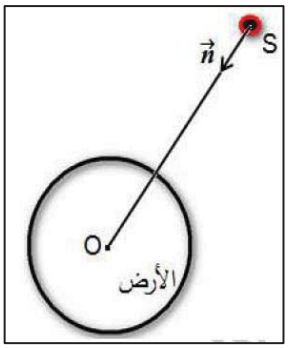
Nafouz

الجزء الأول: (13 نقطة)

التمرين الأول: (07 نقاط)

I- لمنافسة النظام الأمريكي في التموقع الدقيق GPS والتحرر منه , وضع الاتحاد الأوربي نظامه الخاص المسمى Galileo المتكون من 30 قمرا اصطناعيا يرسم كل واحد منها مسارا يمكن اعتباره دائريا حول الأرض على ارتفاع h=23616km من سطحها.



تتم دراسة أحد هده الأقمار الاصطناعية (S) في المرجع المركزي الأرضي والذي نعتبره غاليليا.

1) أكتب العبارة الشعاعية لقوة الجدب $\vec{F}_{T/S}$ التي تطبقها الأرض على هذا القمر بدلالة M_T , m_S , h , G , R_T و $\vec{n}$ شعاع الوحدة. ثم مثلها على الشكل .

2)- أ- باستعمال التحليل البعدي اوجد وحدة الثابت G .

ب- بين أن حركة القمر الاصطناعي حركة دائرية منتظمة .

ج- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في المرجع المحدد , اوجد العبارة الحرفية للسرعة المدارية للقمر بدلالة M_T , h , G , R_T ثم أحسب قيمتها .

د- اوجد عبارة دور حركة القمر T حول الأرض بدلالة : R_T ,h , M_T , G , ثم احسب قيمته ' هل يمكن اعتبار هذا القمر جيومستقرا؟ برر إجابتك .

ه- بين أن النسبة ($\frac{T^2}{r^3}$) ثابتة لأي قمر يدور حول الأرض . ثم احسب قيمتها العددية في المعلم المركزي الأرضي .

و- ما هو القانون الذي يمكنك استنتاجه من العبارة السابقة ؟ أكتب نصه .

يعطي : $G=6.67 \times 10^{-11}$ SI , $R_T = 6371km$, $M_T = 5.972 \times 10^{24}$ kg
$\pi^2 \approx 10$.

II- تعتمد محركات التوجيه في الأقمار الاصطناعية على بطاريات نووية تولد طاقة متحررة من جراء انبعاث جسيمات α من أنوية البلوتونيوم المشع $^{238}_{94}Pu$ ، ثابت التفكك له λ .

1) أكتب معادلة التحول النووي المنمذجة لتفكك نواة البلوتونيوم238 للحصول على نواة اليورانيوم $^{A}_{Z}U$.

2) بين أن المعادلة التفاضلية التي يخضع لها عدد الانوية المتفككة N_d للبلوتونيوم 238 هي من الشكل :

$\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_d = \lambda N_0$ حيث N_0 هو عدد أنوية البلوتونيوم المشعة الابتدائية.

3) إذا كان حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل $N_d(t) = Ae^{-\alpha t} + B$. أوجد عبارة الثوابت : α ، B و α .

- ما المدلول الفيزيائي لكل من α و B ؟

4) تحتوي بطارية أحد الأقمار الاصطناعية على كتلة $m = 1.2kg$ من $^{238}_{94}Pu$.

تقدم هذه البطارية خلال مدة اشتغالها استطاعة كهربائية متوسطة مقدارها $P_e = 888W$ بمردود $r = 60\%$.

أ- احسب الطاقة الكلية الناتجة عن التفكك الكلي للكتلة m .

ب-استنتج مدة اشتغال البطارية.

يعطي :

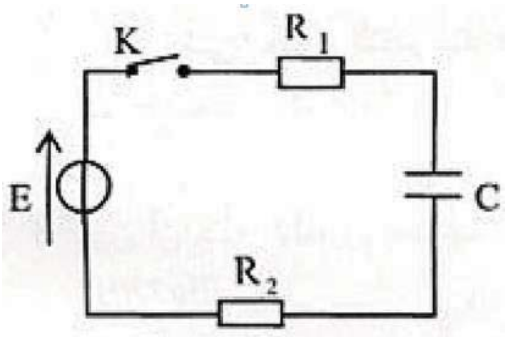
$m(^{4}_{2}He) = 4.00150u \quad ; m(^{A}_{z}U) = 234.04095u \quad ; m(^{238}_{94}Pu) = 238.04768u$

$1u = 931.5\, MeV/c^2 \; , N_A = 6.02 \times 10^{23} mol^{-1} \; , 1MeV = 1.6 \times 10^{-13} j$

المردود الطاقوي: $r = \frac{E_e}{E_{LibT}}$ (E_e الطاقة الكهربائية ، E_{LibT} الطاقة المحررة الكلية)

Nafouz

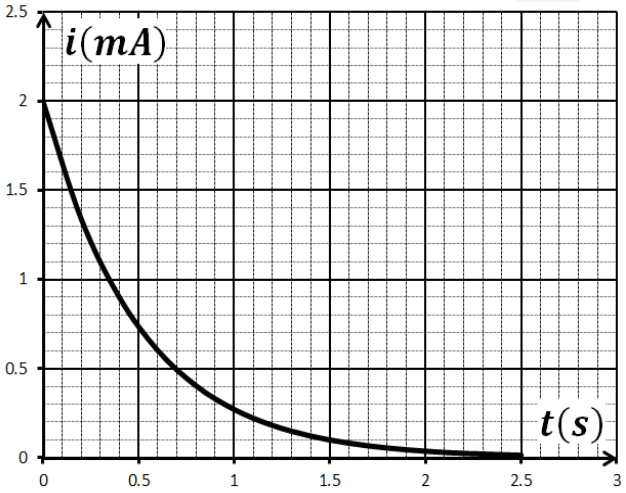
I- تتميز المكثفات بخاصية تخزين الطاقة الكهربائية وإمكانية استغلالها عند الحاجة. لدراسة هذه الخاصية نربط مكثفة غير مشحونة سعتها C على التسلسل مع العناصر الكهربائية التالية:
مولد كهربائي للتوتر الثابت E، قاطعة K وناقلين اوميين مقاومتيهما: $R_1 = 1k\Omega$ و $R_2 = 4k\Omega$. نغلق القاطعة في اللحظة $t = 0$:



1) - أ- أعط تفسيرا مجهريا للظاهرة التي تحدث في المكثفة.
ب) بتطبيق قانون جمع التوترات جد المعادلة التفاضلية للشدة $i(t)$ للتيار الكهربائي المار في الدارة .

جـ - للمعادلة التفاضلية السابقة حلا من الشكل: $i(t) = \alpha e^{-\beta t}$ ، جد عبارتي الثابتين α و β بدلالة R_1 ، R_2 ، C ، E .

II - بواسطة لاقط شدة التيار الكهربائي موصول بالدارة وبواجهة دخول لجهز الإعلام الآلي نحصل على منحنى تطور الشدة $i(t)$ لتيار الكهربائي.



1) اعتمادا على البيان اوجد قيمة كلا من :

أ- ثابت الزمن τ للدارة ،

ب- سعة المكثفة C ،

ج- التوتر الكهربائي E .

2) أعط العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في المكثفة $E_c(t)$ واحسب قيمتها العظمى .

الجزء الثاني : (07 نقاط)

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

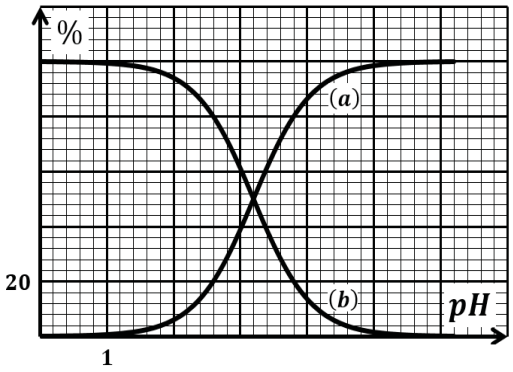
حمض الازوتيد HNO_2 وهو حمض احادي يتواجد فقط على شكل محلول وهو ذو لون ازرق فاتح، وهو غير مستقر يتفكك ببطء إلى محلول حمض الازوت وينطلق غاز أحادي أكسيد الازوت. نحضر منه محلولا (S_0) تركيزه المولي $C_0 = 0.625mol/L$

I - تفاعل حمض الازوتيد مع الماء :

انطلاقا من المحلول (S_0) نحضر محلولا ممددا (S) لحمض الازوتيد تركيزه المولي C

نقيس الـ pH له مباشرة بعد التحضير نجدها $pH = 2.8$.

المخطط يمثل النسبة المئوية للحمض والأساس المرافق له.



1) ما هي الخطوات المتبعة لقياس pH باستعمال جهاز الـ pH متر.

2) اكتب معادلة انحلال حمض الازوتيد في الماء.

3)أنجز جدولا لتقدم تفاعل حمض الازوتيد مع الماء.

4)ما هو المنحنى الممثل للصفة الحمضية والصفة الأساسية مع التبرير.

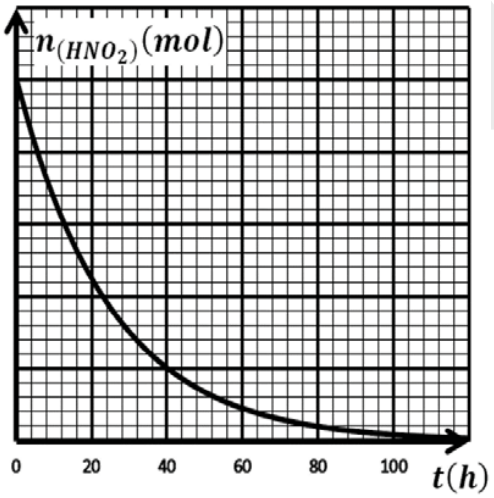
5) استنتج قيمة الـ pKa للثنائية (HNO_2/NO_2^-) .

II – دراسة تفكك حمض الازوتيد :

يتفكك حمض الازوتيد ببطء الى حمض الازوت وغاز احادي الازوت وفق المعادلة التالية :

$$3HNO_{2(aq)} = 2NO_{(g)} + H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

نأخذ حجما $V = 800mL$ من المحلول (S_0) نضعها في حوجلة ثم نقوم بتسخينها، المتابعة الزمنية لتفكك الحمض مكنت من الحصول على البيان الذي يعطي تغيرات كمية مادة حمض الازوتيد بدلالة الزمن.



1) حدد السلم الناقص في الرسم .

2) أنجز جدول لتقدم التفاعل .ثم أحسب قيمة التقدم الاعظمي .

3) عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدد قيمته .

4) بين أن عبارة السرعة الحجمية لاختفاء حمض الازوتيد تكتب بالعلاقة التالية :

$$v_{vol} = -\frac{1}{3V} \times \frac{dn_{(HNO_2)}}{dt}$$

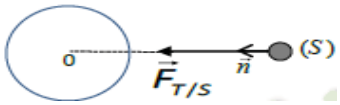
Nafouz

الجزء الأول: (13 نقطة)

التمرين الأول: (07 نقاط)

I-1) العبارة الشعاعية لقوة الجذب $\vec{F}_{T/S}$ بدلالة R_T, G, h, m_S, M_T و $\vec{n}$ شعاع الوحدة ثم تمثيلها: (0.5)

التمثيل :



$$\vec{F}_{T/S} = G.\frac{M_T.m_S}{(R_T+h)^2}.\vec{n}$$

2)- أ- باستعمال التحليل البعدي إيجاد وحدة الثابت G: (0.5)

لدينا : $F = G\frac{mM_T}{r^2}$ ومنه $G = F\frac{r^2}{mM_T}$ اي $[G] = [F]\frac{[r]^2}{[m][M_T]}$ ومنه : $[G] = MLT^{-2}L^2/M^2$

ومنه : $[G] = T^{-1}M\,L^3\,^{-2}$ وبتالي وحدة G هي $\mathbf{kg^{-1}\,m^3\,s^{-2}}$

ب- تبين أن حركة القمر الاصطناعي حركة دائرية منتظمة : (0.25)

بما أن **مسار** الذي يرسم القمر دائري و ($\mathbf{v = cte}$, $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$) فالحركة دائرية منتظمة (تقبل الطرق الصحيحة)

ج- العبارة الحرفية للسرعة المدارية للقمر بدلالة R_T, G, h, M_T ثم حساب قيمتها : (0.5)

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة (قمر صناعي) فالمرجع المختار

أي $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\overrightarrow{a_G}$ بالإسقاط على الناظم (N): $F_{T/S} = m_S\,a_n$ حيث : $= \frac{v^2}{R_{T+h}}a_n$ ، $\vec{F}_{T/S} = m_S\,\overrightarrow{a_n}$

اي ان : $m_S\frac{v^2}{R_{T+h}} = G.\frac{M_T.m_S}{(R_T+h)^2}$ ومنه : $\frac{G\,M_T}{R_{T+h}}v^2$ = وبتالي : $v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}}$

- **الحساب :** $v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\,5.972\times10^{24}}{(6371 + 23616)10^3}} = 3.644\;\;10^3\;\;\mathbf{m/s}$

د- عبارة دور حركة القمر T حول الأرض بدلالة : R_T ,h , M_T , G ثم حساب قيمته : (01)

لدينا : $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(R_T+h)}{\sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}}} = 2\pi(R_T+h)\sqrt{\frac{R_T + h}{G\,M_T}} = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{GM_T}}$

- **الحساب:** $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G\,M_T}} = 2(3.14)\sqrt{\frac{((6371 + 23616)10^3)^3}{6.67\times10^{-11}\times5.972\times10^{24}}} = 5.166\;\;10^4\;s$

$T = 5.166\;\;10^4 s = \frac{5.166\;\;10^4}{3600} = 14.35\;h \neq 24\;h$

وبتالي لايمكن اعتبار هذا القمر جيومستقرا.

Nafouz

هـ- تبيين أن النسبة $\left(\frac{T^2}{r^3}\right)$ ثابتة لأي قمر يدور حول الأرض ثم الحساب : (0.5)

لدينا : $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G M_T}}$ ناخذ التربيع $T^2 = 4\pi^2 \frac{(R_T + h)^3}{G M_T}$

- ادن : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T} = cte$
- الحساب : $\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T} = \frac{4 .10}{6.67\times10^{-11} \times 5.972 \times10^{24}} = 10^{-13} \frac{s^2}{m^3}$

و- القانون الذي يمكنك استنتاجه من العبارة السابقة مع النص: (0.5)

القانون الثالث لكبلر . نصه : يتناسب مربع الدور لمدار قمر مع مكعب البعد المتوسط للقمر عن الأرض .

II-1) معادلة التحول النووي المنمذجة لتفكك نواة البلوتونيوم238 : (0.25)

$^{238}_{94}Pu \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}U$ بتطبيق قانوني صودي :

- انحفاظ العدد الكتلي: A + 4=238 اي : A=234

-انحفاظ العدد الذري : Z +2=94 آي : Z=92 ومنه : $^{238}_{94}Pu \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{92}U$

2)إثبات المعادلة التفاضلية : (0.5) لدينا $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$

$\frac{dN(t)}{dt} + \lambda N(t) = 0$ حيث عدد الانوية المتبقية هو $N(t) = N_0 - N_d$ بالتعويض نجد :

$-\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_0 - \lambda N_d = 0$ ومنه $\frac{dN_0 - N_d}{dt} + \lambda(N_0 - N_d) = 0$ (للتوضيح $\frac{dN_0}{dt} = 0$)

اذن : $\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_d = \lambda N_0$

3)إيجاد عبارة الثوابت : α ، B و A: (0.75) لدينا : $\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_d = \lambda N_0$ و $N_d(t) = Ae^{-\alpha t} + B$

$$\frac{dN_d}{dt} = \frac{dAe^{-\alpha t} + B}{dt} = -\alpha Ae^{-\alpha t}$$

$$-\alpha Ae^{-\alpha t} + \lambda\,(Ae^{-\alpha t} + B) = \lambda N_0$$

$$-\alpha Ae^{-\alpha t} + \lambda\, Ae^{-\alpha t} + \lambda\, B - \lambda N_0 = 0$$

$$Ae^{-\alpha t}(-\alpha + \lambda) + \lambda\,(B - N_0) = 0$$

$Ae^{-\alpha t} \neq 0$,$(-\alpha + \lambda) = 0$ او $(B - N_0) = 0$ اذن : $\boldsymbol{B = N_0}$ و $\boldsymbol{\alpha = \lambda}$

- ايجاد A لدينا : $N_d(t=0) = Ae^{-\alpha 0} + B = 0$ ومنه $A + B = 0$ أي $\boldsymbol{A = -B = -N_0}$
- المدلول الفيزيائي لكل من α و B : (0.5) $\boldsymbol{\alpha = \lambda}$ **ثابت النشاط الإشعاعي**).و($\boldsymbol{B = N_0}$ **عدد الانوية الابتدائية)**

4) أ- حساب الطاقة الكلية الناتجة عن التفكك الكلي للكتلة m : (0.75)

$$E_{Lib} = |\Delta m|c^2 = |m_i - m_f|c^2 = |(m_{Pu} - (m_{He} + m_U)|c^2$$

$$E_{Lib} = = |(238.04768 - (4.00150 + 234.04095)|c^2 = 5.23\ 10^{-3}\ \mathbf{931.5} = 4.871\ \text{Mev}$$

$$E_{LibT} = N\ E_{Lib} = \frac{m}{M} N_A\ E_{Lib}$$

$$= \frac{1.2\ 10^3}{238} 6.02\ 10^{23}\ 4.871 = 1.478\ 10^{25}\text{Mev} = 1.478\ 10^{25}\ \ 1.6\ 10^{-13} = 2.36\ 10^{12}\ \text{J}$$

ب- مدة اشتغال البطارية: (0.5)

لدينا: $r = \frac{E_e}{E_{LibT}} = \frac{P_e\ \Delta t}{E_{LibT}}$ ومنه : $\Delta t = \frac{r\ E_{LibT}}{P_e}$

$$\Delta t = \frac{r\ E_{LibT}}{P_e} = \frac{0.6\ \ 2.36\ 10^{12}}{888} = 1.6\ 10^9 s$$

التمرين الثاني: (06 نقاط)

I- أ- التفسير المجهري للظاهرة التي تحدث في المكثفة : (0.5)

عند غلق القاطعة، يفرض المولد بين لبوسي المكثفة المتقابلتين فرقا في الكمون الكهربائي، الشيء الذي يدفع بالإلكترونات الحرة للبوس ذو الكمون المرتفع (الموجب)بالتحرك نحو اللبوس الآخر عبر الدارة (يلعب المولد دور مضخة للالكترونات)، فتنشأ شحنة كهربائية موجبة على هذا اللبوس وفي نفس الوقت شحنة كهربائية سالبة على اللبوس المقابل. تتزايد هذه الشحنة بفعل التكهرب عن بعد بين اللبوسين(تكثيف الشحن الكهربائية) وخاصة بوجود عازل كهربائي فيتزايد تدريجيا التوتر بين اللبوسين وتتوقف حركة الالكترونات عندما يبلغ هذا التوتر بينهما قيمة القوة المحركة الكهربائية للمولد نقول أن المكثفة شحن كليا.

ب) المعادلة التفاضلية للشدة للتيار الكهربائي $i(t)$: (01.5)

بتطبيق قانون جمع التوترات $U_C(t)+U_{R1}(t)+U_{R2}(t) = E$ حيث : $U_C(t) = \frac{q(t)}{C}$ و : $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$

$$\frac{q(t)}{C} + R_1\ i(t) + R_2\ i(t) = E \quad \text{ومنه} \quad \frac{q(t)}{C} + (R1 + R2)\ i(t) = E$$ بالاشتقاق بالنسبة للزمن نجد :

$$\frac{1}{C}\frac{dq(t)}{dt} + (R1 + R2)\frac{di(t)}{dt} = \frac{dE}{dt} = 0 \quad \text{ومنه} \quad \frac{i(t)}{C} + (R1 + R2)\frac{di(t)}{dt} = 0$$

نقسم طرفي المعادلة على $(R1 + R2)$:

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{C\ (R1 + R2)} = 0$$

جـ - ايجاد عبارتي الثابتين α و β بدلالة R_1 ، R_2 ، C ، E : (01)

لدينا : $\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{C\,(R1+R2)} = 0$ و $i(t) = \alpha e^{-\beta t}$ بالتعويض نجد :

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{d\alpha e^{-\beta t}}{dt} = -\beta\, \alpha e^{-\beta t}$$

$$-\beta\, \alpha e^{-\beta t} + \frac{\alpha e^{-\beta t}}{C\,(R1+R2)} = 0 \quad \text{ومنه} \quad \alpha e^{-\beta t}\left(-\beta + \frac{1}{C\,(R1+R2)}\right) = 0$$

$$\alpha\, e^{-\beta t} \neq 0 \,, \quad \left(-\beta + \frac{1}{C\,(R1+R2)}\right) = 0 \text{ وبتالي : } \beta = \frac{1}{C\,(R1+R2)}$$

- باستعمال الشروط الابتدائية : $I_0 = \frac{E}{R1+R2}$ وبتالي : $i(t=0) = \alpha e^{-\beta\, 0} = I_0 = \frac{E}{R1+R2}$ $\alpha = I_0 = \frac{E}{R1+R2}$

II -1) اعتمادا على البيان إيجاد قيمة كلا من : (01.5)

أ- ثابت الزمن τ للدارة : لدينا $i(\tau) = 0.37\, I_0 = 0.37\, 2 = 0.74$ mA تقابل في محور الأزمنة $\tau = 0.5$ s

ب- سعة المكثفة C: لدينا : $\tau = (R1 + R2)C$ ومنه $C = \frac{\tau}{R1+R2} = \frac{0.5}{(4+1)10^3} = 10^{-4}\, F$

ج- التوتر الكهربائي E : لدينا : $I_0 = \frac{E}{R1+R2}$ ومنه $E = I_0\,(R1 + R2) = 2\ 10^{-3}\ 5\ 10^3 = 10$v

2) العبارة اللحظية للطاقة المخزنة في المكثفة $E_c(t)$: (01.5)

$$C\, E^2\, (1 - e^{-t/\tau})^2 E_c(t) = \frac{1}{2}$$

- **الطاقة العظمى :**

$$E_{cmax} = \frac{1}{2} C\, E^2 = 0.5\ 10^{-4}\,(10)^2 = 5\ 10^{-3}\ J$$

Nafouz

الجزء الثاني : (07 نقاط)

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

I -1)- الخطوات المتبعة لقياس pH باستعمال جهاز الـ pH متر: (0.75)

- نعاير جهاز pH متر.

- نغسل جيدا مسرى جهاز الـ pH متر بالماء المقطر ونجففه ثم نغمره بحذر في البيشر شاقوليا

- نقيس قيمة الـ pH للمحلول.

2)- معادلة انحلال حمض الازوتيد في الماء: (0.5)

$$HNO_2\ (aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + NO_2^-\ (aq)$$

3) جدولا لتقدم تفاعل حمض الازوتيد مع الماء: (01)

معـــــــــــادلة التفاعل		$HNO_2\ (aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + NO_2^-\ (aq)$			
حـــــــالة الجملة	التقدم	كمـــــــــيات المادة (mol)			
الحـــــالة الابتدائية	0	n_0	بوفرة	0	0
الحـــــالة الانتقالية	X(t)	$n_0 - X(t)$	بوفرة	X(t)	X(t)
الحـــــالة النـــهائية	$\mathbf{X_f}$	$n_0 - X_f$	بوفرة	$\mathbf{X_f}$	X_f

4) المنحنى الممثل للصفة الحمضية والصفة الأساسية : (0.5)

- المنحنى b: يمثل الصفة الحمضية لان تركيزه يتناقص و المنحنى a يمثل الصفة الأساسية لان تركيزه يتزايد

5)قيمة الـ pKa للثنائية (HNO_2/NO_2^-): (0.5)

بيانيا نجد $pKa = 3.2$

II -1- تحدد السلم الناقص في الرسم: (0.5)

لما t=0 لدينا : $n_0\,(HNO_2) = C_0\ V = 0.625 \quad 800\ \mathbf{10^{-3}} = 0.5mol$

نجد من البيان أن هذه ممثلة ب: 5 cm وبتالي : 1 cm ⟶ 0.1mol

Nafouz

2)-أنجز جدول لتقدم التفاعل : (01.25)

معـــــــــــادلة التفاعل		$3HNO_2\ (aq) = 2NO_{(g)} + H_3O^+(aq) + NO_3^-\ (aq)$			
حـــــــالة الجملة	التقدم	كمـــــــــيات المادة (mol)			
الحـــالة الابتدائية	0	n_0	0	بوفرة	0
الحـــالة الانتقالية	X(t)	$n_0 - 3X(t)$	2X(t)	بوفرة	X(t)
الحـــالة النـهائية	$\mathbf{X_f}$	$n_0 - 3X_f$	$2\ \mathbf{X_f}$	بوفرة	X_f

حيث : $n_0\,(HNO_2) = 0.5mol$

- قيمة التقدم الاعظمي X_{max}: (0.5)

$n_0\,(HNO_2) - 3Xmax = 0$ ومنه $Xmax = \frac{n0\,(HNO_2)}{3} = \frac{0.5}{3} = 0.16mol$

3)-تعريف زمن نصف التفاعل ثم تحديد قيمته : (0.5)

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته العظمى . $X(t_{1/2}) = \frac{Xmax}{2}$

- **قيمته** : $X(t_{1/2}) = \frac{Xmax}{2} = \frac{0.16}{2} = 0.08\ mol$ بالإسقاط نجد : $t_{1/2} = 44\ h$

- تقبل القيم من (40 h-----44h)

4)- الإثبات أن: (01)

$$v_{vol} = -\frac{1}{3V} \times \frac{dn_{(HNO_2)}}{dt}$$

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

ومن جدول تقدم التفاعل : $n(HNO_2) = n_0(HNO_2) - 3X$ 2

بالاشتقاق بالنسبة للزمن نجد : $\frac{dn(HNO2)}{dt} = -3\ \frac{dx}{dt}$ ومنه : $\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{3}\frac{dn(HNO2)}{dt}$ 3

نعوض العبارة 3 في العبارة 1 :

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times -\frac{1}{3}\frac{dn(HNO2)}{dt}$$

وبتالي السرعة الحجمية لاختفاء حمض الازوتيد تكتب :

$$v_{vol} = -\frac{1}{3\,V}\frac{dn(HNO2)}{dt}$$