 10^{-6} \text{ g}$  عند اللحظة  $t = 0$ ، احسب:  
أ/ عدد الأنوية  $N_0$  الموجودة في العينة.  
ب/ قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة.  
(3) تستعمل هذه العينة بعد ستة (6) أشهر من تحضيرها:  
أ/ ما مقدار النشاط الإشعاعي للعينة حينئذ؟  
ب/ ماهي النسبة المئوية لأنوية السيزيوم المتفككة؟  
(4) نعتبر نشاط هذه العينة معدوما عندما يصبح مساويا لـ 1% من قيمته الابتدائية.  
- احسب بدلالة ثابت الزمن  $\tau$  المدة الزمنية اللازمة لانعدام النشاط الإشعاعي للعينة، وهل يمكن تعميم هذه النتيجة على أي نواة مشعة؟

يعطى:  $N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ثابت الزمن للسيزيوم  $^{137}_{55}\text{Cs}$ :  $\tau = 43,3 \text{ ans}$   
الكتلة المولية الذرية للسيزيوم 137:  $M(^{137}\text{Cs}) = 137 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

### تصحيح التمرين 04:

- (1) أ/ إصدار الإشعاع  $\beta^-$  هو إلكترون  $^0_{-1}e$  ينتج من تحول نيوترون إلى بروتون داخل النواة المشعة وفق المعادلة:  
 $^1_0n \rightarrow ^1_1p + ^0_{-1}e$   
إصدار شعاع ( $\gamma$ ) يعني أن النواة "الابن" الناتجة تكون مثارة وعند عودتها إلى حالتها الأساسية تصدر إشعاعا كهرومغناطيسيا ( $\gamma$ ).

ب/ معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي:  $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}e + ^0_0\gamma$   
أ/ عدد الأنوية:  $N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A$  (2)

$$N_0 = \frac{1 \times 10^{-6}}{137} \times 6,02 \times 10^{23} = 4,4 \times 10^{15} \text{ Noyaux}$$

ب/ النشاط الإشعاعي  $A_0 = \lambda \times N_0$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{43,3 \times 365,25 \times 24 \times 3600} \text{ لدينا:}$$

$$\lambda = 7,3 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 = 3,2 \times 10^6 \text{ Bq} \text{ إذن:}$$

(3) أ/ حساب  $A$  بعد ستة أشهر أي نصف سنة:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 3,2 \times 10^6 e^{-\frac{0,5 \text{ ans}}{43,3 \text{ ans}}} = 3,16 \times 10^6 \text{ Bq}$$

$$N = \frac{A}{\lambda} = 4,34 \times 10^{15} \leftarrow A = \lambda \cdot N \text{ لدينا:}$$

$$N' = N_0 - N \text{ عدد الأنوية المتفككة:}$$

$$\frac{N'}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} \approx 0,012 = 1,2\% \text{ النسبة المئوية:}$$

(4) أ/ لحظة انعدام النشاط:

$$\frac{A_0}{100} = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{100} = e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{\ln 100}{\lambda} = \tau \times \ln 100 \Rightarrow t = 5\tau$$

ب/ هذه النتيجة عامة لأي نواة.



### التمرين 05:

- إن نواة البولونيوم  $^{210}_{84}Po$  مشعة فتتحول إلى نواة الرصاص  $^{206}_{82}Pb$  وتصدر جسما.
- (1) اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة البولونيوم  $^{210}_{84}Po$ ، حدد طبيعة الجسيم الصادر.
  - (2) عين عدد الأنوية  $N_0$  المحتواة في عينة البولونيوم  $^{210}_{84}Po$  كتلتها  $m_0 = 10^{-5}g$ .
  - (3) سمح قياس النشاط الإشعاعي في لحظات مختلفة  $t$  بمعرفة عدد الأنوية المتبقية  $N$  في العينة السابقة والمدونة في الجدول التالي:

| $t(jours)$ | 0    | 40   | 80   | 120  | 160  | 200  | 240  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $N/N_0$    | 1,00 | 0,82 | 0,67 | 0,55 | 0,45 | 0,37 | 0,30 |

أ/ ارسم البيان الذي يعطي تغيرات  $(-\ln \frac{N}{N_0})$  بدلالة الزمن:  $-\ln \frac{N}{N_0} = f(t)$

سلم الرسم :  $1cm \rightarrow 40j$

$1cm \rightarrow 0,2$

جملة مفيدة مشهورة تحتوي على 24 حرفاً غير منقوط فما هي ؟

ب/ استنتج من البيان ثابت التفكك  $\lambda$ ، و زمن نصف حياة البولونيوم  $^{210}_{84}Po$ .

ما هو الزمن اللازم لكي تصبح كتلة العينة تساوي  $1/100$  من قيمتها الابتدائية  $(m_0)$  ؟  
 ثابت أفوغادرو:  $N_A = 6,023 \times 10^{23} mol^{-1}$  ،  $M(Po) = 210 g/mol$

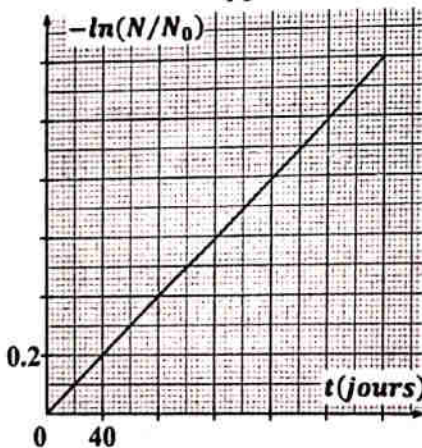
### تصحیح التمرين 05:

- (1) كتابة معادلة التفاعل:  $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^4_2X$   
حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $210 = 206 + A \Rightarrow A = 4$   
حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $84 = 82 + Z \Rightarrow Z = 2$   
 $^4_2X = ^4_2He$   
 $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^4_2He$

ومنه الجسيم المنبعث هو جسيم  $\alpha$ .

(2) تعيين عدد الأنوية الابتدائية:

$$N_0 = \frac{m_0}{M} \times N_A = \frac{10^{-5}}{210} \times 6,023 \times 10^{23} = 2,87 \times 10^{16} \text{ noyaux}$$



| $t(jours)$    | 0 | 40   | 80   | 120  | 160  | 200  | 240  |
|---------------|---|------|------|------|------|------|------|
| $-\ln(N/N_0)$ | 0 | 0,20 | 0,40 | 0,59 | 0,79 | 0,99 | 1,20 |

أ/ رسم البيان  $-\ln(N/N_0) = f(t)$ :

ب/ استنتاج  $\lambda$ :

لدينا بيانياً:  $-\ln \left( \frac{N}{N_0} \right) = a \cdot t \dots (1)$

ونعلم أيضاً:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

$$\ln \left( \frac{N}{N_0} \right) = -\lambda t \Rightarrow -\ln \left( \frac{N}{N_0} \right) = \lambda t$$

بالمطابقة وبحساب ميل المنحى (a):

$$a = \lambda = \frac{0,4 - 0}{80 - 0} = 5 \times 10^{-3} \text{ Jours}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5 \times 10^{-3}} = 138,6 \text{ Jours}$$

ج/ الزمن اللازم لبقاء كتلة  $m_0/100$ :

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{m_0}{100} = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{100} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{1}{100}\right) = -\lambda t \Rightarrow \ln 100 = \lambda t$$

$$t = \frac{\ln 100}{\lambda} = \frac{\ln 100}{5 \times 10^{-3}} = 921,03 \text{ jours} \approx 2,52 \text{ ans}$$

### التمرين 06:

إليك مستخرج من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية:

|                  |                  |                  |                 |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| $_{20}\text{Ca}$ | $_{82}\text{Pb}$ | $_{72}\text{Ti}$ | $_{23}\text{V}$ | $_{84}\text{Po}$ | $_{25}\text{Mn}$ |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|

تتفكك نواة البزموت  $^{210}_{83}\text{Bi}$  بنشاط إشعاعي  $\beta^-$  ويرافقه إشعاع  $\gamma$ .

(1) اكتب المعادلة المعبرة عن التحول النووي الحادث وبين كيف نتج الإلكترون المرافق للإشعاع.

(2) نعتبر عينة من البزموت 210 عدد أنويتها  $N(t)$  عند اللحظة  $t$ .

عبر عن عدد الأنوية المتفككة  $N_d(t)$  بدلالة كل من: الزمن  $t$ ،  $N_0$  (عدد الأنوية في اللحظة  $t=0$ )،  $\lambda$  ثابت النشاط الإشعاعي.

(3) بواسطة برنامج خاص تم رسم المنحنى  $\ln(A) = f(t)$

حيث  $A$  مقدار النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة  $t$ .

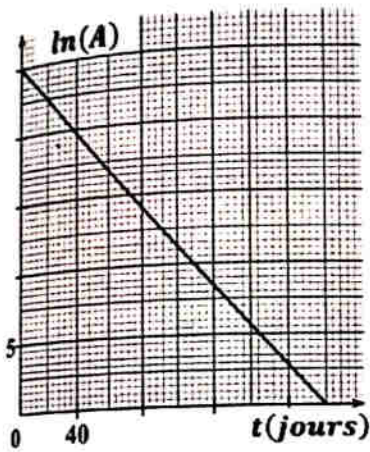
أ/ عرف النشاط الإشعاعي وحدد وحدته.

ب/ عبر عن  $\ln A(t)$  بدلالة  $\lambda$ ،  $N_0$ ،  $t$ .

ج/ استنتج من المنحنى (الشكل):

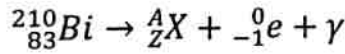
- قيمة ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  للبزموت 210.

- قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي  $A_0$ .



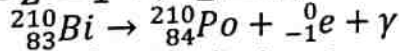
### تصحيح التمرين 06:

(1) معادلة التفكك:



بتطبيق قوانين الانحفاظ نجد:

$$\begin{cases} 210 = A + 0 \Rightarrow A = 210 \\ 83 = Z - 1 \Rightarrow Z = 84 \end{cases} \Rightarrow ^{210}_{84}\text{Po}$$



مصدر الإلكترون هو تحول نوترون إلى بروتون وفق المعادلة:  $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^0_{-1}\text{e}$

(2) عبارة عدد الأنوية المتفككة عند اللحظة  $t$ :

$$N_d = N_0 - N(t) = N_0 - N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

(3) أ/ تعريف النشاط الإشعاعي: هو عدد التفككات التي تحدث في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة البيكرال Bq.  
ب/ عبارة  $\ln A(t)$ :

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln A(t) = \ln A_0 - \lambda t$$

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow \ln A(t) = -\lambda t + \ln(\lambda \cdot N_0)$$

ج/ قيمة  $\lambda$  و  $A_0$ :

العبارة البيانية: البيان عبارة عن خط مستقيم لا يمر من المبدأ معادلته:  $\ln A(t) = a \cdot t + b$

$$\text{عند } t = 0 \text{ لدينا: } \ln A(0) = 25 = b \text{ و } a = \frac{\Delta \ln A}{\Delta t} = -0,1388$$

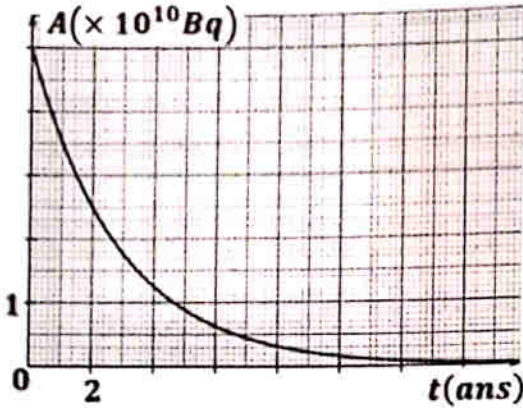
$$\ln A(t) = -0,1388t + 25$$

بالمطابقة العلاقة النظرية مع العلاقة البيانية نجد:  $\lambda = 0,1388 \text{ j}^{-1}$

$$\lambda = 0,1388 \text{ j}^{-1} \Rightarrow A_0 = 7,20 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$\ln A_0 = b \Rightarrow A_0 = e^b = e^{25} \Rightarrow A_0 = 7,20 \times 10^{10} \text{ Bq}$$





### التمرين 07:

منبع مشع يحتوي على نظير السيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$  المشع  $\beta^-$ .  
عرف ما يلي:

- (1) - النظير المشع  $\beta^-$  الإشعاع.

- (2) اكتب معادلة النشاط الإشعاعي للسيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$ .
- (3) من إحدى الموسوعات العلمية الخاصة بالبحث العلمي في الفيزياء النووية تم استخراج المنحنى  $A = f(t)$  (الشكل)، والذي يعبر عن تطور النشاط الإشعاعي  $A$  لمنبع مشع من السيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$  مماثل للمنبع السابق كتلته  $m_0$ .

أ/ استنتج من المنحنى قيمة النشاط الإشعاعي  $A_0$  في اللحظة  $t = 0$ .

ب/ ما هي قيمة النشاط الإشعاعي في اللحظة  $t = \tau$ ؟ استنتج قيمة ثابت الزمن  $\tau$ .

ج/ بين أن  $t_{1/2}$  نصف العمر لنظير السيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$  يعطى بالعلاقة:  $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$  واحسب قيمته.

د/ احسب كتلة العينة  $m_0$  ثم بين أن الكتلة المتفككة  $m'(t)$  من السيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$  تعطى بالعلاقة:

$$m'(t) = m_0(1 - e^{-\lambda t})$$

هـ/ مثل كيفيا تطور الكتلة  $m'(t)$  بدلالة الزمن  $t$ .

يعطى الجدول المقابل والمستخرج من الجدول الدوري:

| العنصر | Xe | Cs | Ba | La |
|--------|----|----|----|----|
| Z      | 54 | 55 | 56 | 57 |

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

### تصحيح التمرين 07:

- (1) النظير المشع: هو كل نظير يتفكك تلقائيا مصدرا جسيمات  $\alpha$  و  $\beta$  وإشعاع كهرومغناطيسي  $\gamma$ .  
الجسيم  $\beta^-$  هو إلكترون منبعث من نواة مشعة نتيجة تحول نيوترون إلى بروتون

- (2) معادلة النشاط الإشعاعي الخاصة بالسيزيوم:  $^{134}_{55}\text{Cs} \xrightarrow{\beta^-} {}^0_{-1}\text{e} + {}^{134}_{56}\text{Ba}$
- (3) أ/ قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي  $A_0$ : بيانيا:  $A_0 = 5 \times 10^{10} \text{ Bq}$

ب/ قيمة النشاط الإشعاعي في اللحظة  $t = \tau$ :

$$A(\tau) = A_0 \cdot e^{-\lambda \tau} = A_0 \cdot e^{-1} = 0,37 A_0$$

$$\Rightarrow A(\tau) = 0,37 \times 5 \times 10^{10} = 1,85 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

من البيان نجد:  $\tau = 2,8 \text{ ans}$ .

ج/ اثبات العلاقة  $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$  وحساب قيمة  $t_{1/2}$  لنظير السيزيوم  $^{134}_{55}\text{Cs}$ :

$$A\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{A_0}{2} = A_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$$

بالتالي:  $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$  ومنه:  $t_{1/2} = 2,8 \times \ln 2 = 2,0 \text{ ans}$

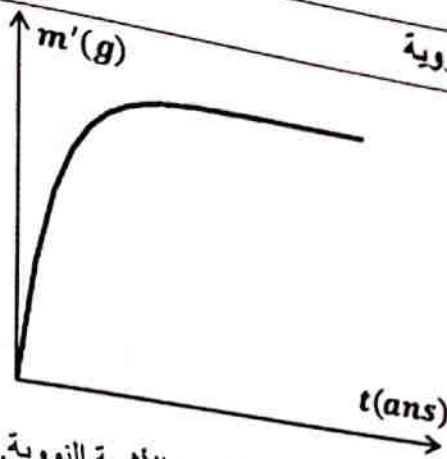
د/ حساب الكتلة:

$$m_0 = \frac{M \cdot A_0 \cdot \tau}{N_A} = \frac{134 \times 5 \times 10^{10} \times 2,85 \times 365,25 \times 24 \times 3600}{6,023 \times 10^{23}} \approx 10^{-3} \text{ g}$$

- إثبات العلاقة:  $m_0 = m(t) + m'(t)$

ومنه:  $m'(t) = m_0 - m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

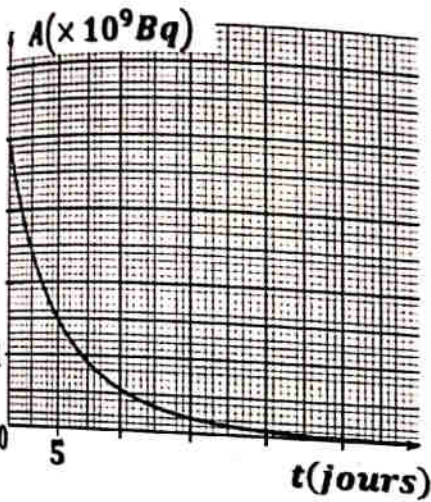
$$m'(t) = m_0(1 - e^{-\lambda t})$$



## التمرين 08:

يعتبر الطب أحد المجالات الرئيسية التي عرفت تطبيقات الأشعة النووية. حيث تستعمل بعض الأنوية المشعة لتشخيص الأمراض ومعالجتها. يستعمل الرينيوم  $^{186}_{75}\text{Re}$  للتخفيف من آلام الروماتيزم عن طريق الحقن الموضعي بجرات ذات حجم قدره  $V_0 = 10 \text{ mL}$ . نواة الأوسميوم  $^{186}_{76}\text{Os}$ .

- ينتج عن تفكك نواة الرينيوم  $^{186}_{75}\text{Re}$  نواة الأوسميوم  $^{186}_{76}\text{Os}$ .  
أ/ اكتب معادلة التحول النووي الحادث.  
ب/ حدد نمط التحول الحادث وعرفه.
- البيان الموضح بالشكل يمثل تغيرات النشاط الإشعاعي بدلالة الزمن  $A = f(t)$ .



- أ/ استنتج من البيان النشاط الإشعاعي الابتدائي  $A_0$ .  
ب/ عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ ، وحدد قيمته من البيان.
- ج/ احسب ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  للرينيوم  $^{186}_{75}\text{Re}$ .  
ب/ استعمال قانون التناقص الإشعاعي، احسب عدد أنوية الرينيوم  $^{186}_{75}\text{Re}$  الموجودة في الجرعة عند اللحظة  $t_1 = 10 \text{ jours}$ .
- أ/ عند اللحظة  $t_1$  نأخذ من الجرعة بواسطة حقنة حجم  $V$  يحتوي على  $1.2 \times 10^{14}$  نواة من الرينيوم  $^{186}_{75}\text{Re}$  ونحقن بها مريض في مفصل الركبة. أوجد الحجم  $V$  المحقون.

## تصحيح التمرين 08:

(1) أ/ معادلة التفكك:  $^{186}_{75}\text{Re} \rightarrow ^{186}_{76}\text{Os} + ^0_{-1}\text{e}$  حيث:  $Z = 75 - 76 = -1$ ;  $A = 186 - 186 = 0$  ومنه:  $^{186}_{75}\text{Re} \rightarrow ^{186}_{76}\text{Os} + ^0_{-1}\text{e}$

ب/ نمط التحول:  $\beta^-$

تعريف  $\beta^-$ : يحدث في الأنوية التي بها فائض في عدد النيوترونات حيث يتحول نوترون إلى بروتون مع إصدار إلكترون

وفق المعادلة:  $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^0_{-1}\text{e}$

(2) أ/ استنتاج قيمة  $A_0$ : من البيان نجد:  $A_0 = 4 \times 10^9 \text{ Bq}$

ب/ تعريف  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد أنوية العينة (أو تناقص نشاط العينة إلى النصف).

بيانيا نجد:  $t_{1/2} = 3,5 \text{ jours}$

ج/ قيمة  $\lambda$ :  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{3,5} = 0,198 \text{ j}^{-1} = 2,3 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

(3) عدد أنوية  $^{186}_{75}\text{Re}$  عند  $t_1$ :

(4) حساب  $V$ :  $N(t_1) = \frac{A_0 \cdot e^{-\lambda t}}{\lambda} = \frac{4 \times 10^9 \cdot e^{-0,198 \times 10}}{2,3 \times 10^{-6}} = 2,4 \times 10^{14} \text{ noyaux}$

حساب  $V$ :

$$\left. \begin{array}{l} 2,4 \times 10^{14} \rightarrow 10 \text{ mL} \\ 1,2 \times 10^{14} \rightarrow V \end{array} \right\} \Rightarrow V = \frac{1,2 \times 10^{14} \times 10}{2,4 \times 10^{14}} = 5,0 \text{ mL}$$

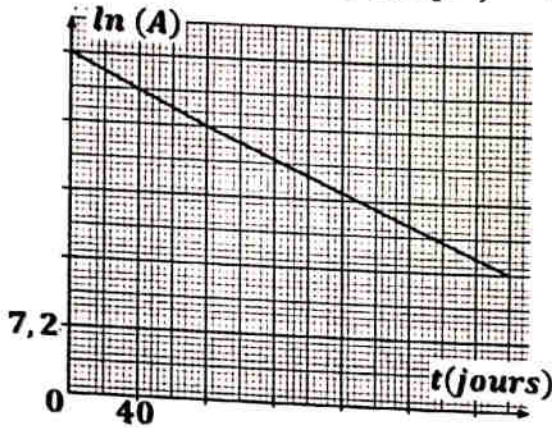


التمرين 09:

المعطيات: الكتلة المولية الذرية لليود  $M = 131 \text{ g/mol}$   
 ثابت أفوغادرو:  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 يعطى الجدول التالي لبعض العناصر الكيميائية:

| الاسم            | انتعوان | تيلير | يود | كزينون | سيزيوم |
|------------------|---------|-------|-----|--------|--------|
| الرمز            | Sb      | Te    | I   | Xe     | Cs     |
| العدد الشحني (Z) | 51      | 52    | 53  | 54     | 55     |

يستعمل عادة اليود 131 المشع في المجال الطبي والذي يصدر بتفككه جسيمات  $(\beta^-)$  وبزمن نصف عمر  $t_{1/2}$ .  
 يحقن مريض بالغدة الدرقية بكمية من اليود 131 المشع في الجسم.  
 يعطى المنحنى  $\ln(A) = f(t)$  في الشكل حيث  $A$  يمثل النشاط الإشعاعي (وحدته Bq) للعينة المحقونة في لحظة  $(t)$ .



- أعط تركيب نواة اليود 131.
- أما اسم الجسم المنبعث خلال تفكك اليود 131؟  
 ب/ اكتب معادلة تفكك اليود 131 مع ذكر قوانين الانحفاظ المستعملة.

- عبر عن  $\ln(A)$  بدلالة  $t$ ،  $\lambda$ ،  $\ln(A_0)$ .
- اكتب العبارة البيانية (معادلة المستقيم) ثم استنتج قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي  $A_0$  للعينة عند اللحظة  $t = 0$  وقيمة زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  لليود 131.
- احسب الكتلة الابتدائية  $m_0$  لليود 131 المستعملة في الحقنة.

تصحيح التمرين 09:

- التركيب  $^{131}_{53}\text{I}$ : عدد البروتونات:  $Z = 53$ ، وعدد النوترونات:  $N = A - Z = 78$
- أ/ الجسم المنبعث هو:  $^0_{-1}\text{e}$   
 ب/ المعادلة:  $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_{-1}\text{e}$   
 بتطبيق قانون إنحفاظ العدد الكتلي نجد:  $A = 131$   
 بتطبيق قانون إنحفاظ العدد الشحني نجد:  $Z = 54$   
 ومنه النواة الابن هي:  $^{131}_{54}\text{Xe}$  والمعادلة تصبح:  $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$
- العبارة:  $A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln A(t) = -\lambda t + \ln A_0$

العبارة البيانية:  $\ln A = at + b \dots (1)$   
 بالمطابقة:  $\lambda = a = \frac{\Delta(\ln A)}{\Delta t} = \frac{(28,8 - 36)}{80 - 0} = -0,09 \text{ jours}^{-1}$

ومنه:  $\ln(A) = -0,09t + 36 \dots (2)$   
 بمطابقة (1) مع (2) ينتج:  $A_0 = e^{36} = 4,3 \times 10^{15} \text{ Bq}$

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 0,09 \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,09} \approx 8 \text{ jours}$

(5) الكتلة الابتدائية  $(m_0)$ :  
 $A_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot \frac{m_0}{M} \cdot N_A \Rightarrow m_0 = \frac{t_{1/2} \cdot A_0 \cdot M}{\ln 2 \cdot N_A}$   
 $m_0 = \frac{8 \cdot (24 \times 3600) \cdot 4,3 \times 10^{15} \times 131}{\ln 2 \times 6,02 \times 10^{23}} = 0,9 \text{ g}$

### التمرين 10:

المعطيات:  ${}^6_4\text{C}, {}^{10}_4\text{Be}, {}^3_1\text{Li}$  ،  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ،  $1 \text{ an} = 365.25 \text{ jours}$  ، نواة البيريليوم  ${}^{10}_4\text{Be}$  هي نواة مشعة تصدر الإشعاع  $\beta^-$  ، وينتج عن تفككها نواة  ${}^A_Z\text{X}$

1/ أ/ اكتب معادلة التفكك النووي محددا قيمتي  $A$  و  $Z$  .  
ب/ كيف تفسر انبعاث جسيمات  $\beta^-$

2/ مكنت المتابعة الزمنية لتطور الكتلة  $m$  من رسم المنحنى البياني الموضح بالشكل.  
أ/ اكتب عبارة قانون التناقص الإشعاعي بدلالة  $N_0$  (عدد الأنوية الابتدائية) وثابت التفكك  $\lambda$

ب/ استنتج عبارة  $m(t)$  للعينة المتبقية من البيريليوم عند اللحظة  $t$  بدلالة  $m_0$  (الكتلة الابتدائية للعينة) وثابت التفكك  $\lambda$ .

3/ أ/ عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  ثم أوجد عبارته بدلالة ثابت التفكك  $\lambda$ .

ب/ عين بيانيا زمن نصف عمر البيريليوم واستنتج قيمة ثابت الزمن  $\lambda$  بالوحدة  $\text{s}^{-1}$ .

ج/ احسب عدد الأنوية المتفككة عند  $t = 1 \text{ an}$ .

4/ قمنا بواسطة عداد جيجر النشاطية  $A$  لعينة من البيريليوم

10 فوجدنا  $A = 1.06 \times 10^{15} \text{ Bq}$

أ/ احسب الكتلة  $m$  للبيريليوم 10 المتبقية في هذه النشاطية.

ب/ استنتج عمر هذه العينة إذا علمت أن كتلة البيريليوم الابتدائية هي  $m_0 = 4 \text{ g}$

### تصحيح التمرين 10:

1/ أ/  ${}^{10}_4\text{Be} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}$

$A = 10$  ،  $Z = 5$

إذن:  ${}^A_Z\text{X}$  هي  ${}^{10}_5\text{B}$

ب/ انبعاث  $\beta^-$  هو ناتج عن تحول نوترون إلى بروتون  ${}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^0_{-1}\text{e}$

2/ أ/  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{m_0}{M} \cdot N_A \cdot e^{-\lambda t}$$

ب/  $m(t) = m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

3/ أ/ زمن نصف العمر هو الزمن اللازم لتفكك 50% من عدد الأنوية الابتدائي أي 50% من كتلة العينة.

$$\frac{m_0}{2} = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda t \rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

ب/ من البيان /  $t_{1/2} = 0,5 \text{ ans}$

$$\lambda = \frac{0,69}{0,5 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 4,37 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

ج/ الكتلة المخفية عند  $t = 1 \text{ ans}$  من البيان الكتلة المتبقية هي:  $m = 1 \text{ g}$  إذن الكتلة المخفية هي:

$$m' = m_0 - m = 4 - 1 = 3 \text{ g}$$

$$N = \frac{3}{10} \times 6,02 \times 10^{23} = 1,8 \times 10^{23}$$

$$m = \frac{M \cdot A}{\lambda \cdot N_A} = 0,4 \text{ g} \quad (4)$$

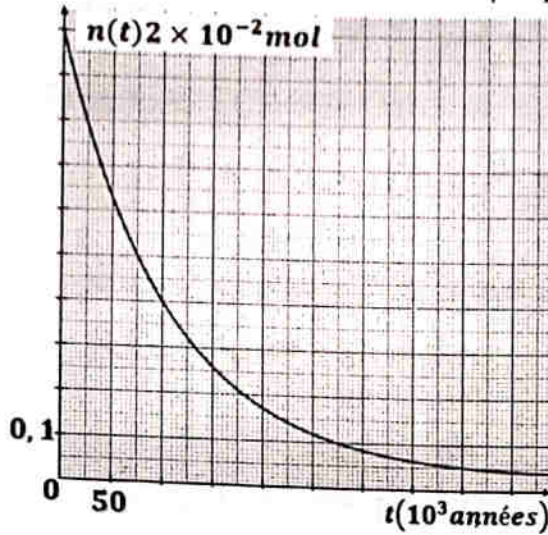
ب/ من البيان:  $t = 1,7 \text{ ans}$

الأستاذ: ما الشيء الذي لا  
يذوب في الماء؟  
التلميذ: السمك يا أستاذ!!!

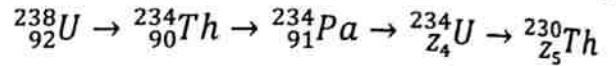


### التمرين 11:

نعطي في الشكل المقابل منحنى التناقص الإشعاعي بآلاف السنين لعينة من الثوريوم  $^{230}\text{Th}$ .  
 (1) عرف زمن نصف العمر لمادة مشعة، وحدد قيمته بالنسبة للنظير  $^{230}\text{Th}$ .  
 (2) إن نواة الثوريوم  $^{230}\text{Th}$  تتحول بالتفكك الإشعاعي إلى الراديوم  $^{88}\text{Ra}$ .  
 - اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق، محددا قيم الأعداد الكتلية والشحنة للأنوية المعبر عنها في التفاعل، وأعط نصوص القوانين الفيزيائية المطبقة في ذلك.



- (3) اكتب العبارة الرياضية لقانون التناقص الإشعاعي، ثم أوجد قيمة الثابت الإشعاعي  $\lambda$  للثوريوم  $^{230}\text{Th}$ .  
 (4) هل يتأثر نصف عمر المادة المشع عبر الزمن بتغير كمية العينة الابتدائية المشعة أم بتغيير درجة الحرارة أم بتغيير الضغط؟  
 (5) إن الثوريوم  $^{230}\text{Th}$  ينتمي إلى عائلة اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  وهو ينتج وفق سلسلة التفككات الإشعاعية المتوالية التالية:



- أوجد العددين:  $Z_4, Z_5$ .

- انكر نوع النشاط الإشعاعي في التحولات النووية الأربعة السابقة.

- (6) يستخدم الثوريوم  $^{230}\text{Th}$  في تأريخ المتحجرات المرجانية بطريقة تعتمد على النسبة  $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})}$  التي تزداد خلال

الزمن منذ بداية تشكل الكائنات المرجانية الحية، حيث يكون وجود الثوريوم  $^{230}\text{Th}$  فيها معدوما حتى تبلغ هذه النسبة ما يسمى التوازن القرني حيث يكون وجود لكميتي  $^{238}\text{U}$  و  $^{230}\text{Th}$  النشاط الإشعاعي  $A(t)$  نفسه.

أ/ يعرف النشاط الإشعاعي  $A(t)$  لمجموعة من النويات المتماثلة ب:  $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$

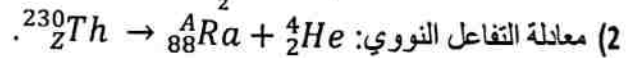
برهن أن:  $A(t) = \lambda N(t)$ .

ب/ استنتج أن النسبة  $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})}$  تصبح ثابتة عند بلوغ التوازن القرني.

### تصحيح التمرين 11:

- (1) زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الابتدائية.

$$t_{1/2}(^{230}\text{Th}) = 75 \times 10^3 \text{ ans}$$



حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $230 = A + 4 \Rightarrow A = 226$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $Z = 88 + 2 \Rightarrow Z = 90$

(3) قانون التناقص الإشعاعي:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

لما  $t = t_{1/2}$ :  $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$  .... (1) وأيضا:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$  .... (2)

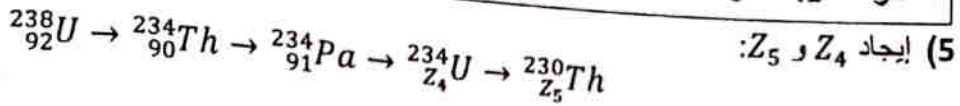
$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \quad \text{من (1) و (2)}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow \ln 2 = \lambda t_{1/2}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{75 \times 10^3} = 9,24 \times 10^{-6} \text{ ans}^{-1}$$

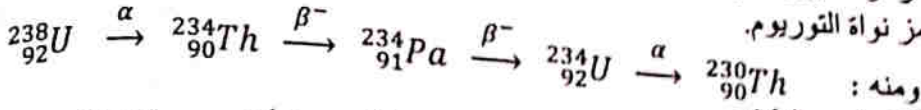
- (4) لا، لأن  $t_{1/2}$  يميز النواة  $^{230}\text{Th}$  لا يتعلق لا بدرجة الحرارة ولا بالضغط ولا بعدد الأنوية الابتدائية.

قالك وحد البخيل قالو وليدو بابا حلمتك  
اعطيتني 50 دينار قالو ردهالي



$Z_4 = 92$  رمز نواة اليورانيوم.

$Z_5 = 90$  رمز نواة الثوريوم.



(6) نبرهن أن:  $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

$$A(t) = \frac{-dN(t)}{dt} = \frac{-d(N_0 \cdot e^{-\lambda t})}{dt} = -N_0 \cdot (-\lambda) \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

استنتاج أن النسبة  $\frac{N({}^{230}Th)}{N({}^{238}U)}$  تصبح ثابتة عند بلوغ التوازن القرني.

التوازن القرني  $\Leftrightarrow A_{Th} = A_U$

$$A_{Th} = A_U \Rightarrow \lambda_{Th} \cdot N_{Th} = \lambda_U \cdot N_U \Rightarrow \frac{N_{Th}}{N_U} = \frac{\lambda_U}{\lambda_{Th}}$$

بما أن:  $\lambda_{Th}$  و  $\lambda_U$  ثابتين فإن:  $\frac{N_{Th}}{N_U} = cte$

### التمرين 12:

(1) لعنصر البولونيوم ( $Po$ ) عدة نظائر مشعة، أحدها فقط طبيعي.

أ/ ما المقصود بكل من: النظير والنواة المشعة؟

ب/ نعتبر أحد النظائر المشعة، نواته ( ${}^A_ZPo$ ) والتي تتفكك إلى نواة الرصاص ( ${}^{206}_{82}Pb$ ) وتصدر جسيما  $\alpha$ .

✓ أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة النظير ( ${}^A_ZPo$ ) ثم استنتج قيمتي  $Z$  و  $A$ .

(2) ليكن  $N_0$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة من النظير ( ${}^A_ZPo$ ) في اللحظة  $t = 0$ ،  $N(t)$  عدد الأنوية

المشعة غير المتفككة الموجودة فيها في اللحظة  $t$ .

✓ باستخدام كاشف لإشعاعات ( $\alpha$ ) مجهز بعدد رقمي تم الحصول على جدول القياسات التالي:

| $t(jours)$       | 0    | 20   | 50   | 80   | 100  | 120  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| $N(t)/N_0$       | 1,00 | 0,90 | 0,78 | 0,67 | 0,61 | 0,55 |
| $-\ln(N(t)/N_0)$ |      |      |      |      |      |      |

أ/ املأ الجدول السابق.

ب/ أرسم على ورقة ميليمترية البيان:  $-\ln(N(t)/N_0) = f(t)$

يعطى سلم الرسم: - على محور الفواصل:  $1cm \rightarrow 20journs$

- على محور الترتيب  $1cm \rightarrow 0,10$

ج/ اكتب قانون التناقص الإشعاعي وهل يتوافق مع البيان السابق؟ برر إجابتك.

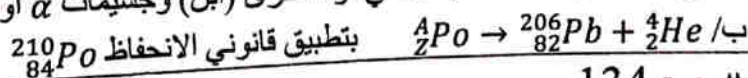
د/ انطلاقا من البيان، استنتج قيمة  $\lambda$ ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاع) المميز للنظير ( ${}^A_ZPo$ ).

ه/ أعط عبارة زمن نصف عمر ( ${}^A_ZPo$ ) واحسب قيمته.

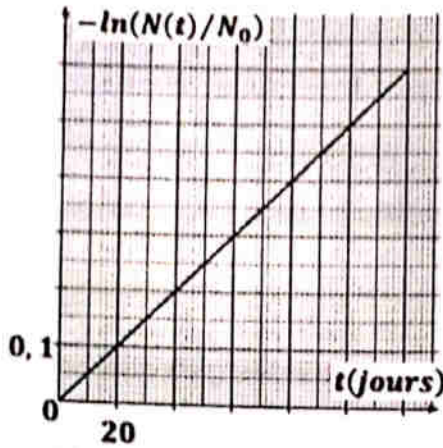
### تصحيح التمرين 12:

(1) أ/ النظائر: أنوية عنصر لها نفس العدد الذري  $Z$  وتختلف في العدد الكتلي  $A$ .

النواة المشعة: تتفكك تلقائيا لتعطي نواة أخرى (ابن) وجسيمات  $\alpha$  أو  $\beta$  أو إشعاع  $\gamma$ .







(2) ا/ ملأ الجدول:

| t(jours)         | 0 | 20   | 50   | 80   | 100  | 120  |
|------------------|---|------|------|------|------|------|
| $-\ln(N(t)/N_0)$ | 0 | 0,10 | 0,25 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |

ب/ رسم البيان: خط مستقيم يمر من المبدأ.

ج/ قانون التناقص:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow -\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = \lambda t \Rightarrow y = At$$

البيان المحصل عليه خط مستقيم يمر بالمبدأ عارته من الشكل:

$y = At$  وهي تتفق مع عبارة التناقص الإشعاعي.

د/ تعيين قيمة  $\lambda$ : ميل المستقيم

$$A = \frac{\Delta\left(-\ln\frac{N}{N_0}\right)}{\Delta t} = 5 \times 10^{-3} \text{ jours}^{-1} = 5,78 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} = \lambda$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \text{ فإن } t = t_{1/2} \text{ لما } N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 138,9 \text{ Jours}$$

### التمرين 13:

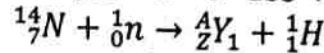
يوجد عنصر الكربون في دورته الطبيعية على شكل نظيرين مستقرين هما الكربون 12 والكربون 13 ونظير مشع (غير مستقر) هو الكربون 14، والذي يبلغ زمن نصف عمره  $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$ .

المعطيات: الكربون 12:  $^{12}_6\text{C}$ ، الكربون 13:  $^{13}_6\text{C}$ ، الأوزون 14:  $^{14}_7\text{N}$ .

من أراد أن يخطو بثقة  
فعلية أن يخطو ببطء  
غوته

1) أعط تركيب نواة الكربون 14.

2) ا/ إن قذف نواة الأوزون بترون هو تحول نووي يعبر عنه بالمعادلة التالية:



بتطبيق قانوني الانحفاظ حدد النواة  ${}^4_2\text{Y}_1$ .

ب/ إن تفكك نواة الكربون 14 يعطي نواة ابن  ${}^4_2\text{Y}_2$  وجسيم  $\beta^-$ . اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق وانكر اسم

العنصر  $\text{Y}_2$ .

3) يعطي قانون التناقص الإشعاعي بالعلاقة:  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ .

ا/ ماذا يمثل المقادير التالية:  $\lambda$ ،  $N_0$ ،  $N(t)$  ؟

$$\text{ب/ بين أن: } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

ج/ أوجد وحدة  $\lambda$  باستعمال التحليل البعدي.

د/ احسب القيمة العددية للمقدار  $\lambda$  المميز للكربون 14.

4) سمح تاريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها  $m(g)$  اكتشفت عام 2000، بمعرفة النشاط  $A$  لهذه العينة والذي

قدر بـ 11.3 تفككا في الدقيقة، في حين قدر النشاط  $A_0$  لعينة حية مماثلة بـ 13.6 تفككا في الدقيقة.

- اكتب عبارة  $A(t)$  بدلالة  $\lambda$ ،  $A_0$  و  $t$  ثم احسب عمر قطعة الخشب القديم، وماهي سنة قطع الشجرة التي

انحدرت منها؟

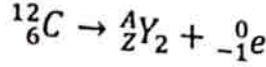
### تصحيح التمرين 13:

مع  $Z = 6$

(1) تركيب نواة الكربون 14:  $N = A - Z = 8$  وعند النيوترونات 8 ومنه عند البروتونات 6

(2) أ/ تعيين النواة  ${}^4_2Y_1$ :  ${}^4_2Y_1 = {}^{14}_6C$  ومنه  $7 + 0 = Z + 1 \Rightarrow Z = 6$

ب/ المعادلة:  ${}^{14}_7N + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6C + {}^1_1H$  حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة: أي:



ج/ إثبات العلاقة:  $A = 14$  حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $A = 14$  حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $6 = Z - 1 \Rightarrow Z = 7$

(3) أ/  $N(t)$ : عدد الأنوية المتبقية في اللحظة  $t$ .  $N_0$ : عدد الأنوية المشعة في اللحظة 0. ب/ إثبات العلاقة:

$$N(t) = \frac{N_0}{2} \text{ عند } t = t_{1/2}$$

نعلم أن:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  ومنه  $\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t_{1/2} \Leftrightarrow \ln 2 = \lambda t_{1/2}$  منه:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  وهو المطلوب.

ج/ إيجاد وحدة  $\lambda$ : لدينا من العلاقة السابقة:  $[\lambda] = \frac{1}{[T]} = [T^{-1}]$  أي هي مقلوب وحدة الزمن. د/ حسابها:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5570} = 1,244 \times 10^{-4} \text{ ans}$$

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ عبارة (4)}$$

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t$$

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{11,3}{13,6}\right)}{1,244 \times 10^{-4}} = 1489,28$$

تم قطع الشجرة في سنة 511 حيث:  $2000 - 1489,28 \approx 511$

### التمرين 14:

في يوم 2012/04/01 بمخبر الفيزياء، قرأنا من البطاقة التقنية المرفقة لمنبع مشع المعلومات الآتية:

- السيزيوم  ${}^{137}_{55}Cs$

- الإشعاعات:  $\beta^-$  و  $\gamma$

- نصف العمر:  $t_{1/2} = 30.15 \text{ ans}$

- الكتلة الابتدائية:  $m_0 = 5.02 \times 10^{-2} g$

بينما لاحظنا تاريخ صنع العينة غائبا عن البطاقة.

لإيجاد عمر هذا المنبع نقيس باستعمال عداد Geiger النشاط  $A$  للمنبع فنجد  $A = 14.94 \times 10^{10}$

(1) اكتب معادلة تفكك نواة السيزيوم، ثم عرف الإشعاعين  $\beta^-$  و  $\gamma$ .

(2) احسب العدد الابتدائي  $N_0$  لأنوية السيزيوم التي كانت موجودة بالمنبع لحظة صنعه.

(3) احسب ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  بـ  $s^{-1}$ .



(4) اكتب العبارة الحرفية التي تربط النشاط  $A$  بعدد الأنوية المتبقية في المنبع، ثم احسب النشاط  $A_0$  المميز للعينة لحظة صنعها.

(5) استنتج بالحساب تاريخ صنع العينة.

المعطيات:

- ثابت أفو غادرو:  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- عدد أيام السنة: 365,25 Jours

- من الجدول الدوري:  $^{56}_{56}\text{Ba}$  ،  $^{55}_{55}\text{Cs}$  ،  $^{54}_{54}\text{Xe}$  ،  $^{53}_{53}\text{I}$

### تصحيح التمرين 14:

(1) معادلة تفكك نواة السيزيوم:  $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\gamma$

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $137 = A + 0 + 0 \Rightarrow A = 137$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنية:  $55 = Z - 1 \Rightarrow Z = 56$

ومنه:  $^A_Z\text{X} = ^{137}_{56}\text{Ba}$  إذن تصبح المعادلة كالتالي:  $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\gamma$

إشعاع  $\beta^-$ : هو عبارة عن إلكترون ينتج من تحول نوترون إلى بروتون داخل النواة.

إشعاع  $\gamma$ : هو موجة كهرومغناطيسية ينتج من النواة البنت إن كانت مثارة.

(2) حساب  $N_0$

$$N_0 = \frac{m_0}{M} \times N_A = \frac{5,02 \times 10^{-2}}{137} \times 6,02 \times 10^{23} = 2,2 \times 10^{20} \text{ noyau}$$

(3) حساب  $\lambda$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30,15 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 7,28 \times 10^{-10} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

(4) العبارة الحرفية:  $A = \lambda \cdot N$

• حساب النشاط  $A_0$ :  $A_0 = \lambda \cdot N_0 = 7,28 \times 10^{-10} \times 2,2 \times 10^{20} = 16,016 \times 10^{10} \text{ Bq}$

(5) استنتاج تاريخ الصنع:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{-30,15}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{14,97 \times 10^{10}}{16,016}\right) = 3 \text{ ans}$$

ومنه تاريخ صنع العينة هو: 01/04/2009

### التمرين 15:

مع اكتشاف النشاط الإشعاعي الاصطناعي، أصبح من الممكن الحصول على أنوية مشعة اصطناعيا، ومن بينها نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$ . نحصل على الصوديوم 24 بقذف النظير  $^{23}_{11}\text{Na}$  الطبيعي بنوترون.

(1) أ/ ما المقصود بما يلي:

- نواة مشعة.

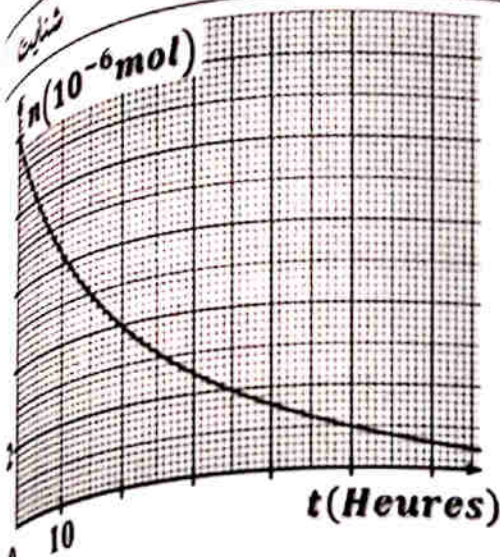
- النظائر.

ب/ اكتب المعادلة النووية للحصول على النواة  $^{24}_{11}\text{Na}$ .

(2) إن نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  المشعة تصدر جسيمات  $\beta^-$ .

- اكتب معادلة تفكك نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$ ، محددا النواة البنت من الأنوية التالية:  $^{10}_{10}\text{Ne}$  ،  $^{12}_{12}\text{Mg}$  ،  $^{13}_{13}\text{Al}$  ،  $^{14}_{14}\text{Si}$

## الوحدة 2: التحولات النووية



(3) يحقن مريض حجما:  $V_1 = 10 \text{ mL}$  من محلول يحتوي على الصوديوم 24 في اللحظة:  $t = 0 \text{ h}$ . (الشكل) يمثل تغيرات كمية مادة الصوديوم 24 بدلالة الزمن.

اعتمادا على البيان حدد:

أ/ كمية مادة الصوديوم 24 التي تم حقنها للمريض.

ب/ عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ ، ثم حدد قيمته.

(4) إن دم المريض لا يحتوي على الصوديوم 24 قبل اللحظة:  $t = 0 \text{ h}$ .

أ/ أثبت أن كمية مادة الصوديوم 24 في لحظة زمنية  $t$ ، نكتب

$$n(t) = n_0 e^{-\lambda t}$$

ب/ بين أن كمية مادة الصوديوم 24 المتبقية في دم المريض في

اللحظة:  $t_1 = 6 \text{ h}$  هي:  $n_1 = 7.6 \times 10^{-6} \text{ mol}$

(5) في اللحظة:  $t_1 = 6 \text{ h}$ ، نأخذ عينة من دم المريض حجمها:  $V_2 = 10 \text{ mL}$ ، فنجد أنها تحتوي على كمية مادة

الصوديوم 24:  $n_2 = 1.5 \times 10^{-8} \text{ mol}$

- جذ حجم دم المريض، علما أن الصوديوم 24 موزع فيه بانتظام.

### تصحيح التمرين 15:

(1) أ/ نواة مشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتصدر جسيمات  $(\alpha, \beta^-, \beta^+)$  وغالبا  $(\gamma)$ .

النظائر: هي أنوية لنفس العنصر الكيميائي تتفق في العدد الذري  $Z$  وتختلف في العدد الكتلي  $A$ .

ب/ كتابة المعادلة:  ${}^{23}_{11}\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{24}_{11}\text{Na}$

$${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}\text{e} \quad (2)$$

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $24 = A + 0$   $\Leftrightarrow A = 24$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $11 = Z - 1$   $\Leftrightarrow Z = 12$

منه:  ${}^A_Z\text{X} = {}^{24}_{12}\text{Mg}$  أي:  ${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}\text{e}$

(3) أ/ من البيان نجد:  $n_0 = 10^{-5} \text{ mol}$

ب/ زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك أو بقاء نصف عدد الأنوية الابتدائية.

قيمته: بإسقاط  $5 \times 10^{-6}$  (نصف الكمية الابتدائية) على المنحنى ثم على محور الفواصل

نجد:  $t_{1/2} = 15 \text{ h}$

(4) أ/ نعلم أن:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow n(t) \times N_A = n_0 \cdot N_A \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow n(t) = n_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

ب/ حساب  $n_1(6 \text{ h})$ :

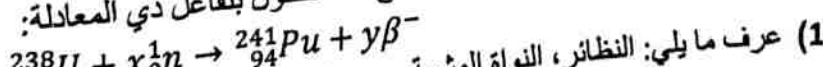
$$n_1(6 \text{ h}) = n_0 \cdot e^{-\lambda \times 6 \text{ h}} = 10^{-5} \times e^{-\frac{\ln 2 \times 6}{15}} \simeq 7.6 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$V = \frac{n_1 \times V_2}{n_2} = 5066 \text{ mL} \simeq 5 \text{ L}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_2 \rightarrow V_2 = 10 \text{ mL} \\ n_1 \rightarrow V \end{array} \right. \text{ ومنه: } (5)$$

### التمرين 16:

البوتونيوم  $\text{Pu}$  عنصر مشع، نادر الوجود في الطبيعة، يتم اصطناع أحد نظائره  ${}^{241}_{94}\text{Pu}$  في المفاعلات النووية بقذف نواة يورانيوم  ${}^{238}_{92}\text{U}$  بـ نوترونات. يُمزج هذا التحول بتفاعل ذي المعادلة:



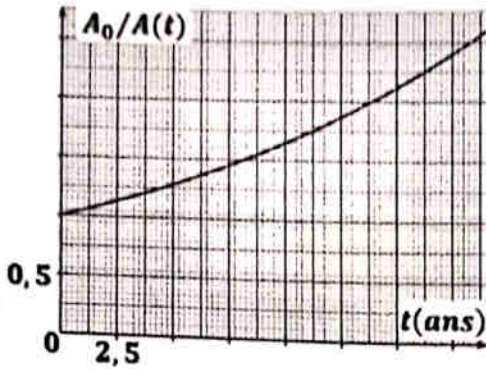
(1) عرف ما يلي: النظائر، النواة المشعة، جسيمات  $\beta^-$ .

(2) جد قيمة كل من  $x$  و  $y$  بتطبيق قانون الانحفاظ.



(3) تتفكك نواة البلوتونيوم  $^{241}_{94}\text{Pu}$  تلقائيا معطية نواة أميريكيوم  $^{241}_{95}\text{Am}$  وجسيمات  $\beta^-$ .  
اكتب معادلة التفكك المنمذج لهذا التحول النووي، وعين قيمة كل من  $Z$  و  $A$ .

(4) قياس نشاط عينة من هذا النظير  $^{241}_{94}\text{Pu}$ ، مكننا من رسم بيان تغيرات النسبة  $\frac{A_0}{A(t)}$  بدلالة الزمن  $t$  بدلالة  $\frac{A_0}{A(t)} = f(t)$ .  
حيث:  $A(t)$  يمثل نشاط العينة في اللحظة  $t$ ،  $A_0$  يمثل نشاط العينة في اللحظة  $t = 0$ .



اكتب عبارة النسبة  $\frac{A_0}{A(t)}$  بدلالة  $\lambda$  و  $t$  حيث:  $\lambda$  ثابت التفكك.

ب/ حدد من البيان قيمة  $t_{1/2}$  نصف عمر  $^{241}_{94}\text{Pu}$  واستنتج عندئذ قيمة  $\lambda$ .

ج/ مثل كيفيا من البيان:  $\frac{A(t)}{A_0} = g(t)$ .

### تصحيح التمرين 16:

(1) تعريفات:

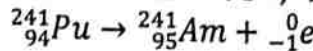
- النظائر: هي أنوية من نفس العنصر لها نفس عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات.
- النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتعطي نواة أكثر استقرارا...
- جسيمات  $\beta^-$ : هي عبارة عن إلكترونات ناتجة من تحول نيوترونات إلى بروتونات.

(2) إيجاد قيمتي كل من  $x$  و  $y$ :

بتطبيق قانون الانحفاظ  $x = 3$  ،  $y = 2$ .

(3) معادلة التفكك:  $^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{241}_{95}\text{Am} + ^0_{-1}\text{e}$

بتطبيق قانوني الانحفاظ نجد:  $Z = 95$  ،  $A = 241$



(4) العلاقة: حسب قانون التناقص الإشعاعي:  $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$  ومنه:  $\frac{A_0}{A(t)} = e^{+\lambda t}$

ب/ لدينا:  $\frac{A_0}{A(t_{1/2})} = 2$  ومنه:  $A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$

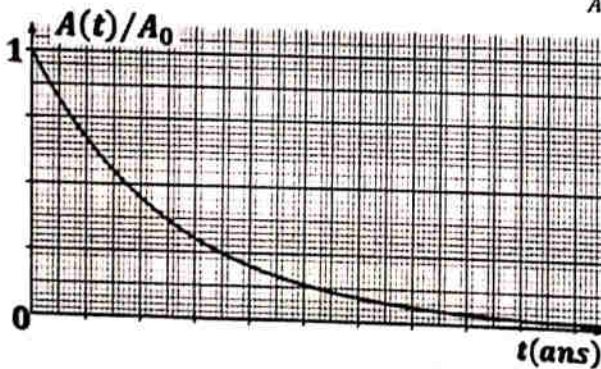
بالإسقاط نجد:  $t_{1/2} = 5,5 \times 2,5$

$t_{1/2} = 13,75 \text{ ans}$

استنتج قيمة ثابت التفكك:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 0,05 \text{ ans}^{-1}$$

ج/ تمثيل البيان:  $\frac{A(t)}{A_0} = f(t)$



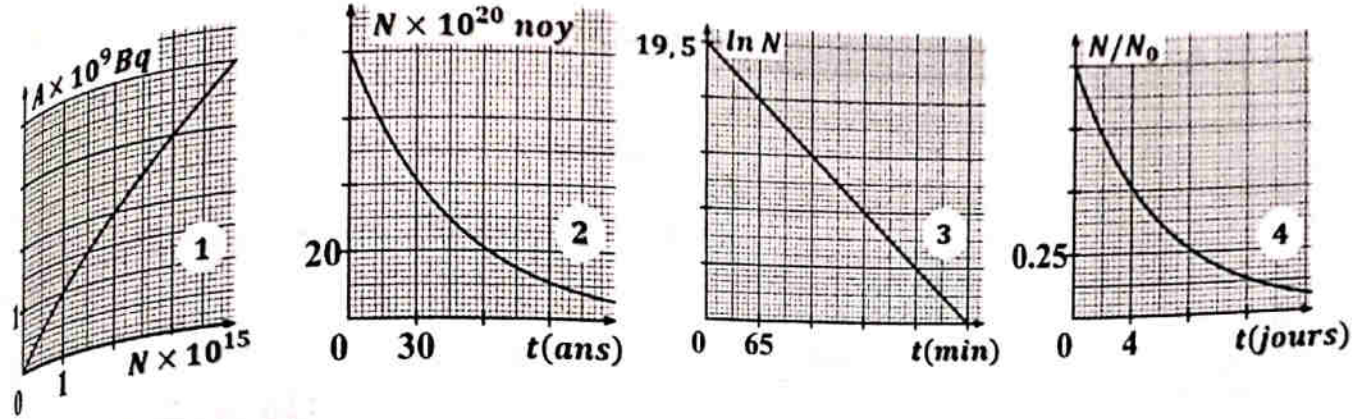
### التمرين 17:

(1) قانون التناقص الإشعاعي هو:  $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$ ، عبارة عن المعادلة التفاضلية حلها من الشكل:  
 $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

(2) ما المقصود بـ:  $N_0$  ،  $N(t)$  ،  $\lambda$ .  
الفسفور 32 عنصر مشع له زمن نصف العمر  $t_{1/2} = 14,2 \text{ jours}$ ، يحتوي على  $N_0$  نواة في اللحظة  $t = 0$ .  
أ/ ما هو الوقت اللازم لكي يتفكك ربع الكمية الابتدائية.  
ب/ ما هو الوقت اللازم لكي يتبقى ربع الكمية الابتدائية.

## الوحدة 2: التحولات النووية

ج/ إذا كانت كتلة عينة الفسفور 32 في اللحظة  $t = 0$  هي:  $m = 1g$  احسب نشاطها في اللحظة  $t = 2t_{1/2}$  شئنا  
 عدد أفوغادرو  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 3) أ/ احسب ثابت الزمن في كل شكل من الأشكال.  
 ب/ احسب عدد الأنوية في اللحظة  $t = 0$  في الشكل 3- فقط.



### تصحيح التمرين 17:

1) المقصود بـ:  $N_0$ : عدد الأنوية الابتدائية المشعة.  
 $N(t)$ : عدد الأنوية المتبقية.  
 $\lambda$ : ثابت الإشعاع.

2) أ/ الوقت اللازم لتفكك ربع الكمية الابتدائية أي لبقاء  $\frac{3}{4}$  من الكمية الابتدائية:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{3}{4} N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{3}{4} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{3}{4} = -\lambda t$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \frac{3}{4}}{-\lambda} = \frac{\ln \frac{3}{4}}{-\ln 2} = \frac{\ln \frac{3}{4}}{-\ln 2} \times t_{1/2} \approx 5,9 \text{ jours}$$

ب/ الوقت اللازم لبقاء ربع الكمية الابتدائية:

$$\frac{1}{4} N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{4} = e^{-\lambda t} \Rightarrow -\ln 4 = -\lambda t$$

$$t = \frac{\ln 4}{\lambda} = \frac{\ln 4}{\ln 2} \times t_{1/2} = 2 \times t_{1/2} = 28,4 \text{ jours}$$

ج/ حساب النشاط الإشعاعي  $A$  في اللحظة  $2(t_{1/2})$ :  
 - لنحسب أولا  $A_0$ :

$$A_0 = \lambda \times N_0 = \lambda \times \left( \frac{m_0}{M} \times N_A \right) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \left( \frac{m_0}{M} \times N_A \right)$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{14,2 \times (24 \times 3600)} \left( \frac{1}{32} \times 6,02 \times 10^{23} \right) = 1,06 \times 10^{16} \text{ Bq}$$

معناه :  
 - لنحسب الآن  $A$  عند  $t = 2t_{1/2}$ :

$$A = A_0 \times e^{-\lambda t} \Rightarrow A = A_0 \times e^{-\lambda \cdot 2t_{1/2}} = A_0 \cdot e^{-2 \times \ln 2} = A_0 \times 2^{-2} = \frac{A_0}{4}$$

$$\Rightarrow A = 2,65 \times 10^{15} \text{ Bq}$$



(3) حساب ثابت التوازن في كل شكل:

الشكل (1): لدينا بيانيا: (1)  $A = \alpha \cdot N \dots$  ونظريا نعلم أن: (2)  $A = \lambda \cdot N \dots$

من (1) و (2) نجد أن:  $\alpha = \lambda$

- حساب الميل  $\alpha$ :  $\alpha = \frac{(2-0) \times 10^9}{(2-0) \times 10^{15}} = 10^{-6}$  ومنه:  $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6 (s)$

الشكل (2): بإنشاء المماس عند  $N_0$  فإن هذا المماس يقطع محور الفواصل في 45 (ans)

ومنه  $\tau = 45 \text{ans}$

الشكل (3): لدينا نظريا:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln(N) = \ln(N_0) - \lambda t$  ولدينا بيانيا:  $\ln(N) = \alpha \cdot t + b$  بالمطابقة نجد  $\alpha = -\lambda$

حساب ميل البيان:  $\alpha = \frac{0-19,5}{325-0} = -0,06$  منه:  $\lambda = 0,06 \text{ min}^{-1}$

$$\Rightarrow \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,06} = 16,66 \text{ min}$$

الشكل (4): لما:  $t = \tau$  فإن:  $N = 0,37 \times N_0$  منه  $\frac{N}{N_0} = 0,37$

ومنه بإسقاط هذه القيمة على المنحنى ومنه على محور الفواصل نجد:  $\tau = 6 \text{ jours}$

ب/ حساب عدد الأنوية عند اللحظة  $t = 0$  في الشكل 3:

لدينا سابقا:  $\ln(N) = -\lambda t + \ln(N_0)$

عند  $t = 0$ :  $\ln(N) = \ln(N_0)$

وبياننا عند  $t = t_0$ :  $\ln(N) = b = 19,5$  ومنه  $\ln(N_0) = 19,5$

$$N_0 = e^{19,5} = 2,94 \times 10^8 \text{ noyaux}$$

### التمرين 18:

توجد عدة طرق لتشخيص مرض السرطان، منها التصوير الطبي التي تعتمد على تتبع جزيئات سكر الغلوكوز التي تستبدل فيها مجموعة  $(OH^-)$  بذرة الفلور 18 المشع. يتمركز سكر الغلوكوز في الخلايا السرطانية التي تستهلك كمية كبيرة منه. تتميز نواة  $^{18}_9F$  بزمان نصف عمر  $(t_{1/2} = 110 \text{ min})$ ، لذا تحضر الجرعة في وقت مناسب قبل حقن المريض بها، حيث يكون نشاط العينة لحظة الحقن  $2.6 \times 10^8 Bq$ .

تتفكك نواة الفلور 18 إلى نواة الأكسجين  $^{18}_8O$ .

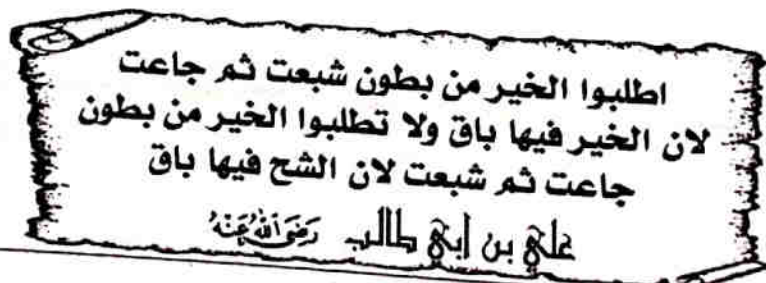
(1) اكتب معادلة التفكك وحدد طبيعة الإشعاع الصادر.

(2) بين أن ثابت التفكك  $\lambda$  يعطى بالعلاقة  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ . ثم احسب قيمته.

(3) حضر تقنيو التصوير الطبي جرعة (عينة)  $D$  تحتوي على  $^{18}_9F$  في الساعة "الثامنة" صباحا لحقن المريض على الساعة "التاسعة" صباحا.

أ/ احسب عدد أنوية الفلور  $^{18}_9F$  لحظة تحضير العينة.

ب/ ما هو الزمن المستغرق حتى يصبح نشاط العينة مساويا 1% من النشاط الذي كان عليه في الساعة التاسعة.



### تصحيح التمرين 18:

- (1) معادلة التفكك:  ${}^{18}_9F \rightarrow {}^{18}_8O + {}^4_2X$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $18 = 18 + A \Rightarrow A = 0$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $9 = 8 + Z \Rightarrow Z = 1$   
 ومنه:  ${}^4_2X = {}^0_{+1}e$  أي:  ${}^{18}_9F \rightarrow {}^{18}_8O + {}^0_{+1}e$  ومنه طبيعة الإشعاع الصادر:  $\beta^+$ .

(2) تبين أن:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

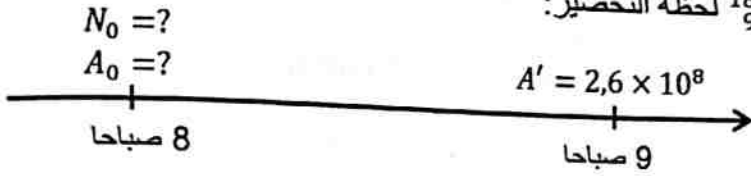
لما  $t = t_{1/2}$ :

لدينا:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t \Rightarrow \ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

حساب قيمته:  $\lambda = \frac{\ln 2}{110 \times 60} = 1,05 \times 10^{-4} s^{-1}$

(3) / حساب عدد أنوية  ${}^{18}_9F$  لحظة التحضير:



$A' = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow A_0 = \frac{A'}{e^{-\lambda t}} = \frac{2,6 \times 10^8}{e^{-1,05 \times 10^{-4} \times 3600}} \approx 3,8 \times 10^8 Bq$

نعلم أن:  $A_0 = \lambda N_0$  منه:  $N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{3,8 \times 10^8}{1,05 \times 10^{-4}} = 3,6 \times 10^{12} \text{ noyaux}$   
 ب/ الزمن المستغرق ليصبح نشاط العينة 1%:

$A(t) = A' \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A'}{100} = A' \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{1}{100} = -\lambda t \Rightarrow -\ln \frac{1}{100} = \lambda t$   
 $\Rightarrow \ln 100 = \lambda t \Rightarrow t = \frac{\ln 100}{\lambda} = \frac{\ln 100}{1,05 \times 10^{-4}} = 4,38 \times 10^4 s = 12h 10 min$

### التمرين 19:

إن نواة الراديوم  ${}^{226}_{88}Ra$  مشعة وتصدر جسيما  $\alpha$ .

(1) ماذا تمثل الأرقام 226 و 88 بالنسبة للنواة  ${}^{226}_{88}Ra$ ؟

(2) اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك النواة  ${}^{226}_{88}Ra$ ، مستنتجا النواة الابن  ${}^A_ZX$  من بين الأنوية التالية:

${}^{83}_{83}Bi$  ،  ${}^{82}_{82}Pb$  ،  ${}^{86}_{86}Rn$  ،  ${}^{89}_{89}Ac$

(3) علما أن ثابت تفكك الراديوم المشع  $\lambda = 1,36 \times 10^{-11} s^{-1}$ ، استنتج زمن نصف حياة الراديوم  ${}^{226}_{88}Ra$ .

(4) نعتبر عينة كتلتها  $m_0 = 1 mg$  من أنوية الراديوم  ${}^{226}_{88}Ra$  عند اللحظة  $t_0 = 0$  ولتكن  $m$  كتلة العينة عند اللحظة  $t$ :

أ/ عرف زمن نصف الحياة  $t_{1/2}$ . أوجد العلاقة بين عدد الأنوية  $N$  وكتلة العينة في اللحظة  $t$  ثم أكمل الجدول التالي:

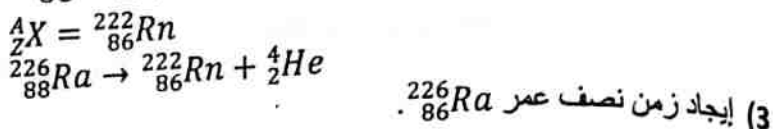
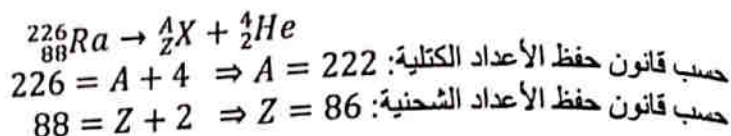
| $t$     | $t_0$ | $t_{1/2}$ | $2t_{1/2}$ | $3t_{1/2}$ | $4t_{1/2}$ | $5t_{1/2}$ |
|---------|-------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| $m(mg)$ |       |           |            |            |            |            |

ب/ ما هي كتلة العينة المتفككة عند اللحظة  $t = 5\tau$  (حيث  $\tau$  ثابت الزمن)؟ ماذا تستنتج؟  
 ج/ ارسم البيان:  $m = f(t)$ .



### تصحيح التمرين 19:

- (1) يمثل 226 عدد النويات (العدد الكتلي).  
يمثل 88 عدد البروتونات (العدد الشحني).  
(2) معادلة التفاعل المنمذج لتفكك  $^{226}_{88}\text{Ra}$ :

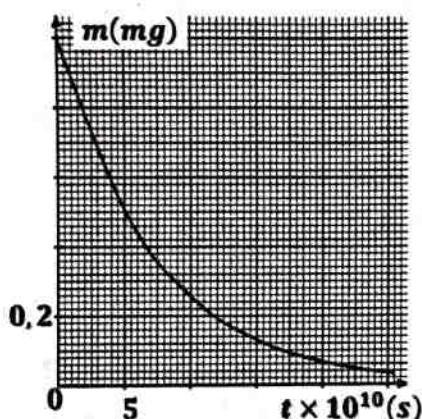


نعلم أن:  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{1,36 \times 10^{-11}} = 5,09 \times 10^{10} \text{ s}$   
(4) تعريف  $t_{1/2}$  هو الزمن اللازم لتفكك أو بقاء نصف عدد الأنوية الابتدائية.  
العلاقة:  $N = \frac{m}{M} \times N_A$  ومنه:

$$m = \frac{M}{N_A} \times N_0 \times e^{-\lambda t} \Rightarrow m(t) = \frac{M}{N_A} \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

| $t$     | $t_0$ | $t_{1/2}$       | $2t_{1/2}$      | $3t_{1/2}$      | $4t_{1/2}$       | $5t_{1/2}$       |
|---------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| $m(mg)$ | $m_0$ | $\frac{m_0}{2}$ | $\frac{m_0}{4}$ | $\frac{m_0}{8}$ | $\frac{m_0}{16}$ | $\frac{m_0}{32}$ |

ملأ الجدول: مثلاً عند  $t_{1/2}$ :



$$m(t) = \frac{M}{N_A} \times N_0 \times e^{-\lambda t}$$

$$m(t_{1/2}) = m_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} = m_0 \cdot e^{-\ln 2}$$

$$\Rightarrow m(t_{1/2}) = m_0 \cdot 2^{-1} = \frac{m_0}{2}$$

$$m(2t_{1/2}) = m_0 \cdot e^{-2\lambda t_{1/2}} = m_0 \cdot e^{-2 \ln 2}$$

$$\Rightarrow m(2t_{1/2}) = m_0 \cdot 2^{-2} = \frac{m_0}{4}$$

ب/ كتلة العينة المتفككة:

$$m(5\tau) = m_0 \cdot e^{-5 \cdot \lambda \cdot \frac{1}{\lambda}} = m_0 \cdot e^{-5} = m_0 \cdot e^{-5} = 0,0067 \text{ mg} \approx 0 \text{ (مهمل)}$$

$$m' = m_0 - m(5\tau) \approx m_0 \quad \text{عند } t = 5\tau \text{ فإن } m \approx 0 \text{ إذن الكتلة المتفككة } m'$$

### التمرين 20:

جهاز مخبر بمنبع إشعاعي يحتوي على السيزيوم 137 المشع الذي يتميز بزمن نصف العمر  $t_{1/2} = 30,2 \text{ ans}$  يبلغ

النشاط الإشعاعي الابتدائي لهذا المنبع  $A_0 = 3,0 \times 10^5 \text{ Bq}$

(1) تتفكك أنوية السيزيوم  $^{137}_{55}\text{Cs}$  مصدراً جسيمات  $\beta^-$ .

ا/ اكتب معادلة التفاعل النووي المنمذج لتفكك السيزيوم 137.

ب/ احسب قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك لنواة السيزيوم.

ج/ احسب  $m_0$  كتلة السيزيوم 137 الموجودة في المنبع لحظة استلامه.

## الوحدة 2: التحولات النووية

- (2) أ/ اكتب عبارة قانون النشاط الإشعاعي  $A(t)$  للمنبع.  
 ب/ كم تصبح قيمة نشاط المنبع بعد سنة؟  
 ج/ ما قيمة التغير النسبي للنشاط الإشعاعي خلال سنة واحدة؟  
 (3) يصبح المنبع غير صالح للاستعمال عندما يصبح لنشاطه الإشعاعي قيمة حدية تساوي عشر قيمته الابتدائية  
 أي  $A(t) = \frac{A_0}{10}$ ، كم يدوم استغلال المنبع؟

المعطيات:

|          |           |           |           |           |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $^{53}I$ | $^{54}Xe$ | $^{55}Cs$ | $^{56}Ba$ | $^{57}La$ |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|

$M(^{137}Cs) = 136.9 \text{ g/mol}$   
 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

### تصحيح التمرين 20:

- (1) أ/ معادلة التفاعل:  
 $^{137}_{55}Cs \rightarrow ^A_ZX + ^0_{-1}e$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $137 = A + 0 \Rightarrow A = 137$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $55 = Z - 1 \Rightarrow Z = 56$   
 ومنه:  $^A_ZX = ^{137}_{56}Ba$  أي:  $^{137}_{55}Cs \rightarrow ^{137}_{56}Ba + ^0_{-1}e$   
 ب/ حساب  $\lambda$ :  
 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30,2} = 0,023 \text{ ans}^{-1}$   
 نعلم أن:  $\lambda = 0,023$

تحويل:  $\lambda = \frac{0,023}{365,25 \times 24 \times 3600} = 7,28 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$

ج/ حساب  $m_0$ :

نعلم أن:  $A_0 = N_0 \cdot \lambda$  و  $N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A$   
 $A_0 = N_0 \times \lambda = \lambda \times \frac{m_0}{M} \times N_A \Rightarrow m_0 = \frac{A_0 \times M}{\lambda \times N_A} = 9,3 \times 10^{-8} \text{ g}$

(2) أ/  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

ب/  $A(t = 1 \text{ ans}) = 3 \times 10^5 e^{-(0,023) \times 1}$   
 ملاحظة: نأخذ  $\lambda$  بـ  $(\text{ans}^{-1})$  لأننا أخذنا  $t$  بـ  $\text{ans}$  أو نأخذ  $\lambda$  بـ  $(\text{s}^{-1})$  مع تحويل  $1 \text{ ans}$  إلى  $(\text{s})$   
 ومنه:  $A(t) = 2,93 \times 10^5 \text{ Bq}$

ج/ قيمة التغير النسبي أي  $\frac{\Delta A}{A_0}$  حيث  $\Delta A$  هو تغير النشاط الإشعاعي حيث  $\Delta A = A_0 - A$   
 $\Rightarrow \frac{\Delta A}{A_0} = \frac{A_0 - A}{A_0} = \frac{3 \times 10^5 - 2,93 \times 10^5}{3 \times 10^5} = 0,023 = 2,3\%$

(3) حساب مدة استغلال المنبع:

$\frac{A_0}{10} = A_0 \times e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{10} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{10}\right) = \ln e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{-\ln\left(\frac{1}{10}\right)}{\lambda}$

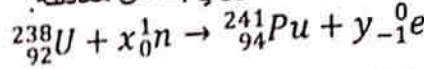
$\Rightarrow t = \frac{\ln 10}{\lambda} = \frac{\ln 10}{0,023} = 100 \text{ ans}$

الثقافة هي ما يبقى بعد أن تنسى  
 كل ما تعلمته في المدرسة  
 البرت اينشتاين



### التمرين 21:

لا يوجد البلوتونيوم  $^{241}_{94}\text{Pu}$  في الطبيعة، وللحصول على عينة من أنويته يتم قذف نواة  $^{238}_{92}\text{U}$  في مفاعل نووي بعدد  $x$  من النيوترونات. حيث يمكن نمذجة هذا التحول النووي بتفاعل معادلته:



(1) أ/ بتطبيق قانوني الانحفاظ عين قيمتي  $x$  و  $y$ .

ب/ تصدر نواة البلوتونيوم  $^{241}_{94}\text{Pu}$  أثناء تفككها جسيمات  $\beta^-$  ونواة الأمريسيوم  $^{241}_{95}\text{Am}$ . اكتب معادلة التفكك.

ج/ احسب قيمة طاقة الربط لكل نيوكليون (نوية) مقدرة بـ  $\text{MeV}$  لنواتي  $^{241}_{94}\text{Pu}$  و  $^{241}_{95}\text{Am}$ ، ثم استنتج أيهما أكثر استقرارا.

(2) تحتوي عينة من البلوتونيوم  $^{241}_{94}\text{Pu}$  المشع في اللحظة  $t = 0$  على  $N_0$  نواة. بدراسة نشاط هذه العينة في أزمنة مختلفة تم الحصول على النسبة  $\frac{A(t)}{A_0}$  حيث  $A(t)$  نشاط العينة في اللحظة  $t$  و  $A_0$  نشاطها في اللحظة  $t = 0$  فحصلنا على النتائج التالية:

| $t(\text{ans})$ | 0    | 3    | 6    | 9    | 12   |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| $A(t)/A_0$      | 1,00 | 0,85 | 0,73 | 0,62 | 0,53 |

أ/ ارسم، على ورقة ميليمترية، البيان:  $\ln(A(t)/A_0) = f(t)$ .

ب/ اكتب عبارة المقدار  $\ln(A(t)/A_0)$  بدلالة  $\lambda$  و  $t$ .

ج/ عين بيانيا قيمة ثابت التفكك  $\lambda$  واستنتج  $t_{1/2}$  قيمة زمن نصف عمر البلوتونيوم  $^{241}_{94}\text{Pu}$ .

المعطيات:

$$m(^{241}_{94}\text{Pu}) = 241,00514\text{ u} \quad m(^{241}_{95}\text{Am}) = 241,00457\text{ u} \quad m(n) = 1,00866\text{ u}$$

$$1\text{u} = \frac{931,5}{c^2}\text{Mev} \quad m(p) = 1,00728\text{ u}$$

### تصحيح التمرين 21:

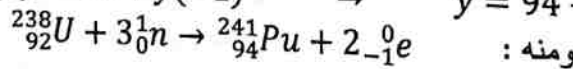
(1) أ/ إيجاد  $x$  و  $y$ :

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:

$$238 + x(1) = 241 + y(0) \Rightarrow x = 241 - 238 = 3$$

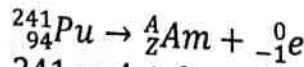
حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:

$$92 + x(0) = 94 + y(-1) \Rightarrow y = 94 - 92 = 2$$



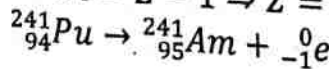
ومنه:

ب/ كتابة معادلة التفكك:



حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $241 = A + 0 \Rightarrow A = 241$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $94 = Z - 1 \Rightarrow Z = 95$



ج/ حساب طاقة ربط  $^{241}_{94}\text{Pu}$ :

$$E_l(\text{Pu}) = [(Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m(\text{Pu}))] \times c^2 \times \frac{931,5}{c^2}$$

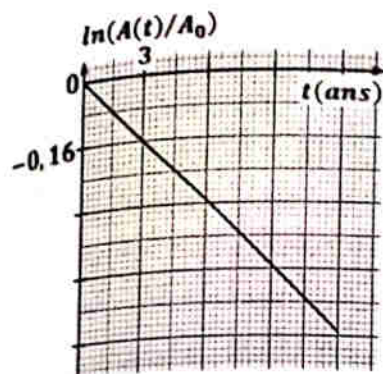
$$E_l(\text{Pu}) = [94 \times 1,00728 + 147 \times 1,00866 - 241,00551] \times 931,5 = 1818,4743\text{ MeV}$$

$$E_l(\text{Am}) = [95 \times 1,00728 + 146 \times 1,00866 - 241,00551] \times 931,5 = 1817,7197\text{ MeV}$$

طاقة الربط لكل نوكلون:

$$\frac{El(Pu)}{A} = \frac{El(Pu)}{241} = 7,5456 \text{ MeV/nuc}$$

$$\frac{El(Am)}{A} = \frac{El(Am)}{241} = 7,5424 \text{ MeV/nuc}$$

ومنه نواة  $^{241}Pu$  أكثر استقرارا من  $^{241}Am$ (2) أ/ رسم المنحنى:  $f(t) = \ln(A(t)/A_0)$ 

| $t(ans)$        | 0    | 3     | 6     | 9     | 12    |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|
| $A(t)/A_0$      | 1.00 | 0.85  | 0.73  | 0.62  | 0.53  |
| $\ln(A(t)/A_0)$ | 0    | -0,16 | -0,31 | -0,47 | -0,63 |

ب/ كتابة العبارة: (نظريا)

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\lambda t$$

ج/ البيان عبارة خط مستقيم يمر من المبدأ معادلته:  $\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = a \cdot t$  مع  $a < 0$ 

$$\lambda = 0,05 \text{ ans}^{-1} \quad a = \frac{-0,16-0}{3-0} = -0,05$$

لنحسب الميل بيانيا:

استنتاج  $t_{1/2}$ :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0,05} = 13,8 \text{ ans}$$

**التمرين 22:**يستخدم اليود  $^{131}_{53}I$  أساسا في معالجة سرطان الغدة الدرقية.(1) أعط تركيب نواة اليود  $^{131}_{53}I$ .(2) احسب  $E_l$  طاقة الربط لنواة اليود  $^{131}_{53}I$ .(3) إن اليود 131 يصدر  $\beta^-$ .

اكتب معادلة التفكك الحاصلة لنواة اليود 131، علما أن نواة

البنت الناتجة  $^A_ZX$  تكون واحدة من الأنوية التالية: $^{127}_{51}Sb$ ،  $^{131}_{52}Te$ ،  $^{132}_{53}I$ ،  $^{131}_{54}Xe$ (4) عينة من اليود 131 كتلتها  $m_0 = 0,696 \text{ g}$ 

أ/ اكتب قانون التناقص الإشعاعي.

ب/ يمثل (الشكل) منحنى تطور  $\ln N$  بدلالة الزمن  $t$ . استنتج منه قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك و  $t_{1/2}$  نصف العمر لليود 131.

ج/ ما كتلة اليود 131 المتفككة بعد 16 jours ؟

المعطيات:

$$m(^{131}_{53}I) = 130,97851 u$$

$$m(n) = 1,00866 u$$

$$m(^1_1H) = 1,00728 u$$

$$1 u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$





### تصحيح التمرين 22:

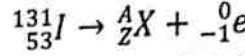
$$N = 131 - 53 = 78, \quad Z = 53$$

(1) تركيب نواة اليود  $^{131}_{53}I$ :

(2) حساب طاقة الربط  $E_l$ :

$$E_l = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m(^{131}_{53}I)] \times C^2 \times \frac{931,5}{C^2}$$

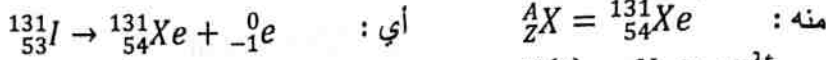
$$E_l = (53 \times m_p + 78 \times m_n - m(^{131}_{53}I)) \times 931,5 \simeq 1008,6 \text{ MeV}$$



(3) المعادلة:

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $131 = A \Leftrightarrow 131 = A + 0$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $54 = Z \Leftrightarrow 53 = Z - 1$



$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t} \dots (1) \quad \text{منه:}$$

ب/ المنحنى من الشكل:  $\ln N = at + b$

$$\ln N(t) = -\lambda t + \ln N_0 \quad \text{منه} \quad \ln N(t) = \ln N_0 + \ln e^{-\lambda t} \quad (1):$$

$$\Rightarrow \lambda = -a = \frac{15 - 10}{80 - 140} = 8,3 \times 10^{-2} \text{ Jours}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \simeq 8 \text{ Jours}$$

ج/ كتلة اليود بعد 16 يوما:

$$m = m_0(1 - e^{-\lambda t}) = 0,696(1 - e^{-8,3 \times 10^{-2} \times 16}) = 0,511 \text{ g}$$

### التمرين 23:

ننمّص جميع النباتات الكربون  $C$  الموجود في الجو ( $^{12}C, ^{14}C$ ) خلال عملية التنفس، حيث النسبة

$$\frac{N(^{14}C)}{N(^{12}C)} = 1,2 \times 10^{-12}$$

في النباتات ثابتة خلال حياتها.

عند موت النبات تتناقص هذه النسبة نتيجة تفكك الكربون ( $^{14}C$ ).

(1) تتفكك نواة الكربون  $^{14}C$  مصدرة جسيمات  $\beta^-$  ونواة ابن ( $^A_ZX$ ).

اكتب معادلة تفكك الكربون  $^{14}C$ ، وحدد نواة الابن من بين الأنوية التالية:  $^8O, ^7N, ^9F, ^6C, ^5B$ .

(2) احسب:

أ/ طاقة الربط  $E_l$  لنواة الكربون  $^{14}C$ ،

ب/ طاقة الربط لكل نوية لنواة الكربون  $^{14}C$ .

(3) لتحديد عمر قطعة خشب قديم، قيس النشاط الإشعاعي لعينة منها كتلتها  $m = 300 \text{ mg}$  عند لحظة  $t$

فوجد  $0,023$  تفككا في الثانية.

أخذت عينة لها نفس الكتلة السابقة من شجرة حية فوجد أن كتلة الكربون  $^{14}C$  فيها هي  $150 \text{ mg}$ .

أ/ احسب عدد أنوية الكربون  $^{12}C$  واستنتج عدد أنوية الكربون  $^{14}C$  في العينة التي أخذت من الشجرة الحية.

ب/ احسب النشاط الإشعاعي الابتدائي  $A_0$ ، ثم حدد عمر قطعة الخشب.

$$t_{1/2}(^{14}C) = 5730 \text{ ans}$$

$$m(n) = 1.00866u$$

$$m(^{14}C) = 13.99995u$$

$$1 \text{ ans} = 31536 \times 10^3 \text{ s}$$

$$m(p) = 1.00728u$$

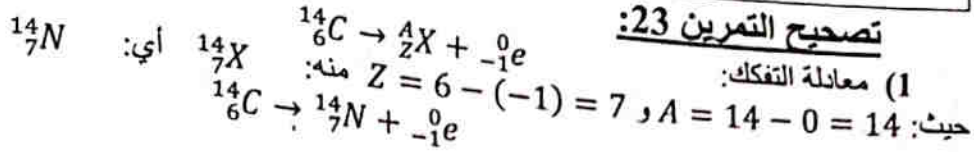
$$M(^{14}C) = 14 \text{ g/mol}$$

المعطيات:

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1u = 931.5 \text{ MeV}/C^2$$

## تصحيح التمرين 23:



(2) طاقة الربط:

$$E_l(^{14}_6C) = (6m_p + 8m_n - m(^{14}_6C)) \cdot c^2$$

$$E_l(^{14}_6C) = (6 \times 1,00728 + 8 \times 1,00866 - 13,99995) \times 931,5 = 105,268815 \text{ MeV}$$

ب/ طاقة الربط لكل نوية لنواة الكربون 14:

$$\frac{E_l(^{14}_6C)}{14} = \frac{105,27}{14} = 7,52 \text{ MeV/nuc}$$

(3) أ/ عدد أنوية الكربون 12 والكربون 14:

$$N(^{12}_6C) = \frac{0,15 \times 6,02 \times 10^{23}}{12} = 7,525 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$

$$N(^{14}_6C) = 7,525 \times 10^{21} \times 1,2 \times 10^{-12} = 9,03 \times 10^9 \text{ noyaux}$$

ب/ النشاط الابتدائي  $A_0$ :

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln(2) \times N_0}{t_{1/2}} = \frac{9,03 \times 10^9 \times \ln 2}{5730 \times 31536 \times 10^3} = 0,0346 \text{ Bq}$$

- عمر الخشبة:

$$t = \frac{t_{1/2} \times \ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} = \frac{5730 \times \ln \frac{0,0346}{0,023}}{\ln 2} = 3375,76 \text{ ans}$$

## التمرين 24:

لنظير البوتاسيوم  $^{40}_{19}K$  نشاط إشعاعي حيث يتفكك إلى كالسيوم  $^{40}_{20}Ca$ 

(1) أ/ ماهي خصائص ظاهرة النشاط الإشعاعي؟

ب/ اكتب معادلة تفكك البوتاسيوم 40 مع تحديد نمط الإشعاع.

(2) المنحنيان الممثلان في الشكل يعبران عن تغير عدد أنوية كل من البوتاسيوم 40 والكالسيوم 40 بدلالة الزمن لعينة تحتوي في البداية على البوتاسيوم 40 فقط.

أ/ أي المنحنيين يمثل تغيرات عدد أنوية الكالسيوم 40؟ علل

ب/ ماذا تمثل فاصلة نقطة تقاطع المنحنيين؟ علل، حدد قيمته

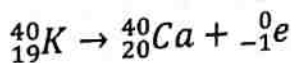
ج/ احسب قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة المشعة.

(3) أ/ عين بيانيا اللحظة  $t_1$  التي يكون فيها عدد أنوية البوتاسيوم 40 مساويا لربع عدد أنوية الكالسيوم 40.ب/ تأكد من قيمة  $t_1$  حسابيا.يعطى:  $1 \text{ an} = 365,25 \text{ jours}$ 

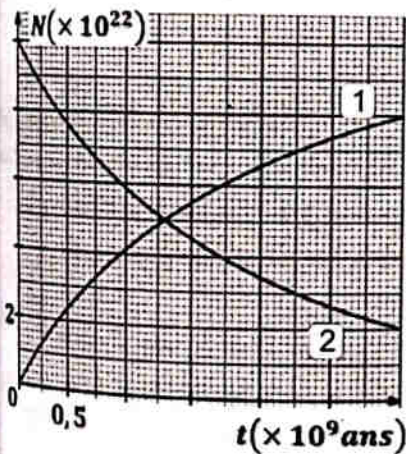
## تصحيح التمرين 24:

(1) أ/ خصائص ظاهرة النشاط الإشعاعي: عشوائي، تلقائي وحتمي.

ب/ معادلة التفكك

نمط الإشعاع:  $\beta^-$ 

(2) أ/ المنحني (1) يمثل تغير عدد أنوية الكالسيوم بدلالة الزمن.

التعليل: لأن النواة  $^{40}_{20}Ca$  نواة ابن وبالتالي البيان ينطلق من الصفر أي أن  $N_0(^{40}_{20}Ca) = 0$ 



ب/ المقدار الفيزيائي الذي تمثله فاصلة نقطة تقاطع المنحنيين هو  $t = t_{1/2}$  التعليل:

$$N_0(^{40}_{19}K) = N_t(^{40}_{19}K) + N_t(^{40}_{20}Ca)$$

$$N_0(^{40}_{19}K) = 2N_t(^{40}_{19}K)$$

$$\Rightarrow N_t(^{40}_{19}K) = \frac{N_0(^{40}_{19}K)}{2}$$

إذا:  $t = t_{1/2}$

- تحديد قيمته:

$$t_{1/2} = 1,3 \times 10^9 \text{ ans}$$

$$A_0 = \lambda N_0(^{40}_{19}K) \quad \text{ج/}$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N_0(^{40}_{19}K) = 1,69 \times 10^6 \text{ Bq}$$

$$(3) \quad t_1 = 3 \times 10^9 \text{ ans} \quad \text{أ/ بيانيا:}$$

$$N(^{40}_{19}K) = \frac{1}{4} N(^{40}_{20}Ca) \quad \text{ب/ حسابيا:}$$

$$N_0(^{40}_{19}K)e^{-\lambda t} = \frac{1}{4} N_0(^{40}_{19}K)(1 - e^{-\lambda t_1})$$

$$t_1 = \frac{\ln 5}{\ln 2} t_{1/2} = 3 \times 10^9 \text{ ans}$$

### التمرين 25:

(1) يستعمل الكوبالت المشع في الطب النووي لمعالجة أورام مرض السرطان، يفسر النشاط الإشعاعي لنواة الكوبالت  $^{60}_{27}Co$  بتحول نوترون  $^1_0n$  إلى بروتون  $^1_1p$ .

أ/ حدد نوع النشاط الإشعاعي لنواة الكوبالت مغللا إجابتك.

ب/ اكتب معادلة هذا النشاط الإشعاعي، وتعرف على النواة المتولدة من بين النواتين التاليتين:  $^{28}_{12}Ni$ ،  $^{26}_{26}Fe$ .

(2) أعط عبارة قانون التناقص الإشعاعي ثم بين أنه يمكن كتابته على الشكل التالي:  $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$  بحيث:

$m(t)$  كتلة الكوبالت المتبقية عند اللحظة  $(t)$  و  $m_0$  كتلة الكوبالت عند اللحظة  $t = 0$ .

(3) عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ ، وبين أنه في اللحظة  $t = nt_{1/2}$  تحقق كتلة الكوبالت المتبقية العلاقة التالية:

$$m(t) = \frac{m_0}{2^n}$$

(4) يمثل المنحنى البياني الممثل في الشكل، كتلة الكوبالت

المتبقية بدلالة الزمن  $m = f(t)$ .

أ/ حدد بيانيا  $t_{1/2}$ ، واستنتج كتلة الكوبالت المتبقية عند

اللحظة  $t = 10,5 \text{ ans}$

ب/ بين أنه عند اللحظة  $t = \tau$ :

$$m(\tau) = \frac{m_0}{e}$$

ج/ بين أن المماس عند اللحظة  $t = 0$  يقطع محور الأزمنة

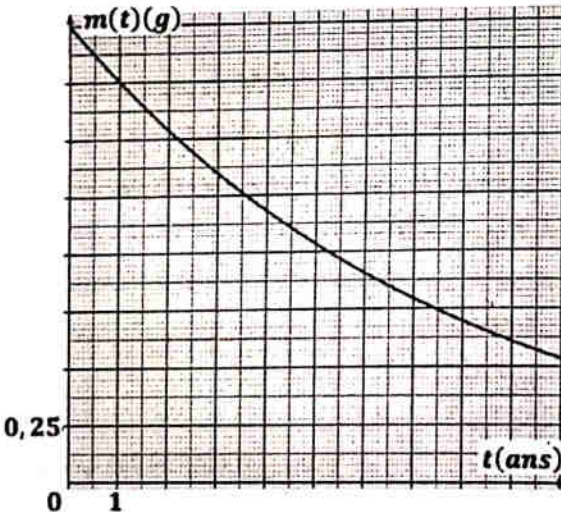
في اللحظة  $t = \tau$ .

د/ أوجد عبارة النشاط الإشعاعي  $A_0$  للكوبالت عند اللحظة

$t = 0$  بدلالة  $\tau$ ،  $m_0$ ،  $N_A$  و  $M(Co)$ . ثم احسب

قيمة النشاط الإشعاعي في اللحظة  $t = \tau$ .

$$\text{يعطى: } N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}, M(Co) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



تصحيح التمرين 25:

(1) أ/ إيجاد نوع النشاط:  
 $1 = 1 + A \Rightarrow A = 0$   
 $0 = 1 + Z \Rightarrow Z = -1$   
 $\beta^-$  ومنه نوع النشاط الإشعاعي هو:  $\beta^-$   
 $A = 60$   
 $27 = Z - 1 \Rightarrow Z = 28$  ومنه:  ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$   
 ب/ معادلة النشاط:  
 ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$   
 ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$   
 أي:  ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$   
 منه:  ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$   
 ب/ معادلة النشاط:  
 ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$

(2) عبارة التناقص الإشعاعي:  
 $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 - تبين العلاقة:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 نعلم أن:  $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$   
 ومنه:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 أي:  $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

(3) تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لتفكك أو بقاء نصف عدد الأنوية الابتدائية.  
 تبين العلاقة: لدينا:  $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot n \cdot t_{1/2}}$   
 $m(t) = m_0 \cdot e^{-n \times \ln 2}$   
 $m(t) = m_0 \times 2^{-n}$   
 $m(t) = \frac{m_0}{2^n}$

(4) أ/ تحديد  $t_{1/2}$ : بإسقاط  $\frac{m_0}{2}$  أي 1 على المنحنى البياني ثم على محور الأزمنة نجد:  $t_{1/2} = 5,25 \text{ ans}$   
 - استنتاج كتلة الكوبالت عند  $t = 10,5 \text{ ans}$ : نلاحظ أن:  $t = 2t_{1/2}$  لأن:  $10,5 = 2(5,25)$   
 ومنه: بتطبيق العلاقة المستنتجة سابقا فإن:  $m(t) = \frac{m_0}{2^2} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ g}$

ب/ إيجاد العلاقة: لدينا:  $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 $m(\tau) = m_0 \cdot e^{-\lambda \tau} = m_0 \cdot e^{-\frac{1}{\tau} \tau} = m_0 \cdot e^{-1}$   
 معناه:  $m(\tau) = \frac{m_0}{e}$

أي:  $m(\tau) = \frac{m_0}{e}$  وهو المطلوب.

ج/ نبين أن المماس يقطع محور الأزمنة في  $t = \tau$

معادلة المماس:  $m(t) = at + b$  حيث  $a = \left(\frac{dm}{dt}\right)_{t=0}$  و  $b = m_0$

معناه:  $a = \left(\frac{d(m_0 \cdot e^{-\lambda t})}{dt}\right)_{t=0} = (-m_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t})_{t=0} = -\lambda \cdot m_0$

ومن معادلة المماس هي:  $m(t) = -\lambda \cdot m_0 \cdot t + m_0$

عند تقاطع المماس مع محور الأزمنة فإن:

$0 = -\lambda \cdot m_0 \cdot t + m_0 \Rightarrow \lambda \cdot m_0 \cdot t = m_0$

$\lambda \cdot t = 1 \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} = \tau$

د/ عبارة النشاط الإشعاعي:  $A_0$

$A_0 = \lambda \cdot N_0 = \lambda \cdot \frac{m_0}{M} \cdot N_A = \frac{m_0 \cdot N_A}{\tau \cdot M}$

حساب النشاط الإشعاعي عند  $t = \tau$ :

$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow A(\tau) = A_0 \cdot e^{-\frac{1}{\tau} \tau} = A_0 \cdot e^{-1} = \frac{m_0 \cdot N_A}{\tau \cdot M} \cdot e^{-1}$

لنحسب  $\tau$ :  $\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{5,25 \times 365,25 \times 24 \times 3600}{\ln 2} = 2,39 \times 10^8 \text{ s}$

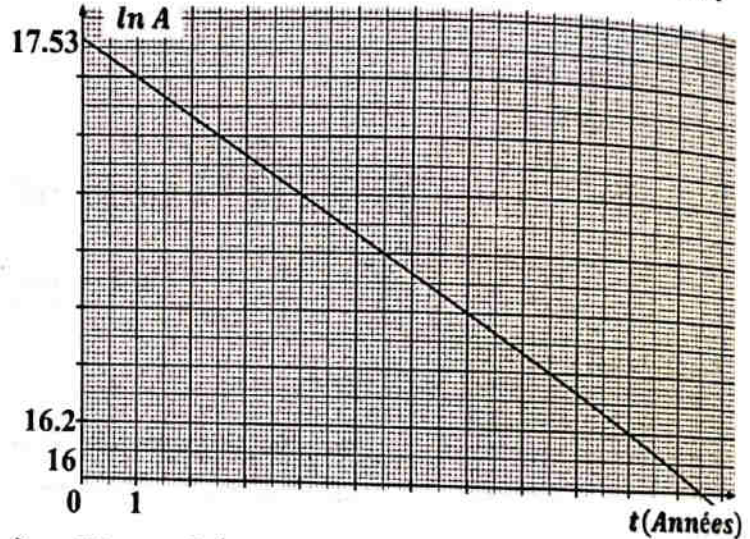
ومنه:  $A(\tau) = \frac{2 \times 6,02 \times 10^{23}}{2,39 \times 10^8 \times 60} \times e^{-1} \Rightarrow A(\tau) = 3,1 \times 10^{13} \text{ Bq}$



## التمرين 26:

- (1) إن نواة الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$  هي نواة مشعة حيث ينتج عن تفككها نواة النيكل  $^{60}_{28}\text{Ni}$  والجسيمة  $^0_{-1}\text{e}$ .  
 أ/ عرف النواة المشعة. ثم اذكر مكونات نواة الكوبالت 60.  
 ب/ هل يمكن اعتبار نواة النيكل من نظائر الكوبالت؟ علّل.  
 ج/ حدد طبيعة الجسيمة  $^0_{-1}\text{e}$  ثم استنتج نمط التفكك الحادث.  
 (2) لغرض المتابعة الزمنية لتغيرات النشاط الإشعاعي  $A(t)$  لعينة مشعة من الكوبالت 60 كتلتها  $m_0$  نستخدم عدادا يمكننا من متابعة عدد التفككات الحادثة للعينة المعتبرة خلال وحدة الزمن ثم نعالج النتائج المحصل عليها بواسطة برنامج محاكاة مناسب فنحصل على البيان الموضح بالشكل.  
 أ/ ما هو اسم العداد المستخدم؟  
 ب/ اكتب عبارة النشاط الإشعاعي  $A(t)$  بدلالة  $t, \lambda, A_0$ .  
 ج/ اكتب العبارة الحرفية للكتلة  $m_0$  بدلالة  $A_0, N_A, M(\text{Co})$ .  
 د/ استنتج العلاقة النظرية  $\ln A = f(t)$  بدلالة  $\lambda, N_A, M(\text{Co}), m_0$ .  
 هـ/ باستغلال البيان الموضح بالشكل استنتج العلاقة التجريبية  $\ln A = f(t)$  ثم استنتج ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  وقيمة  $m_0$ .  
 و/ جد زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  للكوبالت 60.

أقبل جحا على قرية فرد عليه  
 أحد أفرادها قائلا: لم أعرفك يا  
 جحا إلا بحمارك فقال جحا:  
 الحمير تعرف بعضها



يعطى:  $M(\text{Co}) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$  ،  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

## تصحيح التمرين 26:

- (1) أ/ النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتصبح أكثر استقرارا وتصدر إشعاعات.  
 مكونات  $\text{Co}$ : - عدد النوترونات:  $N = A - Z = 33$  نوترون  
 - عدد البروتونات:  $P = Z = 27$  بروتون  
 ب/ لا، لا يمكن اعتبارها نظير لها، لأن ليس لديهما نفس العدد الذري.  
 ج/  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^0_{-1}\text{e}$   
 - حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $60 = 60 + A \Rightarrow A = 0$   
 - حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $27 = 28 + Z \Rightarrow Z = -1$   
 ومنه:  $^0_{-1}\text{e}$   
 أي طبيعة الجسيمة  $^0_{-1}\text{e}$  في إلكترون سالب ومنه نمط التفكك  $\beta^-$ .  
 (2) أ/ اسم العداد هو: جيجر.  
 ب/ عبارة النشاط  $A(t)$ :  

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

ج/ إيجاد العبارة الحرفية:  $A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \lambda \cdot \frac{m_0}{M} \cdot N_A \Rightarrow m_0 = \frac{M \cdot A_0}{\lambda \cdot N_A}$

د/ إيجاد العلاقة النظرية:  $A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \lambda \cdot \frac{m_0}{M} \cdot N_A \Rightarrow m_0 = \frac{M \cdot A_0}{\lambda \cdot N_A}$

هـ/ إيجاد العلاقة النظرية:  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln A = \ln A_0 + \ln e^{-\lambda t}$

$\ln A = -\lambda t + \ln \left( \frac{\lambda \cdot m_0 \cdot N_A}{M} \right) \dots (1)$

إيجاد العلاقة التجريبية:  $\ln A = \alpha t + b$

$\alpha = -\lambda$

$b = \ln \left( \frac{\lambda \cdot m_0 \cdot N_A}{M} \right)$  ومنه بالمطابقة مع (1) نجد:

حساب  $a$ :  $a = \frac{16,6 - 17,53}{7 - 0} = -0,13 \Rightarrow \lambda = 0,13 \text{ ans}^{-1} = 4,12 \times 10^{-9} \text{ s}$

قيمة  $m_0$ :

$\frac{\lambda \cdot m_0 \cdot N_A}{M} = e^{17,53}$

$m_0 = \frac{M \cdot e^{17,53}}{\lambda \cdot N_A} = \frac{60 \times e^{17,53}}{4,12 \times 10^{-9} \times 6,023 \times 10^{23}} = 9,92 \times 10^{-7} \text{ g}$

و/ إيجاد  $t_{1/2}$ :

$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0,13} = 5,33 \text{ ans}$

### التمرين 27:

يستعمل الكوبالت المشع  $^{60}_{27}\text{Co}$  في معالجة أمراض السرطان، يرافق تفكك نواة الكوبالت تحول نيوترون  $^1_0\text{n}$  إلى بروتون  $^1_1\text{p}$  وتشكل نواة ابن هي احدى النواتين التاليتين:  $^{28}_{28}\text{Ni}$  ،  $^{26}_{26}\text{Fe}$

(1) حدد نمط الإشعاع الحاصل.

(2) اكتب معادلة التحول الحاصل

(3) اكتب قانون التناقص الإشعاعي.

يمثل البيان 1- تغيرات  $\ln \frac{A_0}{A(t)} = f(t)$

(4) اكتب العبارة البيانية.

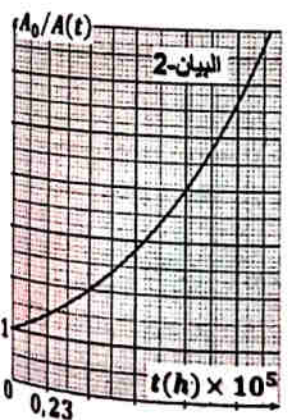
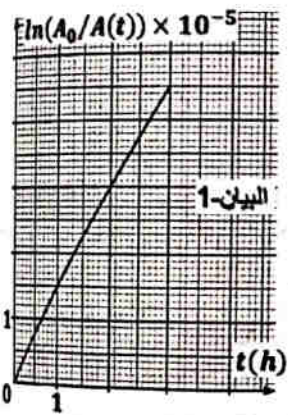
(5) أوجد ثابت التفكك الإشعاعي  $\lambda$  لنواة الكوبالت ثم احسب ثابت الزمن  $\tau$ .

(6) يمثل البيان 2- تغيرات  $\frac{A_0}{A(t)} = f(t)$

ا/ عين قيمة  $\frac{A_0}{A(t)}$  عند  $t = t_{1/2}$

ب/ اوجد دور النشاط الإشعاعي  $T = t_{1/2}$

(7) إذا كانت قيمة  $A_0 = 10^4 \text{ Bq}$  احسب قيمة  $A(t)$  بعد مرور ساعة.





## تصحيح التمرين 27:

- (1) تحديد نمط الإشعاع:  ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^4_2X$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $A = 0 \Leftrightarrow 1 = 1 + A$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $Z = -1 \Leftrightarrow 0 = 1 + Z$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  ${}^4_2X = {}^0_{-1}e$  أي النمط هو:  $\beta^-$   
 رمته:  ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^A_ZX + {}^0_{-1}e$   
 كتابة معادلة التحول:  $A = 60 \Leftrightarrow 60 = 0 + A$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $Z = 28 \Leftrightarrow 27 = Z - 1$   
 حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^0_{-1}e$

(3) قانون التناقص الإشعاعي:  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 العبارة البيانية للبيان -1-:  $\ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \lambda t \dots (1)$

(5) إيجاد ثابت التفكك:  $\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$   
 نعلم أن:  $\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \lambda t \dots (2)$

بالمطابقة بين (1) و (2) فإن:  $a = \lambda$

لنحسب ميل المنحنى:

$$a = \lambda = \frac{3 \times 10^{-5} - 0}{2 - 0} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

حساب  $\tau$ :  $\tau = \frac{1}{\lambda} = 0,66 \times 10^5 \text{ h}$

(6) / تعيين قيمة  $\frac{A_0}{A(t)}$  عند  $t = t_{1/2}$

لما  $t = t_{1/2}$  فإن:  $A = \frac{A_0}{2}$  لأن:

$$A(t_{1/2}) = A_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{A_0}{A(t_{1/2})} = e^{\lambda t_{1/2}} = e^{\ln 2} = 2$$

ب/ إيجاد  $t_{1/2}$ : بإسقاط القيمة السابقة على المنحنى ثم على محور الأزمنة نجد:  $t_{1/2} = 0,46 \times 10^5 \text{ h}$

(7) حساب قيمة  $A(t)$ :  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = 10^4 \times e^{-\frac{\ln 2}{0,64 \times 10^5} \times 1} = 10^4 \times e^{-\ln 2 \times 2,17 \times 10^{-5}} \simeq 10^4 \text{ Bq}$

إذا أردت الدنيا فعليك بالعلم، وإذا أردت الآخرة  
 فعليك بالعلم وإذا أردتهما معاً فعليك بالعلم،  
 والعلم لا يعطيك بعضه إلا إذا أعطيته كله،  
 فإذا أعطيته بعضك لم يعطيك شيئاً.  
 رحمه الله  
 الإمام الشافعي

## التمرين 28:

الوحدة 2: النصوص العربية

**التمرين 28:**

أثناء القيام بأعمال التهيئة لأحد المواقع اكتشف أن هذا الموقع غني بالمستحاثات مما أثار اهتمام أكبر اختصاصي علم الآثار، تم توقيف أعمال التهيئة للسماح للاختصاصيين للتنقيب في هذه المنطقة، بعد التنقيب تم اكتشاف مجتمعتين بشريتين يبعدان عن بعضهما البعض بحوالي المترين. أعطي للأولى اسم (قويدر) وللثانية اسم (قدور) وهما يعودان إلى نوعين عاشا في إفريقيا قبل حوالي (30000 عام - 60000 عام)

والسؤال الذي طرحه العلماء: هل هذان الشخصان عاشا في نفس الفترة؟



المعطيات الأولية تبين أن (قدور) و (قويدر) وجدا في نفس المكان والسؤال هل تواجدا في نفس الزمن؟ للإجابة عن هذا السؤال تستعمل طريقة التأريخ بالكربون 14.

(1) دراسة الكربون 14:

(1) دراسة الكربون 14:  
 في الطبيعة الكربون يوجد على شكل نواتين نظيرتين  $^{12}_6C$  ،  $^{14}_6C$  ،  
 في الغلاف الجوي العلوي تقذف نواة الأزوت  $^{14}_7N$  ببترون معطية الكربون 14 زائد جسيم آخر.  
 أ/ اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق لتشكل الكربون 14 في الغلاف الجوي مع تحديد طبيعة الجسيم الناتج.  
 ب/ اكتب معادلة تفكك الكربون 14 (يعطى إشعاع  $\beta^-$ )

ج/ يعطى نصف العمر للكريون 14 بـ ( $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$ ). عرف زمن نصف العمر.

د/ يعطى  $N_0$  عدد الأنوية المشعة في عينة عند لحظة مأخوذة كمبدأ الأزمنة، عبر عن عدد الأنوية الباقية دون تفكك  $N$  بدلالة  $N_0$  خلال الأزمنة التالية:  $t_1, 2t_1, 3t_1, 4t_1, 5t_1$ .

ارسم في معلم متعامد ومتجانس  $N$  بدلالة الأزمنة السابقة، يعطى سلم الرسم  $2Cm \rightarrow t_{1/2}$ .

$$10Cm \rightarrow N_0$$

- ارسم في نفس المعلم  $N'$  عدد الأنوية المتفككة بدلالة الأزمنة السابقة.

١٥ - استنتج العلاقة بين  $t_{1/2}$  وثابت الإشعاع  $\lambda$  ثم احسب قيمة  $\lambda$ .

(2) تطبيق على التاريخ:

- عندما يكون الكائن حياً فإن النسبة  $^{14}_6\text{C}/^{12}_6\text{C}$  تبقى ثابتة وعند موته تتناقص هذه النسبة.  
أ/ اكتب عبارة النشاط الإشعاعي بدلالة الأنوية المتبقية.

ب/ القياسات باستخدام الكربون 14 أعطت النتائج المبينة في الجدول التالي:

| النسبة | $N/N_0$               |
|--------|-----------------------|
| قويدر  | $1,64 \times 10^{-2}$ |
| قدور   | $1,87 \times 10^{-2}$ |

انطلاقاً من هذه النتائج احسب المدة المنقضية منذ وفاة قويدر

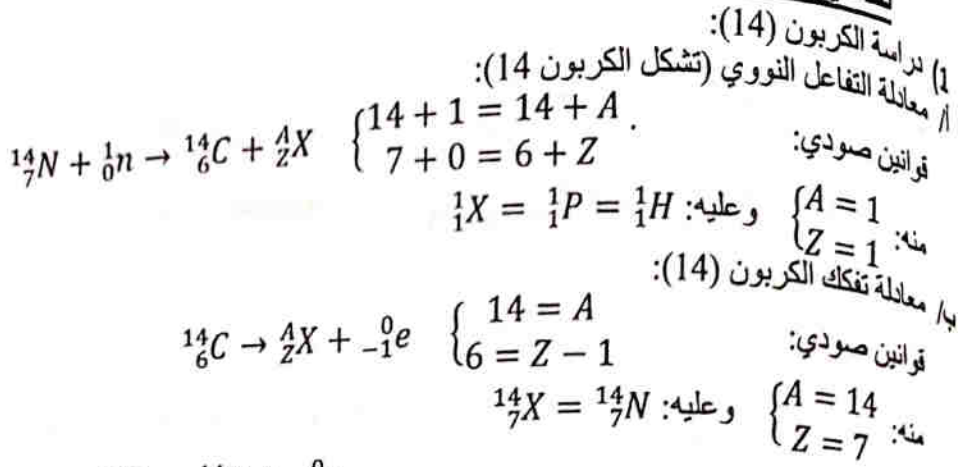
ج/ هل هذه النتائج تتوافق مع تقديرات الجريدة.

د/ أجب على السؤال: هل عاش قدور وقويدر في نفس الفترة؟

سأل المعلم تلميذه: ما الفرق بين  
الكرة الأرضية وكرة القدم؟  
فأجابه التلميذ: كرة القدم تلعب  
بها و الكرة الأرضية تلعب بنا



## تصحيح التمرين 28:

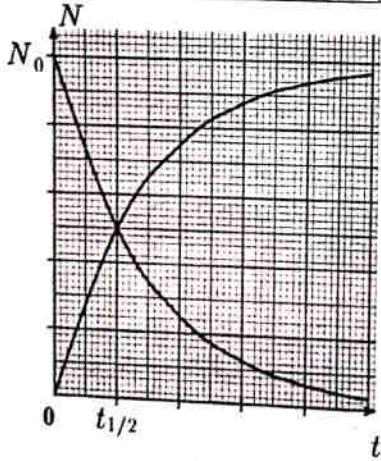


ج/ زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية في العينة (أي لبقاء النصف).  
 د/ الجدول:

لما  $t = t_{1/2}$  :  $N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$   
 لما  $t = 2t_{1/2}$  :  $N_{2t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 2t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot 2t_{1/2}} = \frac{N_0}{e^{2\ln 2}} = \frac{N_0}{e^{\ln 2^2}} = \frac{N_0}{4}$   
 لما  $t = 3t_{1/2}$  :  $N_{3t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 3t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot 3t_{1/2}} = \frac{N_0}{e^{\ln 2^3}} = \frac{N_0}{8}$

نواصل البقية بنفس الطريقة.

| t         | 0     | $t_{1/2}$ | $2t_{1/2}$ | $3t_{1/2}$ | $4t_{1/2}$ | $5t_{1/2}$ |
|-----------|-------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| N متبقية  | $N_0$ | $N_0/2$   | $N_0/4$    | $N_0/8$    | $N_0/16$   | $N_0/32$   |
| N' متفككة | 0     | $N_0/2$   | $3N_0/4$   | $7N_0/8$   | $15N_0/16$ | $31N_0/32$ |



المنحنيات البيانية:  
 ه/ العلاقة بين  $\lambda$  و  $t_{1/2}$

لما  $t = t_{1/2}$  :  $\begin{cases} N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \\ N_{t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \end{cases}$

أي:  $\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$

$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda \times t_{1/2}$

$\Rightarrow \ln 2 = \lambda \times t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

حساب  $\lambda$ :

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5570} = 1,24 \times 10^{-4} \text{ (ans}^{-1}\text{)}$

(2) تطبيق على التاريخ:

أ/ عبارة النشاط بدلالة الأنوية المتبقية:  $A = \lambda \times N$

ب/ حساب عمر قويدر:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln(e^{-\lambda t}) \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$t = \frac{-1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{-1}{1,24 \times 10^{-4}} \times \ln(1,64 \times 10^{-2}) \simeq 33149 \text{ ans}$$

ج/ نعم تتوافق مع تقديرات الجريدة.

د/ حساب عمر قدور:  $t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

$$t = \frac{-1}{1,24 \times 10^{-4}} \times \ln(1,87 \times 10^{-2}) \Rightarrow t = 32091 \text{ ans}$$

إذن لم يعيش في نفس الفترة.

### التمرين 29:

البولونيوم  $P_0$  هو معدن مشع نادر في الطبيعة رقمه الذري 84 اكتشف هذا العنصر سنة 1898 من طرف الكيميائي الفرنسي *Pierre Curie* وأعطاه اسم بولونيا، بلد منشأ زوجته *Marie*. البولونيوم 210 هو النظير الوحيد الذي نجده في الطبيعة، إن أغلب نظائر البولونيوم تتفكك حسب النمط  $\alpha$  الذي نقصد به  ${}^4_2\text{He}$ . إليك هذا الجزء من الجدول الدوري للعناصر:

| العنصر      | Th | Pb | Bi | Po | At |
|-------------|----|----|----|----|----|
| الرقم الذري | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 |

1) أ/ ما المقصود بنواة مشعة؟

ب/ ما هو التركيب نواة البولونيوم 210؟

ج/ اكتب معادلة تفكك البولونيوم 210؟

2) ليكن  $N$  عدد الأنوية في عينة من البولونيوم 210 في اللحظة  $t$  وعدد الأنوية في اللحظة  $t = 0$ ، باستعمال كشاف إشعاعي للتفككات  $\alpha$  حصلنا على خلال الزمن على النتائج المدونة في الجدول:

| $t(\text{jours})$ | 0 | 40   | 80   | 120  | 160  | 200  | 240  |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| $N/N_0$           | 1 | 0,82 | 0,67 | 0,55 | 0,45 | 0,37 | 0,30 |
| $\ln(N/N_0)$      |   |      |      |      |      |      |      |

أ/ أكمل السطر الثالث من الجدول.

ب/ ارسم المنحنى على ورق ميليمتري  $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = f(t)$

نأخذ السلم:  $\begin{cases} 1\text{cm} \rightarrow 20 \text{ jours} \\ 1\text{cm} \rightarrow 0,1 \end{cases}$

ج/ اكتب علاقة التناقص الإشعاعي  $N = g(t)$  ثم استنتج معادلة البيان معادلة البيان الذي رسمته.

د/ ماذا يمثل ميل هذا البيان؟ أوجد من البيان قيمة الثابت الإشعاعي  $\lambda$ ، ثم استنتج زمن نصف عمر البولونيوم 210

هـ/ بعد كم من الوقت تصبح كتلة البولونيوم 210 عشر قيمتها الابتدائية؟

و/ نعتبر عينة من البولونيوم 210 كتلتها  $m = 1\text{g}$  في اللحظة  $t = 0$ . احسب نشاط هذه العينة.

ز/ نبرهن أن في اللحظة  $t = nt_{1/2}$  (حيث  $n$  عدد طبيعي) يكون النشاط  $A = \frac{A_0}{2^n}$  باستعمال هذه العلاقة احسب

نشاط العينة السابقة في اللحظة  $t = 417 \text{ jours}$

يعطى:  $\ln 2 = 0,7$  ،  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$



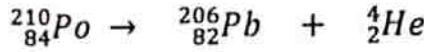
## تصحيح التمرين 29:

(1) أ/ النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتصبح أكثر استقرارا مصدرة إشعاعات.

$$\begin{cases} P = 84 \\ N = 126 \end{cases}$$

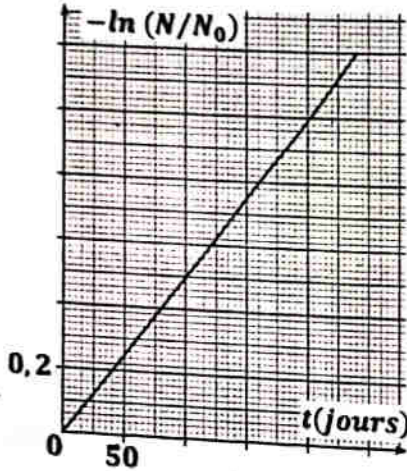
ب/ تركيب نواة البولونيوم 210:

ج/ معادلة تفكك  $^{210}_{84}\text{Po}$ :



(2) أ/ إكمال الجدول:

| t (jours)             | 0 | 40     | 80   | 120    | 160    | 200   | 240   |
|-----------------------|---|--------|------|--------|--------|-------|-------|
| ln(N/N <sub>0</sub> ) | 0 | -0,198 | -0,4 | -0,597 | -0,798 | -0,99 | -1,20 |



ب/ رسم المنحنى  $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = f(t)$

ج/ علاقة التناقص الإشعاعي واستنتاج معادلة البيان:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln(e^{-\lambda t})$$

$$\Rightarrow -\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \lambda t - \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = a \times t \quad \text{معادلة المماس}$$

إيجاد  $\lambda$ :

$$\lambda = a = \frac{0,2 - 0,4}{40 - 80} \Rightarrow \lambda = 5 \times 10^{-3} (\text{jours}^{-1})$$

د/ ميل المماس هو  $\lambda$  بالمطابقة:  $a = \lambda$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow t_{1/2} = 138,52 \text{ jours}$$

هـ/ الزمن اللازم لبقاء الزمن اللازم لبقاء  $\frac{1}{10} m_0$  أي لتفكك  $\frac{9}{10} m_0$ :

$$\frac{m}{M} N_A = \frac{m_0}{M} N_A e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{10} m_0 = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{1}{10}\right) = -\lambda t \Rightarrow \ln(10) = \lambda t \Rightarrow t = \frac{\ln(10)}{\lambda} = \frac{\ln 10}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow t = 461 \text{ jours}$$

و/ حساب النشاط لـ  $m_0 = 1g$  من البولونيوم 210:

$$A_0 = \lambda N_0 = \lambda \frac{m_0}{M} N_A = 5 \times 10^{-3} \times \frac{1}{210} \times 6,02 \times 10^{23} \Rightarrow A_0 = 1,4 \times 10^{19} (\text{يوم/تفكك})$$

ز/ نبرهن أنه في  $t = n t_{1/2}$  يكون  $A = \frac{A_0}{2^n}$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot n \cdot t_{1/2}} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot n \cdot t_{1/2}} = A_0 \cdot e^{-n \cdot \ln 2} = \frac{A_0}{e^{n \cdot \ln 2}} = \frac{A_0}{e^{\ln 2^n}} = \frac{A_0}{2^n}$$

حساب  $A(417 \text{ jours})$ :

$$417 = 3 t_{1/2}$$

منه:

$$\frac{417}{t_{1/2}} = 3$$

لدينا:

$$A((417 \text{ jours})) = \frac{A_0}{2^3} = \frac{1,4 \times 10^{19}}{2^3} \Rightarrow A(417 \text{ jours}) = 1,75 \times 10^{18} (\text{يوم/تفكك})$$

منه:

## التمرين 30:

تتفكك نواة البوتاسيوم المشعة  $^{40}_{19}K$  إلى نواة الأرجون  $^{40}_{18}Ar$ .

- (1) اكتب معادلة التفكك وبين نوعه.  
 (2) نعتبر عينة من البوتاسيوم المشع  $^{40}_{19}K$  كتلتها  $m_0$ ، نسمي  $N_K(t)$  و  $N_K(0)$  على الترتيب عدد أنوية الغير متفككة عند اللحظتين  $t = 0$  و  $t$ .

تمثل الوثيقة المنحني البياني لتغير عدد أنوية الأرجون  $^{40}_{18}Ar$  المتشكلة بدلالة الزمن.  
 أ/ أوجد العلاقة بين ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  و زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  للبوتاسيوم  $^{40}_{19}K$ .

ب/ تحقق من صحة العلاقة:

$$N_{Ar}(t) = N_K(0) \cdot (1 - e^{-\lambda t})$$

ج/ أوجد بيانيا كل من  $N_K(0)$  و  $t_{1/2}$ ، ثم استنتج قيمة الكتلة  $m_0$ .

د/ ارسم المنحني  $N_K = f(t)$

- (3) ندرس الآن عينة من بركان قديم عمرها يوافق المدة الزمنية الفاصلة بين لحظة انفجار البركان  $t = 0$  ولحظة تحليل العينة  $t$ . أعطى تحليل هذه العينة النتائج التالية:-

$$m_t(^{40}_{18}Ar) = 8,6 \times 10^{-2} \text{ mg}; m_t(^{40}_{19}K) = 2,98 \text{ mg}$$

أ/ احسب عدد أنوية البوتاسيوم لحظة انفجار البركان علما أن العينة لا تحوي أنوية الأرجون في تلك اللحظة.

ب/ استنتج عمر العينة.

ج/ هل يمكن استعمال الكربون  $^{14}_6C$  لتحديد عمر البركان؟ علل

$$M(^{40}_{19}K) = M(^{40}_{18}Ar) = 40 \text{ g/mol}, N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}, t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$$

## تصحيح التمرين 30:

$$^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{18}Ar + ^0_1X \quad (1) \text{ معادلة التفكك: } Z = 19 - 18 = 1 \text{ و } A = 40 - 40 = 0$$

قوانين صودي:  $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{18}Ar + ^0_1e$  نوع التفكك:  $\beta^+$

تصبح المعادلة كالتالي:  $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{18}Ar + ^0_1e$

$$N\left(\frac{t_1}{2}\right) = N_0 \cdot e^{-\lambda \frac{t_1}{2}} \text{ و } N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2} \text{ مع } N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (2) \text{ أ/ العلاقة بين } \lambda \text{ و } t$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda \frac{t_1}{2} \text{ منه } \frac{1}{2} = e^{-\lambda \frac{t_1}{2}} \text{ أي } \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \frac{t_1}{2}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{\frac{t_1}{2}} \Leftrightarrow \ln 2 = \lambda \cdot \frac{t_1}{2}$$

ب/ نتحقق من صحة  $N_{Ar}(t) = N_K(0) \cdot (1 - e^{-\lambda t})$

$$N_K \text{ متبقية} + N_K \text{ متفككة} = N_0$$

$$N_K \text{ متبقية} + N_{Ar} \text{ متشكلة} = N_0$$

$$N_{Ar} \text{ متشكلة} = N_0 - N_K \text{ متبقية} = N_0 - N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

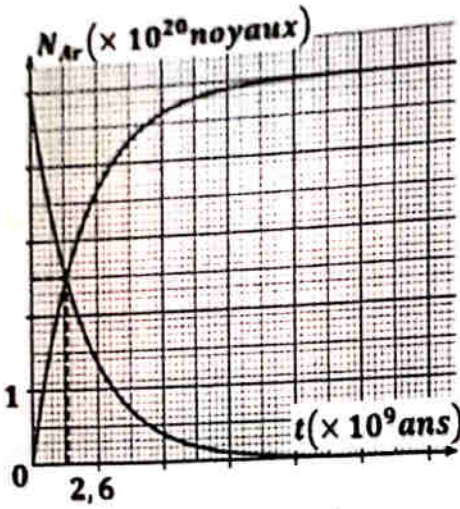
$$N_K(0) = N_{Arf} = 5 \times 10^{20} \text{ (noyaux)} \quad \text{ج/ بيانيا نجد:}$$

$$t_{1/2} = 1,3 \times 10^9 \text{ ans} \quad N_{Ar}(t_{1/2}) = \frac{N_{Arf}}{2} = 2,5 \times 10^{20} \text{ (noyaux)}$$



استنتاج  $m_0$ :

$$N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A \Rightarrow m_0 = \frac{N_0 \cdot M}{N_A} = \frac{5 \times 10^{20} \times 40}{6,02 \times 10^{23}} \Rightarrow m_0 \approx 0,03 \text{ (g)}$$



د/ رسم البيان:  $N_K = f(t)$   
أ/ عدد أنوية البوتاسيوم: (3)

$$N_K(0) = N_K(t)_{\text{متبقية}} + N_K(t)_{\text{متفككة}}$$

$$N_K(0) = N_K(t)_{\text{متبقية}} + N_{Ar}(t)_{\text{متفككة}}$$

$$N_K(0) = \frac{m_K(t)}{M_K} \cdot N_A + \frac{m_{Ar}(t)}{M_{Ar}} \cdot N_A$$

$$N_K(0) = \frac{2,98 \times 10^{-3}}{40} \times 6,02 \times 10^{23} + \frac{8,6 \times 10^{-2} \times 10^{-3}}{40} \times 6,02 \times 10^{23}$$

$$N_K(0) = 4,48 \times 10^{19} + 1,29 \times 10^{18} = 4,609 \times 10^{19} \text{ (nayaux)}$$

ب/ استنتاج عمر العينة:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow \ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right) = \lambda \cdot t$$

$$t = \ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right) \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \ln\left(\frac{4,609 \times 10^{19}}{4,48 \times 10^{19}}\right) \times \frac{1,3 \times 10^9}{\ln 2} = 5,36 \times 10^7 \text{ ans}$$

ومنه: ج/ استعمال الكربون 14 لتحديد عمر البركان: نعلم أن الإشعاع ينتهي نسبيا بعد 5τ أي:

$$t' = 5\tau = 5 \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = 5 \times \frac{5570}{\ln 2} = 40\,000 \text{ ans} \Rightarrow t > 5\tau(^{14}\text{C})$$

بالتالي: لا يمكن استعمال  $^{14}\text{C}$  لأن عمر العينة يتجاوز 40000 سنة.

### التمرين 31:

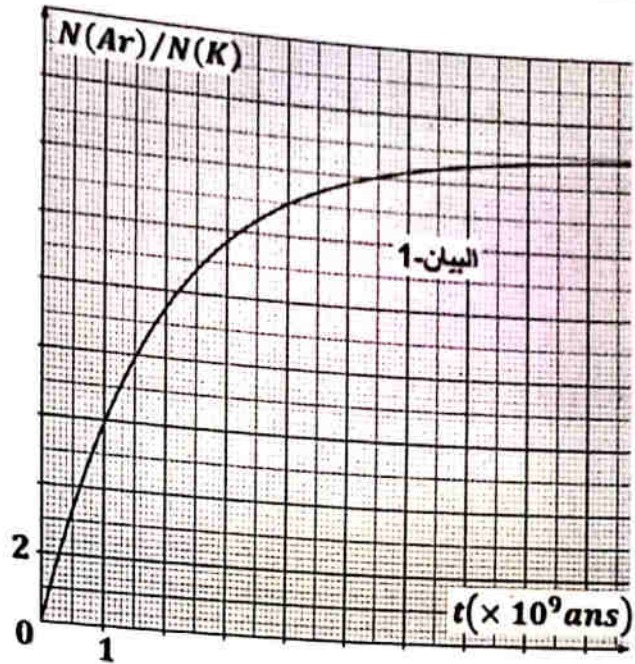
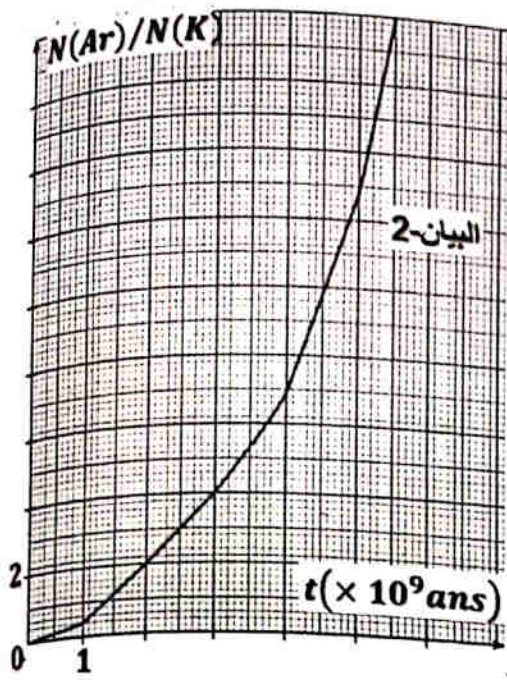
البوتاسيوم ( $^{40}\text{K}$ ) الموجود في الصخور يتفكك إلى غاز الأرجون ( $^{40}\text{Ar}$ ) المستقر حسب النمط  $\beta^+$ ، والذي يبقى محبوسا داخل الصخور

- اكتب معادلة التفكك علما أن النيوترونات في نواة الأرجون هو 22.
- باعتبار أن عدد أنوية الأرجون معدومة عند اللحظة الابتدائية، عبر عن النسبة  $\frac{N(\text{Ar})}{N(\text{K})}$  بدلالة كل من ثابت التفكك  $\lambda$ ، والزمن  $t$ ، حيث  $N(\text{Ar})$  عدد أنوية الأرجون،  $N(\text{K})$  عدد أنوية البوتاسيوم عند اللحظة  $t$ .
- يمثل أحد البيانات التالية تطور النسبة بين عدد أنوية الأرجون  $N(\text{Ar})$  وعدد أنوية البوتاسيوم  $N(\text{K})$  بدلالة الزمن  $t$ .

أ/ ما هو البيان المناسب؟ مع التعليل.

ب/ عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ .

ج/ بالاستعانة بالبيان، استنتج زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  للبوتاسيوم.



(4) عند تحليل عينة من صخرة كانت النسبة  $\frac{N(K)}{N(Ar)} = 0,1$ ، استنتج عمر الصخرة بطريقتين.

### تصحيح التمرين 31:

(1) كتابة معادلة التفكك:  ${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^0_{+1}e$   
 عدد نوترونات نواة الأرجون 22 منه:  $Z(Ar) = 40 - 22 = 18$   
 $Z(K) = 18 + 1 = 19 \Leftrightarrow Z(Ar) = 18$

(2) عند لحظة  $t$  تكون:  
 $N(Ar)$  عدد أنوية الأرجون المتشكلة تساوي  $N'(K)$  عدد أنوية البوتاسيوم المتفككة وليكن  $N(K)$  عدد أنوية البوتاسيوم المتبقية و  $N_0$  عدد الأنوية الابتدائية للكالسيوم،  
 إذن:  $N'(K) + N(K) = N_0$  حيث:  $N(K) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$N(Ar) + N(K) = N_0 \Rightarrow \frac{N(Ar)}{N(K)} = \frac{N_0}{N(K)} - 1$$

$$\frac{N(Ar)}{N(K)} = \frac{N_0}{N_0 \cdot e^{-\lambda t}} - 1 \Rightarrow \frac{N(Ar)}{N(K)} = e^{\lambda t} - 1$$

(3) / البيان المناسب هو: البيان 2 لأن عند  $t \rightarrow +\infty$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{N(Ar)}{N(K)} = \lim_{t \rightarrow +\infty} (e^{\lambda t} - 1) = +\infty$$

وهذا ما يوافق البيان 2.

ب/ زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الابتدائية.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad t_{1/2} \text{ نجد بالبيان 2}$$

$$\frac{N(Ar)}{N(K)} = e^{\lambda t_{1/2}} - 1 = e^{\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_{1/2}} - 1 = e^{\ln 2} - 1 = 1$$

وعند  $t = \frac{t_{1/2}}{2}$   
 بالإسقاط نجد:

$$\frac{N(Ar)}{N(K)} = 1 \Rightarrow \frac{t_{1/2}}{2} = 1,2 \times 10^9 \text{ ans}$$



(4) إيجاد عمر الصخرة  $t'$ :  
الطريقة 01:

$$\frac{N(K)}{N(Ar)} = 0,1 \Rightarrow \frac{N(Ar)}{N(K)} = 10$$

الطريقة 02:

$$e^{\lambda t'} - 1 = 10 \rightarrow \lambda t' = \ln 11 \Rightarrow \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t' = \ln 11 \Rightarrow t' = \frac{\ln 11}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

$$t' = 4,4 \times 10^9 \text{ ans}$$

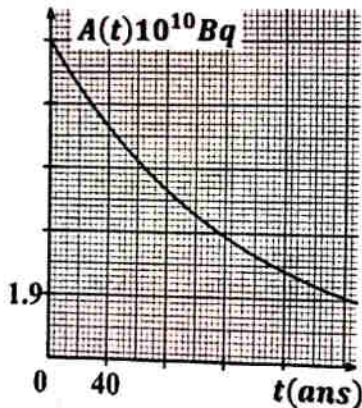
### التمرين 32:

المعطيات:

طاقة وحدة الكتلة الذرية:  $1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ ,  $1 \text{ ans} = 365 \text{ j}$ , عدد أفوغادرو:  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$

| الجسيم     | ${}_{91}\text{Pa}$ | ${}_{92}\text{U}$ | ${}_{93}\text{Np}$ | ${}_{94}\text{Pu}$ | ${}_{95}\text{Am}$ | ${}_{96}\text{Cm}$ | ${}^4_2\text{He}$ |
|------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| الكتلة (u) | 233,99338          | 233,99048         | 233,99189          | 237,99799          | 233,9957           | 233,9975           | 4,00151           |

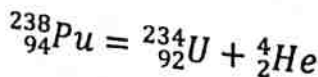
النسبة القلبية أو جهاز ضبط نبضات القلب (*le stimulateur cardiaque*) جهاز كهربائي يزرع في الجسم، يعمل على تنشيط العضلات المسترخية في قلب المريض ولضمان الطاقة اللازمة لتشغيله -تفاديا لتكرار عملية استبدال البطاريات الكهروكيميائية- تستخدم بطاريات من نوع خاص تعمل بنظير البلوتونيوم  ${}^{238}\text{Pu}$  الباعث للإشعاع  $\alpha$  وهي (أي البطارية) عبارة عن وعاء مغلق بإحكام يحتوي على كتلة ( $m_0$ ) من المادة المشعة



- أ/ ماذا تعني العبارات: مادة مشعة، الإشعاع  $\alpha$ .  
ب/ في نظرك كيف تنتج الطاقة من المادة المشعة كي تضمن اشتغال الجهاز؟
- أ/ اكتب معادلة تفكك البلوتونيوم.  
ب/ احسب الطاقة المحررة من تفكك نواة من المادة المشعة.
- أ/ يعطي المنحنى البياني للتناقص الإشعاعي  $A(t)$ .  
أما هي قيمة النشاط الابتدائي  $A_0$  عند اللحظة  $t = 0$ .  
ب/ احسب ثابت التفكك  $\lambda$  بالسنة والثانية.
- أ/ نستنتج  $N_0$  عدد الأنوية الابتدائية وكذا قيمة الكتلة الابتدائية  $m_0$  الموافقة.  
ب/ احسب الجهاز يعمل بشكل جيد إلى أن يتناقص نشاط العينة بـ 30% من قيمته الابتدائية، احسب عندئذ عدد أنوية البلوتونيوم غير المتفككة (المتبقية).
- المريض الذي زرع له الجهاز وهو في الخمسين من عمره متى يضطر لاستبداله.

### تصحيح التمرين 32:

- أ/ مادة مشعة: هي مادة غير مستقرة تتحول تلقائيا لتعطي مادة أخرى أكثر استقرارا عبر إصدار نواة بنت وإشعاعات:  $\gamma, \beta^-, \beta^+, \alpha$   
ب/ الإشعاع  $\alpha$ : هي جسيمة ( ${}^4_2\text{He}$ )، يصدر من الأنوية الثقيلة التي لها فائض نوترونات وبروتونات.
- أ/ تنتج الطاقة: بتعويض الكتلة المفقودة عن تفكك النواة بطاقة تضمن اشتغال الجهاز.  
ب/ معادلة التفكك:



ب/ الطاقة المحررة:

$$E_{ub} = \Delta m \cdot C^2 = [-m_U - m_{He} + m_{Pu}] \cdot 931,5 = 5,589 \text{ MeV}$$

أ/ قيمة النشاط الإشعاعي عند  $t = 0$ :  $A_0 = 9,5 \times 10^{10} \text{ Bq}$

ب/ من البيان لدينا: بإسقاط القيمة:  $\frac{A_0}{2}$  نجد:  $t_{1/2} = 88 \text{ ans}$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{88} = 7,87 \times 10^{-3} \text{ ans}^{-1} \approx 2,49 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

$$A_0 = N_0 \cdot \lambda \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{9,5 \times 10^{10}}{2,49 \times 10^{-10}} = 3,81 \times 10^{20} \text{ noyaux}$$

$$\frac{m_0}{M} = \frac{N_0}{N_A} \Rightarrow m_0 = N_0 \times \frac{M}{N_A} = 0,15 \text{ g} \quad \text{إذن:}$$

$$N = \frac{70}{100} N_0 = 2,67 \times 10^{20} \text{ noyaux} \quad (4) \text{ حساب الأنوية المتبقية:}$$

(5) يتناقص النشاط بـ 30% معناه يبقى 70%  
الطريقة 1:

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$0,7 A_0 = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0,7 = -\lambda t$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln 0,7 \Rightarrow t \approx 45 \text{ ans}$$

يجب أن يستبدله في السن:  $t_f = 50 + t = 95 \text{ ans}$

الطريقة 2:

بإسقاط القيمة (0,7A) على البيان ثم محور القواسم  
نجد:  $t \approx 45 \text{ ans}$

### التمرين 33:

إن نواة الكلور  $^{36}_{17}\text{Cl}$  مشعة تصدر جسيما  $\beta^-$  وتكون النواة البنت الناتجة مثارة.

(1) ما هو جسيم  $\beta^-$ .

(2) اكتب معادلة تفكك الكلور  $^{36}\text{Cl}$  واستنتج النواة البنت من بين الأنوية التالية:

|                      |                       |                       |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $^{34}_{16}\text{S}$ | $^{40}_{18}\text{Ar}$ | $^{36}_{18}\text{Ar}$ |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|

(3) أعط عبارة قانون التناقص الإشعاعي مع توضيح مدلول كل حد في القانون ثم استنتج أن:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

(4) نعتبر عينة من أنوية  $^{36}_{17}\text{Cl}$  كتلتها عند اللحظة  $t = 0$   $1 \text{ mg}$  ولتكن  $m$  كتلتها عند اللحظة  $t$ .

$$\frac{m_0}{m} = 2^n \quad \text{بين أن: } t = n \cdot t_{1/2}$$

ب/ أكمل الجدول التالي:

| $t(\text{ans})$ | 0 | $3 \times 10^5$ | $2t_{1/2}$ | $3t_{1/2}$ | $4t_{1/2}$ | $5t_{1/2}$ |
|-----------------|---|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| $m(\text{mg})$  |   | 0,5             |            |            |            |            |

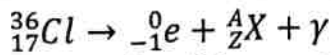
ارسم البيان  $m = f(t)$ .

ج/ اوجد الزمن الذي عنده ينقص نشاط العينة بنسبة 30%.

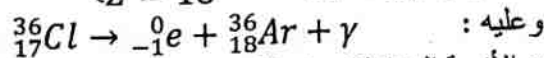
### تصحيح التمرين 33:

(1) الجسيم  $\beta^-$  هو إلكترون  $^0_{-1}\text{e}$  يصدر من الأنوية التي لها فائض في النترونات حيث يتحول نترون إلى بروتون داخل النواة.

(2) معادلة تفكك الكلور  $^{36}_{17}\text{Cl}$ :



حسب قانوني صودي للإحتفاظ لدينا:  $\begin{cases} A = 36 - 0 \\ Z = 17 + 1 \end{cases}$  منه  $\begin{cases} A = 36 \\ Z = 18 \end{cases}$



(3)  $N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  حيث  $N_t$ : عدد الأنوية المتبقية في لحظة  $t$ .

$N_0$ : عدد الأنوية الابتدائية.

$\lambda$ : ثابت مميز لـ (ثابت التفكك الإشعاعي).



شنايت

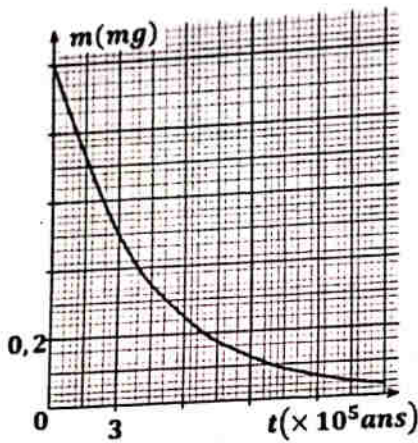
عند  $t = t_{1/2}$ :  
 $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

(4) / للنينا:  $N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  منه:  $\frac{M}{N_A} N = \frac{M}{N_A} N_0 e^{-\lambda t}$   
 أي:  $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$  منه:  $\frac{1}{e^{-\lambda t}} = \frac{m_0}{m}$   
 $e^{\lambda t} = \frac{m_0}{m}$  أي:  $e^{\lambda t} = \frac{m_0}{m}$  منه:  $e^{\lambda n t_{1/2}} = \frac{m_0}{m}$   
 $\frac{m_0}{m} = 2^n$  أي:  $e^{n \ln 2} = \frac{m_0}{m}$  منه:  $m_0 = 1 \text{ mg}$  ب/ للنينا:

ونعلم أن:  $m_{t_{1/2}} = \frac{m_0}{2} = 0,5 \text{ mg}$  من الجدول نجد:  $t_{1/2} = 3 \times 10^5 \text{ ans}$   
 منه في كل مرة نعوض في العلاقة  $n = \frac{m_0}{2^n} \cdot m$  فنجد  $m$

| $t(\text{ans})$ | 0 | $3 \times 10^5$ | $2t_{1/2}$ | $3t_{1/2}$ | $4t_{1/2}$ | $5t_{1/2}$ |
|-----------------|---|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| $m(\text{mg})$  | 1 | 0,5             | 0,25       | 0,125      | 0,0625     | 0,03125    |

رسم البيان  $m = f(t)$



ج/ حساب الزمن اللازم لكي ينقص نشاط العينة بـ 30%  
 $N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  منه  $\lambda N_t = \lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  أي:  $A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$\frac{70}{100} A_0 = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{70}{100} = -\lambda t$   
 $t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{7}{10} \Rightarrow t \approx 154372 \text{ ans}$  أي:

### التمرين 34:

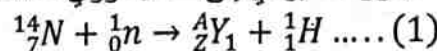
معطيات: الكربون 12:  $^{12}_6\text{C}$  ، الكربون 13:  $^{13}_6\text{C}$  ، الأزوت 14:  $^{14}_7\text{N}$ .  
 زمن نصف عمر الكربون 14 المشع يساوي 5570 ans.

(1) دراسة النواة:

أ/ نرمز لنواة بالرمز  $^A_Z\text{X}$ . أعط تسمية ومعنى المقادير  $A$  و  $Z$ .

ب/ اكتب رمز نواة ذرة الكربون 14 ثم أعط تركيب هذه النواة.

(2) إن قف أنوية ذرات الأزوت بواسطة نيوترونات يؤدي إلى تفاعل نووي معادلته:



أ/ اذكر قانونا الانحفاظ اللذان سمحا بكتابة المعادلة (1) ثم استنتج العنصر المرافق لـ  $(Y_1)$ .

ب/ إن تفكك نواة الكربون 14 تؤدي إلى إصدار إلكترون  ${}^0_{-1}\text{e}$  ونواة  ${}^A_Z\text{Y}_2$ .

- اكتب معادلة التفاعل النووي المرافق ثم اذكر نوع الإشعاع الموافق.

- أعط اسم العنصر  $(Y_2)$ .

(3) إن قانون التناقص الإشعاعي بدلالة الزمن من الشكل:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ .

- ماذا تمثل المقادير الفيزيائية:  $N(t)$  و  $N_0$  و  $\lambda$ .

- أعط تعريف زمن نصف العمر.

- أوجد وحدة  $\lambda$  بالتحليل البعدي ثم احسب قيمة الثابت  $\lambda$ .

أولم يجعل الإسلام إخلاف  
 الوعد من علامات النفاق  
 علي الطنطاوي

- (4) لمعرفة سنة صنع سفينة قديمة عثر عليها باحثون سنة 1983م في قاع البحر، استعملوا طريقة التأريخ بواسطة الكربون 14 لعينة خشبية منها. إن النشاط الإشعاعي A المقاس بالنسبة لهذه العينة هو 12 تفكك في الدقيقة وذلك بالنسبة لغرام واحد (1g) من الكربون. وبالمقابل فإنه بالنسبة لغرام واحد من الكربون المساهم في دورة ثنائي أكسيد الكربون في الجو، لدينا  $A_0$  يساوي 13,6 تفكك في الدقيقة. / علل تناقص النشاط الإشعاعي لعينة من الخشب خلال الزمن. ب/ احسب الفترة الزمنية الفاصلة بين زمن صنع السفينة وزمن اكتشافها ثم استنتج سنة صنعها.

### تصحيح التمرين 34:

(1) دراسة النواة:

أ/ النواة  ${}^A_ZX$ :

A : العدد الكتلي: يمثل عدد النيكليونات (بروتونات + نوترونات).

Z : العدد الذري (الشحني): يمثل عدد البروتونات.

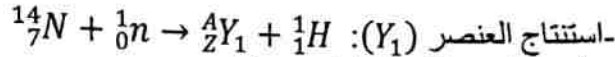
ب/ رمز ذرة الكربون  ${}^{14}_6C$ .

$$N = (A - Z) = 8, \quad Z = 6, \quad A = 14$$

انحفاظ العدد الكتلي

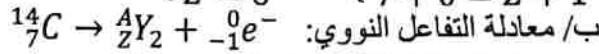
انحفاظ العدد الذري

(2) أ/ القانونان اللذان سمحا بكتابة المعادلة (1) هما قانوني الانحفاظ لصودي



بتطبيق قانوني الانحفاظ (صودي) نجد:

$${}^A_ZY_1 = {}^{14}_6C \text{ ومنه: } \begin{cases} A = 14 \\ Z = 6 \end{cases} \quad \begin{cases} 14 + 1 = A + 1 \\ 7 + 0 = Z + 1 \end{cases}$$



حسب قانوني الانحفاظ (صودي):

$${}^A_ZY_2 = {}^{14}_7N \text{ ومنه: } \begin{cases} A = 14 \\ Z = 7 \end{cases} \quad \begin{cases} 14 = A + 0 \\ 6 = Z - 1 \end{cases}$$

نوع النشاط الإشعاعي: هو تفكك من نوع  $\beta^-$ .

اسم العنصر ( $Y_2$ ) هو الأزوت  ${}^{14}_7N$ .

(3) لدينا قانون التناقص الإشعاعي:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

حيث:  $N(t)$ : عدد الأنوية المتبقية عند اللحظة t.

$N_0$ : عدد الأنوية الابتدائية.

$\lambda$ : ثابت التفكك الإشعاعي.

-تعريف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية.

-وحدة  $\lambda$  بالتحليل البعدي:

لدينا: من قانون التناقص الإشعاعي:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ .....(\*)

$$N = \frac{N_0}{2}$$

لما:  $t = t_{1/2}$ :

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$[\lambda] = \frac{1}{[T]} = [T]^{-1} = s^{-1}$$

وعليه وحدة ثابت التفكك الإشعاعي  $\lambda$  هي مقلوب وحدة الزمن أي  $s^{-1}$ .

- قيمة  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5570 \times 365 \times 24 \times 3600} = 3,95 \times 10^{-12} s^{-1}$$



4/ سبب تناقص النشاط الإشعاعي لعينة الخشب خلال الزمن: لدينا حسب قانون النشاط الإشعاعي  $A = \lambda N$ ،  
 $A$  يتناسب طرديا مع  $N$  و  $N$  عدد الأنوية المتبقية تتناقص بمرور الزمن وفق قانون التناقص الإشعاعي  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

ب/ حساب الفترة الزمنية الفاصلة بين زمن صنع السفينة وزمن اكتشافها:  
 $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{A_0}{A} = \lambda t$   
 $t = \frac{\ln \frac{A_0}{A}}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A_0}{A} = 1005,78 \text{ ans}$   
 - سنة صنع السفينة:  $t' = 1983 - 1005,78 = 977$

### التمرين 35:

يستعمل الجيولوجيون وعلماء الآثار تقنيات مختلفة لتحديد أعمار الحفريات والصخور، من بينها تقنية تعتمد النشاط الإشعاعي. يستعمل الكربون 14 المشع لتحديد أعمار الحفريات إذ تبقى نسبة الكربون 14 ثابتة عند الكائنات الحية ولكن بعد وفاتها تتناقص هذه النسبة نتيجة تفككه وعدم تعويضه.

|                                   |                                                                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $m(^{14}_6C) = 14,0111 \text{ u}$ | ${}_8O - {}_7N - {}_5B - {}_4Be$                                            |
| $m(e^-) = 0,00055 \text{ u}$      | نصف عمر الكربون 14: $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$                            |
| $m(^4_2X) = 14,0075 \text{ u}$    | $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ ، $1 \text{ ans} = 365 \text{ jours}$ |

معطيات:

- 1/ يتميز الكربون 14 بنشاط إشعاعي من نوع  $\beta^-$ .  
 أ/ اكتب معادلة تفكك نواة الكربون  $^{14}_6C$  محددا النواة المتولدة  $^A_ZX$ .  
 ب/ احسب بوحدة  $\text{MeV}$  قيمة طاقة التفاعل النووي  $\Delta E$ .  
 أخذت عينة من خشب حطام سفينة تم العثور عليها بالقرب من أحد السواحل. أعطى قياس النشاط الإشعاعي لهذه العينة عند اللحظة  $t$  القيمة  $A = 21,8 \text{ Bq}$  وأعطى نفس القياس على قطعة من خشب حديثة من نفس النوع (لها نفس كتلة العينة القديمة) القيمة  $A_0 = 28,7 \text{ Bq}$
- 2/ أ/ تحقق أن  $\lambda$  ثابت النشاط الإشعاعي للكربون 14 هي:  $\lambda = 3,39 \times 10^{-7} \text{ jours}^{-1}$ .  
 ب/ حدد بوحدة (jours) عمر خشب السفينة.  
 ج/ علما أن القياسات تمت سنة 2000م، في أي سنة غرقت السفينة؟

### تصحيح التمرين 35:

- 1/ أ/ معادلة تفكك الكربون:  $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + {}^0_{-1}e$   
 ب/ حساب قيمة طاقة التفاعل النووي:  
 $\Delta E = (m(^{14}_6C) - m(^{14}_7N) - m(e^-)) \times 931,5 = 2,84 \text{ MeV}$
- 2/ أ/ التحقق من قيمة  $\lambda$ : نعلم أن:  
 $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5600} = \frac{\ln 2}{204400} = 3,39 \times 10^{-7} \text{ jours}^{-1}$   
 ب/ تحديد عمر الخشب: نعلم أن:  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda t}$   
 ندخل  $\ln$  الطرفين:  $\ln \left( \frac{A(t)}{A_0} \right) = -\lambda t \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{A_0}{A(t)} \right)$   
 $t = 811171,51 \text{ jours}$   
 $t = 811171,51 = 2222,39 \text{ ans}$  إيجاد سنة الغرق:  
 $2222,39 - 2000 = 222,38 \text{ ans}$   
 ومنه غرقت السفينة قبل 222 عام قبل الميلاد تقريبا. (بالتقريب)

### التمرين 36:

أصبح الطب النووي من بين أهم الاختصاصات في عصرنا الحالي، فهو يستعمل في تشخيص الأمراض وفي العلاج ومن بين التقنيات المعتمدة، العلاج بالإشعاع النووي (Radiothérapie)، حيث يستعمل الإشعاع النووي في تدمير الأورام ومعالجة الحالات السرطانية بقذف الورم أو النسيج المصاب بالإشعاع  $\beta^-$  المنبعث من الكوبالت  $^{60}\text{Co}$

المعطيات:

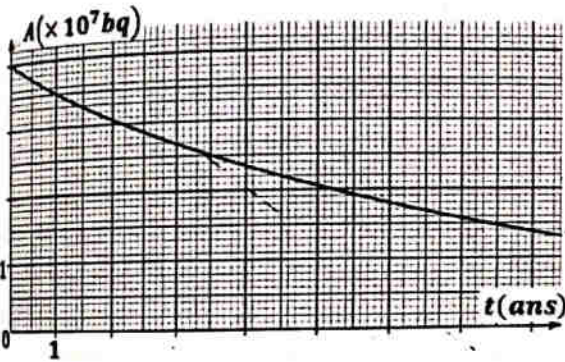
|                                              |                                                                                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m(^{60}_{27}\text{Co}) = 59,8523 \text{ u}$ | مقتطف من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية:                                                        |
| $m(^A_Z\text{X}) = 59,8493 \text{ u}$        | $^{25}\text{Mn}$ ، $^{26}\text{Fe}$ ، $^{60}_{27}\text{Co}$ ، $^{28}\text{Ni}$ ، $^{29}\text{Cu}$ |
| $m(e^-) = 0,00055 \text{ u}$                 | $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$                                             |

#### (1) تفكك نواة الكوبالت:

نواة الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$  نواة مشعة إشعاع  $\beta^-$ .  
أ/ اكتب معادلة تفكك نواة الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$ ، محددا النواة  $^A_Z\text{X}$  المتولدة.  
ب/ احسب بوحدة  $\text{MeV}$ ، قيمة  $E$  طاقة التحويل النووي.

#### (2) تطبيق قانون التناقص الإشعاعي:

توصل مركز استشفائي بعينة من الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$ ، عند لحظة نعتبرها مبدأ الأزمنة، وانطلقت عملية تتبع تطورها، من قياس نشاطها الإشعاعي  $A(t)$  عند لحظات زمنية مختلفة. يمثل المنحنى الشكل تطور  $A(t)$  بدلالة الزمن.



أ/ عين اعتمادا على المنحنى زمن نصف عمر

$t_{1/2}$  الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$  بوحدة  $\text{ans}$

ب/ نقبل أن العينة المتوصل بها تصبح غير فعالة في العلاج، عندما يصبح نشاطها  $A = 0,25 A_0$  حيث  $A_0$  النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة. في أي تاريخ يلزم تزويد المركز الاستشفائي بعينة جديدة من الكوبالت  $^{60}_{27}\text{Co}$ .

### تصحيح التمرين 36:

#### (1) كتابة معادلة تفكك نواة الكوبالت:

نمط الإشعاع  $\beta^-$  ومنه:  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^0_{-1}e$   
ب/ حساب طاقة التحويل النووي:

$$E_{\text{lib}} = \Delta m(n) \times 931,5 = [m(^{60}_{27}\text{Co}) - m(^{60}_{28}\text{Ni}) - m(^0_{-1}e)] \times 931,5 = 2,3 \text{ MeV}$$

#### (2) تعيين زمن نصف العمر $t_{1/2}$ :

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad / \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{لدينا:}$$

$$A(t_{1/2}) = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_{1/2}} = A_0 \cdot e^{-\ln 2} = A_0 \cdot e^{\ln \frac{1}{2}} = \frac{A_0}{2} = 2 \times 10^7 \text{ Bq}$$

بالإسقاط والتعميد على محور الأزمنة نجد:  $t_{1/2} = 5,25 \text{ ans}$

ب/لدينا:  $A(t') = \frac{A_0}{4}$

$$A_0(t') = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t'} \Rightarrow \frac{A_0}{4} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t'}$$

$$-\ln 4 = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t' \Rightarrow -2 \ln 2 = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t' \Rightarrow t' = 2 \cdot t_{1/2} = 10,5 \text{ ans}$$



### التمرين 37:

- توجد ثلاثة أنواع من المياه، يتعلق كل نوع بنواة الهيدروجين الداخلة في تكوين الجزيء  $H_2O$ . يتكون الماء العادي من ذرات الأنوية  $^1_1H$  والماء الثقيل من ذرات الأنوية  $^2_1H$  الذي يستعمل في المفاعلات النووية، وأخيرا الماء المشع الذي يتكون من الأنوية  $^3_1H$ .
- 1) ماذا تدعى النواتان  $^2_1H$  و  $^3_1H$  ؟
  - 2) لماذا يسمى الماء المتكون من ذرات الأنوية  $^2_1H$  الماء الثقيل؟
  - 3) ا/ ما طبيعة الجسيمة الصادرة عنها؟ أعط رمزا لها، ثم اكتب معادلة هذا التفكك النووي، علما أنه تنتج نواة  $^4_2He$  ب/ احسب طاقة الربط للنواة  $^3_1H$  مقدرة بـ  $MeV$  و طاقة الربط لكل نوية مكونة لها.
  - 4) زمن نصف عمر النواة  $^3_1H$  هو  $t_{1/2} = 12ans$  ا/ عرف زمن نصف العمر. ب/ استنتج عبارة ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  لهذه النواة، ثم احسب قيمته.
  - ج/ احسب عند  $t = 60 ans$  النشاط الإشعاعي لعينة من  $^3_1H$ ، علما أنها تحتوي على مليار نواة عند  $t_0 = 0$
  - 5) بين أن عدد الأنوية المشعة المتبقية في العينة عند لحظة  $t$  يحقق المعادلة التفاضلية:

$$\frac{dN(t)}{dt} + \frac{1}{\alpha} N(t) = 0$$

حيث  $\alpha$  ثابت يطلب تحديد عبارته ووحدته.  
المعطيات:

$$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$$

$$m(^1_1p) = 1,0073 u$$

$$1 MeV = 1,6 \times 10^{-13} j$$

$$m(^1_0n) = 1,0087 u$$

$$1u = 931,5 MeV/c^2$$

$$m(^3_1H) = 3,01550 u$$

### تصحيح التمرين 37:

- 1) النواتان:  $^2_1H$  و  $^3_1H$  هما نظائر للعنصر  $^1_1H$ .
- 2) يسمى الماء المتكون من  $^2_1H$  بالماء الثقيل لأن النواة  $^2_1H$  فيها عدد أكبر من النيكلونات بالنسبة للماء العادي (كتلته المولية أكبر).
- 3) ا/ طبيعة الجسيمة الصادرة عن تفكك  $^3_1H$  هي إلكترون رمزه  $^0_{-1}e$   
معادلة التفكك:  $^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^0_{-1}e$   
 $A = 3$  و  $Z = 2 \Leftrightarrow 3 = A + 0$  و  $1 = Z - 1$   
 $^3_1H \rightarrow ^3_2He + ^0_{-1}e$   
ب/ احسب طاقة الربط لـ  $^3_1H$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = (m_p + 2m_n - m(^3_1H)) \times 931,5 = 8,5698 MeV$$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{E}{3} = 2,85 MeV$$

- 4) ا/ تعريف  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم ليتفكك نصف العدد الابتدائي للأنوية.  
ب/ استنتج عبارة  $\lambda$ :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$-\ln 2 = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 0,0577 ans^{-1} = 1,83 \times 10^{-9} s^{-1}$$

ج/ احسب  $A(t = 60 ans)$ :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = 1,83 \times 10^{-9} \times 10^9 \times e^{-0,0577 \times 60} = 0,057 Bq$$

(5) بين أن:  $\frac{dN(t)}{dt} + \frac{1}{\alpha} N(t) = 0$

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{dN(t)}{dt} = \frac{d}{dt} N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{dN(t)}{dt} + \lambda N(t) = 0$$

$$\frac{1}{\alpha} = \lambda \Rightarrow \alpha = \frac{1}{\lambda} = \tau$$

إذن:

$$[\alpha] = \frac{1}{[\lambda]} = \frac{1}{[T]^{-1}} = [T] = s$$

وحدته s لأن

### التمرين 38:

عثر العمال أثناء الحفريات في بناء مجمعات سكنية على جمجمتين بشريتين إحداهما (a) سليمة والثانية (b) مهشمة جزئياً. اقترح العمال فرضيتان:

- يرى الفريق الأول أن الجمجمتين لشخصين عاشا في نفس الحقبة الزمنية.
- يرى الفريق الثاني أن العوامل الطبيعية كانهجراف التربة والانكسارات الصخرية جمعت الجمجمتين، رغم أنها لشخصين عاشا في حقبتين مختلفتين (تقدر الحقبة بـ 70 سنة).

تدخل فريق ثالث (خبراء علم الآثار) للفصل في القضية معتمدا النشاط الإشعاعي للكربون  $^{14}C$ . علما بأن المادة الحية يتجدد فيها الكربون  $^{14}C$  المشع لجسيمات  $(\beta^-)$  باستمرار، وبعد الوفاة تتوقف هذه العملية. أخذ الفريق الثالث عينة من كل جمجمة (العينتان متساويتان في الكتلة) وقاس نشاطهما الإشعاعي حيث كانت النتيجة على الترتيب:  $A_{(a)} = 5000Bq$  و  $A_{(b)} = 4500Bq$ . علما أن نشاط عينة حديثة مماثلة لهما هو  $A_0 = 6000Bq$  ونصف عمر  $^{14}C$  هو  $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$

- (1) اكتب معادلة تفكك الكربون  $^{14}C$ ، وتعرف على النواة البنت (غير المثارة) من بين الأنوية التالية:  $^{16}O$ ،  $^{14}N$  أو  $^{19}F$ .
- (2) اكتب علاقة النشاط  $A(t)$  للعينة بدلالة:  $A_0$ ،  $t$ ،  $t_{1/2}$ .
- (3) كيف حسم الفريق الثالث القضية؟
- (4) احسب بالإلكترون فولط وبالجول طاقة ربط نواة الكربون  $^{14}C$ .

يعطى:  $1eV = 1.6 \times 10^{-19}J$  ،  $1MeV = 1.6 \times 10^{-13}J$

$$m(^{14}C) = 14.00324 u \quad 1u = 931.5 MeV \times C^{-2} \quad m_p = 1.00728u$$

$$m_n = 1.00866 u$$

### تصحيح التمرين 38:

(1) معادلة التفكك:  $^{14}_6C \rightarrow ^A_ZX + ^0_{-1}e$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $6 = Z - 1 \Rightarrow Z = 7$

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $14 = A + 0 \Rightarrow A = 14$

ومنه:  $^A_ZX = ^{14}_7N$  أي:  $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$

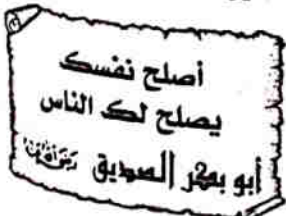
(2) إيجاد العلاقة:

لدينا:  $A = A_0 \times e^{-\lambda t}$  ونعلم أن:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  أي:  $A = A_0 \times e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$

(3) من العلاقة السابقة:

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t$$

ومنه:  $t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$  إذن:  $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$





بتطبيق فرضية الفريق الأول:

$$t_a = \frac{5570}{0,693} \times \ln\left(\frac{6000}{5000}\right) = 1465,41 \text{ ans}$$

بتطبيق فرضية الفريق الثاني:

$$t_b = \frac{5570}{0,693} \times \ln\left(\frac{6000}{4500}\right) = 2312,24 \text{ ans}$$

ومنه:  $|t_a - t_b| = 846,82 \text{ ans}$

الجمعتان لا تنتميان إلى نفس الحقبة الزمنية لأن:  $846,83 \text{ ans} > 70 \text{ ans}$  بالتالي الفريق الثاني على حق.

(4) حساب طاقة ربط نواة الكربون 14:

$$E_l(^{14}_6\text{C}) = \Delta m \cdot c^2 \cdot \frac{931,5}{c^2} = [(Z \times m_p + N \times m_n) - m^{14}_6\text{C}] \times 931,5$$

$$E_l(^{14}_6\text{C}) = [(6 \times 1,00728 + (14 - 6) \times 1,00866) - 14,00324] \times 931,5$$

$$E_l(^{14}_6\text{C}) = 102,2 \text{ MeV} = 102,2 \times 10^6 \text{ eV}$$

$$E_l(^{14}_6\text{C}) = (102,2 \times 1,6 \times 10^{-13}) \text{ J} = 163,52 \times 10^{-13} \text{ J}$$

### التمرين 39:

نأخذ عينة من نظير الكلور  $^{35}_{17}\text{Cl}$  المستقر (الغير المشع) بالنيترونات. تلتقط النواة  $^{35}_{17}\text{Cl}$  نيترونات لتتحول إلى نواة مشعة  $^A_Z\text{X}$  توجد ضمن قائمة الأنوية المدونة في الجدول أدناه:

| النواة                            | $^{38}_{17}\text{Cl}$ | $^{39}_{17}\text{Cl}$ | $^{31}_{14}\text{Si}$ | $^{18}_9\text{F}$ | $^{13}_7\text{N}$ |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| زمن نصف العمر $t_{1/2}(\text{s})$ | 2240                  | 3300                  | 9430                  | 6740              | 594               |

سمحت متابعة النشاط الإشعاعي لعينة من  $^A_Z\text{X}$  برسم المنحنى

$$\frac{N(t)}{N_0} = f(t)$$

الموضح بالشكل، حيث:  $N_0$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t = 0$ . و  $N(t)$ : عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t$ .

(1) أ/ عرف زمن نصف العمر  $(t_{1/2})$ .

ب/ عين زمن نصف العمر للنواة  $^A_Z\text{X}$  ببيانها.

(2) أ/ أوجد العبارة الحرفية التي تربط  $(t_{1/2})$  بثابت

التفكك  $(\lambda)$ .

ب/ احسب قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك للنواة  $^A_Z\text{X}$ .

(3) بالاعتماد على النتائج المتحصل عليها والقائمة الموجودة في الجدول عين النواة  $^A_Z\text{X}$ ؟

(4) اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول النواة  $^{35}_{17}\text{Cl}$  إلى النواة  $^A_Z\text{X}$ .

(5) احسب بالإلكترون فولط وبالميغا إلكترون فولط:

أ/ طاقة الربط للنواة  $^A_Z\text{X}$ .

ب/ طاقة الربط لكل نوية.

المعطيات:  $1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$

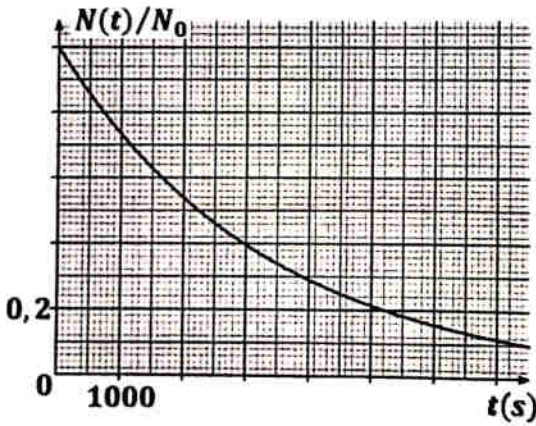
$m_p = 1.00728 (u)$

$$m_{^A_Z\text{X}} = 37.96011 (u)$$

$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

$$m_n = 1.00866 (u)$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$



**تصحيح التمرين 39:**  
(1) أ/ زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية المتواجدة في العينة.  
ب/ إيجاد  $t_{1/2}$  لـ  ${}^A_ZX$  بيانياً.

$$N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \Rightarrow \frac{N_{t_{1/2}}}{N_0} = \frac{1}{2}$$

نسقط هذه القيمة على محور الأزمنة فنجد:  $t_{1/2} = 2200$  (s)

(2) أ/ العبارة الحرفية لـ  $\lambda$  بدلالة  $t_{1/2}$ :

$$N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \quad \text{لما } t = t_{1/2}$$

بالتعويض في قانون التناقص الإشعاعي نجد:  $N_{t_{1/2}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \quad \text{أي:}$$

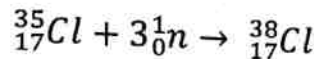
$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda \times t_{1/2} \Rightarrow \ln 2 = \lambda \times t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

ب/ حساب  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{2200} = 3,1 \times 10^{-4} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

(3) تعيين عبارة  ${}^A_ZX$ :  
لأن  $t_{1/2}({}^A_ZX)$  أقرب بكثير من  $t_{1/2}({}^{38}_{17}\text{Cl})$

(4) معادلة التفكك:



(5) أ/ طاقة الربط نواة  ${}^{38}_{17}\text{Cl}$ :

$$El = \Delta m \cdot C^2$$

$$\Delta m = (m_p \cdot Z + (A - Z)m_n) - m({}^{38}_{17}\text{Cl})$$

$$\Delta m = (17 \times 1,00728 + 21 \times 1,00866 - 37,96011) \times 1,66 \times 10^{-27}$$

$$\Delta m = 5,73 \times 10^{-28} \text{ (kg)}$$

$$El = \Delta m \cdot C^2 = 5,73 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 5,157 \times 10^{-11} \text{ (J)}$$

$$1 \text{ (eV)} \rightarrow 1,6 \times 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$El \text{ (eV)} = 32,23 \times 10^7 \text{ (eV)}$$

$$El \text{ (eV)} \rightarrow 5,157 \times 10^{-11} \text{ (J)}$$

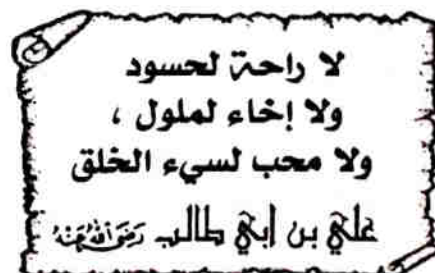
$$El \text{ (MeV)} = 3,2 \times 10^2 \text{ (MeV)}$$

ب/ طاقة الربط لكل نوية:

$$\frac{El \text{ (J)}}{A} = 1,357 \times 10^{-12} \text{ (J/nucleon)}$$

$$\frac{El \text{ (eV)}}{A} = 8,42 \times 10^6 \text{ (eV/nucleon)}$$

$$\frac{El \text{ (MeV)}}{A} = 8,42 \text{ (MeV/nucleon)}$$





التمرين 40:

المعطيات:

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_n = 1.0087u$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_p = 1.0073u$$

$$m_e = 0.00055u$$

إليك جدول لمعطيات عن بعض أنوية الذرات:

|                       | ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{H}$ | ${}^4_2\text{He}$ | ${}^{14}_6\text{C}$ | ${}^{14}_7\text{N}$ | ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ | ${}^{140}_{54}\text{Xe}$ | ${}^{235}_{92}\text{U}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| $m(u)$                | 2,0136           | 3,0155           | 4,0015            | 14,0065             | 14,0031             | 93,8945                 | 139,8920                 | 234,9935                |
| $E_l(\text{MeV})$     | 2,23             | 8,57             | 28,41             | 99,54               | 101,44              | 810,50                  | 1164,75                  | .....                   |
| $E_{l/A}(\text{MeV})$ | 1,11             | .....            | 7,10              | .....               | 7,25                | 8,62                    | .....                    | .....                   |

حيث:  $M(u)$  كتلة النواة،  $E(\text{MeV})$  طاقة ربط النواة،  $\frac{E}{A}(\text{MeV})$  طاقة الربط لكل نيوكليون

- I. (1) ما المقصود بالعبارات التالية: أ/ طاقة ربط النواة، ب/ وحدة الكتلة  $(u)$ .
- (2) اكتب عبارة طاقة ربط النواة لنواة عنصر بدلالة كل من  $(m_x)$  كتلة النواة و  $m_p$ ،  $m_n$  و  $Z$ ،  $A$  وسرعة الضوء في الفراغ  $(C)$ .
- (3) احسب طاقة ربط النواة لليورانيوم 235 بالوحدة  $(\text{MeV})$ .
- (4) أكمل فراغات الجدول السابق.
- (5) ما اسم النواة (من بين الأنوية المذكورة في الجدول السابق) الأكثر استقراراً؟ علّل.
- II. إليك التحولات النووية لبعض أنوية العناصر من الجدول السابق:
- أ/ يتحول  ${}^{14}_6\text{C}$  إلى  ${}^{14}_7\text{N}$ .
- ب/ ينتج  ${}^4_2\text{He}$  وبترون من نظيري الهيدروجين.
- ج/ قذف  ${}^{235}_{92}\text{U}$  ببترون يعطي  ${}^{140}_{54}\text{Xe}$ ،  ${}^{94}_{38}\text{Sr}$  وبترونين.
- (1) اكتب المعادلات النمذجة للتحولات النووية السابقة.
- (2) صنف التحولات النووية السابقة إلى: انشطارية، إشعاعية أو تفككية، اندماجية.
- (3) احسب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار ومن تفاعل الاندماج بالوحدة  $(\text{MeV})$ .

تصحيح التمرين 40:

- I. (1) أ/ طاقة ربط النواة: هي الطاقة الواجب توفيرها لنواة ساكنة للتفكك إلى نوياتها وهي ساكنة و معزولة في حالة راحة، أو هي طاقة تماسك النواة.
- ب/ وحدة الكتلة  $u$ : هي وحدة الكتلة الذرية وتمثل  $\frac{1}{12}$  من كتلة الكربون 12 أي:  $({}^{12}_6\text{C})$   $1u = \frac{1}{12} m.({}^{12}_6\text{C})$
- مقدارها:  $1u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$
- (2) عبارة طاقة ربط النواة:  $E_l = \Delta m. C^2 \Rightarrow E_l = (Z. m_p + (A - Z)m_n - m_x). C^2$
- (3) حساب  $E_l$  لنواة اليورانيوم 235:  $E_l = [Z. m_p + (A - Z)m_n - m({}^{235}_{92}\text{U})]. C^2$
- $\Rightarrow E_l = (92 \times 1,0073 + 143 \times 1,0087 - 234,9935) \times 931$
- $\Rightarrow E_l = 1790,5 \text{ MeV}$

(4) الجدول:

|                       | ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{H}$ | ${}^4_2\text{He}$ | ${}^{14}_6\text{C}$ | ${}^{14}_7\text{N}$ | ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ | ${}^{140}_{54}\text{Xe}$ | ${}^{235}_{92}\text{U}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| $E(\text{MeV})$       | 2,23             | 8,57             | 28,41             | 99,54               | 101,44              | 810,50                  | 1164,75                  | 1790,5                  |
| $E_{l/A}(\text{MeV})$ | 1,11             | 2,8              | 7,10              | 7,11                | 7,25                | 8,62                    | 8,32                     | 7,62                    |

- (5) النواة  ${}^{94}_{38}\text{Sr}$  هي الأكثر استقراراً لأنها تملك أكبر طاقة ربط لكل نوية حيث:  $\frac{E_l}{A} = 8,62(\text{MeV}/\text{nucl})$

II. (3+2+1) في الجدول التالي:

|                                                                                                                                                            |   |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------|
| $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$                                                                                                                 | أ | اشعاعي $\beta^-$ |
| $^2_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$<br>$E_{lib} =  E_l(^3_1H) + E_l(^2_1H) - E_l(^4_2He)  =  8,57 + 2,23 - 28,41 $<br>$E_{lib} = 17,61 \text{ MeV}$ | ب | اندماج           |
| $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2.^1_0n$<br>$E_{lib} =  1790,5 - 1164,75 - 810,5 $<br>$E_{lib} = 184,75 \text{ MeV}$      | ج | انشطار           |

ملاحظة: يمكن حساب  $E_{lib}$  اعتمادا على كتل المتفاعلات والنواتج فنجد نفس النتائج السابقة.

### التمرين 41:

الوقود المستقبلي سيعتمد على تفاعلات الاندماج النووي وفق المعادلة:  $^2_1H + ^3_1H = ^4_2X + ^1_0n$

- جد قيمتي العددين  $A$  و  $Z$  باستعمال قانوني الانحفاظ.
- عرف تفاعل الاندماج النووي.
- رتب الأنوية:  $^2_1H$ ،  $^3_1H$  و  $^4_2X$  من الأقل إلى الأكثر استقرارا مع التعليل.
- احسب بـ  $\text{MeV}$  الطاقة المحررة من اندماج نواتي  $^3_1H$  و  $^2_1H$ .
- مثل مخطط الحصيلة الطاقوية لهذا التفاعل.

المعطيات:  $E_l(^2_1H) = 2,23 \text{ MeV}$      $E_l(^3_1H) = 8,57 \text{ MeV}$      $E_l(^4_2X) = 28,41 \text{ MeV}$

### تصحيح التمرين 41:

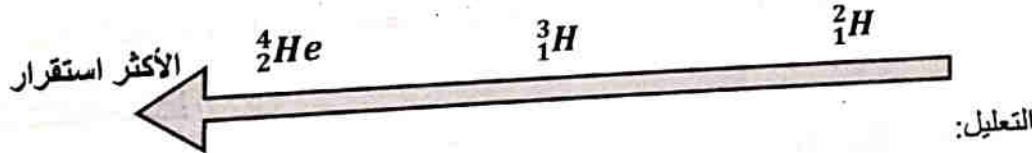
(1) حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $A = 4 \Leftarrow 2 + 3 = A + 1$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $Z = 2 \Leftarrow 1 + 1 = Z + 0$

$$\Rightarrow ^4_2X = ^4_2He$$

(2) تعريف الاندماج: هو تفاعل نووي مفتعل يتم خلاله التحام أو اتحاد نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أكثر استقرارا و طاقة.

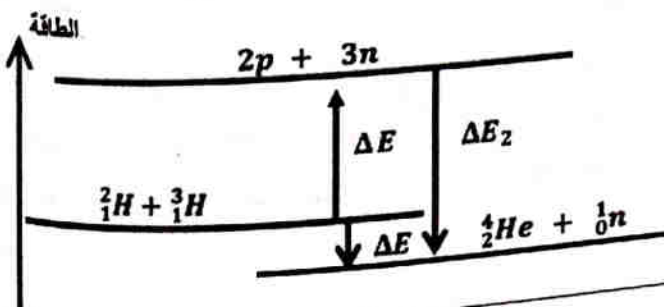
(3) الترتيب:



$$\left. \begin{aligned} \frac{E_l(^2_1H)}{A} &= \frac{2,23}{2} = 1,115 \text{ MeV/nuc} \\ \frac{E_l(^3_1H)}{A} &= \frac{8,57}{3} = 2,856 \text{ MeV/nuc} \\ \frac{E_l(^4_2X)}{A} &= \frac{28,41}{4} = 7,102 \text{ MeV/nuc} \end{aligned} \right\} \frac{E_l(^2_1H)}{2} < \frac{E_l(^3_1H)}{3} < \frac{E_l(^4_2X)}{4}$$

(4) حساب الطاقة المحررة:

$$E_{lib} = E_l(^4_2X) - (E_l(^2_1H) + E_l(^3_1H)) = 17,61 \text{ MeV}$$

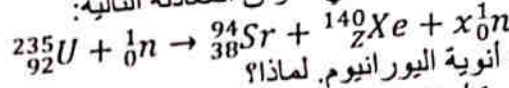


من أحب أن يفتح الله قلبه أو ينوره،  
فعليه بترك الكلام فيما لا يعنيه  
الإمام الشافعي رحمه الله



### التمرين 42:

تنشط نواة اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  عند قذفها بـ نوترون بطيء، وفق المعادلة التالية:



لماذا؟

- (1) تستخدم النوترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم. لماذا؟
- (2) أكمل معادلة التفاعل النووي المبينة أعلاه.
- (3) فسر الطابع التسلسلي لهذا التفاعل، مستعينا بمخطط توضيحي.
- (4) احسب النقص في الكتلة  $\Delta m$  خلال هذا التحول.
- (5) احسب بالجول الطاقة المحررة من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$ .
- (6) استنتج الطاقة المحررة من انشطار  $m = 2.5 \text{ g}$  من اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$ .
- (7) على أي شكل تظهر هذه الطاقة؟

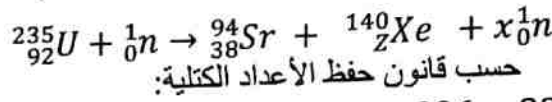
(8) ما هي كتلة غاز المدينة (غاز الميثان  $\text{CH}_4$ ) اللازمة للحصول على طاقة تعادل الطاقة المتحررة من انشطار  $m = 2.5 \text{ g}$  من اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$ ؟ علما أن احتراق  $1 \text{ mol}$  من غاز الميثان يحرر طاقة مقدارها  $8 \times 10^5 \text{ J}$ .

المعطيات:

|                                                |                                                 |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,99332 \text{ u}$ | $m(^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,89194 \text{ u}$ |
| $m(^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,89446 \text{ u}$  | $1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ |
| $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$           |                                                 |
| $m(^1_0\text{n}) = 1.00866 \text{ u}$          | $M(\text{CH}_4) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$        |
|                                                | $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$    |

### تصحيح التمرين 42:

- (1) تستخدم النوترونات لأنها متعادلة كهربائيا (غير مشحونة).
- (2) معادلة التفاعل:

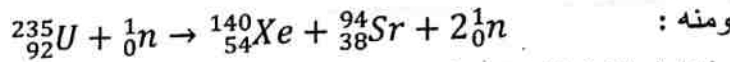


لنحسب أولا  $x$ :

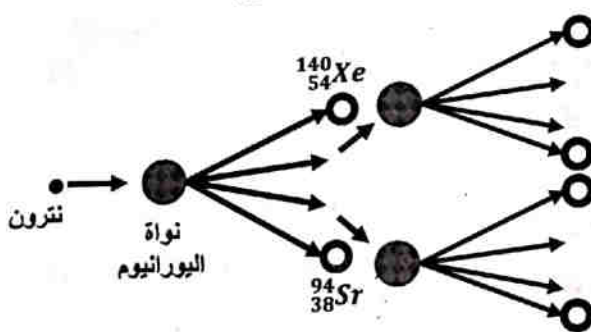
$$235 + 1 = 140 + 94 + x \Rightarrow x = 236 - 234 = 2$$

لنحسب  $Z$ :

$$92 + 0 = Z + 38 + 2 \times 0 \Rightarrow Z = 92 - 38 = 54$$



ومنه :



- (3) تفسير الطابع التسلسلي لتفاعل الانشطار: انشطار النواة الأولى لليورانيوم يعطي نوترونا تؤدي بدورها إلى انشطار أنوية أخرى، وهكذا يتسلسل تفاعل الانشطار. أي أن النوترونات المتحررة تعيد بعث التفاعل من جديد.

- (4) احسب النقص في الكتلة:

$$\Delta m = [m(\text{U}) + m(\text{n})] - [m(\text{Sr}) + m(\text{Xe}) + 2m(\text{n})] = 0,19826 \text{ (u)}$$

$$\Delta m = 0,19826 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg} \approx 3,29 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

التحويل:

ب/ الطاقة المحررة من انشطار نواة واحدة:

$$E_{\text{lib}} = \Delta m \cdot c^2 = 3,29 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 2,96 \times 10^{-11} \text{ Joule}$$

ج/ الطاقة المحررة  $E_{\text{lib}}$  من انشطار  $m = 2,5 \text{ g}$

$$E'_{\text{lib}} = E_{\text{lib}} \cdot N(\text{U})$$

$$N(\text{U}) = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{2,5}{235} \times 6,02 \times 10^{23} = 6,4 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$

$$E'_{\text{lib}} = 2,96 \times 10^{-11} \times 6,4 \times 10^{21} = 1,89 \times 10^{11} \text{ J}$$

د/ تظهر الطاقة في شكل طاقة حرارية أساسيا ترافقها طاقة حركية لمختلف الجسيمات والإشعاعات.

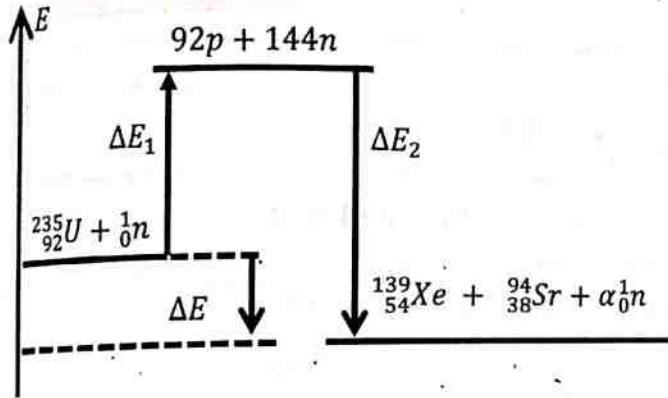
(5) كتلة غاز الميثان:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ mol } (CH_4) &\rightarrow 8 \times 10^5 J \\
 16 \text{ g } (CH_4) &\rightarrow 8 \times 10^5 J \text{ أي} \\
 m(CH_4) &\rightarrow 1,89 \times 10^{11} J \\
 m(CH_4) &= \frac{1,89 \times 10^{11} \times 16}{8 \times 10^5} = 3,78 \times 10^6 g
 \end{aligned}$$

**التمرين 43:**

المخطط الطاقي (الشكل) يمثل الحصلة الطاقوية لتفاعل انشطار نواة اليورانيوم  $^{235}_{92}U$  إلى  $^{139}_{54}Xe$  و  $^{94}_{38}Sr$  و  $^1_0n$  قذفها بنيترون.

- (1) أ/ عرف طاقة الربط  $E_l$  للنواة واكتب عبارتها الحرفية.
- ب/ أعط عبارة طاقة الربط لكل نوية.
- (2) أ/ اكتب معادلة انشطار نواة اليورانيوم  $^{235}_{92}U$ .
- ب/ يعرف التفاعل السابق على أنه تفاعل تسلسلي مغدي ذاتيا. لماذا؟
- (3) احسب ب  $MeV$  كلا من:  $\Delta E_1$ ،  $\Delta E_2$ ،  $\Delta E$ .
- (4) أ/ احسب بالجول مقدار الطاقة المحررة عن انشطار  $1g$  من  $^{235}_{92}U$ .
- ب/ على أي شكل تظهر الطاقة المحررة؟



المعطيات:

$$E_{l/A}(^{235}_{92}U) = 7.62 \text{ MeV/nucleon}$$

$$E_{l/A}(^{139}_{54}Xe) = 8.34 \text{ MeV/nucleon}$$

$$E_{l/A}(^{94}_{38}Sr) = 8.62 \text{ MeV/nucleon}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} J$$

**تصحيح التمرين 43:**

- (1) أ/ التعريف بطاقة ربط النواة: هي الطاقة الواجب إعطاؤها للنواة وهي ساكنة حتى تتفكك إلى مكوناتها وهي ساكنة ومعزولة في حالة راحة.

$$E_l = [(Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n) - m(^A_ZX)] \cdot C^2$$

$$E_{l/A} = \frac{E_l}{A} \text{ ب/ طاقة الربط لكل نوية}$$

- (2) أ/ معادلة انشطار  $^{235}_{92}U$ :

$$^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + \alpha \cdot ^1_0n$$

$$1 + 235 - 139 - 94 = \alpha \Rightarrow \alpha = 3$$

$$^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 3 \cdot ^1_0n$$

- (3) حساب  $\Delta E$ : ب/ تفاعل تسلسلي مغدي ذاتيا: لأن النيوترونات الناتجة تعيد التفاعل مع أنوية اليورانيوم.

$$\Delta E_1 = E_l(^{235}_{92}U) = E_{l/A} \times A = 7,62 \times 235 = 1790,7 \text{ MeV}$$

من جهة أخرى:

$$\Delta E_2 = -(E_l(Xe) + E_l(Sr))$$

$$\Delta E_2 = -(E_{l/A}(Xe) \cdot A + E_{l/A}(Sr) \cdot A) = -(8,34 \times 139 + 8,62 \times 94)$$

$$\Rightarrow \Delta E_2 = -1969,54 \text{ MeV}$$

$$\Delta E = \Delta E_2 + \Delta E_1 = -1969,54 + 1790,7 = -178,84 \text{ MeV}$$



(4) الطاقة المحررة من انشطار 1g من  $^{235}_{92}\text{U}$ :

$$E_{lib} = |\Delta E| = 178,84 \text{ MeV}$$

$$E_T = N \cdot E_{lib} = \left(\frac{m}{M} \cdot N_A\right) \cdot E_{lib} = \frac{1}{235} \times 6,02 \times 10^{23} \times 178,84$$

$$\Rightarrow E_T = 4,58 \times 10^{23} \text{ MeV}$$

$$E_T = 4,58 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$E_T = 7,328 \times 10^{10} \text{ J}$$

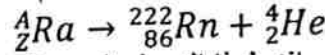
ب/ تظهر الطاقة المحررة على شكل:

- طاقة حرارية (إشعاعية).

- حركية.

#### التمرين 44:

يعتبر الرادون  $^{222}\text{Rn}$  غاز مشع، ينتج بتفكك الراديوم  $\text{Ra}$  وفق المعادلة النمذجة:



(1) أ/ ما هو نمط الإشعاع الموافق لهذا التحول النووي؟

ب/ أوجد كل من  $Z$  و  $A$ .

(2) أ/ احسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة  $^{226}_{88}\text{Ra}$  معبرا عنها بوحدة الكتل الذرية  $u$ .

ب/ أعط الصيغة الشهيرة لأينشتاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة-طاقة.

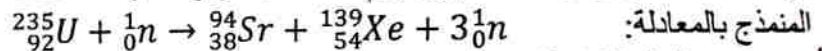
(3) باعتبار أن قيمة طاقة الربط  $E_l$  لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$  تساوي القيمة  $27,36 \times 10^{-11} \text{ J}$

أ/ عرف طاقة الربط  $E_l$  للنواة.

ب/ احسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$ .

ج/ عرف طاقة الربط لكل نوية واستنتج قيمتها لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$ .

(4) في المفاعلات النووية يستعمل اليورانيوم المخصب كوقود، حيث تحدث له عدة تفاعلات انشطار من بينها التحول



النموذج بالمعادلة:

أ/ عرف تفاعل الانشطار.

ب/ احسب الطاقة المحررة من جراء هذا التحول مقدرة بالـ  $\text{MeV}$  والجول (J).

المعطيات:

$$m(\text{Xe}) = 138,889 \text{ u}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$m(^1_1\text{p}) = 1,007 \text{ u}$$

$$m(\text{Ra}) = 225,977 \text{ u}$$

$$m(^1_0\text{n}) = 1,009 \text{ u}$$

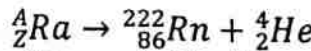
$$m(\text{U}) = 234,994 \text{ u}$$

$$m(\text{Sr}) = 93,894 \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

#### تصحيح التمرين 44:



(1) أ/ نمط الإشعاع: هو إشعاع  $\alpha$  المتكون من أنوية الهيليوم  $^4_2\text{He}$ .

ب/ إيجاد  $Z$  و  $A$ :  $Z = 86 + 2 = 88$  و  $A = 222 + 4 = 226$ .

(2) أ/ حساب  $\Delta m$  لـ  $^{226}_{88}\text{Ra}$ :

$$\Delta m(^{226}_{88}\text{Ra}) = (880m_p + 138m_n) - m(^{226}_{88}\text{Ra})$$

$$= 88 \times 1,0073 + 138 \times 1,009 - 225,997 = 1,881 \text{ (u)}$$

ب/ علاقة أينشتاين:  $E = m \cdot C^2$

(3) أ/ طاقة الربط للنواة: هي الطاقة الواجب توفيرها لنواة وهي ساكنة حتى تتفكك إلى مكوناتها وهي ساكنة

ومعزولة.

لدينا:  $E_l = \Delta m \cdot C^2$  منه:

ب/ حساب  $\Delta m$  لـ  $^{222}\text{Rn}$ :

$$\Delta m = \frac{E_l}{C^2} = \frac{27,36 \times 10^{-11}}{(3 \times 10^8)^2} = 3,04 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

## الوحدة 2: التحولات النووية

ج/ طاقة الربط لكل نوية: هي النسبة بين طاقة ربط النواة وعدد النيكليونات، أو الطاقة المحررة من طرف كل نكليون لضمان تماسك النواة

حساب  $\frac{E_l}{A}$  لنواة  $^{222}_{86}\text{Rn}$ :  $\frac{E_l(^{222}_{86}\text{Rn})}{222} = 1,23 \times 10^{-12} \text{ (J/nuc)}$

4 / تفاعل الانشطار: هو تفاعل نووي مفتعل يتم فيه شطر نواة ثقيلة إثر قذفها بنوترون إلى نواتين أكثر استقرارا ونوترونات + طاقة.

ب/ حساب  $E_{lib}$ :  
بالجول:  $E_{lib} = \Delta m \cdot C^2$   
لكن:  $\Delta m = m(^{235}\text{U}) + m(^1_0\text{n}) - m(^{94}\text{Sr}) - m(^{139}\text{Xe}) - 3 \cdot m(^1_0\text{n})$   
معناه:  $\Delta m = 0,193 \cdot u = 3,2038 \times 10^{-28} \text{ (Kg)}$   
إذن:  $E_{lib} = \Delta m \cdot C^2 = 2,88 \times 10^{-11} \text{ J}$   
بالـ (MeV):  $E_{lib} \text{ (MeV)} = 180 \text{ MeV}$

### التمرين 45:

1 / التفاعل بين الدوتريوم والتريتيوم ينتج نواة  $^4_2\text{He}$  ونيوترون وتحرير طاقة.

أ/ ما نوع التفاعل الحادث؟ عرّفه.

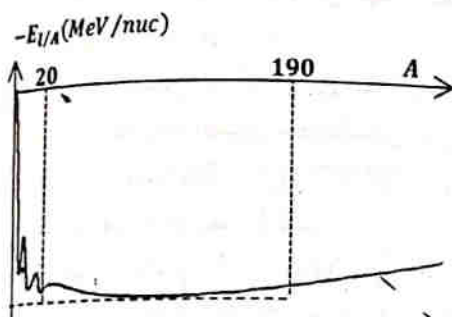
ب/ اكتب معادلة التفاعل الحادث.

2 / أ/ منحنى أستون (الشكل) ماذا يمثل؟

ب/ حدّد من (الشكل) مجالات الأنوية القابلة للانشطار، الأنوية القابلة للاندماج و الأنوية المستقرة.

3 / أ/ اكتب عبارة طاقة الربط النووي  $E_t$  للنواة  $^A_Z\text{X}$ .

ب/ احسب قيمة هذه الطاقة المحررة مقدرة بـ MeV



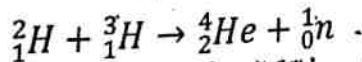
| النواة           | $^2_1\text{H}$ | $^3_1\text{H}$ | $^4_2\text{He}$ | المعطيات: |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------|
| طاقة الربط (MeV) | 2,22           | 8,48           | 28,29           |           |

### تصحيح التمرين 45:

1 / أ/ نوع التفاعل: تفاعل اندماج.

تعريفه: هو التحام أو انضمام نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أكثر استقرارا مع تحرير طاقة.

ب/ كتابة المعادلة:



2 / أ/ يمثل منحنى أستون تغيرات معاكس طاقة الربط لكل نوكلون  $-E_l/A$  بدلالة العدد الكتلي A.

ب/ - مجال الأنوية القابلة للانشطار  $A \geq 190$

- مجال الأنوية القابلة للاندماج  $A \leq 20$

- مجال الأنوية المستقرة  $20 < A < 190$

3 / أ/ طاقة الربط النووي:

$$E_l = \left[ (Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m(^A_Z\text{X})) \cdot C^2 \right]$$

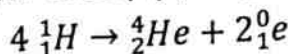
ب/ حساب الطاقة المحررة:

$$|\Delta E| = |E_l(^4_2\text{He}) - E_l(^2_1\text{H}) - E_l(^3_1\text{H})| = |28,29 - 8,48 - 2,22| = 17,59 \text{ MeV}$$



التمرين 46:

- (1) النشاط الإشعاعي هو عدد التفككات خلال ثانية واحدة.  
 أ/ البيكرال هي وحدة القياس المستعملة في النشاط الإشعاعي، عزف البيكرال.  
 ب/ تفكك نواة الإيريديوم  $^{192}_{77}Ir$  يعطي البلاتين  $^{192}_{78}Pt$  المشعة أيضا. يصاحب هذا التفكك إصدار للإشعاع  $\gamma$ .  
 - اكتب معادلة تفكك نواة الإيريديوم، موضعا النمط الإشعاعي الموافق لهذا التحول النووي.  
 - فسر إصدار الإشعاع  $\gamma$  خلال هذا التحول.  
 ج/ النشاط الإشعاعي لـ  $1g$  من الإيريديوم هو  $A = 3.4 \times 10^{14} Bq$ .  
 - جد عدد أنوية الإيريديوم  $N$  الموجودة في  $m = 1g$  من العينة.  
 - احسب  $t_{1/2}$  نصف العمر للإيريديوم.  
 (2) إن الانتماج النووي هو مصدر الطاقة المشعة كما في الشمس والنجوم.  
 تحدث تفاعلات متسلسلة في الشمس والتي يمكن نمذجتها بالمعادلة التالية:



حسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لهذا التفاعل بوحدة الكتل الذرية  $u$  وكذا الطاقة المحررة لتشكل نواة الهيليوم بـ  $MeV$ .  
 المعطيات:

$$c = 3 \times 10^8 m/s$$

$$1u = 1.66 \times 10^{-27} Kg$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

| النواة        | ${}^4_2He$ | ${}^1_1p$ | ${}^1_0n$ | ${}^0_1e$ |
|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| الكتلة بـ (u) | 4.0015     | 1.0073    | 1.0087    | 0.0005    |

تصحيح التمرين 46:

- (1) أ/ تعريف: البيكرال يوافق تفكك واحد في الثانية.  
 ب/ معادلة التفكك:  $^{192}_{77}Ir \rightarrow ^{192}_{78}Pt + {}^0_1e + \gamma$   
 - النمط الإشعاعي الموافق لهذا التحول النووي هو:  $\beta^-$   
 - تفسير إصدار إشعاع  $\gamma$ : خلال تفكك نواة الإيريديوم ينتج نواة البلاتين في حالة مثارة  $^{192}_{78}Pt^*$  وتفقد إثارتها عند عودتها إلى حالتها الأساسية بإصدار  $\gamma$  (موجات كهرومغناطيسية) وفق المعادلة:  
 $^{192}_{78}Pt^* \rightarrow ^{192}_{78}Pt + \gamma$   
 ج/ عدد أنوية الإيريديوم الموجودة في  $1g$  من العينة:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{1}{192} \times 6.02 \times 10^{23} \simeq 3.14 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$

زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  للإيريديوم:

$$\begin{cases} t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \\ \lambda = \frac{A}{N} \end{cases} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{N \cdot \ln 2}{A} = 6.4 \times 10^6 s \simeq 74 \text{ jours}$$

(2) حساب  $\Delta m$ :

$$\Delta m = m_i - m_f = 4 \cdot m({}^1_1H) - m({}^4_2He) - 2m({}^0_1e)$$

$$\Delta m = 0.0267 u = 0.0267 \times 1.66 \times 10^{-27} Kg = 4.4 \times 10^{-29} Kg$$

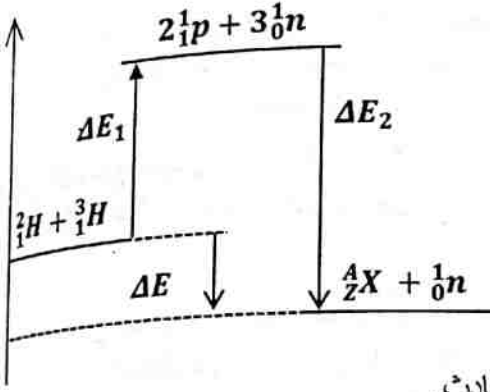
الطاقة المحررة:

$$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2 = 4.4 \times 10^{-29} \times (3 \times 10^8)^2 \simeq 0.396 \times 10^{-11} J \simeq 24.75 MeV$$

### التمرين 47:

انطلق برنامج البحث ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) بفرنسا لدراسة الاندماج النووي لنظيري الهيدروجين  $^2_1H$  ،  $^3_1H$  وذلك من أجل التأكد من الإمكانية العلمية لإنتاج الطاقة عبر الاندماج النووي.

(1) أ/ اكتب معادلة الاندماج النووي بين الديوتريوم  $^2_1H$  والتريتيوم  $^3_1H$  ، علما أن التفاعل ينتج نواة  $^4_2X$  ونيوترونا.



ب/ يتعلق زمن نصف العمر ب:  
- عدد الأنوية الابتدائية  $N_0$  للنظير المشع.  
- درجة حرارة العينة المشعة.  
- نوع النظير المشع.

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات السابقة.  
(2) أ/ عرف طاقة الربط للنواة  $E_l(^4_2X)$  ، ثم اكتب عبارتها.  
ب/ احسب طاقة الربط للنواة وطاقة الربط لكل نوية:  $^2_1H$  ،  $^3_1H$

(3) المخطط الطاقوي (شكل-1) يمثل الحصلة الطاقوية لتفاعل اندماج نظيري الهيدروجين  $^2_1H$  ،  $^3_1H$  .  
أ/ احسب مقدار الطاقة المحررة عن تفاعل الاندماج الحادث.

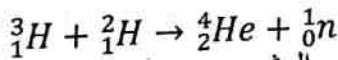
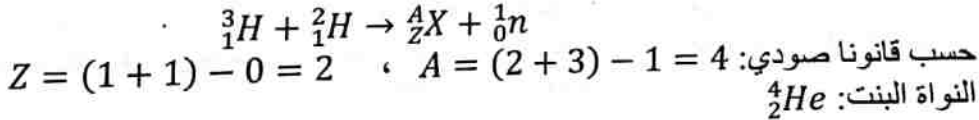
ب/ احسب مقدار الطاقة المحررة عن اندماج  $1g$  من  $^2_1H$  و  $1.5g$  من  $^3_1H$ .

يعطى:

$$\begin{aligned} m(^1_0n) &= 1.00866 \text{ u} & m(^2_1H) &= 2.01355 \text{ u} & m(^3_1H) &= 3.0155 \text{ u} \\ 1 \text{ u} &= 931.5 \text{ MeV}/c^2 & m(^1_1p) &= 1.00728 \text{ u} & m(^4_2He) &= 4.0015 \text{ u} \\ N_A &= 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \end{aligned}$$

### تصحيح التمرين 47:

(1) أ/ كتابة المعادلة:



ب/ يتعلق زمن نصف العمر بنوع النظير المشع.  
(2) أ- طاقة الربط للنواة هي الطاقة الواجب إعطاؤها لنواة ساكنة لتفكيكها إلى نوياتها الساكنة.

$$E_l(^4_2X) = [Zm_p + (A - Z)m_n - m(^4_2X)]c^2$$

$$E_l(^2_1H) = (1,00728 + 1,00866 - 2,0155) \times 931,5 = 2,226 \text{ MeV}$$

$$E_l(^3_1H) = (1,00728 + 2 \times 1,00866 - 3,0155) \times 931,5 = 8,477 \text{ MeV}$$

$$E_l(^4_2He) = (2 \times 1,00728 + 2 \times 1,00866 - 4,0015) \times 931,5 = 28,29 \text{ MeV}$$

قيمة طاقة الربط لكل نوية:

$$\frac{E_l(^4_2He)}{4} = \frac{28,29}{4} = 7,072 \text{ MeV/nuc} \quad ; \quad \frac{E_l(^2_1H)}{2} = \frac{2,226}{2} = 1,113 \text{ MeV/nuc}$$

$$\frac{E_l(^3_1H)}{3} = \frac{8,477}{3} = 2,826 \text{ MeV/nuc}$$

النواة الأكثر استقرارا هي:  $^4_2He$ .



(3) / قيمة الطاقة المحررة:

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = (E_l({}^3_1H) + E_l({}^2_1H) - E_l({}^4_2He))$$

$$\Delta E = (2,226 + 8,4777) - 28,29 = -17,59 \text{ MeV}$$

$$E_{lib} = |\Delta E| = 17,59 \text{ MeV}$$

$$N_1({}^2_1H) = \frac{1}{2} \times 6,02 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{23} \text{ Noy}$$

$$N_2({}^3_1H) = \frac{1,5}{3} \times 6,02 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{23} \text{ Noy}$$

$$E_t = N_1 \times E_{lib} = N_2 \times E_{lib} = 52,95 \times 10^{23} \text{ MeV}$$

**التمرين 48:**

من بين نظائر عنصر الكلور الطبيعية نظيران مستقران هما:  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ ،  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$  ونظير آخر مشع هو  ${}^{36}_{17}\text{Cl}$ .  
يتفكك الكلور 36 إلى الأرجون 36. نصف عمر  ${}^{36}_{17}\text{Cl}$  تقدر بـ  $301 \times 10^3 \text{ ans}$ .

- (1) ماذا يمثل القيمتان 35 و 37 لنظيري الكلور المستقرين؟ اكتب رمز نواة الكلور 36.
- (2) احسب طاقة الربط لنواة الكلور 36 بـ  $\text{MeV}$ .
- (3) اكتب معادلة التفكك النووي للكلور 36، مع ذكر القوانين المستعملة ونمط التفكك.
- (4) في المياه السطحية يتجدد الكلور 36 باستمرار مما يجعل نسبته ثابتة، والعكس بالنسبة للمياه الجوفية، حيث أن الذي يتفكك لا يتجدد. هذا ما يجعله مناسباً لتأريخ المياه الجوفية القديمة. وُجد في عينة من مياه جوفية أن عدد أنوية الكلور 36 تساوي 38% من عددها الموجودة في الماء السطحي. احسب عمر الماء الجوفي.

المعطيات: سرعة الضوء في الفراغ:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ،  $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$

| الأرغون 36 | الكلور 36 | النيترون | البروتون |                                  |
|------------|-----------|----------|----------|----------------------------------|
|            | 59.71128  | 1.67492  | 1.67262  | الكتلة ( $10^{-27} \text{ Kg}$ ) |
| 18         | 17        | 0        | 1        | العدد الشحني Z                   |

**تصحيح التمرين 48:**

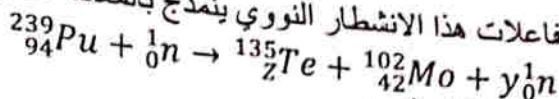
- (1) القيمتان هما العدد الكتلي ويمثلان عدد النويات (النوكليونات) في كل نظير.  
الرمز:  ${}^{36}_{17}\text{Cl}$ .
- (2) طاقة الربط:  $E_l = (Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m({}^{36}_{17}\text{Cl})) \cdot c^2 = 307,54125 \text{ MeV}$
- (3) معادلة التفاعل:  ${}^{36}_{17}\text{Cl} \rightarrow {}^{36}_{18}\text{Ar} + {}^0_{-1}\text{e}$  ومنه:  $Z = -1$ ،  $A = 0$   
 $\beta^-$  نمط التفكك.
- (4) حساب عمر الماء الجوفي:  
$$t = \frac{-t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{-301 \times 10^3}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{38}{100}\right) = 420 \times 10^3 \text{ ans}$$

ما هي قيمة  $1/2$  من  $2/3$  من  $3/4$  من  
 $4/5$  من  $5/6$  من  $6/7$  من  $7/8$  من  $8/9$   
من  $9/10$  من 1000 ؟

### التمرين 49:

في المفاعلات النووية ينتج عادة أحد نظائر البلوتونيوم القابل للانشطار.

(1) أحد تفاعلات هذا الانشطار النووي يتمذج بالمعادلة التالية:



أ/ عرف الانشطار النووي.

ب/ باستخدام قانوني الانحفاظ. جد قيمة كل من العددين  $z$  و  $y$

ج/ اكتب عبارة الطاقة المحررة من انشطار نواة بلوتونيوم  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  بدلالة:  $c$  سرعة الضوء، والكتل:  $m({}^1_0\text{n})$ ،  $m({}^{239}_{94}\text{Pu})$ ،  $m({}^{135}_{52}\text{Te})$ ،  $m({}^{102}_{42}\text{Mo})$

(2) يعطي المخطط الطاقوي لانشطار نواة بلوتونيوم  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  كما في الشكل:

أ/ استنتج من المخطط الطاقوي قيمة طاقة الربط  $E_l$  لنواة البلوتونيوم  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ .

ب/ إن طاقة الربط لكل نوية لنواة الموليبدان 102 هي:

$$\frac{E_l}{A}({}^{102}_{42}\text{Mo}) = 8.35 \text{ MeV/nuc}$$

- قارن استقرار النواتين  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  و  ${}^{102}_{42}\text{Mo}$

- هل هذه النتيجة تتوافق مع تعريف الانشطار النووي؟

ج/ ماهي الطاقة المحررة بوحدة الجول (J) عن انشطار 1g من البلوتونيوم  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  يعطى:

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

### تصحيح التمرين 49:

(1) أ/ تعريف الانشطار النووي: هو تفاعل نووي مفتعل يحدث بقذف نواة ثقيلة غير مستقرة ببترون فتتشرط إلى نواتين أكثر استقرارا وتحرير طاقة.

ب/ قيمة  $Z$  و  $Y$ :

$$94 + 0 = Z + 42 \Rightarrow Z = 52$$

$$239 + 1 = 135 + 102 + Y \Rightarrow Y = 3$$

ج/ عبارة الطاقة المحررة:

$$E_{lib} = \Delta m \cdot C^2 \quad \Delta m = m_i - m_f$$

$$E_{lib} = [m({}^{239}_{94}\text{Pu}) - (m({}^{135}_{52}\text{Te}) + m({}^{102}_{42}\text{Mo}) + 2m({}^1_0\text{n}))] \cdot C^2$$

(2) أ/ طاقة الربط  $E_l$  للبلوتونيوم  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ :

$$E_l = [Z \cdot m({}^1_1\text{p}) + (A - Z)m({}^1_0\text{n}) - m({}^{239}_{94}\text{Pu})] \cdot C^2$$

$$E_l = [94 \cdot m({}^1_1\text{p}) + 145m({}^1_0\text{n}) - m({}^{239}_{94}\text{Pu})] \cdot C^2 = E_2 - E_1$$

$$E_l = (22,537 - 22,362) \cdot 10^4 = 1750 \text{ MeV}$$

ملاحظة: تقبل مباشرة من العلاقة:

$$E_l = E_2 - E_1$$

ب/ مقارنة استقرار النواتين  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  و  ${}^{102}_{42}\text{Mo}$ :

$$\frac{E_l}{A}({}^{239}_{94}\text{Pu}) = \frac{1750}{239} = 7,32 \text{ MeV/nuc}$$

بما أن:  $\frac{E_l}{A}({}^{239}_{94}\text{Pu}) < \frac{E_l}{A}({}^{102}_{42}\text{Mo})$  فإن النواة:  ${}^{102}_{42}\text{Mo}$  هي الأكثر استقرارا.

- نعم هذه النتيجة متوافقة مع التعريف حيث تنتج نواة أكثر استقرارا.



ج/ الطاقة المحررة من انشطار 1g من البلوتونيوم:  
 $E_T = N \cdot E_{lib}$  هو عدد الأنوية في العينة.

$$N = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{1}{239} \times 6,02 \times 10^{23} = 2,518 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$

$$E_{lib} = |E_3 - E_1| = |22,321 - 22,362 \times 10^4| = 410 \text{ MeV}$$

$$E_T = N \cdot E_{lib} = 2,518 \times 10^{21} \times 410 = 1,02338 \times 10^{24} \text{ MeV}$$

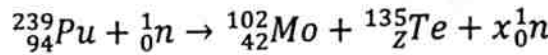
التحويل إلى وحدة الجول (J).

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

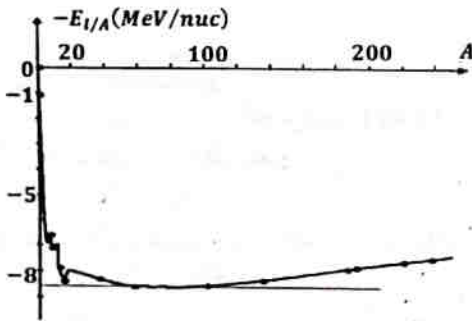
$$E_T = 1,02338 \times 10^{24} \times 1,6 \times 10^{-13} = 1,65 \times 10^{11} \text{ J}$$

### التمرين 50:

يستعمل البلوتونيوم 239 كوقود في المحطات النووية، عندما نقذف نواته بـ نوترونات تنشط إلى نواتين ونوترونات. بنمذج أحد التفاعلات الممكنة لانشطار  $^{239}_{94}\text{Pu}$  بالمعادلة:



- (1) اكتب قانوني الانحفاظ في التفاعلات النووية ثم عين قيمة Z و X.
- (2) احسب الطاقة المحررة عن انشطار نواة واحدة البلوتونيوم 239 واستنتج النقص في الكتلة  $\Delta m$  المكافئ.
- ب/ ضع مخططا طاويا يمثل الحصيلة الطاقوية لتفاعل انشطار نواة البلوتونيوم 239.
- (3) يستهلك مفاعل نووي كل يوم (24h) كتلة من البلوتونيوم 239 قدرها 35g. احسب الاستطاعة المتوسطة للمفاعل.
- (4) ا/ ماذا يمثل المنحنى المقابل؟ (الشكل) وما الفائدة منه؟  
 ب/ أعد رسم المنحنى بشكل كافي وحدد عليه مواضع الأنوية التالية:  $^{135}_{52}\text{Te}$  و  $^{102}_{42}\text{Mo}$  و  $^{239}_{94}\text{Pu}$ .



$$E_{l/A}({}^{102}_{42}\text{Mo}) = 8,6 \text{ MeV/nuc}$$

$$E_{l/A}({}^{239}_{94}\text{Pu}) = 7,5 \text{ MeV/nuc}$$

$$E_{l/A}({}^{135}_{52}\text{Te}) = 8,3 \text{ MeV/nuc}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

### تصحيح التمرين 50:

- (1) قانونا الانحفاظ:  
 إنحفاظ النكليونات A :  $239 + 1 = 102 + 135 + x$  ومنه:  $x = 3$   
 إنحفاظ الشحنة Z :  $94 + 0 = 42 + Z + 0$  ومنه:  $Z = 52$
- (2) ا/

$$\Delta E = E_l({}^{239}_{94}\text{Pu}) - E_l({}^{102}_{42}\text{Mo}) - E_l({}^{135}_{52}\text{Te})$$

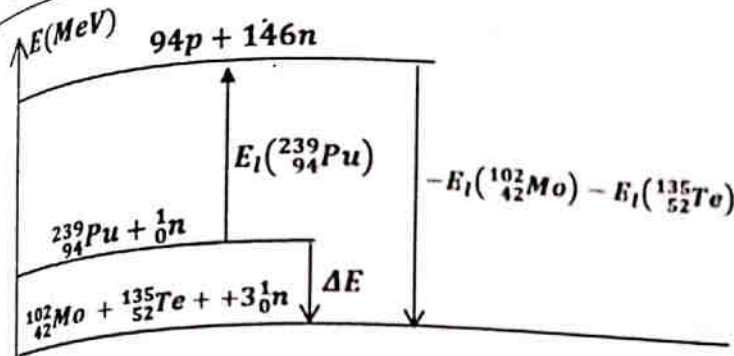
$$\Delta E = 239 \times E_{l/A}({}^{239}_{94}\text{Pu}) - 102 \times E_{l/A}({}^{102}_{42}\text{Mo}) - 135 \times E_{l/A}({}^{135}_{52}\text{Te})$$

$$\Delta E = -205 \text{ MeV}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = -0,22008u$$

ملاحظة: يمكن عدم مراعاة الإشارة (-).

ب/ مخطط الحصلة الطاقوية:



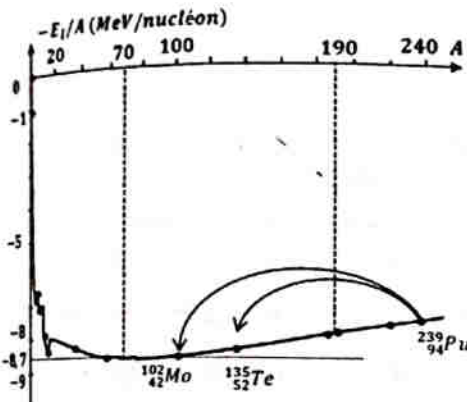
سأل أحدهم الآخر: أتذهب الى أمريكا  
أم تبقى؟ فأجاب: سلاذهب الى تبقى  
وطن أنها دولة

(3) حساب الاستطاعة المتوسطة للمفاعل:

$$E_{Tot} = N(Pu) \cdot |\Delta E| = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot |\Delta E|$$

$$P = \frac{E_{Tot}}{\Delta t} = \frac{m \cdot N_A \cdot |\Delta E|}{M \cdot \Delta t}$$

$$\Rightarrow P_{moy} = 33,5 \text{ MW}$$



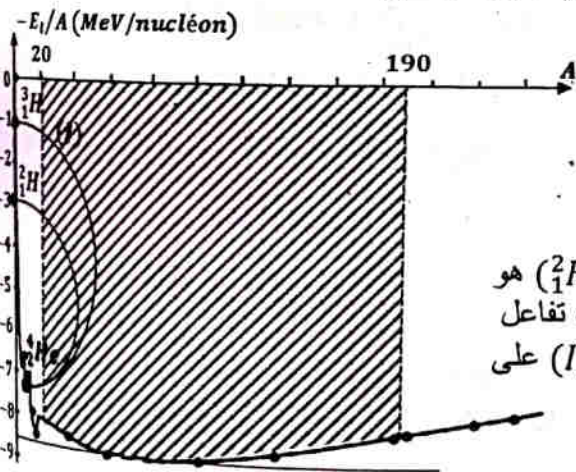
أ/ منحنى أستون ويمثل تغيرات معاكس طاقات الربط لكل نوية  
بدلالة عدد نوياتها:  $-E_{l/A} = f(A)$

- الفائدة منه:
- مقارنة استقرار الأنوية.
- تحديد آلية استقرار الأنوية (الانشطار أو الاندماج).
- ب/ لا حظ الشكل:

### التمرين 51:

من نظائر الهيدروجين: الدوتريوم D (نواته:  $^2_1H$ ) والتريتيوم T (نواته:  $^3_1H$ ).

- أعط تركيب نواة كل نظير.
- عرف نظائر العنصر.
- ماذا يمثل منحنى أستون الموضح بالشكل؟  
- ماذا تمثل المنطقة المظلمة من البيان؟  
- اذكر آلية استقرار باقي الأنوية.
- عرف طاقة الربط  $E_l$  للنواة.
- يتطلع علماء النواة حاليا إلى أن يكون المزيج ( $^2_1H + ^3_1H$ ) هو الوقود المستقبلي للمفاعلات النووية. يحدث لهذا المزيج، تفاعل اندماج يؤدي إلى تشكل النواة  $^4_2He$  ومنمذج بالتحول (I) على المخطط.



أ/ اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل الاندماج الحادث.  
ب/ أعط عبارة الطاقة المحررة عن هذا التفاعل بطريقتين مختلفتين ثم احسب قيمتها العددية بالـ MeV.

المعطيات:

$$m(^1_0n) = 1.00866u$$

$$\frac{E_l}{A}(^4_2He) = 7,1 \text{ MeV/nucleon}$$

$$m(^4_2He) = 4.00150u$$

$$1u = 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

$$\frac{E_l}{A}(^3_1H) = 2,8 \text{ MeV/nucleon}$$

$$m(^3_1H) = 3.01550u$$

$$\frac{E_l}{A}(^2_1H) = 1,1 \text{ MeV/nucleon}$$

$$m(^2_1H) = 2.01355u$$



## تصحيح التمرين 51:

(1) التركيب:

| النواة                       | ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{H}$ |
|------------------------------|------------------|------------------|
| عدد البروتونات: $Z$          | 1                | 1                |
| عدد النيوترونات: $N = A - Z$ | 1                | 2                |

(2) نظائر العنصر لها العدد  $Z$  نفسه و  $A$  مختلف.

(3) يمثل منحنى أستون تغيرات عكس طاقة الربط لكل نوية في نواة ذرية  ${}^A_ZX$  بدلالة عدد نوياتها  $A$  أي:

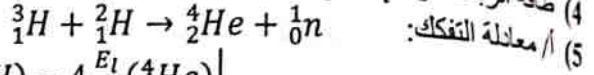
$$-\left(\frac{E_l}{A}\right) = f(A)$$

نفس المنطقة من البيان "غالبية الأنوية المستقرة" والتي تتميز بـ:  $20 < A < 190$ .

- الأنوية الخفيفة  $A \leq 20$ : تستقر بآلية "الاندماج النووي".

- الأنوية الثقيلة  $A \geq 190$ : تستقر بآلية "الانشطار النووي".

(4) طاقة الربط للنواة  $E_l$  هي: الطاقة الواجب توفيرها لنواة ساكنة لفصلها إلى نكليونات المنعزلة والساكنة.



$$|\Delta E| = \left| 2 \frac{E_l}{A} ({}^2_1\text{H}) + 3 \frac{E_l}{A} ({}^3_1\text{H}) - 4 \frac{E_l}{A} ({}^4_2\text{He}) \right|$$

$$= |(2 \times 1,1) + (3 \times 2,8) - (4 \times 7,1)| = 17,8 \text{ MeV}$$

أو:

$$|\Delta E| = |m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^3_1\text{H}) - m({}^2_1\text{H}) \times c^2|$$

$$= |(4,00150 + 1,00866 - 3,01550 - 2,01355) \times 931,5| = 17,6 \text{ MeV}$$

## التمرين 52:

المعطيات

$$m_p = 1.00728 \text{ u}$$

$$m({}^{138}\text{Te}) = 137.8861 \text{ u}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m_n = 1.00866 \text{ u}$$

$$m({}^{95}\text{Zr}) = 94,9009 \text{ u}$$

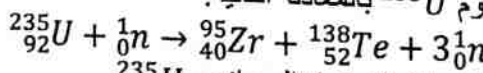
$$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$m({}^{235}\text{U}) = 234.99332 \text{ u}$$

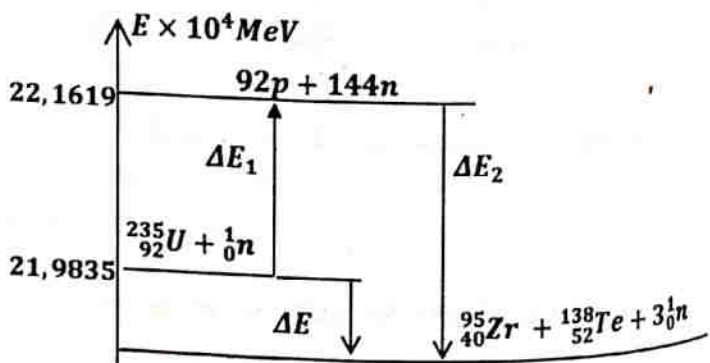
$$1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

|                   |                    |                    |                    |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ${}_{53}\text{I}$ | ${}_{54}\text{Xe}$ | ${}_{55}\text{Cs}$ | ${}_{56}\text{Ba}$ |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

المربود الطاقوي:  $\rho = E_{elec}/E$  (الطاقة الكهربائية،  $E$  الطاقة المتحررة)  
تحرر مختلف الانشطارات الممكنة لليورانيوم 235، نيوترونات ويرافق ذلك تحرير طاقة حرارية معتبرة توظف لتوليد الطاقة الكهربائية، غير أن ذلك يتبع بإنتاج نفايات إشعاعية مضرّة للإنسان والبيئة.  
يمثل أحد تفاعلات الانشطار لليورانيوم 235 بالمعادلة التالية:



(1) احسب الطاقة المتحررة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم 235. ماذا يمثل فيزيائيا  $\Delta E_1$  و  $\Delta E_2$ ؟ احسب قيمتهما.  
(2) يمثل الشكل المخطط الطاقوي لانشطار نواة اليورانيوم 235.



ما ندمت على سكوتي مرة،  
لكنني ندمت على الكلام مرارا  
عمر بن الخطاب

- (3) ينتج مفاعل نووي يعمل باليورانيوم 235 استطاعة كهربائية  $P = 30 \text{ MW}$  بمردود طاقي  $\rho = 30\%$  المدة  $\Delta t = 30 \text{ jours}$ . ما هي كتلة اليورانيوم المستهلكة خلال
- (4) تتميز النواة الناتجة  $^{138}_{52}\text{Te}$  بنشاط إشعاعي  $\beta^-$ .  
 أ/ ما المقصود بالنشاط الإشعاعي  $\beta^-$ ?  
 ب/ اكتب معادلة تفكك النواة  $^{138}_{52}\text{Te}$ .
- (5) اذكر على الأقل خطرين من مخاطر هذه الظاهرة على الإنسان والبيئة.

## تصحيح التمرين 52:

- (1) الطاقة المتحررة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم:  
 $E_{lib} = (m_i - m_f)C^2 = 176,50 \text{ MeV}$
- (2)  $\Delta E_1$ : تمثل طاقة الربط لنواة اليورانيوم (الطاقة الواجب تقديمها لتفكيك نواة الأورانيوم إلى مختلف نوياتها).  
 $\Delta E_1 = E_2 - E_1 = 1784 \text{ MeV}$   
 $\Delta E_2$ : تمثل مجموع طاقتي الربط للنواتين الناتجتين بالإشارة السالبة (تمثل الطاقة المحررة من جراء تشكيل النواتين انطلاقا من مكوناتها الأساسية).  
 $\Delta E_2 = -E_1(Zr) - E_1(Te) \Rightarrow \Delta E = \Delta E_2 + \Delta E_1 \Rightarrow \Delta E_2 = -1960,5 \text{ MeV}$
- (3) أ/ كتلة اليورانيوم المستهلكة بعد مرور زمن  $\Delta t = 30 \text{ jours}$ :  
 حساب الطاقة الكلية المستهلكة  $E$ :  
 $E_{elec} = P \cdot \Delta t = 7,76 \times 10^{13} \text{ J}$   
 $\rho = \frac{E_{elec}}{E} \Rightarrow E = \frac{E_{elec}}{\rho} = 25,92 \times 10^{13} \text{ J}$   
 حساب كتلة اليورانيوم المستهلكة  $m$ :

$$E = N \cdot E_{lib} = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_{lib}$$

$$m = \frac{E \cdot M}{N_A \cdot E_{lib}} = \frac{25,92 \times 10^{13} \times 235}{6,02 \times 10^{23} \times 176,5 \times 1,6 \times 10^{-13}} = 3,6 \text{ Kg}$$

- (4) أ/ المقصود بالنشاط  $\beta^-$ : هو إصدار إلكترون من نواة مشعة  
 $^{138}_{52}\text{Te} \rightarrow ^{138}_{53}\text{I} + ^0_{-1}e$
- (5) ذكر خطرين من أخطار الانشطار النووي: مختلف الأمراض والتشوهات التي تصيب الكائنات الحية وكل الأضرار الناجمة عن التلوث الإشعاعي للبيئة.

## التمرين 53:

|                                    |
|------------------------------------|
| $m(^{32}_{15}\text{P}) = 31.9657u$ |
| $m(^{32}_{16}\text{S}) = 31.9633u$ |
| $m(^1_1\text{p}) = 1.00728u$       |
| $m(^1_0\text{n}) = 1.00866u$       |
| $1u = 931.5 \text{ MeV}/c^2$       |

| مقطب من المخطط (N - Z) |                      |                       |
|------------------------|----------------------|-----------------------|
| $^{32}_{15}\text{P}$   | $^{33}_{16}\text{S}$ | $^{34}_{17}\text{Cl}$ |
| $^{31}_{15}\text{P}$   | $^{32}_{16}\text{S}$ | $^{33}_{17}\text{Cl}$ |
| $^{30}_{15}\text{P}$   | $^{31}_{16}\text{S}$ | $^{32}_{17}\text{Cl}$ |

| بطاقة تعريف الفوسفور 32 |                     |
|-------------------------|---------------------|
| $^{32}_{15}\text{P}$    | رمز النواة          |
| $\beta^-$               | نوع النشاط الإشعاعي |
| 8.46 MeV                | طاقة الربط لكل نوية |
| 14 Jours                | $t_{1/2}$ نصف العمر |

يستخدم الفوسفور 32 في الطب النووي معالجة ظاهرة الإفراط في إنتاج كريات الدم الحمراء في نخاع العظام، وذلك بحقن عينة من محلوله في جسم الإنسان.

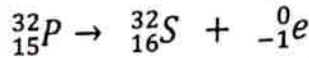
- (1) بالاستعانة بالمقطب المعطى وبطاقة تعريف الفوسفور:  
 أ/ اكتب معادلة تفكك نواة الفوسفور 32.  
 ب/ اكتب قانون التناقص الإشعاعي  $N(t)$  ثم عبر عن هذا التناقص بكتلة العينة المتبقية مع العنصر المشع.  
 ج/ تحقق من قيمة طاقة الربط لكل نوية المعطاة في البطاقة.



- (2) النواة الناتجة عن تفكك الفوسفور 32 هي نواة مستقرة، إذا كانت الكتلة  $m'(t)$  هي كتلة العينة المشكلة من هذه الأنوية المستقرة في اللحظة  $t$  و  $m_0$  هي الكتلة الابتدائية للفوسفور 32. بين أن:  $m'(t) = m_0(1 - e^{-\lambda t})$  هو ثابت النشاط الإشعاعي.
- (3) يمكن الحصول على النواة الناتجة السابقة من نواة أخرى موجودة على المقطف  $(N - Z)$ ، ما هي هذه النواة؟ اكتب معادلة هذا التحول النووي.
- (4) بفرض أن عينة من أنوية  $^{32}_{15}P$  تصبح غير صالحة لما تصبح نسبة النشاط الابتدائي هي  $\frac{A(t)}{A_0} = \frac{1}{4}$ ، بين أن المدة الزمنية لانتفاء صلاحية العينة ابتداءً من تحضيرها هو  $t = 2t_{1/2}$ .

### تصحيح التمرين 53:

(1) / معادلة التحول النووي الحادث:



ب/ قانون التناقص الإشعاعي:  $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$  ;  $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$  ;  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{1}{A} (15m_p + 17m_n - m(P)) \times 931,5 ; \frac{E_l}{A} = 8,46 \text{ MeV/nucleon ج}$$

(2) إثبات العبارة المعطاة:  $m' = m_0 - m = m_0 - m_0 \cdot e^{-\lambda t} = m_0(1 - e^{-\lambda t})$

(3) النواة هي الكلور 32.  $^{32}_{17}Cl \rightarrow ^{32}_{16}S + ^0_{+1}e$

$$\frac{A(t)}{A_0} = \frac{1}{4} \Leftrightarrow e^{-\lambda t} = \frac{1}{4} \Rightarrow \lambda t = 2 \cdot \ln 2 \Rightarrow t = 2 \cdot \frac{\ln 2}{\lambda} = 2t_{1/2} (4)$$

### التمرين 54:

المعطيات:

$$M(H) = 1g \cdot mol^{-1} \quad M(C) = 12g \cdot mol^{-1} \quad N_A = 6.023 \times 10^{23} mol^{-1}$$

| النواة                 | $^{94}_{38}Sr$ | $^{140}_{54}Xe$ | $^{235}_{92}U$ |
|------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| طاقة الربط $E_l (MeV)$ | 807,46         | 1160            | 1745,6         |

تسببت حادثة تشيرنوبيل سنة 1986 في تلويث الأرض والغلاف الجوي بسبب زيادة أنوية العناصر المشعة مثل الميزيوم  $^{134}_{55}Cs$  و  $^{137}_{55}Cs$ . نصف عمر  $^{134}_{55}Cs$  هو 2 ans ونصف عمر  $^{137}_{55}Cs$  هو 30 ans.

(1) حدد النظير المشع للميزيوم الناتج من هذه الحادثة الذي يمكن أن يتواجد إلى يومنا هذا؟ علّل.

(2) يعطي تفكك الميزيوم  $^{137}_{55}Cs$  الإشعاع  $\beta^-$ .

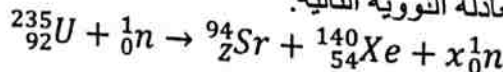
أ/ اكتب معادلة التحول النووي الحادث مبينا النواة الناتجة من بين الأنوية التالية:  $^{137}_{56}Ba$  ،  $^{131}_{53}I$  ،  $^{134}_{55}Cs$ .

ب/ هل تتعلق قيمة نصف العمر للنظير المشع  $^{137}_{55}Cs$  بالمتغيرات الآتية:

- الكمية الابتدائية للنظير المشع.

- درجة الحرارة والضغط.

(3) ينشط اليورانيوم  $^{235}_{92}U$  وفق المعادلة النووية التالية:



أ/ حدد قيمة كل من العددين  $x$  و  $Z$ .

ب/ ما هي النواة الأكثر استقرارا من بين النواتين الناتجتين عن هذا الانشطار النووي؟ علّل

ج/ احسب الطاقة المحررة من انشطار الكتلة  $m = 1mg$  من اليورانيوم  $^{235}_{92}U$

د/ أوجد كتلة غاز البوتان  $C_4H_{10}$  الواجب حرقها لإنتاج نفس الطاقة المحررة من انشطار الكتلة  $m = 1mg$  من اليورانيوم  $^{235}_{92}U$ . علما أن 1 mol من غاز البوتان يحرق طاقة قدرها 1126 KJ. ماذا تستنتج؟

## تصحيح التمرين 54:

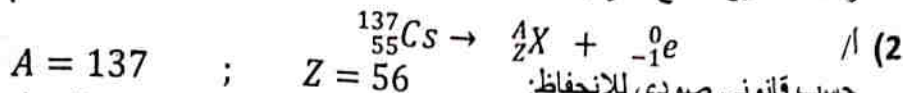
(1)  $\Delta t_1$  مدة اختفاء  $^{137}\text{Cs}$ :

$$\Delta t_1 = 5. \tau_1 = 5 \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \approx 217 \text{ ans}$$

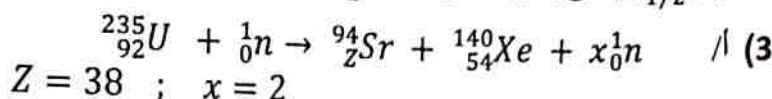
 $\Delta t_2$  مدة اختفاء  $^{134}\text{Cs}$ :

$$\Delta t_2 = 5. \tau_2 = 5 \times \frac{2}{\ln 2} = 14,5 \text{ ans}$$

نحسب المدة الزمنية من حادثة تشرنوبيل إلى غاية يومنا هذا :  $\Delta t_3 = 2018 - 1986 = 32 \text{ ans}$   
و منه النظير المشع الذي يمكن أن يتواجد إلى يومنا هذا هو  $^{137}\text{Cs}$



حسب قانوني صودي للإبقاء:

ب/  $t_{1/2}$  يتعلق بطبيعة النوكليد  $^A_Z\text{X}$  ، لا يتعلق بـ  $N_0$  ، لا يتعلق بدرجة الحرارة والضغط.

$$Z = 38 ; x = 2$$

$$\frac{E_l}{A}(\text{Sr}) = \frac{807,46}{94} = 8,59 \text{ MeV/nuc} \quad \text{ب/}$$

$$\frac{E_l}{A}(\text{Xe}) = \frac{1160}{140} = 8,28 \text{ MeV/nuc}$$

 $^{94}\text{Sr}$  أكثر استقرارا من  $^{140}\text{Xe}$ .

$$E_{lib} = E_{lf} - E_{li} = (1160 + 807,46) - 1745,6 \quad \text{ج}$$

$$E_{lib} = 221,86 \text{ MeV}$$

$$N = \frac{1 \times 10^{-3}}{235} \times 6,02 \times 10^{23} = 2,56 \times 10^{18}$$

$$E_{lib(T)} = 2,56 \times 10^{18} \times 221,86 = 5,68 \times 10^{20} \text{ MeV}$$

$$E_{lib(T)} = 5,68 \times 10^{20} \times 1,6 \times 10^{-13} = 9,1 \times 10^7 \text{ J}$$

$$1 \text{ mol} \rightarrow 1126 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{د}$$

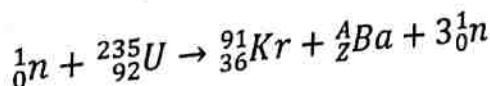
$$n \rightarrow 9,1 \times 10^7$$

$$n = 80,8 \text{ mol}$$

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 80,8 \times 58 = 4686,4 \text{ g} \approx 4,7 \text{ Kg}$$

## التمرين 55:

لدينا التفاعل:

(1) حدد قيم  $A, Z$ .(2) هل يمكن اختزال  $^1_0\text{n}$  من طرفي المعادلة؟ علّل.

(3) هل هذا التفاعل مفتعل أو تلقائي؟ ما هو نوعه؟ وضح على منحني أستون

(4) أين يتم هذا التفاعل؟ في مفاعل نووي أو في الشمس؟

(5) احسب التغير في الكتلة  $\Delta m$  لهذا التفاعل بـ  $u$  و (وحدة الكتلة الذرية).(6) أعط المخطط الطاقوي للتفاعل مظهرا فيه طاقات الربط  $(E_l)$ . استنتج عبارة الطاقة المحررة  $E_{lib} \rightarrow \text{MeV}$ .(7) احسب  $E_{lib}$  حتى نجد النتيجة السؤال 5. لكل عنصر. وحدد لماذا  $E_l(^1_0\text{n}) = 0 \text{ MeV}$ . استنتج عبارة الطاقة المحررة  $E_{lib}$  بدلالة  $(E_l)$ .



(8) احسب الطاقة بالجلول التي يحررها  $m = 1,00 \text{ g}$  من اليورانيوم الذي يحتوي 3,00% من  $^{235}\text{U}$  (نعتبر أن الأنوية الأخرى الموجودة لا تتفاعل).

$$\begin{aligned} m(^{91}_{36}\text{Kr}) &= 90,881 \text{ u} \\ 1 \text{ u} &= 931,5 \text{ MeV}/c^2 \\ E_l(^{235}_{92}\text{U}) &= 1784 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(^{142}_{56}\text{Ba}) &= 141,916 \text{ u} \\ m(^{235}_{92}\text{U}) &= 234,993 \text{ u} \\ E_l(^{91}_{36}\text{Kr}) &= 778 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{المعطيات:} \\ m(^1_0\text{n}) &= 1,009 \text{ u} \\ E_l(^{142}_{56}\text{Ba}) &= 1180 \text{ MeV} \end{aligned}$$

### تصحيح التمرين 55:

(1) تحديد  $A$  و  $Z$ :

$$\begin{aligned} 1 + 235 &= 91 + A + 3 \Rightarrow A = 142 \\ 92 &= 36 + Z \Rightarrow Z = 56 \end{aligned}$$

(2) لا يمكن اختزال  $^1_0\text{n}$ : لأنها ليست معادلة كيميائية، ولأن النيوترون في المتفاعلات يدخل في تركيب النواة  $^{235}_{92}\text{U}$  فتصبح نواة وسيطة  $^{236}_{92}\text{U}$  ثم تنشط.

(3) هذا التفاعل مفتعل وهو انشطار نووي.

(4) يتم هذا التفاعل في المفاعلات النووية أو القنابل النووية.

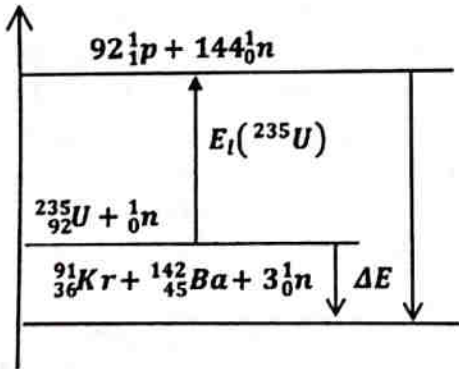
(5) حساب  $\Delta m$ :

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_i - m_f = m(^{235}_{92}\text{U}) + m(^1_0\text{n}) - [m(^{91}_{36}\text{Kr}) + m(^{142}_{56}\text{Ba}) + 3m(^1_0\text{n})] \\ \Delta m &= 0,178 \text{ (u)} \end{aligned}$$

استنتاج  $E_{lib}$ :

$$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2 = 0,178 \times 931,5 \left( \frac{\text{MeV}}{c^2} \cdot c^2 \right) \Rightarrow E_{lib} = 171 \text{ (MeV)}$$

(6) المخطط الطاقوي:



$$\begin{aligned} E_{lib} &= |\Delta m| \\ E_{lib} &= |E_l(^{235}_{92}\text{U}) - [E_l(\text{Kr}) + E_l(\text{Ba})]| \\ E_{lib} &= 174 \text{ (MeV)} \end{aligned}$$

تساوي بالتقريب القيمة المحسوبة سابقا.

$E_{lib}(^1_0\text{n}) = 0 \text{ MeV}$  لأنه نكليون حر غير مرتبط بأي نكليون آخر.

(7) حساب  $E_{lib}$  لـ  $m = 1 \text{ g}$  من اليورانيوم المخصب بـ 3%:

$$N = \left( \frac{m}{M} \cdot N_A \right) \times \frac{3}{100} = \left( \frac{1}{235} \times 6,02 \times 10^{23} \right) \times \frac{3}{100} \Rightarrow N = 7,68 \times 10^{19} \text{ (noyaux)}$$

(8) حساب  $E'_{lib}$ :

$$1 \text{ noyau} \rightarrow E_{lib} (1 \text{ noyau})$$

$$N \text{ noyaux} \rightarrow E'_{lib}$$

$$E'_{lib} = E_{lib} \times N = 1,33 \times 10^{22} \text{ MeV} \Rightarrow E'_{lib} = 2,12 \times 10^9 \text{ J}$$



## الوحدة 2: التحولات النووية

## التمرين 56:

الكلور في المياه الجوفية.  
يوجد نظيرين للكلور ( $^{37}\text{Cl}$ ,  $^{35}\text{Cl}$ ) موجودة بالنسب على التالي:

- 3 لـ 1 التي تعطي الكتلة المتوسطة المولية بـ  $35,5 \text{ g/mol}$  للكلور
- 9 نظائر تتراوح أعدادها الكتلية من 32 إلى 40.
- 3 نظائر منها توجد في الطبيعة: الكلور 35 مستقر (75,77%)
- الكلور 37 مستقر (24,23%) والكلور 36 (مشع). نسبة عدد أنوية الكلور 36 إلى عدد أنوية الكلور 35 هو  $7,0 \times 10^{-13}$ .
- الموجودة في الطبيعة هي حاليا  $^{36}\text{Cl}$  عمر  $36 \text{ Cl}$  هو  $301 \times 10^3 \text{ ans}$ ، لهذا يستعمل في تاريخ الجيولوجي للمياه الجوفية في مدة من ستين ألف إلى مليون سنة.

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$$

يعطى:  $C = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$   
 الكتلة والعدد لبعض الجسيمات والأنوية:

| الجسم أو النواة                  | البروتون | النيوترون | $^{36}\text{Cl}$ | $^{36}\text{Ar}$ |
|----------------------------------|----------|-----------|------------------|------------------|
| الكتلة ( $10^{-27} \text{ Kg}$ ) | 1,67262  | 1,67492   | 59,71128         | -                |
| Z                                | 1        | 0         | 17               | 18               |

- 1) ما مدلول القيمتين 35 و 37 للنظائر المستقرة للكلور، ماذا تمثل هاتين القيمتين بالنسبة لكل نظير؟
- 2) عرف النظائر.
- 3) أعط رمز نواة الكلور 36 مع ذكر مكوناته.
- 4) احسب بالـ  $\text{MeV}$  طاقة الربط  $E_{11}$  في نواة الكلور 36.
- 5) اكتب معادلة تفكك نواة الكلور 36 وأعط القوانين المحققة خلال التحول ونمط التفكك.
- 6) احسب ثابت التفكك الإشعاعي  $\lambda$  للنواة بوحدة  $\text{s}^{-1}$ .
- 7) تحتوي قارورة على حجم  $V = 1,5 \text{ L}$  من ماء معدني طبيعي على كتلة مقدارها  $20,25 \text{ mg}$  من أنوية الكلور 36 / احسب كمية الشوارد ( $\text{Cl}^-$ ) في الماء المعدني.
- ب/ نفرض أن نسبة عدد أنوية الكلور 36 إلى أنوية كل النظائر هو المعطى في النص. احسب عدد أنوية الكلور 36 الموجودة في ماء القارورة.
- ج/ احسب النشاط الإشعاعي للكلور 36 الموجود في الماء بوحدة البيكرال.

## تصحيح التمرين 56:

- 1) تمثل هاتين القيمتين العدد الكتلي A (عدد البروتونات والنيوترونات).
- 2) النظائر: هي أنوية عنصر لها نفس العدد الشحني Z وتختلف في العدد الكتلي A (أي في عدد النيوترونات).
- 3) الكلور 36: عدد البروتونات  $P = Z = 17$   
 عدد النيوترونات:  $N = A - Z = 36 - 17 = 19$
- 4) حساب  $E_l$  لنواة الكلور 36 بالـ (MeV):

$$E_l = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m(^{36}\text{Cl})] \cdot C^2$$

$$E_l = (17 \times 1,67262 \times 10^{-27} + 19 \times 1,67492 \times 10^{-27} - 59,71128 \times 10^{-27}) \times (2,998 \times 10^8)^2$$

$$1 \text{ eV} \rightarrow 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_l(\text{eV}) \rightarrow 4,9141 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} \rightarrow 1 \times 10^6 (\text{eV})$$

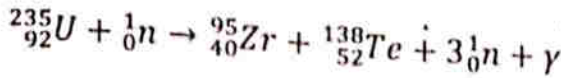
$$E_l(\text{MeV}) \rightarrow 3,067 \times 10^8 (\text{eV})$$

$$E_l = 306,7 \text{ MeV} \leftarrow E_l = 3,067 \times 10^8 (\text{eV})$$





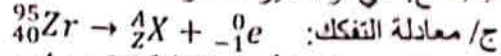
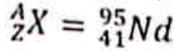
## تصحيح التمرين 57:



(1) أ/ يمثل 95 العدد الكتلي A.

ب/ يمثل 40 العدد الشحني Z.

ب/ مشع: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتصبح أكثر استقرارا مصدرة إشعاعات.

ج/ معادلة التفكك: حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية  $A = 95$  و حسب قانون حفظ الأعداد الشحنية  $40 = Z - 1 \Rightarrow Z = 41$ 

(2) أ/ نوع التفاعل (1): انشطار نووي.

ب/ حساب  $E_{lib}$  عند تحول نواة من اليورانيوم:  $E_{lib} = \Delta m(u) \times 931,5$ لكن:  $\Delta m(u) = [m(u) + m_n - (m(\text{Zr}) + m(\text{Te}) + 3m_n)] \Rightarrow \Delta m = 0,1893 (u)$ ومنه:  $E_{lib} = 0,1893 \times 931,5 \approx 176,33 (MeV)$ ج/ الطاقة المحررة الكلية  $\Delta E_T$  بالـ (MeV):

$$E_T = N \cdot E_{lib} \Rightarrow E_T = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_{lib} = \frac{897 \times 6,02 \times 10^{23}}{235} \times 176$$

$$E_T = 4,05 \times 10^{26} (MeV) = 6,48 \times 10^{13} \text{Joul}$$

د/ تظهر هذه الطاقة على شكل:

- طاقة إشعاعية (حرارية).

- المدة الزمنية لاشتغال الغواصة:

$$t = \frac{E_T}{P} = \frac{6,48 \times 10^{13}}{25 \times 10^6} = 2592000 \approx 30 \text{ j}$$

## التمرين 58:

(1) يحتوي عنصر اليورانيوم أساسا على نظيرين هما:  $^{238}_{92}\text{U}$  ، ذات نصف العمر  $4,5 \times 10^9 \text{ans}$  ، و  $^{235}_{92}\text{U}$  ، ذات نصف العمر  $0,73 \times 10^9 \text{ans}$  على الترتيب وبوفرة 99% ، 1% على الترتيب.- ماهي مكونات النواتين:  $^{238}_{92}\text{U}$  ،  $^{235}_{92}\text{U}$  ؟

(2) توجد دراسة تؤكد أن اليورانيوم تكون في نفس الوقت مع نشأة الأرض أي منذ حوالي 4,5 مليار سنة. كيف تفسر تواجد اليورانيوم على قشرة الأرض إلى يومنا هذا.

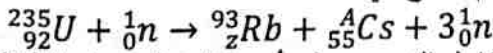
(3) في المفاعلات النووية يستعمل  $^{235}\text{U}$  في تفاعل الانشطار، حيث يقذف بـ نيوترون بطيء.

- أ/ عرف الانشطار النووي.

- نحصل على النيوترون الذي نقذف به  $^{235}\text{U}$  من البريليوم  $^9\text{Be}$  يقذف هذا الأخير بجسيمة  $\alpha$  لتعطى نواة  ${}^A_Z\text{X}$  ونيوترون.- اكتب معادلة التفاعل وعين النواة  ${}^A_Z\text{X}$  هل هذا التفاعل اندماج أم انشطار.

- احسب التغير في الطاقة الذي يحدث لهذا التفاعل؟ ماذا تستنتج؟

ب/ احدى تفاعلات الانشطار لليورانيوم ينمذج في المعادلة:



ج/ احسب الطاقة المحررة من هذا التفاعل النووي، على أي شكل تظهر هذه الطاقة؟

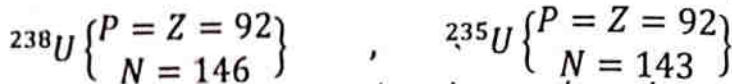
د/ أوجد الطاقة المحررة من 1 Kg من اليورانيوم 235.

(4) للمفاعل النووي استطاعة ثابتة قدرها 100 MW ، أوجد المدة اللازمة لاستهلاك 1Kg من اليورانيوم 235.

يعطى:  $m(^{235}\text{U}) = 234,99346 u$  ،  $m(^{93}\text{Rb}) = 92,90174 u$  ،  $m(^{141}\text{Cs}) = 139,88711 u$  ،  $m(^1_0\text{n}) = 1,00866 u$  $m(^4_2\text{He}) = 4,0015 u$  ،  $m(^9_4\text{Be}) = 9,00998 u$  ،  $1u = 931,5 \text{MeV}/c^2$  ،  $C = 2,998 \times 10^8 \text{m/s}$  $m(^{12}_6\text{C}) = 11,99671 u$  ،  $1 \text{MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{J}$



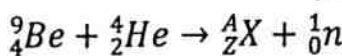
### تصحيح التمرين 58:



(1) مكونات النواتين:

(2) نفس وجود اليورانيوم على قشرة الأرض بأن عمر الأرض أصغر من  $5\tau$   ${}^{238}\text{U}$  (له  $t_{1/2}$  كبير جدا يقارب عمر الأرض)

(3) الانشطار: هو تفاعل نووي مفعل يتم فيه قذف نواة ثقيلة بـ نوترون فتتقسم إلى نواتين أكثر استقرارا ونوترونات ويحرر طاقة.



$$\left\{ \begin{array}{l} A = 12 \\ Z = 6 \end{array} \right\} \text{ بحيث:}$$

حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $9 + 4 = A + 1$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $Z = 4 + 2 = 6$  هذا التفاعل تفاعل اندماج.

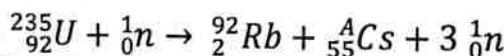
حساب  $\Delta E$ :

$$\Delta E = E_{ap} - E_{av} = [m({}^{12}\text{C}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^9\text{Be}) - m({}^4\text{He})]. C^2$$

$$\Delta E = (11,99671 + 1,00866 - 9,0098 - 4,00151) \times 931,5 = -5,70078 \text{ (MeV)}$$

نلاحظ أن:  $\Delta E < 0$  أي أن التفاعل حرر طاقة.

ب/ إيجاد A و E:



حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $235 + 1 = 93 + A + 3 \Rightarrow A = 140$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $92 = Z + 55 \Rightarrow Z = 37$

ج/ حساب  $E_{lib}$ :

$$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2 = \Delta m \times 931,5$$

$$\Delta m = m({}^{235}\text{U}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^{92}\text{Rb}) - m({}^{140}\text{Cs}) - 3m({}^1_0\text{n}) = 0,18729 \text{ (u)}$$

$$E_{lib} = 0,18729 \times 931,5 \Rightarrow E_{lib} = 174,46 \text{ MeV}$$

تظهر هذه الطاقة على شكل: طاقة حرارية (إشعاعية).

طاقة حركية (حركة الجسيمات المنطلقة).

د/ إيجاد الطاقة المحررة من 1Kg من  ${}^{235}\text{U}$ :

لنحسب عدد الأنوية الموجودة في 1 Kg من  ${}^{235}\text{U}$ :

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{1 \times 10^3}{235} \times 6,02 \times 10^{23} \Rightarrow N = 2,56 \times 10^{24} \text{ noyaux}$$

$$E_{lib(T)} = N \times E_{lib} = 2,56 \times 10^{24} \times 174,46 \Rightarrow E_{lib} = 4,47 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

المدة الزمنية اللازمة لاستهلاك 1 Kg من  ${}^{235}\text{U}$ :

$$P(w) = \frac{E(J)}{\Delta t(s)} \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{4,47 \times 10^{26} \times 1,602 \times 10^{-13}}{100 \times 10^6}$$

$$\Rightarrow \Delta t = 716094 \text{ (s)} \approx 11935 \text{ min} \approx 199 \text{ h} \approx 8,3 \text{ jours}$$

ما هو الرقم الذي إذا ضرب في  
الرقم الذي يليه كان حاصل الضرب  
يساوي ناتج جمعها + 19

## التمرين 59:

يعطى:

$$t_{1/2} = 4,47 \times 10^9 \text{ ans} \text{ هو } ^{238}\text{U} \text{ نصف عمر}$$

$$m(^4_2\text{He}) = 4,0015 \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

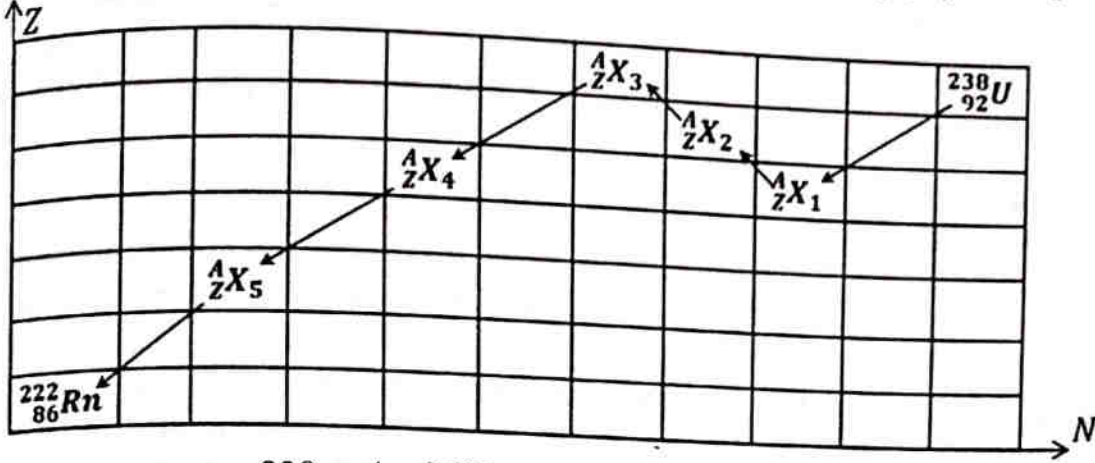
$$m(^{222}_{86}\text{Rn}) = 221,9704 \text{ u}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23}$$

$$m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225,9771 \text{ u}$$

$$1 \text{ ev} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

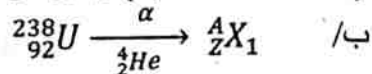
يعطى جزء من مخطط  $Z = f(N)$  للعائلة المشعة لليورانيوم 238.



- (1) إن الراديوم 226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) هو آخر عنصر مشع في عائلة اليورانيوم 238.
  - أ/ كيف تفسر وجود  $^{238}\text{U}$  حتى الآن على الأرض؟
  - ب/ بالاعتماد على المخطط  $(N, Z)$  عين قيمتي  $A$  و  $Z$  لكل نواة ناتجة عن التفككات المتتالية لليورانيوم 238 إلى غاية  $^{222}_{86}\text{Rn}$ ، مع ذكر نوع الإشعاع الذي تصدره نواة الأب في كل حالة.
- (2) إن نصف عمر الراديوم 226 هو:  $t_{1/2} = 1600 \text{ ans}$ .
  - أ/ اكتب معادلة تفكك الراديوم 226.
  - ب/ عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ .
  - ج/ عرف ثابت التفكك  $(\lambda)$ ، ثم احسب قيمته مقدرة بـ  $\text{ans}^{-1}$  ثم بـ  $\text{s}^{-1}$ .
- (3) أ/ أعط تعريف النشاط الإشعاعي ( $A$ ) لعينة منبع مشع وحدد وحدته في الجملة الدولية.
  - ب/ نعتبر عينة من الراديوم 226 كتلتها ( $m$ ) ونشاطها ( $A$ )، عبر عن ( $m$ ) بدلالة  $A, \lambda, N_A$  والكتلة المولية  $M$  للراديوم.
  - ج/ احسب قيمة ( $m$ ) علما أن النشاط هو:  $3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ .
- (4) أ/ احسب النقص الكتلي  $\Delta m$  الموافق لهذا التفاعل.
  - ب/ احسب بـ  $\text{MeV}$  الطاقة المحررة خلال التفاعل.
  - ج/ احسب الطاقة المحررة خلال ساعة من عينة كتلتها  $1 \text{ g}$  من الراديوم 226.

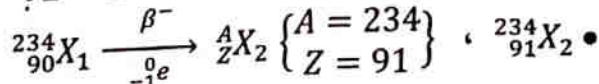
## تصحيح التمرين 59:

- (1) أ/ نفسر وجود  $^{238}\text{U}$  حتى الآن على الأرض في أن زمن نصف العمر الخاص به كبير للغاية ( $4,47 \times 10^9 \text{ ans}$ ) وأكبر من عمر الأرض بكثير.

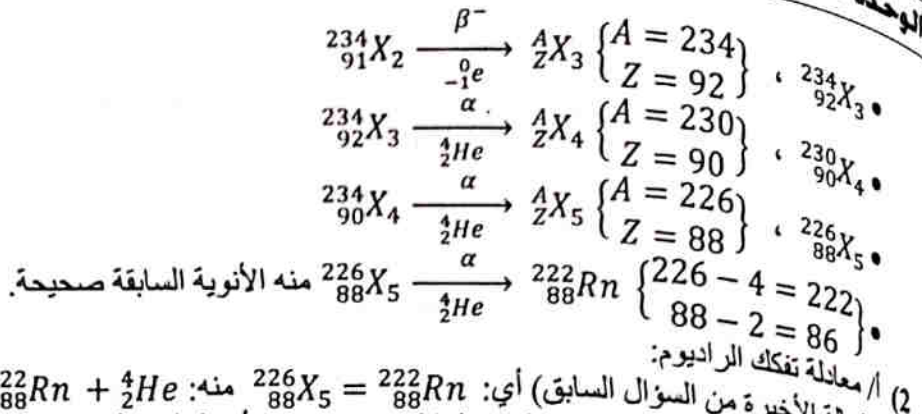


• حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية:  $238 - 4 = A$  منه:  $A = 234$  وعليه:  $^{234}_{90}\text{X}_1$

حسب قانون حفظ الأعداد الشحنة:  $92 - 2 = Z$







(2) / معادلة تفكك الراديوم:  
 الحالة الأخيرة من السؤال السابق) أي:  ${}^{226}_{88}\text{X}_5 = {}^{222}_{88}\text{Rn}$  منه:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{88}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$   
 ب/ زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الابتدائية الموجودة في العينة (أي لبقاء النصف).  
 ج/ ثابت التفكك: ثابت مميز للنظير المشع وهو احتمال تفكك النواة في (1s).

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{1600} = 4,3 \times 10^{-4} \text{ans}^{-1} = 1,37 \times 10^{-11} (\text{s}^{-1})$$

(3) / النشاط الإشعاعي A: هو عدد التفككات في عينة مشعة خلال وحدة زمن وحدته الدولية هي البيكرل (Bq)  
 $A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$  تفكك في ثانية.  
 ب/ التعبير عن m بدلالة A, N, λ, M:

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\frac{dN}{dt} = -\frac{d}{dt}(N_0 \cdot e^{-\lambda t}) \Rightarrow A = (-N_0) \cdot (\lambda) e^{-\lambda t} = \lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t} = \lambda N$$

لدينا:  $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$  منه:  $A = \lambda \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A$   $\Leftrightarrow m = \frac{A \cdot M}{\lambda \cdot N_A}$   
 ج/ حساب m:

$$m = \frac{3,7 \times 10^{10} \times 226}{1,37 \times 10^{-11} \times 6,02 \times 10^{23}} \approx 1(\text{g})$$

(4) / حساب Δm:  
 $\Delta m = m({}^{226}\text{Ra}) - m({}^{222}\text{Rn}) - m({}^4\text{He}) = 225,9771 - 221,9704 - 4,0015$   
 $\Delta m = 0,0052 (\text{u})$

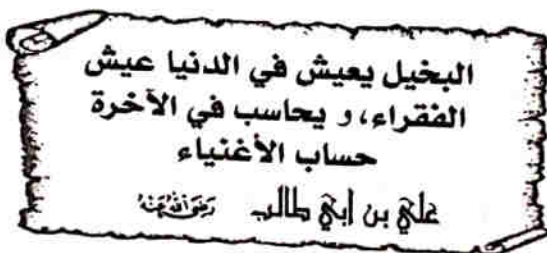
ب/ حساب E<sub>lib</sub>:  
 $E_{lib} = \Delta m \cdot c^2 = \Delta m \cdot 931,5 = 0,0052 \times 931,5 \Rightarrow E_{lib} = 4,8438 \text{ MeV}$   
 ج/ حساب E<sub>lib</sub> من 1g:

$$E_{libT} = N_{\text{متفككة}} \cdot E_{lib}$$

نعلم أن عبارة A في مجال زمني صغير جدا بالنسبة لـ t<sub>1/2</sub> هي:

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{N_{\text{متفككة}}}{\Delta t} \Rightarrow N_{\text{متفككة}} = A \cdot \Delta t$$

بالتعويض نجد:  $E_{libT} = A \cdot \Delta t \cdot E_{lib}$   
 $E_{libT} = 3,7 \times 10^{10} \times 3600 \times 4,8438 = 6,45 \times 10^{14} \text{ MeV}$



التمرين 60:

الوثيقة الموضحة بالشكل تمثل جزء من المخطط  $(N, Z)$  عليه أفراد عائلة النشاط الإشعاعي للنواة  $X$ .

تتفكك  ${}_{Z_1}^{A_1}X$  لتعطي  ${}_{Z_2}^{A_2}Y$ ، هذا التفكك نرمز له بـ (أ).

تتفكك  ${}_{Z_2}^{A_2}Y$  لتعطي  ${}_{Z_3}^{A_3}M$ ، هذا التفكك نرمز له بـ (ب).

تتفكك  ${}_{Z_3}^{A_3}M$  لتعطي  ${}_{Z_4}^{A_4}W$ ، هذا التفكك نرمز له بـ (ج).

(1) أ/ أعط تعريفا لنظائر العنصر.

ب/ اعتمادا على الوثيقة (1) أوجد الأنوية التي تمثل نظائر، مع التعليل؟

ج/ أوجد العدد الذري والعدد الكتلي للأنوية التالية:  $X, Y, M, W$ .

د/ اكتب رمز كل من الأنوية  $X, Y, M, W$  مستعينا بالوثيقة (2). وحدد محتويات كل نواة.

(2) باستعمال قانوني الانحفاظ اكتب معادلة التفكك الخاصة بـ (أ)، (ب)، (ج). واذكر نمط التحويل مع التعليل.

(3) نرمز لنواة الديتريوم بـ  ${}^2_1H$  والتريتيوم  ${}^3_1H$  عند تفاعل الديتريوم والتريتيوم تنتج النواة  ${}^{A_4}_{Z_4}W$  ونيوترون.

أ/ اكتب معادلة التفاعل، ما نوع هذا التفاعل، عرفه؟

ب/ احسب الضياع في الكتلة عند تفاعل نواة واحدة من الديتريوم مع نواة واحدة من التريتيوم.

ج/ احسب الطاقة المتحررة عندئذ.

د/ احسب الطاقة المتحررة عند تفاعل  $0,35 \text{ mol}$  من أنوية الديتريوم مع  $0,35 \text{ mol}$  من أنوية التريتيوم مقدرة بالجول.

(4) دراسة النواة  ${}^{A_4}_{Z_4}W$

أ/ عرف النقص في الكتلة في النواة، ثم احسب

قيمة نقص الكتلة بالنسبة للنواة  ${}^{A_4}_{Z_4}W$ .

ب/ احسب طاقة الربط للنواة  ${}^{A_4}_{Z_4}W$ .

ج/ احسب الطاقة الربط لكل نوية في النواة  ${}^{A_4}_{Z_4}W$ .

| N | Z | 1 | 2                 | 3                 | 4                 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|-------------------|-------------------|-------------------|---|---|---|
| 8 |   |   |                   |                   |                   |   |   |   |
| 7 |   |   |                   |                   |                   |   |   |   |
| 6 |   |   | ${}^{A_1}_{Z_1}X$ |                   |                   |   |   |   |
| 5 |   |   |                   | ${}^{A_2}_{Z_2}Y$ |                   |   |   |   |
| 4 |   |   |                   |                   | ${}^{A_3}_{Z_3}M$ |   |   |   |
| 3 |   |   |                   |                   |                   |   |   |   |
| 2 |   |   | ${}^{A_4}_{Z_4}W$ |                   |                   |   |   |   |
| 1 |   |   |                   |                   |                   |   |   |   |
| 0 |   |   |                   |                   |                   |   |   |   |

يعطى:  $m({}^2_1H) = 2,013553 \text{ u}$   $m({}^3_1H) = 3,0155 \text{ u}$   $m({}^{A_4}_{Z_4}W) = 4,001506 \text{ u}$   
 $m({}^1_1P) = 1,007276 \text{ u}$   $m({}^1_0n) = 1,00866 \text{ u}$   $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

| رمز النواة | ${}^1_1H$ | ${}^2_2He$ | ${}^3_3Li$ | ${}^4_4Be$ | ${}^5_5B$ |
|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|

تصحيح التمرين 60:

(1) أ/ النظائر: هي أنوية عناصرها لها نفس العدد الشحني (الذري)  $Z$  (البروتونات) وتختلف في العدد الكتلي  $A$  (أي في عدد النوترونات).

ب/ الأنوية التي تمثل النظائر هي:

نفس الرقم الذري  $(Z = 2)$ :  ${}^{A_1}_{Z_1}X \left\{ \begin{matrix} A_1 = 8 \\ Z_1 = 2 \end{matrix} \right\}$

(أي متواجدان في نفس العمود)

${}^{A_4}_{Z_4}W \left\{ \begin{matrix} A_4 = 4 \\ Z_4 = 2 \end{matrix} \right\}$

ج/ العدد الذري و الشحني للأنوية:

${}^{A_2}_{Z_2}Y \left\{ \begin{matrix} A_2 = 8 \\ Z_2 = 3 \end{matrix} \right\}$   ${}^{A_3}_{Z_3}M \left\{ \begin{matrix} A_3 = 8 \\ Z_3 = 4 \end{matrix} \right\}$



د/ مكونات كل نواة:

$${}^8_3\text{Li} \left\{ \begin{matrix} P = Z = 3 \\ N = 5 \end{matrix} \right\}; {}^4_2\text{He} \left\{ \begin{matrix} l = 2 \\ N = 2 \end{matrix} \right\}; {}^8_4\text{Be} \left\{ \begin{matrix} P = 4 \\ N = 4 \end{matrix} \right\}; {}^8_2\text{He} \left\{ \begin{matrix} P = Z = 3 \\ N = 6 \end{matrix} \right\}$$

(2) التفككات (أ)، (ب) و (ج) في الجدول التالي:

|     |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (أ) | حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية $A = 0$<br>حسب قانون حفظ الأعداد الشحنية $Z = -1$ | ${}^4_2\text{A}' = {}^0_{-1}\text{e}$ منه ${}^8_2\text{He} \rightarrow {}^8_3\text{Li} + {}^4_2\text{A}'$<br>وعليه الإشعاع من نوع $\beta^-$ : ${}^8_2\text{He} \rightarrow {}^8_3\text{Li} + {}^0_{-1}\text{e}$ |
| (ب) | حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية $A = 0$<br>حسب قانون حفظ الأعداد الشحنية $Z = -1$ | ${}^4_2\text{B} = {}^0_{-1}\text{e}$ منه ${}^8_3\text{Li} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{B}$<br>وعليه الإشعاع من نوع $\beta^-$ : ${}^8_3\text{Li} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e}$   |
| (ج) | حسب قانون حفظ الأعداد الكتلية $A = 4$<br>حسب قانون حفظ الأعداد الشحنية $Z = 2$  | ${}^4_2\text{C} = {}^4_2\text{He}$ منه ${}^8_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{C}$<br>وعليه الإشعاع من نوع $\alpha$ : ${}^8_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$        |

أ/ معادلة التفاعل:  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

$${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$$

هذا تفاعل اندماج. وهو تفاعل نووي مفتعل يتم فيه دمج نواتين خفيفتين لتصبح نواة أكثر استقرارا مع تحرر طاقة ونيوترونات.

ب/ حساب الضياع في الكتلة:

$$|\Delta m| = |m_{ap} - m_{av}| = |m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})| = 0,0188 \text{ (u)}$$

الضياع في الكتلة:  $0,0188 \text{ (u)}$ .

ج/ حساب  $E_{lib}$ :

$$E_{lib} = (\Delta m) \cdot 931,5 \text{ MeV} = 0,0188 \times 931,5 = 17,6 \text{ MeV}$$

د/ حساب  $E_{libT}$ :

لنحسب  $N({}^3_1\text{H})$  و  $N({}^2_1\text{H})$ :

$$N = n \cdot N_A$$

$$N({}^2_1\text{H}) = n({}^2_1\text{H}) \times N_A = 0,35 \times N_A = 2,107 \times 10^{23} \text{ noyaux}$$

$$N({}^3_1\text{H}) = n({}^3_1\text{H}) \times N_A = 0,35 \times N_A = N({}^2_1\text{H}) = 2,107 \times 10^{23} \text{ noyaux}$$

منه:

$$E_{libT} = N \times E_{lib} = 2,107 \times 10^{23} \times 17,6 \times 1,6 \times 10^{-13} = 59,33 \times 10^{10} \text{ J}$$

(3) أ/ النقص في الكتلة: وجد تجريبيًا أن كتلة النويات (مكونات النواة) أكبر من كتلة النواة

$$\Delta m = m_{nuc} - m_{noy}$$

حساب  $\Delta m$  لنواة  ${}^4_2\text{He}$ :

$$\Delta m = 2m_p + (4 - 2)m_n - m({}^4_2\text{He}) = 2 \times 1,007276 + 2 \times 1,00866 - 4,001506$$

$$\Delta m = 0,060366 \text{ (u)}$$

ب/ حساب طاقة الربط  ${}^4_2\text{He}$ :

$$E_l = (Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z\text{X})) \cdot C^2 = \Delta m \cdot 931,5 = 0,060366 \times 931,5$$

$$E_l = 28,3 \text{ MeV}$$

ج/ حساب  $E_{l/A}$ :

$$E_{l/A} = \frac{E_l}{A} = \frac{28,3}{4} \Rightarrow E_{l/A} = 7,075 \text{ (MeV/noy)}$$

### التمرين 61:

تنتج الطاقة الشمسية من تفاعل الاندماج لأنوية الهيدروجين أساسا، حيث يعمل الفيزيائيون على إنتاج الطاقة النووية من تفاعل الاندماج لنظيري الهيدروجين: الديوتريوم  ${}^2_1H$  و التريتيوم  ${}^3_1H$ .

I. تتفكك نواة التريتيوم  ${}^3_1H$  حسب النمط الإشعاعي  $\beta^-$  ويتولد عن تفككها أحد نظائر الهيليوم.  
(1) اكتب معادلة هذا التفكك.

(2) لدينا عينة مشعة من أنوية التريتيوم  ${}^3_1H$  تحتوي على  $N_0$  نواة عند اللحظة  $t = 0$ . ليكن  $N$  عدد الأنوية عند اللحظة  $t$ ، يمثل المنحنى (1) تغيرات  $\ln N$  بدلالة الزمن.  
- حدد  $t_{1/2}$  زمن نصف عمر التريتيوم.

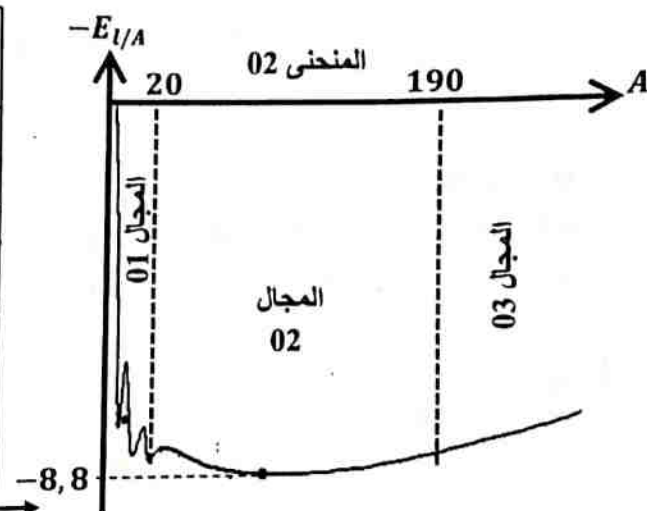
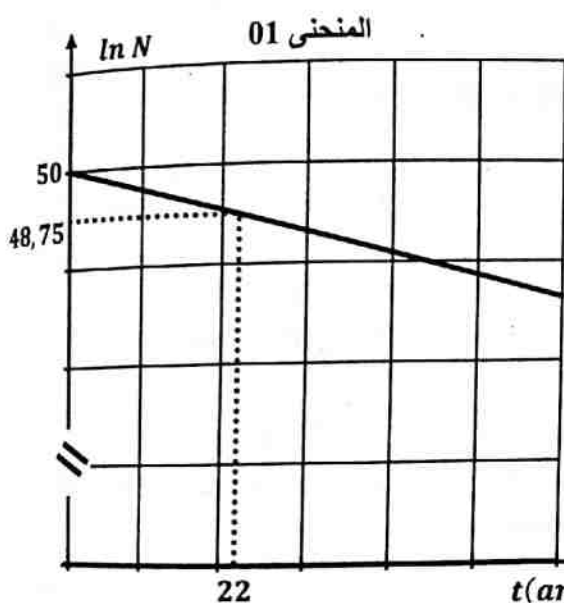
II. يمثل المنحنى (2) تغيرات طاقة الربط لكل نوية بدلالة عدد النويات  $A$ .

(1) عين من بين المجالات (1) و (2) و (3) المحددة في المنحنى في المجال الذي يتضمن الأنوية التي يمكن أن تخضع لتفاعلات الاندماج. علل جوابك؟

(2) تكتب معادلة تفاعل الاندماج لنواتي الديتريوم والتريتيوم كما يلي:  ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$

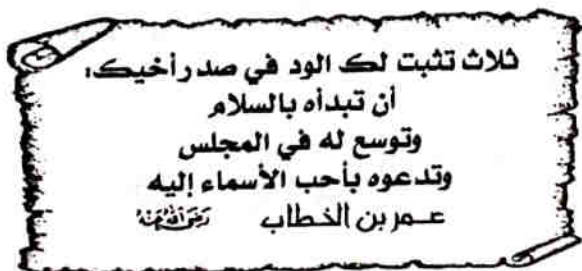
يمكن استخلاص 33 mg من الديتريوم انطلاقا من 1L من ماء البحر.

- احسب بالـ MeV قيمة الطاقة الممكن الحصول عليها من تفاعل اندماج الديوتريوم المستخلص من  $1m^3$  من ماء البحر، وذلك مع التريتيوم.



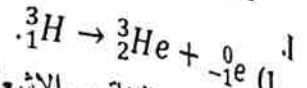
معطيات:  $m({}^2_1H) = 2,01355 u$   $m({}^3_1H) = 3,01550 u$   $m({}^4_2He) = 4,00150 u$

$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg = 931,5 MeV/c^2$   $m({}^1_0n) = 1,00866 u$





### تصحيح التمرين 61:



(2) من عبارة التناقص الإشعاعي لدينا:  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  ولدينا:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

$$\ln(N(t)) = \ln N_0 - \lambda t = \ln N_0 - \frac{\ln 2}{t_{1/2}} t \dots (\times)$$

بيانيا: المنحنى عبارة عن خط مستقيم لا يمر من المبدأ معادلته من الشكل:  $\ln N = A + Bt$

$$\ln(N) = 50 - \frac{5}{88} t \dots (**)$$

منه:  $\begin{cases} A = 50 \\ B = \frac{50 - 48,75}{0 - 22} = -\frac{5}{88} \end{cases}$  حيث:  $\frac{5}{88}$

بالمطابقة بين (\*) و (\*\*) نجد:

$$\frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{5}{88} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2 \times 88}{5} = 12,2 \text{ ans}$$

II

(1) المجال الذي يتضمن الأنوية التي يحدث لها اندماج هو (1).  
التعليق: الأنوية في المجال (1) خفيفة (A صغير) وغير مستقرة لذلك تندمج لتكوين نواة أكبر وأكثر استقرارا.

(2) أولا: حساب  $E_{lib}$ :

$$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2 = (m(^2_1H) + m(^3_1H) - m(^4_2He) - m_n) = 17,596 \text{ MeV}$$

ثانيا: حساب كتلة الديتريوم مستخلص من  $1m^3 = 1000L$ :

$$\begin{array}{lcl} 1L & \rightarrow & 33 \times 10^{-3} g \\ 1000L & \rightarrow & m \end{array} \Rightarrow m = 33g$$

ثالثا: الطاقة المحررة:

$$E = N \cdot E_{lib} = \frac{m}{M} \cdot V_A \cdot E_{lib} = 1,75 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

### التمرين 62:

تم اكتشاف البولونيوم 210 في عام 1898م في فرنسا، من طرف بيبير وماري كوري *pierre et marie curie* عند أبحاثهما حول النشاط الإشعاعي، فأعطي له هذا الاسم نسبة لأصل زوجته ماري كوري البولونية

- البولونيوم  $^{210}_{84}Po$  نظير مشع يتفكك بإصدار جسيمات  $\alpha$ .

- طاقة الجسيمات  $\alpha$  الصادرة تساوي  $5,3 \text{ MeV}$

- زمن نصف عمره  $138 \text{ jours}$ .

- التعرض إلى أشعته يسبب مرض السرطان ومشاكل في الوراثة.

- الكتلة المولية الذرية:  $M(^{210}P) = 210 \text{ g/mol}$

| النواة        | $^2_4Be$ | $^4_2He$ | $^{12}_6C$ | $^1_0n$ |
|---------------|----------|----------|------------|---------|
| الكتلة بـ (u) | 9,00998  | 4,00150  | 11,99671   | 1,00866 |

- بعض العناصر:  $^{86}Rn$ ,  $^{85}Al$ ,  $^{83}Bi$ ,  $^{82}pb$ ,  $^{81}Ti$

$$N_A = 6,022 \times 10^{23}, 1u = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ Kg}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

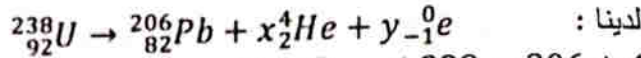
- (1) ما معنى نواة مشعة؟
- (2) ما هو تركيب نواة البولونيوم  $^{210}_{84}Po$ ؟
- (3) اكتب المعادلة الممثلة لتفكك  $^{210}_{84}Po$  مبينا قوانين الاحتفاظ المستخدمة.
- (4) عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  لنواة مشعة.
- (5) أ/ ذكر بقانون التناقص الإشعاعي وأعط معنى كل معامل وارد في هذا القانون.  
ب/ تعطى عبارة النشاط الإشعاعي لعينة من منبع مشع بالعلاقة:  $A(t) = \frac{-dN(t)}{dt}$   
ج/ أوجد العلاقة بين زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  وثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$ . استنتج قيمة  $\lambda$ .  
د/ بين أن  $A(t)$  يتناسب طرذا مع عدد الأنوية المشعة  $N(t)$  المتواجدة في هذا المنبع.
- (6) احسب العدد  $N$  للأنوية المشعة الموجودة في كتلة  $m = 1.0g$  من البولونيوم  $^{210}_{84}Po$ .
- (7) يمكن للبولونيوم أن ينتج عن تفككات متتالية لليورانيوم والتي تؤدي إلى النظير المستقر  $^{206}_{82}Pb$  للرصاص حسب المعادلة:  
$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x^4_2He + y^0_{-1}e$$
  
أوجد  $x$  و  $y$  في هذه المعادلة النووية.
- (8) من بين الاستعمالات الكثيرة للبولونيوم  $^{210}_{84}Po$  نذكر استخدامه مع البيريليوم كمنبع للنيوترونات الناتجة عن التفاعل النووي التالي:  
$$^9_4Be + ^4_2He \rightarrow ^{12}_6C + ^1_0n$$
  
أ/ أعط عبارة الطاقة المتحررة  $E$  من هذا التفاعل النووي.  
ب/ احسب قيمتها بالجول.

## تصحيح التمرين 62:

- (1) النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك ذاتيا لتتحول إلى نواة أكثر استقرارا، مصدرة إشعاعات  $(\alpha, \beta, \gamma)$
- (2)  $^{210}_{84}Po$  :  $A = 210$   $Z = 84$   $N = 126$
- (3) لدينا:  $^{210}_{84}Po \rightarrow ^4_2He + ^A_ZX$  حسب قانوني صودي لاحتفاظ الكتلة والشحنة.  
$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}X + ^4_2He$$
 إذن:  $\begin{cases} 210 = 4 + A \\ 84 = 2 + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 206 \\ Z = 82 \end{cases}$
- (4) زمن نصف العمر  $t_{1/2}$ : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية وبقاء النصف  
$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$
- (5) أ/  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  حيث:  $N_0$  عدد الأنوية الابتدائية،  $N$  عدد الأنوية الباقية في لحظة  $t$ ،  $\lambda$  ثابت التفكك الإشعاعي.  
ب/  $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -\frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = \lambda \cdot N(t)$   
منه:  $A(t)$  يتناسب طرذا مع  $N(t)$ .
- ج/ لدينا لما  $t = t_{1/2}$  فإن  $N = \frac{N_0}{2}$  منه:  $\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$   
معناه  $-\ln 2 = -\lambda t_{1/2}$  إذن:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  أي  $\lambda = 5,81 \times 10^{-8} S^{-1}$
- (6) حساب العدد  $N$  للأنوية المشعة الموجودة في كتلة  $m = 1.0g$  من البولونيوم  $^{210}_{84}Po$ .  
لدينا: 
$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \Rightarrow N = \frac{m \cdot N_A}{M} = 2,86 \times 10^{21} \text{ noyaux}$$



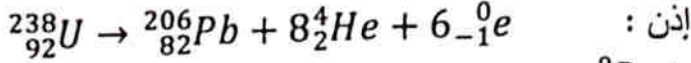
(7) إيجاد  $x$  و  $y$  في هذه المعادلة النووية.



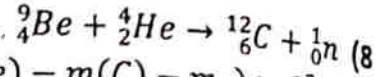
لدينا :

$$\begin{cases} x = 8 \\ y = 6 \end{cases} \text{ منه } \begin{cases} 238 = 206 + 4x \\ 92 = 82 + 2x - y \end{cases}$$

حسب قانون صودي:



إذن :



$$E = \Delta mc^2 = (m(\text{Be}) + m(\text{He}) - m(\text{C}) - m_n) \times C^2$$

ب/ حساب قيمتها بالجول:

$$E = (9,00998 + 4,0015 - 11,99671 - 1,00866) \times 1,66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$E \approx 9,1 \times 10^{-13} \text{ J}$$

### التمرين 63:

معطيات: سرعة الضوء في الفراغ:  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ،  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

| بروتون                    | نيوترون                   | بوزيتون                 | ${}_{5}^{15}\text{F}$ | ${}_{8}^{15}\text{O}$ | ${}_{7}^{15}\text{N}$ | النواة أو الجسيمة                                |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|
| -                         | -                         | -                       | 6,483                 | 7,463                 | 7,699                 | طاقة الربط لكل نوية<br>$\text{MeV.nucléon}^{-1}$ |
| $1,67262 \times 10^{-27}$ | $1,67492 \times 10^{-27}$ | $9,109 \times 10^{-31}$ | -                     | -                     | -                     | الكتلة (kg)                                      |

(1) في الطب نستعمل الأكسجين 15 الذي يحتوي على 8 بروتونات و 7 نوترونات، وهو يصدر الجسيمات  $\beta^+$  / أعط الكتابة الرمزية  ${}_Z^AX$  للأكسجين 15.

ب/ اكتب معادلة تفكك نواة الأكسجين 15. النواة الابن ليست ناتجة في حالة مثارة.

(2) التغير في الطاقة  $\Delta E$  للجملة خلال تفكك نواة الأكسجين 15 يعطى بالمخطط الطاقوي التالي: / عرف طاقة الربط النووي ( $E_l$ ).

ب/ احسب بوحد  $\text{MeV}$  التغير في الطاقة  $\Delta E_3$ .

بحساب مماثل نجد  $\Delta E_1 = 111,9 \text{ MeV}$

ج/ باستعمال كتل الجسيمات، احسب بوحد  $\text{MeV}$

التغير في الطاقة  $\Delta E_2$ .

د/ استنتج من النتائج السابقة، قيمة التغير في الطاقة  $\Delta E$

مقدرة بـ  $\text{MeV}$  للجملة خلال تفكك نواة الأكسجين 15.

(3) إن زمن نصف عمر أنوية الأكسجين 15 هو  $123 \text{ s}$ .

أ/ أعط تعريف زمن عمر النصف.

ب/ باستعمال قانون التناقص الإشعاعي، بين أن عبارة ثابت التفكك الإشعاعي هي:  $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ ، احسب قيمته.

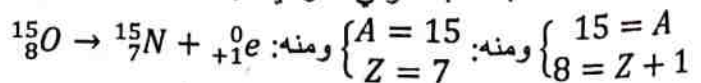
ج/ أثناء أحد الفحوصات يحقن المريض عدة مرات بحيث يجب حقن المريض عندما يبقى عدد  $N(t_1)$  من أنوية

الأكسجين 15 في اللحظة  $t_1$  من رتبة 5% من العدد الابتدائي الذي يتلقاه جسم المريض. احسب قيمة اللحظة  $t_1$ .

### تصحيح التمرين 63:

(1) أ/ الكتابة الرمزية للأكسجين 15 هي:  ${}_{8}^{15}\text{O}$ .

ب/ معادلة التفكك: حسب قانوني صودي للإنحفاظ:



(2) / طاقة الربط النووي: هي الطاقة اللازمة توفيرها للنواة من أجل تفكيكها إلى مكوناتها وهي ساكنة.

ب/ حساب  $\Delta E_3$ :  
 $\Delta E_3 = -E_l(N) = 7,699 \times 15 = 115,485 \text{ MeV}$

ج/ حساب التغير في الطاقة  $\Delta E_2$ : وهي طاقة ربط نواة  $^{15}_7\text{N}$ .  
 $\Delta E_2 = \Delta m \cdot C^2 = (7m_p + 8m_n + m_e - 7m_n - 8m_p) = 3,2109 \times 10^{-3} \times (2,998 \times 10^8)^2$   
 $\Delta E_2 = 2,88 \times 10^{-13} \text{ J} = 1,8 \text{ MeV}$

د/ حساب  $\Delta E$ :  
 $\Delta E = \Delta E_3 - (\Delta E_2 + \Delta E_1) = 115,485 - 1,8 - 111,94 = 1,785 \text{ MeV}$

(3) / زمن نصف العمر: هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية.  
 ب/ لدينا:  $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$  لما  $t = t_{1/2}$  تكون:  $A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$

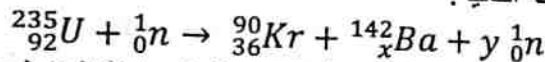
$\Rightarrow A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2} = A_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow e^{\lambda t_{1/2}} = 2 \Rightarrow \lambda \cdot t_{1/2} = \ln(2)$   
 $\Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{123} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

ومنه:  $0,05 \times N_0 = N_0 \times e^{-\lambda t_1}$  ج/ لدينا:  $N(t_1) = 0,05 N_0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{0,05} = e^{\lambda t_1} \Rightarrow 20 = e^{\lambda t_1} \Rightarrow \ln 20 = \lambda t_1$   
 $\Rightarrow t_1 = \frac{\ln 20}{\lambda} = \frac{\ln 20}{5,6 \times 10^{-3}} = 535 \text{ s}$

أي يجب الحقن بعد حوالي 9 دقائق.

### التمرين 64:

في محطة توليد الطاقة النووية وعلى مستوى المفاعل النووي تحدث عدة تفاعلات نووية عند تفكك اليورانيوم 235 إحدى هذه التفاعلات تعطى بالمعادلة التالية:



(1) كيف نسمي هذا التفاعل؟ ذكر بقوانين الانحفاظ التي تحققها معادلة التفاعل النووي و عين  $x$  و  $y$ .

(2) أحسب الطاقة المحررة من هذا التحول  $E_{\text{libre}}$  بال  $\text{MeV}$

(3) أحسب الطاقة الكلية المتحررة  $E_{\text{libre total}}$  عند استعمال  $1 \text{ kg}$  من اليورانيوم المخصب بنسبة 3%.

(4) ضع مخططا طاقياً يمثل الحصيلة الطاقوية لتفاعل انشطار نواة اليورانيوم 235.

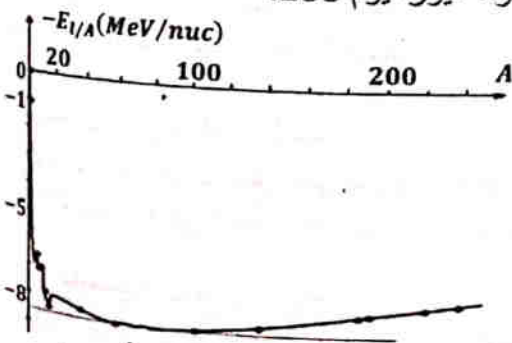
(5) يستهلك المفاعل النووي في المحطة كل يوم كتلة من نواة اليورانيوم 235 قدرها  $30 \text{ g}$ .

أحسب الاستطاعة المتوسطة للمفاعل.

(6) ماذا يمثل المنحنى المقابل؟ وما الفائدة منه؟

(7) أعد رسم المنحنى بشكل كفي و حدد عليه مواضع الأنوية التالية:  $^{235}_{92}\text{U}$  و  $^{90}_{36}\text{Kr}$  ,  $^{142}_{56}\text{Ba}$

التالية:  $^{235}_{92}\text{U}$  و  $^{90}_{36}\text{Kr}$  ,  $^{142}_{56}\text{Ba}$



$1u = 931.5 \text{ MeV}/C^2$   
 $m(\text{Ba}) = 141,9163 u$

$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 $m(\text{Kr}) = 89,81972 u$   
 $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$

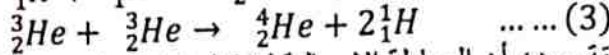
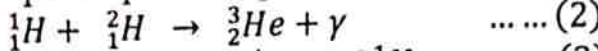
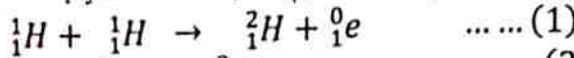
يعطى:

$m(\text{U}) = 234,983915 u$   
 $m(n) = 1,008665 u$

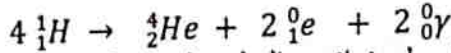


### التمرين 65:

النجوم الصفراء مثل الشمس تتشكل أساسا من الهيدروجين. عندما تكون درجة حرارة هذه النجوم تقارب  $1,5 \times 10^7 K$  تحدث تفاعلات اندماج بين البروتونات فتعطي نواة الهيليوم حسب السلسلة التالية:



(1) باستعمال المعادلات السابقة برهن أن المعادلة الإجمالية لتشكيل نواة الهيليوم  ${}^4_2He$  انطلاقا من أنوية الهيدروجين  ${}^1_1H$  تكتب على الشكل:



(2) احسب الطاقة الناتجة عند الحصول على نواة من الهيليوم ثم عند الحصول على 1g من الهيليوم.

(3) الاستطاعة التي تضعها الشمس هي:  $P = 3,9 \times 10^{26} W$ .

أ/ احسب كتلة الهيليوم الناتجة خلال 1s.

ب/ احسب مقدار النقص في كتلة الشمس كل ثانية.

ج/ يقدر عمر الشمس  $4,6 \times 10^9 ans$  وكتلتها الحالية  $2 \times 10^{30} Kg$  فما هو مقدار النقص في كتلتها منذ بداية إشعاعها؟ ثم قارن هذا النقص بالنسبة للكتلة الحالية.

$$1u = 931,5 MeV/c^2$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$$

$$m({}^4_2He) = 4,0015 u$$

$$m({}^1_1H) = 1,0073 u$$

$$m({}^0_1e) = 5,486 \times 10^{-4} u$$

### التمرين 66:

تمنص جميع النباتات الكربون ( ${}^{12}C$ ,  ${}^{14}C$ ) الموجود في الجو من خلال غاز ثاني أكسيد الكربون، بحيث تبقى نسبة عدد الأنوية ( ${}^{14}C$ )  $N_0$  للكربون 14 على عدد أنوية ( ${}^{12}C$ )  $N_0$  للكربون 12 في النباتات ثابتة خلال حياتها

$$\frac{N_0({}^{14}C)}{N_0({}^{12}C)} = 1,2 \times 10^{-12}$$

انطلاقا من لحظة موت النبات تتناقص هذه النسبة نتيجة تفكك الكربون 14 لكونه نظير مشع.

$$N_A = 6,023 \times 10^{23}$$

$$m({}^4_2Ra) = 225,977 u$$

$$1u = 931,5 MeV/c^2$$

$$1an = 3,15 \cdot 10^7 s$$

$$m({}^{222}_{86}Rn) = 221,970 u$$

$$m({}^4_2He) = 4,0015 u$$

$$t_{1/2}({}^{14}C) = 5730 ans$$

$$M({}^{12}C) = 12 g/mol$$

$$t_{1/2}({}^4_2Ra) = 1,6 \cdot 10^3 ans$$

|                  |                 |                 |                 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $^{12}\text{Be}$ | $^{13}\text{B}$ | $^{14}\text{C}$ | $^{15}\text{N}$ |
| $^{11}\text{Be}$ | $^{12}\text{B}$ | $^{13}\text{C}$ | $^{14}\text{N}$ |
| $^{10}\text{Be}$ | $^{11}\text{B}$ | $^{12}\text{C}$ | $^{13}\text{N}$ |
| $^9\text{Be}$    | $^{10}\text{B}$ | $^{11}\text{C}$ | $^{12}\text{N}$ |
| 4                | 5               | 6               | 7               |

نواة الكربون 14 مشعة لـ:  $\beta^-$ ، وينتج عن تفككها النواة  ${}^{14}_6Y$ .

(1) يعطي الشكل جزءا من مخطط سيقري ( $N, Z$ ).

أ/ أكتب معادلة التحول النووي للكربون 14 محددا النواة المتولدة  ${}^{14}_6Y$ .

تفكك نواة الكربون  ${}^{11}_6Y$  لتعطي نواة البور  ${}^{11}_5B$ .

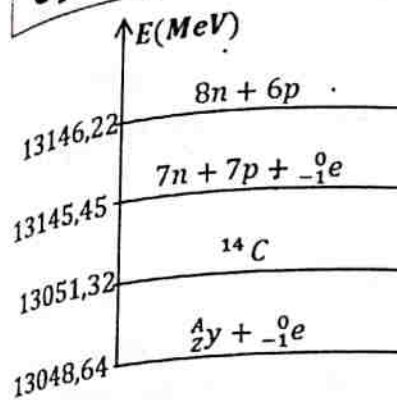
ب/ أكتب معادلة هذا التحول النووي محددا  $A'$  و  $Z'$ .

ج/ مثل بأسهم على مخطط سيقري التفاعلين السابقين

(2) اعتمادا على مخطط الطاقة الممثل في الشكل التالي:

أ/ أي النواتين  ${}^{14}_6Y$  و  ${}^{14}_7N$  أكثر استقرارا؟

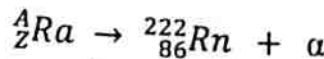
ب/ احسب الطاقة المحررة الناتجة عن تفكك النواة  ${}^{14}_6Y$ .



(3) نريد تحديد عمر قطعة خشب قديم. لذلك نأخذ منها عند لحظة  $t$  عينة كتلتها  $m = 0,295g$  فنجد أن العينة تعطي 1.40 تفككا في الدقيقة (نعتبر أن التفككات الملاحظة ناتجة فقط عن أنوية الكربون 14 الموجودة في العينة المدروسة)

نأخذ من شجرة حية قطعة لها نفس كتلة العينة السابقة فنجد أن النسبة الكتلية لـ  $^{12}C$  فيها هي 51,2% حدد عمر قطعة الخشب.

(4) عينة من الراديوم  $^{226}_{88}Ra$  المشع  $\alpha$  كتلتها  $m_0 = 1,5g$  تعطي معادلة التفكك



أ/ أكتب معادلة التفكك بعد حساب  $A$  و  $Z$

ب/ أحسب الطاقة المحررة  $E_{lib}$  من تفكك نواة واحدة من  $^{226}_{88}Ra$

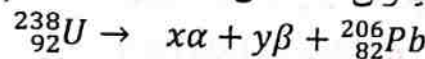
ج/ أحسب  $A_0$  نشاط العينة الابتدائية.

د/ أحسب الطاقة المحررة  $E_l$  خلال ساعة واحدة.

### التمرين 67:

لتقدير عمر بعض الصخور، يلجأ العلماء إلى طرائق وتقنيات مختلفة تعتمد أساسا على قانون التناقص الإشعاعي من بين هذه التقنيات تقنية التأريخ بواسطة اليورانيوم.

تتفكك أنوية اليورانيوم المشع  $^{238}_{92}U$  تلقائيا وفق سلسلة من التفككات  $\alpha$  و  $\beta^-$  والتي تتمذج بالمعادلة التالية:



(1) أ/ ما المقصود بـ  $\alpha$  و  $\beta^-$ ؟

ب/ بتطبيق قانوني الانحفاظ، أوجد قيمتي العددين  $x$  و  $y$ .

(2) بفرض أن عينة صخرية تحتوي على اليورانيوم  $^{238}_{92}U$  فقط لحظة تشكلها ( $t = 0$ ) التي نعتبرها لحظة بداية التأريخ وأن الرصاص  $^{206}_{82}Pb$  الموجود في العينة ناتج عن تفكك اليورانيوم  $^{238}_{92}U$  فقط.

عند لحظة القياس  $t_m$  تكون النسبة المئوية الكتلية للرصاص 206 تساوي 31% من الكتلة الابتدائية لليورانيوم  $^{238}_{92}U$

- بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي، أثبت أن كتلة الرصاص في العينة عند لحظة  $t$  تعطى بالعلاقة:

$$m_{pb}(t) = 0,866 \cdot m_U(0)(1 - e^{-\lambda t})$$

حيث  $\lambda$  ثابت التفكك لليورانيوم.

(3) يمثل البيان الموضح في الشكل تغيرات كتلة الرصاص المتشكل بدلالة الزمن  $m_{pb} = f(t)$ . اعتمادا على البيان جد:

أ/ عدد أنوية اليورانيوم 238 الابتدائية  $N_U(0)$  في العينة المدروسة

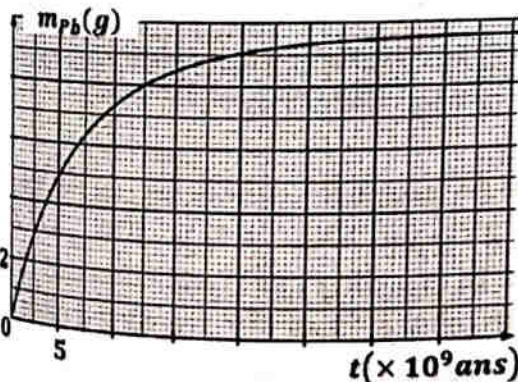
ب/ زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  لليورانيوم 238.

ج/ عين بيانيا عمر العينة، ثم تحقق حسابيا من النتيجة.

(4) فسر تواجد اليورانيوم  $^{238}_{92}U$  في القشرة الأرضية إلى اليوم

يعطى: عمر الأرض:  $t = 4,5 \times 10^9 \text{ ans}$

عدد أفقارو  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

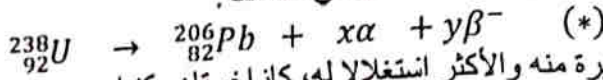


سألت المعلمة التلميذة: كيف تساعدن أمك في البيت ؟  
فاجابت: أبقى في الفراش طويلاً كي لا أزعجها



### التمرين 68:

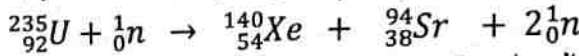
اليورانيوم عنصر كيميائي نشط إشعاعيا تم اكتشافه من طرف العالم الألماني (Martin Heinrich Klaproth) سنة 1789 رمز نواته  $^{238}_{92}U$  قُدر نصف العمر له بـ  $t_{1/2} = 4,47 \times 10^9 \text{ ans}$ ، يستعمل غالبا في تقدير عمر الصخور، يخضع لسلسلة من التحولات التلقائية، نلخصها في المعادلة:



من الدول التي تملك احتياطات كبيرة منه والأكثر استغلالا له، كازاخستان، كندا، روسيا، تكون هذه المادة قابلة للإنتاج صناعيا إذا تجاوزت نسبتها الكتلية 0,01 % في الصخور، له نظير مشع آخر قليل التواجد في الطبيعة هو  $^{235}_{92}U$  أخذت عينة صخرية من منجم قديم لاستخراج اليورانيوم كتلتها  $47 \text{ kg}$  تم قياس النشاط فيها فوجد  $A = 2,35 \times 10^5 \text{ Bq}$  (نعتبر كل النشاط عائد لـ  $^{238}_{92}U$ )

- (1) عرف النشاط الإشعاعي التلقائي.
- (2) حدد أنماط التفكك الموضحة في المعادلة (\*) السابقة وطبيعة الجسيمات الصادرة.
- (3) باستعمال قانوني الانحفاظ، عين قيمة كل من  $x$  و  $y$ .
- (4) احسب عدد أنوية  $^{238}_{92}U$  في العينة الصخرية.
- (5) احسب نسبة اليورانيوم  $^{238}_{92}U$  في العينة الصخرية، هل المنجم قابل للاستغلال صناعيا؟ علل.

II. النظير  $^{235}_{92}U$  يمكن استخلاصه عن طريق الطرد المركزي ويستخدم كوقود ذري في محركات الغواصات النووية لإنتاج طاقة هائلة ناتجة عن تفاعل انشطاري يمكن نمذجته بالمعادلة التالية:



- (1) احسب الطاقة المحررة من نواة اليورانيوم  $^{235}_{92}U$ .
- (2) يعطي محرك الغواصة استطاعة دفع محولة قدرها  $P = 25 \times 10^6 \text{ watt}$  حيث يستهلك كتلة صافية  $m(g)$  من اليورانيوم المخصب  $^{235}_{92}U$  خلال 30 يوما من الإبحار.
- أ/ ماهي الطاقة المحررة من انشطار الكتلة  $m$  السابقة التي تستهلكها الغواصة خلال هذه المدة، علما أن مردود هذا التحويل  $\rho = 85\%$ ؟
- ب/ احسب مقدار الكتلة  $m$ .

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad M(^{235}U) = 235,04 \text{ g/mol} \quad M(^{238}U) = 238,05 \text{ g/mol}$$

$$E_{l/A}(^{140}Xe) = 8,290 \text{ MeV/nuc} \quad E_{l/A}(^{235}U) = 7,590 \text{ MeV/nuc}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} \quad 1 \text{ an} = 365 \text{ jours} \quad E_{l/A}(^{94}Sr) = 8,593 \text{ MeV/nuc}$$

ضفدع سقط في حفرة عمقها ٣٠ متر.  
كل يوم يتسلق الضفدع ٣ متر لكنه يقع ٢ متر  
للاسفل عندما يتعب مساء.  
كم يوم يحتاج الضفدع لكي يخرج من الحفرة؟





# الوحدة الثالثة: الظواهر الكهربائية

① ثنائي القطب  $RC$

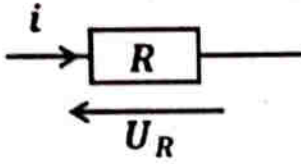
② ثنائي القطب  $RL$

قد يكون النور الذي تراه  
مصيرك يحترق

# ① ثنائي القطب $RC$

- I. مكتسبات قبلية.
- II. خصائص المكثفة.
- III. شحن المكثفة.
- IV. تفريغ المكثفة.
- V. الطاقة المخزنة في المكثفة.
- VI. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة  $RC$  وحلولها

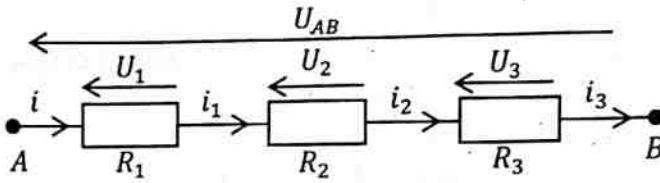




I. بعض المكتسبات القبلية:  
(قانون أوم:  $u_R(t) = R \cdot i(t)$ )

الشدة اللحظية للتيار الكهربائي بوحدة الأمبير (A):  $i(t)$   
مقاومة الناقل الأومي بالأوم ( $\Omega$ ):  $R$   
التوتر اللحظي بين طرفي الناقل الأومي  $R$  بوحدة الفولط (V):  $u_R(t)$

( ربط المقاومات:  
✓ الربط على التسلسل:



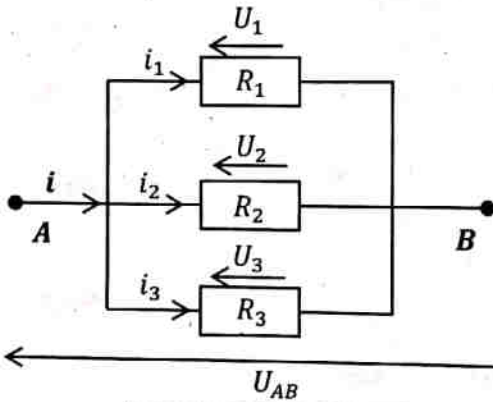
$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

جـ  $R_{eq}$ : المقاومة المكافئة الجزء في  $AB$  من الدارة الكهربائية.

✓ الربط على التفرع:



$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$U_{AB} = U_1 = U_2 = U_3$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

#### ملاحظات:

- الربط على التسلسل يزيد من قيمة المقاومة المكافئة وينقص من شدة التيار.
- الربط على التفرع ينقص من قيمة المقاومة المكافئة ويزيد من شدة التيار.
- في العناصر النشطة (مثل المولد) التوتر والتيار لهما نفس الاتجاه.
- في العناصر الخاملة (مثل المقاومة) التوتر والتيار متعاكسان في الاتجاه.
- الربط المختلط هو مجموع الربط على التسلسل وعلى التفرع.

المعلم: هل تعرفون من هو المنافق؟  
التلميذ: نعم يا أستاذ، هو التلميذ الذي  
يدخل من باب الثانوية مبتسماً !

## الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

| طريقة الربط                | الدور                                                   | الرمز | الاسم                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|-------|---------------------------------|
| على التسلسل                | قياس شدة التيار $i$                                     |       | الأمبير متر                     |
| على التفرع                 | قياس التوتر الكهربائي                                   |       | الفولط متر                      |
| على التفرع                 | تمثيل تغيرات $U(t)$<br>$U = f(t)$                       |       | مدخلي راسم<br>الاهتزاز المهيبطي |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | يغذي الدارة بتوتر ثابت القيمة.                          |       | مولد توتر ثابت                  |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | يغذي الدارة بتيار ثابت الشدة.                           |       | مولد تيار ثابت                  |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | يغذي الدارة بإشارات مختلفة<br>منخفضة التواتر            |       | مولد منخفض<br>التواترات         |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | تمانع مرور التيار<br>$U_R = R \cdot i$                  |       | ناقل أومي                       |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | تخزين الشحنات الكهربائية ثم<br>تفريغها                  |       | مكثفة                           |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | تمانع لوقت قصير استقرار التيار<br>وتمانع انقطاعه        |       | وشيعة                           |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد<br>(استقطاب مباشر)      |       | صمام ثنائي                      |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | التحكم في جهة مرور التيار إما<br>الوضع (1) أو الوضع (2) |       | بادلة                           |
| على التسلسل<br>وعلى التفرع | يغذي الدارة بتوتر ثابت                                  |       | عمود                            |

دوله تتكون من سبع حروف ثلاث  
حروف منها ركن  
من اركان الإسلام فما هي ؟



## II. خصائص المكثفة:

### (1) تعريفها:

هي عبارة عن صفيحتين معدنيتين متقابلتين بينهما عازل.

### (2) دورها:

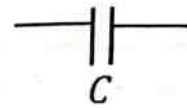
التجربة: نحقق التركيب الموضح في الشكل التالي:

الملاحظة: عند وضع البادلة في الوضع 1 يتوهج المصباح مباشرة ويزداد التوتر بين طرفي المكثفة تدريجيا إلى أن يبلغ قيمة القوة المحركة الكهربائية فينطفئ المصباح.

عند وضع البادلة في الوضع 2 يتوهج المصباح من جديد ويتناقص التوتر بين طرفي المكثفة تدريجيا إلى أن ينعدم فينطفئ المصباح.

النتيجة: تستعمل المكثفة في تخزين وتفريغ الشحنات الكهربائية.

(3) رمزها:



### (4) سعتها:

تعطى بالعلاقة:

$$C = \frac{Q}{U_C}$$

حيث:  $C$ : سعة المكثفة بوحدة الفاراد (F).

$Q$ : الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم (C).

$U_C$ : التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة بوحدة الفولط (V).

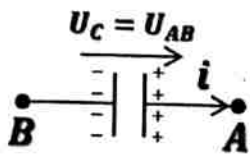
### (5) شدة التيار:

هي كمية الكهرباء المارة في مقطع من ناقل خلال وحدة زمن تعطى بالعلاقة:

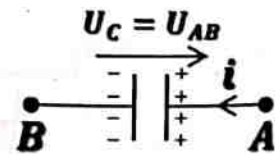
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{في حالة تيار ثابت}$$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad \text{في حالة تيار متغير}$$

أثناء التفريغ  $i < 0$



أثناء الشحن  $i > 0$



### (6) العلاقة بين $i(A)$ و $u_C(V)$ :

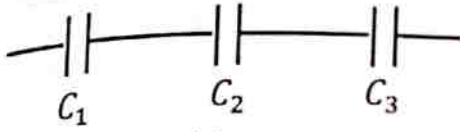
ونعلم أن:  $q = C \cdot U_C$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$i = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

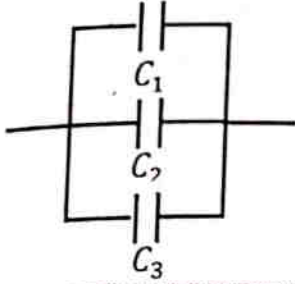
## (7) تجميع المكثفات:

على التسلسل:



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

على التفرع:



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

ملاحظة:

السعة المكافئة في حالة الربط على التسلسل أصغر من أصغر سعة.  
السعة المكافئة في حالة الربط على التفرع أكبر من أكبر سعة.

تطبيق:

مكثفة سعتها  $C = 2 \mu F$  ربطت معها مكثفة  $C'$  فأصبحت السعة المكافئة  $C_{eq} = 0,5 \mu F$

أوجد نوع الربط وقيمة  $C'$ .

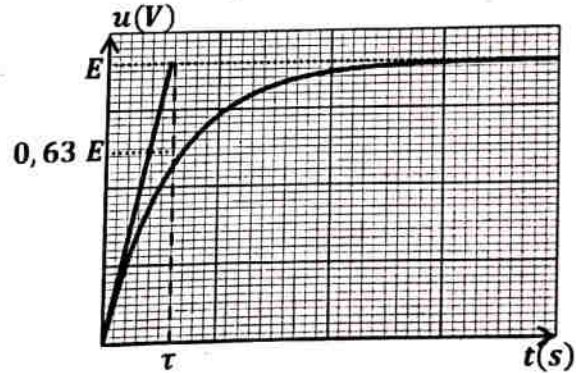
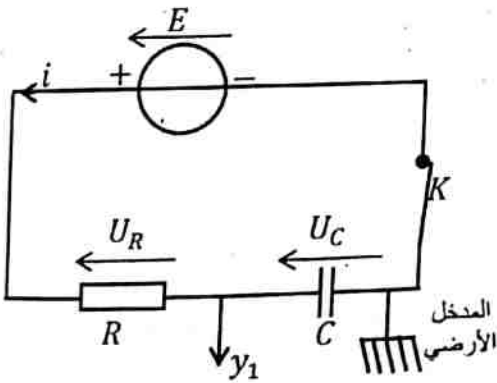
الحل: نوع الربط: على التسلسل.

$$C' = 0,66 \mu F \quad \text{قيمة } C'$$

III. شحن المكثفة:

( تجربة:

نركب الدارة الموضح في المخطط، فنشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي في المدخل  $Y_1$  البيان التالي:



( تحليل البيان:

أ/ البيان  $U_C$  يمر بنظامين:

- نظام انتقالي من 0 إلى  $5\tau$ : تزداد قيمة  $u_C(t)$  من قيمة معدومة إلى قيمة ثابتة  $E$ .

- النظام الدائم لما  $t > 5\tau$ : تثبت قيمة  $u_C(t)$ .

ب/ يعرف ثابت الزمن  $\tau$  بأنه الزمن اللازم لشحن 63% من المكثفة.

ج/ يمكن إيجاد  $\tau$  بعدة طرق:

- فاصلة نقطة تقاطع المماس عند  $t = 0$  للبيان مع المستقيم المقارب  $y = E$

-  $u_C(\tau) = 0,63 E$  أي فاصلة الترتيبية  $0,63 E$

د/ قيمة التيار الابتدائي  $I_0$ : عند  $t = 0$ :  $u_C(0) = 0$  أنظر المنحنى.

إذن:  $E = u_R(0)$  ومنه نجد:  $E = R \cdot I_0$  أي:  $I_0 = \frac{E}{R}$



$$E = u_C + u_R$$

( قانون جمع التوترات:

( المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة  $u_C$

$$E = u_R + u_C \Rightarrow$$

$$E = R \cdot i + u_C$$

$$E = R \cdot C \cdot \frac{d(u_C)}{dt} + u_C \Rightarrow$$

$$\frac{E}{R \cdot C} = \frac{d(u_C)}{dt} + \frac{u_C}{R \cdot C}$$

$$u_C(t) = E(1 - e^{-t/RC}) \dots \dots (1)$$

معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها من الشكل:  
ثبت أن (1) حل لها:

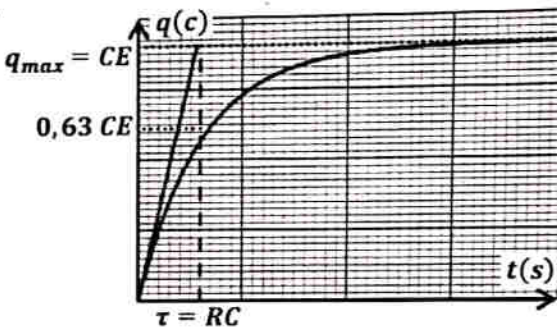
$$u_C = E - E \cdot e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \frac{du_C}{dt} = 0 - E \left( -\frac{1}{RC} \right) \cdot e^{-t/RC} \Rightarrow \frac{du_C}{dt} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-t/RC}$$

$$\frac{E}{RC} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-t/RC} + \frac{1}{RC} (E - E \cdot e^{-t/RC})$$

$$\frac{E}{RC} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-t/RC} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC} \cdot e^{-t/RC} \Rightarrow 0 = 0 \text{ محققة}$$

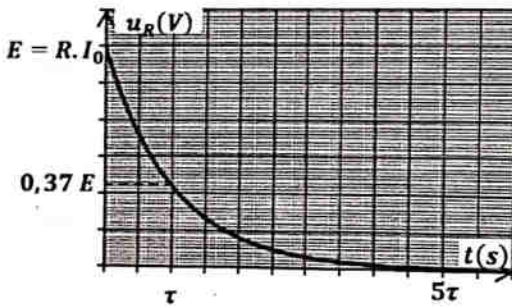
( عبارة الشحنة الكهربائية  $q(t)$ :



$$q(t) = C \cdot u_C(t) = C \cdot E \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

$$q(t) = q_{max} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

( عبارة التوتر  $U_R$ :



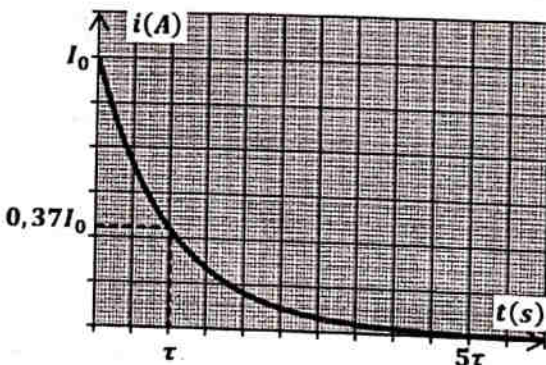
$$E = u_R + u_C \quad (8)$$

$$u_R(t) = E - u_C$$

$$u_R(t) = E - E(1 - e^{-t/\tau})$$

$$u_R(t) = E \cdot e^{-t/\tau}$$

(7) عبارة شدة التيار  $i(t)$ :



$$u_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$\Rightarrow i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$$

$$i(t) = \frac{E \cdot e^{-t/RC}}{R} \Rightarrow i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

$$i(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

( إثبات أن:  $\tau = R.C$  متجانس مع الزمن:

$$\begin{cases} u_R = R.i \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]} \\ C = \frac{q}{U_C} \Rightarrow [C] = \frac{[q]}{[U]} \\ i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow [q] = [I][T] \end{cases}$$

$$[\tau] = [R].[C] = \frac{[U]}{[I]} \cdot \frac{[q]}{[U]} = \frac{[q]}{[I]} = \frac{[I][T]}{[I]} \Rightarrow [\tau] = [T]$$

إن: وحدة  $\tau$  هي نفس وحدة الزمن (الثانية (s))

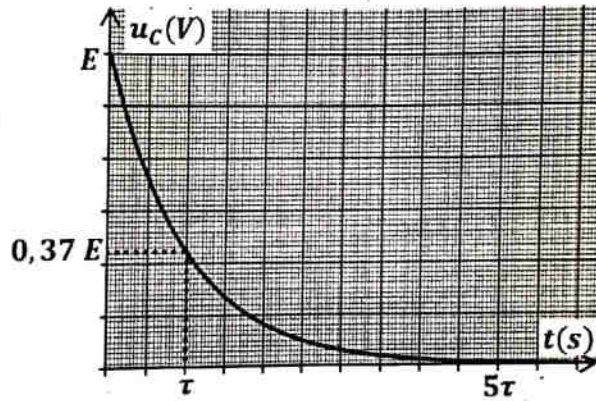
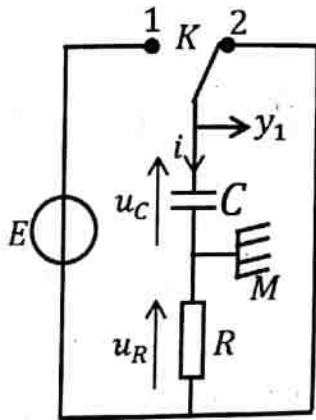
## IV. تفريغ المكثفة:

(1) تجربة: نحقق التركيب التالي:

أ/ البادلة K في الوضع (1) شحن المكثفة

ب/ البادلة K في الوضع (2) تفريغ المكثفة، فنشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي البيان التالي.

(2) تحليل البيان:

أ/ البيان  $U_C$  يمر بنظامين:- نظام انتقالي من 0 إلى  $5\tau$ : تتناقص  $u_C(t)$  حتى ينعدم.- نظام دائم من  $t > 5\tau$ : تصبح قيمة  $u_C(t)$  تقارب الصفر.ب/ يعرف ثابت الزمن  $\tau$  بأنه الزمن اللازم لتفريغ 63% من المكثفة أي بقاء 37% من شحنة المكثفة.ج/ يمكن حساب  $\tau$  بعدة طرق:- المماس عند  $t = 0$  للبيان  $u_C(t)$  يقطع محور الأزمنة في اللحظة  $\tau$ .-  $u_C(\tau) = 0,37 E$  أي أن  $\tau$  فاصلة الترتيبة  $0,37 E$ .د/ قيمة التيار الابتدائي  $I_0$ :عند  $t = 0$ :

$$u_C = E$$

$$u_R + u_C = 0 \Rightarrow u_R = -u_C$$

$$R.I_0 = -E \Rightarrow I_0 = \frac{-E}{R}$$

ملاحظة: تيار التفريغ يعاكس تيار الشحن.

هـ/ التيار في النظام الدائم:  $(t > 5\tau)$  أي:  $u_C = 0$ 

$$0 = u_C + u_R \Rightarrow u_R = 0 \Rightarrow i = 0$$



شأنيت

(3) قانون جمع التوترات:

المولد خارج الدارة، نحافظ على نفس اتجاه التيار والتوتر المأخوذة في دارة الشحن.

$$0 = u_R + u_C$$

(4) المعادلة التفاضلية:

$$u_R + u_C = 0 \Rightarrow R \cdot i + u_C = 0$$

$$\Rightarrow R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \Rightarrow \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot u_C = 0$$

معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها من الشكل:

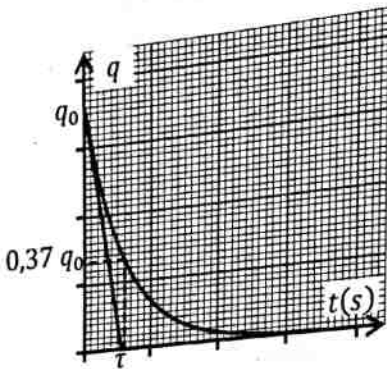
$$u_C = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

(5) عبارة الشحنة الكهربائية  $q(t)$ :

$$q(t) = C \cdot u_C$$

$$q(t) = C \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q(t) = q_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

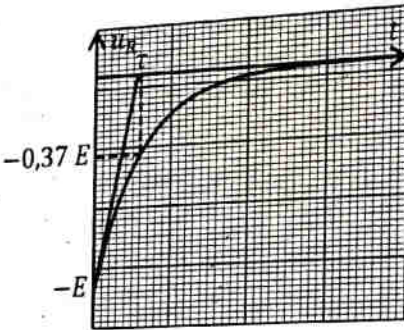


(6) عبارة التوتر  $u_R(t)$ :

$$0 = u_R + u_C$$

$$u_R = -u_C$$

$$u_R(t) = -E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

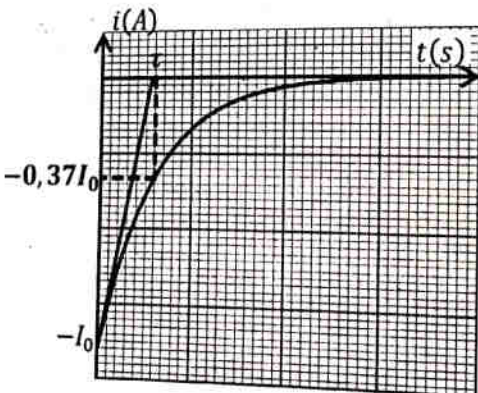


(7) عبارة شدة التيار  $i(t)$ :

$$u_R = R \cdot i$$

$$i(t) = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{-E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$



ملاحظة: الإشارة (-) تدل أن تيار التفريغ يعاكس تيار الشحن.

V. الطاقة المخزنة في المكثفة:

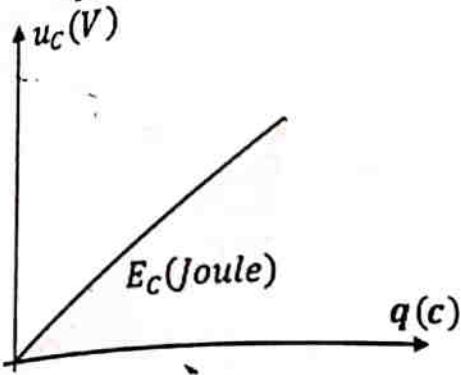
(1) قانون الطاقة المخزنة في مكثفة: تخزن المكثفة طاقة كهربائية تحسب كما يلي:

مساحة المثلث أسفل البيان  $E_C$

$$E_C = \frac{q \cdot u_C}{2} = \frac{1}{2} (C \cdot u_C) u_C$$

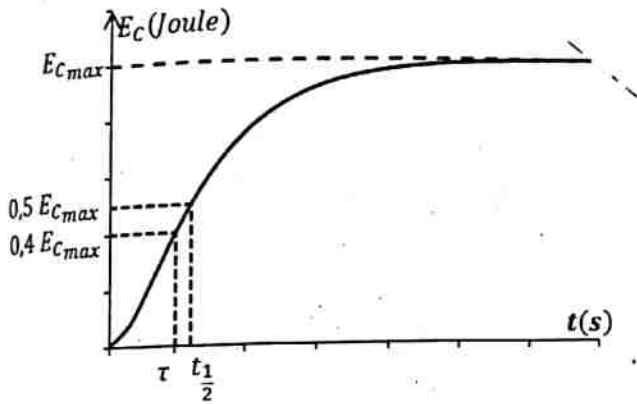
$$E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2$$

الطاقة الأعظمية هي:  $E_{C_{max}} = \frac{1}{2} C \cdot E^2$



(2) العبارة اللحظية للطاقة المخزنة:

/ حالة شحن المكثفة:



$$E_C = \frac{1}{2} C [E(1 - e^{-t/\tau})]^2$$

$$E_C = \frac{1}{2} C \cdot E^2 (1 - e^{-t/\tau})^2$$

$$E_C = E_{C_{max}} (1 - e^{-t/\tau})^2$$

تطبيق:

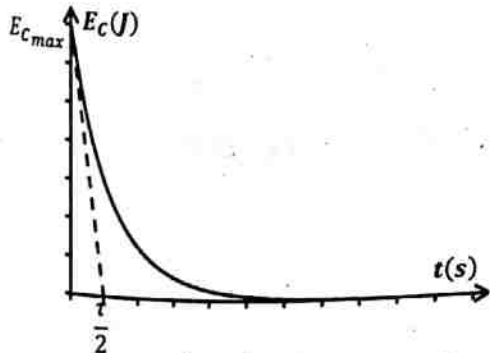
برهن أن زمن تخزين نصف الطاقة العظمى هو  $t_{1/2} = \tau \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} \right)$

عند  $t_{1/2}$  :  $E_C(t) = \frac{E_{C_{max}}}{2}$  /  $E_C(t) = E_{C_{max}} (1 - e^{-t/\tau})^2$

$$\frac{E_{C_{max}}}{2} = E_{C_{max}} (1 - e^{-t_{1/2}/\tau})^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 - e^{-t_{1/2}/\tau} \Rightarrow e^{-t_{1/2}/\tau} = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{-t_{1/2}}{\tau} = \ln \left( \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow t_{1/2} = -\tau \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow t_{1/2} = \tau \cdot \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1}$$

ب/ حالة تفريغ المكثفة:



$$E_C = \frac{1}{2} C (E e^{-t/\tau})^2$$

$$E_C = \frac{1}{2} C \cdot E^2 e^{-2t/\tau}$$

$$E_C = E_{C_{max}} e^{-2t/\tau}$$



تطبيق: برهن أن:

1- زمن تناقص الطاقة إلى النصف هو:

$$t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \cdot \ln 2$$

2- المماس لبيان الطاقة عند  $t = 0$  يقطع محور الأزمنة في اللحظة  $t = \frac{\tau}{2}$ 

الغل:

1- زمن تناقص الطاقة إلى النصف:

$$\begin{cases} E_c(t_{1/2}) = \frac{E_{cmax}}{2} & \text{و } t = t_{1/2} \\ E_c(t_{1/2}) = E_{cmax} \times e^{\frac{-2t_{1/2}}{R \times C}} \end{cases}$$

$$\frac{E_{cmax}}{2} = E_{cmax} \times e^{\frac{-2t_{1/2}}{R \times C}} \quad \text{إذن: } \frac{1}{2} = e^{\frac{-2t_{1/2}}{R \times C}}$$

$$\ln\left(e^{\frac{-2t_{1/2}}{R \times C}}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow -\ln 2 = -2t_{1/2} \times \frac{1}{R \times C}$$

$$\ln 2 = 2t_{1/2} \times \frac{1}{R \times C} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{2} \times \tau$$

2- معادلة المماس:

• إيجاد a:

$$a = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} (E_{cmax} \cdot e^{-2t/\tau})$$

$$a = \frac{dE_c}{dt} = -\frac{2 \cdot E_{cmax}}{\tau} \quad \text{لما } t = 0$$

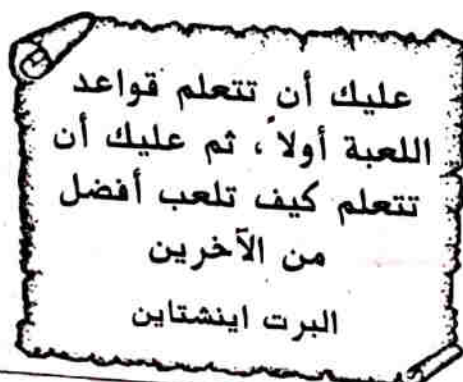
• إيجاد b:

$$b = E_{cmax}$$

$$y = -\frac{2 \cdot E_{cmax}}{\tau} t + E_{cmax} \quad \text{منه بالتعويض في (1) نجد}$$

$$0 = -\frac{2 \cdot E_{cmax}}{\tau} t + E_{cmax} \quad \text{لما يقطع محور الأزمنة}$$

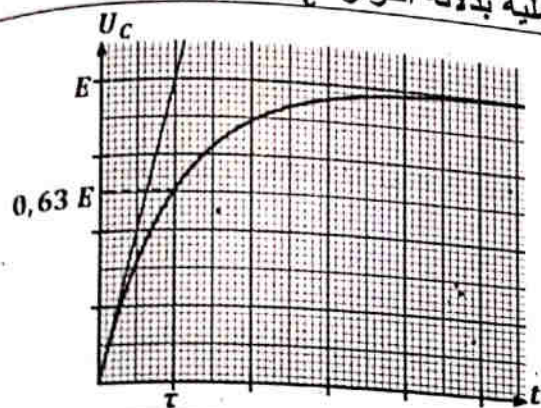
$$t = \frac{\tau}{2} \quad \text{و عليه} \quad \frac{2 \cdot E_{cmax}}{\tau} t = E_{cmax}$$



الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

VI. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RC في حالة الشحن:

(1) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_C$ :



$$E = U_R + U_C \Rightarrow E = R \cdot i + U_C$$

$$E = R \cdot \frac{dq}{dt} + U_C$$

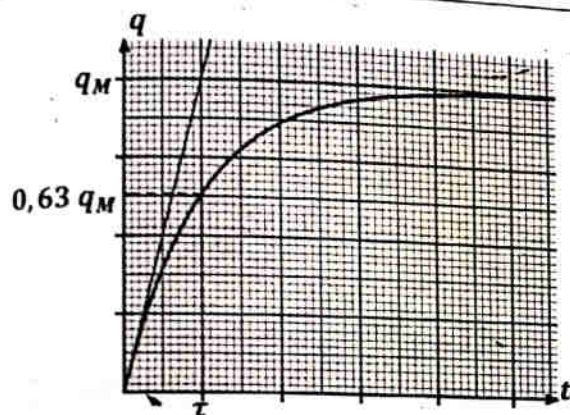
$$E = R \cdot \frac{d}{dt}(C \cdot U_C) + U_C$$

$$E = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

$$U_C = E(1 - e^{-t/\tau})$$

حليها:

(2) المعادلة التفاضلية بدلالة الشحنة  $q$ :



$$E = U_R + U_C \Rightarrow E = R \cdot i + U_C$$

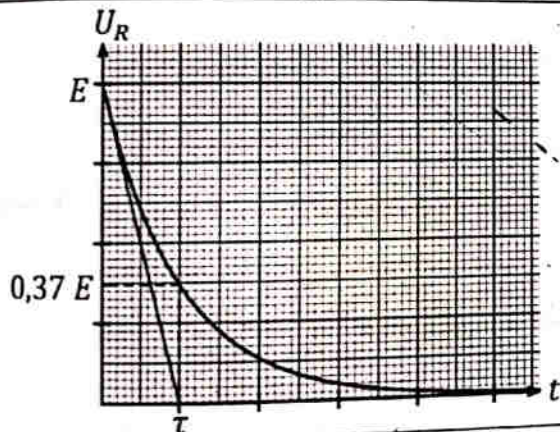
$$E = R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC}$$

حليها:

$$q = CE(1 - e^{-t/RC}) = q_M(1 - e^{-t/RC})$$

(3) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_R$ :



$$E = U_R + U_C \Rightarrow E = U_R + \frac{q}{C}$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt}$$

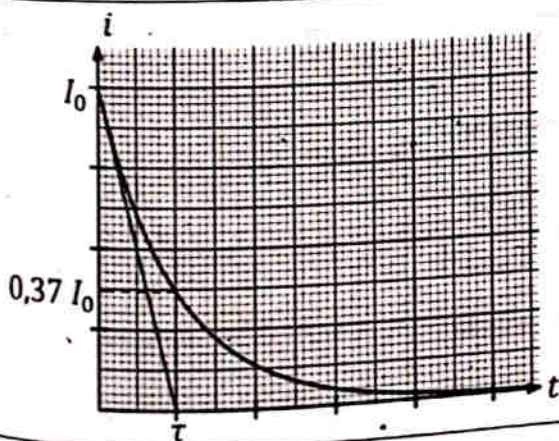
$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i$$

$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U_R$$

$$U_R = E \cdot e^{-t/RC}$$

حليها:

(4) المعادلة التفاضلية بدلالة التيار  $i$ :



$$E = U_R + U_C \Rightarrow E = R \cdot i + \frac{q}{C}$$

$$\frac{dE}{dt} = R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$0 = R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i$$

$$0 = \frac{di}{dt} + \frac{1}{RC} i$$

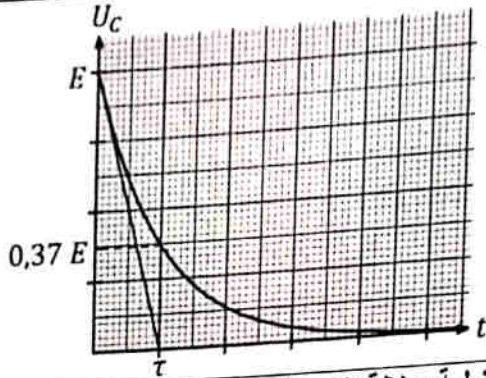
$$i = \frac{E}{R} \cdot e^{-t/RC} = I_0 \cdot e^{-t/RC}$$

حليها:



VII. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RC في حالة التفريغ:

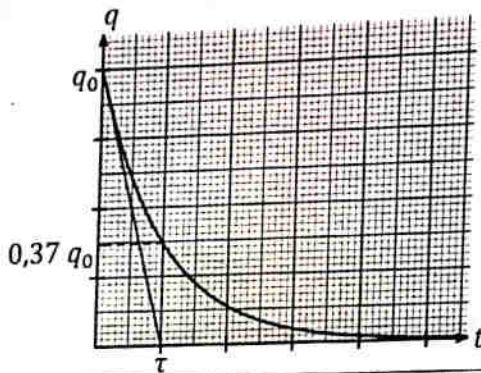
(1) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_C$ :



$$\begin{aligned} 0 &= U_R + U_C \\ 0 &= R \cdot i + U_C \\ 0 &= R \cdot \frac{dq}{dt} + U_C \\ 0 &= R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C \\ U_C(t) &= E e^{-t/RC} \end{aligned}$$

حلها:

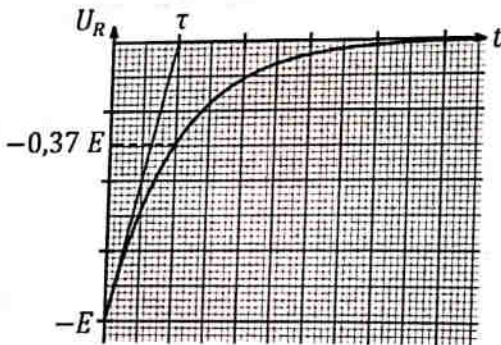
(2) المعادلة التفاضلية بدلالة الشحنة  $q$ :



$$\begin{aligned} 0 &= U_R + U_C \\ 0 &= R \cdot i + U_C \\ 0 &= R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \\ 0 &= \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} \\ q(t) &= C E e^{-t/RC} = q_0 e^{-t/RC} \end{aligned}$$

حلها:

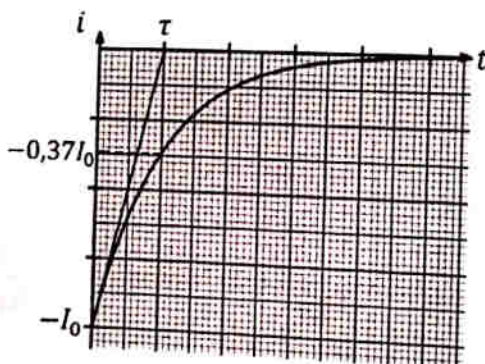
(3) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_R$ :



$$\begin{aligned} 0 &= U_R + U_C \\ 0 &= U_R + \frac{q}{C} \\ 0 &= \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt} \\ 0 &= \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i \\ 0 &= \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U_R \\ U_R(t) &= -U_C(t) = -E e^{-t/RC} \end{aligned}$$

حلها:

(4) المعادلة التفاضلية بدلالة التيار  $i$ :



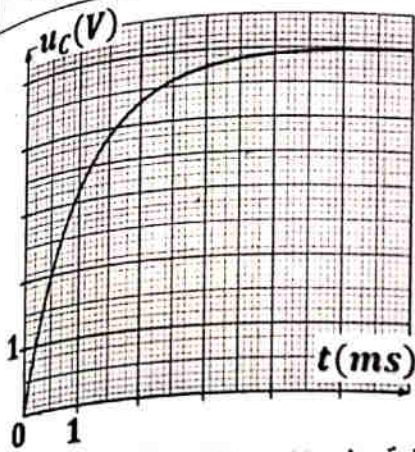
$$\begin{aligned} 0 &= U_R + U_C \\ 0 &= R \cdot i + \frac{q}{C} \\ 0 &= R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt} \\ 0 &= \frac{di}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot i \\ i(t) &= -\frac{E}{R} e^{-t/RC} = -I_0 \cdot e^{-t/RC} \end{aligned}$$

حلها:

### التمرين 01:

- تحقق دائرة كهربائية على التسلسل تتكون من:
- مولد كهربائي ذي توتر كهربائي ثابت  $E = 5 \text{ V}$ .
  - ناقل أومي مقاومته  $R = 100 \Omega$ .
  - مكثفة سعتها  $C$ .
  - قاطعة  $K$ .

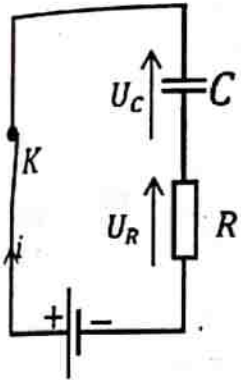
نوصل طرفي المكثفة  $B, A$  إلى واجهة دخول لجهاز إلام الي وعولجت المعطيات ببرمجة "Microsoft Excel" وتحصلنا على المنحنى البياني:  $u_C = u_{AB} = f(t)$



- 1) اقترح مخططا للدائرة موضحا اتجاه التيار ثم مثل بسهم كلا من التوترين  $u_C$  و  $u_R$ .
- 2) عين قيمة ثابت الزمن  $\tau$  للدائرة وما مدلوله الفيزيائي؟ استنتج قيمة سعة المكثفة  $C$ .
- 3) احسب شحنة المكثفة عند بلوغ الدائرة للنظام الدائم.
- 4) لو استبدلنا المكثفة السابقة بمكثفة أخرى سعتها  $C' = 2C$ ، ارسم كيفيا، في نفس المعلم السابق شكل المنحنى  $u_{C'} = g(t)$  الذي يمكن مشاهدته على شاشة الجهاز. مع التعليل.

### تصحيح التمرين 01:

(1) مخطط الدائرة:



(2) تعيين قيمة  $\tau$  (من البيان):

$\tau$  هو الزمن اللازم لشحن 63% من المكثفة، لتعيينه نسقط قيمة  $U_C(\tau) = 0,63 \times 5 = 3,15 \text{ V}$  على البيان المعطى فنجد  $\tau = 1 \text{ ms}$

- استنتاج قيمة سعة المكثفة:

$$C = 10^{-5} \text{ F} \text{ ومنه } \tau = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} \Rightarrow C = \frac{10^{-3}}{100}$$

(3) حساب شحنة المكثفة عند بلوغ الدائرة النظام الدائم:

$$U_C = E = 5 \text{ V} \text{ أي لما:}$$

$$q_{\max} = U_C \times C = 5 \times 10^{-5} \text{ C} \text{ ومنه:}$$

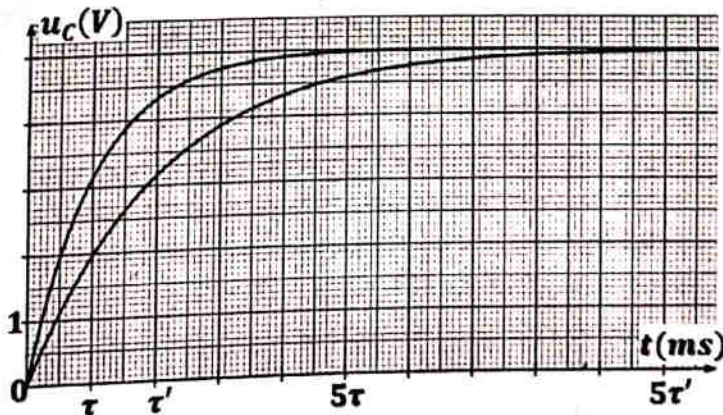
(4) رسم المنحنى:

التعليل:

$$\tau' = R \cdot C' = R \cdot 2C$$

$$\tau' = 2\tau \text{ إذن}$$

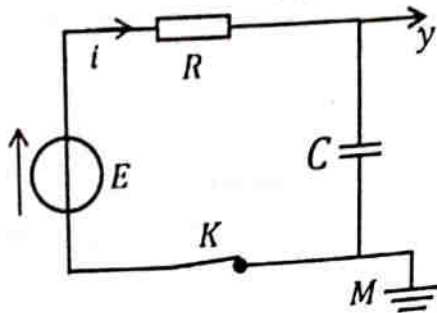
$$5\tau' = 10 \text{ ms}$$





التمرين 2:

نقطة شحن مكثفة مفرغة، سعيتها (C)، نربطها على التسلسل مع العناصر الكهربائية التالية:  $R = 10^4 \Omega$



قواطع K.   
 أظهار التطور الزمني للتوتر الكهربائي  $u_c(t)$  بين طرفي المكثفة.   
 مبرر اسم اهتزاز مذبذبي ذي ذاكرة، نغلق القاطعة K في اللحظة  $t = 0$  فنشاهد على شاشة راسم الاهتزاز المذبذبي المنحني  $u_c(t)$  المشابه في الشكل.

(1) ماهي شدة التيار الكهربائي المار في الدارة بعد مدة  $\Delta t = 15s$  من غلقها؟

(2) أعط العبارة الحرفية لثابت الزمن  $\tau$ ، وبين أن له نفس وحدة قياس الزمن.

(3) عين بيانيا قيمة  $\tau$  واستنتج السعة (C) للمكثفة.

(4) بعد غلق القاطعة (في اللحظة  $t = 0$ ):

أ/ اكتب عبارة شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  المار في الدارة بدلالة  $q(t)$  شحنة المكثفة.

ب/ اكتب عبارة التوتر الكهربائي  $u_c(t)$  بين لبوسي المكثفة بدلالة الشحنة  $q(t)$

ج/ بين أن المعادلة التفاضلية التي تعبر عن  $u_c(t)$  تعطى بالعبارة:

$$u_c + RC \frac{du_c}{dt} = E$$

$$u_c + RC \frac{du_c}{dt} = E$$

(5) يعطى حل المعادلة التفاضلية السابقة بالعبارة  $u_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{A}}\right)$  وما هو مدلوله الفيزيائي؟

استنتج العبارة الحرفية للثابت A. وما هو مدلوله الفيزيائي؟

نصحيح التمرين 02:

(1) بعد  $\Delta t = 15(s)$  من غلق الدارة ( الدارة في حالة نظام دائم ): يكون  $E = U_C$

فتكون جمع التوترات  $E = U_R + U_C$

$$E = R \times i_t + U_C \Rightarrow E = R \times i_t + E$$

$$R \times i_t = 0 \Rightarrow i_t = 0 \quad (A)$$

$$\tau = R \times C \quad (2) \text{ عبارة } \tau$$

$$[\tau] = [R \times C] = [R] \times [C]$$

$$[\tau] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[Q]}{[I]} = \frac{[H] \times [T]}{[H]}$$

$$[\tau] = [T] = (s) \quad \begin{cases} U_R = R \times i \\ Q = C \times U_C \\ i_t = \frac{dq}{dt} \end{cases}$$

(3) تعيين بيانيا  $\tau$  واستنتج C :

$$U_c(\tau) = 0,63 \times E = 0,63 \times 3$$

$$U_c(\tau) = 1,89 \text{ (V)}$$

$$\tau \approx 2,4 \text{ s}$$

$$\tau = R \times C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} \Rightarrow C = \frac{2,4}{10^4} = 2,4 \times 10^{-4} \text{ F}$$

إذا كان الشغل مجهدا  
فإن الفراغ مفسدة

عمر بن الخطاب رضي الله عنه

### الوحدة 3، الظواهر الكهربائية -ثنائي القطب RC-

شنايت

(4) نغلق القاطعة:

أ/ عبارة  $i(t)$  بدلالة  $q(t)$  :  $i(t) = \frac{dq}{dt}$   
 ب/ عبارة  $u_c(t)$  بدلالة  $q(t)$  :

$$q(t) = C \times u_c(t)$$

$$u_c(t) = \frac{q(t)}{C}$$

ج/ المعادلة التفاضلية:  
 قانون جمع التوترات :

$$E = U_R + U_C$$

$$E = R \times i_t + U_C \Rightarrow E = R \times \frac{dq}{dt} + U_C$$

$$E = R \times \frac{d(C \times U_C(t))}{dt} + U_C$$

$$E = R \cdot C \times \frac{dU_C(t)}{dt} + U_C$$

$$\begin{cases} u_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{A}}\right) \\ \frac{du_c(t)}{dt} = \frac{E}{A} \times e^{-\frac{t}{A}} \end{cases} \quad (5) \text{ الاثبات :}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية :  $E = E - E \times e^{-\frac{t}{A}} + R \cdot C \times \frac{E}{A} \times e^{-\frac{t}{A}}$

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

$$\frac{R \times C}{A} - 1 = 0 \Rightarrow \frac{R \times C}{A} = 1$$

منه  $A = R \times C = \tau$  وهو الزمن الازم لشحن المكثف بـ 63% من قيمته شحنتها الأعظمية.

### التمرين 03:

تتكون الدارة الكهربائية المبينة في الشكل من العناصر التالية موصولة على التسلسل:

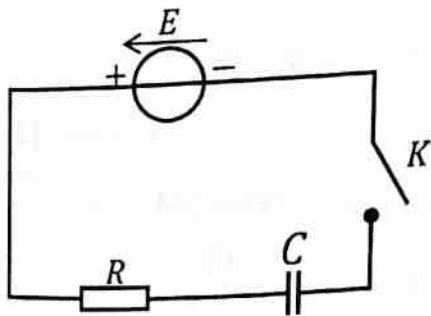
- مولد كهربائي توتره ثابت  $E = 6V$ .

- مكثف سعتها  $C = 1.2\mu F$ .

- ناقل أومي مقاومته  $R = 5k\Omega$ .

- قاطعة K.

نغلق القاطعة:



(1) بتطبيق قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية التي تربط بين  $u_c(t)$ ,  $\frac{du_c(t)}{dt}$ ,  $E$ ,  $R$  و  $C$ .

(2) تحقق إن كانت المعادلة التفاضلية المحصل عليها تقبل العبارة:  $u_c = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$  كحل لها.

(3) حدد وحدة المقدار  $RC$ ، ما مدلوله العملي بالنسبة للدارة الكهربائية؟ اذكر اسمه.

(4) احسب قيمة التوتر الكهربائي  $u_c(t)$  في اللحظات المدونة في الجدول التالي:

|              |   |   |    |    |    |
|--------------|---|---|----|----|----|
| $t(ms)$      | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 |
| $u_c(t) (V)$ |   |   |    |    |    |

(5) ارسم المنحنى البياني  $u_c(t) = f(t)$ .



- (6) أوجد العبارة الحرفية للشدة اللحظية للتيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة  $E, R, C$ ، ثم احسب قيمتها في اللحظتين:  $(t = 0)$  و  $(t \rightarrow \infty)$ .
- (7) اكتب عبارة الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف، احسب قيمتها عندما  $(t \rightarrow \infty)$ .

### تصبح التمرين 03:

(1) المعادلة التفاضلية التي تربط  $C, R, E, U_C(t)$ :

$$E = U_R + U_C = R \cdot i + U_C \Rightarrow E = R \cdot \frac{dq}{dt} + U_C \Rightarrow E = R \times \frac{d(C \cdot U_C)}{dt} + U_C$$

$$\Rightarrow E = RC \times \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

(2) التحقق من الحل:

$$\frac{dU_C}{dt} = E \cdot \frac{1}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{بلاشتقاق} \quad U_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$E = RC \cdot E \cdot \frac{1}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + E - E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow E - E = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} - E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\Rightarrow E - E = 0 \Leftrightarrow E = E \quad \text{محقة}$$

(3) وحدة  $\tau$ : بالتحليل البعدي:

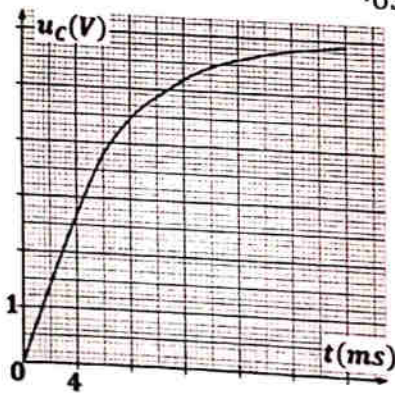
$$[\tau] = [R] \cdot [C] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[q]}{[U]} = \frac{[I] \times [T]}{[I]} \Rightarrow [\tau] = [T]$$

$\tau = RC$ : ثابت الزمن منلوله الفيزيائي هو الزمن اللازم لشحن المكثف بنسبة 63%.

(4) الجدول:

| $t(\text{ms})$  | 0 | 6    | 12   | 18   | 24   |
|-----------------|---|------|------|------|------|
| $U_C(\text{V})$ | 0 | 3,79 | 5,19 | 5,70 | 5,89 |

(5) رسم المنحنى  $U_C(t) = f(t)$ :



(6) العبارة الحرفية لـ  $i(t)$  بدلالة  $E, R, C$ : لدينا من قانون جمع التوترات:

$$U_R = R \cdot i \quad \text{و} \quad E = U_C + U_R \quad \text{و} \quad U_C = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

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

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

$$E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = R \cdot i \Rightarrow i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i(\infty) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\infty} = 0 \quad \text{و} \quad i(0) = \frac{E}{R} \cdot e^0 = \frac{E}{R}$$

(7) الطاقة الكهربائية المخزنة بالمكثف:

$$U_{C_{\max}} = E \quad \text{و} \quad E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_C^2$$

$$E_{C_{\max}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2 = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 10^{-6} \times 36$$

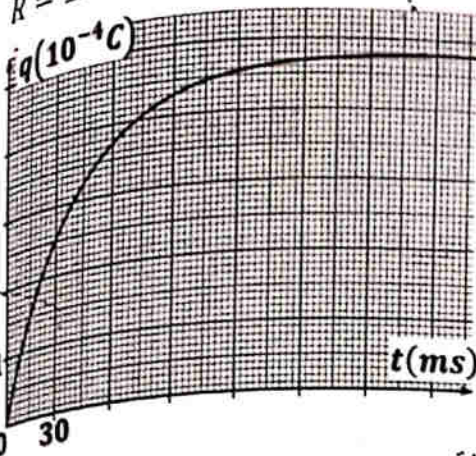
ومنه:

$$E_{C_{\max}} = 2,16 \times 10^{-5} \text{ (J)}$$

بالتالي:

## التمرين 04:

تتكون دائرة كهربائية على التسلسل من: مولد للتوتر قوته المحركة الكهربائية  $E$ ، ناقل أومي مقاومته:  $R = 1k\Omega$  ومكثفة سعتها  $C$  وقاطعة  $K$ .  
نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة:  $t = 0$ .



- ارسم الدارة الكهربائية مع توجيهها بالنسبة لشدة التيار والتوتر الكهربائيين.
- جد المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة  $q(t)$  خلال شحن المكثفة.
- حل المعادلة التفاضلية السابقة، يعطى بالشكل:  
 $q(t) = Ae^{\alpha t} + B$  جد عبارة كل من:  $A, B, \alpha$ .
- التمثيل البياني يمثل تطور شحنة المكثفة  $q(t)$  بدلالة الزمن  $t$  (الشكل)
- أ/ استنتج بيانيا قيمة  $\tau$  ثابت الزمن، ثم احسب  $C$  سعة المكثفة.
- ب/ استنتج قيمة  $E$  القوة المحركة الكهربائية للمولد.
- ج/ احسب الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثفة في اللحظة:  $t = 200ms$ .

## تصحيح التمرين 04:

(1) رسم الدارة الكهربائية:

(2) إيجاد المعادلة التفاضلية بدلالة  $q(t)$ :

$$\begin{aligned} U_R + U_C &= E \Rightarrow R \cdot i + \frac{q}{C} = E \\ \Rightarrow R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} &= E \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot q = \frac{E}{R} \end{aligned}$$

(3) إيجاد كل من  $A, B, \alpha$ :

نعلم أن لما  $t = 0$  المكثفة مفرغة أي  $q(0) = 0$

ومنه:  $q(0) = Ae^0 + B \Rightarrow A = -B$  فتصبح العبارة (1):  $q(t) = A \cdot e^{\alpha t} - A \dots$

باشتقاق العبارة (1) نجد (2):  $\frac{dq}{dt} = A \cdot \alpha \times e^{\alpha t} \dots$   
نعوض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية:

$$\begin{aligned} A\alpha \cdot e^{\alpha t} + \frac{A \cdot e^{\alpha t} - A}{RC} &= \frac{E}{R} \\ \left(\alpha + \frac{1}{RC}\right) A \cdot e^{\alpha t} + \left(-\frac{A}{RC} - \frac{E}{R}\right) &= 0 \\ A = -EC & \\ B = EC & \\ \alpha = -\frac{1}{RC} & \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha + \frac{1}{RC} = 0 \\ -\frac{A}{RC} - \frac{E}{R} = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

$$q = -C \cdot E \cdot e^{-\frac{1}{RC}t} + E \cdot C$$

$$q = C \cdot E \left(1 - e^{-\frac{1}{RC}t}\right)$$

أنا من قوم إذا حزنوا ..  
وجدوا في حزنهم طربا وإذا ما غاب  
صعبت ... هونوا بالترك ما صعبا  
إيليا أبو ماضي



$$q_{max} = 4,8 \times 10^{-4} \text{ (C) من البيان (4) /$$

إيجاد قيمة  $\tau$ :

$$q(t) = 0,63 \times q_{max} = 0,63 \times 4,8 \times 10^{-4}$$

$$q(t) = 3,0 \times 10^{-4} \text{ (C)}$$

بإسقاط هذه القيمة على البيان المعطى نجد  $\tau \approx 40 \text{ (ms)}$  ، تقبل من  $[39\text{ms} - 42\text{ms}]$   
- حساب  $C$  سعة المكثف:

$$\tau = R \times C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{40 \times 10^{-3}}{10^3}$$

$$C = 4 \times 10^{-5} \text{ (F)}$$

ب/ استنتاج قيمة  $E$ :

$$q_{max} = C \cdot E$$

$$E = \frac{q_{max}}{C} = \frac{4,8 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-5}} = 12 \text{ (V)}$$

ج/ حساب الطاقة الكهربائية المخزنة عند  $t = 200 \text{ (ms)}$ 

$$\xi = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2$$

$$U_C = E = 12 \text{ (V)}$$

$$\xi = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-5} \times 12^2 = 2,88 \times 10^{-3} \text{ J}$$

**التمرين 05:**

في حصة الأعمال المخبرية، اقترح أستاذ على تلاميذه مخطط الدارة الممثلة في (الشكل) للدراسة ثنائي القطب RC.

تتكون الدارة من العناصر الكهربائية التالية:

• مولد توتره الكهربائي ثابت  $E = 12\text{V}$ .• مكثف (غير مشحون) سعته  $C = 1,0 \mu\text{F}$ .• ناقل أومي مقاومته  $R = 5 \times 10^3 \Omega$ .• بادلة  $K$ .(1) نجعل البادلة في اللحظة  $(t = 0)$  على الوضع (1).

أ/ ماذا يحدث للمكثف؟

ب/ كيف يمكن عمليا مشاهدة التطور الزمني للتوتر الكهربائي  $u_{AB}$ ؟

ج/ بين أن المعادلة التفاضلية التي تحكم اشتغال الدارة عبارتها:

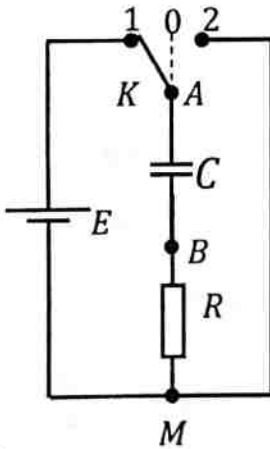
$$RC \frac{du_{AB}}{dt} + u_{AB} = E$$

د/ أعط عبارة  $(\tau)$  الثابت المميز للدارة، وبين باستعمال التحليل البعدي أنه يقدر بالثانية في النظام الدولي للوحدات (SI).هـ/ بين أن المعادلة التفاضلية السابقة (1-ج) تقبل العبارة:  $u_{AB} = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  حلا لها.و/ ارسم شكل المنحنى البياني الممثل للتوتر الكهربائي  $u_{AB} = f(t)$  وبين كيفية تحديد  $\tau$  من البيان.ز/ قارن بين قيمة التوتر  $u_{AB}$  في اللحظة  $t = 5\tau$  و  $E$ . ماذا تستنتج؟

(2) بعد الانتهاء من الدراسة السابقة، نجعل البادلة في الوضع (2).

أ/ ماذا يحدث للمكثف؟

ب/ احسب قيمة الطاقة الأعظمية المحولة في الدارة الكهربائية.



## تصحيح التمرين 05:

(1) البادئة في الوضع (1)  $t = 0 \Leftarrow$ 

أ/ تشحن المكثف.

ب/ يمكن عمليا مشاهدة التطور الزمني لـ  $U_{AB}$  بواسطة راسم الاهتزاز المهبلي ذو ذاكرة أو جهاز آلي مزود ببطاقة منخل.

ج/ المعادلة التفاضلية:

قانون جمع التوترات:  $E = U_R + U_C$ 

$$E = R \times i_t + U_C \Rightarrow E = R \times \frac{dq}{dt} + U_C$$

$$E = R \times \frac{d(C \times U_C(t))}{dt} + U_C \Rightarrow E = R \times C \times \frac{dU_C(t)}{dt} + U_C$$

د/ عبارة  $\tau$ :  $\tau = R \times C$ 

- التحليل البعدي:

$$[\tau] = [R \times C] = [R] \times [C] \Rightarrow [\tau] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[I] \times [T]}{[I]} \Rightarrow [\tau] = [T] = (S)$$

إننا أربعة إخوة ، لنا  
رأس واحد فما نحن ؟

$$\begin{cases} U_R = R \times i \\ Q = C \times U_C \\ i_t = \frac{dq}{dt} \end{cases}$$

هـ/ التحقق:

$$\begin{cases} u_{AB(t)} = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \\ \frac{dU_{AB}(t)}{dt} = \frac{E}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}} \end{cases}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$E = R \cdot C \times \frac{E}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}} + E - E \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

نعلم أن  $\tau = R \times C$  إذن

$$E - E = E \times e^{-\frac{t}{\tau}} - E \times e^{-t/\tau}$$

إذن محققة

و/ المنحنى البياني  $U_{AB}(t) = f(t)$ تحديد  $\tau$ :الطريقة 1: المماس عند  $t = 0$ .الطريقة 2:  $u_{AB}(\tau) = 0,63E$ من البيان نجد:  $\tau \approx 5 \text{ ms}$ ز/ مقارنة  $E$  و  $U_{AB}(5\tau)$  عند  $t = 5\tau$ :

$$U_C(5\tau) = E \left( 1 - e^{-\frac{5\tau}{\tau}} \right)$$

$$U_C(5\tau) = E(1 - e^{-5}) = 0,99E \approx E$$

(2) نضع البادئة في الوضع (2):

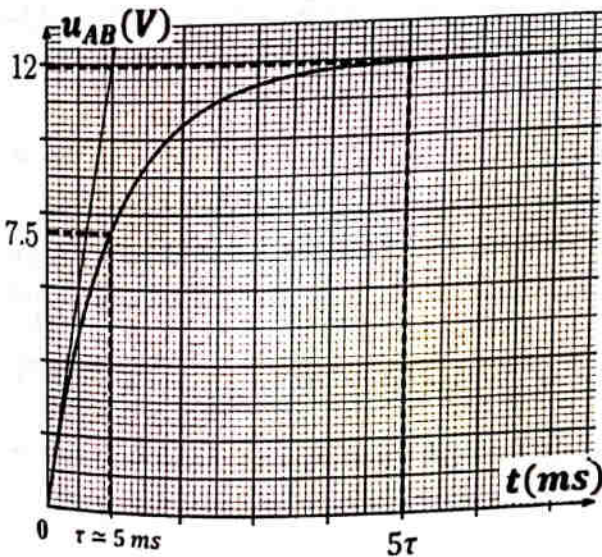
أ/ يحدث تفريغ للمكثف

ب/ الطاقة الاعظمية المحولة في الدار:

$$E = \frac{1}{2} \times C \times U_{\max}^2$$

$$E = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times 12^2$$

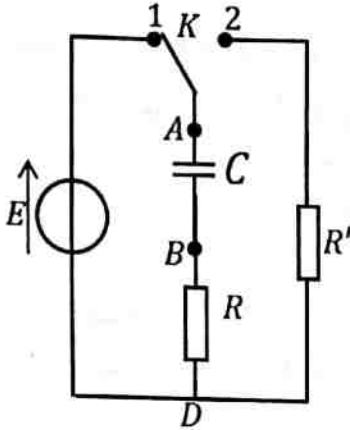
$$E = 7,2 \times 10^{-5} \text{ J}$$





### التمرين 06:

تحقق التركيب الكهربائي التجريبي المبين في الشكل المقابل باستعمال التجهيز:



- مكثفة سعتها (C) غير مشحونة.
- ناقلين أوميين مقاومتيهما  $R = R' = 470 \Omega$ .
- مولد كهربائي ذي توتر ثابت (E).
- بادلة (K). أسلاك توصيل.

1) نضع البادلة عند الوضع (1) في اللحظة  $(t = 0)$ :  
أ/ بين على الشكل جهة التيار الكهربائي المار في الدارة ثم مثل بالأسهم التوترين  $u_R$  ،  $u_C$ .

ب/ عبر عن  $u_R$  و  $u_C$  بدلالة شحنة المكثفة  $q = q_A$  ثم أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة  $q$ .

ج/ نقبل هذه المعادلة التفاضلية حلا من الشكل:  $q(t) = A(1 - e^{-at})$ .  
عبر عن  $A$  و  $\alpha$  بدلالة  $E$  ،  $R$  ،  $C$ .

د/ إذا كانت قيمة التوتر الكهربائي عند نهاية الشحن بين طرفي المكثفة (5V)، استنتج قيمة (E).  
ه/ عندما تشحن المكثفة كلياً تخزن طاقة  $(E_C = 5mJ)$ . استنتج سعة المكثفة (C).

2) نجعل البادلة الآن عند الوضع (2):  
أ/ ماذا يحدث للمكثفة؟

ب/ قارن بين قيمتي ثابت الزمن الموافق للموضعين (1) ثم (2) للبادلة (K).

### تصحيح التمرين 06:

1) البادلة في الوضع (1).

$$U_C = U_{AB} \quad \text{أ/ الدارة:}$$

$$U_R = U_{BD}$$

ب/ التعبير عن  $U_C$  و  $U_R$  بدلالة  $q = q_A$

$$q(t) = U_C(t) \times C \Rightarrow U_C = \frac{q(t)}{C}$$

$$U_R = R \cdot i(t) = R \times \frac{dq}{dt}$$

المعادلة التفاضلية لـ  $q(t)$ : قانون جمع التوترات:

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Rightarrow U_C(t) + U_R(t) = E$$

$$R \cdot i(t) + \frac{q}{C} = E \Rightarrow R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{E}{R}$$

ج/ إيجاد  $A$  و  $\alpha$ :

لدينا حل المعادلة التفاضلية هو:

$$q(t) = A(1 - e^{-\alpha t}) \Rightarrow \frac{dq}{dt} = A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha t}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية نصبح:

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

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

شنايت

لما  $-\infty \rightarrow (-\alpha \cdot t)$  فإن  $e^{-\alpha t} = 0$  و منه تصبح المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{R} - \frac{A}{R \times C} = 0 \Rightarrow \frac{E}{R} = \frac{A}{RC}$$

$$A = E \times C \quad \text{و عليه}$$

لما  $t = 0$  تصبح المعادلة التفاضلية:

$$A \cdot \alpha = \frac{E}{R}$$

و عليه :

$$\alpha = \frac{E}{R \cdot A} = \frac{E}{R \cdot C \cdot E} = \frac{1}{RC}$$

$$E = 5 (V) \Leftarrow U_{Cf} = 5 (V) \quad \text{د / استنتاج } E:$$

$$E = U_{Cf} = 5 (V) \quad \text{إذن: } U_R = 0 \quad V \quad \text{منه } i(t) = 0 (A) \quad \text{لأن التيار معدوم (A)}$$

$$U_C(t) + U_R(t) = E \quad \text{من قانون جمع التوترات}$$

$$U_C(t) + 0 = E \quad \text{تصبح}$$

$$E = 5 (V) \quad \text{بالتالي: } U_C(t) = E$$

أي  
ه / استنتاج C:

$$E_C = \frac{1}{2} \times C \cdot U_C^2$$

$$E_C = \frac{1}{2} \times C \cdot U_C^2 \Rightarrow C = \frac{2 \cdot E_C}{U_{Cmax}^2} \quad \text{عندما تشحن المكثفة كلياً :}$$

$$C = \frac{2 \times 5 \times 10^{-3}}{25} = 400 (\mu F)$$

(2) نضع البادلة في الوضع (2)

أ / نتفرغ المكثفة في الناقل الأومي.  
ب / المقارنة:

$$\tau_1 = R \times C = 470 \times 400 \times 10^{-6} = 0,188 s$$

$$\tau_2 = (R + R') \times C = 2R \times C \quad \text{إذا } R = R' \quad \text{بما أن}$$

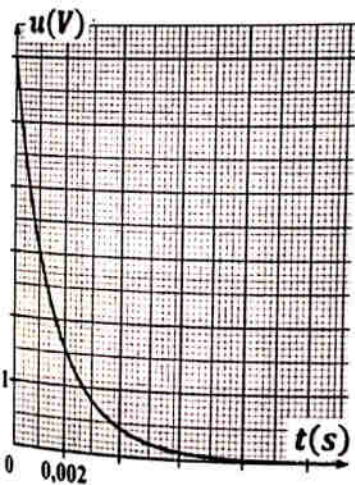
$$\tau_2 = 2 \times \tau_1$$

ومنه ثابت الزمن لدارة التفريغ هو ضعف ثابت الزمن لدارة الشحن.

### التمرين 07:

لدينا مكثفة سعتها  $C = 1.0 \times 10^{-1} \mu F$  مشحونة مسبقاً بشحنة كهربائية مقدارها  $q = 0.6 \times 10^{-6} C$  ، وناقل أومي مقاومته  $R = 15 k\Omega$  نحقق دائرة كهربائية على التسلسل باستعمال المكثفة و الناقل الأومي وقاطعة K ، في اللحظة  $t = 0$  نغلق القاطعة:

- (1) ارسم مخطط الدارة الموصوفة سابقاً.
  - (2) مثل على المخطط: جهة مرور التيار الكهربائي في الدارة.
  - (3) أوجد علاقة بين  $u_C$  و  $u_R$ .
  - (4) بالاعتماد على قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية بدلالة  $u_C$
  - (5) بين أن حل المعادلة التفاضلية السابقة هو من الشكل:
  - (6) إن العبارة الزمنية  $u_C = f(t)$  تسمح برسم البيان.
- أشرح على البيان الطريقة المتبعة للتأكد من القيم المحسوبة سابقاً (السؤال 5).

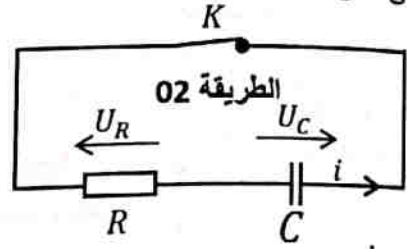
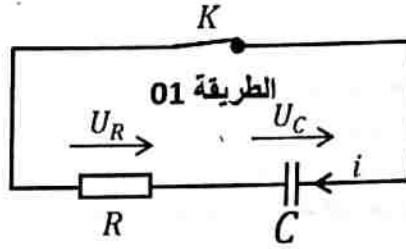




## تصحيح التمرين 07:

(1) مخطط الدارة:

(2) التمثيل على الدارة



الطريقة 01:

$$U_C + U_R = 0 \quad : \text{العلاقة بين } U_C \text{ و } U_R$$

(4) المعادلة التفاضلية:

$$U_C + R \cdot \frac{dq}{dt} = 0 \quad \text{ومنه: } i = \frac{dq}{dt} \quad \text{في هذه الحالة: } U_C + R \cdot i = 0 \Leftrightarrow U_C + U_R = 0$$

$$\text{وبما أن: } q = C \cdot U_C \quad \text{فإن: } U_C + RC \cdot \frac{dU_C}{dt} = 0$$

الطريقة 02:

$$U_C - U_R = 0 \quad : \text{العلاقة بين } U_C \text{ و } U_R$$

(4) المعادلة التفاضلية:

$$\text{لدينا: } U_C - U_R = 0 \Leftrightarrow U_C - Ri = 0 \quad \text{و نعلم أن في هذه الحالة: } i = -\frac{dq}{dt}$$

$$U_C - R \left( -\frac{dq}{dt} \right) = 0 \Rightarrow U_C + R \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\text{بما أن: } q = C \cdot U_C \quad \text{فإن: } U_C + R \frac{d(C \cdot U_C)}{dt} = 0 \quad \text{إذن: } U_C + R \cdot C \frac{dU_C}{dt} = 0$$

(5) إيجاد قيمة a و b :

$$\frac{dU_C}{dt} = a \cdot b \cdot e^{bt} \quad (2) \quad \text{نشتق (1) فنجد: } U_C = a \cdot e^{bt} \quad (1) \quad \text{إيجاد قيمة } b$$

بتعويض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية:

$$a \cdot e^{bt} + RC \times a \cdot b \cdot e^{bt} = 0 \Rightarrow a \cdot e^{bt} (1 + RC \times b) = 0$$

$$RC \times b = -1 \quad \text{معناه: } RC \times b + 1 = 0 \quad \text{أي:}$$

$$b = \frac{-1}{RC} = \frac{-1}{15 \times 10^3 \times 10^{-7}} = -666,6 \quad \text{ومنه:}$$

$$\text{إيجاد قيمة } a : \text{لما } t = 0 \text{ فإن المكثف مشحون، أي: } U_0 = E$$

$$\text{معناه: } E = a \quad \text{من البيان: } a = 6V$$

$$U_C = a \cdot e^0 = a \quad (1) \quad \text{لدينا من (1):}$$

$$U_C(t) = 6 \times e^{-666,6 t} \quad (1) \quad \text{في } b \text{ و } a \text{ من البيان:}$$

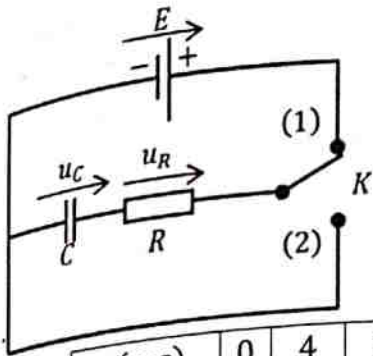
$$(6) \text{ من البيان: لما } t = 0 \text{، فإن: } U_0 = 6V \quad \text{وهذا ما يوافق النتائج السابقة.}$$

$$\text{من البيان: } \tau = 0,015 s \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} = 666,6 s^{-1} \quad \text{وهذا ما يوافق النتائج السابقة.}$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC - شبايت

#### التمرين 08:

بغرض شحن مكثفة فارغة، سعتها  $C$ ، نصلها على التسلسل مع العناصر الكهربائية التالية:  
 - مولد ذو توتر كهربائي ثابت  $E = 5V$  ومقاومته الداخلية مهملة.  
 - ناقل أومي مقاومته  $R = 120 \Omega$ .  
 - بادلة  $K$ .



1) لمتابعة تطور التوتر الكهربائي  $u_C$  بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن، نوصل مقياس فولطمتر رقمي بين طرفي المكثفة وفي اللحظة  $t = 0$ ، نضع البادلة في الوضع (1). وبالتصوير المتعاقب تم تصوير شاشة جهاز الفولطمتر الرقمي لمدة معينة وبمشاهدة شريط الفيديو ببطء سجلنا النتائج التالية:

| $t(ms)$  | 0 | 4   | 8   | 16  | 20  | 24  | 32  | 40  | 48  | 60  | 68  | 80  |
|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $u_C(V)$ | 0 | 1,0 | 2,0 | 3,3 | 3,8 | 4,1 | 4,5 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |

أ/ ارسم البيان  $u_C = f(t)$ .

ب/ عين بيانياً قيمة ثابت الزمن  $\tau$  لثنائي القطب RC بطريقتين.

ج/ استنتج قيمة السعة  $C$  للمكثفة.

2) كيف تتغير قيمة ثابت الزمن  $\tau$  في الحالتين؟

- الحالة (أ): من أجل مكثفة سعتها  $C'$  حيث  $C' > C$  و  $R = 120 \Omega$ .

- الحالة (ب): من أجل مكثفة سعتها  $C''$  حيث  $C'' = C$  و  $R' < 120 \Omega$ .

3) ارسم كيفياً، في نفس المعلم المنحنيين (1) و (2) المعبرين عن  $u_C(t)$  في الحالتين (أ) و (ب) السابقين. أ/ بين أن المعادلة التفاضلية المعبرة عن  $q(t)$  تعطى بالعلاقة:

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{RC}q(t) = \frac{E}{R}$$

ب/ يعطى حل المعادلة التفاضلية بالعلاقة  $q(t) = Ae^{-\alpha t} + \beta$  حيث  $A$  و  $\alpha$  و  $\beta$  ثوابت يطلب تعيينها، علماً أنه في اللحظة  $t = 0$  تكون  $q(0) = 0$ .

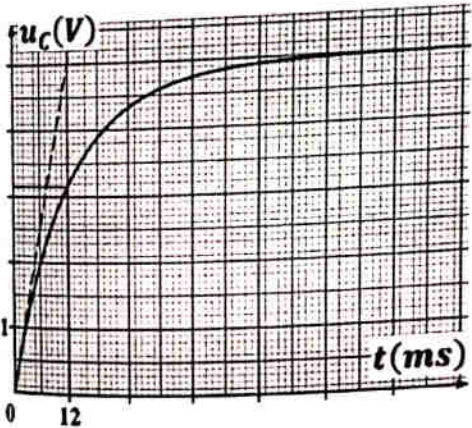
4) المكثفة مشحونة نضع البادلة في الوضع (2) في لحظة نعتبرها كمبدأ للأزمنة.

أ/ احسب في اللحظة  $t = 0$  الطاقة الكهربائية المخزنة  $E_0$  في المكثفة.

ب/ ما هو الزمن الذي من أجله تصبح الطاقة المخزنة في المكثفة  $E = \frac{E_0}{2}$ ؟

#### تصحيح التمرين 08:

1) أ/ البيان  $u_C = f(t)$ :



ب/ تعيين  $\tau$ :

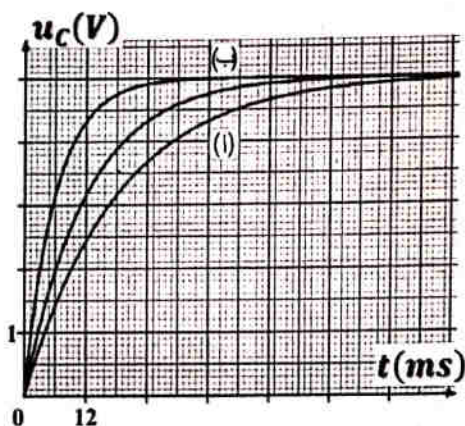
الطريقة 01: فاصلة تقاطع المماس عند  $t = 0$  مع المستقيم  $y = E = 5V$  نجد:  $\tau = 12 ms$

الطريقة 02: فاصلة الترتيبية  $0,63E = 3,15V$  نجد أيضاً:  $\tau = 12 ms$

ج/ استنتاج  $C$ :

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{12 \times 10^{-3}}{120} \Rightarrow C = 10^{-4} F$$





بالتالي الحالة (أ):  $C' > C$  و:  $R = 120 \Omega$   $\tau$  يزداد منه زمن الشحن يزداد

بالتالي الحالة (ب):  $C' = C$  و:  $R < 120 \Omega$   $\tau$  ينقص منه زمن الشحن ينقص

(3) المعادلة التفاضلية المعبرة عن  $q(t)$ :

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$E = U_R + U_C \Rightarrow E = R \cdot i + \frac{q}{C}$$

$$\Rightarrow E = R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{RC}$$

بالتالي:

ب/ تعيين  $A, \alpha$  و  $\beta$  علما أن: حل للمعادلة التفاضلية:  $q(t) = Ae^{-\alpha \cdot t} + B$

لما:  $t = 0$ ;  $q(0) = 0$  معناه:  $A = -B \Leftarrow 0 = Ae^0 + B$

نصبح:  $q(t) = -B \cdot e^{-\alpha t} + B$  بالاشتقاق:  $\frac{dq(t)}{dt} = \alpha \cdot B e^{-\alpha t}$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{R} = \alpha \cdot B e^{-\alpha t} + \frac{B}{RC} - \frac{B e^{-\alpha t}}{RC} \Leftarrow \frac{E}{R} = \alpha B e^{-\alpha t} + \frac{B - B e^{-\alpha t}}{RC}$$

الطريقة 1: لما:  $t \rightarrow +\infty$  تصبح:

$$\frac{E}{R} = \frac{B}{RC} \Rightarrow E = \frac{B}{C} \Rightarrow B = CE$$

وعليه:  $A = -CE$

لما:  $t = 0$  تصبح:

$$\frac{E}{R} = \alpha CE + \frac{B}{RC} - \frac{B}{RC} \Rightarrow \frac{E}{R} = \alpha CE \Rightarrow \alpha = \frac{1}{RC}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{B}{RC} \text{ و: } \alpha - \frac{1}{RC} = 0 \text{ معناه: } \frac{E}{R} = B \cdot e^{-\alpha t} \left( \alpha - \frac{1}{RC} \right) + \frac{B}{RC}$$

$$\alpha = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau} \text{ و: } B = CE \text{ و منه: } A = -CE$$

(4) حساب الطاقة الكهربائية المخزنة:

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_c^2 \text{ حيث: } U_{c0} = E \text{ و: } \xi_{\max} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_{c0}^2$$

$$\xi_0 = 12,5 \times 10^{-4} \text{ J} \Leftarrow \xi_0 = \xi_{\max} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2$$

ب/ الزمن اللازم لتحقيق  $\xi = \frac{\xi_0}{2}$ :

$$t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \times \ln 2 = \frac{12}{2} \times \ln 2 \Rightarrow t_{1/2} = 4,15 \text{ ms}$$

(5) البرهان على  $t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \cdot \ln 2$ :

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_c^2 \Rightarrow \xi = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \left( E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2 \cdot e^{-\frac{2t}{\tau}}$$

$$\xi = \xi_0 \cdot e^{-\frac{2t}{\tau}} \text{ معناه:}$$

$$\xi_0 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2$$

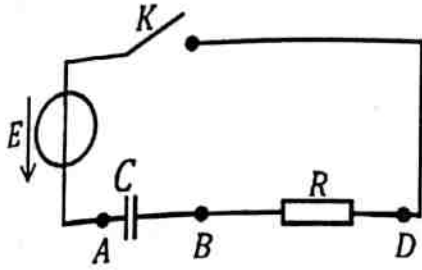
ليس كل ما يدور في رأسك أفكار..... قد يكون قمل

$$\xi(t_{1/2}) = \xi_0 \cdot e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} \quad \text{و} \quad \xi(t_{1/2}) = \frac{\xi_0}{2} \quad : \quad t = t_{1/2} \quad \text{لما}$$

$$\frac{\xi_0}{2} = \xi_0 \cdot e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} \quad \text{ومنه :}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -2 \cdot \frac{t_{1/2}}{\tau} \Rightarrow -\ln 2 = -2 \cdot \frac{t_{1/2}}{\tau}$$

$$t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \cdot \ln 2 \quad : \quad \text{إذن}$$



### التمرين 09:

نربط على التسلسل العناصر الكهربائية التالية:

- ناقل أومي مقاومته  $R = 500 \Omega$ .
- مكثفة سعتها  $C$  غير مشحونة.
- مولد ذي توتر كهربائي ثابت  $E$ .
- قاطعة  $K$ .

(1) اعتمادا على البيان:

أ/ عين قيمة ثابت الزمن  $\tau$  وقيمة التوتر الكهربائي بين طرفي المولد ثم احسب سعة المكثفة  $C$ .

ب/ حدد المدة الزمنية  $t'$  لاكتمال عملية شحن المكثفة.

(2) بتطبيق قانون جمع التوترات أوجد المعادلة

التفاضلية بدلالة التوتر الكهربائي بين طرفي

المكثفة:  $u_{AB} = u_C(t)$ ، ثم بين أنها تقبل حلا من الشكل:

$$u_C = E(1 - e^{-t/\tau})$$

(3) أوجد قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة  $E_C$  في

المكثفة عند اللحظات  $t_0 = 0$ ،  $t_1 = \tau$ ،

$t_2 = 5\tau$ .

(4) توقع (رسم كفي) شكل المنحنى  $E_C = f(t)$ .

### تصحيح التمرين 09:

اعتمادا على البيان:

(1) أ/ تعيين قيمة  $\tau$  و  $E$ :

$$\begin{cases} E = 14,8 V \\ \tau = 14 ms \end{cases}$$

- حساب سعة المكثفة:

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{14 \times 10^{-3}}{500} \Rightarrow C = 2,8 \times 10^{-5} F$$

ب/ تحديد  $t'$  لاكتمال شحن المكثفة:

من البيان لدينا: عند النظام الدائم  $t' = 70 ms$

(2) المعادلة التفاضلية  $U_{AB} = U_C$ : قانون جمع التوترات  $E = U_{AB} + U_{BD}$

$$E = U_C + R \cdot i \quad / \quad i = \frac{dq}{dt}$$

$$E = R \times \frac{dq}{dt} + U_C \Rightarrow E = R \times \frac{d(C \cdot U_C)}{dt} + U_C \Rightarrow E = R \times C \times \frac{dU_C}{dt} + U_C$$



الاثبات:

$$U_c = E(1 - e^{-t/\tau}) = E - E \times e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = \frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$E = R \times C \times \frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau} + E - E \times e^{-t/\tau}$$

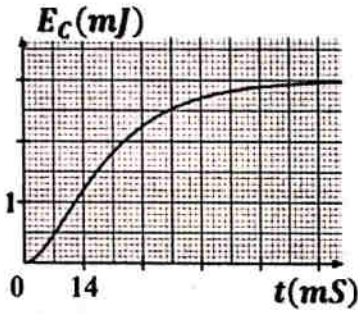
$$E = E \quad \text{محقة}$$

(3) الطاقة الكهربائية المخزنة:

$$E_c = \frac{1}{2} C \cdot U_c^2$$

| t      | t = 0 | t = \tau            | t = 5\tau        |
|--------|-------|---------------------|------------------|
| u_c(V) | 0     | 9,3                 | 14,8             |
| E_c(J) | 0     | 1,21 \times 10^{-3} | 3 \times 10^{-3} |

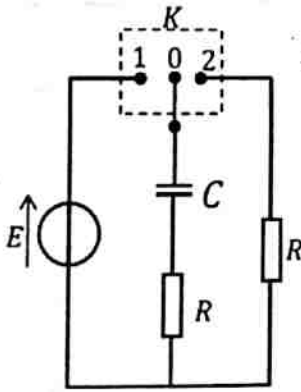
(4) رسم المنحنى E\_c = f(t):



## التمرين 10

تحقق الدارة التي تتكون من مولد لتوتر ثابت  $E = 9,0V$ ، ومكثفة سعتها  $C = 250\mu F$ ، ومقاومة كل منهما  $R = 200 \Omega$ ، وبادلة  $K$ .  
أولاً: نضع البادلة على الوضع 1.

(1) أ/ أعد رسم الدارة (الشكل) مبينا عليها جهة انتقال حاملات الشحنة وما طبيعتها؟  
ب/ حدد شحنة كل لبوس وجهة التيار.  
ج/ نذكر بالعلاقة بين  $i(t)$  و  $q(t)$ ، والعلاقة بين  $u_c(t)$  و  $q(t)$ . ثم استنتج العلاقة بين  $i(t)$  و  $u_c(t)$ .



(2) أ/ اكتب العلاقة بين  $u_c(t)$  و  $u_R(t)$  وبين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها  $u_c(t)$  هي من الشكل:

$$\tau_1 \cdot \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t) = A$$

ب/ أوجد القيمة العددية لكل من  $A$  و  $\tau_1$ .

ج/ أوجد من المعادلة التفاضلية وحدة  $\tau_1$ . عرّفه.

(3) أ/ اقرأ على المنحنى البياني (الشكل) قيمة ثابت الزمن  $\tau_1$ ، وقارنها بالقيمة المحسوبة سابقاً.

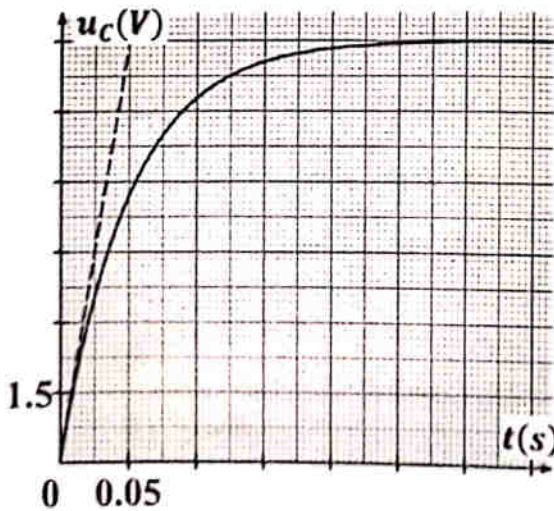
ب/ حدد بيانياً المدة الزمنية  $\Delta t$  الصغرى اللازمة لاعتبار المكثفة عالياً مشحونة. قارنها مع  $\tau_1$ .

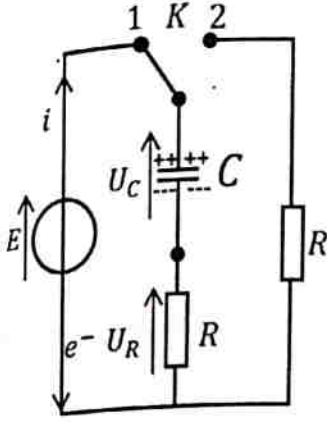
ثانياً: نضع البادلة على الوضع 2.

(1) ماهي الظاهرة الفيزيائية التي تحدث؟ اكتب المعادلة التفاضلية لـ  $u_c(t)$  الموافقة.

(2) احسب  $\tau_2$ ، وقارنها بـ  $\tau_1$ . ماذا تستنتج؟

(3) مثل بشكل تقريبي المنحنى البياني لتغير  $u_c(t)$  مستعينا بالقيم المميزة.





## تصحيح التمرين 10:

أولاً: البادئة في الوضع 1-

(1) الرسم مخطط الدارة:

حاملات الشحنة هي الإلكترونات

ب/ العلاقة بين  $i(t)$  و  $q(t)$  :  $i(t) = \frac{dq}{dt}$ العلاقة بين  $i(t)$  و  $U_C(t)$  :

$$q(t) = C \cdot U_C(t)$$

استنتاج العلاقة بين  $i(t)$  و  $U_C(t)$  :

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{dU_C \cdot C}{dt} \Rightarrow i(t) = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

(2) أ/ العلاقة بين  $U_C(t)$  و  $U_R(t)$  :

$$E = U_C + U_R$$

تبين صيغة المعادلة التفاضلية :

$$E = U_C + U_R \Rightarrow E = U_C + R \cdot i \Rightarrow E = U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} \Rightarrow E = U_C + \tau_1 \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

وهو المطلوب.

ب/ إيجاد القيمة العددية لـ  $A$  و  $\tau_1$  :  $A = E \Rightarrow A = 9V$ 

$$\tau_1 = R \cdot C \Rightarrow \tau_1 = 250 \times 10^{-6} \times 200 = 5 \times 10^{-2} s$$

ج/ إيجاد وحدة  $\tau_1$  من المعادلة التفاضلية :

$$E - U_C = \tau_1 \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

$$[U] = [\tau_1] \times \frac{[U]}{[T]} \Rightarrow [\tau_1] = \frac{[U] \times [T]}{[U]} = [T]$$

إذن: وحدة  $\tau$  هي الثانية sتعريف  $\tau$  : هو الزمن اللازم حتى تشحن 63% من المكثف.(3) أ/ لدينا بيانياً  $\tau_1 = 0,05$  وهذه القيمة تتطابق مع القيمة المحسوبة سابقاً.ب/ عند ثبوت البيان لدينا :  $\Delta t = 0,25 s$ 

$$\frac{\Delta t}{\tau_1} = \frac{0,25}{5 \times 10^{-2}} = 5 \Rightarrow \Delta t = 5 \cdot \tau_1 \quad \text{المقارنة :}$$

## ثانياً: البادئة في الوضع 2-

(1) الظاهرة الفيزيائية التي تحدث هي: تفريغ المكثف.

كتابة المعادلة التفاضلية :

$$U_C + U_R + U_R = 0$$

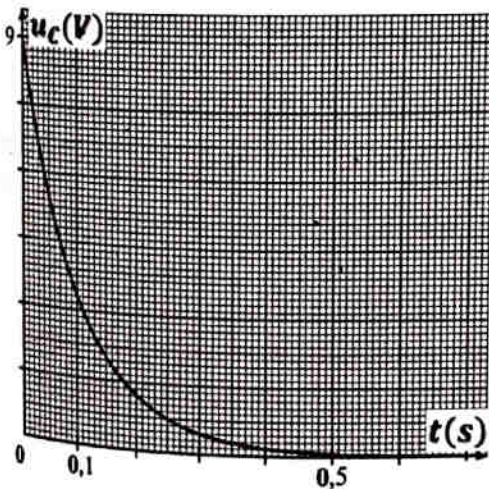
$$\Rightarrow U_C + 2RC \times \frac{dU_C}{dt} = 0$$

(2) حساب  $\tau_2$  :

$$\tau_2 = R_{eq} \times C$$

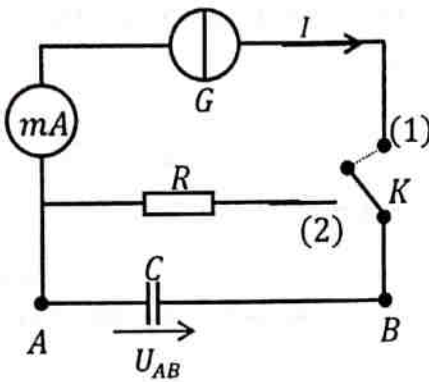
$$\Rightarrow \tau_2 = 2R \cdot C = 2\tau_1 = 0,1 s$$

(3) رسم البيان:





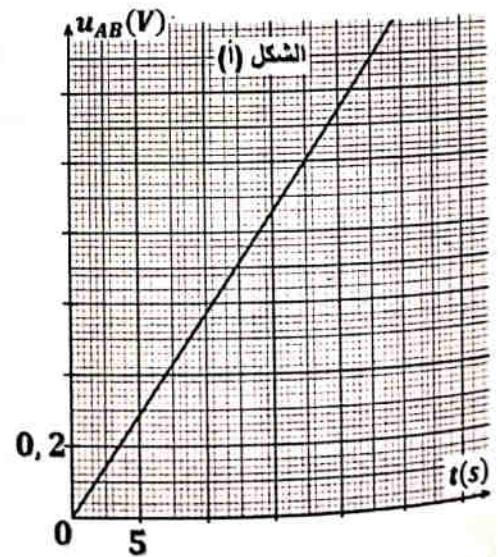
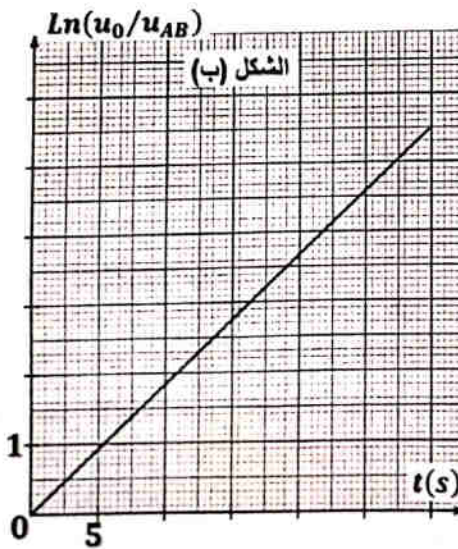
### التمرين 11:



اقترح استاذ على تلامذته تعيين سعة مكثفة  $C$  بطريقتين مختلفتين :  
 الطريقة الأولى: شحن المكثفة بتيار مستمر ثابت الشدة.  
 الطريقة الثانية: تفريغ المكثفة في ناقل أومي.  
 لهذا الغرض تم تحقيق التركيب المقابل.  
 أولا: المكثفة في البداية فارغة. نضع في اللحظة  $t = 0$  البادلة  $K$  في الوضع (1)، فنشحن المكثفة بالمولد  $G$  الذي يعطي تيارا ثابتا شدته  $I = 0,31 \text{ mA}$  بواسطة جهاز  $ExAO$  يمكننا من مشاهدة المنحنى البياني لتطور التوتر  $U_{AB}$  بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن  $t$   
 (1) أعط عبارة التوتر  $u_{AB}$  بدلالة شدة التيار  $I$  المار في الدارة، سعة المكثفة  $C$  والزمن  $t$ .  
 (2) جد قيمة  $C$  سعة المكثفة.

ثانيا: عندما يصبح التوتر بين طرفي المكثفة مساويا إلى القيمة  $U_0 = 1.6 \text{ V}$ ، نضع البادلة  $K$  في الوضع (2) في لحظة نعتبرها من جديد  $t = 0$ ، فيتم تفريغ المكثفة في ناقل أومي مقاومته  $R = 1 \text{ K}\Omega$ .

- (1) جد المعادلة التفاضلية التي يحققها  $u_{AB}$ . علما أن حلها:  $u_{AB} = U_0 e^{-t/\tau}$
  - (2) أثناء تفريغ المكثفة، سمح جهاز  $ExAO$  من متابعة تطور التوتر الكهربائي  $u_{AB}$  بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن  $t$ . بواسطة برمجية مناسبة تمكنا من الحصول على المنحنى البياني (الشكل - ب).
- جد بيانيا قيمة ثابت الزمن  $\tau$  للدارة، ثم استنتج قيمة سعة المكثفة  $C$ .



### تصحيح التمرين 11:

$$q = U_{AB} \cdot C \Rightarrow U_{AB} = \frac{q}{C} \dots (1)$$

(1) عبارة التوتر  $U_{AB}$ :

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q-0}{t-0} = \frac{q}{t} \Rightarrow q = i \cdot t$$

$$U_{AB} = \frac{i}{C} \cdot t \dots (2)$$

نظّم أن: بالتعويض في (1) نجد:

إذا فاتك خير فأدركه،  
 وإن أدركك فاسبقه  
 أبو بكر الصديق رضي الله عنه

# الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

(2) إيجاد قيمة C:

لدينا بياناً:  $U_{AB} = \alpha \cdot t$  بمطابقة هذه العبارة مع (2) نجد: (3)  $\frac{1}{C} = \alpha$

$$\alpha = \frac{1-0}{17.5-0} = 5.7 \times 10^{-2} \quad \text{لنحسب الميل } \alpha$$

من (3) لدينا:  $C = \frac{1}{\alpha}$  أي:

$$C = \frac{0.31 \times 10^{-3}}{5.7 \times 10^{-2}} = 5.4 \times 10^{-3} F = 5.4 \text{ mF}$$

ثانياً:

(1) في هذه الحالة: عندما يكون اتجاه التيار متوجّه نحو المكثفة عند التفريغ

$$i = \frac{dq}{dt}$$

المعادلة التفاضلية:

$$R \frac{dq}{dt} + U_{AB} = 0 \Leftrightarrow U_R + U_C = 0 \text{ منه}$$

$$R \cdot i + U_{AB} = 0$$

وعلمنا أن:  $q = C \cdot U_{AB}$  أي:  $RC \frac{dU_{AB}}{dt} + U_{AB} = 0$  حلها معطى:  $U_{AB} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

(2) قيمة ثابت الزمن  $\tau$ : لدينا نظرياً:

$$U_{AB} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \left( \frac{U_{AB}}{U_0} \right) = e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \ln \left( \frac{U_{AB}}{U_0} \right) = -\frac{1}{\tau} \cdot t \Rightarrow \ln \left( \frac{U_0}{U_{AB}} \right) = \frac{1}{\tau} \cdot t$$

ولدينا بياناً:  $\ln \left( \frac{U_0}{U_{AB}} \right) = \alpha \cdot t$  وبالمطابقة نجد:  $\alpha = \frac{1}{\tau}$

$$\tau = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0.183} = 5.4 \quad \text{ومنه: } \alpha = \frac{2.75-0}{15-0} = 0.183$$

$$\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{5.4}{10^3} = 5.4 \text{ mF} \quad \text{استنتاج قيمة المكثفة C}$$

## التمرين 12:

مكثفة سعتها C شحنت كلياً تحت توتر كهربائي ثابت:  $E = 12V$ . لمعرفة سعتها C نحقق الدارة الكهربائية (الشكل)، حيث  $R = 1K\Omega$

(1) نغلق القاطعة K في اللحظة:  $t = 0 \text{ ms}$

أ/ بتطبيق قانون جمع التوترات، جد المعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي  $u_C(t)$  بين طرفي المكثفة.  
ب/ حل المعادلة التفاضلية السابقة يعطى من الشكل:

$$u_C(t) = A e^{\alpha t}$$

حيث:  $\alpha$  و  $A$  ثابتان يطلب كتابة عبارتهما.

(2) اكتب العبارة اللحظية  $E_C(t)$  للطاقة المخزنة في المكثفة.

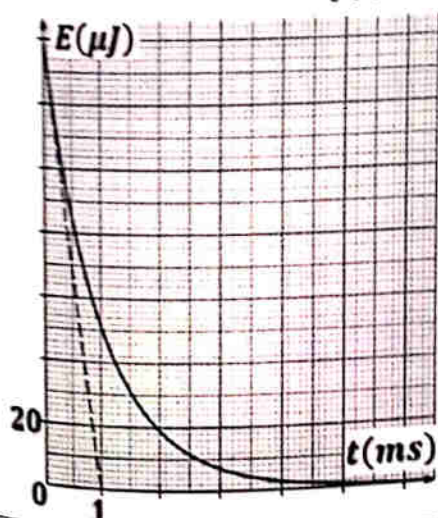
(3) يمثل الشكل تطور  $E_C(t)$ ، الطاقة المخزنة في المكثفة بدلالة الزمن.

أ/ استنتج قيمة  $E_{C_{max}}$  الطاقة المخزنة العظمى في المكثفة.

ب/ من (الشكل)، بين أن المماس للمنحنى في اللحظة:

ج/ احسب  $\tau$  ثابت الزمن، ثم استنتج سعة المكثفة C.

(4) أثبت أن زمن تناقص الطاقة إلى النصف هو:  $t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \ln 2$ . ثم احسب قيمته.





## نصحيح التمرين 12:

(1) نعلق القاطعة:

المعادلة التفاضلية لـ  $u_C(t)$ : قانون جمع التوترات:

$$u_R + u_C = 0 \Rightarrow R \times i_t + u_C = 0$$

$$R \times \frac{d(C \times u_C)}{dt} + U_C = 0 \Rightarrow R.C \times \frac{du_C(t)}{dt} + u_C = 0$$

بإيجاد  $A$  و  $\alpha$ :

$$\begin{cases} u_C(t) = A \times e^{\alpha t} \\ \frac{du_C(t)}{dt} = A\alpha \times e^{\alpha t} \end{cases}$$

نحوض في المعادلة التفاضلية:

$$RC \times \frac{du_C(t)}{dt} + Ae^{\alpha t} = 0$$

$$\Rightarrow R.C \times A.\alpha e^{\alpha t} + Ae^{\alpha t} = 0 \Rightarrow Ae^{\alpha t}(R.C.\alpha + 1) = 0$$

معناه

$$\alpha \times R.C + 1 = 0$$

$$\alpha \times R.C = -1 \Rightarrow \alpha = \frac{-1}{R \times C} \quad \text{أي:}$$

$$u_C(0) = E$$

$t=0$  يكون

$$u_C(0) = Ae^0 \Rightarrow u_C(0) = A \quad \text{و}$$

$A = E$

(2) عبارة الطاقة المخزنة  $E_C$ :

$$E_C(t) = \frac{1}{2} C \times u_C^2(t) \quad ; \quad u_C(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$E_C(t) = \frac{1}{2} C \left( E \times e^{-\frac{t}{\tau}} \right)^2 = \frac{1}{2} C E^2 \times e^{-2t/\tau} = E_{C_{max}} \cdot e^{-2t/\tau}$$

(3) القيمة الطاقة المخزنة العظمى:  $E_{C_{max}} = 140 (\mu J)$

بما المثل في  $t = 0$  يقطع محور الأزمنة في  $t = \frac{\tau}{2}$ :

$$y = at + b \dots (1)$$

نجد:

السؤال الضبابي الذي يدفعني للجنون أحيانا: هل أنا المجنون أم الآخرين؟  
البرت اينشتاين

$$a = \frac{dE_C}{dt} = \frac{d}{dt} (E_{C_{max}} \cdot e^{-2t/\tau})$$

$$a = \frac{dE_C}{dt} = -\frac{2 \cdot E_{C_{max}}}{\tau} \quad \text{لما } t = 0$$

نجد:

$$b = E_{C_{max}}$$

$$y = -\frac{2 \cdot E_{C_{max}}}{\tau} t + E_{C_{max}} \quad \text{منه بالتعويض في (1) نجد}$$

$$0 = -\frac{2 \cdot E_{C_{max}}}{\tau} t + E_{C_{max}} \quad \text{لما يقطع محور الأزمنة}$$

$$t = \frac{\tau}{2} \quad \text{و عليه} \quad \frac{2 \cdot E_{C_{max}}}{\tau} t = E_{C_{max}}$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC-

ج/ حساب  $\tau$  و  $C$ : من البيان لدينا:  $\tau = 2 \text{ ms} \Leftrightarrow \frac{\tau}{2} = 1 \text{ ms}$   
 $\tau = R \times C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} \Rightarrow C = \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^3} = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$

(4) زمن تناقص الطاقة الى النصف:

$$\begin{cases} E_c(t_{1/2}) = \frac{E_{c_{\max}}}{2} \\ E_c(t_{1/2}) = E_{c_{\max}} \times e^{-\frac{2t_{1/2}}{R \times C}} \end{cases} \text{ و } t = t_{1/2}$$

إذن:  $\frac{E_{c_{\max}}}{2} = E_{c_{\max}} \times e^{-\frac{2t_{1/2}}{R \times C}}$   
 $e^{-\frac{2t_{1/2}}{R \times C}} = \frac{1}{2}$   
 $\ln\left(e^{-\frac{2t_{1/2}}{R \times C}}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow -\ln 2 = -2t_{1/2} \times \frac{1}{R \times C}$   
 $\ln 2 = 2t_{1/2} \times \frac{1}{R \times C} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{2} \times \tau$   
 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{2} \times 2 \times 10^{-3} = 0,693 \text{ ms}$  قيمته:

### التمرين 13:

مكثفة سعتها  $C$  شحنت كلياً تحت توتر ثابت  $E = 6V$ . من أجل معرفة سعتها  $C$  نقوم بتفريغها في ناقل أومي مقاومته  $R = 4 \text{ k}\Omega$ .

- (1) ارسم مخطط دائرة التفريغ.
- (2) لمتابعة تطور التوتر  $u_c(t)$  بين طرفي المكثفة خلال الزمن نستعمل جهاز فولطمتر رقمي وميقاتية إلكترونية. كيف يتم ربط جهاز الفولطمتر في الدارة؟

نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0 \text{ ms}$  ونسجل نتائج المتابعة في الجدول التالي:

| $t(\text{ms})$ | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $U_c(V)$       | 6,00 | 4,91 | 4,02 | 3,21 | 2,69 | 1,81 | 1,21 | 0,81 | 0,54 |

ب/ ارسم المنحنى البياني للدالة  $u_c = f(t)$  على ورقة ميليمترية.

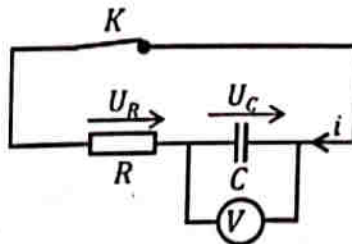
ج/ عين بيانياً قيمة ثابت الزمن  $\tau$ .

د/ احسب سعة المكثفة  $C$ .

- (3) أ/ بتطبيق قانون جمع التوترات، اكتب المعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي  $u_c(t)$ .
- ب/ المعادلة التفاضلية السابقة تقبل العبارة  $u_c(t) = Ae^{-\alpha t}$  حلاً لها، حيث  $A; \alpha$  ثابتان يطلب تعيينهما.

### تصحيح التمرين 13:

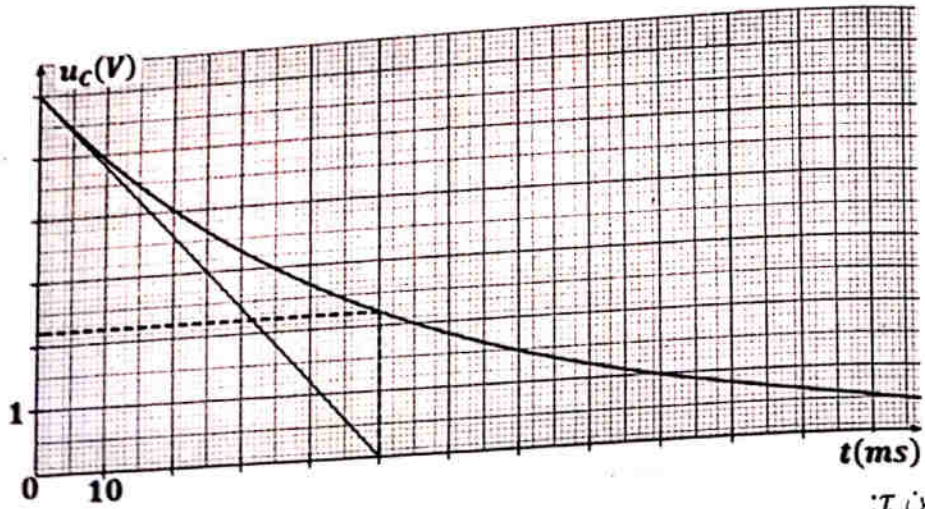
(1) رسم الدارة:



تضرب بلا سبب  
و تطير بلا جناح  
و تسبب الفرح والغضب فما هي؟

(2) أ/ يوصل الفولط متر على التفرع مع المكثفة.



ج/ إيجاد ثابت الزمن  $\tau$ :طريقة 1: طريقة المماس : عند  $t = 0$  فنجد :  $\tau = 50 \text{ ms}$ طريقة 2: من المنحنى النقطة التي ترتيبها  $0,37 E$  و فاصلتها  $\tau = 50 \text{ ms}$ د/ حساب سعة المكثفة : نعلم أن :  $\tau = R \cdot C$  ومنه :  $C = \frac{\tau}{R} = \frac{50 \times 10^{-3}}{4 \times 10^3} = 12,5 \mu\text{F}$ (3) أ/ كتابة المعادلة التفاضلية :  $U_C + U_R = 0 \Leftrightarrow U_C + R \cdot i = 0$ 

$$U_C + R \times \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow U_C + RC \frac{dU_C}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C = 0$$

ب/ حل للمعادلة التفاضلية : (1) ....  $U_C(t) = A \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ فلنأخذ :  $t = 0$  ، فإن : من (1) :  $U_C = A$  ، ونعلم أن في هذه اللحظة  $U_C = E$  أي :  $A = E = 6 \text{ v}$ 

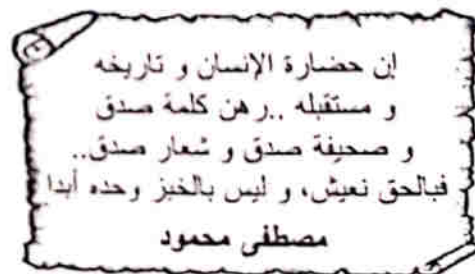
$$\frac{dU_C}{dt} = -\alpha \cdot A \cdot e^{-\alpha \cdot t} \dots (2) \quad \text{بستق العبرة (1)}$$

بتعويض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية : نجد :

$$-\alpha \cdot A \cdot e^{-\alpha \cdot t} + \frac{1}{RC} (A \cdot e^{-\alpha \cdot t}) = 0 \Rightarrow A \cdot e^{-\alpha \cdot t} \left( \frac{1}{RC} - \alpha \right) = 0$$

$$\text{معناه } \frac{1}{RC} - \alpha = 0 \text{ أي : } \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau} \Leftrightarrow \alpha = \frac{1}{\tau} = 20 \text{ s}^{-1}$$

$$U_C(t) = 6 \times e^{-20 \cdot t} \quad \text{وأخيرا :}$$



## التمرين 14:

عند عجز القلب عن القيام بوظيفته، تسمح الجراحة اليوم بوضع منشط قلبي اصطناعي في الصدر، يحبر القلب على النبض بانتظام وذلك بإرسال إشارات كهربائية. المنشط عبارة مولد لإشارات كهربائية يتمذج بالدائرة الكهربائية المبينة في الشكل. حيث سعة المكثفة  $C = 470 \text{ nF}$  والقوة المحركة الكهربائية للمولّد  $E = 6.0 \text{ V}$ . نضع البادلة في الوضع (1) لمدة طويلة.

I. نضع البادلة، عند اللحظة  $t = 0$ ، في الوضع (2) وندرس تطور الشحنة  $q$  للمكثفة. (1) بين أن الشحنة الكهربائية  $q(t)$  تحقق المعادلة التفاضلية التالية:

$$\frac{dq(t)}{dt} = -\alpha q(t)$$

وأعط عبارة الثابت  $\alpha$  بدلالة المقادير المميزة لعناصر الدارة.

(2) علما أن العبارة:  $q(t) = Q_0 e^{-\alpha t}$  حل للمعادلة التفاضلية، حدد عبارة  $Q_0$  واحسب قيمتها.

(3) جد العبارة الحرفية لشدة التيار الكهربائي  $i(t)$  في الدارة.

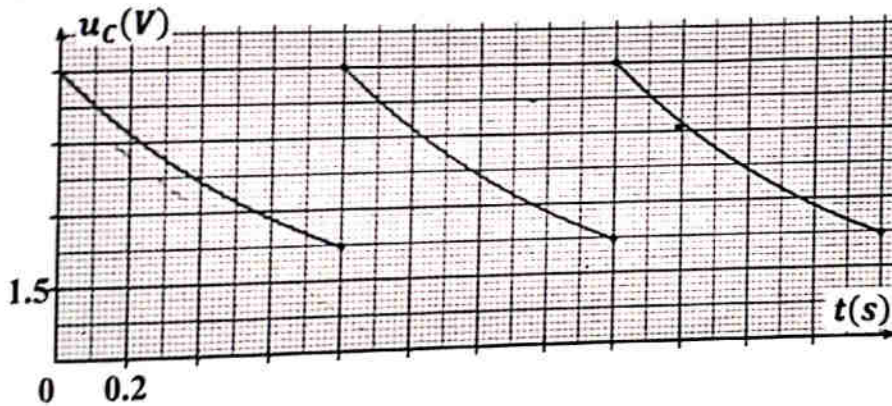
II.

(1) يمثل الشكل منحنى تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة عندما تكون البادلة في الوضع (2).

علما أن اللحظة  $t_0 = 0$  توافق لحظة مرور البادلة من الوضع (1) إلى الوضع (2).

أ/ حدد اللحظة  $t_1$  التي تتحول فيها البادلة ألياً ولأول مرة من الوضع (2) إلى الوضع (1).  
ب/ عين بيانياً ثابت الزمن  $\tau$  للدارة المنروسة. ماذا تستنتج؟

ج/ استنتج قيمة المقاومة  $R$  للناقل الأومي المستعمل في الجهاز.



(2) إن الإشارات الكهربائية المتسببة في تقلص العضلي دورية ودورها (أي قيمة مدة تكرارها) يساوي:  $\Delta t = (t_1 - t_0)$ ، حدد عدد تقلصات القلب المفروضة من طرف الجهاز في الدقيقة الواحدة.

(3) ما هي قيمة الطاقة المحررة من طرف المكثفة خلال إشارة كهربائية واحدة.

## تصحيح التمرين 14:

I. البادلة في الوضع (2)

(1) المعادلة التفاضلية: بتطبيق قانون جمع التوترات فإن:  $U_R + U_C = 0$

$$U_C = \frac{q}{C} ; U_R = R \cdot i ; i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow U_R = R \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC} q$$

إذن: بالمطابقة مع المعادلة المعطاة نجد أن:  $\alpha = \frac{1}{RC}$  والمعادلة محققة.



(2) العبارة الحرفية لـ:  $Q_0$  (كمية الشحنة الأعظمية):  $Q_0 = C \cdot U_{C(t=0)} = C \cdot E$

$$Q_0 = 470 \times 10^{-9} \times 6 = 2,82 \times 10^{-6} C$$

(3) العبارة الحرفية لشدة التيار الكهربائي:

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} (Q_0 \cdot e^{-\alpha t}) = -\alpha Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

$$i(t) = -\frac{CE}{RC} e^{-\alpha t} = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

II. تتحول البادلة ألياً من الوضع (2) إلى الوضع (1).

(1) أ/ قيمة اللحظة  $t_1$ :  $t_1 = 0,2 \times 4 = 0,8 s$

ب/ قيمة ثابت الزمن  $\tau$ : من البيان ومن أجل:

$$u_c = 0,37E = 0,37 \times 6 = 2,22 V$$

$$\tau \approx 0,8 s$$

الاستنتاج:  $\tau = t_1$

ج/ استنتاج قيمة  $R$ :

$$\tau = RC \Rightarrow R = \frac{\tau}{C} = \frac{0,8}{470 \times 10^{-9}} = 1,7 \times 10^6 \Omega$$

(2) حساب عدد التقلصات القلبية في الدقيقة:

$$N = \frac{t}{t_1} = \frac{60}{0,8} = 75$$

(3) حساب الطاقة المحررة من المكثفة:

$$E_{lib} = E_0 - E_t$$

(الطاقة المتبقية)  $E_t$  ، (الطاقة الابتدائية)  $E_0$  ، (الطاقة المحررة)  $E_{lib}$

$$E_{lib} = \frac{1}{2} C \cdot E^2 - \frac{1}{2} C \cdot U_c^2 = \frac{1}{2} C (E^2 - U_c^2)$$

$$E_{lib} = \frac{1}{2} \times 470 \times 10^{-9} (6^2 - 2,2^2) = 7,32 \times 10^{-6} J$$

### التمرين 15:

تتكون الدارة الكهربائية (الشكل) من مولد لتوتر كهربائي ثابت  $E$ ، مكثفة سعتها  $C$ ،

نقطين أو ميين مقاومتهما

$R_1 = 1 k\Omega$  و  $R_2 = 2 k\Omega$  و بادلة  $K$

نوصل الدارة براسم اهتزاز مهبطي ذي منخلين  $Y_1$  و  $Y_2$ .

(1) نضع البادلة  $K$  في الوضع 1، ماذا يمثل المنحنيان المشاهدان

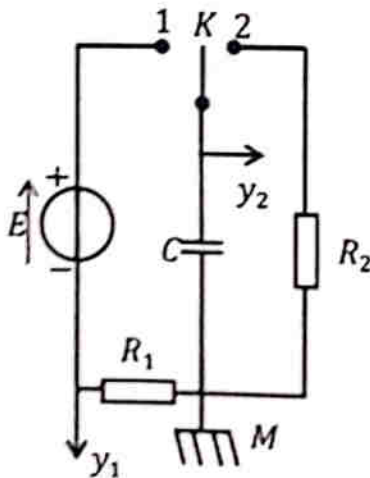
بالمخلين  $Y_1$  و  $Y_2$  لرسم الاهتزاز المهبطي؟

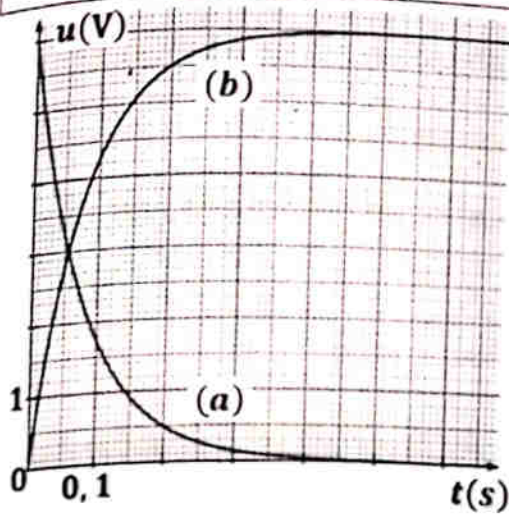
(2) يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي المنحنيان (a) و (b)

أ/ ما هو المنحنى المعطى بالمدخل  $Y_1$ ؟ برر إجابتك.

ب/ كتب المعادلة التفاضلية الموافقة لتطور المقدار الفيزيائي الذي يمثل هذا المنحنى.

ج/ جد قيمة ثابت الزمن  $\tau_1$  للدارة.



(3) حدد قيمة كلا من  $E$  و  $C$ .(4) احسب شدة التيار  $i(t)$  في اللحظة  $t = 0$  وفي اللحظة  $t \geq 0.6 s$ .(5) بعد نهاية شحن المكثف نضع البادلة  $K$  في الوضع 2 في لحظة نعتبرها مبدأ الأزمنة.أ/ احسب قيمة  $\tau_2$  للدائرة في هذه الحالة وقارنها بقيمة  $\tau_1$ ، ماذا تستنتج؟ب/ احسب قيمة الطاقة الكهربائية المحولة في الناقل الأومي  $R_2$  بفعل جول في اللحظة  $t = \tau_2$ .تصحیح التمرین 15:(1) المنحنیان المشاهدان بالمنخلین  $Y_1$  و  $Y_2$  لرأس الاهتزاز المهبطي- على المدخل  $Y_1$  نشاهد: التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$  بعد الضغط على  $inv$ .- على المدخل  $Y_2$  نشاهد: التوتر الكهربائي بين طرفي المكثف.(2) أ/ المنحنى المعطى بالمنخل  $Y_1$  هو المنحنى (a) الممثل لـ  $u_{R_1}(t)$ : خلال الشحن يزداد  $u_C(t)$  ويتناقص  $u_{R_1}(t)$  ويبقى المجموع  $E$  ثابتاً.ب/ المعادلة التفاضلية: حسب قانون جمع التوترات:  $E = u_{R_1}(t) + u_C(t)$ 

$$\Rightarrow \frac{du_{R_1}}{dt} + \frac{1}{R_1 C} \cdot u_{R_1} = 0$$

$$u_{R_1}(\tau_1) = 0,37E = 2,2V$$

ج/ ثابت الزمن  $\tau_1$ :

$$\tau_1 = 0,08 s \quad \text{بالإسقاط:}$$

$$E = u_{R_1}(0) = 6V \quad \text{(3) قيمة } E$$

$$C = \frac{0,08}{1 \times 10^3} = 80 \mu F \quad \text{قيمة } C: \text{ من } C = \frac{\tau_1}{R_1} \text{ نجد:}$$

$$i(t) = \frac{E - u_C}{R_1} \quad \text{(4) حساب شدة التيار } i \text{ من قانون جمع التوترات:}$$

$$i(0) = \frac{6-0}{10^3} = 6 \times 10^{-3} A \quad \text{عند اللحظة } t = 0$$

$$i(\infty) = \frac{6-6}{10^3} = 0 \quad \text{عند } t \geq 0,6s$$

$$\tau_2 = R_2 \cdot C = 2000 \times 80 \times 10^{-6} = 0,16s \quad \text{(5) أ/ ثابت الزمن } \tau_2$$

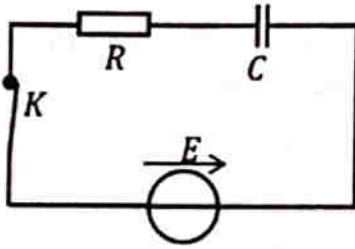
النتيجة:  $\tau_2 = 2 \cdot \tau_1$  التفريغ أبطأ من الشحن.ب/ خلال التفريغ تكون الطاقة المحولة:  $E_{lib} = E_0 - E_C$ 

$$E_{lib} = \frac{1}{2} C (E^2 - u_C(t)^2) = 1,24 \times 10^{-3} J$$

المعرفة ليست المعلومات،  
فمصدر المعرفة الوحيد  
هو التجربة والخبرة  
البرت اينشتاين



## التمرين 16:



تستعمل المكثفات في عدة تراكيب كهربائية ذات فائدة علمية في الحياة اليومية. بفرض حساب سعة مكثفة غير مشحونة مسبقاً، نحقق التركيب الموضح حيث  $R = 100\Omega$  والمولد ثابت التوتر قوته المحركة الكهربائية  $E$ .

(1) أعد رسم الدارة موضحاً عليها التوترات بأسهم وجهة التيار الكهربائي.

(2) بتطبيق قانون جمع التوترات، جد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_C(t)$  بين طرفي المكثفة.

(3) بين أن العبارة  $u_C(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  هي حل للمعادلة التفاضلية، حيث  $A$  و  $\tau$  ثابتان يطلب تعيين عبارتيهما.

(4) بين أن:  $\ln(E - u_C) = -\frac{1}{\tau}t + \ln E$

(5) ببيان الشكل يمثل تغيرات  $\ln(E - u_C)$  بدلالة الزمن، استنتج من البيان:

أ/ قيمة  $E$  القوة المحركة الكهربائية للمولد.

ب/ قيمة ثابت الزمن  $\tau$ ، وقيمة سعة المكثفة  $C$ .

(6) أكتب العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في المكثفة  $E_C(t)$

ب/ نرسم  $E_C(t)$  للطاقة المخزنة في المكثفة

عند اللحظة  $t = \tau$  وبـ  $E_C(\infty)$  للطاقة العظمى.

- احسب النسبة  $\frac{E_C(\tau)}{E_C(\infty)}$

(7) كيف يتم ربط مكثفة سعتها  $C'$  مع المكثفة السابقة لكي يأخذ ثابت الزمن القيمة:  $\tau' = \frac{\tau}{4}$ ؟

واحسب قيمة  $C'$ .

## تصحيح التمرين 16:

(1) رسم الدارة:

(2) بتطبيق قانون جمع التوترات نجد:

$$U_C + U_R = E \Rightarrow RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = E$$

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

ومنه:

(3) البرهان:

$$U_C(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow \frac{dU_C}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

وبالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{A}{RC} - \frac{A}{RC} e^{-t/\tau} = \frac{E}{RC} \Rightarrow A e^{-t/\tau} \left( \frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC} \right) + \frac{A}{RC} - \frac{E}{RC} = 0$$

حيث:  $A e^{-t/\tau} \left( \frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC} \right) = 0$  مع:  $A e^{-t/\tau} \neq 0$  ومنه:

$$\frac{A}{RC} - \frac{E}{RC} = 0 \Rightarrow \frac{A}{RC} = \frac{E}{RC} \Rightarrow A = E$$

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC} = 0 \Rightarrow \tau = RC$$

ومنه:  $U_C(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$  هي حالة للمعادلة التفاضلية.

(4) إثبات العلاقة:

$$U_C = E - E \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow E - U_C = E \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow \ln(E - U_C) = -\frac{t}{\tau} + \ln E$$

(5) بياناً:

/ قيمة E: العبارة البيانية: حيث  $\ln(E - U_C) = at + b$ 

$$a = \frac{0 - 1,5}{(1,5 - 0) \times 10^{-3}} = -1000 ; b = 1,5 \Rightarrow \ln(E - U_C) = -1000t + 1,5$$

بالمطابقة نجد:  $\ln E = 1,5 \Rightarrow E = 4,5 V$ ب/ قيمة كل من  $\tau$  و C:

$$\tau = \frac{1}{1000} = 0,001 s \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,001}{100} = 10,0 \mu F$$

$$E_C(t) = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2 = \frac{1}{2} C \cdot E^2 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)^2$$

(6) / العبارة اللحظية للطاقة:

ب/ حساب النسبة:

$$\frac{E_C(\tau)}{E_C(\infty)} = \frac{\frac{1}{2} C \cdot E^2 (1 - e^{-1})^2}{\frac{1}{2} C \cdot E^2} = (1 - e^{-1})^2 = 0,4$$

(7) حساب قيمة C':

$$\tau' = \frac{\tau}{4} \Rightarrow C_{eq} \times R = \frac{RC}{4} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C}{4}$$

ومنه: المكثفة تربط على التسلسل مع المكثفة السابقة.

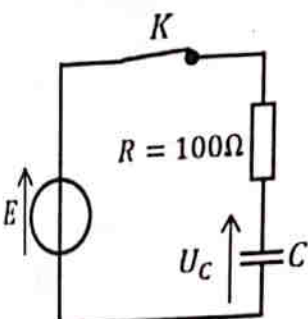
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C'} \Rightarrow \frac{1}{C'} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C} = \frac{4}{C} - \frac{1}{C} = \frac{3}{C} \Rightarrow C' = \frac{C}{3} = \frac{10}{3} = 3,33 \mu F$$

**التمرين 17:**

تحقق التركيبة الكهربائية الموضحة بالشكل حيث المولد ثابت التوتر قوته المحركة الكهربائية E. يسمح جهاز إعلام آلي مزود ببرمجية مناسبة بمتابعة التطور الكهربائي المطبق بين طرفي المكثفة.

المكثفة فارغة في البداية. عند اللحظة  $t = 0$  تغلق القاطعة K ونباشر عملية المتابعة، فيعطى الحاسوب المنحنى البياني  $u_C = f(t)$  المبين في الشكل.

(1) في غياب جهاز الحاسوب، ما هو الجهاز المناسب البديل الممكن استخدامه للقيام بعملية المتابعة؟



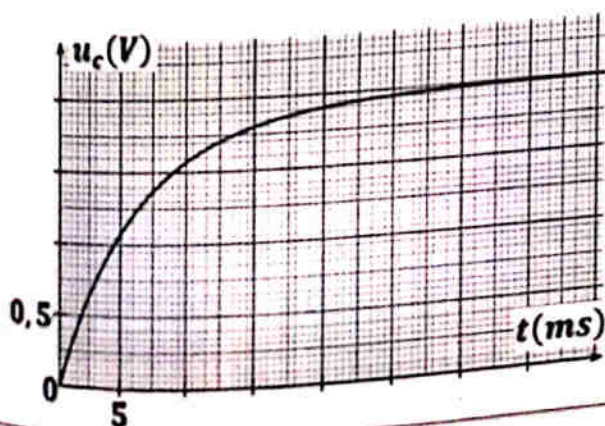
- (2) أعد رسم مخطط الدارة وبين عليه طريقة توصيل هذا الجهاز بالدارة لمتابعة تطور التوتر الكهربائي  $u_C(t)$ .
- (3) بتطبيق قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي  $u_C(t)$ .
- (4) تحقق من أن العبارة:

$$u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

هي حل للمعادلة التفاضلية السابقة.

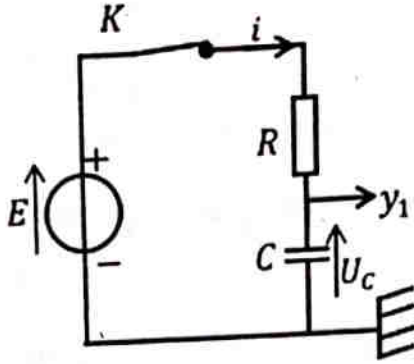
حيث:  $\tau = RC$  هو ثابت الزمن للدارة RC.(5) بين أن:  $u_C(\tau) = 0.63E$ ، ثم حدد بيانياً قيمة كل من E و  $\tau$ .

(6) استنتج قيمة السعة C للمكثفة.





### تصحيح التمرين 17:



(1) من البيان  $U_C = f(t)$ ، فإن مدة الظاهرة قصيرة جدا، فالجهاز المناسب لمتابعتها عمليا هو "راسم الاهتزازات ذو ذاكرة".

(2) طريقة توصيل راسم الاهتزازات:

(3) بتطبيق قانون جمع التوترات في الدارة RC، نجد:

$$E = U_C + U_R$$

$$U_R = R \cdot i \quad \text{و} \quad i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

$$\text{ومنه: } E = U_C + RC \frac{dU_C}{dt} \quad \text{أو} \quad \frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

(4) التحقق:  $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$  بالتالي:

$$\frac{dU_C}{dt} = \frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau}$$

وبالتعويض في المعادلة التفاضلية السابقة نجد:

$$\frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau} + \frac{E}{\tau} (1 - e^{-t/\tau}) = \frac{E}{\tau} \Rightarrow \frac{E}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

(5) البرهان:  $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$  ومنه:

$$U_C(\tau) = E(1 - e^{-1}) = E(1 - 0,37) = 0,63E$$

- بيانيا:  $E = 2V$

- وبإسقاط القيمة:  $U_C(\tau) = 0,63E = 1,26V$  على البيان نجد:  $\tau \in [6, 7] \text{ ms}$

(6) قيمة السعة:

$$\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{6 \times 10^{-3}}{100} = 60 \mu F$$

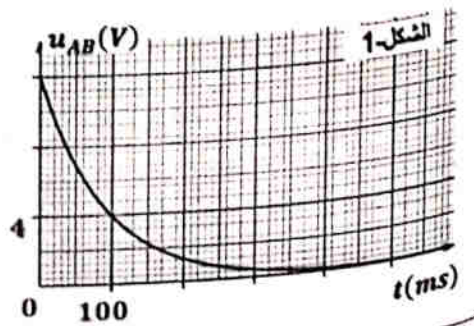
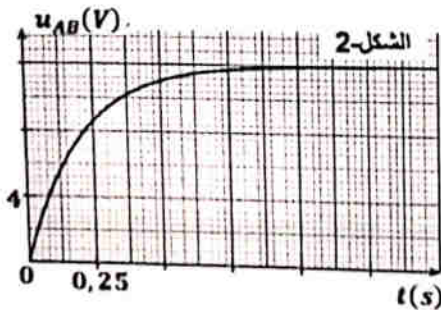
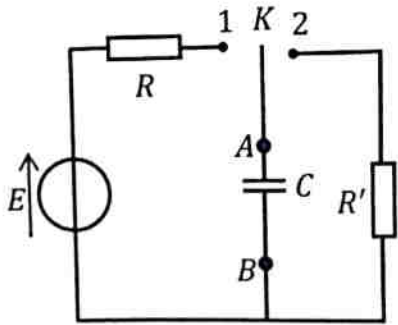
### التمرين 18:

نركب الدارة المبينة بالمخطط. يسمح جهاز M برسم المنحنيين (الشكل-1) و (الشكل-2) للتوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة  $u_{AB}(t)$  في حالتَي الشحن والتفريغ.

عندما تكون البادلة في الوضع 1 يتم شحن المكثفة الفارغة بواسطة مولد للتوتر الثابت قوته المحركة الكهربائية E.

بعد شحن المكثفة تماما يتم نقل البادلة إلى الوضع 2 في اللحظة  $t = 0$  حيث يتم تفريغ المكثفة عبر ناقل أومي مقاومته  $R' = 500 \Omega$ .

(1) ألحق بكل منحنى الظاهرة الموافقة (شحن أم تفريغ) وما اسم الجهاز M؟  
(2) بتطبيق قانون جمع التوترات، اكتب المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة  $u_{AB}(t)$  خلال مرحلة التفريغ.



### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

- (3) تحقق من أن حل المعادلة التفاضلية من الشكل:  $u_{AB}(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{R'C}}$  حيث  $A$  ثابت يطلب تحديد عبارته من الشروط الابتدائية.
- (4) اكتب عبارة شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  أثناء التفريغ.
- (5) حدد بيانيا قيمتي  $\tau$  و  $\tau'$  ثابتا الزمن لدائرة الشحن والتفريغ على الترتيب.
- (6) استنتج قيمة  $C$  سعة المكثفة و  $R$  قيمة مقاومة الناقل الأومي.

#### تصحيح التمرين 18:

- (1) الشكل - 1: تفريغ. الشكل - 2: شحن.
- (2) الجهاز  $M$  المستعمل: راسم الاهتزاز المهبطي ذي ذاكرة أو جهاز الـ  $ExaO$ .  
المعادلة التفاضلية خلال التفريغ:  $U_{AB}(t) + U_{R'} = 0$  حيث:
- $$U_{R'} = R' \cdot i = R' \cdot \frac{dq}{dt} = R' \cdot C \cdot \frac{dU_{AB}(t)}{dt}$$
- ومنه  $\frac{dU_{AB}(t)}{dt} + \frac{1}{R'C} U_{AB}(t) = 0$  وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى بالنسبة لـ  $U_{AB}(t)$ .
- (3) التحقق من الحل:  $U_{AB}(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{R'C}} \Rightarrow \frac{dU_{AB}(t)}{dt} = -\frac{A}{R'C} \cdot e^{-\frac{t}{R'C}}$
- بالتعويض نجد:  $-\frac{A}{R'C} \cdot e^{-\frac{t}{R'C}} + \frac{1}{R'C} A \cdot e^{-\frac{t}{R'C}} = 0$  (المعادلة محققة).
- لما  $t = 0$  تكون  $A = E \Rightarrow U_{AB}(0) = A \cdot e^{-\frac{0}{R'C}} = A = E$
- (4) عبارة شدة التيار:
- $$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_{AB}(t)}{dt} = -C \cdot \frac{E}{R'C} \cdot e^{-\frac{t}{R'C}} = -\frac{E}{R'} \cdot e^{-\frac{t}{R'C}}$$
- ملاحظة: يمكن استنتاج  $i(t)$  من قانون جمع التوترات.
- (5) من الشكل - 2: من أجل  $U_{AB} = 0,63E = 7,56V$  وبالإسقاط نجد:  $\tau \approx 0,2 s$
- من الشكل - 1: من أجل  $U_{AB} = 0,37 \cdot E = 4,44 V$  وبالإسقاط نجد:  $\tau' \approx 0,09 s$
- (6) قيمة السعة:

$$\tau' = R' \cdot C \Rightarrow C = \frac{\tau'}{R'} = \frac{0,09}{500} = 180 \times 10^{-6} F = 180 \mu F$$

- قيمة المقاومة:

$$\tau = RC \Rightarrow R = \frac{\tau}{C} = \frac{0,2}{180 \times 10^{-6}} = 1,1 \times 10^3 \Omega$$

الاستاذ: ما سبب غيابك في الحصة السابقة؟  
التلميذ: لأن أبي و أمي كانا يتشاجران المدرس: و  
ما شأنك أنت .. كان عليك أن تتركهما و تأتي الى  
المدرسة. التلميذ: معذرة يا سيدي ..  
لقد كانا يتشاجران بجدائي

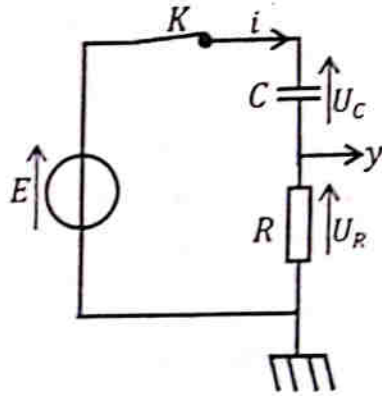


### التمرين 19:

بمضة للأعمال التطبيقية في الفيزياء اقترح الأستاذ انجاز تجربة للتحقق من المعلومات التي كتبها المصنع على مكتبة مكتوب عليها  $C = 10 \mu F$  وذلك باستعمال التجهيزات التالية:  
نقار أومي مقاومته  $R = 10 K\Omega$ ، أسلاك توصيل، قاطعة، مولد للتوتر الثابت  $E$  وتجهيز التجريب المدعم بالحاسوب باستخدام لاقط التوتر.  
بعد تركيب الدارة المناسبة وتشغيل تجهيز التجريب المدعم بالحاسوب و غلق القاطعة لدارة الشحن تحصل التلاميذ من خلال مجلد Excel على القيم التالية:

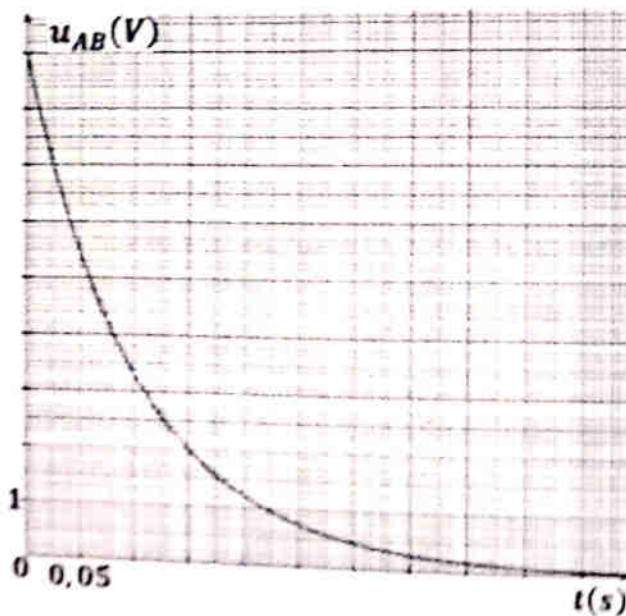
| $t(S)$   | 0,00  | 0,05  | 0,10  | 0,15  | 0,20  | 0,25  | 0,30  | 0,35  | 0,40  | 0,50  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $u_R(V)$ | 9,000 | 5,458 | 3,330 | 2,008 | 1,219 | 0,738 | 0,448 | 0,271 | 0,164 | 0,060 |

- ارسم الدارة الكهربائية التي ركبها التلاميذ.
- باستعمال قانون التوترات جد المعادلة التفاضلية للتوتر  $u_R$  بين طرفي المقاومة.
- علما أن حل المعادلة التفاضلية من الشكل:  $u_R(t) = A \cdot e^{-t/\tau}$  أوجد عبارتي الثابتين  $A$  و  $\tau$  بدلالة  $R$ ،  $C$  و  $E$ .
- ارسم المنحنى البياني للدالة  $u_R(t) = f(t)$  ثم استنتج كل من قيمتي  $E$  وثابت الزمن  $\tau$  للدارة.
- نستعمل السلم:  $1cm \rightarrow 1.000 V$  و  $1cm \rightarrow 0.05s$ . احسب قيمة السعة  $C$  للمكتبة.
- هل المعلومات التي كتبها المصنع صحيحة؟



### تصحيح التمرين 19:

- رسم الدارة الكهربائية:
- المعادلة التفاضلية:  
قانون التوترات:  $U_R + U_C = E$   
باشتقاق المعادلة السابقة وعلما أن:  $\frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{RC} \cdot U_R(t)$   
نتحصل على:  $\frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U_R(t) = 0$
- عبارتي  $A$  و  $\tau$ : بتعويض الحل في المعادلة التفاضلية واستخدام الشروط الابتدائية نجد:  $A = E$  و  $\tau = RC$
- رسم المنحنى البياني:  
نجد بيانيا:  $E = 9V$  و  $\tau = 0,10 s$



- ومنه:  $C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,10}{10000} = 10 \mu F$
- بما أن القيمة المتحصل عليها تساوي القيمة المكتوبة على المكتبة فإن معلومات المصنع صحيحة.

اجعل من العلم دابتك لا موقفك  
فهو المنتهى الذي تنتهي إليه  
الطرق والغايات والعلم وسيلة  
إلى وليس غاية ولا موقفا  
مصطفى محمود

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

شنايت

#### التمرين 20:

تتميز المكثفات بخاصية تخزين الطاقة الكهربائية وإمكانية استغلالها عند الحاجة. ندراسة هذه الخاصية نربط مكثفة بحور مشحونة سعتها  $C$  على التسلسل مع العناصر الكهربائية التالية:

مولد كهربائي للتوتر الثابت  $E$ ، قاطعة  $K$  وناقلين أو ميين مقاومتيهما

$$R_1 = 1k\Omega \text{ و } R_2 = 4k\Omega$$

نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$ :

(1) أ/ أعط تفسيراً مجهرياً للظاهرة التي تحدث في المكثفة.

ب/ بتطبيق قانون جمع التوترات جد المعادلة التفاضلية

للسدة  $i(t)$  للتيار الكهربائي المار في الدارة.

ج/ للمعادلة التفاضلية السابقة حلا من الشكل:  $i(t) = \alpha \cdot e^{-\beta t}$  جد عبارتي الثابتين  $\alpha$ ،  $\beta$  بدلالة  $E$ ،  $C$ ،  $R_1$ ،  $R_2$

(2) بواسطة لاقط شدة التيار الكهربائي موصول بالدارة وبواجهة دخول لجهاز إعلام آلي نحصل على منحنى تطور

الشدة  $i(t)$  للتيار الكهربائي (الشكل).  
- اعتماداً على البيان أوجد قيمة كل من:

ثابت الزمن  $\tau$ ، سعة المكثفة  $C$ ، التوتر الكهربائي  $E$ .

(3) أعط العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في المكثفة  $E_C(t)$

واحسب قيمتها العظمى.

#### تصحيح التمرين 20:

(1) أ/ تفسير مجهرى للظاهرة التي تحدث في المكثفة.

تنتقل الإلكترونات من اللبوس المتصل بالقطب الموجب للمولد فيشحن إيجاباً إلى اللبوس الآخر المتصل بالقطب السالب للمولد فيشحن سلباً، يلعب المولد دور مضخة إلكترونات.

يزداد التوتر بين لبوسي المكثفة حتى يبلغ قيمة القوة المحركة الكهربائية للمولد فتتوقف حركة الإلكترونات.

ب/ المعادلة التفاضلية للتيار  $i(t)$ :

$$U_{R_1} + U_{R_2} + U_C = E \quad ; \quad (R_1 + R_2)i + U_C = E$$

$$(R_1 + R_2) \frac{di}{dt} + \frac{dU_C}{dt} = 0$$

$$\frac{dU_C}{dt} = \frac{i}{C} \quad ; \quad (R_1 + R_2) \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{(R_1 + R_2)C} i = 0$$

ج/ بتعويض الحل في المعادلة التفاضلية وباستعمال الشروط الابتدائية نحصل على:

$$\beta = \frac{1}{(R_1 + R_2)C} \quad \text{و} \quad \alpha = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$(2) \text{ ثابت الزمن: من البيان نجد: } \tau = 0,5 \text{ s ونستنتج } C = \frac{\tau}{(R_1 + R_2)} = 100 \mu F$$

$$E = (R_1 + R_2) \cdot I_0 = 10V$$

(3) العبارة اللحظية للطاقة:

$$E(C) = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2(t)$$

$$E(C) = \frac{1}{2} C \cdot E^2 (1 - e^{-t/\tau})^2$$

الطاقة الأعظمية:

$$U_C = E \Rightarrow E_{\max}(C) = \frac{1}{2} C E^2 \quad ; \quad E_{\max}(C) = 5 \times 10^{-3} J$$



### التمرين 21:

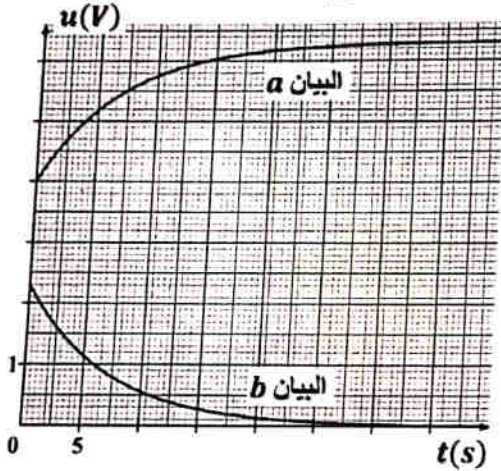
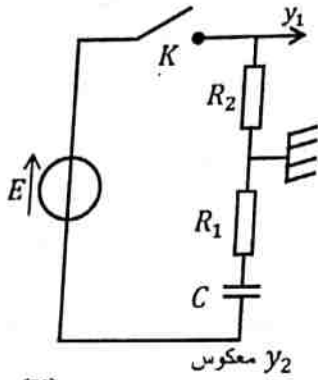
تركب الدارة الكهربائية الموضحة بالشكل، والمؤلفة من:

- مولد كهربائي للتوتر الثابت  $E$ .

- مكثفة غير مشحونة سعتها  $C$ .

- ناقلين أوميين مقاومتيهما  $R_1 = 1k\Omega$  و  $R_2$  غير معلومة.

- قاطعة كهربائية  $K$ .



نوصل الدارة الكهربائية براسم اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة كما هو موضح على الشكل ثم نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0$  فنشاهد على الشاشة

المنحنيين البيانيين (a) و (b) (الشكل).

(1) ارفق كل منحنى بالمدخل الموافق مع التبدير.

(2) اكتب المعادلة التفاضلية التي  $i(t)$  للتيار الكهربائي في الدارة.

(3) أوجد عبارة الشدة  $I_0$  للتيار الأعظمي المار في الدارة.

(4) استنتج عند اللحظة  $t = 0$  عبارة التوتر بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$  بدلالة  $E$ ،  $R_1$ ،  $R_2$ .

(5) اعتمادا على البيانيين، استنتج قيمة كل من  $E$ ،  $I_0$ ،  $R_2$  و  $C$ .

### تصحيح التمرين 21:

(1) ارفق كل منحنى بالمدخل المناسب.

| المدخل | المقدار المشاهد         | عند $t = 0$     | في النظام الدائم | البيان المناسب |
|--------|-------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| $Y_1$  | $u_{R_2} = R_2 \cdot i$ | $R_2 \cdot I_0$ | 0                | b              |
| $Y_2$  | $u_C + R_1 \cdot i$     | $R_1 \cdot I_0$ | E                | a              |

$$U_R + U_C = E \quad (2)$$

$$\frac{dU_R}{dt} + \frac{dU_C}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt}(R_1 \cdot i) + \frac{d}{dt}\left(\frac{q}{C}\right) = 0$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{(R_1 + R_2)C} \cdot i = 0$$

$$I_0 = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad \text{عند } t = 0 \text{ يكون } U_C = 0 \text{ وبالتالي:}$$

$$t = 0 \quad (4)$$

$$U(R_2) = U_1 = R_2 \cdot I_0 \Rightarrow U_1 = R_2 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$E = 6,3V \quad \text{من البيان (a) مثلا:}$$

$$I_0 = \frac{4}{R_1} = \frac{4}{1000} = 4 \times 10^{-3} A$$

$$R_2 = \frac{2,3}{I_0} = 575 \Omega$$

$$U_1 = 0,37 \times 2,3 = 7,5 s \quad \tau \text{ يوافق (b) :}$$

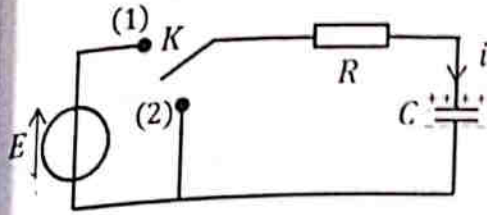
$$C = \frac{\tau}{R_1 + R_2} \approx 4,8 \times 10^{-3} F$$

في المدرسة يعلمونك  
الدرس ثم يختبرونك  
أما الحياة فتختبرك  
ثم تعلمك الدرس  
البرت اينشتاين

## التمرين 22:

لغرض دراسة تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة لركب الدارة الكهربائية الموضحة بالشكل.

تتكون هذه الدارة من مولد للتوتر الثابت  $E$ ، ناقل أومي مقاومته  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ، مكثفة سعتها  $C$  وبادلة  $K$ . نضع البادلة في الوضع (1) إلى غاية بلوغ النظام الدائم، ثم نغير البادلة إلى الوضع (2) في اللحظة  $t = 0$ .



- (1) ماهي إشارة شدة التيار الكهربائي المبين في الدارة؟ علّل.
- (2) بين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي  $u_C$  بين طرفي المكثفة في هذه الدارة تعطى بالشكل:

$$u_C + \frac{1}{\alpha} \frac{du_C}{dt} = 0$$

- (3) إذا كان حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل:

$$u_C = Ae^{-\alpha t}$$

أوجد عبارتي الثابتين  $A$  و  $\alpha$  بدلالة  $R$ ،  $C$  و  $E$ .

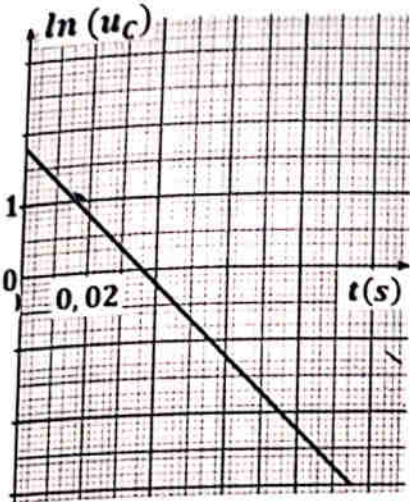
- (4) يمثل الشكل المنحني البياني لتغيرات  $\ln u_C$  بدلالة الزمن  $t$ .

أ/ استنتج بياناً عبارة الدالة  $\ln u_C = f(t)$ .

ب/ بالمطابقة مع العلاقة النظرية الموافقة للمنحني

استنتج قيم كل من:  $\alpha$ ،  $C$  و  $E$

- (5) احسب الطاقة المحولة إلى الناقل الأومي عند اللحظة  $t = 2.5\tau$ ، ماذا تستنتج؟ حيث  $\tau$  هو ثابت الزمن المميز للدارة.



## تصحيح التمرين 22:

- (1) لدينا:  $i = \frac{dq}{dt}$

-إذا كان المقصود دارة الشحن (البادلة في الوضع 1) فإن  $i > 0$  لأن  $\frac{dq}{dt} > 0$

-إذا كان المقصود دارة التفريغ (البادلة في الوضع 2) فإن  $i < 0$  لأن  $\frac{dq}{dt} < 0$

$$U_C + RC \frac{dU_C}{dt} = 0 \quad (2)$$

$$U_C + \frac{1}{\alpha} \frac{dU_C}{dt} = 0 \quad \text{وهي من الشكل:}$$

$$U_C = A \cdot e^{-\alpha t} \quad (3)$$

عند  $t = 0$  يكون:  $U_C = E$  وبالتالي:

$$A = E$$

ولدينا:  $\frac{1}{\alpha} = RC$  وبالتالي:

$$\alpha = \frac{1}{RC} \quad (4)$$

$$\ln U_C = at + b$$

$$U_C = E \cdot e^{-\alpha t}$$

$$\ln U_C = -\alpha t + \ln E$$

$$-\alpha = -\frac{1.8}{1.8 \times 0.02} = 50 \text{ s}^{-1}$$

$$C = \frac{1}{R \times \alpha} = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$\ln E = 1.8 \rightarrow E = 6 \text{ V}$$

نحن لا نكافئ من عصى الله فينا بأن نعصى الله فيه، ولكن نكافئ من عصى الله فينا بأن نطيع الله فيه  
محمد متولي الشعراوي رحمه الله



(5) حساب الطاقة المحولة إلى الناقل الأومي

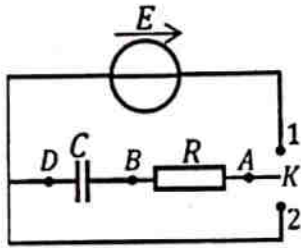
$$E_c = E_c(0) - E_c(2,5\tau) = \frac{1}{2}CE^2 - \frac{1}{2}CE^2 \cdot e^{-\frac{2 \times 2,5\tau}{\tau}}$$

$$E_c = \frac{1}{2}CE^2(1 - e^{-5})$$

$$E_c = \frac{1}{2}CE^2(0,99) \approx 3,57 \times 10^{-5} J$$

نستنتج أن في اللحظة  $t = 2,5\tau$  تحول كل طاقة المكثفة تقريبا إلى الناقل الأومي.

### التمرين 23:



تتألف الدارة الكهربائية المبينة في الشكل من مكثفة فارغة سعتها  $C = 100nF$ ، ناقل أومي مقاومته  $R = 10k\Omega$ ، مولد مثالي قوته المحركة الكهربائية  $E = 5V$  وبإدلة  $K$ . نضع البادلة في الوضع (1) بغية شحن المكثفة.

(1) بين على الشكل جهة التيار الكهربائي المار في الدارة ومثل بسهم كل من التوترين الكهربائيين  $u_{AB}$  و  $u_{BD}$ .

(2) باستعمال قانون جمع التوترات الكهربائية، جد المعادلة التفاضلية لتطور التوتر الكهربائي  $u_{BD}(t)$  بين طرفي المكثفة.

(3) المعادلة التفاضلية تقبل حلا من الشكل:  $u_{BD}(t) = E + Ae^{-bt}$  جد عبارة كل من الثابتين  $A$  و  $b$ .

(4) أعط عبارة ثابت الزمن للدارة المدروسة، ماذا يمثل عمليا؟ احسب قيمته.

(5) بين على الشكل كيفية ربط راسم اهتزاز ذي ذاكرة بالدارة لمشاهدة تطور التوتر  $u_{BD}(t)$ ، ثم مثل شكلا تقريبا  $u_{BD}(t) = f(t)$ .

II. بعد شحن المكثفة كليا، نضع البادلة  $K$  في الوضع (2).

(1) احسب قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثفة في بداية التفريغ وعلى أي شكل تستهلك في الدارة؟

(2) بعد تفريغ المكثفة كليا، نربط معها مكثفة أخرى فارغة سعتها  $C'$  ثم نعيد البادلة إلى الوضع (1).

أ. كيف يجب ربطها مع المكثفة السابقة حتى تكون قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة في مجموعة المكثفتين عند نهاية الشحن  $3,75 \times 10^{-6} \text{ Joules}$ ؟ برر إجابتك.

ب/ ماهي قيمة سعتها  $C'$ ؟

بطل:  $1nF = 10^{-9}F$

### تصحيح التمرين 23:

I. البادلة في الوضع (1)

(1) جهة التوترات والتيار في الدارة.

(2) المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين طرفي المكثفة:

$$\frac{dU_{BD}}{dt} + \frac{U_{BD}}{RC} = \frac{E}{RC}$$

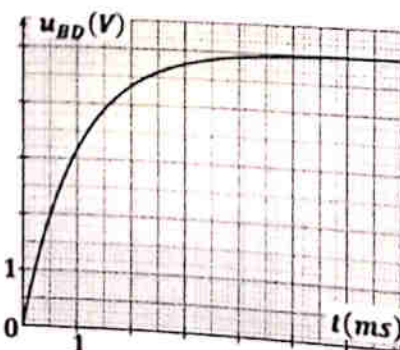
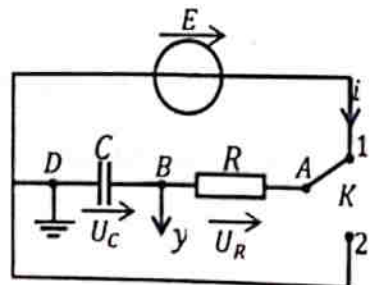
$$b = \frac{1}{RC} ; A = -E$$

(4) ثابت الزمن  $\tau = RC$

$\tau$ : الزمن اللازم لبلوغ التوتر بين طرفي المكثفة 63% من قيمته العظمى أثناء الشحن.

قيمته:  $\tau = 10^{-3} s$

(5) ربط راسم الاهتزاز المهبطي بالدارة (انظر الشكل).



II. البادلة في الوضع (2)

(1) تستهلك الطاقة على شكل حرارة في الناقل الأومي بفعل جول.

$$E(C) = \frac{1}{2} CE^2 = 1,25 \times 10^{-6} J \quad \text{قيمتها:}$$

(2) / كفاءة الربط:

$$E'(C) = \frac{1}{2} C_{eq} \cdot E^2 \Rightarrow C_{eq} = \frac{2E'(C)}{E^2} = 0,3 \times 10^{-6} F = 300 nF$$

$C_{eq} > C$  نستنتج أن الربط تم على التفرع.

$$C' = C_{eq} - C = 200 nF \quad \text{ب/ سعة } C' : \quad C_{eq} = C + C' \quad \text{إذن:}$$

### التمرين 24:

نريد دراسة تأثير مقاومة ناقل أومي على تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة  $u_c(t)$ ، باستخدام راسم اهتزاز بذاكرة. من أجل ذلك نحقق دائرة كهربائية تتألف من العناصر الكهربائية التالية مربوطة على التسلسل: مكثفة فارغة سعتها  $C$  قيمتها مجهولة، ناقل أومي مقاومته  $R$  متغيرة، مولد ذي توتر ثابت  $E$ ، قاطعة  $K$ .

(1) ارسم مخطط الدارة موضعا كفاءة ربط راسم الاهتزاز لمراقبة

تطور التوتر بين طرفي كل من: المكثفة والمولد.

(2) نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0s$ .

من أجل قيمة معينة لمقاومة الناقل الأومي  $R = R_1$ ، يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المنحنيين الموضحين في الشكل-1.

أ/ جد المعادلة التفاضلية التي تعبر عن تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة.

ب/ المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلا من الشكل:  $u_c(t) = A(1 - e^{-Bt})$  جد عبارة كل من  $A$  و  $B$  واحسب

قيمتيهما بالاستعانة ببيان الشكل-1.

ج/ انقل الشكل-1 إلى ورقة إجابتك ومثل عليه كفيما

$$u_c = f(t) \quad \text{من أجل } R > R_1$$

(3) نغير من قيمة  $R$  مقاومة الناقل الأومي ونحسب ثابت الزمن ( $\tau$ ) الموافق،

باستخدام برمجة مناسبة حصلنا على المنحنى البياني الموضح بالشكل-2.

أ/ بالاعتماد على منحنىي الشكل-1 والشكل-2، استنتج قيمة  $C$  سعة المكثفة و  $R_1$  مقاومة الناقل الأومي.

ب/ في الحقيقة المكثفة السابقة مكافئة لمكثفتين سعتيهما  $C_1 = 1 \mu F$  و  $C_2$  مجهولة القيمة مربوطين ربطا مجهولا. بين كفاءة الربط واستنتج قيمة  $C_2$ .

### تصحيح التمرين 24:

(1) رسم الدارة:

(2) أ/ المعادلة التفاضلية للتوتر بين طرفي المكثفة:

$$U_{R1} + U_C = E \quad \text{حسب قانون التورات:}$$

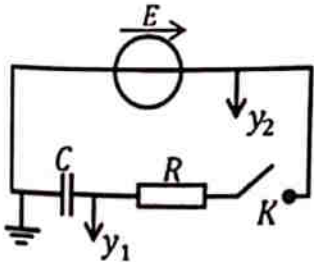
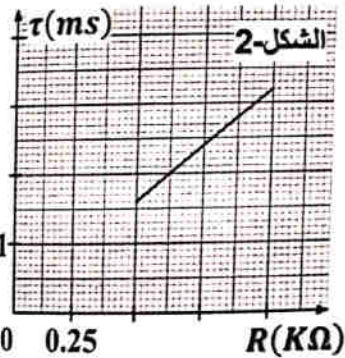
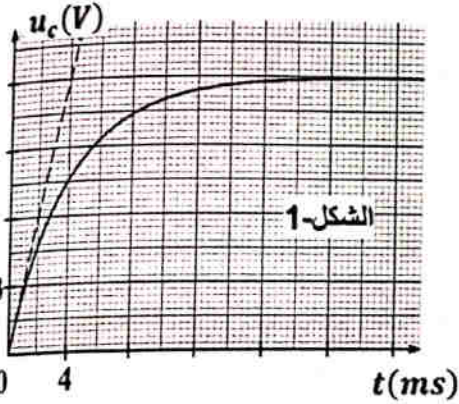
$$U_{R1} = R_1 \cdot i \quad , \quad i = \frac{dq}{dt} \quad , \quad q = C \cdot U_C \quad \text{حيث:}$$

$$R_1 \cdot C \frac{dU_C}{dt} + U_C = E \quad \text{ومنه نجد:}$$

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{R_1 C} U_C = \frac{E}{R_1 C}$$

ب/ إيجاد عبارتي  $B, A$ :

$$U_C(t) = A(1 - e^{-Bt})$$





هو حل للمعادلة التفاضلية:

$$\frac{dU_C}{dt} = AB e^{-Bt} \quad \text{بالتعويض نجد:}$$

$$AB e^{-Bt} + \frac{A}{R_1 C} - \frac{A}{R_1 C} e^{-Bt} = \frac{E}{R_1 C}$$

$$B = \frac{1}{R_1 C} \quad , \quad A = E \quad \text{بالمطابقة نجد:}$$

$$B = \frac{1}{0,004} = 250 \text{ s}^{-1} \quad \text{و} \quad A = 12V$$

ج/ التمثيل الكيفي لـ  $U_C = g(t)$  من أجل  $R > R_1$ .

(3) أ/ استنتاج سعة المكثفة:

لدينا  $\tau = RC$  ومنه فإن:  $C$  هو ميل المنحنى (الشكل-2).

$$C = \frac{(3,2 - 1,6) \times 10^{-3}}{(1 - 0,5) \times 10^3} = 3,2 \times 10^{-6} F$$

حساب مقاومة الناقل الأومي  $R_1$ : من منحنى (الشكل-1) لدينا:  $\tau = R_1 \cdot C$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{\tau}{C} = \frac{0,004}{3,2 \times 10^{-6}} = 1250 \Omega$$

ب/ كيفية ربط المكثفتين: بما أن السعة المكافئة  $C$  أكبر من سعة المكثفة الأولى  $C_1$  فإن الربط على التوازي (التفرع).

$$C = C_1 + C_2 \quad \text{حيث:}$$

$$C_2 = C - C_1 = 3,2 - 1 = 2,2 \mu F \quad \text{ومنه:}$$

### التمرين 25:

تركب دائرة كهربائية تتركب من ثنائيات الأقطاب التالية:

- مولد للتوترات المستمرة قوته الكهربائية المحركة  $E$ .

- ناقل أومي مقاومته  $R$ .

- مكثفة سعتها  $C$ .

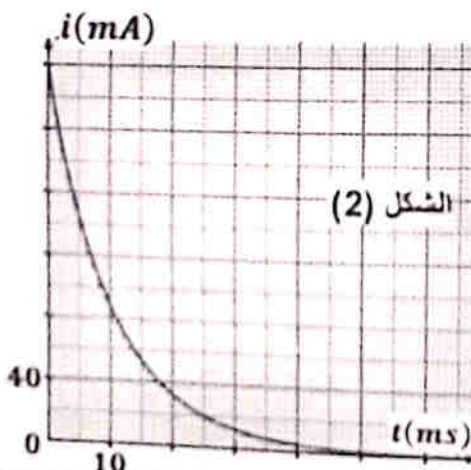
- قاطعة.

(1) ارسم الشكل التخطيطي للدائرة.

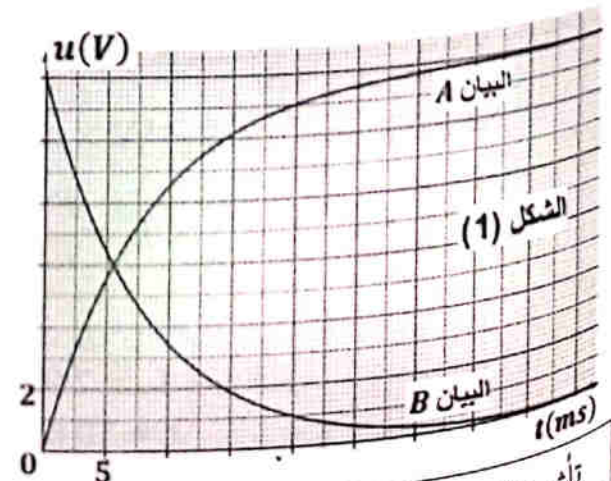
(2) نصل براسم الاهتزاز المهبطي ذو مدخلين كل من قطبي الناقل الأومي والمكثفة

مثل على الشكل طريقة ربط قطبي راسم الاهتزاز لمشاهدة  $U_C = f(t)$  و  $U_R = g(t)$ .

(3) عند غلق القاطعة نشاهد على الشاشة المنحنيات البيانية التالية:



الشكل (2)



الشكل (1)

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

شنايت

أ/ ماذا يمثل كل من البيانيين A و B ؟

ب/ اكتب المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين طرفي المكثفة  $u_C(t)$ .

$$u_C = E(1 - e^{-t/\tau})$$

ج/ أثبت بعد تعريف ثابت الزمن  $\tau$  أن حل هذه المعادلة هو:

(4) نتابع تطور شدة التيار ونحصل على البيان التالي:

أ/ اكتب عبارة شدة التيار  $i(t)$  بدلالة  $I_0$  القيمة العظمى للتيار و  $\tau$  ثابت الزمن.

ب/ استعن بالبيانات لحساب كل من R و C.

#### تصحيح التمرين 25:

(1) رسم الشكل التخطيطي للدارة:

(2) التمثيل على الشكل.

- على  $Y_2$  نشاهد  $u_C$

- على  $Y_1$  نشاهد  $-u_R$  ثم بالضغط على  $inv$  نشاهد  $u_R$

(3) غلق القاطعة

البيان B يمثل  $u_R$

أ/ البيان A يمثل  $u_C$ .

التعليق: لما  $t = 0$  المكثفة مفرغة تماما  $u_C$  و هو ما يوافق البيان A.

لما  $t = \infty$  المكثفة مشحونة تماما  $u_C = E$  و  $u_R = 0$  و هو ما يوافق البيان B.

ب/ كتابة المعادلة التفاضلية:

$$E = u_R + u_C \Rightarrow E = R \cdot i + u_C \Rightarrow E = R \times \frac{dq}{dt} + u_C$$

$$\Rightarrow E = R \times \frac{d(C \times u_C)}{dt} + u_C = R \times C \times \frac{du_C}{dt} + u_C$$

ج/  $\tau$  هو الزمن الازم حتى تشحن 63% من المكثفة

$$u_C = E - E \times e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{du_C}{dt} = 0 - E \times \left(-\frac{1}{\tau}\right) \times e^{-t/\tau} \quad \text{الإثبات:}$$

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau} \dots \dots (1)$$

نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$E = R \times C \times \frac{E \cdot e^{-t/\tau}}{\tau} + E - E \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow E = E \cdot e^{-t/\tau} + E - E \cdot e^{-t/\tau}$$

$$E = E \quad \text{محققة}$$

(4) أ/ كتابة عبارة شدة التيار:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C \times u_C)}{dt} = C \times \frac{du_C}{dt} \Rightarrow i = C \times \frac{E}{\tau} \times e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow i = C \times \frac{E}{R \times C} \times e^{-t/\tau} \quad \text{بتعويض (1)}$$

$$i = \frac{E}{R} \times e^{-t/\tau} \quad \text{و} \quad I_0 = \frac{E}{R} \Rightarrow i = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

ب/ حساب قيمة كل من R و C:

$$\text{من البيان} \begin{cases} E = 12 V \\ I_0 = 240 \times 10^{-3} A \\ \tau = 10 ms = 10^{-2} s \end{cases}$$



$$I_0 = \frac{E}{R} \Rightarrow R = \frac{E}{I_0} = \frac{12}{0,24} = 50 \Omega \quad \text{قيمة } R :$$

$$\tau = R \times C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-2}}{50} = 2 \times 10^{-4} F \quad \text{قيمة } C :$$

### التمرين 26:

تحقق التركيب التجريبي الممثل في الشكل المقابل بواسطة العناصر التالية:

- مولد كهربائي قوته المحركة الكهربائية  $E$ .

- مكثفة سعتها  $C = 40 \mu F$ .

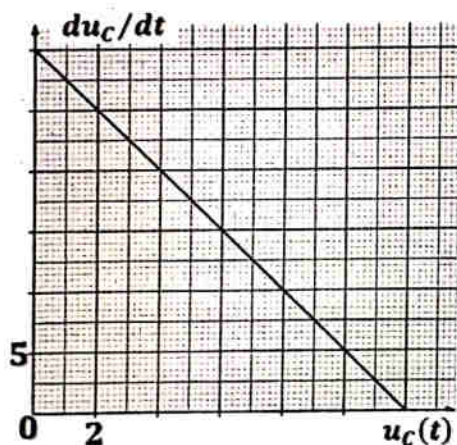
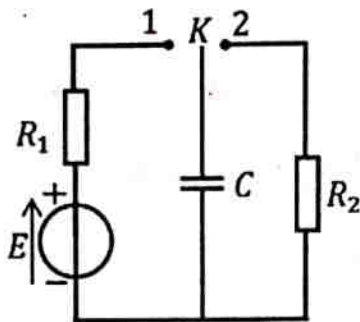
- مقاومة مجهولة  $R_1$ ، ومقاومة  $R_2 = 22 k\Omega$ .

- بادلة  $K$  يمكن وضعها في الوضع (1) و (2).

- نضع البادلة  $K$  في الوضع (1) لمدة  $t = 5 s$  بدءا من اللحظة الزمنية  $t = 0 s$  التي تكون فيها المكثفة غير مشحونة، وخلال هذه المدة قمنا

بمتابعة التوتر بين طرفي المكثفة  $U_C(t)$  ثم رسمنا البيان  $\frac{dU_C}{dt}$

$f(U_C)$



(1) أوجد المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة  $U_C(t)$ .

(2) اكتب المعادلة الرياضية للبيان ثم أوجد كل من ثابت الزمن  $\tau_1$

للدائرة، القوة المحركة الكهربائية  $E$  للمولد وقيمة المقاومة  $R_1$ .

(3) هل المدة السابقة  $t = 5 s$  كافية لشحن المكثفة نهائيا؟

(4) بعد الخمس ثواني السابقة وفي لحظة نعتبرها أيضا مبدأ للأزمنة

$t = 0 s$  نضع البادلة في الوضع (2).

أ/ أوجد المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة الشحنة  $q(t)$ .

ب/ تحقق أن حل المعادلة التفاضلية السابقة يعطى بالشكل

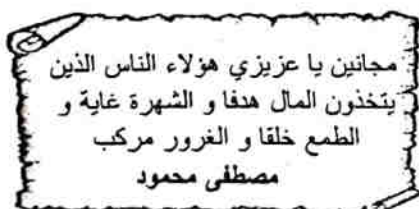
$$q(t) = q_0 \cdot e^{-\left(\frac{t}{R_2 C}\right)}$$

حيث  $q_0$  الشحنة العظمى للمكثفة.

ج/ علما أن ثابت الزمن للدائرة في هذه الحالة هو  $\tau_2$ . احسب قيمته ثم

ارسم البيان  $q = g(t)$  محددا قيمة  $q_0$ .

د/ اكتب عبارة شدة التيار  $i(t)$  المار بالدائرة في هذه الحالة، ثم ارسم البيان  $i(t)$  محددا قيمته العظمى  $I_0$ .



### تصحيح التمرين 26:

(1) إيجاد المعادلة التفاضلية بدلالة  $U_C$ :

$$E = R \times C \times \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

(2) كتابة المعادلة الرياضية للبيان:

$$\frac{dU_C}{dt} = \alpha \times U_C + \beta \quad \text{معادلة البيان من الشكل:}$$

$$\frac{dU_C}{dt} = \alpha \times (0) + \beta \quad \text{عند } U_C = 0$$

$$\frac{dU_C}{dt} = \beta \Rightarrow \beta = 30 \quad (\text{من البيان})$$

$$\alpha = \frac{30 - 0}{0 - 12} = -2,5$$

$\alpha$  هو الميل

$$\frac{dU_C}{dt} = -2,5 \times U_C + 30 \quad \text{ومنه المعادلة هي:}$$

لدينا من المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{R_1 \times C} = \frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{R_1 \times C} \Rightarrow \frac{dU_C}{dt} = -\frac{1}{\tau_1} \times U_C + \frac{E}{\tau_1}$$

$$\alpha = -\frac{1}{\tau_1} \Rightarrow \tau_1 = 0,4 \text{ s} \quad \text{بالمطابقة}$$

$$\beta = \frac{E}{\tau_1} \Rightarrow E = \beta \times \tau_1 = 30 \times 0,4 = 12 \text{ V}$$

$$\tau_1 = R_1 \times C \Rightarrow R_1 = \frac{\tau_1}{C} = \frac{0,4}{40 \times 10^{-6}} = 10 \text{ K}\Omega \quad \text{- إيجاد } R_1$$

(3) تشحن عمليا المكثفة بعد  $\Delta t = 5\tau = 2 \text{ (s)}$ - نعم المدة الزمنية  $t = 5 \text{ s}$  كافية حتى تشحن المكثفة نهائيا.(4) / معادلة تفاضلية بدلالة الشحنة  $q(t)$ :

$$U_{R_2} + U_C = 0 \Rightarrow R_2 \times i + U_C = 0$$

$$R_2 \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$R_2 C \frac{dq}{dt} + q = 0$$

ومنه :

$$\begin{cases} U_C = \frac{q}{C} \\ i = \frac{dq}{dt} \end{cases}$$

ب/ التحقق من صحة حل المعادلة التفاضلية

$$q(t) = Q_0 \times e^{-t/R_2 \times C} \quad \text{لدينا:}$$

$$q(t) = E \cdot C \times e^{-t/R_2 \times C} \quad \text{ومنه: } Q_0 = E \cdot C$$

$$\frac{dq}{dt} = E \cdot C \left( \frac{1}{R_2 \times C} \right) \times e^{-t/(R_2 \times C)}$$

نشتق فنجد

$$\frac{dq}{dt} = \frac{-E \times C}{R_2 \times C} \times e^{-t/(R_2 \times C)} \Rightarrow \frac{dq}{dt} = \frac{-E}{R_2} \times e^{-t/(R_2 \times C)} \dots \dots (2)$$

نعوض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية:

$$R_2 \times C \times \frac{-E}{R_2} \times e^{-t/(R_2 \times C)} + E \cdot C \times e^{-t/(R_2 \times C)} = 0$$

$$C \cdot E \times e^{-t/(R_2 \times C)} = E \cdot C \times e^{-t/(R_2 \times C)}$$

$$\Rightarrow 0 = 0 \quad \text{محقة}$$

ج/ حساب قيمة  $\tau_2$ :

$$\tau_2 = R_2 \times C = 22 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-6} = 0,88 \text{ s}$$

$$q_0 = C \times E = 40 \times 10^{-6} \times 12 = 4,8 \times 10^{-4} \text{ C}$$

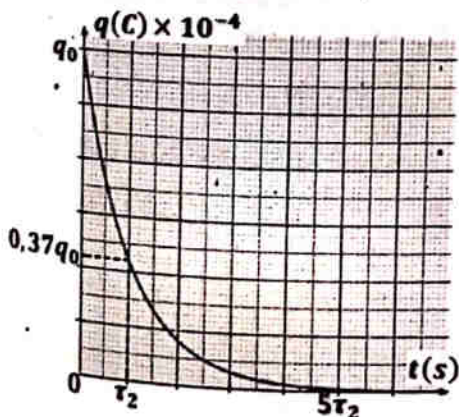
رسم البيان :

د/ كتابة عبارة شدة التيار المارة في الدارة  $i$  المارة في الدارة :

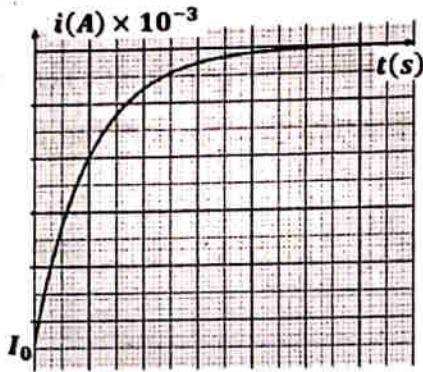
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C \cdot u_C)}{dt} = \frac{du_C}{dt} \times C$$

$$i = C \times \frac{-E}{R_2 \times C} \times e^{-t/R_2 \times C} = \frac{-E}{R_2} \times e^{-t/R_2 \times C}$$

$$\Rightarrow i = I_0 \times e^{-t/R_2 \times C}$$







عند  $t = 0$

$$I_0 = \frac{-E}{R_2} = \frac{-12}{22 \times 10^3} = -0,54 \times 10^{-3} \text{ (A)}$$

الإشارة (-) تدل على أن جهة تيار التفريغ تعاكس جهة تيار الشحن

رسم البيان:

### التمرين 27:

- نعمل مكثفة البيانات التالية:  $300\text{V}$  ( $160 \mu\text{F}$  بدقة 10%)، للتأكد من قيمة سعتها  $C$  نقوم بشحنها من الصفر عبر مقاومة  $R = 12,5 \text{ k}\Omega$  بواسطة مولد مثالي لتوتر مستمر  $E = 300\text{V}$ .
- ارسم الدارة الكهربائية الموافقة مبينا عليها جهة التيار المار، واتجاه التوترات  $u_R, u_C, E$ .
  - أثبت أن المعادلة التفاضلية التي يحققها  $u_R(t)$  هي:

$$RC \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = 0$$

(3) بين أن حل المعادلة التفاضلية التي يحققها  $u_R(t)$  هو:  $u_R = ae^{-bt}$

عبر عن كل من  $a$  و  $b$  بدلالة  $C, R, E$ .

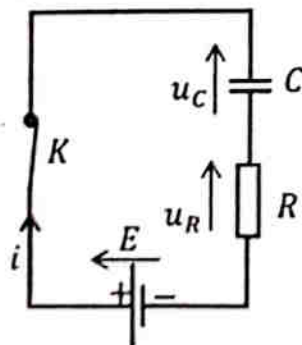
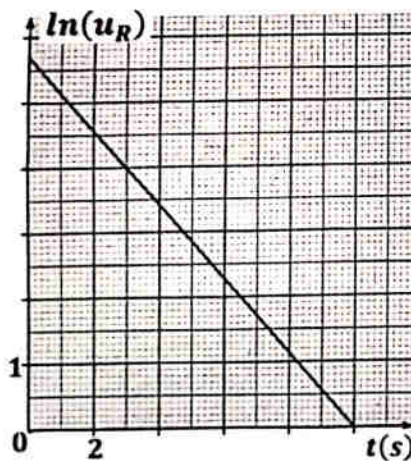
(4) بين أنه يمكن كتابة  $\ln(u_R) = \alpha + \beta t$

يطلب إعطاء عبارة كل من  $\alpha$  و  $\beta$  بدلالة كل من  $\tau, E$  حيث  $\tau$  هو ثابت الزمن.

ب/ يسمح برنامج خاص برسم البيان  $\ln(u_R) = f(t)$  اكتب معادلة المستقيم الموافق لهذا البيان.

ج/ استنتج سعة المكثفة وهل هي متفقة مع بيانات الصانع؟

- (5) إذا تم شحن المكثفة نفس المولد عبر مقاومة  $R' = \frac{R}{2}$  هل يتغير البيان السابق؟ علّل.



### تصحيح التمرين 27:

- (1) رسم الدارة الكهربائية:

(2) المعادلة التفاضلية:

$$E = U_R + U_C \Rightarrow U_R + \frac{q}{C} \dots (1)$$

باشتقاق (1) نجد:

$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \times \frac{dq}{dt}$$

ونعلم أن:  $i = \frac{dq}{dt}$ ، ومنه:

$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \times i$$

ونعلم أن:  $i = \frac{U_R}{R}$ ، ومنه:

$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \times \frac{U_R}{R}$$

وبالضرب في  $RC$  نجد: المعادلة:

$$0 = R \times C \times \frac{dU_R}{dt} + U_R$$

(3) حلها : (1)  $U_R = a \cdot e^{-bt}$  ... باستقار  $U_R$  نجد : (2)  $\frac{dU_R}{dt} = -a \cdot b \cdot e^{-bt}$  ...

نعوض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية فنجد :  $0 = R \cdot C \cdot (-a \cdot b \cdot e^{-bt}) + a \cdot e^{-bt}$

باستخراج "  $a \cdot e^{-bt}$  " عامل مشترك نجد :  $0 = a \cdot e^{-bt} \cdot (-R \cdot C \cdot b + 1)$

معناه :  $b = \frac{1}{RC} \Leftrightarrow 1 - RC \cdot b = 0$

- إيجاد  $a$  : من الشروط الابتدائية : لما  $t = 0$  المكثف مفرغ أي :  $U_C = 0$  ، إذن :  $U_R(0) = E$

$U_R = E \cdot e^{-\frac{1}{RC}t}$  ومنه :  $a = E$  إذن  $E = a \cdot e^0$

(4) لدينا :  $U_R = E \cdot e^{-\frac{1}{RC}t}$  ومنه :  $\ln(U_R) = \alpha + \beta \cdot t$

ولدينا :  $\ln(U_R) = \alpha + \beta \cdot t$  بالمطابقة نجد :  $\alpha = \ln E$  و  $\beta = \frac{-1}{C} = \frac{-1}{\tau}$

ب/ معادلة البيان :  $\ln(U_R) = \alpha + \beta t$  ومنه :  $\alpha = 5,7$

و  $\beta = \frac{0 - 5,7}{10 - 0} = -0,57$  الميل

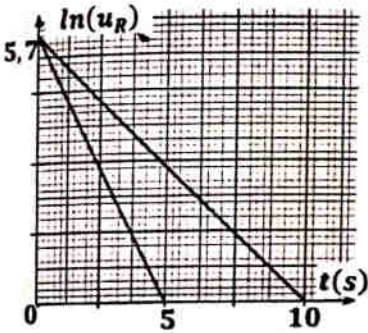
إذن المعادلة :  $\ln(U_R) = -0,57t + 5,7$

ج/ استنتاج  $C$  :  $\frac{1}{\tau} = 0,57 \Leftrightarrow \tau \approx 1,75 \text{ s}$

و بذلك :  $C = \frac{\tau}{R} \approx 140 \times 10^{-6} \text{ F}$

لكن حسب ما كُتب على المكثف تكون  $144 \mu\text{F} \leq C \leq 176 \mu\text{F}$  إذن : ما كتبه الصانع خاطئ

(5)  $R' = \frac{R}{2} \Rightarrow \tau' = \frac{\tau}{2} \Rightarrow \beta' = 2\beta$  فيصبح البيان :



### التمرين 28:

تحتوي الدارة، الممثلة في المخطط على مقاومتين  $R_1$  و  $R_2$  وقاطعة  $K$  ومكثف  $C$ .

يغذي الدارة مولد كهربائي قوته المحركة ثابتة  $E = 27 \text{ V}$  عند اللحظة الزمنية  $t = 0 \text{ s}$  ، نغلق القاطعة  $K$ .

(1) بين أن تغيرات الشحنة  $q(t)$  للمكثف تحقق المعادلة التفاضلية:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{(R_1 + R_2)}{C \cdot R_1 \cdot R_2} q = \frac{E}{R_1}$$

(2) باعتبار أن المكثف بلغت شحنتها النهائية في اللحظة

$t_0 = 3 \text{ ms}$  ، نفتح القاطعة  $K$  في تلك اللحظة ونضع

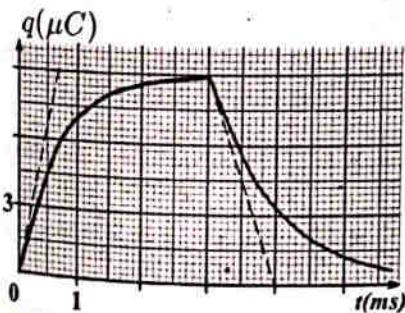
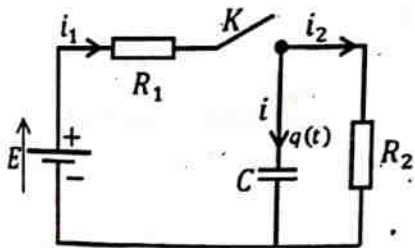
$t' = t - t_0$  . أوجد من أجل  $t' > 0$  المعادلة التفاضلية

التي تحققها الشحنة  $q(t')$ .

(3) باستعمال تغيرات  $q(t)$  المعطاة في الشكل

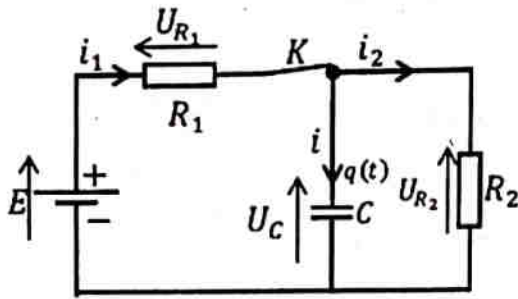
أوجد قيم  $R_1$  ،  $R_2$  ،  $C$ .

ملاحظة: حل المعادلة التفاضلية غير مطلوب.





**تصحيح التمرين 28:**



(1) نبين أن تغيرات  $q(t)$  تحقق المعادلة التفاضلية المعطاة:  
الطريقة 01: قانون جمع التيارات:  $i_1 = i + i_2 \dots (1)$

$$U_{R1} = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{U_{R1}}{R_1}$$

لدينا:

$$i_1 = \frac{E - U_C}{R_1} \text{ ومنه:}$$

(لأن بتطبيق قانون جمع التوترات:  $E = U_{R1} + U_C$ )

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ من جهة أخرى:}$$

$$i_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{U_C}{R_2} \text{ وأيضا:}$$

بالتعويض في (1) نجد:

$$\frac{E}{R_1} - \frac{U_C}{R_1} = \frac{dq}{dt} + \frac{U_C}{R_2} \Rightarrow \frac{E}{R_1} = \frac{dq}{dt} + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \times \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{E}{R_1} = \frac{dq}{dt} + \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2} \right) \frac{q}{C}$$

الطريقة 02: قانون جمع التوترات: (نختار أكبر عروة)

$$E = U_{R1} + U_{R2} \Rightarrow E = R_1 \times i_1 + R_2 \times i_2$$

$$E = R_1 \times (i + i_2) + R_2 \times i_2 \Rightarrow E = (R_1 + R_2) \times i_2 + R_1 \times i$$

$$\Rightarrow E = (R_1 + R_2) \times \frac{U_{R2}}{R_2} + R_1 \times \frac{dq}{dt} \Rightarrow E = (R_1 + R_2) \times \frac{U_C}{R_2} + R_1 \times \frac{dq}{dt}$$

$$\Rightarrow E = (R_1 + R_2) \times \frac{q}{R_2 \times C} + R_1 \times \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{E}{R_1} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} \times q + \frac{dq}{dt}$$

(2) إيجاد المعادلة التفاضلية للشحنة  $q(t')$ :  
حيث:  $t' = t - t_0$  و:  $t_0 = 3 \text{ ms}$

بتطبيق قانون جمع التوترات:  $U_C + U_{R2} = 0$

$$U_C + R_2 \cdot i = 0 \Rightarrow \frac{q}{C} + R_2 \cdot \frac{dq}{dt} = 0$$

$$q(t') + R_2 \cdot C \cdot \frac{dq(t')}{dt} = 0$$

(3) إيجاد  $R_1$  و  $R_2$  و  $C$ :

$$\frac{dq}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{C \cdot R_1 \cdot R_2} \times q = \frac{E}{R_1}$$

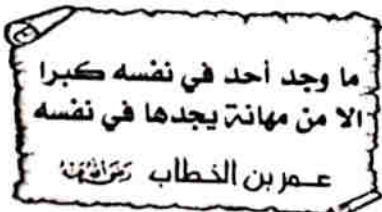
لدينا:

في النظام الدائم: أي  $\frac{dq}{dt} = 0$  أي:  $q = q_{\max}$

$$\left( 0 + \frac{R_1 + R_2}{C \cdot R_1 \cdot R_2} \times q_{\max} = \frac{E}{R_1} \right) \dots (1)$$

عند:  $t = 0$ :  $q = 0$

$$\left( \frac{dq}{dt} \right)_{t=0} = \frac{E}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{E}{\frac{dq}{dt}} = \frac{27}{\frac{9 \times 10^{-6}}{0,67 \times 10^{-3}}} \Rightarrow R_1 = 2 \times 10^3 \Omega$$



$$\tau_{\text{فريغ}} = R_2 \times C = 1 \text{ ms}$$

بالتعويض في (1) :

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1 \times \tau_{\text{فريغ}}} \times q_{\text{max}} = \frac{E}{R_1}$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{E \times \tau}{q_{\text{max}}} - R_1$$

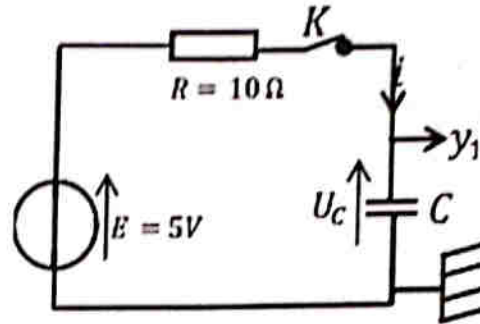
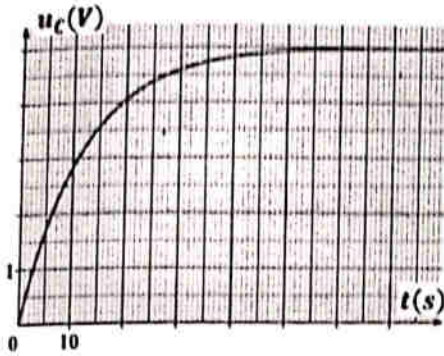
$$R_2 = \frac{27 \times 10^{-3}}{9 \times 10^{-6}} - 2 \times 10^3 = 1000 \Omega$$

من جهة أخرى:  $\tau_{\text{فريغ}} = R_2 \times C$

$$\Rightarrow C = \frac{\tau_{\text{فريغ}}}{R_2} = \frac{10^{-3}}{1000} \Rightarrow C = 10^{-6} \text{ (F)}$$

### التمرين 29:

لدينا مكثفة أشار عليها صانعها إلى القيمة  $1 \text{ F}$ ، للتأكد من قيمة سعة هذه المكثفة نحقق الدارة التالية: نغلق القاطعة  $K$  عند اللحظة  $t = 0$  ونقوس التوتر بين طرفي المكثفة، فنحصل على البيان (الشكل):

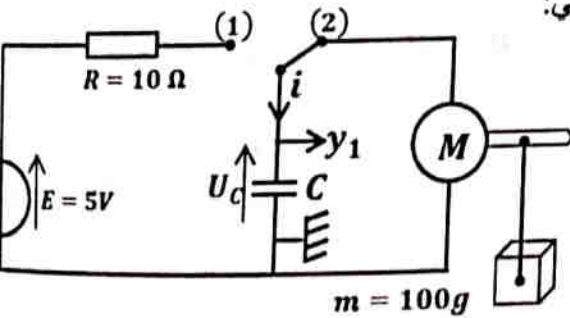


(1) أوجد عبارة المعادلة التفاضلية المحققة بـ:  $U_C(t)$ .

(2) تأكد أن:  $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$  حل للمعادلة التفاضلية السابقة، وتحقق الشرط الابتدائي  $U_C(0) = 0$ .  
- عين عبارة  $\tau$  بدلالة مميزات الدارة. ثم بين بالتحليل البعدي أن:  $\tau$  مقدار متجانس مع الزمن.

(3) انطلاقاً من التسجيل وبطريقة من اختيارك عين السعة  $C$  للمكثفة. قارنها مع القيمة المعطاة من طرف الصانع.

(4) تدمج المكثفة السابقة في التركيب المعطى حيث  $M$  محرك يلف حول جذعه خيط مهمل يحمل في نهايته كتلة  $m$  / عند اللحظة  $t = 0$  نعتبرها مبدأ للأزمنة نقلب البادلة إلى الوضع 2 فتبدأ عملية تفريغ المكثفة ويبدأ المحرك في الحركة رافعا الكتلة  $m = 100 \text{ g}$ ، فتصعد هذه الأخيرة ارتفاعاً  $h = 3,10 \text{ m}$  خلال زمن قدره  $18 \text{ s}$  فكانت تغيرات التوتر بين طرفي المكثفة خلال هذه العملية كالتالي:



• عند  $t = 0$  (انطلاق المحرك):

$$U_C(0) = 4,9 \text{ V}$$

• عند  $t = 18 \text{ s}$  (توقف المحرك):

$$U_C(18) = 1,5 \text{ V}$$

يكون المنحنى البياني المتحصل عليه  $U_C(t)$  عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل معادلته من الشكل:

$$u_C(t) = at + b \text{ مع } a < 0 \text{ و } b > 0$$

• احسب القيمة العددية لكل من  $a$  و  $b$ .

ب/ عين عبارة الشحنة اللحظية  $q(t)$  للمكثفة بدلالة الزمن، ثم استنتج قيمة شدة التيار، ماذا تستنتج فيما يخص إشارة  $i$  ج/ احسب:

• الطاقة المخزنة في المكثفة عند  $t = 0$

• الطاقة المتبقية عند  $t = 18 \text{ s}$

• الطاقة المفقودة من طرف المكثفة.

• الطاقة الميكانيكية (الكامنة) المستقبلية من طرف الكتلة  $m$ .

• مردود التجهيز.

تعطى:  $g = 9,8 \text{ N/Kg}$



## تصحيح التمرين 29:

(1) المعادلة التفاضلية المحققة بـ  $U_C(t)$ :بتطبيق قانون جمع التوترات:  $E = U_C + U_R$ 

$$E = U_C + R \cdot i \Rightarrow E = R \cdot \frac{dq(t)}{dt} + U_C \Rightarrow E = R \frac{dU_C \cdot C}{dt} + U_C$$

$$E = RC \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

(2) التأكد من أن العبارة المعطاة حل للمعادلة التفاضلية:

$$\text{لدينا: } U_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \text{ بالاشتقاق: } \frac{dU_C(t)}{dt} = E \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$E = RC \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

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

ومنه: (1)  $\tau = RC$  ...  $U_C(0) = E(1 - e^0) = 0 \text{ V}$  وهي محققة.

-عبارة  $\tau$ : لدينا من (1):  $\tau = R \cdot C$ التحليل البعدي لـ  $\tau$ :

$$[\tau] = [R] \cdot [C] = \frac{[U]}{[I]} \cdot \frac{[q]}{[U]} = \frac{[q]}{[I]} = \frac{[I] \cdot [T]}{[I]} \Rightarrow [\tau] = [T]$$

معناه أن  $\tau$  متجانس.(3) تعيين  $C$ :من البيان:  $\tau = 12 \text{ s}$ 

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{12}{10} \Rightarrow C = 1,2 \text{ F}$$

نسبة الخطأ:  $\frac{\Delta C}{C} = \frac{1,2-1}{1,2} = 0,16$  ومنه:  $C = 1 \pm 16\%$  يوجد خطأ بنسبة: 16%

$$\begin{cases} U_C(0) = 4,9 \text{ V} \\ U_C(18\text{s}) = 1,5 \text{ V} \end{cases}$$

$$\Delta t = 18 \text{ (s)}$$

/ حساب  $a$  و  $b$ :

لدينا معادلة المنحنى:

$$U_C(t) = at + b \text{ و } b > 0$$

$$4,9 = a(0) + b \Rightarrow b = 4,9$$

$$1,5 = a(18) + b \Rightarrow 1,5 = a(18) + 4,9$$

$$U_C(t) = -0,189t + 4,9 \text{ وعليه: } a = -0,189$$

ومنه:  $b = 4,9$  ;  $a = -0,189$   $q(t)$  بدلالة الزمن:

$$C = 1,2 \text{ (F)} : \text{ مع } U_C(t) = \frac{q(t)}{C} = -0,189t + 4,9 \Rightarrow q(t) = (-0,189t + 4,9) \times 1,2$$

$$q(t) = -0,22t + 5,88$$

تأشير النماذج في العلوم الفيزيائية

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = \frac{d(-0,22t + 5,88)}{dt} \Rightarrow i = -0,22 + 0$$

نستنتج أن جهة التيار تعاكس الاتجاه الموضح في الدارة.

ج/ حساب:

• الطاقة المخزنة في المكثفة عند  $t = 0$ :

$$E_0 = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2 = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 4,9^2 \Rightarrow E_0 = 14,4 \text{ (j)}$$

• الطاقة المتبقية عند  $t = 18$  s:

$$E_{\text{متبقية}} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \times 1,2 \times (1,5)^2 \Rightarrow E_{\text{متبقية}} = 1,35 \text{ j}$$

• الطاقة المفقودة:

$$E_0 - E_{\text{متبقية}} = 14,4 - 1,35 = 13,05 \text{ j}$$

• الطاقة الميكانيكية:

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot h = 0,1 \times 9,8 \times 3,1 = 3,04 \text{ (j)}$$

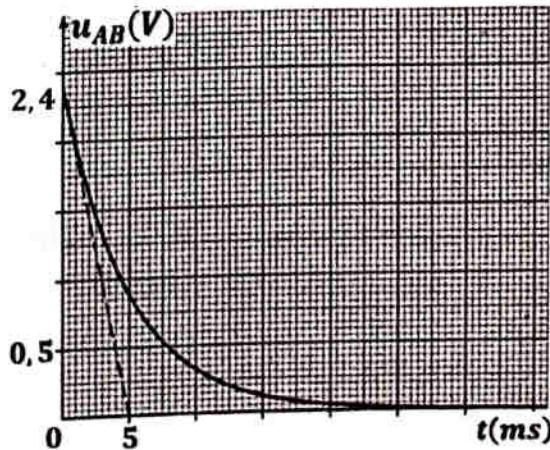
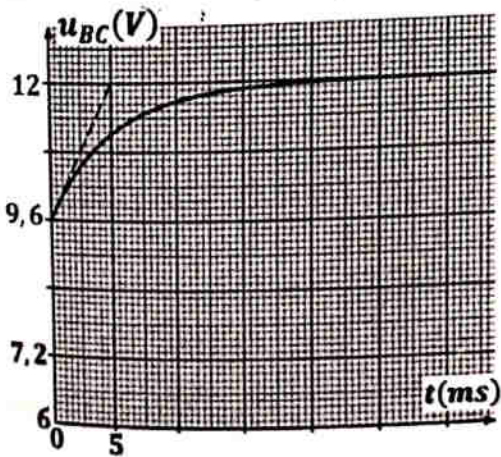
• حساب المردود:

$$\eta = \frac{E_{\text{منتجة}}}{E_{\text{مستهلكة}}} = \frac{E_{\text{ميكانيكية}}}{E_{\text{مفقودة}}} = \frac{3,04}{13,05} = 23 \%$$

### التمرين 30:

بواسطة مولد توتر ثابت قوته المحركة الكهربائية  $E$ ، ناقلين أو ميين مقاومة الأول  $R_1$  ومقاومة الثاني  $R_2$  مجهولة، مكثفة فارغة سعتها  $C$ ، قاطعة  $K$  نحقق الدارة المبينة في الشكل التالي ثم نغلق القاطعة عند اللحظة  $t = 0$ .

الدراسة التجريبية لتطور التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$  والتوتر  $u_{BC}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$  والمكثفة معا بالاعتماد على راسم الاهتزاز المهبطي أعطت البيانيين  $u_{BC} = g(t)$ ،  $u_{AB} = f(t)$ :



- (1) اكتب المعادلة التفاضلية بدلالة  $q = f(t)$  حيث  $q$  شحنة المكثفة.
- (2) حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل:  $q = A(1 - e^{-t/B})$ .



- (3) عين  $A$  و  $B$ ، ماذا يمثل  $B$  وما هو مدلوله الفيزيائي؟  
 (4) اكتب بدلالة  $E, R_1, R_2, C$  العبارات اللحظية لكل من:  
 • شدة التيار المار في الدارة.  
 • التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$ .  
 • التوتر  $u_{BC}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$  والمكثفة معا.  
 ثم عبر عن  $u_{BC}$ ،  $u_{AB}$  عند اللحظة  $t = 0$  واللحظة  $t = \infty$  (النظام الدائم).  
 (5) اكتب بدلالة  $C, R_2, R_1$  لحظة تقاطع مماس البيان  $u_{BC} = g(t)$  عند اللحظة  $t = 0$  مع محور المستقيم المقارب  $u_{BC} = E$ .  
 (6) إذا علمت أن هذه شدة التيار الأعظمية المارة في الدارة هي  $I_0 = 0,48A$  أوجد:  $C, R_2, R_1, E$ .

### تصحيح التمرين 30:

(1) كتابة المعادلة التفاضلية بدلالة  $q(t)$  لدينا من قانون جمع التوترات :

$$E = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow E = R_1 I + R_2 I + U_C = (R_1 + R_2) I + U_C$$

ولدينا  $I = \frac{dq}{dt}$  و  $U_C(t) = \frac{q(t)}{C}$

$$E = (R_1 + R_2) \frac{dq}{dt} + \frac{q(t)}{C} \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{q(t)}{(R_1 + R_2) \times C} - \frac{E}{(R_1 + R_2)} = 0$$

(2) لدينا  $\frac{dq}{dt} = \frac{A}{B} \times e^{-t/B}$

$$\frac{A}{B} \times e^{-t/B} + \frac{A \times (1 - e^{-t/B})}{(R_1 + R_2) \times C} - \frac{E}{(R_1 + R_2)} = 0$$

$$\frac{A}{B} \times e^{-t/B} - \frac{Ae^{-t/B}}{(R_1 + R_2) \times C} + \frac{A}{(R_1 + R_2) \times C} - \frac{E}{(R_1 + R_2)} = 0$$

$$Ae^{-t/B} \left( \frac{1}{B} - \frac{1}{(R_1 + R_2) \times C} \right) + \left( \frac{A}{(R_1 + R_2) \times C} - \frac{E}{(R_1 + R_2)} \right) = 0$$

$$\begin{cases} \frac{A}{(R_1 + R_2) \times C} = \frac{E}{(R_1 + R_2)} \Rightarrow A = C \times E \\ \frac{1}{B} - \frac{1}{(R_1 + R_2) \times C} = 0 \Rightarrow B = (R_1 + R_2) \times C \end{cases}$$

يمثل  $B$  ثابت الزمن  $\tau$  ومدلوله الفيزيائي هو الزمن اللازم لشحن 63% من المكثفة

(3) لدينا  $q(t) = C \times E (1 - e^{-t/\tau})$  و لدينا  $I = \frac{dq}{dt}$

$$\Rightarrow i(t) = \frac{C \times E \times e^{-t/\tau}}{(R_1 + R_2) \times C} = \frac{E \times e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$$

التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$

$$u_{AB} = R_1 \times i(t) = \frac{R_1 \times E \times e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$$

لدينا من قانون جمع التوترات:  $U_{BC} + U_{AB} = E$

$$u_{BC} = E - U_{AB} = E - \frac{R_1 \times E \times e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$$

$$u_{AB} = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2} \quad \text{عند } t = 0 \text{ لدينا :}$$

كلما فتحت نافذة الأمل  
لا يدخل سوى  
الحشرات والناموس

$$u_{AB} = \frac{R_1 E e^{-\infty/\tau}}{R_1 + R_2} = 0 \quad \text{عند } t = \infty \text{ لدينا}$$

$$u_{BC} = E - \frac{R_1 E}{R_1 + R_2} = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} \quad \text{عند } t = 0 \text{ لدينا}$$

$$u_{BC} = E \quad \text{اذن} \quad u_{AB} = 0 \quad \text{و} \quad u_{BC} = E - u_{AB} \quad \text{عند } t = \infty \text{ فإن:}$$

(4) كتابة بدلالة  $C, R_2, R_1$  لحظة تقاطع مماس البيان  $u_{BC}(t) = f(t)$  مع المستقيم المقارب  $u_{BC}(t) = E$  لدينا معادلة المماس عند  $t = 0$

$$y = \left( \frac{du_{BC}}{dt} \right)_{(t=0)} (t - 0) + u_{BC}(0)$$

$$\left( \frac{du_{BC}}{dt} \right)_{t=0} = \frac{R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} \quad \text{و} \quad u_{BC}(t=0) = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} \quad \text{لدينا}$$

$$y = \frac{R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} \cdot t + \frac{R_2 E}{R_1 + R_2}$$

$$E = \frac{R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} t + \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2 C} t + \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1$$

$$\frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2 C} t = 1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2 C} t = \frac{R_1 + R_2 - R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2 C} t = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{t}{(R_1 + R_2) \times C} = 1$$

$$\Rightarrow t = (R_1 + R_2) C \Rightarrow t = \tau$$

$$u_{AB} = R_1 \times i_0 \quad (5) \text{ لدينا لما } t = 0 \text{ فإن}$$

$$R_1 = \frac{u_{AB}}{i_0} = \frac{2,4}{0,48} = 5 \Omega$$

$$u_{BC}(t) = E \quad \text{فإن} \quad t = \infty \text{ لكن لما } i_0 = \frac{E}{R_1 + R_2} \dots \dots (1) \quad \text{لدينا}$$

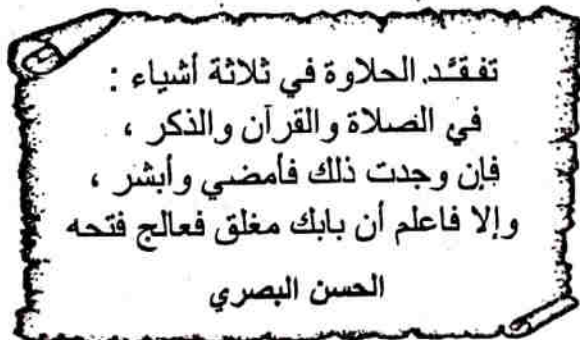
$$E = 12 V \quad \text{ومنه}$$

$$\frac{E}{i_0} = R_1 + R_2 \quad \text{من (1) لدينا:}$$

$$R_2 = \frac{E}{i_0} - R_1 \Rightarrow R_2 = \frac{12}{0,48} - 5 = 20 \Omega$$

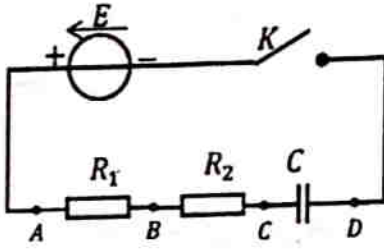
$$\tau = (R_1 + R_2) \times C \quad \text{مع} \quad \tau = 5 (ms) \text{ لدينا}$$

$$C = \frac{\tau}{(R_1 + R_2)} \Rightarrow C = \frac{5 \times 10^{-3}}{5 + 20} = 2 \times 10^{-4} (F) = 200 (\mu F)$$

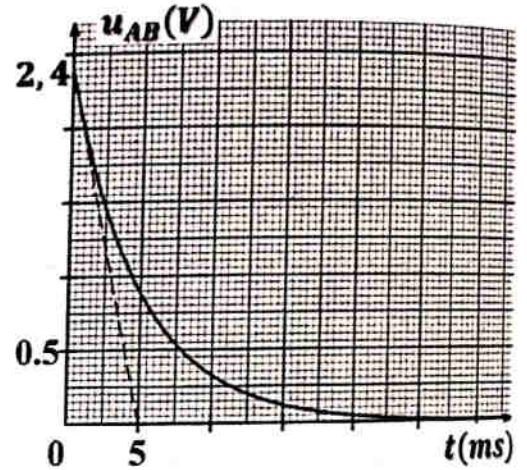
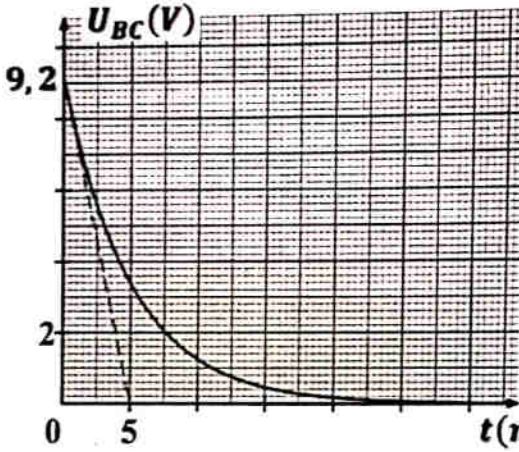




### التمرين 31:



بواسطة مولد توتر ثابت قوته المحركة الكهربائية  $E$ ، ناقلين أواميين مقاومة الأول  $R_1 = 5 \Omega$  ومقاومة الثاني  $R_2$  مجهولة، مكثفة سعتها  $C$ ، قاطعة  $K$  تحقق الدارة المبينة في الشكل التالي ثم نغلق القاطعة عند اللحظة  $t = 0$ . الدراسة التجريبية لتطور التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$  التوتر  $u_{BC}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$  بالاعتماد على راسم الاهتزاز المهبطي أعطت البيانيين  $u_{AB} = f(t)$ ،  $u_{BC} = g(t)$ :



- (1) بين على الدارة السابقة كيفية وصل راسم الاهتزاز المهبطي بالدارة حتى نحصل على البيانيين السابقين؟
- (2) اكتب المعادلة التفاضلية بدلالة  $u_{CD} = f(t)$  حيث  $u_{CD}$  التوتر بين طرفي المكثفة مبينا حلها دون برهان.
- (3) اكتب بدلالة  $E$ ،  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $C$  العبارات اللحظية لكل من:  
أ/ شدة التيار المار في الدارة.

ب/ التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_1$ .

ج/ التوتر  $u_{BC}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$ .

- (4) اكتب بدلالة  $C$ ،  $R_2$ ،  $R_1$  لحظة تقاطع مماس البيان  $u_{AB} = f(t)$  عند اللحظة  $t = 0$  مع محور الأزمنة.
- (5) اعتمادا على الدراسة التجريبية والنظرية السابقين أوجد  $E$ ،  $R_2$ ،  $I_0$  حيث  $I_0$  شدة التيار الأعظمية المار بالدارة.

### تصحيح التمرين 31:

- (1) كيفية ربط راسم الاهتزازات المهبطي:

عند  $Y_1$  نشاهد  $u_{AB}$

عند  $Y_2$  نضغط على (inv) لمشاهدة  $u_{BC}$

- (2) لدينا من قانون جمع التوترات:

$$E = u_{AB} + u_{BC} + u_{CD} = R_1 I + R_2 I + u_{CD}$$

$$E = (R_1 + R_2)I + u_{CD}$$

$$q(t) = C \cdot u_c(t) \quad \text{و} \quad I = \frac{dq}{dt} \quad \text{و لدينا:}$$

$$E = (R_1 + R_2) \times \frac{d(C \cdot u_{CD})}{dt} + u_{CD} = (R_1 + R_2) \cdot C \frac{d(u_{CD})}{dt} + u_{CD}$$

$$\frac{d(u_{CD})}{dt} + \frac{u_{CD}}{(R_1 + R_2) \cdot C} = \frac{E}{(R_1 + R_2) \cdot C}$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC - شبايت

شبايت

و حل هذه المعادلة التفاضلية هو :  $u_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$  حيث  $\tau = (R_1 + R_2)C$   
(3) أ/ العبارة اللحظية لشدة التيار:

لدينا  $u_c(t) = \frac{q(t)}{C}$  منه:  $q(t) = C \times E(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow \frac{q(t)}{C} = E(1 - e^{-t/\tau})$

لكن :  $i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{E \times e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$

ب/ التوتر  $u_{AB}$  بين طرفي  $R_1$  :

$$u_{AB} = R_1 \cdot i = R_1 \frac{E e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$$

ج/ التوتر  $u_{BC}$  بين طرفي الناقل الأومي  $R_2$  :

$$u_{BC} = R_2 \cdot i = R_2 \times \frac{E \times e^{-t/\tau}}{R_1 + R_2}$$

(4) كتابة بدلالة  $C, R_2, R_1$  لحظة تقاطع مماس البيان  $u_{AB} = f(t)$

$$y = \left( \frac{du_{AB}}{dt} \right)_{(t=0)} (t - 0) + u_{AB}(0)$$

لدينا :  $u_{AB}(0) = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$  و  $\left( \frac{du_{AB}}{dt} \right)_{(t=0)} = \frac{-R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C}$

$$y = \frac{-R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} t + \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$$

التقاطع مع محور الأزمنة معناه  $y = 0$

$$\frac{-R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} t + \frac{R_1 E}{R_1 + R_2} = 0 \Rightarrow \frac{R_1 E}{(R_1 + R_2)^2 C} t = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{t}{(R_1 + R_2)C} = 1 \Rightarrow t = (R_1 + R_2)C$$

(5) لدينا من قانون جمع التوترات  $E = u_{AB} + u_{BC} + u_{CD}$

عند  $t = 0$  فإن  $u_{CD}(t) = 0$  منه  $E = u_{AB} + u_{BC}$

$$\Rightarrow E = 2,4 + 9,2 = 11,6 (V)$$

لدينا عند  $t = 0$  فإن  $u_{AB} = R_1 \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{u_{AB}}{R_1} \Rightarrow I_0 = \frac{2,4}{5} = 0,48 (A)$

لدينا عند  $t = 0$  فإن  $u_{BC} = R_2 \cdot I_0 \Rightarrow R_2 = \frac{u_{BC}}{I_0} \Rightarrow R_2 = \frac{9,2}{0,48} = 19,16 (\Omega)$

لدينا  $\tau = (R_1 + R_2) \times C \Rightarrow C = \frac{\tau}{(R_1 + R_2)}$

و لدينا  $\tau = 5 (ms)$  منه  $C = \frac{5 \times 10^{-3}}{(5 + 19,16)} = 207 (\mu F)$

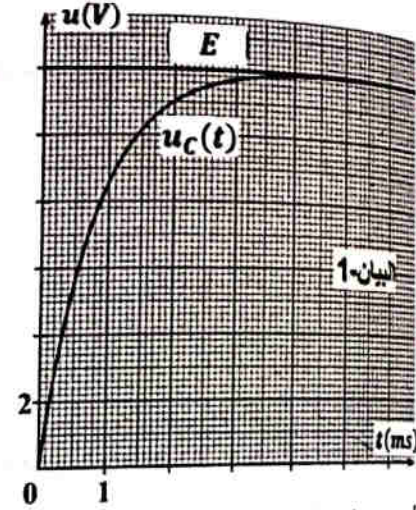
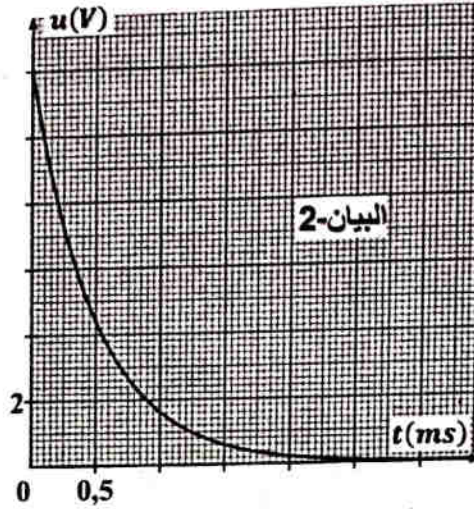
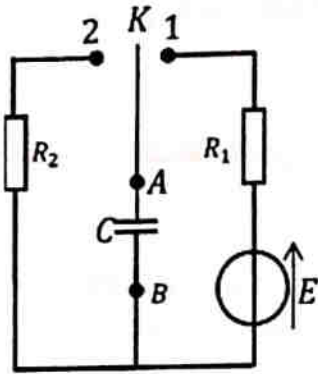
الشيئات اللذان ليس لهما  
حدود، الكون و غيابه  
الإنسان، مع أنني لست  
متأكدا بخصوص الكون  
البرت اينشتاين



### التمرين 32:

نحقق التركيب التجريبي المبين في الشكل والمكون من: مولد مثالي للتوتر المستمر قوته المحركة  $E$ ، ناقلان أوميان  $R_1 = 200 \Omega$  و  $R_2$ ، قاطعة  $k$ ، مكثفة سعتها  $C$ .

(1) المكثفة في البداية فارغة، عند اللحظة  $t = 0$  نضع القاطعة في الموضع (1) وبواسطة جهاز راسم الاهتزاز المبسط نحصل على منحنيات التوترات  $u_c(t)$  و  $u(t) = E$  كما هو موضح في البيان-1.



أ/ حدد على الدارة كيفية ربط راسم الاهتزاز لمعاينة  $u_c(t)$  التوتر بين طرفي المكثفة و  $u(t) = E$  التوتر بين طرفي الدارة.

ب/ أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_c(t)$  خلال عملية الشحن.

ج/ إذا كان حل المعادلة من الشكل:  $u_c(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  أوجد عبارة كل من  $A$  و  $\tau$  بدلالة  $C, R_1, E$ .

د/ حدد بيانيا قيمة كل من:  $E$  و  $\tau$  وتأكد من أن له نفس وحدة الزمن ثم استنتج قيمة سعة المكثفة  $C$ .

2) ننقل القاطعة للموضع (2).

أ/ اسم الظاهرة الفيزيائية التي تحدث للمكثفة.

ب/ المنحنى البياني الممثل في البيان-2 يمثل  $u_c(t)$  خلال هذه الحالة.

- احسب قيمة مقاومة الناقل الأومي  $R_2$ .

أتهاز بالدعاء وتزدرية  
وما تدري بم صنع الدعاء  
سهام الليل لا تخطئ ولكن  
لها أمد وللأمد انقضاء  
الإمام الشافعي رحمه الله

### تصحيح التمرين 32:

(1) القاطعة في الموضع (1)

أ/ كيفية الربط:

ب/ المعادلة التفاضلية:

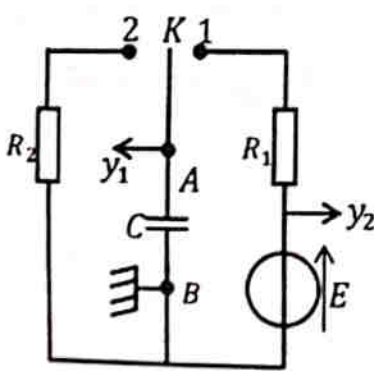
بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$E = U_c + U_R = U_c + Ri \quad i = \frac{dq}{dt} \quad \text{و} \quad q = C \cdot U_c$$

$$E = U_c + R \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt} \Rightarrow \frac{E}{RC} = \frac{1}{RC} U_c + \frac{dU_c}{dt}$$

ج/ الحل:

$$U_c(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$



بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{RC} = \frac{1}{RC} A(1 - e^{-t/\tau}) + \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$\frac{E}{RC} = \frac{1}{RC} \times A \Rightarrow A = E$$

لما:  $t \rightarrow \infty$

$$\frac{E}{R_1 C} = \frac{A}{\tau} \times e^0 \Rightarrow \frac{E}{R_1 C} = \frac{E}{\tau} \Rightarrow \tau = R_1 C$$

ولما:  $t = 0$

$$U_C(t) = E(1 - e^{-t/R_1 C})$$

منه: حل المعادلة هو:

$$E = U_{C_{\max}} = 12V \quad / \text{ قيمة } E$$

قيمة  $\tau$ : بإسقاط القيمة (0,63E) على المنحنى ثم محور القواصل نجد:  $\tau = 1ms$

$$\tau = R_1 C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R_1} = \frac{10^{-3}}{200} = 5 \times 10^{-6} \Rightarrow C = 5 \mu F$$

التحليل البعدي:

$$[\tau] = [R] \times [C] \Rightarrow [\tau] = \frac{[U]}{[i]} \times \frac{[q]}{[U]} = \frac{[i] \times [T]}{[i]} \Rightarrow [\tau] = [T] = s$$

(2) القاطعة للوضع (2)

/ اسم هذه الظاهرة بـ: عملية تفريغ المكثفة.

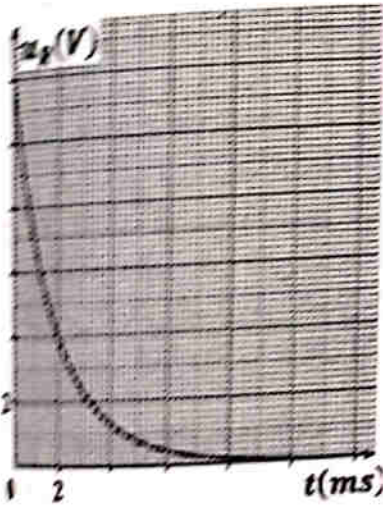
إيجاد  $R_2$ :

من البيان و بالإسقاط القيمة  $0,37 U_C$  على المنحنى ثم على النيران:  $\tau = 0,5 ms$

$$\tau = R_2 C \Rightarrow R_2 = \frac{\tau}{C} = 100 \Omega$$

### التمرين 33:

مكثفة غير مشحونة لمعرفة سعتها  $C$  نصلها على التسلسل مع ناقل أومي مقاومته  $R$  ومولد مثالي قوته المحركة الكهربائية  $E$  وقاطعة. نسجل تطور  $u_R$  بين طرفي الناقل الأومي بواسطة جهاز إعلام آلي فنحصل على البيان التالي:



(1) اعط مخططا للدارة وبين جهة التيار والتوترات

(2) استنتج قيمة  $E$ .

(3) أوجد المعادلة التفاضلية لتطور التوتر  $U_R$ .

(4) بين أن حل المعادلة التفاضلية هو:  $U_R = E e^{-t/\tau}$

(5) أوجد بُعد وقيمة  $\tau$ .

(6) أوجد قيمة  $C$  بالـ  $\mu F$  إذا كان  $i(t=0) = 0,2 A$

(7) احسب الطاقة المخزنة في المكثفة عند اللحظة  $t = 2ms$ .

### تصحيح التمرين 33:

(1) المخطط:

(2) عند  $t = 0$ :  $U_C = 0V$

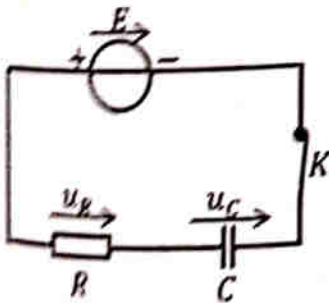
منه:  $E = U_{R_0} = 12V$  ،  $E = 12V$

(3) حسب قانون جمع التوترات:  $U_C + U_R = E$

$$\frac{d}{dt} U_R + \frac{d}{dt} U_C = 0 \quad \text{بالاشتقاق}$$

$$\frac{d}{dt} U_R + \frac{1}{C} \frac{d}{dt} q = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt} U_R + \frac{1}{C} i = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt} U_R + \frac{-1}{RC} U_R = 0 \dots \dots (1)$$





$$\left\{ \begin{array}{l} U_R = E e^{-t/\tau} \\ \frac{dU_R}{dt} = -\frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} \end{array} \right. \quad (4) \quad \text{نعوض في المعادلة التفاضلية: } -\frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{1}{RC} e^{-t/\tau} = 0$$

$$\Rightarrow -\frac{E}{RC} e^{-t/\tau} + \frac{1}{RC} e^{-t/\tau} = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = 0 \quad \text{محققة}$$

$$U_R = E \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حل للمعادلة التفاضلية (1).}$$

$$\tau = RC \quad (5) \quad \text{بعد وقيمة } \tau$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [R] = \frac{[U]}{[I]} \\ [C] = \frac{[I][T]}{[U]} \end{array} \right. \quad \text{لدينا: } \left\{ \begin{array}{l} U_R = R \cdot i \\ C = \frac{q}{U} \end{array} \right. \quad \text{منه: } \left\{ \begin{array}{l} [R] = \frac{[U]}{[I]} \\ [C] = \frac{[I][T]}{[U]} \end{array} \right. \quad \text{منه: } [T] = [T] \Rightarrow [\tau] = [T] \quad \text{منه: } [\tau] = s$$

نصل نقطة تقاطع المماس عند 0 ومحور الفواصل هي:  $\tau = 2ms$

$$(6) \quad \text{لما } t = 0: R = \frac{U_R}{i} = \frac{12}{0.2} = 60 \Omega \quad \text{أي: } R = 60 \Omega$$

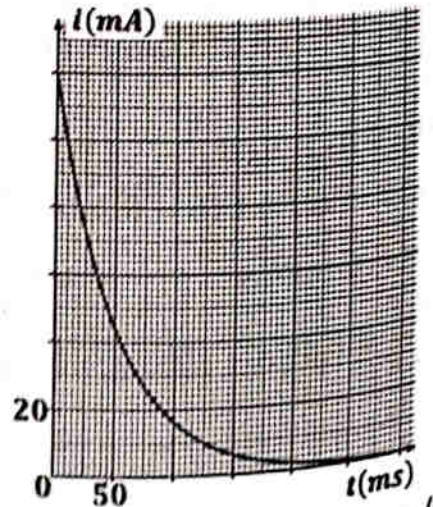
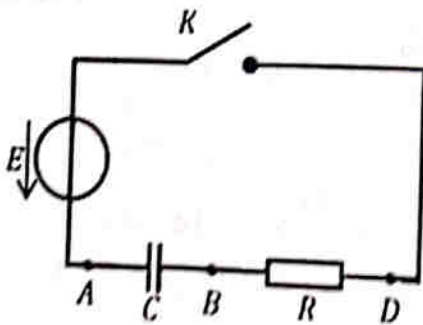
$$(7) \quad \text{عند } t = 2ms: U_R = 4,2 V \quad \text{منه: } C = \frac{\tau}{R} = \frac{2 \times 10^{-3}}{60} = 33,33 \mu F \quad \text{أي: } C = 33,33 \mu F$$

$$U_C(2ms) = 12 - 4,2 = 7,8$$

$$\xi(2ms) = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2(2ms) = \frac{1}{2} \times 33,33 \times 10^{-6} \times 7,8^2 = 1,01 \times 10^{-3} J$$

### التمرين 34:

نربط على التسلسل العناصر الكهربائية التالية: ناقل أومي مقاومته (R)، مكثفة غير مشحونة سعتها (C)، مولد ذو توتر كهربائي ثابت  $E = 12V$ ، قاطعة (K). لإظهار التطور الزمني للتيار الكهربائي المار في الدارة نصلها براسم اهتزاز ذي ذاكرة، نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$  فنشاهد على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي منحنيًا بيانيًا، بالاعتماد عليه يمكن رسم البيان  $i(t)$  المبين في الشكل.



- (1) بين على الرسم كيفية ربط راسم الاهتزاز بالدارة في هذه الحالة.
- (2) بالاعتماد على البيان:
  - أ/ عين قيمة ثابت الزمن  $\tau$ ، والقيمة العظمى للتيار المشحن.
  - ب/ استنتج قيمة كل من R و C.

- (3) أ/ بتطبيق قانون جمع التوترات بين أن المعادلة التفاضلية التي تعبر عن  $q(t)$  تعطى بالعلاقة:

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{RC} = \frac{E}{R}$$

ب/ يعطى حل المعادلة السابقة بالعلاقة:

$$q(t) = A(1 - e^{-t/\alpha})$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RC -

شنايت

حيث  $(A; \alpha)$  ثابتان يطلب تحديد عبارة كل منهما.

- ما هو المذلول الفيزيائي لـ  $\alpha$  ؟

ج/ احسب شدة التيار المار في الدارة في اللحظة التي تخزن فيها المكثفة الشحنة  $q = \frac{Q_0}{4}$  بطريقتين مختلفتين.

#### تصحيح التمرين 34:

(1) كيفية الربط:

$$I_0 = 120 \text{ mA} \quad \tau = 50 \text{ ms} \quad (2)$$

$$E = R \cdot I_0 \quad \text{منه} \quad U_R = R \cdot i$$

$$\Rightarrow R = \frac{E}{I_0} = 100 \Omega$$

$$C = 5 \times 10^{-4} \text{ F} \quad \text{أي:} \quad C = \frac{\tau}{R} \quad \text{منه} \quad \tau = RC$$

$$U_C + U_R = E \quad \text{لدينا:} \quad (3)$$

$$E = \frac{q(t)}{C} + Ri = \frac{q(t)}{C} + R \frac{dq(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{RC} = \frac{E}{R}$$

$$\frac{A}{\alpha} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{A}{RC} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{E}{R} \quad \text{منه} \quad \begin{cases} q(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \\ \frac{dq(t)}{dt} = \frac{A}{\alpha} \times e^{-\frac{t}{\tau}} \end{cases} \quad \text{ب/ لدينا:}$$

$$\left( \frac{A}{\alpha} - \frac{A}{RC} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} - \frac{A}{RC}$$

$$\begin{cases} \frac{E}{R} = \frac{A}{RC} \\ \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{RC} \end{cases} \quad \text{أي} \quad \begin{cases} A = EC \\ \alpha = RC \end{cases}$$

ج/ ثابت الزمن  $\tau$  للدارة: يمثل الزمن اللازم لكي يشحن 63% من المكثفة.

د/ لدينا:  $q(t) = E_C(1 - e^{-t/RC})$  لما  $t \rightarrow \infty$ :  $Q_{\max} = EC = 6 \times 10^{-3} \text{ C}$  لأن  $e^{-t/RC} \rightarrow 0$  الطريقة 1:

الطريقة 2:

$$E = u_R + u_C = u_R + \frac{q}{C} \quad \text{لدينا:}$$

$$q = C(E - u_R) = C(E - Ri)$$

$$\frac{E \cdot C}{4} = E \cdot C - RC \cdot i \Rightarrow R \cdot C \cdot i = \frac{3 \cdot E \cdot C}{4}$$

$$i = \frac{3 \cdot E}{4 \cdot R} = 0,09 \text{ A}$$

$$\frac{Q_0}{4} = Q_0 \times (1 - e^{-t/RC})$$

$$-\ln \frac{3}{4} = -\ln e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow \ln \frac{3}{4} = -\frac{t}{RC}$$

$$t = \ln \left( \frac{4}{3} \right) RC = 14,3 \text{ ms}$$

لما  $t = 14,3 \text{ s}$  فإن  $i = 0,09$  من البيان.

اسم حيوان يتكون من اربع حروف الحرف  
الاول والثالث والرابع بمعنى طريق , والثاني  
والثالث والرابع شئ مقدس , والاول والثاني شئ  
لا يطاق , والرابع والثاني والاول بمعنى الكلام  
الذي لا يسمع الا بصعوبة , فما هو ؟



## ② ثنائي القطب $RL$

- I. خصائص الوشيعة.
- II. ظهور التيار في الوشيعة.
- III. انقطاع التيار عن الوشيعة.
- IV. الطاقة المخزنة في الوشيعة.
- V. أهم المعادلات التفاضلية للدارة  $RL$  وحلولها





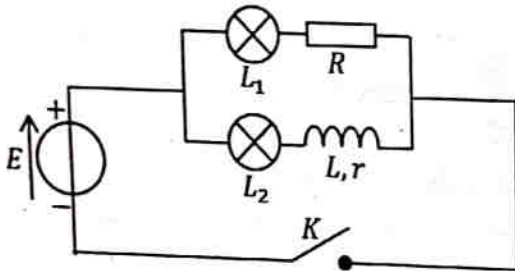
### 1. خصائص الوشيعية:

(تعريفها: في سلك معدني محاط بعازل ملفوف في اتجاه واحد.  
(رمزها:

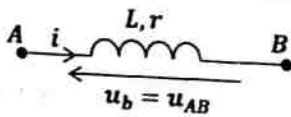


(ذاتيته (L): في مقدار موجب متعلقة بشكل الوشيعية الهندسي (طولها، نصف قطرها، عدد لفاتها) ووحدة الهنري (H).  
وتكون ذاتية الوشيعية أكبر إذا كانت تحتوي على نواة حديدية.

(دورها:



تجربة: نحقق التركيب التالي ثم نغلق القاطعة.  
الملاحظة: عند غلق القاطعة يتوهج المصباح  $L_1$  مباشرة أما المصباح  $L_2$  فيتوهج تدريجياً (تأخر في التوهج).  
النتيجة: تأخر الوشيعية ظهور (استقرار) التيار وتأخر انقطاعه.



(العلاقة بين  $i$  و  $u_b$ :

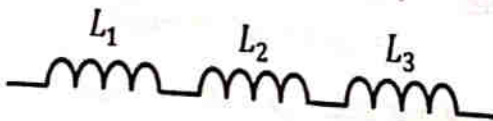
$$u_b = L \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

ملاحظة: (حالات خاصة)

- في حالة وشيعية صرفة ( $r = 0$ ) يكون  $u_b = L \frac{di}{dt}$ .
- إذا اجتاز الوشيعية تيار ثابت ( $\frac{di}{dt} = 0$ ) يكون  $u_b = r \cdot i$ . (تلعب الوشيعية دور مقاومة).

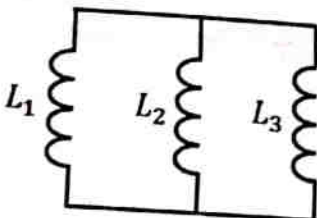
(جمع الوشائع:

أ/ على التسلسل:



$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3$$

ب/ على التفرع:

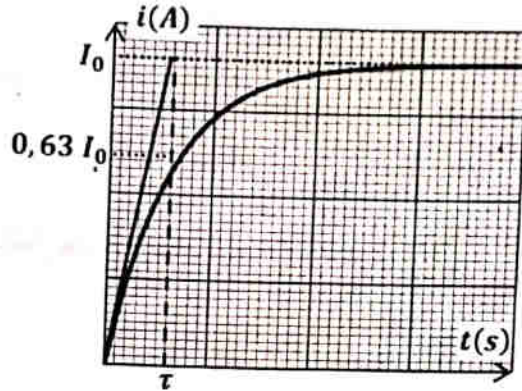
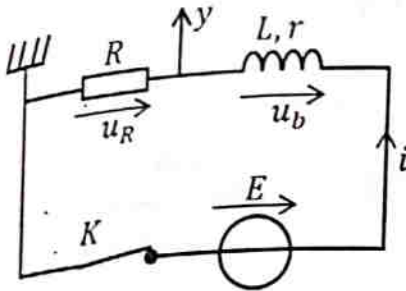


$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

## II. ظهور التيار في الوشبة:

( تجربة:

نحقق التركيب التالي وعند غلق القاطعة نشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي بيان  $u_R(t)$  ونعلم أن:  $i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$ .  
بمعالجة بيان  $u_R(t)$  بجهاز الحاسوب نحصل على  $i(t)$ :



( تحليل البيان:

أ/ البيان  $i(t)$  يمر بنظامين:

- نظام انتقالي من 0 إلى  $5\tau$ : تزداد قيمة  $i(t)$  من قيمة معدومة إلى قيمة ثابتة  $I_0$ .

- النظام الدائم لما  $t \geq 5\tau$ : تثبت قيمة  $i(t)$ .

ب/ يعرف ثابت الزمن  $\tau$  بأنه الزمن اللازم لظهور 63% من التيار الأعظمي  $I_0$ .

ج/ يمكن إيجاد  $\tau$  بعدة طرق:

- فاصلة نقطة تقاطع المماس عند  $t = 0$  للبيان مع المستقيم المقارب  $y = I_0$

-  $i(\tau) = 0,63 I_0$  أي فاصلة الترتيبة  $0,63 I_0$

( قانون جمع التوترات:

( المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة  $i(t)$ :

$$E = L \frac{di}{dt} + ri + Ri$$

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

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

$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad \text{حيث} \quad i = I_0(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{حلها:}$$

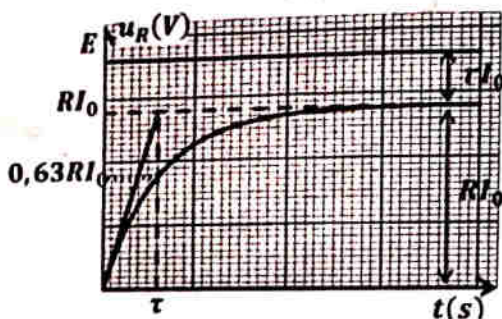
( عبارة  $I_0$  (التيار في النظام الدائم):

في النظام الدائم  $\begin{cases} i(t) = I_0 \\ \frac{di}{dt} = 0 \end{cases}$  نعوض في المعادلة التفاضلية نجد:

$$0 + \frac{(R + r)}{L} I_0 = \frac{E}{L} \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R + r}$$

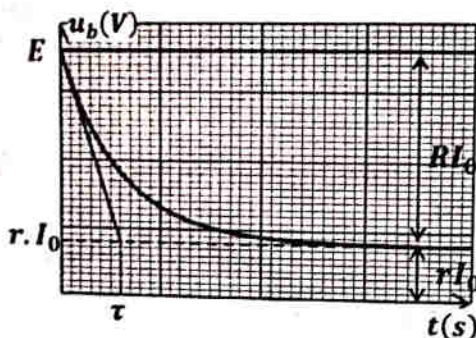
ما فائدة أن نحصل على ما نريد حين نصبح لا نحتاجه  
ديفيد هيوم



(عبارة  $u_R$ ):

$$u_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$u_R(t) = R \cdot I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

(عبارة  $u_b$ ):

$$E = U_R + U_b \Rightarrow U_b = E - U_R$$

$$U_b(t) = (R \cdot I_0 + rI_0) - R \cdot I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

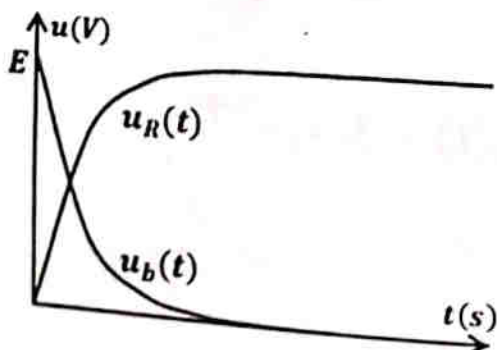
$$U_b(t) = r \cdot I_0 + R \cdot I_0 e^{-t/\tau}$$

(وحدة  $\tau$  بالتحليل البعدي):

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow [L] = \frac{[U][T]}{[I]}$$

$$U_R = R \cdot i \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]}$$

$$\tau = \frac{L}{R + r} \Rightarrow [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U][T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T]$$

في  $\tau$  متجانس مع الزمن.

ملاحظة: حالة وشيعة صرفة ( $r = 0$ ):

$$U_R(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$$

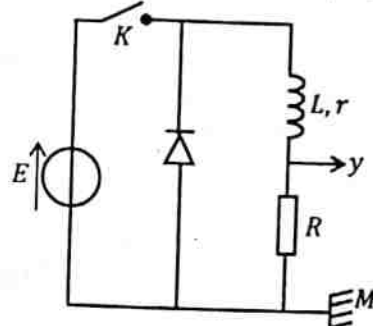
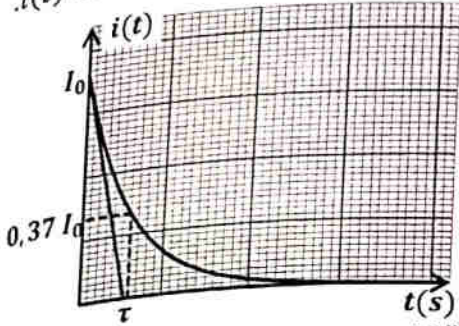
$$U_b(t) = E e^{-t/\tau}$$

طالب المجد المخلوق للنجاح المهيأ  
للعمل يصنع التجارب ولا يقولها  
ويمشي الطريق إلى الغاية ولا يرسم  
خطاها ويقيس أبعادها  
عباس محمود العقاد

### III. انقطاع التيار في الوشيعية:

( تجربة: نحقق التركيب التالي:

- ✓ القاطعة مغلقة لا يمر تيار في فرع الصمام لأنه مستقطب استقطاب عكسي.
  - ✓ القاطعة مفتوحة يمر تيار في فرع الصمام والوشيعية لأن الصمام يصبح مستقطب استقطاب مباشر.
- نشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي بيان  $U_R(t)$  وبمعالجته ببرمجية خاصة في الحاسوب نتحصل على بيان  $i(t)$ .



وظيفة الصمام: يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط (جهة سهم المثلث).

( تحليل البيان:

أ/ البيان  $i(t)$  يمر بنظامين:

✓ نظام انتقالي من 0 إلى  $5\tau$ : تتناقص  $i(t)$  حتى ينعدم.

✓ نظام دائم من  $t \geq 5\tau$ : تصبح قيمة  $i(t)$  معدومة.

ب/ يعرف ثابت الزمن  $\tau$  بأنه الزمن اللازم لبقاء 37% من التيار الأعظمي  $I_0$ .

ج/ يمكن حساب  $\tau$  بعدة طرق:

✓ المماس عند  $t = 0$  للبيان  $i(t)$  يقطع محور الأزمنة في اللحظة  $\tau$ .

✓  $i(\tau) = 0,37 I_0$  أي أن  $\tau$  فاصلة الترتيبية  $0,37 I_0$ .

$$0 = u_R + u_b$$

( قانون جمع التوترات:

( المعادلة التفاضلية بدلالة  $i(t)$ :

$$0 = Ri + L \frac{di}{dt} + ri \Rightarrow 0 = \frac{di}{dt} + \frac{(R+r)}{L} i \quad (3)$$

$$i = I_0 e^{-t/\tau}$$

حلها:

( عبارة  $u_R$ :

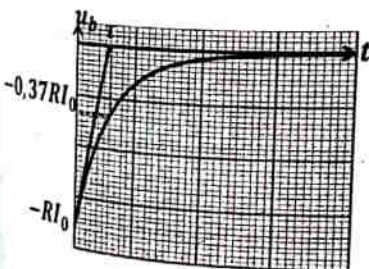
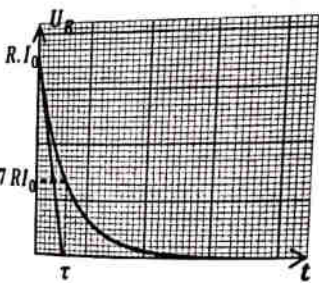
$$u_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$u_R(t) = R \cdot I_0 e^{-t/\tau}$$

( عبارة  $u_b$ :

$$u_R + u_b = 0 \Rightarrow u_b = -u_R$$

$$u_b(t) = -R \cdot I_0 e^{-t/\tau}$$





## الطاقة المخزنة في الوشيعية:

IV. قانون الطاقة المخزنة في الوشيعية: تُخزن الوشيعية طاقة مغناطيسية تُعطى بالعلاقة:

$$E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t)$$

$$E_{L_{max}} = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2$$

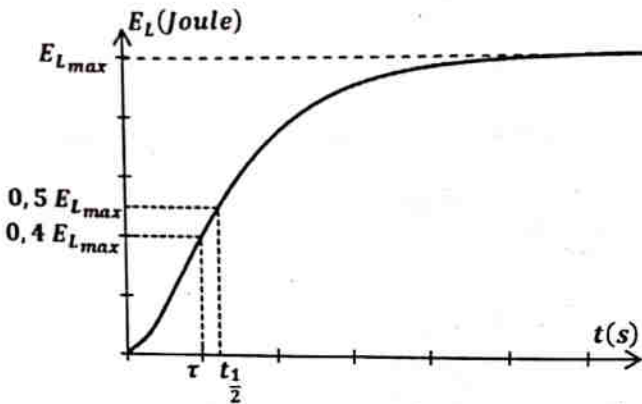
الطاقة العظمى هي:

( العبارة اللحظية للطاقة المخزنة:

أ/ حالة ظهور التيار (غلق القاطعة):

$$E_L = \frac{1}{2} L \left[ I_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right]^2$$

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)^2$$



$$E_L = E_{L_{max}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)^2$$

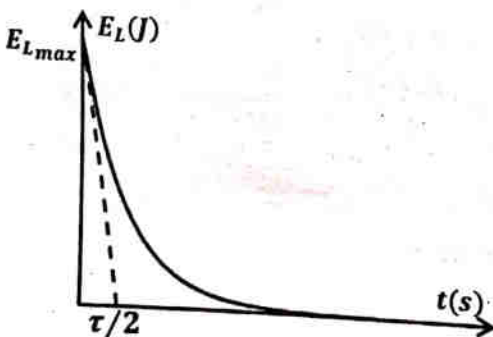
تطبيق: برهن أن زمن تخزين نصف الطاقة العظمى هو  $t_{1/2} = \tau \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1} \right)$

$$E_L(t) = E_{L_{max}} (1 - e^{-t/\tau})^2 \quad / \quad E_L(t) = \frac{E_{L_{max}}}{2} \quad \text{عند } t_{1/2}$$

$$\frac{E_{L_{max}}}{2} = E_{L_{max}} (1 - e^{-t_{1/2}/\tau})^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = 1 - e^{-t_{1/2}/\tau} \Rightarrow e^{-t_{1/2}/\tau} = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{-t_{1/2}}{\tau} = \ln \left( \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow t_{1/2} = -\tau \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow t_{1/2} = \tau \cdot \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1}$$

ب/ حالة انقطاع التيار (فتح القاطعة):



$$E_L = \frac{1}{2} L \left( I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right)^2$$

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2 e^{-\frac{2t}{\tau}}$$

$$E_L = E_{L_{max}} e^{-\frac{2t}{\tau}}$$

تطبيق: برهن أن:

$$1. \text{ زمن تناقص الطاقة إلى النصف هو: } t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \cdot \ln 2$$

$$2. \text{ المماس لبيان الطاقة عند } t = 0 \text{ يقطع محور الأزمنة في اللحظة } t = \frac{\tau}{2}$$

الحل: اتبع نفس الخطوات المنجزة في ثنائي القطب RC.

### الوحدة 3: الظواهر الكهريائية - ثنائي القطب RL - شنايت

V. أهم المعادلات التفاضلية للدائرة RL في حالة ظهور التيار:

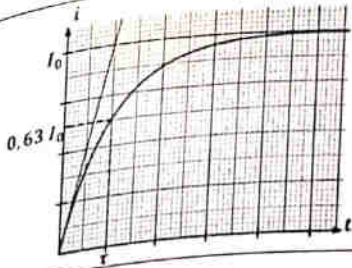
(1) المعادلة التفاضلية بدلالة التيار  $i$ :

$$E = U_R + U_b \Rightarrow E = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

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

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

$$i = I_0 (1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{حليها:}$$



(2) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_R$ :

$$E = U_R + U_b \Rightarrow E = U_R + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

$$U_R = R \cdot i \Rightarrow i = \frac{U_R}{R} \quad \text{لدينا:}$$

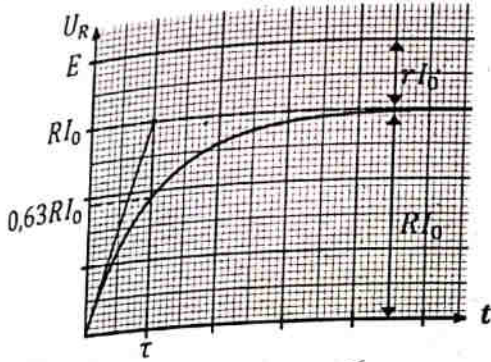
$$E = U_R + L \cdot \frac{d}{dt} \left( \frac{U_R}{R} \right) + r \cdot \frac{U_R}{R} = U_R + \frac{r}{R} U_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt}$$

$$E = \left( \frac{R + r}{R} \right) U_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt}$$

$$\frac{R}{L} \cdot \left( E = \left( \frac{R + r}{R} \right) U_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} \right)$$

$$\frac{RE}{L} = \left( \frac{R + r}{L} \right) U_R + \frac{dU_R}{dt}$$

$$U_R = R \cdot I_0 (1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{حليها:}$$



(3) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_b$ :

$$E = U_R + U_b \Rightarrow 0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{dU_b}{dt}$$

$$0 = R \frac{di}{dt} + \frac{dU_b}{dt} \Rightarrow 0 = R \left( L \frac{di}{dt} \right) + L \frac{dU_b}{dt}$$

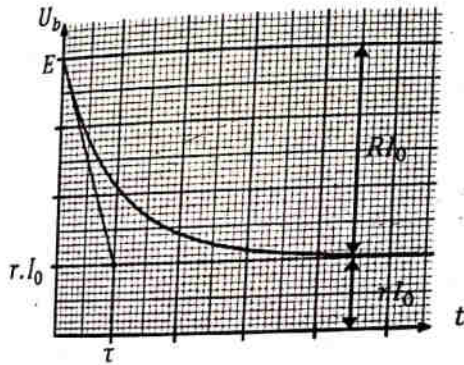
$$0 = R(U_b - r \cdot i) + L \frac{dU_b}{dt} = R \cdot U_b - r \cdot U_R + L \frac{dU_b}{dt}$$

$$0 = R \cdot U_b - r(E - U_b) + L \frac{dU_b}{dt}$$

$$r \cdot E = (R + r) U_b + L \frac{dU_b}{dt}$$

$$\frac{r \cdot E}{L} = \left( \frac{R + r}{L} \right) U_b + \frac{dU_b}{dt}$$

$$U_b = r \cdot I_0 + R \cdot I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حليها:}$$



(4) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_r$ :

$$E = U_R + U_b \Rightarrow E = R \cdot i + L \frac{di}{dt} + U_r$$

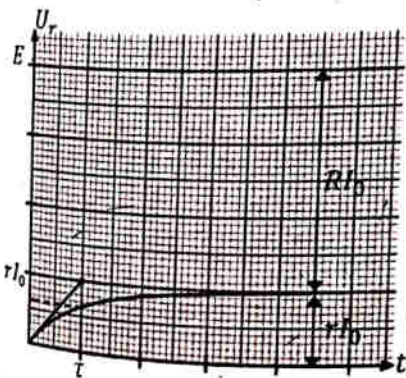
$$U_r = r \cdot i \Rightarrow i = \frac{U_r}{r}$$

$$E = R \cdot \frac{U_r}{r} + L \frac{d}{dt} \left( \frac{U_r}{r} \right) + U_r = \frac{R}{r} U_r + \frac{L}{r} \cdot \frac{dU_r}{dt} + U_r$$

$$E = \left( \frac{R + r}{r} \right) U_r + \frac{L}{r} \cdot \frac{dU_r}{dt}$$

$$\frac{r \cdot E}{L} = \left( \frac{R + r}{L} \right) U_r + \frac{dU_r}{dt}$$

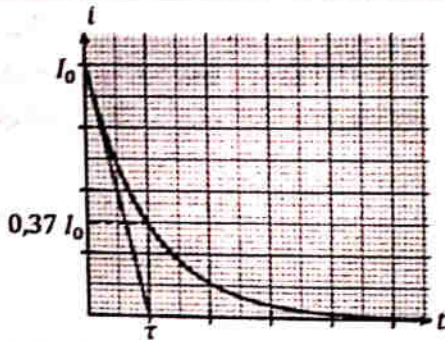
$$U_r = r \cdot I_0 (1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{حليها:}$$





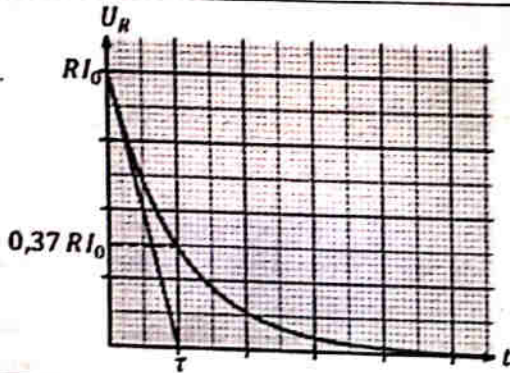
أهم المعادلات التفاضلية للدارة RL فى حالة انقطاع التيار:

(1) المعادلة التفاضلية بدلالة التيار  $i$ :



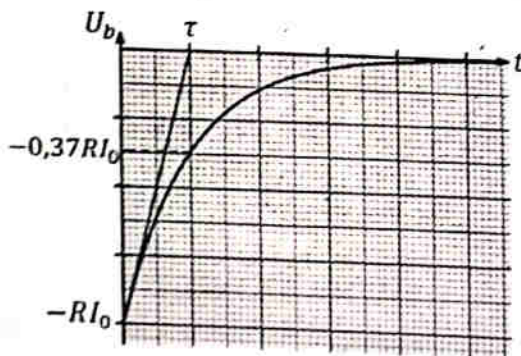
$$\begin{aligned}
 0 &= U_R + U_b \\
 0 &= R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i \\
 0 &= (R + r) \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} \\
 0 &= \left( \frac{R + r}{L} \right) i + \frac{di}{dt} \\
 i &= I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حليها:}
 \end{aligned}$$

(2) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_R$ :



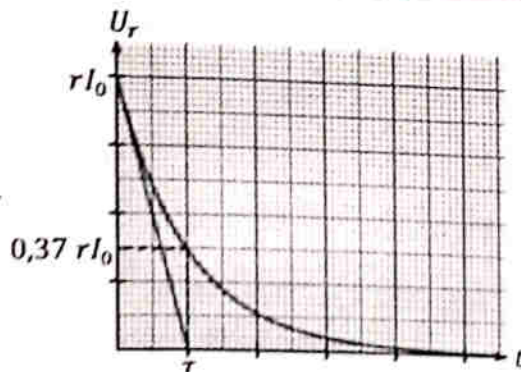
$$\begin{aligned}
 0 &= U_R + U_b \Rightarrow 0 = U_R + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i \\
 i &= \frac{U_R}{R} \Leftarrow U_R = R \cdot i \quad \text{لدينا} \\
 0 &= U_R + L \cdot \frac{d}{dt} \left( \frac{U_R}{R} \right) + r \cdot \frac{U_R}{R} \Rightarrow 0 = \left( \frac{R + r}{R} \right) U_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} \\
 0 &= \left( \frac{R + r}{L} \right) U_R + \frac{dU_R}{dt} \\
 U_R &= R \cdot I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حليها:}
 \end{aligned}$$

(3) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_b$ :



$$\begin{aligned}
 0 &= U_R + U_b \Rightarrow 0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{dU_b}{dt} \\
 0 &= R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{dU_b}{dt} \Rightarrow 0 = R \left( L \cdot \frac{di}{dt} \right) + L \cdot \frac{dU_b}{dt} \\
 0 &= R(U_b - r \cdot i) + L \cdot \frac{dU_b}{dt} \Rightarrow 0 = RU_b - rU_R + L \cdot \frac{dU_b}{dt} \\
 0 &= RU_b - r(-U_b) + L \cdot \frac{dU_b}{dt} \\
 0 &= (R + r)U_b + L \cdot \frac{dU_b}{dt} \\
 0 &= \left( \frac{R + r}{L} \right) U_b + \frac{dU_b}{dt} \\
 U_b &= -R \cdot I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حليها:}
 \end{aligned}$$

(4) المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر  $U_r$ :



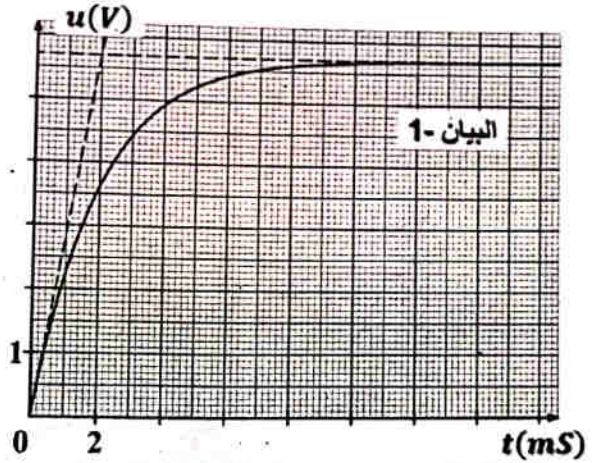
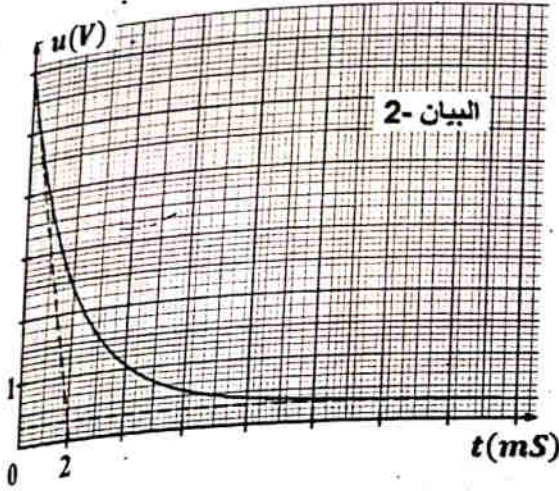
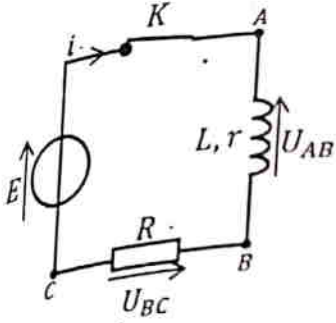
$$\begin{aligned}
 0 &= U_R + U_b \\
 0 &= R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + U_r \\
 U_r &= r \cdot i \Rightarrow i = \frac{U_r}{r} \quad \text{لدينا} \\
 0 &= R \cdot \frac{U_r}{r} + L \cdot \frac{d}{dt} \left( \frac{U_r}{r} \right) + U_r \\
 0 &= \left( \frac{R + r}{r} \right) U_r + \frac{L}{r} \cdot \frac{dU_r}{dt} \Rightarrow 0 = \left( \frac{R + r}{L} \right) \cdot U_r + \frac{dU_r}{dt} \\
 U_r &= r \cdot I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{حليها:}
 \end{aligned}$$

التمرين 01:

تتكون دائرة كهربائية (الشكل) مما يلي:

- مولد توتر مستمر قوته المحركة الكهربائية  $E = 6.0V$
- قاطعة  $K$ .
- وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r = 10 \Omega$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 200 \Omega$ .

في اللحظة  $t = 0s$  نغلق القاطعة  $K$ ، فبواسطة الـ  $ExAO$  يمكن معاينة التوتر الكهربائي  $u_{AB}$  و  $u_{BC}$ .



(1) ما هو الجهاز الذي يمكن وضعه بدلا من  $ExAO$  لتسجيل المنحنيات البيانية السابقة؟

(2) اكتب عبارة  $u_{AB}$  بدلالة  $i(t)$  و  $\frac{di}{dt}$ .

(3) اكتب عبارة  $u_{BC}$  بدلالة  $i(t)$ .

(4) انسب كل منحنى بياني بالتوتر الكهربائي الموافق له  $u_{AB}$  و  $u_{BC}$ . برّر.

(5) اكتب المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  مع إعطاء حل لها.

(6) جد عبارة شدة التيار الكهربائي الأعظمي  $I_0$  الذي يجتاز الدارة عند وصول إلى النظام الدائم، ثم احسب قيمته.

(7) جد قيمة ثابت الزمن  $\tau$  بطريقتين مختلفتين مع الشرح.

(8) احسب  $L$  ذاتية الوشيعة.

(9) احسب الطاقة الأعظمية التي تخزنها الوشيعة.

تصحيح التمرين 01:

(1) الجهاز الذي يمكن وضعه بدلا من الـ  $ExAO$ ، هو راسم الاهتزاز المهبطي ذو ذاكرة.

(2) عبارة  $u_{AB}$ :  $u_{AB} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} \dots (1)$

(3) عبارة  $u_{BC}$ :  $u_{BC} = R \cdot i \dots (2)$

(4) نسب كل منحنى بالتوتر الموافق له:

عند:  $(t = 0)$ :  $i = 0A$  فإن: (1) يصبح:  $u_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt}$  أما (2) تصبح:  $u_{BC} = 0V$

ومنه عند:  $t = 0$ ، فإن:  $u_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt}$  و:  $u_{BC} = 0V$

إذن البيان 1  $\Leftarrow u_{BC}$ ، والبيان 2  $\Leftarrow u_{AB}$



### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

شنايت

(5) المعادلة التفاضلية:

حسب قانون جمع التوترات:  $E = U_{AB} + U_{BC}$  ، بالتعويض:  $E = R \cdot i + r \cdot i + L \frac{di}{dt}$

حلها: المعادلة التفاضلية من الشكل:  $C = Ay + y$  ،  $y = \frac{C}{A}(1 - e^{-At})$  ، ومنه بالتعويض:

و نعلم أن:  $I_0 = \frac{E}{R+r}$  ، وأخيرا حلها:  $i(t) = I_0 \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  ،  $I_0$  شدة التيار

$$i(t) = \frac{\frac{E}{L}}{\frac{R+r}{L}} \left(1 - e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right) \Rightarrow i(t) = \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

(6)  $I_0 = \frac{E}{R+r} = 28,57 \text{ mA}$

(7) إيجاد  $\tau$ : بطريقتين:

- طريقة 01: بإسقاط  $0,63 R \cdot I_0$  على البيان ثم على محور الفواصل نجد:  $\tau = 2 \text{ ms}$
- طريقة 02: فاصلة تقاطع المماس عند اللحظة  $t = 0$  مع المستقيم ذو المعادلة  $y = R \cdot I_0$  نجد:  $\tau = 2 \text{ ms}$

(8) حساب ذاتية الوشيعة  $L$ :

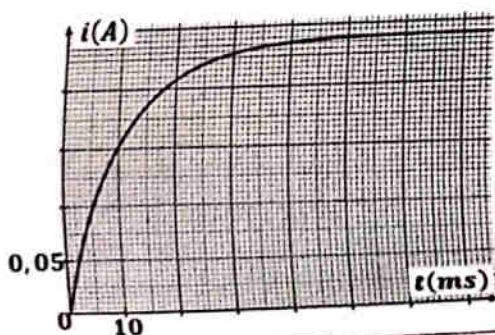
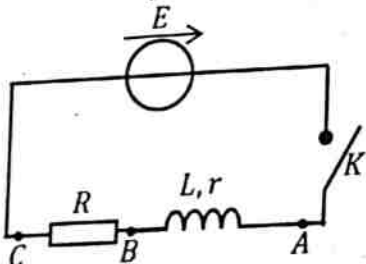
$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau(R+r) = 210 \times 2 \times 10^{-3} = 0,42 \text{ H}$$

(9) قيمة الطاقة الأعظمية:

$$E_L = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} \times 0,42 \times 28,87^2 = 1,71 \times 10^{-4} \text{ J}$$

### التمرين 02:

تتكون دائرة كهربائية من العناصر التالية مربوطة على التسلسل: وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$  ، ناقل أومي مقاومته  $R = 17,5 \Omega$  ، مولد ذي توتر كهربائي ثابت  $E = 6,0 \text{ V}$  قاطعة  $K$  نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$  سمحت برمجية الإعلام الآلي بمتابعة تطور شدة التيار الكهربائي المار في الدارة مع مرور الزمن ومشاهدة البيان:  $i = f(t)$



1/ استنتج قيم كل من شدة التيار الكهربائي في النظام الدائم، قيمة ثابت الزمن  $\tau$  للدائرة.

ب/ احسب كل من المقاومة  $r$  والذاتية  $L$  للوشيعة.

(2) في النظام الانتقالي:

أ/ بتطبيق قانون التوترات أثبت أن:

$$\frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = \frac{I_0}{\tau}$$

حيث  $I_0$  شدة التيار في النظام الدائم.

ب/ بين أن حل المعادلة هو من الشكل:  $i = I_0(1 - e^{-t/\tau})$

المقياس الحقيقي لنجاحك هو عدد المرات التي استعدت توازنك فيها بعد الفشل  
احمد الشقيري

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL - شتات

شتات

(3) نغير الآن قيمة الذاتية  $L$  للوشية وبمعالجة المعطيات ببرمجية إعلام ألي نسجل قيم  $\tau$  ثابت الزمن للدارة لنحصل على جدول القياسات التالي:

|            |     |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| $\tau(ms)$ | 4   | 8   | 12  | 20  |
| $L(H)$     | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 |

أ/ ارسم البيان:  $L = h(\tau)$ .

ب/ اكتب معادلة البيان.

ج/ استنتج قيمة مقاومة الوشية  $r$ ، هل تتوافق هذه القيمة مع القيمة المحسوبة في السؤال 1-ج ؟

#### تصحيح التمرين 02:

(1) أ/ بالاعتماد على البيان نستنتج:

• أن قيمة شدة التيار الكهربائي في النظام الدائم هي:  $0,24 A$  ،  $(I_0 = 0,24 A)$

• أن قيمة ثابت الزمن  $\tau$  للدارة هو:  $10 ms$  ،  $(\tau = 10ms)$

لأن:  $0,63 \times 0,24 = 0,15$  و بالإسقاط القيمة  $0,15$  على البيان نجد أن:  $\tau = 10ms$

ب/ حساب كل من المقاومة  $r$  و الذاتية  $L$  للوشية:

حساب  $r$ : نعلم أن:  $I_0 = \frac{E}{R+r}$

$$\Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R = \frac{6}{0,24} - 17,5 = 7,5 \Omega$$

حساب  $L$ : نعلم أن:  $\tau = \frac{L}{R+r}$

$$L = \tau(R+r) \Rightarrow L = 10 \times 10^{-3} (17,5 + 7,5) = 0,25 (H)$$
 ومنه:

(2) أ/ البرهان أن:  $\frac{I_0}{\tau} = \frac{i}{\tau} + \frac{di}{dt}$  حيث  $I_0$  شدة التيار في النظام الدائم:

نعلم أن:  $E = U_R + U_b$  ، ومنه:  $E = (R+r)i + L \frac{di}{dt}$

$$\frac{E}{R+r} = i + \frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow I_0 = i + \tau \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{I_0}{\tau} = \frac{i}{\tau} + \frac{di}{dt}$$

ب/ البرهان أن حل المعادلة من الشكل:  $i = I_0(1 - e^{-t/\tau})$

لدينا:  $i = I_0(1 - e^{-t/\tau})$  ، ومنه: (1)  $i = I_0 - I_0 \cdot e^{-t/\tau}$

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} \dots (2)$$
 ونجد أن

بتعويض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية نجد:

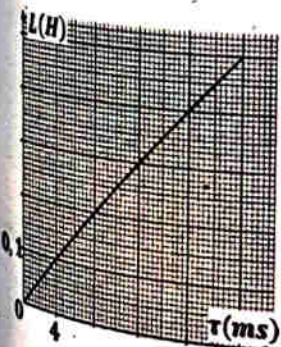
$$\frac{I_0}{\tau} = \frac{I_0 - I_0 \cdot e^{-t/\tau}}{\tau} + \frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{I_0}{\tau} = \frac{I_0}{\tau} - \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow \frac{I_0}{\tau} = \frac{I_0}{\tau}$$

محققة. إذن:  $i = I_0(1 - e^{-t/\tau})$  هو حل للمعادلة

(3) أ/ رسم البيان  $L = h(\tau)$ :

لا يعجبكم من الرجل طنطنته  
ولكن من أدى الأمانة وكف عن  
أعراض الناس، فهو الرجل  
عمر بن الخطاب





### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

شنايت

ب/ معادلة البيان:  $L = \alpha \cdot \tau$  ، حيث  $\alpha$  هو الميل "

$$\alpha = \frac{0,5 - 0}{(20 - 0) \times 10^{-3}} = 25$$

إذن:  $L = 25 \tau$

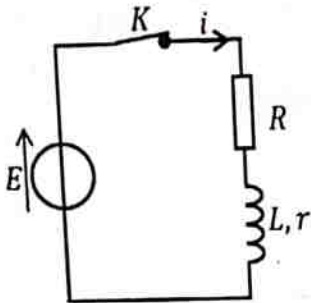
ج/ استنتاج قيمة مقاومة الوشعة  $r$ :

نعلم أن:  $\tau = \frac{L}{R+r}$  ، ومنه:  $L = \tau(R+r)$  ،  
بالمطابقة مع معادلة البيان نجد:

$$R + r = 25 \Rightarrow r = 25 - R \Rightarrow r = 25 - 17,5$$

$$r = 7,5 \Omega$$

نعم، توافق القيمة المحسوبة سابقاً.



#### التمرين 03:

نحقق الدارة الكهربائية الممثلة في (الشكل) المكونة من:

- مولد توتر كهربائي ثابت قوته المحركة الكهربائية  $E = 2V$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 100 \Omega$ .
- وشعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .
- قاطعة  $K$ .

(1) نغلق القاطعة  $K$ :

أ/ اكتب العلاقة التي تربط التوتر الكهربائي بين طرفي الوشعة  $u_b(t)$  والتوتر الكهربائي بين طرفي المقاومة  $E$  و  $u_R(t)$ .

ب/ جد عبارة  $u_b(t)$  بدلالة شدة التيار الكهربائي  $i(t)$ ، ثم بدلالة  $u_R(t)$ .

ج/ استنتج المعادلة التفاضلية التي يحققها  $u_R(t)$  للدارة.

(2) يعطى حل المعادلة التفاضلية بالشكل التالي:  $u_R(t) = A + Be^{-mt}$   
حيث  $A$ ،  $B$  و  $m$  ثوابت يطلب تعيينها.

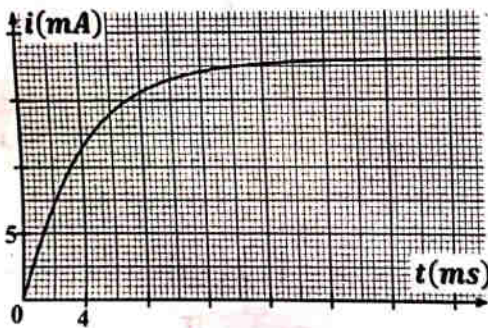
(3) يسمح جهاز الـ  $ExAO$  بمتابعة التطور الزمني لشدة التيار الكهربائي المار في الدارة فنحصل على المنحنى البياني.

أ/ لنكن  $I_0$  شدة التيار الأعظمي في النظام الدائم.  
جد العبارة الحرفية للشدة  $I_0$ .

ب/ جد بيانياً قيمة الشدة  $I_0$ ، ثم استنتج مقاومة الوشعة  $r$ .

ج/ اكتب عبارة ثابت الزمن  $\tau$  للدارة وبين بالتحليل البعدي أن  $\tau$  متجانس مع الزمن.

د/ جد بيانياً قيمة  $\tau$ ، ثم استنتج قيمة ذاتية الوشعة  $L$ .



#### تصحيح التمرين 03:

(1) نغلق القاطعة

أ/ العلاقة بين  $U_R$  و  $U_b$ :  $E = U_R + U_b$

ب/ إيجاد عبارة  $U_b(t)$  بدلالة  $i(t)$ :

$$U_b = U_L + U_r \Rightarrow U_b = L \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

$$i = \frac{U_R}{R} \quad \text{ولدينا: } U_R = R \cdot i$$

$$U_b = L \cdot \frac{d}{dt} \left( \frac{U_R}{R} \right) + r \cdot \left( \frac{U_R}{R} \right) \Rightarrow U_b = \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R} \cdot U_R$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

ج/ المعادلة التفاضلية لـ  $U_R$ :

$$E = U_R + U_b \Rightarrow E = U_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R} \cdot U_R \Rightarrow E \cdot R = R \cdot U_R + r \cdot U_R + L \cdot \frac{dU_R}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{ER}{L} = U_R \cdot \left( \frac{r+R}{L} \right) + \frac{dU_R}{dt}$$

(2) تعيين A و B :  $\frac{dU_R}{dt} = -m \cdot B \cdot e^{-mt}$  بالإشتقاق :  $U_R = A + B \cdot e^{-mt}$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{ER}{L} = (A + B \cdot e^{-mt}) \cdot \left( \frac{r+R}{L} \right) - m \cdot B \cdot e^{-mt} = A \frac{(r+R)}{L} + B \cdot e^{-mt} \cdot \left( \frac{r+R}{L} - m \right)$$

$$\Rightarrow \frac{ER}{L} = A \frac{(r+R)}{L} + B \cdot e^{-mt} \left( \frac{r+R}{L} - m \right)$$

ومنه :  $A \frac{(r+R)}{L} = \frac{ER}{L} \Rightarrow A = \frac{ER}{r+R}$

وأيضا :  $\frac{r+R}{L} - m = 0 \Rightarrow m = \frac{R+r}{L} = \frac{1}{\tau}$

ونعلم أن:  $U_R(0) = 0$  إذن  $0 = A + B \cdot e^0$  معناه:  $A + B = 0$  بالتالي:  $B = -A$

ومنه :  $A = \frac{ER}{R+r}$  ;  $B = -\frac{ER}{R+r}$  ;  $m = \frac{R+r}{L} = \frac{1}{\tau}$

$$U_R = \frac{ER}{R+r} (1 - e^{-t/\tau})$$

(3) أ/ إيجاد عبارة  $I_0$

$$U_R = \frac{ER}{R+r}$$

لما  $t \rightarrow +\infty$  :

$$I_0 = \frac{E}{R+r}$$

بالتالي:

$$RI_0 = \frac{ER}{R+r}$$

ومنه:

$$I_0 = 18(mA)$$

ب/ تحديد قيمة  $I_0$ :

$$I_0 = \frac{E}{R+r} \Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R = \frac{2}{18 \times 10^{-3}} - 100 \Rightarrow r = 11,11 (\Omega)$$

استنتاج r :

ج/ عبارة  $\tau$ :

$$\tau = \frac{L}{R+r}$$

$$\tau = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[U] \cdot [I]^{-1} \cdot [T]}{[U] \cdot [I]^{-1}} = [T]$$

وحدته :

$$\tau = 0,004 (s)$$

د/ إيجاد  $\tau$ :

$$L = 0,004 \times (100 + 11,11) = 0,44 (H)$$

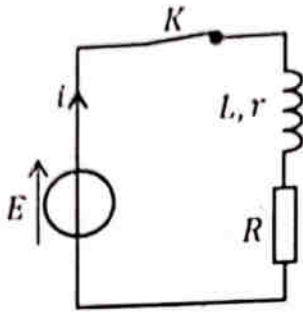
استنتاج L :

علميا الدماغ في الرأس  
بصح واقعا هو يغير مكانه  
على حساب الشخص



### التمرين 04:

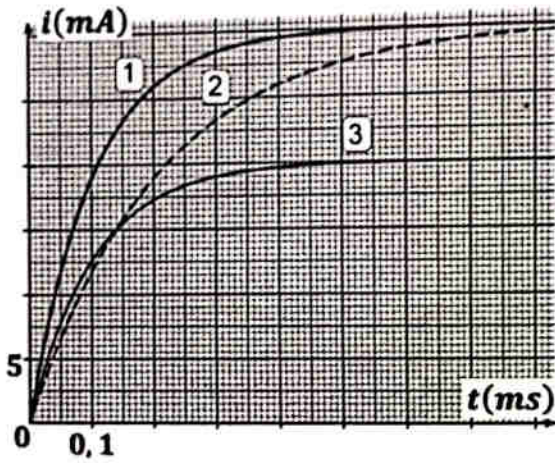
لدراسة تطور شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  المار في ثنائي القطب  $RL$  بدلالة الزمن، وتأثير المقادير  $R$  و  $L$  على هذا التطور، نركب الدارة الكهربائية (الشكل).  
(1) نقابع تطور التوتر الكهربائي  $u_R$  بين طرفي الناقل الأومي  $R$  باستعمال راسم اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة.



أعد رسم الدارة على ورقة الإجابة ثم بين عليها كيفية ربط راسم الاهتزاز المهبطي. متابعة تطور التوتر الكهربائي  $u_R(t)$  مكننا من متابعة تطور شدة التيار  $i(t)$  للتيار الكهربائي المار في الدارة. فسر ذلك.  
(2) نغلق القاطعة:

جد المعادلة التفاضلية لشدة التيار الكهربائي  $i(t)$  المار في الدارة.

علما أن حل المعادلة من الشكل:  $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  جد عبارتي  $A$  و  $\tau$  ماذا يمثلان؟  
(3) ننجز ثلاث تجارب مختلفة باستعمال وشيعة مقاومتها  $r$  ثابتة تقريبا وذاتيتها  $L$  قابلة للتغيير ونواقل أومية مختلفة.



يبين (الشكل) المنحنيات البيانية لتطور شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن  $t$  بالنسبة للتجارب الثلاث ويمثل الجدول المرفق قيم  $R$  و  $L$  المستعملة في كل تجربة:

أ/ انسخ كل تجربة بالمنحنى البياني الموافق لها، علّل ذلك.  
ب/ جد قيمة المقاومة  $r$ .

|             | التجربة (1) | التجربة (2) | التجربة (3) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $L(mH)$     | 30          | 20          | 40          |
| $R(\Omega)$ | 290         | 190         | 190         |

### تصحيح التمرين 04:

(1) أ/ رسم الدارة:

ب/ التفسير:

نعلم أن:  $U_R = Ri$  ومنه:  $i = \frac{U_R}{R}$

ومنه تغيرات  $i$  مماثلة لتغيرات  $U_R$ ، ومنه البيان  $i(t)$  يماثل البيان  $U_R(t)$ .  
(2) أ/ المعادلة التفاضلية:

$$E = U_R + U_b \Rightarrow E = Ri + L \frac{di}{dt} + r.i$$

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

ب/ إيجاد عبارة  $A$  و  $\tau$ :  $i(t) = A.(1 - e^{-t/\tau})$  بالاستقاق:  $\frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{L} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{R+r}{L} A.(1 - e^{-t/\tau})$$

$$\frac{E}{L} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{R+r}{L} A - \frac{R+r}{L} A e^{-t/\tau}$$

$$\frac{E}{L} = A e^{-t/\tau} \left( \frac{1}{\tau} - \frac{R+r}{L} \right) + \frac{R+r}{L} A$$

تكون محققة لما:

$$\begin{cases} \frac{E}{L} = \frac{R+r}{L} A \\ \frac{1}{\tau} - \frac{R+r}{L} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{E}{R+r} \\ \tau = \frac{L}{R+r} \end{cases}$$

←  $A$  يمثل  $I_0$  التيار الأعظمي.←  $\tau$  يمثل ثابت الزمن.

(3) / تعيين المنحنيات:

- التجربة (1) توافق المنحنى 3 لأن: أكبر مقاومة  $R$ . وبما أن:  $i = \frac{E}{R+r}$  فإن تيار التجربة (1) هو أصغر تيار.- التجربة (2) توافق البيان 1 لأن أصغر قيمة لـ  $L$  توافق أصغر  $\tau$ .- التجربة (3) توافق البيان 2 لأن أكبر قيمة لـ  $L$  توافق أكبر  $\tau$ .ب/ إيجاد  $r$ : من البيان (1):  $\tau_2 = 0,1 \text{ (ms)}$ 

$$\tau_2 = \frac{L_2}{R_2 + r} \Rightarrow r = \frac{L_2}{\tau_2} - R_2 = \frac{20 \times 10^{-3}}{0,1 \times 10^{-3}} - 190 \Rightarrow r = 10 \text{ (}\Omega\text{)}$$

**التمرين 05:**

تتكون دائرة كهربائية من:

- مولد للتوتر الكهربائي قوته المحركة الكهربائية  $E$ .- ناقل أومي مقاومته  $R = 100 \text{ }\Omega$ .- وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .- قاطعة  $K$ .نوصل مدخلي راسم الاهتزاز المهبطي ذي ذاكرة ، في اللحظة  $t = 0$ نغلق القاطعة  $K$  فنشاهد على الشاشة المنحنيين البيانيين (1) و (2) (الشكل).

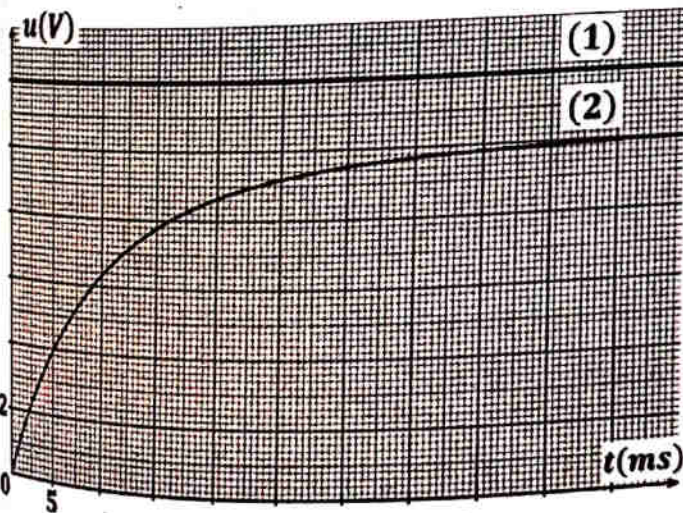
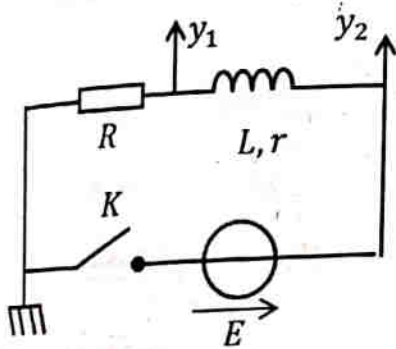
(1) / حدد لكل مدخل المنحنى البياني الموافق له. علّل.

ب/ بتطبيق قانون جمع التوترات الكهربائية جد المعادلة التفاضلية لشدة التيار الكهربائي  $i(t)$ .(2) / ما قيمة التوتر الكهربائي  $E$ .ب/ جد قيمة شدة التيار الكهربائي الأعظمي  $I_0$ .ج/ احسب قيمة  $r$  مقاومة الوشيعة.(3) / جد بيانيا قيمة  $\tau$  ثابت الزمن. وبين

بالتحليل البعدي أنه متجانس مع الزمن.

ب/ احسب  $L$  ذاتية الوشيعة.

(4) احسب الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشيعة.





### تصحيح التمرين 05:

- (1) تحديد كل مدخل:  
 • المدخل  $Y_1$  نلاحظ  $U_R$  ونعلم أن  $u_R = R \cdot i$  ونعلم أيضا بأن شدة التيار تتغير بمرور الزمن (تتزايد) إلى أن تثبت ومنه أيضا  $U_R$  تتزايد إلى أن تثبت في النظام الدائم وهذا ما يوافق المنحنى (2) أو بطريقة أخرى  $U_R(0) = 0$  وهو ما يوافق البيان (2)  
 • المدخل  $Y_2$  نلاحظ  $U_R + U_B$  أي  $E$  وهو يبقى ثابت وهو ما يوافق المنحنى (1).

ب/ المعادلة التفاضلية:

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

لدينا من المنحنى (1):  $E = 12 V$

(2) / قيمة التوتر الكهربائي:

ب/ قيمة شدة التيار الأعظمي  $I_0$ :

$$I_0 = \frac{u_{Rmax}}{R} = \frac{10v}{100 \Omega} = 0,1 A$$

ج. إيجاد قيمة  $r$ :

$$I_0 = \frac{E}{R+r} \Rightarrow r = \frac{E - I_0 \cdot R}{I_0} = 20 \Omega$$

(3) / ثابت الزمن:  $U_R(\tau) = 0,63 \times U_{Rmax} = 6,3 v$  ، وهي توافق:  $\tau = 10 ms$

تحليل البعدي: لدينا:  $[R] = \frac{[U]}{[I]}$  و  $[L] = \frac{[U] \cdot [T]}{[I]}$  و  $\tau = \frac{L}{R+r}$

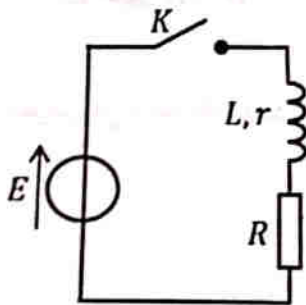
$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[U] \times [T] \times [I]^{-1}}{[U] \times [I]^{-1}} = [T] = s \quad \text{ومنه:}$$

$$L = \tau(R+r) = 10 \times 10^{-3} (100 + 20) = 1,2 H \quad \text{ب/ حساب } L:$$

$$E(L) = \frac{1}{2} L I_0^2 = 6 \times 10^{-3} J \quad \text{(4) الطاقة الأعظمية:}$$

### التمرين 06:

بهدف تحديد مميزات وشيعة، نحقق دائرة كهربائية ، حيث:  $R = 90 \Omega$  نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة:  $t = 0 ms$ .



(1) بين أن المعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي بين طرفي المقاومة تعطى بالشكل:

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{R+r}{L} u_R = \frac{RE}{L}$$

(2) نحقق أن العبارة:  $u_R = \frac{B}{A} (1 - e^{-At})$ ، هي حل المعادلة التفاضلية السابقة، حيث:  $A$  و  $B$  ثابتان يطلب تعيينهما.

(3) باستعمال راسم اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة تحصلنا على (الشكل).

أ/ أعد رسم الدارة، ثم وضع عليها كيفية ربط راسم الاهتزاز المهبطي لمشاهدة المنحنيين (1) و (2)

ب/ أنسب لكل عنصر كهربائي من الدارة المنحني الموافق له مع التعليل.

ج/ استنتج القوة المحركة الكهربائية للمولد  $E$ ، ومقاومة الوشيرة  $r$ .

(4) اعتمادا على نقطة تقاطع المنحنيين (1) و (2):  
ا/ بين أن ثابت الزمن  $\tau$  يكتب بالعلاقة:

$$\tau = \frac{t_c}{\ln\left(\frac{2R}{R-r}\right)}$$

ثم احسب قيمته، حيث:  $t_c$  الزمن الموافق لتقاطع المنحنيين،  
علما أن التوتر بين طرفي الوشيرة يعطى بالعلاقة:

$$u_b(t) = \frac{E}{R+r} \left( r + Re^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

ب/ احسب ذاتية الوشيرة  $L$ .

ج/ برهن أن عند النقطة  $C$  يكون:

$$i_c = \frac{E}{2R}$$

### تصحيح التمرين 06:

(1) عبارة التوتر:

$$U_b = L \frac{di_b}{dt} + r i_b$$

$$U_R = R i_R \Rightarrow i_R = \frac{U_R}{R}$$

$$\Rightarrow U_b = \frac{L}{R} \frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R} U_R$$

حسب قانون جمع التوترات:

$$U_b + U_R = E \Rightarrow U_b = E - U_R = \frac{L}{R} \frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R} U_R$$

$$ER = L \frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R} U_R = L \frac{dU_R}{dt} + (r+R) U_R \Rightarrow \frac{ER}{L} = \frac{dU_R}{dt} + \frac{(r+R)}{L} U_R$$

(2) تعيين  $A$  و  $B$ :

$$U_R = \frac{B}{A} (1 - e^{-At}) \Rightarrow \frac{dU_R}{dt} = B \cdot e^{-At}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية نجد:

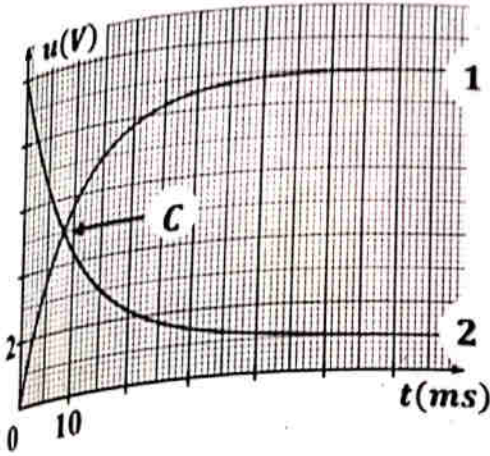
$$B e^{-At} + \frac{(r+R)B}{L} (1 - e^{-At}) = \frac{ER}{L}$$

$$B e^{-At} + \frac{(r+R)B}{L} - \frac{(r+R)B}{L} e^{-At} = \frac{ER}{L}$$

$$B e^{-At} \left[ 1 - \frac{(r+R)}{LA} \right] + \frac{(r+R)B}{L} = \frac{ER}{L}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 1 - \frac{(r+R)}{LA} = 0 \\ \frac{(r+R)B}{L} = \frac{ER}{L} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{(r+R)}{LA} = 1 \\ (r+R) \times \frac{B}{A} = E \times R \end{cases}$$

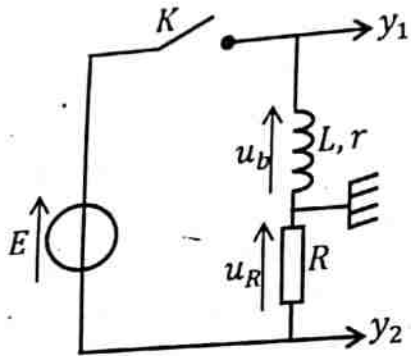
إذا كنت تريد أن تبقى سعيداً،  
دع ما حصل بالأمس في  
الأمس ولا تأخذه معك للغد  
أنيس منصور





شنايت

$$\begin{cases} A = \frac{(r+R)}{L} \\ B = \frac{E \times R}{(r+R)} \times A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{(r+R)}{L} = \frac{1}{\tau} \\ B = \frac{E \times R}{L} \end{cases}$$



(3) / رسم الدارة:  
ب/ نسب المنحنيات:

المنظني (1) يمثل  $U_R$  يكون  $t = 0$   $U_R = 0$  وهو ما يوافق البيان (1)  
لأن: عند  $t = 0$   $U_b$  يمثل (2)  $U_b = E$  يكون  $t = 0$  وهو ما يوافق البيان (2)  
لأن: عند  $t = 0$

ج/ استنتاج  $E$ : من البيان (2) وعند  $t = 0$  فإن:  $E = 10$  (V)

استنتاج  $r$ :

$$U_{Rmax} = R \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{U_{Rmax}}{R} = \frac{9}{90} \Rightarrow I_0 = 0,1 \text{ (A)}$$

$$I_0 = \frac{E}{r+R} \Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R$$

$$r = \frac{10}{0,1} - 90 = 10 \text{ (}\Omega\text{)}$$

لدينا:

ونلعم أن:

$$(4) \text{ / بين عبارة } \tau = \frac{t_c}{\ln\left(\frac{2R}{R-r}\right)}$$

عند  $t = t_c$ :

$$U_R = U_b \Rightarrow \frac{E}{R+r} (r + R \cdot e^{-tc/\tau}) = \frac{ER}{r+R} (1 - e^{-tc/\tau})$$

$$(r + R \cdot e^{-tc/\tau}) = R(1 - e^{-tc/\tau}) \Rightarrow r + R e^{-tc/\tau} - R + R \cdot e^{-tc/\tau} = 0$$

$$2R \cdot e^{-tc/\tau} = R - r \Rightarrow e^{-tc/\tau} = \frac{R-r}{2R} \Rightarrow \frac{-tc}{\tau} = \ln\left(\frac{R-r}{2R}\right)$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{t_c}{\ln\left(\frac{2R}{R-r}\right)}$$

حساب  $\tau$ :

$$\tau = \frac{t_c}{\ln\left(\frac{2 \times R}{R-r}\right)} = \frac{8}{\ln\left(\frac{180}{80}\right)} \Rightarrow \tau = 10 \text{ (ms)}$$

ب/ حساب  $L$ :

$$\tau = \frac{L}{(r+R)} \Rightarrow L = \tau(r+R) \Rightarrow L = 10 \times 10^{-3} \times (100)$$

$$L = 1 \text{ H}$$

ج/ البرهان:

$$E = u_R + u_b$$

$$u_R = u_b \quad \text{عند } C$$

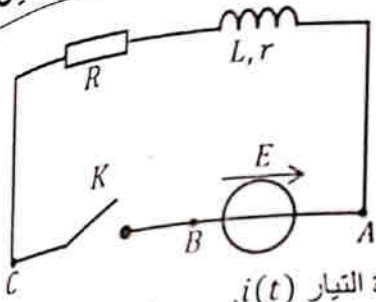
$$E = u_R + u_R = 2 \cdot R \cdot i_C \Rightarrow i_C = \frac{E}{2R}$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL - شذائت

#### التمرين 07:

تتكون دائرة كهربائية على التسلسل (الشكل) مما يلي:

- وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 90 \Omega$ .
- مولد ذو توتر ثابت  $E = 6V$ .
- قاطعة  $K$ .



نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0s$ .

- (1) بتطبيق قانون جمع التوترات اكتب المعادلة التفاضلية التي يحققها شدة التيار  $i(t)$ .
- (2) علما أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلا من الشكل:  $i = A(1 - e^{-Bt})$ ، حيث  $A, B$  ثابتان موجبان يطلب تعيينهما عبارتيهما.

- (3) يمثل المنحنى البياني (الشكل) تطور  $\frac{di}{dt}$  بدلالة  $i$  أي  $\frac{di}{dt} = f(i)$ .

أ/ تأكد من أن البيان هو ترجمة للمعادلة التفاضلية السابقة.

ب/ بالاستعانة بالبيان عين قيم:

• الذاتية  $L$  والمقاومة  $r$  للوشيعة

• قيمة شدة التيار في النظام الدائم  $I_0$ .

ج/ احسب الطاقة المخزنة في الوشيعة في اللحظة  $t = \tau$  حيث  $\tau$  ثابت الزمن.

#### تصحيح التمرين 07:

- (1) كتابة المعادلة التفاضلية:

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

- (2) تعيين عبارة  $A$  و  $B$ :

$$i = A(1 - e^{-Bt}) \quad \text{بلاشتقاق:} \quad \frac{di}{dt} = A \cdot B \cdot e^{-Bt}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية:  $\frac{E}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right) \cdot (A - Ae^{-Bt}) + A \cdot B e^{-Bt}$

$$\frac{E}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right) A + Ae^{-Bt} \left(B - \frac{R+r}{L}\right)$$

$$\begin{cases} \frac{E}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right) A \\ B - \frac{R+r}{L} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{E}{r+R} \\ B = \frac{1}{\tau} \end{cases}$$

- (3) أ/ التأكد من توافق البيان مع المعادلة التفاضلية:

$$\text{بيانيا: } \frac{di}{dt} = \alpha \cdot i + \beta \quad \text{ومنه: } \alpha = \frac{12-3}{(0-4,5) \times 10^{-2}} = -200 s^{-1} \quad \text{ومن البيان:}$$

$$B = 12 A \cdot s^{-1}$$

$$\frac{di}{dt} = -200i + 12 \quad \text{إذن:}$$

$$\text{ومنه: } \alpha = -\frac{r+R}{L} = \frac{1}{\tau} \quad \text{و: } B = \frac{E}{L}$$

$$\text{نظريا: } \frac{di}{dt} = -\frac{r+R}{L} i + \frac{E}{L}$$

ومنه البيان ترجمة للمعادلة التفاضلية السابقة.

ب/ حساب الذاتية  $L$ :

$$\frac{E}{L} = 12 \Rightarrow L = \frac{E}{12} = \frac{6}{12} \Rightarrow L = 0,5 (H)$$

أنا لا أكثر من الكلام،  
ولكنني أحسن القول  
فيودور دوستويفسكي



حساب مقاومة الوشعة  $r$ :

$$\frac{1}{\tau} = 200 \Rightarrow \tau = 5 \times 10^{-3} (s)$$

ونعلم أن:

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow r = \frac{L}{\tau} - R \Rightarrow r = \frac{0,5}{5 \times 10^{-3}} - 90 \Rightarrow r = 10 (\Omega)$$

حساب  $i_0$ :ببساطة: نمدد المستقيم ذو المعادلة  $\frac{di}{dt} = \alpha \cdot i + \beta$  إلى غاية التقاطع مع محور الفواصل

$$i_0 = 6 \times 10^{-2} (A)$$

نضع:  $\frac{di}{dt} = 0$  صائبا:

$$0 = -\frac{r+R}{L} \cdot i_0 + \frac{E}{L} \Rightarrow (r+R) \cdot i_0 = E$$

$$\Rightarrow i_0 = \frac{E}{r+R} = \frac{6}{90+10} \Rightarrow i_0 = 6 \times 10^{-2} (A)$$

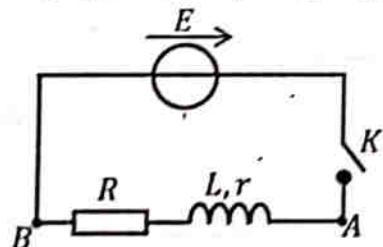
ج/ حساب الطاقة المخزنة لما  $t = \tau$ :

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \Rightarrow E_L(\tau) = \frac{1}{2} \times 0,5 \times (0,63 \times 0,06)^2$$

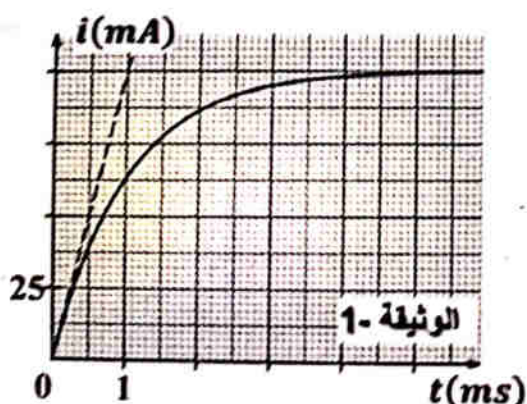
$$E_L = 3,57 \times 10^{-4} (J)$$

## التمرين 08:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل، وذلك لتتبع مرور التيار الكهربائي في ثنائي القطب AB المكون من:

• ناقل أومي مقاومته  $R$ .• وشعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .

يطبق المولد المثالي توترا ثابتا  $E = 6V$  بين طرفي ثنائي القطب AB. نضبط قيمة مقاومة الناقل الأومي  $R$  عند القيمة  $R = 50\Omega$ ، ونغلق القاطعة K عند اللحظة  $t = 0$  نسجل بواسطة جهاز ملائم تطور شدة التيار  $i$  المار في الدارة بدلالة الزمن  $t$ ، فنحصل على المنحنى الممثل في الوثيقة 1.

1) أعط عبارة التوتر  $u$  بين طرفي ثنائي القطب AB بدلالة: $i$  و  $r, R, L$ 2) هل يتزايد أو يتناقص المقدار  $L \frac{di}{dt}$  أثناء النظام الانتقالي؟

علل إجابتك.

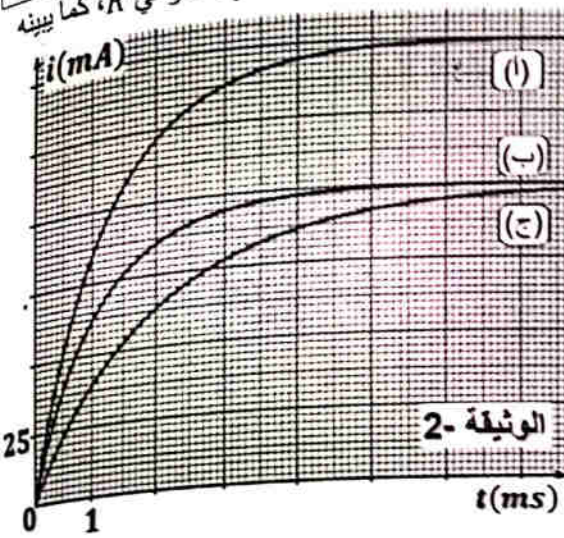
3) عبر عند اللحظة  $t = 0$ ، عن  $\frac{di}{dt}$  بدلالة  $L, E$ .أوجد قيمة  $L$ .4) احسب قيمة  $\frac{di}{dt}$  بالنسبة لـ:  $t > 5ms$  واستنتج قيمة  $r$ .

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

شنايت

لنستعمل نفس التركيب التجريبي ، ونغير في كل حالة قيمة ذاتية الوشيعة  $L$  وقيمة مقاومة الناقل الأومي  $R$  ، كما يبينه الجدول التالي:

| الحالات | $(H) \rightarrow L$        | $(\Omega) \rightarrow R$ | $(\Omega) \rightarrow r$ |
|---------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| الأولى  | $L_1 = 6,0 \times 10^{-2}$ | $R_1 = 50$               | 10                       |
| الثانية | $L_2 = 1,2 \times 10^{-1}$ | $R_2 = 50$               | 10                       |
| الثالثة | $L_3 = 4,0 \times 10^{-2}$ | $R_3 = 30$               | 10                       |



يعطى الشكل المبين في الوثيقة 02 المنحنيات (أ)، (ب)، (ج) التي نحصل عليها في الحالات الثلاث.

5 عين معللا إيجابتك، المنحنى الموافق للحالة الأولى والمنحنى الموافق للحالة الثانية.

6 نضبط المقاومة  $R_2$  على القيمة  $R'_2$  لتكون قيمة ثابت الزمن نفسها في الحالتين الثانية والثالثة.

عبر عن  $R'_2$  بدلالة  $R_3$ ،  $L_3$ ،  $L_2$  و  $r$ . احسب قيمة  $R'_2$ .

#### تصحيح التمرين 08:

1 عبارة التوتر  $U$  بين طرفي ثنائي القطب  $AB$ :

$$U_{AB} = U_b + U_R \Rightarrow U_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt} + ri + Ri \Rightarrow U_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt} + (R + r)i$$

2 هل يتزايد أو يتناقص المقدار  $L \cdot \frac{di}{dt}$ :

$$L \cdot \frac{di}{dt} = U_{AB} - (R + r)i \quad \text{الطريقة (1):}$$

لدينا:  $\begin{cases} U_{AB} = cte \\ (R + r) = cte \end{cases}$  ثوابت و بما أن  $i$  يتزايد فإن:  $L \cdot \frac{di}{dt}$  يتناقص

الطريقة (2):

لدينا  $\frac{di}{dt}$  يمثل ميل المماس لبيان  $i$  المعطى ، و بما أن ميل المماس يتناقص فإن مقدار  $\frac{di}{dt}$  يتناقص .

و لدينا  $L$  مقدار موجب ثابت إذن:  $L \cdot \frac{di}{dt}$  يتناقص .

3 التعبير عن  $\frac{di}{dt}$  بدلالة  $E$  و  $L$  عند  $t = 0$ :

عند  $t = 0$  يكون التيار  $i = 0$

$$L \cdot \frac{di}{dt} = U_{AB} - (R + r)i$$

حساب قيمة  $L$ :

$$L \cdot \frac{di}{dt} = U_{AB} = E \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{E}{L} \quad \text{بالتعويض نجد:}$$

$$L = \frac{E}{\frac{di}{dt}} = \frac{6}{\left(\frac{100 - 0}{1 - 0}\right)} = 0,06 \text{ H}$$

4 حساب قيمة  $\frac{di}{dt}$  لـ  $t > 5 \text{ ms}$ :

$t > 5 \text{ ms}$  تكون في النظام الدائم: أي أن  $\frac{di}{dt} = 0$  لأن  $i = I_0$

$$U_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt} + (R + r)i \quad \text{لدينا:}$$

$$U_{AB} = E, \quad U_{AB} = (R + r)I_0 \quad \text{أي:}$$

$$r = \frac{E}{I_0} - R \Rightarrow r = \frac{6}{0,1} - 50 \Rightarrow r = 10 \Omega$$



(5) تعيين المنحنى الموافق مع التعليل:

| البيان | الحالة | التعليل                                                         |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------------|
| أ      | 3      | أصغر $R$ لأكبر $I_0$ ( $\uparrow I_0 \Leftarrow \downarrow R$ ) |
| ب      | 1      | $\downarrow \tau \Leftarrow \downarrow L$                       |
| ج      | 2      | $\uparrow \tau \Leftarrow \uparrow L$                           |

(6) التعبير عن  $R'_2$  بدلالة  $R_3, L_3, L_2$  و  $r$ :

$$\tau'_2 = \tau_3 \Rightarrow \frac{L_2}{R'_2 + r} = \frac{L_3}{R_3 + r}$$

$$R'_2 = \frac{L_2}{L_3}(R_3 + r) - r = \frac{1,2 \times 10^{-1}}{4 \times 10^{-2}}(30 + 10) - 10 = 110 \Omega$$

**التمرين 09:**

باستعمال وشيعة  $(L, r)$  وناقل أومي  $R = 20 \Omega$  ومولد توتر ثابت  $E = 9V$  نحقق التركيب المرافق بالاستعانة بجهاز راسم الاهتزاز المهبطي ذو الذاكرة. نغلق القاطعة في اللحظة  $(t = 0)$  نحصل على المنحنيين (1) و (2) اللذين يظهران على شاشة الاهتزاز المهبطي.

I. دراسة البيانات:

(1) ماذا يمثل المنحنيان (1) و (2)؟ كيف تم تسجيلهما على الجهاز؟

(2) بالاعتماد على البيانيين (1) و (2) استنتج:

أ/ قيمة شدة التيار في النظام الدائم.

ب/ قيمة المقاومة الداخلية للوشيعة  $(r)$ .ج/ ثابت الزمن  $\tau$ ، وذاتية الوشيعة  $L$ .

II. النظام الانتقالي:

(1) بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{\tau} = \frac{I_0}{\tau}$$

حيث  $I_0$  شدة التيار في النظام الدائم.ب/ إن حل المعادلة التفاضلية من الشكل:  $i(t) = A + Be^{at}$  حيث $(A, B, a)$  ثابت يطلب تحديد عبارة كل منها، علماً أن:  $i(0) = 0$ .ج/ اعتماداً على عبارة  $i(t)$ ، بين أن ميل المماس للبيان  $u_R = f(t)$  عند المبدأ  $(t = 0)$  يعطى بالعبارة

$$a = \frac{RE}{L}$$

(2)

أ/ اكتب عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة بدلالة  $E$  و  $U_R$ ب/ احسب قيمته من أجل:  $t = 0$  $t \rightarrow \infty$  (النظام الدائم).ج/ ارسم كيفياً البيان  $u_L = f(t)$ .

III.

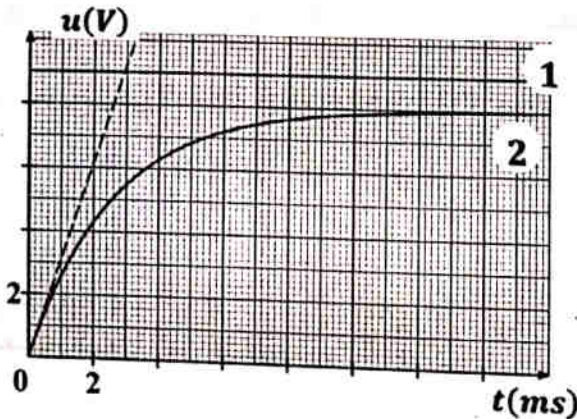
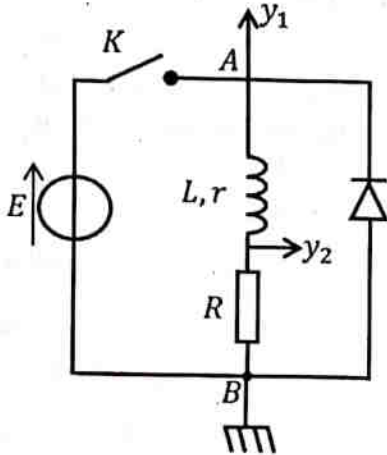
نفتح القاطعة في لحظة نعتبرها مبدأ الزمن:

(1) احسب الطاقة المخزنة في الوشيعة في اللحظات

 $t = 0$  ;  $t = \tau$  ;  $t \rightarrow \infty$ (2) ارسم كيفياً البيان  $E_L = f(t)$ .

(3) بين أن زمن تناقص الوشيعة إلى النصف هو:

$$t_{1/2} = \tau \frac{\ln 2}{2}$$



إن أكبر عائق يمنع النجاح هو  
الخوف من الفشل والاختفاق

## تصحيح التمرين 09:

(1) دراسة البيانات:

- (1) ماذا يمثل كل من المنحنيان (1) و (2):  
 المنحني (1) يمثل  $E$  إذن يسجل على  $y_1$ .  
 المنحني (2) يمثل  $U_R$  إذن يسجل على  $y_2$ .  
 وذلك بتثبيت قاعدة الزمن في راسم الاهتزاز المهبطي ذو ذاكرة  
 (2) بالاعتماد على البيانيين:  
 أ/ قيمة التيار في النظام الدائم:

$$U_{Rmax} = R \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{U_{Rmax}}{R} \Rightarrow I_0 = \frac{8}{20} = 0,4 \text{ A}$$

ب/ قيمة المقاومة الداخلية  $r$ :

$$I_0 = \frac{E}{R+r} \Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R \Rightarrow r = \frac{9}{0,4} - 20 \Rightarrow r = 2,5 \Omega$$

ج/ قيمة  $\tau$ :  $\tau = 2,6 \text{ (ms)}$ • قيمة  $L$ :

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau(R+r) \Rightarrow L = 2,6 \times 10^{-3} \times (2,5 + 20) \simeq 0,06 \text{ H}$$

النظام الانتقالي:

.II

(1) بتطبيق قانون جمع التوترات:

أ/ إثبات المعادلة التفاضلية:

$$E = u_R + u_b \Rightarrow E = Ri + L \frac{di}{dt} + ri \Rightarrow E = (R+r)i + L \frac{di}{dt}$$

لدينا:

$$\frac{E}{R+r} = i + \frac{L}{(R+r)} \frac{di}{dt} \quad \text{و لدينا: } I_0 = \frac{E}{r+R} \quad \text{ومنه:}$$

$$\text{أي: } I_0 = i + \tau \frac{di}{dt} \quad \text{لأن: } \tau = \frac{L}{R+r} \quad \text{نجد:} \quad \frac{i_0}{\tau} = \frac{i}{\tau} + \frac{di}{dt} \quad \text{محقة}$$

ب/ تحديد عبارة كل من  $A, \alpha$  و  $B$ :

$$i(0) = A + Be^{\alpha \times 0} = 0 \quad \text{أي:} \quad i(0) = 0(A) \quad \text{فإن:} \quad t = 0 \quad \text{لما:}$$

$$A + B = 0 \Rightarrow B = -A \quad \text{ومنه:}$$

$$\frac{di}{dt} = -A\alpha e^{-\alpha t} \quad \text{بالاشتقاق:} \quad i(t) = A - Ae^{-\alpha t} \quad \text{تصبح العلاقة:}$$

$$\frac{i_0}{\tau} = \frac{A - Ae^{-\alpha t}}{\tau} + (-A\alpha e^{-\alpha t}) \quad \text{نجد:}$$

$$\Rightarrow 0 = Ae^{\alpha t} \left( \frac{-1}{\tau} - \alpha \right) + \frac{A}{\tau} - \frac{i_0}{\tau} \Rightarrow \frac{-1}{\tau} - \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{-1}{\tau}$$

$$\frac{A}{\tau} - \frac{i_0}{\tau} = 0 \Rightarrow A = i_0$$

$$B = -i_0 \quad \text{أي:}$$

$$B = -A \quad \text{ولدينا:}$$

تصبح المعادلة من الشكل:

$$i(t) = i_0 - i_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = i_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

ج/ نبين أن المماس عند  $t = 0$  هو  $a = \frac{RE}{L}$ :

$$U_R = Ri \quad \text{مع:} \quad a = \frac{RE}{L} \quad \text{لدينا نظريا:}$$

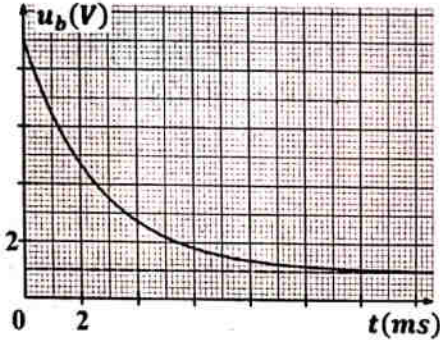


و منه:  $a = R \cdot \frac{di}{dt}$  ولدينا:  $a = \frac{R \cdot i_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{i_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$   
 عند  $t = 0$ :  $i_0 = \frac{E}{R+r}$  ;  $a = \frac{R \cdot i_0}{\tau}$  و منه:  $a = \frac{RE}{L}$   
 $a = \frac{R \cdot \frac{E}{R+r}}{\frac{L}{R+r}} \Rightarrow a = \frac{RE}{L}$

هل تتوافق قيمته مع البيان:

نظريا:  $a = \frac{20 \times 9}{0,06} = 3000$  أما بيانيا:  $a = \frac{9-0}{(3-0) \times 10^{-3}} = 3000$  ومنه القيمتان تتوافقان.

(2)  $U_b$  / عبارة التوتر:  $U_b = E - U_R$



ب/ حساب قيمة  $U_b$  من أجل  $t = 0$  و  $t \rightarrow \infty$ :

عند  $t = 0$ :  $U_R = 0$  أي:  $(U_b = E)$  أعظمي،  
 بالتالي:  $U_b = 9V$

عند  $t \rightarrow \infty$ : لدينا:  $U_R = 8V$  و:  
 $U_b = E - U_R \Rightarrow U_b = 1V$

ج/ رسم البيان  $U_b(t)$ :

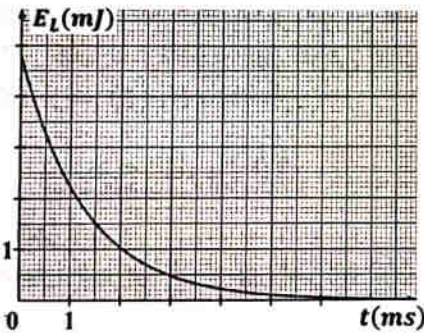
III. فتح القاطعة:

(1) حساب الطاقة في اللحظات:

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$$

| t(ms)      | 0   | 2,6   | $+\infty$ |
|------------|-----|-------|-----------|
| i(A)       | 0,4 | 0,148 | 0         |
| $E_L$ (mJ) | 4,8 | 0,65  | 0         |

(2) رسم البيان  $E_L(t)$ :



(3) نبين أن زمن تناقص طاقة الوشيعية يعطى بالعلاقة المعطاة:

لدينا عبارة الطاقة الأعظمية:  $E_{max} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_0^2$

ونعلم أن عبارة الطاقة عند  $t_{1/2}$  توافق:  $E(t_{1/2}) = \frac{E_{max}}{2}$  و (1)  $E(t) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot (i_0 \times e^{-t/\tau})^2$  ....

حيث:  $i = i_0 \cdot e^{-t/\tau}$  عند فتح القاطعة

و منه: (2)  $E(t_{1/2}) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_0^2 \cdot e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}}$  ....

من (1) و (2):

$$\frac{E_{max}}{2} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_0^2 \cdot e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_0^2 \cdot e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_0^2 \Rightarrow e^{-\frac{2t_{1/2}}{\tau}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{-2t_{1/2}}{\tau} = -\ln(2) \Rightarrow t_{1/2} = \tau \cdot \frac{\ln(2)}{2}$$

## التمرين 10:

ملاحظة: الجزأين A و B مستقلين.

الجزء A: نعتبر وشيعة  $(L, r)$ 

1) اكتب العبارة الحرفية للتوتر بين طرفي الوشيعة عندما يمر فيها تيار

كهربائي  $i(t)$  حيث  $U_{AB} = f(i)$ .2) يمر في الوشيعة تيار كهربائي شدته اللحظية  $i = 2t$  حيث  $i(A)$ و  $t(s)$  فيكون التوتر بين طرفي الوشيعة كما يلي:استنتج كل من مقاومة الوشيعة  $r$  وذاتيتها  $L$ .

الجزء B: نعتبر الدارة الكهربائية A, B, C, D المتكونة من:

• وشيعة  $(r = 10\Omega, L = 0,1H)$ • ناقل أومي  $(R = 90\Omega)$ • مولد مثالي  $(E = 10V)$ 

• قاطعة

1) في اللحظة  $t = 0$  نغلق الدارة، طبق قانون جمع التوترات في الدارة

2) اكتب المعادلة التفاضلية التي تخضع لها شدة التيار المار في الدارة.

الحل المقترح هو:  $i = A(1 - e^{-t/\tau})$ 

3) أوجد عبارة A، ماذا تمثل A؟ احسب قيمتها العددية.

4) أوجد عبارة ثابت الزمن  $\tau$  ثم احسب قيمته العددية.5) اكتب العبارة اللحظية  $i(t)$ 6) احسب شدة التيار الكهربائي في اللحظة  $t = 0,7 ms$ 7) اكتب عبارة التوتر بين طرفي الناقل الأومي  $U_R = U_{CD} = f(t)$ 8) ارسم  $U_R(t)$  باختصار.

## تصحيح التمرين 10:

(2) الجزء A:

1) العبارة الحرفية للتوتر بين أطراف الوشيعة:

$$U_{AB} = L \frac{di}{dt} + r \cdot i \dots (1)$$

لدينا: (2)  $i = 2t$  بتعويض (2) في (1):

$$U_{AB} = L \frac{d(2t)}{dt} + r \times 2t \Rightarrow U_{AB} = 2L + r \times 2t$$

$$U_{AB} = \alpha t + \beta \quad \text{ولدينا بيانياً:} \quad U_{AB} = r \times 2(t) + 2L \quad \text{نظرياً:}$$

$$\alpha = \frac{2,2 - 0,2}{0,10 - 0} = 20 \quad \text{و:} \quad \beta = 0,2 \quad \text{معناه:}$$

$$2r = 20 \Rightarrow r = 10\Omega \quad \text{بالمطابقة نجد:}$$

$$2L = 0,2 \Rightarrow L = 0,1 (H)$$

الجزء B:

1) قانون جمع التوترات:  $E = U_{BC} + U_{CD}$ 

2) من قانون جمع التوترات نجد:

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



(3) إيجاد عبارة  $A$ :  
 لدينا المعادلة التفاضلية:  $\frac{E}{L} = \frac{di}{dt} + \frac{(r+R)i}{L}$  مع:  $i = A(1 - e^{-t/\tau})$  و:  $\frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$   
 بالتعويض نجد:

$$\frac{E}{L} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{r+R}{L} \cdot A - \frac{r+R}{L} \cdot A \cdot e^{-t/\tau}$$

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

معناه:  $\frac{1}{\tau} - \frac{r+R}{L} = 0 \dots (1) \Rightarrow \frac{1}{\tau} = \frac{r+R}{L}$   
 حيث:  $A \cdot e^{-t/\tau} \neq 0$   
 ماذا يمثل  $A$ :-

لدينا:  $i = \frac{E}{r+R} (1 - e^{-t/\tau})$  حيث:  $A = \frac{E}{r+R}$

لما  $t \rightarrow +\infty$ : نعلم أن:  $i = i_0$  (أعظم قيمة للتيار) معناه:  $i_0 = \frac{E}{r+R} (1 - 0)$

وبالتالي:  $A = \frac{E}{r+R}$  فإن:  $A = i_0$

حساب قيمة  $A$ : توافق العظمى للتيار  $i_0$ :

$$i_0 = \frac{E}{r+R} = \frac{10}{90+10} \Rightarrow i_0 = 0,1 (A)$$

(4) إيجاد قيمة  $\tau$ : لدينا من السؤال السابق (1):

$$\frac{1}{\tau} = \frac{r+R}{L} \Rightarrow \tau = \frac{L}{R+r}$$

حساب قيمة  $\tau$ :

$$\tau = \frac{L}{r+R} = \frac{0,1}{90+10} = 0,001 (s)$$

(5) العبارة اللحظية لـ  $i(t)$ :

(6) حساب قيمة  $i$  لما  $t = 0,7 (ms)$

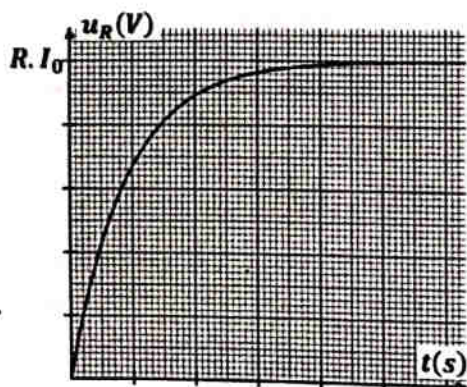
$$i(0,0007) = 0,1 \times \left( 1 - e^{\frac{-0,0007}{0,001}} \right) = 0,1 \times (1 - e^{-0,7}) = 5 \times 10^{-2} (A)$$

(7) عبارة  $U_R$ : نعلم:  $U_R = R \cdot i$

$$\Rightarrow U_R = R \cdot I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

(8) رسم المنحنى:

نلاحظ أن بيان  $U_R$  يماثل بيان التيار  $i$  ولدينا حسب عبارة التيار فإن بيان هذا الأخير يتزايد بشكل أسي.



النجاح يحققه فقط الذين يواصلون المحاولة بنظرة إيجابية للأشياء

## التمرين 11:

لدينا الدارة الموضحة في الشكل المتكونة من:

- ناقل أومي مقاومته  $R$ .- وشيعة مقاومتها الداخلية  $r$  وذاتيها  $L$ .- مولد كهربائي قوته المحركة  $E$ .

- فولطمتر و أمبيرمتر وأسلاك التوصيل.

(1) أعد رسم الدارة موضحا عليها جهة التيار والتوترات  $E, u_b, u_R$ .(2) عند اللحظة  $t' = 20ms$  تسلك الوشيعة سلوك المقاومة، عندئذ جهاز الأمبيرمتر يسجل القيمة  $200mA$  أما جهاز الفولطمتر فيسجل القيمة  $2V$ .أ/ ماذا تمثل القيم  $2V, 200mA, 20ms$ ؟ب/ استنتج كل من  $E$  و  $U_R$  وثابت الزمن  $\tau$ .ج/ أوجد قيمة  $R, r$  و  $L$ . يعطى:  $R + r = 30 \Omega$ .(3) لتكن  $t_1$  اللحظة التي تأخذ فيها الطاقة المغناطيسية المخزنة في الوشيعة القيمة  $E_1 = 12 \times 10^{-4} J$  أ/ برهن العلاقة التالية:

$$t_1 = -\frac{t'}{5} \ln \left( 1 - \sqrt{\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}} \right)$$

ب/ ماذا تمثل هذه اللحظة  $t_1$ ؟

ج/ احسب قيمتها بطريقتين.

## تصحيح التمرين 11:

(1) مخطط دارة التفريغ:

(2) أ/  $5\tau = 20ms$ : زمن النظام الانتقالي. $I_0 = 200mA$ : شدة التيار في النظام الدائم. $U_b = 2V$ : التوتر بين طرفي الوشيعة في النظام الدائم.ب/ استنتاج  $E$ :

$$E = I_0 \cdot (r + R) = 200 \times 10^{-3} \times 30 \Rightarrow E = 6V$$

استنتاج  $u_R$ :

$$E = u_R + u_b \Rightarrow u_R = E - u_b = 6 - 2 \Rightarrow u_R = 4V$$

استنتاج ثابت الزمن  $\tau$ :

$$\tau = \frac{t'}{5} = \frac{20}{5} = 4ms$$

ج/ إيجاد قيمة  $r$ :

$$u_b = r \cdot I_0 \Rightarrow r = \frac{u_b}{I_0} = \frac{2}{0,2} \Rightarrow r = 10(\Omega)$$

- إيجاد قيمة  $R$ :

$$R + r = 30 \Rightarrow R = 30 - r = 30 - 10 \Rightarrow R = 20\Omega$$

$$u_R = R \cdot I_0 \Rightarrow R = \frac{u_R}{I_0} = \frac{4}{0,2} = 20\Omega \quad \text{أو}$$

- إيجاد قيمة  $L$ :

$$\tau = \frac{L}{R + r} \Rightarrow L = \tau(R + r)$$

$$L = 30 \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow L = 0,12(H)$$



(3) / نبرهن على صحة العلاقة:

$$E_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 \quad \text{لدينا :}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right)^2 \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}\right)} = 1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

$$e^{-\frac{t_1}{\tau}} = 1 - \sqrt{\left(\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}\right)} \Rightarrow -\frac{t_1}{\tau} = \ln \left(1 - \sqrt{\left(\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}\right)}\right)$$

$$t_1 = -\tau \cdot \ln \left(1 - \sqrt{\left(\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}\right)}\right) \Rightarrow t_1 = -\frac{\tau}{5} \ln \left(1 - \sqrt{\frac{2E_1}{L \cdot I_0^2}}\right)$$

$$E_{max} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 = \frac{1}{2} \times 0,12 \times (0,2)^2 \Rightarrow E_{max} = 24 \times 10^{-4} \text{ (J)} \quad \text{ب) لدينا :}$$

ومنه:  $E_1 = \frac{E_{max}}{2}$  إذن  $E_1$  تمثل نصف قيمة الطاقة الاعظمية

$t_1$  هو الزمن الازم لبلوغ نصف الطاقة الأعظمية أي:  $t_1 = t_{1/2}$ .

ج/ حساب قيمة  $t_1$  الطريقة 1:

$$t_1 = -\frac{20 \times 10^{-3}}{5} \times \ln \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times 12 \times 10^{-4}}{0,12 \times 0,2^2}}\right) \approx 4,91 \times 10^{-3} \text{ s}$$

الطريقة 2: نعلم أن زمن حزين نصف الطاقة يعطى بالعلاقة:

$$t_1 = \tau \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} - 1}\right) = 4 \times 10^{-3} \times \ln \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} - 1}\right) \approx 4,91 \times 10^{-3} \text{ s}$$

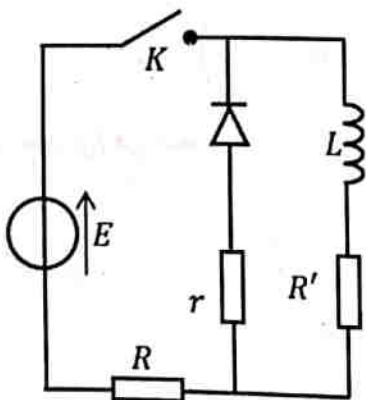
### التمرين 12:

بعد إنجاز الدارة الكهربائية المبينة في الشكل وإعطاء بعض قيم العناصر المكونة لها وهي  $R = 500 \Omega$  و  $R' = 100 \Omega$  و  $r = 10 \Omega$ ، نقوم بتسجيل تغيرات شدة التيار بدلالة الزمن لمرحلتي غلق وفتح القاطعة المتتاليين في الشكل.

(1) حدد على التوالي أي من المنحنيين يوافق غلق القاطعة والذي يوافق فتحها.

(2) اشرح دور الصمام في الدارة أثناء انقطاع التيار.

(3) اكتب المعادلة التفاضلية التي يحققها شدة التيار  $i(t)$  قبل فتح القاطعة



ب/ استنتج عبارة  $I_0$  الموافقة إلى قيمة شدة التيار خلال النظام الدائم

ج/ احسب قيمة  $I_0$ .

(4) بعد فتح القاطعة K بين أن شدة التيار الكهربائي تخضع إلى المعادلة التفاضلية التالية:

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{\tau} = 0$$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

شذائت

ثم عبر عن  $\tau$  بدلالة  $L, R', r$ .

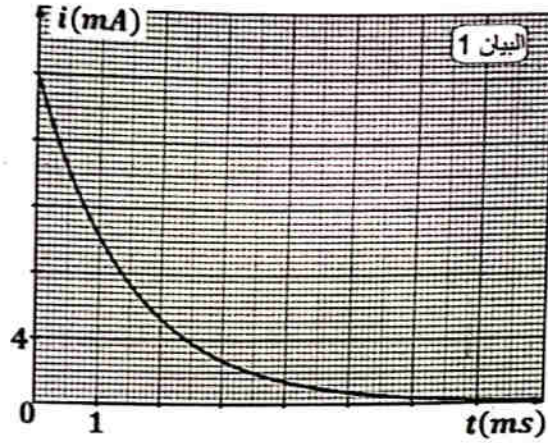
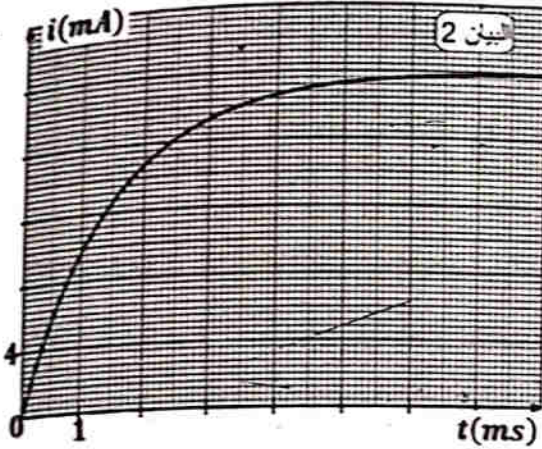
- (5) أ/ تحقق من أن  $i(t) = Ae^{-t/\tau}$  هو حل المعادلة التفاضلية السابقة.  
ب/ اعط عبارة  $A$  بدلالة ثوابت عناصر الدارة ثم احسبه واعط عبارة  $i(t)$ .  
ج/ استنتج عبارة  $i(t)$  وهل تتوافق مع المنحنى المعطى تجريبيا.

(6) أ/ ذكر بوحدة  $\tau$  وما هو اسم هذا المقدار.

ب/ حدد بيانيا وبطريقتين مختلفتين قيمة  $\tau$ .

ج/ استنتج قيمة ذاتية الوشاعة  $L$ .

- (7) أ/ عبر عن  $E_{bob}(t)$  بدلالة عناصر الدارة حيث  $E_{bob}(t)$  هي الطاقة المخزنة في الوشاعة  $L$  في لحظة  $t$ .  
ب/ ماهي قيمة الطاقة المخزنة في الوشاعة في النظام الدائم و اشرح كيفية تحول هذه الطاقة.



#### تصحيح التمرين 12:

(1) البيان 1  $\Leftarrow$  فتح القاطعة.

البيان 2  $\Leftarrow$  غلق القاطعة.

التعليل:

- عند غلق القاطعة: لما  $t = 0 (s)$  :  $i = 0 (A)$  وهذا ما يوافق البيان 2

- عند فتح القاطعة: لما  $t = 0 (s)$  :  $i = I_0$  وهذا ما يوافق البيان 1

(2) دور الصمام: عند فتح القاطعة يكون الصمام مستقطبا مستقطبا مباشرا يسمح بمرور التيار وتتفادى الشرارات الكهربائية بسبب التحريض الذاتي للوشاعة.

(3) أ/ المعادلة التفاضلية للدارة:

$$E = U_R + U_{R'} + U_L \Rightarrow E = R \cdot i + R' \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{L} = \frac{R + R'}{L} \cdot i + \frac{di}{dt}$$

وهي معادلة تفاضلية من الشكل:  $A = B \cdot y + y'$  حلها:  $y = \frac{A}{B} (1 - e^{-Bt})$

$$i = \frac{\frac{E}{L}}{\frac{R + R'}{L}} \left( 1 - e^{-\frac{R + R'}{L} t} \right) \Rightarrow i = \frac{E}{R + R'} \left( 1 - e^{-\frac{R + R'}{L} t} \right)$$

ب/ عبارة  $I_0$  في النظام الدائم:

$$I_0 = \frac{E}{R + R'}$$

ج/ قيمة  $I_0$ :

$$I_0 = \frac{12}{(100 + 500)} \Rightarrow I_0 = 0,02 (A)$$



(4) بعد فتح القاطعة نبين أن  $i$  يخضع إلى المعادلة التفاضلية المعطاة:

$$u_L + u_{R'} + u_r = 0 \quad \text{لدينا:}$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R' \cdot i + r \cdot i = 0 \quad \Rightarrow \quad L \cdot \frac{di}{dt} + (r + R') \cdot i = 0$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{(r + R')}{L} i = 0 \dots (1)$$

بالمطابقة مع المعادلة التفاضلية المعطاة نجد:  $\frac{1}{\tau} = \frac{r+R'}{L}$

بالتالي:  $\tau = \frac{L}{r + R'}$

$$(5) \text{ / التحقق: } i(t) = A \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{بالاشتقاق: } \frac{di}{dt} = -\frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية فنجد:  $-\frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} = 0$  ← محققة.  
ب/ عبارة A: لما  $t = 0$  (عند فتح القاطعة):

$$A = I_0 = \frac{E}{R + R'} = \frac{12}{500 + 100} \Rightarrow A = 0,02 \text{ (A)}$$

ج/ استنتاج عبارة  $i(t)$ :

$$i(t) = \frac{E}{R + R'} \cdot e^{-t/\tau} = 0,02 \cdot e^{-t/\tau}$$

نعم تتطابق مع البيان المعطى تجريبيا.

(6) أ/ وحدة  $\tau$ :

$$\begin{cases} U_R = R \cdot i \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]} \\ U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow [L] = \frac{[U] \cdot [T]}{[I]} \end{cases} \Rightarrow [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U][T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T]$$

اسمه ثابت الزمن.

ب/ استنتاج قيمة  $\tau$  بيانيا:

$$\text{الطريقة الأولى: } i(\tau) = 0,37 \times I_0 \Rightarrow \tau = 1,5 \text{ (ms)}$$

الطريقة الثانية: تقاطع المماس عند  $t = 0$  مع محور الفواصل.

ج/ استنتاج قيمة ذاتية الوشيعة  $L$ :

$$\tau = \frac{L}{R + R'} \Rightarrow L = \tau \cdot (R + R') = 1,5 \times 10^{-3} \times (100 + 10) = 0,165 \text{ (H)}$$

(7) أ/ التعبير عن  $E_{bob}$  بدلالة عناصر الدارة:

$$E_{bob} = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \Rightarrow E_{bob} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left( \frac{E}{R + R'} \right)^2 \cdot \left( e^{-\frac{R' + r}{L} t} \right)^2$$

$$\Rightarrow E_{bob} = \frac{1}{2} L \cdot \left( \frac{E}{R + R'} \right)^2 \cdot e^{-2 \frac{R' + r}{L} t}$$

ب/ في النظام الدائم (فتح القاطعة):

$$E_{bob} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \times 0,165 \times (0,02)^2 \Rightarrow E_{bob} = 3,3 \times 10^{-5} \text{ (J)}$$

تتحول هذه الطاقة إلى طاقة حرارية تظهر على المقاومات بمفعول جول.

قلبك ثلاثة أشخاص دخلو القهوة  
وقابلو مرايا ايا طلبو 6 قهوة

**التمرين 13:**

بغية التعرف على طبيعة ثنائي قطب مجهولين وكذا استنتاج مميزات كل منهما قمنا بما يلي:

- حققنا الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل.
- قمنا بالتجربتين التاليتين:

**التجربة الأولى:**

ربطنا بين النقطتين A و B ثنائي قطب  $X_1$  ثم وضعنا القاطعة في الوضع 2. وبعد ربط راسم الاهتزاز المهبطي بين النقطتين المعبرتين سابقا يظهر لنا على شاشة راسم الاهتزاز البيان 1 في الشكل.

**التجربة الثانية:**

ربطنا بين النقطتين A و B ثنائي قطب  $X_2$  ثم وضعنا القاطعة في الوضع 2. وبعد ربط راسم الاهتزاز المهبطي بين النقطتين المعبرتين سابقا يظهر لنا على شاشة راسم الاهتزاز البيان 2 في الشكل: وتبلغ شدة التيار العظمى المقدار 50 mA.

(1) بالاعتماد على البيانيين المرسومين في الشكل:

أ/ بين طبيعة كل ثنائي قطب مع التعليل.

ب/ استنتج قيمة  $\tau$  ثابت الزمن لكل ثنائي مدروس. وقيمة E

ج/ استنتج خواص كل منهما (المقادير المميزة).

(2) بتطبيق قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية للتيار الكهربائي  $i(t)$  المار في الدارة في التجربة الثانية.

(3) بين أن المعادلة التفاضلية تقبل حلا من الشكل:

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left( 1 - e^{-\frac{(R+r)}{L}t} \right)$$

(4) احسب قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة في ثنائي القطب هذا وذلك في حالة النظام الدائم في التجربتين.

**تصحيح التمرين 13:**

(1) أ/ نبين طبيعة كل ثنائي قطب:

$X_1$  ← مكثفة، لأن عند  $t = 0$  المكثفة تكون فارغة معناه  $U_C = 0$  وهو ما يناسب البيان 1.

$X_2$  ← وشيعة، لأن عند  $t = 0$  التوتر بين طرفي الوشيعة يكون أعظمي.

ب/ البيان 1:  $\tau_1 = 22 \text{ (ms)}$  حيث:  $\tau_1 = RC$

قيمة  $E = U_{C_{\max}} = 2,5 \text{ V}$

البيان 2:  $\tau_2 = 10 \text{ (ms)}$  حيث:  $\tau_2 = \frac{L}{R+r}$

ج/ استنتاج خواص كل منهما:

-حساب سعة المكثفة:

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{22 \times 10^{-3}}{30} \Rightarrow C = 7,3 \times 10^{-4} \text{ (F)}$$

-حساب ذاتية الوشيعة:

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau \cdot (R+r) \dots (1)$$

في النظام الدائم:

$$U_b = r \cdot i \Rightarrow r = \frac{U_b(5\tau)}{i} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} \Rightarrow r = 20 \text{ (}\Omega\text{)}$$

ومنه (1) تصبح:

$$L = \tau_2 \cdot (r + R) = 10 \times 10^{-3} \times (20 + 30) \Rightarrow L = 0,5 \text{ (H)}$$



(2) المعادلة التفاضلية للتيار  $i(t)$ :

$$E = U_R + U_{AB} = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i \Rightarrow \frac{E}{L} = i \cdot \frac{r+R}{L} + \frac{di}{dt}$$

(3) البرهان أن المعادلة التفاضلية تقبل حلا من الشكل المعطى:

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right) \dots (1) \quad \text{لدينا:}$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{E}{r+R} \left(-\frac{r+R}{L}\right) \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right) \dots (2)$$

بتعويض (1) و (2) في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{L} = \frac{E}{r+R} \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right) \cdot \frac{r+R}{L} + \frac{E}{r+R} \left(\frac{r+R}{L}\right) \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{E}{L} = \frac{E}{L} \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right) + \frac{E}{L} \left(1 - e^{-\frac{r+R}{L}t}\right) \Rightarrow 1 = 1 - e^{-\frac{r+R}{L}t} + e^{-\frac{r+R}{L}t}$$

ومنه الحل المعطى يحقق المعادلة التفاضلية.

(4) حساب قيمة الطاقة الكهربائية في النظام الدائم:

• في المكثف:  $E_C(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_C^2$  في النظام الدائم  $U_C = E$  معناه

$$E_C(5\tau) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2 = \frac{1}{2} \times 7,3 \times 10^{-4} \times 2,5^2 \simeq 2,28 \times 10^{-3} \text{ J}$$

• في الوشعة:

$$E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot (i(t))^2$$

في النظام الدائم  $i(t) = I_0$ 

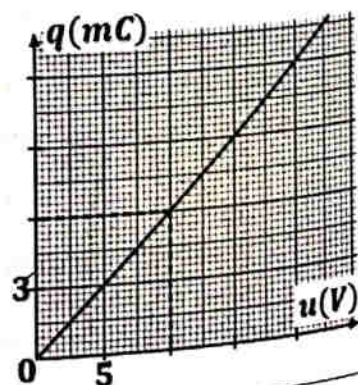
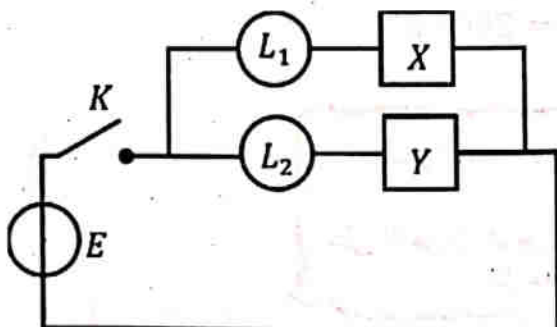
$$E_{Lmax} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 0,5 \times \left(\frac{2,5}{30+20}\right)^2 = 6,25 \times 10^{-4} \text{ J}$$

**التمرين 14:**

من أجل معرفة طبيعة ثنائيات قطب قدم الأستاذ لفوج من التلاميذ علبتين مغلقتين بإحكام ومتماثلتين تماما (هي على الترتيب:  $Y, X$ )، تحتوي إحدهما على مكثف وتحتوي الثانية على وشعة صرفة.

(1) قام الفوج بتركيب الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل 1 وعند غلق القاطعة لاحظوا:

- توهج المصباح الأول  $L_1$  تدريجيا.
- توهج المصباح الثاني  $L_2$  موقتا ثم انطفأوه.
- اعتمادا على الملاحظات السابقة، استنتج طبيعة ثنائي القطب التي تحتويه كل علبة مع التعليل.



## الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL-

ب/ قام أحد التلاميذ باستبدال كل مصباح بميلي لمبير متر ذي مؤشر، صف بدقة كيف ينحرف كل مؤشر مباشرة بعد غلق القاطعة.

(2) قام تلميذ ثالث بتركيب فولط متر ذو مؤشر على التفريغ مع كل علبة. صف بدقة كيف ينحرف كل مؤشر بعد غلق القاطعة.

(3) المكثفة السابقة تتميز بالمخطط  $q = f(U_C)$  المبين بالشكل، التوتر  $U_C$  بين طرفيها خلال الزمن تحقق المعادلة التفاضلية الآتية:

$$2U'_C + \left(\frac{10}{6}\right)U_C = 20$$

- استنتج  $C$  و  $\tau$  و  $E$  و  $R$ .

## تصحيح التمرين 14:

(1) أ/ استنتاج كل قطب:

العلبة  $X \leftarrow$  وشيعة. (لأنها تؤخر ظهور التيار فيتوهج المصباح تدريجيا).

العلبة  $Y \leftarrow$  مكثفة (عندما تشحن المكثفة لا تسمح بمرور التيار فينطفئ المصباح).

ب/ وصف المؤشر  $A$ :

$X \leftarrow$  يزداد انحراف المؤشر من قيمة معدومة إلى قيمة عظمى تدريجيا ثم يستقر.

$Y \leftarrow$  يقفز المؤشر إلى قيمة عظمى ثم يتناقص إلى أن ينعدم.

(2) وصف الفولتметр:

$X \leftarrow$  يقفز المؤشر إلى قيمة عظمى ثم يتناقص إلى أن ينعدم.

$Y \leftarrow$  ينحرف المؤشر من قيمة معدومة إلى قيمة عظمى تدريجيا.

(3) حساب  $R$  و  $E$  و  $\tau$  و  $C$ :

• حساب  $C$ : لدينا نظريا:  $Q = C \cdot U_C$

بياتيا:  $Q = \alpha \cdot U_C$

ومن  $C = \alpha$  حيث:  $\alpha = \frac{6 \times 10^{-3}}{10}$

أي:  $C = \alpha = 6 \times 10^{-4} F$

$$2U'_C + \frac{10}{6}U_C = 20$$

$$U'_C + \frac{10}{12}U_C = 10$$

فرضا:

$$\begin{cases} E = U_C + U_R \\ E = U_C + RC \cdot \frac{dU_C}{dt} \\ \frac{E}{RC} = \frac{1}{RC}U_C + U'_C \end{cases}$$

$$\frac{1}{RC} = \frac{10}{12} \Rightarrow \frac{RC}{E} = 10$$

ومن  $\tau = 1,2 s$

$$RC = 1,2$$

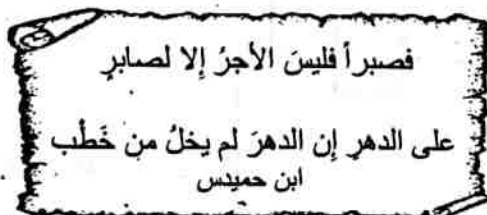
$$E = 12 V$$

بالمطابقة نجد:

• حساب  $R$ :

$$\tau = RC \Rightarrow R = \frac{\tau}{C}$$

$$R = \frac{1,2}{6 \times 10^{-4}} = 2000 \Omega$$

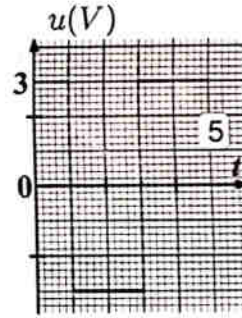
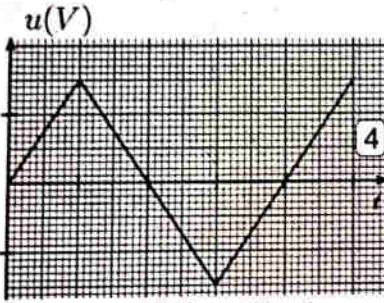
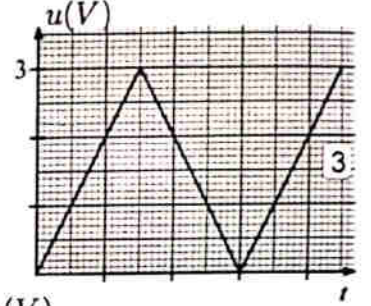
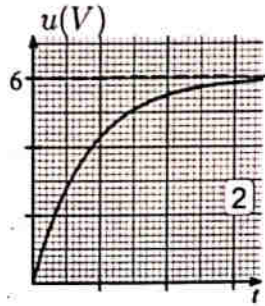
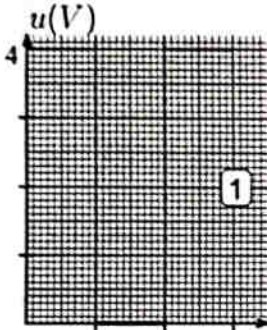
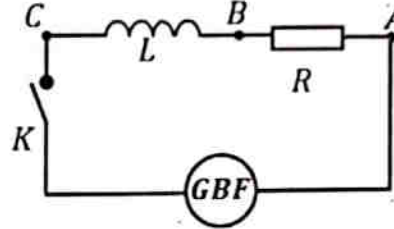
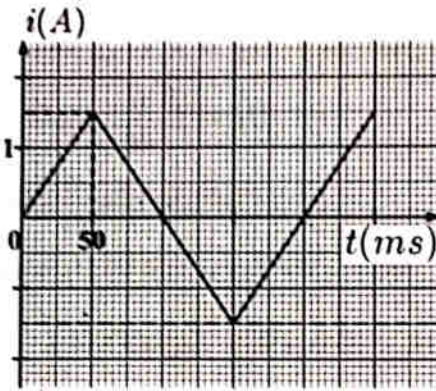




## التمرين 15:

يعطى مولد للتيار تياراً شدته تتغير على شكل أسنان المنشار ممثل في الشكل

(1) نغذي بواسطة هذا المولد الدارة الممثلة في المخطط والمتشكلة من ناقل أومي مقاومته  $R$  ووشية مقاومتها مهملة.



أ/ من بين البيانات الخمسة التالية يوجد بيان  $u_{AB}(t)$  وبيان يمثل  $u_{BC}(t)$ ، ما هما؟ مع التعليل.

ب/ احسب قيمة ذاتية الوشية  $L$

(2) نستبدل مولد التيار السابق بمولد للتوتر في الدارة السابقة، قوته المحركة الكهربائية  $E$  ومقاومته الداخلية مهملة. نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0$ .

أ/ اكتب المعادلة التفاضلية التي تخضع لها شدة التيار.

ب/ إذا علمت أن هذه المعادلة من الشكل  $\frac{di}{dt} + 10^3 i = 60$ ، حيث كل المقادير بوحدتها الدولية.

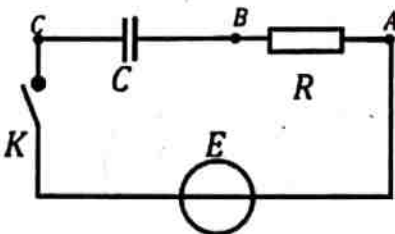
استنتج قيمتي  $R$  و  $E$ .

(3) نستبدل الوشية بمكثفة سعتها  $C = 100 \mu F$  غير مشحونة. ونغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$ .

أ/ بعد كم من الوقت يمكن أن نقول أن المكثفة قد تم شحنتها؟

ب/ احسب أعظم طاقة يمكن أن تخرجها المكثفة

ج/ أعد رسم الدارة الكهربائية مبينا كيفية ربطها لرأس اهتزاز مهبطي ذي مدخلين، وذلك من أجل مشاهدة التوترين  $u_{AB}$  و  $u_{BC}$ .



لا تكن كجرس المدرسة إن لم يرن يفقده الجميع  
ولا تكن كالمعلم إذا غاب كان كيوم العيد

تصحيح التمرين 15:

(1) / تعيين البيانات:

نعلم أن  $U_R = R \cdot i$  و منه البيان  $U_R$  يمثل بيان  $i$  و منه البيان 4 هو الذي يمثل  $U_{AB}(t)$

لدينا:  $U_b = L \cdot \frac{di}{dt}$  و منه البيان  $U_b$  يمثل بيان  $\frac{di}{dt}$

حيث  $\frac{di}{dt}$  يمثل ميل البيان  $i$  أي  
ومنه  $U_b$  إما نوبة موجبة أم نوبة سالبة  
$$\frac{di}{dt} = \begin{cases} +\alpha \\ -\alpha \end{cases}$$
  
$$U_b = \begin{cases} +\alpha \cdot L \\ -\alpha \cdot L \end{cases}$$

وعليه البيان 5 هو الذي يمثل  $U_{BC}$

ب/ البحث عن  $L$ :

لدينا من البيان 5:  $U_b = U_{BC} = +\alpha \cdot L = 3$  أو:  $U_{BC} = -\alpha \cdot L = -3$  إذن:  $L = \frac{3}{\alpha}$

- إيجاد  $\alpha$ :  $\alpha = \frac{di}{dt} = \frac{1,5-0}{50 \times 10^{-3}-0} \Rightarrow \alpha = 30$  ومنه:  $L = 0,1 (H)$

(2) / المعادلة التفاضلية:  $E = U_{AB} + U_{BC}$  و:  $\frac{E}{L} = \frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i$

ب/ بالمطابقة مع المعادلة التفاضلية نجد:  $60 = \frac{di}{dt} + 10^3 \cdot i$

ومنه:  $\frac{E}{L} = 60 \Rightarrow E = 60 L$

و:  $E = 60 \times 0,1 \Rightarrow E = 6 (V)$  وأيضا:  $R = 10^3 L \Rightarrow R = 100 (\Omega)$

و:  $R = 10^3 \times 0,1 \Rightarrow R = 100 (\Omega)$

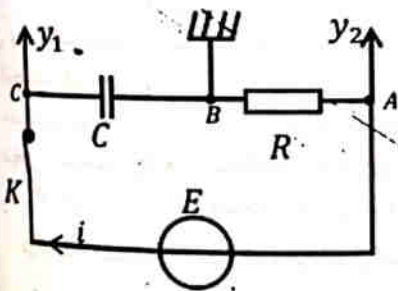
3- / يتم شحن المكثف عمليا عند  $5\tau$ :

$t = 5\tau = 5 \times (RC) \Rightarrow t = 0,05 (s)$

ب/ حساب  $E_{max}$ :

$$E_{max} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot E^2 \Rightarrow E_{max} = 1,8 \times 10^{-3} (J)$$

ج- رسم الدارة الكهربائية:

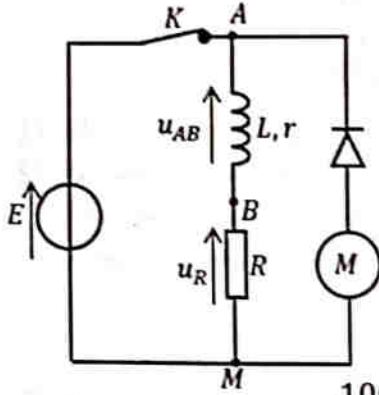


- يسافر تاجر لجلب مختلف البضائع من أجل توفير كل ما يحتاجه زبائنه، وقد قرر في رحلته هذه جلب فاكهة جوز الهند.  
في رحلته الطويلة سيتنقل و هو يحمل معه 3 أكياس، كل كيس يحتوي على 30 حبة من جوز الهند.  
الكيس الواحد لا يحمل أكثر من 30 حبة من جوز الهند.  
على الطريق الذي يمر به التاجر هناك 30 نقطة تفتيش.  
على مستوى كل نقطة تفتيش يجب عليه تقديم 1 حبة من جوز الهند على كل كيس يحمله.  
الغرض: كم سيبقى لديه من حبات جوز الهند بعد اجتيازه لكل نقاط التفتيش؟



### التمرين 16:

نحقق الدارة الموضحة في الشكل حيث:  $L = 2H$ ,  $r = 10\Omega$ ,  $R = 100\Omega$ ,  $E = 12V$ .  
 محرك مقاومته الداخلية مهملة مربوط ببكرة (تدور دون احتكاك)، تسمح برفع كتلة  $m = 10g$ .  
 نغلق القاطعة K لمدة زمنية كافية للوصول إلى نظام دائم



- (1) هل المحرك يدور؟ لماذا؟
- (2) أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار  $i(t)$  عند غلق القاطعة.
- (3) إذا علمت أن حلها  $i(t) = I_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$  جد عبارة كل من  $I_0$  و  $\tau$  بدلالة ثوابت الدارة.
- (4) احسب قيمة  $\tau$  ثم أثبت أنه متجانس مع الزمن.
- (5) احسب الطاقة المخزنة في الوشيعه؟
- (6) تفتح القاطعة فنلاحظ ارتفاع الكتلة  $m$  بمسافة قدرها  $h$ .  
 أ/ هل يمكنك تبرير دوران المحرك؟  
 ب/ إلى أي ارتفاع يمكن رفع الكتلة  $m$  باعتبار مردود التحويل الطاقوي 100%.  
 ج/ التجربة تبين أن الكتلة ارتفعت علو أقل من الموجود في السؤال (ب).  
 هل يمكنك تبرير السبب؟

### تصحيح التمرين 16:

- (1) لا يدور المحرك لأنه التيار لا يمر في فرع المحرك الصمام منقطب عكسياً.
- (2) إيجاد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار  $i(t)$  عند غلق القاطعة.

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

(3) عبارة  $I_0$  و  $\tau$ :

$$I_0 = \frac{E}{R+r}$$

$$\tau = \frac{L}{R+r}$$

(4) حساب  $\tau$ :

$$\tau = \frac{2}{110} \approx 0,018 \text{ s}$$

إثبات أنه متجانس مع الزمن:

$$\begin{cases} U_R = R \cdot i \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]} \\ U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow [L] = \frac{[U] \cdot [T]}{[I]} \end{cases} \Rightarrow [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U][T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T]$$

(5) حساب  $E_{max}$ :

$$E_{max} = \frac{1}{2} \times L \times I_0^2$$

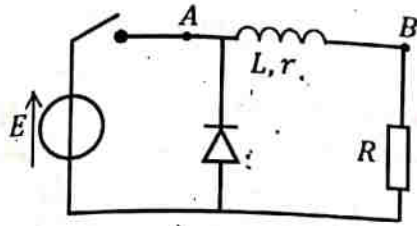
$$E_{max} = \frac{1}{2} \times 2 \times \left(\frac{12}{110}\right)^2 = 0,01 \text{ (J)}$$

- (6) أ/ عند فتح القاطعة تحرر الوشيعه الطاقة التي خزنتها وهذا يؤدي إلى دوران المحرك الصمام مستقطب  
 استقطاب مباشر  
 ب/ حساب  $h$ :

$$E_{max} = E_{pp}$$

$$E_{max} = m \times g \times h \Rightarrow h = \frac{E_{max}}{m \times g} = \frac{0,01}{10 \times 10^{-3} \times 10} = 0,1 \text{ (m)}$$

ج/ نبرر ذلك بأن بعض الطاقة المخزنة ضاعت على شكل حرارة بفعل جول في المقاومة.



## التمرين 17:

نحقق التركيب الموضح في الشكل:

$$\begin{aligned} r &= 8\Omega \\ R &= 10\Omega \\ E &= 9V \\ L &= 0,05H \end{aligned}$$

- (1) نغلق القاطعة  $k$  ما هي في النظام الدائم قيمة شدة التيار  $I_0$  المار في الدارة؟
- (2) عند اللحظة  $t = 0$  نفتح القاطعة.

أ/ اكتب المعادلة التفاضلية بدلالة التوتر بين طرفي الناقل الأومي  $u_R$ .

ب/ تحقق من أن حل المعادلة التفاضلية هو من الشكل

$$u_R = A \cdot e^{-\frac{t}{\alpha}}$$

حيث  $A$  و  $\alpha$  ثوابت يطلب تعيينها.

- (3) ليكن  $t_1$  الزمن اللازم لـ  $u_R$  للوصول إلى 90% من قيمته العظمى.

و  $t_2$  الزمن اللازم لـ  $u_R$  للوصول إلى 10% من قيمته العظمى.

عبر عن  $t_d = t_2 - t_1$  بدلالة  $\tau$ .

- (4) انطلاقاً من المنحنى البياني  $u_R = f(t)$  الممثل:

أوجد قيمة  $t_1$  و  $t_2$  ثم احسب  $t_d$  واستنتج قيمة  $\tau$ .

- (5) تأكد من هذه القيمة بطريقة أخرى.

## تصحيح التمرين 17:

- (1) حساب  $I_0$ :

$$I_0 = \frac{E}{R + r} = \frac{9}{18} = 0,5 \text{ (A)}$$

- (2) أ/ كتابة المعادلة التفاضلية:

$$U_b + U_R = 0$$

$$L \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{di}{dt} + \frac{(r + R)}{L} \cdot i = 0$$

بالضرب في  $R$  نجد:

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{(r + R)}{L} u_R = 0$$

ب/ تعيين  $A$  و  $\alpha$ :

$$\frac{du_R}{dt} = -\frac{A}{\alpha} e^{-t/\alpha}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$-\frac{A}{\alpha} e^{-t/\alpha} + \frac{(r + R)}{L} A \cdot e^{-\frac{t}{\alpha}} = 0$$

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\alpha}} \left( -\frac{1}{\alpha} + \frac{(r + R)}{L} \right) = 0$$

$$-\frac{1}{\alpha} + \frac{(r + R)}{L} = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{L}{R + r}$$

إيجاد  $A$ : من الشروط الابتدائية:

$$u_R(0) = R \cdot I_0$$



$$R \cdot I_0 = A \cdot e^0 \Rightarrow A = R \cdot I_0$$

$$u_R = R \cdot I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

(3) عبارة  $t_d$  بدلالة  $t_1$  و  $t_2$ :

عند  $t = t_1$ :

$$u_R(t_1) = R \cdot I_0 \cdot e^{-t_1/\tau}$$

$$\frac{90}{100} R \cdot I_0 = R \cdot I_0 \cdot e^{-t_1/\tau}$$

$$\frac{9}{10} = e^{-t_1/\tau} \Rightarrow \ln(0,9) = -\frac{t_1}{\tau} \Rightarrow t_1 = -\tau \cdot \ln(0,9)$$

عند  $t = t_2$ :

$$u_R(t_2) = R \cdot I_0 \cdot e^{-t_2/\tau}$$

$$\frac{10}{100} R \cdot I_0 = R \cdot I_0 \cdot e^{-t_2/\tau}$$

$$\frac{1}{10} = e^{-t_2/\tau} \Rightarrow \ln(0,1) = -\frac{t_2}{\tau} \Rightarrow t_2 = -\tau \cdot \ln(0,1)$$

عبارة  $t_d$ :

$$t_d = t_2 - t_1 \Rightarrow t_d = -\tau \cdot \ln(0,1) + \tau \cdot \ln(0,9) = \tau \left( \ln \frac{0,9}{0,1} \right) = \tau \cdot \ln(9)$$

(4) حساب  $t_d$  من البيان لدينا:

$$t_1 = 0,5 \text{ (ms)} ; t_2 = 6,5 \text{ (ms)}$$

$$t_2 - t_1 = 6 \text{ (ms)} \Rightarrow \tau \cdot \ln(9) = 6 \text{ ms}$$

$$\tau = 2,73 \text{ ms}$$

(5) التأكد من قيمة  $\tau$  بطريقة أخرى:

$$\tau = \frac{L}{R + r} = \frac{0,05}{10 + 8} \approx 2,7 \text{ (ms)}$$

تتوافق مع القيمة السابقة

### التمرين 18:

نفذ دائرة بواسطة مولد للتوترات المنخفضة ( $G, B, F$ ) يقدم توتر متناوب على شكل مثلثي متناظر (triangulaire symétrique) نربط هذا المولد على التسلسل مع وشيعة ذاتيتها ( $L$ ) ومقاومتها مهملة وناقل

أومي مقاومته  $R = 2000 \Omega$

(1) أ/ ما هو المقدار الكهربائي المشاهد على المدخل ( $A$ )؟ وما هو المشاهد على المدخل ( $B$ )؟

ب/ ضبط راسم الاهتزاز المهبطي على:

- الحساسية الشاقولية مدخل  $A$ :  $200 \text{ mV/division}$

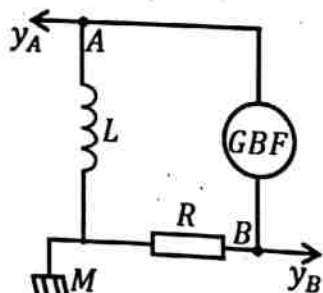
- الحساسية الشاقولية مدخل  $B$ :  $5 \text{ V/division}$

- مدة المسح الأفقي:  $1 \text{ ms/division}$

بعد ضبط المستوى (0) للمدخلين (الشكل أ).

المنحنيات المتحصل عليها ممثلة في (الشكل ب).

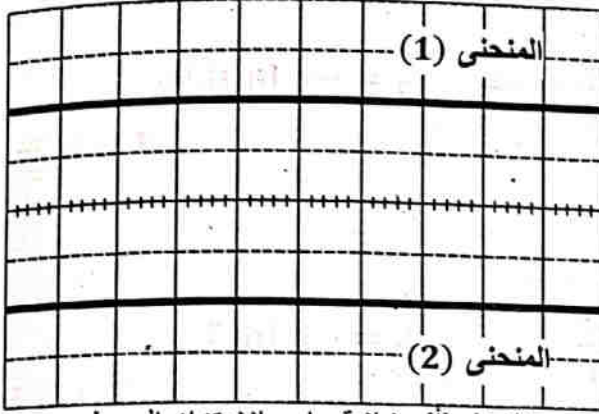
ج/ احسب تواتر التوتر المقدم من طرف المولد.



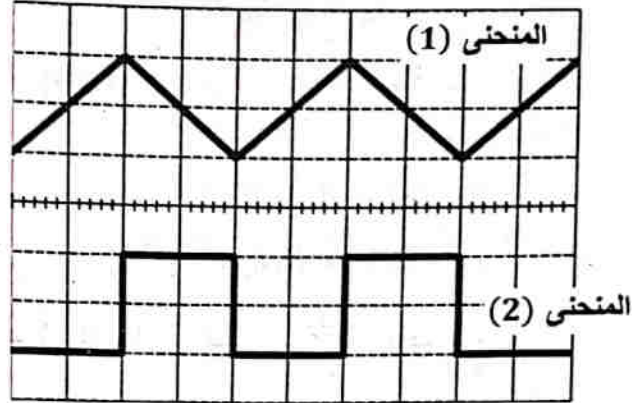
(2) أ/ اكتب العلاقة بين التوتر  $U_{AM}$  بين طرفي الوشعة والذاتية ( $L$ ) وشدة التيار  $i$  المار في الدارة.  
ب/ استنتج العلاقة:

$$U_{AM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_{BM}}{dt}$$

حيث  $U_{BM}, U_{AM}$  على الترتيب التوتر بين طرفي الوشعة والناقل الأومي.  
ج/ حدد من بين المنحنيات المتحصل عليها في الشكل (ب) المنحنى الموافق للمدخل ( $A$ )، والمنحنى الموافق للمدخل ( $B$ ).



الشكل (أ): شاشة راسم الاهتزاز المهبطي قبل غلق القاطعة



الشكل (ب): شاشة راسم الاهتزاز المهبطي بعد غلق القاطعة

(3) باستعمال ضبط راسم الاهتزاز المهبطي  
أ/ عين القيم الحدية للتوتر  $U_{AM}$  بين طرفي الوشعة.

ب/ انطلاقاً من نصف الدور الأول لمنحنيات شكل (ب) احسب المقدار  $\frac{dU_{BM}}{dt}$

(4) أ/ استنتج اعتماداً على السؤالين (2) و (3) القيمة العددية للنسبة  $\tau = L/R$ .  
ب/ استنتج قيمة الذاتية  $L$ .

### تصحيح التمرين 18:

(1) المقدار المشاهد على المدخل  $A$  هو  $U_{AM}$ .

المقدار المشاهد على المدخل  $B$  هو  $U_{BM}$ .

حساب التواتر (مقلوب الدور)  $T$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 250 \text{ (Hz)}$$

(2) أ/ عبارة  $U_{AM}$ :

$$U_{AM} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$U_{MB} = U_R = R \cdot i(t)$$

ب/ استنتج العلاقة:

$$i(t) = \frac{U_{MB}}{R} \quad \text{ومنه}$$

$$i(t) = \frac{-U_{BM}}{R}$$

$$U_{MB} = -U_{BM}$$

$$U_{AM} = L \cdot \frac{d\left(\frac{-U_{BM}}{R}\right)}{dt}$$

أي:

$$U_{AM} = \frac{-L}{R} \times \frac{d(U_{BM})}{dt}$$

لا يصل الناس إلى حديقة  
النجاح دون أن يمروا بمحطات  
التعب والفشل واليأس



لأن: اشتقاق إشارة مثلثة يعطي إشارة مربعة.

ج/ المنحنى 1 يمثل  $y_B$   
المنحنى 2 يمثل  $y_A$   
(3) أ/ القيم الحدية لـ  $U_{AM}$ :

$$\begin{cases} U_{AM} = -200(mV) \\ U_{AM} = 200(mV) \end{cases}$$

ب/ حساب  $\frac{dU_{BM}}{dt}$ :

$$\frac{dU_{BM}}{dt} = \frac{\Delta U_{BM}}{\Delta t} = \frac{5}{10^{-3}} = 5000$$

(4) استنتاج قيمة  $\tau$ :

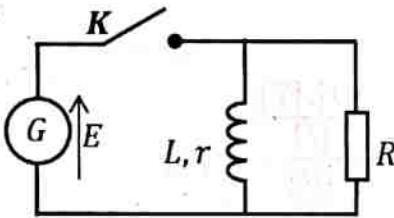
$$U_{AM} = \frac{-L}{R} \times \frac{d(U_{BM})}{dt} \Rightarrow U_{AM} = -200 \times 10^{-3} (V)$$

$$-\frac{L}{R} \times 5000 = -200 \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{L}{R} = \frac{200 \times 10^{-3}}{5000} \Rightarrow \frac{L}{R} = 4 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow \tau = 4 \times 10^{-5} (S)$$

$$\tau = \frac{L}{R} \Rightarrow L = \tau \cdot R \Rightarrow L = 4 \times 10^{-5} \times 2000 = 0,08 (H)$$

استنتاج  $L$ :



### التمرين 19:

تعطى الدارة الموضحة في الشكل الجانبي:

المولد مثالي له قوة محركة  $E = 4,0 V$

الوشية خصائصها  $(L = 0,8 H, r = 8,0 \Omega)$

الناقل الأومي  $(R = 1,0 k\Omega)$

(1) القاطعة مغلقة وتحقق النظام الدائم.

أ/ اكتب عبارة التوتر  $U_b$  بين طرفي الوشية بدلالة شدة التيار  $I_b$  الذي يجتاز الوشية، احسب عندئذ  $I_b$ .

ب/ احسب شدة التيار  $I_R$  الذي يجتاز الناقل الأومي.

ج/ استنتج شدة التيار الذي يجتاز المولد.

(2) في اللحظة  $t = 0$  نقوم بفتح القاطعة.

أ/ اكتب المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة، إذا علمت أن حل المعادلة التفاضلية من

الشكل:  $i(t) = Ae^{-Bt}$  أعط عبارة  $A$  و  $B$  بدلالة خصائص الدارة.

ب/ كيف نسمي الثابت  $\frac{1}{B}$  مبينا وحدته في النظام الدولي؟

ج/ أعط عبارة التوتر  $U_R(t)$  بين طرفي الناقل الأومي.

د/ احسب قيمة  $U_R$  مباشرة بعد فتح القاطعة.

### تصحيح التمرين 19:

$$u_b = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i \quad (1) \quad \text{أ/ لدينا}$$

$$i = I_b \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0 \quad \text{لكن لدينا في النظام الدائم}$$

$$\Rightarrow U_b = r \cdot I_b$$

- حساب  $I_0$ :

$$I_b = \frac{U_b}{r} = \frac{E}{r} \Rightarrow I_b = \frac{4}{8} = 0,5 (A)$$

لدينا:

ب/ حساب  $I_R$ :

$$U_R = R \times I_R \Rightarrow I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{E}{R} \Rightarrow I_R = \frac{4}{10^3} = 4 (mA)$$

ج/ شدة التيار الذي يجتاز المولد:

$$I = I_b + I_R \Rightarrow I = 0,5 + 0,004 = 0,504 \text{ (A)}$$

(2) أ/ عند فتح القاطعة: المعادلة التفاضلية:

$$U_R + U_b = 0 \Rightarrow L \frac{di}{dt} + r \times i + R \times i = 0$$

$$L \frac{di}{dt} + (r + R)i = 0 \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{r + R}{L} \times i = 0$$

لدينا: لما  $t = 0$ :

$$i = i_b \dots \dots (1)$$

$$i(0) = A \cdot e^0 \Rightarrow i(0) = A \dots \dots (2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد:

$$i_b = A \quad \text{إيجاد } B: \frac{di}{dt} = -A \cdot B e^{-Bt}$$

نعوض فنجد

$$-A \cdot B e^{-Bt} + \frac{R+r}{L} A \cdot e^{-Bt} = 0 \Rightarrow \left( -B + \frac{R+r}{L} \right) A \cdot e^{-Bt} = 0$$

$$\Rightarrow B = \frac{R+r}{L}$$

ب/ هو ثابت الزمن  $\frac{1}{B}$ .

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U] \cdot [T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T]$$

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} \quad \text{أي} \quad R = \frac{U}{I} \quad \text{لأن:}$$

$$[L] = \frac{[U] \cdot [T]}{[I]} \quad \text{أي} \quad U_b = L \cdot \frac{di}{dt} \quad \text{و}$$

ج/

$$U_R = R \cdot i_b \Rightarrow U_R = R \times \frac{E}{r} \cdot e^{-t/\tau}$$

د/ لما  $t = 0$ :

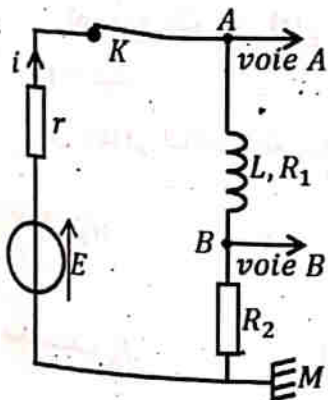
$$U_R = \frac{10^3 \times 4}{8} = 500 \text{ (V)}$$

**التمرين 20:**

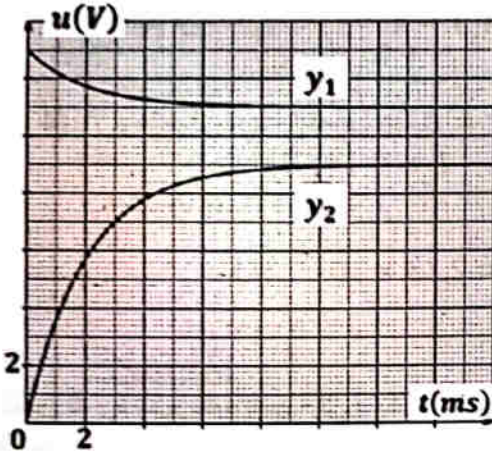
نربط على التسلسل عمود قوته المحركة الكهربائية  $E$  ومقاومته الداخلية  $r$ ، قاطعة  $K$ ، وشيعة ذاتيتها  $L$  مقاومتها الداخلية  $R_1$  وناقل أومي مقاومته  $R_2 = 50 \Omega$  جهاز كمبيوتر نصله بالدائرة بشكل مناسب يسمح بتسجيل قيم التوترات بدلالة الزمن.

(1) عند اللحظة  $t = 0$ ، نغلق القاطعة  $K$  ونبدأ بالتسجيل. فنحصل علىالمنحنيين  $y_1 = f(t)$  و  $y_2 = g(t)$  انظر الشكل.أ/ ما هي المقادير الكهربائية المشاهدة على المدخلين  $A$  و  $B$ ؟حدد إذن  $y_1$  و  $y_2$  مع التبرير.ب/ انطلاقاً من المنحنى المماثل لتغيرات  $i$  شدة التيار في الدائرة اشرح

السلوك الكهربائي للوشيعة.







ج/ أعط قيمة القوة المحركة الكهربائية  $E$  للعمود.

2/ عندما نصل للنظام الدائم الشدة  $i$  تأخذ القيمة  $I_p$ .

أ/ أعط العبارة الحرفية للتوترات  $u_{AB}$ ,  $u_{AM}$  و  $u_{BM}$ .  
ب/ مستعينا بمنحنيات الشكل بين أن الوشعية لها مقاومة  $R_1$  غير معدومة.

ج/ احسب: - الشدة  $I_p$

- المقاومة الداخلية  $r$  للعمود.

- المقاومة  $R_1$  للوشعية.

3/ الدارة المدروسة يمكن أن نميزها بثابت الزمن  $\tau$  الذي

يسمح بتقييم الزمن اللازم للوصول للنظام الدائم في

الدارة. من أجل  $RL$  نضع  $\tau = L/R$ .

4/ نقبل أن إذا كان  $i$  شدة التيار في الدارة عند اللحظة  $t$  فإن:

$$i = A[1 - \exp(-t/\tau)]$$

اثبت أن  $A$  تساوي إلى  $I_p$

5/ أ/ أعط قيمة  $\tau$  المحددة ببيانها.

ب/ استنتج قيمة الذاتية  $L$  للوشعية واحسب الطاقة المخزنة فيها عند الوصول إلى النظام الدائم.

### تصحيح التمرين 20:

$$U_{BM} = U_{R_2} : \text{أ/ المدخل B} \quad (1)$$

$$U_{AM} = U_{R_2} + U_b = E - r \times i(t) : \text{المدخل A}$$

$$U_{AM} = E ; \quad i = 0 ; \quad t = 0 \quad \text{البيان } y_1 \text{ يوافق المدخل A.}$$

$$U_R = 0 ; \quad i = 0 ; \quad t = 0 \quad \text{البيان } y_2 \text{ يوافق المدخل B.}$$

ب/ التوتر  $U_{BM}$  يمثل التوتر بين الطرفين  $R_2$  و الذي يسمح لنا بمشاهدة شدة التيار لأن  $U_{BM} = R_2 \cdot i(t)$  التيار يزداد تدريجيا إلى أن يصل إلى قيمة عظمى ثابتة ومنه الوشعية تُوخِر أو تعاكس ظهور التيار في الدارة.

$$U_{BM} = 0 ; \quad i = 0 ; \quad t = 0 \quad \text{ج/ لما}$$

$$U_{AM} = E = 13 \text{ (V)} \quad \text{منه}$$

2/ أ/ العبارة الحرفية:

$$U_{AM} = E - r \times I_p \quad \Rightarrow \quad U_{AB} = L \cdot \frac{di}{dt} + R_1 \times i = R_1 \times I_p$$

$$U_{BM} = R_2 \times I_p$$

$$U_{AM} = 11 \text{ (V)} ; \quad U_{BM} = 9 \text{ (V)} : \text{ب/ في النظام الدائم : قانون جمع التوترات:}$$

$$U_{AM} = U_{AB} + U_{BM} \Rightarrow U_{AB} = U_{AM} - U_{BM} = 11 - 9 \Rightarrow U_{AB} = 2 \text{ (V)}$$

$$U_{AB} = R_1 \times I_p = 2 \text{ (V)} \Rightarrow R_1 \neq 0$$

ج/ إيجاد  $I_p$ :

$$U_{BM} = R_2 \times I_p = 50 \times I_p \Rightarrow I_p = \frac{9}{50} = 0,18 \text{ (A)}$$

$$U_{AB} = E - r \times I_p = 13 - r \times 0,18 = 11 \Rightarrow r = \frac{13 - 11}{0,18} = 11,11 \text{ (}\Omega\text{)}$$

إيجاد  $R_1$ :

$$U_{AB} = R_1 \times I_p = 2 \text{ (V)} \Rightarrow R_1 = \frac{2}{0,18} = 11,11 \text{ (}\Omega\text{)}$$

## الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

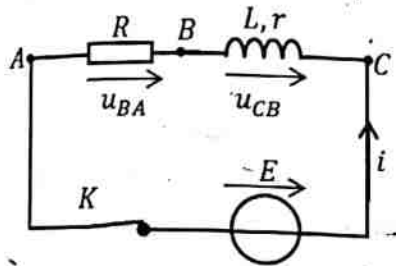
$$R = R_{eq} = R_1 + R_2 + r \Rightarrow R = R_{eq} = 72,22 (\Omega) \quad \tau = \frac{L}{R} \quad / \quad (3)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} i = I_p \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} A(1 - e^{-t/\tau}) = I_p \quad \text{ب/ نعلم أن:}$$

$$\Rightarrow A = I_p$$

$$L = \tau \times R_{eq} = 2 \times 10^{-3} \times 72,22 \Rightarrow L = 0,14 (H) \quad \text{ب/ باستعمال طريقة المماس عند } t = 0 \quad \text{نجد } \tau = 2 (ms)$$

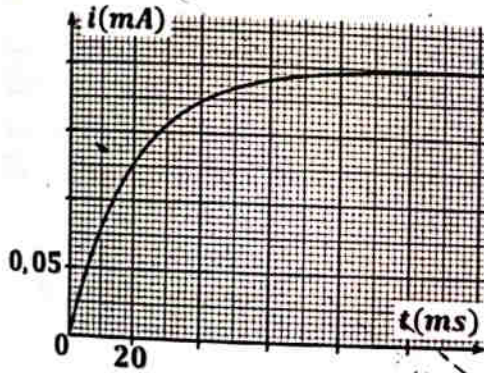
$$\xi = \frac{1}{2} L \cdot I_p^2 = \frac{1}{2} \times 0,14 \times (0,18)^2 = 2,33 \times 10^{-3} (J) \quad \text{ب/ حساب الطاقة المخزنة:}$$



التمرين 21:  
تتكون الدارة الكهربائية المبينة في الشكل من العناصر التالية الموصولة على التسلسل:

- مولد كهربائي توتره  $E$ .
- وشيعة مقاومتها  $r = 10 \Omega$  وذاتيها  $L$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 40 \Omega$ .
- قاطعة  $k$ .

نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$ ، نحصل بتجهيز معين على المنحنى البياني الذي يمثل شدة التيار الكهربائي المار في الدارة مع مرور الزمن  $i = f(t)$



- (1) بتطبيق قانون جمع التوترات أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار الكهربائي.
- (2) المعادلة التفاضلية تقبل حلا من الشكل:  
 $i(t) = Ae^{-m \cdot t} + b$   
حيث:  $A$ ;  $m$ ;  $b$  ثوابت يطلب تعيينها.
- (3) اكتب عندئذ عبارة  $i(t)$  ثم استنتج من قانون جمع التوترات أن عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة  $U_L$  في النظام الدائم تعطى بالعلاقة:

$$U_L = \frac{E \cdot r}{r + R}$$

- (4) أوجد شدة التيار في النظام الدائم  $I_0$  ثم استنتج توتر المولد  $E$  وقيمة  $U_L$ .
- (5) بين بالتحليل البعدي أن ثابت الزمن  $\tau$  متجانس مع الزمن ثم عينه بيانيا.
- (6) احسب ذاتية الوشيعة  $L$ .
- (7) احسب الطاقة المخزنة في الوشيعة عند  $t = \tau$  و  $t = 5\tau$ .  
ثم أعط تمثيلا كفيلا لـ:  $E_L = f(t)$ .

## تصحيح التمرين 21:

- (1) بتطبيق قانون جمع التوترات:

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

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

- (2) المعادلة التفاضلية تقبل حلا:  $i(t) = Ae^{-mt} + b$  منه:  $\frac{di}{dt} = -Ame^{-mt}$

$$\text{عند } t = 0 \quad i = 0 \quad \text{أي: } 0 = A + b \Rightarrow A = -b$$



نعوض في  $\frac{E}{L} = \frac{di}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right)i$  فنجد:  $\frac{E}{L} = -Ame^{-mt} + \frac{R+r}{L}(Ae^{-mt} - A)$

$$\frac{E}{L} = -Ame^{-mt} + A\left(\frac{R+r}{L}\right)e^{-mt} - A\left(\frac{R+r}{L}\right)$$

$$\Rightarrow 0 = -\frac{E}{L} - A\left(\frac{R+r}{L}\right) - Ame^{-mt} + A\left(\frac{R+r}{L}\right)e^{-mt}$$

إذن:  $0 = e^{-mt}\left(-Am + A\left(\frac{R+r}{L}\right)\right)$  و  $0 = -\frac{E}{L} - A\left(\frac{R+r}{L}\right)$

$$E = -A(R+r) \quad \text{و} \quad 0 = \left(-m + \left(\frac{R+r}{L}\right)\right)$$

أي:  $m = \frac{R+r}{L}$  و  $A = \frac{-E}{R+r}$  منه  $b = \frac{E}{R+r}$

(3) كتابة عبارة  $i(t)$ :  $i(t) = \frac{-E}{R+r}e^{-\frac{R+r}{L}t} + \frac{E}{R+r}$

- استنتج عبارة  $U_b$ ، عند  $t = \infty$  (النظام الدائم)  $i_0 = \frac{E}{R+r} = cte$

$$E = U_b + U_R = U_b + R \cdot i_0 \Rightarrow E = U_b + R\left(\frac{E}{R+r}\right)$$

$$U_b = E - \frac{ER}{R+r} \Rightarrow U_b = \frac{E_r + E_r - E_r}{R+r} \Rightarrow U_b = \frac{Er}{R+r}$$

(4) إيجاد شدة التيار عند النظام الدائم:  $i_0 = 0,2 A$  وعليه:  $E = i_0(R+r) = 10 V$

ومنه:  $U_b = \frac{E_r}{R+r} = 2 V$

(5) بيان أن  $\tau$  متجانس مع الزمن:

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T]$$

بيانياً: هو لحظة تقاطع مماس  $i = f(t)$  عند  $t = 0$  مع مستقيم  $i = 0,2$  أي:  $\tau = 20 ms$

(6) حساب ذاتية الوشعة:  $L = \tau(R+r) = 1H \Leftrightarrow \tau = \frac{L}{R+r}$

(7) حساب الطاقة المخزنة في الوشعة عند:

عند  $t = \tau$

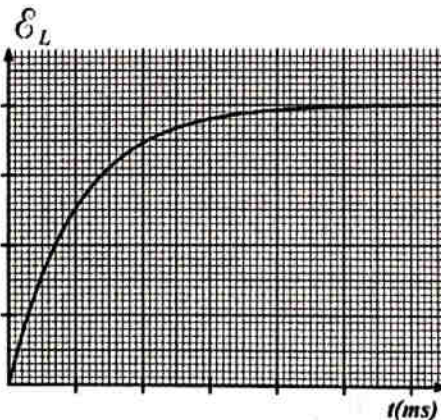
$$\xi_l = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(-I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + I_0\right)^2$$

$$\xi_l = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(-I_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} + I_0\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot (0,63)^2 \cdot I_0^2$$

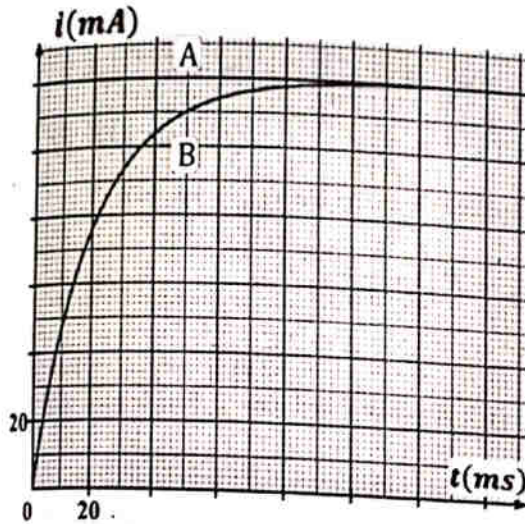
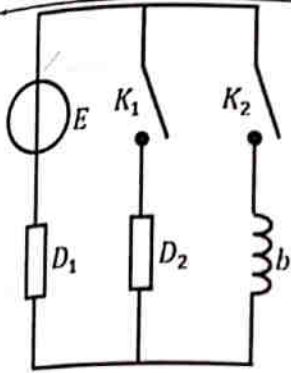
$$\xi_l = 7,983 \times 10^{-3} J$$

- إعطاء تمثيل كافي لـ  $\xi_l = f(t)$  عند  $t = 5\tau$ :

$$\xi_l = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 = 20 \times 10^{-3} J$$



قالك وحد صايام اتصل على ما يطلبه  
المستمعون قالو له: واش تحب .  
قالهم: أذان المغرب



## التمرين 22:

ننجز التركيب الكهربائي الممثل في الشكل المقابل والمكون من:

- مولد كهربائي للتوتر قوته المحركة ثابتة  $E = 6V$  ومقاومته مهملة.
- ناقل أومي  $D_1$  مقاومته  $R_1 = 48 \Omega$ .
- ناقل أومي  $D_2$  مقاومته  $R_2$ .
- وشيعة  $L$  معامل تحريضها  $L$  ومقاومتها  $r = R_2$ .
- قاطعتان للتيار  $K_1$  و  $K_2$ .

✓ في التجربة (1): نحتفظ بـ  $K_2$  مفتوحة ونغلق  $K_1$ .

✓ في التجربة (2): نحتفظ بـ  $K_1$  مفتوحة ونغلق  $K_2$ .

يمثل البيان المنحنيين A و B لتغيرات شدة التيار الكهربائي

$i(t)$  المار في الدارة بالنسبة لكل تجربة على حدة.

(1) اربط معطلا جوابك كل منحني بالتجربة الموافقة له.

(2) أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار المار في

الدارة خلال التجربة التي مكنت من الحصول على

المنحني B.

(3) يكتب حل المعادلة على الشكل:  $i(t) = Ae^{-\lambda t} + B$

حيث A و B و  $\lambda$  ثوابت.

أ/ عبر عن كل من A و  $\lambda$  بدلالة مميزات الدارة.

ب/ احسب قيمة ذاتية الوشيعة L.

ج/ احسب مقاومة الوشيعة r.

## تصحيح التمرين 22:

(1) المنحني A يوافق: التجربة (1).

التعليل: من قانون جمع التوترات:  $E = U_{R1} + U_{R2}$

من قانون أوم:  $E = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i$  منه:  $i = I = \frac{E}{R_1 + R_2} = cte$  إذن شدة التيار ثابتة

منه: المنحني B يوافق: التجربة (2).

التعليل: عند  $t = 0$  لدينا:  $i = 0$

وفي النظام الدائم لدينا:  $I = I_0$  (الوشيعة تؤخر مرور التيار في الدارة).

(2) المعادلة التفاضلية: (التجربة 2):

من قانون جمع التوترات:

$$E = U_{R1} + U_L + U_r = R_1 \cdot i + L \frac{di}{dt} + R_2 \cdot i = L \frac{di}{dt} + (R_1 + R_2)i \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{L} i = \frac{E}{L}$$

(3) أ/ نعوض بعبارة الدالة الأصلية:  $i(t) = Ae^{-\lambda t} + B$  والدالة المشتقة  $\frac{di}{dt} = -\lambda \cdot A \cdot e^{-\lambda t}$  في المعادلة

التفاضلية فنجد:

$$\frac{E}{L} = -\lambda \cdot A \cdot e^{-\lambda t} + \frac{R_1 + R_2}{L} \cdot A \cdot e^{-\lambda t} + \frac{R_1 + R_2}{L} B$$

$$\left(-\lambda + \frac{R_1 + R_2}{L}\right) A \cdot e^{-\lambda t} + \frac{R_1 + R_2}{L} B - \frac{E}{L} = 0$$

من أجل كل t و A و B: العبارة متجانسة إذا:

$$\begin{cases} \lambda = \frac{R_1 + R_2}{L} \\ B = \frac{E}{R_1 + R_2} \end{cases} \quad \text{أي} \quad \begin{cases} -\lambda + \frac{R_1 + R_2}{L} = 0 \\ \frac{R_1 + R_2}{L} B - \frac{E}{L} = 0 \end{cases}$$



ب/ حساب  $L$ : نعلم أن:  $\tau_2 = \frac{L}{R_1 + R_2}$  منه:  $L = \tau_2(R_1 + R_2)$   
 من البيان B بطريقة 63% نجد:  $\tau_2 = 20 \text{ ms}$   
 من البيان A نجد:  $I_0 = \frac{E}{R_1 + R_2}$  منه:

$$R_1 + R_2 = \frac{E}{I_0} = 50 \Omega$$

$$L = 20 \times 10^{-3} \times 50 \Rightarrow L = 1 \text{ H}$$

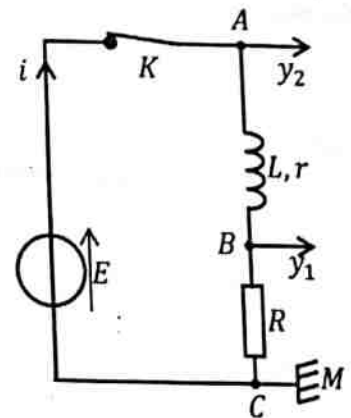
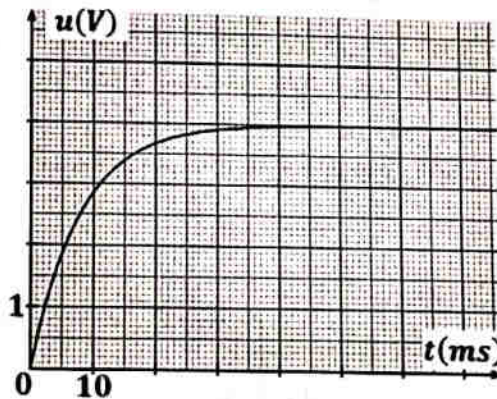
ج/ مقاومة الوشعة: لدينا:  $r = R_2$  منه:  
 $r = (R_1 + R_2) - R_1 = 50 - 48 = 2 \Omega$

الحق يحتاج إلى رجلين:  
 رجل ينطق به ورجل يفهمه  
 جبران خليل جبران

### التمرين 23:

نحقق الدارة الكهربائية المينة بالشكل 1، حيث المولد مثالي قوته المحركة الكهربائية  $E$ ، نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0$ .

- (1) عبر عن  $u_{BC}$  بدلالة  $R$  و  $i$ .
- (2) عبر عن  $u_{AB}$  بدلالة  $L$ ،  $r$  و  $i$  ثم بدلالة  $L$ ،  $r$  و  $R$  و  $u_{BC}$ .
- (3) أوجد المعادلة التفاضلية بدلالة  $i(t)$ .
- (4) اكتب عبارة  $i(t)$  حل المعادلة التفاضلية السابقة بدلالة  $L$ ،  $r$  و  $E$ .
- (5) أوجد عبارة  $i(t)$  عندما  $t \rightarrow \infty$ .  
 - كيف نسمي هذا النظام؟
- (6) نشاهد على راسم الاهتزاز البيانيين الممثلين في الشكل.  
 أ/ أوجد بيانيا قيمتي  $E$  و  $\tau$ .  
 ب/ أوجد قيمة  $i$  امار في الدارة حالة النظام الدائم علما أن  $R = 40 \Omega$ .  
 ج/ استنتج قيمة كل من  $r$  و  $L$ .



### تصحيح التمرين 23:

- (1) التعبير عن  $u_{BC}$ :  $u_{BC} = R \cdot i \dots (1)$
- (2) التعبير عن  $u_{AB}$ :  $u_{AB} = L \times \frac{di}{dt} + ri \dots (2)$
- من (1) نجد:  $i = \frac{u_{BC}}{R}$  نعوض في (2) فنجد:
- (3) المعادلة التفاضلية:  $E = u_{AB} + u_{BC}$   

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

(4) حلها من الشكل:  $i(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$  بالاشتقاق:  $\frac{di}{dt} = A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha t}$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية نجد:

$$\frac{E}{L} = A\alpha e^{-\alpha t} + \frac{(r+R)}{L} A(1 - e^{-\alpha t}) \rightarrow \frac{E}{L} = A\alpha e^{-\alpha t} + A \frac{(R+r)}{L} - \frac{r+R}{L} A e^{-\alpha t}$$

$$\frac{E}{L} = A \cdot e^{-\alpha t} \left( \alpha - \frac{r+R}{L} \right) + A \frac{r+R}{L}$$

$$A \frac{(r+R)}{L} = \frac{E}{L} \quad , \quad \alpha - \frac{(r+R)}{L} = 0$$

$$A = \frac{E}{r+R} \quad , \quad \alpha = \frac{r+R}{L} \Rightarrow i(t) = \frac{E}{r+R} \left( 1 - e^{-\frac{r+R}{L}t} \right)$$

(5) لما:  $t \rightarrow \infty$

$$i(t) = \frac{E}{r+R} \left( 1 - e^{-\frac{r+R}{L}t} \right) \Rightarrow I_0 = \frac{E}{r+R}$$

نسمي هذا النظام بالنظام الدائم.

(6) لما:  $u(V) = 0,63 \times 4$  تكون  $t = \tau = 8ms$

ب/ في النظام الدائم:  $I_0 = \frac{U_{RM}}{R} = \frac{4}{40} \Rightarrow U_{RM} = R \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = 0,1 A$

$$r+R = \frac{E}{I_0} \Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R = 10 \Omega$$

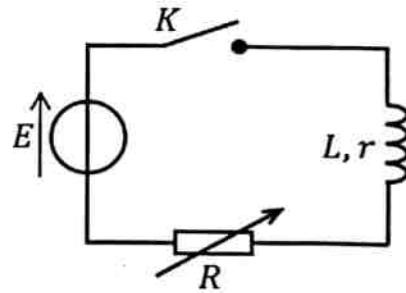
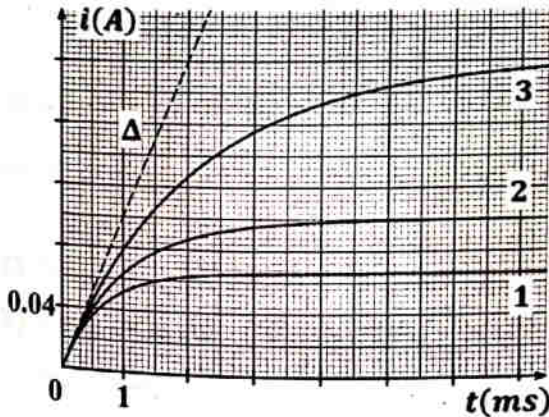
$$\tau = \frac{L}{r+R} \rightarrow L = \tau \times (r+R) = 0,4 H$$

### التمرين 24:

صادف أستاذ في المختبر وشيعة لا تحمل أي علامة. أراد تحديد قيمة معامل التحريض (الذاتية)  $L$  للوشيعة تجريبيا من خلال دراسة استجابة ثنائي قطب  $RL$  في دائرة كهربائية.

قام الأستاذ بتركيب الدارة المبينة في الشكل، حيث القوة المحركة للمولد  $E = 10V$ .

عند اللحظة  $t = 0$ ، أغلق الأستاذ القاطعة  $k$ ، وتتبع بواسطة جهاز مناسب تغيرات شدة التيار  $i(t)$  المار في الوشيعة بدلالة الزمن بالنسبة لقيم مختلفة للمقاومة  $R$ . يمثل الشكل النتائج التجريبية المتحصل عليها.



(1) سم النظامين اللذين يبرزهما كل منحنى.

ب/ بتطبيق قانون جمع التوترات بين أن المعادلة التفاضلية التي تعطي شدة التيار تكتب بالشكل:

$$\frac{di}{dt} + Ai = B \quad \text{حيث } A, B \text{ ثوابت يطلب تحديدهما.}$$



ج/ بين أن شدة التيار  $i(t)$  في النظام الدائم قيمة عظمى  $I_0 = \frac{E}{R+r}$   
 د/ انقل الجدول التالي في ورقة الإجابة ثم أتممه.

|     |    |    |                     |
|-----|----|----|---------------------|
| 140 | 90 | 40 | قيمة $R(\Omega)$    |
|     |    |    | رقم المنحنى الموافق |

بإستغلال المنحنى 2 حدد قيمة  $r$ .

هـ/ عبارة ثابت الزمن  $\tau$  لثنائي القطب  $RL$  هو  $\tau = \frac{L}{R+r}$ . باستعمال معادلة الأبعاد، بين أن بعد  $\tau$  هو الزمن.  
 و/ حدد قيمة  $L$ ، علماً أن  $(\Delta)$  يمثل المعامل للمنحنيات عند  $t = 0$ .

### تصحيح التمرين 24:

(1) / النظامين اللذين يبرزهما المنحنى 2 هما النظام الانتقالي والنظام الدائم.

ب/ من قانون جمع التوترات:  $U_R + U_b = E$

$$R.i + L \frac{di}{dt} + r.i = E \Rightarrow (R+r).i + L \frac{di}{dt} = E \quad \text{ومنه}$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L}.i = \frac{E}{L} \dots \dots (1) \quad \frac{di}{dt} + A.i = B \dots \dots (2)$$

بالمطابقة بين المعادلتين (1) و(2) نجد أن:

$$A = \frac{R+r}{L}$$

$$B = \frac{E}{L}$$

ج/ بيان أن شدة التيار في النظام الدائم تعطى بالعلاقة:  $I_0 = \frac{E}{R+r}$   
 من قانون جمع التوترات:  $U_b + U_R = E$

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

في النظام الدائم يصبح :

$$r.I_0 + R.I_0 = E \Rightarrow (R+r).I_0 = E \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R+r}$$

د/ إتمام الجدول:

|     |     |     |                     |
|-----|-----|-----|---------------------|
| 140 | 90  | 40  | قيمة $R(\Omega)$    |
| (1) | (2) | (3) | رقم المنحنى الموافق |

تحديد قيمة  $r$  باستغلال المنحنى (2): من البيان:  $I_0 = 0,1A$

$$I_0(R+r) = E \Leftrightarrow I_0 = \frac{E}{R+r} \quad \text{لنينا:} \quad R+r = \frac{E}{I_0} \quad \text{ومنه:} \quad r = \frac{E}{I_0} - R$$

$$r = \frac{10}{0.1} - 90 = 10 \Omega \quad \text{بالتعويض نجد:}$$

هـ/ نبين وحدة  $\tau$ :

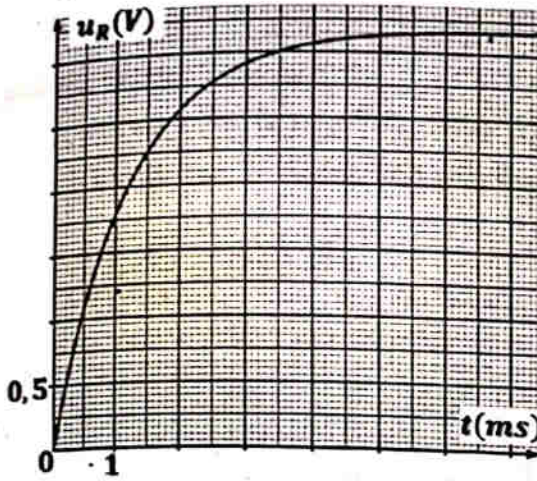
$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U] \times [T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T] \Rightarrow \text{وحدة } \tau \text{ هي الثانية}$$

و/ من البيان (3):  $L = \tau_3 \times (R+r) = 2 \times 10^{-3} \times (50) = 0,1 H$

$$E = L \left( \frac{di}{dt} \right)_{t=0} \Rightarrow L = \frac{E}{\frac{di}{dt}} = \frac{10}{\frac{0,2}{2 \times 10^{-3}}} = 0,1 H \quad \text{الطريقة (2):}$$

## التمرين 25:

تتكون دائرة كهربائية على التسلسل من مولد للتوتر قوته المحركة الكهربائية  $E$ ، وشيعة  $(L, r = 5\Omega)$ ، ناقل أومي مقاومته:  $R = 10\Omega$ ، وقاطعة  $K$ .  
ننقل القاطعة  $K$  في اللحظة:  $t = 0$ ، وبواسطة راسم اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة، نشاهد التمثيل البياني:  $u_R = f(t)$



(1) ارسم الشكل التخطيطي للدائرة الكهربائية، موضحا عليها كيفية ربط راسم الاهتزاز المهبطي.

(2) باستخدام قانون جمع التوترات، بين أن المعادلة التفاضلية  $u_R(t)$  بين طرفي الناقل الأومي تكون على الشكل:

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{(R+r)}{L} u_R = \frac{R}{L} E$$

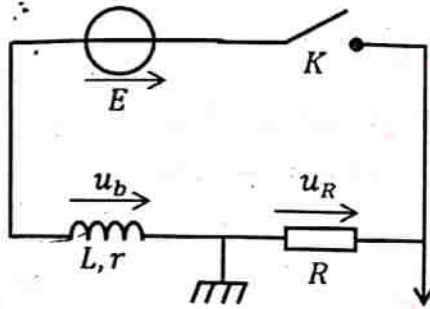
(3) العبارة:  $u_R = A(1 - e^{-t/\tau})$ ، تمثل حلا للمعادلة التفاضلية السابقة. جد عبارة كل من  $A$  و  $\tau$ .

(4) بالتحليل البعدي بين أن:  $\tau$  متجانس مع الزمن، ثم حدد قيمته بيانيا.

(5) استنتج قيمة كل من:  $L$  ذاتية الشيعة و  $E$  القوة المحركة الكهربائية للمولد.

## تصحيح التمرين 25:

(1) رسم الدارة:



(2) المعادلة التفاضلية: حسب قانون جمع التوترات:

$$u_b + u_R = E \Rightarrow u_b = E - u_R$$

$$\Rightarrow u_b = L \cdot \frac{di_b}{dt} + r \times i_b$$

$$u_R = R \times i_R \Rightarrow i_R = \frac{u_R}{R}$$

$$u_b = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_R}{dt} + \frac{r}{R} u_R$$

$$E \times R = L \times \frac{du_R}{dt} + (R+r)u_R \Rightarrow \frac{E \times R}{L} = \frac{du_R}{dt} + \frac{(r+R)}{L} u_R$$

(3) إيجاد  $A$  و  $\tau$ :

$$u_R = A(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow \frac{du_R}{dt} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E \times R}{L} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} + \frac{(r+R)}{L} A(1 - e^{-t/\tau})$$

$$\frac{E \times R}{L} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{(r+R)A}{L} - \frac{(r+R)A}{L} e^{-t/\tau}$$

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



$$\begin{cases} \frac{(r+R)A}{L} = \frac{E \times R}{L} \\ \left( \frac{1}{\tau} - \frac{(r+R)}{L} \right) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{E \times R}{(r+R)} \\ \tau = \frac{L}{(r+R)} \end{cases}$$

(4) نبين وحدة  $\tau$ :

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\frac{[U] \times [T]}{[I]}}{\frac{[U]}{[I]}} = [T] \Rightarrow \text{وحدة } \tau \text{ هي الثانية}$$

(5) قيمة  $L$ :

$$\begin{aligned} u_{R_{max}} &= 6,4 \text{ div} \Rightarrow u_{R_{max}} = 6,4 \times 0,5 \Rightarrow u_{R_{max}} = 3,2 \text{ (V)} \\ u_R(\tau) &= 0,63 \times u_{R_{max}} = 0,63 \times 3,2 = 2 \text{ V} \\ u_R(\tau) &= 4 \text{ div} \end{aligned}$$

بالإسقاط نجد:

$$\begin{aligned} \tau &= 1,2 \text{ (ms)} \\ L &= \tau(r+R) = 1,2 \times 10^{-3}(15) = 0,018 \text{ (H)} \end{aligned}$$

قيمة  $E$ :

$$u_{R_{max}} = R \times I_0 = \frac{E \times R}{(r+R)} = \frac{U_{R_{max}} \times (r+R)}{R} = \frac{15 \times 3,2}{10} = 4,8 \text{ (V)}$$

**التمرين 26:**

بغرض معرفة سلوك ومميزات وشيعة مقاومتها ( $r$ ) وذاتيتها ( $L$ )، نربطها على التسلسل بمولد كهربائي ثابت  $E = 4.5V$  وقاطعة  $K$ . (الشكل)

(1) انقل مخطط الدارة على ورقة الإجابة وبين عليها جهة مرور التيار الكهربائي وجهتي السهمين الذين يمثلان التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة وبين طرفي المولد.

(2) في اللحظة  $t = 0$  نغلق القاطعة ( $k$ ):

أ/ بتطبيق قانون جمع التوترات أوجد المعادلة التفاضلية التي تعطي الشدة اللحظية  $i(t)$  للتيار الكهربائي المار في الدارة.

ب/ بين أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلاً من الشكل:

$$i(t) = I_0 \left( 1 - e^{-\frac{r}{L}t} \right)$$

حيث  $I_0$  هي الشدة العظمى للتيار المار في الدارة.

(3) تعطي الشدة اللحظية للتيار بالعلاقة  $i(t) = 0.45(1 - e^{-10t})$

حيث ( $t$ ) بالثانية و ( $i$ ) بالأمبير. أحسب قيم المقادير الكهربائية التالية:

أ/ الشدة العظمى ( $I_0$ ) للتيار المار في الدارة.

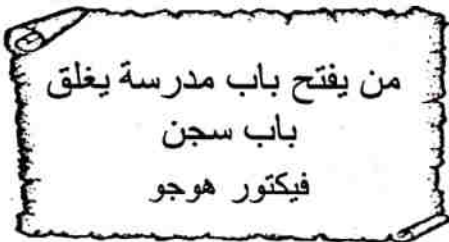
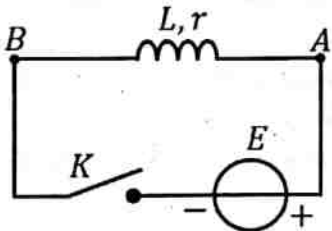
ب/ المقاومة ( $r$ ) للوشيعة.

ج/ الذاتية ( $L$ ) للوشيعة.

د/ ثابت الزمن ( $\tau$ ) المميز للدارة.

(4) أ/ ما قيمة الطاقة المخزنة في الوشيعة في حالة النظام الدائم؟

ب/ احسب القوة المحركة الكهربائية للوشيعة عند  $t = 0,3 \text{ s}$ .



**تصحيح التمرين 26:**

(1) مخطط الدارة الكهربائية:

$$U_{AB} = L \frac{di}{dt} + ri = E \quad , \quad U_{AB} = E \quad (2)$$

ب/ تبين أن: بالتعويض بالعبارتين:

$$\frac{di}{dt} = I_0 \cdot \frac{r}{L} (e^{-r/Lt}) \quad ; \quad i(t) = I_0 (1 - e^{-r/Lt})$$

في المعادلة التفاضلية نجد:  $E - E = 0$

- المعادلة التفاضلية: تقبل العبارة المعطاة كحل لها:

(3) في النظام الدائم:

$$I_0 = \frac{E}{r} \Rightarrow I_0 = 0,45 \text{ A} \quad ; \quad \frac{di}{dt} = 0 \quad /$$

$$r = 10 \Omega \quad \text{ب/}$$

$$L = 1 \text{ H} \quad \text{ج/}$$

$$\tau = \frac{L}{r} = 0,1 \text{ s} \quad \text{د/}$$

$$E = \frac{1}{2} L I_0^2 = 0,101 \text{ joules} \quad / (4)$$

ب/ حساب القوة المحركة الكهربائية للوشية.

$$|\mathcal{E}| = L \frac{di}{dt} = E \cdot e^{-t/\tau} = 4,5 \times e^{-10t}$$

$$|\mathcal{E}| = 4,5e^{-3} = 0,244 \text{ V} \quad \text{عند } t = 0,3 \text{ s}$$

**التمرين 27:**

تحتوي الدارة الكهربائية المبينة في الشكل على:

- مولد توتره الكهربائي ثابت  $E = 12 \text{ V}$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 10 \Omega$ .
- وشية ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .
- قاطعة  $K$ .

(1) نستعمل راسم اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة، لإظهار التوترين الكهربائيين

$(u_{BA})$  و  $(u_{CB})$ . بين على مخطط الدارة الكهربائية، كيف يتم ربط الدارة الكهربائية بمدخل هذا الجهاز.

(2) نغلق القاطعة  $K$  في اللحظة  $t = 0$  يمثل الشكل المنحني  $u_{BA} = f(t)$  المشاهد على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي.

أ/ التوتر الكهربائي  $(u_{BA})$ .

ب/ التوتر الكهربائي  $(u_{CB})$ .

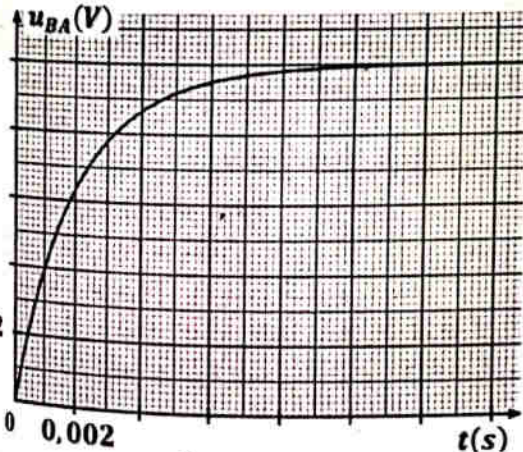
ج/ الشدة العظمى للتيار المار في الدارة.

(3) بالاعتماد على البيان الشكل استنتج:

أ/ قيمة  $(\tau)$  ثابت الزمن المميز للدارة.

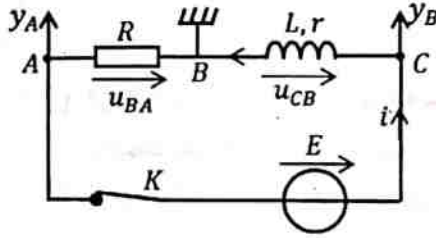
ب/ مقاومة ذاتية الوشية.

(4) احسب الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشية.





## تصحيح التمرين 27:



(1) توصيل الدارة: يجب الضغط على inv عند المدخل  $y_A$  للحصول على المنحنى  $u_{BA}$ .

(2) أ/ حساب  $U_{BA}$  في حالة النظام الدائم: من البيان:  $u_{BA} = 10V$

ب/ حساب  $(U_{CB})$ : من العلاقة:

$$\frac{di}{dt} = 0, E = (R - r)i + L \frac{di}{dt}$$

$$E = (R - r)i = U_{BA} + U_{CB}$$

$$U_{CB} = 12 - 10 = 2V$$

ج/ الشدة العظمى:

$$E = (R + r)I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R - r} = \frac{U_{BA}}{R} = \frac{U_{CB}}{r} = 1A$$

$$\tau = 2,0 \text{ ms}$$

(3) أ/ من البيان:

$$U_{CB} = rI_0 \Rightarrow r = \frac{U_{CB}}{I_0} = 2,0 \Omega$$

ب/ حساب  $r$ : من العلاقة

حساب  $L$ : من العلاقة:

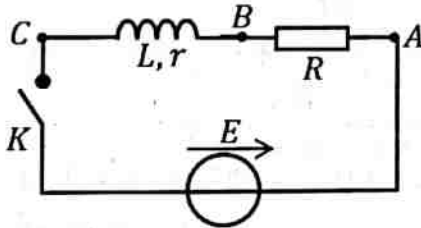
$$\tau = \frac{L}{R + r} \Rightarrow L = \tau(R + r) = 24 \times 10^{-3} \text{ H} = 24 \text{ mH}$$

(4) الطاقة المخزنة في الوشعة:

$$E_0 = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} \times 24 \times 10^{-3} \times 1^2 = 12 \times 10^{-3} \text{ J}$$

## التمرين 28:

نربط على التسلسل العناصر الكهربائية التالية:



- مولد ذي توتر ثابت ( $E = 12V$ )
- وشعة ذاتيتها ( $L = 300\text{mH}$ ) ومقاومتها ( $r = 10\Omega$ ).
- ناقل أومي مقاومته ( $R = 110\Omega$ )
- قاطعة ( $k$ ).

(1) في اللحظة ( $t = 0s$ ) نغلق القاطعة ( $k$ ): أوجد المعادلة التفاضلية التي تعطي شدة التيار الكهربائي في الدارة.

(2) كيف يكون سلوك الوشعة في النظام الدائم؟ وما هي عندئذ عبارة شدة التيار الكهربائي  $I_0$  الذي يجتاز الدارة؟

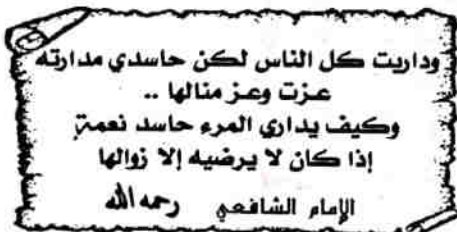
(3) باعتبار العلاقة  $i = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  حلا للمعادلة التفاضلية المطلوبة في السؤال-1.

أ/ أوجد العبارة الحرفية لكل من  $A$  و  $\tau$ .

ب/ استنتج عبارة التوتر الكهربائي  $u_{BC}$  بين طرفي الوشعة.

(4) أ/ احسب قيمة التوتر الكهربائي  $u_{BC}$  في النظام الدائم.

ب/ ارسم كيفيا شكل البيان  $u_{BC} = f(t)$ .



## تصحيح التمرين 28:

(1) إيجاد المعادلة التفاضلية لشدة التيار:

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

$$\frac{E}{L} = \frac{R + r}{L} i + \frac{di}{dt} \dots (1)$$

(2) في النظام الدائم تسلك الوشيعية سلوك ناقل أومي عادي لأن  $\frac{di}{dt} = 0$ - إيجاد عبارة شدة التيار عندئذ  $E = (R + r)I_0 \Rightarrow I_0 = E/(R + r)$ (3) / إيجاد العبارة الحرفية لكل من  $\tau$  و  $A$ :

$$\frac{di}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

بالتعويض في العلاقة (1):

$$\frac{E}{L} = \frac{(R + r)}{L} A (1 - e^{-t/\tau}) + \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} = \frac{(R + r)}{L} A - \frac{(R + r)}{L} A e^{-t/\tau} + \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$\frac{E}{L} = \frac{(R + r)}{L} A + A e^{-t/\tau} \left( -\frac{(R + r)}{L} + \frac{1}{\tau} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{E}{L} = \frac{(R + r)}{L} A ; \left( -\frac{(R + r)}{L} + \frac{1}{\tau} \right) = 0$$

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

ب/ استنتاج عبارة التوتر  $U_{BC}$  بين طرفي الوشيعية.

$$U_{BC} = L \frac{di}{dt} + r.i$$

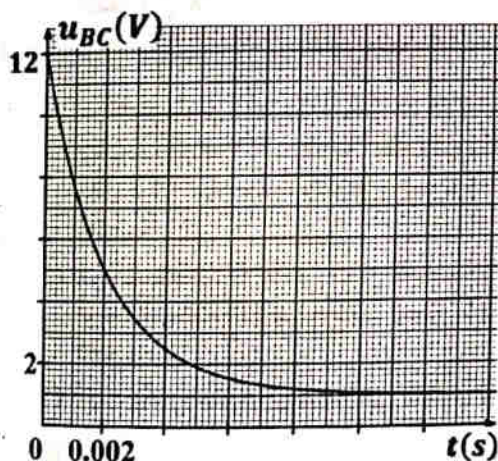
$$U_{BC} = L \frac{E}{R + r} \cdot \frac{R + r}{L} e^{-t/\tau} + \frac{r.E}{R + r} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$U_{BC} = \frac{r.E}{R + r} + \frac{R.E}{R + r} e^{-t/\tau}$$

(4) / حساب قيمة التوتر  $U_{BC}$  في النظام الدائم:لما:  $t \rightarrow +\infty$ 

$$U_{BC} = \frac{r.E}{R + r} = \frac{10 \times 12}{110 + 10} = 1 \text{ (V)}$$

ب/ رسم كفي لبيان التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعية:



فلاح يملك عددا من البيض

جاءه المشتري الأول فباعه نصف الكمية + نصف حبة بيض

جاءه المشتري الثاني فباعه نصف الكمية + نصف حبة بيض

جاءه المشتري الثالث فباعه نصف الكمية + نصف حبة بيض

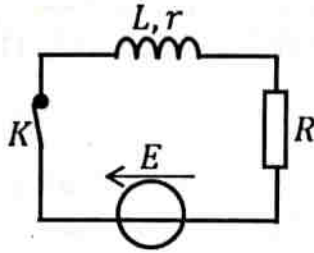
بقي له 3 حبات، كم كان عنده في البداية ؟

أقول لك إذا لم تجد الحل هذا العام ترمينال والعام الجاي الباك



## التمرين 29:

نريد تعيين  $(L, r)$  مميزتي وشيعة، نربطها في دائرة كهربائية على التسلسل مع:



- مولد كهربائي ذي توتر كهربائي ثابت  $E = 6 \text{ V}$

- ناقل أومي مقاومته  $R = 10 \Omega$

- قاطعة K.

(1) نغلق القاطعة K، اكتب عبارة كل من:

$u_r$ : التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الأومي R.

$u_b$ : التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة.

(2) بتطبيق قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية للتيار الكهربائي  $i(t)$  المار في الدائرة.

(3) بين أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلا من الشكل:

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left( 1 - e^{-\frac{(R+r)}{L}t} \right)$$

(4) مكنت الدراسة التجريبية بمتابعة تطور شدة التيار الكهربائي

المار في الدائرة ورسم البيان الممثل له في (الشكل).

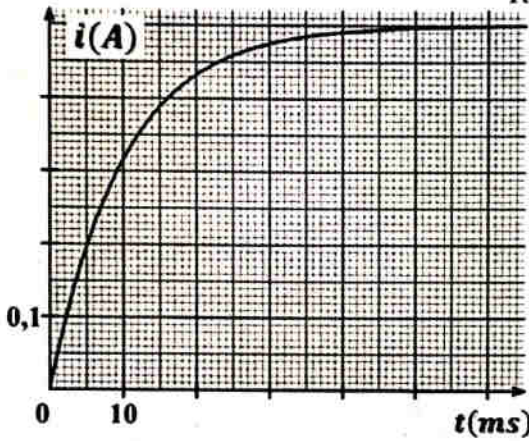
بالاستعانة بالبيان احسب:

أ/ المقاومة r للوشيعة.

ب/ قيمة  $\tau$  ثابت الزمن، ثم استنتج قيمة L ذاتية الوشيعة.

(5) احسب قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة في الوشيعة في حالة

النظام الدائم.



## تصحيح التمرين 29:

(1) عبارة  $U_b, U_R$

$$U_b = r \cdot i + L \frac{di}{dt}, \quad U_R = R \cdot i$$

(2) المعادلة التفاضلية:

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

(3) باشتقاق عبارة التيار والتعويض في المعادلة التفاضلية تتحقق المساواة.

$$i_{max} = \frac{E}{R+r} \Rightarrow r = 2 \Omega \text{ / (4)}$$

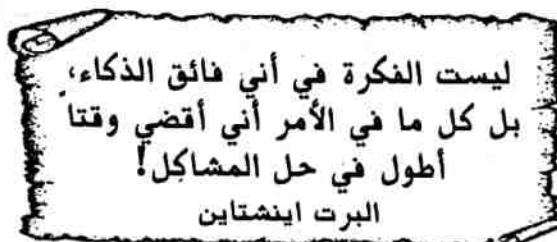
ب/  $\tau \simeq 10 \text{ ms}$  (باستعمال ميل المماس في اللحظة  $t = 0$ )

أو بطريقة النسبة المئوية (63%) من  $I_0$  أو  $i_{max}$

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = 1,2 \times 10^{-1} \text{ H}$$

(5) الطاقة المخزنة في الوشيعة في حالة النظام الدائم:

$$E_b = \frac{1}{2} L \cdot i_{max}^2 ; \quad E_b = 1,5 \times 10^{-2} \text{ J}$$



## التمرين 30:

بهدف تعيين الثابتين  $(L, r)$  المميزين لوشية، نحقق الدارة الكهربائية (الشكل) حيث  $E = 9V$  و  $R = 45 \Omega$ . في اللحظة  $t = 0s$  نغلق القاطعة  $K$ .

(1) باستخدام قانون جمع التوترات، بين أن المعادلة التفاضلية لشدة التيار الكهربائي هي:

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{\tau} = \frac{E}{L}$$

(2) العبارة  $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  هي حل للمعادلة التفاضلية السابقة. أوجد الثابت  $A$ . ماذا يمثل؟

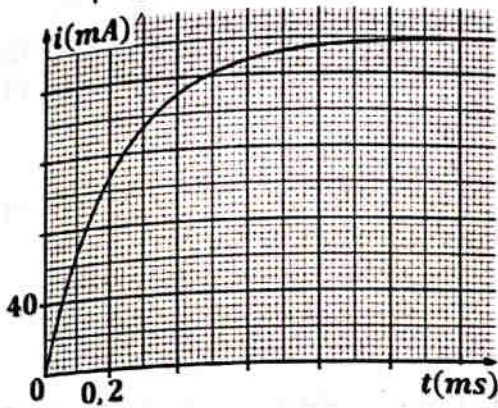
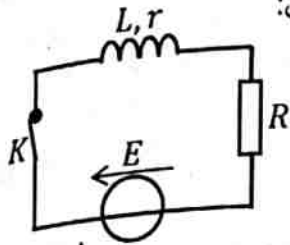
(3) عبر عن ثابت الزمن  $\tau$  بدلالة  $L, r$  و  $R$  وبين بالتحليل البعدي أنه متجانس مع الزمن.

(4) بواسطة لاقط أمبير متر موصول بالدائرة ومرتبطة بواجهة دخول لجهاز إعلام آلي مزود ببرمجة مناسبة، نحصل على

التطور الزمني للتيار الكهربائي  $i(t)$  (الشكل).

أ/ أوجد بيانياً قيمة ثابت الزمن  $\tau$ ، مع شرح الطريقة المتبعة.  
ب/ أوجد قيمة المقاومة  $r$ ، ثم احسب قيمة ذاتية الوشية  $L$

(5) احسب الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشية.



## تصحيح التمرين 30:

(1) كتابة المعادلة التفاضلية:

$$E = U_b(t) + U_R(t) \Leftrightarrow E = ri(t) + L \frac{di}{dt} + R \cdot i(t)$$

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

(2) لدينا:  $i(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$  و  $\frac{di(t)}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$  بالتعويض في المعادلة التفاضلية ينتج:

(3)  $A = \frac{E}{r+R}$  ويمثل الشدة الأعظمية أو الشدة في النظام الدائم. عبارة  $\tau$ :

$$\tau = \frac{L}{r+R} = \frac{L}{R_T}$$

التحليل البعدي:

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R_T]} = \frac{[U] \times [T]}{[A] \times \frac{[U]}{[A]}} = [T]$$

(4) أ/ الطريقة: رسم المماس للمنحنى عند اللحظة  $t = 0$ ، أو الطريقة الـ 63%:

$$\tau = 0,2 \text{ ms}$$

ب/ بيانياً نجد:  $I_0 = 180 \text{ mA} = 0,18 \text{ A}$  ومن النظام الدائم:  $r = \frac{r - RI_0}{I_0} = 5 \Omega$

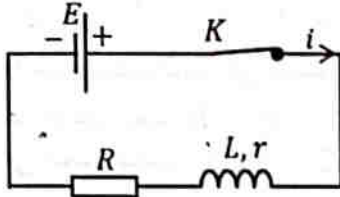
من عبارة ثابت الزمن ينتج:  $L = \tau(r + R) = 0,01 \text{ H}$

(5) الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشية:

$$E(L) = \frac{1}{2} LI_0^2 = 1,62 \times 10^{-4} \text{ J}$$



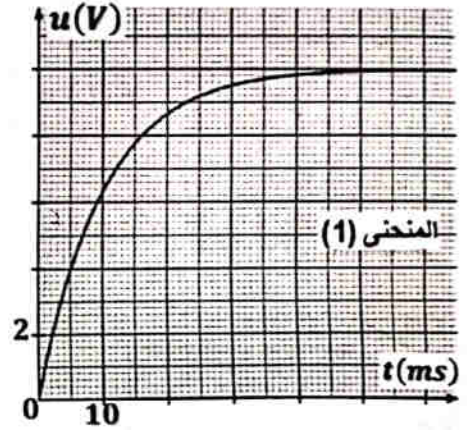
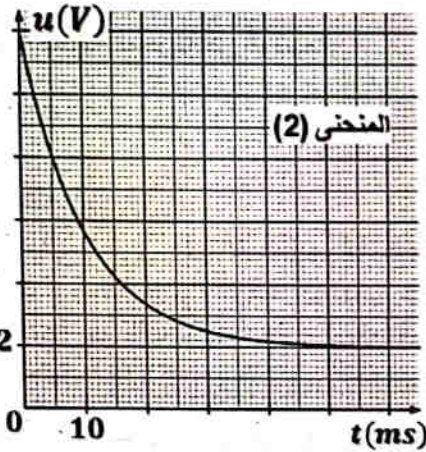
## التمرين 31:



تحتوي دارة على العناصر الكهربائية التالية مربوطة على التسلسل (الشكل):

- مولد كهربائي ذي توتر كهربائي ثابت  $E$ .
- وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R = 100 \Omega$ .
- قاطعة  $K$ .

للمتابعة الزمنية لتطور التوتر بين طرفي كل من الوشيعة  $u_b(t)$  والناقل الأومي  $u_R(t)$  نستعمل راسم اهتزاز ميبطي ذي ذاكرة.



- (1) أ/ بين كيف يمكن ربط راسم الاهتزاز الميبطي بالدارة لمشاهدة كل من  $u_R(t)$  و  $u_b(t)$  ؟  
 ب/ تغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0 \text{ ms}$  فنشاهد على الشاشة البياني الممثلين للتوترين  $u_R(t)$  و  $u_b(t)$  انسب كل منحنى للتوتر الموافق له. مع التعليل.  
 (2) أ/ أثبت أن المعادلة التفاضلية لشدة التيار المار في الدارة تكون من الشكل:

$$\frac{di(t)}{dt} + Ai(t) = B$$

ب/ أعط عبارة كل من  $A$  و  $B$  بدلالة  $E$  و  $L$  و  $r$  و  $R$ .

ج/ تحقق من أن العبارة  $i(t) = \frac{B}{A}(1 - e^{-At})$  هي حلا للمعادلة التفاضلية السابقة.

د/ احسب شدة التيار في النظام الدائم  $I_0$ .

هـ/ احسب قيم كل من  $E$  و  $r$  و  $\tau$  و  $L$ .

و/ احسب الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشيعة.

## تصحيح التمرين 31:

(1) أ/ طريقة الربط براسم الاهتزاز الميبطي:

- المدخل  $Y_1$  نشاهده  $U_b(t)$ .

- المدخل  $Y_2$  نشاهده معكوس  $U_R(t)$  لذا نضغط على الزر  $inv$ .

ب/ المنحنى (1) يمثل تطور  $U_R(t) = f(t)$

عند  $t = 0$ :  $U_R(0) = 0V$

المنحنى (2) يمثل تطور  $U_b(t) = f(t)$

(2) أ/ المعادلة التفاضلية:  $U_R(t) + U_b(t) = E$  و  $\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}i(t) = \frac{E}{L}$

ومنه:  $\frac{di(t)}{dt} + Ai(t) = B$  وهي من الشكل:  $\frac{di(t)}{dt} + \frac{(R+r)}{L}i(t) = \frac{E}{L}$

ب/ عبارة  $A$ ;  $B$ : نجد:  $A = \frac{R+r}{L}$ ,  $B = \frac{E}{L}$

ج/ التحقق من أن:  $i(t) = \frac{B}{A}(1 - e^{-At})$

بالاشتقاق:  $\frac{di(t)}{dt} = 0 + B \cdot e^{-At}$  بالتعويض نجد:  $B = B$

د/ حساب شدة التيار في النظام الدائم:  $U_R = R \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = 0,1A$

هـ/ حساب القيم:  $E$ ,  $r$ ,  $\tau$  و  $L$ :

في النظام الدائم:  $U_R + U_b = E \Rightarrow E = 10 + 2 = 12V$

$U_b = r \cdot I_0 \Rightarrow r = 20 \Omega$

من الرسم:  $\tau = 10 ms$  (طريقة المماس).

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau(R+r) = 1,2 H$$

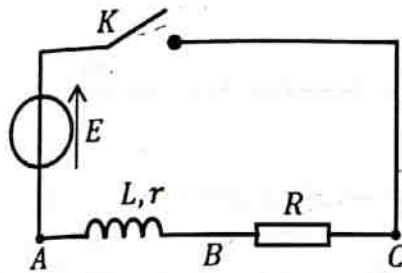
و/ حساب الطاقة المخزنة في الوشعة:

$$E(L) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 = 6 \times 10^{-3} J$$

### التمرين 32:

دائرة كهربائية تحتوي على التسلسل مولدا مثاليا قوته المحركة الكهربائية  $E = 6.0V$  ووشعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r = 20 \Omega$  وناقلا أوميا مقاومته  $R = 180 \Omega$  وقاطعة  $K$ . (الشكل).

نغلق القاطعة عند اللحظة  $t = 0$  وباستعمال لاقط للتوتر الكهربائي، موصل بجهاز  $ExAO$ ، حصلنا على المنحنيين (1) و (2) (الشكلان)



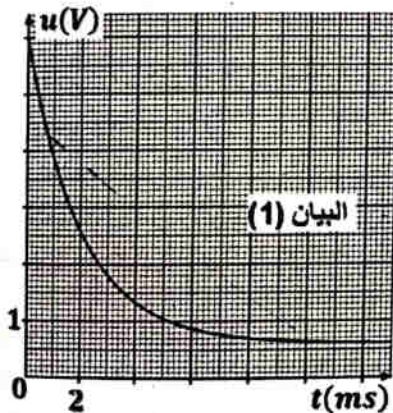
(1) أعط عبارة التوتر الكهربائي  $u_{BA}(t)$  بدلالة  $i(t)$ .

(2) اكتب عبارة  $u_{CB}(t)$  بدلالة  $i(t)$ .

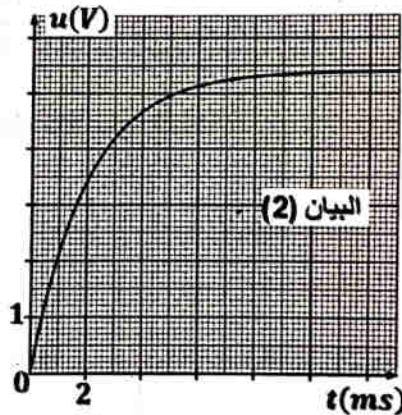
(3) ارفق كل منحنى بالتوتر الكهربائي الموافق  $u_{CB}$  و  $u_{BA}$  مع التعليل.

(4) جد عبارة شدة التيار الكهربائي ( $I_0$ ) المار في الدارة في النظام الدائم واحسب قيمتها وتأكد منها بيانيا.

(5) جد ثابت الزمن  $\tau$  واستنتج قيمة ذاتية الوشعة.



البيان (1)



البيان (2)

تم اختراع وحدة زمنية جديدة اسمها  
"راني نايش"  
قيمتها تتراوح بين 2 و 3 ساعات



### تصحيح التمرين 32:

(1) عبارة التوتر  $U_{BA}$  بدلالة  $i$ :

$$U_{BA}(t) = L \frac{di}{dt} + r \cdot i(t)$$

(2) عبارة  $U_{CB}$  بدلالة  $i$ :

$$U_{CB}(t) = U_R(t) = R \cdot i(t)$$

(3) إرفاق كل منحني بالتوتر الكهربائي الموافق  $U_{BA}$  أو  $U_{CB}$  مع التعليل.

عند  $t = 0$  تكون شدة التيار الكهربائي معدومة ( $i(0) = 0$ ) وبالتالي فإن:

$$U_{CB}(0) = U_R(0) = R \times 0 = 0$$

وبالتالي البيان رقم 1- يمثل  $U_{BA}(t)$

(4) بتطبيق قانون جمع التوترات نكتب:

$$U_{CA}(t) = U_{BA}(t) + U_{CB}(t) \Rightarrow E = L \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i$$

في النظام الدائم يكون:  $i(t) = I_0$  و  $\frac{di}{dt} = 0$  ومنه:

$$I_0 = \frac{E}{r+R} \quad \text{إذن:} \quad E = L \times 0 + r \cdot I_0 + R \cdot I_0$$

$$I_0 = \frac{6,0}{180+20} = 0,03 \text{ A} \quad \text{تطبيق عددي:}$$

من المنحني البياني  $U_{CB}(t)$  نقرأ التوتر بين طرفي الناقل الأومي في النظام الدائم:  $U_0 = 5,4 \text{ V}$

فيكون:  $I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{5,4}{180} = 0,03 \text{ A}$  نلاحظ أن القيمتين متساويتين.

(5) تحديد ثابت الزمن: (تقبل طرق أخرى).

$$U_{CB}(\tau) = 0,63 \cdot U_{CB_{max}} = 0,63 \times 5,4 = 3,4 \text{ V} \quad \text{لكي نجد قيمة ثابت الزمن}$$

بإسقاط هذه القيمة في البيان 2- على محور الأزمنة نجد  $\tau = 2 \text{ ms}$

- استنتاج ذاتية الوشيجة:

يعطى ثابت الزمن بالعلاقة:

$$\tau = \frac{L}{R_{total}} = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau(R+r)$$

$$L = 2 \times 10^{-3} \times (180 + 20,0) = 400 \times 10^{-3} = 0,4 \text{ H}$$

### التمرين 33:

حققنا الدارة الكهربائية المتكونة من العناصر الكهربائية التالية:

مولد توتر كهربائي ثابت  $E$ ، وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها  $r = 10 \Omega$ ، ناقل أومي مقاومته

$R = 50 \Omega$  وقاطعة  $K$ ، موصولة على التسلسل (الشكل).

نغلق القاطعة  $K$  عند اللحظة  $t = 0$ .

(1) أ/ أعد رسم الدارة الكهربائية وحدد جهة التيار الكهربائي مع التعليل.

ب/ أعط عبارة شدة التيار الكهربائي  $I_0$  في النظام الدائم.

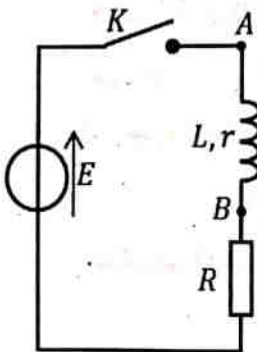
(2) لمشاهدة التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الأومي  $u_R = u_{BC}$  على شاشة راسم

اهتزاز مهبطي ذي ذاكرة.

أ/ بين كيفية توصيل براسم الاهتزاز المهبطي لمشاهدة تطور  $u_{BC}(t)$

مثله كيفياً بدلالة الزمن وما هو المقدار الفيزيائي الذي يمثله في التطور؟

ب/ جد المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة.



ج/ إن حل المعادلة التفاضلية السابقة هو:  $i(t) = 0.2(1 - e^{-50t})$  حيث الزمن بالثانية (s) وشدة التيار بالأمبير (A). استنتج قيمة كل من  $E$ ،  $\tau$  (ثابت الزمن) و  $L$ .  
د/ اكتب العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في الوشعة واحسب قيمتها في اللحظة  $t = \tau$ .

### تصحيح التمرين 33:

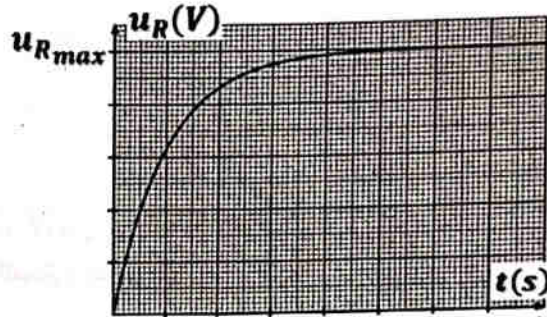
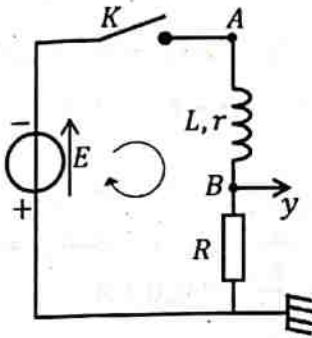
(1) أ/ عند غلق القاطعة K:

يمر التيار من (+) نحو (-) خارج المولد.  
ب/ في النظام الدائم:

$$I_0 = Cte = \frac{E}{R+r}$$

(2) أ/ ربط الجهاز كما في الشكل:

- المنحنى  $U_{BC} = f(t)$  المشاهد:



- المقدار الفيزيائي الذي يماثل  $U_{BC}(t)$  في التطور هو شدة التيار المار في الدارة:

$$U_{BC} = Ri \Rightarrow i = \frac{U_{BC}}{R}$$

ب/ بتطبيق قانون جمع التوترات في الدارة:

$$U_{AB} + U_{BC} = E \quad \text{ومنه:} \quad L \frac{di}{dt} + ri + Ri = E$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} \cdot i = \frac{E}{L} \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} - \frac{I_0}{\tau} = 0$$

ج/ لدينا:

$$E = I_0(R+r) = 12V \quad \text{ومنه:} \quad I_0 = \frac{E}{R+r} = 0.2 A \quad \text{بالتالي}$$

$$\tau = 0.02 s \quad \text{بالتالي:} \quad \frac{1}{\tau} = 50 s^{-1}$$

$$L = \tau(R+r) = 1.2 H \quad \text{حيث أن:} \quad \tau = \frac{L}{R+r} = 0.02 s \quad \text{فإن}$$

د/ عبارة الطاقة المخزنة في الوشعة:

$$E_{(t)}(t) = 24 \times 10^{-3} (1 - e^{-50t})^2, \quad E_{(L)}(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$$

قيمتهما في اللحظة  $t = \tau = 0.02 s$

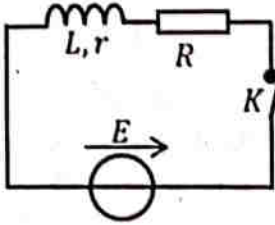
$$E_{(L)}(\tau) = 9.5 \times 10^{-3} J$$

كل عمل كرهت من  
أجله الموت فاتركه ،  
ثم لا يضرك متى مت  
عمر بن الخطاب



## التمرين 34:

بهدف معرفة ذاتية وشيعة  $L$  ومقاومتها  $r$  نحقق التركيب الموضح بالشكل (3) حيث  $R = 15 \Omega$  ومولد ثابت التوتر قوته المحركة الكهربائية  $E$ .



(1) بتطبيق قانون جمع التوترات، بين أن المعادلة التفاضلية لشدة التيار تكتب بالشكل:

$$\frac{di(t)}{dt} + \alpha i(t) = \beta$$

حيث  $\alpha, \beta$  ثابتان تحديد عبارتيهما مستعينا بالمقادير التالية:  $E, r, R, L$ .

(2) تحقق أن العبارة:  $i(t) = \frac{\beta}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t})$  هي حلا للمعادلة التفاضلية.

(3) بين أن عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة تعطى بالعلاقة:

$$u_b(t) = \frac{E}{R+r} \left( r + Re^{-\frac{(R+r)}{L}t} \right)$$

(4) باستعمال راسم اهتزازات ذي ذاكرة تحصلنا على البيان الممثل لتغيرات التوتر بين طرفي الوشيعة بدلالة الزمن.

أ/ أعد رسم الدارة موضحا كيفية توصيل راسم الاهتزازات لمشاهدة بيان الشكل.

ب/ بالاعتماد على البيان استنتج:

- القوة المحركة الكهربائية للمولد  $E$ .

- مقاومة الوشيعة  $r$ .

- ثابت الزمن  $\tau$  للدارة.

- ذاتية الوشيعة  $L$ .

(5) أ/ اكتب العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في الوشيعة  $E_L$

ب/ أوجد قيمة هذه الطاقة في النظام الدائم.

## تصحيح التمرين 34:

(1) إيجاد المعادلة التفاضلية: بتطبيق قانون جمع التوترات نجد:

$$U_R + U_B = E \Rightarrow L \frac{di}{dt} + (R+r)i = E \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{(R+r)}{L}i = \frac{E}{L} \dots (1)$$

$$\beta = \frac{E}{L} \text{ و } \alpha = \frac{R+r}{L} \text{ بالمطابقة نجد: } \frac{di}{dt} + \alpha i = \beta \dots (2) \text{ وهي من الشكل:}$$

(2) التحقق من الحل:

$$i(t) = \frac{\beta}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) \Rightarrow \frac{di}{dt} = \beta e^{-\alpha t}$$

$$\beta e^{-\alpha t} + \alpha \frac{\beta}{\alpha} - \alpha \frac{\beta}{\alpha} e^{-\alpha t} = \beta \Rightarrow \beta = \beta$$

ومنه العبارة السابقة حل للمعادلة التفاضلية.

(3) عبارة  $U_b(t)$ :

$$U_b(t) = L \frac{di}{dt} + r.i = L \frac{E}{L} e^{-\frac{R+r}{L}t} + r \frac{E}{R+r} - r \frac{E}{R+r} e^{-\frac{R+r}{L}t}$$

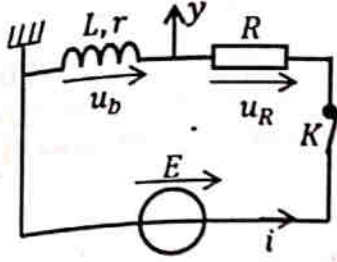
$$U_b(t) = E e^{-\frac{R+r}{L}t} \left( 1 - \frac{r}{R+r} \right) + \frac{rE}{R+r} = \frac{R}{R+r} E e^{-\frac{R+r}{L}t} + \frac{rE}{R+r}$$

$$\Rightarrow U_b(t) = \frac{E}{r+R} \left( r + R e^{-\frac{R+r}{L}t} \right)$$

$$u_b(t) = E - U_R = E - RI \left( 1 - e^{-\frac{R+r}{L}t} \right) = (R+r)I - RI + RI e^{-\frac{R+r}{L}t} \text{ أو بالطريقة:}$$

$$u_b(t) = rI + RI e^{-\frac{R+r}{L}t} = \frac{E}{R+r} \left( r + R e^{-\frac{R+r}{L}t} \right)$$

(4) / الرسم:

ب/ من البيان نجد: القوة المحركة الكهربائية للمولد:  $E = 6V$ .  
مقاومة الوشيعية:

$$\frac{Er}{R+r} = 1,5 \Rightarrow r = \frac{1,5 R}{E - 1,5} = \frac{1,5 \times 15}{6 - 1,5} = 5 \Omega$$

ثابت الزمن:  $\tau = 25 \text{ ms}$ الذاتية:  $L = \tau(R+r) = 0,025 \times 20 = 0,5 \text{ H}$ 

(5) / عبارة الطاقة اللحظية:

$$E_{(L)} = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L \left( \frac{E}{R+r} \right)^2 \left( 1 - e^{-\frac{R+r}{L} t} \right)^2$$

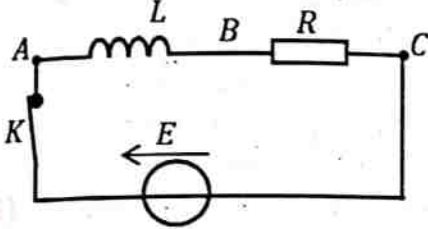
يقبل الجواب:  $E_L = \frac{Li^2}{2}$ 

(6) قيمة الطاقة في النظام الدائم:

$$E_{(L)} = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} L \left( \frac{E}{R+r} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 0,5 \left( \frac{6}{15+5} \right)^2 = 2,25 \times 10^{-2} \text{ J}$$

**التمرين 35:**

نعتبر  $5\tau$  المدة اللازمة لكي يصبح الطاقة المخزنة في الوشيعية أعظمية. نربط على التسلسل العناصر الكهربائية التالية، مولد ذي توتر ثابت  $E$  و وشيعية ذاتيتها  $L$  وناقل أومي مقاومته  $R$ ، في اللحظة  $(t = 0)$  نغلق القاطعة وبعد مرور  $17,5 \text{ ms}$  تصبح الطاقة المخزنة في الوشيعية أعظمية، المطلوب:



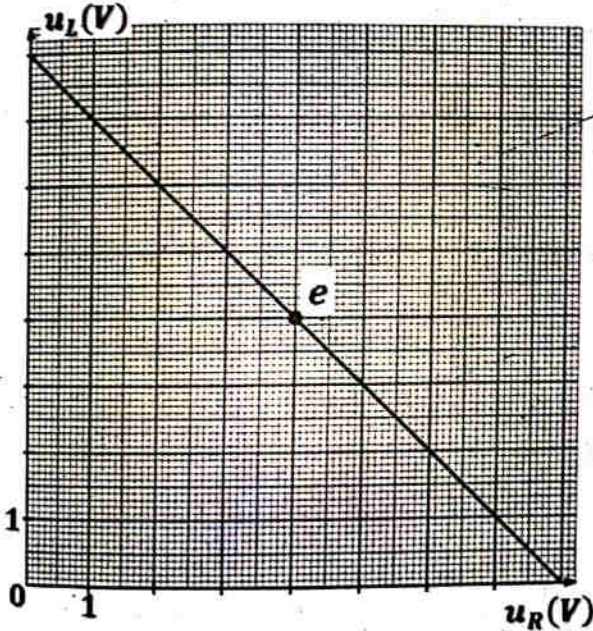
(1) بتطبيق قانون جمع التوترات أوجد المعادلة التفاضلية الخاصة بالتيار.

(2) أثبت أن  $i(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} t})$  يعتبر حلاً للمعادلة التفاضلية السابقة.(3) البيان الموضح في الوثيقة (1) يمثل تغيرات التوتر بين طرفي الناقل الأومي أي  $U_L = f(U_R)$ .  
/ أوجد معادلة البيان.ب/ استنتج قيمة توتر المولد  $E$ .ج/ قيمة التيار عند اللحظة  $t_e$  الموافق للنقطة  $e$  الموجودةعلى البيان الموضح في الوثيقة تساوي  $25 \text{ mA}$ .

أوجد قيمة مقاومة الناقل الأومي.

د/ أوجد قيمة ثابت الزمن ثم استنتج قيمة ذاتية الوشيعية.

(4) أوجد اللحظة التي تكون فيها الطاقة المخزنة في الوشيعية تساوي نصف قيمتها الأعظمية.

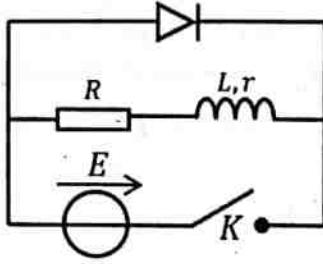


قد يرى البعض أن التسامح انكسار،  
وأن الصمت هزيمة، لكنهم لا يعرفون أن  
التسامح يحتاج قوة أكبر من الانتقام، وأن  
الصمت أقوى من أي كلام  
احمد الشقيري



## التمرين 36:

نحقق الدارة الموضحة في الشكل التالي، المكونة من:



- مولد ذو توتر ثابت  $E$ .
- وشيعة ذاتيتها  $L$  ومقاومتها الداخلية  $r = 20 \Omega$ .
- ناقل أومي مقاومته  $R$ .
- قاطعة  $K$ .
- صمام ثنائي  $D$ .

(1) ما الهدف من وجود الصمام الثنائي؟

(2) نغلق القاطعة في اللحظة  $t = 0$  :

أ/ اكتب المعادلة التفاضلية بدلالة  $U_b(t)$  حيث  $U_b(t)$  هو التوتر بين طرفي الوشيعة

ب/ إذا علمت أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلا من الشكل  $U_b(t) = \alpha e^{-t/\tau} + \beta$  حيث  $\alpha$  ،  $\beta$  و  $\tau$  يطلب إعطاء عبارة كل منهم

ج/ استنتج عبارة التوتر بين طرفي المقاومة  $U_R(t)$  ثم عبارة شدة التيار المار في الدارة  $i(t)$ .

د/ اكتب العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في الوشيعة وبرهن أن الزمن اللازم لتخزين نصف الطاقة العظمى هو:

$$t_{1/2} = \tau \ln \left( \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} - 1} \right)$$

(3) نفتح القاطعة في اللحظة التي نعتبرها مبدأ الأزمنة من جديد.

الدراسة التجريبية لطاقة الوشيعة أعطت البيانيين

أ/ أوجد المعادلة التفاضلية للدارة بدلالة الطاقة المخزنة في الوشيعة  $E_L(t)$ .

ب/ بالاعتماد على البيانيين أوجد كل من:

❖ ذاتية الوشيعة  $L$ .

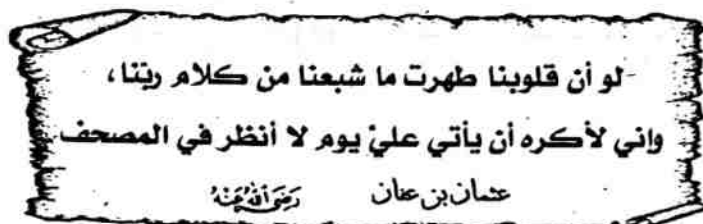
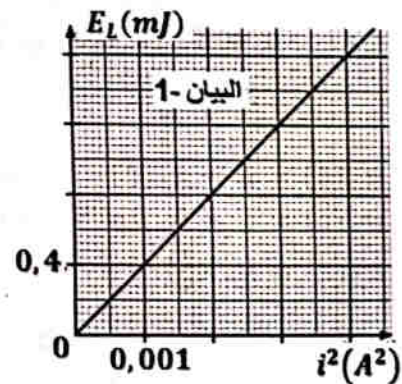
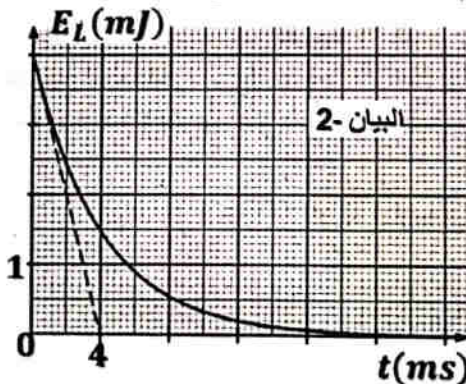
❖ شدة التيار الأعظمي  $I_0$ .

❖ ثابت الزمن  $\tau$ .

❖ مقاومة الناقل الأومي  $R$ .

❖ توتر المولد  $E$ .

(4) برهن أن المماس عند اللحظة  $t = 0$  للبيان  $E_L(t)$  يقطع محور الأزمنة في اللحظة  $t = \frac{\tau}{2}$ .



## تصحيح التمرين 36:

(1) الهدف من وجود الصمام الثنائي:

- السماح بمرور التيار الكهربائي في جهة واحدة فقط.
- حماية أجهزة الدارة من التلف وتفاذي حدوث شرارة كهربائية عند فتح القاطعة.

(2) المعادلة التفاضلية بدلالة  $u_b$ :

لدينا:  $u_b + u_R = E$  بالاشتقاق:  $\frac{du_b}{dt} + \frac{du_R}{dt} = 0$  منه:  $\frac{du_b}{dt} + R \cdot \frac{di}{dt} = 0$

ونعلم أن:  $u_b = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$  منه:  $\frac{di}{dt} = \frac{u_b - r \cdot i}{L}$

$\frac{du_b}{dt} + \frac{R}{L} u_b - \frac{R}{L} r i$  /  $i = \frac{u_R}{R}$

$\frac{du_b}{dt} + \frac{R}{L} u_b - \frac{r}{L} u_R$  /  $u_R = E - u_b$  بالتعويض نجد:

$\frac{du_b}{dt} + \frac{R}{L} u_b - \frac{r}{L} E + \frac{r}{L} u_b = 0$  منه تصبح:

$\frac{du_b(t)}{dt} + \frac{(R+r)}{L} u_b(t) - \frac{r}{L} E = 0$  أي:

$\frac{du_b}{dt} = -\frac{\alpha}{\tau} e^{-t/\tau}$  لدينا: ب/ إيجاد  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\tau$ :

بالتعويض في المعادلة التفاضلية نجد:

$-\frac{\alpha}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{R+r}{L} (\alpha e^{-t/\tau} + A) - \frac{rE}{L} = 0$

$\alpha e^{-t/\tau} \left( -\frac{1}{\tau} + \frac{R+r}{L} \right) + \frac{R+r}{L} \beta - \frac{rE}{L} = 0$

$\tau = \frac{L}{R+r}$  أي:  $\frac{1}{\tau} = \frac{R+r}{L}$  معناه:

$\beta = \frac{rE}{R+r}$  أي:  $\frac{R+r}{L} \beta = \frac{rE}{L}$

$\beta = r \cdot I_0$  منه:  $E = I_0(R+r)$  لكن:

$E = \alpha + \beta$  أي:  $u_b = \alpha + \beta$  عندما  $t = 0$  يكون:

$\alpha = E - r \cdot I_0 = I_0(R+r-r) \Rightarrow \alpha = I_0 \cdot R$

تصبح المعادلة:  $u_b(t) = I_0 \cdot R e^{-t/\tau} + r \cdot I_0$

ج/ استنتاج  $u_b(t)$  و  $i(t)$ :

$u_R(t) = E - u_b(t)$  لدينا:

$u_R(t) = E - I_0 \cdot R e^{-t/\tau} - r \cdot I_0 = (R+r) I_0 - I_0 (R \cdot e^{-t/\tau} + r)$

$u_R(t) = I_0 \cdot R (1 - e^{-t/\tau})$  منه:

$u_R(t) = R \cdot i(t) \Rightarrow i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$  لدينا:

$i(t) = \frac{I_0 \cdot R (1 - e^{-t/\tau})}{R} \rightarrow i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$



د/ العبارة اللحظية للطاقة المخزنة:  $E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot (i(t))^2$   
 - إثبات العلاقة: لدينا:  $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$

عند  $t_{1/2}$ :  $E_L(t) = E_{L_{max}}(1 - e^{-t/\tau})^2$  /  $E_L(t) = \frac{E_{L_{max}}}{2}$   
 $\frac{E_{L_{max}}}{2} = E_{L_{max}}(1 - e^{-t_{1/2}/\tau})^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 - e^{-t_{1/2}/\tau} \Rightarrow e^{-t_{1/2}/\tau} = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}}$

$\frac{-t_{1/2}}{\tau} = \ln\left(\frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow t_{1/2} = -\tau \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow t_{1/2} = \tau \cdot \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} - 1}$   
 3/ إيجاد المعادلة التفاضلية للدائرة بدلالة الطاقة المخزنة في الوشيعية  $E_L(t)$ :  
 عند فتح القاطعة، لدينا:  $u_R + u_b = 0$

$R \cdot i + r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = 0$   
 $\frac{1}{2} L(R + r) \cdot i^2 + \frac{1}{2} L \cdot L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} = 0$  نضرب في  $\frac{1}{2} L \cdot i$   
 $E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t)$  ونعلم أن:

$\frac{dE_L}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt} \cdot i(t)$

$E_L(t)(R + r) + \frac{1}{2} L \frac{dE_L}{dt} = 0$  منه نجد:

$\frac{dE_L}{dt} + \frac{2(R + r)}{L} E_L(t) = 0$  منه:

$\frac{dE_L}{dt} + \frac{2}{\tau} E_L(t) = 0$  معادلة المعادلة هي:

ب/ العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في الوشيعية:

$E_L = \frac{1}{2} L \cdot i^2 = \frac{1}{2} L(I_0 \cdot e^{-t/\tau})^2 = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2 e^{-2t/\tau} = E_{L_{max}} \cdot e^{-2t/\tau}$

ج/ نبرهن أن المماس عند اللحظة  $t = 0$  للبيان  $E_L(t)$  يقطع محور الأزمنة في اللحظة  $t = \frac{\tau}{2}$ :  
 لدينا: معادلة المماس عند  $t = 0$  هي:

$y = \left(\frac{dE_L}{dt}\right)_{t=0} \times t + E_L(0) \dots (1)$

$\begin{cases} E_L(t) = E_{L_{max}} \cdot e^{-2t/\tau} \\ \frac{dE_L}{dt} = -\frac{2}{\tau} \cdot E_{L_{max}} \cdot e^{-2t/\tau} \end{cases}$  نعلم أن:

$\begin{cases} E_L(0) = E_{L_{max}} \\ \left(\frac{dE_L}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{2}{\tau} \cdot E_{L_{max}} \end{cases}$  عند  $t = 0$ :

$y = -\frac{2}{\tau} E_{L_{max}} \cdot t + E_{L_{max}}$

بالتعويض في معادلة المماس نجد:

عندما يقطع المماس محور الأزمنة معاد:

$0 = -\frac{2}{\tau} E_{L_{max}} \cdot t + E_{L_{max}}$

$\frac{2}{\tau} E_{L_{max}} \cdot t = E_{L_{max}} \Rightarrow$

$t = \frac{\tau}{2}$

### الوحدة 3: الظواهر الكهربائية - ثنائي القطب RL -

شنايت

د/ اعتمادا على البيانين:

• ذاتية الوشعة:

$$E_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t) \quad \text{لدينا}$$

$$E_L = 0,4 i^2 \quad \text{وبالمطابقة مع معادلة البيان (1):}$$

$$L = 0,8 H \quad \text{منه} \quad \frac{1}{2} L = 0,4 \quad \text{نجد:}$$

• شدة التيار الأعظمي:  $I_0$

$$E_{L_{max}} = 4 \times 10^{-3} J \quad \text{ومن البيان (2) نجد:} \quad E_{L_{max}} = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{2E_{L_{max}}}{L}} = 0,1 A$$

• ثابت الزمن  $\tau$ :

$$\tau = 4 \times 10^{-3} \times 2 = 8 \times 10^{-3} s$$

من البيان (2) نجد:

• مقاومة الناقل الأومي  $R$ :

$$R = \frac{L}{\tau} - r \quad \text{منه}$$

$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad \text{لدينا}$$

$$R = 80 \Omega$$

$$E = (R + r) I_0 = 100 \times 0,1 = 10 V$$

• توتر المولد: لدينا:

#### التمرين 37:

نركب الدارة الموضحة في الشكل التالي: ( $E = 12V$ )

(1) نغلق القاطعة و بعد مدة تستقر إشارة مقياس الفولط متر على القيمة  $10V$  وتستقر إشارة مقياس الأمبير متر على القيمة  $0,1 A$ . وبطريقة خاصة حسبنا الطاقة المخزنة في الوشعة آنذاك فكانت  $0,1 mJ$  / أكتب المعادلة التفاضلية للدارة بدلالة  $U_b$  التوتر الكهربائي بين طرفي الوشعة.

ب/ يعطى حل المعادلة السابقة من الشكل  $U_b = A + B e^{-mt}$  أوجد عبارة كل من  $A$  و  $B$  و  $m$ .

ج/ أوجد قيم كل من  $L, r, R_1$

د/ أحسب ثابت الزمن  $\tau_1$ ، وأثبت أنه متجانس مع الزمن.

(2) نفتح القاطعة عند لحظة نعتبرها  $t = 0$

أ/ أكتب المعادلة التفاضلية بدلالة  $U_{R_2}$ .

ب/ يعطى حل المعادلة التفاضلية بالشكل:  $U_{R_2} = A \cdot e^{-t/\tau_2}$  عبر عن  $A, \tau_2$  بدلالة مميزات الدارة

ج/ استنتج عبارة التيار  $i(t)$  المار في الدارة.

(3) يعطى لك البيان التالي:

أ/ أكتب عبارة الطاقة المغناطيسية المخزنة  $E_L$  في الوشعة بدلالة  $I_0, \tau_2, t, L$  و برهن أن  $t = -\tau \cdot \ln\left(\frac{1}{I_0} \sqrt{\frac{2E_L}{L}}\right)$

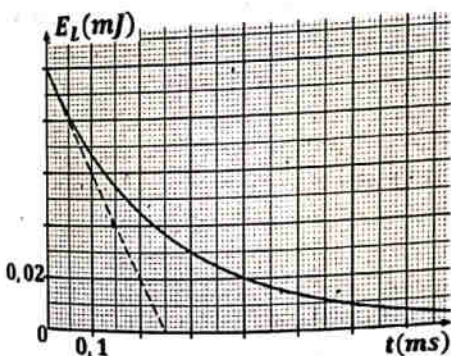
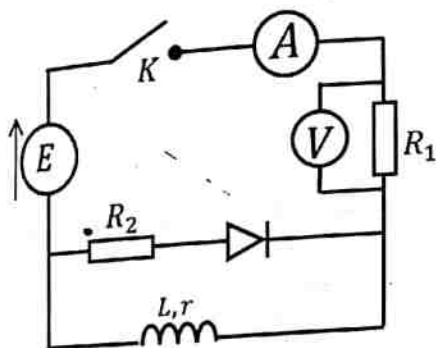
ب/ أثبت أن المماس للبيان عند  $t = 0$  يقطع محور الأزمنة عند اللحظة  $t = \frac{\tau_2}{2}$

(4) باستغلال البيان أوجد:

أ/ قيمة  $R_2$

ب/ قيمة  $U_b$  عند اللحظة  $t = 0$

شدة التيار عند اللحظة  $t = 0,4 ms$







ISBN : 978-9947-0-4977-8



حي علي عمران قطعة رقم 01 برج الكيفان  
الهاتف : 0559 796 961 / 0554 780 511  
الخطاب الإلكتروني : darelferdous@gmail.com

السعر : 1000 دج

إتصل لتطلب نسختك :

0550 68 69 07

chenaitaz@gmail.com