



C:NS28
HB

7	المعامل:	الفيزياء والكيمياء	المادة:
3	مدة الإجاز:	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية	الشعب(ة) أو المسلك:

يسمح باستعمال الحاسبة غير القابلة للبرمجة

الكيمياء (7 نقط):

* دراسة حمض البوتانويك

الفيزياء (13 نقطة):

تمرين 1: (2 نقط)

* التحولات النووية – تأريخ فرشاة مانية ساكنة

تمرين 2: (5 نقط)

* الكهرباء – دراسة وشيعة

تمرين 3: (6 نقط)

* الميكانيك – دراسة حركة مستوية لجسم صلب

تعطى الصيغ الحرفية قبل إنجاز التطبيقات العددية

أجزاء جميع التمارين مستقلة

الكيمياء: (7 نقط)

يتميز حمض البوتانويك ذو الصيغة نصف المنشورة $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ برائحة خاصة؛ يؤدي تفاعله مع الميثانول CH_3OH إلى تكوين مركب عضوي E رائحته طيبة وطعمه لذيق، يستعمل في الصناعات الغذائية والعطرية.
 يهدف هذا التمرين إلى دراسة تفاعل حمض البوتانويك مع الماء وتفاعله مع الميثانول.

المعطيات:

- كل القياسات تمت عند 25°C .

- نرسم للحمض المدروس ب AH وقاعدته المرافقة ب A^- .

- الجداء الأيوني للماء: $K_e = 10^{-14}$.

1- دراسة تفاعل حمض البوتانويك مع الماء:

نحضر محلولاً مائياً (S_A) لحمض البوتانويك تركيزه $C_A = 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ وحجمه V_A .

نقيس pH المحلول (S_A) فنجد $\text{pH} = 3,41$.

1.1- انقل على ورقة التحرير، الجدول الوصفي للتحويل الكيميائي وأتممه. 0,75

$\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})} \rightleftharpoons \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$				معادلة التفاعل
كميات المادة معبر عنها بالمول (mol)				حالة المجموعة
$n_i(\text{AH})$	رفير	.....	.....	التقدم X
.....	.....	.....	.....	X = 0
.....	.....	.....	.....	X = X _{eq}

1.2- أعط تعبير تقدم التفاعل X_{eq} عند التوازن بدلالة V_A و $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ (تركيز أيونات الأوكسونيوم عند التوازن). 0,75

1.3- أوجد تعبير τ نسبة التقدم النهائي عند التوازن بدلالة pH و C_A ، ثم احسب قيمتها. ماذا تستنتج؟ 0,75

1.4- اكتب تعبير ثابتة الحمضية K_A للمزدوجة (AH/A^-) بدلالة τ و C_A ، ثم استنتج قيمة pK_A . 0,75

2- دراسة تفاعل حمض البوتانويك مع الميثانول CH_3OH :

ينتج عن تفاعل حمض البوتانويك مع الميثانول مركب عضوي E والماء، نمذجه بالمعادلة الكيميائية التالية:



2.1- اذكر اسم المجموعة التي ينتمي إليها المركب E وأعط اسمه. 0,5

2.2- نصب في حوالة، توجد في ماء مثلج، $n_1 = 0,1 \text{ mol}$ من حمض البوتانويك و $n_2 = 0,1 \text{ mol}$ من الميثانول وقطرات من حمض الكبريتيك المركز وقطرات من الفينول فتاليين، فنحصل على خليط حجمه $V = 400 \text{ mL}$. 0,5

اذكر الفائدة من استعمال الماء المثلج، والدور الذي يلعبه حمض الكبريتيك في هذا التفاعل .
 2.3- لتتبع تطور هذا التفاعل نصب في 10 أنابيب نفس الحجم من الخليط، ونحكم إغلاقها ونضعها في حمام مائي درجة حرارته ثابتة (100°C) ثم نشغل الميقت عند اللحظة $t=0$.
 لتحديد تقدم المجموعة الكيميائية بدلالة الزمن، نخرج الأنابيب من الحمام واحدا تلو الآخر ونضعها في ماء مثلج، ثم نعاير الحمض المتبقى في كل أنبوب بواسطة محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C = 1\text{molL}^{-1}$.
 تكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة للمعايرة كما يلي:

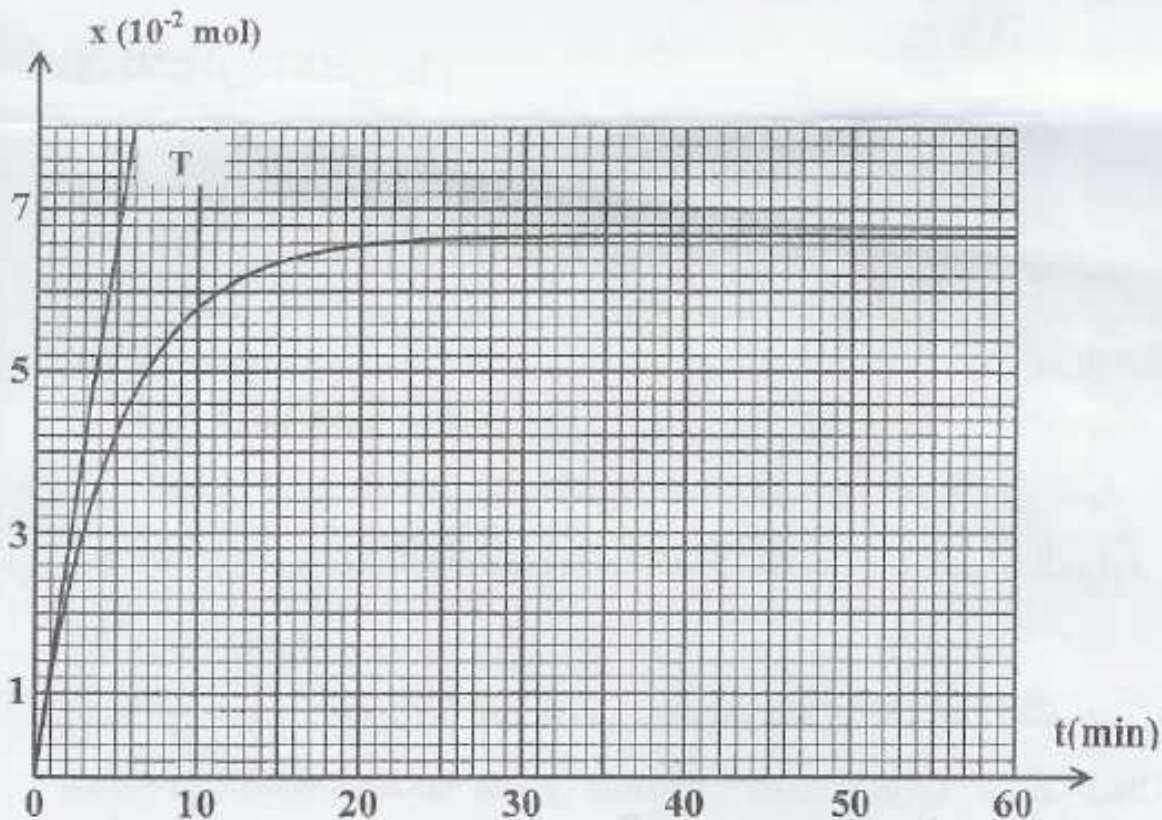


بين أن تعبير التقدم x لتفاعل الأسترة في لحظة t يعبر عنه بالعلاقة:

$$x(\text{mol}) = 0,1 - (10 \cdot C \cdot V_{\text{BE}})$$

حيث V_{BE} حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ في كل أنبوب.

2.4- أدت نتائج الدراسة التجريبية لهذه المعايرة إلى خط المنحنى الممثل لتغيرات التقدم x لتفاعل الأسترة بدلالة الزمن :



المستقيم T هو المماس للمنحنى عند $t_0 = 0$.
 اعتمادا على المنحنى حدد:

2.4.1- السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t_0 = 0$ واللحظة $t_1 = 50\text{min}$. 0,75

2.4.2- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. 0,5

2.4.3- خارج التفاعل $Q_{r,eq}$ عند التوازن. 0,75

التحولات النووية: (2 نقط)

تحتوي المياه الطبيعية على الكلور³⁶ الإشعاعي النشاط والذي يتجدد باستمرار في المياه السطحية بحيث يبقى تركيزه ثابتا، عكس المياه الجوفية الساكنة التي يتناقص فيها تدريجيا مع الزمن.
يهدف هذا التمرين إلى تأريخ فرشاة مائية ساكنة بواسطة الكلور³⁶.

المعطيات:

النواة أو الدقيقة	الكلور ³⁶	النوترون	البروتون
الرمز	${}_{17}^{36}\text{Cl}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$
الكتلة (u)	35,9590	1,0087	1,0073

- عمر النصف للكلور³⁶: $t_{1/2} = 3,01.10^5 \text{ ans}$

- $1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$

1- تفتت نويدة الكلور³⁶:

ينتج عن تفتت نويدة الكلور³⁶ نويدة الأرجون³⁶ ${}_{18}^{36}\text{Ar}$.

1.1- أعط تركيب نويدة الكلور³⁶ ${}_{17}^{36}\text{Cl}$. 0,25

1.2- احسب ب MeV طاقة الربط لنواة الكلور³⁶. 0,5

1.3- اكتب معادلة هذا التفتت وحدد نوع نشاطه الإشعاعي. 0,5

2- تأريخ فرشاة مائية ساكنة:

أعطى قياس النشاط الإشعاعي، عند لحظة t ، لعينة من المياه السطحية القيمة

$a_1 = 11,7.10^{-6} \text{ Bq}$ و لعينة أخرى لها نفس الحجم من المياه الجوفية الساكنة القيمة

$a_2 = 1,19.10^{-6} \text{ Bq}$

نفترض أن الكلور³⁶ هو المسؤول الوحيد عن النشاط الإشعاعي في المياه؛ وأن

نشاطه في المياه السطحية يساوي نشاطه في المياه الجوفية الساكنة لحظة تكوّن الفرشاة

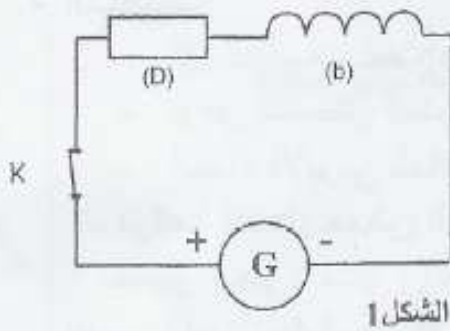
المائية الجوفية والتي نأخذها أصلا للتأريخ.

حدد بالسنة عمر الفرشاة المائية الجوفية المدروسة.

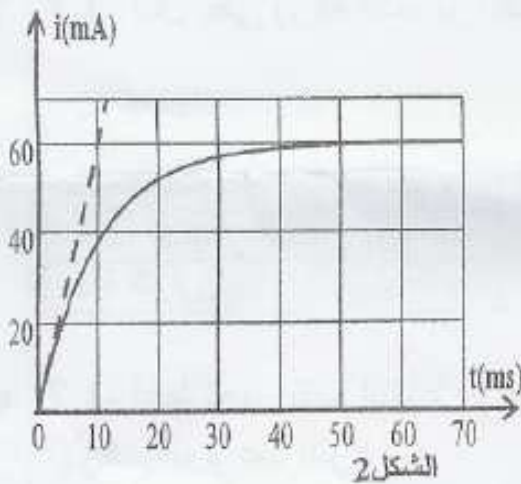
0,75

الكهرباء: (5 نقط)

قامت مجموعتان من التلاميذ خلال حصة الأشغال التطبيقية بدراستين مختلفتين لتحديد معامل التحريض الذاتي L و المقاومة r لوشية .



1- أنجزت المجموعة الأولى التركيب الكهربائي الممثل في الشكل 1 والمكون من وشية (b) معامل تحريضها L ومقاومتها r ، و موصل أومي (D) مقاومته $R = 50\Omega$ ، ومولد G قوته الكهرمحركة $E = 6V$ ومقاومته الداخلية مهملة، وقاطع K للتيار. حصلت المجموعة بواسطة عدة معلومات ملائمة على منحنى الشكل 2 الممثل لتغيرات شدة التيار المار في الدارة بدلالة الزمن $i = f(t)$.



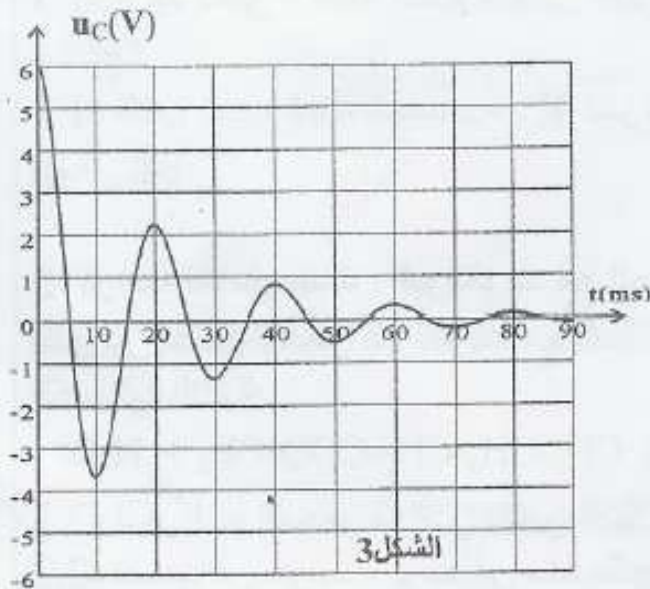
1.1- أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار $i(t)$. 0,5

1.2- تحقق أن حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل: $i(t) = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ ، حيث I_0 شدة التيار الكهربائي المار في الدارة في النظام الدائم، و τ ثابتة الزمن. 0,5

1.3- عيّن، انطلاقاً من منحنى الشكل 2، قيمة I_0 واستنتج قيمة τ . 0,75

1.4- حدد مبيانياً τ . 0,25

1.5- استنتج L . 0,5



2- قامت المجموعة الثانية بشحن مكثف سعته $C = 10\mu F$ كلياً بواسطة مولد G قوته الكهرمحركة $E = 6V$ وتفرغته في الوشية (b)، وعايّنت على شاشة راسم التذبذب منحنى الشكل 3 الممثل لتغيرات التوتر u_c بين مربطي المكثف بدلالة الزمن.

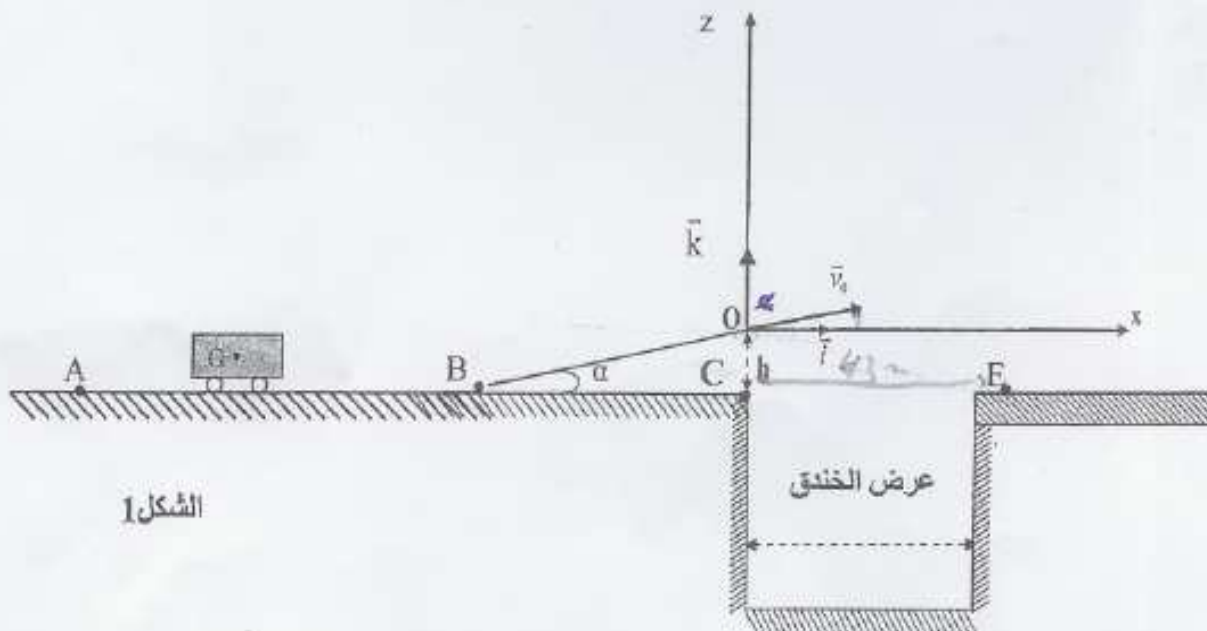
- 2.1- ارسم تبيان التركيب التجريبي المستعمل. 0,5
- 2.2- علل خمود التذبذبات. 0,25
- 2.3- عيّن مبيانيا قيمة شبه الدور T ، واستنتج قيمة معامل التحريض L للوشية (b) باعتبار الدور الخاص T_0 للمتذبذب يساوي شبه الدور T (نأخذ $\pi^2 = 10$). 0,75
- 2.4- ما نوع الطاقة المخزونة في الدارة عند اللحظة $t = 25 \text{ ms}$ ؟ علل جوابك. 0,5
- 2.5- ركبت المجموعة الثانية الوشية (b) والمكثف السابق على التوالي مع مولد يزود الدارة بتوتر يتناسب اطرادا مع شدة التيار المار فيها ($u = ki$). تكون التذبذبات مصانة عندما تأخذ k القيمة $k = 50 \text{ (SI)}$. أوجد r مقاومة الوشية. 0,5

الميكانيك: (6 نقط)

يعتبر القفز على الخنادق أو الحواجز بواسطة السيارات أو الدراجات النارية أحد التحديات التي يواجهها المجازفون. يهدف هذا التمرين إلى التعرف على بعض الشروط التي يجب توفرها لتحقيق هذا التحدي.

يتكون مدار للمجازفة من قطعة AB مستقيمة ومن قطعة BO مائلة بزاوية α بالنسبة للمستوى الأفقي AC وخندق عرضه D (الشكل 1).
 نمذج { السائق + السيارة } بمجموعة (S) غير قابلة للتشويه كتلتها m ومركز قصورها G .

ندرس حركة مركز القصور G في معلم أرضي نعتبره غاليليا، ونهمل تأثير الهواء على المجموعة (S) وأبعادها بالنسبة للمسافات المقطوعة.



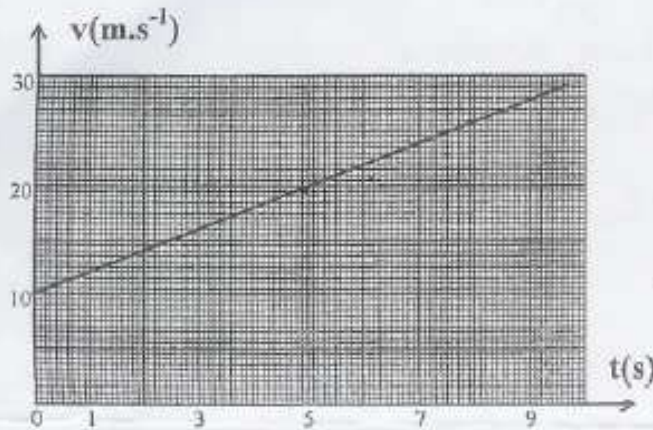
الشكل 1

المعطيات:

- كتلة المجموعة (S) : $m = 1200 \text{ kg}$
- الزاوية $\alpha = 10^\circ$
- شدة الثقالة $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$

1) دراسة الحركة المستقيمة للمجموعة (S)

تمر المجموعة (S) عند اللحظة $t_0 = 0$ من النقطة A وعند اللحظة $t_1 = 9,45 \text{ s}$ من النقطة B.



الشكل 2

يمثل الشكل (2) تغيرات السرعة v لحركة G على القطعة AB بدلالة الزمن.

- 1.1 - ما طبيعة حركة G على القطعة AB ؟ 0,5
- علل جوابك.
- 1.2 - حدد مبيانيا قيمة التسارع a لحركة G. 0,75
- 1.3 - احسب المسافة AB. 0,75
- 1.4 - تخضع المجموعة (S) على القطعة 0,75

BO لقوة الدفع \vec{F} للمحرك وقوة احتكاك

\vec{f} شدتها $f = 500 \text{ N}$. نعتبر القوتين ثابتتين وموازيتين للقطعة BO.

أوجد ، بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، الشدة F لقوة الدفع لكي تبقى للمجموعة (S)

نفس قيمة التسارع a لحركتها على القطعة AB.

2) دراسة حركة المجموعة (S) في مجال الثقالة المنتظم

تصل المجموعة (S) إلى النقطة O بسرعة \vec{v}_0 قيمتها $v_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$ وتتابع حركتها

لتسقط في النقطة E التي تبعد عن النقطة C بالمسافة $CE = 43 \text{ m}$. نأخذ لحظة بداية تجاوز

(S) للخندق أصلا جديدا لمعلم الزمن حيث يكون G منطبقا مع O أصل المعلم (\vec{Ox}, \vec{Oz})

(الشكل 1).

- 2.1 - اكتب المعادلتين الزميتين $x(t)$ و $z(t)$ لحركة G في المعلم (\vec{Ox}, \vec{Oz}) . 1
- 2.2 - استنتج معادلة المسار، وحدد إحداثي قيمته. 1,25
- 2.3 - حدد الارتفاع h بين النقطتين C و O. 1

معادلة التفاعل				معادلة التفاعل	
$AH_{(aq)} + H_2O_{(liq)} \rightleftharpoons A^{-}(aq) + H_3O^{+}(aq)$					
كميات المادة معبر عنها بالمول (mol)				التقدم X	
$n_i(AH)$	وغير	0	0	$X = 0$	الحالة البدئية
$n_{(AH)i} - X_{eq}$	وغير	X_{eq}	X_{eq}	$X = X_{eq}$	حالة التوازن

1-2 - تقدم التفاعل عند التوازن:

$$X_{eq} = n_{(H_3O^+)} = [H_3O^+]_{eq} V_A$$

$$= 10^{-pH} V_A$$

$$\tau = \frac{X_{eq}}{X_{max}}$$

1-3 - نسبة تقدم التفاعل عند التوازن:

$$X_{max} = n_{(HA)_i} = C_A V_A$$

$$\tau = \frac{10^{-pH} V_A}{C_A V_A} = \frac{10^{-pH}}{C_A} = \frac{10^{-3,41}}{10^{-2}} \approx 0,039 = 3,9\%$$

التفاعل محدود . $\leftarrow \tau < 1$

1-4 - لدينا :

$$X_{eq} = \tau C_A V_A \leftarrow \tau = \frac{X_{eq}}{C_A V_A}$$

ثابتة الحمضية :

$$k_A = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]}$$

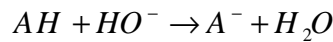
$$= \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} = \frac{\left(\frac{X_{eq}}{V_A}\right)^2}{C_A - \frac{X_{eq}}{V_A}} = \frac{\left(\frac{\tau C_A V_A}{V_A}\right)^2}{C_A - \tau C_A} = \frac{(\tau C_A)^2}{C_A(1-\tau)} = \frac{\tau^2 C_A}{(1-\tau)}$$

$$pk_A = -\log k_A = -\log \left(\frac{(0,038)^2 \cdot 10^{-2}}{1-0,038} \right) = -\log (1,58 \cdot 10^{-5}) = 4,8$$

2-1-2 - الاسم : بوتانات الميثيل المجموعة : مجموعة الإستيرات .

2-2 - يستعمل الماء المثلج لإيقاف التفاعل.
وحمض الكبريتيك كحفاز يزيد من سرعة التفاعل.

2-3 - معادلة التفاعل :

في كل أنبوب كمية مادة الحمض المتبقى : $n_{acide_{rest}} = C V_{BE}$

من خلال معادلة تفاعل الاسترة :

ماء + استر \rightarrow كحول + حمض

كمية مادة الحمض المتبقى - كمية مادة الحمض البدئية = كمية مادة الاستر المكون

$$= \frac{0,1}{10} - C V_{BE}$$

$$= 0,01 - C V_{BE}$$

وبما انه تم تقسيم المحلول على 10 أنابيب. لدينا في الخليط بأكمله:

$$n_{ester (formé)} = 0,1 - 10 \cdot C V_{BE}$$

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \quad \text{4-1-2-4) السرعة الحجمية :}$$

$$v = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{ومبيانيا :}$$

$$v = 0 \quad : \quad t = 50mn \quad \text{في اللحظة}$$

$$\text{في اللحظة } t = 0 \quad : \quad v = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot mn^{-1} \quad \text{ملحوظة : جميع النتائج من } 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ إلى } 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ مقبولة.}$$

$$(2-4-2) \text{ مبيانيا زمن نصف التفاعل } t_{1/2} \text{ يوافق } \frac{x_{\max}}{2} \quad \leftarrow \quad t_{1/2} = 3,5mn$$

(2-4-3) لدينا عند التوازن ، من خلال المبيان : $x_{eq} = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

acide	alcool	ester	eau
0,1	0,1	0	0
0,033	0,033	0,067	0,067

خارج التفاعل عند التوازن :

$$Q_{r,eq} = \frac{[ester] \cdot [eau]}{[acide] \cdot [alcool]} = \frac{(0,067)^2}{(0,033)^2} = 4$$

موضوع التحولات النووية :

15 بروتونا + 22 نوترون = 37 نوية

(11) تركيب نوية الكلور ${}_{15}^{37}Cl$

(1-2) طاقة الربط:

$$E_t = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m({}_Z^A X)] c^2$$

بالنسبة لنوية الكلور ${}_{17}^{36}Cl$:

$$E_t = [17 \cdot (1,0073u) + 19 \cdot (1,0087u) - 35,9590u] u \cdot c^2$$

$$\dots = [(0,3304) \cdot 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}] c^2 \approx 307,8 \text{ MeV}$$

(2) بما أنه من خلال المعطيات :

تحتوي المياه الطبيعية على الكلور 36 الإشعاعي النشاط والذي يتجدد باستمرار في المياه السطحية بحيث يبقى تركيزه ثابتا، عكس المياه الجوفية الساكنة التي يتناقص فيها تدريجيا مع الزمن. نشاطه في المياه السطحية يساوي نشاطه في المياه الجوفية الساكنة لحظة تكون الفرشة المائية الجوفية والتي نأخذها أصلا للتواريخ.

كما :

أعطى قياس النشاط الإشعاعي، عند لحظة t ، لعينة من المياه السطحية القيمة $a_1 = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$ و لعينة أخرى لها نفس الحجم من المياه الجوفية الساكنة القيمة $a_2 = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$

نستج أن :

$$a_0 = a_1 = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$$

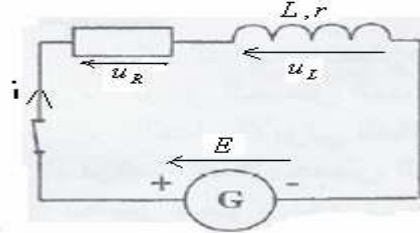
$$\text{و:} \quad a_2 = a_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{أي:}$$

$$\frac{a_2}{a_1} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \quad \Leftrightarrow \quad a_2 = a_1 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$$

$$t = \frac{t_{1/2} \cdot \ln \frac{a_1}{a_2}}{\ln 2} = \frac{3,01 \cdot 10^5 \cdot \ln \frac{11,7 \cdot 10^{-6}}{1,19 \cdot 10^{-6}}}{\ln 2} \approx 9,92 \cdot 10^5 \text{ an}$$

الكهرباء:

(1-1) بتطبيق قانون تجميع التوترات:



$$u_L + u_R = E$$

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

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

$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad \text{نضع} \quad \frac{L}{R + r} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R + r}$$

$$\text{وهي المعادلة التفاضلية} \quad \tau \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R + r}$$

(1-2) بما أن I_o هي شدة التيار الكهربائي في النظام الدائم .

$$I_o = \frac{E}{r + R}$$

والمعادلة التفاضلية تصبح كما يلي :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = I_o$$

لنتحقق من كون حل المعادلة التفاضلية : $i = I_o (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$i = I_o - I_o e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{di}{dt} = 0 - (-\frac{1}{\tau} I_o e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{I_o}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية :

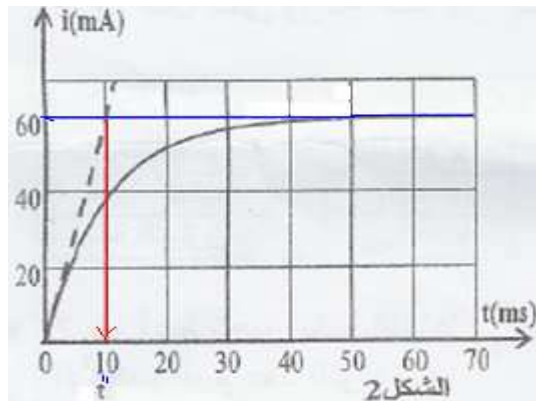
$$\tau \frac{I_o}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + I_o - I_o e^{-\frac{t}{\tau}} = I_o$$

$$I_o = I_o \Leftrightarrow I_o e^{-\frac{t}{\tau}} + I_o - I_o e^{-\frac{t}{\tau}} = I_o$$

(1-3) مبيانيا : $I_o = 60mA$

$$\Leftrightarrow I_o \cdot R + I_o \cdot r = E \quad \text{أي} \quad I_o (R + r) = E \quad \Leftrightarrow I_o = \frac{E}{r + R}$$

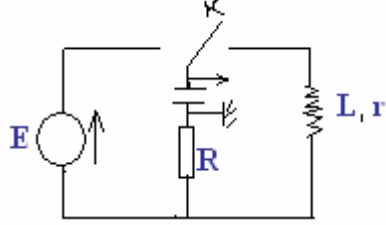
(1-4) مبيانيا : $\tau = 10ms$



$$L = (R + r) \cdot \tau = 100 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 1H \quad \Leftrightarrow$$

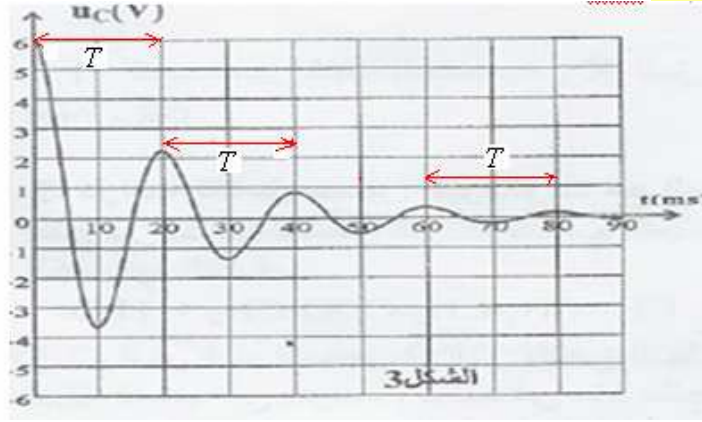
$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad \text{1-5}$$

(1-2(2)



(2-2) الخمود ناتج عن وجود المقاومة التي تسبب تبديد الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية بمفعول جول .

(2-3) مبيانيا شبه الدور: $T = 20ms$



$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{(20 \cdot 10^{-3})^2}{40 \cdot 10^{-6}} = 1H \quad \leftarrow \quad T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \quad \leftarrow \quad \text{شبه الدور} = \text{الدور الخاص}$$

(2-4) من خلال الشكل 3 التوتر بين مربطي المكثف عند اللحظة $t = 25ms$ منعدم $u_c = 0$. إذن الطاقة المخزونة في الدارة هي الطاقة المغنطيسية للشويعة .

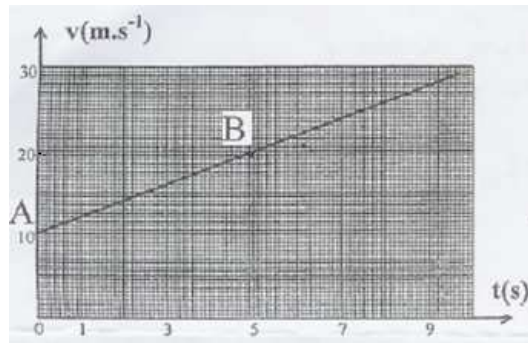
$$r = 50\Omega \quad (2-5)$$

الميكانيك :

1-1- الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

-1-2

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-10}{5-0} = 2m/s^2 \quad \text{مع} : v_o = 10m/s \quad \text{و} : v = at + v_o$$



-1-3

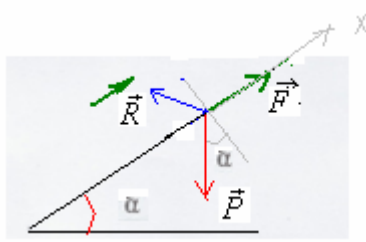
$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_o t = t^2 + 10t$$

$$AB = t_1^2 + 10t_1 = 9,25^2 + 9,25 \cdot (10) = 183,8m$$

-1-4

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{F} + \vec{R} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$



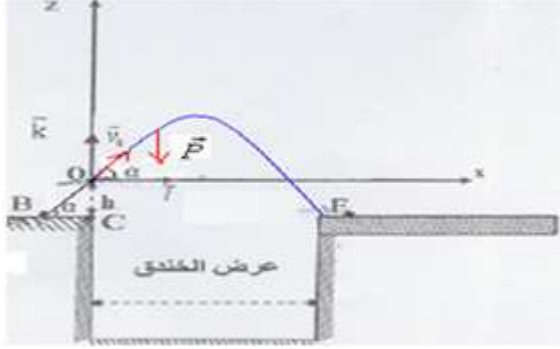
بالاسقاط على المحور ox :

$$F - f - P \sin \alpha = m a$$

$$F = f + m g \sin \alpha + m a = 500 + 1200 \cdot (9,8) \cdot \sin 10 + 1200 \cdot (2) = 4942N$$

(2-1) بعد مغادرة المستوى المائل يخضع الجسم S لتأثير وزنه فقط.

$$\begin{cases} v_{ox} = v_o \cdot \cos \alpha \\ v_{oz} = v_o \cdot \sin \alpha \end{cases}$$



بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{P} = m \vec{a}_G$ (1)

بالاسقاط العلاقة (1) على المحور ox :

$$0 = m a_x \Leftrightarrow a_x = 0 \quad \text{الحركة حسب المحور } ox \text{ مستقيمة منتظمة تتم بسرعة ثابتة معادلتها الزمنية:}$$

$$\text{لأن } z_o = 0 \quad x = (v_o \cdot \cos \alpha) t$$

$$\text{ت.ع: } x = 29,54 t$$

$$\text{بالاسقاط (1) على } oz \quad +P = m a_z \Leftrightarrow \text{أي: } +m \cdot g = m a_z$$

$$a_z = -g \quad \text{بالتكامل } v_z = -gt + v_o \cdot \sin \alpha \quad \text{ومنه فإن المعادلة الزمنية للحركة: } z = \frac{1}{2} a_z t^2 + (v_o \sin \alpha) t \quad \text{لأن } z_o = 0$$

$$z = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_o \sin \alpha) t$$

$$\text{ت.ع: } z = -4,9 t^2 + 5,21 t$$

(2-2) نحصل على معادلة المسار بإقصاء المتغيرة t بين x و z :

$$\text{من خلال } x \text{ لدينا: } t = \frac{x}{v_o \cdot \cos \alpha} \quad \text{وبالتعويض في } z \text{ نحصل على: } z = -\frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_o^2 \cdot \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha \quad \text{وهي معادلة المسار.}$$

$$\text{ت.ع: } z = -5,61 \cdot 10^{-3} x^2 + 0,176 x$$

$$\text{قمة المسار: عند القمة تنعدم السرعة } v_z \quad \text{أي: } v_z = -gt + v_o \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\text{مدة السقوط: } t_1 = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g} \approx 0,53s \quad \text{وبالتعويض في } x \text{ و } z \text{ نحصل على إحداثي قمة المسار } F.$$

$$x_F = 29,54 t_1 \approx 15,7m$$

$$z = -4,9 t^2 + 5,21 t \approx 1,38m$$

2-3- لدينا $CE = 43m$

$$\text{معادلة المسار: } z = -5,61 \cdot 10^{-3} x^2 + 0,176 x$$

$$\text{عندما تصل القذيفة إلى النقطة } E \quad x_E = CE = 43m \quad \text{و: } z_E = -h \quad \text{ثم نعوض في معادلة المسار.}$$

$$\text{ومنه: } h = 2,8m$$

$$-h = -5,61 \cdot 10^{-3} CE^2 + 0,176 CE = -2,8m$$