

الجزء الثاني : تحولات المادة

الوحدة 8 : أدوات لوصف مجموعة

Outils de description d'un système

1. المول : وحدة كمية المادة

1.1. تغيير السلم

رأينا أن المادة يمكن وصفها من وجهتين :

☞ وجهة ماكروسكوبية وذلك بتقديم مفهوم العنصر الكيميائي .

☞ وجهة ميكروسكوبية وذلك بتقديم نماذج الذرة، و الجزيئات والحصول على الأيونات .

مثال :

عند قياس كتلة مسمار من عنصر حديد نجد :

$$m = 12,46g$$

لنحسب عدد الذرات الموجودة في هذه العينة :

نعلم أن كتلة ذرة واحدة للحديد هي :

$$m_{Fe} = A \cdot m_p$$

$$= 56 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 9,35 \cdot 10^{-26}$$

عدد الذرات الموجودة في هذا المسمار هي :

$$n_{Atomes} = 12,46 \cdot 10^{-3} \div 9,35 \cdot 10^{-26}$$

$$n_{Atomes} = 1,33 \cdot 10^{23} \text{ atomes}$$



هذه العينة تتكون من عدد هائل من الذرات يصعب تمثله. إذن للمرور من السلم العادي (الماكروسكوبي) إلى السلم الميكروسكوبي ومقارنة عيناتهما من المادة ، لهذا فكر الكيميائيون بتغيير السلم للإنتقال الميكروسكوبي إلى الماكروسكوبي وذلك بإدخال قدر جديد وهو كمية المادة وحدتها المول.

1.2. وحدة كمية المادة :

كمية المادة مقدار فيزيائي وحدتها في النظام العالمي للوحدات هي المول (mol).

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 0.012Kg من الكربون



استثمار :

لنبحث عن عدد ذرات الكربون الموجودة في مول واحد من الكربون 12

كتلة ذرة كربون واحدة هي :

$$m_C = A \cdot m_p$$

$$= 12 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 2,00 \cdot 10^{-26}$$

عدد ذرات الكربون الموجودة في مول واحد هي :

$$n_{Atomes} = 12 \cdot 10^{-3} \div 2,00 \cdot 10^{-26}$$

$$n_{Atomes} = 6,00 \cdot 10^{23} \text{ atomes}$$

حساب أكثر دقة يعطي القيمة $6,02 \cdot 10^{23}$ ذرة. وهذا العدد يسمى ثابتة أفوكادرو نرمز له بـ N_A

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

كمية المادة التي يحتوي عليها المسمار من الحديد هي :

$$n_{Fe} = n_{Atomes} / N_A = 1,33 \cdot 10^{23} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,221 \text{ mol}$$

2. الكتلة المولية :

1.2. الكتلة المولية الذرية :

الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي ، هي كتلة مول واحد من ذرات هذا العنصر في حالته الطبيعية. نرسم لها بـ M وحدتها في U.S.I هي لكن عمليا نستخدم

مثال :

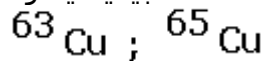
ذرة	الكتلة المولية
الهيدروجين ${}^1_1\text{H}$	$M(\text{H}) = 1\text{g} \times \text{mol}^{-1}$
الكربون ${}^{12}_6\text{C}$	$M(\text{C}) = 12\text{g} \times \text{mol}^{-1}$
الآزوت ${}^{14}_7\text{N}$	$M(\text{N}) = 14\text{g} \times \text{mol}^{-1}$
الأوكسجين ${}^{16}_8\text{O}$	$M(\text{O}) = 16\text{g} \times \text{mol}^{-1}$

ملحوظة :

عند حساب الكتلة المولية الذرية لعنصر ما يجب الأخذ بعين الاعتبار الوفرة الطبيعية للنظائر.

مثال :

نعتبر العنصر الكيميائي النحاس Cu. في الحالة الطبيعية يتكون أساسا من النظيرين :



كتلة مول واحد من الذرات ${}^{63}\text{Cu}$ هي :

$$M_1 = 63 \text{ g/mol}$$

كتلة مول واحد من الذرات ${}^{65}\text{Cu}$ هي :

$$M_2 = 65 \text{ g/mol}$$

إذن كتلة مول واحد من ذرات النحاس في الحالة الطبيعية هي :

$$M = M_1 + M_2 = 30,8\text{g/mol}$$

1.2. الكتلة المولية الجزيئية :

الكتلة المولية للجزيئية لمادة كيميائية هي كتلة مول واحد من هذه المادة ويعبر عنها بـ g / mol

أ - حساب الكتلة المولية الجزيئية :

مثال :

نعتبر جزيئة الماء H_2O ، الكتلة المولية لجزيئة الماء تساوي مجموع الكتل المولية الذرية للذرات المكونة لها.

$$M(H_2O) = 2 \times M(H) + M(O) = 2 \times 1 + 16 = 18g/mol$$

ب - تعميم :

نعتبر الحالة العامة لجزيئة A_xB_y :

نحسب الكتلة المولية لهذه الجزيئة كالتالي :

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

مثال :

أتمم الجدول التالي :

الجزيئات	الكتل المولية بـ g/mol
ثنائي الهيدروجين H_2	$M(H_2) = 2 \times M(H) = 2g/mol$
الماء H_2O	$M(H_2O) = 2M(H) + M(O) = 2 + 16 = 18g/mol$
الساكاروز $C_{12}H_{22}O_{11}$	$M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 12M(C) + 22M(H) + 11M(O) = 342g/mol$

تطبيق :

أحسب الكتل المولية للمركبات التالية :

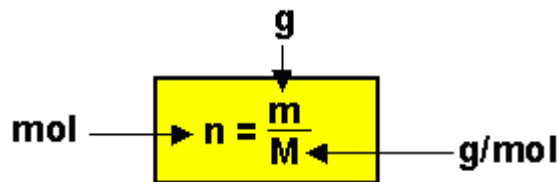
كبريتور الحديد، كبريتور الزنك، أكسيد الحديد II، أكسيد النحاس I، الإيثانول، برمغنات البوتاسيوم، أكسيد الألومنيوم.

3. كمية المادة

3.1. كمية المادة والكتلة :

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

$$\begin{aligned} M &\rightarrow N_A \\ m &\rightarrow N = n \times N_A \\ \Rightarrow m &= n \times M \end{aligned}$$



تطبيق :

① أحسب كمية المادة لمادة الحديد الموجودة في قطعة من الحديد كتلتها $m = 560g$.

② أحسب كمية المادة لغاز الهيدروجين الموجودة في 15g من هذا الغاز.

③ أحسب كمية المادة لغاز الأوكسجين الموجودة في 15g من هذا الغاز.

4. الحجم المولي لغاز :

4.1. تعريف :

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

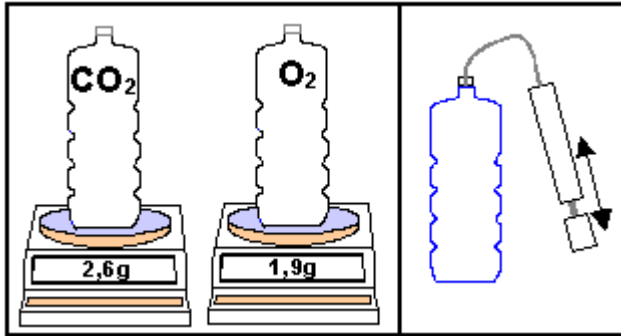


4.2. قانون أفوكادرو أمبير :

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 الفارورتين ونستنتج كتلة الغاز الذي يحتوي عليه كل منهما :



$$\text{حساب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون :}$$
$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{2,6}{44} = 0,06 \text{ mol}$$

$$\text{حساب كمية مادة ثنائي الأوكسجين :}$$
$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{1,9}{32} = 0,06 \text{ mol}$$

4.3. الشروط النظامية و الحجم المولي النظامي

لكي يتسنى لنا مقارنة مختلف الغازات ، يجب اختيار الشروط التجريبية نفسها ، والتي تكون سهلة التحقيق.

الشروط النظامية لدرجة الحرارة والضغط هي :

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

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

4.4. كثافة غاز بالنسبة للهواء

تعريف

كثافة غاز بالنسبة للهواء هي النسبة بين كتلة حجم معين V من غاز و كتلة نفس الحجم V من الهواء.

نأخذ الغاز و الهواء في الشروط النظامية نفسها لدرجة الحرارة و الضغط.

$$d = \frac{m}{m'}$$

كثافة الغاز ←

كثافة حجم من الغاز

كثافة الحجم نفسه من الهواء

حالة خاصة :

في الشروط النظامية ، الحجم المولي V_0 لغاز هو $22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ والكتلة الحجمية للهواء تساوي $1,293 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. نستنتج أن كتلة مول واحد من الهواء هي $29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ فيصبح تعبير الكثافة هو :

$$d = \frac{M}{29}$$

5. مول الأجسام الغازية :

5.1. قانون أفوكادرو أمبير :

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 $T = 0^\circ\text{C}$ و الضغط $P = 1 \text{ atm}$ لدينا $V_m = 22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$.

5.2. تعبير كمية المادة في حالة الأجسام الغازية :

إن حجما $V(X)$ لغاز X يحتوي على كمية المادة $n(X)$ من هذا الغاز بحيث :

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m}$$

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 $P = 1\text{atm}$.

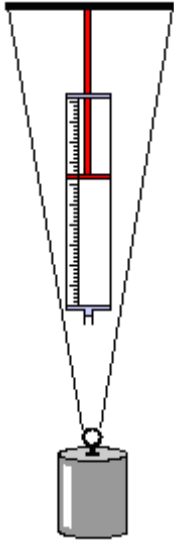
مثال 2 : أحسب كمية المادة لغاز الأمونياك NH_3 الموجودة في 200cm^3 من هذا الغاز في الشروط النظامية لدرجة الحرارة $T = 0^\circ\text{C}$ و الضغط $P = 1\text{atm}$.

6. معادلة الحالة للغازات الكاملة

6.1. قانون بويل ماريوت

أ- تجربة

نجز التجربة الممثلة في الشكل أسفله :



الكتلة m (kg)	0,5	1	1,5	2	2,5
حجم الغاز (mL)	8	4	2,6	2	1,6
m , V	4	4	3,9	4	4

ملاحظات :

- * عندما تزداد الكتلة (يزداد الضغط) ويتقلص حجم الغاز.
- * تتناسب الكتلة (ضغط الغاز) عكسيا مع حجم الغاز.

ملحوظة :

طبيعة الغاز لا تؤثر على العلاقة بين الضغط والحجم.

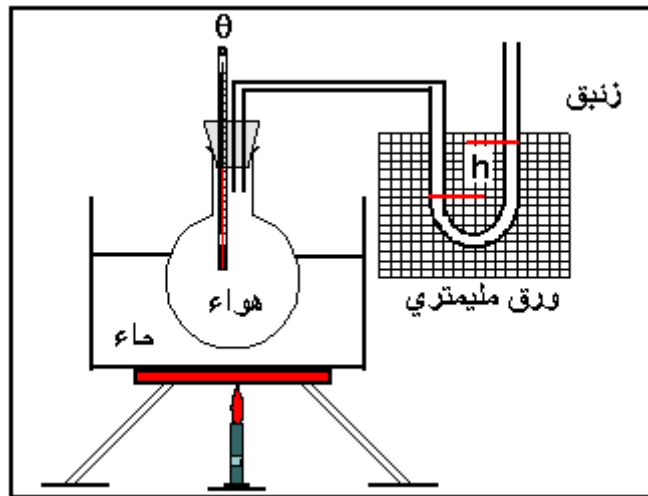
ب - نص قانون بويل - ماريوت :

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

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

6.2. دراسة تغير ثابت الحجم والضغط لغاز مع درجة الحرارة

أ- الدراسة التجريبية



نأخذ كمية معينة من غاز (الهواء) حيث يبقى حجمها ثابتا وندرس تغير الضغط بدلالة درجة الحرارة.

نسخن بعد ذلك الحوجلة بواسطة حمام مريم ، ونحدد بالنسبة لكل قيمة درجة الحرارة θ فرق الارتفاع الرأسي h للزئبق ، ومنه نستنتج الضغط p للهواء المحصور بالعلاقة :

$$p = \mu gh + p_{atm}$$

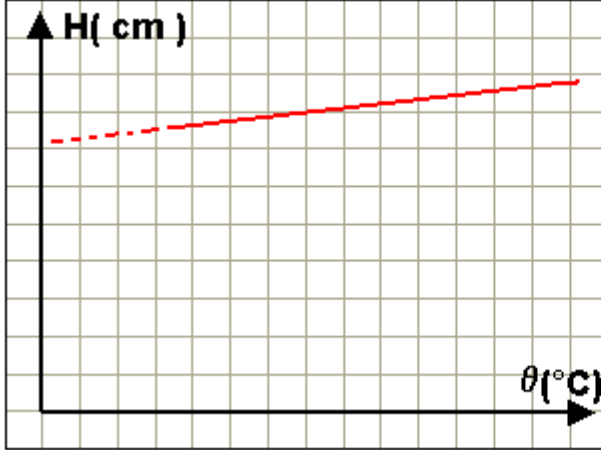
مع :

$$p_{atm} = \mu g H_a$$

$H_a = 76\text{cm}$ في حالة الضغط النظامي.

$$P = \mu g (h + H_a) = \mu g H$$

ندون النتائج في الجدول أسفله و نمثل مبيانيا تغيرات H بدلالة θ عند حجم ثابت. فنحصل على مستقيم لا يمر من اصل المعلم.



θ (°C)	h (cm)	H (cm)
18	0	75,7
40	6,7	82,4
50	9,4	85,1
60	11,9	87,6
70	14,4	90,1
80	16,9	92,6

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

◆ بإزاحة نقطة الأصل في التدرج الحراري إلى 273 ، نحصل على ما يسمى التدرج المطلق حيث عوض محور درجات الحرارة المئوية θ °C بمحور درجات الحرارة المطلقة T المعبر عنها بالوحدة K (كلفين Kelvin).

ب - درجة الحرارة المطلقة :

العلاقة التي تجمع درجة الحرارة المطلقة T وحدتها (K) ودرجة الحرارة سيلسيوس θ هي :

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

3.6. معادلة الحالة للغازات الكاملة :

◆ 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 تبقى ثابتة. نرسم لهذه الثابتة R وتصبح العلاقة :

$$\frac{PV}{nT} = R \quad \text{أو} \quad PV = nRT$$

تسمى معادلة الحالة للغازات الكاملة $\text{équation d'état des gaz parfait}$ حيث R تسمى ثابتة الغازات الكاملة.

◆ تحديد قيمة R :

إذا اعتبرنا مولا واحدا من غاز في الشروط النظامية (أي تحت ضغط $p_0 = 1\text{atm}$ وفي درجة حرارة $T_0 = 273,15\text{K}$) فإنه يشغل الحجم المولي النظامي $V_0 = 22,4\text{mol}^{-1}$.

$$R = = = 0,082 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$R = 8,314 \text{ j K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,14 \text{ (S.I)}$$

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.

