الجامعي في الكيمياء

2015/2016

التوجيهي العلمي / الوحدة الثانية

الحموض والقواعد

إعداد الأستاذ :- محمد خشان

ماجستير كيمياء تطبيقية

0788343798

احجز نسختك الكاملة من (الجامعي في الكيمياء) من كافة المكتبات في المملكة

أسئلة مقترحة شاملة لكل وحدة دراسية مع إجاباتها النموذجية

مفهوم أرهينيوس للحموض والقواعد

❖ مرَّ تعريف الحموض و القواعد بعدة مراحل هامة, وكان أول هذه التعريفات وأبسطها مفهوم أرهينيوس, حيث عرف كل من الحمض والقاعدة كما يلي:-

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

- من الامثلة على المركبات التي تعتبر من حموض ارهينيوس:-

اسم المركب	صيغته الكيميائية
حمض الهيدروكلوريك	HCl
حمض يوديد الهيدروجين	HI
حمض الهيدروبروميك	HBr
حمض الهيدروسيانيك	HCN
حمض النيتريك	HNO_3
حمض البيروكلوريك	$HClO_4$
حمض الايثانويك	CH_3COOH
حمض الكبريتيك	H_2SO_4

- حيث تتأين جميع المركبات السابقة لتعطي أيون الهيدروجين (H^+) عند إذابتها في الماء, ومن أمثلة ذلك:-

$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$HBr_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

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

- من الامثلة على المركبات التي تعتبر من قواعد ارهينيوس:-

اسم المركب	صيغته الكيميائية
هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$
هيدروكسيد الليثيوم	$LiOH$

- حيث تتأين جميع المركبات السابقة لتعطي أيون الهيدروكسيد (OH^-) عند إذابتها في الماء, ومن أمثلة ذلك:-

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

محمد خشان

❖ تمكن ارهينيوس من التمييز بين الحمض القوي والحمض الضعيف من خلال التفاوت في التوصيل الكهربائي لمحاليل الحموض, حيث صنف الحموض بشكل عام الى:-

- **الحموض القوية :-** وهي الحموض التي تتأين تأينا كليا.

- حيث تمتلك محاليل الحموض القوية قدرة عالية على إيصال التيار الكهربائي بسبب تأينها القوي, ومن أمثلة هذه الحموض **(HCl, HI, HBr, HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4)**.

- **الحموض الضعيفة :-** وهي الحموض التي تتأين تأينا جزئيا.

- حيث تمتلك محاليل الحموض الضعيفة قدرة منخفضة على إيصال التيار الكهربائي, ومن أمثلة هذه الحموض **(HF, HCN, CH_3COOH, H_2SO_3)**.

✓ **ملاحظة:-** يستخدم السهم ذو الاتجاه الواحد ($\longrightarrow$) للدلالة على التأين القوي بينما يستخدم سهم الاتزان ($\rightleftharpoons$) للدلالة على التأين الضعيف.

☑ **سؤال:-** اكتب معادل تأين كل من الحمضين الآتيين:- **HF, HNO_3**.

✍ **الإجابة:-**

$$HNO_{3(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

$$HF_{(g)} \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

❖ واجه تعريف ارهينيوس العديد من أوجه القصور أو الضعف, وفي ما يلي **أهم النقاط التي تمثل القصور في تعريف ارهينيوس**:-

١) **اقتصار التعريف على المركبات في محاليلها المائية**, وبذلك فإن **(NH_3 , HCl)** لا يعدان حمضا وقاعدة ما لم يذابا في الماء , ولكنهما

- يتفاعلان كحمض وقاعدة في الأوساط غير المائية لتكوين ملح كلوريد الأمونيوم **(NH_4Cl)**, كما في المعادلة التالية:-

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \xrightarrow{\text{وسط غير مائي}} NH_4Cl_{(g)}$$

- يتفاعلان في الحالة الغازية لتكوين نفس الملح دون أن يتأين غاز **(HCl)** لإنتاج ايون **(H^+)**, أو يتأين غاز الأمونيا **(NH_3)** لإنتاج ايون **(OH^-)**, كما في المعادلة التالية:-

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(g)}$$

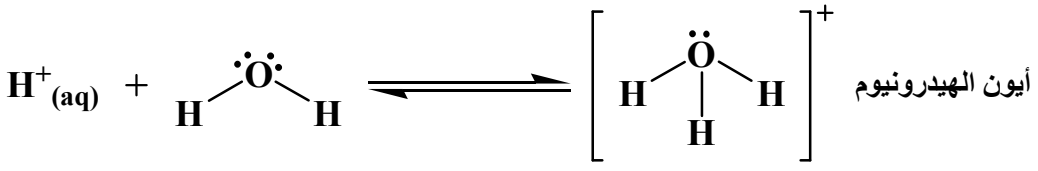
٢) لم يتمكن من تفسير السلوك الحمضي و القاعدي لمحاليل بعض الأملاح مثل :-

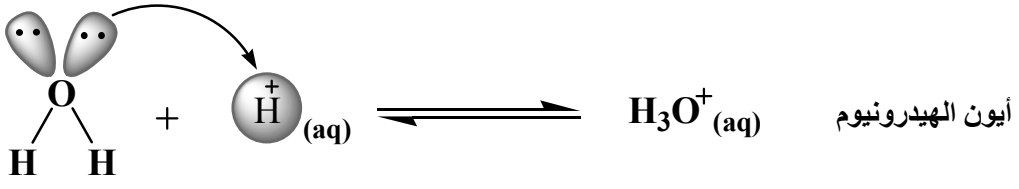
NH_4Cl ,KCN ,NaF ,CH_3COONa.

محمد خشان

مفهوم برونستد ـ لوري للحموض والقواعد

❖ يجب الإشارة أولا إلى أن أيون الهيدروجين (H^+)هو عبارة عن بروتون صغير الحجم, وتكون كثافة الشحنة عليه عالية جدا, وبذلك فهو لا يوجد بصورة حرة في المحاليل المائية, حيث أن الايون (H^+) يمتلك فلكا فارغا, ويمتلك جزيء الماء زوجين إلكترونيين غير رابطين, فيرتبط أيون (H^+) بزوج الكترونات غير رابطة على ذرة الاكسجين في جزيء الماء برابطة مشتركة تناسقية, كما في المعادلة التالية :-





- ومن خلال ما سبق فإن أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) يمثل أيون الهيدروجين (H^+) في المحلول, وبالتالي يمكن كتابة معادلات تأين الحموض السابقة على النحو التالي:-

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$HBr_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

$$HNO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

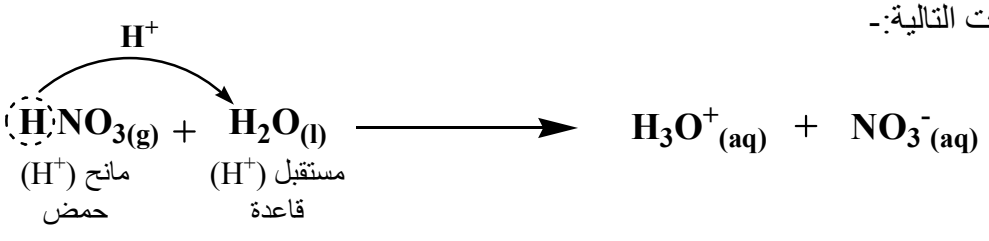
$$HF_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

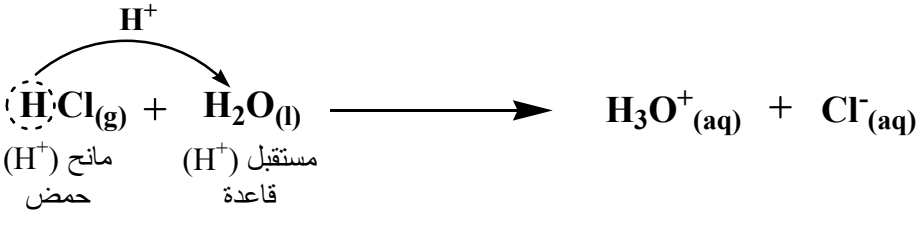
❖ واعتمادا على انتقال البروتون بين المواد في التفاعلات الكيميائية, قام العالمان برونستد ولوري بوضع مفهوم للحموض والقواعد أكثر شمولا من تعريف ارهينيوس, حيث عرفا الحمض والقاعدة كما يلي:-

★ **الحمض:** مادة قادرة على إعطاء البروتون لمادة أخرى في التفاعل **(مانح للبروتون)**.

★ **القاعدة:** مادة قادرة على استقبال البروتون من مادة أخرى في التفاعل **(مستقبل للبروتون)**.

➢ **مثال:** من خلال انتقال البروتون, يمكن تحديد كل من الحموض والقواعد حسب مفهوم برونستد- لوري في كل من المعادلات التالية:-

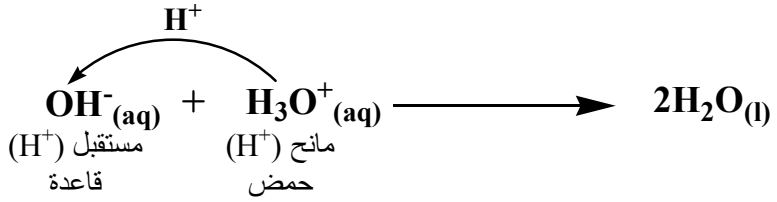




محمد خشان

❖ استطاع مفهوم برونستد – لوري أن يشمل عددا أكبر من المواد وتفاعلاتها الكيميائية, كما انه استطاع تفسير خصائص الحموض والقواعد التي أشار إليها ارهينيوس.

❖ يعتبر أيون الهيدروكسيد (OH^-) قاعدة حسب مفهوم برونستد – لوري, لأنه يمتلك القدرة على استقبال البروتون (H^+) من (H_3O^+), حيث يتفاعلان لإنتاج الماء كما في المعادلة التالية:-



☑ **سؤال:-** عين الحمض والقاعدة وفق مفهوم برونستد – لوري, لكل من التفاعلات الآتية:-

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

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_3^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

الإجابة:-

$$\underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{NH_{3(g)}}} + \underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$\underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{HSO_3^-{}_{(aq)}}} + \underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons SO_3^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$\underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{N_2H_{4(aq)}}} + \underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$\underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{HCOOH_{(aq)}}} + \underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$\underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{H_2PO_4^-{}_{(aq)}}} + \underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons HPO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$\underset{\text{حمض}}{\underset{\text{مانح } (H^+)}{HSO_4^-{}_{(aq)}}} + \underset{\text{قاعدة}}{\underset{\text{مستقبل } (H^+)}{H_2O_{(l)}}} \rightleftharpoons SO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

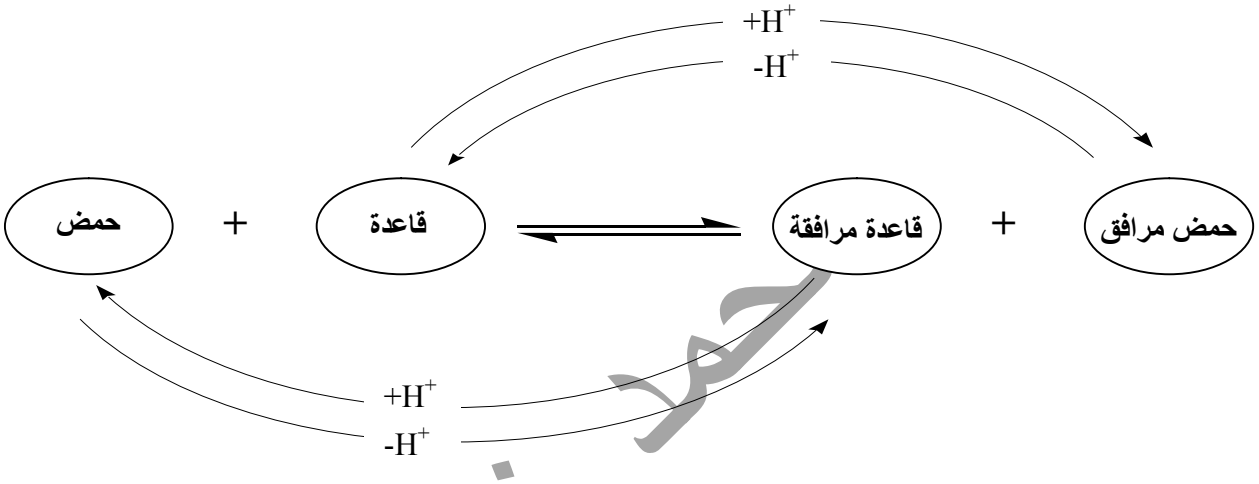
محمد خشان

الأزواج المترافقة من الحموض والقواعد

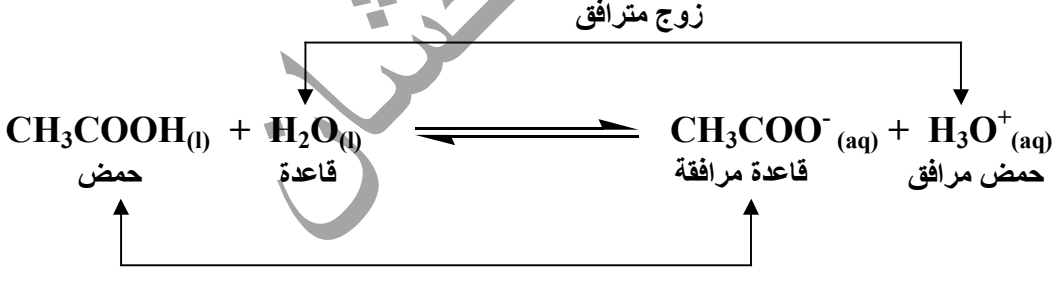
❖ حسب تعريف برونستد- لوري فإن الحمض عندما يمنح بروتوناً فلا بدَّ من وجود مادة قادرة على استقبال ذلك البروتون (**قاعدة)** ويطلق عليها اسم **(القاعدة المرافقة)**, والقاعدة عند استقبالها لبروتون قلا بد من وجود المادة التي تمنحها ذلك البروتون**(حمض)** ويطلق عليه اسم **(الحمض المرافق)**.

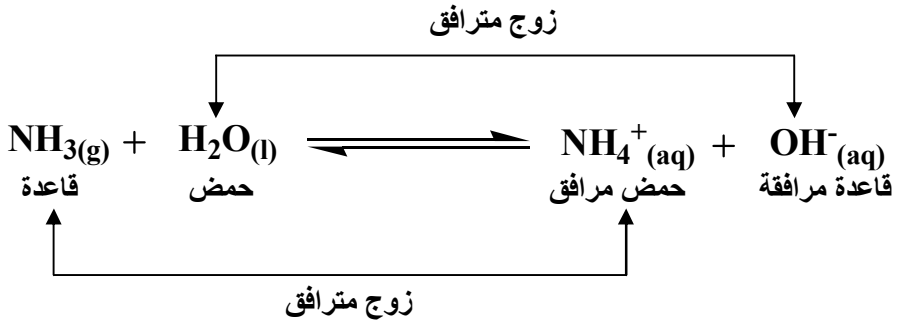
❖ يسمى الحمض والقاعدة المرافقة له زوجا مترافقاً, كما يطلق على القاعدة والحمض المرافق لها زوجاً مترافقاً أيضاً.

❖ من خلال ما سبق فإن تفاعل الحمض والقاعدة يشتمل على زوجين مترافقين, ويمكن تمثيل العلاقة بين الحمض وقاعدته المرافقة, والقاعدة وحمضها المرافق, كما يلي:-



➢ مثال:-





❖ يمكن إيجاد صيغة القاعدة المرافقة للحمض, والحمض المرافق للقاعدة اعتمادا على ما يلي:-

★ **القاعدة المرافقة للحمض = الحمض – (H^+)**
★ **الحمض المرافق للقاعدة = القاعدة + (H^+)**

محمد خشان

☑ **سؤال:-** حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في كل من التفاعلات التالية:-

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$HF_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + F^-{}_{(aq)}$$

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_3^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

الإجابة:-

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

- الحمض (H_2O), وقاعدته المرافقة (OH^-).
- القاعدة (N_2H_4), وحمضها المرافق $(N_2H_5^+)$.

$$H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

- الحمض (H_2SO_3), وقاعدته المرافقة (HSO_3^-).
- القاعدة (H_2O), وحمضها المرافق (H_3O^+).

$$HF_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + F^-{}_{(aq)}$$

- الحمض (HF), وقاعدته المرافقة (F^-).
- القاعدة (HCO_3^-), وحمضها المرافق (H_2CO_3).

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

- الحمض (H_2O), وقاعدته المرافقة (OH^-).
- القاعدة $(C_6H_5NH_2)$, وحمضها المرافق $(C_6H_5NH_3^+)$.

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_3^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

- الحمض (HSO_3^-), وقاعدته المرافقة (SO_3^{-2}).
- القاعدة (H_2O), وحمضها المرافق (H_3O^+).

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{-2}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

- الحمض $(H_2PO_4^-)$, وقاعدته المرافقة (HPO_4^{-2}).
- القاعدة (H_2O), وحمضها المرافق (H_3O^+).

محمد خشان

القوى النسبية للحموض والقواعد

❖ تهدف دراسة القوى النسبية للحموض والقواعد إلى إيجاد علاقة بين قوة الحمض وقاعدته المرافقة, وبين قوة القاعدة وحمضها المرافق.

❖ كما مر معنا خلال مفهوم برونستد – لوري للحموض والقواعد, فإنه يمكن تقسيم الحموض إلى حموض قوية وحموض ضعيفة, وكذلك بالنسبة للقواعد, فإنه يمكن تقسيمها إلى قواعد قوية وقواعد ضعيفة, وسيتم توضيح كل واحدة من الأنواع السابقة على حدا.

١) **الحموض القوية:-** وهي حموض تتأين كليا في الماء, وتكون **قواعدها المرافقة ضعيفة جدا**, وليس لها القدرة على التفاعل مع الماء, أو الارتباط بالبروتون **(H^+)**, حيث أنها لو استقبلت البروتون ستعود إلى وضع الحمض الأصلي والذي يفضل حالة التأين أصلا.

- يبين الجدول التالي أشهر الحموض القوية والصيغة الكيميائية لكل منها.

اسم الحمض	صيغته الكيميائية
حمض الهيدروكلوريك	HCl
حمض يوديد الهيدروجين	HI
حمض الهيدروبروميك	HBr
حمض النيتريك	HNO_3
حمض الكبريتيك	H_2SO_4
حمض البيروكلوريك	$HClO_4$

- يستخدم السهم ذو الاتجاه الواحد (⟶) للدلالة على التأين الكامل لهذه الحموض, كما يلي:-

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$HBr_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

$$HNO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

- في التفاعلات السابقة تعتبر كل من **(NO_3^- ,Br^- ,Cl^-)** قاعدة مرافقة ضعيفة جدا, ولا تمتلك القدرة على استقبال **(H^+)**.

٢) **الحموض الضعيفة:-** هي حموض تتأين جزئيا في الماء, وتكون **قواعدها المرافقة قوية نسبيا**, وتعتمد قوة القاعدة المرافقة على قدرة الحمض على منح البروتون, أي أنه **كلما زادت قوة الحمض نتجت عنه قاعدة مرافقة أضعف**.

- يبين الجدول التالي أشهر الحموض الضعيفة والصيغة الكيميائية لكل منها.

اسم الحمض	صيغته الكيميائية
حمض الهيدروفلوريك	**HF**
حمض الهيدروسيانيك	**HCN**
حمض الايثانويك	**CH_3COOH**
حمض الكبريت **(IV)**	**H_2SO_3**
حمض النيتروجين **(III)**	**HNO_2**
حمض البنزويك	**C_6H_5COOH**
حمض الكاربونيك	**H_2CO_3**

- يستخدم سهم الاتزان ($\rightleftharpoons$) للدلالة على التأين الضعيف لهذه الحموض, كما يلي:-

$$HF_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- في التفاعلات السابقة تعتبر كل من **(F^-, CH_3COO^-, CN^-)** قاعدة مرافقة قوية نسبيا, وتعتمد قوتها بشكل أساسي على قوة الحمض الأصلي.

٣) **القواعد القوية:-** هي قواعد تتأين بشكل كامل في الماء, وهي في الأصل مركبات أيونية تحتوي على أيون الهيدروكسيد **(OH^-)** في تركيبها, وتكون **حموضها المرافقة ضعيفة جدا**.

- يبين الجدول التالي أشهر القواعد القوية والصيغة الكيميائية لكل منها.

اسم المركب	صيغته الكيميائية
هيدروكسيد الصوديوم	**NaOH**
هيدروكسيد البوتاسيوم	**KOH**
هيدروكسيد الكالسيوم	**$Ca(OH)_2$**
هيدروكسيد الباريوم	**$Ba(OH)_2$**
هيدروكسيد الليثيوم	**Li(OH)**

- في ما يلي أمثلة على تأين بعض القواعد القوية في الماء.

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

$$Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} 2OH^-_{(aq)} + Ca^{+2}_{(aq)}$$

- في التفاعلات السابقة يعتبر كل من **(Ca^{+2}, K^+, Na^+)** حمضا مرافقا ضعيفا جدا.

٤) **القواعد الضعيفة:-** هي قواعد تتأين بشكل ضعيف, وتكون حموضها المرافقة قوية نسبيا, وتعتمد قوة الحمض المرافق على قدرة القاعدة على استقبال البروتون, أي أنه **كلما زادت قوة القاعدة نتج عنها حمض مرافق أضعف**.

- يبين الجدول التالي أشهر القواعد الضعيفة والصيغة الكيميائية لكل منها.

اسم القاعدة	صيغته الكيميائية
الأمونيا	NH_3
هيدرازين	N_2H_4
ميثيل أمين	CH_3NH_2
أنيلين	$C_6H_5NH_2$

- في ما يلي أمثلة على تأين بعض القواعد الضعيفة في الماء.

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

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

- في التفاعلات السابقة يعتبر كل من $(NH_4^+, N_2H_5^+, C_6H_5NH_3^+)$ حمضا مرافقا قويا نسبيا, وتعتمد قوته بشكل أساسي على قوة القاعدة الأصلية.

☑ **سؤال:-** إذا علمت أن قوة القواعد الآتية في الماء كما يلي :- $(NO_3^- < HS^- < CN^-)$, فاكتب صيغ الحموض المرافقة ورتبها حسب قوتها في الماء.

✍ **الإجابة:-**

الحمض المرافق = القاعدة + (H^+)

الحموض المرافقة هي : (HNO_3 , H_2S , HCN), على التوالي.

العلاقة عكسية بين قوة القاعدة وحمضها المرافق , وبالتالي يكون ترتيب الحموض المرافقة حسب القوة هو:

$$(HCN < H_2S < HNO_3)$$

☑ **سؤال:-** إذا علمت أن قوة الحموض الآتية في الماء كما يلي:- $(NH_4^+ < H_2S < H_2CO_3 < HF)$, عين الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعلين الآتيين.

$$H_2S_{(aq)} + F^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons HS^-{}_{(aq)} + HF_{(aq)}$$

$$H_2CO_{3(aq)} + NH_{3(aq)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

✍ **الإجابة:-**

١) (HF) أقوى من (H_2S) ⟸ يرجح الاتزان جهة اليسار.(جهة المتفاعلات)

٢) (H_2CO_3) أقوى من (NH_4^+) ⟸ يرجح الاتزان جهة اليمين.(جهة النواتج)

محمد خشان

مفهوم لويس للحموض والقواعد

❖ استطاع لويس وضع تعريفا أكثر شمولا للحموض والقواعد, ويمكن اختصار تعريف لويس لكل منهما كما يلي:-

★ **الحمض:** مادة قادرة على استقبال زوجا أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة **(من خلال الأفلاك الفارغة)**.

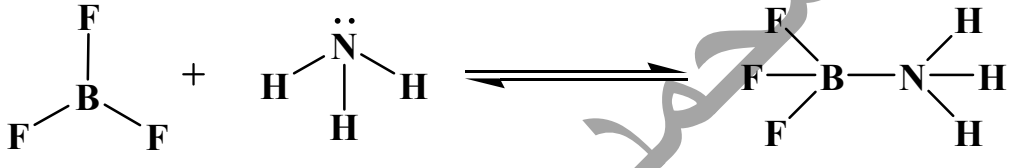
★ **القاعدة:** مادة قادرة على منح زوجا أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى.

❖ تكمن أهمية مفهوم لويس في أنه استطاع تفسير تفاعلات حموض وقواعد لا تشتمل على عملية انتقال البروتون.

❖ من أشهر الأمثلة على تفاعلات الحموض والقواعد, والتي لا تشتمل على انتقال البروتون, تفاعل فلوريد البورون **(BF_3)** و الأمونيا **(NH_3)**, كما يلي:-

$$BF_3 + NH_3 \rightleftharpoons H_3N{-}BF_3$$

رابطة تناسقية



- في مثل هذا التفاعل, لا يمكن تفسير الحمض والقاعدة اعتمادا على تعريف برونستد – لوري, بسبب عدم انتقال البروتون, ولكن وفق مفهوم لويس فإن **(BF_3)** يمتلك فلك **(P)** فارغ يتعامد على سطح الجزيء, ويمتلك جزيء **(NH_3)** زوجا من الإلكترونات غير الرابطة على ذرة النيتروجين, وعند حدوث تفاعل بينهما تمنح ذرة النيتروجين في جزيء **(NH_3)** زوج الإلكترونات وتستقبله ذرة **(B)** في جزيء **(BF_3)**, وبالتالي فإن هذا التفاعل هو تفاعل حمض وقاعدة وفق مفهوم لويس, حيث يعتبر **(BF_3)** حمضا, ويعتبر **(NH_3)** قاعدة.

❖ لقد استطاع تعريف لويس شمول تعريف برونستد – لوري بشكل كامل, ويجب الانتباه إلى أن الترابط الحاصل في التفاعل السابق يحصل أيضا عند تفاعل حموض وقواعد برونستد – لوري, ومن أمثلة ذلك تفاعل الأمونيا **(NH_3)** مع الحمض, فهي تستقبل البروتون وفي نفس الوقت تمنح الحمض زوجا من الالكترونات غير الرابطة, فتنشأ بينهما رابطة تناسقية كما في المعادلة التالية.

$$NH_{3(aq)} + H^+_{(aq)} \rightleftharpoons NH_4{}^+_{(aq)}$$

❖ تعتبر الأيونات الموجبة للفلزات وخاصة الفلزات الانتقالية حموض لويس بسبب احتوائها على أفلاك فارغة قادرة على استقبال أزواج من الإلكترونات من بعض الجزيئات أو الأيونات.

❖ بشكل عام فإن **الأيونات الموجبة** تسلك سلوك **حموض لويس** بسبب احتوائها على أفلاك فارغة, أما **الأيونات السالبة** فتسلك سلوك **قواعد لويس** بسبب احتوائها على أزواج إلكترونية غير رابطة.

❖ أي جزيء يحوي **(B)** أو **(Be)** يعتبر من حموض لويس, ومن أمثلة ذلك :-
(BeF_2 ,BeH_2 ,BH_3 ,BF_3)

محمد خشان

☑ **سؤال:-** عين حمض وقاعدة لويس في التفاعلات الآتية:-

$$BF_{3(g)} + F^-_{(aq)} \rightleftharpoons BF_4^-{}_{(aq)}$$

$$Fe^{+3}_{(aq)} + 6CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{-3}_{(aq)}$$

$$Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+_{(aq)}$$

$$Cu^{+2}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_6]^{+2}_{(aq)}$$

$$CO^{+3}_{(aq)} + 6NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{+3}_{(aq)}$$

$$SnCl_{4(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightleftharpoons [SnCl_6]^{-2}_{(aq)}$$

الإجابة:-

١) $BF_{3(g)} + F^-_{(aq)} \rightleftharpoons BF_4^-{}_{(aq)}$
- الحمض:- (BF_3).
- القاعدة:- (F^-).

٢) $Fe^{+3}_{(aq)} + 6CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{-3}_{(aq)}$
- الحمض:- (Fe^{+3}).
- القاعدة:- (CN^-).

٣) $Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+_{(aq)}$
- الحمض:- (Ag^+).
- القاعدة:- (NH_3).

٤) $Cu^{+2}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_6]^{+2}_{(aq)}$
- الحمض:- (Cu^{+2}).
- القاعدة:- (H_2O).

٥) $CO^{+3}_{(aq)} + 6NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{+3}_{(aq)}$
- الحمض:- (Co^{+3}).
- القاعدة:- (NH_3).

٦) $SnCl_{4(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightleftharpoons [SnCl_6]^{-2}_{(aq)}$
- الحمض:- $(SnCl_4)$.
- القاعدة:- (Cl^-).

محمد خشان

التأين الذاتي للماء

❖ في الأصل أن يكون الماء غير موصل للتيار الكهربائي, ولكن ومن خلال الدراسات تبين أن الماء يوصل التيار الكهربائي بشكل ضعيف, وهذا يعني وجود أيونات موجبة وسالبة مسؤولة عن هذا التوصيل, ومصدر هذه الأيونات هو أن الماء يتأين بشكل تلقائي لتكوين أيونات (H_3O^+ , OH^-), وتكون هذه الايونات في حالة اتزان مع جزيئات الماء غير المتأينة كما في التفاعل التالي:-

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- يعبر عن ثابت اتزان التفاعل السابق كما يلي:-

$$\frac{[H_3O^+]\,[OH^-]}{[H_2O]^2} = K_C$$

- ولكن الماء يتأين بشكل ضعيف جدا, وعليه يمكن اعتبار $[H_2O]$ ثابت, وبالتالي يمكن التعويض عن $(K \times$ **ثابت**$)$ بثابت جديد هو (K_w) والذي يعرف **بثابت تأين الماء**, حيث أن:-

$$K_w = [H_3O^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$ **عند درجة حرارة ٢٥ س°**

- من خلال ما سبق يمكن تعريف التأين الذاتي للماء كما يلي:-

❖ **التأين الذاتي للماء:** سلوك بعض جزيئات الماء كحمض وبعضها كقاعدة في الماء النقي.

❖ يتم تصنيف المحاليل اعتمادا على تراكيز الايونات (H_3O^+ , OH^-) إلى ثلاثة أصناف, كما يلي:-

١) **المحلول المتعادل:** في هذا المحلول يكون $[H_3O^+] = [OH^-]$

$$K_w = [H_3O^+]^2 = [OH^-]^2 \Leftarrow$$

$$[H_3O^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w} = 1 \times 10^{-7}$$ **مول / لتر** $\Leftarrow$

٢) **المحلول الحمضي:** في هذا المحلول يكون $[H_3O^+] > [OH^-]$

$$[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7}$$ **مول / لتر** $\Leftarrow$

$$[OH^-] < 1 \times 10^{-7}$$ **مول / لتر** $\Leftarrow$

٣) **المحلول القاعدي:** في هذا المحلول يكون $[H_3O^+] < [OH^-]$

$$[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7}$$ **مول / لتر** $\Leftarrow$

$$[OH^-] > 1 \times 10^{-7}$$ **مول / لتر** $\Leftarrow$

محمد خشان

❖ تبقى حالة الاتزان موجودة بين (OH^- , H_3O^+) من جهة وجزيئات الماء من جهة أخرى في المحاليل المائية, سواء كانت متعادلة أو حمضية أو قاعدية, أي أن العلاقة ($[H_3O^+] \times [OH^-] = ١ \times ١٠^{-١٤}$) تبقى صحيحة دائما بغض النظر عن طبيعة الوسط.

☑ **سؤال:-** احسب $[H_3O^+]$ في محلول, إذا علمت أن $[OH^-] = ١ \times ١٠^{-٥}$ مول / لتر, وحدد فيما إذا كان الوسط حمضيا أم قاعديا.

✍ **الإجابة:-**

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٥}} = ١ \times ١٠^{-٩} \text{ مول / لتر}$$

⇦ $[H_3O^+] > ١ \times ١٠^{-٧}$ مول / لتر.

⇦ الوسط قاعدي

☑ **سؤال:-** احسب تركيز (H_3O^+, OH^-) في محلول **(HBr)** تركيزه ١×١٠^{-٤} مول / لتر.

✍ **الإجابة:-**

يعتبر الحمض **(HBr)** من الحموض القوية, حيث يتأين كليا في الماء وفق المعادلة التالية:-

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

وبما أن الحمض قوي فإن $[HBr] = [H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٤}$ مول / لتر.

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ١ \times ١٠^{-١٠} \text{ مول / لتر}$$

☑ **سؤال:-** احسب تركيز (H_3O^+, OH^-) في محلول **(NaOH)** تركيزه ١×١٠^{-٣} مول / لتر.

✍ **الإجابة:-**

تعتبر القاعدة **(NaOH)** من القواعد القوية, حيث تتأين كليا في الماء وفق المعادلة التالية:-

$$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

وبما أن القاعدة قوية فإن $[NaOH] = [OH^-] = ١ \times ١٠^{-٣}$ مول / لتر.

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٣}} = ١ \times ١٠^{-١١} \text{ مول / لتر}$$

محمد خشان

الرقم الهيدروجيني (pH)

❖ **الرقم الهيدروجيني:** اللوغاريتم السالب للأساس (١٠) لتركيز أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) في المحلول.

❖ يعبر عن الرقم الهيدروجيني رياضيا بالعلاقة التالية:-

$$pH = - \text{لـو } [H_3O^+]$$

❖ تكمن أهمية الرقم الهيدروجيني في استخدامه للتعبير عن درجة حموضة المحاليل المختلفة.

❖ يأخذ الرقم الهيدروجيني القيم من (**صفر** ⟵ ١٤).

- إذا كان (٠ ≤ pH < ٧) ⟸ **الوسط حمضي**.
- إذا كان (pH = ٧) ⟸ **الوسط متعادل**.
- إذا كان (٧ < pH ≤ ١٤) ⟸ **الوسط قاعدي**.

❖ من خلال ما سبق يمكن استنتاج العلاقات التالية:-

العلاقة عكسية بين $[H_3O^+]$ وقيمة pH

العلاقة عكسية بين حمضية الوسط وقيمة pH

✓ **ملاحظة:-** **لـو ١ = ٠** **لـو ١٠ = ١**

لـو $١٠^{\pm س}$ = ± س لـو ١٠ = ± س **لـو (س× ص) = لـو س + لـو ص**

☑ **سؤال:-** جد قيمة (**pH**) لمحلول فيه $[H_3O^+]$ = ٠,٣ مول / لتر, علما بان (لـو ٣= ٠,٤٨).

✍ **الإجابة:-**

$pH = - \text{لـو } [H_3O^+]$
$= - \text{لـو } (٣ \times ١٠^{-١}) = - (\text{لـو } ٣ + \text{لـو } ١٠^{-١})$
$= - (\text{لـو } ٣) + ١ = ١ - \text{لـو } ٣ = ٠,٥٢$

☑ **سؤال:-** جد قيمة (**pH**) لمحلول فيه $[H_3O^+]$ = ١ مول / لتر.

✍ **الإجابة:-**

$pH = - \text{لـو } [H_3O^+] = - \text{لـو } ١ = ٠$

☑ **سؤال:-** جد قيمة **(pH)** لمحلول **$[OH^-]$** فيه = ١× ١٠$^{-٦}$ مول / لتر.

✍ **الإجابة:-**

pH = - لـو **$[H_3O^+]$**

⇦ **$[H_3O^+]$** = $\frac{\mathbf{K_w}}{\mathbf{[OH^-]}}$ = $\frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٦}}$ = ١ × ١٠$^{-٨}$ مول / لتر.

⇦ **pH** = - لـو (١ × ١٠$^{-٨}$) ⇦ **pH** = - لـو ١ – لـو ١٠$^{-٨}$ = ٨

☑ **سؤال:-** جد قيمة **(pH)** لمحلول فيه **$[OH^-]$** = ٢,٥ × ١٠$^{-٦}$ مول / لتر, علما بان (لـو ٤ = ٠,٦).

✍ **الإجابة:-**

pH = - لـو **$[H_3O^+]$**

⇦ **$[H_3O^+]$** = $\frac{\mathbf{K_w}}{\mathbf{[OH^-]}}$ = $\frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٢,٥ \times ١٠^{-٦}}$ = ٤ × ١٠$^{-٩}$ مول / لتر.

⇦ **pH** = - لـو (٤ × ١٠$^{-٩}$) = - (لـو ٤) + ٩ = ٨,٤

☑ **سؤال:-** احسب **$[H_3O^+]$** في محلول رقمه الهيدروجيني يساوي ٣,٥ **(pH** = ٣,٥), علما بان (١٠ ^{٠,٥} = ٣,٢).

✍ **الإجابة:-**

pH = - لـو **$[H_3O^+]$**

⇦ لـو **$[H_3O^+]$** = - ٣,٥

(نضيف إلى الرقم قيمة توصله إلى عدد صحيح قريب منه ونطرح نفس القيمة)

⇦ لـو **$[H_3O^+]$** = - ٣,٥ – ٠,٥ + ٠,٥ ⇦ لـو **$[H_3O^+]$** = ٠,٥ – ٤

لـو ١٠ ^{٠,٥} ← لـو ١٠$^{-٤}$

⇦ لـو **$[H_3O^+]$** = لـو (١٠ ^{٠,٥}) + لـو (١٠ $^{-٤}$) = لـو (١٠ ^{٠,٥} × ١٠$^{-٤}$)

⇦ لـو **$[H_3O^+]$** = لـو (١٠ ^{٠,٥} × ١٠ $^{-٤}$)

⇦ **$[H_3O^+]$** = ١٠ ^{٠,٥} × ١٠ $^{-٤}$ = ٣,٢ × ١٠$^{-٤}$

محمد خشان

☑ **سؤال:-** احسب $[OH^-]$ في محلول رقمه الهيدروجيني يساوي ٧,٤ **(pH = ٧,٤)**, علما بأن **($١٠^{-٠,٦} = ٤$)**.

الإجابة:-

$٧,٤ = -$ لـو $[H_3O^+]$ ⇦ لـو $[H_3O^+] = -٧,٤$

⇦ لـو $[H_3O^+] = -٧,٤ - ٠,٦ + ٠,٦$

⇦ لـو $[H_3O^+] = ٨ - ٠,٦$ ⇦ $[H_3O^+] = ٤ \times ١٠^{-٨}$ مول / لتر.

⇦ $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٤ \times ١٠^{-٨}} = ٢,٥ \times ١٠^{-٧}$ مول / لتر.

محمد خشان

الحموض الضعيفة

❖ كما مرَّ معنا أن الحموض الضعيفة هي حموض لا تتأين بشكل كامل في الماء, بل يكون تأينها جزئياً, ولقد تم ذكر أشهر الحموض الضعيفة وكيفية تأينها في الماء مثل:-

$$HF_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

❖ بفرض أن **(HA)** حمض ضعيف, فانه يمكن تمثيل تأين هذا الحمض في الماء كما يلي :-

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- يعبر عن ثابت اتزان التفاعل كما يلي:-

$$\frac{[A^-]\,[H_3O^+]}{[HA]\,[H_2O]} = K_C$$

- بما أن الماء يتأين بدرجة ضئيلة جدا, فإنه يمكن اعتبار تركيزه ثابت ويتم دمجه مع الثابت **(K_C)**, ويرمز للثابت الجديد بالرمز **(K_a)**, حيث:-

$$\frac{[A^-]\,[H_3O^+]}{[HA]} = K_a$$

❖ **K_a:** ثابت تأين الحمض الضعيف.

- يعتبر **(K_a)** مقياسا لقوة الحمض, فكلما زادت قيمة **(K_a)** ازدادت قدرة الحمض على تكوين أيون **(H_3O^+)** وبالتالي يزداد **$[H_3O^+]$** وتزداد قوة الحمض.

- من خلال ما سبق فإنه يمكن استنتاج كل من العلاقات التالية:-

العلاقة طردية بين (K_a) وقوة الحمض
العلاقة طردية بين (K_a) وحمضية الوسط
العلاقة عكسية بين (K_a) و (pH)

☑ **سؤال:-** إذا أعطيت ثابت تأين الحمض **(Ka)** للحموض الضعيفة التالية كما يلي :

الحمض	K_a
HA	١×١٠^{-٥}
HB	١×١٠^{-٤}
HC	١×١٠^{-٧}

فما القواعد المرافقة لهذه الحموض وما ترتيبها حسب قوتها في الماء؟

محمد خشان

الإجابة:-

القاعدة المرافقة = الحمض – (H^+)

⇦ القواعد المرافقة هي:- (A^- , B^- , C^-), على التوالي.

⇦ العلاقة عكسية بين قوة الحمض وقاعدته المرافقة.

⇦ ترتيب القواعد المرافقة حسب القوة هو:- ($C^- > A^- > B^-$).

☑ **سؤال:-** ما قيمة **(pH)** لمحلول حمض **(CH_3COOH)** تركيزه (٠,٢ مول / لتر)

علما بأن (K_a = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$, لـو ١,٩ = ٠,٢٨)

الإجابة:-

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

قبل التأين	٠,٢	—	صفر	صفر
بعد التأين	٠,٢ - س	—	س	س

بما أن قيمة (K_a) صغيرة فان قيمة (س) ستكون صغيرة جدا ويتم إهمالها

$$\frac{[CH_3COO^-]\,[H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = K_a$$

⇦ $\frac{س^٢}{٠,٢}$ = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$

⇦ س^٢ = ٣,٦ × ١٠$^{-٦}$ مول /لتر

⇦ س = ١,٩×١٠$^{-٣}$ مول / لتر

✓ $[H_3O^+]$ = س

⇦ pH = - لـو (١,٩×١٠$^{-٣}$) = ٣ – لـو ١,٩ = ٢,٧٢

محمد خشان

☑ **سؤال:-** احسب قيمة الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض البنزويك **(C_6H_5COOH)**, الذي تركيزه **(٠,٠١ مول / لتر)**, علما بأن **(K_a = ٦,٣ × ١٠$^{-٥}$**, لـو ٧,٩٤ = ٠,٩ **)**

الإجابة:-

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

قبل التأين	٠,٠١	—	**صفر**	**صفر**
بعد التأين	**٠,٠١ - س**	—	**س**	**س**

$$\frac{[C_6H_5COO^-]\,[H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} = K_a$$

⇦ $\frac{\text{س}^{٢}}{٠,٠١} = ٦,٣ \times ١٠^{-٥}$

⇦ س^{٢} = ٦,٣ × ١٠$^{-٧}$ مول /لتر

⇦ س = ٧,٩٤ × ١٠$^{-٤}$ مول / لتر

✓ **س = $[H_3O^+]$**

⇦ **pH** = - لـو (٧,٩٤ × ١٠$^{-٤}$) = ٤ – لـو ٧,٩٤ = ٤ – ٠,٩ = ٣,١

☑ **سؤال:-** إذا علمت أن قيمة **(pH)** لمحلول تركيزه (٠,٣٥ مول / لتر) من حمض ضعيف **(HX)** تساوي **٤ (pH = ٤)**, فاحسب ثابت تأين الحمض.

الإجابة:-

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$HX_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons X^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب **$[H_3O^+]$**

⇦ ٤ = - لـو **$[H_3O^+]$** ⇦ **$[H_3O^+]$** = ١ × ١٠$^{-٤}$ مول / لتر

ولكن **$[X^-] = [H_3O^+]$**

⇦ $K_a = \frac{[X^-]\,[H_3O^+]}{[HX]} = \frac{(١ \times ١٠^{-٤})^{٢}}{٠,٣٥} = ٢,٨٦ \times ١٠^{-٨}$

محمد خشان

☑ **سؤال:-** احسب **(K_a)** لحمض الايثانويك, إذا وجد أن **(pH)** لمحلول تركيزه (٠,١ مول / لتر) من الحمض يساوي (٢,٨٨), علما بأن ($١٠^{-٠,١٢} = ١,٣٢$, $١٠^{-٢,٨٨} = ١,٣٢ \times ١٠^{-٣}$)

✍ **الإجابة:-**

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب $[H_3O^+]$

⇦ ٢,٨٨ = - لـو $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٢,٨٨} = ١,٣٢ \times ١٠^{-٣}$ مول / لتر.

ولكن $[CH_3COO^-] = [H_3O^+]$

⇦ $K_a = \frac{[CH_3COO^-]\,[H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{(١,٣٢ \times ١٠^{-٣})^{٢}}{٠,١} = ١,٧٤ \times ١٠^{-٥}$

☑ **سؤال:-** محلول حمض ضعيف **(HA)** تركيزه (٠,٢ مول / لتر), ورقمه الهيدروجيني (٤,٨٥), ما قيمة **(K_a)** له؟ علما بأن ($١٠^{-٠,١٥} = ١,٤$, $١٠^{-٤,٨٥} = ١,٤ \times ١٠^{-٥}$)

✍ **الإجابة:-**

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب $[H_3O^+]$

⇦ ٤,٨٥ = - لـو $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٤,٨٥} = ١,٤ \times ١٠^{-٥}$ مول / لتر

ولكن $[A^-] = [H_3O^+]$

⇦ $K_a = \frac{[A^-]\,[H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(١,٤ \times ١٠^{-٥})^{٢}}{٠,٢} = ٩,٨ \times ١٠^{-١٠}$

محمد خشان

القواعد الضعيفة

❖ كما مرَّ معنا فإن القواعد الضعيفة هي قواعد لا تتأين بشكل كامل في الماء, بل يكون تأينها جزئياً, ولقد تم ذكر أشهر القواعد الضعيفة وكيفية تأينها في الماء مثل:-

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

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

❖ بفرض أن **(B)** قاعدة ضعيفة, فانه يمكن تمثيل تأين هذه القاعدة في الماء كما يلي :-

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + BH^+{}_{(aq)}$$

- يعبر عن ثابت اتزان التفاعل كما يلي:-

$$\frac{[OH^-]\,[BH^+]}{[B]\,[H_2O]} = K_C$$

- بما أن الماء يتأين بدرجة ضئيلة جدا, فإنه يمكن اعتبار تركيزه ثابت ويتم دمجه مع الثابت **(K_C)**, ويرمز للثابت الجديد بالرمز **(K_b)**, حيث:-

$$\frac{[OH^-]\,[BH^+]}{[B]} = K_b$$

❖ **K_b:** ثابت تأين القاعدة الضعيفة.

- يعتبر **(K_b)** مقياسا لقوة القاعدة, فكلما زادت قيمة **(K_b)** ازدادت قدرة القاعدة على استقبال أيون **(H^+)** وبالتالي تزداد قوة القاعدة.
- من خلال ما سبق فإنه يمكن استنتاج كل من العلاقات التالية:-

العلاقة طردية بين (K_b) و قوة القاعدة

العلاقة طردية بين (K_b) و $[OH^-]$

العلاقة عكسية بين (K_b) و $[H_3O^+]$

العلاقة طردية بين (K_b) و (pH)

محمد خشان

☑ **سؤال:-** ما قيمة **(pH)** لمحلول, تركيز الأنيلين **($C_6H_5NH_2$)** فيه يساوي (٠,٥ مول / لتر)
علما بأن (K_b = ٤,٣ × ١٠$^{-١٠}$, لـو ٦,٨ = ٠,٨٣)

الإجابة:-

معادلة تأين القاعدة في الماء هي:-

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قبل التأين	٠,٥	—	صفر	صفر
بعد التأين	٠,٥ - س	—	س	س

بما أن قيمة (K_b) صغيرة فان قيمة (س) ستكون صغيرة جدا ويتم إهمالها

$$\frac{[OH^-]\,[C_6H_5NH_3^+]}{[C_6H_5NH_2]} = K_b$$

⇦ $\frac{س^2}{٠,٥}$ = ٤,٣ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ س^2 = ٢,١٥ × ١٠$^{-١٠}$ مول / لتر

⇦ س = ١,٤٧ × ١٠$^{-٥}$ مول / لتر

✓ $[OH^-]$ = س

⇦ $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١,٤٧ \times ١٠^{-٥}}$ = ٦,٨ × ١٠$^{-١٠}$ مول / لتر

⇦ pH = - لـو (٦,٨ × ١٠$^{-١٠}$) = ١٠ – لـو ٦,٨ = ٩,١٧

☑ **سؤال:-** احسب الرقم الهيدروجيني لمحلول من الأمونيا **(NH_3)** تركيزه (٠,٤ مول / لتر)
علما بأن (K_b = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$, لـو ٣,٧ = ٠,٥٧)

الإجابة:-

معادلة تأين القاعدة في الماء هي:-

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

قبل التأين	٠,٤	—	صفر	صفر
بعد التأين	٠,٤ - س	—	س	س

$$\frac{[OH^-]\,[NH_4^+]}{[NH_3]} = K_b$$

محمد خشان

⇦ $\frac{\text{س}^{2}}{0,4} = 1,8 \times 10^{-5}$

⇦ $\text{س}^{2} = 7,2 \times 10^{-6}$ مول / لتر

⇦ $\text{س} = 2,7 \times 10^{-3}$ مول / لتر

✓ **س = $[OH^-]$**

⇦ $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2,7 \times 10^{-3}} = 3,7 \times 10^{-12}$ مول / لتر

⇦ **pH** = - لـو $(3,7 \times 10^{-12})$ = ١٢ – لـو ٣,٧ = ١١,٤٣

☑ **سؤال:-** محلول قاعدة ضعيفة **(B)** تركيزها (٠,٠١ مول / لتر)، احسب قيمة **(K_b)** لتلك القاعدة إذا كان الرقم الهيدروجيني للمحلول يساوي ٨ **(pH = ٨)**.

الإجابة:-

معادلة تأين القاعدة في الماء هي:-

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + BH^+_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب $[H_3O^+]$

⇦ ٨ = - لـو $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-8}$ مول / لتر.

⇦ $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-6}$ مول / لتر.

ولكن $[HO^-] = [BH^+]$

⇦ $K_b = \frac{[OH^-]\,[BH^+]}{[B]} = \frac{(1 \times 10^{-6})^{2}}{0,01} = 1 \times 10^{-10}$

محمد خشان

☑ **سؤال:-** احسب كتلة الأمونيا اللازم إذابتها في الماء لتحضير محلول حجمه (٤٠٠ مل), ورقمه الهيدروجيني (**pH** = ١٢), علما بأن (**K_b** = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$, الكتلة المولية لـ **(NH_3)** = ١٧ غرام / مول).

الإجابة:-

معادلة تأين القاعدة في الماء هي:-

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

من خلال **(pH)** نحسب **$[H_3O^+]$**

⇦ ١٢ = - لـو **$[H_3O^+]$** ⇦ **$[H_3O^+]$** = ١ × ١٠$^{-١٢}$ مول / لتر.

⇦ $\mathbf{[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]}}$ = $\frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-١٢}}$ = ١ × ١٠ $^{-٢}$مول / لتر.

ولكن **$[HO^-] = [NH_4^+]$**

⇦ $\mathbf{\frac{[OH^-]\,[NH_4^+]}{[B]} = K_b}$

⇦ $١,٨ \times ١٠^{-٥} = \frac{(١ \times ١٠^{-٢})^{٢}}{\text{س}}$

⇦ س = ٥,٥٦ مول / لتر.

✓ **التركيز المولاري** = $\frac{\textbf{عدد مولات المذاب}}{\textbf{حجم المحلول (لتر)}}$

⇦ ٥,٥٦ = $\frac{\text{عدد مولات } (NH_3)}{٠,٤}$ ⇦ عدد مولات **(NH_3)** = ٢,٢٢٤ مول.

✓ **عدد المولات** = $\frac{\textbf{الكتلة (غرام)}}{\textbf{الكتلة المولية (غرام / مول)}}$

⇦ ٢,٢٢٤ = $\frac{\text{كتلة } (NH_3)}{١٧ \text{ غرام / مول}}$

⇦ كتلة **(NH_3)** اللازم اذابتها = ٣٧,٨١ غرام.

محمد خشان

إجابات أسئلة الفصل

١)

١ـ حمض ارهينيوس: مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروجين (H^+) عند إذابتها في الماء.

٢ـ قاعدة برونستد – لوري: مادة قادرة على استقبال البروتون (مستقبل للبروتون) من مادة أخرى.

٣ـ حمض لويس: مادة قادرة على استقبال زوج أو أكثر من الالكترونات.

٤ـ التأين الذاتي للماء: سلوك بعض جزيئات الماء كحمض وبعضها كقاعدة في الماء النقي.

٢)

أـ

حمض برونستد – لوري	القاعدة المرافقة
H_2SO_3	HSO_3^-
H_3O^+	H_2O
NH_4^+	NH_3
HCO_3^-	CO_3^{-2}
HNO_3	NO_3^-

ب-

قاعدة برونستد – لوري	الحمض المرافق
OH^-	H_2O
SO_3^{-2}	HSO_3^-
NH_2^-	NH_3
N_2H_4	$N_2H_5^+$
Cl^-	HCl
BrO^-	HOBr

٣)

أـ

$$NH_4^+{}_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + HCN_{(aq)}$$

- الحمض (NH_4^+), وقاعدته المرافقة (NH_3).
- القاعدة (CN^-), وحمضها المرافق (HCN).

محمد خشان

ب-

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- الحمض **($HCOOH$)**, وقاعدته المرافقة **($HCOO^-$)**.
- القاعدة **(H_2O)**, وحمضها المرافق **(H_3O^+)**.

جـ-

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- الحمض **(H_2O)**, وقاعدته المرافقة **(OH^-)**.
- القاعدة **($C_6H_5NH_2$)**, وحمضها المرافق **($C_6H_5NH_3^+$)**.

٤)

أ-

- **وفق مفهوم ارهينيوس:-** يعمل حمض الايثانويك عند إذابته في الماء على زيادة **$[H^+]$** حيث يتأين كما يلي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- **وفق مفهوم برونستد – لوري:-** يمتلك حمض الايثانويك القدرة على منح أيون الهيدروجين **(H^+)** لمادة أخرى, وفق المعادلة التالية:-

$$\underset{\text{حمض}}{CH_3COOH_{(aq)}} + \underset{\text{قاعدة}}{H_2O_{(l)}} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

مانح (H^+) — مستقبل (H^+)

ب-

- **وفق مفهوم برونستد ـ لوري:-** تمتلك الأمونيا القدرة على استقبال أيون الهيدروجين **(H^+)** من مادة أخرى كما في التفاعل التالي :-

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

- **وفق مفهوم لويس:-** تمتلك الأمونيا القدرة على منح زوج من الالكترونات لمادة أخرى كما في التفاعل التالي:-

$$BF_3 + NH_3 \rightleftharpoons H_3N{-}BF_3$$

محمد خشان

٥)

يعتبر الحمض $(HClO_4)$ من الحموض القوية, حيث يتأين كليا في الماء وفق المعادلة التالية:-

$$HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$$

وبما أن الحمض قوي فإن $[HClO_4] = [H_3O^+] = \frac{\text{عدد مولات } (HClO_4)}{٠,٤}$

⇦ عدد مولات $(HClO_4)$ = ٠,٢٥ مول.

$pH = -$ لـو $[H_3O^+]$

⇦ $pH = -$ لـو (٢٥×١٠^{-٢}) ⇦ $pH = ٢ -$ لـو ٢٥ $= ٢ - ١,٤ = ٠,٦$

٦)

من خلال (pH) نحسب $[H_3O^+]$

⇦ $٢,٦ = -$ لـو $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٢,٦}$ مول / لتر.

⇦ $[H_3O^+] = ٢,٥ \times ١٠^{-٣}$ مول / لتر.

⇦ $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٢,٥ \times ١٠^{-٣}} = ٤ \times ١٠^{-١٢}$ مول / لتر.

٧)

١)

$$BF_{3(g)} + F^-_{(aq)} \rightleftharpoons BF_4^-{}_{(aq)}$$

- الحمض:- (BF_3).
- القاعدة:- (F^-).

٢)

$$Cu^{+2}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{+2}_{(aq)}$$

- الحمض:- (Cu^{+2}).
- القاعدة:- (NH_3).

محمد خشان

(٨

أ-

$$HF_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

قبل التأين	٠,٢	—	صفر	صفر
بعد التأين	٠,٢ - س	—	س	س

$$K_a = \frac{[F^-]\,[H_3O^+]}{[HF]}$$

$$\frac{س^2}{٠,٢} = ١٠ \times ٦,٨^{-٤}$$ ⇦

س^2 = ١,٣٦ × ١٠$^{-٤}$ مول /لتر. ⇦

س = ١,١ × ١٠$^{-٢}$ مول / لتر. ⇦

✓ س = $[H_3O^+]$

pH = - لـو (١,١ × ١٠$^{-٢}$) = ٢ - لـو ١,١ = ٢ - ٠,٠٤ = ١,٩٦ ⇦

ب-

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قبل التأين	٠,٢	—	صفر	صفر
بعد التأين	٠,٢ - س	—	س	س

$$K_b = \frac{[OH^-\,[C_2H_5NH_3^+]}{[C_2H_5NH_2]}$$

$$\frac{س^2}{٠,٢} = ١٠ \times ٦,٤^{-٤}$$ ⇦

س^2 = ١,٢٨ × ١٠$^{-٤}$ مول / لتر. ⇦

س = ١,١ × ١٠$^{-٢}$ مول / لتر. ⇦

✓ س = $[OH^-]$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١٠ \times ١^{-١٤}}{١٠ \times ١,١^{-٢}} = ٩,١ \times ١٠^{-١٣}$$ مول / لتر. ⇦

محمد خشان

⇦ **pH** = - لـو ($٩,١ \times ١٠^{-١٣}$) = ١٣ – لـو ٩,١ = ١٣ – ٠,٩٦ = ١٢,٠٤

٩)

معادلة تأين الحمض هي:-

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب $[H_3O^+]$

⇦ ٤,٢ = - لـو $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٤,٢} = ٦,٣١ \times ١٠^{-٥}$ مول / لتر.

ولكن $[H_3O^+] = [NO_2^-]$

⇦ $K_a = \frac{[NO_2^-]\,[H_3O^+]}{[HNO_2]}$

$$٤,٥ \times ١٠^{-٤} = \frac{(٦,٣١ \times ١٠^{-٥})^{٢}}{[HNO_2]}$$

⇦ $[HNO_2] = ٨,٨٥ \times ١٠^{-٦}$ مول / لتر.

✓ **التركيز المولاري** = $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (لتر)}}$

⇦ $٨,٨٥ \times ١٠^{-٦} = \frac{\text{عدد مولات } (HNO_2)}{٠,٤}$ ⇦ عدد مولات $(HNO_2) = ٣,٥٤ \times ١٠^{-٦}$ مول.

✓ **عدد المولات** = $\frac{\text{الكتلة (غرام)}}{\text{الكتلة المولية (غرام / مول)}}$

⇦ $٣,٥٤ \times ١٠^{-٦} = \frac{\text{كتلة } (HNO_2)}{٤٧ \text{ غرام / مول}}$

⇦ كتلة (HNO_2) اللازم اذابتها = $١,٧ \times ١٠^{-٤}$ غرام.

محمد خشان

(١٠

معادلة تأين القاعدة في الماء هي:-

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + BH^+_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نحسب $[H_3O^+]$

$\Leftarrow$ ٩ = - لـو $[H_3O^+]$ $\Leftarrow$ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٩}$ مول / لتر.

$\Leftarrow$ $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٩}} = ١ \times ١٠^{-٥}$ مول / لتر.

ولكن $[HO^-] = [BH^+]$

$\Leftarrow$ $K_b = \frac{[OH^-]\,[BH^+]}{[B]} = \frac{(١ \times ١٠^{-٥})^{٢}}{٠,٢٣} = ٤,٣٧ \times ١٠^{-١٠}$

من خلال الجدول **(٢-٣)**, فإن القاعدة هي الأنيلين **($C_6H_5NH_2$)**.

(١١

أ- الحمض الذي يمتلك أقل قيمة **(pH)** هو الحمض الأقوى, أي الذي يمتلك أعلى قيمة **(K_a)** وهو الحمض **(HNO_2)**.

ب- العلاقة عكسية بين قوة الحمض وقاعدته المرافقة, أي أن الحمض الذي له أقوى قاعدة مرافقة هو الحمض الأضعف, أي إلي يمتلك أقل قيمة **(K_a)** وهو الحمض **(HCN)**, وصيغة القاعدة المرافقة هي **(CN^-)**.

جـ- العلاقة طردية بين قوة الحمض وتركيز أيونات **(H_3O^+)** ومن خلال قيم **(K_a)** فإن الحمض **(HNO_2)** أقوى من الحمض **(CH_3COOH)**, و بالتالي يكون تركيز أيونات **(H_3O^+)** في محلوله أعلى.

د- ستكون قيمة **(pH)** أكبر من (٣), لأن الحمض **(HClO)** من الحموض الضعيفة والتي لا تتأين بشكل كامل, ويكون $[H_3O^+]$ في محلوله أقل من $[H_3O^+]$ في محلول الحمض القوي الذي له نفس التركيز.

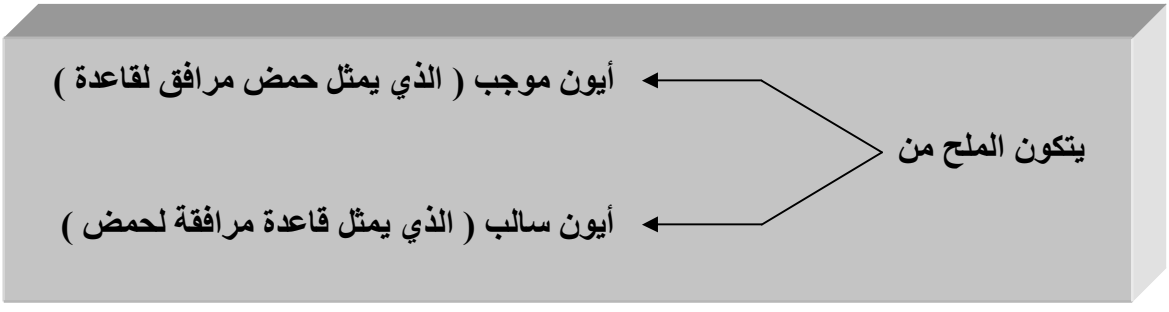
- على فرض أن الحمض **(HClO)** قوي فإن قيمة **(pH)** = - لـو (١×١٠^{-٣}) = ٣
- بما أن الحمض ضعيف والعلاقة عكسية بين قوة الحمض و قيمة **(pH)** فستكون القيمة أكبر من (٣).

محمد خشان

الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح

❖ تجدر الإشارة أولاً إلى أن الملح هو عبارة عن مركب أيوني ينتج عن تعادل حمض وقاعدة, وأن محاليل الأملاح إما أن تكون متعادلة أو حمضية أو قاعدية, ويعتمد ذلك بشكل أساسي على قوة كل من الحمض والقاعدة الداخلين في تكوين هذا الملح.

❖ يمكن توضيح مكونات الملح كما يلي:-



❖ وفي ما يلي بعض الأمثلة على كيفية تكون الملح من خلال تفاعل الحمض والقاعدة:-

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$HCOOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow HCOONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$HCl_{(aq)} + NH_{3(aq)} \longrightarrow NH_4Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

❖ تمتلك بعض أيونات الملح القدرة على التفاعل مع الماء مكونة أيونات **(H_3O^+)** أو **(OH^-)** أو كليهما, وهذا ما يطلق عليه اسم التميّه.

❖ **التميّه:** قدرة أيونات الملح على التفاعل مع الماء لإنتاج **(H_3O^+)** أو **(OH^-)** أو كليهما.

❖ لا تمتلك جميع أيونات الملح القدرة على التفاعل مع الماء (التميّه), ويعتمد ذلك على قوة الحمض و القاعدة الأصليين اللذان نتج عنهما الايون السالب أو الأيون الموجب على التوالي, ويمكن توضيح ذلك كما يلي:-

- الأيون السالب في الملح هو عبارة عن قاعدة مرافقة لحمض, فإذا كان هذا الحمض قوي مثل **(HCl, HBr,....)** فإن قاعدته المرافقة **(الأيون السالب)** تكون ضعيفة جدا ولا تمتلك القدرة على التفاعل مع الماء **(لا تتميه)**.

محمد خشان

- الأيون الموجب في الملح هو عبارة عن حمض مرافق لقاعدة, فإذا كانت هذه القاعدة قوية مثل **(NaOH,.....)** فإن حمضها المرافق **(الأيون الموجب)** يكون ضعيف جدا ولا يمتلك القدرة على التفاعل مع الماء **(لا يتميه)**.

❖ يمكن تلخيص الخصائص الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح كما يلي:-

- **محاليل متعادلة:** وهي محاليل الأملاح المشتقة من **حمض قوي وقاعدة قوية**.
- **محاليل حمضية:** وهي محاليل الأملاح المشتقة من **حمض قوي وقاعدة ضعيفة**.
- **محاليل قاعدية:** وهي محاليل الأملاح المشتقة من **قاعدة قوية وحمض ضعيف**.

☑ **سؤال:-** مستعينا بالمعادلات فسر السلوك الحمضي أو القاعدي أو المتعادل لكل من محاليل الأملاح الآتية:-
$(N_2H_5NO_3$,KCl ,NaF).

✍ **الإجابة:-**

أ- يتأين الملح **(NaF)** في الماء كما يلي:-

$$NaF_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

- **(Na^+)** هو حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(NaOH)** وبالتالي فهو لا يمتلك القدرة على التفاعل مع الماء.
- **(F^-)** هي قاعدة مرافقة لحمض ضعيف هو **(HF)** وبالتالي سوف تتفاعل مع الماء كما يلي:-

$$F^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HF_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

✓ سوف يزداد تركيز **(HO^-)** في المحلول, أي أن سلوك الملح هو سلوك قاعدي.

ب- يتأين الملح **(KCl)** في الماء كما يلي:-

$$KCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

محمد خشان

- (K^+) هو حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(KOH)** وبالتالي فهو لا يمتلك القدرة على التفاعل مع الماء.
- (Cl^-) هي قاعدة مرافقة لحمض قوي هو **(HCl)** وبالتالي فهي لا تمتلك القدرة على التفاعل مع الماء.

✓ لن يتأثر تركيز كل من (H_3O^+) و (OH^-) في المحلول, وبالتالي فإن سلوك الملح هو سلوك متعادل.

جـ- يتأين الملح $(N_2H_5NO_3)$ في الماء كما يلي:-

$$N_2H_5NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} N_2H_5^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

- $(N_2H_5^+)$ حمض مرافق لقاعدة ضعيفة هي (N_2H_4) وبالتالي سوف يتفاعل مع الماء كما يلي:-

$$N_2H_5^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_{4(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

- (NO_3^-) هي قاعدة مرافقة لحمض قوي هو (HNO_3) وبالتالي فهي لا تمتلك القدرة على التفاعل مع الماء.

✓ سوف يزداد تركيز (H_3O^+) في المحلول, أي أن سلوك الملح هو سلوك حمضي.

❖ يجب الانتباه إلا أن هنالك فرق كبير بين **الذوبان والتميّه**.

- في عملية الذوبان لا يحدث تغير في تركيز (H_3O^+) أو (OH^-), وتحدث هذه الحالة عندما يكون الملح مشتق من حمض وقاعدة قويين فلا يمتلك الأيونين القدرة على التفاعل مع الماء.
- في عملية التميّه يتغير تركيز (H_3O^+) و (OH^-), وتحدث هذه الحالة عندما يمتلك أحد الأيونين أو كليهما القدرة على التفاعل مع الماء.

☑ **سؤال:-** أي الأملاح الآتية تتميه عند إذابتها في الماء؟ $(KCN\ ,BaCl_2\ ,CH_3NH_3NO_3)$

الإجابة:-

أ- يتأين الملح $(CH_3NH_3NO_3)$ في الماء كما يلي:-

$$CH_3NH_3NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

سوف يتميه الملح لأن الأيون $(CH_3NH_3^+)$ هو حمض مرافق لقاعدة ضعيفة هي (CH_3NH_2) وبالتالي سوف يتفاعل مع الماء.

ب- يتأين الملح $(BaCl_2)$ في الماء كما يلي:-

$$BaCl_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ba^{+2}{}_{(aq)} + 2Cl^-{}_{(aq)}$$

لن يتميه الملح والسبب هو أن كلا الأيونين لا يمتلكان القدرة على التفاعل مع الماء, حيث أن **(Ba^{+2})** هو حمض مرافق لقاعدة قوية هي **($Ba(OH)_2$)**, أما **(Cl^-)** فهي قاعدة مرافقة لحمض قوي وهو **(HCl)**.

جـ- يتأين الملح **(KCN)** في الماء كما يلي:-

$$KCN_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

سوف يتميه الملح لأن الأيون **(CN^-)** هو قاعدة مرافقة لحمض ضعيف هو **(HCN)** وبالتالي سوف يتفاعل مع الماء.

محمد خشان

تأثير الأيون المشترك

❖ **الأيون المشترك:** أيون ينتج من تأين مادتين مختلفتين **(ملح وحمض)** أو **(ملح وقاعدة)**.

❖ من خلال التعريف نستنتج أن الأيون المشترك هو الأيون الذي يتواجد في المحلول ويعتمد تركيزه على مصدرين إحداهما ملحي, والآخر اما حمضي أو قاعدي .

❖ يؤدي تواجد الأيون المشترك في المحلول إلى حدوث خلل في الاتزان, ولكن ومن المعلوم أن أي نظام متزن يعمل على العودة إلى حالة الاتزان عند حدوث خلل في اتزانه وفقا لمبدأ **لوتشاتلييه**.

❖ يتأين حمض الايثانويك في الماء كما يلي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- اعتمادا على مبدأ لوتشاتلييه فإن زيادة تركيز (H_3O^+) أو (CH_3COO^-) سوف يدفع الاتزان نحو اليسار من أجل تقليل الزيادة في تركيز (CH_3COO^-).

- إن إذابة ملح يحتوي على أيونات (CH_3COO^-) مثل الملح (CH_3COONa) سوف يدفع الاتزان نحو اليسار, وهذا بدوره سوف يؤدي إلى نقص تركيز (H_3O^+) وزيادة تركيز الحمض (CH_3COOH), حيث أن الملح (CH_3COONa) يتأين في الماء كما يلي:-

$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

- من خلال المعادلتين السابقتين نلاحظ أن الأيون (CH_3COO^-) تواجد في المحلول من خلال مصدرين وهما الحمض والملح, لذلك يطلق عليه اسم الأيون المشترك.

❖ في التفاعلين السابقين, وبما أن الحمض (CH_3COOH) يتأين جزئيا في الماء, وأن الملح (CH_3COONa) يتأين كليا, ولأن زيادة تركيز الأيون المشترك تقلل من تأين الحمض يتم اعتبار تركيز الحمض في المحلول مساويا للتركيز الابتدائي ويكون الملح هو المصدر الرئيسي لأيونات (CH_3COO^-), ويكون **تركيز الأيون المشترك مساويا لتركيز الملح**.

❖ على فرض أن لدينا محلول يحتوي حمض ضعيف **(HA)**, وملحه **(NaA)** الناتج عن تفاعل الحمض مع **(NaOH)**, فإنه يمكن حساب تركيز (H_3O^+) بالاعتماد على قيمة (K_a) كما يلي:-

$$\frac{[A^-]\,[H_3O^+]}{[HA]} = K_a$$

$$\Leftarrow \quad \frac{[HA]}{[A^-]}\,K_a = [H_3O^+]$$

ولكن $[A^-] = [\text{الملح}]$, $[HA] = [\text{الحمض}]$

$$\Leftarrow \quad \frac{[\text{الحمض}]}{[\text{الملح}]}\,K_a = [H_3O^+] \qquad\qquad \Leftarrow \quad \frac{[\text{القاعدة}]}{[\text{الملح}]}\,K_b = [OH^-]$$

محمد خشان

☑ **سؤال:-** ما مقدار التغير الذي سيحدث لقيمة **(pH)** لمحلول **(HF)** تركيزه (٠,١ مول / لتر) عندما يذاب فيه كمية معينة من الملح **(NaF)** ليصبح $[F^-]$ يساوي (٠,١ مول / لتر), علما بان (K_a للحمض **(HF)** = ٧,١ × ١٠$^{-٤}$, لـو ٨,٤٣ = ٠,٩٢, لـو ٧,١ = ٠,٨٥)

الإجابة:-

- نقوم بإيجاد قيمة **(pH)** قبل إضافة الملح .

$$HF_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

قبل الاتزان	٠,١	—	صفر	صفر
بعد الاتزان	٠,١ - س ≈ ٠,١	—	س	س

$$K_a = \frac{[F^-]\,[H_3O^+]}{[HF]}$$

$$\frac{س^2}{٠,١} = ٧,١ \times ١٠^{-٤} \Leftarrow$$ س = ٨,٤٣ × ١٠$^{-٣}$ مول / لتر.

✓ $[H_3O^+]$ = س

$$pH = -\text{لـو}\,[H_3O^+] \Leftarrow$$ $$pH = -\text{لـو}\ ٨,٤٣ \times ١٠^{-٣} = ٣ - ٠,٩٢ = ٢,٠٨ \Leftarrow$$

- نقوم بحساب **(pH)** بعد إضافة الملح.

أصبح $[F^-]$ = ٠,١ مول /لتر, ولكن (K_a) تبقى ثابتة بثبوت درجة الحرارة.

$$K_a = \frac{[F^-]\,[H_3O^+]}{[HF]}$$

$$\frac{٠,١ \times [H_3O^+]}{٠,١} = ٧,١ \times ١٠^{-٤} \Leftarrow$$ $[H_3O^+]$ = ٧,١ × ١٠$^{-٤}$ مول / لتر.

$$pH = -\text{لـو}\ ٧,١ \times ١٠^{-٤} \Leftarrow$$ pH = ٤ − ٠,٨٥ = ٣,١٥ ⇐

التغير في قيمة **(pH)** = ٣,١٥ − ٢,٠٨ = ١,٠٧ ⇐

محمد خشان

☑ **سؤال:-** احسب التغير في قيمة **(pH)** لمحلول مكون من (٠,١ مول / لتر) من حمض **(HCN)** عند إضافة (٠,٢ مول) من ملح **(NaCN)** إلى لتر من محلول الحمض علما بأن

(K_a للحمض **(HCN)** = ٤,٩ × ١٠$^{-١٠}$, لـو ٧= ٠,٨٤, لـو ٢,٤٥ = ٠,٣٩)

الإجابة:-

- نقوم بإيجاد قيمة **(pH)** قبل إضافة الملح .

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

قبل الاتزان	٠,١	—	صفر	صفر
بعد الاتزان	٠,١ - س	—	س	س

٠,١

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

⇦ ٤,٩ × ١٠$^{-١٠}$ = $\frac{س^2}{٠,١}$ ⇦ س = ٧ × ١٠$^{-٦}$ مول / لتر.

✓ س = $[H_3O^+]$

⇦ pH = - لـو $[H_3O^+]$ ⇦ pH = - لـو ٧ × ١٠$^{-٦}$ = ٦ – ٠,٨٤ = ٥,١٦

- نقوم بحساب **(pH)** بعد إضافة الملح.

يتاين الملح **(NaCN)** كما يلي:-

$$NaCN_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

ويكون $[CN^-] = [HCN]$ = $\frac{٠,٢}{١}$ = ٠,٢ مول / لتر.

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

✓ يعتبر الملح هو المصدر الوحيد لأيونات **(CN^-)**.

⇦ ٤,٩ × ١٠$^{-١٠}$ = $\frac{٠,٢ \times [H_3O^+]}{٠,١}$ ⇦ $[H_3O^+]$ = ٢,٤٥ × ١٠$^{-١٠}$ مول / لتر.

⇦ pH = - لـو ٢,٤٥ × ١٠$^{-١٠}$ ⇦ pH = ١٠ – ٠,٣٩ = ٩,٦١

⇦ التغير في قيمة **(pH)** = ٩,٦١ – ٥,١٦ = ٤,٤٥

محمد خشان

☑ **سؤال:-** ما قيمة **(pH)** لمحلول **(NH_3)** تركيزه (٠,٢ مول / لتر) عند إضافة (٠,١٥ مول) من **(NH_4Cl)** إلى لتر من محلول القاعدة علما بأن

(K_b للقاعدة (NH_3) = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$, لـو ٤,٢ = ٠,٦٢)

الإجابة:-

- تتأين القاعدة **(NH_3)** في الماء كما يلي:-

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

الاتزان	٠,٢	—	صفر	صفر
بعد الاتزان	٠,٢ - س	—	س	س

٠,٢

$$\frac{[OH^-]\,[NH_4^+]}{[NH_3]} = K_b$$

- يتأين الملح **(NH_4Cl)** في الماء كما يلي:-

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

ويكون $[NH_4^+] = [NH_4Cl]$ = $\frac{٠,١٥}{١}$ = ٠,١٥ مول / لتر.

✓ يعتبر الملح **(NH_4Cl)** هو المصدر الوحيد لأيونات **(NH_4^+)**.

⇦ ١,٨ × ١٠$^{-٥}$ = $\frac{٠,١٥ \times [HO^-]}{٠,٢}$ ⇦ $[HO^-]$ = ٢,٤ × ١٠$^{-٥}$ مول / لتر.

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٢,٤ \times ١٠^{-٥}} = ٤,٢ \times ١٠^{-١٠}$$ مول / لتر.

⇦ pH = - لـو ٤,٢ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ pH = ١٠ – ٠,٦٢ = ٩,٣٨

محمد خشان

☑ **سؤال:-** كم غرام يجب إذابتها من **(NaCN)** إلى (٢ لتر) من حمض **(HCN)** تركيزه (٠,٦ مول / لتر) للحصول على محلول درجة حموضته = ٩ **(pH = ٩)**

علما بان (الكتلة المولية لـ **(NaCN)** = ٤٩ غم / مول , K_a لـ **(HCN)** = ٤ ×١٠$^{-١٠}$)

✍ **الإجابة:-**

معادلتي تأين الحمض والملح على التوالي هما:-

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$NaCN_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

من خلال **(pH)** نوجد $[H_3O^+]$ ⇦ $[H_3O^+]$ = ١ ×١٠$^{-٩}$ مول / لتر.

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

⇦ ٤ ×١٠$^{-١٠}$ = $\frac{[CN^-] \times ١٠^{-٩} \times ١}{٦ \times ١٠^{-١}}$ ⇦ $[CN^-]$ = ٢٤ × ١٠$^{-٢}$ مول / لتر

✓ يعتبر الملح **(NaCN)** هو المصدر الوحيد لأيونات (CN^-).

⇦ $[NaCN] = [CN^-]$ = ٢٤ × ١٠$^{-٢}$ مول / لتر.

✓ **عدد المولات = الحجم × التركيز**

بما أن الحجم = (٢) لتر فإن عدد مولات (CN^-) اللازمة = ٢ × ٠,٢٤ = ٠,٤٨ مول.

✓ كل واحد مول من **(NaCN)** يتفكك ليعطي واحد مول من (CN^-)

⇦ عدد مولات **(NaCN)** = عدد مولات (CN^-).

⇦ عدد مولات **(NaCN)** = ٠,٤٨ مول.

✓ **عدد المولات** = $\frac{\text{الكتلة (غ)}}{\text{الكتلة المولية (غ / مول)}}$

⇦ ٠,٤٨ = $\frac{\text{الكتلة}}{٤٩}$

⇦ الكتلة = ٢٣,٥٢ غرام (الكتلة التي يجب إضافتها من **NaCN**).

محمد خشان

المحاليـل المنظمـة

❖ **المحلول المنظم:** محلول يقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني عند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة إليه.

❖ تلعب المحاليل المنظمة دورا هاما في العديد من العمليات الكيميائية مثل:-

١) عملية الترسيب.

٢) عملية الطلاء.

٣) صناعة الشامبو.

٤) دباغة الجلود.

❖ تلعب المحاليل المنظمة دورا هاما في العمليات الفسيولوجية, ومن أمثلة ذلك أن عملية نقل الدم للأكسجين من الرئتين إلى الخلايا تتم عند رقم هيدروجيني ثابت (حوالي ٧,٤).

❖ هنالك نوعين للمحاليل المنظمة وهما:-

أ) **المحلول المنظم الحمضي:** محلول مائي يحتوي على **حمض ضعيف وقاعدته المرافقة**.

ب) **المحلول المنظم القاعدي:** محلول مائي يحتوي على **قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق**.

✓ يجب الانتباه إلى أن الحمض والقاعدة في المحلول المنظم يكونان ضعيفين نسبيا.

المبدأ الأساسي لعمل المحلول المنظم هو إلغاء أثر إضافة الحمض أو القاعدة إليه, فمثلا عند إضافة حمض إلى المحلول المنظم تعمل القاعدة الموجودة في المحلول المنظم على التقليل من أثره من خلال التفاعل معه, وكذلك فعند إضافة قاعدة إلى المحلول المنظم فإن الحمض الموجود في المحلول المنظم يعمل على تقليل أثر إضافة القاعدة من خلال التفاعل معها, و الأمثلة التالية توضح ذلك:-

في المحلول المنظم المكون من الحمض الضعيف **(CH_3COOH)** وقاعدته المرافقة **(CH_3COO^-)**, يكون الحمض وقاعدته المرافقة في حالة إتزان كما يلي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

- فعند إضافة كمية من الحمض, مثل **(HCl)** فإنه يتفاعل مع القاعدة المرافقة كما يلي:-

$$HCl_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

محمد خشان

وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض في تركيز القاعدة والزيادة في تركيز الحمض ويكون التغير في تركيز (H_3O^+) قليا جدا لأن الحمض والقاعدة المرافقة ضعيفين أصلا.

- عند إضافة كمية من القاعدة مثل **(NaOH)** فإنها تتفاعل مع الحمض كما يلي:-

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وهذا بدوره يؤدي إلى الانخفاض في تركيز الحمض والزيادة في تركيز القاعدة ويكون التغير في تركيز (H_3O^+) قليلا أيضا, أي أن التغير في قيمة **(pH)** يكون تغيرا بسيطا.

❖ في المحلول المنظم المكون من القاعدة الضعيفة (NH_3) وحمضها المرافق (NH_4^+), تكون القاعدة والحمض في حالة اتزان كما يلي:-

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

- عند إضافة الحمض فإنه يتفاعل مع القاعدة (NH_3) مما يؤدي إلى إنتاج (NH_4^+) ولا يتغير تركيز (OH^-) بشكل كبير, لأن التغير في نسبة القاعدة إلى الحمض يكون ضئيل جدا.

- عند إضافة القاعدة فإنها تتفاعل مع الحمض (NH_4^+) مما يؤدي إلى إنتاج (NH_3), ولا يتغير تركيز (OH^-) بشكل كبير. لأن التغير في نسبة القاعدة إلى الحمض يكون ضئيلا جدا.

محمد خشان

☑ **سؤال:-** محلول مكون (٠,١) مول / لتر من **(HCN)** و (٠,٢) مول / لتر **(NaCN)** (أيون مشترك), جد التغير في قيمة **(pH)** للمحلول جراء إضافة (٠,١) مول من **(HCl)** إلى لتر من المحلول. علما بأن (K_a لـ **(HCN)** = ٤ × ١٠$^{-١٠}$, لـو ٢ = ٠,٣, لـو ٨ = ٠,٩).

✍ **الإجابة:-**

- نوجد **(pH)** للمحلول قبل إضافة الحمض إليه .

يتأين الحمض **(HCN)** في الماء كما يلي:-

$$HCN_{aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

✓ $[CN^-] = [NaCN]$ = ٠,٢ مول / لتر.

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

⇦ $\frac{[H_3O^+] \times ٠,٢}{٠,١}$ = ٤ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ $[H_3O^+]$ = ٢ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ **pH** = ١٠ - لـو ٢ = ٩,٧

- نوجد **(pH)** للمحلول الناتج بعد إضافة الحمض.

يتأين الحمض القوي **(HCl)** مع القاعدة الضعيفة **(CN^-)** كما يلي:-

$$HCl_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \longrightarrow HCN_{aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

قبل التفاعل	٠,١	٠,٢	٠,١	—
بعد التفاعل	**صفر**	٠,١	٠,٢	٠,١

✓ من خلال المعادلة السابقة نجد أن كل كمية **(HCl)** التي أضيفت, تفاعلت مع القاعدة المرافقة.

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

⇦ $\frac{[H_3O^+] \times ٠,٢}{٠,١}$ = ٤ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ $[H_3O^+]$ = ٨ × ١٠$^{-١٠}$

⇦ **pH** = ١٠ - لـو ٨ = ٩,١

- التغير في قيمة **(pH)** = ٩,٧ – ٩,١ = ٠,٦

محمد خشان

☑ **سؤال:-** محلول مكون (٠,٤) مول / لتر من **(HCN)** و (٠,١) مول / لتر **(NaCN)**,
جد التغير في قيمة **(pH)** للمحلول جراء إضافة (٠,٣) مول من **(NaOH)** إلى لتر من المحلول.
علما بأن (K_a لـ **(HCN)** = ٤ × ١٠$^{-١٠}$, لـو ١,٦ = ٠,٢).

✍ **الإجابة:-**

- نوجد **(pH)** للمحلول قبل إضافة القاعدة إليه .

يتأين الحمض **(HCN)** في الماء كما يلي:-

$$HCN_{aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

✓ $[CN^-] = [NaCN]$ = ٠,١ مول / لتر. (أيون مشترك)

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

$$\Leftarrow \quad \frac{[H_3O^+] \times ٠,١}{٠,٤} = ٤ \times ١٠^{-١٠}$$

$$\Leftarrow \quad [H_3O^+] = ١,٦ \times ١٠^{-٩}$$

$$\Leftarrow \quad pH = ٩ - \text{لـو } ١,٦ = ٨,٨$$

- نوجد **(pH)** للمحلول الناتج بعد إضافة القاعدة.

تتفاعل كل كمية القاعدة المضافة مع الحمض **(HCN)** كما يلي:-

$$NaOH_{(aq)} + HCN_{aq)} \longrightarrow CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

قبل التفاعل	٠,٣	٠,٤	٠,١	—
بعد التفاعل	صفر	٠,١	٠,٤	—

$$\frac{[CN^-]\,[H_3O^+]}{[HCN]} = K_a$$

$$\Leftarrow \quad \frac{[H_3O^+] \times ٠,٤}{٠,١} = ٤ \times ١٠^{-١٠}$$

$$\Leftarrow \quad [H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-١٠}$$

$$\Leftarrow \quad pH = ١٠$$

- التغير في قيمة **(pH)** = ١٠ – ٨,٨ = ١,٢

محمد خشان

☑ **سؤال:-** يراد تحضير محلول منظم من **(NH_4Cl / NH_3)**, فإذا كان تركيز **(NH_3)** في محلول حجمه (٥٠٠ مل) هو (٠,٢ مول / لتر), جد كتلة **(NH_4Cl)** اللازم إضافتها إلى المحلول للحصول على **(pH = ٨)**, علما بأن **(K_b لـ NH_3) = ١,٨ × ١٠$^{-٥}$**, ك.م لـ **(NH_4Cl) = ٥٤** غم / مول).

✍ **الإجابة:-**

- من خلال **(pH)** نوجد **$[H_3O^+]$** و **$[OH^-]$**.

pH = - لـو $[H_3O^+]$

⇦ **$[H_3O^+]$** = ١ × ١٠$^{-٨}$ مول / لتر.

⇦ **$[OH^-]$** = ١ × ١٠$^{-٦}$ مول / لتر.

من أجل تحظير المحلول المنظم يجب اضافة كتلة معينة (ك) من **(NH_4Cl)** الى محلول **(NH_3)** وتصبح في حالة اتزان معها كما يلي:-

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

قبل الاتزان	٠,٢	—	**س**	**صفر**
بعد الاتزان	**س** - ٠,٢	—	**س** + (١ × ١٠$^{-٦}$ - ٠)	١ × ١٠$^{-٦}$

$$\frac{[OH^-]\,[NH_4^+]}{[NH_3]} = K_b$$

$$\frac{[NH_4^+] \times ١ \times ١٠^{-٦}}{٠,٢} = ١,٨ \times ١٠^{-٥}$$

⇦ **$[NH_4^+]$** = ٣,٦ مول / لتر.

✓ **$[NH_4^+] = [NH_4Cl] = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم}}$**. (أيون مشترك)

⇦ ج.٦ = $\frac{\text{عدد المولات}}{٠,٥}$

⇦ عدد مولات **(NH_4Cl)** = ١,٨ مول.

عدد المولات = $\frac{\text{ك}}{\text{ك.م}}$

⇦ ك = ١,٨ × ٥٤ = ٩٧,٢ غرام.

محمد خشان

إجابات أسئلة الفصل

١)

١- **التميّه:** قدرة أيونات الملح على التفاعل مع الماء لإنتاج **(H_3O^+)** أو **(OH^-)** أو كليهما.

٢- **المحلول المنظم:** محلول يقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني عند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة إليه.

٣- **الأيون المشترك:** أيون ينتج من تأين مادتين مختلفتين **(ملح وحمض)** أو **(ملح وقاعدة)**.

٤- **الكاشف:** حمض أو قاعدة ضعيفة, يتغير لونه تبعا للرقم الهيدروجيني للوسط الذي يوضع فيه.

٥- **نقطة التعادل:** النقطة التي يصبح عندها عدد مولات الحمض مساويا لعدد مولات القاعدة خلال المعايرة.

٦- **المعايرة:** الإضافة التدريجية لمحلول حمض إلى محلول قاعدة أو العكس.

٢)

$$(NH_4)_2CO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2NH_{4(aq)} + CO_3^{-2}{}_{(aq)}$$

$$NaI_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

$$LiSO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Li^+_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$

$$MgCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Mg^{+2}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

$$Al(NO_3)_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} Al^{+3}_{(aq)} \quad 3NO_3^-{}_{(aq)}$$

٣)

- **NaCN**
  Na^+: لا تتميه لانه حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(NaOH)**.
  CN^-: يتميه لانه قاعدة مرافقة لحمض ضعيف هو **(HCN)**.

- **NH_4Cl**
  NH_4^+: يتميه لانه حمض مرافق لقاعدة ضعيفة هي **(NH_3)**.
  Cl^-: لا يتميه لانه قاعدة مرافقة لحمض قوي هو **(HCl)**.

- **LiCl**
  Li^+: لا تتميه لانه حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(LiOH)**.
  Cl^-: لا يتميه لانه قاعدة مرافقة لحمض قوي هو **(HCl)**.

- **CH_3COOK**
  CH_3COO^-: يتميه لانه قاعدة مرافقة لحمض ضعيف هو **(CH_3COOH)**.
  K^+: لا تتميه لانه حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(KOH)**.

- **NaBr**
  Na^+: لا تتميه لانه حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(NaOH)**.
  Br^-: لا يتميه لانه قاعدة مرافقة لحمض قوي هو **(HBr)**.

محمد خشان

٤)

- **NH_4Cl:** ينتج عند تفاعل الحمض **(HCl)** والقاعدة **(NH_3)**.
- **KBr:** ينتج عند تفاعل الحمض **(HBr)** والقاعدة **(KOH)**.
- **CH_3COONa:** ينتج عند تفاعل الحمض **(CH_3COOH)** والقاعدة **($NaOH$)**.
- **$NaNO_3$:** ينتج عند تفاعل الحمض **(HNO_3)** والقاعدة **($NaOH$)**.

٥)

- **Na_2SO_4**
  متعادل: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض قوي **(H_2SO_4)** مع قاعدة قوية **($NaOH$)**.
- **NH_4Br**
  حمضي: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض قوي **(HBr)** مع قاعدة ضعيفة **(NH_3)**.
- **KI**
  متعادل: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض قوي **(HI)** مع قاعدة قوية **(KOH)**.
- **$NaCN$**
  قاعدي: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض ضعيف **(HCN)** مع قاعدة قوية **($NaOH$)**.
- **$LiNO_3$**
  متعادل: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض قوي **(HNO_3)** مع قاعدة قوية **($LiOH$)**.
- **NaF**
  قاعدي: لان الملح ناتج عن تفاعل حمض ضعيف **(H_2SO_4)** مع قاعدة قوية **($NaOH$)**.

٦)

معادلة تفاعل الحمض والقاعدة هي :-

$$LiOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow LiNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أي أن (١) مول من **($LiOH$)** يتفاعل مع (١) مول من **(HNO_3)**.

⇦ عدد مولات **(HNO_3)** = ٠,٠١ × ٠,٣٥ = ٠,٠٠٣٥ مول.

⇦ عدد مولات **($LiOH$)** اللازم اضافتها = عدد مولات مولات **(HNO_3)** = ٠,٠٠٣٥ مول.

⇦ عدد مولات **($LiOH$)** = الحجم × التركيز.

⇦ ٠,٠٠٣٥ = ح × ٠,١ ⇦ ح = ٠,٠٣٥ لتر.

⇦ ح = ٣٥ مللتر

محمد خشان

(٧

معادلة تفاعل الحمض والقاعدة هي:-

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

أي أن (٢) مول من **(NaOH)** يتفاعل مع (١) مول من **(H_2SO_4)**.

عدد مولات **(H_2SO_4)** المضافة = ٠,٠٢٧ × ٠,١ = ٠,٠٠٢٧ مول.

عدد مولات **(NaOH)** = ٢ × ٠,٠٠٢٧ = ٠,٠٠٥٤ مول.

$$[NaOH] = \frac{٠,٠٠٥٤}{٠,٠٣٤} = ٠,١٥٩ \text{ مول / لتر.}$$

(٨

معادلة تأين الحمض في الماء هي:-

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

قبل الاتزان	٠,٠١	—	صفر	صفر
بعد الاتزان	٠,٠١ - س	—	س	س

$$\Leftarrow \frac{[C_6H_5COO^-]\,[H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} = K_a$$

ولكن الايون **($C_6H_5COO^-$)** هو أيون مشترك لأن الملح **(C_6H_5COONa)** يتأين كما يلي:-

$$C_6H_5COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O} C_6H_5COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

$$\Leftarrow \frac{٠,٢ \times [H_3O^+]}{٠,٢} = K_a$$

$$\Leftarrow [H_3O^+] = K_a = ٦,٣ \times ١٠^{-٥}$$

$$pH = \text{-لـو } [H_3O^+]$$

$$pH = ٥ - \text{لـو } (٦,٣)$$

$$pH = \text{لـو } ٦,٣ = ٠,٨$$

$$\Leftarrow pH = ٥ - \text{لـو } ٠,٨ = ٤,٢$$

محمد خشان

٩)

أ) NH_4Cl: حمضي التأثير, فيعمل على خفض قيمة **(pH)**.

ب) $NaNO_3$: متعادل التأثير, فلا يؤثر على قيمة **(pH)**.

جـ) CH_3COONa: قاعدي التأثير, فيعمل على رفع قيمة **(pH)**.

١٠)

- معادلة تأين القاعدة هي:-

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

- من خلال **(pH)** نوجد تركيز $[OH^-]$

$pH = -$ لـو $[H_3O^+]$ $\Leftarrow$ $[H_3O^+] = ١ \times ١٠^{-٩}$ مول / لتر.

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٩}} = ١ \times ١٠^{-٥} \text{ مول / لتر}$$

- يتأين الملح (NH_4Cl) في الماء كما يلي:-

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-]\,[NH_4^+]}{[NH_3]} \Leftarrow ١,٨ \times ١٠^{-٥} = \frac{١ \times ١٠^{-٥} \times [NH_4^+]}{١ \times ١٠^{-٢}}$$

$\Leftarrow$ $[NH_4^+] = ١٨ \times ١٠^{-٣}$ مول / لتر.

$\Leftarrow$ وبما أن (NH_4^+) تواجد في المحلول من مصدرين هما القاعدة (NH_3) والملح (NH_4Cl), فيعتبر أيونا مشتركا.

$\Leftarrow$ $[NH_4^+] = [NH_4Cl]$.

$$[NH_4Cl] = \frac{\text{عدد المولات } (NH_4Cl)}{\text{حجم المحلول (لتر)}}$$

$$\text{عدد المولات } (NH_4Cl) = ١٨ \times ١٠^{-٣} \times ٠,٥ = ٩ \times ١٠^{-٣} \text{ مول.}$$

محمد خشان

(١١

أ)

معادلة تفاعل القاعدة هي:-

$$B + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+ + OH^-_{(aq)}$$

$$\frac{[OH^-]\,[BH^+]}{[B]} = K_b$$

ولكن يتأين الملح **(BHCl)** كما يلي:-

$$BHCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} BH^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$\Leftarrow$ $[BH^+] = [BHCl]$ = ٠,٣ مول / لتر.

$\Leftarrow$ $\frac{٠,٣ \times [OH^-]}{٠,٣} = K_b$

$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ١ \times ١٠^{-١٠}$ مول / لتر.

pH = - لـو $[H_3O^+]$

pH = ١٠

ب)

تتفاعل كل كمية **(HCl)** المضافة مع القاعدة **(B)** كما يلي:-

	B	+	$HCl_{(aq)}$	⟶	$BH^+_{(aq)}$	+	$Cl^-_{(aq)}$	
قبل التفاعل	٠,٣		٠,١		٠,٣		—	
بعد التفاعل	٠,٣ ص		٠,٢		٠,٤		—	

- أصبح المحلول يتكون من **(BH^+ ,B)** في حالة اتزان كما يلي:-

	B	+	$H_2O_{(l)}$	⇌	BH^+	+	$OH^-_{(aq)}$	
قبل الاتزان	٠,٢		—		صفر		صفر	
بعد الاتزان	٠,٢ - س		—		س + ٠,٤		س	

$\Leftarrow$ $\frac{٠,٤ \times [OH^-]}{٠,٢} = K_b$

$\Leftarrow$ $[OH^-] = ٥ \times ١٠^{-٥}$

محمد خشان

$$[H_3O^+] = \frac{١٠ \times ١^{-١٤}}{٥ \times ١٠^{-٥}} = ٢ \times ١٠^{-١٠}$$

$$pH = - \text{لـو } [H_3O^+]$$

$$pH = ١٠ - \text{لو } ٢ = ٩,٧$$

١٢)

معادلة تفاعل الحمض والقاعدة هي:-

$$2HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أي أن كل (٢) مول من **(HCl)** تتفاعل مع (١) مول من القاعدة **$(Ca(OH)_2)$**

⇦ عدد مولات **(HCl)** = ٠,٠١٢ × ٠,٢ = ٢,٤ × ١٠$^{-٣}$ مول.

⇦ عدد مولات **$(Ca(OH)_2)$** = (١/٢) عدد مولات **(HCl)** = ١,٢ × ١٠$^{-٣}$ مول.

$$[Ca(OH)_2] = \frac{١,٢ \times ١٠^{-٣} \text{ مول}}{٢ \times ١٠^{-٢} \text{ لتر}} = ٠,٠٦ \text{ مول / لتر.}$$

محمد خشان

إجابات أسئلة الوحدة

(١

١- د (NF_3)

٢- د (CHOONa)

٣- أ (٢)

٤- أ ($CaCl_2$)

٥- ج (BF_3)

٦- أ ($١٠^{-٤}$)

٧- أ ($NaHCO_3$ / Na_2CO_3)

٨- د (زيادة قيمة pH للمحلول)

٩- أ (٤٠ مل)

١٠- ب (NH_4Cl)

١١- د (pH = صفر)

(٢

معادلة تأين القاعدة هي:-

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

قبل التأين	ت	ـــ	صفر	صفر
بعد التأين	ت - س	ـــ	س	س

$$\frac{[OH^-]\,[N_2H_5^+]}{[N_2H_4]} = K_b$$

- معادلة تأين الملح هي:-

$$N_2H_5Br_{(s)} \xrightarrow{H_2O} N_2H_5^+{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)}$$

$$ت = [N_2H_4] = [N_2H_5Br] = [N_2H_5^+]$$

$$\Leftarrow K_b = \frac{[OH^-] \times ت}{ت}$$

$$\Leftarrow [H_3O^+] = \frac{١٠^{-١٤} \times ١}{١٠^{-٦} \times ١,٣} = ١٠^{-٩} \times ٧,٧$$

محمد خشان

⇦ $pH = - \text{لـو } [H_3O^+]$

⇦ $pH = ٩ - \text{لـو } ٧,٧$

⇦ $pH = ٩ - ٠,٨٨ = ٨,١٢$

٣)

أ)

معادلة تأين الملح هي:-

$$NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

- **Na^+:-** حمض مرافق لقاعدة قوية هي **(NaOH)** فلا يتميه في الماء.
- **HCO_3^-:-** قاعدة مرافقة لحمض ضعيف هو **(H_2CO_3)** فتتميه في الماء كما يلي:-

$$HCO_3^- + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

⇦ تعمل اذابة الملح على زيادة تركيز **(OH^-)**, وبالتالي فإن تأثير الملح قاعدي.

ب)

معادلة تأين الملح هي:-

$$CH_3NH_3Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- **Cl^-:-** قاعدة مرافقة لحمض قوي هو **(HCl)** فلا تتميه في الماء.
- **$CH_3NH_3^+$:-** حمض مرافق لقاعدة ضيعفة هي **(CH_3NH_2)** فيتميه في الماء كما يلي:-

$$CH_3NH_3^+ + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_2 + H_3O^+_{(aq)}$$

٤)

أ) اعلى قيمة **(pH)** تعني اضعف حمض, أي الحمض الذي له اقل قيمة **(K_a)**, وهو الحمض **(HZ)**.

⇦ القاعدة المرافقة للحمض = الحمض – **(H^+)**.

⇦ القاعدة المرافقة هي **(Z^-)**.

محمد خشان

ب)

- معادلة تأين الحمض **(HZ)** هي:-

$$HZ + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+ + Z^-$$

- يتأين الملح **(NaX)** في الماء كما يلي:-

$$NaX \xrightarrow{H_2O} Na^+ + X^-$$

- تتفاعل القاعدة (X^-) مع الحمض **(HZ)** كما يلي:-

$$HZ + X^- \rightleftharpoons HX + Z^-$$

قيمة (K_a) للحمض **(HX)** اكبر من قيمة (K_a) للحمض **(HZ)**, أي أن الحمض **(HX)** أقوى من الحمض **(HZ)**, أي جهة اليسار كما يلي:-

$$HZ + X^- \rightleftharpoons HX + Z^-$$

ج)

١-

- معادلة تأين الحمض **(HY)** هي:-

$$HY + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Y^-$$

قبل التأين	٠,٤	—	صفر	صفر
بعد التأين	س - ٠,٤	—	س	س

$$\Leftarrow \quad \frac{[Y^-]\,[H_3O^+]}{[HY]} = K_a$$

- يتأين الملح **(KY)** في الماء كما يلي:-

$$KY \xrightarrow{H_2O} K^+ + Y^-$$

$[Y^-] = [KY]$ (أيون مشترك)

$$\Leftarrow \quad [Y^-] = \frac{\text{عدد مولات (KY)}}{\text{حجم المحلول (لتر)}} = \frac{٠,٤}{٠,٥} = ٠,٨ \text{ مول / لتر}$$

$$\Leftarrow \quad \frac{٠,٨ \times [H_3O^+]}{٠,٤} = K_a$$

$$\frac{٠,٨ \times [H_3O^+]}{٠,٤} = ٤,٥ \times ١٠^{-٤}$$

$$[H_3O^+] = \frac{٤,٥ \times ١٠^{-٤}}{٢} = ٢,٢٥ \times ١٠^{-٤} \text{ مول / لتر.}$$

محمد خشان

$pH = - \text{لـو} [H_3O^+]$

$\Leftarrow pH = - \text{لـو}(٢,٢٥ \times ١٠^{-٤})$

$pH = ٤ - \text{لـو}٢,٢٥ = ٤ - ٠,٣٥ = ٣,٦٥$

٢- الايون المشترك في المحلول هو (Y^-).

٣- تتفاعل كل كمية (HCl) المضافة مع القاعدة (Y^-) كما يلي:-

	HCl	$+$	Y^-	$\longrightarrow$	HY	$+$	Cl^-
قبل التفاعل	٠,٢		٠,٨		٠,٤		—
بعد التفاعل	صفر		٠,٦		٠,٦		—

$\Leftarrow$ اصبح المحلول يتكون من (٠,٦) مول / لتر من (HY) في حالة اتزان مع (Y^-) كما يلي:-

	HY	$+$	$H_2O_{(l)}$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+_{(aq)}$	$+$	Y^-
قبل التأين	٠,٦		—		صفر		٠,٦
بعد التأين	٠,٦ - س		—		س		٠,٦ + س

$\Leftarrow \quad K_a = \dfrac{[H_3O^+] \times ٠,٦}{٠,٦}$

$[H_3O^+] = K_a = ٤,٥ \times ١٠^{-٤}$

$pH = - \text{لـو} [H_3O^+]$

$\Leftarrow pH = - \text{لـو}(٤,٥ \times ١٠^{-٤})$

$\Leftarrow pH = ٤ - \text{لـو}\ ٤,٥ = ٤ - ٠,٦٥ = ٣,٣٥$

٥)

أ) القاعدة الاقوى هي القاعدة التي لها اعلى قيمة (K_b), وهي القاعدة (CH_3NH_2).

$\Leftarrow$ الحمض المرافقة للقاعدة = القاعدة + (H^+).

$\Leftarrow$ الحمض المرافق هو $(CH_3NH_3^+)$.

محمد خشان

ب) القاعدة التي لها اقل رقم هيدروجيني هي القاعدة الاضعف, أي القاعدة التي لها أقل قيمة **(K_b)**, وهي القاعدة **($C_6H_5NH_2$)**.

⇦ الحمض المرافقة للقاعدة = القاعدة + **(H^+)**.

⇦ الحمض المرافق هو **($C_6H_5NH_3^+$)**.

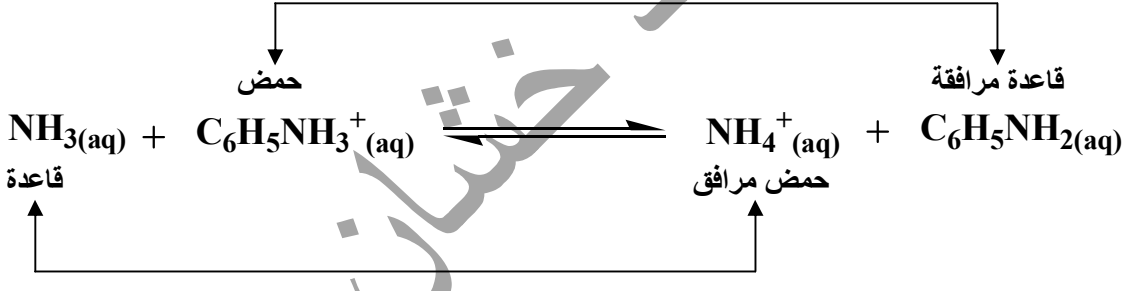
ج)

- الحمض المرافق **($N_2H_5^+$)**, هو حمض مرافق للقاعدة **(N_2H_4)**.
- الحمض المرافق **(NH_4^+)**, هو حمض مرافق للقاعدة **(NH_3)**.

⇦ قيمة **(K_b)** للقاعدة **(NH_3)** اكبر من قيمة **(K_b)** للقاعدة **(N_2H_4)**, أي أن القاعدة **(NH_3)** اقوى من القاعدة **(N_2H_4)**.

⇦ بما أن العلاقة عكسية بين قوة القاعدة وحمضها المرافق, فإن الحمض المرافق **($N_2H_5^+$)** اقوى من الحمض المرافق **(NH_4^+)**.

د)



⇦ بما أن القاعدة **(NH_3)** اقوى من القاعدة **($C_6H_5NH_2$)**, فإن الاتزان سيرجح جهة اليمين.

٦)

- معادلة تأين القاعدة **(B)** هي:-

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HB^+ + OH^-_{(aq)}$$

من خلال قيمة **(pH)** نوجد **$[H_3O^+]$**

$pH = ٩,٦$ ⇦ $[H_3O^+] = ١٠^{-٩,٦} = ٢,٥ \times ١٠^{-١٠}$

⇦ $[OH^-] = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٢,٥ \times ١٠^{-١٠}} = ٤ \times ١٠^{-٥}$ مول / لتر.

⇦ $K_b = \frac{(٤ \times ١٠^{-٥})^٢}{٠,٢} = \frac{١٦ \times ١٠^{-١٠}}{٢ \times ١٠^{-١}} = ٨ \times ١٠^{-٩}$

محمد خشان

٧)

أ) تأثير **($NaHCO_3$)** هو تأثير قاعدي, لأن هذا الملح ناتج عن تفاعل القاعدة القوية **(NaOH)** مع الحمض الضعيف **(H_2CO_3)**, وبالتالي سوف **تزداد قيمة (pH)**.

ب) بما أن الملح **(KBr)** ناتج عن تفاعل الحمض القوي **(HBr)** مع القاعدة القوية **(KOH)**, فهو **لا يؤثر في قيمة (pH)**.

ج) بما أن الملح **(KBr)** ناتج عن تفاعل الحمض القوي **(HBr)** مع القاعدة القوية **(KOH)**, فهو **لا يؤثر في قيمة (pH)**.

٨)

أ)

- عدد مولات **(HCl)** في المحلول = التركيز × الحجم (لتر)

⇦ عدد مولات **(HCl)** في المحلول = ٠,١ × ٠,٠٥ = ٥ × ١٠$^{-٣}$ مول

⇦ عدد مولات **(NaOH)** المضافة = ٠,٠٩ × ٠,٠٥ = ٤٥ × ١٠$^{-٤}$ مول

- يتفاعل الحمض **(HCl)** مع القاعدة **(NaOH)** كما يلي:-

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

سوف تتفاعل كل مولات **(NaOH)** المضافة مع عدد مساوي من مولات **(HCl)**, فيصبح المحلول مكوّن من (٥ × ١٠$^{-٤}$ مول) من **(HCl)** مذابة في (١٠٠ مل).

⇦ **[HCl]** = $\frac{٥ \times ١٠^{-٤}}{٠,١}$ = ٥ × ١٠$^{-٣}$ مول / لتر.

[H_3O^+] = [HCl] (حمض قوي)

pH = - لـو **[H_3O^+]** ⇦ **pH** = - لـو (٥ × ١٠$^{-٣}$)

pH = ٣ ـ لـو ٥ = ٣ ـ ٠,٧ = ٢,٣

ب) عدد مولات **(NaOH)** المضافة = ٠,١ × ٠,٠٥ = ٥ × ١٠$^{-٣}$ مول

بما أن مولات **(NaOH)** المضافة مساوي لعدد مولات **(HCl)** الموجودة في المحلول فسوف ينتج محلول متعادل.

pH = ٧

محمد خشان

ج) عدد مولات **(NaOH)** المضافة = ٠,١١ × ٠,٠٥ = ٥,٥ × ١٠$^{-٣}$ مول

سوف تتفاعل كل كمية **(HCl)** الموجودة في المحلول مع **(NaOH)**, ويصبح المحلول مكوّن من (٥ × ١٠$^{-٤}$) مول من **(NaOH)** مذابة في (١٠٠ مل).

⇦ **[NaOH]** = $\frac{٥ \times ١٠^{-٤}}{٠,١}$ = ٥ × ١٠$^{-٣}$ مول / لتر.

⇦ **[OH^-]** = **[NaOH]** = ٥ × ١٠$^{-٣}$ مول / لتر.

⇦ **[H_3O^+]** = $\frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٥ \times ١٠^{-٣}}$ = ٢ × ١٠$^{-١٢}$ مول / لتر.

⇦ **pH** = - لـو **[H_3O^+]** ⇦ **pH** = - لـو (٢ × ١٠$^{-١٢}$)

⇦ **pH** = ١٢ ـ لـو ٢ = ١٢ ـ ٠,٣ = ١١,٧

محمد خشان