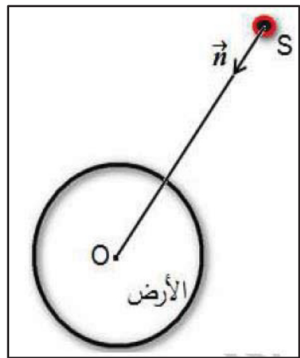


الجزء الأول: (13 نقطة)

التمرين الأول: (07 نقاط)

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

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



(1) أكتب العبارة الشعاعية لقوة الجذب $\vec{F}_{T/S}$ 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 G, M_T, h, R_T , ثم احسب قيمته ' هل يمكن اعتبار هذا القمر جيومستقرا؟ برر إجابتك .

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

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



- (1) أكتب معادلة التحول النووي المنمذجة لتفكك نواة البلوتونيوم $^{238}_{94}\text{Pu}$ للحصول على نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$.
(2) بين أن المعادلة التفاضلية التي يخضع لها عدد الأنوية المتفككة N_d للبلوتونيوم $^{238}_{94}\text{Pu}$ 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 .

- ما المدلول الفيزيائي لكل من α و B ؟

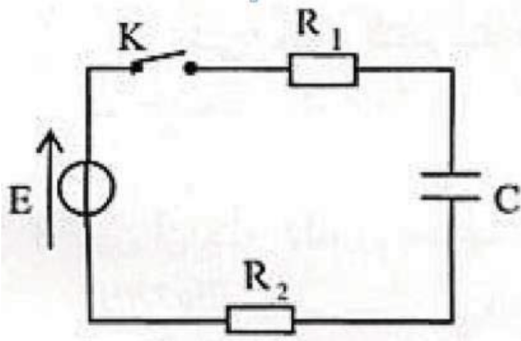
- (4) تحتوي بطارية أحد الأقمار الاصطناعية على كتلة $m = 1.2\text{kg}$ من $^{238}_{94}\text{Pu}$.
تقدم هذه البطارية خلال مدة اشتغالها استطاعة كهربائية متوسطة مقدارها $P_e = 888\text{W}$
بمردود $r = 60\%$.
أ- احسب الطاقة الكلية الناتجة عن التفكك الكلي للكتلة m .
ب- استنتج مدة اشتغال البطارية.
يعطي:

$$m(^4_2\text{He}) = 4.00150u ; m(^A_Z\text{U}) = 234.04095u ; m(^{238}_{94}\text{Pu}) = 238.04768u$$
$$1u = 931.5\text{MeV}/c^2 , N_A = 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1} , 1\text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13}\text{J}$$

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

التمرين الثاني: (06 نقاط)

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:

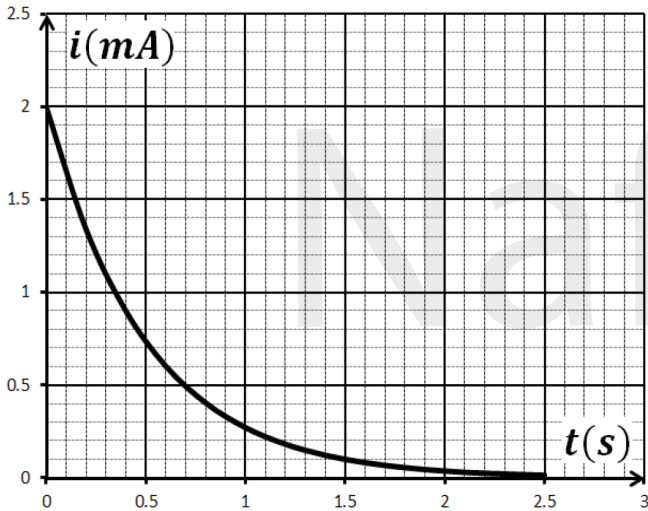


مولد كهربائي للتوتر الثابت E ، قاطعة K وناقلين اويمين مقاومتيهما: $R_1 = 1k\Omega$ و $R_2 = 4k\Omega$. نغلق القاطعة في اللحظة $t = 0$:

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

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

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



1) اعتماداً 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.

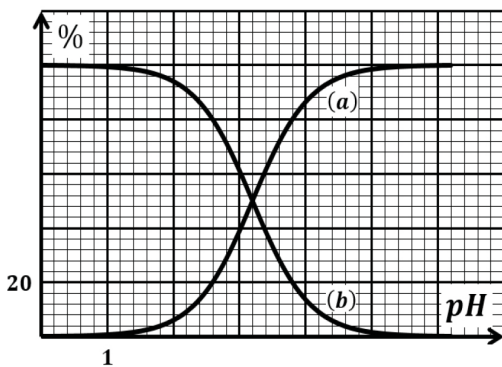
الجزء الثاني : (07 نقاط)

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 محلولاً (S_0) تركيزه المولي $C_0 = 0.625 \text{ mol/L}$

I - تفاعل حمض الازوتيد مع الماء :

انطلاقاً من المحلول (S_0) نحضر محلولاً ممدداً (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.

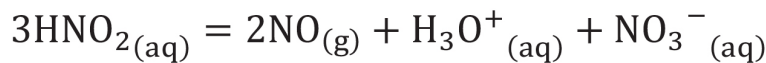
(3) أنجز جدولاً لتقدم تفاعل حمض الازوتيد مع الماء.

(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 إلى حمض الازوت وغاز احادي الازوت وفق المعادلة التالية :



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

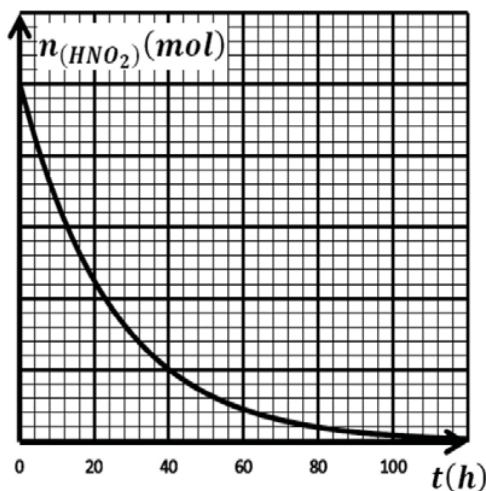
(1) حدد السلم الناقص في الرسم .

(2) أنجز جدولاً لتقدم التفاعل . ثم أحسب قيمة التقدم الاعظمي .

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

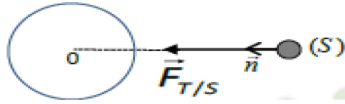
(4) بين أن عبارة السرعة الحجمية لاختفاء حمض الازوتيد تكتب بالعلاقة التالية :

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



**الجزء الأول: (13 نقطة)****التمرين الأول: (07 نقاط)**

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



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

التمثيل :

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

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

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

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

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

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

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

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G \quad \vec{F}_{T/S} = m_S \vec{a}_n \quad \text{بالإسقاط على الناظم (N): } F_{T/S} = m_S a_n \quad \text{حيث } a_n = \frac{v^2}{R_T + h}$$

$$v = \sqrt{\frac{G M_T}{R_T + h}} \quad \text{وبتالي} \quad v^2 = \frac{G M_T}{R_T + h} \quad \text{ومنه} \quad G \cdot \frac{M_T \cdot m_S}{(R_T + h)^2} = m_S \frac{v^2}{R_T + h}$$

$$\bullet \text{ الحساب : } v = \sqrt{\frac{G M_T}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}}{(6371 + 23616)10^3}} = 3.644 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

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

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

$$\bullet \text{ الحساب : } T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G M_T}} = 2 (3.14) \sqrt{\frac{((6371 + 23616)10^3)^3}{6.67 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}}} = 5.166 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$= 14.35 \text{ h} \neq 24 \text{ h}$$

$$T = 5.166 \cdot 10^4 \text{ s} = \frac{5.166 \cdot 10^4}{3600}$$

وبتالي لا يمكن اعتبار هذا القمر جيواستقرا.



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

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

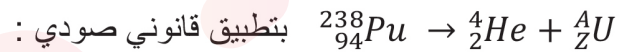
$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T} = \text{cte} \quad \bullet \text{ اذن:}$$

$$\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T} = \frac{4 \cdot 10}{6.67 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}} = 10^{-13} \frac{s^2}{m^3} \quad \bullet \text{ الحساب:}$$

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 .

1-II) معادلة التحول النووي المنمذجة لتفكك نواة البلوتونيوم 238 : (0.25)



- انحفاظ العدد الكتلي: $A + 4 = 238$ أي $A = 234$

-انحفاظ العدد الذري : $Z + 2 = 94$ أي $Z = 92$ ومنه : ${}_{94}^{238}\text{Pu} \rightarrow 4{}_2^4\text{He} + {}_{92}^{234}\text{U}$

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

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

ومنه $\frac{dN_0 - N_d}{dt} + \lambda(N_0 - N_d) = 0$ و $-\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_0 - \lambda N_d = 0$ (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 $N_d(t) = Ae^{-\alpha t} + B$

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

ب- مدة اشتعال البطارية: (0.5)

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

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

التمرين الثاني: (06 نقاط)

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

عند غلق القاطعة، يفرض المولد بين لبوسَي المكثفة المتقابلتين فرقا في الكمون الكهربائي، الشيء الذي يدفع بالإلكترونات الحرة لللبوس ذو الكمون المرتفع (الموجب) بالتحرك نحو اللبوس الآخر عبر الدارة (يلعب المولد دور مضخة للإلكترونات)، 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 الإلكترونات 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)

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

$$\frac{q(t)}{C} + (R1 + R2) i(t) = E \quad \text{ومنه} \quad \frac{q(t)}{C} + R1 i(t) + R2 i(t) = E$$

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

نقسم طرفي المعادلة على $(R1 + R2)$:

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



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

لدينا : $\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{C(R_1+R_2)} = 0$ و $i(t) = \alpha e^{-\beta t}$ بالتعويض نجد :

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

$$\alpha e^{-\beta t} \left(-\beta + \frac{1}{C(R_1+R_2)} \right) = 0 \quad \text{ومنه} \quad -\beta \alpha e^{-\beta t} + \frac{\alpha e^{-\beta t}}{C(R_1+R_2)} = 0$$

$$\beta = \frac{1}{C(R_1+R_2)} : \text{وبتالي} \quad \left(-\beta + \frac{1}{C(R_1+R_2)} \right) = 0, \quad \alpha e^{-\beta t} \neq 0$$

- باستعمال الشروط الابتدائية : $i(t=0) = \alpha e^{-\beta \cdot 0} = I_0 = \frac{E}{R_1+R_2}$ وبتالي : $\alpha = I_0 = \frac{E}{R_1+R_2}$

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

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

ب- سعة المكثفة C : لدينا : $\tau = (R_1 + R_2) C$ ومنه $C = \frac{\tau}{R_1+R_2} = \frac{0.5}{(4+1)10^3} = 10^{-4} \text{ F}$

ج- التوتر الكهربائي E : لدينا : $I_0 = \frac{E}{R_1+R_2}$ ومنه $E = I_0 (R_1 + R_2) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 10 \text{ v}$

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 :

$$E_{c\max} = \frac{1}{2} C E^2 = 0.5 \cdot 10^{-4} (10)^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

الجزء الثاني : (07 نقاط)

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

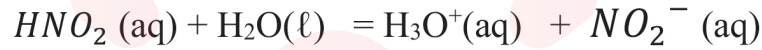
I- 1- الخطوات المتبعة لقياس pH باستعمال جهاز الـ pH متر: (0.75)

- معاير جهاز pH متر.

- غسل جيدا مسرى جهاز الـ pH متر بالماء المقطر ونجفقه ثم نغمره بحذر في البيشر شاقوليا

- نقيس قيمة الـ pH للمحلول.

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



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

معادلة التفاعل		$HNO_2 (aq) + H_2O(l) = H_3O^+(aq) + NO_2^- (aq)$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة (mol)			
الحالة الابتدائية	0	n_0	بوفرة	0	0
الحالة الانتقالية	$X(t)$	$n_0 - X(t)$	بوفرة	$X(t)$	$X(t)$
الحالة النهائية	X_f	$n_0 - X_f$	بوفرة	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)

$$pKa = 3.2$$

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

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

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



(2)-أنجز جدول لتقدم التفاعل : (01.25)

معادلة التفاعل		$3HNO_2 (aq) = 2NO(g) + H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة (mol)			
الحالة الابتدائية	0	n_0	0	بوفرة	0
الحالة الانتقالية	X(t)	$n_0 - 3X(t)$	$2X(t)$	بوفرة	X(t)
الحالة النهائية	X_f	$n_0 - 3X_f$	$2 X_f$	بوفرة	X_f

حيث : $n_0 (HNO_2) = 0.5 \text{ mol}$

• قيمة التقدم الاعظمي X_{\max} : (0.5)

$$X_{\max} = \frac{n_0 (HNO_2) - 0.5}{3} = \frac{0.5 - 0.5}{3} = 0.16 \text{ mol} \quad \text{ومنه} \quad n_0 (HNO_2) - 3X_{\max} = 0$$

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

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته العظمى .

$$X(t_{1/2}) = \frac{X_{\max}}{2} \quad \text{قيمته} \quad \bullet \quad X(t_{1/2}) = \frac{X_{\max}}{2} = \frac{0.16}{2} = 0.08 \text{ mol} \quad \text{بالإسقاط نجد : } t_{1/2} = 44 \text{ h}$$

- تقبل القيم من (40 h-----44h)

(4)- الإثبات أن: (01)

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

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

$$n(HNO_2) = n_0(HNO_2) - 3X \quad \text{ومن جدول تقدم التفاعل : 2}$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{3} \frac{dn(HNO_2)}{dt} \quad \text{ومنه : 3} \quad \frac{dn(HNO_2)}{dt} = -3 \frac{dx}{dt}$$

نعوض العبارة 3 في العبارة 1 :

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

وبتالي السرعة الحجمية لاختفاء حمض الازوتيد تكتب :

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