

المحور الثالث :
تحويلات المادة

الوحدة 7

6 س

المول - كمية المادة

la mole - quantité de matière



الجذع المشترك
الكيمياء

1- المول :

1-1- نشاط :

لتحديد عدد ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ المتواجدة في مسمار من حديد ، نقيس كتلته بواسطة ميزان إلكتروني . نعتبر المسمار مكونا فقط من ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$.

نعطي : كتلة النويات هي $m_p = m_n = 1,67.10^{-27} \text{ kg}$.

أ- احسب كتلة ذرة واحدة من الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$.

بما أن كتلة الذرة متركزة في نواتها فإن الكتلة التقريبية لذرة الحديد هي

$$m(^{56}_{26}\text{Fe}) \approx A.m_p = 56 \times 1,67.10^{-27} = 9,35.10^{-26} \text{ kg}$$

ب- استنتج N عدد ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ المتواجدة في المسمار .

لدينا عدد ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ المتواجدة في المسمار ذي الكتلة $m = 6,3 \text{ g}$

$$N = \frac{m}{m(^{56}_{26}\text{Fe})} = \frac{6,3}{9,35.10^{-23}} = 6,7.10^{22}$$

ج- إذا كان بالإمكان تُعداد ذرة واحدة كل ثانية ، حدد المدة الزمنية اللازمة لتُعداد عدد ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ المتواجدة في المسمار . ماذا تستنتج ؟

$$\Delta t = \frac{6,7.10^{22}}{365 \times 24 \times 3600} = 2,1246.10^{15} \text{ ans} \quad \text{أي} \quad \Delta t = 6,7.10^{22} \text{ s}$$

فنستنتج استحالة تُعداد هذه الذرات .

د- نعتبر مجموعة من الرزم الورقية التي تحتوي كل واحدة منها على 500

ورقة (انظر جانبه) . احسب عدد الأوراق الموجودة في هذه العينة . ماذا

تقترح لحساب عدد ذرات الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ المتواجدة في المسمار السابق ؟

لدينا خمسة رزم ورقية في هذه العينة وبالتالي عدد الأوراق الموجودة في

هذه العينة هو $N = 5 \times 500 = 2500$. نلاحظ أن عد هذا العدد من

الأوراق تم بسهولة عند تجزيء هذا العدد إلى مجموعات متساوية ، فنقترح

اختيار مجموعة تحتوي على عدد لا يتغير من الذرات يسمى المول .

1-2- المول :

1-2-1- عدد أفوگادرو :

نأخذ عينة من الكربون $^{12}_6\text{C}$ كتلتها $m = 12,00 \text{ g}$ وكتلة ذرة واحدة من الكربون $^{12}_6\text{C}$ هي

$$m(^{12}_6\text{C}) = 1,992662.10^{-23} \text{ g} . \text{ تحتوي هذه العينة على ذرة كربون } ^{12}_6\text{C} \text{ حيث}$$

$$N = \frac{m}{m(^{12}_6\text{C})} = \frac{12,00.10^{-3}}{12 \times 1,67.10^{-27}} = 6,02.10^{23}$$

نسماه عدد

أفوگادرو .

1-2-2- تعريف :

المول هو كمية المادة لمجموعة تحتوي على عدد من الدقائق (ذرات - جزيئات - أيونات - إلكترونات

(...) يساوي عدد الذرات الموجودة في 12 g من الكربون $^{12}_6\text{C}$ أي عدد أفوگادرو من الدقائق .

1-2-3- ثابتة أفوگادرو :

ثابتة أفوگادرو N_A تعبر عن عدد الدقائق في مول واحد حيث : $N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

بالنسبة لعينة معينة من مادة ما ، تحتوي على عدد N من الدقائق X ، تكون كمية مادة هذه العينة هي :

$$n(X) = \frac{N}{N_A} \leftarrow \text{mol}$$

تطبيق

أ- احسب كمية مادة الحديد المتواجدة في المسمار السابق . هل العدد المحصل عليه يدخل في نطاق السلم المعتاد استعماله (السلم الماكروسكوبي) ؟
ب- احسب عدد جزيئات الماء المتواجدة في مول واحد من الماء .

أ- لدينا $n(Fe) = \frac{N}{N_A} = \frac{6,7 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,11 \text{ mol}$ وهذا العدد يدخل في السلم الماكروسكوبي .

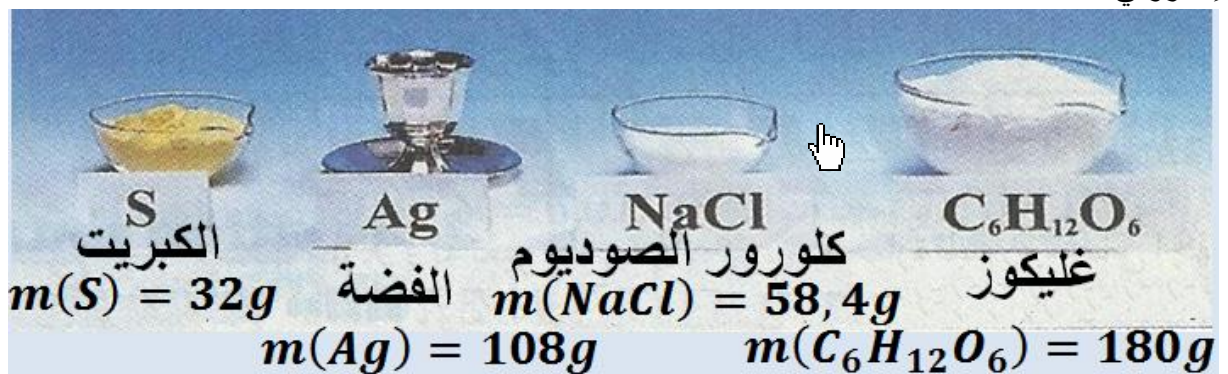
ب- لدينا $n(H_2O) = \frac{N}{N_A}$ إذن عدد جزيئات الماء هو $N = n(H_2O) \cdot N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

ملحوظة : يمثل رمز الدقيقة مولا واحدا من هذه الدقيقة .

2- الكتلة المولية :

1-2- نشاط :

تمثل عينات المواد المتواجدة في الشكل أسفله مولا واحدا من كل مادة ، تم قياس كتلتها بواسطة ميزان الكتروني .



أ- بين أن هذه العينات تضم نفس عدد الأنواع الكيميائية . وأعط قيمة هذا العدد .

لدينا $n(S) = n(Ag) = n(NaCl) = n(C_6H_{12}O_6) = 1 \text{ mol}$

$$\frac{N(S)}{N_A} = \frac{N(Ag)}{N_A} = \frac{N(NaCl)}{N_A} = \frac{N(C_6H_{12}O_6)}{N_A} = 1 \text{ mol أي}$$

إذن $N(S) = N(Ag) = N(NaCl) = N(C_6H_{12}O_6) = N = 6,02 \cdot 10^{23}$

ب- عين قيمة (S) كتلة مول واحدة من ذرات الكبريت ، و $M(Ag)$ كتلة مول واحدة من ذرات الفضة . يسمى هذا المقدار الكتلة المولية الذرية . ثم قارنها مع القيمة الموجودة في الجدول الدوري .

لدينا كتلة مول واحد من ذرات الكبريت هي $m(S) = 32g$ إذن $M(S) = 32g \cdot mol^{-1}$.

لدينا كتلة مول واحد من ذرات الفضة هي $(Ag) = 108g$ إذن $M(Ag) = 108g \cdot mol^{-1}$.

ونلاحظ أن هذه القيمة مساوية تقريبا للقيم الموجودة في الجدول الدوري .

ج- عين قيمة $M(NaCl)$ كتلة مول واحدة من كلورور الصوديوم ، و $M(C_6H_{12}O_6)$ كتلة مول واحدة من جزيئات الغليكويز . يسمى هذا المقدار الكتلة المولية الجزيئية .

لدينا كتلة مول واحد من كلورور الصوديوم هي $m(NaCl) = 58,4g$

إذن $M(NaCl) = 58,4g \cdot mol^{-1}$.

لدينا كتلة مول واحد من الغليكويز هي $m(C_6H_{12}O_6) = 180g$

إذن $M(C_6H_{12}O_6) = 180g \cdot mol^{-1}$.

د- استخرج من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية ، الكتل المولية الذرية المكونة لجزيئات كلورور الصوديوم وجزيئات الغليكوز ، ثم قارن $M(Na) + M(Cl)$ مع $M(NaCl)$ وقارن $6.M(C) + 12.M(H) + 6.M(O)$ مع $M(C_6H_{12}O_6)$. ماذا تستنتج ؟

لدينا $M(H) = 1g.mol^{-1}$ و $M(C) = 12g.mol^{-1}$ و $M(O) = 16g.mol^{-1}$ و $M(Na) = 23g.mol^{-1}$ و $M(Cl) = 35,5g.mol^{-1}$.

لدينا $M(NaCl) = M(Na) + M(Cl) = 23 + 35,5 = 58,5g.mol^{-1}$ فنلاحظ أن $M(NaCl) = M(Na) + M(Cl)$.

لدينا $6.M(C) + 12.M(H) + 6.M(O) = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180g.mol^{-1}$

فلاحظ أن $M(C_6H_{12}O_6) = 6.M(C) + 12.M(H) + 6.M(O)$.

فستنتج أن الكتلة المولية الجزيئية تساوي مجموع الكتل المولية الذرية للذرات المكونة لها .

2-2- الكتلة المولية الذرية :

الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي هي كتلة مول واحد من ذرات هذا

العنصر . ويرمز لها بـ $M(X)$. ويعبر عنها بالوحدة $kg.mol^{-1}$

وعمليا بالوحدة $g.mol^{-1}$.

ملحوظة : حساب الكتلة المولية الذرية

نعتبر العنصر الكيميائي النحاس Cu . في الحالة الطبيعية يتكون ، أساسا من النظيرين $^{63}_{29}Cu$ و $^{65}_{29}Cu$ ، وفارتهما على التوالي : 69,1% و 30,8% .

كتلة مول واحد من ذرات $^{63}_{29}Cu$: $M_1 \approx A_1 = 63g.mol^{-1}$.

كتلة مول واحد من ذرات $^{65}_{29}Cu$: $M_2 \approx A_2 = 65g.mol^{-1}$.

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

$$M(Cu) = 0,691 \times M_1 + 0,308 \times M_2 = 63,5g.mol^{-1}$$

2-3- الكتلة المولية الجزيئية :

الكتلة المولية الجزيئية لجسم خالص هي كتلة مول واحد من جزيئات هذا الجسم ، وتساوي مجموع

الكتل المولية الذرية للذرات المكونة للجزيئة . ويعبر عنها بالوحدة $g.mol^{-1}$.

2-4- العلاقة بين الكتلة وكمية المادة :

تعرف **كمية المادة (X)** لعينة كتلتها $m(X)$ مكونة من نوع كيميائي X كتلته المولية $M(X)$ بالعلاقة :

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} \rightarrow g \rightarrow g.mol^{-1}$$

مثال :

كمية مادة الحديد الموجودة في المسامير السابق هي $n(Fe) = \frac{m}{M(Fe)} = \frac{6,3}{55,8} = 0,11 mol$.

3- تحديد كمية مادة جسم غازي :

3-1- الحجم المولي :

الحجم المولي V_m لغاز هو الحجم الذي يشغله مول واحد من هذا الغاز في ظروف تجريبية معينة

لدرجة الحرارة والضغط . يعبر عنه بالوحدة $m^3.mol^{-1}$ وعمليا بالوحدة $L.mol^{-1}$.

3-2- العلاقة بين الحجم وكمية المادة :

تعرف **كمية المادة (X)** لعينة من غاز حجمها $V(X)$ مكونة من نوع كيميائي X ، موجودة في ظروف

تجريبية معينة لدرجة الحرارة والضغط ، بالعلاقة :

$$n = \frac{V(X)}{V_m} \rightarrow L \rightarrow L.mol^{-1}$$

3-3- قانون أفوگادرو - أمبير :

3-3-1- نشاط :

نعطي في الجدول أسفله قيم m كتلة الحجم $V = 0,533 L$ لبعض الغازات في نفس الظروف التجريبية لدرجة الحرارة والضغط .

H_2	CH_4	C_2H_4	O_2	صيغة جزيئة الغاز
0,042	0,330	0,577	0,665	كتلته $m(g)$
2	16	28	32	الكتلة المولية الجزيئية $M(g.mol^{-1})$
0,021	0,021	0,021	0,021	كمية المادة $n(X) = \frac{m}{M} (mol)$
25,38	25,38	25,38	25,38	الحجم المولي $V_m = \frac{V}{n} (L.mol^{-1})$

أ- أتمم الجدول أعلاه .

انظر أعلاه .

ب- قارن قيم كمية مادة الغازات المدروسة ثم قيم حجمها المولي .

نلاحظ أن نفس كمية المادة $n(X) = 0,021 mol$ لمختلف الغازات تشغل نفس الحجم المولي $V_m = 25,38 L.mol^{-1}$ في نفس الظروف التجريبية لدرجة الحرارة والضغط .

3-3-2- نص قانون أفوگادرو - أمبير :

في نفس الظروف التجريبية لدرجة الحرارة والضغط ، يشغل مول واحد من الأنواع الكيميائية في الحالة الغازية نفس الحجم المولي كيف ما كانت طبيعة الغاز .

ملحوظة :

قيمة الحجم المولي في الظروف النظامية ($\theta = 0^\circ C$ و $P = 1 atm = 101325 Pa$) هي $V_m = 22,4 L.mol^{-1}$.

قيمة الحجم المولي في الظروف الاعتيادية ($\theta = 20^\circ C$ و $P = 1 atm = 101325 Pa$) هي $V_m = 24,0 L.mol^{-1}$.

3-4- كثافة غاز :

تُعرف **كثافة غاز** ، بالنسبة للهواء ، بأنها خارج قسمة الكتلة m لحجم V من هذا الغاز على الكتلة m_a للحجم نفسه من الهواء ، شريطة أن يؤخذ الغاز والهواء في نفس الشروط لدرجة الحرارة والضغط .

$$d = \frac{m}{m_a} = \frac{M}{M_a}$$

ملحوظة :

في الظروف النظامية ، يكون الحجم المولي هو $V_m = 22,4 L.mol^{-1}$ و الكتلة الحجمية للهواء هو $\rho_a = 1,293 g.L^{-1}$ وبالتالي الكتلة المولية للهواء هي

$$M_a = \rho_a \cdot V_m = 1,293 \times 22,4 = 29 g.mol^{-1}$$

إذن ، يعبر عن كثافة الغاز في الظروف النظامية بالعلاقة : $d = \frac{M}{29}$.

4- معادلات الحالة للغازات الكاملة :

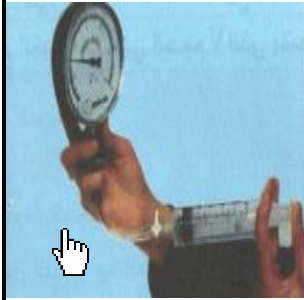
4-1- متغيرات الحالة للغاز :

تتميز حالة غاز بأربعة مقادير فيزيائية عيانية وهي : الضغط P والحجم V ودرجة الحرارة T وكمية المادة n . وتسمى هذه المتغيرات بمتغيرات الحالة .

4-1-1-1-1 : نشاط :

■ نحجز في محقن مرتبط بالمانومتر عينة من الهواء لا تتغير كميتها ، ثم ندفع ببطء المكبس ونسجل القيم التالية .

35	30	25	20	15	V(mL)
42,8	50,0	60,0	75,0	100,0	P(hPa)
1498	1500	1500	1500	1500	P.V



أ- ما الفائدة من دفع أو جر المكبس ببطء ؟

نقوم بالدفع أو الجر ببطء من أجل أن تبقى درجة الحرارة ثابتة .

ب- أتمم ملأ الجدول ثم استنتج العلاقة التي تجمع الضغط بالحجم .

انظر أعلاه ، نلاحظ أن $P.V = Cte$ فكلما انخفض الحجم V ازداد الضغط P .

■ عند تسخين الحويلة باليدين ، تتحرك قطرة الزئبق إلى اليمين . حيث كمية

الهواء المحبوس في الحويلة لا تتغير ويبقى الضغط داخلها ثابتا .

ماذا تستنتج ؟

كلما ارتفعت درجة الحرارة T ارتفع الحجم V .

■ نسخن الهواء المحبوس داخل الحويلة ونسجل القيم التالية .

45	20	15	8	0	-10	T(°C)
1102	1009	998	974	946	912	P(hPa)

ماذا تستنتج ؟

كلما ارتفعت درجة الحرارة T ارتفع الضغط P .

4-1-2-1-4 : خلاصة :

تسمى المقادير الفيزيائية العيانية التي تميز الغاز بمتغيرات الحالة وهي غير مستقلة حيث :

❖ كلما انخفض الحجم V ازداد الضغط P ، عندما تبقى كمية المادة ودرجة الحرارة ثابتتين .

❖ كلما ارتفعت درجة الحرارة T ارتفع الضغط P ، عندما تبقى كمية المادة والحجم ثابتين .

❖ كلما ارتفعت درجة الحرارة T ارتفع الحجم V ، عندما تبقى كمية المادة والضغط ثابتين .

❖ كلما ارتفعت كمية المادة n ارتفع الضغط P ، عندما تبقى درجة الحرارة والحجم ثابتين .

4-2-1-4 : قانون بويل - ماريوت :

عند درجة حرارة ثابتة وبالنسبة لكمية معينة من غاز ، يبقى جداء الضغط P والحجم V الذي يشغله هذا

الغاز ثابتا $P.V = Cte$. تتعلق الثابتة بدرجة الحرارة وبكمية المادة والوحدات المختارة .

4-3-1-4 : نموذج الغاز الكامل :

الغاز الكامل هو غاز نموذجي يخضع خضوعا تاما لقانون بويل - ماريوت وقانون أفوگادرو - أمبير .

وتجريبيا ، يتحقق ذلك بتطبيق ضغط منخفض على الغاز ($P \leq 10^6 Pa$) وتبقى درجة حرارته

بعيدة عن درجة حرارة إسالتة .

4-4-1-4 : معادلة الحالة للغازات الكاملة :

بينت التجارب أن متغيرات الحالة لغاز مرتبطة فيما بينها بالعلاقة التالية : $P.V = n.R.T$.

والتي تسمى معادلة الحالة للغازات الكاملة حيث R ثابتة الغازات الكاملة مع

$R = 8,314 Pa.m^3.K^{-1}.mol^{-1}$ أو $R = 8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}$ أو

$R = 0,082 atm.L.K^{-1}.mol^{-1}$

4-5-1-4 : درجة الحرارة المطلقة :

درجة الحرارة المطلقة T يعبر عنها بالوحدة الكلفين K . حيث : $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$.

تسمى درجة الحرارة $T = 0K$ بالصفر المطلق .