08

الشعبة : جذع مشترك
علـوم و تكنولوجيـــا

المادة و تحولاتها

من المجهري إلى العياني

● مفهوم المول و عدد أفوقادور :

- الكيميائيون في حياتهم اليومية يتعاملون مع أعدادا كبيرة جدا لما يتعلق الأمر بالأفراد الكيميائية (ذرات ، جزيئات ، شوارد .....) و لتجنب هذه الأعداد االكبيرة جدا ، فكروا في تغيير سلم التداول ، فاختاروا وحدة جديدة تدعى المول (mol) تختزل من خلالها الأرقام الكبيرة جدا للأفراد الكييميائية .

- المول هو كمية من المادة قدرها 1 mol تحتوي على العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ من الأفراد الكيميائية لهذه المادة ، و نفس هذا العدد يمثل عدد الأفراد الكيميائية الموجودة في 12 g من الكربون ^{12}C .

- يسمى العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ **عدد أفوقادرو** ، يرمز له بالرمز N_A ، فالمول إذن هو كمية من المادة تحتوي على عدد أفوقادرو من الأفراد الكيميائية لهذه المادة .

● الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي :

- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بـ M و حدتها الغرام على المول (g/mol) ، هي كتلة 1 مول (1mol) من ذرات هذا العنصر أي كتلة $6.02 \cdot 10^{23}$ (عدد أفوقادور) من ذرات هذا العنصر .

● حساب الكتلة المولية الذرية :

- حالة عنصر ليس له نظائر :

الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي ليس له نظير أو له نظائر بنسبة ضعيفة جدا ، مساوية للعدد الكتلي A لهذا العنصر بالغرام على المول أي :

$$M = A \ g/mol$$

- حالة عنصر له نظائر :

تحسب الكتلة المولية لعنصر له نظائر بالطريقة المتبعة في المثال التالي :

- عنصر النحاس Cu في الحالة الطبيعية له نظيران ^{63}Cu ، ^{65}Cu (العدد الذري Z = 29) بحيث النسب المئوية الذرية على التوالي: % 69,1 ، % 30,8 .

- لدينا الكتلة المولية لكل نظير :

$M_1(^{63}Cu) = A_1 = 63 \ g/mol$
$M_2(^{65}Cu) = A_2 = 65 \ g/mol$

- الكتلة المولية الذرية لعنصر النحاس Cu في الحالة الطبيعية تحسب كما يلي :

$$M(Cu) = M_1(^{63}Cu) \cdot \frac{69.1}{100} + M_2(^{65}Cu) \cdot \frac{30.8}{100}$$

$$M(Cu) = \left(63. \frac{69.1}{100} \right) + \left(65 \cdot \frac{30.8}{100} \right)$$

$$M(Cu) = 63.5 \text{ g/mol}$$

- جدول للكتل المولية لبعض العناصر الكيميائية :

الكتلة المولية M $g \cdot mol^{-1}$	العنصر الكيميائي		
	العدد الكتلي Z	الرمز	الإسم
12	12	C	الكربون
1	1	H	الهيدروجين
16	16	O	الأكسجين
14	14	N	الآزوت
11	11	Na	الصوديوم
35.5	37 ، 35	Cl	الكلور

● الكتلة المولية الجزيئية :

- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة 1 mol من جزيئات هذا النوع الكيميائي يرمز لها أيضا بـ M و حدتها g/mol .

- تساوي الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي مجموع الكتل المولية للعناصر الكيميائية المكونة للنوع الكيميائي بحيث كل كتلة مولية مضروبة في عدد ذرات كل عنصر موجود في جزئ هذا النوع الكيميائي .

أمثلة :

$$M(H_2O) = 2\,M(H) + M(O)$$
$$M(H_2O) = (2 \cdot 1) + (16) = 18 \text{ g/mol}$$

$$M(CO_2) = M(C) + 2\,M(O)$$
$$M(CO_2) = (12) + (2 \cdot 16) = 44 \text{ g/mol}$$

● قانون أفوقادرو أمبير :

ينص على ما يلي :

" الحجوم المتساوية من مختلف الغازات ، و الخاضعة إلى شرطين متماثلين من حيث الضغط و درجة الحرارة ، تحتوي على العدد نفسه من الأفراد الكيميائية و بالتالي نفس كمية المادة "

● الحجم المولي لغاز :

- من قانون أفوقادرو السابق يمكن قول ما يلي " إن مولات الغازات المختلفة ، و المأخوذة في نفس الشرطين من حيث الضغط و درجة الحرارة ، تشغل الحجم نفسه "

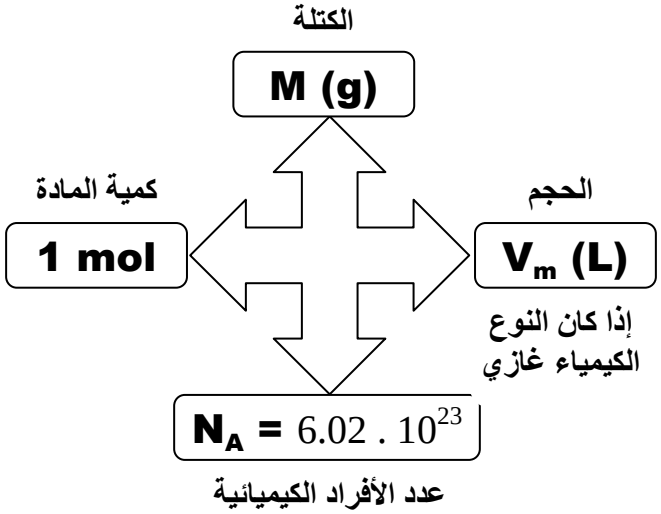
- يسمى حجم 1mol من أي غاز **الحجم المولي** يرمز له بـ V_M و وحدته L/mol .

- في الشروط النظامية أين يكون الضغط مساوي للضغط الجوي العادي (P = 1 atm) ، و درجة الحرارة المساوية 0^0C يكون الحجم المولي مساوي لـ 22.4 L/mol أي :

$$V_M = 22.4 \text{ L/mol}$$

ملاحظة :

يمكن تلخيص ما قلناه سابقا في المخطط التالي :



● تعيين كمية المادة لعينة من نوع كيميائي :

- نوع كيميائي معرف بكتلته m :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X كتلها بالغرام هي الكتلة المولية M ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في كتلة معية m من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow M_X\ g \\ n\ mol\ (X) \rightarrow m_X\ g \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)}$$

- نوع كيميائي معرف بعدد أفراده الكيميائية y :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X يحتوي على $N_A = 6.02 . 10^{23}$ جزيء من هذا النوع الكيميائي ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في عدد معين y من جزيئات نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow N_A \text{ جزيء} \\ n\ mol\ (X) \rightarrow y \text{ جزيء} \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{y}{N_A}$$

- نوع كيميائي غازي معرف بحجمه V_{gaz} :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X حجمها V_M ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في حجم معين V_{gaz} من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow V_M\ L \\ n\ mol\ (X) \rightarrow V_{gaz}\ L \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{V_{gaz}}{V_M}$$

- نوع كيميائي سائل غازي معرف بحجمه V_ℓ :

الكتلة الحجمية لنوع كيميائي سائل X كتلته عينة منه m و حجمها V يعبر عنها بالعلاقة : $\rho_X = \frac{m_X}{V_X}$

ومنه : $m_X = \rho_X V_X$.

و لدينا سابقا : $n_X = \frac{m_X}{M(X)}$ ومنه يصبح :

$$n_X = \frac{\rho_X V_X}{M(X)}$$

ملاحظة :

يمكن دمج العلاقات السابقة في علاقة واحد كما يلي :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)} = \frac{V_{gaz}}{V_M} = \frac{y}{N_A}$$

● الكتلة الحجمية لنوع كيميائي (صلب ، سائل ، غاز) :

- الكتلة الحجمية التي يرمز لها بـ ρ لنوع كيميائي هي حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع الكيميائي على حجم نفس العينة V ، و نكتب :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- تقدر الكتلة الحجمية عادة بالغرام على اللتر (g/L) و يمكن أيضا أن تقدر بـ (kg/m^3) .....

- إذا أخذنا كمية من غاز قدرها 1 mol ، تكون كتلتها m = M (M : الكتلة المولية للغاز) ، و حجمها $V = V_M$ (V_M : الحجم المولي) و عليه يمكن كتابة عبارة الكتلة الحجمية لغاز كما يلي :

$$\rho = \frac{M_{(gas)}}{V_M}$$

● كثافة جسم صلب أو سائل :

- تقاس الكثافة التي يرمز لها بـ d لنوع كيميائي X (صلب أو سائل) بالنسبة للماء ، و تساوي حاصل الكتلة الحجمية للنوع الكيميائي X على الكتلة الحجمية للماء .

$$d = \frac{\rho_{(X)}}{\rho_{(H_2O)}}$$

- لا تقدر الكثافة بوحدة .
- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (صلب أو سائل) بالنسبة للماء على أنها حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع كيميائي على كتلة عينة أخرى من الماء لها نفس الحجم .

● كثافة نوع كيميائي غازي :

- تقاس كثافة نوع كيميائي غازي بالنسبة للهواء ، و تساوي حاصل الكتلة الحجمية للنوع الكيميائي X على الكتلة الحجمية الهواء التي تقدر بـ 1.29 g/L و نكتب :

$$d = \frac{\rho_{(gaz)}}{\rho_{(air)}}$$

- لا تقدر الكثافة بوحدة .
- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (غازي) بالنسبة للهواء على أنها حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع كيميائي على كتلة عينة أخرى من الهواء لها نفس الحجم ، لهذا نكتب :

$$d = \frac{\frac{m_{gaz}}{V}}{\frac{m_{air}}{V}}$$

و إذا أخذنا V = 22.4 L من الغاز و 22.4L من الهواء و كلاهما مقاسين في الشرطين النظاميين أين يكون الحجم المولي مساوي لـ $V_M = 22.4$ l/mol يكون :

$m(gaz) = M_{gaz}$

$m(air) = \rho_{air} . 22.4 \approx 29$ g

يصبح لدينا :

$$d = \frac{\frac{m_{gaz}}{V}}{\frac{m_{air}}{V}} = \frac{\frac{M_{gaz}}{22.4}}{\frac{29}{22.4}}$$

ومنه :

$$d = \frac{M_{gaz}}{29}$$

و هي عبارة كثافة غاز في الشرطين النظاميين .

ملاحظة-1 :

نتعامل مع أبخرة الأنواع الكيميائية مثلما نتعامل تماما مع الغازات .

ملاحظة-2 :

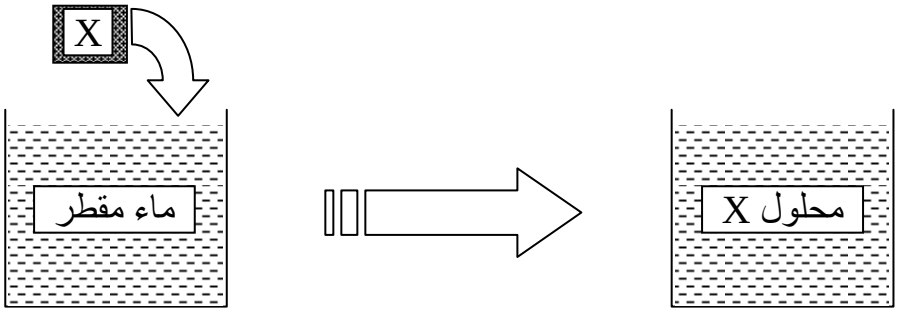
يمكن أيضا أن تقاس كثافة غاز A بالنسبة لغاز B ، و بنفس الطريقة السابقة حيث نجد :

$$d_{A/B} = \frac{\rho_{gaz\ A}}{\rho_{gaz\ B}} = \frac{M_{gaz\ A}}{M_{gaz\ B}}$$

علما أنه في حالة نوع كيميائي سائل يكون : $m_X = \rho\ V$.

● المحلول المائي و التركيز المولي :

- نحصل على محلول كيميائي لنوع كيميائي X بحل (إذابة) كمية من هذا النوع الكيميائي في حجم معين من الماء المقطر (مذيب).



- نعتبر أن حجم المحلول الناتج مساوي لحجم المذيب (يهمل الزيادة في الحجم بفعل الانحلال) .

- يتميز المحلول المائي المتحصل عليه بمقدار فيزيائي يدعى التركيز المولي ، يرمز له بـ C و وحدته المول على اللتر (mol/L) ، و هو يساوي حاصل قسمة كمية (عدد مولات) النوع الكيميائي X المنحل (المذاب) ، على حجم الماء المقطر (المذيب) و نكتب :

$$C = \frac{n_X}{V}$$

- يمكن قول أن التركيز المولي لمحلول مائي هو عدد مولات النوع الكيميائي المنحل في 1L من هذا المحلول .

● التركيز الكتلي لمحلول مائي :

التركيز الكتلي الذي يرمز له بـ C_m ووحدته غرام على اللتر (g /L) لمحلول مائي لنوع الكيميائي X هو حاصل قسمة كتلة النوع الكيميائي X المنحل على حجم المحلول (حجم المذيب) أي :

$$C_m = \frac{m_X}{V}$$

● العلاقة بين التركيز المولي C و التركيز الكتلي C_m :

لدينا : $C_m = \frac{m_X}{V}$ و لدينا أيضا :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)} \rightarrow m_X = M(X).m_X$$

ومنه تصبح عبارة C_m السابقة كما يلي :

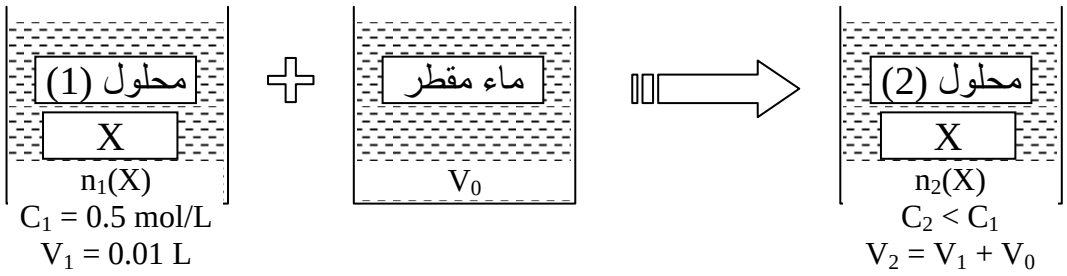
$$C_m = \frac{M(X).n_X}{V} = M(X)\frac{n_X}{V}$$

وحيث أن : $C = \frac{n_X}{V}$ يمكن كتابة العلاقة التالية :

$$C_m = M(X).C \leftrightarrow C = \frac{C_m}{M(X)}$$

● تمديده أو تخفيف محلول :

- تمديد محلول تركيزه المولي C_1 أو تخفيفه هو إضافة الماء إليه للحصول على محلول جديد تركيزه المولي C_2 أقل من تركيز المحلول الأصلي أي $C_2 < C_1$.



- بعد تمديد محلول لا يحدث تغير في كمية المادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول الأصلي ، بمعنى إذا كان كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول الأصلي هي n_1 ، و كانت كمية مادة نفس النوع الكيميائي في المحلول الممدد هي n_2 يكون :

$$n_1 = n_2 \rightarrow C_1V_1 = C_2V_2$$

● تحضير محلول ممدد :

مثال :

نريد الحصول على محلول (B) تركيزه المولي C_2 ، بإضافة حجم V_0 من الماء المقطر إلى حجم V_1 من محلول (A) تركيزه المولي C_1 أي بتمديد المحلول (A) .

- عدد مولات النوع الكيميائي المنحل في المحلول (A) هو n_1 حيث : $n_1 = C_1 . V_1$.
- عدد مولات النوع الكيميائي المنحل في المحلول (B) هو n_2 حيث : $n_2 = C_2 . V_2$.
- أثناء التمديد لا يتغير عدد المولات لذا يكون :

$$n_1 = n_2$$
$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$
$$C_1 V_1 = C_2 (V_1 + V_0)$$
$$V_1 + V_0 = \frac{C_1V_1}{C_2}$$

$$V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} - V_1$$

و هي عبارة حجم الماء المقطر الواجب إضافته إلى حجم V_1 من المحلول (A) المراد تمديده ذو التركيز C_1 ، للحصول على محلول تركيزه C_2 .

ملاحظة-1 :

بالطريقة السابقة يمكن إثبات أنه عند تمديد محلول تركيزه المولي C_1 و حجمه V_1 (f مرة) أي نجعل حجمه مساوي لـ f من الحجم الابتدائي ($V_2 = f\ V_1$) نحصل على محلول C_2 و حجمه V_2 حيث يكون $C_2 = \frac{C_1}{f}$ و نكتب :

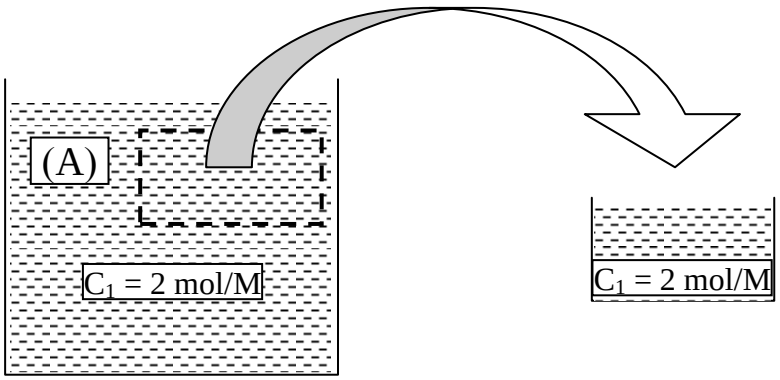
$$V_2 = f\ V_1 \rightarrow C_2 = \frac{C_1}{f}$$

f يدعى معامل التمديد و يعبر عنه بالعلاقة :

$$f = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

ملاحظة-2 :

عندما نأخذ عينة من محلول (A) تركيزه المولي C_1 يكون التركيز المولي للعينة هو نفسه التركيز المولي للمحلول (A) الذي أخذت منه العينة أي C_1 .



مثال-1 :

لدينا محلول (A) تركيزه المولي $C_1 = 2\ mol/L$ ، عندما نأخذ عينة منه و نمددها 100 مرة نحصل على محلول جديد تركيزه المولي C_2 :

$$C_2 = \frac{C_1}{100} = \frac{2}{100} = 0.02\ mol/L$$

مثال-2 :

انطلاقا من محلول الصود (A) تركيزه C_1 ، نحضر محلول (B) تركيزه $C_2 = \frac{C_1}{10}$ ، أي نحضر محلول (B) بتمديد محلول الصود (A) عشرة مرات (معامل التمديد $f = \frac{C_1}{C_2} = 10$) ، نبحث عن حجم الماء المقطر V الواجب إضافته إلى حجم V_1 من محلول الصود (A) .

- عدد مولات الصود (هيدروكسيد الصوديوم) المنحل في المحلول (A) هو n_1 حيث : $n_1 = C_1 . V_1$.
- عدد مولات الصود (هيدروكسيد الصوديوم) المنحل في المحلول (B) هو n_2 حيث : $n_2 = C_2 . V_2$.
- أثناء التمديد لا يتغير عدد المولات لذا يكون :

$n_1 = n_2$

$C_1 V_1 = C_2 V_2$

$C_1 V_1 = \frac{C_1}{10} (V_1 + V_0)$

$10 C_1 V_1 = C_1 (V_1 + V_0)$

$10 V_1 = V_1 + V_0$

$V_0 = 10 V_1 - V_1 \rightarrow \quad V_0 = 9 V_1 = 9 . 100 = 900 \text{ mL}$

أي لتمديد محلول (A) عشرة مرات ، نضيف إليه تسعة أحجام منه ماء مقطر ليصبح الحجم النهائي 10 أحجام الحجم الابتدائي ، فمثلا إذا كان الحجم $V_1 = 100 \text{ mL}$ يجب إضافة 900 mL من الماء المقطر للحصول على محلول ممدد تركيزه عشر ($\frac{1}{10}$) تركيز المحلول الابتدائي ..