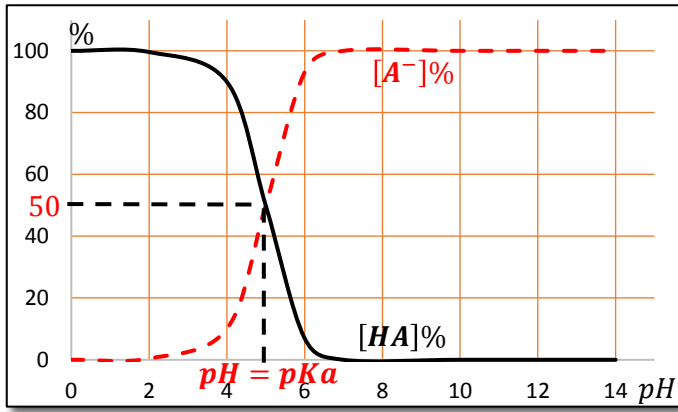


ثوابت الحموضة K_a و pK_a للثنائية (Acide/Base)

ثابت الحموضة K_a	
تعريف	خصائص ومميزات ثوابت الحموضة K_a و pK_a
<p>تتكون معادلة انحلال حمض HA في الماء:</p> $HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ <p>ثابت التوازن K الموافق لمعادلة انحلال حمض في الماء يسمى أيضا ثابت الحموضة K_a للثنائية (HA/A^-):</p> $K_a = K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[HA]_f}$ <p>أي أن:</p> $K_a = K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [الأساس]_f}{[الحمض]_f}$ <p>مجال تغير قيمة ثابت الحموضة K_a: $10^{-14} \leq K_a \leq 1$</p> <p>نعرف pK_a للثنائية (HA/A^-) كالتالي:</p> $pK_a = -\log K_a$ <p>أي أن:</p> $K_a = 10^{-pK_a}$ <p>مجال تغير قيمة الثابت pK_a: $14 \geq pK_a \geq 0$</p>	<p>تمكننا من مقارنة قوة الأحماض فيما بينها وكذلك قوة الأسس فيما بينها حيث:</p> <p>كلما كان K_a أكبر كان pK_a أصغر فكان الحمض أقوى والأساس المرافق أضعف.</p> <p>كلما كان K_a أصغر كان pK_a أكبر فكان الأساس أقوى والحمض المرافق أضعف.</p> <p>العلاقة بين pH و pK_a (علاقة أندرسون)</p> <p>من أجل كل ثنائية (أساس/حمض):</p> $pK_a = -\log K_a = -\left(\log \left(\frac{[H_3O^+]_f \cdot [الأساس]_f}{[الحمض]_f}\right)\right)$ $= -\log[H_3O^+]_f - \log \frac{[الأساس]_f}{[الحمض]_f} = pH - \log \frac{[الأساس]_f}{[الحمض]_f}$ $pH = pK_a + \log \frac{[الأساس]_f}{[الحمض]_f}$ <p>② إذا كان $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < \frac{1}{10}$: (المحلول يأخذ لون الحمض (HIn))</p> $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < \frac{1}{10} \Rightarrow \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < -1$ $\Rightarrow pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < pK_i - 1 \Rightarrow pH < pK_i - 1$ <p>③ إذا كان $\frac{1}{10} < \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < 10$:</p> <p>(المحلول يأخذ لون بين (In^-) و (HIn) لون الحمض (HIn))</p> $\frac{1}{10} < \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < 10 \Rightarrow -1 < \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < 1$ $\Rightarrow pK_i - 1 < pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < pK_i + 1$ $\Rightarrow pK_i - 1 < pH < pK_i + 1$ <p>مجال التغير اللوني</p> <p>① إذا كان $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} > 10$: (المحلول يأخذ لون الأساس (In^-))</p> $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} > 10 \Rightarrow \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} > 1$ $\Rightarrow pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} > pK_i + 1 \Rightarrow pH > pK_i + 1$
الكواشف الملونة	تعريف:
<p>الكواشف الملونة هي حموض أو أسس ضعيفة تتميز بالثنائية HIn/In^-. أحماض ضعيفة (مثل: الفينول فتالين) أو هي أسس ضعيفة (مثل: أحمر الميثيل).</p> <p>يتغير لون الكاشف حسب pH المحلول المائي المذاب فيه، اللون الأول يرتبط بجزيئاته (HIn) واللون الثاني يرتبط بشوارده (In^-).</p> <p>معادلة تفاعل طيلة تغير المجال اللوني:</p> $HIn_{(aq)} + H_2O_{(l)} = In^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ <p>ثابت الحموضة للثنائية (HIn/In^-) هو K_{ai} واختصارا K_i هو:</p> $K_i = \frac{[In^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[HIn]_f} \Rightarrow pH = pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$ <p>لون المحلول الذي يوضع فيه الكاشف يخضع لنسبة التركيز بين الأساس والحمض $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$ حيث:</p> <p>① إذا كان $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} > 10$: (المحلول يأخذ لون الأساس (In^-))</p> <p>② إذا كان $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < \frac{1}{10}$: (المحلول يأخذ لون الحمض (HIn))</p> <p>③ إذا كان $\frac{1}{10} < \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} < 10$: (المحلول يأخذ لون بين (In^-) و (HIn) لون الحمض (HIn))</p>	

مجالات الصفة الغالبة وعلاقتها بـ pK_a 

مخطط توزيع الصفة الغالبة

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} = pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[HA]_f}$$

• $pH = pK_a$: لا صفة غالبة.

$$[HA]\% = [A^-]\% = 50\%$$

• $pH > pK_a$: الصفة الغالبة هي الصفة الأساسية.

$$[A^-]\% > [HA]\%$$

• $pH < pK_a$: الصفة الغالبة هي الصفة الحمضية.

$$[A^-]\% < [HA]\%$$

المعايرة والثابت pK_a

في حالة: معايرة أساس ضعيف بحمض قوي

للمثال: معايرة (NH_3) بـ (H_3O^+, Cl^-) .

معادلة التفاعل	$NH_3(aq) + H_3O^+(aq) = NH_4^+(aq) + H_2O(l)$		
الحالة الابتدائية	$C_b V_b$	$C_a V_a$	0
نصف التكافؤ	$C_b V_b - C_a V_{aE'}$	0	$C_a V_{aE'}$
التكافؤ	0	0	$C_a V_{aE}$

• نقطة التكافؤ $E: C_a V_{aE} = C_b V_b$

• نقطة نصف التكافؤ $E': \left(\frac{V_{bE}}{2}, pK_a\right)$

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_b V_b - C_a V_{aE'}}{C_a V_{aE'}}$$

$$\Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_a V_{aE} - C_a V_{aE'}}{C_a V_{aE'}}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{2C_a V_{aE'} - C_a V_{aE'}}{C_a V_{aE'}} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_a V_{aE'}}{C_a V_{aE'}}$$

$$pH = pK_a$$

في حالة: معايرة حمض ضعيف بأساس قوي

للمثال: معايرة (CH_3COOH) بـ (Na^+, OH^-) .

معادلة التفاعل	$CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) = CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$		
الحالة الابتدائية	$C_a V_a$	$C_b V_b$	0
نصف التكافؤ	$C_a V_a - C_b V_{bE'}$	0	$C_b V_{bE'}$
التكافؤ	0	0	$C_b V_{bE}$

• نقطة التكافؤ $E: C_a V_a = C_b V_{bE}$

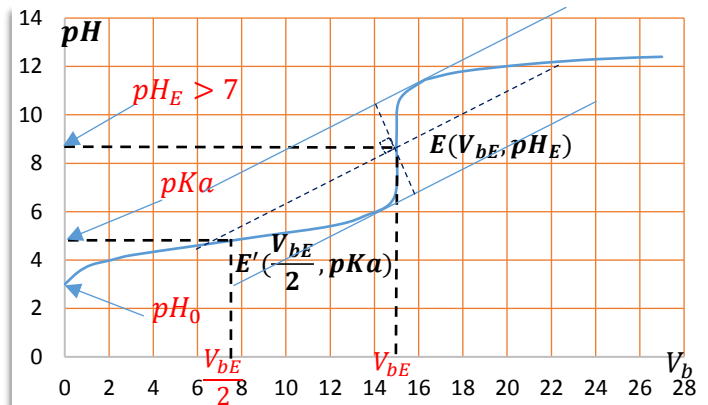
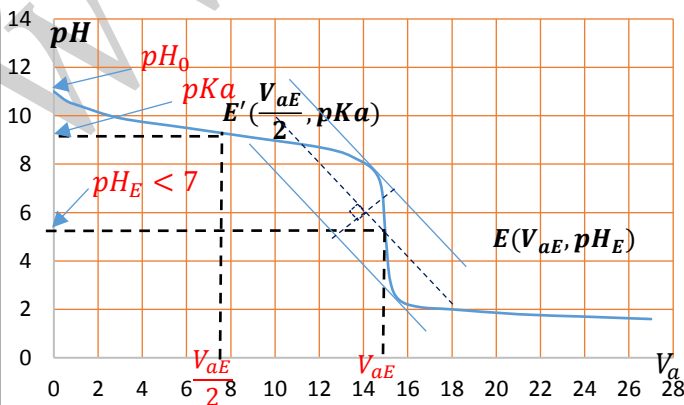
• نقطة نصف التكافؤ $E': \left(\frac{V_{bE}}{2}, pK_a\right)$

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_b V_{bE'}}{C_a V_a - C_b V_{bE'}}$$


$$\Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_b V_{bE'}}{C_b V_{bE} - C_b V_{bE'}}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{C_b V_{bE'}}{2C_b V_{bE'} - C_b V_{bE'}} \Rightarrow pH = pK_a + \log \frac{C_b V_{bE'}}{C_b V_{bE'}}$$

$$pH = pK_a$$



جدول لقيم ثوابت الحموضة K_a و pK_a

قوة		الثابت		الأساس	الحمض	
الأساس	الحمض	pK_a	K_a	الصيغة	الصيغة	الاسم
 		ملاحظات: هذه الأحماض قوية جدًا تتفكك كليًا في محلول مائي. $K_a > 1$, $pK_a < 1$ الأسس أو القواعد المرافقة لهذه الأحماض ضعيفة جدًا .		I^-	HI	يوديد الهيدروجين
				Br^-	HBr	بروميد الهيدروجين
				ClO_4^-	$HClO_4$	البير كلوريك
				Cl^-	HCl	حمض كلور الماء
				ClO_3^-	$HClO_3$	حمض الكلوريك
				HSO_4^-	H_2SO_4	حمض الكبريتيك
				NO_3^-	HNO_3	حمض النتريك
		0	1	H_2O	H_3O^+	أيونات الهيدرونيوم
		0,80	$1,6 \cdot 10^{-1}$	IO_3^-	HIO_3	أيوديك
		1,23	$5,9 \cdot 10^{-2}$	$HC_2O_4^-$	$H_2C_2O_4$	حمض الأكساليك
		1,81	$1,54 \cdot 10^{-2}$	HSO_3^-	H_2SO_3	حمض الكبريتوز
		1,96	$1,1 \cdot 10^{-2}$	ClO_2^-	$HClO_2$	حمض الكلوروز
		2,12	$7,52 \cdot 10^{-3}$	$H_2PO_4^-$	H_3PO_4	حمض الفوسفوريك
		2,30	$5 \cdot 10^{-3}$	$H_2AsO_4^-$	H_3AsO_4	حمض الزرنيخيك
		3,08	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$H_2C_6H_5O_7^-$	$H_3C_6H_5O_7$	حمض الستريك (الليمون)
		3,14	$7,2 \cdot 10^{-4}$	F^-	HF	حمض الهيدروفلوريك
		3,39	$4 \cdot 10^{-4}$	NO_2^-	HNO_2	حمض النتروز
		3,75	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$HCOO^-$	$HCOOH$	حمض الميثانويك (حمض النمل)
		3,86	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$C_3H_5O_3^-$	$HC_3H_5O_3$	حمض اللاكتيك (حمض اللبن)
		4,10	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$HC_6H_6O_6^-$	$H_2C_6H_6O_6$	حمض الاسكوربيك
		4,19	$6,46 \cdot 10^{-5}$	$C_6H_5COO^-$	C_6H_5COOH	حمض البنزويك
		4,72	$1,9 \cdot 10^{-5}$	N_3^-	HN_3	حمض الهيدرازويك
		4,75	$1,76 \cdot 10^{-5}$	CH_3COO^-	CH_3COOH	حمض الأسيتيك (حمض الخل)
		4,87	$1,34 \cdot 10^{-5}$	$CH_3CH_2COO^-$	CH_3CH_2COOH	حمض البروبيونيك
		7/7,04	$10^{-7}/9,1 \cdot 10^{-8}$	HS^-	H_2S	حمض الهيدروكبريتيك
		7,46/7,53	$3,5/3 \cdot 10^{-8}$	ClO^-	$HClO$	حمض الهيپوكلوروز
		8,7	$2 \cdot 10^{-9}$	BrO^-	$HBrO$	حمض الهيپوبروموز
		9,21	$6,17 \cdot 10^{-10}$	CN^-	HCN	حمض الهيدروسيانيك
		9,23	$5,8 \cdot 10^{-10}$	$H_2BO_3^-$	H_3BO_3	حمض البوريك
		9,25	$5,6 \cdot 10^{-10}$	NH_3	NH_4^+	أيونات الأمونيوم
		9,8	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$C_6H_5O^-$	C_6H_5OH	حمض الكربوليك
		10,7	$2 \cdot 10^{-11}$	IO^-	HIO	حمض الهيپويودوز
		11,62	$2,4 \cdot 10^{-12}$	HO_2^-	H_2O_2	الماء الأكسجيني
		14	10^{-14}	OH^-	H_2O	الماء

أحماض واردة في البكالوريا السابقة.