

الفصل السادس

المحاليل الموقية

Buffer Solutions

6-1- مفهوم المحلول الموقى :

غالباً ما يحتاج الكيميائي في المختبر لإجراء الكثير من التجارب الكيميائية والتي يكون فيها قيمة pH الوسط ثابتاً رغم إضافة كمية من الحمض أو الأساس إلى محاليلها . وفي الواقع إن معظم العمليات الفيزيولوجية تقريباً تتم في أوساط يكون فيها تركيز أيونات الهيدروجين ثابتاً من أجل عملية معينة ، حيث يؤدي انحراف قيمة pH المحلول باتجاه الزيادة أو النقصان إلى تخريب العملية الفيزيولوجية وأحياناً إلى توقفها تماماً .

فمثلاً يساوي pH دم الإنسان في الحياة الطبيعية 7.36 فأى تغير حاد لقيمة pH دم الإنسان يؤدي إلى هلاكه . ومن المعروف أنه نتيجة استقلاب الأغذية في جسم الإنسان تأتي إلى الدم باستمرار نواتج حمضية أو قاعدية ، ولكن على الرغم من ذلك يظل pH دم الإنسان ثابتاً يفسر هذا الأمر على أساس أن الدم يحتوي على منظمات تحفظ تركيزاً ثابتاً لأيونات الهيدروجين وتدعى هذه المنظمات بالجمل أو المحاليل الموقية .

لذلك يعرف المحلول الموقى على أنه محلول يتصف بقدرته إلى حد ما على حفظ قيمة الـ pH ثابتة عند إضافة الحمض أو الأساس إليه بكمية محدودة.

6-2- أنواع المحاليل الموقية :

تقسم المحاليل الموقية من حيث تركيبها إلى قسمين رئيسيين ، هما :

1- المحلول الموقى المؤلف من حمض ضعيف مع أحد أملاحه ، وهي تحافظ على قيمة pH المحلول في المجال الحمضي

وكأمثلة على هذا النوع من المحاليل الواقية :

المحلول الموقى الخلاتي : ويتألف من حمض الخل مع خلات الصوديوم ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$)

المحلول الموقى البيكربوناتى : ويتألف من حمض الكربون مع بيكربونات الصوديوم ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$)

2- المحلول الموقى المؤلف من قاعدة ضعيفة مع أحد أملاحها ، وكمثال على هذا النوع من المحاليل الموقية :المحلول الواقى النشادري والذي يتألف من محلول هيدروكسيد الأمونيوم مع كلوريد الأمونيوم ($\text{NH}_4\text{OH}+\text{NH}_4\text{Cl}$)

وهذا النوع من المحاليل يحافظ على قيمة pH المحلول في المجال الأساسى .

6-3- سعة المحلول الموقى :

من المعروف أن المحلول الموقى يساعد على ثبات pH المحلول عند إضافة أساس أو الحمض إليه بكمية محدودة . أي أن كل محلول موقى يقاوم تغيرات pH المحلول من أجل كمية معينة مضافة من الحمض أو الأساس وهذه الكمية المضافة تعرف بسعة المحلول الموقى .

وبالتالى يمكن تعريف سعة المحلول الموقى بأنها تمثل عدد مولات الأساس القوي أو الحمض القوي اللازم لحصول زيادة واحدة من الـ pH أو نقصانها في ليتر واحد من المحلول الموقى .

وللحصول على محلول موقى ذي سعة كبيرة يمكن اتباع إحدى الطريقتين التاليتين:

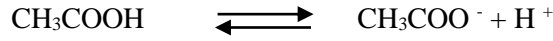
الأولى : أن يكون المحلول الموقى محضراً من مكونات تراكيزها كبيرة .

الثانية : جعل تركيز الحمض الضعيف أو الأساس الضعيف مساوياً تركيز ملحه

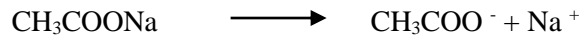
6-4- آلية عمل المحلول الموقى :

حتى يتم فهم آلية عمل المحلول الموقى بشكل واضح نأخذ المثال التوضيحي التالي الذي يدرس كيفية عمل المحلول الموقى الخلاتي أي المحلول الموقى المؤلف من حمض الخل مع خلات الصوديوم .

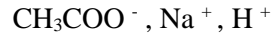
من المعروف أن حمض الخل هو حمض ضعيف التأيين أي تأينه غير تام :



بينما ملح خلات الصوديوم يتأين بشكل كامل :



وبالتالي توجد في المحلول الموقى الأيونات الثلاث التالية :



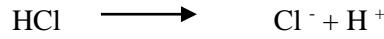
ولنلاحظ ماذا يحدث عند إضافة حمض أو أساس إلى المحلول الموقى الخلاتي

السابق :

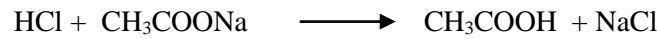
1- عند إضافة حمض :

ليكن الحمض المضاف هو حمض كلور الماء الذي يتأين بشكل تام في المحلول

وفق المعادلة التالية :



حيث يتفاعل هذا الحمض مع خلات الصوديوم كما في التفاعل الآتي :



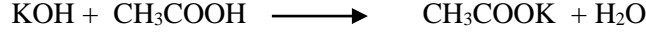
ويتشكل نتيجة التفاعل ملح كلوريد الصوديوم الملح المتأين وهو ملح معتدل ويتشكل

أيضاً حمض الخل الضعيف التأيين بالتالي قيمة pH المحلول تبقى ثابتة من جراء إضافة حمض كلور الماء بكمية محدودة .

2- عند إضافة أساس :

ليكن الأساس المضاف هو هيدروكسيد البوتاسيوم ، فهذا الأساس سيتفاعل مع

حمض الخل وفقاً للمعادلة التالية :



إذاً يتشكل نتيجة التفاعل الماء وملح خلات البوتاسيوم اللذان لا يغيران كثيراً من قيمة pH المحلول .

وهكذا نجد نتيجة إضافة الحمض أو الأساس إلى المحلول الموقفي السابق تبقى قيمة pH المحلول الموقفي ثابتة .

ولندرس مثلاً آخر يوضح آلية عمل المحلول الموقفي من النوع الثاني (قاعدة ضعيفة مع أحد أملاحها) . وليكن المحلول الموقفي المؤلف من هيدروكسيد الأمونيوم مع كلوريد الأمونيوم . ولنلاحظ ماذا يحدث لهذا المحلول عند إضافة حمض أو أساس إلى المحلول الموقفي النشاردي السابق :

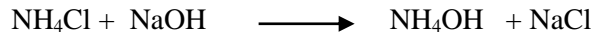
1- عند إضافة حمض له :

ليكن الحمض المضاف هو حمض كلور الماء . إن هذا الحمض سيتفاعل مع هيدروكسيد الأمونيوم وفق المعادلة التالية :



إذاً يتشكل نتيجة التفاعل السابق الماء وملح كلوريد الأمونيوم اللذان لا يغيران كثيراً من قيمة pH المحلول .
عند إضافة أساس :

وليكن الأساس المضاف هو هيدروكسيد الصوديوم ، فهذا الأساس سيتفاعل مع كلوريد الأمونيوم كما في المعادلة التالية :



إذاً يتشكل نتيجة التفاعل السابق ملح كلوريد الصوديوم و هيدروكسيد الأمونيوم الضعيف التآين . بالتالي قيمة pH المحلول تبقى ثابتة .

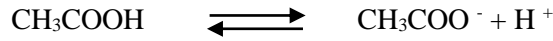
وهكذا نجد أن نتيجة إضافة الحمض أو الأساس إلى المحلول الموقفي السابق تبقى قيمة pH المحلول الموقفي ثابتة .

6-5- حساب قيمة pH المحاليل الموقية

6-5-1- حساب قيمة PH المحلول الموقى الحمضى

يمكن حساب قيمة pH المحلول الموقى الحمضى أي المؤلف من حمض ضعيف مع أحد أملاحه بالشكل التالي :

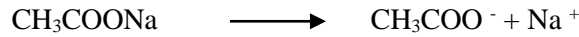
لنفرض أن الحمض هو حمض الخل وملحه هو خلات الصوديوم ، وبما أن حمض الخل ضعيف التأين ، تكتب معادلة تأينه بالشكل التالي :



وليكن Ka ثابت تأين الحمض الضعيف الذي يُعطى بالعلاقة التالية :

$$Ka = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

ولنفرض $[\text{CH}_3\text{COOH}] = Ca$ تركيز الحمض
وبما أن ملح خلات الصوديوم هو ملح تام التأين



بالتالي تركيز الملح $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = Cs$

بالتعويض في علاقة ثابت التأين للحمض الضعيف نجد :

$$Ka = \frac{[\text{H}^+] \times Cs}{Ca}$$

$$[\text{H}^+] = Ka \frac{Ca}{Cs}$$

وبأخذ اللوغاريتم السلبى (-log) للطرفين :

$$-\log[\text{H}^+] = -\log Ka - \log \frac{Ca}{Cs}$$

ونعلم أن $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

$$\text{pH} = -\log Ka - \log \frac{Ca}{Cs}$$

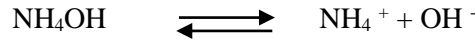
وبكتابة العلاقة بشكل عام نجد :

$$pH = pKa - \log \frac{[Acid]}{[salt]}$$

وتعرف العلاقة السابقة بعلاقة **هندرسن-هايزلباخ** لحساب قيمة pH المحلول الموقى الحمضي .

6-5-2- حساب قيمة pH المحلول الموقى الأساسي

ولنأخذ مثلاً المحلول الموقى المؤلف من هيدروكسيد الأمونيوم مع كلوريد الأمونيوم .
وبكتابة ثابت تأين الأساس الضعيف :



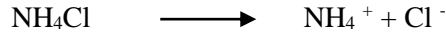
وليكن Kb ثابت تأين الأساس الذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$Kb = \frac{[NH_4^+].[OH^-]}{[NH_4OH]}$$

ولنفرض تركيز الأساس يساوي إلى Cb أي :

$$[NH_4OH] = Cb$$

وبما أن ملح كلوريد الأمونيوم ملح تام التآين :



أي أن تركيز الملح Cs يساوي تركيز أيون الأمونيوم :

$$[NH_4^+] = Cs$$

وبالتعويض في علاقة ثابت تأين الأساس الضعيف نجد :

$$Kb = \frac{Cs.[OH^-]}{Cb}$$

وبما أن ثابت تأين الماء Kw يعطى بالعلاقة التالية :

$$Kw = [H^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

بالتالي يمكن حساب قيمة [OH⁻]

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

وبالتعويض في علاقة ثابت تأين الأساس نحصل :

$$K_b = \frac{C_s}{C_b} \times \frac{K_w}{[H^+]}$$

$$\frac{K_w}{[H^+]} = K_b \frac{C_b}{C_s}$$

$$[H^+] = \frac{K_w.C_s}{K_b.C_b}$$

ويأخذ (-log) الطرفين :

$$-\log[H^+] = -\log\left(\frac{K_w.C_s}{K_b.C_b}\right)$$

$$pH = -\log K_w + \log K_b - \log \frac{C_s}{C_b}$$

$$pH = 14 - pK_b - \log \frac{C_s}{C_b}$$

ويكتابة العلاقة بشكل عام نجد :

$$pH = 14 - pK_b - \log \frac{[Salt]}{[Base]}$$

وهي العلاقة العامة التي يمكن حساب قيمة pH محلول موقفي أساسي أي مؤلف من أساس ضعيف مع أحد أملاحه .

6-6- بعض التطبيقات على المحاليل الموقية

مثال (1):

احسب قيمة pH المحلول الموقفي الناتج عن إضافة 10 مل من محلول حمض الخل ذي التركيز 0.1 M إلى (5 مل) من محلول خلات الصوديوم تركيزه 0.2 M علماً أن ثابت تأين حمض الخل يساوي 1.8×10^{-5} .

الحل :

يجب حساب تركيز كل من حمض الخل و خلات الصوديوم في الحجم الجديد :

- لنحسب تركيز الحمض في الحجم الجديد :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

حيث: الدليل (1) : يمثل تركيز الحمض قبل الإضافة

والدليل (2) : يمثل تركيز الحمض بعد الإضافة

$$0.1 \times 10 = M_2 \cdot 15$$

$$M_2 = [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.1 \times 10 / 15 = 0.07 \text{ mol /L}$$

وتركيز خلات الصوديوم في الحجم الجديد هو :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0.2 \times 5 = M_2 \cdot 15$$

$$M_2 = [\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.2 \times 5 / 15 = 0.07 \text{ mol /L}$$

وبما أن المحلول الموقى المتشكل هو حمض ضعيف مع أحد أملاحه لذلك عند

حساب قيمة pH هذا المحلول نطبق علاقة هندرسن- هايز لباخ :

$$pH = pKa - \log \frac{[Acid]}{[salt]}$$

$$pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.07}{0.07}$$

$$pH = 4.74 - 0 = 4.74$$

مثال (2) :

محلول موقى حجمه 250 مل مؤلف من حمض الخل و خلات الصوديوم وتركيز كل

من مكوناته تساوي إلى 0.35 M ،أضيف إليه محلول من حمض كلور الماء حجمه 30 مل

وتركيزه 0.1M . علماً أن ثابت تأين حمض الخل يساوي 1.8×10^{-5} والمطلوب ما يلي :

- 1- حساب قيمة pH المحلول الموقفي قبل إضافة حمض كلور الماء :
- 2- حساب قيمة pH المحلول بعد إضافة حمض كلور الماء
- 3- حساب قيمة مقدار التغير في قيمة الـ pH المحلول نتيجة هذه الإضافة

الحل :

1- حساب قيمة pH المحلول الموقفي قبل إضافة حمض كلور الماء :

يتم حساب قيمة الـ pH بتطبيق علاقة هندرسن - هايزلباخ :

$$pH = pKa - \log \frac{[Acid]}{[salt]}$$

$$pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.35}{0.35}$$

$$pH = 4.74 - 0 = 4.74$$

2- حساب قيمة pH المحلول بعد إضافة حمض كلور الماء

في هذه الحالة يجب حساب التراكيز الجديدة لمكونات المحلول في الحجم الجديد للمحلول ، حيث أصبح حجم المحلول الكلي يساوي :

$$250 + 30 = 280 \text{ ml}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

حيث الدليل (1) قبل الإضافة

الدليل (2) بعد الإضافة

$$0.35 \times 250 = M_2 \times 280$$

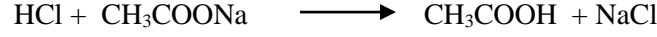
$$M_2 = [CH_3COOH] = [CH_3COONa] = \frac{0.35 \times 250}{280} = 0.3125M$$

وأيضاً يمكن بالطريقة نفسها حساب تركيز حمض كلور الماء في الحجم الجديد:

$$M_2 = \frac{0.1 \times 30}{280} = 0.0107 \text{ mol / L}$$

وبما أن حمض كلور الماء المضاف سوف يتفاعل مع خلات الصوديوم كما في

المعادلة التالية :



وبالتالي تستهلك كمية من خلات الصوديوم تكافئ كمية حمض كلور الماء المضاف ويتشكل نتيجة لذلك كمية من حمض الخل تكافئ كمية حمض كلور الماء المضاف أيضاً .
بعد التفاعل تصبح تراكيز المكونات كالتالي :

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.3125 - 0.0107 = 0.3018 \text{ mol /L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.3125 + 0.0107 = 0.3232 \text{ mol /L}$$

بالتالي تصبح قيمة الـ pH بعد الإضافة هي :

$$\text{pH} = \text{pKa} - \log \frac{[\text{Acid}]}{[\text{salt}]}$$

$$\text{pH} = -\log(1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.3232}{0.3018}$$

$$\text{pH} = 4.74 - 0.03 = 4.71$$

3- حساب مقدار التغير في قيمة الـ pH نتيجة الإضافة :

$$\Delta \text{pH} = 4.74 - 4.71 = 0.03$$

أي يلاحظ أن التغير في قيمة الـ pH هي طفيفة للغاية .

مثال (3) :

محلول من حمض النمل (HCOOH) تركيزه 2N وحجمه 100 مل، وأضيف إليه 30 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.5 N وذلك بغية تحضير محلول موقفي والمطلوب :

أ- حساب قيمة pH المحلول الموقفي الناتج .

ب- حساب مقدار التغير في قيمة الـ pH عند إضافة 20 مل من محلول حمض كلور الماء تركيزه 0.1 N إلى المحلول السابق ، علماً أن ثابت تأين حمض الخل يساوي إلى 2×10^{-4} .

الحل :

أ- حساب قيمة PH المحلول الموقى الناتج :

بداية لابد من حساب حجم حمض النمل المتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم :

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

حيث الدليل (1) : لحمض النمل

الدليل (2) : لهيدروكسيد الصوديوم

$$2 \times V_1 = 1.5 \times 30$$

أي حجم الحمض المتفاعل هو :

$$V_1 = 22.5 \text{ ml}$$

بالتالي حجم الحمض غير المتفاعل :

$$100 - 22.5 = 77.5 \text{ ml}$$

ولنحسب تركيز حمض النمل غير المتفاعل بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم أي في الحجم الجديد:

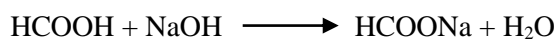
$$100 + 30 = 130 \text{ ml}$$

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$2 \times 77.5 = N_2 \times 130$$

$$N_2 = [\text{CHOOH}] = 1.19$$

أما تركيز الملح المتشكل عن التفاعل يحسب بالشكل التالي :



أي تركيز الملح المتشكل من نمولات الصوديوم يساوي عملياً تركيز هيدروكسيد الصوديوم المتفاعل ولنحسب تركيزه في الحجم الجديد :

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$1.5 \times 30 = N_2 \times 130$$

$$N_2 = [\text{NaOH}] = [\text{HCOONa}] = \frac{1.5 \times 30}{130}$$

$$[\text{HCOONa}] = 0.346$$

وبالتالي المحلول الموقى المتشكل هو حمض النمل HCOOH مع نمالات الصوديوم CHCOONa . وتحسب قيمة pH المحلول الناتج من علاقة هندرسن - هايزلباخ :

$$\text{pH} = \text{pKa} - \log \frac{[\text{Acid}]}{[\text{salt}]}$$

$$\text{pH} = -\log(2 \times 10^{-4}) - \log \frac{1.19}{0.346}$$

$$\text{pH} = 3.16$$

ب- حساب مقدار تغير الـ PH عند إضافة محلول حمض كلور الماء :

إن الحجم الكلي الناتج عن إضافة حمض كلور الماء إلى المحلول الأصلي أصبح
يساوي $130 + 20 = 150 \text{ ml}$

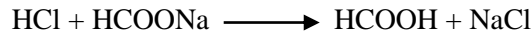
بالتالي يجب حساب تركيز حمض كلور الماء في الحجم الجديد :

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$0.1 \times 20 = N_2 \times 150$$

$$N_2 = [\text{HCl}] = 0.0133$$

وبما أن حمض كلور الماء سوف يتفاعل من نمالات الصوديوم :



بالتالي سوف تستهلك كمية من نمالات الصوديوم تكافئ كمية حمض كلور الماء المضاف ويتشكل نتيجة لذلك كمية من حمض النمل تكافئ كمية حمض كلور الماء المضاف أيضاً . وهكذا بعد التفاعل تصبح تراكيز المكونات كالتالي:

$$[\text{HCOONa}] = [\text{salt}] = 0.346 - 0.0133 = 0.3327 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HCOOH}] = [\text{acid}] = 1.19 + 0.0133 = 1.2 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض في علاقة هندرسن - هايزلباخ نجد :

$$\text{pH} = \text{pKa} - \log \frac{[\text{Acid}]}{[\text{salt}]}$$

$$\text{pH} = -\log(2 \times 10^{-4}) - \log \frac{1.2}{0.3327}$$

$$\text{pH} = 3.14$$

ويحسب مقدار التغير في قيمة الـ pH نتيجة الإضافة :

$$\Delta\text{pH} = 3.16 - 3.14 = 0.02$$

يلاحظ أن التغير في قيمة الـ pH طفيف .

مثال (4) :

- محلول من حمض الخل وخلات الصوديوم تركيز كل من مكوناته هي 0.1 M وحجمه (1) ليتر ، علماً أن ثابت تأين حمض الخل يساوي 1.76×10^{-5} والمطلوب حساب ما يلي:
- 1- قيمة pH المحلول الموقى السابق .
 - 2- قيمة تغير pH المحلول عند إضافة 0.01 M من حمض كلور الماء .
 - 3- قيمة تغير pH المحلول عند إضافة 0.01 M من هيدروكسيد الصوديوم
 - 4- حساب قيمة pH المحلول عند تمديده مئة مرة بالماء المقطر .

الحل :

1- حساب قيمة PH المحلول الموقى قبل إضافة أي محلول آخر له :

$$\text{pH} = \text{pKa} - \log \frac{[\text{Acid}]}{[\text{salt}]} \quad (1)$$

$$\text{pH} = -\log(1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.1}{0.1}$$

$$\text{pH} = 4.75$$

2- حساب قيمة pH المحلول عند إضافة حمض كلور الماء :

يتفاعل حمض كلور مع كمية مكافئة من خلالات الصوديوم وتتشكل كمية مكافئة له من حمض الخل وفق التفاعل التالي :



$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.1 - 0.01 = 0.09 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.1 + 0.01 = 0.11 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض في العلاقة رقم (1) نجد :

$$\text{pH} = -\log (1.76 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.11}{0.09}$$

$$\text{pH} = 4.663$$

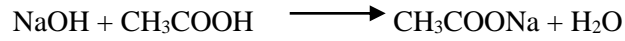
وبالتالي قيمة التغير في الـ pH :

$$\Delta\text{pH} = 4.75 - 4.663 = + 0.08$$

3- حساب قيمة pH المحلول عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم :

تتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كمية مكافئة من حمض الخل وتتشكل كمية مكافئة لها من

خلات الصوديوم وفق التفاعل التالي :



$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.1 - 0.01 = 0.09 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.1 + 0.01 = 0.11 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض في العلاقة (1) نجد :

$$\text{pH} = -\log (1.76 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.09}{0.11}$$

$$\text{pH} = 4.837$$

وبالتالي قيمة التغير في الـ pH :

$$\Delta\text{pH} = 4.75 - 4.837 = - 0.08$$

4- حساب قيمة PH المحلول عند تمديده مئة مرة بالماء المقطر :

لنحسب تركيز كل من حمض الخل وخلات الصوديوم في الحجم الجديد :

لنفرض أن الحجم قبل التمديد هو V_1 فيصبح الحجم بعد التمديد $100 V_1$:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

حيث : الدليل (1) : قبل التمديد

الدليل (2) : بعد التمديد

$$0.1 \times V_1 = M_2 (100 V_1)$$

$$M_2 = 0.001 \text{ mol/L}$$

أي أن التركيز في الحجم الجديد للمكونات هو :

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.001 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض في العلاقة رقم (1) نجد :

$$\text{pH} = -\log (1.76 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.001}{0.001} = 4.75$$

نلاحظ من جراء تمديد المحلول 100 مرة بقيت قيمة pH المحلول ثابتة.

مثال (5)

حضر محلولاً موقياً من حمض الخل و خلات الصوديوم بحيث تكون قيمة pH المحلول الموقى الناتج يساوي pH = 5 ، علماً أن $\text{pka} = 4.73$ لحمض الخل.

الحل :

تعطى قيمة pH المحلول الموقى الحمضي بالعلاقة :

$$\text{pH} = \text{pKa} - \log \frac{[\text{Acid}]}{[\text{salt}]}$$

و بالتعويض نجد :

$$5 = 4.73 - \log \frac{Ca}{Cs}$$

$$-\log \frac{Ca}{Cs} = 0.27$$

$$\frac{Cs}{Ca} = 10^{0.27} = 1.862$$

ثم نختار لا على التعيين تركيزاً لحمض الخل في المزيج وليكن $Ca = 0.1\text{M}$ وفيه يمكن حساب تركيز خلات الصوديوم في المزيج للحصول على قيمة $\text{pH} = 5$ ويكون مساوياً :

$$Cs = Ca \times 1.862$$

$$Cs = 0.1 \times 1.862 = 0.1862 \text{ mol/L}$$