التركيز المولي لمحلول

مؤشرات الكفاءة:

يعين التركيز المولي لمحلول.

- يصف بدقة جملة كيميائية.
- يوظف جدول تقدم التفاعل الكيميائي المنمذج كوسيلة لتقديم حصيلة المادة.
- يوظف برمجيات الإعلام الآلي لمتابعة تطور جملة كيميائية.

تصميم الدرس

1- المحلول المائي

2- طبيعة المحلول المائي

3- مميزات المحلول : تجارب – أمثلة

4- التركيز الكتلي والمولي لمحلول

5 المحلول الممدد

6- أسئلة التصحيح الذاتي

7- أجوبة التصحيح الذاتي

8- تمارين

• المحلول المائي :

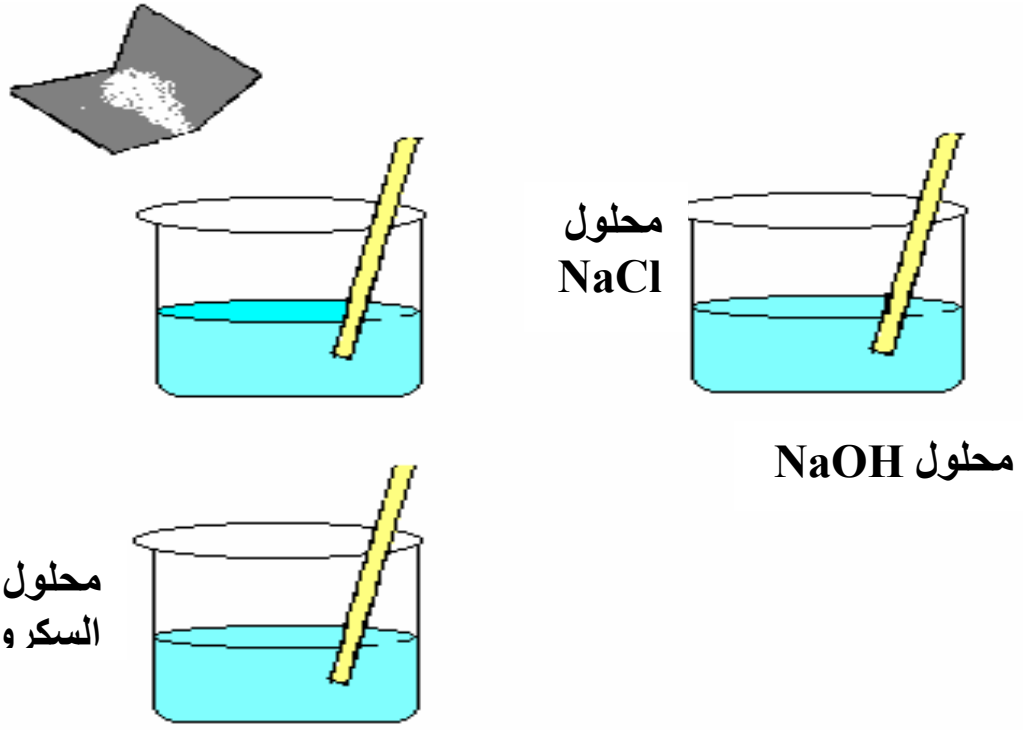
نتحصل على المحلول المائي ، باذابة كمية من المذاب(المادة المنحلة) في حجم من المذيب(المكون الغالب في المحلول) والذي يمثل الماء . حيث أن المذاب و المذيب هما جسمان نقيان ، و المحلول المتحصل عليه هو خليط من الجسمين النقيين ، قد يكون المذاب جسم صلب أو سائل أو غاز .
فإذا كانت المادة المذابة قليلة كان المحلول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

• طبيعة المحلول المائي :

تجربة :

نضع في 4 كؤوس $50\ cm^3$ 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 ، السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، حصلنا على كتلها باستعمال الميزان لالكتروني وحمض الكبريت H_2SO_4 ، كما بالشكل :

تتحطم بلورات الصوديوم وتذوب في الماء حسب المعادلة التالية :

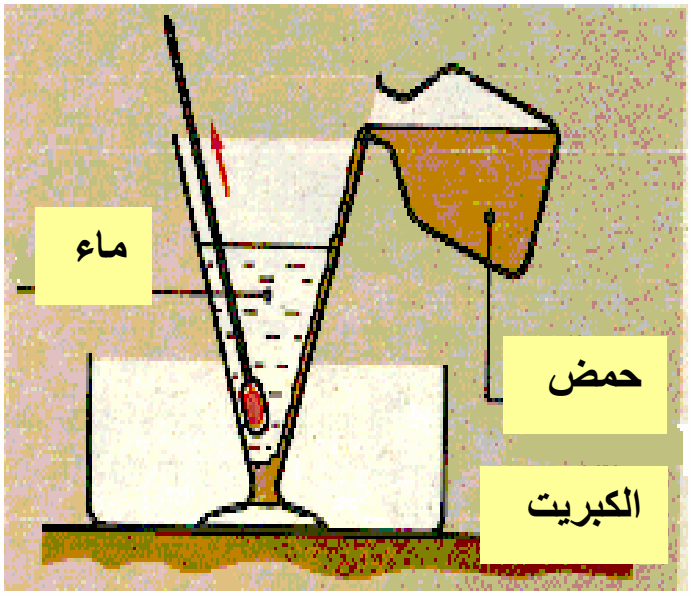


$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

كما تنحل حبيبات هيدروكسيد الصوديوم في الماء حسب المعادلة التالية :

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

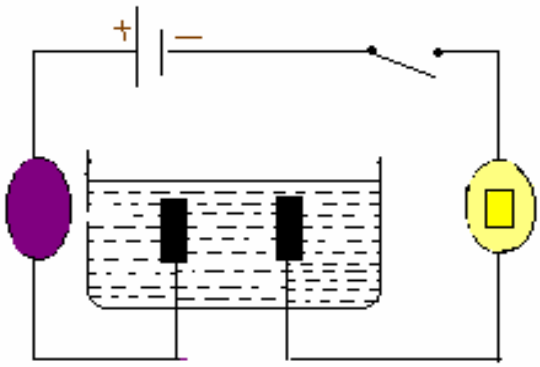
لكن حمض الكبريت الذي هو سائل خطير لا يمكن وزنه لكن القارورة التي يحتويها عليها بطاقة تعين كثافته بالنسبة للماء وتساوي 1.83 اذن كتلته الحجمية هي : $\rho=183\ g/cm^3$ ، والحجم المرافق لنفس كمية مادة الأجسام الأخرى هو $2.7\ cm^3$ والذي يوافق الكتلة 4.9 g . وتكون المعادلة الكيميائية لانحلاله في الماء هي :



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

$$H_2SO_{4\,(L\ )} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

نعلم أنه في المحلول المائي الالكترونات 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 H_2SO_4، أما محلول السكروز ، 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 .



آ

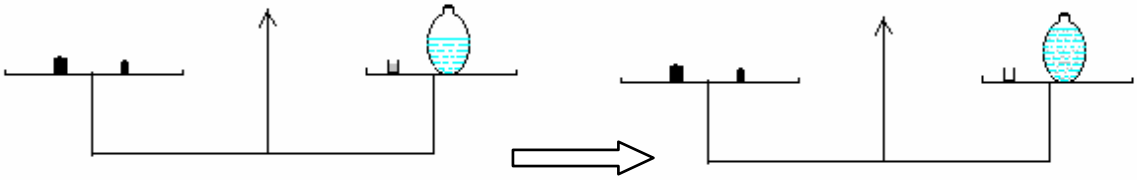
نتيجة : يكون للمحلول المائي بنية اما شاردية أو جزيئية .

• مميزات محلول مائي:

أ- <u>تجربة</u> :

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 .



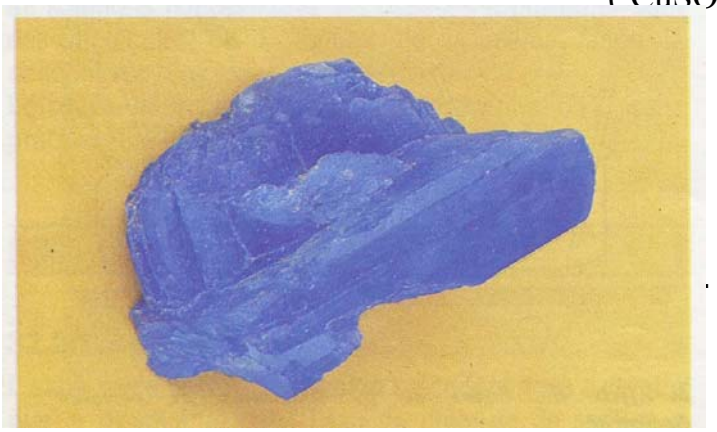
-1- **-2-**

<u>نتيجة</u> : 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

<u>مثال</u> :

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 ($CuSO_4.5H_2O$)



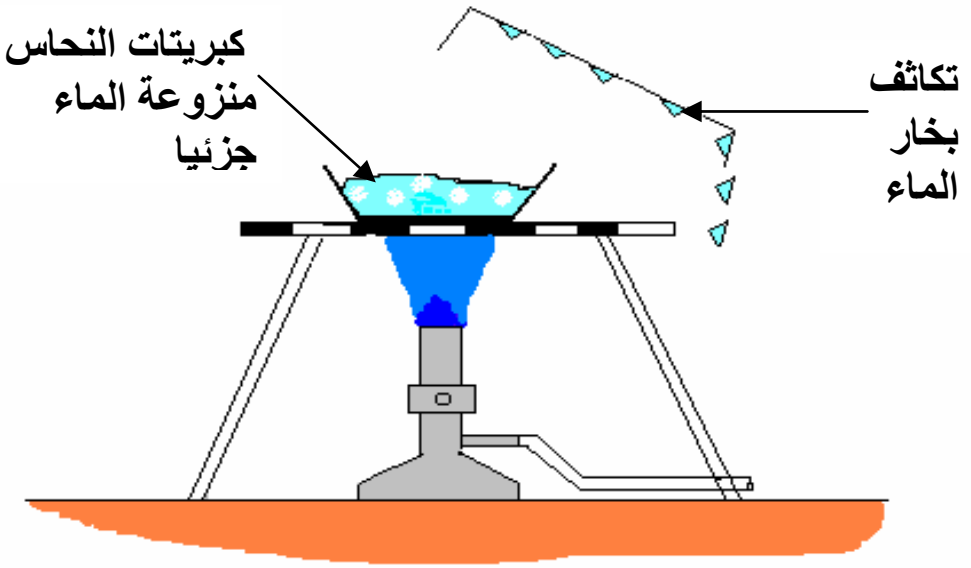
و تدعى كبريتات النحاس المائية ،

و بالتسخين الحراري تصبح

مسحوقا أبيض مائل الى الرمادي

هو عبارة عن كبريتات النحاس اللامائية .

، يكفي اضافة قطرات من الماء لتعود من

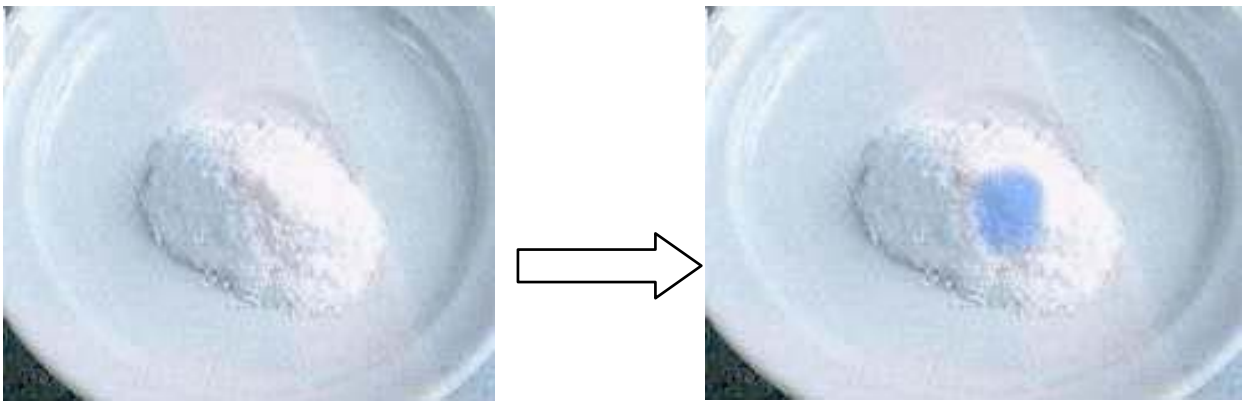


نزع الماء من كبريتات النحاس المائية

يمكن الكشف عن وجود الماء في بعض المواد باستعمال كبريتات النحاس اللامائية $CuSO_4$.

<u>مثال</u> :

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 .

• التركيز الكتلي والمولي لمحلول :

1/ **تجربة** :

نضع 10ml من الماء المقطر في أنبوب اختبار ، نضيف اليها 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 .

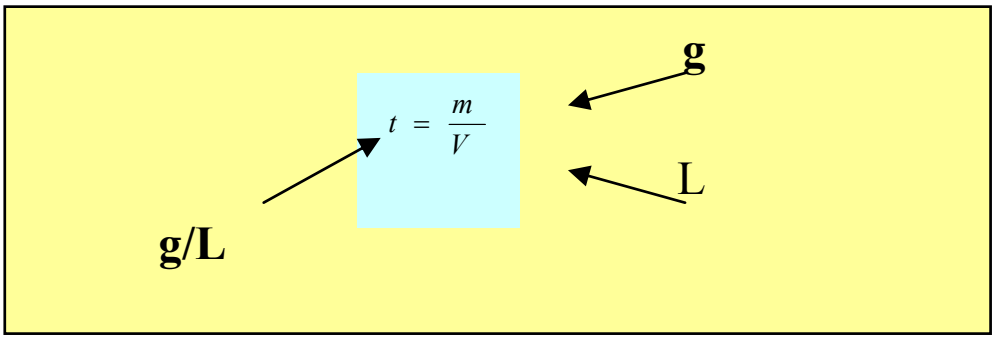
نتيجة : تركيز المحلول يتناسب طردا مع كمية المادة المذابة .

2/ **تجربة** : نأخذ الآن 3 كؤوس تحتوي على حجوم مختلفة من الماء (50ml.100ml. 200ml) ، ثم نذيب فيها نفس الكتلة m=10g من $CuSO_4$. ماذا نلاحظ ؟ وماذا نستنتج ؟

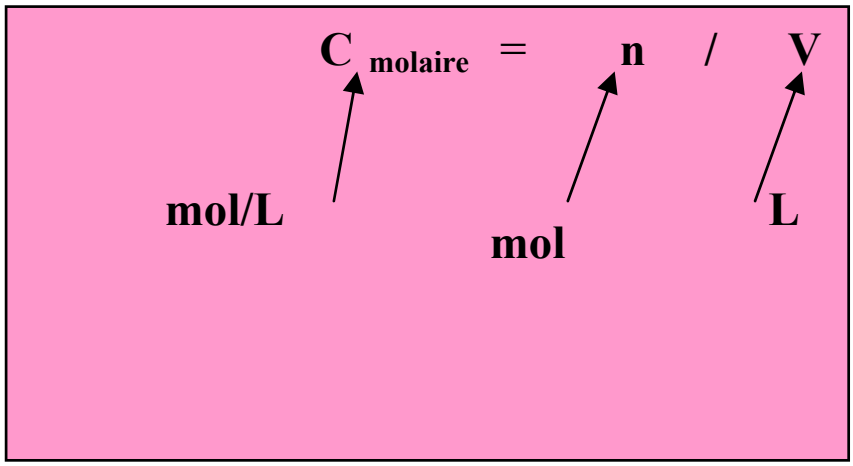
الكأس الذي يحتوي أصغر حجم من المحلول يتميز بلون أزرق أشد .

نتيجة : تركيز المحلول يتناسب عكسا مع حجم المحلول .

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



* ونرمز للتركيز المولي لمحلول بالرمز C_{molair} ، وهو يعبر عن كمية المادة الموجودة في وحدة الحجوم (L) .



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

V هو حجم المحلول وحدته اللتر (**L**) .

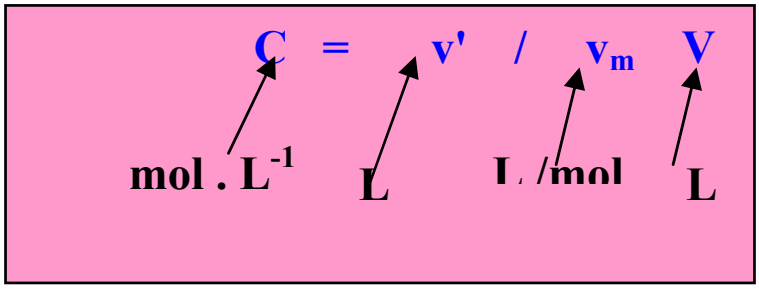
وإذا كان عدد المولات n هو : $n = m/M$ تصبح العلاقة السابقة :

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

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 :



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 أونضع صيغة النوع الكيميائي بين حاضنتين : [X]

مثال 1 : لدينا كتلة من كلور الصوديوم NaCl قدرها 5.85 g ، نحلها في مقدار $250cm^3$ 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 Cl^- . Na^+ ؟

تعطى : $Na= 23g.mol^{-1}$

$Cl= 35.5g.mol^{-1}$،

الحل

أ- لنحسب كمية المادة : $n=m/M$

$=5.85/58.5$

$n =0.1mol$

فيكون التركيز الكتلي لهذا المحلول : $C_{mass}=m/v$

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

وأيضا التركيز المولي للمحلول (المولارية)

$[NaCl]= n/v$

$=0.1/0.250$.

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

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

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

1مول من الملح NaCl يعطي مولا واحدا من شوارد الصوديوم Na^+ ، ومولا واحدا من شوارد الكلور Cl^- . لهذا يكون :

$C_{Na^+}= C_{Cl^-} = C_{NaCl} = 0.4mol.l^{-1}$.

مثال2 :

نذيب كتلة قدرها 1g من مركب كلور الكالسيوم في $100cm^3$ من الما ء المقطر .

أ- أكتب معادلة الانحلال في الماء .

ب- أحسب مولارية المحلول بالمادة المذابة ، ثم استنتج مولاريته بشوارد الكالسيوم ، و شوارد الكلور .

الحل

أ- معادلة الانحلال :

$CaCl_2 \rightarrow Ca^{+2} + 2\ Cl^-$

1mol 1mol 2mol

ويكون التركيز المولي للمحلول :

$C_{CaCl2}= n/v = m/Mv = 1/(40+2\times35.5)\times 0.1$

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

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

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

$C_{cl}^{-} = 2 . C_{Ca}^{+2}$

$= 2 \times 0.09$

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

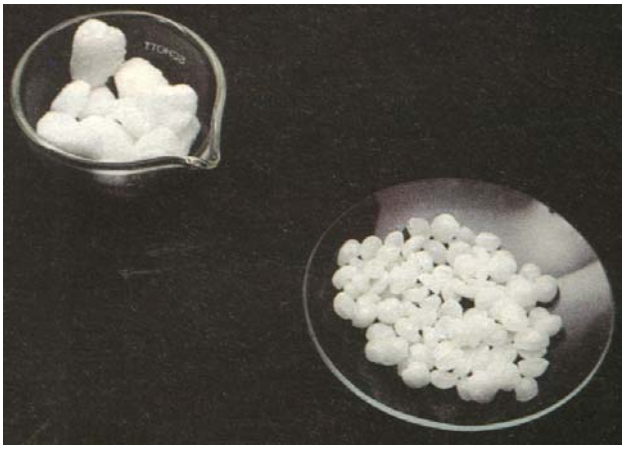
علاقة التركيز المولي بالتركيز الكتلي :

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

• 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 وتظهربه حروق . لهذا سمي بـ الصود الكاوي ونفس الملاحظات بالنسبة للبوتاس الكاوي.

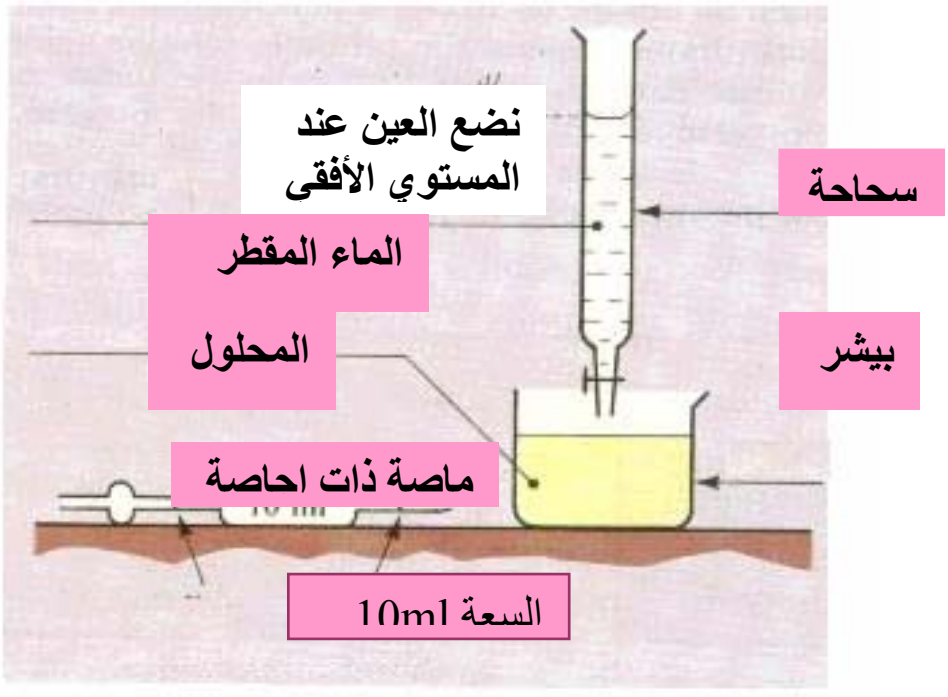


الى اليمين أقراص الصود الكاوي و الى اليسار بلورات البوتاس الكاوي

* نريد تحضير محلول للصود مولاريته : $0.1\ mol.L^{-1}$

من القوانين المدروسة سابقا ، تكون كتلة الصود الكاوي الواجب استعمالها هي 0.4g ونحصل عليها مخبريا بواسطة الميزان الالكتروني .

- نأخذ حوجلة عيارها1L، ونضع فيها $100cm^3$ 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 ($C_{NaOH}= 0.1mol/L$ ، $V = 1L$) ، وذلك باضافة 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 :

$n = n'$ ومنه $CV = C'V'$

مثال : نحضر محلولا للصود باذابة كتلة **m** من الصود النقي في $50\ cm^3$ من الماء ، فنحصل على محلول مولاريته بالشوارد Na^+ هي $0.2\ mol/L$

أ- ماهي قيمة الكتلة m ؟

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

الحل

معادلة الانحلال في الماء :

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$
$$1mol \quad 1mol \quad 1mol$$

من تساوي عدد المولات يكون :

$$n_{NaOH} = n_{Na^+} = n_{OH^-} \quad \text{ومنه}$$
$$[NaOH] = [Na^+] = [OH^-] = 0.2\ mol/l$$
$$[NaOH] = m / M\,V \rightarrow m = [NaOH] . M . V$$
$$m = 0.2 \times 40 \times 0.050$$
$$m = 0.4\ g$$

ب-

عدد مولات الصود الموجود في $20cm^3$ من المحلول هي :

$$n = CV_1 = 0.2 \times 0.02 = 0.004mol$$

لنطبق الآن قانون التخفيف :

$$CV_1 = C'V' \rightarrow 0.004 = C' \times 0.050$$
$$\rightarrow C' = 0.004 / 0.050$$
$$C' = 0.08\ g/L$$

المحلول الممدد 1 / 10 :

نريد تحضير محلول للصود تركيزه المولي $C' = C / 10$ انطلاقا من المحلول المحضر سابقا في الفقرة 5 ، أي تمديده 10 مرات .

ندعو معامل التمديد δ حيث : $\delta = \dfrac{C'}{C}$

نأخذ حجما V_1 من المحلول السابق فهو يحتوي على كمية المادة $n = CV_1$، ثم نضيف اليها 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:

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

$V = 9\ V_1$ وتمثل V حجم الماء المقطر المضاف لحجم V_1 من المحلول

مثال : محلول ملحي تركيزه المولي هو 0.5 mol/L نأخذ منه حجما قدره $50cm^3$ ونقوم بتمديده 10مرات .

أ- كم يكون التركيز الجديد للمحلول C' ؟

ب- ما هو حجم الماء المقطر المضاف ؟

الحل

أ – $C' = C / 10$

$C' = 0.5 / 10 = 0.05$ mol/L

ب – حجم الماء المضاف $V = 9\ V_1$

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

المحلول الممدد 1 / 100

و بالمثل اذا أردنا تحضير محلول ممدد 100مرة المحلول الابتدائي نتبع نفس الخطوات ، فيكون معامل التمديد $\delta = 100 = \frac{C}{C'}$ ومنه

$V = 90\ .\ V_1$ وهو حجم الماء المضاف للحجم V_1 من المحلول

مثال : نحضر محلولا للصود بالقاء قطعة من الصوديوم كتلتها 11.5g في $500cm^3$ من الماء المقطر .

أ- ماهو حجم الهيدروجين المنطلق في الشرطين النظاميين ؟

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

جـ- نأخذ مقدار $10cm^3$ من المحلول السابق ونمددها 100 مرة .

* كم يكون تركيز المحلول الجديد ؟

* ما هوحجم 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 ⟶ NaOH من 2mol

11.5 g ⟶ x

$\rightarrow X = 11.5 \times 2 / 46 = 0.5$ mol وتمثل كمية الصود الناتج

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

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

$500cm^3$ ⟶ 0.5 mol

$1000\ cm^3$ ⟶ X

$\rightarrow X = 0.5 \times 1000 / 500$

$= 1 mol\ L^{-1}$

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

حجم الماء المضاف هو $V = 90 . V_1$

$= 90 \times 0.01 = 0.9\ L = 900\ cm^3$

• أسئلة التصحيح الذاتي :

1- هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(oH)_2$ و هيدروكسيد البوتاسيوم KOH هما مركبان شارديان .

- أكتب معادلة انحلال كل منهما في الماء ؟

- نحضر محلول $Ca(oH)_2$ ، باذابة 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) : Ca = 40 ; K=39

2- ماهي كتلة $\mathbf{CuSO_4}$ الواجب استعمالها لتحضير 100 mL من محلول كبريتات النحاس تركيزه المولي 0.1 mol/L ؟ تعطى Cu= 63.5 g/mol

• أجوبة التصحيح الذاتي

حساب الكتل المولية $Ca(oH)_2$ =74g/mol

KOH = 56 g/mol

عدد المولات الموجودة في 0.1L هي :

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

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

$[OH^-]= 2\ 6.75\times10^{-3}$ mol/L $= 1.35\times\ 10^{-2}$ mol/L

بعد اضافة KOH

$n = 0.08 / 56= 1.43.10^{-3}$mol

$[K^+] = 1.43.10^{-3}/ 0.1 = 1.43.10^{-2}$ mol/L

$[OH^-] = (1.35\times10^{-2}\times0.1 +1.43\times10^{-3}) / 0.1 = 2.78.10^{-2}$ mol/ L

-2 $m= C.MV$

$m = 0.1 \times (63.5 .+ 32+16.4+5\times18).0.1= 2.495g$

• تمارين للحل

1- حمض الكبريت سائل لزج شديد الانحلال في الماء ، محلوله يستعمل كمتحلل في المدخرات الرصاصية المستعملة في بطاريات السيارات . التركيز المولي لهذا المحلول هو 6mol/L معادلة انحلاله في الماء هي :

$$H_2SO_{4\ (liq)} + H_2O \longrightarrow 2\ H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

- أحسب تركيز المحلول بالشوارد H_3O^+ ، SO_4^{2-} ؟

- كيف يمكن الحصول على 500mL من المحلول ، اذا كان $[SO_4^{2-}] = 1\ mol/L$ ؟

- كيف نحصل على 500mL من المحلول ، اذا كان $[H_3O^+] = 0.02mol/L$

2- محلول لكلور النحاس $CuCl_2$ ذو التركيز 0.1mol/L .

ماهو التركيز المولي لهذا المحلول بالشوارد Cu^{2+} .Cl^- ؟

3- شكرا عزيزي الطالب لاعطائي الصيغ الجزيئية للمركبات التالية :

- نترات الكالسيوم – كبريتات الأمونيوم – كربونات الصوديوم – كلور المغنزيوم