التركيب الكيميائي للراسب والحسابات في التحليل الكمي الوزني:

في التحليل الكمي الوزني لا يكون الوزن النهائي للمادة أو العنصر المبحوث عنه مباشرة وانما لمادة تحتويه.

مثال:

عند ترسيب الباريوم (Ba) من محلول كلوريد الباريوم $BaCl_2$ فان الوزن النهائي لا يكون لـBa وانما لمادة تحتويه هي راسب كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وذلك بعد الحرق. وكذلك هو الحال بالنسبة لـCa, Cl 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:

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

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

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 اخر و.ص للمجهول إلى وزن صيغة المعلوم وهذه الكمية ثابتة لا تعتمد على وزن النموذج الاصلي وتسمى بالمعامل الوزني ويرمز لها (F).

وبذلك يصبح القانون بالشكل الاتي:

وزن المادة المجهولة = وزن المادة المعلومة × المعامل الوزني

أو :

$$\mathbf{F \cdot a = X}$$

حيث ان:

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

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.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

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

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

∴ وزن الكلوريد = 0.03492 غم

مثال 2:

رسبت ايونات المغيسيوم على شكل $MgNH_4PO_4$ ثم عومل الراسب واحرق ووزن على شكل $Mg_2P_2O_7$ والذي كان وزنه 0.3545 احسب كمية المغنيسيوم.

وزن المادة المبحوث عنها = وزن الراسب × المعامل الوزني

$$F \times a = x$$

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

$$= 0.3545 \times \frac{2 \text{ (وزن صيغة المغنيسيوم)}}{1 \text{ (وزن صيغة الراسب)}}$$

$Mg_2p_2O_7$

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

$$= 0.0774 \text{ غم}$$

مثال 3:

اذيبت كمية مجهولة من $MgSO_4.7H_2O$ ورسبت على شكل $MgNH_4PO_4$ ثم عومل الراسب وحرق ووزن على شكل $Mg_2P_2O_7$ الذي كان وزنه 0.3515غم. احسب وزن كبريتات المغنيسيوم المائية.

الحل:

وزن كبريتات المغنيسيوم المائية = وزن الراسب × المعامل الوزني

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

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

$$= 0.7784 \text{ غم}$$

مثال 4:

كم هو وزن راسب يوديد الفضة AgI الذي يمكن الحصول عليه من 0.073 غم يوديد المغنسيوم MgI_2؟

X = a × المعامل الوزني

$$\text{وزن AgI} = \text{وزن } MgI_2 \times \frac{2 \times \text{(وزن الصيغة AgI)}}{\text{وزن صيغة } MgI_2}$$

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

$$\frac{469.54}{277.76} \times 0.073 =$$

$$= 1.6910 \times 0.073$$

$$= 0.1234 \text{ غم}$$

امثلة وتمارين لحسابات التحليل الوزني:

مثال 2–1:

ما هي العوامل الوزنية التي تستعمل لتحويل الحديد Fe إلى:

أ. Fe_2O_3 ب. Fe_3O_4 ج. FeS

الحل:

ب. العامل الوزني $= \dfrac{\text{وزن الصيغة } Fe_3O_4}{3 \text{ (وزن الصيغة Fe)}}$

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

أ. العامل الوزني F $= \dfrac{\text{وزن الصيغة } Fe_2O_3}{2 \text{ (وزن الصيغة Fe)}}$

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

$$= 1.4297 = 1.430$$

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

$$= \frac{87.8}{55.8} = 1.57$$

مثال 2-2: احسب المعامل الوزني F لايجاد:

أ. كمية الكبريت من وزن $BaSO_4$.

ب. كمية الفضة من وزن Ag_2S.

ج. كمية الزنك من وزن $Zn_2P_2O_7$

الحل:

أ. المعامل الوزني F = $\frac{\text{وزن الصيغة S}}{\text{وزن الصيغة } BaSO_4}$

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

ب. $S^{=} + 2Ag^{+} \rightarrow Ag_2S$

العامل الوزني F = $\frac{2 \text{ (وزن Ag)}}{\text{وزن الصيغة } A_2S}$

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

ج. F = $\frac{2 \text{ (و. ص Zn)}}{\text{وزن الصيغة } Zn_2P_2O_7}$

$$= \frac{65.4 \times 2}{304.8} = 0.429$$

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:

$$K_3F_2(CN)_6 + 3AgNO_3 \rightarrow Ag_3Fe(CN)_6 + 3KNO_3$$
$$Ag_3(Fe(CN)_6) + 3KCl \rightarrow 3AgCl + K_3Fe(CN)_6$$

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

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

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

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) × a × المعامل الوزني =

$$F \times a = X$$

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

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

$$0.3175 =$$

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

$$100 \times 0.6350 =$$

$$63.50 =$$

أو يحل مباشرة من القانون:

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

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

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

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

$$63.5 =$$

مثال 2– 5:

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

الحل:

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

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

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

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

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

$$= 17.86$$

مثال 2– 6:

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

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

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

$$\therefore \text{وزن } MgI_2 = 0.07344$$

$$\text{وزن AgI } X = a \times F$$

$$\text{وزن } MgI_2 = \frac{2 \text{ (و.ص. AgI)}}{\text{(و.ص } MgI_2\text{)}} \times$$

$$= 0.07344 \times \frac{2\ (127 + 108)}{(254 + 24)}$$

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

$$= 0.124$$

حل سؤال باستخدام العلاقة:

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

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

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

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

$$= 0.124$$

<u>مثال 2-8:</u>

25 مل من حامض HCl عوملت مع كمية زائدة من $AgNO_3$، حيث تكون راسب AgCl وزنه 0.393 غم، جد وزن كلوريد الهيدروجين النقي، الموجود في ذلك الحجم المذكور من الحامض.

الحل:

$$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl$$

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

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

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

$$= 0.2544 \times 0.393$$

$$= 0.0999 = 0.1 \text{ غم.}$$

مثال 2-9:

0.179 غم انموذج من مركب عضوي تم حرقه في كمية كافية من الاوكسجين، ثم تم تجميع ثاني اوكسيد الكاربون الناتج عن الحرق في محلول يحتوي على هيدروكسيد الباريوم. احسب النسبة المئوية للكاربون 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 الكاربون الذي انتج راسب كاربونات الباريوم عند جمعه أو امتصاصه في محلول هيدروكسيد الباريوم.

$$Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$$

$$F \cdot a = X$$

وزن الكاربون = وزن $BaCO_3$ × المعامل الوزني

$$\text{وزن } BaCO_3 = \frac{\text{و. ص C}}{\text{و. ص } BaCO_3} \times$$

$$\therefore \text{وزن الكاربون} = 0.561 \quad \frac{12}{204}$$

= 0.033 غم

$$\text{النسبة المئوية للكاربون في الانموذج} = \frac{\text{وزن الكاربون}}{\text{وزن الانموذج}} \times 100$$

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

مثال 2– 10:

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

الحل:

يجب اولا ايجاد وزن كاربونات المغيسيوم $MgCO_3$ في الانموذج، حيث ان:

$$\text{نسبة } MgCO_3 \text{ في الانموذج} = \frac{\text{وزن } MgCO_3}{\text{وزن الانموذج}} \times 100$$

$$44 = \frac{\text{وزن } MgCO_3}{1.200} \times 100$$

$$\text{وزن } MgCO_3 = \frac{44 \times 1.200}{100} = 0.528 \text{غم}$$

وزن CO_2 المتحرر = وزن $MgCO_3$ × المعامل الوزني

$$= 0.528 \times \frac{\text{و. ص } CO_2}{\text{و.ص } MgCO_3}$$

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

= 0.276 غم

مثال 2– 11:

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

الحل:

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{بالحرق}} CaO + CO_2$$

وزن CO_2 المتحرر = وزن الانموذج قبل الحرق – وزن الانموذج بعد الحرق

= 1.0 – 0.560 = 0.440 غم

ان ثاني اوكسيد الكاربون هذا ناتج عن تفكك $CaCO_3$ في الانموذج بعد الحرق، حيث

$CaCO_3$	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 $CO_2 \times F$

$$\text{وزن } CO_2 \times \frac{\text{و.ص } CaCO_3}{\text{و.ص } CO_2} = 0.440 \times \frac{100}{44}$$

= 1.00 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 $BiCl_3$ من وزن Bi_2O_3

ب. كمية KNO_3 من وزن K_2PtCl_6

جـ. كمية لمغنيسيوم من وزن $Mg_2P_2O_7$

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 (0.010غم) 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: 35.457 و880 .107 على التوالي. فما هو الوزن الذري للصوديوم

2-6 احسب الحجم الادنى لنترات الفضة ذات مولارية= 0.08 اللازم لترسيب ايونات 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 $Cu(IO_3)_2$ الذي يمكن الحصول عليه من 0.4 غم $CuSO_4.5H_2O$

2-8 انموذج من البايرايت FeS_2 تمت معاملته لتحويل ما يحويه من الكبريت إلى كبريتات. فاذا كان وزن الانموذج الاعلى هو 0.662 غم وانتج ما وزنه 1.626غم من كبريتات البايوم احسب النسبة المئوية للكبريت في الانموذج ثم احسب النسبة المئوية للكبريت معبرا عنها على شكل FeS_2

الجواب:

S % 33.75

FeS_2 % 63.12

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

الجواب: 1.194×10^{-2} مولاري

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

الجواب:

4.628×10^{-3} مولارى

2−11 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 95مْ ورشح وجفف ووزن. واذا 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 الداي مثيل كلايوكسيم. وبعد ترشيح الراسب وتجفيفه تم وزنه وكان 0.5527 غم. احسب نسبة النيكل في الانموذج الاصلي علما بان معامل تحويل وزن مركب النيكل داي مثيل كلايوكسيم إلى وزن النيكل هو 0.2032.

الجواب: 10.16%