

الجُمانُ

في الكيمياء

الوحدة الأولى الحموض والقواعد

طلبة التوجيهي الزراعي والاقتصاد المنزلي
جيل ٢٠٠٢ لعام ٢٠٢٠

إعداد الأستاذ: محمد الشيخ

أكاديمية خبراء الامتياز الثقافية

أكاديمية نادي السباق التعليمية

مقدمة عامة ...

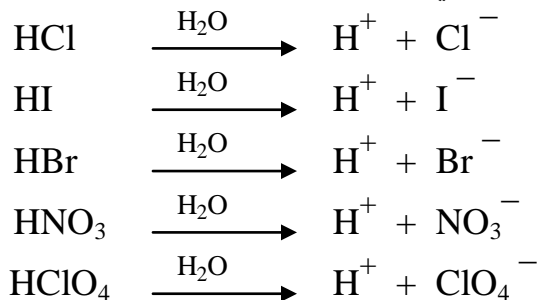
تقسم المواد الكيميائية بشكل عام حسب تأثيرها على المواد الأخرى وحسب سلوكها في محاليلها إلى ثلاثة أنواع وهي :

(1) الأحماض :

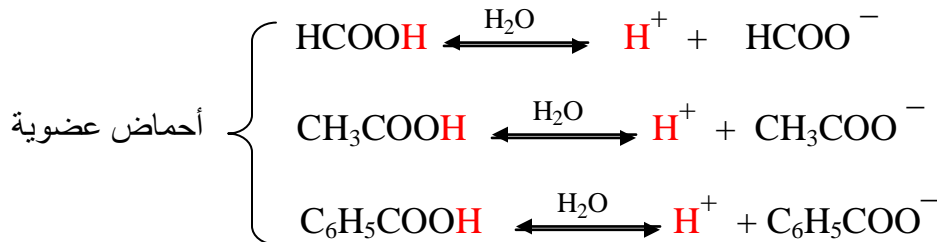
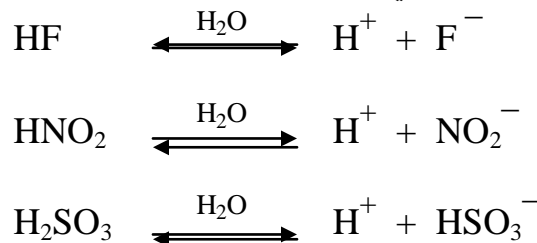
وتتميز بطعمها الحمضي اللاذع وأنها تحوّل ورقة تباغ الشمس **الزرقة** إلى اللون **الأحمر**، ولها مصادر متعددة منها ما هو طبيعي مثل حمض الاسكوريك (فيتامين C) وحمض السيتريك (حمض الليمون) . ومنها ما هو صناعي مثل حمض الكبريتيك المستخدم في بطارية السيارة .

تقسم الأحماض من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

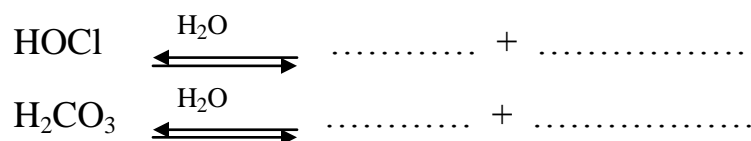
(أ) **أحماض قوية** : وهي أحماض تتأين كلياً عند إذابتها في الماء ، مثل



(ب) **أحماض ضعيفة** : وهي أحماض تتأين جزئياً عند إذابتها في الماء ، مثل



سؤال : اكتب نواتج تفكك كل من الأحماض الآتية في الماء

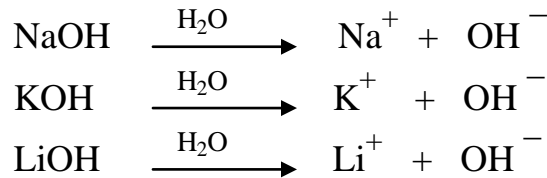


(٢) القواعد :

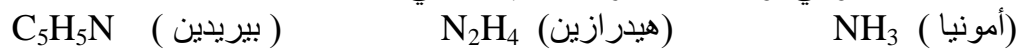
هي مواد تتميز بطعمها المرّ وأنها تحوّل ورقة تبّاع الشمس **الحمراء** إلى اللون **الأزرق** ومن أمثلتها هيدروكسيد المغنيسيوم المستخدمة في صناعة الأدوية مضادة الحموضة وهيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) المستخدمة في صناعة المنظفات ، والأمونيا (النشادر) .

تقسم القواعد من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

(أ) قواعد قوية : وهي قواعد تتأين كلياً عند إذابتها في الماء ، مثل



(ب) قواعد ضعيفة : وهي قواعد تتأين جزئياً عند إذابتها في الماء ، مثل



سؤال : علل ... تعتبر القاعدة NaOH قاعدة قوية تامة التآين في الماء .

السبب : بعد التفكك ينتج أيون Na^+ والذي يعتبر ضعيف نسبياً أي ليس لديه القدرة على الارتباط مع OH^- بعد التفكك وذلك لأن قوى التجاذب بينه وبين الماء قوية جداً ولذلك فإنه يفضل البقاء مع جزيئات الماء دون الارتباط مع OH^- وبذلك تبقى NaOH في حالة تفكك دائم وهذا ما يجعلها قوية .

مفاهيم (تعريفات) الحموض والقواعد

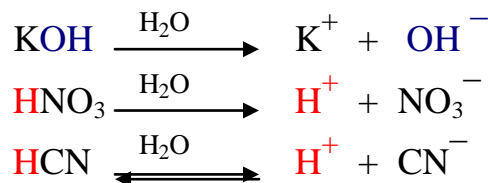
(١) مفهوم أرهينيوس

عرّف أرهينيوس الحمض والقاعدة كالآتي :

الحمض : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروجين H^+ عند إذابتها في الماء .

القاعدة : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- عند إذابتها في الماء .

أمثلة



❖ ملحوظة : من التعريف والأمثلة نلاحظ أن أرهينيوس اشترط وجود (H) في تركيب الحمض ووجود (OH) في تركيب القاعدة ولذلك فإن مفهوم أرهينيوس ينطبق على الأحماض القوية والضعيفة والقواعد القوية فقط .

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ CH_3COOH حسب تعريف أرهينيوس



سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ LiOH حسب تعريف أرهينيوس

الحل ...

سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N_2H_4 حسب تعريف أرهينيوس

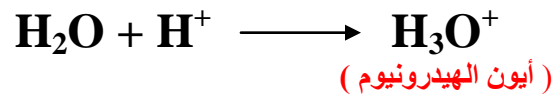
الحل ... لا يمكن تفسير ذلك لعدم احتواء N_2H_4 على OH

على الرغم من نجاح أرهينيوس في وضع تعريف للحمض والقاعدة إلا أنه كان قاصراً (فيه ضعف) وذلك لأنه لم يتمكن من تفسير السلوك القاعدي للقواعد الضعيفة مثل NH_3 .

(٢) مفهوم برونستد - لوري

بدأ برونستد ولوري تعريفهما بالبحث في أصل الأيون H^+ حيث أنه عبارة عن ذرة هيدروجين فقدت إلكترونها ولم يبق منها سوى بروتون (+) ولذلك يمكن القول بأن أيون الهيدروجين H^+ هو نفسه البروتون الموجب (P^+)

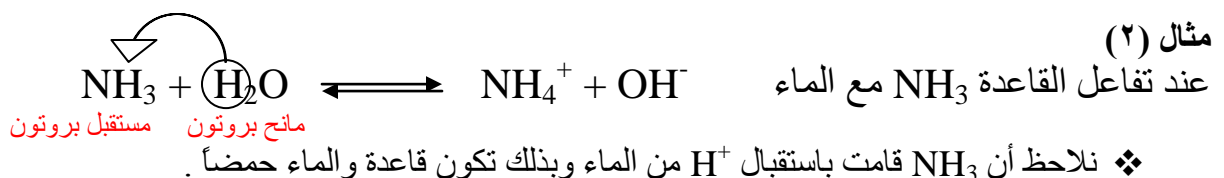
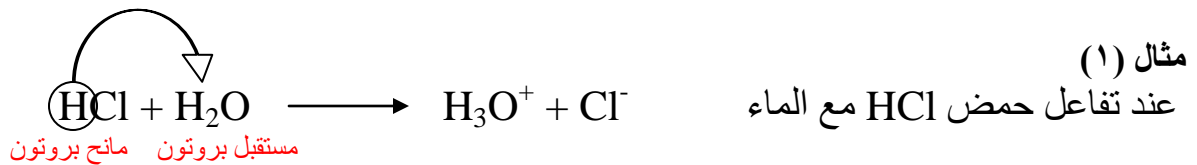
وما يحدث فعلياً في المحاليل هو أنه عند إذابة أي حمض في الماء ينتج H^+ الذي يرتبط مع الماء مباشرة ليكون أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) حسب المعادلة:



وبناءً على ما سبق قام برونستد ولوري بوضع تعريف للحمض والقاعدة بناءً على انتقال البروتون (H^+) بين المواد كالاتي:

- الحمض { مانح بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على منح بروتون (H^+) لمادة أخرى .
- القاعدة { مستقبل بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على استقبال بروتون (H^+) من مادة أخرى .

البروتون
(H^+)



سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ HI حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ H₂S حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

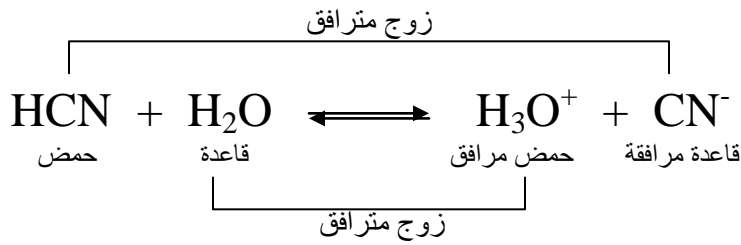
سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N₂H₄ حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

الأزواج المترافقة ...

كل حمض بعد أن يمنح يكون في النواتج قاعدة وتسمى القاعدة المترافقة للحمض
وكل قاعدة بعد أن تستقبل تكون في النواتج حمض ويسمى الحمض المترافق للقاعدة

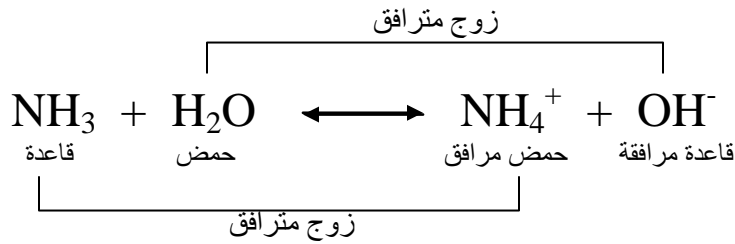
وعليه فإن أي تفاعل بين حمض وقاعدة حسب مفهوم برونستد- لوري يشتمل على زوجين مترافقين من الحمض والقاعدة .

مثال (١) ..



❖ أو الأزواج المترافقة هي : $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ ، CN^- / HCN

مثال (٢) ..

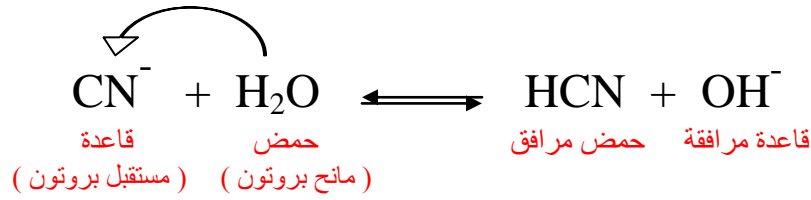
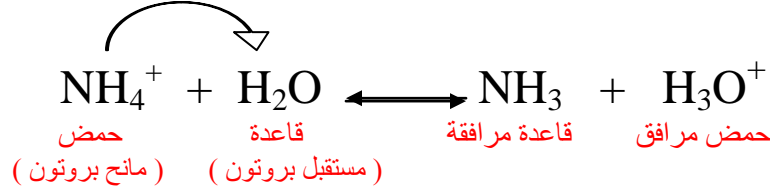


❖ أو الأزواج المترافقة هي : $\text{OH}^- / \text{H}_2\text{O}$ ، $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$

من تعريف برونستد - لوري نلاحظ أن :

- ١- الحمض والقاعدة لا تقتصر على المركبات المتعادلة مثل HCl ، NH_3 ، وإنما الأيونات والمركبات الأيونية أيضاً لها سلوك حمضي أو قاعدي فمثلاً :
أ- OH^- ، CN^- تعتبر قواعد (في المثالين السابقين) (تستقبل H^+) .
ب- H_3O^+ ، NH_4^+ تعتبر حموض (في المثالين السابقين) (تمنح H^+) .

وعليه يمكن القول بأن :

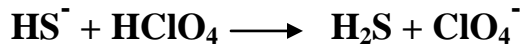


- ٢- كما نلاحظ أن الماء قد يسلك سلوكاً حمضياً أو قاعدياً وذلك يعتمد على سلوك المادة الأخرى .
- ٣- أيضاً من ميزات تعريف برونستد - لوري أنه صنّف بعض المواد على أنها تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) وتسمى هذه المواد (المواد الأمفوتيرية أو المترددة) مثل :

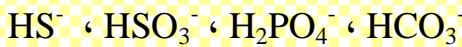


قاعدة

حمض



هي المادة التي تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) في محاليلها وتمتاز عن باقي المواد بامتلاكها شحنة سالبة وهيدروجين يمكن نزعها ومنحها لمادة أخرى مثل :

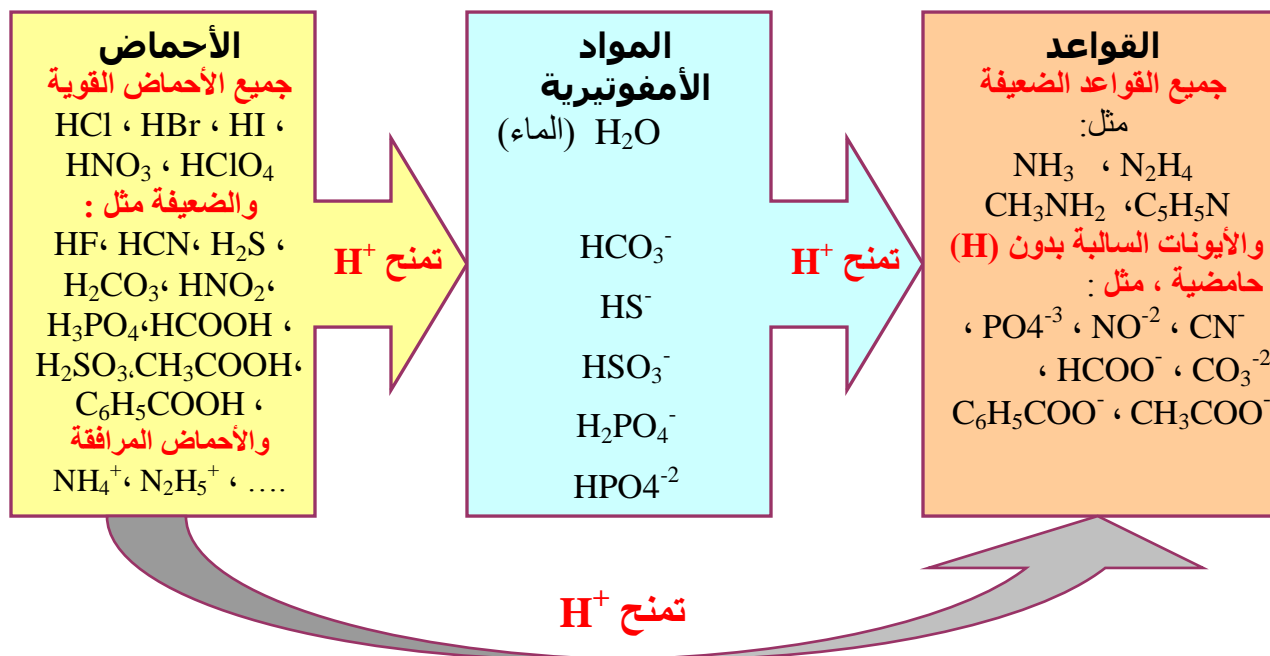


والشروط الواجب توافرها لتكون المادة أمفوتيرية هي أن تمتلك ١- اشارة سالبة ،

٢- هيدروجين حامضية يمكن نزعها .

المادة الأمفوتيرية

❖ خلاصة ... يمكن تصنيف المواد حسب تعريف برونستد - لوري إلى :



❖ نلاحظ أن المواد $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ CH_3COO^- HCOO^- لا تعتبر مواد أمفوتيرية لأن الهيدروجين فيها أصلية (ليست حامضية) أي لا يمكن نزعها أبداً وبذلك تكون قواعد فقط .

سؤال : أكمل التفاعلات الآتية في الجدول ثم حدد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة لكل منها

الرقم	التفاعل	الحمض المرافق	القاعدة المرافقة
1	$\text{HF} + \text{CN}^- \leftrightarrow \dots + \dots$		
2	$\text{HBr} + \text{S}^{2-} \leftrightarrow \dots + \dots$		
3	$\text{NH}_3 + \text{HSO}_3^- \leftrightarrow \dots + \dots$		
4	$\text{HNO}_2 + \text{CH}_3\text{COO}^- \leftrightarrow \dots + \dots$		
5	$\text{HCO}_3^- + \text{PO}_4^{3-} \leftrightarrow \dots + \dots$		
6	$\text{HCOOH} + \text{C}_5\text{H}_5\text{N} \leftrightarrow \dots + \dots$		
7	$\text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{NH}_2 \leftrightarrow \dots + \dots$		

سؤال : أكتب الحمض المرافق لكل من قواعد برونستد- لوري الآتية :

- ١- N_2H_4 الحمض المرافق هو
- ٢- CH_3COO^- الحمض المرافق هو
- ٣- H_2O الحمض المرافق هو
- ٤- CO_3^{2-} الحمض المرافق هو
- ٥- HS^- الحمض المرافق هو

الحمض المرافق = القاعدة + H^+

سؤال : أكتب القاعدة المرافقة لكل من حموض برونستد- لوري الآتية :

- ١- $N_2H_5^+$ الحمض المرافق هو
- ٢- CH_3COOH الحمض المرافق هو
- ٣- H_2O الحمض المرافق هو
- ٤- H_2CO_3 الحمض المرافق هو
- ٥- HS^- الحمض المرافق هو

القاعدة المرافقة = الحمض - H^+

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبين سلوك $HS^- / H_2PO_4^-$ كأحماض عند تفاعلها مع الماء H_2O .

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبين سلوك $HS^- / H_2PO_4^-$ كقواعد عند تفاعلها مع الماء H_2O .

مع الوقت بين أن تعريف برونستد-لوري كان قاصراً (فيه ضعف) وذلك بسبب :

- ١- لم يوضح كيف يرتبط البروتون بالمواد القاعدية .
- ٢- لم يفسر سلوك بعض تفاعلات الحمض مع القاعدة التي لا تتضمن انتقال البروتون مثل تفاعل NH_3 مع BF_3 .

(٢) مفهوم لويس ...

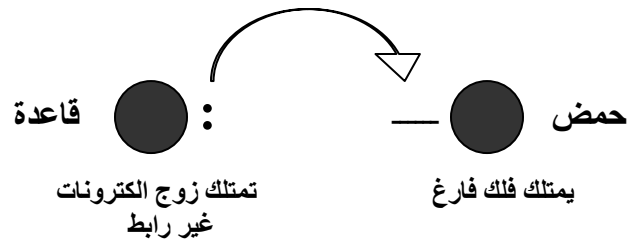
تمكن العالم لويس من وضع المفهوم الأكثر شمولاً فيما يتعلق بالحمض والقاعدة كالاتي :

الحمض : مادة قادرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة من مادة أخرى ، لأن لديه فلك فارغ .

القاعدة : مادة قادرة على منح زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى .

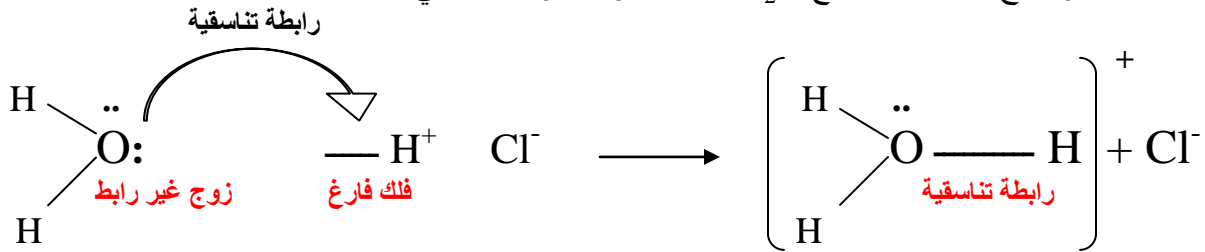
وينتج عن هذا الارتباط ما يعرف **بالرابطة التناسقية**

هي إحدى أشكال الرابطة التساهمية وتحدث عندما تقدم مادة زوج الكترولونات غير رابطة وتقدم الأخرى فلك فارغ .



الرابطة التناسقية

والآن يمكن توضيح تفاعل HCl مع H₂O حسب تعريف لويس كالاتي :



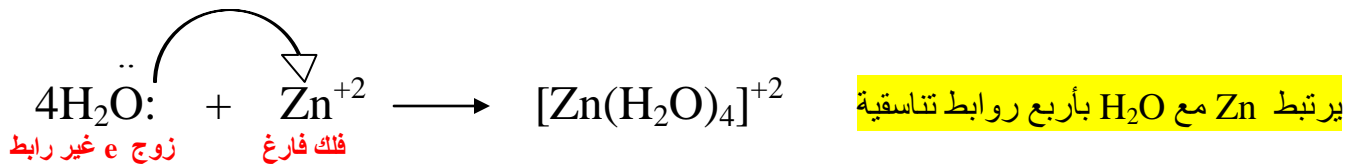
- الحمض هو HCl لأن لديه فلك فارغ فيستقبل زوج الكترولونات غير رابط من الماء H₂O .
- القاعدة هي الماء H₂O لأن لديها زوج الكترولونات غير رابط تمنحها لـ HCl .

سؤال : استخدم تعريف لويس لتوضيح كيف يتفاعل NH₃ مع HNO₃
الحل

❖ من تعريف لويس يتبين أن الأمينات RNH₂ هي مركبات عضوية تسلك كقواعد لأن لديها زوج الكترولونات غير رابط على النيتروجين تستطيع منحها لمادة أخرى مثل CH₃NH₂

❖ استطاع تعريف لويس أن يفسر سلوك العديد من المواد كحمض وقاعدة ومن ذلك :-
تسلك جميع أيونات الفلزات الانتقالية سلوكاً حامضياً لأنها تمتلك أفلاكاً فارغة مثل :
Ag⁺ Cu⁺² Zn⁺² Fe⁺² Sn⁺⁴ Cr⁺³ وغيرها.....

ولذلك تستطيع هذه الأيونات أن ترتبط مع بعض القواعد بروابط تناسقية لتكوين مركبات معقدة كالاتي :

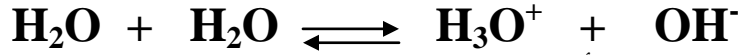


سؤال : حدد حمض وقاعدة لويس وعدد الروابط التناسقية في كل من التفاعلات الآتية

- | | | | | | |
|--------------------|---------------------|--|-------------|---------|-------|
| - Fe ⁺³ | + 6CN ⁻ | ⇌ [Fe(CN) ₆] ⁻³ | عدد الروابط | القاعدة | الحمض |
| - Cu ⁺² | + 6H ₂ O | ⇌ [Cu(H ₂ O) ₆] ⁺² | عدد الروابط | القاعدة | الحمض |
| - Ag ⁺ | + 2NH ₃ | ⇌ [Ag(NH ₃) ₂] ⁺ | عدد الروابط | القاعدة | الحمض |
| - Co ⁺³ | + 6NH ₃ | ⇌ [Co(NH ₃) ₆] ⁺³ | عدد الروابط | القاعدة | الحمض |

التأين الذاتي للماء

من المعلوم أن الماء النقي غير موصل للتيار الكهربائي ولكن مع التجربة وجد أنه موصل ضعيف جداً للتيار وسبب ذلك أن الماء يتأين ذاتياً أي أن جزيئات الماء تتفاعل مع بعضها كحمض وقاعدة حسب المعادلة الآتية :



- ❖ وتسمى هذه المعادلة : معادلة التأين الذاتي للماء
- ❖ تكون كمية $[\text{H}_3\text{O}^+]$ مساوية تماماً لكمية $[\text{OH}^-]$ في الماء النقي .
- ❖ يعتبر هذا التفاعل من تفاعلات الاتزان لذلك يمكن التعبير عنه بثابت الاتزان Kc حيث :

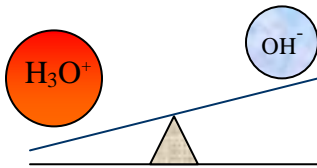
$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = Kc$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = \underbrace{[\text{H}_2\text{O}]^2}_{K_w} \times Kc$$

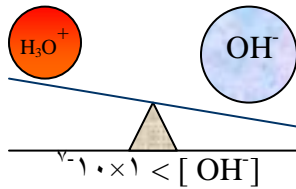
بالتجربة العملية وجد أن $K_w = 1 \times 10^{-14}$ ويسمى هذا الثابت بثابت اتزان الماء ، وبما أن $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ إذاً كل منهما يساوي 1×10^{-7} في الماء النقي .

ولكن ماذا يحدث لقيمة $[\text{OH}^-]$ و $[\text{H}_3\text{O}^+]$ لو أضفنا حمض أو قاعدة في الماء ؟
من المؤكد أن هذه القيم ستتغير كالآتي :-



$$[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7}$$

❖ في المحلول الحمضي : يزداد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ويقل $[\text{OH}^-]$



$$[\text{OH}^-] < 1 \times 10^{-7}$$

❖ في المحلول القاعدي : يزداد $[\text{OH}^-]$ ويقل $[\text{H}_3\text{O}^+]$

سؤال : محلول فيه $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9}$ مول/لتر ، احسب $[\text{OH}^-]$ في المحلول وبين فيما إذا كان المحلول حمضياً أو قاعدياً .

الحل $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} \text{ مول/لتر} \quad \text{ومنه}$$

نلاحظ أن $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-7}$ إذاً المحلول قاعدي

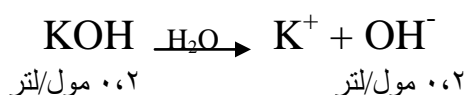
حساب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحاليل المختلفة

القواعد القوية

القاعدة عادة تنتج أيون الهيدروكسيد OH⁻ ولأن القواعد القوية تامة التأيين في الماء فإن :

$$[\text{OH}^-] = [\text{القاعدة القوية}]$$

مثال :



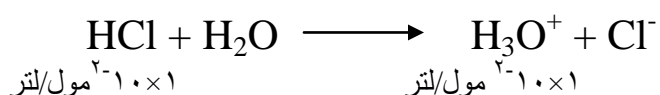
ثم من Kw نحسب [H₃O⁺]

الحموض القوية

الحمض عادة يُنتج أيون الهيدرونيوم H₃O⁺ ولأن الحموض القوية تامة التأيين في الماء فإن :

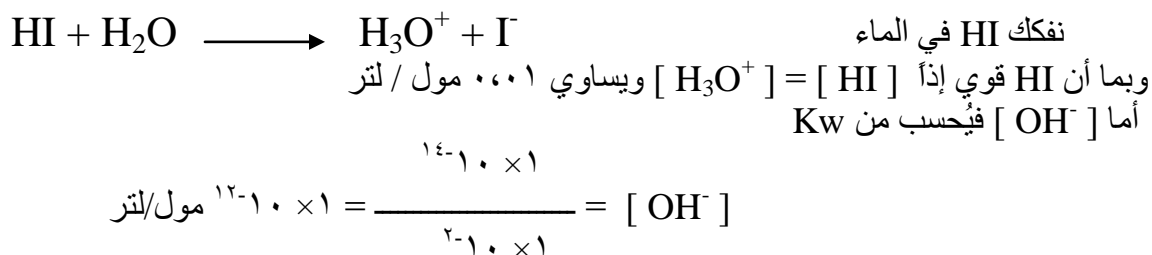
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{الحمض القوي}]$$

مثال :

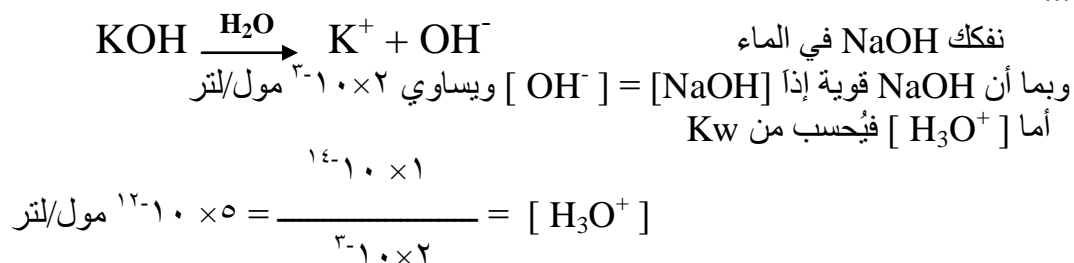


ثم من Kw نحسب [OH⁻]

سؤال : محلول مكون من حمض HI تركيزه 0.01 مول/لتر احسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .
الحل



سؤال : محلول مكون من NaOH تركيزه 2.0 × 10⁻³ مول/لتر ، احسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .
الحل



سؤال : محلول مكوّن من الحمض HClO_4 ، بالتجربة وجد أن تركيز $[\text{OH}^-]$ فيه تساوي 4×10^{-14} مول/لتر ، احسب تركيز الحمض HClO_4 .

الحل

الإجابة ... $[\text{HClO}_4] = 0,25$ مول/لتر

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة KOH ، بالتجربة وجد أن تركيز $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في محلولها يساوي 5×10^{-13} مول/لتر ، احسب تركيز القاعدة KOH .

الحل

الإجابة ... $[\text{KOH}] = 0,2$ مول/لتر

❖ لا بدّ الآن من مراجعة بعض الأساسيات العامّة المتعلقة في الحسابات على المحاليل

تذكّر أن

عدد المولات (ع.م) = الحجم (ح) × التركيز (ت)

(للمحلول السائل)

الكتلة (ك)

عدد المولات (ع.م) = $\frac{\text{الكتلة المولية (ك.م)}}{\text{الكتلة (ك.م)}}$

(للمادة الصلبة)

$$\text{ك} = \frac{\text{ك.م}}{\text{ح} \times \text{ت}}$$

سؤال : تم إذابة ٣,٦٥ غم من حمض HCl في ٢٠٠ مل ماء ، فإذا كانت الكتلة المولية لـ HCl تساوي ٣٦,٥ غم/مول فاحسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .

الحل

$$[\text{HCl}] = \frac{3,65 \text{ غم}}{0,2 \text{ لتر} \times \text{ت}} \quad \text{ومنه} \quad [\text{HCl}] = 0,5 \text{ مول/لتر}$$

$$[\text{HCl}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,5 \text{ مول/لتر}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14} \text{ مول/لتر}}{0,5 \times 10^{-13} \text{ مول/لتر}} = 2 \times 10^{-14} \text{ مول/لتر}$$

سؤال : تم إذابة كمية من القاعدة NaOH في ٥٠٠ مل ماء حتى أصبح [H₃O⁺] فيه يساوي ٥ × ١٠^{-١٣} مول/لتر، فإذا كانت الكتلة المولية لـ NaOH تساوي ٤٠ غم/مول احسب كتلة NaOH التي أذيبت في المحلول .

الحل

الاجابة ... لك NaOH = ٠,٤ غم

الرقم الهيدروجيني (pH)

الرقم الهيدروجيني (pH) : هو اللوغاريتم السالب للأساس ١٠ لتركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ في المحلول .

يعطى رياضياً بالعلاقة :

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

ومنه

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

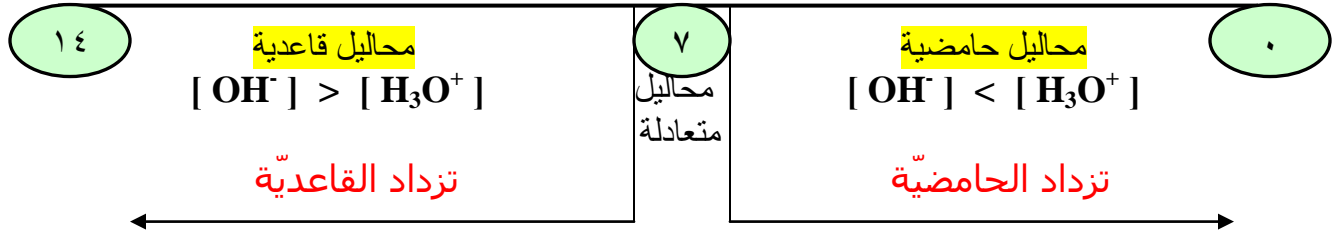
- هو عبارة عن مقياس يستخدم للتعبير عن حامضية المحاليل وذلك بقياس كمية H_3O^+ في المحلول ، وبالتجربة وجد أن قيم pH تتراوح بين (٠ — ١٤)
- وهناك جهاز خاص لقياس هذه النسبة يسمى (pH meter) .

- لا يقتصر هذا القياس على المحاليل الحامضية بل للمحاليل القاعدية أيضاً ومحاليل الأملاح

- تم اصطلاح مفهوم pH لأن التعامل مع الأسس السالبة و اجراء الحسابات عليها فيه صعوبة .

pH

عند الحل على القانون السابق ستكون الإجابة دائماً قيمة بين ٠ — ١٤ ولكن تختلف هذه القيم حسب نوع المحلول ويمكن توضيح ذلك حسب مخطط يسمى **مخطط pH** كالآتي :



سؤال : احسب pH لكل من المحاليل الآتية

١- محلول حمض النيتريك HNO_3 تركيزه ٠,٠٠٠١ مول/لتر
الحل ... حمض HNO_3 قوي لذلك $[HNO_3] = [H_3O^+] = ٠,٠٠٠١$ مول/لتر
 $pH = -\log ٠,٠٠٠١ = ٣$
 $٣ = -\log ٠,٠٠٠١$

تذكر أن :

$$٠ = ١ \text{ لو}$$

$$١ = ١٠ \text{ لو}$$

$$٢ = ١٠٠ \text{ لو}$$

$$٣ = ١٠٠٠ \text{ لو}$$

٢- محلول حمض HI تركيزه ١٠×٢^{-٤} مول/لتر علماً أن $٢ = ٠,٣$
الحل ... $pH = -\log ١٠ \times ٢^{-٤} = ٤ - ٢ = ٢$
 $٢ = ٤ - ٢$
 $٠,٣ = ٤ - ٢$
 $٣,٧ =$

❖ نلاحظ أن قيمة pH قد تكون قيمة صحيحة أو كسرية ، المهم أن تكون بين ٠ — ١٤ .

٣- محلول القاعدة NaOH تركيزه 2×10^{-1} مول/لتر علماً أن $\text{pH} = 0,7$
 الحل القاعدة NaOH قوية لذلك $[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 2 \times 10^{-1}$ مول/لتر
 ولإيجاد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ نستخدم K_w حيث :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-11} \text{ مول/لتر} .$$

$$\text{pH} = -\log 5 \times 10^{-11} = 11 - 0,7 = 10,3$$

سؤال : محلول مكون من حمض HBr قيمة pH له تساوي ٢ ، احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ و $[\text{OH}^-]$ في المحلول .
 الحل

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2} \text{ مول/لتر}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ مول/لتر}$$

سؤال : عينة من عصير البرتقال لها تساوي ٥,٨ احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $\text{pH} = 1,58$.
 الحل ...

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,58} = 2,63 \times 10^{-2} \text{ مول/لتر}$$

سؤال : عينة من عصير الفواكه لها تساوي ٢,٦٤ احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $\text{pH} = 0,36$.
 الحل ...

سؤال : عينة من مضاد الحموضة لها تساوي ١١,٣٩ احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $\text{pH} = 0,61$.
 الحل ...

سؤال : أذيب ١٨،٢٥ غم من حمض HCl في كمية من الماء ، فنتج محلول حمضي قيمة pH له تساوي ٠،٦ احسب حجم المحلول علماً أن الكتلة المولية لـ HCl تساوي ٣٦،٥ غم/مول (لو ٢،٥ = ٠،٤) .
الحل

$$\text{المطلوب : حجم المحلول (ح)} \quad \text{ولذلك} \quad \frac{\text{ك}}{\text{ك.م}} = \frac{\text{ك}}{\text{ح}} \times \text{ت} \quad \text{من pH}$$

$$0,25 \times \text{ح} = \frac{18,25 \text{ غم}}{36,5 \text{ غم/مول}}$$

$$0,25 \times \text{ح} = 0,5 \text{ مول}$$

$$\text{ح} = 2 \text{ لتر}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} - 10 &= [\text{H}_3\text{O}^+] \\ 1 - 1 + 0,6 - 10 &= \\ 1 - 10 \times 2,5 &= \\ 0,25 \text{ مول/لتر} &= \end{aligned}$$

$$\text{أيضاً} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCl}] = 0,25 \text{ مول/لتر}$$

سؤال : أذيبت كمية من القاعدة القوية NaOH في ٢ لتر ماء فنتج محلول قيمة PH له تساوي ١٤ ، فإذا علمت أن :
الكتلة المولية لـ NaOH تساوي ٤٠ غم/مول ، احسب كتلة NaOH المذابة .
الحل

$$\text{الإجابة : ك} = 80 \text{ غم}$$

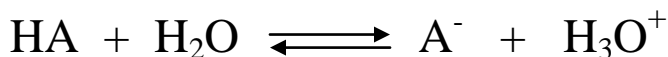
سؤال : أذيبت كمية من القاعدة KOH في (٣) لتر ماء فنتج محلول قيمة PH له تساوي ١٢ ، فإذا علمت أن :
الكتلة المولية لـ KOH تساوي ٥٦ غم/مول ، احسب عدد مولات KOH المذابة .
الحل

$$\text{الإجابة : ع.م} = 0,03 \text{ مول}$$

(١) الحموض الضعيفة ...

ذكرنا سابقاً أن الحموض الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من الحمض كمية قليلة جداً مقارنة بكمية الحمض الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية H_3O^+ الناتجة عن الحمض الضعيف ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة الحمض الضعيف هي HA ويكون تفككه كالاتي :



ويجب معرفة أن : $[HA] \gg [A^-] = [H_3O^+]$.

وعند التعبير عن تفكك الحمض الضعيف باستخدام ثابت الاتزان Kc ينتج :

$$\frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA] \cdot [H_2O]} = Kc$$

وبما أن $[A^-] = [H_3O^+]$

$$\frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]} = [H_2O] \times Kc$$

Ka

وبالضرب التبادلي ينتج

$$\frac{[H_3O^+]}{[HA]} = Ka \quad \text{إذا}$$

وبأخذ الجذر للطرفين ينتج

$$[HA] \times Ka = [H_3O^+]$$

حيث Ka : ثابت اتزان (تأين) الحمض .
[HA] : تركيز الحمض الضعيف .

$$[HA] \times Ka = [H_3O^+]$$

سؤال : احسب $[H_3O^+]$ لمحلول مكوّن من حمض الكبريتيت H_2SO_3 تركيزه 0.06 مول/لتر علماً أن :
Ka تساوي 1.0×10^{-2} .

الحل ...

$$\sqrt{0.06 \times 1.0 \times 10^{-2}} = \sqrt{[HA] \times Ka} = [H_3O^+]$$

$$= \sqrt{0.06 \times 3 \times 10^{-2}} = \sqrt{1.8 \times 10^{-3}}$$

سؤال : احسب pH لمحلول مكوّن من حمض الخل CH_3COOH تركيزه 0.02 مول/لتر علماً أن :
 K_a تساوي 1.8×10^{-5} ، (لو $6 = 0.8$)

الحل ... وجود K_a في السؤال يدل على أن الحمض ضعيف لذلك :

$$\sqrt{[\text{CH}_3\text{COOH}] \times K_a} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$0.02 \times 10^{-5} = \sqrt{0.02 \times 1.8 \times 10^{-5}} = \sqrt{3.6 \times 10^{-7}} = 6 \times 10^{-4} \text{ مول/لتر}$$

$$\text{pH} = -\log 6 \times 10^{-4} = 4 - 0.8 = 3.2$$

سؤال : محلول مكوّن من حمض النيتريت HNO_2 ، تركيز أيونات NO_2^- فيه يساوي 2×10^{-3} مول/لتر ، فإذا كانت
 K_a تساوي 4×10^{-4} ، احسب pH - ١ - ٢ تركيز الحمض HNO_2 .

الحل

ولذلك فإن : $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{NO}_2^-] = 2 \times 10^{-3}$ مول/لتر

١- $\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-3} = 3 - 0.3 = 2.7$

٢- $\sqrt{[\text{HNO}_2] \times K_a} = [\text{H}_3\text{O}^+]$

بتربيع الطرفين ينتج $[\text{HNO}_2] \times 4 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3}$

بالقسمة ينتج أن $[\text{HNO}_2] = \frac{2 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}} = 5 \text{ مول/لتر}$

سؤال : أذيب 16.2 غم من حمض HCN في كمية من الماء ، فنتج محلول قيمة pH له تساوي 5.2 ، فإذا علمت أن :
الكتلة المولية لـ HCN تساوي 27 غم/مول و $K_a = 6 \times 10^{-11}$ (لو $6 = 0.8$) احسب حجم المحلول .

الحل

المطلوب : حجم المحلول (ح) ولذلك $\frac{\text{ك}}{\text{ك.م}} = \text{ح} \times \text{ت}$ ← من pH

$$\text{ح} = \frac{16.2 \text{ غم}}{27 \text{ غم/مول}} = 0.6 \text{ مول/لتر}$$

$$\text{ح} = 0.6 \text{ مول} = 0.6 \text{ مول/لتر}$$

ح = ١٠ لتر

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5.2} = 6.3 \times 10^{-6}$$

$$6 \times 10^{-6} = \sqrt{[\text{HCN}] \times 6 \times 10^{-11}}$$

ولأن الحمض ضعيف فإن :-

$$[\text{HCN}] \times 6 \times 10^{-11} = (6.3 \times 10^{-6})^2$$

$$[\text{HCN}] \times 6 \times 10^{-11} = 4 \times 10^{-11}$$

$$[\text{HCN}] = \frac{4 \times 10^{-11}}{6 \times 10^{-11}} = 0.66 \text{ مول/لتر}$$

$$[\text{HCN}] = 0.6 \text{ مول/لتر}$$

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HX تركيزه ٠,٠١ مول/لتر ، و pH له تساوي ٤ .

- ١- اكتب معادلة تأين الحمض في الماء .
- ٢- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض HX
- ٣- احسب Ka للحمض .

الحل ...

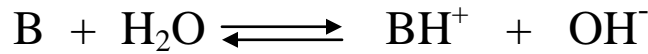
سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول

- (١) HClO₄ تركيزه ١×١^{-٢} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ٢ ؟ ولماذا ؟
- (٢) HClO تركيزه ١×١^{-٢} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ٢ ؟ ولماذا ؟

الحل

ذكرنا سابقاً أن القواعد الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من القاعدة كمية قليلة جداً مقارنة بكمية القاعدة الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية OH^- الناتجة عن القاعدة الضعيفة ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة القاعدة الضعيفة هي (B) ويكون تفككها كالاتي :



ويجب معرفة أن : $[\text{B}] \gg [\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$.

وعند التعبير عن تفكك القاعدة الضعيفة باستخدام ثابت الاتزان Kc ينتج :

$$\frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \text{Kc}$$

وبما أن $[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$

$$\frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \underbrace{[\text{H}_2\text{O}] \times \text{Kc}}_{\text{Kb}}$$

وبالضرب التبادلي ينتج

$$\frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{B}]} = \text{Kb} \quad \text{إذا}$$

وبأخذ الجذر للطرفين ينتج

$$[\text{B}] \times \text{Kb} = [\text{OH}^-]^2$$

حيث Kc ثابت اتزان (تأين) القاعدة الضعيفة .
[B] : تركيز القاعدة الضعيفة .

$$[\text{B}] \times \text{Kb} \sqrt{\quad} = [\text{OH}^-]$$

ثم بعد ذلك نستخدم قانون Kw لإيجاد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ومن ثم إيجاد قيمة pH .

سؤال : احسب $[\text{OH}^-]$ لمحلول مكون من الأمونيا NH_3 تركيزها 0.02 مول/لتر علماً أن :
Kb تساوي 1.8×10^{-5} .

الحل ...

$$\sqrt{0.02 \times 1.8 \times 10^{-5}} = \sqrt{[\text{B}] \times \text{Kb}} = [\text{OH}^-]$$

$$= \sqrt{1.0 \times 36 \times 10^{-8}} = 6 \times 10^{-4} \text{ مول/لتر} .$$

سؤال : احسب pH لمحلول مكوّن من الهيدرازين N_2H_4 تركيزها 0.03 مول/لتر علماً أن :
 Kb تساوي 1.3×10^{-6} ، $لوا = 5.1 = 0.71$ ،

الحل ...

$$[N_2H_4] \times Kb \sqrt{ } = [OH^-]$$

$$0.03 \times 1.3 \times 10^{-6} \sqrt{ } = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \sqrt{3.9 \times 10^{-8}} = 6.24 \times 10^{-5} \text{ مول/لتر}$$

$$[H_3O^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6.24 \times 10^{-5}} = 1.6 \times 10^{-10} \text{ مول/لتر}$$

pH = -log 1.6×10^{-10} = 9.20 = 11 - 1.80 = 9.20 = 0.71 - 1.1 = 0.29 = 10.29

لاحظ أن $pH < 7$ قاعدي

سؤال : محلول مكوّن من البيريدين C_5H_5N ، تركيز أيونات $C_5H_5NH^+$ فيه يساوي 2×10^{-3} مول/لتر ، فإذا كانت
 Kb تساوي 1.7×10^{-9} لو $5 = 0.7$ ، احسب pH للمحلول .

الحل

ولذلك فإن : $[OH^-] = [C_5H_5NH^+] = 2 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر}$

$$[H_3O^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-12} \text{ مول/لتر}$$

pH = -log 5×10^{-12} = 11.3 = 12 - 0.7 = 11.3

سؤال : كم غراماً من الأمونيا NH_3 يلزم إذابتها في 400 مل من الماء لتحضير محلول أمونيا pH له تساوي 11
 علماً أن : الكتلة المولية لـ NH_3 تساوي 17 غم/مول و $Kb = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحل

المطلوب : كتلة الأمونيا (ك) ولذلك $ك = \frac{ت}{ح} \times ح$ من pH

$$[H_3O^+] = 10^{-11} = 10^{-10} \text{ مول/لتر}$$

ثم من Kw ينتج أن $[OH^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر}$

$$[NH_3] \times Kb \sqrt{ } = [OH^-]$$

$$[NH_3] \times 1.8 \times 10^{-5} \sqrt{ } = 1 \times 10^{-3}$$

$$[NH_3] \times 1.8 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-3}$$

$$[NH_3] = 5.6 \times 10^{-2} \text{ مول/لتر}$$

$$ك = \frac{ت}{ح} \times ح = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر}}{0.4 \text{ لتر}} \times 0.4 \text{ لتر} = 0.001 \text{ مول} = 0.017 \text{ غم}$$

ك $NH_3 = 0.038 \text{ غم}$

مقارنة القواعد وقوتها النسبية ...

١- لكل قاعدة ضعيفة قيمة Kb تختلف عن القاعدة الأخرى ومن القانون نلاحظ أن علاقة Kb مع [OH⁻] طردية أي أن :



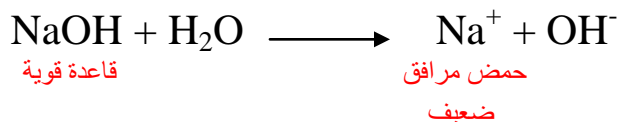
مثال (١) :

Kb	القاعدة
٤-١٠ × ٤,٤	CH ₃ NH ₂
١٠-١٠ × ٣,٨	C ₆ H ₅ NH ₂

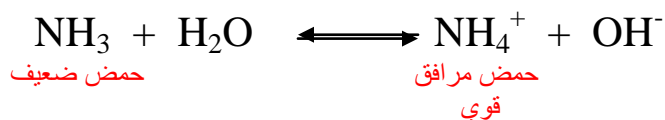
CH₃NH₂ كقاعدة أقوى من C₆H₅NH₂ لأن Kb لها أعلى ولذلك فإن :
CH₃NH₃⁺ كحمض أضعف من C₆H₅NH₃⁺.

٢- في القواعد بشكل عام : كلما كانت القاعدة أقوى فإنه ينتج عنها حمض مرافق أضعف والعكس صحيح .

مثال (٢) :



NaOH كقاعدة أقوى من NH₃
ولذلك فإن Na⁺ كحمض أضعف من NH₄⁺



سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبين عدداً من القواعد الضعيفة المتساوية في التركيز وقيم Kb لها ثم أجب عن الأسئلة

Kb	القاعدة (١،٠ مول/لتر)	الرقم
٤-١٠ × ٥,٦	C ₂ H ₅ NH ₂	١
٦-١٠ × ١,٣	N ₂ H ₄	٢
٩-١٠ × ١,٧	C ₅ H ₅ N	٣

- ١- أي القواعد في الجدول هي الأقوى ؟
- ٢- اكتب صيغة الحمض المرافق الأقوى ؟
- ٣- أي محاليل القواعد فيه [OH⁻] هو الأقل ؟
- ٤- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة رقم ٣ .
- ٥- احسب pH لمحلول القاعدة رقم ١ (لو ١,٣ = ٠,١١)
- ٦- فسّر سلوك القاعدة رقم ٣ حسب مفهوم برونستد-لوري .
- ٧- علل : تسلك المادة N₂H₄ كقاعدة حسب مفهوم لويس .
- ٨- أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة



- ٩- أي المحاليل في الجدول له أقل رقم هيدروجيني pH
- ١٠- حدد الأزواج المترافقة في محلول القاعدة الأقوى .

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة B تركيزها ٠,٠١ مول/لتر ، و pH لها تساوي ١١ .

- ١- اكتب معادلة تأين القاعدة في الماء .
 - ٢- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة B
 - ٣- احسب Kb للقاعدة .
- الحل ...

سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول

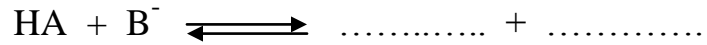
- (١) KOH تركيزه 1×10^{-2} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ١٢ ؟ ولماذا ؟
- (٢) NH_3 تركيزه 1×10^{-2} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ١٢ ؟ ولماذا ؟

الحل

سؤال شامل : ادرس الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المتساوية في التركيز ، تركيز كل منها يساوي (١،٠ مول/لتر) وتركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ لكل منها كما هو موضَّح ، ثم أجب عن الأسئلة ...

الرقم	المحلول (١،٠ مول/لتر)	$[H_3O^+]$
١	الحمض HA	4×10^{-5}
٢	الحمض HB	1×10^{-3}
٣	القاعدة X	1×10^{-11}
٤	القاعدة Y	1×10^{-10}

- (١) حدد الحمض المرافق الأقوى .
- (٢) أيهما أضعف كقاعدة A^- أم B^- ؟
- (٣) أي محاليل القواعد في الجدول فيه $[OH^-]$ أعلى ؟
- (٤) أي محاليل القواعد في الجدول له أقل K_b ؟
- (٥) أي الحمضين HA أم HB له أعلى K_a ؟
- (٦) احسب pH لمحلول القاعدة Y .
- (٧) احسب K_a لمحلول الحمض HA
- (٨) أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة



الحل

سؤال شامل : الجدول المجاور يبين عدداً من المحاليل المائية وتركيز كل منها ، اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن
عن الأسئلة :-

التركيز	المعلومات	المحلول	الرقم
٠,٣	$10^{-1} \times 6,2 = K_a$	HCN	١
٠,٣	$10^{-2} \times 1,1 = [NO_2^-]$	HNO ₂	٢
٠,٢	$10^{-3} \times 1,9 = [NH_4^+]$	NH ₃	٣
٠,٢	$10^{-4} \times 2 = [OH^-]$	RNH ₂	٤

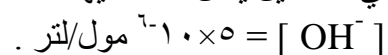
- (١) حدد الحمض المرافق الأقوى
 - (٢) حدد القاعدة المرافقة الأضعف
 - (٣) أي محاليل القواعد في الجدول فيه [H₃O⁺] أعلى ؟
 - (٤) أي محاليل القواعد في الجدول له أعلى Kb ؟
 - (٥) أي الحمضين في الجدول له أعلى Ka ؟
 - (٦) احسب pH لمحلول القاعدة RNH₂. (لو = ٥,٧)
 - (٧) أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة
- HNO₂ + RNH₂ \longleftrightarrow +
- الحل

سؤال: اعتماداً على الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المائية الافتراضية وقيمة pH لكل منها ، اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة :-

المحلول	A	B	C	D	E	F
pH	٤,٥	٨,٧	٠	٧	١٢	١

١- أي المحاليل يعتبر القاعدة الأقوى ؟

٢- أي المحاليل يمثل قاعدة فيها



٣- أي المحاليل يمثل حمض فيه $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3.0 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر} .$ (لو $2 = 3,٠$)

٤- أي المحاليل يمثل حمض HCl تركيزه (١) مول/لتر .

الحل

ملحوظة :

يمكن ترتيب جميع المواد حسب تزايد قيمة pH لها كالاتي (بشرط أن تكون متساوية في التركيز)

حمض قوي > حمض ضعيف > المواد المتعادلة (الماء) > القاعدة الضعيفة > القاعدة القوية

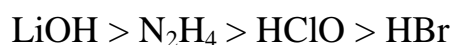
أعلى pH

أقل pH

مثال : رتب المواد الآتية حسب تزايد قيمة pH لها علماً أن تركيز كل منها يساوي ٠,١ مول/لتر



الحل :



قائمة المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	المدلول
الأزواج المترافقة	Conjugate Acid-Base pair	الحمض والقاعدة المتكوّنان نتيجة استقبال البروتونات ومنحها في التفاعل.
التأين الذاتي للماء	Autoionization of Water	سلوك بعض جزيئات الماء كحمض وبعضها كقاعدة في الماء النقي.
رقم هيدروجيني	Hydrogen Number .	اللوغاريتم السالب للأساس ١٠ لتركيز أيون الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول.
حمض برونستد - لوري	Bronsted-Lowry acid	مادة (جزيئات أو أيونات) قادرة على منح البروتون (مانح للبروتون) لمادة أخرى في التفاعل.
حمض لويس	Lewis Acid	مادة تستطيع أن تستقبل زوجاً أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة من مادة أخرى، لاحتوائها على أفلاك فارغة.
حمض مرافق	Conjugate Acid	مادة تنتج عن استقبال القاعدة للبروتون.
حمض أرهينيوس	Arrhenius acid	مادة تُنتج أيون الهيدروجين H^+ عند إذابتها في الماء.
قاعدة أرهينيوس	Arrhenius Base	مادة تنتج أيون الهيدروكسيد OH^- عند إذابتها في الماء.
قاعدة برونستد - لوري	Bronsted-Lowry Base	مادة (جزيئات أو أيونات) قادرة على استقبال البروتون (مستقبل للبروتون).
قاعدة لويس	Lewis Base	مادة تمنح زوجاً أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى.
قاعدة مرافقة	Conjugate Base	مادة تنتج عن منح الحمض للبروتون.