# الباب الثانى (الكيمياء الكمية)

## كتابة الصيغ الكيميائية للمركبات

### ** صيغ المركبات الكيميائية وتسميتها :

◄ يتناول هذا التمهيد اكتساب مهارة كتابة صيغ المركبات الكيميائية وتسميتها ، ويختص منها :

1] المركبات الأيونية. 2] المركبات التساهمية. 3] الأحماض

### 1] المركبات الأيونية

** تنشأ الرابطة الأيونية نتيجة :

اتحاد ← كاتيون ← مع ← أنيون ← لتكوين ← جزئ مركب أيونى

- كاتيون: أيون موجب لذرة عنصر فلزى أو مجموعة ذرية موجبة
- مع: أيون سالب لذرة عنصر لا فلزى أو مجموعة ذرية سالبة

### 2] المركبات التساهمية

◄ تتكون المركبات التساهمية من عناصر لا فلزية بالمشاركة بالإلكترونات دون فقد أو اكتساب

$SF_6$ $PCl_5$ $BF_3$

(( مركبات تساهمية ))

### ** كتابة صيغ المركبات التساهمية المكونة من عنصرين :

◄ يكتب رمز اللافلز ـ الذي ينطق ثانيا ـ على اليسار، يليه رمز اللافلز – الذي ينطق أولا متبوعا بالرقم المعبر عن البادئة الدالة على عدد مرات تكراره في اسم المركب.

| البادئة | أول | ثانى | ثالث | رابع | خامس | سادس |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد مرات التكرار | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

◄ مع مراعاة عدم كتابة الرقم (1) .

** تطبيقات **

| | | |
|---|---|---|
| أول أكسيد الكربون<br>$CO$ | ثاني أكسيد الكربون<br>$CO_2$ | ثالث فلوريد البورون<br>$BF_3$ |
| رابع كلوريد الكربون<br>$CCl_4$ | خامس بروميد الفوسفور<br>$PBr_5$ | سادس فلوريد الكبريت<br>$SF_6$ |

◄ وهناك بعض المركبات لا تخضع للقاعدة السابقة ويكون لها أسماء شائعة، مثل :

| | | | |
|---|---|---|---|
| الماء<br>$H_2O$ | النشادر (الأمونيا)<br>$NH_3$ | الفوسفين<br>$PH_3$ | الميثان<br>$CH_4$ |

## 3] الأحماض الأكسجينية والأحماض الهالوجينية

*تطبيقات*

| حمض الكبريتيك | حمض الهيدروفلوريك |
|---|---|
| أنيون كاتيون<br>الكبريتات $(SO_4)^{2-}$ ← (– ات / + يك) الكبريتيك ← الهيدروجين $H^+$<br>$H_2SO_4$ | أنيون كاتيون<br>الفلوريد $F^-$ ← (– يد / + يك) الفلوريك ← الهيدروجين $H^+$<br>$HF$ |
| **حمض النيتروز** | **حمض الهيدروكلوريك** |
| أنيون كاتيون<br>النيتريت $(NO_2)^-$ ← (– يت / + وز) النيتروز ← الهيدروجين $H^+$<br>$HNO_2$ | أنيون كاتيون<br>الكلوريد $Cl^-$ ← (– يد / + يك) الكلوريك ← الهيدروجين $H^+$<br>$HCl$ |

# المعادلة الكيميائية

◄ يُعبر عن التفاعل الكيميائي بمعادلة كيميائية رمزية ، وهي عبارة عن :

مجموعة من الرموز والصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل، يربط بينها سهم يحدد اتجاه سير التفاعل وتكتب فوقه شروط التفاعل .

◄ الجدول التالي يوضح علامات تتضمنها المعادلات الكيميائية وما تشيراليه :

| العلامة | ما تشير إليه | تطبيقات |
|---|---|---|
| + | تفصل بين كل اثنين من المتفاعلات أو النواتج | |
| ⟶ | سهم يفصل بين المتفاعلات والنواتج في التفاعلات التامة (التي تسير في اتجاه واحد فقط) | $Mg + CuSO_4 \longrightarrow MgSO_4 + Cu\downarrow$ (متفاعلات — نواتج) |
| ⇌ | سهم يفصل بين المتفاعلات والنواتج في التفاعلات الانعكاسية (التي تسير في كل من الاتجاهين الطردي والعكسي) | $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ |

◄ يكتب أسفل يمين الرمز الكيميائي للعنصر أو الصيغة الكيميائية للمركب في كل من المتفاعلات والنواتج رمز يدل على الحالة الفيزيائية له، كما يوضح الجدول التالي :

| الرمز | (S) | (L) | (g) | (aq) | (v) |
|---|---|---|---|---|---|
| ما يشير إليه (الحالة الفيزيائية) | مادة صلبة solid | سائل نقى liquid | غاز gas | محلول مائى (مادة مذابة في الماء) aqueous | مادة بخارية (مادة صلبة أو سائلة تحولت بالحرارة إلى بخار) vapour |
| أمثلة | $Mg_{(s)}$ $AgCl(s)$ | $H_2O_{(L)}$ $Br_{2(L)}$ | $O_{2(g)}$ $CO_{2(g)}$ | $H_2SO_{4(aq)}$ $NaCl_{(aq)}$ | $I_{2(v)}$ $H_2O_{(v)}$ |

◄ يكتب على السهم الذي يحدد اتجاه سير التفاعل، شروط التفاعل إن وجدت، مثل تلك الموضحة بالجدول التالي :

| الرمز | Δ | P | رموز بعض العناصر مثل (Fe ،Ni) |
|---|---|---|---|
| ما يشير إليه | حرارة | ضغط | عوامل حفازة لزيادة سرعة التفاعل |
| تطبيق | $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[Fe]{\Delta \ / \ P} 2NH_{3(g)}$ | | |

# معادلة احتراق المركبات العضوية

## (( المركبات العضوية التي تتكون من ))

عنصرى ( H , C ) تُعرف بالهيدروكربونات. عناصر ( C ، H ، O ) مثل : الميثانول $CH_3OH$

مثل : الميثان $CH_4$ ، البروبين $H_3C_6$ أو حمض الأسيتيك $CH_3COOH$

تعطى عند تمام احتراقها بالأكسجين غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء (أو ماء) حسب ظروف التفاعل .

◄ تطبيق معادلة احتراق الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$

$$C_6H_{12}O_6)_{(s)} + 6O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(v)}$$

2] التفاعلات الكيميائية، مثل : (1) تفاعلات التعادل (2) تفاعلات الترسيب

◄ قبل دراسة المعادلة الأيونية المعبرة عن التفاعلات الكيميائية لابد من معرفة :

*(1) أشهر الأحماض والقواعد التي تتأين ( تتفكك) بشكل تام في الماء .*

| أشهر الأحماض التي تتأين (تتفكك) بشكل تام في الماء(الأحماض القوية) | أشهر القواعد التي (تتفكك) بشكل تام في الماء(االقواعد القوية) |
|---|---|
| * حمض الهيدروكلوريك<br>$HCl_{(g)} \xrightarrow{water} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ | * هيدروكسيد البوتاسيوم<br>$KOH_{(s)} \xrightarrow{water} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ |
| * حمض النيتريك<br>$HNO_{3(L)} \xrightarrow{water} H^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ | * هيدروكسيد الباريوم<br>$NaOH_{(s)} \xrightarrow{water} Na^{2+}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ |
| * حمض الكبريتيك<br>$H_2SO_{4(L)} \xrightarrow{water} 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ | * هيدروكسيد الباريوم<br>$Ba(OH)_{2(s)} \xrightarrow{water} Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$ |

## (2) أشهر الأملاح التي تذوب والتي لا تذوب في الماء .

| أشهر الأملاح التي تذوب في الماء | أشهر الأملاح التي لا تذوب في الماء |
|---|---|
| * كل أملاح النترات تذوب في الماء :<br>$KNO_{3(s)} \xrightarrow{water} K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ | * كل أملاح الفوسفات لا تذوب في الماء عدا<br>* $Na_3PO_{4(s)}$ * $K_3PO_{4(s)}$<br>* $(NH_4)_3PO_{4(s)}$ |
| * كل أملاح البيكربونات تذوب في الماء:<br>$NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{water} Na^+_{(aq)} + HCO^-_{3(aq)}$ | * كل أملاح الكربونات لا تذوب في الماء عدا<br>* $Na_2CO_{3(s)}$ * $K_2CO_{3(s)}$<br>* $(NH_4)_2CO_{3(s)}$ |
| * كل أملاح الكبريتات تذوب في الماء عدا :<br>* $Ag_2SO_{4(s)}$ * $CaSO_{4(s)}$<br>* $BaSO_{4(s)}$ * $PbSO_{4(s)}$ | * كل أملاح الكبريتيت لا تذوب في الماء عدا :<br>* $KOH_{(s)}$ * $NaOH_{(s)}$<br>* $(NH_4)_2SO_{3(s)}$ |
| * كل أملاح الكلوريد تذوب في الماء عدا :<br>* $CuCl_{(s)}$ * $PbCl_{2(s)}$<br>* $AgCl_{(s)}$ | * كل أملاح الهيدروكسيد لا تذوب في الماء عدا :<br>* $KOH_{(s)}$ * $NaOH_{(s)}$<br>* $NH_4OH_{(s)}$ * $Ba(OH)_{2(s)}$<br>( درجة ذوبانية $Ca(OH)_{2(s)}$ تكون منخفضة) |

** خلى بالك **

◄ الذرة هى أصغر وحدة بنائية للمادة تشترك فى التفاعلات الكيميائية .

◄ الجزئ هو أصغر جزء من المادة يمكن أن يوجد فى حالة انفراد وتتضح فيه خواص المادة .

** يصعب عمليا التعامل مع الذرة أو الجزىء أو وحدة الصيغة في الحساب الكيميائي، لأنها جسيمات متناهية الصغر تقدر أبعادها بوحدة النانومتر (nm).

**المول**

* يعبر عن كميات المواد الكيميائية في النظام الدولي للقياس (SI) بوحدة المول وهو يعادل كمية المادة التي تحتوى على نفس عدد الوحدات (ذرات ، أيونات ، جزيئات ، وحدات صيغة) الموجودة في 12 g من الكربون 12 ( $^{12}_{6}C$ )

## الكتلة المولية

◄ يطلق على كتلة الذرة الواحدة من أي عنصر مصطلح الكتلة الذرية ، وهي مقدار صغير جدا، تقدر بوحدة تُعرف باسم وحدة الكتل الذرية amu والتي يمكن اختصارها إلى u

◄ عند تقدير الكتلة الذرية للعنصر بوحدة الجرام g يطلق عليها مصطلح الكتلة المولية الذرية، وهي تقدر بوحدة g/mol كما يتضح من الأمثلة بالجدول التالي :

| العنصر | الهيدروجين H | الكربون C | النيتروجين N | الأكسجين O | الصوديوم Na | الكبريت S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الكتلة الذرية | 1 u | 12 u | 14 u | 16 u | 23 u | 32 u |
| الكتلة المولية الذرية | 1g/mol | 12g/mol | 14g/mol | 16g/mol | 23g/mol | 32g/mol |

◄ يعرف مجموع الكتل الذرية الجرامية للذرات المكونة للجزىء باسم الكتلة الجزيئية الجرامية (g) أو الكتلة المولية (g/mol)

## الكتلة المولية لجزيئات العناصر ثنائية الذرة

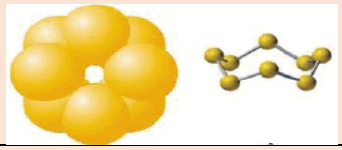
◄ الكتلة المولية من جزيء العنصر ثنائي الذرة ضعف كتلته المولية الذرية، كما يتضح من الجدول التالي

| العنصر | الهيدروجين | النيتروجين | الأكسجين | الفلور | الكلور | البروم | اليود |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الكتلة المولية الذرية | H<br>1g/mol | N<br>14g/mol | O<br>16g/mol | F<br>19g/mol | Cl<br>35.5g/mol | Br<br>80g/mol | I<br>127g/mol |
| الكتلة المولية الجزيئية | $H_2$<br>2x 1 =<br>2g/mol | $N_2$<br>2x 14 =<br>28g/mol | $O_2$<br>2x16 =<br>32g/mol | $F_2$<br>2x19 =<br>38g/mol | $Cl_2$<br>2x35.5 =<br>71g/mol | $Br_2$<br>2x80 =<br>160g/mol | $I_2$<br>2x127 =<br>254g/mol |

## اختلاف الكتلة المولية باختلاف الحالة الفيزيائية

◄ تختلف الكتلة المولية الجزيئية من بعض العناصر باختلاف حالتها الفيزيائية، لاختلاف تركيبها الجزيئي

تطبيق الكتلة المولية من أبخرة الفوسفور و الكبريت .

| العنصر | الفوسفور | الكبريت |
|---|---|---|
| رمز العنصر | P | S |
| الكتلة الذرية الجرامية | 31g | 32g |
| جزىء العنصر في الحالة البخارية | P4 (أربع ذرات) | Sg (ثمانى ذرات )  |
| الكتلة المولية من جزىء العنصر في الحالة البخارية | 4 x 31 = 124 g/mol | 8 x 32 = 256 g/mol |

## حساب عدد مولات المادة

◄ يمكن حساب عدد مولات كتلة معينة

من أحد المواد بمعلومية كتلتها المولية من العلاقة :

$$\text{عدد المولات (mol)} = \frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية من المادة (g/mol)}}$$

س / ما عدد مولات ذرات الكربون في عينة منه كتلتها 144g ؟ [ C = 12 ]

(a) 6 mol (b) 12 mol (c) 18 mol (d) 24mol

ج / ----------

---

---

س / احسب عدد مولات الماء الموجودة في عينة منه كتلتها 36g [ H = 1 , O = 16]

ج/ ----------

---

## الحسابات الكيميائية القائمة على المعادلة الرمزية الموزونة

### 1] حسابات ( كتلة – كتلة )

س / ما كتلة أكسيد الكالسيوم الناتجة من انحلال 10g من كربونات الكالسيوم حراريا ؟

[Ca = 40 , C = 12 = 16]

(a) 178 g (b) 56 g (c) 17.8 g (d) 5.6 g

ج/ ----------

---

---

---

---

## 2] حسابات ( مول – كتلة )

س/ ما كتلة NaCl الناتجة من تفاعل 2mol من NaOH مع وفرة من HCl تبعاً للمعادلة

[Na = 23 , Cl = 35.5 ] $NaOH_{(aq)} + HCl \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(L)}$

(a) 29.25 g (b) 58.5 g (c) 117 g (d) 234 g

ج/ ----------

---

---

---

---

---

## 3] حسابات ( مول – مول )

س/ عند اصطدام العربات الحديثة بحائل ما تنتفخ الوسادة الهوائية لحظياً بغاز النيتروجين نتيجة لحدوث التفاعلين التاليين :

► $2NaN_3 \longrightarrow 2Na + 3N_2$ ------ (1)

► $10Na + 2KNO_3 \longrightarrow K_2O + 5Na_2O + N_2$ ------ (2)

ما عدد مولات غاز النيتروجين الكلية الناتجة من تفكك 1mol من مركب أزيد الصوديوم فى وفرة من $KNO_3$ ?

(a) 1mol (b) 1.6 mol (c) 2 mol (d) 6.1 mol

ج/ ----------

---

---

---

---

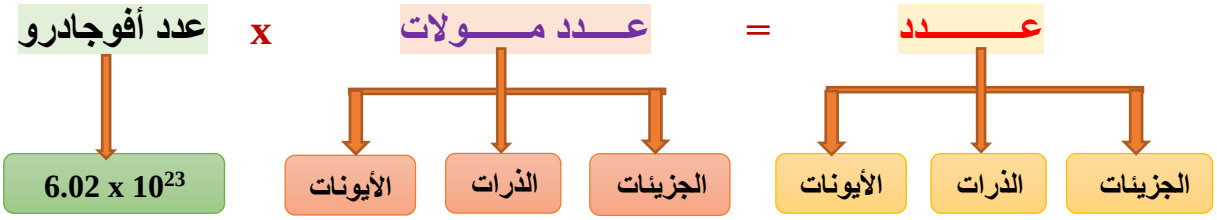
---

---

---

# المـــول وعـــدد أفـــوجـــادرو

◄ يمكن حساب عدد الجسيمات ( الجزئيات أو الذرات أو الأيونات ) الموجودة في كمية معينة من المادة (عدد من المولات) بدلالة عدد أفوجادرو، من العلاقة :




---

س/ ما عدد أيونات الصوديوم في 0.2 mol من كبريتات الصوديوم ؟

(a) 0.2 ion (b) 0.4 ion (c) 2.408 x $10^{23}$ ion (d) 1.204 x $10^{23}$ ion

ج/ ----------

---

---

---

س/ ما عدد جزيئات ثاني أكسيد الكبريت الموجودة في عينة منه كتلتها 32g ؟ [ S = 32 , O = 16 ]

(a) 3.01 x $10^{23}$ molecule (b) 0.5 molecule

(c) 6.02 x $10^{23}$ molecule (d) 12.04 x $10^{23}$ molecule

ج/----------

---

---

---

---

س / احسب عدد ذرات الكربون في 50g من كربونات الكالسيوم .[ Ca = 40 , C = 12 , O = 16 ]

ج/----------

---

---

---

---

---

## العامل المحدد ( المادة المحددة ) للتفاعل

س/ يتفاعل محلول هيدروكسيد البوتاسيوم مع حمض الكبريتيك، تبقا للمعادلة التالية :

$$H2SO4(aq) + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(L)}$$

ما العامل المحدد للتفاعل عند وجود 4mol من حمض الكبريتيك مع 3mol من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم في حيز التفاعل ؟

ج/ ----------

---

---

---

---

---

س/ يتفاعل 7g من الحديد مع 4g من الكبريت وينتج 11g من كبريتيد الحديد (II)

ما الذي يتبقى في إناء التفاعل عند إضافة 7g من الحديد إلى 7g من الكبريت ؟

(أ) 14g من كبريتيد الحديد (II) فقط .

(ب) 11g من كبريتيد الحديد (II) ، 3g من الحديد.

(ج) 11g من كبريتيد الحديد (II) فقط .

(د) 11g من كبريتيد الحديد (II) 3g من الكبريت.

ج/----------

---

---

---

## المـول وحـجـم الـغـاز

الظروف القياسية STP

Standard Temperature and pressure

وهى :

* درجة الحرارة (0°C) = 273 K

* الضغط الجوى المعتاد (1 atm) = 760 mmHg

س/ ما الحجم الذى يشغله 39.2g من غاز النيتروجين (at STP) ؟ [ N = 14 ]

(a) 16 L (b) 31.36 L (c) 62.72 L (d) 1.6 L

ج/ ----------

---

---

---

---

س/ ما كتلة عينة من غاز أكسيد النيتروز $N_2O$ تشغل حجماً قدره 550Ml (at STP)

[ N = 14 , O = 16 ]

(a) 1.08 x $10^3$g (b) 0.025 g (c) 5.68 x $10^{-4}$g (d) 1.1 g

ج/ ----------

---

---

---

---

س/ احسب حجم غاز الأكسجين (at STP) اللازم لحرق 2.6g من غاز الإيثالين $C_2H_2$

[ C = 12 , H = 1 ]

ج/ ----------

---

---

---

---

# حساب الصيغة الكيميائية

## ** حساب النسب المئوية الكتلية لمكونات المركب :

◄ يستخدم مصطلح النسبة المئوية الكتلية في الحسابات الكيميائية،
لحساب نسبة كل مكون من مكونات عينة ما..

**عن طريق :**

* معرفة الصيغة الجزيئية للمركب وبمعلومية الكتل الذرية الجرامية للعناصر الداخلة في تركيبه .. من العلاقة :

$$\text{النسبة المئوية الكتلية للعنصر في المركب} = \frac{\text{كتلة العنصر فى مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية من المركب}} \times 100\%$$

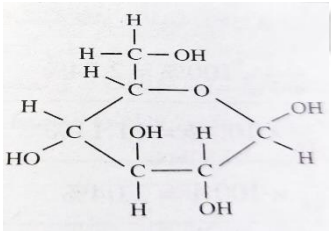
• النتائج التجريبية التي يتم الحصول عليها عمليا.. من العلاقة :

$$\text{النسبة المئوية الكتلية للعنصر في العينة} = \frac{\text{كتلة العنصر فى العينة}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\%$$

◄ مجموع النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب أي مركب لابد أن يساوى 100%

## ** حساب الصيغ الكيميائية :

تصنف الصيغ الكيميائية إلى ثلاثة أنواع، هي :

| الصيغة الأولية | الصيغة الجزيئية | الصيغة البنائية |
|---|---|---|
| هي صيغة كيميائية تعبر عن أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات أو أيونات العناصر المكونة للمركب<br>$CH_2O$<br>الصيغة الأولية لسكر الجلوكوز | هي صيغة كيميائية تعبر عن نوع وعدد الذرات (أو الأيونات) التي يتكون منها الجزىء (أو وحدة الصيغة) من المركب<br>$C_6H_{12}O_6$<br>الصيغة الجزيئية لسكر الجلوكوز |  <br>الصيغة البنائية لسكر الجلوكوز |

## ** حساب الصيغة الأولية :

حساب عدد مولات ذرات كل عنصر فى المركب .

** من العلاقة **

$$\text{عدد مولات ذرات العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر فى المركب}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}$$

## ** حسابات الصيغة الجزيئية :

(1) (n) = الكتلة المولية من المركب / الكتلة المولية من الصيغة الأولية

(2) الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية x n

## ** حساب النسبة المئوية للناتج الفعلى

◄ عند إجراء أي تفاعل كيميائى، تعرف .

* كمية المادة التي يتم الحصول عليها فعليا في المعمل من التفاعل الكيميائي باسم الناتج الفعلي.

* كمية المادة المتوقع الحصول عليها اعتمادا على حسابات معادلة التفاعل باسم الناتج النظري.

◄ الناتج الفعلى يكون غالبا أقل من الناتج النظرى لعدة أسباب منها :

- عدم نقاء المواد المتفاعلة .
- تطاير جزء من المادة الناتجة أثناء حدوث التفاعل .
- حدوث تفاعلات ثانوية تستهلك جزء من المادة الناتجة .
- التصاق جزء من المادة الناتجة بالجدار الداخلي لإناء التفاعل .

ويمكن حساب النسبة المئوية للناتج الفعلي، من العلاقة :

النسبة المئوية للناتج الفعلى = (الناتج الفعلى / الناتج النظرى) x 100 %