التأين الذاتي للماء

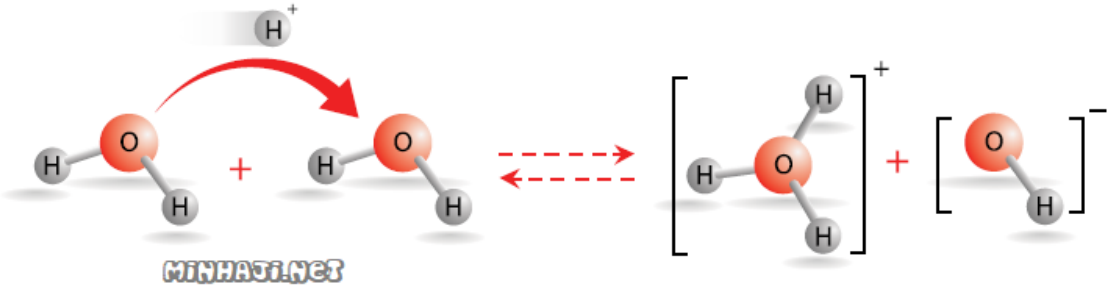
Autoionization of Water

يوصف لماء النقي بأنه غير للتيار الكهربائي، إلا أن القياسات تشير إلى أن الماء النقي موصل بدرجة ضئيلة جداً، وهذا يعود إلى أنه يمكن لجزيء الماء أن يتصرف كحمض ويمنح بروتوناً لجزيء ماء آخر فيتكون أيون H_3O^+ ، ويتصرف جزيء ماء آخر كقاعدة ويستقبل بروتوناً فيتكون أيون OH^- .

وجود أيونات H_3O^+ و OH^- في الماء النقي يجعله موصلاً ضعيفاً للتيار الكهربائي، وهذا السلوك للماء يعرف بالتأين الذاتي للماء.

التأين الذاتي للماء: سلوك بعض جزيئات الماء كحموض وبعضها الآخر كقواعد في الماء نفسه.

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



يعبر عن ثابت الاتزان (K_C) للتأين الذاتي للماء كالتالي:

$$K_c = [H3O+]\,[OH-][H2O]\,[H2O] = [H3O+]\,[OH-][H2O]2$$

ونظراً لأن الماء يتأين بدرجة ضئيلة جداً فإن تركيزه يعد ثابتاً، ويمكن دمجه بثابت الاتزان K_C في ثابت جديد يسمى ثابت تأين الماء K_w .

$$K_w = [H_3O^+]\,[OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

تستخدم العلاقة السابقة لحساب تركيز أيون الهيدرونيوم أو أيون الهيدروكسيد في الماء أو أي محلول آخر حمضي أو قاعدي أو متعادل.

ومن العلاقة السابقة نستنتج أن العلاقة بين تركيز أيون الهيدرونيوم وتركيز أيون

الهيدروكسيد في أي محلول هي علاقة عكسية.

$[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في الماء النقي

إن التأين الذاتي للماء يعطي تراكيز متساوية من أيونات OH^- ، H_3O^+ .

$$K_w = [H_3O^+]^2 = [OH^-]^2 = 1 \times 10^{-14}$$

وبأخذ جذر الطرفين:

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}\ M$$

أثر إضافة حمض أو قاعدة للماء النقي

إضافة حمض إلى الماء يزيد من $[H_3O^+]$ ويقلل من $[OH^-]$ مع بقاء قيمة K_w ثابتة.

$$K_w = [OH^-]\ [H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$$

وفي هذه الحالة يكون المحلول حمضياً لأن $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7}M$

وكلما زاد $[H_3O^+]$ زادت حمضية المحلول الحمضي.

إضافة قاعدة إلى الماء يزيد من $[OH^-]$ ويقلل من $[H_3O^+]$ مع بقاء قيمة K_w ثابتة.

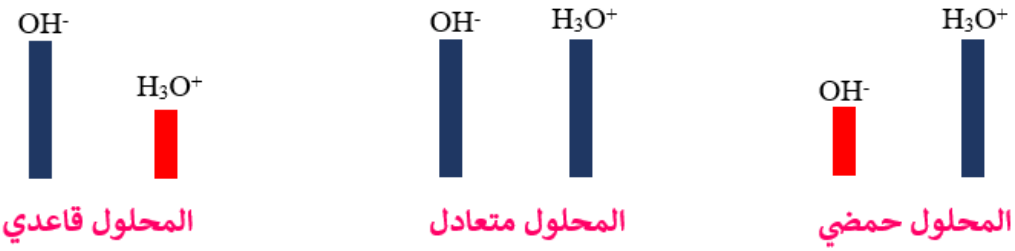
$$K_w = [OH^-]\ [H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$$

وفي هذه الحالة يكون المحلول قاعدياً لأن $[OH^-] > 1 \times 10^{-7}M$

وكلما زاد $[OH^-]$ زادت قاعدية المحلول القاعدي.

تصنيف المحاليل تبعاً لتركيز أيونات H_3O^+ و OH^-

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$
المتعادل	1×10^{-7}	1×10^{-7}
الحِمضي	أكبر من 1×10^{-7}	أقلُّ من 1×10^{-7}
القاعدي	أقلُّ من 1×10^{-7}	أكبر من 1×10^{-7}



مثال (1):

أحسب تركيز H_3O^+ في محلول يحتوي على أيونات OH^- تركيزها $1 \times 10^{-3}\ M$ ، وأبيّن ما إذا كان المحلول حمضياً أم قاعدياً أم متعادلاً.

علماً أن ($K_w = 1 \times 10^{-14}$)

الحل:

$$[OH^-]\,[H_3O^+] = 1 \times 10^{-14} = K_w$$

$$[H_3O^+] = Kw[OH\text{-}] = 1 \times 10\text{-}14 1 \times 10\text{-}3 = 1 \times 10^{-11}\ M$$

المحلول قاعدي؛ لأن $[H_3O^+] > [OH^-]$ ، أو لأن $[OH^-]$ أكبر من $1 \times 10^{-7}\ M$

مثال (2):

أحسب $[OH^-]$ في محلول يبلغ $[H_3O^+]$ فيه $1 \times 10^{-6}\ M$ ، وأبيّن ما إذا كان المحلول حمضياً أم قاعدياً أم متعادلاً. علماً أن ($K_w = 1 \times 10^{-14}$)

الحل:

$$[OH^-]\ [H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}\ K_w =$$

$$[OH^-] = Kw[H3O+] = \ 1 \times 10\text{-}14 1 \times 10\text{-}6 = 1 \times 10^{-8}\ M$$

المحلول حمضي؛ لأن $[OH^-] < [H_3O^+]$ ، أو لأن $[H_3O^+]$ أعلى من $1 \times 10^{-7}\ M$

سؤال (1):

يبين الجدول الآتي تراكيز H_3O^+ و OH^- لثلاثة محاليل. أكمل الفراغات في الجدول بما يناسبها:

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	تصنيف المحلول
المحلول الأول	$1\times10^{-2}\ M$		
المحلول الثاني		$1\times10^{-7}\ M$	
المحلول الثالث		$1\times10^{-4}\ M$	

سؤال (2):

أكمل الفراغات في الجدول التالي وأصنف المحاليل إلى حمضية أم قاعدية أم متعادلة: ($K_w = 1 \times 10^{-14}$)

المحلول	$[H_3O^+]$ (M)	$[OH^-]$ (M)	طبيعة المحلول
1	1×10^{-3}		
2		2×10^{-5}	
3		5×10^{-7}	
4			متعادل

سؤال (3):

يبين الجدول أدناه تركيز H_3O^+ و تركيز OH^- في محاليل حموض وقواعد افتراضية متساوية التركيز.

محلول الحمض/القاعدة	التركيز (M)
HA	$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$
HB	$[H_3O^+] = 2 \times 10^{-5}$
HC	$[OH^-] = 5 \times 10^{-9}$
D	$[OH^-] = 5 \times 10^{-4}$
E	$[OH^-] = 2 \times 10^{-6}$

1- أي المحاليل يعتبر محلولاً لحمض؟
2- أي المحاليل يعتبر محلولاً لقاعدة؟
3- أحدد صيغة المحلول الأكثر حمضية.
4- أحدد صيغة المحلول الأكثر قاعدية.

سؤال (4):

أحسب نسبة تركيز H_3O^+ إلى تركيز OH^- في محلول يبلغ $[H_3O^+]$ فيه $= 2 \times 10^{-8}\ M$ K_w 1×10^{-14}.

سؤال (5):

إذا علمت أن نسبة [H3O+][OH-] في أحد المحاليل = 0.01 فاحسب تركيزي الهيدرونيوم والهيدروكسيد.

في الملفات المرفقة أسئلة موضوعية على درس التأين الذاتي للماء مع إجاباتها.
في الملفات المرفقة إجابات أسئلة درس التأين الذاتي للماء.