

التمرين الأول: (07 نقاط) (25 × 0,28)

1 - الظاهرة الفيزيائية الحادثة في المكثفة: شحن المكثفة. ✓

2 - بيان إن المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار تكتب على الشكل: $\beta \frac{di(t)}{dt} + i(t) = 0$

حسب قانون التوترات:

$$E = u_R + u_C \quad \checkmark$$

$$\frac{du_R(t)}{dt} + \frac{du_C(t)}{dt} = 0 \quad \dots\dots (1) \quad \checkmark$$

نشتق طرفي المعادلة بالنسبة للزمن فنجد:

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{i(t)}{C} \quad \dots\dots\dots (2) \quad \checkmark$$

$$u_R = Ri \Rightarrow \frac{du_R}{dt} = R \frac{di}{dt} \quad \dots\dots\dots (3) \quad \checkmark$$

نعوض (2) و (3) في (1):

$$\frac{i(t)}{C} + R \frac{di(t)}{dt} = 0 \Rightarrow RC \frac{di(t)}{dt} + i(t) = 0 \quad \checkmark \dots\dots (4)$$

$$\beta \frac{di(t)}{dt} + i(t) = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

هي من الشكل:

أ - استنتاج عبارة β و تمثيله فيزيائيا:

بالمطابقة بين العلاقتين (4) و (5) نجد: $\beta = RC = \tau$ ✓

ب - استنتاج عبارة كل من α و λ بدلالة C, R, E :

$$RC \frac{di(t)}{dt} + i(t) = 0 \quad \dots\dots (4)$$

لدينا:

$$i(t) = \lambda e^{-\alpha t} \quad \dots\dots (6)$$

$$\frac{di(t)}{dt} = -\alpha \lambda e^{-\alpha t} \quad \dots\dots\dots (7) \quad \checkmark$$

نعوض (6) و (7) في (4):

$$-RC\alpha \lambda e^{-\alpha t} + \lambda e^{-\alpha t} = 0 \Rightarrow RC\alpha \lambda e^{-\alpha t} = \lambda e^{-\alpha t} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{RC} \quad \checkmark$$

من الشروط الابتدائية: لما $t = 0$ فإن $i(0) = I_0 = \frac{E}{R}$ ، نعوض في (6) فنجد: $\lambda = I_0 = \frac{E}{R}$ ✓

ج - بيان أن عبارة كمية الكهرباء تعطى بالعلاقة: $q(t) = EC(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

$$i(t) \rightarrow u_R(t) \rightarrow u_C(t) \rightarrow q(t)$$

$$u_R(t) = Ri(t) \Rightarrow u_R(t) = R \frac{E}{R} e^{-t/\tau} \Rightarrow u_R(t) = E e^{-t/\tau} \quad \checkmark$$

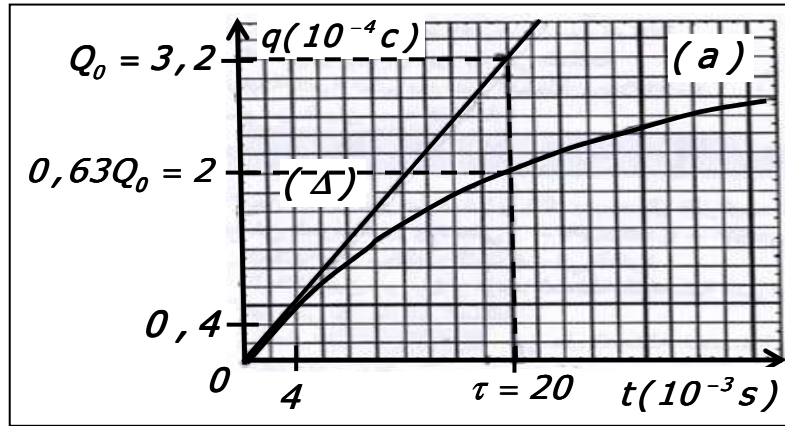
$$u_C(t) = E - u_R(t) \Rightarrow u_C(t) = E - E e^{-t/\tau} \Rightarrow u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad \checkmark$$

$$q(t) = Cu_C(t) \Rightarrow q(t) = EC(1 - e^{-t/\tau}) \quad \checkmark$$

3 - أ - بيان أنه لم يتم بلوغ النظام الدائم عند اللحظة $t = 40ms$ باستغلال البيان (a) :

* نفرض أن لما $t = 40ms$ فإن الدارة بلغت النظام الدائم و منه يكون :
 $\tau = 18 \times 10^{-3} s$
 و منه مدة النظام الإنتقالي :
 $\Delta t = 5\tau = 5 \times 18 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta t = 90ms > 40ms$ ✓

ب - استنتاج ثابت الزمن τ للدارة RC باستغلال البيان (b) : ✓
 $\tau = 20 \times 10^{-3} s$ ✓
 ج - إيجاد قيمة كمية الكهرباء الأعظمية Q_0 :



ط 1) من البيان نعين τ ثم نرسم مستقيم يوازي محور الترتيب فإن ترتيب نقطة تقاطع المستقيم مع المماس عند المبدأ توافق :
 $Q_0 = 8 \times 0,4 \times 10^{-4} \Rightarrow Q_0 = 3,2 \times 10^{-4} C$ ✓ ✓

ط 2) من البيان نعين τ ثم نرسم مستقيم يوازي محور الترتيب فإن ترتيب نقطة تقاطع المستقيم مع البيان توافق :
 $0,63Q_0 = 2 \times 10^{-4} \Rightarrow Q_0 = 3,17 \times 10^{-4} C \approx 3,2 \times 10^{-4} C$

د - 1 - إيجاد قيمة سعة المكثفة C و القوة المحركة الكهربائية للمولد E و مقاومة الناقل الأومي R :

لدينا :
 $E = \frac{1}{2} C E^2$ (1) $Q_0 = C E$ (2)

نعوض (2) في (1) فنجد : ✓
 $E_0 = \frac{1}{2} Q_0 E \Rightarrow E = \frac{2E_0}{Q_0} \Rightarrow E = \frac{2 \times 1,28 \times 10^{-3}}{3,2 \times 10^{-4}} \Rightarrow E = 8V$ ✓

✓
 $Q_0 = C E \Rightarrow C = \frac{Q_0}{E} \Rightarrow C = \frac{3,2 \times 10^{-4}}{8} \Rightarrow C = 4 \times 10^{-5} F$ ✓

✓
 $\tau = RC \Rightarrow R = \frac{\tau}{C} \Rightarrow R = \frac{20 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-5}} \Rightarrow R = 500 \Omega$ ✓

د - 2 - تعيين المدة الزمنية لشحن المكثفة بنصف شحنتها الأعظمية :

لما $t = t_{1/2}$ فإن
 $Q = \frac{Q_0}{2} \Rightarrow Q = \frac{3,2 \times 10^{-4}}{2} \Rightarrow Q = 1,6 \times 10^{-4} C$

من البيان (a) نجد :
 $t_{1/2} = 14ms$ ✓

4 - أ - تحديد الدارة الموافقة لظاهرة الشحن الأسرع :

لدينا :
 $\tau = RC \Rightarrow \tau = 20ms$ ✓

✓ τ_1 و منه الشحن الأخير أسرع من الشحن الأول . ✓

ب - تعيين قيمة مقاومة الناقل الأومي R_1 و بيان أن $C_1 = C$:

✓
 $I_0 = \frac{E}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{E}{I_0} \Rightarrow R_1 = \frac{8}{20 \times 10^{-3}} \Rightarrow R_1 = 400 \Omega$ ✓

✓
 $\tau_1 = R_1 C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{\tau_1}{R_1} \Rightarrow C_1 = \frac{16 \times 10^{-3}}{400} \Rightarrow C_1 = 4 \times 10^{-5} F$ ✓

التمرين الثاني : (08 نقاط) (32 × 0,25)

1 / أ - تعريف الأساس حسب برونشتد : هو كل فرد كيميائي (شاردة ، جزي) بإمكانه اكتساب بروتون H^+ أو أكثر . ✓

ب - معادلة تفاعل NH_3 مع الماء : $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} = NH_{4(aq)}^+ + OH_{(aq)}^-$ ✓

2 / جدول تقدم التفاعل و حساب التقدم الأعظمي x_{max} والتقدم النهائي x_f :

حالة الجملة	x (mol)	$NH_{3(aq)}$	+	$H_2O_{(l)}$	=	$NH_{4(aq)}^+$	+	$HO_{(aq)}^-$
ح. ابتدائية	0	CV		زيادة		0		0
ح. انتقالية	x(t)	CV - x		زيادة		x		x
ح. نهائية (التفاعل غير تام)	x_f	CV - x_f		زيادة		x_f		x_f
ح. نهائية (التفاعل تام)	x_{max}	CV - x_{max}		زيادة		x_{max}		x_{max}

$$CV - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = CV \Rightarrow x_{max} = 5 \times 10^{-3} \times 0,1 \Rightarrow x_{max} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \checkmark$$

$$n_{OH^-} = x_f = [OH^-]_f V \quad \text{من جدول التقدم} \quad *$$

$$K_e = [H_3O^+]_f [OH^-]_f \Rightarrow [OH^-]_f = \frac{K_e}{[H_3O^+]_f} \Rightarrow [OH^-]_f = \frac{K_e}{10^{-pH}} \Rightarrow$$

* لدينا :

$$[OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{10^{-10,4}} \Rightarrow [OH^-]_f = 2,51 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \checkmark$$

$$x_f = [OH^-]_f V \Rightarrow x_f = 2,51 \times 10^{-4} \times 0,1 \Rightarrow x_f = 2,51 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad \checkmark \quad \text{ومنّه} :$$

$x_f < x_{max}$ ومنه التفاعل غير تام و الأساس ضعيف .

3 / عبارة كل من ثابت التوازن K وثابت الحموضة K_a و الجداء الشاردي للماء K_e :

$$K = \frac{[OH^-]_f [NH_4^+]_f}{[NH_3]_f} \quad \checkmark \quad K_a = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} \quad \checkmark \quad K_e = [H_3O^+]_f [OH^-]_f \quad \checkmark$$

4 / أوجد العلاقة بين K و K_a و K_e :

$$K = \frac{[OH^-]_f [NH_4^+]_f [H_3O^+]_f}{[NH_3]_f [H_3O^+]_f} \Rightarrow K = [H_3O^+]_f [OH^-]_f \frac{[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f [H_3O^+]_f} \Rightarrow K = \frac{K_e}{K_a} \quad \checkmark$$

5 / الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول عند التوازن و حساب تراكيزها المولية :

$$* [H_3O^+]_f = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+]_f = 10^{-10,4} \Rightarrow [H_3O^+]_f = 3,98 \times 10^{-11} \text{ mol / L} \quad \checkmark$$

$$* [OH^-]_f = \frac{K_e}{[H_3O^+]_f} \Rightarrow [OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{3,98 \times 10^{-11}} \Rightarrow [OH^-]_f = 2,51 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \checkmark$$

$$* [NH_4^+]_f = [OH^-]_f = 2,51 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \checkmark \quad \text{من جدول التقدم} :$$

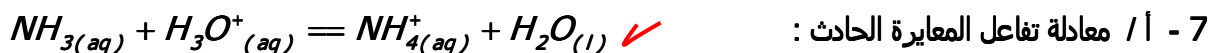
$$* [NH_3]_f = C - [NH_4^+]_f = 5 \times 10^{-3} - 2,51 \times 10^{-4} \Rightarrow [NH_3]_f = 4,75 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \checkmark$$

6 / بيان أن pK_a للثنائية (NH_4^+ / NH_3) يساوي 9,12 ، ثم استنتاج K :

$$* pK_a = -\log K_a = -\log \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} \Rightarrow pK_a = -\log \frac{3,98 \times 10^{-11} \times 4,75 \times 10^{-3}}{2,51 \times 10^{-4}}$$

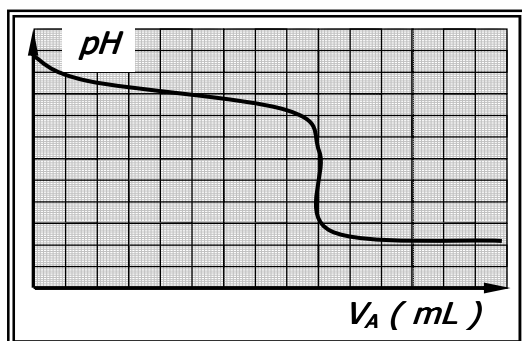
$$\Rightarrow pK_a = 9,12 \quad \checkmark$$

$$K = \frac{K_e}{K_a} \Rightarrow K = \frac{K_e}{10^{-pK_a}} \Rightarrow K = \frac{10^{-14}}{10^{-9,12}} \Rightarrow K = 1,32 \times 10^{-5} \checkmark$$



ب / جدول تقدم التفاعل : $\checkmark \checkmark \checkmark$

حالة الجملة	x (mol)	$NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} = NH_4^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$			
ج. ابتدائية	0	$C_b V_b$	$C_a V_{aE}$	0	بوفرة
ج. انتقالية	x(t)	$C_b V_b - x$	$C_a V_{aE} - x$	x	بوفرة
ج. نهائية (التفاعل غير تام)	x_f	$C_b V_b - x_f$	$C_a V_{aE} - x_f$	x_f	بوفرة
ج. نهائية (التفاعل تام)	x_{max}	$C_b V_b - x_{max}$	$C_a V_{aE} - x_{max}$	x_{max}	بوفرة 0.



ج / رسم بصورة كيفية تغيرات $pH = f(V_a)$:

د / استنتاج حجم حمض كلور الماء $V_{a(E)}$ المضاف عند التكافؤ :

$$V_{a(E_{1/2})} = 12,5 \text{ mL} \Rightarrow V_{a(E)} = 25 \text{ mL} \checkmark$$

لدينا :

و / حساب تركيز المحلول الحمضي C_a :

عند التكافؤ :

$$C_a V_{a(E)} = C_b V_b \Rightarrow C_a = \frac{C_b V_b}{V_{a(E)}} \Rightarrow C_a = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10}{25} \Rightarrow C_a = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \checkmark$$

ه / تحديد الأنواع الكيميائية المتواجدة في المزيج عند نقطة التكافؤ و حساب تراكيزها المولية :

* الأنواع الكيميائية المتواجدة في المزيج عند نقطة التكافؤ :

أ - الجزيئات : H_2O , NH_3 \checkmark

ب - الشوارد : OH^- , H_3O^+ , NH_4^+ , Cl^-

* حساب تراكيزها المولية :

$$* [H_3O^+]_f = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+]_f = 10^{-6} \text{ mol / L} \checkmark$$

$$* [OH^-]_f = \frac{K_e}{[H_3O^+]_f} \Rightarrow [OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} \Rightarrow [OH^-]_f = 10^{-8} \text{ mol / L} \checkmark$$

$$* [Cl^-]_f = \frac{C_a V_{aE}}{V_{aE} + V_b} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-3} \times 25}{25 + 10} \Rightarrow [Cl^-]_f = 1,43 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \checkmark$$

$$* [NH_4^+]_f = [Cl^-]_f = 1,43 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \checkmark$$

* من جدول التقدم :

$$*(n_{NH_3})_f = C_b V_b - x_f \Rightarrow x_f = C_b V_b - (n_{NH_3})_f$$

$$*(n_{H_3O^+})_f = C_a V_{aE} - x_f \Rightarrow x_f = C_a V_{aE} - (n_{H_3O^+})_f$$

$$\Rightarrow C_b V_b - (n_{NH_3})_f = C_a V_{aE} - (n_{H_3O^+})_f \Rightarrow (n_{NH_3})_f = (n_{H_3O^+})_f$$

$$\Rightarrow [NH_3]_f = [H_3O^+]_f = 10^{-6} \text{ mol / L} \checkmark \checkmark$$

التمرين الثالث (05نقط) (16×0,32)

4- حساب : $\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$
 لدينا : $pH - pKa = \log \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$

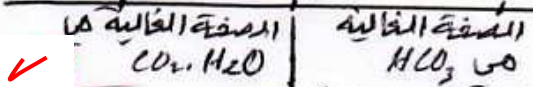
$\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}} = 10^{-pKa + pH}$

$\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}} = 10^{-6,4 + 5,7}$

$\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}} = 0,2$

5- المصفاة الغالبة :
 $[HCO_3^-]_{eq} = 0,2 [CO_2, H_2O]_{eq}$
 ومنه المصفاة الغالبة هي :

المحيط (CO_2, H_2O)
 رسم مخطط توزيع المصفتين :



6- رسم مخطط توزيع المصفتين :
 المصفاة الغالبة هي CO_2, H_2O
 المصفاة الغالبة هي HCO_3^-
 لا توجد مصفاة غالبة
 7- حساب $[HCO_3^-]_{eq}$ لدينا مع المعادلة :

$[HCO_3^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = 10^{-pH}$
 $[HCO_3^-]_{eq} = 10^{-5,7}$

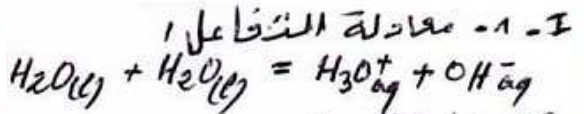
$[HCO_3^-]_{eq} = 2 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$
 حساب $[CO_2, H_2O]_{eq}$ لدينا :

$[HCO_3^-]_{eq} = 0,2 [CO_2, H_2O]_{eq}$
 $[CO_2, H_2O]_{eq} = \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{0,2}$
 $[CO_2, H_2O]_{eq} = \frac{2 \times 10^{-6}}{0,2}$

$[CO_2, H_2O]_{eq} = 10^{-5} \text{ mol/l}$

8- قيمة C :
 لدينا : $C = [CO_2, H_2O]_{eq} + [HCO_3^-]_{eq}$

$C = 2 \times 10^{-6} + 10^{-5}$
 $C = 1,2 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$



$K_e = [H_3O^+]_{eq} [OH^-]_{eq}$

3- حساب $[H_3O^+]_{eq}$ و $[OH^-]_{eq}$ يعرف بالمبدأ المتساوي للماء :

لدينا : $\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{eq} + \lambda_{OH^-} [OH^-]_{eq}$
 لدينا : $n(H_3O^+)_{eq} = n(OH^-)_{eq}$

منه : $[H_3O^+]_{eq} = [OH^-]_{eq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{OH^-}}$

$[H_3O^+]_{eq} = [OH^-]_{eq} = \frac{5,5 \times 10^{-3} \times 10^{-3}}{(19,5 + 35) \times 10^{-3} \times 10^3}$

$[H_3O^+]_{eq} = [OH^-]_{eq} = 10^{-7} \text{ mol/l}$

9- قيمة الـ K_e :
 $K_e = 10^{-7} \cdot 10^{-7} \Rightarrow K_e = 10^{-14}$

10- قيمة الـ pH :
 $pH = -\log [H_3O^+]_{eq} \Rightarrow pH = 10^{-7}$

$pH = 7$

II- 1- التناحيات (أساس / حمض) :
 $(CO_2, H_2O / HCO_3^-)$ و (H_3O^+ / H_2O)

2- عبارة الـ K_a :
 $K_a = \frac{[H_3O^+]_{eq} [HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]}$

3- حساب pH :
 $pH = pKa + \log \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$

لدينا : $K_a = \frac{[H_3O^+]_{eq} [HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$

$\Rightarrow \log K_a = \log [H_3O^+]_{eq} + \log \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$
 $-\log [H_3O^+]_{eq} = -\log K_a + \log \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$

$\Rightarrow pH = pKa + \log \frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2, H_2O]_{eq}}$