

## الجزء 1 : القياس في الكيمياء La mesure en chimie

### الوحدة 2 : الكتلة والحجم والضغط وكمية المادة

#### La masse , le volume , la pression et la quantité de matière

#### 1. تذكير

للمرور إلى السلم العادي ( الماكروسكوبي ) وتيسير التعامل مع العدد الكبير من الدقائق المجهرية المكونة للمادة، اختار الكيميائيون عينة مكونة من عدد معين ( لا يتغير ) من الدقائق اطلقوا عليه اسم **المول**.

#### تعريف المول :

المول هو كمية المادة لمجموعة تحتوي على عدد من المكونات الأساسية ( دقائق : قد تكون ذرات، جزيئات، إلكترونات ... ) عددها يساوي عدد الذرات الموجودة في  $0,012 \text{ kg}$  من الكربون  $^{12}_6\text{C}$  وهو يساوي  $6,02 \cdot 10^{23}$  ذرة. ويطلق على هذا العدد اسم عدد أفوكادرو رمزه هو  $N_A$ .

بالنسبة لعينة من مادة ما، تحتوي على عدد  $N$  من المكونات الأساسية، تكون كمية المادة لهذه العينة هي  $n$ ، حيث :

$N$  : عدد المكونات الأساسية ( بدون وحدة )

$n$  : كمية المادة مقدار فيزيائي وحدتها في النظام العالمي للوحدات هي المول  $\text{mol}$ .

$N_A$  : ثابتة أفوكادرو وحدتها  $\text{mol}^{-1}$

حساب قيمة ثابتة أفوكادرو :

إن عدد أفوكادرو، يساوي عدد ذرات الكربون الموجودة في  $0,012 \text{ kg}$  من الكربون  $^{12}_6\text{C}$ . كتلة ذرة واحدة من الكربون هي  $1,9926 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

ذرة واحدة من الكربون  $\rightarrow 1,9926 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

$\rightarrow 0,012 \text{ kg}$   $N_A$

$$N_A = \frac{0,012}{2 \cdot 10^{-26}} = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

نستعمل غالبا القيمة :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

#### 2. كمية المادة بالنسبة للأحسام الصلبة والسائلة

##### 1. الكتلة المولية ( تذكير ) :

الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي، هي كتلة مول واحد من ذرات هذا العنصر في حالته الطبيعية.

رمز لها بـ  $M$  و وحدتها العملية هي  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$  أو  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

##### مثال : الكتلة المولية الجزيئية :

تساوي الكتلة المولية الجزيئية لمادة كيميائية مجموع الكتل المولية الذرية للذرات المكونة لها. نعتبر الحالة العامة لجزيئة  $A_xB_y$  : نحسب الكتلة المولية لهذه الجزيئة كالتالي :

$$M(A_xB_y) = x \times M(A) + y \times M(B)$$

##### 2. 2. تحديد كمية مادة عينة انطلاقا من كتلتها :

لنبحث عن عدد المكونات الأساسية  $N$  في عينة كتلتها  $m$ ، من جسم كتلته المولية  $M$ .

$$M \rightarrow N_A$$

$$m \rightarrow N = n \times N_A$$

$$\Rightarrow m = n \times M \Rightarrow n = \frac{m}{M}$$

**تطبيق 1 :** أحسب كمية المادة لمادة الحديد الموجودة في قطعة من الحديد كتلتها  $m = 560 \text{ g}$

نعطي الكتلة المولية لذرة الحديد  $M(^{56}_{26}\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$

**تطبيق 2 :** أحسب كمية المادة لأوكسيد الألومنيوم الموجودة في  $15 \text{ g}$  من هذا الجسم.

نعطي :  $M(^{27}_{13}\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$ ,  $M(^{16}_8\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$

## 2.3. تحديد كمية مادة عينة انطلاقا من حجمها :

أ - الكتلة الحجمية والكتافة ( تذكير ) :

$$\text{kg/m}^3 \rightarrow \rho = \frac{m}{V} \leftarrow \text{m}^3$$

كتافة جسم ما ذي كتلة حجمية  $\rho$  بالنسبة لجسم مرجعي ذي كتلة حجمية  $\rho_0$  هي :  $d = \frac{\rho}{\rho_0}$

بالنسبة للأجسام الصلبة والسائلة يتم اختيار الماء كجسم مرجعي :  
 $\rho_{\text{ماء}} = \rho_0 = 1 \text{ kg / m}^3 = 1 \text{ g / cm}^3$

ب - علاقة كمية المادة بالحجم :

كمية المادة  $n$  الموجودة في عينة ما من مادة  $X$  ، وذات حجم  $V$  وكتلة مولية  $M(X)$  وكتلة حجمية  $\rho$  ، تحدد لها العلاقة التالية :

$$\text{mol} \rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M}$$

## 2.4. كمية المادة بالنسبة للأجسام الغازية :

الحجم المولي ( تذكير )

أ - تعريف :

الحجم المولي لغاز هو الحجم الذي تشغله كمية مادة تساوي مولا واحدا من جزيئات هذا الغاز.

ب - قانون أفوكادرو أمبير :

في نفس الشروط لدرجة الحرارة و الضغط ، تحتوي حجوم متساوية لغازات مختلفة على نفس كمية المادة ( العدد نفسه من مولات الجزيئات )

مثال :

نزن كل من القارورة بين وز سنتنج كتلة الغاز الذي يحتوي عليه كل منهما :

حساب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{2,6}{44} = 0,06 \text{ mol}$$

حساب كمية مادة ثنائي الأوكسجين :

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{1,9}{32} = 0,06 \text{ mol}$$

ل كي يتسنى لنا مقارنة مختلف الغازات ، يجب

اختيار الشروط التجريبية نفسها ، والتي تكون سهلة التحقيق.

ج - الحجم المولي :

إن مول واحد من غاز  $X$  كيفما كان نوعه يشغل حجما  $V_m$  يسمى الحجم المولي للغازات. قيمة الحجم المولي  $V_m$  تتعلق بدرجة الحرارة  $T$  و الضغط  $P$ .

في الشروط النظامية لدرجة الحرارة والضغط هي :

$$* \text{ الضغط النظامي : } P_0 = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar}$$

$$* \text{ درجة الحرارة النظامية : } \theta_0 = 0^\circ\text{C} \text{ لدينا:}$$

$$V_m = V_0 = 22,4 \text{ l.mol}^{-1}$$

يسمى الحجم المولي ، الحجم المولي النظامي.

### - علاقة كمية مادة غاز بحجم العينة والحجم المولي :

كمية مادة الغاز X الموجودة في عينة ما ذات حجم V وفي شروط معينة لدرجة الحرارة والضغط تحددها العلاقة :

$$n = \frac{V}{V_m}$$

**مثال 1 :** أحسب كمية المادة لغاز كلورور الهيدروجين HCl الموجودة في حجم يساوي 5L من هذا الغاز في الشروط النظامية لدرجة الحرارة  $T = 0^\circ\text{C}$  و الضغط  $P = 1\text{atm}$ .

**مثال 2 :** أحسب كمية المادة لغاز الأمونياك  $\text{NH}_3$  الموجودة في  $200\text{cm}^3$  من هذا الغاز في الشروط النظامية لدرجة الحرارة  $T = 0^\circ\text{C}$  و الضغط  $P = 1\text{atm}$ .

### 3. معادلة الحالة للغازات الكاملة

#### نص قانون بويل - ماريوت :

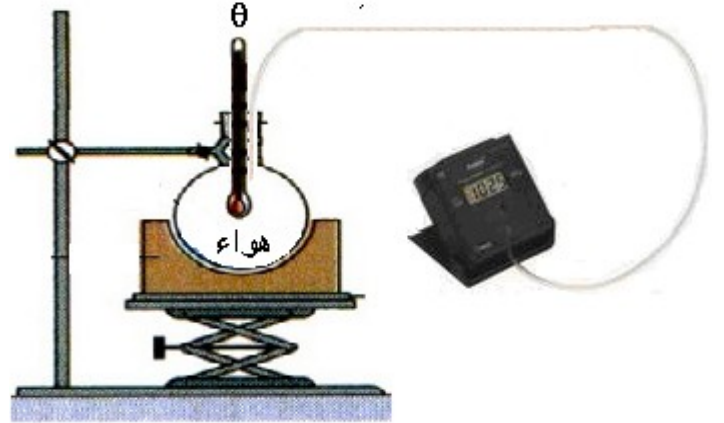
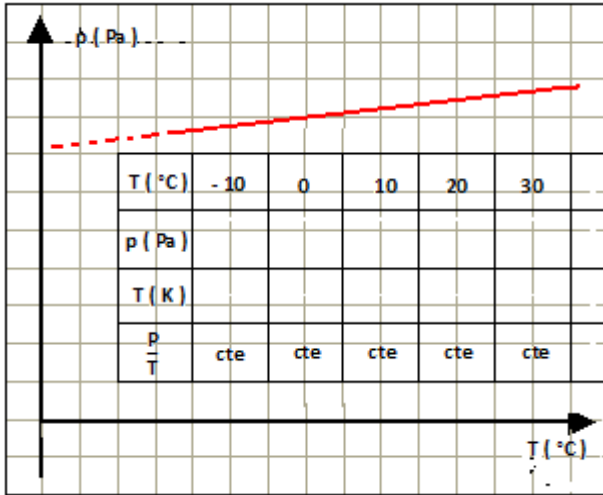
عند درجة حرارة ثابتة، جداء قيم الضغط P والحجم V لنفس كمية مادة غاز يبقى ثابتا.

$$P \times V = \text{Cste}$$

### 4. دراسة تغير ثابت الحجم والضغط لغاز مع درجة الحرارة

Etude de la variation isochore de la pression d'un gaz avec la température

#### 4.1. الدراسة التحريسية



◆ بمد الخط المبياني على استقامته حتى يتقاطع مع المحور الأفقي ( أي محور درجة الحرارة المئوية ) ، نجد أن ضغط الغاز منعدما عند درجة الحرارة  $-273^\circ\text{C}$  وتسمى درجة الحرارة  $-273^\circ\text{C}$  بالصفر المطلق zéro absolu. ( تؤدي قياسات أكثر دقة إلى القيمة  $\theta = -273,15^\circ\text{C}$  ).

◆ بإزاحة نقطة الأصل في التدرج الحراري إلى  $-273^\circ\text{C}$  ، نحصل على ما يسمى التدرج المطلق حيث نعوض محور درجات الحرارة المئوية  $\theta^\circ\text{C}$  بمحور درجات الحرارة المطلقة T المعبر عنها بالوحدة K ( كلفين Kelvin ).

#### 4.2. درجة الحرارة المطلقة :

العلاقة التي تجمع درجة الحرارة المطلقة T وحدتها ( K ) ودرجة الحرارة المئوية سيلسيوس  $\theta$  هي :

$$T(K) = \theta^\circ\text{C} + 273,15$$

## 5. معادلة الحالة للغازات الكاملة : *équation d'état des gaz parfaits*

◆ نقول إن غاز كامل إذا كانت التأثيرات البينية لجزيئاته جد ضعيفة.

◆ يمكن اعتبار كل غاز يوجد تحت ضغط ضعيف، غازا كاملا.

كيفما كانت تسلسلات التحولات التي تطرأ على كمية معينة من غاز كامل فإن الكمية  $\frac{PV}{nT}$  تبقى ثابتة.

نرمز لهذه الثابتة بـ  $R$  وتصيح العلاقة هي :

$$PV = nRT \text{ او } \frac{PV}{nT} = R$$

تسمى هذه المعادلة، معادلة الحالة للغازات الكاملة حيث تسمى  $R$  ثابتة الغازات الكاملة.

### ◆ تحديد قيمة $R$ :

إذا اعتبرنا مولا واحدا من غاز في الشروط النظامية ( أي تحت ضغط  $P_0 = 1 \text{ atm}$  و درجة حرارة  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  فإنه يشغل الحجم المولي النظامي  $V_0 = 22,4 \text{ mol L}^{-1}$  .

$$R = \frac{P_0 V_0}{n T_0} = \frac{1 \times 22,4}{1 \times 273,15} = 0,082 \text{ L.atm.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

في النظام العالمي للوحدات فإن :

$P$  : الضغط وحدته الباسكال  $Pa$  ،  $V$  : الحجم وحدته المتر مكعب  $m^3$  .

$T$  : درجة الحرارة وحدتها الكلفين  $K$  ،  $n$  : كمية المادة وحدتها المول  $mol$  .

فإن قيمة  $R$  هي :

$$P = 1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; V_m = 22,4 \text{ L} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 ; n = 1 \text{ mol} ; T = 273,15 \text{ K}$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 22,4 \cdot 10^{-3}}{1 \times 273,15} = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ S.I}$$

## 6. دراسة مختلف التحولات

### 1. 6. تغير ثابت الحجم *isochore* : قانون شارل :

عند حجم ثابت ، يتناسب ضغط كمية معينة من غاز اطرادا مع درجة الحرارة المطلقة :

$$\frac{P}{T} = \text{cste}$$

### 2. 6. تغير ثابت لدرجة الحرارة *isotherme* قانون بويل ماريوت :

بالنسبة لغاز كامل يشغل حجما  $V$  تحت ضغط  $p$  ، يكون الجداء  $PV$  ثابتا عند درجة حرارة ثابتة.

$$PV = \text{cste}$$

### 3. 6. تغير ثابت للضغط *isobare* قانون غاي لوساك :

عند ضغط ثابت ، يتناسب حجم كمية معينة من غاز اطرادا مع درجة الحرارة المطلقة :

$$\frac{V}{T} = \text{cste}$$