القسم 3

أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني

أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد:

1 –(**التأين الذاتي للماء**)إنتاج أيون هيدروجين وأيون هيدروكسيد من جزيئي ماء .

معادلة التأين الذاتي : $H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ومن المعادلة : نجد أن : عدد أيونات H^+=عدد أيونات OH^-

$\therefore [OH^-] = [H^+]$

وقد وجد عملياً أن : عند 25^0C $[OH^-] = [H^+] = 1\times10^{-7}$ M

لاحظ :
1 – السهم المزدوج يمثل حالة اتزان
2 – تعبير ثابت الاتزان هو النسبة بين تراكيز النواتج في البسط إلى تراكيز المتفاعلات في المقام
3 – تركيز الماء النقي ثابت ، وبالتالي فإن $[H_2O]$ لا يظهر في المقام .

قيمة ثابت تأين الماء(K_w) عند هذه الدرجة 25^0C أي (298K):

$$K_w = [H^+][OH^-] = (1.0\times10^{-7})\times(1.0\times10^{-7}) = 1.0\times10^{-14}$$

ثابت تأين الماء (قيمة ثابتة) — تركيز أيون الهيدروجين — تركيز أيون الهيدروكسيد

ثابت تأين الماء K_w(في المحاليل المائية المخففة): هو حاصل ضرب تراكيز أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد .

قانون1 في المحاليل المائية المخففة:

على الصورة : $Kw = [H_3O^+][OH^-] = 1.0\times10^{-14}$

أو على الصورة : $Kw = [H^+][OH^-] = 1.0\times10^{-14}$

ملاحظة : حسب مبدأ لوشاتيليه : إذا زاد $[H^+]$ قل $[OH^-]$ والعكس ، وذلك للمحافظة على قيمة $Kw = 1.0\times10^{-14}$

كما يلي : إضافة أيونات H^+ إلى الماء يمثل توتراً على النظام ، فيتفاعل النظام بطريقة تخفف التوتر ،، عن طريق تفاعل أيونات H^+ المضافة مع أيونات OH^- لتكوين المزيد من جزيئات الماء. $H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

توضيح : نظراً لأن معادلة تفكك الماء انعكاسية ، لذا فإنه في المحلول الواحد إذا زاد تركيز ايونات الهيدرونيوم وأصبح المحلول حمضياً يقل تركيز أيونات الهيدروكسيد ، والعكس صحيح ولكن حاصل ضربهما يبقى يساوي 1.0×10^{-14} عند 25^0C

علل: على الرغم من أن الماء مركب تساهمي ، إلا أنه يوصل الكهرباء بصورة ضعيفة جدا

يسبب التأين الذاتي للماء إلى أيونات هيدرونيوم وهيدروكسيد

المحاليل المتعادلة والحمضية والقاعدية : عند 25^0C أو (298K):

في المحاليل القاعدية	في المحاليل المتعادلة	في المحاليل الحمضية
$[H_3O^+] < [OH^-]$	$[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0\times10^{-7}$M	$[OH^-] < [H_3O^+]$
1.0×10^{-7}M$>[OH^-]$		1.0×10^{-7}M$<[H_3O^+]$
مثلاً $[OH^-]$=1.0×10^{-5} M أو 1.0×10^{-4} M وهكذا.		مثلاً $[H_3O^+]$=1.0×10^{-5} M أو 1.0×10^{-4} M وهكذا.

تذكر دائماً أن : $K_w = [OH^-]\times[H_3O^+]$ = مقدار ثابت = 1.0×10^{-14} عند 25^0C

تخير: تركيز أيونات الهيدرونيوم في الماء النقي عند درجة حرارة ($K_W = 1.0\times10^{-14}$) عند 25^0C يساوي :

أ - 1.0×10^{-7} M H_3O^+ ب - 2.3×10^{-7} M H_3O^+ ج - 5.3×10^{-7} M H_3O^+ د - 3.0×10^{-7} M H_3O^+

تخير: تركيز أيونات الهيدرونيوم في الماء النقي عند درجة حرارة ($K_W = 5.3\times10^{-14}$) عند 50^0C يساوي :

أ - 5.3×10^{-14} M H_3O^+ ب - 2.3×10^{-7} M H_3O^+ ج - 5.3×10^{-7} M H_3O^+ د - 1.0×10^{-7} M H_3O^+

مثال 1-5

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

مسائل تدريبية

21. فيما يأتي قيم تراكيز H^+ و OH^- لأربعة محاليل مائية عند درجة حرارة 298 K. احسب $[H^+]$ أو $[OH^-]$ لكل محلول، ثم حدد ما إذا كان المحلول حمضيًّا، أم قاعديًّا، أم متعادلاً.

a. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13}$ M　　**c.** $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-3}$ M

b. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ M　　**d.** $[H^+] = 4.0 \times 10^{-5}$ M

22. تحفيز احسب عدد أيونات H^+ وعدد أيونات OH^- في 300 mL من الماء النقي عند درجة حرارة 298 K.

مسائل تدريبية

21. a. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-1}$ M، المحلول قاعديّ

b. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M، المحلول متعادل

c. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-11}$ M، المحلول قاعديّ

d. $[OH^-] = 2.5 \times 10^{-10}$ M، المحلول حمضيّ

22. عدد أيونات H^+ = عدد أيونات OH^- = 1.8×10^{16} أيون.

س: أكمل مخطط العلاقة التالي بين تركيزي أيون الهيدرونيوم والهيدروكسيد عند 25^oC

المحاليل المتعادلة والحمضية والقاعدية

سلم الرقم الهيدروجيني :

علل: يتم استخدام مصطلح الرقم الهيدروجيني بسبب صغر قيم $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ ، يُعبر عنها بالترميز العلمي واحتمال الخطأ عند مقارنة الأسس السالبة

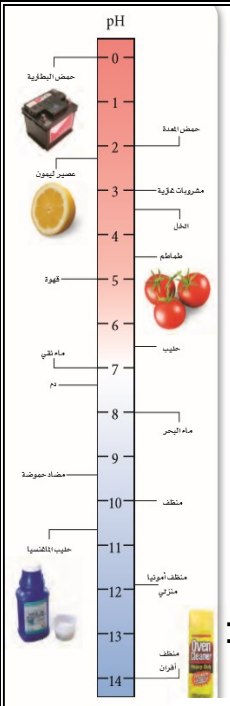
الرقم الهيدروجيني pH : سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين. $PH = -\log[H^+]$

وتكون القيم الناتجة أعداداً موجبة يسهل مقارنتها ، وهي للأحماض بين صفر، 7 .

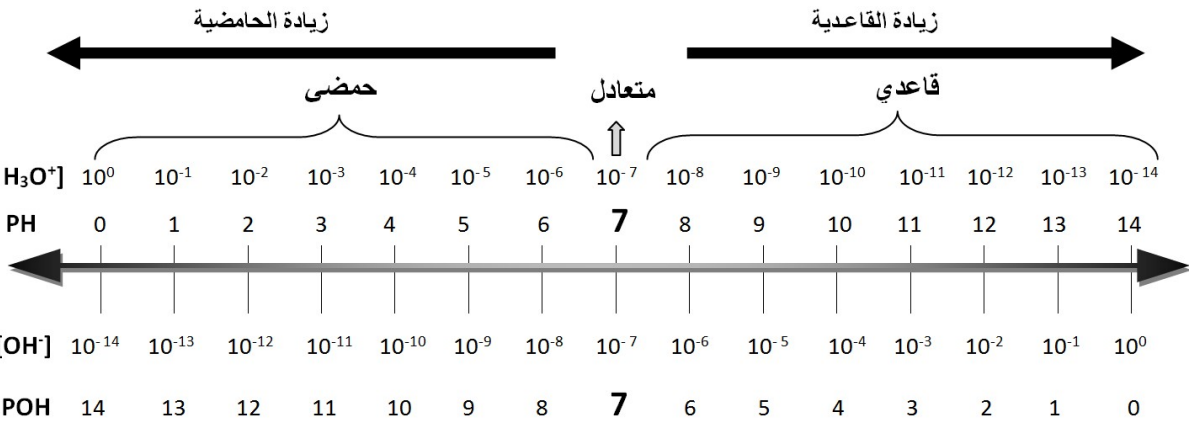
الرقم الهيدروكسيدي POH :سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد. $POH = -\log[OH^-]$

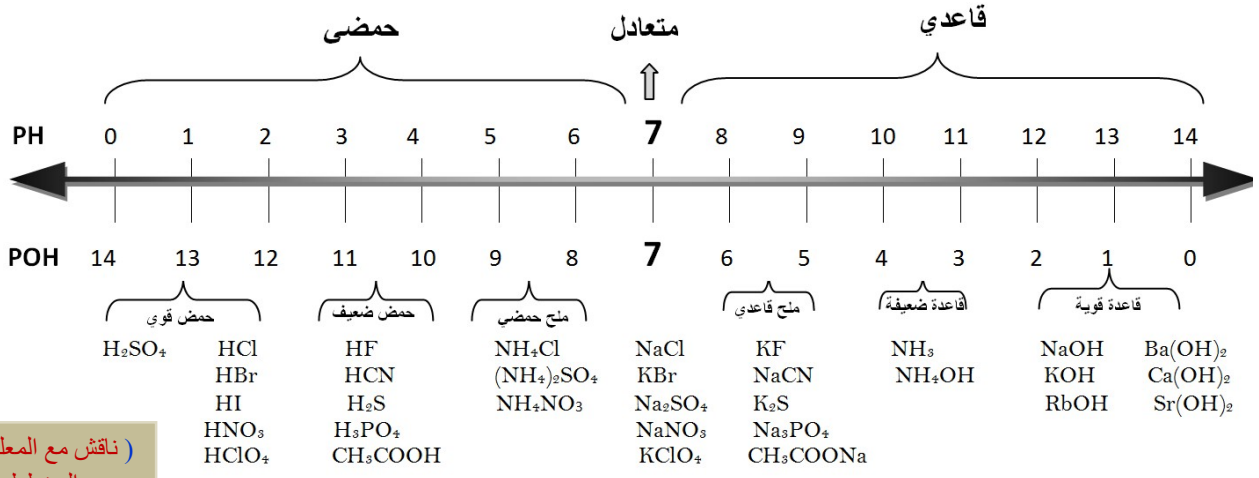
وتكون القيم الناتجة أعداداً موجبة يسهل مقارنتها ، وهي للقواعد بين 14 ،7 .

مخطط العلاقة بين الرقم الهيدروجيني وتركيز أيون الهيدرونيوم وتركيز أيون الهيدروكسيد :



5-14 قارن بين قيم pH لهذه الأحماض.





(ناقش مع المعلم علاقات من المخطط والرسم البياني التقريبي لها)

ملاحظات هامة : 1 - العلاقة بين قوة (تركيز) الحمض و PH علاقة عكسية

2 – تغير وحدة واحدة من PH يعني تغير مقداره 10 مرات في تركيز الأيون H^+ .
مثال : تركيز (محلول PH = 3) = 10 أضعاف (محلول PH = 4)

3 – تغير وحدة واحدة من POH يعني تغير مقداره 10 مرات في تركيز الأيون OH^- .
مثال : تركيز (محلول PH = 3) = 10 أضعاف (محلول PH = 4)

س1 : عند ازدياد قيمة الـ PH لمحلول من 4 إلى 6 ، فما أثر ذلك على تركيز $[H^+]$ (تقل مئة مرة)

س2 : عندما تقل قيمة الـ POH لمحلول من 11 إلى 9 ، فما أثر ذلك على تركيز $[H^+]$ (تقل مئة مرة)

عند درجة حرارة 25^0C: (استنتج هذه العلاقات مع المعلم)

$[H^+] > [OH^-]$	$[H^+] = [OH^-]$	$[OH^-] > [H^+]$
$10^{-7}<[H^+]$	$10^{-7}=[H^+]$	$10^{-7}<[OH^-]$
$10^{-7}>[OH^-]$	$10^{-7}=[OH^-]$	$10^{-7}>[H^+]$

$[H^+] > [OH^-]$	$[H^+] = [OH^-]$	$[OH^-] > [H^+]$
PH < POH	POH=PH	POH<PH
PH < 7.0	7.0=PH	PH > 7.0
POH > 7.0	7.0=POH	POH < 7.0

علل لما يلي:

1 - يستخدم سلم الرقم الهيدروجيني للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية بسبب صغر قيم $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ واحتمال الخطأ عند مقارنة الأسس السالبة ، يتم استخدام مصطلح الرقم الهيدروجيني

2 – يتدرج سلم pH بصورة عامة من 0 إلى 14 في المحاليل المائية لأنه في المحاليل المائية يقع $[H_3O^+]$ بين 1.0×10^0M و $1.0\times10^{-14}M$ وعند أخذ سالب اللوغاريتم تنتج أرقام من 0 - 14

3 - يمثل pH = 7 محلولاً متعادلاً عند درجة حرارة الغرفة 25^0C (بالنسبة للمحاليل المائية يكون $[H_3O^+][OH^-] = 1\times10^{-14}\ M$ عند درجة حرارة الغرفة. وفي المحاليل المتعادلة يكون $[H_3O^+] = [OH^-]$ أي أنهما يساويان $1\times10^{-7}\ M$ أي أن pH = 7)

تخير :: تتراوح قيمة سلم الرقم الهيدروجيني بين :

أ – (1 – 14) ب – (0 – 7) ج – (7 – 14) د – (0 – 14)

تخير :: ما الرقم الهيدروجيني المتوقع للمركبات التي تستخدم كمضادات حموضة :

أ - 2 ب - 4 ج - 6 د - 8

ملخص القوانين:

$$Kw = [H^+] \times [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$PH = -\log[H^+]$$

$$POH = -\log[OH^-]$$

$$PH + POH = 14.0$$

$PH = 5 \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-5}\ M$

$POH = 2 \rightarrow [OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-2} M$

مسألة 1 : محلول له $[H^+] = 10^{-4}\ M$ احسب ما يلي :

أ – الرقم الهيدروجيني PH　　ب – تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$　　ج – الرقم الهيدروكسيدي POH

مسألة 2 : محلول له $[OH^-] = 10^{-8}\ M$ احسب ما يلي :

أ – الرقم الهيدروكسيدي POH　　ب – تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$　　ج – الرقم الهيدروجيني PH

مسألة 3 : محلول له $PH = 3$ احسب ما يلي :

أ – تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$　　ب – تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$　　ج – الرقم الهيدروكسيدي POH

مسألة 4 : محلول له $POH = 6$ احسب ما يلي :

أ – تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$　　ب – تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$　　ج – الرقم الهيدروجيني PH

مسائل تدريبية

23. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-2}\ M$ **b.** $[H^+] = 3.0 \times 10^{-6}\ M$

24. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+] = 0.0055\ M$ **b.** $[H^+] = 0.000084\ M$

25. تحفيز احسب قيمة pH لمحلول فيه $[OH^-]$ يساوي $8.2 \times 10^{-6}\ M$.

الشكل 5-16 يستطيع المزارعون أن يزيدوا القيمة الغذائية للمواد النباتية ذات النوعية الرديئة. ومنها القش والتبن وغيرهما من بقايا المزروعات بوضع تلك المواد في جو من غاز الأمونيا مدة ثلاثة أسابيع.

مثال 5-3

حساب pOH وpH من $[OH^-]$ يظهر الشكل **16–5** صورة بقرة تتغذى على قش عولج بمادة الأمونيا التي تعمل على زيادة البروتينات عند إضافتها إلى علف الحيوانات. وتستعمل الأمونيا كذلك منظفًا منزليًا؛ وهو محلول مائي لغاز الأمونيا. وعادة ما يكون تركيز أيون الهيدروكسيد في المنظف $4.0 \times 10^{-3}\ M$. احسب pOH و pH للمنظف عند درجة حرارة 298 K.

مسائل تدريبية

26. احسب قيم pH و pOH للمحاليل المائية ذات التراكيز الآتية عند درجة حرارة 298 K .

a. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-6}\ M$ **c.** $[H^+] = 3.6 \times 10^{-9}\ M$

b. $[OH^-] = 6.5 \times 10^{-4}\ M$ **d.** $[H^+] = 2.5 \times 10^{-2}\ M$

27. احسب قيم pH و pOH للمحلولين المائيين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[OH^-] = 0.000033\ M$

b. $[H^+] = 0.0095\ M$

28. تحفيز احسب قيم pH و pOH لمحلول مائي يحتوي على $1.0 \times 10^{-3}\ mol$ من HCl مذاب في 5.0 L من المحلول.

مسائل تدريبية

29. احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في كل من المحاليل الآتية:

a . الحليب، pH = 6.50 **c** . حليب الماغنسيا، pH = 10.50

b . عصير الليمون، pH = 2.37 **d** . الأمونيا المنزلية، pH = 11.90

30. تحفيز احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في عينة من ماء البحر، حيث pOH = 5.60.

مسائل تدريبية

23. **a.** pH= 2.00 **b.** pH= 5.52

24. **a.** pH= 2.26 **b.** pH = 4.08

25. pH= 8.92

26. **a.** pOH=6.00, pH=8.00 **b.** pOH=3.19, pH=10.81 **c.** pH=8.44, pOH=5.56 **d.** pH=1.60, pOH=12.40

27. **a.** pOH=4.48, pH=9.52 **b.** pH=2.02, pOH=11.98

28. pH= 3.70, pOH=10.30

29. **a.** $[H^+] = 3.2 \times 10^{-7}\ M$, $[OH^-] = 3.2 \times 10^{-8}\ M$ **b.** $[H^+] = 4.3 \times 10^{-3}\ M$, $[OH^-] = 2.3 \times 10^{-12}\ M$ **c.** $[H^+] = 3.2 \times 10^{-11}\ M$, $[OH^-] = 3.2 \times 10^{-4}\ M$ **d.** $[H^+] = 1.26 \times 10^{-12}\ M$, $[OH^-] = 7.94 \times 10^{-3}\ M$

30. $[OH^-] = 2.5 \times 10^{-6}\ M$, $[H^+] = 4.0 \times 10^{-9}\ M$

مسائل متنوعة :

س1 : للماء الذي له (PH=6.77) عند 40^0C ، فما قيمة Kw (2.9×10^{-14})

س2 : إذا كانت $(Kw = 1 \times 10^{-13})$ عند 60^0C ، فاحسب قيمة الـ PH

س3 : عند 25^OC يتأين حمض ضعيف HX تركيزه (0.25M) بنسبة (2.4%) ، احسب ثابت التأين للحمض Ka

س4 : محلول حمضي ثابت تأينه 2.63×10^{-3} ، احسب تركيز الحمض إذا كان تركيز أيونات الهيدرونيوم تساوي 2.0×10^{-3}

المولارية والرقم الهيدروجيني PH للأحماض القوية والقواعد القوية

الأحماض القوية : مثل $HClO_3$, $HClO_4$, HNO_3 , HBr , HCl : تتأين تأيناً تاماً في المحاليل المائية ،
ويكون : $[H^+]$ = [تركيزمحلول الحمض]

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$0.1\ M \qquad\qquad 0.1\ M$$

$PH = -\log[H+] = -\log[0.1] = 1$

القواعدالقوية : مثل CsOH , RbOH , KOH , NaOH , LiOH : تتفكك أيضاً تفككاً تاماً
ويكون [OH^-] = [تركيز المحلول القاعدي]

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$0.1\ M \qquad\qquad 0.1\ M$$

$POH = -\log[OH^-] = -\log[0.1] = 1 \rightarrow PH = 14 - POH = 14-1 = 13$

ومثل $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ca(OH)_2$: تتفكك أيضاً تفككاً تاماً
ويكون [OH^-] = ضعف [تركيز المحلول القاعدي]

$$Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Ca^{2+}_{(aq)} + 2\ OH^-_{(aq)}$$
$$7.0\times10^{-4}\ M \qquad\qquad 2\times(7.0\times10^{-4})\ M$$

$POH = -\log[OH^-] = -\log[2\times 7.0\times10^{-4}] = 2.85 \rightarrow PH = 14 - POH = 14-2.85 = 11.15$

مسألة 1 : في إحدى التجارب العملية تم تحضير محلول حمض نيتريك 1.0×10^{-4} M

أ – احسب $[H_3O^+]$ في المحلول

ب - احسب $[OH^-]$ في المحلول

ج – احسب PH للمحلول

د - احسب POH للمحلول

مسألة 2:احسب تركيزي أيوني الهيدرونيوم والهيدروكسيد والرقم الهيدروجيني والرقم الهيدروكسيدي في محلول 3.0×10^{-2}M NaOH

مسألة 3 : احسب تركيزي أيوني الهيدرونيوم والهيدروكسيد والرقم الهيدروجيني والرقم الهيدروكسيدي في محلول
1.0×10^{-4} M $Ca(OH)_2$

مسألة 4:احسب الرقم الهيدروجيني والرقم الهيدروكسيدي لمحلول يحتوي على 1.0×10^{-4} mol HCl مذاب في 4.5L من المحلول

المولارية والرقم الهيدروجيني PH للأحماض الضعيفة

علل : $[H^+]$ ≠ [تركيز محلول الحمض الضعيف]: لأن الحمض الضعيف لا يتأين كلياً، وينتج قلة من الأيونات حرة الحركة ، وتبقى كمية كبيرة من الحمض بدون تأين

$[H^+]$ < [تركيز محلول الحمض]

وبالتالي يجب عليك استخدام قيم K_a, K_b لتحديد تراكيز أيونات OH^- , H^+ في محاليل الأحماض والقواعد الضعيفة .

كيفية حساب الرقم الهيدروجيني PH للأحماض الضعيفة : $HX_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + X^-_{(aq)}$

1 – نقيس PH لمحلول الحمض الضعيف HX ، فرضاً PH = 4 و [HX] = 0.1 M التركيز الابتدائي

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

ومن قانون ثابت تأين الحمض الضعيف : $Ka = \frac{[H^+]\ [X^-]}{[HX]}$

= [HX] التركيز الإبتدائي – [HX] التركيز عند الاتزان والتي تساوي $[H^+]$

$$Ka = \frac{[H^+]\ [X^-]}{[HX]} = \frac{(10^{-4})(10^{-4})}{0.1 - 10^{-4}} = 1.0 \times 10^{-7}$$

أ – مسائل قياس PH للحمض الضعيف

مثال 5-5

احسب K_a من pH يستعمل حمض الميثانويك (الفورميك) HCOOH لمعالجة عُصارة أشجار المطاط وتحويلها إلى مطاط طبيعي. فإذا كانت قيمة pH لمحلول حمض الميثانويك الذي تركيزه 0.100 M هي 2.38، فما قيمة K_a للحمض؟

$HCOOH \rightleftarrows H^+ + HCOO^-$

$PH = 2.38 \quad \therefore [H^+] = 10^{-2.38}\ M = 4.17 \times 10^{-3} = [HCOO^-]$

$$Ka = \frac{[H^+]\ [HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{(4.17\times10^{-3})(4.17\times10^{-3})}{0.1 - 4.17\times10^{-3}} = 1.8 \times 10^{-4}$$

سؤال قيمة pH لمحلول من حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه 0.150 M عند 298 K، تساوي 1.16. فما قيمة Ka لحمض $H_2C_2O_4$ عند 298 K؟

5.9×10^{-2}

مثال هام : احسب PH لمحلول حمض الهيدروبروموز HBrO الذي تركيزه 0.100 M حيث $Ka = 2.06 \times 10^{-9}$

(ج: 4.842)

مثال هام : احسب PH لمحلول حمض الهيدروسيانيك HCN الذي تركيزه 0.100 M حيث $Ka = 4.8 \times 10^{-10}$

(ج: 5.16)

ب – مسائل قياس Ka للحمض الضعيف

مسائل تدريبية

31. احسب K_a للحمضين الآتيين:

a . محلول H_3AsO_4 تركيزه 0.220 M و pH = 1.50

b . محلول $HClO_2$ تركيزه 0.0400 M و pH = 1.80

32. احسب K_a للأحماض الآتية:

a . محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH، تركيزه 0.00330 M و pOH = 10.70

b . محلول حمض السيانيك HCNO ، تركيزه 0.100 M و pOH = 11.00

c . محلول حمض البيوتانويك C_3H_7COOH تركيزه 0.15 M و pOH = 11.18

33. تحفيز احسب K_a لمحلول حمض HX الذي تركيزه 0.0091 M، وله pOH يساوي 11.32، ثم استعمل **الجدول 4-5** لتحديد نوع الحمض.

$K_a = 5.4 \times 10^{-3}$. a **.31**

$K_a = 1.1 \times 10^{-2}$ .b

$K_a = 8.9 \times 10^{-5}$. a **.32**

$K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ .b

$K_a = 1.5 \times 10^{-5}$ .c

$K_a = 6.3 \times 10^{-4}$ **.33**

الجدول 4-5 ثوابت تأين الأحماض الضعيفة

الحمض	معادلة التأين	K_a (298 K)
كبريتيد الهيدروجين، التأين الأول	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	8.9×10^{-8}
كبريتيد الهيدروجين، التأين الثاني	$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$	1×10^{-19}
الهيدروفلوريك	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$	6.3×10^{-4}
الهيدروسيانيك	$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$	6.2×10^{-10}
الإيثانويك (حمض الخل)	$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$	1.8×10^{-5}
الكربونيك، التأين الأول	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$	4.5×10^{-7}
الكربونيك، التأين الثاني	$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$	4.7×10^{-11}

قياس الرقم الهيدروجيني PH :

1 – ورق تباع الشمس :يشير فقط إلى ما إذا كانت المادة حمضاً أو قاعدة .

الشكل 5-18 يمكن الحصول على قيمة pH تقريبية للمحلول بوضع قطعة من ورق تباع الشمس الأحمر بالمحلول، ومقارنة لونها بمجموعة من الألوان المعيارية، كما هو مبين في الصورة a. أما مقياس الحموضة الرقمي والموضح في الصورة b فيستعمل هنا لقياس pH لمطر حمضي؛ إذ يعطي قياسًا أدق من استعمال ورق تباع الشمس.

2 – ورقة كاشف الرقم الهيدروجيني PH المعالجة بعدة كواشف : تعطي ألون مختلفة مع كل PH جديدة (وسط جديد)، وتقارن اللون الجديد للورقة بألوان كاشف PH المعياري الموجودة على ورقة PH المدرجة .

أو هو(نوع من أوراق كواشف الحموضة ، مُعالج بمادة أو أكثر تسمى (الكواشف أو المؤشرات أو indicators) يتغير لونها اعتماداً على تركيز $[H^+]$).

3 – الفينولفثالين :تعطي لون مميز مع الأحماض(عديم اللون)

ولون آخر مع القواعد (وردي)

4 - مقياس PH الرقمي : تعطي ورق كاشف PH قيم PH بصورة أكثر دقة عندما تُوضع الأقطاب بالمحلول .

1 – أي مما يلي أفضل لقياس قيمة PH لأي محلول : أ – ورقة تباع الشمس ب – ورق PH ج – جهاز PH meter د – كاشف الفينولفثالين	
2 – تستعمل الأصباغ ذات الألوان المتأثرة بقيمة pH كـ : أ - مواد قياسية أولية ب- كواشف ج- محاليل قياسية د- أحماض لويس	

مسألة 1 : أذيب 4.90 g من حمض الكبريتيك في الماء وأصبح حجم المحلول($H_2SO_4 = 98.0\ g / mol$) 500.mL والمطلوب حساب :

أ – تركيز المحلول ب –PH للمحلول الناتج

مسألة 2: أذيب 2.52 g من HNO_3 في كمية من الماء ليصبح حجم المحلول 0.5 L ، احسب الرقم الهيدروجيني (1.1)

مسألة 3 : محلول حمض النيتريك قيمة POH له تساوي 13.4، احسب تركيز الحمض ،وكم تكون عدد مولاته إذا كان حجم المحلول 300mL

(0.075 mol , 0.25M)

رتب تصاعديا : المحاليل التالية حسب قيمة الرقم الهيدروجيني علما بأنها متساوية التركيز

NH_4OH , H_2SO_4 , $NaOH$, HNO_2

الأقل ..... ← ..... ← ..... ← ..... الأعلى

التقويم 5-3

الخلاصة

- ثابت تأين الماء K_w يساوي حاصل ضرب تركيز أيون H^+ وتركيز أيون OH^-
- pH المحلول هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين. وpOH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد. ومجموع pH و pOH يساوي 14.
- قيمة pH للمحلول المتعادل تساوي 7.0، وقيمة pOH في المحلول نفسه تساوي 7.0؛ لأن تركيز أيونات الهيدروجين يساوي تركيز أيونات الهيدروكسيد.

34. الفكرة الرئيسة **اشرح** لماذا تكون قيمة pH للمحلول الحمضي دائمًا أصغر من قيمة pOH للمحلول نفسه؟

35. صف كيف يمكنك تحديد قيمة pH لمحلول ما إذا علمت قيمة pOH للمحلول نفسه؟

36. اشرح معنى K_w في المحاليل المائية.

37. اشرح –مستعملاً مبدأ لوتشاتلييه – ما يحدث لـ $[H^+]$ في محلول حمض الإيثانويك الذي تركيزه 0. 10M عند إضافة قطرة من محلول NaOH .

38. اكتب قائمة بالمعلومات اللازمة لحساب قيمة K_a لحمض ضعيف.

39. احسب إذا علمت أن قيمة pH لحبة طماطم تساوي 4.50 تقريبًا، فما $[H^+]$ و $[OH^-]$ فيها؟

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

41. احسب قيمة pH في المحاليل الآتية:

a. 1.0 M HI

b. 0.050 M HNO_3

c. 1.0 M KOH

d. 2.4×10^{-5} M $Mg(OH)_2$

42. تفسير الرسوم ارجع إلى **الشكل 15–5** للإجابة عن السؤالين الآتيين: ماذا يحدث لكل من $[H^+]$ و $[OH^-]$ و pH و pOH عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر حمضية؟ وماذا يحدث عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر قاعدية؟

التقويم 3–5

34. مجموع pH و pOH يساوي 14.00، فإذا كان المحلول حمضيًّا، تكون قيمة pH أقلّ من 7.00، وبالتالي ستكون قيمة pOH أكبر من 7.00.

35. اطرح pOH من 14.00.

36. إذا عرف تركيز أحد الأيونات؛ يمكن حساب تركيز الآخر باستعمال تعبير K_w.

37. الزيادة في أيونات OH^- من قطرة NaOH تدفع التأيّن الذاتي للماء إلى اليسار وتزيد كميّة جزيئات الماء غير المفكّكة. $[OH^-]$ يزداد، أمّا $[H^+]$ فينقص.

38. pH أو تركيز H^+ والتركيز الأولي للحمض.

39. $[H^+] = 3.2\times10^{-5}$M، $[OH^-] = 3.2\times10^{-10}$ M

40. pH= 5.00

41. a. pH = 0.00 b. pH = 1.30 c. pH = 14.00 d. pH = 9.68

42. عندما يصبح المحلول أكثر حمضيّة؛ يزداد $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 1 وينقص $[OH^-]$ من 10^{-7} إلى 10^{-14}، ويتغيّر pH من 7 إلى صفر، ويتغيّر pOH من 7 إلى 14. وعندما يتحوّل محلول متعادل إلى محلول أكثر قاعديّة، فهذا يعني نقصان $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 10^{-14}، وزيادة $[OH^-]$ من 10^{-7} إلى 1، وتغيّر الـ pH من 7 إلى 14، وتغيّر الـ pOH من 7 إلى صفر.

5-3

إتقان المفاهيم

74. ما العلاقة بين pOH وتركيز أيون OH^- في محلول؟

75. قيمة pH للمحلول A تساوي 2.0 وللمحلول B تساوي 5.0. أي المحلولين أكثر حمضية بناءً على تركيزي أيون H^+ في المحلولين، وكم مرة تزيد الحمضية؟

76. إذا تناقص تركيز أيونات H^+ في محلول مائي، فماذا يجب أن يحدث لتركيز أيونات OH^- ؟ ولماذا؟

77. استعمل مبدأ لوتشاتلييه لتوضيح ما يحدث للاتزان $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ عند إضافة بضع قطرات من HCl إلى ماء نقي.

إتقان المفاهيم

74. $pOH = -\log [OH^-]$

75. حمضيّة المحلول A هي 10^3، أو أكثر 1000 مرة من حمضيّة المحلول B.

76. $[OH^-]$ يزداد؛ لأنّ $K_w=[H^+][OH^-]$

77. يضيف HCl أيونات H^+ إلى الماء فيتّجه الاتزان إلى اليسار.

إتقان حل المسائل

78. $[OH^-] = 1.85 \times 10^{-12}$ M

79. pH = 2.27

pOH = 11.7

80. محلول 0.10M HCl, pH = 1.00

محلول 0.10M HF, pH = 2.10

يحتوي HCl على تركيز أعلى لأيونات H^+ ؛ لأنّ قيمة pH أقلّ.

81. $K_a = 3.20 \times 10^{-7}$

إتقان حل المسائل

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

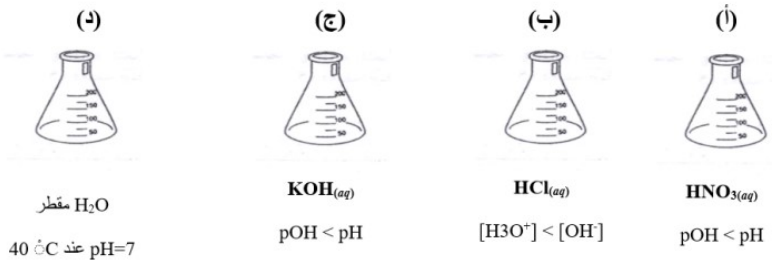
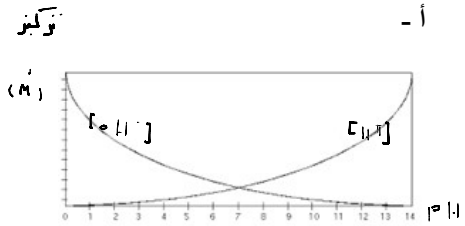
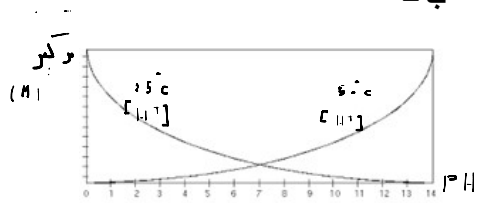
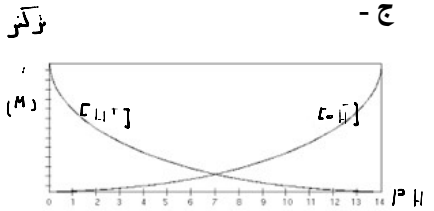
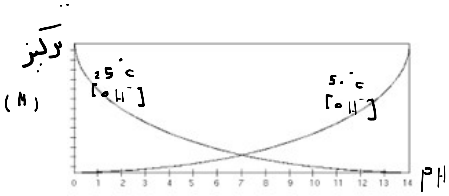
79. ما قيمة pH و pOH للمحلول المذكور في السؤال 78؟

80. لديك محلولان: 0.10 M HCl و 10. 0 M HF ، أيهما يكون تركيز أيونات H^+ فيه أعلى؟ احسب pH لكل من المحلولين إذا علمت أن $[H^+] = 7.9 \times 10^{-3}\ M$ في محلول HF.

81. منظف الفلزات يستعمل حمض الكروميك منظفًا صناعيًّا للفلزات. احسب قيمة K_a للتأين الثاني لحمض الكروميك H_2CrO_4 إذا كان لديك محلول تركيزه 0.040 M من كرومات الصوديوم الهيدروجينية قيمة pH لها 3.946؟

تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية :

1- ما تركيز أيون الهيدرونيوم(M) في محلول رقمه الهيدروكسيلي 12.40 أ – $2.5\times10^{2-}$ ب - $8.9\times10^{2-}$ ج - $4.4\times10^{2-}$ د - $1.0\times10^{1-}$	
2 - ما الرقم الهيدروجيني لمحلول HNO_3 تركيزه (1×10^{-1} M) أ – 1 ب - 2 ج – 5 د – 1.3	
3 - في المحاليل الحمضية عند درجة حرارة 50^0C تكون : أ - $[OH^-] = [H_3O^+]$ ج - $Kw < [OH^-]\,[H_3O^+]$ ب - $Kw > [OH^-]\,[H_3O^+]$ د - $Kw = [OH^-]\,[H_3O^+]$	
4 - ما قيمة ثابت تأين الماء Kw عند 50^0C ؟ أ - 1.0×10^{-14} ب - 5.3×10^{-14} ج - 1.2×10^{-15} د - 3.0×10^{-15}	
5 - ما طبيعة المحلول الذي يكون فيه $[OH^-] > [H_3O^+]$ أ– حمضي ب– متعادل ج– أمفوتيري د– قاعدي	
6 - عند إضافة كمية من الثلج الجاف (CO_2 متجمد) إلى الماء المقطر فإن : أ - قيمة pH للمحلول تقل ج - قيمة pH للمحلول تزداد ب - يقل تركيز H_3O^+ للمحلول د - تبقى قيمة pH للمحلول ثابتة	
7 - عند إضافة كميات متكافئة من حمض HCl إلى القاعدة NaOH فإن جميع الصفات الحمضية والقاعدية تختفي ماعدا : أ - تغييرلون الكاشف ب - التوصيل الكهربائي ج - التفاعل مع الخارصين د - الطعم الحمضي	
8 - في المحاليل القاعدية ، وعند درجة حرارة 25^0C تكون : أ - $[H_3O^+] = [OH^-]$ ج - $K_W < [H_3O^+]\,.\,[OH^-]$ ب - $K_W = [H_3O^+]\,.\,[OH^-]$ د - $K_W > [H_3O^+]\,.\,[OH^-]$	

9 - محلول مائي لهيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ الرقم الهيدروجيني له 10 فيكون تركيز القاعدة (M) فيه : أ - 1×10^{-4} ب - 5×10^{-11} ج - 1×10^{-10} د - 5×10^{-5}	
10 - أي المحاليل التالية والمتساوية التركيز (M) له أقل قيمة pH؟ أ - HCl ب - H_2SO_4 ج - HF د - CH_3COOH	
11 - إذا كان $[H_3O^+]$أكبر من $[OH^-]$ فإن المحلول يكون أ - قاعدياً ب – متعادلاً ج – حمضياً د – أمفوتيرياً	
12 – تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في الماء النقي عند درجة 50^0C ($K_W = 5.3\times10^{-14}$) أ – 5.3×10^{-14} M H_3O^+ ب – 2.3×10^{-7} M H_3O^+ ج– 5.3×10^{-7} M H_3O^+ د– 1×10^{-7} M H_3O^+	
13 – الرقم الهيدروجيني لمحلول تركيز أيونات الهيدرونيوم فيه 5.03×10^{-1} أ – 0.298 ب – 0.513 ج – 1.542 د – 5.031	
14 – أحد المحاليل التالية يحمر ورقة تباع الشمس أ – POH = 12 ب – $[OH^-] = 1\times10^{-5}$ M ج – POH = 3 د – $[OH^-] = 1\times10^{-7}$ M	
15 – أي العلاقات الواردة تحت كل دورق تتفق مع محتواه ؟  	ج
16 – عند إضافة الثلج الجاف (CO_2) أو غازات NO_2 , SO_2 , SO_3 إلى الماء المقطر : أ – يزيد من تركيز أيون الهيدرونيوم وتقل PH ب - يزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد وتقل PH ج – يجعل الوسط متعادل	أ
17 – أي الأشكال البيانية التالية صحيحة أ -  ب –  ج -  د –  	

رتب ما يلي تصاعدياً :

1 –المحاليل التالية تبعاً لقيم pH :

أ - $(0.005\ M)\ Ca(OH)_2$ ب - $(0.1\ M)\ NaOH$ ج - $(0.5\ M)\ HNO_3$ د - $(0.1\ M)\ HCl$

الترتيب هو : الأقل ← ← ←

الترتيب هو : الأقل $(0.5M)\ HNO_3$ ← $(0.1M)\ HCl$ ← $(0.005M)\ Ca(OH)_2$ ← $(0.1M)NaOH$

2 –التراكيز التالية (mol/L) تبعاً لقيم pH .

$[H_3O^+] = 10^{-2}$, $[H_3O^+] = 10^{-7}\ M$, $[OH^-] = 10^{-10}\ M$, $[OH^-] = 10^{-11}\ M$

الترتيب هو : الأقل , , ,

الترتيب هو : الأقل $[H_3O^+] = 10^{-2}$, $[OH^-] = 10^{-11}\ M$, $[OH^-] = 10^{-10}\ M$, $[H_3O^+] = 10^{-7}\ M$,

3 –المحاليل التالية حسب قيم pH :

$[H_3O^+] = 1\times10^{-8}\ M$, $[OH^-] = 1\times10^{-3}\ M$, $[OH^-] = 1\times10^{-12}\ M$, $[H_3O^+] = 1\times10^{-4}\ M$

الترتيب هو: ← ← ←

الترتيب هو: $[OH^-] = 1\times10^{-12}\ M$ ← $[H_3O^+] = 1\times10^{-4}\ M$ ← $[H_3O^+] = 1\times10^{-8}\ M$ ← $[OH^-] = 1\times10^{-3}\ M$

4 - المحاليل التالية تبعا لتركيز الأيونات :

(0.1 M HF) , (0.05 M $Ca(OH)_2$) , (0.1 M HCl) , (0.1 M $MgCl_2$)

الترتيب هو : الأقل , , ,

5 - المحاليل التالية حسب قيم pH

$POH = 10$, $[OH^-] = 1\times10^{-8}\ M$, $[H_3O^+] = 1\times10^{-2}\ M$, $PH = 5$

اختر البديل غير المنسجم مع التبرير :

1 - $[H_3O^+] = 10^{-2}$, $[OH^-] = 10^{-10}\ M$, $[H_3O^+] = 10^{-4}\ M$, $[OH^-] = 10^{-4}\ M$

البديل هو والتبرير :

2 - $pH = 3$, $pOH = 12$, $pH = 4$, $pOH = 5$

البديل هو : التبرير :

3 - $[OH^-] = 10^{-5}\ M$, $[H_3O^+] = 10^{-5}\ M$, $pOH = 13$, $pH = 3$

4 - $HClO_4$, NH_4Cl , HF , NaOH

اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي :

1 -	إنتاج أيون هيدروجين وأيون هيدروكسيد من جزيئ ماء . $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
2 -	حاصل ضرب أيونات ابروتونات والهيدروكسيد في أي محلول مائي عند 25^oC
3 -	سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين $PH = -\log[H^+]$
4 -	سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد $POH = -\log[OH^-]$
5 –	حاصل الرقم الهيدروجيني والرقم الهيدروكسيدي.

حل المسائل التالية

محلول $Ca(OH)_2$ له pH يساوي 8.0 ، احسب ما يلي:

$[H_3O^+]$: $[H_3O^+] = \text{antilog}\ (8.0) = 1\times 10^{-8}$ M

$[OH^-]$: $[OH^-] = 1\times 10^{-14} \div 1\times 10^{-8} = 1\times 10^{-6}$ M

$[Ca(OH)_2]$: $[Ca(OH)_2] = ½\,[OH^-] = ½ \times 1\times 10^{-6} = 5.0\times 10^{-7}$ M

رتب ما يلي تصاعدياً :

1 - محاليل المواد التالية حسب قيمة PH :

(ماء البحر – حليب المغنيسا – الليمون – ماء نقي)

الأقل ليمون ← ماء نقي ← ماء البحر ← حليب المغنيسا الأعلى

2 - محاليل المواد التالية المتساوية التركيز حسب قيمة PH :

H_2SO_4 - NH_4OH - HCl - NaOH

الأقل H_2SO_4 ← HCl ← NH_4OH ← NaOH الأعلى

3 - محاليل المواد التالية المتساوية التركيز حسب قيمة PH :

$Ba(OH)_2$ - KOH - CH_3COOH - NH_3

4 – المحاليل التالية تبعاً لقيم pH :

(0.005 M) $Ca(OH)_2$ - (0.1 M) NaOH - (0.5 M) HNO_3 - (0.1 M) HCl

الترتيب هو : الأقل (0.5M) HNO_3 ← (0.1M) HCl ← (0.005M) $Ca(OH)_2$ ← (0.1M) NaOH

4 - التراكيز التالية (mol/L) تبعا لقيمpH:

$[OH^-] = 10^{-11}$ M , $[OH^-] = 10^{-10}$ M, $[H_3O^+] = 10^{-7}$ M , $[H_3O^+] = 10^{-2}$]

الترتيب هو : الأقل $[H_3O^+] = 10^{-2}$] ← $[OH^-] = 10^{-11}$ M ← $[OH^-] = 10^{-10}$ M, $[H_3O^+] = 10^{-7}$ M

5 – المحاليل التالية حسب قيمpH :

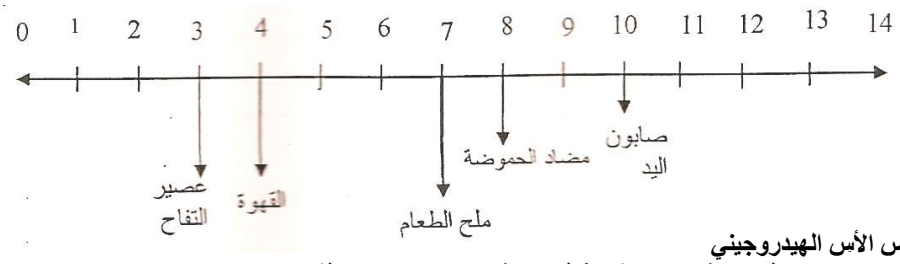
$[H_3O^+] = 1\times 10^{-8}$ M , $[OH^-] = 1\times 10^{-3}$ M , $[OH^-] = 1\times 10^{-12}$ M , $[H_3O^+] = 1\times 10^{-4}$ M

الترتيب هو: $[OH^-] = 1\times 10^{-12}$ M ← $[H_3O^+] = 1\times 10^{-8}$ M ← $[H_3O^+] = 1\times 10^{-4}$ M ← $[OH^-] = 1\times 10^{-3}$ M

6 - المحاليل التالية تصاعديا تبعا لتركيز أيونات H_3O^+ : PH = 8 PH = 10 POH = 10 POH = 5

7 - المحاليل التالية حسب قيمpH : $[OH^-] = 10^{-5}\ M$ ، $[H_3O^+] = 10^{-5}\ M$ ، $pOH = 13$ ، $pH = 3$

س : تأمل المخطط التالي والذي يُعبر عن قيم الأس الهيدروجيني لبعض المواد



أ- من وسائل قياس الأس الهيدروجيني

1- جهاز مقياس الحموضة 2- شريط الحموضة 3 –ورق تباع الشمس

ب- صنّف المحاليل أعلاه حسب قيمة PH :

حمضي	قاعدي	متعادل
القهوة عصير التفاح	مضاد الحموضة صابون اليد	ملح الطعام

المحلول الأكثر حمضية هو عصير التفاح والمحلول الأقل قاعدية مضاد الحموضة أما الماء المقطر فهو متعادل

من خواص الأحماض 1- لها طعم لاذع 2- .....

من خواص القواعد 1- لها طعم مرٌ 2- .....

س 1: محلول (A) له PH = 3 وحجمه 300mL ، تمت إضافته إلى محلول محلول (B) له PH = 8 وحجمه 300 mL ، احسب PH للمحلول الناتج .

س 2: محلول (A) له POH = 3 وحجمه 400mL ، تمت إضافته إلى محلول محلول (B) له PH = 5 وحجمه 300 mL ، احسب POH للمحلول الناتج .