ملاحظات مهمة

١- **أهم قانون** في الحسابات الكيميائية هو عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية

٢- في الأسئلة المقننة (خيارات من متعدد) تم حل المسائل يدويا بالتقريب لذا النتيجة قد لا تكون مساوية تماما للخيار الصحيح لكن سيكون مقارب له ، لأنه تم وضع الخيارات على أساس الكتل الذرية تحسب بالدقة من الجدول الدوري وبالآلة الحاسبة في الكتاب لكن أنا حليت على أساس الكتل بالتقريب المعتاد عليه ، مثلا الكتلة الذرية للكالسيوم في الجدول الدوري 40.078 هنا اكتفيت بـ 40 ، وعدد أفوغادر 6×10^{23} بدلا من 6.02×10^{23}

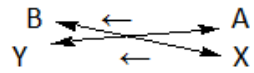
٣- المسائل تم حلها بطريقة (طرفين × وسطين) وليست مثل طريقة الكتاب طويلة ، ولك حرية الخيار إذا تريد تعتمد هذه الطريقة أو بطريقة الكتاب كلاهما يؤديان نفس النتيجة

طريقة الطرفين × وسطين كالتالي :

نستخدم مادتين فقط من المعادلة الموزونة لا يهم موقعها متفاعلات او نواتج

عدد مولات المادة الأولى ← عدد مولات المادة الثانية

من المعادلة الموزونة



من عدد المولات المعطى

طرفين × وسطين ≈ $Y A = X B$

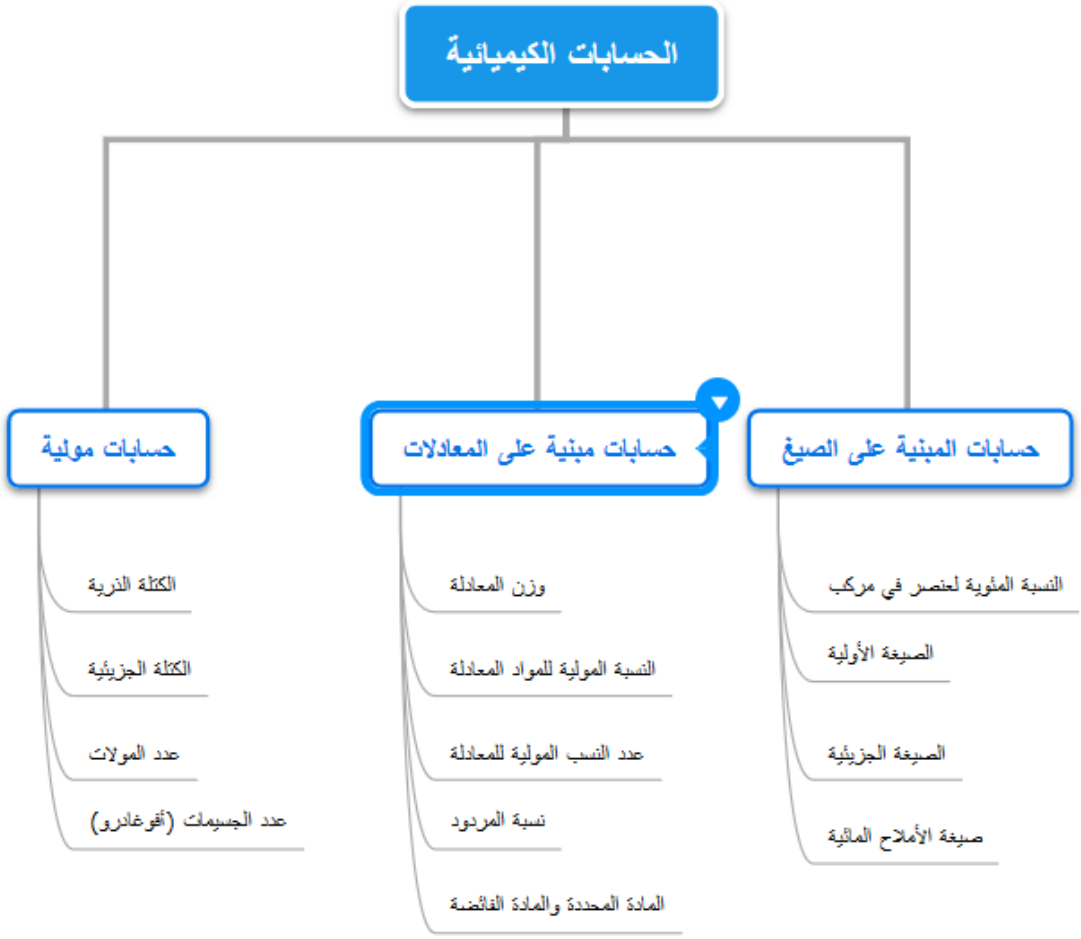
أحد الرموز مجهول

أو قد تكون المعطى كتلة بدل عدد المولات حيها نحولها للمولات

٤- نظرا لتكرار عدد الأكسجين والكربون في المركبات يستحسن تحفظ قيم الضرب التالية لتسهيل حساب الكتل المولية

$2 \times 16 = 32$ ، $3 \times 16 = 48$ ، $4 \times 16 = 64$ ، $5 \times 16 = 80$

$2 \times 12 = 24$ ، $3 \times 12 = 36$ ، $4 \times 12 = 48$ ، $5 \times 12 = 60$



$$\text{نسبة المردود} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

$$n\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية M}}$$

عدد الجسيمات = عدد المولات n × عدد أفوجادرو

الكتلة الجزيئية (المولية) = مجموع الكتل الذرية

$$\text{النسبة المئوية لعنصر في مركب} = \frac{\text{الكتلة المولية للعنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

النسبة المولية لمادتين $\frac{\text{عدد مولات المادة الأولى}}{\text{عدد مولات المادة الثانية}}$

عدد النسب المولية للمعادلة $n(n-1)$ n عدد المواد في المعادلة

دالتون $P = P_1 + P_2 + P_3 \ldots$

شارل $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

بويل $P_1V_1 = P_2V_2$

جاي لوساك $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

أفوجادرو $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

القانون العام $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

(الحجم المولاري) حجم الغاز في ظروف قياسية STP $V = 22.4n$

قانون الغاز المثالي

$PV = nRT$

أو القانون بدلالة الكثافةD والكتلة المولية M

$MP = DRT$

الحسابات المولية

وحدة النظام الدولي الأساسية لقياس كمية المادة هو **المول**

- **المول :** المول هو عدد أفوغادرو من الجسيمات (الذرات أو الجزيئات أو الإلكترونات أو أيونات).

عدد أفوغادرو $N_A = 6.02 \times 10^{23}$

ملاحظة لتبسيط الحساب سأستخدم 6×10^{23}

1. يستخدم الخارصين Zn في جلفنة الحديد لحمايته من التآكل. احسب عدد ذرات Zn في 2.5 mol منه.

$2.5 \times 6 \times 10^{23} = 15 \times 10^{23}$ ذرة

2. احسب عدد الجزيئات في 11.5 mol من الماء H_2O.

$11.5 \times 6 \times 10^{23} = 69 \times 10^{23}$ جزيء

3. تستخدم نترات الفضة $AgNO_3$ في تحضير أنواع متعددة من هاليدات الفضة المستخدمة في عملية التصوير الفوتوجرافي. ما عدد وحدات الصيغة $AgNO_3$ في 3.25 mol من نترات الفضة $AgNO_3$؟

$3.25 \times 6 \times 10^{23} = 19.5 \times 10^{23}$ جزيء

➢ ملاحظة مهمة : إذا طلب عدد ذرات أو أيونات عنصر ما في مركب أو جزيء نضرب في عدده في الحساب

مثال : لديك 5 مول من غاز الأكسجين O_2 و 5 مول من غاز الأوزون O_3 هل يتساويان في عدد الجزيئات وعدد الذرات ؟

عدد جزيئات 5 mol O_2 : $5 \times 6 \times 10^{23} = \mathbf{30 \times 10^{23}}$ molecule

عدد جزيئات 5 mol O_3 : $5 \times 6 \times 10^{23} = 30 \times 10^{23}$ molecule

عدد ذرات 5 mol O_2 : $2 \times 5 \times 6 \times 10^{23} = \mathbf{60 \times 10^{23}}$ molecule

عدد ذرات 5 mol O_3 : $3 \times 5 \times 6 \times 10^{23} = 90 \times 10^{23}$ molecule

➢ عدد الجزيئات متساوية لكن عدد الذرات مختلف ➢

تحويل الجسيمات إلى مولات يستخدم النحاس Cu في صناعة الأسلاك الكهربائية. احسب عدد مولات النحاس التي تحتوي على 4.5×10^{24} ذرة منه.

$$n_{Cu} = \frac{4.5 \times 10^{24}}{6 \times 10^{23}} = 0.75 \times 10 = 7.5\ mol$$

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجسيمات}}{6 \times 10^{23}}$$

14. رتب العينات الثلاث الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب عدد الجسيمات الممثلة: (نوحدها جميعا على عدد المولات)

1.25×10^{25} ذرة من الخارصين Zn $\quad n_{Zn} = \frac{1.25 \times 10^{25}}{6 \times 10^{23}} = 0.2\ mo$

3.56 mol من الحديد Fe $\quad$ معطى $n_{Fe} = 3.5\ mol$

6.78×10^{22} جزيء من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ $\quad n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{6.68 \times 10^{22}}{6 \times 10^{23}} = 0.1\ mol$

الجلوكوز < الخارصين < الحديد

علاقات المول المرتبطة بالصيغة الكيميائية أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) الذي يسمى غالبًا ألومينا، هو المادة الخام الأساسية لإنتاج الألومنيوم (Al). يوجد الألومنيا في معدن الكورنديوم والبوكسايت. احسب عدد مولات أيونات الألومنيوم (Al^{3+}) في 1.25 mol من أكسيد الألومنيوم Al_2O_3.

$1\ mol\ Al_2O_3 \rightarrow 2\ mol\ Al^{3+}$

$1.25 \rightarrow ??$

$1.25 \times 2 = 2.5\ mol$

التحويل من كتلة إلى مولات ثم إلى جسيمات يستعمل كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ لتكرير البترول وصناعة المطاط والشحوم. فإذا كان لديك عينة من كلوريد الألومنيوم كتلتها 35.6 g فأوجد:

a. عدد أيونات الألومنيوم الموجودة فيها.

b. عدد أيونات الكلور الموجودة فيها.

c. الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من كلوريد الألومنيوم.

(Al = 27 , Cl = 35.5)

الكتلة المولية $AlCl_3$ $27+3(35.5) = 133.5$

نحول كتلة من كلوريد الالمونيوم إلى عدد مولات $n_{AlCl_3} = \frac{35.6}{133.5} = 0.26\ mol$

A. 1 مول كلوريد الألمونيوم 1 مول ألمونيوم ، 0.26 مول كلوريد الألمونيوم 0.26 مول ألمونيوم

عدد أيونات الألمونيوم : $0.26 \times 6 \times 10^{23} = 1.56 \times 10^{23}$

B. 1 مول كلوريد الألمونيوم يحوي 3 مول كلور

0.26 ← ??

عدد مولات الكلور $0.26 \times 3 = 0.78\ mol\ Cl^-$

عدد أيونات الكلور : $0.78 \times 6 \times 10^{23} = 4.7 \times 10^{23}$

الكتلة المولية الكتلة بالجرام لمول واحد من المادة النقية .

اعتمد كتلة نظير الكربون-12 **ساساً في حساب الكتل** الذرية **للعناصر** .

حيث أن 1amu تعادل $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير كربون-12 وحدة الكتلة الذرية amu

الكتلة المولية للذرة تساوي الكتلة الذرية لها.

الكتلة المولية لأي جزيء = مجموع الكتلة الذرية للعناصر الداخلة في تركيبة مضروباً في عدد ذرات كل عنصر . تسمى الكتلة الجزيئية وحدة الكتلة الجزيئية g/mol

7) احسب الكتلة المولية لكل من الصيغ الكيميائية التالية:

أ) OH_2 ب) C_6H_5OH ج) Na_2SO_4

(الكتلة الذرية : H = 1 ، O = 16 ، C = 12 ، Na = 23 ، S = 32)

OH_2 $16+2(1) = 18\ g/mol$

C_6H_5OH $6(12) + 5(1) + 16 + 1 = 94\ g/mol$

Na_2SO_4 $2(23) + 32 + 16(4) = 142$

قانون النسب الثابتة (قانون بروست) : عند تحليل أي مركب أو تكوينه بطريقة صحيحة نجد أنه يتكون من نفس العناصر متحدة مع بعضها بنسب وزنية ثابتة. "

4. يعد هيدروكسيد الصوديوم NaOH قاعدة قوية، تستخدم في فتح مصارف الصرف الصحي. ما نسب مكونات هيدروكسيد الصوديوم؟ Na = 23 , H = 1 , O = 16

a. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H
b. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H
c. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H
d. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

Na = 23

O = 16

H = 1

Hg = 200

الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم $23 + 1 + 16 = 40\ g/mol$

$Na = \frac{23}{40} \times 100 = 57.5\%$, $O = \frac{16}{40} \times 100 = 40\%$, $H = \frac{1}{40} \times 100 = 2.5\%$

- **قانون النسب المتضاعفة (قانون دالتون)** "عندما يتحد عنصران ليكونا أكثر من مركب واحد فإن أوزان أحد العنصرين التي تتحد مع وزن ثابت من العنصر الآخر تكون في نسبة عددية بسيطة أو نسبة متضاعفة معه

67. صنف المركبات الواردة في **الجدول 7–2** إلى:
(1:1)، (2:2)، (2:1)، (1:2)

الجدول 7-2 نسب العناصر في المركبات

المركب	أبسط نسب صحيحة للعناصر
NaCl	1:1
CuO	1:1
H_2O	2:1
H_2O_2	2 : 2

قانون حفظ الكتلة (قانون لافوازييه) : المادة لا تفنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي ، كتلة المواد الناتجة = كتلة المواد المتفاعلة

- **لافوازييه** اكتشف قانون حفظ الكتلة باستخدام الميزان الحساس أثناء تجربته لتسخين HgO

مثال 2-1

حفظ الكتلة في إحدى التجارب وُضع 10 g من أكسيد الزئبق II الأحمر في كأس مفتوحة، وسخنت حتى تحولت إلى زئبق سائل وغاز أكسجين، فإذا كانت كتلة الزئبق السائل 9.26 g فما كتلة الأكسجين الناتج عن هذا التفاعل ؟

كتلة النواتج = كتلة المتفاعلات

$HgO = Hg + O_2$

$HgO - Hg = O_2$

$10 - 9.26 = 0.72\ g\ O_2$

13. احسب. حل المسائل الآتية:

a. إذا تفاعل 22.99 g من الصوديوم تمامًا مع 35.45 g من الكلور فما كتلة كلوريد الصوديوم الناتج؟

23+ 35.4= 58.4g

b. إذا تفاعل 12.2 g من مادة X مع عينة من Y ونتج 78.9 g من XY فما كتلة Y المتفاعلة؟

79 - 12.2 = 66.8 g

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2.

النسبة المئوية بالكتلة لعنصر في مركب $= \frac{\text{الكتلة المولية للعنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$

C = 12 , O = 16

- نسبة الكربون $\frac{12}{12+(2\times16)} \times 100 = 27\%$

نسبة الأكسجين $\frac{16\times2}{12+(2\times16)} \times 100 = 72\%$

تنبيه : يجب ضرب الكتلة المولية في عدد ذرات العنصر في المركب (لأن الأكسجين ذرتين نضرب 16x2

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2 .

التحليل الكتلي لعينتي كلور - فلور				
العينة	كتلة الكلور (g)	كتلة الفلور (g)	% Cl	% F
I	13.022	6.978	65.11	34.89
II	5.753	9.248	?	?

1. ما النسبة المئوية لكل من الكلور والفلور في العينة رقم II.

a. 0.6220 و 61.65

b. 61.65 و 38.35

c. 38.35 و 0.6220

d. 38.35 و 61.650

$$Cl = \frac{5.75}{9.25+5.75} \times 100 = 38\%$$

$$F = \frac{9.25}{9.25+5.75} \times 100 = 61\%$$

2. إلى أي القانونين: (النسب الثابتة أم المتضاعفة) تخضع نسبة كتلتي الكلور والفلور في العينتين؟

a. قانون النسب الثابتة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركب واحد.

b. قانون النسب المتضاعفة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركب واحد.

c. قانون النسب الثابتة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركبين مختلفين.

d. قانون النسب المتضاعفة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركبين مختلفين.

العينة النسب في العينة I تختلف عن النسب في II أي أن المركبين مختلفين

النسب الثابتة تبقى كما هي طالما أن المركب واحد حتى لو اختلفت كتلته وظروفه

68. تحتوي عينة كتلتها 25.3 g من مركب ما على 0.8 g أكسجين. ما النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين في المركب؟

النسبة المئوية للعنصر بدلالة الكتلة

$$\frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة العينة}} \times 100 =$$

$$\frac{0.8}{25.3} \times 100 = 3.16\%$$

الحسابات المتعلقة بصيغة الجزيء

.الصيغة الأولية (أو البسيطة أو التجريبية) وهي صيغة تحتوي على رموز العناصر الداخلة في تكوين المركب بأبسط نسبة عددية صحيحة ، سميت بالصيغة التجريبية لأنها تُحددت بعمليات تحليل كمي على المادة .

مثال : الصيغة البسيطة لفوق أكسيد الهيدروجين هو HO ، الجلوكوز CH_2O ، عاشر أكسيد رابع الفوسفات P_2O_5

- يمكن تعيين الصيغة الأولية لمركب مجهول تجريبيا بمعرفة النسبة المئوية لمكوناته

٢. الصيغة الجزيئية : الصيغة الدالة على الوحدة الجزيئية للمادة (تبين العدد الفعلي لذرات العناصر المكونة في الجزيء) ، أي أنها تتكون من جزيء واحد من المادة .

مثال الصيغة الجزيئية لفوق أكسيد الهيدروجين هو H_2O_2 ، وللجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ، عاشر أكسيد رابع الفوسفات P_4O_{10}

- يتم تعيين الصيغة الجزيئية لمركب مجهول بمعرفة الصيغة التجريبية والكتلة المولية التي تعين عمليا
- قد تكون الصيغة الجزيئية هي نفسها الصيغة البسيطة مثل الماء ، الميثان ، ثاني أكسيد الكربون
- أحيانا تكون الصيغة الجزيئية نفسها الأولية في حال كان عدد مولات كل عنصر في المركب لا يمكن تبسيطه لأعداد صحيحة

مثال الجلوكوز صيغته الجزيئية $C_6H_{12}O_6$: بتبسيط عدد المولات على قاسم مشترك وهو 6

$$\underset{6}{C_6}\underset{6}{H_{12}}\underset{6}{O_6}$$ نحصل على الصيغة الأولية CH_2O

لكن الفورمالدهيد صيغته الجزيئية CH_2O ولا يمكن تبسيطه لذا فالصيغة الأولية ستكون نفس الصيغة الجزيئية

الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من 48.64 % كربون، و8.16 % هيدروجين، و43.20 % أكسجين.

١- نفترض أن كتلة المركب هو 100 g وعليه سيكون كتلة كل عنصر = نسبته

$C = 48.64g$ ، $H = 8.16\ g$ و $O = 43.2g$

٢- نعين عدد مولات عنصر $n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$

$$n_C = \frac{48.64}{12} = 4 \quad , \quad n_H = \frac{8.16}{1} = 8.16 \quad , \quad n_O = \frac{43.2}{16} = 2.7$$

٣- نقسم عدد المولات على الأصغر بينهم وهو 2.7

$$n_C = \frac{4}{2.7} = 1.5 \quad , \quad n_H = \frac{8.1}{2.7} = 3 \quad , \quad n_O = \frac{2.7}{2.7} = 1$$

٤- اضرب في أصغر عدد ممكن لتحويل الاعداد العشرية إلى صحيحة ، في هذه الحالة العدد هو 2

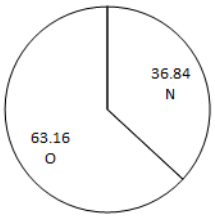
C: 2 x 1.5 = 3 mol , H: 2 x 3 = 6 mol , O: 2 x 1 = 2 mol

٥- الصيغة التجريبية $C_3H_6O_2$

عدد المولات في الصيغة الجزيئية والأولية لازم يكون عدد صحيح ، إذا حصلنا على عدد عشري نضرب في أصغر عدد ممكن يجعلها أعداد صحيحة ، يمكن تجاوز هذه الخطوة إذا لم يظهر عدد عشري

H = 1
C = 12
Fe = 56
Ti = 48
Al = 27
O = 16
S = 32
N = 14

5. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة الأولية لهذه المادة؟



١- نفرض كتلة المادة = 100g

كتلة النيتروجين = 36.84g وكتلة الأكسجين = 63.16g

٢- عدد المولات : $n_N = \frac{36.84}{14} = 2.63$, $n_O = \frac{63.16}{16} \approx 4$

٣- نقسم على أصغر ناتج $n_N = \frac{2.63}{2.63} = 1$, $n_O = \frac{4}{2.63} \approx 1.5$

٤- اضرب في أصغر عدد ممكن لتحويل الاعداد العشرية إلى صحيحة (2)

N : 2 x 1 = 2 , O : 2 x 1.5 = 3

الصيغة الأولية هي N_2O_3

ب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.

Al = 36 g , S = 64 g

$n_{Al} = \frac{36}{27} = 1.3$, $n_S = \frac{64}{32} = 2$

$n_{Al} = \frac{1.3}{1.3} = 1$, $n_S = \frac{2}{1.3} = 1.5$

$n_{Al} = 2 \times 1 = 2$, $n_S = 2 \times 1.5 = 3$

Al_2S_3

مثال 5–13

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يستعمل معدن الإلمنيت لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحوي 5.41 g من الحديد، و4.64 g من التيتانيوم، و4.65 g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية لهذا المعدن.

مباشرة نحسب عدد مولات كل عنصر : عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية

$n_{Fe} = \frac{5.4}{56} = 0.1$, $n_{Ti} = \frac{4.6}{48} = 0.1$, $n_O = \frac{4.65}{16} = 0.3$

نقسم على الأصغر

$n_{Fe} = \frac{0.1}{0.1} = 1$, $n_{Ti} = \frac{0.1}{0.1} = 1$, $n_O = \frac{0.3}{0.1} = 3$

لا حاجة للضرب فجميع الأعداد صحيحة فالصيغة الأولية هي $FeTiO_3$

مثال 12–5

تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسنيك (بيوتان دايويك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و5.08% هيدروجين، و54.24% أكسجين، وله كتلة مولية 118.1g /mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

١- تحديد الصيغة الأولية

C = 41 g , H = 5 g , O = 54 g

$n_C = \frac{40}{12} = 3.4$, $n_H = \frac{5}{1} = 5$, $n_O = \frac{54}{16} = 3.4$

$n_C = \frac{3.4}{3.4} = 1$, $n_H = \frac{5}{3.4} = 1.5$, $n_O = \frac{3.4}{3.4} = 1$

$n_C = 2 \times 1 = 2$, $n_H = 2x1.5 = 3$, $n_o = 2x1 = 2$

الصيغة الأولية ⮜ $C_2H_3O_2$ ➢

٢- تحديد الصيغة الجزيئية

نضرب الكتلة المولية للصيغة الأولية في معامل X ونساويه بالكتلة المولية للصيغة الجزيئية 118g/mol

$(C_2H_3O_2)X = 118$

$[2(12) + 3(1) + 2(16)]X = 118$

$59X = 118$

$X = \frac{118}{59} = 2$

نضرب الصيغة الأولية في 2 فنحصل على الصيغة الجزيئية

$C_{2(2)}H_{3(2)}O_{2(2)}$ ➔ $C_4H_6O_4$

19. حللت عينة مقدارها 1.5 غم من مركب فوجد أنها تتكون من 0.6غم كربون ، 0.1 غم هيدروجين ، والباقي أوكسجين ، أوجد الصيغة البسيطة للمركب . أوجد أيضاً الصيغة الجزيئية للمركب إذا كان وزن المول منها = 120 غم .

نحسب كتلة الاكسجين بطرح (كتلة الكربون والهيدروجين) من كتلة العينة

C = 0.6 g , H = 0.1 g , O : 1.5 – (0.6 + 0.1) = 0.8 g

عدد المولات :

$n_C = \frac{0.6}{12} = 0.05$, $n_H = \frac{0.1}{1} = 0.1$, $n_O = \frac{0.8}{16} = 0.05$

القسمة على أصغر مول (0.05)

$n_C = 1$, $n_H = \frac{0.1}{0.05} = 2$, $n_O = 1$

الصيغة الأولية ⮜ CH_2O ➢

$(12 + 2 + 16)X = 120$,

$30X = 120$ ➔ $X = 4$ → $C_{1(4)}H_{2(4)}O_{1(4)}$

الصيغة الجزيئية ⮜ $C_4H_8O_4$ ➢

صيغة الأملاح المائية

الملح المائي : مركب يحتوي على عدد من جزيئات الماء مرتبطة به

مثال : حجر كريم يسمى أوبال وصيغته الكيميائية أكسيد السيليكون المائي SiO_2

يتم التخلص من الماء **بالتبخير** للحصول على الملح اللامائي

تسمية الأملاح المائية (اسم الملح + المقطع (أحادي .. ثنائي .. + الماء)

الجدول 1–5 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$CaCl_2 . 2H_2O$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$NaC_2H_3O_2. 3H_2O$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء
رباعي	4	$FePO_4. 4H_2O$	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	$CuSO_4. 5H_2O$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء
سداسي	6	$CoCl_2.6H_2O$	كلوريد الكوبلت سداسي الماء
سباعي	7	$MgSO_4 . 7H_2O$	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثماني	8	$Ba(OH)_2. 8H_2O$	هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.
عشاري	10	$Na_2CO_3.10H_2O$	كربونات الصوديوم عشارية الماء

77. سمّ المركّب الذي صيغته $SrCl_2.6H_2O$. كلوريد الاسترنشيوم سداسية الماء

تحديد صيغة الملح المائي وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء $CuSO_4.xH_2O$ كتلتها 2.50 g في جَفنة وسُخّنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء $CuSO_4$. ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

Cu = 63

O = 16

S = 32

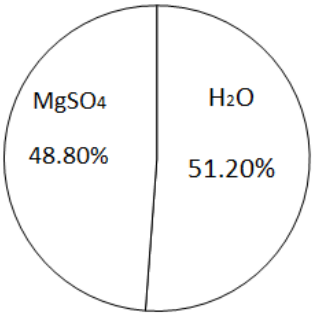
Mg = 24

نحسب كتلة الماء : كتلة الملح المائي (قبل التسخين) – كتلة الملح اللامائي (بعد التسخين)

$$2.5 - 1.6 = 0.9\ g\ H_2O$$

- عدد مولات الماء $\frac{0.9}{18} = 0.05\ mol\ H_2O$ ،، عدد مولات الملح اللامائي = $\frac{1.6}{159} = 0.01$
- نحسب قيمة X الذي في صيغة الملح المائي بهذا القانون $X = \frac{\text{عدد مولات الماء}}{\text{عدد مولات الملح اللامائي}}$
- $X = \frac{0.05}{0.01} = 5$ إذا صيغة الملح المائي $CuSO_4.5H_2O$

يظهر في الشكل المجاور تركيب أحد الأملاح المائية. فما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟



نفرض كتلة الملح المائي = 100 g ← كتلة الماء 51.2g وكتلة كبريتات المغنيسيوم 48.8g

عدد مولات الماء	عدد مولات كبريتات المغنيسيوم
$n_{H_2O} = \frac{51}{18} \approx 3$	$n_{MgSO_4} = \frac{49}{120} = 0.4\ mol$

$$X = \frac{3}{0.4} = 7$$

صيغة الملح المائي $MgSO_4.7H_2O$ ، اسمه العلمي كبريتات المغنيسيوم سباعي الماء المعروف أيضا باسم (ملح إبسوم أو الملح الإنجليزي) **يستخدم طبيا مادة مسهلة ومليّنة للأمعاء**

استعمالات الأملاح المائية

١. توفير جو جاف في المختبر :

توضع الأملاح المائية في قعر أوعية المجففات (الديسكيتور Desiccator) ليمتص الرطوبة ويوفر جوا جافا لحفظ المواد (مثل كلوريد الكالسيوم الذي يكون ثلاث أملاح مائية أحادي وثنائي وسداسي)

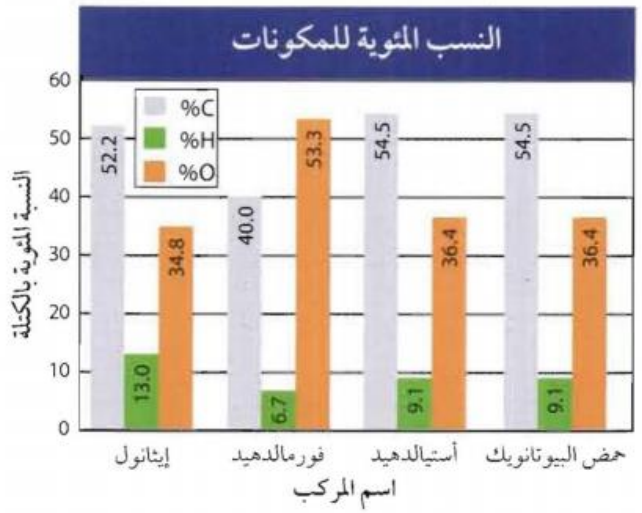
$$CaCl_2 + \text{رطوبة} \longrightarrow CaCl_2.H_2O + CaCl_2.2H_2O + CaCl_2.6H_2O$$

- تضاف كبريتات الكالسيوم إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إيثر لحفظها خالية من الماء

٢. تطبيقات تجارية : المعدات الإلكترونية والبصرية التي تشحن عبر البحار تعبأ في أكياس من المجففات لتحفظ المعدات من الرطوبة

٣. تخزين الطاقة الشمسية مثل كبريتات الصوديوم المائية $Na_2SO_4.H_2O$

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.



1. يتشابه الأسيتالدهيد وحمض البيوتانويك في:
   a. الصيغة الجزيئية.
   b. الصيغة الأولية.
   c. الكتلة المولية.
   d. الخواص الكيميائية.

2. إذا كانت الكتلة المولية لحمض البيوتانويك 88.1g/mol، فما صيغته الجزيئية؟
   a. $C_3H_4O_3$ c. $C_5H_{12}O$
   b. C_2H_4O d. $C_4H_8O_2$

C = 54 g , H = 9g , O = 36.4g

$n_C = \frac{54.5}{12} = 4.54$, $n_H = 9$, $n_O = \frac{36.4}{16} = 2.3$

$n_C = \frac{4.5}{2.3} = 2$, $n_H = \frac{9}{2.3} = 4$, $n_O = \frac{2.3}{2.3} = 1$

الصيغة الأولية C_2H_4O

$(2(12) + 4 + 16)X = 88$

$44X = 88$

$X = \frac{88}{44} = 2$

$C_{2(2)}H_{4(2)}O_{(2)}$

الصيغة الجزيئية $C_4H_8O_2$

3. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟
   a. C_4HO_3 c. C_2H_6O
   b. $C_2H_6O_2$ d. $C_4H_{13}O_2$

C = 52.2 g , H = 13g , O = 35g

$n_C = \frac{52}{12} = 4.3$, $n_H = 13$,

$n_O = \frac{35}{16} = 2$

$n_C = \frac{4.3}{2} = 2$, $n_H = \frac{13}{2} = 6$, $n_O = 1$

الاعداد صحيحة : C_2H_6O

يمكن الحل بدون حساب إذا كنت تعرف اسم المركب وصيغته الجزيئية

معروف أن الإيثانول صيغته الجزيئية C_2H_5OH

أو C_2H_6O وبما أن عدد مولات الذرات لا يمكن تبسيطها لأعداد صحيحة فالصيغة الجزيئية نفسها الأولية

4. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها. فكم جرامًا يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟
   a. 30.00 g c. 182.0 g
   b. 60.06 g d. 200.0 g

عدد الغرامات في 2 مول

1 مول يحتوي 30 g

2 ← ؟؟

2x30 = 60 g

C = 40 g , H = 6.7g , O = 53.3g

$n_C = \frac{40}{12} = 3.3$, $n_H = 6.7$,

$n_O = \frac{53}{16} = 3.3$

$n_C = \frac{3.3}{3.3} = 1$, $n_H = \frac{6.7}{3.3} = 2$,

$n_O = \frac{3.3}{3.3} = 1$

الصيغة الأولية والجزيئية >> CH_2O

الكتلة المولية : 12 + 2(1) + 16 = 30g/mol

5. أي مما يلي لا يُعدّ وصفًا للمول؟

a. وحدة تستعمل للعد المباشر للجسيمات.

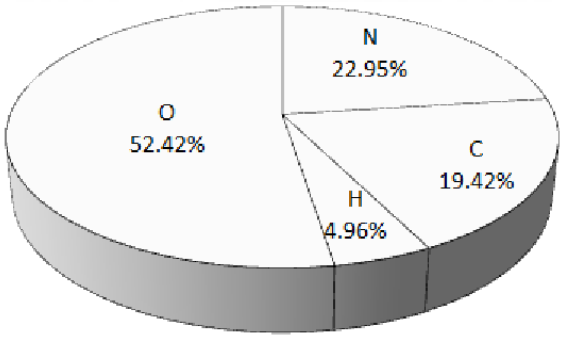
b. عدد أفوجادرو من جزيئات مركب.

c. عدد الذرات في 12 g بالضبط من C– 12 النقي.

d. وحدة النظام العالمي لكمية المادة.

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال السادس

6. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟



a. $C_6H_2N_6O_3$

b. $C_4HN_5O_{10}$

c. CH_3NO_2

d. CH_5NO_3

C = 19g , H ≈ 5g , N ≈ 23g , O = 52g

عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية	القسمة على المول الأصغر (1.6)
$n_C = \frac{19}{12} \approx 1.6$	$n_C = 1$
$n_H = \frac{5}{1} = 5$	$n_H = \frac{5}{1.6} = 3$
$n_N = \frac{23}{14} = 1.6$	$n_N = 1$
$n_O = \frac{52}{16} \approx 3.3$	$n_O = \frac{3.3}{1.6} = 2$

CH_3NO_2

10. إذا علمت أن الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم NaOH تساوي 40.0g/mol. فما عدد المولات في 20.00 g منه؟

a. 0.50 mol **b.** 1.00 mol **c.** 2.00 mol **d.** 4.00 mol

عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية

$$\frac{20}{40} = 0.5\ mol$$

8. ما كتلة جزيء واحد من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$؟
(الكتلة المولية=180 g/mol).

a. 6.02×10^{23} **c.** 2.16×10^{25}
b. 2.99×10^{22} **d.** 3.34×10^{21}

الكتلة = عدد المولات × الكتلة المولية

عدد المولات = $\frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد أفوغادرو}}$

$$n = \frac{1}{6 \times 10^{23}} = 0.16 \times 10^{-23}\ mol$$

$$180 \times 0.16 \times 10^{-23} \approx 29 \times 10^{-23}$$

$$= 2.9 \times 10^{-22} \text{g}$$

9. ما عدد ذرات الأكسجين في 18.94 g من $Zn(NO_3)_2$؟ (الكتلة المولية=189 g/mol).

a. 3.61×10^{23} **c.** 6.02×10^{25}
b. 1.81×10^{23} **d.** 1.14×10^{25}

نحسب عدد مولات المركب

$$n_{Zn(NO_3)_2} = \frac{19}{189} = 0.1\ mol$$

ملاحظة عدد مولات ما داخل القوس مضروب في العدد خارج القوس

1 mol $Zn(NO_3)_2$ → 6 mol O

0.1 → ??

عدد مولات الأكسجين 0.1x6 = 0.6 mol O

عدد ذرات الاكسجين = عدد المولات × أفوغادرو

0.6 x 6 x 10^{23} = 3.6 x 10^{23} atoms

11. كم ذرة في 116.14 g من Ge؟
(الكتلة المولية = 72.59 g/mol).

a. 2.73×10^{25} ذرة.
b. 6.99×10^{25} ذرة.
c. 3.76×10^{23} ذرة.
d. 9.63×10^{23} ذرة.

عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$

$$n = \frac{116}{72} = 1.6\ mol$$

عدد الذرات = عدد المولات × N_A

1.6 x 6 x 10^{23} = 9.6 x 10^{23} atom

12. ما كتلة جزيء واحد من $(BaSiF_6)$ علمًا أنّ كتلته المولية = 279.415 g/mol.

a. 1.68×10^{26} g
b. 2.16×10^{21} g
c. 4.64×10^{-22} g
d. 6.02×10^{-23} g

عدد المولات = $\frac{\text{عدد الجسيمات}}{N_A}$

$$n = \frac{1}{6 \times 10^{23}} = 0.16 \times 10^{-23}$$

الكتلة = الكتلة المولية × عدد المولات

279 x 0.16 x 10^{-23} = 44.6 x 10^{-23}

= 4.46 x 10^{-22} g

13. ما الكتلة المولية لأباتيت الفلور $Ca_5(PO_4)_3F$.

a. 314 g/mol

b. 344 g/mol

c. 442 g/mol

d. 504 g/mol

e. 524 g/mol

Ca = 40
P = 31
O = 16
F = 19

$Ca_5(PO_4)_3F$

$5x40 + 3x31 + 3x4x16 + 19 = 504\ g/mol$

الحسابات المتعلقة بالمعادلات الموزونة

- دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي
- تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة
- **النسبة المولية للمواد :** نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الموزونة ، تشتق من معاملات المادتين في المعادلة الموزونة

في المعادلة السابقة b : نسبة الزنك إلى أكسيد ثنائي النيتروجين هي $4:1 = \frac{4\ mol\ Zn}{1\ mol\ N_2O}$

- **النسبة المولية للمعادلة** : وهي عدد النسب المولية في المعادلة الموزونة وتحسب من هذا القانون $n(n-1)$ حيث n عدد المواد في التفاعل (بغض النظر عن عدد المولات)

س : النسبة المولية للمعادلة التالية $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \xrightarrow[\text{ضغط}]{\text{حرارة}} 2NH_{3(g)}$ هي

6 √ _ 30 _ 2 _ 12

عدد المواد في المعادلة هي 3 (غاز الهيدروجين ، غاز النيتروجين ، النشادر) $3(3-1)=6$

10. نمذج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

$\frac{2\ mol\ H_2}{1\ mol\ O_2} = 2:1$

مثال 2-5

حسابات المولات من سلبيات احتراق غاز البروبان C_3H_8 إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، مما يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي. ما عدد مولات CO_2 التي تنتج عن احتراق 10 mol من C_3H_8 في كمية وافرة من الأكسجين؟

نكتب المعادلة الموزونة

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

1 مول من غاز البروبان انتج 3 مول من ثاني أكسيد الكربون

10 مول من غاز البروبان انتج ?? مول من ثاني أكسيد الكربون

طرفين × وسطين

$$\frac{3 \times 10}{1} = 30\ mol\ CO_2$$

مسائل تدريبية

11. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يستخدم غالبًا في صناعة السلوفان.

$$__CH_{4(g)} + __S_{8(s)} \rightarrow __CS_{2(l)} + __H_2S_{(g)}$$

a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8.

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8؟

a. $2CH_4 + S_8 \rightarrow 2CS_2 + 4H_2S$

b. 1 mol S_8 → 2 mol CS_2

1.5 mol → ??

طرفين × وسطين

$$\frac{1.5 \times 2}{1} = 3\ mol\ CS_2$$

c. 1 mol S_8 → 4 mol H_2S

1.5 mol → ??

طرفين × وسطين

$$\frac{1.5 \times 4}{1} = 6\ mol\ H_2S$$

استعن بالتفاعل الآتي للإجابة عن السؤال 5.

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)} \rightarrow 3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$$

5. إذا تفاعل 16 mol H_2 فكم مولاً من Fe ينتج؟

4 mol H_2 ⟶ 3 mol Fe

16 ⟶ ?

$$\frac{16 \times 3}{4} = 12$$

a. 6

b. 3

c. 12

d. 9

12. تحفيز يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol من SO_2؟

c. ما عدد مولات O_2 اللازمة لتفاعل 12.5 mol من SO_2؟

a. $2SO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$

b. $2\ mol\ SO_2 \rightarrow 2H_2SO_4$

SO_2 عدد مولات = H_2SO_4 عدد مولات ، نسبة 1:1 = 12.5

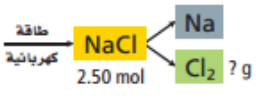
c. $2\ mol\ SO_2 \rightarrow 1\ mol\ O_2$

$12.5 \rightarrow ??$

$\frac{12.5\times1}{2} = 6.25\ mol\ O_2$ طرفين × وسطين

مسائل تدريبية

13. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور، بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة بالمخطط على اليسار؟



$Na = 23$, $Cl = 35.5$

الحل

من المعادلة الموزونة $2NaCl \rightarrow 2\ Na + Cl_2$

$2\ mol\ NaCl \rightarrow 1\ mol\ Cl_2$

$2.5\ mol \rightarrow ??$

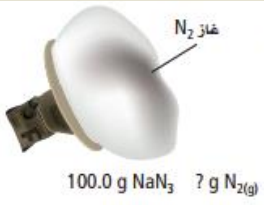
$\frac{2.5\times1}{2} = 1.25\ mol\ Cl_2$ طرفين × وسطين

الكتلة = عدد المولات × الكتلة المولية

$1.25 \times (2\times35.5) = 88.75\ g\ Cl_2$

15. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة: $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$

احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلل NaN_3، كما يظهر في الرسم المجاور.



الكتل المولية : $Na = 23$,,,, $N_2 = 2(12) = 28$

NaN_3: $23 + 3(12) = 59$ g/mol

$2\ mol\ NaN_3 \rightarrow 3\ mol\ N_2$

$2(59) \rightarrow 3(28)$ عدد المولات × الكتل المولية

118 g → 84g

100 g → ??

$\frac{100\times84}{118} = 71.18\ g\ N_2$

14. **تحفيز**، يستخدم معدن التيتانيوم –وهو فلز انتقالي– في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقًا للمعادلة: $TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$

Ti = 48 , C = 12 ,
Cl = 35.5 , O = 16

a. ما كتلة غاز Cl_2 اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟
b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟
c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2 ؟

a. 1 mol TiO_2 → 2 mol Cl_2

1.25 → ?? ,,, $\frac{1.25\times2}{1} = 2.5\ mol\ Cl_2$

كتلة غاز الكلور = عدد المولات 2.5× الكتلة المولية (2x35.5) = 177.5 g

b. 1.25 مول كربون لأن النسبة المولية للكربون TiO2 هي 1:1
كتلة الكربون : 1.25 x 12 =15 g

c. من المعادلة نسبة $TiCl_4$: CO_2 : TiO_2 هي 1 :1: 1 يعني عدد مولات كل منها 1.25
الكتلة : عدد المولات × الكتلة المولية

الكتلة المولية $TiCl_4$	48+4(35.5) = 190 g/mol
كتلة $TiCl_4$	1.25 x 190 = 237.5 g
الكتلة المولية CO_2	12 + 2(16) = 44 g/mol
كتلة CO_2	1.25 x 44 = 55 g
كتلة المواد الناتجة = كتلة $TiCl_4$ + كتلة CO_2	237.5 + 55 = 292.5 g

16. **تحفيز** عند تشكل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء في الهواء ليشكل حمض الكبريتيك H_2SO_4. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل 2.5 g SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

$2SO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$

2 mol SO_2 → $2H_2SO_4$

نحسب عدد مولات SO_2 لأنه هو نفسه عدد مولات حمض الكبريتيك لأن النسبة المولية لهما (1:1)

عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$ ، عدد مولات SO_2 : $\frac{2.5}{32+(2\times16)} = 0.04\ mol$ = عدد مولات H_2SO_4

المادة المحددة للتفاعل

المادة المحددة للتفاعل هي التي تستهلك تماماً أثناء التفاعل وتحدد كمية النواتج

المادة الفائضة هي التي لا تستهلك جميعها في التفاعل

الفائدة الاقتصادية من حساب المادة المحددة والمادة الفائضة

يتوقف كثير من التفاعلات عن الحدوث على الرغم من بقاء جزء من المواد المتفاعلة في خليط التفاعل. وقد يؤدي ذلك إلى هدر المواد الأولية. لذا وجد الكيميائيون أن استعمال مادة واحدة بكميات فائضة ـ وهي عادة المادة الأقل ثمنًا ـ يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاد المادة المحددة للتفاعل تمامًا، كما أن ذلك يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

يبين **الشكل 7–5** كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيج منتجًا لهبًا حارًّا في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تمامًا.

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

a. النسب المولية الثابتة
b. قانون حفظ الطاقة
c. ثابت أفوجادرو
(d) قانون حفظ المادة

✓ طريقة تحديد المادة المحددة

$$S_{8(l)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow 4S_2Cl_{2(l)}$$

ما مقدار ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الناتج عن تفاعل 200.0 g من مصهور الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور؟

نحول الكتل المعطى إلى عدد مولات ثم نقارنها بعدد المولات المطلوبة لإتمام التفاعل

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$n_{S_8} = \frac{200}{8\times32} = 0.781\ mol \quad , \quad n_{Cl_2} = \frac{100}{2\times35.5} = 1.4\ mol$$

- 1 مول كبريت ← 4 مول غاز الكلور
- 0.78 مول كبريت ← ؟؟
- 3.12 = 4 x 0.78 مول من غاز الكلور، أقل من 1.4 ، إذا فالكلور هو المادة المحددة للتفاعل

يعني : لدينا فقط 1.4 مول من غاز الكلور في حين أنه يلزمنا 3.12 مول منه ليتفاعل مع 0.78 مول كبريت

طريقة تحديد كتلة المادة الناتجة

- $4\ mol\ Cl_2 \rightarrow 4\ mol\ S_2Cl_2$ من المعادلة
- 1.4 → 1.4 mol
- كتلة S_2Cl_2 : 1.4 x 135 = 189 g

الكتلة الفائضة = كتلة المادة الكلية – الكتلة المتفاعلة

- تحديد الكتلة المتفاعلة : (أي كم مول كبريت تفاعل مع 1.4 مول من غاز الكلور)

1 مول كبريت ← 4 مول غاز الكلور

? ← 1.4

$$\frac{1.4\times1}{4} = 0.35\ mol\ S_8$$

$0.35 \times (8\times32) = 89.6\ g\ S_8$

200 – 89.6 = 110.4 g ➔ الكتلة المتبقية من الكبريت بعد التفاعل

مثال 5-5

المادة المحددة للتفاعل يتفاعل الفوسفور الصلب الأبيض P_4 مع الأكسجين لتكوين مركب صلب يُسمّى عاشر أكسيد رابع الفوسفور P_4O_{10}، ويطلق على هذا المركب أحيانًا اسم خامس أكسيد ثنائي الفوسفور؛ لأن صيغته الأولية هي P_2O_5.

a. احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة عن تفاعل 25.0 g من الفوسفور مع 50.0 g من الأكسجين.

b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

المعادلة الموزونة

$P_4 + 5\ O_2 \rightarrow P_4O_{10}$

عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية

$$n_{P_4} = \frac{25}{31 \times 4} = 0.2\ mol$$

الكتل المولية

$O_2 = 32$, $P_4 = 124$, $P_4O_{10} = 284$

$$n_{O_2} = \frac{50}{16 \times 2} = 1.56\ mol$$

0.2 مول فسفور يحتاج مول واحد من الأكسجين

ولدينا 1.56 مول (أكثر من اللازم) بالتالي الأكسجين مادة فائضة والفسفور مادة محددة

1 mol P4 ⟶ 5 mol O2

0.2 ⟶ ?

$$\frac{0.2 \times 5}{1} = 1\ mol\ O_2$$

1 مول فسفور ← 1 مول P_4O_{10}

0.2 ← 0.2 (النسبة المولية 1:1)

كتلة P_4O_{10} = عدد المولات × الكتلة المولية

284 x 0.2 = 57 g

مقدار المادة الفائضة (غاز الأكسجين)

عدد المولات المتفاعلة مع 0.2 مول فسفور

1 mol P_4 ⟶ 5 mol

0.2 ⟶ ??

0.2 x 5 = 1 mol

كتلة 1 مول من الأكسجين = 32 جم

الكتلة الفائضة 50 – 32 = **18** g

26. حلّل يستخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.

$$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$

حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3

b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المحددة للتفاعل.

c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320 g من P_4S_3

a. $8\ mol\ P_4 \rightarrow 3\ mol\ S_8$

$4 \rightarrow ?$

$$\frac{4\times3}{8} = 1.5\ mol\ S_8$$

من المعادلة عدد مولات P_4 = عدد مولات P_4S_8 ، إذا العبارة (a) صحيحة √

b. العبارة (b) خاطئة لأنه كما تبين في (a) تفاعل 4 مول من P_4 يحتاج فقط إلى 1.5 مول كبريت

c. نحول كتلة الناتج إلى عدد مولات

$$n_{P_4S_3} = \frac{1320}{31(4) + 32(3)} = 6\ mol$$

العبارة (c) صحيحة √ لأن الفسفور هو المادة المحددة (يستخدم لتعيين كمية الناتج)

من المعادلة : نسبة P_4 إلى P_4S_8 (1:1) يعني $6\ mol\ P_4 \rightarrow 6\ mol\ P_4S_8$

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_2TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركب؟

a. 2.39×10^{1} mol

b. 3.10×10^{-2} mol

c. 3.22×10^{1} mol

d. 4.17×10^{-2} mol

e. 2.28×10^{-2} mol

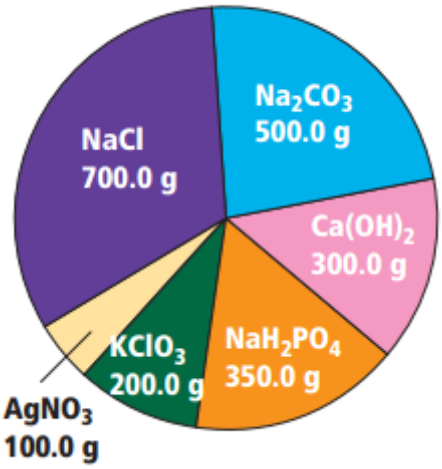
Ti = 48 , Co = 59 , O = 16

(2x59) + 48 + (4x16) = 230 g/mol

$n = \frac{7.13}{230} = 0.031 = 3.1 \times 10^{-2}\ mol$ الاجابة b

استخدم الشكل المجاور للإجابة عن الأسئلة 4 ، 3 ، 2

كميات المواد المتوافرة



Ag = 108 , Cu = 63.5 , P = 31 , Na = 23 ,
Ca = 40 , Cl = 35.5 , C = 12 , O = 16 , H=1

2. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$$

ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

a. 18.7g b. 37.3g c. 74 g d. 100.0 g

(من الرسم) كتلة $AgNO_3$ = 100 g

وعدد المولات

$$n_{AgNO_3} = \frac{100}{108+14+(3\times16)} = 0.58\ mol$$

1 mol Cu → 2 mol $AgNO_3$

?? → 0.58

$$n_{Cu} = \frac{1\times0.58}{2} = 0.3\ mol$$

كتلة النحاس $0.3 \times 63.5 = 19g$ أقرب إجابة a لأن (18.7≈19)

3. تعد طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:

$$Na_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + CaCO_3$$

ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة .

a. 4.050 mol b. 8.097 mol c. 4.720 mol d. 9.430 mol

نحسب عدد مولات المتفاعلين لنحدد أيهما المادة المحددة وبالتالي نحسب كمية الناتج

كتلة Na_2CO_3 = 500 g (من الرسم)

عدد المولات : $n_{Na_2CO_3} = \frac{500}{(2\times23)+12+(3\times16)} = 4.7\ mol$

كتلة $Ca(OH)_2$ = 300 g (من الرسم)

عدد المولات : $n_{Ca(OH)_2} = \frac{300}{40+2(16+1)} = 4\ mol$

1 mol Na_2CO_3 → 1 mol Ca(OH)2

4.7 → ?

عدد مولات $Ca(OH)_2$ اللازمة = 4.7 ولدينا فقط 4 مول **أقل من اللازم** إذا فهو المادة المحددة

1 mol $Ca(OH)_2$ → 2 mol NaOH

4 mol → ??

4x2 = 8 mol NaOH

الإجابة b

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم $Na_2H_2P_2O_7$، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز – بتسخين $Na_2H_2PO_4$ إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة $2\,NaH_2PO_{4(s)} \rightarrow Na_2H_2P_2O_{7(s)} + H_2O_{(g)}$
فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من $Na_2H_2P_2O_7$ ، فكم جرامًا من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $Na_2H_2P_2O_7$؟

a. 0.000g **b.** 130.0 g **c.** 94.00 g **d.** 480.0 g

عدد مولات $Na_2H_2P_2O_7$ $\frac{444}{(2\times23)+2+(7\times16)} = 2.7mol$

$2\ mol\ NaH_2PO_4 \rightarrow 1\ mol\ Na_2H_2P_2O_7$

$?? \rightarrow 2.7$

$2.7 \times 2 = 5.4\ mol\ NaH_2PO_4$

$5.4 \times [23+2+31+(4\times16)] = 648\ g$

d أقرب إجابة

➢ نسبة المردود

المردود النظري : أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة (يتم تعيينه رياضيا)

المردود الفعلي : كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليا (يتم تعيينه عمليا في التجربة)

نسبة المردود المئوية نسبة المردود الفعلي إلى النظري

$$\text{نسبة المردود} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

أهمية حساب المردود :

- معرفة فاعلية التفاعل في إنتاج النواتج المرغوبة
- **التعامل مع بعض المشاكل التي تحدث أثناء التجربة** أهم تلك المشاكل أنه قد تفقد كمية من الناتج أثناء التنقية ، بالنسبة للناتج الصلب قد يتبقى جزء منه في ورقة الترشيح أو التصاق السوائل بجدران الأوعية أو تبخر كمية من الغازات
- **أهمية اقتصادية** لتحديد تكلفة الكثير من الصناعات

مثال 5-6

نسبة المردود المئوية تتكون كرومات الفضة الصلبة Ag_2CrO_4 عند إضافة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 إلى محلول يحتوي على 0.500 g من نترات الفضة $AgNO_3$. احسب المردود النظري لكرومات الفضة Ag_2CrO_4، واحسب نسبة المردود المئوية إذا كانت كتلة كرومات الفضة Ag_2CrO_4 الناتجة فعليًّا عن التفاعل هي (0.455 g).

$K_2CrO_4 + 2AgNO_3 \rightarrow Ag_2CrO_4 + 2KNO_3$

2 mol $AgNO_3$ → 1 mol Ag_2CrO_4

2 (170 g/mol) → 332 g/mol

0.5 g → ??

$\frac{332 \times 0.5}{2 \times 170} = 0.488$ g

$\frac{0.455}{0.488} \times 100 = 93.23\%$ نسبة مردود كرومات الفضة

O = 16

Cl = 35.5

Al = 27

Zn = 65.4

I = 127

Ag = 108

Cr = 52

N = 14

Cu = 63.5

27. تحتوي أقراص مضاد الحموضة على هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ لمعادلة حمض المعدة HCl. ويمكن وصف التفاعل الحادث في المعدة بالمعادلة:

$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

احسب المردود النظري لـ $AlCl_3$ إذا تفاعل قرص مضاد للحموضة يحتوي على 14.0 من $Al(OH)_3$ g تمامًا مع حمض المعدة HCl.

Al = 27 , H = 1 , O = 16 , Cl = 35.5

$n_{Al(OH)_3} = \frac{14}{27+3(16+1)} = 0.18\ mol$

1 mol $Al(OH)_3$ → 1 mol $AlCl_3$

نسبة هيدروكسيد الألمونيوم إلى كلوريد الألمونيوم (1:1) بالتالي عدد المولات متساوية

كتلة كلوريد الألمونيوم = عدد المولات × الكتلة المولية

0.18 x (27+ 3(35.5) = 133.5 g

28. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة: $Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$

a. احسب المردود النظري إذا تفاعل 1.912 mol من الزنك.

b. احسب نسبة المردود المئوية إذا تم الحصول عمليًّا على 515.6 g من يوديد الزنك.

a. نسبة الزنك إلى الناتج (1:1) بالتالي عدد مولات الناتج سيكون 1.912 ≈ 2 مول نحوله إلى كتلة

كتلة ZnI_2 = 319.4 x 2 = 638.8 g

b. نسبة المردود المئوية $\frac{515.6}{638.8} \times 100 = 80.7\ \%$

29. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تترسب بلورات الفضة، ويتكون محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$.

$$Cu + 2AgNO_3 \longrightarrow 2Ag + Cu(NO_3)_2$$

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

b. إذا تفاعل 20.0 g من النحاس فاحسب المردود النظري للفضة.

c. إذا نتج 60.0 g من الفضة فعليًّا من التفاعل، فما نسبة المردود المئوية للتفاعل؟

a. $n_{Cu} = \frac{20}{36.5} = 0.13\ mol\ Cu$ عدد مولات النحاس

- 1 mol Cu ⟶ 2mol Ag
- 0.13 ⟶ ??
- 0.13 x 2 = 0.62 mol Ag
- 0.62 x 108 = 68 g

b. $\frac{60}{68} \times 100 = 88.2\%$

التفاعلات والمعادلات الكيميائية

التفاعل الكيميائي (التغير الكيميائي) : العملية التي يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة

أدلة حدوث التفاعل الكيميائي :

- تغير درجة حرارة المادة دون تسخين أو تبريد (تفاعلات حرارية)
- تغير اللون : كتغير لون الفواكه أثناء النضج
- تصاعد غاز ، تغير الرائحة ، تكون مادة صلبة

المعادلة الكيميائية : تحويل المعادلة اللفظية إلى رموز للتعبير عن التفاعل الكيميائي

معادلة لفظية : يتفاعل الألمونيوم مع البروم السائل لتكوين مركب بروميد الألمونيوم فيستقر في قعر الأنبوب

معادلة رمزية $2Al_{(s)} + 6Br_{2(l)} \longrightarrow 2AlBr_{3(S)}$

لكتابة المعادلة الكيميائية لابد من معرفة :

١- الصيغة الجزيئية للمواد

٢- مدلولات رموز المعادلات وهي :

الرمز	المعنى
⟶	يفصل بين المتفاعلات (يسار) والنواتج (يمين)
⇌	يفصل بين المتفاعلات (يسار) والنواتج (يمين) وأن التفاعل في حالة اتزان
+	يفصل بين مادتين في نفس الموقع (متفاعلين أو ناتجين)
(s)	حالة المادة صلبة

	إذا كان ناتج قد يوضع ↓ إشارة إلى الترسب
(g)	حالة المادة الغازية إذا كان ناتج قد يوضع ↑ إشارة إلى انطلاق غاز
(l)	حالة المادة السائلة
(aq)	محلول مائي

رموز توضع أعلى السهم → لتدل على الظروف والوسط الذي يتم فيه التفاعل

Δ التسخين ، P ضغط ، [O] أكسدة ، [R] اختزال

OH^- وسط التفاعل قاعدي ، H^+ وسط التفاعل حمضي

ذرات أو جزيئات تمثل المواد الحفازة (لأنها لا تدخل في النواتج)

Light ضوء ، u.v أشعة فوق البنفسجية ، hv إشعاع كهرومغناطيسي دون تحديد نوعها

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

1. بروميد الهيدروجين ← هيدروجين + بروم $Br_2 + H_2 \longrightarrow 2HBr$
2. ثاني أكسيد الكربون ← أكسجين + أول أكسيد الكربون $CO + O_2 \longrightarrow CO_2$
3. **تحفيز** اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين. $KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} KCl_{(s)} + O_{2(g)}$

- **المعادلة الكيميائية :** طريقة لوصف التفاعل الكيميائي برموز ، ووصف الظروف التي تم فيها التفاعل ، ووصف الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج .

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \xrightarrow[\text{ضغط}]{\text{حرارة}} 2NH_{3(g)}$$

المعادلة أعلاه تبين أنه يمكن انتاج 2 مول من غاز الأمونيا بتفاعل مول من غاز النيتروجين مع 3 مول من غاز الهيدروجين بتعريضهما إلى ظروف خاصة من ضغط ودرجات حرارة

$$2H_2O_{2(aq)} \xrightarrow{MnO_{2(s)}} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

المعادلة أعلاه تبين أنه لتفكيك 2مول محلول بيروكسيد الهيدروجين إلى 2 مول ماء في الحالة السائلة و مول غاز نيتروجين فإنه يجب أن يتم في وجود عامل حفاز وهو أكسيد المنجنيز

خطوات وزن المعادلة الكيميائية :

- من منطلق قانون حفظ الكتلة : يجب أن تكون كتلة المتفاعلات مساوية لكتلة النواتج وهذا لا يتحقق إلا بالمعادلة الموزونة
- كذلك جميع الحسابات الكيميائية المتعلقة بالمعادلات تعتمد على المعادلات الموزونة
- **المتفاعلات** : المواد التي توجد عند بداية التفاعل (توضع يسار السهم)
- **النواتج** : المواد التي نحصل عليها أو تظهر خلال التفاعل
- **المعامل** : عدد صحيح يكتب قبل المتفاعل أو الناتج للدلالة على عدد الجزيئات ولا تكتب إذا كان 1
- **خطوات وزن المعادلة** : مثال تفاعل غاز الكلور والهيدروجين لينتجا كلوريد الهيدروجين

اكتب المعادلة الرمزية غير موزونة	$Cl_2 + H_2 \rightarrow HCl$

عُد ذرات كل عنصر في المتفاعلات وقارنها بعدده في النواتج	Cl : ذرتين في المتفاعلات وذرة في النواتج H : : ذرتين في المتفاعلات وذرة في النواتج
اضرب في المعامل المناسب لتتساوى عدد ذرات كل عنصر في المتفاعلات بعدد ذراته في النواتج الضرب يتم في المكان الذي فيه عدد ذرات أقل	$Cl_2 + H_2 \rightarrow 2HCl$
حقق قانون حفظ الكتلة حيث أن الكتل الذرية Cl = 35.5 , H=1	$Cl_2 + H_2 \rightarrow 2HCl$ $2(35.5) + 2(1) \rightarrow 2(1+35.5)$ $73 \rightarrow 73$

ملاحظة وزن المعادلة تعتمد على طريقة المحاولة والخطأ لأنه يتضمن تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في طرفي المعادلة

مثال هيدرازين + أكسيد النيتروجين (IV) ⟵ نيتروجين + ماء

رموز المواد $N_2H_4 + N_2O_4 \longrightarrow N_2 + H_2O$

الحالة الفيزيائية $N_{2}H_{4(l)} + N_{2}O_{4(l)} \longrightarrow N_{2(g)} + H_{2}O_{(l)}$

خطوات الموازنة

موازنة الأكسجين: نضرب H_2O في المعامل 4

$N_{2}H_{4(l)} + N_{2}O_{4(l)} \longrightarrow N_{2(g)} + 4H_{2}O_{(l)}$

موازنة الهيدروجين: نضرب N_2H_4 في المعامل 2

$2N_{2}H_{4(l)} + N_{2}O_{4(l)} \longrightarrow N_{2(g)} + 4H_{2}O_{(l)}$

موازنة النيتروجين: نضرب N_2 في المعامل 3

$2N_{2}H_{4(l)} + N_{2}O_{4(l)} \longrightarrow 3N_{2(g)} + 4H_{2}O_{(l)}$

هنا شرح للأستاذ معاذ الشلال للمزيد من التوضيح

https://www.youtube.com/watch?v=bXrmRJtPpT0

2. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

a. $__Na_{(s)} + __H_2O_{(l)} \rightarrow __NaOH_{(aq)} + __H_{2(g)}$

b. $__Zn_{(s)} + __HNO_{3(aq)} \rightarrow __Zn(NO_3)_{2(aq)} + __N_2O_{(g)} + __H_2O_{(l)}$

الكتل المولية H= 1 , Na = 23 , O = 16 , N = 14 , Zn = 65.4

a. $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$ المعادلة موزونة

$2(23) + 2(18) \rightarrow 2(23+16+1) + 1(2)$ المولية الكتلة = عدد المولات × الكتل

82 g → 82 g

b. $4Zn + 10HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

$4(65.4) + 10\,[1+14+3(16)] \rightarrow 4\,[(65.4)+2[(14+3(16)] + 2(14) + 16 + 5(18)$

261.6 + 630 → 757.5 + 44 + 90

891.6 → 891.5 (الفارق بسيط جدا يمكن إهماله)

التفاعلات في المحاليل المائية

- **المحلول المائي** : مادة يحتوي على مادة أو أكثر مذابة في الماء
- **التفكك والتأين** :

التأين : مادة تساهمية (جزيئية) عندما تذوب في الماء تتحول إلى أيونات مثل الأحماض الهيدروجينية

$$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

التفكك : مادة أيونية عندما تذوب في الماء تتفكك إلى الأيونات المكونة لها مثل الأملاح

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

3. ما نواتج التفاعل التالي؟

$$Cl_{2(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow$$

a. NCl_2
b. $2NOCl$
c. N_2O_2
d. $2ClO$

سبب الاختيار لأن **2NOCl** هو الوحيد الذي يحقق معادلة موزونة

تصنيف التفاعلات الكيميائية

١- **تفاعلات التكوين** : $A + B \rightarrow AB$ يصاحبها انطلاق طاقة
المتفاعلات : مادتين أو أكثر ، النواتج : مادة واحدة

٢- **تفاعلات التفكك** $AB \rightarrow A + B$: يصاحبها استهلاك طاقة
المتفاعلات : مادة ، النواتج : مادتين أو أكثر

٣- **تفاعلات الاحتراق** : $A + O_2$

المتفاعلات : مادة مع غاز الأكسجين ، النواتج قد يكون اتحاد المادة مع الأكسجين فيكون
تفاعل احتراق وتفاعل تكوين مثل : $Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$
أو قد لا يكون تفاعل تكوين مثل احتراق الهيدروكربونات $CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2$

٤- **تفاعلات الاحلال** :

✓ **الإحلال البسيط** $A + BX \rightarrow AX + B$

- أشهرها التفاعلات الكهروكيميائية (الأكسدة والاختزال) كل عنصر يحل محل العنصر الأقل منه نشاطا

$2Li + H_2O \rightarrow Li_2O + H_{2(g)}$ ، $Cl_2 + 2NaI \rightarrow 2NaCl + I_2$

يمكن تخمين نتيجة التفاعل من خلال سلسلة النشاط كل عنصر يحل محل العناصر التي تحته

تفاعلات الإحلال البسيط توقع نواتج التفاعلات الكيميائية التالية، واكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة تمثل كلًا منها:

a. $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

b. $Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow NR$

c. $3\,Mg_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 3MgCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)}$

✓ **الاحلال المزدوج** : (التبادل الأيوني) تبادل الأيونات بين مركبين ويتم في المحاليل المائية يصاحبها تكون راسب أو انطلاق غاز

التفاعلات التي تكوّن الماء : تفاعلات احلال مزدوج تتم في محاليل الأحماض والقواعد

$Ca(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$

التفاعلات التي تكوّن الغازات :

$2HI_{(aq)} + Li_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2LiI_{(aq)}$

مركبين أيونيين مثال :

26. يتفاعل محلول كلوريد الباريوم مع محلول كربونات البوتاسيوم لإنتاج كربونات الباريوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.

$2BaCl_{3(aq)} + 3K_2CO_{3(aq)} \longrightarrow Ba_2(CO_3)_{3\,(s)} + 6KCl_{(aq)}$

س : ادرس التفاعلات التالية وحدد نوع كل منها أهو تبادل بسيط أم مزدوج ؟

1) $MnCl_{2aq.} + K_2S_{aq.} \longrightarrow KCl_{aq.} + MnS_{(s)}$ ١) مزدوج

2) $Mg_{(s)} + Fe\,SO_{4aq.} \longrightarrow MgSO_{4aq.} + Fe_{(s)}$ ٢) بسيط

3) $HI_{aq.} + NaOH_{aq.} \longrightarrow NaI_{aq.} + H_2O_{\ell.}$ ٣) مزدوج

4) $ZnCl_{2aq.} + AgNO_{3aq.} \longrightarrow AgCl_{(s)} + Zn\,(NO_3)_{2aq.}$ ٤) مزدوج

5) $CaI_{2(s)} + Cl_{2.g.} \longrightarrow CaCl_{2(s)} + I_{2(s)}$ ٥) بسيط

- **التبادل الأيوني** هي التفاعلات التي يحدث فيها تبادل في مواقع الأيونات، ويساعد على هذا التبادل تكون مادة صلبة غير ذائبة (راسب) أو مادة غازية، وتسمى باسم تفاعلات التبادل أو الإحلال المزدوج .

33. صنّف. ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟
اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

$F_{2(g)} + Ba_{(s)} \rightarrow BaF_2$ تفاعل تكوين

المعادلات الأيونية

- **المعادلة الأيونية الكاملة** : المعادلة التي تبين الجسيمات في المحلول
- **الايونات المتفرجة** : أيونات لا تشارك في التفاعل (مشتركة في النواتج والمتفاعلات)
- **المعادلة الأيونية النهائية** : شطب الأيونات المتفرجة من المعادلة الكاملة

مثال

$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(S)}$

١- نفكك المحاليل (aq) إلى أيوناتها **مع عدم إهمال المعاملات** والشحنات

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \Longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

$$2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \Longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + Cu(OH)_{2(S)}$$

٢- نحذف الأيونات المتفرجة بين المتفاعلات والنواتج

$$2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \Longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + Cu(OH)_{2(S)}$$

$$2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} \Longrightarrow Cu(OH)_{2(s)}$$

معادلة أيونية نهائية

سؤال :

يتكون راسب أصفر من يوديد الرصاص (II) PbI_2 عند إضافة محلول مائي ليوديد البوتاسيوم KI إلى محلول مائي لنترات الرصاص (II) $Pb(NO_3)_2$. اكتب المعادلة الأيونية النهائية التي تمثل التفاعل .

الحل :

المعادلة الرمزية

$$KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$$

وزن المعادلة

$$2KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة :

$$2K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)} + 2K^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

الأيونات المتفرجة

المعادلة الأيونية النهائية

$$Pb^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)}$$

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 1-3

المركب	الحالة الفيزيائية	الذائبية في الماء	درجة الانصهار
$NaClO_3$	صلب	√	248
Na_2SO_4	صلب	√	884
$NiCl_2$	صلب	√	1009
$Ni(OH)_2$	صلب	لا	230
$AgNO_3$	صلب	√	212

التفاعل المرئي يمكن ملاحظة نتائجه بالعين المجردة تكون راسب ، تغير لون أو تصاعد أبخرة

التفاعلات الغير مرئية عادة يضاف إليها أدلة لتغيير لون وسط التفاعل

مثل تفاعلات التعادل

١. **إذا خلط محلول مائي من كبريتات النيكل II بمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم فهل يحدث تفاعل مرئي ؟**

a. لا ؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب يذوب في الماء
b. لا ؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة تذوب في الماء
c. نعم ؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة تذوب في الماء
d. نعم ؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب سيترسب في المحلول √

٢. **ماذا يحدث عند خلط محلول $AgClO_{3\,(aq)}$ بمحلول $NaNO_3$**

a. لا يحدث تفاعل يمكن ملاحظته √
b. تترسب $NaClO_3$ في المحلول
c. ينطلق غاز NO_2 أثناء التفاعل
d. ينتج فلز الفضة الصلب

$$AgClO_{3(aq)} + NaNO_{3(aq)} \longrightarrow NaClO_{3(aq)} + AgClO_{3(aq)}$$

النواتج aq ذائبة في الماء (أيونات متفرجة)

٣. عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى هيدروكسيد النيكل II الصلب فإن الهيدروكسيد يختفي . ما المعادلة التي تصف ما حدث ؟

a. $Ni(OH)_{2(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NiO_{(aq)} + H_{2(g)} + HCl_{(aq)}$

b. $Ni(OH)_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ √

c. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

d. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

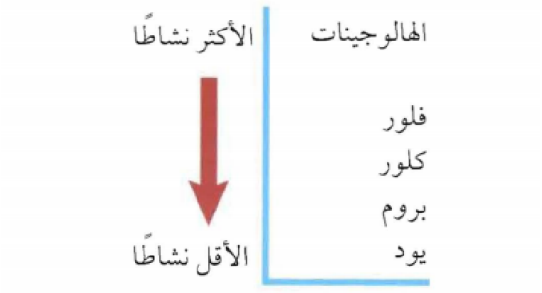
٤. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية

$$Cs_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CsOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

a. تكوين　　c. تفكك

b. إحتراق　　d. إحلال بسيط √

استعن بسلسلة النشاط التالية للإجابة عن السؤال 5.



5. أي التفاعلات الآتية تحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات ؟

a. $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(l)}$

b. $I_{2(s)} + MnBr_{2(aq)} \rightarrow MnI_{2(aq)} + Br_{2(g)}$

c. $Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \rightarrow SrCl_{2(aq)} + F_{2(g)}$

d. $Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \rightarrow CoBr_{2(aq)} + Cl_{2(g)}$

6. ينتج عن احتراق الإيثانول ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء. ما المعادلة التي تصف ذلك؟

a. $C_2H_6O_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $C_2H_6O_{(l)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

c. $C_2H_6O_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$

d. $C_2H_6O_{(l)} \rightarrow 3O_{2(l)} + 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$

7. ما الصيغ الكيميائية لأكسيد الحديد III؟

a. Fe_2O_3

b. Fe_3O_2

c. FeO

d. Fe_3O_3

نظرية الحركة الجزيئية : تصف سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها حيث أن للأجسام طاقة تسمى طاقة حركية

- ✓ حجم جسيمات الغاز صغيرة جدا ومتباعدة لدرجة انعدام قوى التجاذب والتنافر بينها
- ✓ جسيمات الغاز في حركة دائمة وعشوائية في خط مستقيم والتصادم بينها مرن
- ✓ طاقة جسيمات الغاز تحددها عاملان هما الكتلة و السرعة

الطاقة الحركية للجسيمات

وكلما زادت كتلة الجسم ازدادت طاقته الحركية .

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

KE الطاقة الحركية ، m كتلة المادة بـ Kg ، v سرعة تحرك الجسيم

سؤال : عند 0°C ، تبلغ سرعة جزيئات الميثان في الهواء 600 m/s ، ما مجموع الطاقة الحركية لمول واحد من الميثان يتحرك بنفس السرعة ؟

a. 1.80×10^5 J
b. 2.88×10^3 J √
c. 4.78×10^{-21} J
d. 5.76 2.88×10^3 J

كتلة المول الواحد للميثان (12 + 4 = 16) ويجب أن تكون الكتلة بـ Kg

$16 \times 10^{-3} = 0.016$ Kg

$$KE = \frac{mv^2}{2} = \frac{0.016 \times 600^2}{2} = 2880\ J$$

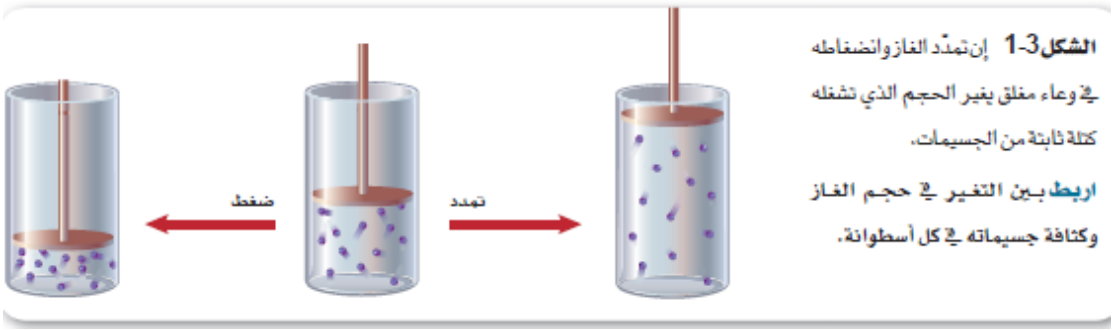
التصادم المرن : لا تفقد الجسيمات طاقتها الحركية بل تنتقل بين الجسيمات المتصادمة

تستخدم درجة الحرارة مقياسا لمتوسط الطاقة الحركية للجسيمات

تفسير سلوك الغازات وفقا للنظرية الحركية

كثافة الغاز منخفضة : الكثافة = كتلة الجسم \ وحدة الحجم ، بما أن كتلة الغازات صغيرة جدا بالتالي كثافتها قليلة أيضا ، وجود الفراغات الكبيرة بين الجسيمات يعني قلة الكثافة

خاصية التمدد والانضغاط :



الشكل 3-1 إن تمدّد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.
اربط بين التغير في حجم الغاز وكثافة جسيماته في كل أسطوانة.

خاصية الانتشار والتدفق : المسافة بين الجسيمات كبيرة ← قوى التجاذب تكاد تكون معدومة ← تنتشر الجسيمات بسهولة . المكان الذي ينتشر فيه الغاز غالبا ما يكون مشغولا بغاز آخر فيحصل حركة عشوائية وتصادمات مرنة حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساويا

الانتشار تصف حركة تداخل المواد معا ، وتفسر عملية انتشار الروائح

التدفق : خروج الغاز من خلال ثقب صغير ، وهو علاقته عكسية بكتلة الغاز المولية

قانون جراهام : معدل انتشار\تدفق الغاز يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية

معدل الانتشار\التدفق $\alpha \frac{1}{\sqrt{M.wt}}$

معدل انتشار المادتين A ، B $\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M.wt\ B}}{\sqrt{M.wt\ A}}$, RA , RB

الضغط القوة الواقعة على وحدة المساحة

ضغط الهواء يقل كلما ارتفعنا عن سطح الأرض

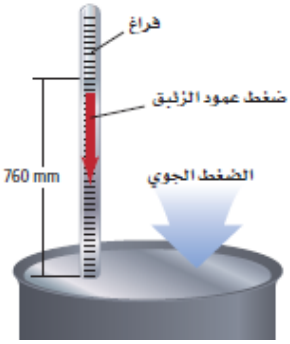
يبلغ ضغط الهواء عند سطح البحر ١كجم\سم٢

ضغط الهواء يحيط بالكرة الأرضية طبقة الغلاف الجوي التي تمتد مئات الكيلومترات نحو الفضاء. ولما كانت جسيمات الهواء تتحرك في كل اتجاه فإنها تبذل ضغطًا في كل الاتجاهات، وهو ما يعرف بالضغط الجوي أو ضغط الهواء. ويتفاوت هذا الضغط من مكان إلى آخر فوق سطح الأرض. ولأن تأثير الجاذبية في سطح الأرض كبير فإن جسيمات الهواء تكون كثيرة وقريبة من سطح الأرض، بينما تقل كلّما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل،

قياس الضغط الجوي وتجربة تورشلي

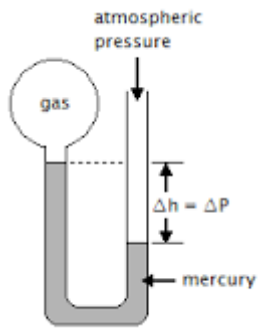
قياس الضغط الجوي لقد كان عالم الفيزياء الإيطالي تورشلي (1608–1647م) أول من أثبت وجود ضغط للهواء؛ فقد لاحظ أن مضخة الماء لا يمكنها أن تضخ الماء إلى ارتفاع يتجاوز عشرة أمتار. وقد افترض أن ارتفاع السائل في أنبوب يختلف باختلاف كثافته. ولاختبار هذه الفرضية صمّم تورشلي جهازًا، كما هو موضح في **الشكل 5–1**، حيث ملأ أنبوبًا زجاجيًّا رفيعًا مغلقًا من أحد طرفيه بالزئبق، وأغلق الطرف المفتوح بإبهامه لكيلا يسمح للهواء بالدخول، ثم نكّس الأنبوب فوق حوض مملوء بالزئبق، ولاحظ انخفاض عمود الزئبق في الأنبوب 76 cm تقريبًا. وهذا يؤيد فرضية تورشلي؛ لأن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء أربع عشرة مرة تقريبًا، وبناءً على تجربة تورشلي يعرّف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الزئبق طوله 76cm .

الشكل 5-1 كان تورشلي أول من صمم جهازًا يبين أن للغلاف الجوي ضغطًا.



المانومتر جهاز يستخدم لقياس ضغط غاز محصور

البارومتر جهاز يستخدم لقياس الضغط الجوي



وحدات قياس الضغط

باسكال = ١ نيوتن \ متر٢

سم زئبقي ، ملم زئبقي ، تور ، بار ، ضغط جوي Atm

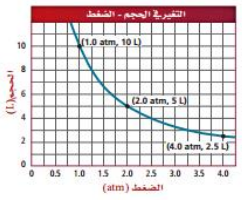
الجدول 1-1 مقارنة بين وحدات قياس الضغط

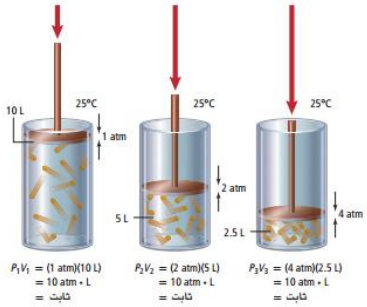
الوحدة	العدد المساوي لـ 1atm	العدد المساوي لـ 1kPa
كيلو باسكال (kPa)	101.3 kPa	—
الضغط الجوي (atm)	—	0.009869 atm
ملمترات زئبق (mm Hg)	760 mm Hg	7.501 mm Hg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل/بوصة مربعة (psi or lb/in^2)	14.7 psi	0.145 psi
بار (bar)	1.01 bar	100 kPa

قوانين الغازات

- دالتون : مجموع الضغوط الجزئية = الضغط الكلي داخل وعاء الخليط . $P = P_1 + P_2 \dots$
- بويل: حجم كمية غاز يتناسب عكسيا مع الضغط الواقع عليه $P \alpha \frac{1}{v}$ عند درجة حرارة ثابتة

$p_1v_1 = p_2v_2$

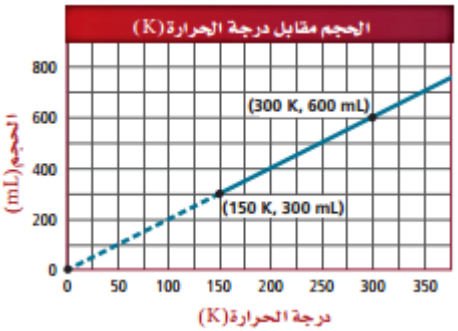




مثال : **عملية التنفس** : عند الشهيق يدخل المزيد من الهواء إلى الرئة وحتى تتجنب قوة الضغط فإنها تتمدد (يزداد حجمها) ، وتتقلص عند خروج الهواء (الزفير)

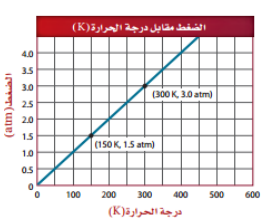
- شارل : عند ضغط ثابت فإن حجم الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة $v \alpha T$

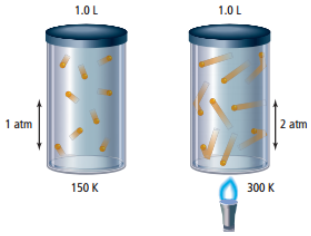
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ،، مثال تطبيقي : المنطاد وبالونات الطقس



- **جاي-لوساك :** حجم ثابت فإن ضغط الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة **(كلفن)** $P \alpha T$

$$\frac{p1}{T1} = \frac{p2}{T2}$$





مثال تطبيقي : **قدر الطهي .** لها أحجام معينة . عندما يتم إغلاقها بإحكام وتعريضها للحرارة يزداد الضغط مما يسرع في عملية نضج الطعام بشكل أسرع

الصفر على تدريج كلفن يسمى **الصفر المطلق** $0^oK = -273^oC$

الصفر المطلق : أقل قيمة لدرجة الحرارة التي تكون عندها طاقة الذرات أقل ما يمكن

- **القانون العام للغازات** (الضغط ودرجة الحرارة والحجم متغيرة) يجمع بين بويل وشارل ولوساك

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

- **أفوجادرو** : (الضغط ودرجة الحرارة والحجم ثابتة)

عند ثبات الضغط ودرجة الحرارة فإن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوي على العدد نفسه من المولات $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

- **الحجم المولاري** لغاز هو الحجم الذي يشغله 1 mol منه عند الظروف المعيارية STP

$$V = 22.4n$$

- **الغاز المثالي**

$$PV = nRT \xrightarrow{\text{بالتعويض } n = \frac{m}{M}} PV = \frac{mRT}{M} \xrightarrow{\text{بالتعويض } D = \frac{m}{V}} M = \frac{DRT}{P}$$

P الضغط ، v الحجم ، T درجة الحرارة (كلفن) ، n عدد المولات ،

R ثابت الغاز المثالي $= 0.082\ L.atm.K$ ، الكتلة m ، الكتلة المولية M ، الكثافة D

الغاز الحقيقي و الغاز المثالي

	الغاز المثالي	الغاز الحقيقي
الإسالة (تحويله لسائل)	غاز افتراضي لا يمكن تسييله وذلك لأنه لا يوجد قوى بين جزيئاته	يمكن إسالته بتعريضه لضغط مرتفع ودرجات حرارة منخفضة
فرضيات نظرية الحركة الجزيئية	تتبعها	لا تتبعها جميعها
حجم الجسيمات	يكاد يكون معدوم ولا يشغل حيزا	لها حجم
قوى التجاذب بين الجسيمات أو مع جدران الوعاء	لا توجد	موجودة
حركة الجسيمات	عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى تصطدم ببعضها أو بجدار الوعاء الذي يحويها	–
نوع التصادمات	مرنة	ليست مرنة دائما
الطاقة الحركية	ثابتة لا تتغير $\Delta E = 0$	
قوانين الغازات	ينطبق عليه قوانين الغازات عند جميع الضغوط ودرجات الحرارة	ينطبق عليه قوانين الغازات عند درجات حرارة وضغوط ليست عالية جداً وليست منخفضةً جداً

شذوذ (حيود) الغازات عن الغاز المثالي

١- عند التعرض لـ(ظروف الإسالة) **ضغوط عالية و درجات حرارة منخفضة** الغاز إذا تعرض لضغط عالي ودرجات حرارة منخفضة جدا فإنه يتكثف (يسال) أو يتحول إلى سائل ، حينما أن أهم ما يميز الغاز المثالي أنه لا يمكن تسييله

مثل : غاز الطهي (البوتاغاز) ، عبارة عن خليط غازي البروبان والبيوتان تمت إسالتهما لذا يسمى البوتاغاز بالغاز النفطي المسال

➢ تعرض الغاز الحقيقي لظروف معاكسة **ضغوط منخفضة و درجات حرارة عالية** تجعله يسلك **سلوك الغاز المثالي**

٢- قطبية جسيمات الغاز : لا توجد قوى جذب جزيئية بين جزيئات الغاز المثالي وعليه فإن الغازات القطبية ليست مثالية

٣- حجم الجسيمات كلما كبرت حجم جسيمات الغاز كلما ابتعد عن سلوك الغاز المثالي

مثل : غاز الهيدروجين صغير الحجم قد يسلك سلوك مثالي مقارنة بجزيء بخار الماء كبير الحجم

- NH_3 ، بخار الماء ، HF , HCl ، CO ، جزيئات قطبية لذا تحيد عن الغاز المثالي
- البروبان وثاني أكيد الكربون غازين غير قطبيين لكنها كبيرة الحجم لذا تحيد عن الغاز المثالي

- غاز النيتروجين **المسال** لا يسلك سلوك الغاز المثالي
- غاز الهيليوم غاز مثالي مقارنة بالغازات السابقة

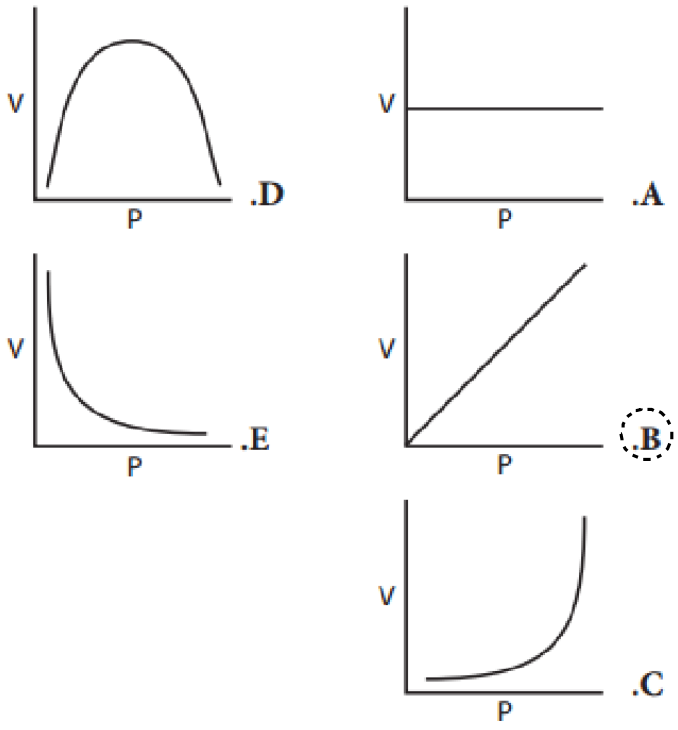
76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين N_2، ضغطها 5.30 atm في وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C ؟

$$P = 5.3 \ , T = 125 + 273 = 398K \ , \ V = 3.5 \ L \ , \ M = 14(2) = 28 \ g/mol$$

- قانون الغاز المثالي بدلالة الكثافة $P = \frac{DRT}{M}$

$$D = \frac{PM}{RT} = \frac{5.3 \times 28}{0.08 \times 398} = 4.66 \ g/L$$

7. أي الرسوم البيانية توضح العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة الحرارة.



8. ما مقدار الضغط الذي يحدثه 0.0468 g من الأمونيا NH_3 على جدران وعاء حجمه 4.00 L عند درجة 35.0°C، على افتراض أنه يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a 0.0174 atm **b** 0.00198 atm **c** 0.296 atm **d** 0.278 atm **e** 0.0,126 atm

N=14 , H = 3 >> M_{NH3} = 14+3=17

$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V}$

P = ? , V = 4 , R = 0.08

T = 35+273 = 308

m = 0.047 g

$n = \frac{m}{M} = \frac{0.047}{17} = 0.0027\ mol$

$P = \frac{0.0027 \times 0.08 \times 308}{4}$

$= 0.0166 \approx 0.017 atm$

ملاحظة : إذا تواجه صعوبة في حساب الأعداد العشرية حولها لرموز علمية (عدد صحيح مضروب في قوى 10)

R = 0.08 = $8x10^{-2}$

m = 0.047 g = $47 x10^{-3}$

$$n = \frac{47 \times 10^{-3}}{17} = 2.7 \times 10^{-3} = 27 \times 10^{-4}$$

$$P = \frac{27 \times 10^{-4} \times 8 \times 10^{-2} \times 308}{4}$$

$$= 16632 \times 10^{-6}$$

حرك الفاصلة لليمين 6 منازل لتحويله لعدد عشري كما في الخيارات واكتفي بثلاث ارقام بعد الفاصلة 0.016

77. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L، عند درجة حرارة 35.0°C ، وضغط جوي مقداره 3.1 atm ؟

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \times 22}{0.08 \times 308} = 2.7\ mol$$