المثال 1: تفاعل الحمض AH مع الماء

جدول التطور

معادلة التفاعل				$AH + H_2O \rightleftarrows A^- + H_3O^+$	
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة بالمول			
حالة بدئية	0	0	0	وفير	$n_i = CV$
حالة بينية	x	x	x	وفير	$CV - x$
حالة نهائية	x_f	x_f	x_f	وفير	$CV - x_f$

دراسة التطور بواسطة pH :

$$[H_3O^+]_f = [A^-]_f = \frac{n(H_3O^+)_f}{V} = \frac{n(A^-)_f}{V} = \frac{x_f}{V} = 10^{-pH}$$

$$x_f = [H_3O^+].V$$

$$CV - x_m = 0 \Rightarrow x_m = CV$$

نسبة التقدم النهائي :

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[H_3O^+]_f.V}{CV} = \frac{[H_3O^+]_f}{C} = \frac{10^{-pH}}{C}$$

$\tau \prec 1$ التفاعل غير كلي

$\tau = 1$ التفاعل كلي

$$[AH]_f = \frac{n(AH)_f}{V} = \frac{CV - x_f}{V}$$

$$= \frac{CV - [H_3O^+].V}{V} = C - [H_3O^+]_f$$

تعبير خارج التفاعل عند التوازن(نعتبر التفاعل غير كلي)

$$Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}} = \frac{[H_3O^+]^2_{éq}}{[AH]_{éq}}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} \Rightarrow x_f = \tau.x_m = \tau.C.V$$

$$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_f}{V} = \frac{\tau.C.V}{V} = \tau.C$$

$$[AH]_{éq} = \frac{CV - x_f}{V} = C - [H_3O^+] = C - \tau C = C(1-\tau)$$

$$Q_{r,éq} = \frac{(\tau.C)^2}{C(1-\tau)} = \frac{\tau^2 C}{1-\tau}$$

دراسة التطور بواسطة الموصلية :

موصلية المحلول (محلول الحمض)

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{A^-}[A^-]$$

$$[H_3O^+] = [A^-] = \frac{x}{V}$$

$$\Rightarrow \sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})\frac{x}{V}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = [A^-] = \frac{x}{V} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}}$$

وثابتة هذا التوازن: $K = \frac{[A^-]}{[AH][HO^-]} = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH][HO^-][H_3O^+]} = \frac{K_A}{ke}$

المثال 2 : تفاعل القاعدة B مع الماء

معادلة التفاعل				$B + H_2O \rightleftarrows BH^+ + HO^-$	
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة بالمول			
حالة بدئية	0	0	0	وفير	$n_i = CV$
حالة بينية	x	x	x	وفير	$CV - x$
حالة نهائية	x_f	x_f	x_f	وفير	$CV - x_f$

دراسة التطور بواسطة pH :

$$[HO^-]_f = [BH^+]_f = \frac{n(HO^-)_f}{V} = \frac{n(BH^+)_f}{V} = \frac{x_f}{V}$$

$$[HO^-]_f = \frac{Ke}{[H_3O^+]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} = 10^{pH-14}$$

نسبة التقدم النهائي :

$$x_f = [HO^-].V$$

$$CV - x_m = 0 \Rightarrow x_m = CV$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[HO^-]_f.V}{CV} = \frac{[HO^-]_f}{C} = \frac{10^{pH-14}}{C}$$

$$[B]_f = \frac{n(B)_f}{V} = \frac{CV - x_f}{V}$$

$$= \frac{CV - [HO^-].V}{V} = C - [HO^-]$$

تعبير خارج التفاعل عند التوازن(نعتبر التفاعل غير كلي)

$$k = Q_{r,éq} = \frac{[BH^+]_{éq}[HO^-]_{éq}}{[B]_{éq}} = \frac{[HO^-]^2_{éq}}{[B]_{éq}}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} \Rightarrow x_f = \tau.x_m = \tau.C.V$$

$$[HO^-]_{éq} = \frac{x_f}{V} = \frac{\tau.C.V}{V} = \tau.C$$

$$[B]_{éq} = \frac{CV - x_f}{V} = C - [HO^-] = C - \tau C = C(1-\tau)$$

$$k = Q_{r,éq} = \frac{(\tau.C)^2}{C(1-\tau)} = \frac{\tau^2 C}{1-\tau}$$

تعبير ثابتة الحمضية للمزدوجة BH^+/B :

$$K = \frac{Ke}{Ka} \Rightarrow Ka = \frac{Ke}{K} = \frac{1-\tau}{\tau^2 C}Ke$$

موقع قلمي

المثال 3: معايرة محلول حمض AH يتفاعل جزئيا مع الماء بمحلول قاعدة تتفاعل كليا في الماء

جدول التطور

معادلة التفاعل	$AH + HO^- \rightleftarrows A^- + H_2O$			
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة بالمول		
حالة بدئية	0	0	C_bV_b	C_aV_a
حالة بينية	x	x	$C_bV_b - x$	$C_aV_a - x$
حالة نهائية	x_f	x_f	$C_bV_b - x_f$	$C_aV_a - x_f$

عند التكافؤ : لدينا $C_aV_a - x_m = 0$ و $C_bV_{bE} - x_m = 0$

$$\Rightarrow x_m = C_aV_a = C_bV_{bE}$$

$$\Rightarrow \left[A^-\right]_f = \frac{x_m}{V_a + V_{bE}} = \frac{C_aV_a}{V_a + V_{bE\ a}} = \frac{C_bV_{bE}}{V_a + V_{bE\ a}}$$

المثال 4: التفاعل بين كربونات الكالسيوم و محلول حمض الكلوريدريك

معادلة التفاعل	$CaCO_3 + 2H_3O^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + 3H_2O$				
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة بالمول			
حالة بدئية	0	0	0	$C.V$	n_i
حالة بينية	x	x	x	$3x$	$C.V - x$	$n_i - x$
حالة نهائية	x_f	x_f	x_f	$3x_f$	$C.V - x_f$	$n_i - x_f$

تحديد التقدم الأقصى : $n_i\left(H_3O^+\right) = C.V$ و $n_i\left(CaCO_3\right) = \frac{m}{M}$

$n_i\left(H_3O^+\right) - x_m = 0$ أو $n_i\left(CaCO_3\right) - x_m = 0$

$x_m = C.V$ أو $\Rightarrow x_m = \frac{m}{M}$

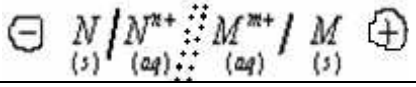
دراسة التطور بواسطة الحجم او الضغط :

حجم غاز ثاني أوكسيد الكربون المتكون يحقق المعادلة :

$$P_{CO_2}.V_{CO_2} = n(CO_2).R.T$$

$$x = n(CO_2) = \frac{P_{CO_2}.V_{CO_2}}{n(CO_2).R.T}$$

المثال 5: دراسة عمود



معادلة التفاعل	$mN_{(S)} + nM^{m+}_{(aq)} \rightarrow mN^{n+}_{(S)} + nM_{(S)}$				
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة بالمول			
حالة بدئية	0	n_{4i}	n_{3i}	n_{2i}	n_{1i}
حالة بينية	x	$n_{4i} + nx$	$n_{3i} + mx$	$n_{2i} - nx$	$n_{1i} - mx$

$$Q_{r;i} = \frac{\left[N^{n+}_{(aq)}\right]^m_i}{\left[M^{m+}_{(aq)}\right]^n_i} = \frac{\frac{n_i\left(N^{n+}_{(aq)}\right)}{V+V'}}{\frac{n_i\left(M^{m+}_{(aq)}\right)}{V+V'}} = \frac{C'V'}{CV}$$

نصفي المعادلتين الالكترونيتين :

$$N_{(S)} \rightarrow N^{n+}_{(aq)} + ne^-$$

$$M^{m+}_{(aq)} + me^- \rightarrow M_{(S)}$$

كمية مادة $M_{(S)}$ المتكون هي : $n\left(M_{(S)}\right) = nx$

من نصف المعادلة لدينا : $n\left(M_{(S)}\right) = \frac{n\left(e^-\right)}{m}$

إذن $n\left(e^-\right) = mnx$ و منه :

$$n\left(e^-\right) = \frac{Q}{F} = \frac{I\Delta t}{F} = \frac{I\Delta t}{N_A e} \Rightarrow x = \frac{I\Delta t}{mnF}$$

تذكير بالعلاقات:

كمية المادة (عدد المولات):

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

$$n(X) = \frac{N}{N_a}$$

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m}$$

التركيز المولي :

$$C = \frac{n(A)}{V_s}$$

$$[X] = \frac{n(X)}{V_s}$$

التركيز الكتلي: $C_m = \frac{m}{V_s}$

الكتلة الحجمية : $\rho = \frac{m}{V}$

كثافة جسم بالنسبة للماء : $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}}$

كثافة غاز بالنسبة للهواء: $d = \frac{M}{29}$

الألكان	اسمه
CH_4	الميثان
C_2H_6	الايثان
C_3H_8	البروبان
C_4H_{10}	البوتان
C_5H_{12}	البنتان
C_6H_{14}	الهكسان
C_7H_{16}	الهبتان