- **الخواص الفيزيائية للأحماض والقواعد**

١- المحاليل الحمضية طعمها لاذع . مثل الخل ، الليمون والجريب فروت لاحتوائهما على حمض الستريك ، حمضي الكربونيك والفسفوريك الموجودان في المشروبات الغازية

٢- المحاليل القاعدية : طعمها مر وملمسها زلق . مثل الصابون .

- **الخواص الكيميائية للأحماض والقواعد**

٣- محاليلها لها **القدرة على توصيل الكهرباء** لأنها تنتج أيونات في الماء ، وكلما كان الحمض و القاعدة أقوى زاد قوته التوصيلية

٤- **التأثير على لون الأدلة الكيميائية** مثل ، ورق تباع الشمس ، ميثيل البرتقالي .. الخ

٥- **الأحماض تتفاعل مع الفلزات** لينطلق منها غاز الهيدروجين

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

٦- **تفاعل الأحماض مع كربونات الفلزات** CO_3^{2-} **وبيكربونات الفلزات** HCO_3^- وينطلق غاز CO_2 : مثل إضافة الخل وصودا الخبز ، يصدر فقاعات التي هي ثاني أكسيد الكربون

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

1. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات بين:

a. الألومنيوم وحمض الكبريتيك. $2Al_{(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_{2(g)}$

b. كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروبروميك. $CaCO_3 + 2HBr \longrightarrow CaBr_2 + H_2O + CO_2$

2. **تحفيز** اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل في السؤال 1b.

يستخدم علماء الأرض (الجيولوجيون) محلول HCl للتعرف على الصخر الجير $CaCO_3$ فإذا تصاعد فقاعات CO_2 دل على أن الصخر يحوي مادة الجير

المادة المترددة (أمفوترية) Amphoteric

مادة تسلك سلوك الحمض والقاعدة

نظريات تعريف الأحماض والقواعد :

نظرية آرهينيوس

- الحمض : يتفكك في الماء وتعطي أيونات هيدروجين H^+

$$HBr \xrightarrow{H_2O} H^+ + Br^-$$

- القاعدة : تتفكك في الماء وتعطي أيونات هيدروكسيد OH^-

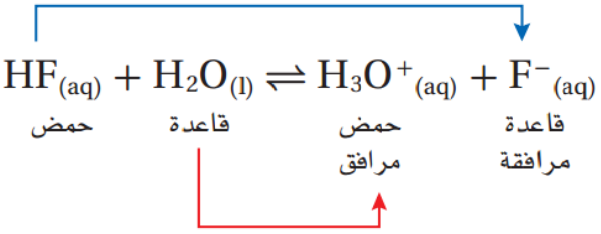
$$NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OH^-$$

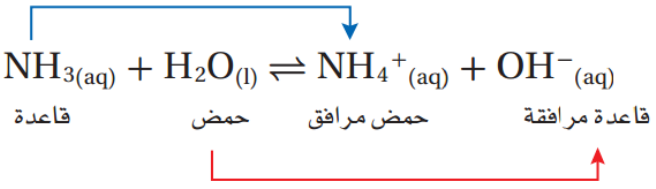
≈ الماء **متعادل** لأنه يتفكك إلى H^+ , OH^- ≈

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

نظرية لوري – برونستد

- الحمض : يمنح بروتون للقاعدة (ويصبح قاعدة مرافقة)
- القاعدة : تستقبل البروتون من الحمض (وتصبح حمض مرافق)



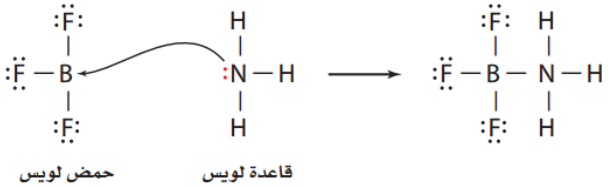


لاحظ دور الماء في المعادلة الأولى استقبل بروتون وفي المعادلة الثانية منح بروتون

∴ الماء متردد (أمفوتري)

نظرية لويس

- الحمض : مادة تستقبل أزواج إلكترونية
- القاعدة : مادة تمنح أزواج إلكترونية



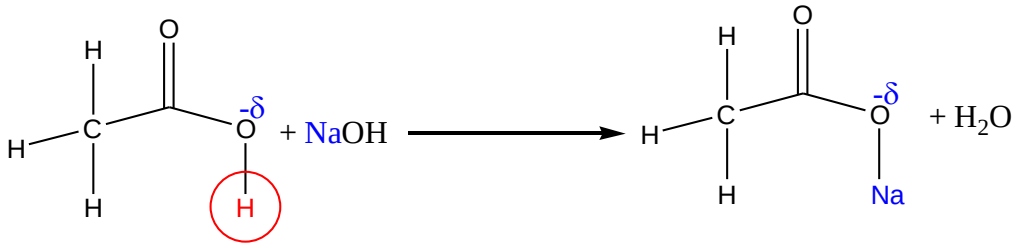
عادة الذرات التي تحوي أزواج إلكترونية حرة مثل N , O ، الهالوجينات ، تمنح المواد صفة القاعدية

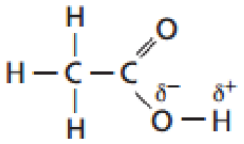
الزوج الالكتروني على ذرة الأكسجين يمنح الماء صفة قاعدية حسب لويس

كيف نميز الهيدروجين أنه بروتون خاصة في الأحماض العضوية التي تحوي أكثر من هيدروجين

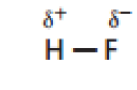
مثل حمض الخل **CH_3COOH**

الهيدروجين المرتبط بذرة ذات سالبية كهربية عالية هو الهيدروجين الحامضي

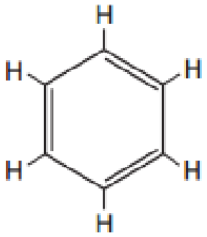




حمض الإيثانويك



فلوريد الهيدروجين



بنزين

قدرة الهيدروجين على التأين تعتمد على قطبية رابطه . في حمض الإيثانويك يوجد فرق كهروسالبية كبير O-H كبير لذا يتأين الهيدروجين في المحلول .

في F-H فرق الكهروسالبية عالي لذا هو حمض

البنزين ليس حمض جميع الروابط C-H فرق الكهروسالبية قليل جدا يكاد لا يذكر لذا ليس لأي هيدروجين القدرة على التأين في الماء .

60. لماذا يمكن استعمال H^+ و H_3O^+ بالتبادل في المعادلات الكيميائية؟

لأن H_3O^+ هو بروتون متميه $H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$

الأزواج المقترنة (المرافقة) للأحماض والقواعد

قاعدة + H^+ ← حمض مقترن ، حمض – H^+ ← قاعدة مقترنة

- الحمض الضعيف مرافقه قاعدة قوية و الحمض القوي مرافقه قاعدة ضعيفة
- القاعدة القوية مرافقها حمض ضعيف و القاعدة الضعيفة مرافقها حمض قوي

3. حدّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في كل تفاعل مما يلي:

a. $NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض قاعدة قاعدة حمض

مرافق مرافقة

b. $HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)}$

حمض قاعدة حمض مرافق قاعدة

مرافقة

c. $CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

قاعدة حمض حمض مرافق قاعدة

مرافقة

4. **تحفيز** إذا علمت أنّ نواتج تفاعل حمض مع قاعدة هي H_3O^+ و SO_4^{2-}.
اكتب معادلة موزونة للتفاعل، وحدّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة.

$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_4^{2-}$

حمض قاعدة حمض قاعدة

مرافق مرافقة

	الحمض	القاعدة	الماء
آرهينيوس	يمنح H^+	يمنح OH^-	متعادل
	عيب النظرية : لم يفسر السلوك القاعدي للمواد التي لا تحوي OH^-		
لوري-برونستد	يمنح H^+	يستقبل H^+	أمفوتري
	عيب النظرية : لم يفسر السلوك الحامضي ولا القاعدي عند غياب H		
لويس	يستقبل e-	يمنح e-	قاعدة
	ميزة النظرية يشمل أحماض وقواعد النظريتين السابقة		

- الأحماض والقواعد القوية : تتفكك كليا في الماء .

مثل : حمض الهيدروكلوريك ، حمض الكبريتيك ، حمض النيتريك ، الأحماض الأكسجينية مثل $HClO_4$ ،

الأحماض والقواعد الضعيفة : تتفكك جزئيا في الماء

النشادر والمواد العضوية النيتروجينية قواعد ضعيفة (مثل الأمينات)

الأحماض العضوية (RCOOH) أحماض ضعيفة

أحماض قوية		أحماض ضعيفة	
الاسم	معادلات التأين	الاسم	معادلات التأين
الهيدروكلوريك	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	الهيدروفلوريك	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$
الهيدروأيوديك	$HI \rightarrow H^+ + I^-$	الإيثانويك	$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + C_2H_3O_2^-$
البيركلوريك	$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$	كبريتيد الهيدروجين	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$
النيتريك	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	الكربونيك	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
الكبريتيك	$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$	الهيبوكلوروز	$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$

ثابت الاتزان الديناميكي للتأين

١- ثابت اتزان تأين الحمض K_a ،، كلما كان أكبر كان الحمض أقوى

٢- ثابت اتزان تأين القاعدة K_b ،، كلما كان أكبر كانت القاعدة أقوى

تدريب : أكتب معادلات التأين وتعبير ثابت التأين للأحماض والقواعد التالية

	معادلة التأين	تعبير ثابت التأين
$HClO_2$ .a	$HClO_2^- + H_2O \leftrightharpoons H_3O^+ + ClO_2^-$	$K_a = \frac{[H_3O^+][ClO_2^-]}{[HClO_2]}$
HNO_2 .b	$HNO_2^- + H_2O \leftrightharpoons H^+ + NO_2^-$	$K_a = \frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}$
HIO .c	$HIO^- + H_2O \leftrightharpoons H^+ + IO^-$	$K_a = \frac{[H_3O^+][IO^-]}{[HIO]}$
a . هكسيل أمين $C_6H_{13}NH_2$	$C_6H_{13}NH_2 + H_2O \leftrightharpoons C_6H_{13}NH_3^+ + OH^-$	$K_b = \frac{[C_6H_{13}NH_3^+][OH^-]}{[C_6H_{13}NH_2]}$
b . بروبيل أمين $C_3H_7NH_2$	$C_3H_7NH_2 + H_2O \leftrightharpoons C_3H_7NH_3^+ + OH^-$	$K_b = \frac{[C_3H_7NH_4^+][OH^-]}{[C_3H_7NH_2]}$
c . أيون الكربونات CO_3^{2-}	$CO_3^{2-} + H_2O \leftrightharpoons HCO_3^- + OH^-$	$K_b = \frac{[HCO_3^-][OH^-]}{[CO_3^{2-}]}$
d . أيون الكبريتات الهيدروجينية HSO_4^-	$HSO_4^- + H_2O \leftrightharpoons H_2SO_4 + OH^-$	$K_b = \frac{[H_2SO_4][OH^-]}{[HSO_4^-]}$

13. تحفيز إذا أعطيت المعادلة الرياضية الآتية: $K_a = \frac{[AsO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HAsO_4^{2-}]}$ ، فاكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

$HASO_4^{2-} + H_2O \leftrightharpoons ASO_4^{3-} + H_3O^+$

الأحماض متعددة البروتون

تتأين في الماء عدة مرات في كل مرة تفقد H^+ وتظهر عليها شحنة سالبة ولكل معادلة ثابت تأين مختلف عن الأخرى

الكربونيك، التأين الأول	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$	$K_a = 4.5 \times 10^{-7}$
الكربونيك، التأين الثاني	$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$	$K_a = 4.7 \times 10^{-11}$

12. اكتب معادلة التأين الأولى والثانية لحمض السلينوز H_2SeO_3.

معادلة التأين الأولى $H_2SeO_3 + H_2O \leftrightharpoons HSeO_3^- + OH^-$

معادلة التأين الثانية $HSeO_3^- + H_2O \leftrightharpoons SeO_3^- + OH^-$

حمض الفسفوريك ثلاثي البروتون أي له 3 معادلات تأين

68. حدد الأزواج المترافقة في تفاعل H_3PO_4 مع الماء.

$$\underset{\text{حمض}}{H_3PO_4} + H_2O \leftrightarrow \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{H_2PO_4^-} + \underset{\text{حمض مرافق}}{H_3O^+}$$
(قاعدة)

$$\underset{\text{حمض}}{H_2PO_4^-} + H_2O \leftrightarrow \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{HPO_4^{2-}} + \underset{\text{حمض مرافق}}{H_3O^+}$$
(قاعدة)

$$\underset{\text{حمض}}{HPO_4^{2-}} + H_2O \leftrightarrow \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{PO_4^{3-}} + \underset{\text{حمض مرافق}}{H_3O^+}$$
(قاعدة)

15. تحفيز اكتب معادلة اتزان قاعدة يكون فيها PO_4^{3-} قاعدة في التفاعل الأمامي، و OH^- قاعدة في التفاعل العكسي.

$$PO_4^{3-} + H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + OH^-$$

التفاعل الامامي : القاعدة PO_4^{3-} استقبل بروتون من الماء

التفاعل العكسي : القاعدة OH^- استقبل بروتون من HPO_4^{2-}

ثابت تأين الماء

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad K_w = 1 \times 10^{-14}$$

قوانين الأحماض والقواعد

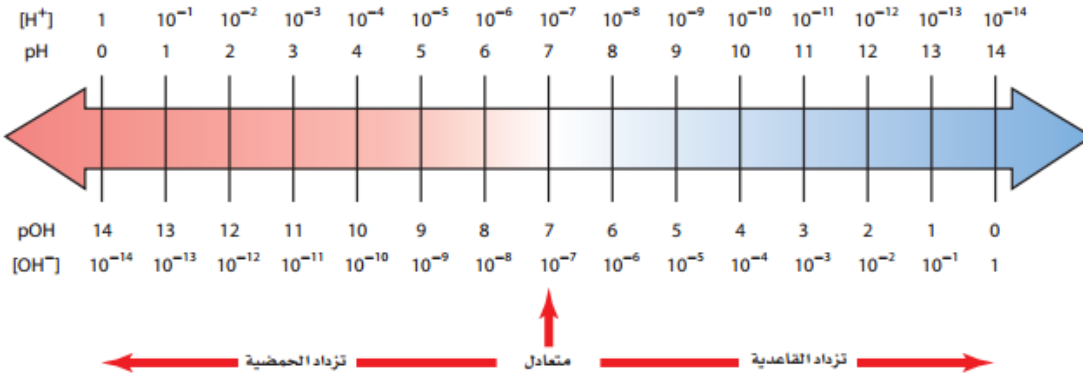
$$pH = -\log[H^+] \quad \gg\gg \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

$$pOH = -\log[OH^-] \quad \gg\gg \quad [OH^-] = 10^{-pOH}$$

$K_W = [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$ لجميع المحاليل المائية

pH + pOH = 14

علاقة الرقم الهيدروجيني بطبيعة المحلول :



احسب قيم $[H^+]$ و $[OH^-]$ باستعمال K_w إذا كان تركيز أيون H^+ في كوب قهوة عند درجة حرارة 298 K هو 1.0×10^{-5} M، فما تركيز أيون OH^- في القهوة؟ هل تعد القهوة حمضية، أم قاعدية، أم متعادلة؟

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} M$$

$pH = -\log[H^+] = -log10^{-5} = 5$ المحلول حمضي

سؤال: **إذا علمت أن قيمة (pH)لأحد محاليل الأحماض = 3 ، احسب . $[H^+]$**

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3}\ M$$

س: احسب الرقم الهيدروجيني (pH) للماء النقي ؟

متعادل يعني pH = pOH = 7

س :احسب قيمة (pH)لمحلول يبلغ $[H_3O^+]$ فيه 0.002 mol/L ، (log2=0.3)

نحول 0.002 إلى رمز علمي 2×10^{-3}

نحسب pH $pH = -\log[H_3O^+]$

$-(\log 2 + \log 10^{-3})$

$pH = -[0.3 + (-3)] = -(-2.7) = 2.7$ حمضي

س: احسب قيمة (pH) لمحلول يبلغ [OH^-] فيه 0.0005 M (log5 = 0.7)

نحول 0.0005 إلى رمز علمي 5×10^{-4}

نحسب pOH

$$pOH = -\log[OH^-]$$
$$-(\log 5 + \log 10^{-4})$$
$$-[0.7 + (-4)] = -(-3.3)$$
$$pOH = 3.3$$

$pH = 14 - pOH$ قاعدي $pH = \mathbf{14} - \mathbf{3.3} = 10.6$

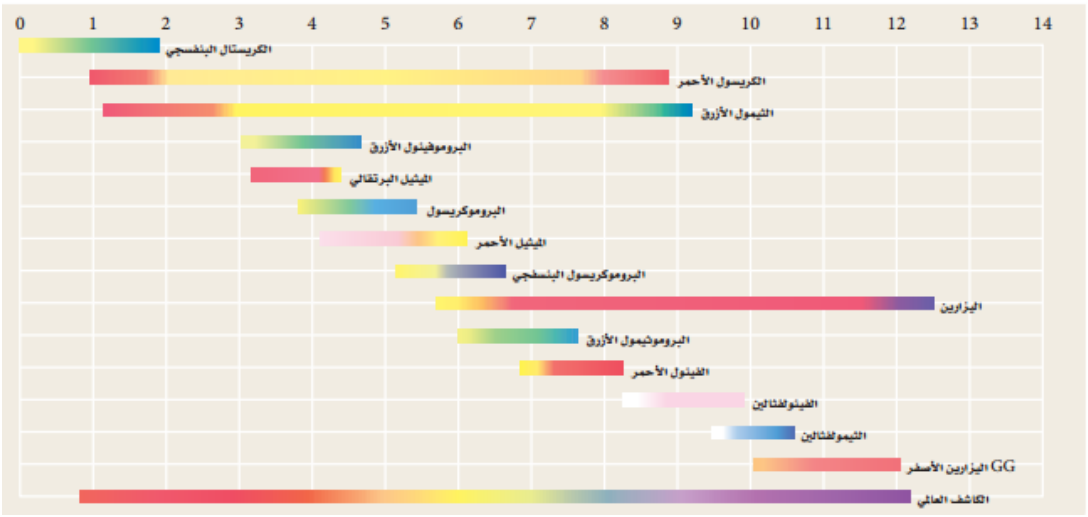
40. حدد قيمة pH لمحلول يحتوي على 1.0×10^{-9} mol من أيونات OH^- لكل L.

pOH = 9 , pH = 14-9 = 5

المعايرة

- طريقة لتحديد تركيز محلول ما بتفاعل حجم معلوم منه مع محلول آخر معلوم التركيز (محلول قياسي)
- معايرة الأحماض والقواعد ترتكز أساسا على تفاعلات التعادل (حمض + قاعدة ← ملح + ماء)
- نقطة التكافؤ : هي النقطة التي يتساوى فيها عدد مولات H^+ مع عدد مولات OH^- . إذا كانت نقطة التكافؤ عند
  pH = 7 الحمض والقاعدة قويين (هنا تسمى نقطة التكافؤ بـ نقطة التعادل) ، pH > 7 القاعدة قوية والحمض ضعيف
  pH < 7 الحمض قوي والقاعدة ضعيفة
- يستخدم جهاز pHmeter لمراقبة التغير في pH عند كل إضافة محلول قياسي
- الكواشف هي حمض أو قاعدة ضعيفة تكتسب لوناً معيناً يعتمد على قيمة pH للوسط الموضوع فيه
- نقطة النهاية : النقطة التي يتغير عندها لون الكاشف
- الكاشف أزرق بروموثيمول : مناسب عند معايرة حمض قوي بقاعدة قوية
- الكاشف فينوفثالين : مناسب عند معايرة حمض ضعيف بقاعدة قوية

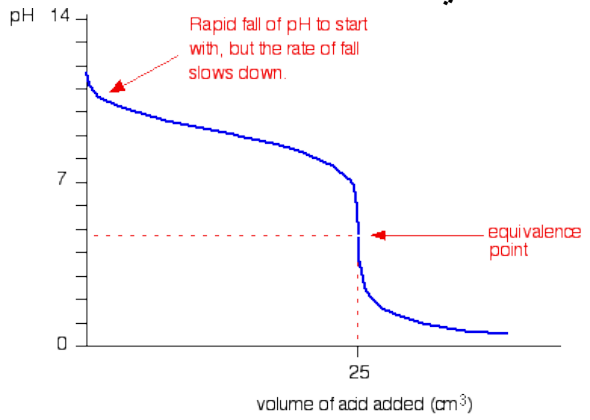
الشكل 24-3 إن عملية اختيار الكاشف الصحيح مهمة جدًّا؛ إذ يجب أن يغير الكاشف لونه عند نقطة التكافؤ التي لا تكون دائمًا عند pH = 7.



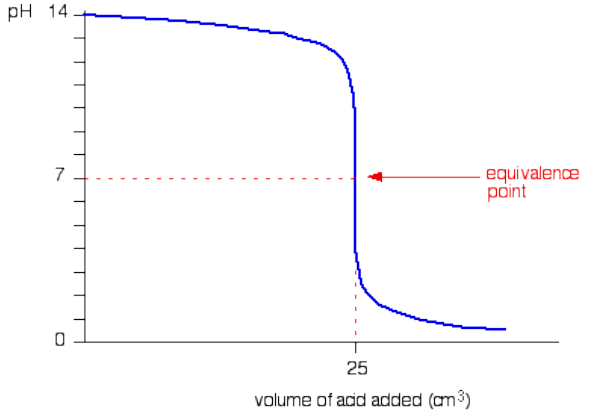
يجب اختيار الكاشف بحيث أن نقطة التكافؤ تكون ضمن مدى تغير لون الكاشف
مثلا الثيمولفثالين يقع مداه بين **pH 9.5 - 10.6** لذا فهو يناسب معايرة القواعد حيث أن نقطة التكافؤ لا تقل عن **9.5** ولا تزيد عن **10.6**
الكاشف العالمي (الكاشف العام) : عبارة عن مزيج من عدة كواشف ، يناسب جميع أنواع المعايرات حيث عند كل **pH** يتغير لونه .

منحنيات المعايرة

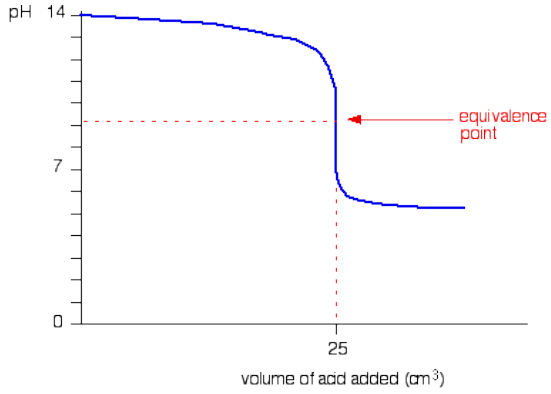
حمض قوي vs قاعدة ضعيفة



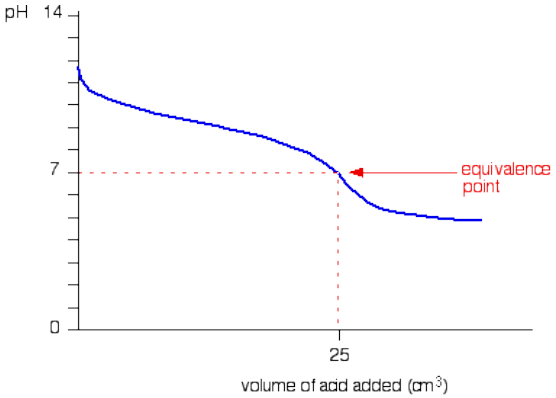
حمض وقاعدة قويين



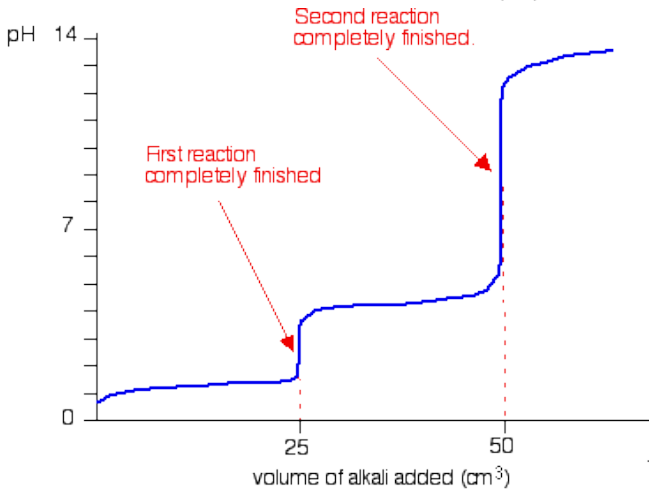
قاعدة قوية vs حمض ضعيف



حمض وقاعدة ضعيفين



في منحنى معايرة الاحماض متعددة البروتون يظهر أكثر من نقطة تكافؤ بعدد البروتونات



M_b تركيز القاعدة

V_b حجم القاعدة ,

M_a تركيز الحمض

V_a حجم الحمض ,

قانون المعايرة

$$M_a \times V_a = M_b \times V_b$$

حساب المولارية من بيانات المعايرة نحتاج إلى محلول قياسي حجمه 18.28 mL من NaOH، وتركيزه 0.1000 M للتعادل مع 25.00 mL من محلول حمض الميثانويك HCOOH. احسب مولارية محلول حمض الميثانويك.

$M_b = 0.1$, $V_b = 18.28$, $M_a = ?$, $V_a = 25$

$$M_a = \frac{M_b V_b}{V_a} = \frac{0.1 \times 18.28}{25} = 0.073\ M$$

43. ما مولارية محلول حمض النيتريك إذا لزم 43.33 mL KOH تركيزه 0.1000 M لمعادلة 20.00 mL من محلول حمض النيتريك؟

$M_b = 0.1$, $V_b = 43.33$ ml , $M_a = ?$, $V_a = 20$ ml

$$M_a = \frac{M_b V_b}{V_a} = \frac{0.1 \times 43.33}{20} = 0.21\ M$$

44. ما تركيز محلول الأمونيا المستعمل في مواد التنظيف المنزلي إذا لزم 49.90 mL HCl تركيزه 0.5900 M لمعادلة 25.00 mL من هذا المحلول؟

M_b =?1 , V_b = 25 ml , M_a = 0.59≈ 0.6 , V_a = 49.9 ≈ 50 ml

$$M_b = \frac{M_a V_a}{V_b} = \frac{0.6 \times 50}{25} = 1.2\ mol/L$$

45. تحفيز كم mL من NaOH الذي تركيزه 0.500 M يمكن أن يتعادل مع 25.00 mL من H_3PO_4 تركيزه 0.100 M؟

$$V_b = \frac{M_a V_a}{M_b} = \frac{0.1 \times 25}{0.5} = 5\ ml$$

ملاحظة : بالنسبة للأحماض متعددة البروتون نضرب حجمها في عدد البروتونات ، نفس الشيء ينطبق على القواعد متعددة الهيدروكسيد

90. أضيف 74.30 mL من محلول NaOH الذي تركيزه 0.43885 M لمعايرة 45.78 mL من حمض الكبريتيك حتى نقطة النهاية. ما مولارية محلول H_2SO_4؟

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

المعادلة الموزونة تبين أن كل مول من حمض الكبريتيك يحتاج **2** مول من *NaOH* لذلك نضرب حجم القاعدة في **2**

$$M_a = \frac{V_b M_b}{2V_a} = \frac{74.3 \times 0.44}{2 \times 45.8} = 0.35\ M$$

قوة الحمض والقاعدة

يستدل على قوة الحمض كالتالي :

- pH منخفض أو pOH مرتفع
- K_a مرتفع

يستدل على قوة القاعدة كالتالي :

- pH مرتفع أو pOH منخفض
- K_b مرتفع

كلما كان الحمض \ القاعدة أقوى كان توصيليته أعلى

عادة قيم K_b و K_a أعداد مضروبة في 10 مرفوعا لأس ، قارن بين قوى 10 ، فإذا كانت متساوية . قارن بين الاعداد الصحيحة

س : حسب الجدول التالي ، رتب الأحماض التالية من الأعلى إلى الأقل توصيلية ؟

المادة	معادلة التفكك	K_a	الجواب
$HClO_4$	$HClO + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO^-$	3.1×10^{-8}	2
NH_4^+	$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + NH_3$	5.6×10^{-10}	4
HCN	$HCN + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + CN^-$	6.2×10^{-10}	3
HSO_4^-	$HSO_4^- + H_2O \leftrightarrow HO^- + H_2SO_4$	1×10^{3}	1

س: باستخدام بيانات الجدول أدناه رتب المحاليل التالية تصاعديا حسب قوة القاعدية :

القاعدة	CH_3NH_2	$C_2H_5NH_2$	$C_6H_5NH_2$	NH_3
K_b عند 298 كلفن	4.3×10^{-4}	6.4×10^{-4}	4×10^{-10}	2×10^{-5}
الحل	3	4	1	2

الأملاح

∴ مركبات أيونية شقها الموجب مشتق قاعدة وشقها السالب مشتق من حمض

تميؤ الأملاح يعطي محاليل مختلفة الأوساط

١- ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة قوية

محاليلها متعادلة

$$HCl + KOH \longrightarrow KCl + H_2O$$

$$KCl + H_2O \rightleftharpoons K^+ + Cl^- \qquad pH = 7$$

٢- ملح من قاعدة قوية وحمض ضعيف

محاليلها قاعدية

$$HF + NaOH \longrightarrow NaF + H_2O$$

$$NaF + H_2O \rightleftharpoons Na^+ + HF + OH^- \qquad pH > 7$$

٣- ملح من حمض قوي وقاعدة ضعيفة

محاليلها حامضية

$$HNO_3 + NH_4OH \longrightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

$$NH_4NO_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+ + NO_3^- \qquad pH < 7$$

46. اكتب معادلات لتفاعلات تميّه الأملاح التي تحدث عند إذابة الأملاح الآتية في الماء، وصنّف كلًّا منها إلى حمضي، أو قاعدي، أو متعادل:

نترات الأمونيوم	$NH_4NO_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+ + NO_3^-$ $pH < 7$ حمضي
كبريتات البوتاسيوم	$K_2SO_4 + H_2O \leftrightarrows 2K^+ + SO_4^{2-}$ $pH = 7$ متعادل
إيثانوات الروبيديوم	$CH_3COORb + H_2O \leftrightarrows Rb^+ + CH_3COOH + OH^-$ قاعدي
كربونات الكالسيوم	$CaCO_3 + 2H_2O \leftrightarrows Ca^{2+} + 2OH^- + H_2CO_3$ قاعدي

47. تحفيز اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند معايرة هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH مع بروميد الهيدروجين HBr. وهل تكون قيمة pH عند نقطة التكافؤ أكبر أو أقل من 7؟

القاعدة ضعيفة والحمض قوي (وسط حمضي ، pH أقل من 7)

$$NH_4OH + HBr \rightarrow NH_4Br + H_2O$$

$$NH_4Br + H_2O \rightarrow NH_3 + H_3O + Br^-$$

إذا حضرت محلول **0.1 M** لكل من الأملاح التالية فأي محلول تتوقع يكون له **pH = 7** ،

NH_4Cl , $NaNO_3$, KF , Na_2S , $CuSO_4$

الجواب : $NaNO_3$ ، لأنه ملح لحمض وقاعدة قويين HNO_3 و $NaOH$

المحاليل المنظمة

- مخلوط مكون من حمض ضعيف وأحد أملاحه أو قاعدة ضعيفة وأحد أملاحها ، يقاوم التغير في **pH**
- **سعة المحلول المنظم** كمية الحمض أو القاعدة التي يستطيع المحلول أن يستوعبها دون تغيير في **pH**
- **كيف يتكون المحلول المنظم**

يتكون بتأثير الأيون المشترك

ملاحظة: الأيون المشترك يجعل الاتزان ينزاح جهة المتفاعلات (تقل الأيونات في النواتج)

مثال : **القاعدة الضعيفة** NH_4OH **له** $pOH = 3.1$ ، **أحد أملاحه مثل** NH_4Cl

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

معادلتي التميؤ لكل من القاعدة والملح

إذا أضيف الملح إلى القاعدة سيختل الاتزان نتيجة زيادة عدد الأيون المشترك NH_4^+ ، وينزاح الاتزان نحو المتفاعلات فيقل تركيز OH^- ويرتفع **pOH** . يستمر الاتزان في الانزياح إلى أن يصل لنقطة اتزان جديدة يصبح عندها المحلول منظم

- إضافة ملح بأيون مشترك إلى حمض ضعيف يقلل تركيز H^+ الذائب في المحلول بالتالي يرتفع **pH** وينخفض **pOH**
- إضافة ملح بأيون مشترك إلى قاعدة ضعيفة يقلل تركيز OH^- الذائب بالتالي يرتفع **pOH** وينخفض **pH**

يكون المحلول المنظم أكثر فاعلية عندما يساوي تركيز الحمض تركيز القاعدة المرافقة له (الأيون المشترك)

القوانين الحسابية المتعلقة بالأحماض والقواعد والمحاليل المنظمة

العلاقة بين ثابت تأين الحمض وpH للمحلول المنظم	$pH = pK_a + \log Q$	فاعلية المحلول المنظم: $Q = \frac{\text{تركيز الملح}}{\text{تركيز الحمض}}$
العلاقة بين ثابت تأين القاعدة وpOH للمحلول المنظم	$pOH = pK_b + \log Q$	$Q = \frac{\text{تركيز الملح}}{\text{تركيز القاعدة}}$
إيجاد $[H^+]$ بدلالة ثابت التأين في محاليل الأحماض الضعيفة	$[H^+] = \sqrt{K_a \times C_{\text{مولارية المحلول}}}$ & $K_a = \frac{[H^+]^2}{C}$	
إيجاد $[OH^-]$ بدلالة ثابت التأين في محاليل القواعد الضعيفة	$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_{\text{مولارية المحلول}}}$ & $K_b = \frac{[OH^-]^2}{C}$	
مهم جدا أن تكون الأعداد العشرية في صورة رمز علمي **scientific notation**	$pK_a = -\log K_a$, $K_a = 10^{-pK_a}$ $pK_b = -\log K_b$, $K_b = 10^{-pK_b}$	
	$pH = -\log[H^+]$, $[H^+] = 10^{-pH}$ $pOH = -\log[OH^-]$, $[OH^-] = 10^{-pOH}$ $pH + pOH = 14$ $K_W = [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$	

1) إحدى محاليل المواد الآتية لا تعد من حموض أو قواعد أرهينيوس :	
HNO_3	
$LiOH$	
NH_3	✓
HF	

2) جميع المواد الآتية لا تعد من حموض أرهينيوس ما عدا :	
$HCl_{(g)}$	
$HNO_{3(aq)}$	✓
NH_4Cl	
CCl_4 مذاب في H_2SO_4	

3) أي من الآتية تسلك كحمض وكقاعدة حسب مفهوم برونستد– لوري :	
CO_3^{-2}	
H_2S	
H_2SO_3	
HCO_3^-	✓

يستقبل H^+ ليعادل الشحنة السالبة أو يفقد البروتون ليصبح CO_3^{2-}

4) أي المواد الآتية تسلك كحمض فقط :	
NH_4^+	✓
NH_3	
HSO_4^{-1}	
H_2O	

الأحماض غير البروتونية يميزها وجود عجز إلكتروني يتمثل في شحنات موجبة أو مدارات فارغة

القاعدة غير الهيدروكسيدية يميزها وجود فائض إلكتروني يتمثل في شحنات سالبة أو أزواج إلكترونية (أو روابط π في المركبات العضوية)

5) أحد المواد الآتية لا تعد من حموض برونستد – لوري :	
H_2SO_4	
BF_3	✓
$HClO_4$	
H_2S	

لا يوجد بروتون ليمنحه

6)المادة التي لها القدرة على استقبال بروتون من مادة أخرى هي :	
حمض برونستد – لوري	
قاعدة برونستد – لوري	✓
حمض لويس	
قاعدة لويس	

7) إحدى المواد الآتية تسلك سلوك القاعدة فقط :	
$B(OH)_3$	
CO_3^{-2}	✓
NH_4^+	
Ag^+	

استبعد آخر خيارين لأن وجود شحنة موجبة يجعلها تسلك سلوك الحمض

الخيار الأول يسلك سلوك قاعدة آرهينيوس لأنه يمنح OH^- لكن البورون لديه مدارات فارغة يجعله يسلك سلوك الحمض

CO_3^{2-} ليس لديه بروتون لكن لديه فائض في الإلكترونات تمنحه صفة قاعدية

8) احدى المواد الآتية تسلك كحمض لويس فقط :	
NH_3	
$B(OH)_3$	✓
OH^-	
H_2O	

9) جميع المواد الآتية تعد من حموض لويس ما عدا :	
Cl^-	✓
Ag^+	
Co^{+3}	
BF_3	

10) تقاس قوة القاعدة حسب تعريف برونستد – لوري بقدرتها على :	
استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات	
إعطاء البروتونات بسهولة	
إعطاء زوج من الإلكترونات أو أكثر	
استقبال البروتونات بسهولة	✓

11)يعتبر أيون الأمونيوم في المعادلة :	
قاعدة مرافقة للأمونيا	
حمضاً مرافقاً للأمونيا	✓
حمضاً مرافقاً للماء	
قاعدة مرافقة للماء	

12) القاعدة المرافقة لـ $H2PO_4^-$ هي :	
$H_3PO_4^-$	
HPO_4^{-2}	✓
PO_4^{-3}	
HPO_4^+	

لمعرفة القاعدة المرافقة لمادة ما انتزع منها H^+ وأضف شحنة سالبة

لمعرفة الحمض المرافق لمادة ما أضف إليها H^+ وأضف شحنة موجبة

13)يكون حاصل ضرب $[H_2O^+]$ $[OH^-]$ س= 10^{-14} عند 25°س في المحاليل المائية :	
للأحماض فقط	
للأملاح فقط	
للقواعد فقط	
لجميع المحاليل المائية	✓

14) محلول لحمض ضعيف أحادي البروتون تركيزه (0.2) مول/لتر، وثابت تأينه Ka يساوي (5×10^{-4}) ، فإن $[H_3O^+]$ فيه يساوي (بوحدة مول/لتر) :	
1×10^{-5}	
1×10^{-4}	
1×10^{-3}	
1×10^{-2}	✓

C = 0.2 = 2x10^{-1}

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_{\text{تركيز المحلول}}} = \sqrt{5 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-1}} = \sqrt{10 \times 10^{-5}}$$

$$= \sqrt{10^{-4}} = 10^{-2}$$

15) إذا كانت قيمة pH تساوي (3) لمحلول الحمض الضعيف HA تركيزه 0.1 مول/لتر فإن قيمة Ka لهذا الحمض تساوي :	
1×10^{-5}	✓
1×10^{-6}	
1×10^{-7}	
1×10^{-8}	

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3}M \quad , \quad K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C} = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-1}} = \frac{10^{-6}}{10^{-1}} = 10^{-5}$$

16) إذا كان حمض HA تركيزه (0.01) مول / لتر ، وثابت تأينه $Ka = 1 \times 10^{-6}$ فإن قيمة pH له تساوي :	
1	
2	
4	✓
6	

$$C = 0.01 = 10^{-2}$$

$$[H^+] = \sqrt{10^{-6} \times 10^{-2}} = \sqrt{10^{-8}} = 10^{-4} M$$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -log10^{-4} = 4$$

17)محلول لحمض ضعيف (HA) قيمة الرقم الهيدروجيني له (4) وكان تركيزه (0.02) مول/لتر، فإن ثابت التأين Ka له يساوي :	
$10^{-7} \times 5$	✓
$10^{-5} \times 2$	
$10^{-4} \times 1$	
$10^{-2} \times 1$	

$$C = 0.02 = 2 \times 10^{-2}$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}\ M$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C} = \frac{(10^{-4})^2}{2 \times 10^{-2}} = \frac{10^{-8}}{2 \times 10^{-2}} = 0.5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-7}$$

18)تبلغ قيمة (pH) لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه (0.01) مول/لتر:	
1	
2	
12	✓
13	

NaOH قاعدة قوية يعني تركيز المحلول يساوي تركيز الهيدروكسيد $C = [OH^-]$

$[OH^-] = 0.01 = 10^{-2}$, pOH = 2 ,, pH = 14 – 2 = 12

19) إذا كانت Kb لقاعدة تساوي 2.5 × 10^{-8}، وكان تركيز محلوله يساوي (0.004) مول/لتر ، فإن [OH^-] بالمول/لتر يساوي :	
1×10^{-5}	✓
1×10^{-8}	
1×10^{-9}	
1×10^{-10}	

$100 = 10^2$

C = 0.004 = $4x10^{-3}$, Kb = 2.5 x 10^{-8} = $25x10^{-9}$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C} = \sqrt{4 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-9}}$$

$$= \sqrt{100 \times 10^{-12}} = \sqrt{10^{-10}} = 10^{-5}\ M$$

20) في محلول مائي لـ N_2H_4 تركيزه (0.01) مول / لتر ، Kb = 1×10^{-6} فإن قيمة pH للمحلول تساوي :	
4	
8	
10	✓
12	

C = 0.01 = 10^{-2}

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times C} = \sqrt{10^{-6} \times 10^{-2}} = \sqrt{10^{-8}} = 10^{-4}$$

pOH = -log10^{-4} = 4 << pH = 14-4 =10

21) أي المحاليل الآتية تمتلك أعلى قيمة لـ [H_3O^+] :	
0.1 مول/ لتر HCl	
1 مول/ لتر HNO_3	✓
0.1 مول/ لتر KOH	
0.1 مول/ لتر CH_3COOH	

CH_3COOH حمض ضعيف ، **KOH** قاعدة ، HNO_3 , HCl كلاهما حمض قوي لكن حمض النيتريك تركيزه أعلى

22)أقوى قاعدة مرافقة هي :	
Cl^-	
NO_3^-	
CN^-	✓
ClO_4^-	

أضف إليها بروتون لتعرف الحمض الأصلي ، حيث أن الحمض الضعيف مرافقه قاعدة قوية

HCN حمض ضعيف ، HCl , HNO_3 , $HClO_4$ أحماض قوية

23) أضعف قاعدة مرافقة هي :	
$CH3COO^-$	
CN^-	
Cl^-	✓
HS^-	

24) أي محاليل الأملاح الآتية له أقل قيمة للرقم الهيدروجيني (pH) :	
$NaNO_3$	
KCN	
Na_2CO_3	
NH_4Cl	✓

أقل pH يعني ملح يعطي محلول حمض (ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة ضعيفة)

25) إذا أذيبت المواد الآتية في الماء لإعطاء محلول تركيزه (0.1) مول/لتر لكل منها. أي هذه المحاليل يمتلك أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني (pH) :	
HCl	
NaCl	
Naf	✓
NH_4Cl	

pH أعلى يعني ملح يعطي محلول قاعدي (ملح مشتق من قاعدة قوية وحمض ضعيف)

26) أي محاليل المواد الآتية لا تغير قيمة pH عند إضافتها للماء :	
$NaHCO_3$	
NH_4Cl	
KCN	
KCl	✓

ملح يعطي محلول متعادل (ملح لقاعدة وحمض قويين)

27) محلول أمونيا في الماء له قيمة (pH = 10) ، بعد إضافة القليل من كلوريد الأمونيوم الصلب إلى هذا المحلول قد تساوي قيمة pH :	
8	✓
10	
12	
14	

إضافة أيون مشترك إلى محلول قاعدة ضعيفة يؤدي إلى انزياح الاتزان نحو المتفاعلات فتقل تركيز أيونات OH^- ، يرتفع pOH وينخفض pH

28) محلول مكون من BH+/B بالتركيز نفسه، فإذا كانت قيمة pH للمحلول (9) فإن قيمة Kb للقاعدة (B)	
$10^{-9} \times 1$	
$10^{-9} \times 0.5$	
$10^{-5} \times 1$	✓
$10^{-5} \times 0.25$	

محلول منظم : تركيز القاعدة **B** والايون المشترك (أو الحمض المرافق BH^+) متساويان يعني أن **Q = 1**

$pOH = pK_b + \log Q$ >> $\log Q = \log 1 = 0$ >>> $pOH = pK_b$

$pOH = 14 - 9 = 5$

$5 = pK_b$ ➔ $K_b = 10^{-pK_b} = 10^{-5}$

29) محلول يحتوي على (0.2) مول/لتر من حمض HX و (0.2) مول/لتر من محلول الملح NaX ، وأن قيمة pH لهذا المحلول تساوي (3) فإن قيمة Ka للحمض تساوي :	
1×10^{-7}	
1×10^{-4}	
1×10^{-3}	✓
1×10^{-2}	

HXحمض ضعيف و NaX أحد أملاحه تركيزهما متساوي يعني Q = 1

$C = 0.2 = 2 \times 10^{-1}$

$pH = pK_a + \log Q$, $\log Q = 0$, $pH = pK_a$

$3 = pKa \rightarrow K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-3}$

78. ما $[OH^-]$ في محلول مائي عند 298 K حيث $[H^+] = 5.40\ M \times 10^{-3}$؟

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{54 \times 10^{-4}} = 0.018 \times 10^{-10} = 18 \times 10^{-13}$$

79. ما قيمة pH و pOH للمحلول المذكور في السؤال 78؟

log 18 = 1.25 log 54 = 1.73

$$pOH = -\log[OH^-] = -(log18 + log10^{-13}) = -(1.25 - 13) = 11.75$$

$pH = 14 - pOH \rightarrow pH = 14 - 11.75 = 2.25$

72. تتفاعل القاعدة الضعيفة ZaH_2 ، مع الماء لتعطي محلولاً تركيز أيون OH^- فيه $2.68 \times 10^{-4}\ mol/L$،

والمعادلة الكيميائية للتفاعل هي: $ZaH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons ZaH_3{}^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

إذا كان $[ZaH_2]$ عند الاتزان $0.0997\ mol/L$ ، فما قيمة K_b لـ ZaH_2؟

$C = 0.0997 \approx 0.1 = 10^{-1}$, $2.68 \approx 2.7$

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{C} = \frac{(2.68 \times 10^{-4})^2}{10^{-1}} = 2.7^2 \times (10^{-4})^2 \times 10$$

7.3×10^{-7}

10^{-1} في المقام ترفع إلى البسط مع تغيير إشارة الأس

استخدم كيميائي 22 مللتر من H_2SO_4 تركيزه 0.1M لمعادلة 10 مللتر من NaOH ما تركيز محلول NaOH بالمولار؟

$$M_b = \frac{2V_aM_a}{V_b}$$

$$= \frac{2 \times 22 \times 0.1}{10} = 0.44$$

أ 0.055

ب 0.11

ج 0.44

د 4.4

4. بروميد الهيدروجين HBr حمض قوي ومادة أكالة شديدة. ما pOH لمحلول HBr الذي تركيزه 0.0375 M ؟

log375 = 2 . 574

a. 12.574

b. 12.270

c. 1.733

d. 1.433

الحمض قوي يعني أن تركيز المحلول = تركيز H^+

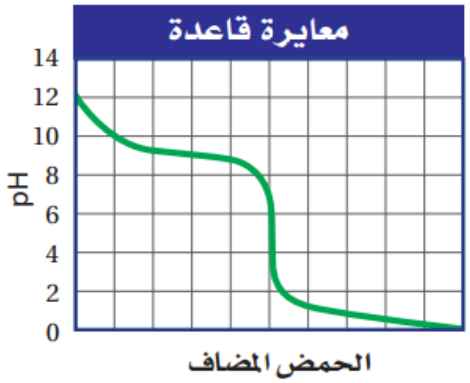
$0.0375 = 375 \times 10^{-4}$

$pH = -\log[H^+] = -(\log 375 + \log 10^{-4})$

$pH = -(2.574-4) = 1.426$

$pOH = 14 - 1.426 = 12.574$

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. ما قيمة pH عند نقطة التكافؤ لهذه المعايرة؟

a. 10

b. 9

c. 5

d. 1

المنحنى بدأ عند pH 12 قاعدة ضعيفة وانتهى عند pH 1 حمض قوي . نقطة التكافؤ يتبع الوسط الأقوى لذا سيكون في وسط حمضي أقل من pH 7 ، تم اختيار 5 لأن من غير المعقول أن يكون عند pH 1

2. ما الكاشف الأكثر فاعلية لتحري نقطة النهاية لهذه المعايرة؟

a. الميثيل البرتقالي الذي مداه 3.2 – 4.4

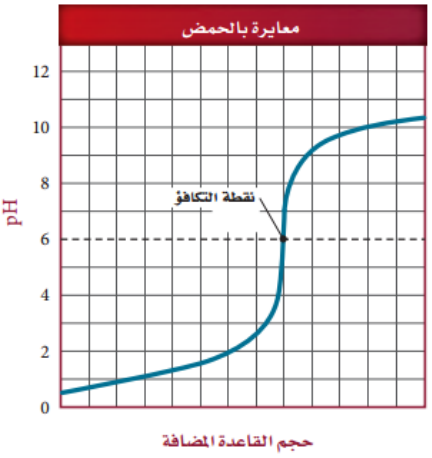
b. فينولفثالين الذي مداه 8.2 – 10

c. البروموكريسول الأخضر الذي مداه 3.8 – 5.4

d. الثايمول الأزرق الذي مداه 8.0 – 9.6

نستخدم كاشف مداه يقع ضمن الوسط الذي فيه نقطة التكافؤ

10. أضيف 5.00 mL من HCl تركيزه 6.00 M إلى 95.00 mL من الماء النقي، وأصبح الحجم النهائي للمحلول 100 mL. ما قيمة pH للمحلول؟ log 3 = 0.47



الحل

- HCl **حمض قوي أي أن تركيزه = تركيز** H^+

نحسب التركيز بعد التخفيف

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{M_2} = \frac{5 \times 6}{100} = 0.3 = 3 \times 10^{-1}$$

$$pH = -(log3 + log10^{-1}) = 0.53$$

س : الكاشف المناسب للمعايرة المبينة في الشكل المجاور ؟

a. الكريستال البنفسجي ، (مداه pH = 0 إلى pH=2)

b. البروموكريسول (مداه من pH=3.9 إلى pH= 5.4)
c. البروموكريسول البنفسجي (مداه من pH=5.1 إلى pH=6.8) √
d. الفينوفثالين (مداه من pH=8.2 إلى pH = 9.9)

يجب أن يكون نقطة التكافؤ في مدى الكاشف

11. محلول مائي منظم بحمض البنزويك C_6H_5COOH وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa، تركيز كل منهما 0.0500 M. فإذا كان Ka لحمض البنزويك يساوي 6.4×10^{-5}، فما قيمة pH للمحلول؟

log 64 = 1.8

$pH = pK_a + \log Q$

$Q = \frac{\text{تركيز الملح}}{\text{تركيز الحمض}} = \frac{0.05}{0.05} = 1$, log1 = 0

$pH = pK_a = -\log K_a = -(\log 64 + \log 10^{-6}) = -(1.8 - 6) = 4.2$

أحسب Ph لـ 0.600 L من محلول تم تحضيره بإذابة 2.00 g أكسيد الليثيوم Li_2O في ماء كاف ؟ (Li = 7 , O = 16)

0.952 , 14.5 , 7.00 , 13.349 √

$n_{Li_2O} = \frac{2}{(2\times7)+16} = 0.067\ mol$

$[OH^-] = C = \frac{0.067}{0.6} = 0.1\ M = 10^{-1} M$

$pOH = -\log 10^{-1} = 1$ ➔ $pH = 14 - 1 = 13$

أي المحاليل التالية أقوى حمضية (اعتبر أن تراكيزها متساوية)

حمض اللاكتيك $K_a = 1.4 \times 10^{-4}$
حمض البوريك $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$
حمض السكارين $K_a = 2.1 \times 10^{-12}$
الفينول $K_a = 1.3 \times 10^{-10}$

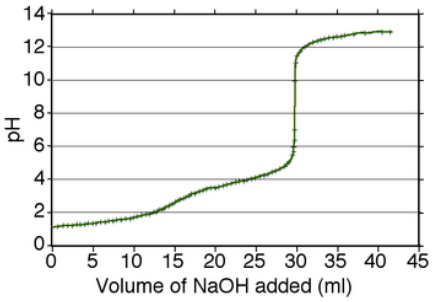
أي المحاليل التالية أضعف حمضية (اعتبر أن تراكيزها متساوية)

a. HF $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$
b. HCN $Ka = 4.9 \times 10^{-10}$
c. HNO_2 $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
d. $HC_2H_3O_2$ $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
e. HClO $K_a = 3.0 \times 10^{-8}$ √

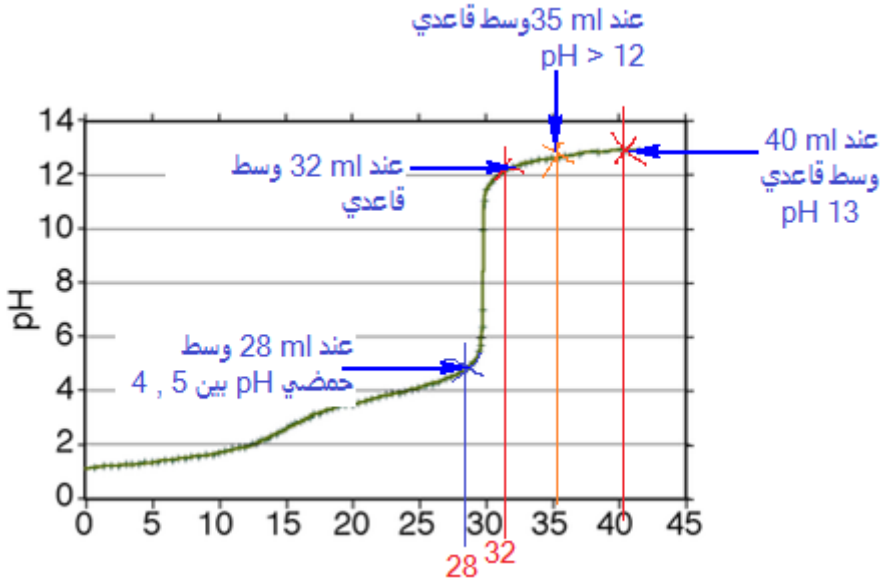
أي أزواج المركبات التالية لا يمكن أن تكون محولًا منظمًا ؟

a. HNO_2 , $NaNO_2$
b. HCN , NaCN
c. $HClO_4$, $NaClO_4$ √
d. NH_3 , $(NH_4)_2SO_4$
e. NH_3 , NH_4Br

باستخدام الشكل أدناه ، أي حجوم NaOH بوحدة ml الآتية يكون المحلول الناتج حمضيا



28 √ _ 32 _ 35 _ 40



افترض لديك محلول يحتوي **0.10 M CH_3COOH** **و** **0.20 M CH_3COONa**

. أي العبارات التالية صحيحة :

a. إذا أضيف NaOH ، ستتفاعل أيونات OH^- مع أيونات CH_3COO^-

b. إذا أضيفت كمية قليلة من HCl سيقل pH بشكل ضئيل جداً

c. إذا أضيفت كمية قليلة من NaOH سيقل pH بشكل ضئيل جداً √

d. إذا أضيف HCl ، ستتفاعل أيونات H^+ مع أيونات CH_3COOH

e. إذا أضيف المزيد من CH_3COOH سيرتفع pH