

التركيب الكيميائي للراسب والحسابات في التحليل الكمي الوزني:  
في التحليل الكمي الوزني لا يكون الوزن النهائي للمادة أو العنصر المبحوث عنه مباشرة وإنما لمادة تحتويه.

### مثال:

عند ترسيب الباريوم (Ba) من محلول كلوريد الباريوم  $BaCl_2$  فان الوزن النهائي لا يكون لـ Ba وإنما لمادة تحتويه هي راسب كبريتات الباريوم  $BaSO_4$  وذلك بعد الحرق. وكذلك هو الحال بالنسبة لـ Cl, Ca عند تقديرهم فيكون على شكل  $AgCl$ ,  $CaO$ . لذا يجب في نهاية أي عملية تحليل اجراء بعض الحسابات لمعرفة كمية العنصر أو المادة المبحوث عنها بعد معرفة المادة الموزونة.

وهذه الحسابات تعتمد على استخدام النسبة والتناسب وقوانين الحسابات الكيميائية مع الاخذ بنظر الاعتبار الوزن الجزئي للراسب والمادة المبحوث عنها ووزن الراسب النهائي والتي يمكن ان يعبر عنها كالاتي:

$$\frac{M_w}{M_d}, \frac{a}{x}$$

بمعنى اخر:

$$\frac{M_d}{M_w}, \frac{x}{a}$$

$$x = \frac{M_d}{M_w} \cdot a$$

حيث ان:

x: وزن المادة المبحوث عنها.

a: وزن المادة الموزونة (الراسب).

$M_w$ : و.ص. للراسب.

$M_d$ : و.ص. للمادة المبحوث عنها.

∴ X هي ناتج لعاملين هما:

1. a وهي وزن الراسب الذي حصلنا عليه من عملية التحليل وهو كمية متغيرة وتعتمد على كمية النموذج الذي دخل التحليل.

2. النسبة بين و.ص للمادة المطلوبة إلى و.ص للراسب النهائي أي بمعنى آخر و.ص للمجهول إلى وزن صيغة المعلوم وهذه الكمية ثابتة لا تعتمد على وزن النموذج الاصيل وتسمى بالمعامل الوزني ويرمز لها (F).  
وبذلك يصبح القانون بالشكل الاتي:

وزن المادة المجهولة = وزن المادة المعلومه × المعامل الوزني

أو :

$$F \cdot a = X$$

حيث ان:

$$\frac{y \text{ (و.ص. } M_d \text{ أي المجهول)}}{z \text{ (و.ص. } M_w \text{ أي المعلوم)}} = F$$

y: هي عدد مولات المعلوم.

z: هي عدد مولات المجهول.

النسبة المئوية لعنصر في نموذج:

1. يتم حساب المعامل الوزني (F).

2. يتم ايجاد وزن المادة المجهولة ( $F \cdot a = x$ )

3. تعين النسبة المئوية للمادة المجهولة في النموذج كالاتي:

$$\text{النسبة المئوية للمادة المجهولة} = \frac{\text{وزن المادة المجهولة}}{\text{وزن النموذج}} \times 100$$

أو:

$$\text{النسبة المئوية للمادة المجهولة} = \frac{\text{وزن الراسب} \times \text{المعامل الوزني}}{\text{وزن النموذج}} \times 100$$

### مثال 1:

رسبت ايونات الكلوريد على شكل كلوريد الفضة AgCl وعومل الراسب ووزن وكان وزن كلوريد الفضة 0.1290 أو.غم. احسب كمية الكلوريد.

الحل:

وزن المادة المبحوث عنها = وزن الراسب × المعامل الوزني

$$\text{وزن} = \frac{\text{وزن الصيغة للكلوريد}}{\text{وزن الصيغة لكلوريد الفضة}} \times \text{وزن الراسب}$$

$$= \frac{35.45}{143.32} \times 0.1290$$

∴ وزن الكلوريد = 0.03492 غم

### مثال 2:

رسبت ايونات المغنيسيوم على شكل  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  ثم عومل الراسب واحرق ووزن على شكل  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  والذي كان وزنه 0.3545 احسب كمية المغنيسيوم.

وزن المادة المبحوث عنها = وزن الراسب × المعامل الوزني

$$F \times a = x$$

$$\text{وزن المغنيسيوم} = \frac{y \text{ (و.ص. } M_d \text{ أي المجهول)}}{x \text{ (و.ص. } M_w \text{ أي المعلوم)}} \times \text{وزن الراسب}$$

$$= \frac{2 \text{ (وزن صيغة المغنيسيوم)}}{1 \text{ (وزن صيغة الراسب)}} \times 0.3545$$
$$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$$

$$\frac{24.3 \times 2}{222.6} \times 0.3545 =$$

$$0.0774 \text{ غم} =$$

مثال 3:

اذيبت كمية مجهولة من  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ورسبت على شكل  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$   
ثم عومل الراسب وحرق ووزن على شكل  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  الذي كان وزنه 0.3515 غم.  
احسب وزن كبريتات المغنيسيوم المائية.  
الحل:

$$\text{وزن كبريتات المغنيسيوم المائية} = \text{وزن الراسب} \times \text{المعامل الوزني}$$

$$= \frac{2 \text{ (وزن صيغة كبريتات المغنيسيوم)}}{\text{وزن صيغة الراسب}} \times \text{وزن الراسب}$$

$$\frac{246.5 \times 2}{222.6} \times 0.3515 =$$

$$0.7784 \text{ غم} =$$

مثال 4:

كم هو وزن راسب يوريد الفضة  $\text{AgI}$  الذي يمكن الحصول عليه من 0.073  
غم يوريد المغنيسيوم  $\text{MgI}_2$ ؟  
 $X = a \times \text{المعامل الوزني}$

$$\text{وزن AgI} = \text{وزن MgI}_2 \times \frac{2 \text{ (وزن الصيغة AgI)}}{\text{وزن صيغة MgI}_2}$$

$$\frac{(234.77) 2}{277.76} \times 0.073 =$$

$$\underline{469.54}$$

$$\frac{277.76}{100} \times 0.073 =$$

$$1.6910 \times 0.073 =$$

$$0.1234 \text{ غم} =$$

امثلة وتمارين لحسابات التحليل الوزني:

مثال 1-2:

ما هي العوامل الوزنية التي تستعمل لتحويل الحديد Fe إلى:

أ.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$     ب.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$     ج.  $\text{FeS}$

الحل:

$$\text{ب. العامل الوزني} = \frac{\text{وزن الصيغة } \text{Fe}_3\text{O}_4}{3 (\text{وزن الصيغة } \text{Fe})}$$

$$1.382 = \frac{231.55}{55.85 \times 3} =$$

$$\text{أ. العامل الوزني } F = \frac{\text{وزن الصيغة } \text{Fe}_2\text{O}_3}{2 (\text{وزن الصيغة } \text{Fe})}$$

$$\frac{159.7}{111.7} = \frac{31.16 + 2 \times 55.85}{55.85 \times 2} =$$

$$1.430 = 1.4297 =$$

$$\text{ج. العامل الوزني} = \frac{\text{وزن الصيغة } \text{FeS}}{\text{وزن الصيغة } \text{Fe}}$$

$$1.57 = \frac{87.8}{55.85} =$$

55.8

مثال 2-2 : احسب المعامل الوزني F لايجاد:

أ. كمية الكبريت من وزن  $\text{BaSO}_4$ .

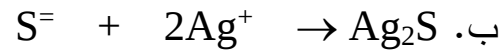
ب. كمية الفضة من وزن  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

ج. كمية الزنك من وزن  $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

الحل:

$$\frac{\text{وزن الصيغة S}}{\text{وزن الصيغة BaSO}_4} = F \text{ المعامل الوزني}$$

$$0.1373 = \frac{32}{236.4} =$$



$$\frac{2 (\text{وزن Ag})}{\text{وزن الصيغة Ag}_2\text{S}} = F \text{ العامل الوزني}$$

$$0.87 = \frac{108 \times 2}{248} =$$

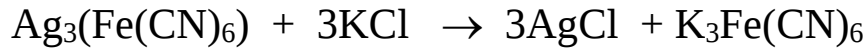
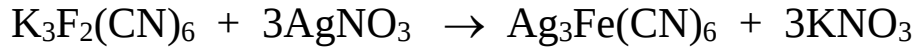
$$\begin{aligned} \frac{2 (\text{و. ص Zn})}{\text{وزن الصيغة Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7} &= F \text{ ج.} \\ 0.429 &= \frac{65.4 \times 2}{304.8} = \end{aligned}$$

### مثال 2-3:

تم تحويل فيريسيانيد البوتاسيوم  $K_3Fe(CN)_6$  في انموذج إلى فيزيسنيد الفضة  $Ag_3Fe(CN)_6$  ومن ثم تم تحويل هذا المعقد الاخير إلى راسب كلوريد الفضة الذي يمكن معرفة كميته عن طريق الوزن. ما هو المعامل الوزني لفيزيسيانيد البوتاسيوم بدلالة كلوريد الفضة.

الحل:

لغرض حل السؤال يجب كتابة معادلة التفاعل اولا:



في المعادلة يتضح ان وزن صيغة واحدة من  $K_3Fe(CN)_6$  نتجت عنه ثلاث

اوزان صيغة من  $AgCl$

$$\frac{329.26}{(143.32)3} = \frac{K_3Fe(CN)_6 \text{ و.ص.}}{(AgCl \text{ و.ص.}) 3} = F \text{ المعامل الوزني}$$

$$0.766 = \frac{329.26}{429.96}$$

### مثال 2-4:

احسب النسبة المئوية للفضة في احد املاحها اذا علمت ان الترسيب من

محلول يحتوي على 0.5 غم من هذا الملح يعطي 0.4216 غم من راسب  $AgCl$

وزن المادة المجهولة ( $Ag$ )  $\times a =$  المعامل الوزني

$$F \times a = X$$

$$\frac{\text{وزن الصيغة } Ag}{\text{وزن الصيغة } AgCl} \times 0.4216 =$$

$$\frac{107.87}{143.32} \times 0.4216 =$$

$$0.3175 =$$

$$100 \times \frac{0.3175}{0.5} = \text{النسبة المئوية للفضة}$$

$$100 \times 0.6350 =$$

$$63.50 =$$

أو يحل مباشرة من القانون:

$$100 \times \frac{\text{وزن المادة} \times \text{المعامل الوزني}}{\text{وزن النموذج}} = \text{النسبة المئوية للمجهول}$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المادة الراسب} \times \frac{\text{و.ص المادة المجهولة}}{\text{و.ص الراسب}}}{\text{وزن النموذج}} =$$

$$100 \times \frac{F \times a}{wg} = \%A$$

$$100 \times \frac{\frac{107.87}{143.32} \times 0.4216}{0.5} = 63.5 =$$

مثال 2-5:

ما هي النسبة المئوية للفسفور الموجود في انموذج من فوسفات وزنه 0.68 غم  
تم ترسيب الفسفور على شكل  $MgNH_4PO_4$  الذي احرق ووزن على شكل  
 $Mg_2P_2O_7$  والذي كان وزنه 0.435 غم.

الحل:

$$100 \times \frac{\text{وزن الراسب} \times \text{المعامل الوزني}}{\text{وزن الانموذج}} = \text{النسبة المئوية للفسفور}$$

$$100 \times \frac{\frac{(P \text{ و.ص})^2}{0.68} \times 0.435}{(Mg_2P_2O_7 \text{ و.ص})} =$$

$$100 \times \frac{\frac{(31 \times 2) \times 0.435}{(2 \times 24 + 2 \times 31 + 7 \times 16)} \times 0.435}{0.68} =$$

$$100 \times \frac{\frac{62}{222} \times 0.435}{0.68} =$$

$$100 \times \frac{0.2793 \times 0.435}{0.68} =$$

$$17.86 =$$

مثال 2-6:

ما هو وزن AgI الذي يمكن الحصول عليه من انموذج وزنه 0.24 غم والذي يحتوي على 30.6% من يوريد المغنيسيوم  $MgI_2$ .

$$100 \times \frac{\text{وزن } MgI_2}{\text{وزن الانموذج}} = MgI_2$$

$$100 \times \frac{\text{وزن } MgI_2}{0.24} = 30.6$$

$$0.07344 = \text{وزن } MgI_2$$

$$F \times a = X \text{ وزن AgI}$$

$$\frac{2 (AgI \text{ و.ص})}{}$$

$$= \text{وزن } \text{MgI}_2 \times \frac{2}{(127 + 108)} \times \frac{2}{(254 + 24)} =$$

$$= \frac{2(235)}{278} \times 0.07344 = 0.124 =$$

حل سؤال باستخدام العلاقة:

$$100 \times \frac{F.X}{wg} = \%A$$

$$100 \times \frac{278}{\frac{235 \times 2}{0.24}} = 30.6$$

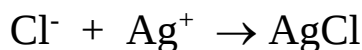
$$100 \times \frac{(0.591) \times}{0.24} = 30.6$$

$$= \frac{0.24 \times 30.6}{100 \times 0.591} = X$$

$$= 0.124 =$$

### مثال 2-: 8

25 مل من حامض HCl عوملت مع كمية زائدة من  $\text{AgNO}_3$ ، حيث تكون راسب  $\text{AgCl}$  وزنه 0.393 غم، جد وزن كلوريد الهيدروجين النقي، الموجود في ذلك الحجم المذكور من الحامض.  
الحل:



$$F \cdot a = X \text{ (وزن غاز HCl)}$$

$$\frac{\text{HCl . و.ص.}}{\text{AgCl . و. ص.}} \text{ وزن AgCl} =$$

$$\frac{36.46}{143.32} \times 0.393 =$$

$$0.2544 \times 0.393 =$$

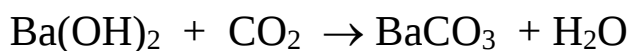
$$0.1 = 0.0999 \text{ غم.}$$

مثال 2-: 9

0.179 غم انموذج من مركب عضوي تم حرقه في كمية كافية من الاوكسجين، ثم تم تجميع ثاني اوكسيد الكربون الناتج عن الحرق في محلول يحتوي على هيدروكسيد الباريوم. احسب النسبة المئوية للكربون الموجود في الانموذج اذا علمت ان وزن كاربونات الباريوم المتكون هو 0.561غم. ماذا تسمى هذه الطريقة في التحليل الوزني؟

الحل:

هذه الطريقة هي طريقة تطاير، حيث عند حرق المركب العضوي تكون ثاني اوكسيد الكربون الذي انتج راسب كاربونات الباريوم عند جمعه أو امتصاصه في محلول هيدروكسيد الباريوم.



$$F \cdot a = X$$

$$\text{وزن الكليون} = \text{وزن BaCO}_3 \times \text{المعامل الوزني}$$

$$\frac{\text{C و. ص.}}{\text{BaCO}_3 \text{ و. ص.}} \times \text{وزن BaCO}_3 =$$

$$\therefore \text{وزن الكربون} = 0.561 \times \frac{12}{204}$$

$$= 0.033 \text{ غم}$$

$$\text{النسبة المئوية للكربون في الانموذج} = \frac{\text{وزن الكربون}}{\text{وزن الانموذج}} \times 100$$

$$18.4 = 100 \times \frac{0.033}{0.179} =$$

مثال 2- 10:

ما هو وزن ثاني اوكسيد الكربون المتحرر في انموذج وزنه 1.200 غم يحتوي على 44% من كاربونات المغنيسيوم.  
الحل:

يجب اولاً ايجاد وزن كاربونات المغنيسيوم  $\text{MgCO}_3$  في الانموذج، حيث ان:

$$\text{نسبة } \text{MgCO}_3 \text{ في الانموذج} = \frac{\text{وزن } \text{MgCO}_3}{\text{وزن الانموذج}} \times 100$$

$$100 \times \frac{\text{وزن } \text{MgCO}_3}{1.200} = 44$$

$$\text{وزن } \text{MgCO}_3 = \frac{1.200 \times 44}{100} = 0.528 \text{ غم}$$

وزن  $\text{CO}_2$  المتحرر = وزن  $\text{MgCO}_3 \times \text{المعامل الوزني}$

$$= \frac{\text{و. ص } \text{CO}_2}{\text{و. ص } \text{MgCO}_3} \times 0.528 =$$

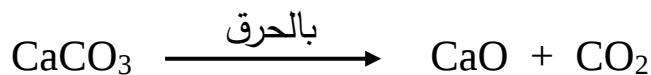
$$= \frac{44}{84} \times 0.528 =$$

$$= 0.276 \text{ غم}$$

مثال 2- 11:

انموذج وزنه غرام واحد يحوي على كاربونات الكالسيوم تم حرقه بحيث تحرر كل ثاني اوكسيد الكربون. اذا كان الوزن المتبقي من الانموذج بعد الحرق هو 0.560 غم فما هي النسبة المئوية لكاربونات الكالسيوم في الانموذج.

الحل:



وزن  $\text{CO}_2$  المتحرر = وزن الانموذج قبل الحرق - وزن الانموذج بعد الحرق

$$= 0.560 - 1.0 = 0.440 \text{ غم}$$

ان ثاني اوكسيد الكربون هذا ناتج عن تفكك  $\text{CaCO}_3$  في الانموذج بعد

الحرق، حيث

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| $\text{CaCO}_3$ | $\text{CO}_2$ |
| 100             | 44            |
| س               | 0.440         |

$$\text{وزن كاربونات الكالسيوم} = \frac{100 \times 0.440}{44} = 1.000 \text{ غم}$$

$$\text{النسبة المئوية لكاربونات الكالسيوم في الانموذج} = \frac{1.000}{1.00} \times 100 = 100\%$$

فالانموذج اذن كاربونات الكالسيوم النقي.

حل بطريقة اخرى:

$$F \cdot a = X$$

وزن كاربونات الكالسيوم = وزن  $\text{CO}_2$  × F

$$= \text{وزن } \text{CO}_2 \times \frac{\text{و.ص } \text{CaCO}_3}{\text{و.ص } \text{CO}_2} = \frac{100}{44} \times 0.440$$

$$= 1.00 \text{ غم}$$

$$\text{النسبة المئوية} = \frac{1.00}{1.00} \times 100 = 100\%$$

## أسئلة وتمارين الفصل الثاني

### 2-1 عرف المصطلحات التالية:

- الصيغة الترسيبية
- الصيغة الوزنية
- المعامل الوزني

### 2-2 احسب المعامل الوزني لايجاد:

- أ. كمية  $\text{BiCl}_3$  من وزن  $\text{Bi}_2\text{O}_3$
- ب. كمية  $\text{KNO}_3$  من وزن  $\text{L}_2\text{PtCl}_6$
- ج. كمية لمغنيسيوم من وزن  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$

### 2-3 ما هو وزن النموذج الذي ان يؤخذ للتحليل اذا كان المعامل الوزني لتحليل ما يساوي 03427 وكانت الرغبة في تنظيم وزن الانموذج بحيث:

- أ. كل سنتغرام ( $\frac{1}{100}$  غم) من الراسب الناتج يمثل 1% من المادة المبحوث عنها.
- ب. كل سنتغرام راسب (0.010 غم) يمثل 2%.

### 2-4 ما هي النسبة للكلور في انموذج وزنه 3.000 غم من كلوريد الصوديوم غير النقي الذي اذيب في الماء ورسب بنتوات الفضة تترسب 4.6280 غم من كلوريد الفضة.

الجواب: 57.325 %

### 2-5 اعطت 2.56823 غم من كلوريد الصوديوم النقي جدا وزنا مقداره 6.3971 غم من كلوريد الفضة. فاذا كانت الاوزان الذرية للكلور والفضة هي: 457 و 35 و 880 و 107 على التوالي. فما هو الوزن الذري للصوديوم

2-6 احسب الحجم الأدنى لنترات الفضة ذات مولارية = 0.08 اللازم لترسيب  
أيونات الكلوريد في الحالات التالية:

أ. 0.224 غم من كلوريد الصوديوم - الجواب: 47.9 مل

ب. 0.104 غم من كلوريد الباريوم - الجواب: 2.5 مل

2-7 احسب وزن  $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$  الذي يمكن الحصول عليه من 0.4 غم  
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

2-8 انموذج من الباييريت  $\text{FeS}_2$  تمت معاملته لتحويل ما يحويه من الكبريت إلى  
كبريتات. فإذا كان وزن الانموذج الأعلى هو 0.662 غم وانتج ما وزنه  
1.626 غم من كبريتات البايوم احسب النسبة المئوية للكبريت في الانموذج  
ثم احسب النسبة المئوية للكبريت معبرا عنها على شكل  $\text{FeS}_2$

الجواب:

S % 33.75

$\text{FeS}_2$  % 63.12

2-9 اضيفت زيادة من نترات الفضة إلى محلول 50 مل يحوي على أيونات  
الكلوريد فتكون راسب كلوريد الفضة. وإذا علمت ان وزن الراسب هو  
0.58872 غم فكم هو تركيز الكلوريد في محلول الانموذج الأصلي؟

الجواب:  $1.194 \times 10^{-2}$  مولاري

2-10 100 مل من محلول أيونات باريوم  $\text{Ba}^{2+}$  اضيفت له زيادة من الاكزلات  
فتكون راسب اوكزلات الباريوم الذي كان وزنه بعد الترشيح والغسل والتجفيف  
0.1043 غم احسب تركيز أيونات الباريوم في المحلول الأصلي؟

الجواب:

$4.628 \times 10^{-3}$  مولاري

11-2 0.1 غم من قطعة اذيبت في حامض النتريك. واضيف إلى المحلول الناتج زيادة من كلوريد الصوديوم. هضم راسب كلوريد الفضة المتكون لمدة 15 دقيقة بدرجة حرارة 95م° ورشح وجفف ووزن. وإذا كان وزن الراسب 0.1248 غم احسب النسبة المئوية بالوزن للفضة في تلك القطعة؟  
الجواب: 93.93%

2- 12 اذيب 1.105 غم من انموذج يجتوي على النيكل (Meteorite) بحامض مناسب، ثم اضيف للمحلول زيادة من الداى مثيل كلايوكسيم. وبعد ترشيح الراسب وتجفيفه تم وزنه وكان 0.5527 غم. احسب نمسبة النيكل في الانموذج الاصلي علما بان معامل تحويل وزن مركب النيكل داى مثيل كلايوكسيم إلى وزن النيكل هو 0.2032.  
الجواب: 10.16%