

## التركيز المولي لمحلول

### مؤشرات الكفاءة

- يعين التركيز المولي لمحلول.
- يصف بدقة جملة كيميائية.
- يوظف جدول تقدم التفاعل الكيميائي المنذج كوسيلة لتقديم حصيلة المادة.
- يوظف برمجيات الإعلام الآلي لمتابعة تطور جملة كيميائية.

## خطوات سير الدرس

١- المحلول المائي

٢- طبيعة المحلول المائي

٣- مميزات المحلول : تجارب - أمثلة

٤- التركيز الكتلي والمولي لمحلول

٥- المحلول الممدد

- مثال

أ-المحلول الممدد ١٠/١ مثال

ب- المحلول الممدد ١٠٠/١ مثال

٦- أسئلة التصحيح الذاتي

٧- أجوبة التصحيح الذاتي

تمارين

## التركيز المولي لمحلول مائي

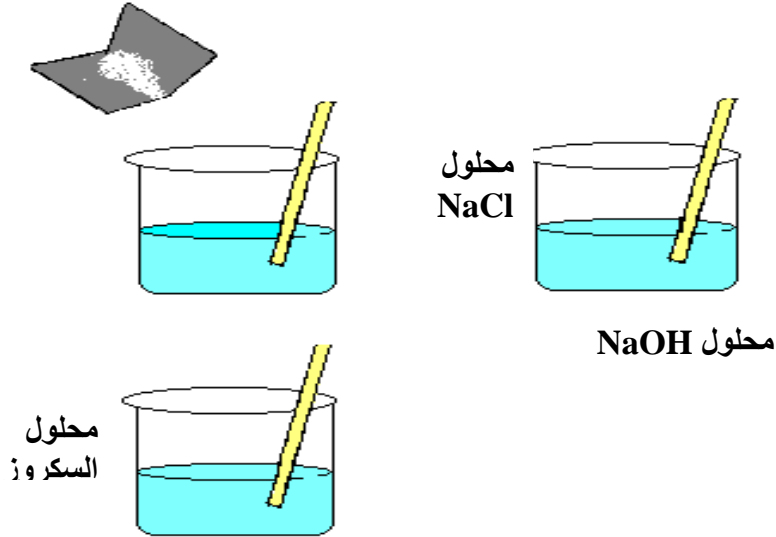
### ١- المحلول المائي :

نتحصل على المحلول المائي ، بإذابة كمية من المذاب (المادة المنحلة) في حجم من المذيب (المكون الغالب في المحلول ) والذي يمثل الماء . حيث أن المذاب و المذيب هما جسمان نقيان ، و المحلول المتحصل عليه هو خليط من الجسمين النقيين ، قد يكون المذاب جسم صلب أو سائل أو غاز .  
فإذا كانت المادة المذابة قليلة كان المحلول مخففا ، وإذا كانت هذه الكمية كبيرة كان المحلول مركزا ، وإذا زدنا هذه الكمية و لم تنحل يصبح المحلول مشبعاً .

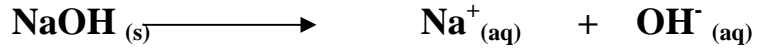
### ٢- طبيعة المحلول المائي :

#### تجربة :

نضع في ٤ كؤوس  $50 \text{ cm}^3$  من الماء المقطر ، ونضيف الى هذه الكؤوس أجسام نقية مختلفة بحيث يكون لها نفس عدد المولات (0.05 mole) ، ولتكن هذه الأجسام : ملح الطعام NaCl ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، السكر ،  
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  ، حصلنا على كتلتها باستعمال الميزان لالكتروني  
وحمض الكبريت  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ، كما بالشكل :  
تتحطم بلورات الصوديوم وتذوب في الماء حسب المعادلة التالية :



كما تتحلل حبيبات هيدروكسيد الصوديوم في الماء حسب المعادلة التالية :



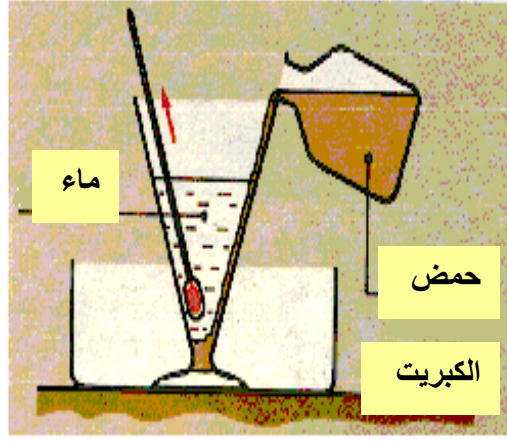
لكن حمض الكبريت الذي هو سائل خطير لا يمكن وزنه لكن القارورة التي

يحتويها عليها بطاقة تعين كثافته بالنسبة للماء وتساوي ١,٨٣ اذن كتلته

الحجمية هي :  $\rho = 183 \text{ g/cm}^3$  ، والحجم المرافق انفس كمية مادة الأجسام

الأخرى هو  $2.7 \text{ cm}^3$  والذي يوافق الكتلة 4.9 g . وتكون المعادلة الكيميائية

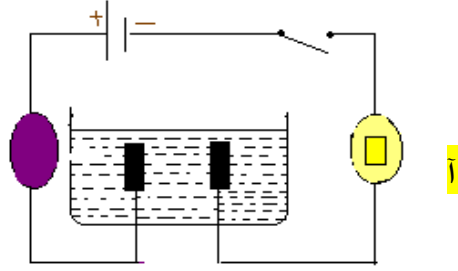
لاتحلاله في الماء هي :



يجب اضافة الحمض للماء البارد دائما ، وبحذر ، وليس العكس ، التمديد يكون ناشر للحرارة .



نعلم أنه في المحلول المائي الاكترونات لا تبقى في حالتها الحرة : والتيار الكهربائي يمر بفضل حركة الشوارد ، فكل المحاليل الناقلة للتيار الكهربائي تحتوي على شوارد ، سواء كان المذاب جسم شاردي مثل كلور الصوديوم NaCl ، أو جسم جزيئي مثل حمض الكبريت  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ، أما محلول السكر ، فالمذاب يبقى في حالة جزيئات لذلك فهو غير ناقل للتيار الكهربائي ، لأن الجزيئات تكون متعادلة كهربائيا (غير مشحونة) لذلك فهي غير قادرة على نقل التيار الكهربائي . والشكل التالي يسمح بتعيين المحاليل الجزيئية من الشاردية ، أو يعين المحاليل الناقلة للكهرباء من غير الناقلة .

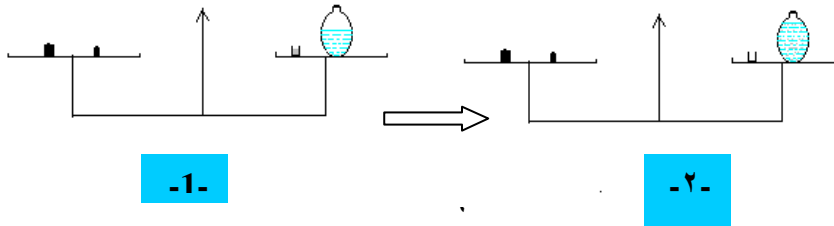


نتيجة : يكون للمحلول المائي بنية اما شاردية أو جزيئية .

٣- مميزات محلول مائي:

أ- تجرية :

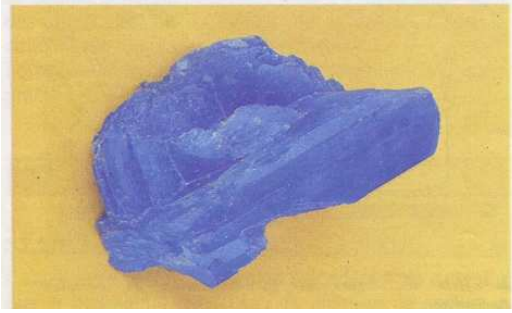
نأتي بكمية من الماء وكمية من الملح و نزنهما ، ثم نمزج الملح مع الماء ،  
لنشكل محلول ، ثم نعيد وزنهما ، فماذا نلاحظ ؟  
نلاحظ أن كتلة الملح مع الماء لا تتغير ، أما حجم المحلول (ماء + ملح ) فيتغير .



**نتيجة :** خلال عملية الذوبان، تبقى كتلة المحلول محفوظة ، أما حجمه فيمكن أن يتغير بصفة عامة ، أما من أجل التغيرات الصغيرة يمكن اعتباره ثابت .

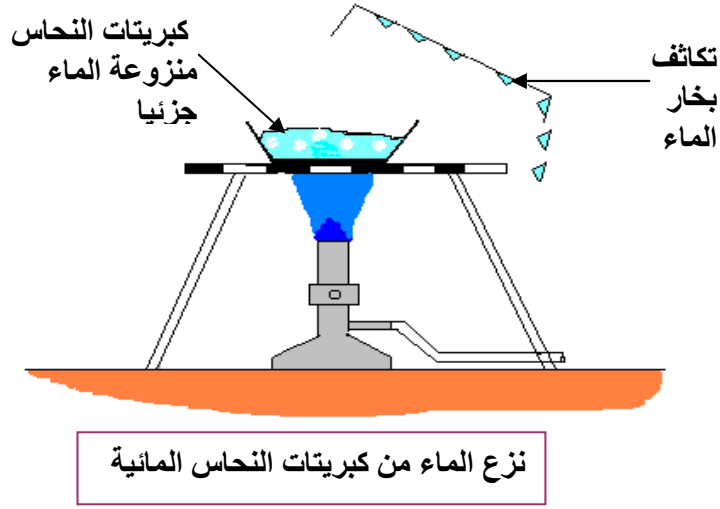
ب- قد يكون للمحلول المائي لون مميز ، وهذا يرجع للشوارد المتواجدة به  
**مثال :**

محلول كبريتات النحاس الثنائي ذي اللون الأزرق الذي يرجع لوجود الشوارد  $Cu^{2+}$  ، فصيغته الكيميائية هي  $Cu^{2+} + SO_4^{2-}$  . في الحالة الصلبة تكون كبريتات النحاس الثنائي بشكل بلورات زرقاء اللون صيغتها الكيميائية  $(CuSO_4 \cdot 5H_2O)$



و تدعى كبريتات النحاس المائية ،  
و بالتسخين الحراري تصبح  
مسحوقا أبيض مائل الى الرمادي

هو عبارة عن كبريتات النحاس اللامائية  $CuSO_4$  ، يكفي اضافة قطرات من الماء لتعود من جديد زرقاء .

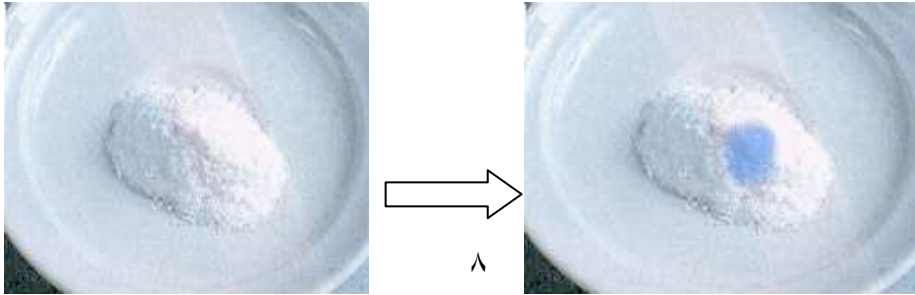


يمكن الكشف عن وجود الماء في بعض المواد باستعمال كبريتات النحاس

. اللامائية  $\text{CuSO}_4$

مثال :

نضع قطعة صغيرة من التفاح على مسحوق كبريتات النحاس اللامائية أو العكس ،  
فيظهر اللون الأزرق دلالة على وجود الماء في التفاح .



كبريتات النحاس اللامائية

اضافة قطرات مائية الى  
كبريتات النحاس



- \* وهناك محاليل أخرى تتميز بلون خاص يرجع لوجود نوع من الشوارد أهمها :
- اللون الأخضر الفاتح للمحلول يرجع لوجود شوارد الحديد الثنائي  $Fe^{+2}$  المائية
  - اللون الأصفر الصدئي للمحلول يرجع لوجود شوارد الحديد الثلاثي المائية
  - $Fe^{+3}$  . اللون الوردي يرجع لوجود شوارد الكوبلت  $Co^{2+}$  المائية .
  - اللون الأخضر يرجع لوجود شوارد النيكل  $Ni^{2+}$  المائية .
  - اللون البنفسجي يرجع لوجود شوارد البرمنغنات  $MnO_4^-$  .
  - اللون البرتقالي يرجع لوجود شوارد البيكرومات  $Cr_2O_7^{-2}$  .
- جـ/ لكل محلول مائي تركيز كتلي ، وتركيز مولي .

٥- التركيز الكتلي والمولي لمحلول :

١/ تجربة :

نضع 10ml من الماء المقطر في أنبوب اختبار ، نضيف إليها 1g من  $CuSO_4$  (كبريتات النحاس) ، مع المزج . نأخذ كمية من المحلول المحصل ، ونضعها في دورق و نكملها بالماء المقطر الى 100ml . ما الفرق بين لوني المحلولين ، الابتدائي و النهائي ؟

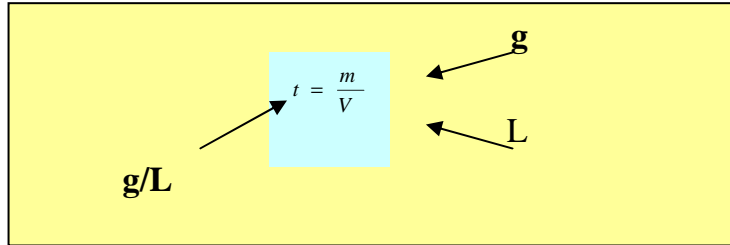
المحلول الابتدائي أكبر تركيز لأن اللون الأزرق فيه أشد .

**نتيجة :** تركيز المحلول يتناسب طرذا مع كمية المادة المذابة .

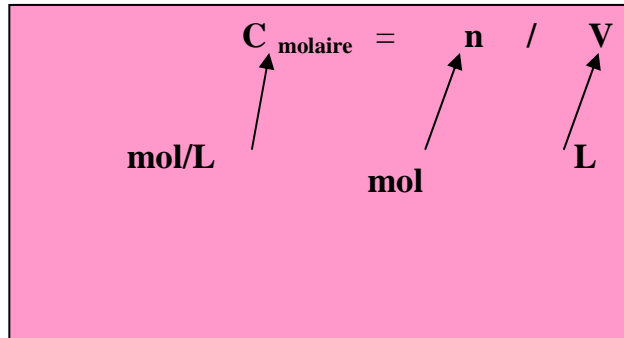
٢/ تجربة : نأخذ الآن ٣ كؤوس تحتوي على حجوم مختلفة من الماء (50ml.100ml. 200ml) ، ثم نذيب فيها نفس الكتلة  $m=10g$  من  $CuSO_4$  . ماذا نلاحظ ؟ وماذا نستنتج ؟  
الكأس الذي يحتوي أصغر حجم من المحلول يتميز بلون أزرق أشد .

نتيجة : تركيز المحلول يتناسب عكسا مع حجم المحلول .

ملاحظة : نرمز للتركيز الكتلي لمحلول بالرمز  $C_{massique}$  أو  $t$  .



\* ونرمز للتركيز المولي لمحلول بالرمز  $C_{molaire}$  ، وهو يعبر عن كمية المادة الموجودة في وحدة الحجم (L) .



حيث  $n$  هو كمية المادة ، وحدتها المول ( mol ) .

V هو حجم المحلول وحدته اللتر ( L ) .

وإذا كان عدد المولات n هو :  $n = m/M$  تصبح العلاقة السابقة :

$$C_{\text{molaire}} = n / V \rightarrow C_{\text{molair}} = m / M V$$

وإذا كان المذاب في الحالة الغازية يكون عدد المولات :

$$n = v'/v_m$$

حيث v' هو حجم الغاز  $v_m$  هو الحجم المولي للغازات في الشروط النظامية

. ويصبح القانون :

$$C = \frac{v'}{v_m} \frac{V}{L}$$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$        $\text{L}$        $\text{L} / \text{mol}$        $\text{L}$

وندعو التركيز المولي أيضا بـ المولارية ، وهي أيضا عدد المولات لوحدة

الحجوم للمحلول بأنواعه الكيميائية . فمن أجل النوع الكيميائي X ، يكون

التركيز المولي أو المولارية :  $C_x$  أوضع صيغة النوع الكيميائي بين حاضنتين :

[X]

مثال ١ : لدينا كتلة من كلور الصوديوم NaCl قدرها 5.85 g ، نحلها في مقدار  $250\text{cm}^3$  من الماء المقطر .

أ- أحسب كمية المادة الموجودة في هذا الحجم ؟ ثم استنتج التركيز الكتلي

والتركيز المولي لهذا الملح ؟

ب- أحسب مولارية المحلول بـ الشوارد  $\text{Na}^+$  .  $\text{Cl}^-$  ؟

تعطى :  $\text{Na} = 23\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$M_{Cl} = 35.5 \text{ g.mol}^{-1}$$

### الحل

أ- نحسب كمية المادة :

$$n = m/M$$

$$= 5.85/58.5$$

$$n = 0.1 \text{ mol}$$

فيكون التركيز الكتلي لهذا المحلول :

$$C_{\text{mass}} = m/v$$

$$C = 5.85/0.250 = 23.4 \text{ g.L}^{-1}$$

وأيضاً التركيز المولي للمحلول (المولارية)

$$[NaCl] = n/v$$

$$= 0.1/0.250$$

$$= 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

ب- حساب مولارية المحلول بالشوارد : لدينا من معادلة الانحلال في الماء



١مول من الملح NaCl يعطي مولا واحدا من شوارد الصوديوم  $Na^+$  ، ومولا

واحدا من شوارد الكلور  $Cl^-$  . لهذا يكون :

$$C_{Na^+} = C_{Cl^-} = C_{NaCl} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

### مثال ٢ :

نذيب كتلة قدرها 1g من مركب كلور الكالسيوم في  $100 \text{ cm}^3$  من الماء المقطر .

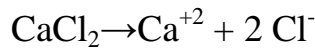
أ- أكتب معادلة الانحلال في الماء .

ب- أحسب مولارية المحلول بالمادة المذابة ، ثم استنتج مولاريتته بشوارد

الكالسيوم ، و شوارد الكلور .

### الحل

أ- معادلة الانحلال :



$$1 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol} \quad 2 \text{ mol}$$

ويكون التركيز المولي للمحلول :

$$C_{CaCl_2} = n/v = m/Mv = 1 / (40 + 2 \times 35.5) \times 0.1$$

$$= 0.09 \text{ mol.l}^{-1}$$

لكن لدينا من المعادلة :  $[CaCl_2] = C_{Ca^{+2}} = 1/2 C_{Cl^-}$

$$C_{Ca^{+2}} = 0.09 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$C_{Cl^-} = 2 \cdot C_{Ca^{+2}}$$

$$= 2 \times 0.09$$

$$= 0.18 \text{ mol.L}^{-1}$$

علاقة التركيز المولي بالتركيز الكتلي :

$$C = \frac{t}{M} \quad : \quad \text{ومنه نستنتج أن} \quad C = \frac{m}{Mv} \quad , \quad t = \frac{m}{v}$$

### 5 - المحلول الممدد

كيف يتم تحضير محلول بتركيز معين وتمديده ؟

**مثال :** يوجد الصود الكاوي في المخبر بشكل أقراص بيضاء ، وهو مادة شرهة جدا للماء ، ولهذا لا نتركه معرضا للهواء الجوي ، لأنه يمتص بسهولة بخار الماء الموجود به . وهذه الخاصية للصود الكاوي تجعله يستعمل في تجفيف بعض المواد وعلى الأقل التي لا تتفاعل معه . كما يلاحظ عند وضع حبة من هذه المادة بين الأصابع فانها ستتلف الغشاء الجلدي وتظهره حروق . لهذا سمي بـ الصود الكاوي ونفس الملاحظات بالنسبة للبتواس الكاوي .

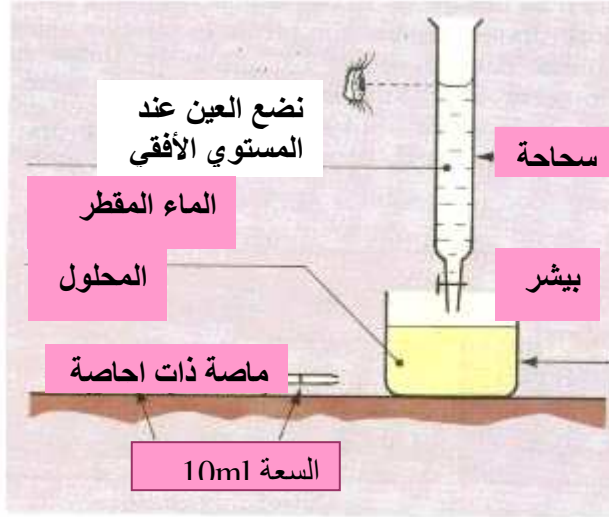


الى اليمين أقراص الصود الكاوي و  
الى اليسار بلورات البتواس الكاوي

\* نريد تحضير محلول للصود مولارته

$$: 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

من القوانين المدروسة سابقا ، تكون كتلة الصود الكاوي الواجب استعمالها هي 0.4g ونحصل عليها مخبريا بواسطة الميزان الالكتروني .  
 - نأخذ حوجلة عيارها 1L، ونضع فيها  $100\text{cm}^3$  من الماء المقطر بواسطة ماصة عيارية مزودة باجاصة المص ، أو بواسطة سحاحة مدرجة ، مع قراءة الحجم أفقيا .- وبعد الرج نكمل الحجم الى لتر واحد بواسطة الماء المقطر ، ثم نسد الحوجلة



- الآن نقوم بتمديد المحلول المحصل عليه سابقا بدون أن ننسى مميزاته (  $V = 1\text{L}$  ،  $C_{\text{NaOH}} = 0.1\text{mol/L}$  ) ، وذلك بإضافة الماء المقطر اليه للحصول على محلول جديد له تركيز جديد  $C'$  أصغر من  $C$  .  
 بعد عملية التخفيف أو التمديد ، يبقى عدد المولات المذابة في المحلول ثابتة لا تتغير. فإذا كان حجم المحلول الجديد هو  $V'$  ، يمكن أن نستنتج أن :

$$CV = C'V' \quad \text{ومنه} \quad n = n'$$

مثال : نحضر محلولاً للصود باذابة كتلة  $m$  من الصود النقي في  $50 \text{ cm}^3$  من الماء ، فنحصل على محلول مولارته بالشوارد  $\text{Na}^+$  هي  $0.2 \text{ mol / L}$   
أ- ماهي قيمة الكتلة  $m$  ؟

ب- نضيف الى  $20 \text{ cm}^3$  من المحلول السابق  $30 \text{ cm}^3$  من الماء المقطر . ما ذا تصبح مولارية المحلول الجديد بالشوارد  $\text{OH}^-$  ؟

الحل



من تساوي عدد المولات يكون :

$$\text{ومنه } n_{\text{NaOH}} = n_{\text{Na}^+} = n_{\text{OH}^-}$$

$$[\text{NaOH}] = [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = 0.2 \text{ mol/l}$$

$$[\text{NaOH}] = m / M V \rightarrow m = [\text{NaOH}] \cdot M \cdot V$$

$$m = 0.2 \times 40 \times 0.050$$

$$m = 0.4 \text{ g}$$

ب-

عدد مولات الصود الموجود في  $20 \text{ cm}^3$  من المحلول هي :

$$n = CV_1 = 0.2 \times 0.02 = 0.004 \text{ mol}$$

لنطبق الآن قانون التخفيف :

$$CV_1 = C'V' \rightarrow 0.004 = C' \times 0.050$$

$$\rightarrow C' = 0.004 / 0.050$$

$$C' = 0.08 \text{ g/L}$$

المحلول الممدد 1 / 10 :

نريد تحضير محلول للصود تركيزه المولي  $C' = C / 10$  انطلاقاً من

المحلول المحضر سابقاً في الفقرة ٥ ، أي تمديده ١٠ مرات .

$$\text{ندعو معامل التمديد } \delta \text{ حيث : } \frac{C'}{C} = \delta$$

نأخذ حجما  $V_1$  من المحلول السابق فهو يحتوي على كمية المادة  $n = CV_1$ ، ثم نضيف إليها حجم  $V$  من الماء المقطر لنحصل على محلول جديد حجمه  $V' = V + V_1$  أي أن كمية المادة لا تتغير . و بالتالي  $n' = C'V'$  ، وبما أن:

$$n' = n \Rightarrow CV_1 = C'V' \\ = C'(V + V_1)$$

وبالقسمة على  $C'$  نحصل على:

$$C/C' = 10 \quad \text{لكن لدينا } C/C' \cdot V_1 = C'/C' \cdot V + C'/C' \cdot V_1$$

$$V = 9 V_1 \quad \text{وتمثل } V \text{ حجم الماء المقطر المضاف لحجم } V_1 \text{ من المحلول}$$

مثال : محلول ملحي تركيزه المولي هو  $0.5 \text{ mol/L}$  نأخذ منه حجما قدره  $50 \text{ cm}^3$  ونقوم بتمديده ١٠ مرات .

أ- كم يكون التركيز الجديد للمحلول  $C'$  ؟

ب- ما هو حجم الماء المقطر المضاف ؟

الحل

$$C' = C / 10 \quad \text{أ -}$$

$$C' = 0.5 / 10 = 0.05 \text{ mol/L}$$

ب - حجم الماء المضاف  $V = 9 V_1$

$$= 9 \times 0.050 = 0.45 \text{ L} = 450 \text{ cm}^3$$

### المحلول الممدد 1 / 100

و بالمثل إذا أردنا تحضير محلول ممدد ١٠٠ مرة المحلول الابتدائي نتبع نفس

الخطوات ، فيكون معامل التمديد  $\frac{C}{C'} = 100 = \delta$  ومنه

$$V = 90 \cdot V_1 \quad \text{وهو حجم الماء المضاف للحجم } V_1 \text{ من المحلول}$$



**مثال :** نحضر محلولاً للصدود بالقاء قطعة من الصوديوم كتلتها 11,5 g في 500cm<sup>3</sup> من الماء المقطر .

أ- ماهو حجم الهيدروجين المنطلق في الشرطين النظاميين ؟

ب- احسب مولارية المحلول الناتج بالشوارد  $Na^+$  .  $OH^-$  ؟

ج- نأخذ مقدار 10cm<sup>3</sup> من المحلول السابق ونمددها 100 مرة .

\* كم يكون تركيز المحلول الجديد ؟

\* ما هو حجم الماء المقطر المضاف للحصول على هذا المحلول ؟

### الحل

أ- معادلة التفاعل الحادث :  $2 Na + 2H_2O \rightarrow 2 NaOH + H_2$

46g

22.4 l

11.5 g

V

$$\rightarrow V = 11.5 \times 22.4 / 46$$

$$V = 5.6L$$

ب -

Na من 46 g  $\longrightarrow$  NaOH من 2mol

11.5 g  $\longrightarrow$  x

وتمثل كمية الصدود الناتج  $\rightarrow X = 11.5 \times 2 / 46 = 0.5 \text{ mol}$

و لدينا  $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

$$[NaOH] = [Na^+] = [OH^-]$$

500cm<sup>3</sup>  $\longrightarrow$  0.5 mol

1000 cm<sup>3</sup>  $\longrightarrow$  X

$$\rightarrow X = 0.5 \times 1000 / 500 \\ = 1 \text{ mol L}^{-1}$$

$$C' = C / 100 = 1 / 100 = 0.01 \text{ mol L}^{-1} \quad \text{المحلول المخفف تركيزه}$$

$$V = 90 \cdot V_1 \quad \text{حجم الماء المضاف هو} \\ = 90 \times 0.01 = 0.9 \text{ L} = 900 \text{ cm}^3$$

### أسئلة التصحيح الذاتي :

١- هيدروكسيد الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  و هيدروكسيد البوتاسيوم KOH هما مركبان شارديان .

- أكتب معادلة انحلال كل منهما في الماء ؟

- نحضر محلول  $\text{Ca(OH)}_2$  ، بإذابة 500mg من هذا المركب في حجم قدره 100mL من الماء .

ماهي التراكيز المولية للشوارد الموجودة به ؟

- نضيف للحجم السابق 80 mg من KOH الصلب .

احسب التراكيز المولية للشوارد في المحلول الجديد .

تعطى الكتل المولية الذرية (g/mol) :  $\text{Ca} = 40$  ;  $\text{K} = 39$

٢- ماهي كتلة  $\text{CuSO}_4$  الواجب استعمالها لتحضير 100 mL من محلول

كبريتات النحاس تركيزه المولي 0.1 mol/L ؟ تعطى  $\text{Cu} = 63.5 \text{ g/mol}$

## أجوبة التصحيح الذاتي

$$\text{Ca(OH)}_2 = 74 \text{ g/mol} \quad \text{حساب الكتل المولية}$$

$$\text{KOH} = 56 \text{ g/mol}$$

عدد المولات الموجودة في 0.1L هي :

$$m/M = 0.05 / 74 = 6.75 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

ويكون تركيز  $\text{OH}^-$  في المحلول :  $[\text{Ca}^{2+}] = 6.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[\text{OH}^-] = 2 \cdot 6.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 1.35 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

بعد اضافة KOH

$$n = 0.08 / 56 = 1.43 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{K}^+] = 1.43 \cdot 10^{-3} / 0.1 = 1.43 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = (1.35 \cdot 10^{-2} \cdot 0.1 + 1.43 \cdot 10^{-3}) / 0.1 = 2.78 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$m = C \cdot MV \quad -٢$$

$$m = 0.1 \times (63.5 + 32 + 16.4 + 5 \times 18) \cdot 0.1 = 2.495 \text{ g}$$

### تمارين للحل

- ١- حمض الكبريت سائل لزج شديد الاتحلال في الماء ، محلوله يستعمل كمتحلل في المدخرات الرصاصية المستعملة في بطاريات السيارات . التركيز المولي لهذا المحلول هو 6mol/L معادلة انحلاله في الماء هي :
- $$\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{liq}) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$$
- أحسب تركيز المحلول بالشوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  ،  $\text{SO}_4^{2-}$  ؟
- كيف يمكن الحصول على 500mL من المحلول ، اذا كان  $[\text{SO}_4^{2-}] = 1 \text{ mol/L}$  ؟
- كيف نحصل على 500mL من المحلول ، اذا كان  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.02 \text{ mol/L}$
- ٢- محلول لكلور النحاس  $\text{CuCl}_2$  ذو التركيز 0.1mol/L . ماهو التركيز المولي لهذا المحلول بالشوارد  $\text{Cu}^{2+}$  .  $\text{Cl}^-$  ؟
- ٣- شكرا عزيزي الطالب لاعطائي الصيغ الجزيئية للمركبات التالية :
- نترات الكالسيوم - كبريتات الأمونيوم - كربونات الصوديوم - كلور المغنزيوم