

الباب الثامن

التحليل الوزني

الباب الثامن

" التحليل الوزني "

Gravimetric Analysis

إن التحليل الوزني يعتمد علي قياس وزن المادة المعلومة التركيب التي يمكن ربطها كيميائياً بالمادة المحللة . وهناك نوعان من الطرق المستخدمة في التحليل الوزني ففي طرق الترسيب تتفاعل المادة المراد تحليلها كيميائياً مع الكاشف الكيميائي لإعطاء ناتج ذي قابلية نوبان محدودة إذ بعد إجراء الترشيح والعمليات الأخرى الملائمة يوزن الراسب الصلب ذو التركيب الكيميائي المعروف .

أما في طرق التطاير فإنها تعتمد علي فصل المادة المراد تعيينها علي هيئة غاز عن بقية مكونات النموذج ، وهنا يعتمد التحليل علي وزن المادة المتطايرة أو علي وزن المادة المتبقية وسوف نتعامل مع طرق الترسيب لأنها أكثر شيوعاً واستعمالاً من الطرق التي تتضمن التطاير .

وتتطلب عملية التحليل الوزني قياسي عمليين رئيسيين ، وخاصة وزن النموذج المأخوذ ووزن الناتج ذي التركيب المعلوم والمشتق من النموذج . وعادة فإن هذه البيانات تحول النسبة المئوية للمادة المحللة بواسطة عملية حسابات بسيطة فإذا كانت **A** هي المادة المحللة فيمكن كتابة :

$$100 \times \frac{\text{وزن } A}{\text{وزن النموذج}} = \% A$$

وفي أغلب الأحيان لا يمكن إيجاد وزن المادة **A** مباشرة . وبدلاً من ذلك فإن المكونات الموزونة التي تم فصلها أما أن تحتوي علي المادة **A** أو يمكن ربطها كيميائياً مع **A** . وفي كلتا الحالتين ، نحتاج الي المعامل الوزني **Gravimetric**

Factor لغرض تحويل وزن الراسب إلى ما يقابله من وزن المادة . إن خصائص هذا المعامل يمكن توضيحها كما يأتي :

$$\text{المعامل الوزني} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للمادة المراد تقديرها}}{\text{الوزن الجزيئي للمادة الموزونة}}$$

ومن الأسس المهمة التي يجب إتباعها لإيجاد المعامل الوزني :

1- إن المعامل الوزني يجب أن يحتوي علي الصيغة الكيميائية للمادة المراد تقديرها في البسط والصيغة الكيميائية للمادة الموزونة في المقام .

2- إذا كان هنالك ذرة مشتركة بين الصيغتين في البسط والمقام فعلياً أن نضرب البسط أو المقام أو كليهما برقم أو رقمين مختلفين بحيث يكون عدد هذه الذرات المشتركة متساوياً في البسط والمقام .

وفي الجدول التالي توضيح لاستخراج المعامل الوزني لبعض المواد .

كما يمكن أن توضح كيفية حساب المعامل الوزني بالأمثلة الآتية :

مثال (1)

ما عدد جرامات Cl الموجودة في راسب AgCl . الذي تزن 0.408 جم ؟

الحل :

وزن الكلوريد = وزن الراسب × المعامل الوزني .

الوزن الذري للكلوريد

المعامل الوزني للكلوريد =

الوزن الجزيئي لـ AgCl

$$0.2474 = \frac{35.5}{143.4} \times$$

جدول يوضح كيفية إيجاد المعامل الوزني لقسم المواد

المعامل الوزني	المادة الموزونة	المادة المراد تقديرها
$\frac{\text{الوزن الذري (Br)}}{\text{الوزن الجزئي لـ AgBr}}$	AgBr	1- البروميد (Br)
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ (SO}_4 \text{)}}{\text{الوزن الجزئي لـ BaSO}_4}$	BaSO ₄	2- الكبريتات (SO ₄)
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ 2Fe}_3\text{O}_4}{\text{الوزن الجزئي لـ 3Fe}_2\text{O}_3}$	Fe ₂ O ₃	3- Fe ₃ O ₄
$\frac{\text{الوزن الذري للحديد } 2 \times}{\text{الوزن الجزئي لـ Fe}_2\text{O}_3}$	Fe ₂ O ₃	4- Fe
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ P}_2\text{O}_5}{\text{الوزن الجزئي لـ Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7}$	Mg ₂ P ₂ O ₇	5- P ₂ O ₅
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ 2MgO}}{\text{الوزن الجزئي لـ Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7}$	Mg ₂ P ₂ O ₇	6- MgO
$\frac{\text{الوزن الذري لليود 2I}}{\text{الوزن الجزئي لـ Hg}_5(\text{IO}_6)_2}$	Hg ₅ (IO ₆) ₂	7- يويد (I)
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ 5 \times HgO}}{\text{الوزن الجزئي لـ Hg}_5(\text{IO}_6)_2}$	Hg ₅ (IO ₆) ₂	8- HgO
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ 2XK}_3\text{PO}_4}{\text{الوزن الجزئي لـ 3XK}_2\text{PtCl}_6}$	K ₂ PtCl ₆	9- فوسفات البوتاسيوم K ₃ PO ₄
$\frac{\text{الوزن الجزئي لـ SO}_3}{\text{الوزن الجزئي لـ BaSO}_4}$	BaSO ₄	10- SO ₃

$$\text{وزن الكلوريد} = 0.408 \times 0.2474$$

$$= 0.110 \text{ جم}$$

مثال (2)

ما وزن كلوريد الألومونيوم الذي يقابل 0.408 جم من كلوريد الفضة ؟

الحل :

من المعروف أن كل AlCl_3 تعطي ثلاثة من AgCl لذلك فإن :

الوزن الجزيئي لكلوريد الألومونيوم

$$\frac{\text{المعامل الوزني لكلوريد الألومونيوم}}{\text{الوزن الجزيئي لكلوريد الفضة} \times 3} =$$

$$0.310 = \frac{133.3}{143.3 \times 3} =$$

وزن كلوريد الألومونيوم = وزن الراسب \times المعامل الوزني

$$= 0.408 \times 0.310$$

$$= 0.1266 \text{ جم}$$

الحسابات في المثالين متشابهة . وفي كلاهما يعطي وزن مادة واحدة بواسطة الناتج الذي يتضمن وزناً معلوماً لمادة أخرى والنسبة التي تحتوي على أوزان الصيغة الوضعية الجرامية . أن هذه النسب هي العامل الوزني . وفي المثال الثاني من الضروري أن يضرب وزن الصيغة الوضعية الجرامية لكلوريد الفضة بـ 3 وذلك لكي يتم موازنة عدد الكلوريد الذي يظهر في البسط والمقام للمعامل الوزني .

مثال (3)

ما وزن Fe_2O_3 الذي يمكن الحصول عليه من 1.63 جم Fe_3O_4 ؟ ما المعامل الوزني لهذا التحول ؟

الحل :

إنه لمن الضروري أن يفترض بأن كل Fe في Fe_3O_4 قد تحول الي Fe_2O_3 وإن كمية الأوكسجين متوفرة لغرض الحصول علي التغيير .



وزن أكسيد الحديدك Fe_2O_3 = وزن الراسب × المعامل الوزني

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي لـ } 3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{الوزن الجزيئي لـ } 2 \times \text{Fe}_3\text{O}_4} = \text{المعامل الوزني}$$

$$0.103 = \frac{159 \times 7 \times 3}{231.5 \times 2}$$

وزن أكسيد الحديدك = 1.63×0.103

= 1.69 جم

وفي جميع المعاملات الوزنية المدروسة فإن التكافؤ الكيميائي بين البسيط والمقام يحدث بموازنة بسيطة لعدد ذرات العنصر (من غير الأوكسجين) الموجودة في كليهما.

صفات الرواسب والكواشف المرسبة في التحليل الوزني :

Properties of Precipitates and reagents for gravimetric analysis :

إن الكاشف المرسب المثالي للتحليل الوزني يتفاعل بصورة انتقائية مع المادة المحللة ليعطي راسباً له خصائص :

- 1- له ذوبانية منخفضة لكي يمكن إهمال الخسارة الناجمة من هذا المصدر .
- 2- تسهيل عملية ترشيحه وغسله لكي يكون خالياً من الملوثات .

قابلية الترشيح ونقاوة الرواسب :

تتأثر عملية الترشيح والتنقية بواسطة حجم الدقائق للطور الصلب . أن العلاقة بين حجم الدقائق وسهولة الترشيح هي علاقة خطية **straight for ward** وإن الرواسب الكبيرة أو العريضة تسترجع من خلال الوسائط المسامية والتي تعطي ترشياً سريعاً . أما الرواسب الدقيقة فإنها تحتاج الي ترشيح مكثف وتسبب بطء في سرعة الترشيح . إن تأثير حجم الدقائق علي نقاوة الراسب هو أكثر تعقيداً وفي الغالب قلة إذابة الملوثات وجد بأنها تزيد من حجم الدقائق .

العوامل التي تحدد حجم دقائق الراسب :

- إنه من المؤكد علي أية حال من أن حجم دقائق الراسب المتكون تتأثر بعدد من المتغيرات العملية . وهي كما يلي :
- 1- الحرارة .
 - 2- ذوبانية الراسب في الوسط الذي يكون فيه .
 - 3- تراكيز المتفاعلات .
 - 4- معدل سرعة خلط الكواشف

أن تأثير هذه المتغيرات يمكن أن تؤخذ بنظر الاعتبار علي الأقل نوعياً وذلك بغرض أن حجم الدقائق يمكن أن تتصل بصفة منفردة للنظام تدعي بحالة فوق الإشباع

النسبي **relative super saturation**

$$\text{relative super saturation} \quad (\text{فوق الإشباع النسبي}) = \frac{Q-S}{S}$$

حيث أن Q هي تركيز المذاب و S الإذابة عند حالة الاتزان خلال تكوين الراسب الشحيح النوبان ، فإن أية زيادة من الكاشف المرسب يمكن أن تجعل المحلول ، في أية لحظة ، في حالة فوق الإشباع أي أن $Q > S$ وتحت معظم الظروف فإن هذه الحالة الثابتة سوف تزول عادة بعد مدة قصيرة وذلك بتكوين الراسب ، وعلى أية حال فإن الظواهر العملية تقترح بأن حجم دقائق الراسب تتناسب عكسياً مع معدل درجة حالة فوق الإشباع النسبي الموجودة بعد أي زيادة للكاشف ، ومتى ما كان $Q - S / S$ كبيراً فإن الراسب يميل أن يكون غروبياً ومتى ما كان هذا الوسيط **Parameter** صغيراً فإن الراسب الناتج سوف يكون بلورياً .

Mechanism of Precipitate Formation : ميكانيكية تكوين راسب

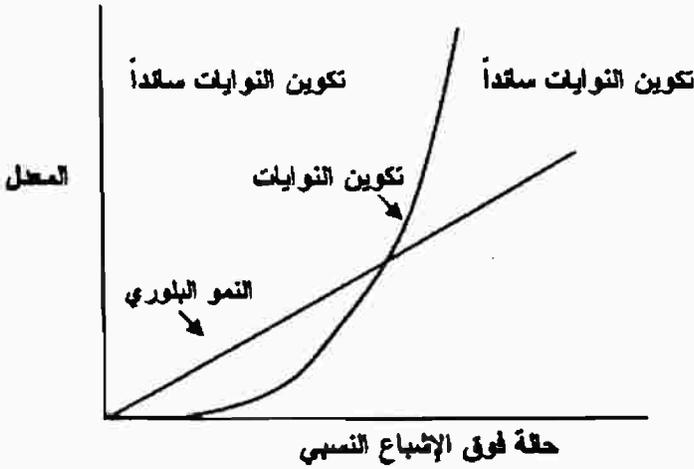
إن معدل تكوين النوية يعتقد بأنه يزداد أسياً مع حالة فوق الإشباع النسبي في حين أن معدل نمو الدقائق يظهر تقريباً علاقة خطية لهذا الإحداثي أي أن معدل تكوين النواة .

$$\text{Rate of Nucleation} \quad (\text{سرعة تكوين النواة}) = K_1 \left(\frac{Q-S}{S} \right)^n$$

إذ إن يعتقد أن n تساوي 4 معدل تكوين النواة

$$\text{Rate of Growth} \quad (\text{معدل النمو}) = K_2 \left(\frac{Q-S}{S} \right) .$$

تكون عادة K_2 أكبر من K_1 وعليه فعندما تكون حالة فوق الإشباع النسبي قليلة يكون النمو هو السائد وعندما تكون حالة فوق الإشباع كبيرة فإن طبيعة الدالة الحامضية ربما تجعل هذه العملية تظهر بالقرب من إخراج نمو الدقائق . ويمكن أن توضح التأثيرات في الشكل التالي :



السيطرة العملية علي حجم الدقائق :

إن حجم دقائق الرواسب التي تعتمد في نوبانيتها علي الدالة الحامضية يمكن أن تزداد بزيادة من خلال عملية الترسيب . وتتضمن المتغيرات العملية التي تقلل فوق الإشعاع والتي تؤدي إلي راسب بلوري ، أن ارتفاع درجة الحرارة لزيادة S والمحاليل المخففة لتقليل Q ، والزيادة البطيئة لكاشف المرسب مع الرج الجيد كذلك لتقليل قيمة Q . مثال ذلك يمكن الحصول علي دقائق كبيرة الحجم سهلة الترشيح من أوكزالات الكالسيوم في وسط حامضي يكون فيه الملح معتدل النوبان . يمكن اكتمال الترسيب بالإضافة البطيئة لمحلول الأمونيا حتى تصبح الدالة الحامضية عالية وذلك لغرض التحليل الكمي لأوكزالات الكالسيوم ، حيث أن الراسب المتكون خلال هذه الخطوة يضاف إلي المادة الصلبة . ولقد وجد أن المادة الصلبة البلورية هي أسهل تعاملًا من العالق الغروي لهذا السبب يفضل عادة نمو الدقائق علي تكوين نويات أخرى في أثناء عملية الترسيب .

الرواسب الغروية :

إن الدقائق الغروية الانفرادية تكون صغيرة إذ أنها لا تلتصق علي الوسط المرشح الاعتيادي ، والأبعد من ذلك فإن الحركة البراونية **Brownian Motion**

تمنع مثل هذه الدقائق من الاستقرار تحت تأثير الجاذبية . وعلى أية حال فإن الدقائق الانفرادية لمعظم الغرويات يمكن أن تتخثر **Coagulate** أو تتجمع لتعطي **agglomerate** كتلاً غير بلورية سهلة الترشيح وتسنقر بسرعة في القعر .

تخثر الغرويات :

هناك ثلاثة قياسات تجريبية تسرع من عملية التخثر وهي :

1- التسخين

2- التحريك

3- زيادة الكتروليت الي الوسط .

ولتفهم تأثيرات هذه القياسات نحتاج إلي نوضح ثبات العالق الغروي . إن الدقائق الانفرادية في الغرويات النمونجية تحمل أما شحنة موجبة أو سالبة بوصفها نتيجة إدمصاص الأيونات الموجبة أو الأيونات السالبة علي سطوحها . أن وجود هذه الشحنات أثبت تجريبياً وذلك من ملاحظة انتقال الدقائق تحت تأثير المجال الكهربائي . إن عملية التخثر غالباً ما تحدث وذلك بالتسخين لمدة قصيرة من الوقت ، خاصة عندما ترافقها عملية الرج . وإن زيادة درجة الحرارة من الإدمصاص والشحنة الكلية علي الدقائق ، فضلاً عن ذلك فإن الدقائق سوف تكتسب طاقة حركية كامنة للتغلب علي الحاجز لكي يقترب بعضها من بعض . وتوجد طرق كثيرة وفعالة لعملية التخثر وذلك زيادة تركيز الإلكتروليت للمحلول عن طريق زيادة مركب أيوني . وتحت هذه الظروف ، فإن حجم المحلول الذي يحتوي علي أيونات كافية ذات شحنة معاكسة لكي تعادل الشحنة علي الدقائق تصبح قليلة . هذا وإن إدخال الكتروليت له تأثير علي تقلص طبقة الأيونات المقابلة التي تؤدي إلي تكون الشحنة السطحية للدقائق أكثر تعادلاً . وينقصان الشحنة المؤثرة للدقائق سوف تقترب أكثر الواحدة من الأخرى .

تعمير الرواسب : Aging of Pecipitates

إن تعمير الراسب يحدث في أثناء عملية يطلق عليها الهضم **digestion** إذ تتضمن عملية الهضم إبقاء الراسب بتماس مع السائل الأصلي عند درجة حرارة عالية

لزم من معين وربما يتغير من بضع دقائق إلى ساعات عديدة . ولقد تبين عن عملية التعمير حدوث أنواع عديدة من التغيرات في معظم الرواسب في أثناء عملية الهضم وتكون الجسيمات الأولية المترسبة حديثاً غير نقية نسبياً وغالباً ما تكون صغيرة جداً كما أنها تكون إما غروية أو غير منتظمة الشكل كما أن اتساع المساحة السطحية وعدم انتظام أشكال هذه الجسيمات يؤدي إلى التصاق الشوائب بين طياتها ويعمل التعمير علي :

أولاً : ترتيب الأيونات في البلورات ليس علي السطوح حسب بل في الداخل أيضاً .
ثانياً : نمو البلورات الأولية وذلك عن طريق تكثيف الأيونات علي السطوح واندماج البلورات الصغيرة معاً .

ثالثاً : نوبان الزوايا الحادة لتكوين أيونات في المحلول يجعلها تترسب مرة ثانية بأشكال مجوفة وفراغية تجعل سطوح البلورات ملمساء وشكلها متكاملأ .

ويجب أن نذكر هنا عدداً من الحقائق ومنها : أن بلورات الغروية التي تكون تراكمات مثل $AgCl$ وأكسيد الحديدك المائي تستفيد من عملية التعمير لكنها لا تنمو مطلقاً إلي حجوم أكبر من حجوم البلورات الغروية أما جسيمات الأنواع الأخرى من الرواسب فتمر في أثناء الحالة الغروية خلال نموها وتكون معرضة ظاهرياً إلي العمليات نفسها في التراكمات الغروية وتستمر بالنمو لإعطاء بلورات كبيرة وسهلة الترشيح .

السيطرة علي حجم البلورة : Control of Crystal Size

من المعروف أن الراسب الأقل نوباناً يكون عامة بشكل بلورات صغيرة الحجم خلال عملية الترسيب العادية في حين يكون من المحبذ زيادة حجم البلورة إلي أكثر ما يمكن خلال مدة التحليل علي هذا الأساس ومن أجل زيادة البلورة يمكن إجراء العمليات المختبرية الآتية :

1- الترسيب في محاليل ساخنة :

تكون قابلية نوبان معظم الأملاح في المحاليل الساخنة أكثر من قابلية نوبانها في المحاليل الباردة مما يجعل الراسب أكثر نوباناً . وتميل البلورات عند التبريد إلي النمو

عن طريق تكثيف الأيونات علي سطوحها وكذلك عن طريقة اندماج البلورات الصغيرة معاً إلي كتل كبيرة ويعمل ذلك علي جعل المواد التي يمكن أن تلوث البلورات أكثر ذوباناً ولهذا يكون لهذه المواد ميل قليل إلي تلوث الراسب .

2- ضبط الأس الهيدروجيني pH للمحلول :

إن عملية الترسيب تبدأ عادة بأقل pH ممكنة بحيث يجعل معظم الرواسب والملوثات الممكنة أكثر ذوباناً ، فضلاً عن ذلك إذا كان الراسب كثير الذوبان بسبب انخفاض قيمة pH المحلول يمكن رفع pH المحلول ببطء ، والسماح لجسيمات الراسب بالنمو ببطء إذ أن النمو البطيء للبلورات يسمح لهذه البلورات بالوصول إلي أكبر حجم .

3- زيادة العامل المرسب ببطء مع التحريك :

يعمل علي تقليل عدد جسيمات الراسب الأولية إلي أقل ما يمكن بحيث أن عدد البلورات الأولية كلما كان قليلاً لزيادة العامل المرسب بإدخاله أي المحلول ببطء وبصورة متجانسة .

تبعثر الغرويات : Peptization of Colloids

هي العملية التي تتكسر فيها الجسيمات الكبيرة التي تكون سهلة الترشيح إلي جسيمات صغيرة غروية صعبة الترشيح ، وتحدث هذه العملية عادة في الرواسب الغروية عند استخدام ظروف معاكسة لعملية تخثر الراسب أو عند غسل الراسب بماء أو محلول الكتروليتي غير مناسب . إن الغسل ليس عملية فعالة علي وجه الخصوص لإزالة التلوثات الممدصة ولكنها علي أية حال تزيل الإلكتروليت المسئول عن التخثر من داخل السائل الذي يكون بتماس مع المادة الصلبة . فعندما يزال الإلكتروليت فإن طبقة الأيونات المقابلة سوف تزداد ثانية في الحجم . وإن قوي التناثر المسنولة عن تكون الحالة الغروية سوف تستعاد وأن الدقائق سوف تكسر الرابطة بين الدقائق من الكتلة المتخثرة . إن ماء الغسيل سوف يصبح متعكراً نتيجة نزول قسم من الدقائق الصغيرة الغروية من خلال ورقة الترشيح .

الترسيب من محلول متجانس :

Precipitation from homogeneous solution

إن العامل المرسب ، في الترسيب من محلول متجانس يتولد كيميائياً بالمحلول بمعدل بطيء بحيث تكون حالة فوق الإشباع النسبي دائماً منخفضة ولا تظهر أية زيادة موضعية للكاشف بسبب أن العامل المرسب يظهر متجانساً في داخل المحلول . وعموماً فإن الرواسب الغروية والبلورية المتكونة من محلول متجانس هي أفضل للتحليل من الرواسب المتكونة من الزيادة المباشرة للكاشف .

غالباً ما تستخدم اليوريا لتوليد محلول متجانس لأيون الهيدروكسيد . ويمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الآتية :



ومن أهم مزايا الترسيب المتجانس :-

أولاً : تنمو بلورات الراسب في هذه الطريقة نمواً بطيئاً مكونة بلورات كبيرة الحجم منتظمة الشكل ولها مواصفات مثالية عند موازنتها ببلورات الراسب المتكونة بالطرق العادية .

ثانياً : تكون البلورات الكبيرة واللامثالية بهذه الطريقة سهلة الترشيح والغسل وتجفف عادة بسهولة إعطاء وزن ثابت .

ثالثاً : يكون الراسب المتكون بالطرق المتجانسة خالياً من المواد الملوثة ويمكن حرق الراسب غالباً إلي وزن ثابت عند درجات حرارية أقل مما يحتاجه الراسب المحضر بالطرق الاعتيادية .

طرق التحليل الوزني : Gravimetric Methods

يمكن تقسيم طرق التحليل الوزني المتعددة علي ثلاث مجاميع من الطرق :

1- طرق الانحلال والتطاير

2- طرق العزل

3- طرق الترسيب الوزني

أولاً : طرق الانحلال والتطاير : Volatilization Methods

أ - انحلال مواد صلبة في درجات حرارة عالية :

وجد أن انحلال مادة صلبة بالحرارة لتعطي مادة صلبة أخرى معلومة الصيغة الكيميائية يمكن وزنها بسهولة ، فمثلاً يكون انحلال كاربونات الكالسيوم CaCO_3 و كاربونات المغنسيوم MgCO_3 بتسخينها في درجات الحرارة العالية الي أكاسيدها CaO و MgO محررة غاز ثاني أكسيد الكربون المتطاير . إذ يمكن إجراء التعيين المباشر بوزن المادة المتبقية بعد الإزالة التامة لثاني أكسيد الكربون . ويبين الجدول التالي انحلال عدد من المركبات غير العضوية الصلبة في الدرجات الحرارية القابلة لها وما من شك في أن هناك تطبيقات عملية تقنية لهذه الطريقة .

ب - امتصاص النواتج الغازية :

تمتص الغازات الناتجة من تحلل مادة كيميائية بمادة امتصاصية نوعية ومن وزنها بميزان حساس . ومن الأمثلة علي ذلك تحليل خليط من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون حيث يمرر الخليط أولاً في أنبوب جاف موزون يحتوي علي بركولات الماغنسيوم غير المائية غير المائية ليمتص الماء وثانياً في أنبوب موزون آخر ألياف مشبعة بهيدروكسيد الصوديوم الذي يمتص غاز أكسيد الكربون . ويمكن امتصاص الماء بالمواد الممتصة له مثل P_2O_5 ، CaCl_2 ، H_2SO_4 وغيرها مما يستعمل بكثرة لامتصاص الماء في الحالات التي يكون فيها الماء أحد نواتج تفاعل تأكسد المركبات العضوية المحتوية في تركيبها علي الهيدروجين بواسطة الأوكسجين .

التبريد . ولغرض تعيين النحاس يؤخذ الراشح المتبقي ويمرر فيه تيار كهربائي ثابت في ظروف معينة فيترسب فلز النحاس كميّاً علي كاثود موزون متعادل . ومن الفرق في الوزن قبل التحليل وبعده نحصل علي وزن النحاس ، وتسمى هذه الطريقة بطريقة التحلل الوزني الكهربائي .

ثالثاً : طرق الترسيب الوزني : Gravimetric Precipitation Methods

تتضمن طرق التحليل الوزني عملية الوزن مرتين :

الأولى : قبل العمليات التحليلية حيث توزن كمية معينة من النموذج المراد تحليله والثانية : تكون بعد انتهاء عملية الفصل بالترسيب وعمليات الترشيح والغسل والتجفيف والحرق والتحميص والحصول علي المادة بصورة نقية وبصيغة كيميائية معلومة . وفي كل عملية تعيين وزني بالترسيب يتكون الراسب بمزج محاليل مادتين كيميائيتين أو أكثر ويجب أن تكون طبيعة التفاعلات التي تجري خلال عملية المزج لتكوين راسب معروفة ، كما يجب أن تكون طبيعة العلاقة والتأثيرات المتبادلة بين الراسب والمحلوسل الذي انفصل عنه واضحة ، وأن يكون الترسيب كميّاً وغير ملوث بمادة أخرى .

ويطلب التحليل الوزني الترسيبي سلسلة كاملة من العمليات الكيميائية لغرض الحصول علي الراسب كميّاً وبنقاوة عالية جداً . وهذا يتطلب نقل الراسب نقلاً تاماً إلي ورقة ترشيح خاصة ومن ثم غسله من الشوائب بمحاليل غسل خاصة لا تترك أثراً . وأخيراً يجب أن يجفف تحت ظروف لا يحدث فيها تفكك أو تأكسد . ويجمع الراسب عادة في ورقة ترشيح علي قمع مخروطي الشكل . ويجري نقل الراسب كميّاً علي السطح المرشح بمساعدة قنينة الغسيل . وعند جمع الراسب وغسله علي ورقة ترشيح عديمة الوزن (الرماد) **Ashless filter paper** فإن مخروط الورقة يجب أن ينقل إلي بودقة نظيفة جافة ذات وزن ثابت معلوم . ثم يسخن الراسب في البودقة تسخيناً تدريجياً إلي درجة 800 ° م . وبهذه الطريقة يصبح الراسب جافاً تماماً وتحترق ورقة الترشيح . وإذا ما جمع الراسب في بودقة ترشيح موزونة فإن الترشيح يمكن

تسريعه باستعمال مضخة ماصة بلطف ، ثم تجفف بدرجة حرارة 110 °م أو في مجفف مفرغ vacuum desicator

الصفات التي يجب توافرها في الرواسب المستعملة في التحليل الوزني :

Properties of Precipitates used in Gravimetric Analysis :

هناك صفات أساسية وأخرى مرغوب فيها يجب توافرها في الراسب الملائم للتحليل الوزني . والصفات الأساسية تشمل ما يأتي :

1- التركيب الكيميائي : من الضروري اختيار الرواسب المعروف تركيبها الكيميائي.

2- الذوبانية : يجب أن يكون الراسب قليل الذوبان جداً .

3- التكوين البلوري : يجب أن تكون بلورات الراسب كبيرة لدرجة يمكن ترسيحها بورقة الترشيح .

4- النقاوة : يجب أن يكون الراسب خالياً تماماً من الشوائب .

5- الثبات : يجب أن يكون الراسب ثابتاً عند درجات حرارة التجفيف .

القواعد الأساسية لترسيب وترشيح الرواسب :

Rules of Precipitating and filtration of Precipitates Principle :

1- يجب أن يجري الترسيب من محلول مخفف تحدد درجة تخفيفه بذوبانية الراسب وبالذقة المطلوبة في طرقها تحليلية خاصة .

2- يجب أن يضاف عامل الترسيب ببطء إلى ساخن يحرك بقضيب زجاجي لدرجة كافية وبثبات . أن أفضل أشكال الترسيب هو الذي يتم من محلول متجانس يتولد فيه العامل المرسب ببطء وينتشر عبر المحلول انتشاراً منتظماً .

3- ترسيب المواد التي تكون بسهولة معلقة غروية بإضافة الإلكتروليتات مثل أملاح الألومونيوم أو مواد أخرى كالجيلاتين للتأكد من حدوث تخثر الرواسب .

4- يجب أن يهضم الراسب - ترك الراسب لمدة يهدوء مع المحلول الذي رسب منه تحت ظروف حرارية معينة . ولمدة من الزمن ويفضل أن يجري ذلك في محلول حار يحرك بين آن وآخر ما لم تتوقع حدوث ترسيب لاحق **Post precipitation** لمواد أخرى سائبة وفي هذه الحالة يجب أن يرشح الراسب حالاً في أثناء مدة لا يحدث فيها مثل هذا الترسيب اللاحق .

5- يجب أن يغسل الراسب حالاً بعد الترشيح بكميات قليلة من محلول غسيل يحتوي علي تراكيز ملائمة من مادة الكتروليتية متطايرة مثل حامض الهيدروكلوريك أو كلوريد الألومونيوم أو نترات الألومونيوم وذلك للمواد ذات الطبيعة الغروية أو غسل .

المرسبات : **Precipitating**

1- المرسبات غير العضوية : **Inorganic Precipitating Agents**

إن معظم المرسبات غير العضوية المستعملة في التحليل الوزني الكمي وفصل الأيونات . أما أن تكون أملاحاً لحوامض ضعيفة مثل الكربونات ، والكبريتيدات ، والكرومات ، والكبريتات أو هيدروكسيدات الفلزات وغيرها . وهذا النوع من المرسبات علي الأغلب غير متخصص **non specific** إذ انه غالباً ما يرسب في آن واحد عدداً من أيونات الفلزات مما يسبب التداخل **Interference** عند تحليل أحدها باستعمال ذلك المرسب .

ولقد وجد أن أهم المرسبات غير العضوية محلول الأمونيا الذي يستعمل لترسيب الحديد والألومونيوم والكروميوم وغيرها مثل كبريتيد الهيدروجين لترسيب أيونات النحاس والزنك والزرنيخ والأنتيمون والقصدير والكاديوم والجرمانيوم . وكبريتيد الأمونيوم لترسيب أيونات الزئبق والكوبلت ، وأوكزالات الأمونيوم لترسيب الكالسيوم .

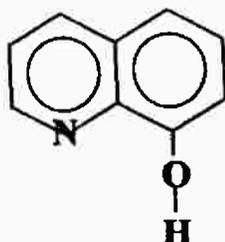
2- المرسبات العضوية : Organic Precipitating Agents

وجد كثيراً من مركبات تحتوي علي كربون مفيدة في ترسيب الأيونات غير العضوية ، وأن معظم الكواشف الترسيبية العضوية هي نوعاً ما مركبات معقدة . حيث كثيراً من هذه الكواشف تشكل مع الأيونات غير العضوية مركبات غير أيونية **nonionic** تكون ذائبة في المذيبات العضوية ولهذا فإن هذه العوامل يمكن استعمالها لفصل الأيونات عن بعضها بطرق الاستخلاص بالمذيب **solvent extraction methods** واستعمال طرق التحليل الطيفية **spectrophotometric methods** .

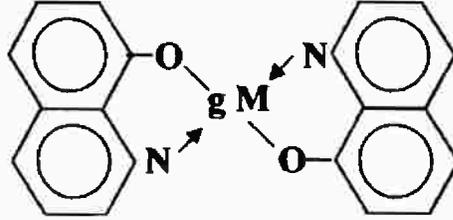
عوامل تكوين المعقدات : Complex forming agents

تعد عوامل تكوين المعقدات مواد لها القدرة علي تكوين مركبات تناسقية غير ذائبة **insoluble coordination compounds** مع الأيونات ولا سيما الأيونات الفلزية . وتمتلك هذه الكواشف مجموعتين عاملتين **two functional groups** علي الأقل وكمثال تكون مجموعة حامضية عند أحدي النقاط في الجزيئة ونرة أو مجموعة قاعدية عند نقطة أخرى في الجزيئة ومجموعة كافية من الذرات بين هاتين النقطتين لتكوين حلقة مؤلفة من خمسة أو ستة أعضاء (ذرات) بضمنها نرة الفلز عضواً في هذه الحلقة . ولهذا يمكن أن تشكل جزيئات المواد العضوية نوعين من الروابط مع أيون الفلز رابطة أيونية **ionic bond** وأخري تساهمية تناسقية **coordinate covalent bond** ويسمي المركب الناتج مركباً مخلبياً **Chelate compound** ومن أهم المرسبات العضوية التي تستعمل بكثرة :

أولاً - 8-هيدروكسي كوينولين : 8-Hydroxy quinoline



إن هذا الكاشف يتفاعل مع ما يقارب 24 أيوناً موجباً لتكوين مركبات تناسقية شحيحة الذوبان وتسمى المركبات الناتجة بالأوكزئين ويمكن توضيح تفاعل المغنسيوم مع 8 - هيدروكسي كوينولين كما يأتي :



إن درجة ذوبان أوكزينات الفلزات **metal oxinates** تتغير كثيراً بتغير الأيون الموجب . فضلاً عن أنها تعتمد علي **pH** بسبب مصاحبة تكوين البروتونات لتفاعل المخلبات **Chelate reaction** ، وعلي هذا الأساس يمكن رفع انتقائية 8 - هيدروكسي كوينولين بدرجة معقولة عن طريق السيطرة علي الـ **pH** .

ثانياً - α نيتروزو - β - نفثول : α - Nitroso - β - naphthol

يعد هذا الكاشف أحد الكواشف العضوية الانتقائية ، إذ يتفاعل مع الكوبلت (II) لإعطاء معقد الكوبلت (III) الذي له التركيب CoA_3 ، علماً أن A^- هي القاعدة المرافقة **Conjugate base** للكاشف ، وقد لوحظ أن تكوين الناتج يتضمن كلاً من تأكسد الكوبلت وترسيبه بواسطة الكاشف وينتج عن هذا تلوث الراسب بنواتج الاختزال ولهذا فمن الشائع محلياً حرق المعقد في الأوكسجين لتكوين CoO_4 ويمكن أداء الحرق بطريقة أخرى في جو من الهيدروجين لتكوين العنصر صيغة وزنية .

إن أكثر تطبيقات α نيتروزو - β - نفثول أهمية استعماله في تقدير الكوبلت بوجود النيكل ، علماً أن هناك أيونات أخرى تكون راسباً مع هذا الكاشف مثل البزموت (III) والكروم (III) والزنبق (II) والقصدير (IV) والتيتانيوم (III) والفناديوم (V) .

ثالثاً - ثنائي مثيل جلاي أوكزيم : Dimethyl glyoxime



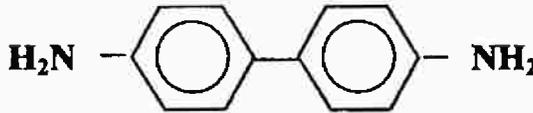
إن المركب التتاسقي الذي يتكون من تفاعل ثنائي مثيل جلاي أوكزيم مع البلاديوم هو المركب الوحيد الذي يكون شحيح الذوبان في المحلول الحامضي ، كما أن مركب النيكل هو الوحيد الذي يترسب في محيط قاعدي ضعيف .

عوامل تكوين الأملاح : Salt forming agents

1- بورن رباعي فنييل الصوديوم :

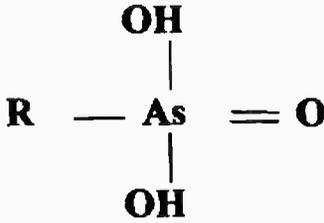


يعد هذا الكاشف مثلاً مهماً علي لكواشف العضوية المرسبة التي تكون رواسب شبيهه الأملاح Salt like precipitate ويعد هذا كاشفاً مرسباً خاصاً لأيونات البوتاسيوم والأمونيوم في محاليل الحوامض المعدنية الباردة إذ تتداخل في هذه الحالة أيونات الزئبق (II) والسيزيوم فقط ولذا يجب إزالتها قبل البدء بالترسيب .



2 - البنزدين : Benzidine

يعد البنزدين من الكواشف المكونة للأملاح . إذ تترسب الكبريتات مع البنزدين في وسط حامضي ضعيف علي شكل C₁₂H₁₂N₂.H₂SO₂ وتزداد درجة ذوبان هذا الراسب بسرعة مع درجة الحرارة وكذلك مع حامضية المحيط ويجب السيطرة علي كل من هذين المتغيرين .



إن R في هذا التركيب تمثل جزءاً عضوياً كالفنيل أو البروبيل . وقد وجد أن عدداً كبيراً من الحوامض الأرسونوية تنتج رواسب شبيهة بالأملاح مع أيونات الفلزات الرباعية كالكصدير والزركونيوم والتيتانيوم (Sn , Zr , Ti) ويتألف الراسب عادة من مولين أثنتين من المرسب ومول واحد من الأيون الرباعي .

مميزات طرق الترسيب باستخدام الكواشف العضوية :

Advantages of methods of precipitation with organic reagents :

1- تكون المرسبات العضوية انتقائية **Selective** أو يمكن جعلها انتقائية عن طريق حجب **masking** المحلول أو تثبيت **pH** المحلول .

2- تكون الرواسب في الغالب غير أيونية في طبيعتها ولا تمتص الشوائب بشدة وإن الترسيب المشارك نتيجة الإنمصاص قلما يسبب أخطاء تجريبية وذلك لإمكانية غسل الرواسب وتنظيفها بسهولة .

3- تجفف الرواسب بسهولة عند درجة حرارة أقل بقليل من 100 °م وهناك بعض الشواذ فمثلاً في حالة راسب أوكزيدات المغنسيوم فإن الراسب يجفف عند درجة حرارة أقل .

4- تعطي الكميات القليلة من الأيون المترسب كميات كبيرة من الراسب . ويؤدي هذا إلى تقليل الأخطاء النسبية التي يمكن أن تحدث في أثناء الوزن والتجفيف ونقل الراسب .

5- تذوب الرواسب المحضرة باستخدام المرسبات العضوية في المذيبات العضوية ولهذا يمكن فصلها عن المحاليل المائية بطريقة الاستخلاص بالمذيب وكذلك عن طريق الترسيب . أما إذا كانت المحاليل المحضرة ملونة فيمكن تقدير كمية المادة المراد تحليلها بسرعة باستخدام الطرق الطيفية .

مساوئ العوامل الترسيبية العضوية :

Disadvantages of organic precipitation agents :

1- تكون الرواسب لزجة دائماً فتلتصق بشدة علي جدران الأوعية الزجاجية بحيث من الصعوبة نقلها من وعاء إلي آخر ، علماً أن استخدام أوعية البولي إيثيلين تقلل أحياناً من هذه المشكلة .

2- لا تكون الكواشف العضوية نقية جداً ، ولا يكون تحضير معظم هذه الكواشف مثالياً كما تكون تنقيتها غير كاملة ، ويمكن أن يسبب هذا تفاعلات جانبية نتائج غير متوقعة أحياناً . وغالباً ما توجد حاجة اختبار تأثير الكاشف وذلك بتحليل نماذج مجهولة المحتويات .

3- إن الكواشف المرسبة العضوية نادراً ما تكون ذائبة في الماء وغالباً ما تكون قليلة الذوبان في محلول الترسيب . إن الزيادة القليلة من الكاشف يمكن أن تسبب تلوثاً للراسب ، ومن الضروري علي أية حال إضافة كمية كافية من الكاشف المرسب ليتفاعل مع الأيون المترسب جميعه .

ملخص الطرق العامة لضمان الحصول علي راسب ذي نقاوة معقولة :

1- إزالة الأيونات الغريبة التي قد تلوث الراسب بالإكتفاء ، قبل إجراء عملية الترسيب

- 2- الترسيب بالزيادة البطيئة مع التحريك المستمر للمحلول المخفف للمادة المرسيبة إلى المحلول الحار المخفف للأيون المتفاعل . إن زيادة المحلولين لبعضهما (الأيون المتفاعل إلى المرسيب أو بالعكس) قد يكون ذا أهمية من ناحية تقليل الترسيب المشترك الامتزازي ولذا يجب استعمال الأسلوب الأكثر فائدة .
- 3- عندما ينبغي زيادة الكتروليت مبلد فإنه يجب الانتباه إلى الاختيار على أساس تجنب حصول تلوث إمتزازي خطير على الراسب من أيونات الإلكتروليت .
- 4- يجب إجراء تخفيف يعقبه إهتضام في درجات حرارة عالية ، بعد عملية الترسيب مباشرة وذلك لزيادة حجم الدقائق بحيث تعطي درجة من النقاوة للرواسب . وهذه النقطة مهمة خاصة للراسب البلوري أما بالنسبة للراسب المتخثر فإنها تكون قليلة الفاعلية في زيادة حجم الدقائق ولها أن تسبب تنظيمياً للدقائق وتنقية لها . أما بالنسبة للرواسب الجلاتينية فيجب أن تطول العملية لتسحح للراسب بالتكتل قبل عملية الترشيح .
- 5- عند توقع حدوث ظاهرة الترسيب اللاحق **Post Precipitation** يجب أن نقيّد طول مدة الإهتضام لتقليل التلوث الناجم عن هذه الظاهرة .
- 6- يجب إجراء عملية إعادة الترسيب لتنقية الرواسب الملوثة بالترسيب المشترك الامتزازي أو بسبب قسم من أنواع الامتزاز والاكتهاء كلما كانت درجة التنقية النسبية تقل بزيادة عدد مرات إعادة الترسيب . علماً أن هذه العملية غير فعالة في إزالة التلوث الناجم من إكتهاء الأيونات الغريبة وتكون البلورات المختلطة .
- 7- إذا اقتضت الضرورة يجب أن يعاد الترسيب وذلك لتنقية الراسب من شوائبه .

" أمثلة محلولة "

مثال (1)

ما عدد جرامات الكلوريد الموجودة في 0.204 جم من راسب كلوريد الفضة .

الحل :

وزن الكلوريد = وزن الراسب × المعامل الوزني .

الوزن الذري لـ Cl

الوزن الجزيئي لـ AgCl

$$= 0.204 \times 0.474$$

$$= 0.505 \text{ جم}$$

مثال (2)

أحرق نموذج يزن 0.704 جم من مسحوق الغسيل التجاري إلى درجة الحرارة الحمراء لتحطيم المواد العضوية وأذيب الراسب المتبقية في حامض الهيدروكلوريك الساخن لتحويل P إلى H_3PO_4 ثم تم ترسيب الفوسفات على شكل $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ بإضافة Mg^{2+} ومحلول الأمونيا وبعد الترشيح والغسل أحرق الراسب عند درجة حرارة 1000 °م وتحول إلى $Mg_2P_2O_7$ وقيس وزن $Mg_2P_2O_7$ فكان 0.432 جم . احسب النسبة المئوية للفسفور في النموذج :

الحل :

$$\text{النسبة المئوية للفسفور (P)} = \frac{\text{وزن } Mg_2P_2O_7 \times \text{المعامل الوزني}}{\text{وزن النموذج}} \times 100$$

$$2 \times \text{الوزن الذري P}$$

$$100 \times \frac{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times \text{الوزن الجزيئي} \times 0.432}{0.704} =$$

$$100 \times \frac{0.2783 \times 0.432}{0.704} =$$

$$= 7.1 \%$$

مثال (3)

نموذج من كلوريد الصوديوم غير النقي أنيب في الماء ورسب الكلوريد بمطوول نترات الفضة معطياً جراماً واحداً من كلوريد الفضة فما وزن الكلور في النموذج ؟

الحل :



وزن الكلور = وزن الراسب (كلوريد الفضة) \times المعامل الوزني

$$= 1.00 \times \frac{\text{Cl}}{\text{AgCl}}$$

$$= 1.00 \times \frac{35.5}{143.3}$$

$$= 0.2474 \text{ جرام}$$

مثال (4)

إن الحديد الموجود في نموذج من كربونات الحديدوز يحتوي علي شوائب متعادلة حول بالإذابة والأكسدة والترسيب والتحميص إلي Fe_2O_3 وزنه 1.00 جم . ما وزن الحديد الموجود علي شكل $FeCO_3$ أو علي شكل Fe أو FeO في النموذج .

الحل :

لما كان مولين من $FeCO_3$ (231.72) جم تعطي مولاً واحداً من Fe_2O_3 (159.7) جم فإن 1.00 جم من Fe_2O_3 نحصل عليها من

$$1.00 \times \frac{FeCO_3 \times O}{Fe_2 O_3}$$

$$FeCO_3 \quad g \quad 1.451 \quad - \quad 1.00 \times \frac{231.7}{159.7} =$$

$$1.00 \times \frac{Fe \times 2}{Fe_2 O_3}$$

$$Fe \quad g \quad 0.6994 \quad - \quad 1.00 \times \frac{55.8 \times 2}{159.7} =$$

$$1.00 \times \frac{FeO \times 2}{Fe_2 O_3}$$

$$FeO \quad g \quad 0.8998 \quad - \quad 1.00 \times \frac{71.8 \times 2}{159.7} =$$

مثال (5)

ما النسبة المئوية للكبريت (S) في عينة من الفحم وزنها 2.0 جم ، أعطت راسباً من كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وزنه 0.0840 جم . استعمل في حساباتك المعامل الوزني .

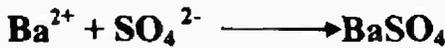
الحل :

يتأكسد الكبريت إلى الكبريتات كما يأتي :



ترسب كبريتات الباريوم بإضافة أيون الباريوم Ba^{2+}

(كلوريد الباريوم $BaCl_2$)



$$\frac{S}{BaSO_4} = \frac{32.0}{233.4} = 0.1374$$

وحيث أن :

وزن الكبريت في العينة = المعامل الوزني \times وزن كبريتات الباريوم المترسبة .

$$0.0840 \times 0.1374 =$$

$$0.0011541 =$$

$$100 \times \frac{\text{وزن الكبريت}}{\text{وزن العينة}} = \% S \text{ إذن}$$

$$100 \times \frac{0.0840 \times 0.1374}{2} =$$

$$= 0.577 \%$$

مثال (6)

ما النسبة المئوية للحديد في أحد خاماته الحاوية علي Fe_3O_4 إذا ما أعطيت عينة منه وزنها 0.0917 جم راسباً من Fe_2O_3 وزنه 0.0917 جم بواسطة التحليل الكمي الوزني ؟ وما النسبة المئوية لـ Fe_3O_4 في خام الحديد المذكور ؟

الحل :

إن المعامل الوزني لتحويل الحديد إلي أكسيد الحديدك Fe_2O_3 هو

$$\frac{2Fe}{Fe_2O_3} = \frac{55.85 \times 2}{159.7} = 0.6994$$

وزن الحديد = وزن أكسيد الحديدك المتكون × المعامل الوزني

$$0.6994 \times 0.0917 =$$

$$0.065135 =$$

$$100 \times \frac{\text{وزن الحديد}}{\text{وزن العينة}} = \% Fe$$

$$100 \times \frac{0.0917 \times 0.6994}{0.2824} =$$

$$\% 22.71 =$$

وكل الجزء الثاني من السؤال علينا أن نستخرج أولاً المعامل الوزني لتحويل Fe_3O_4 إلي Fe_2O_3 المترسب

علي حسب المعادلة :



حيث تجد أن كل وزن جزئيين من Fe_3O_4 تتحول إلي 3 أوزان جزئيين من Fe_2O_3 وعلي هذا فإن المعامل الوزني في هذه الحالة هو

$$\frac{2Fe_3O_4}{3Fe_2O_3} = \frac{231.55 \times 2}{159.7 \times 3} = 0.9666$$

وزن Fe_3O_4 = المعامل الوزني × وزن الراسب

$$100 \times \frac{\text{وزن } Fe_3O_4}{\text{وزن العينة}} = \% Fe_3O_4$$

$$100 \times \frac{0.9917 \times 0.9666}{0.2824} =$$

$$= 31.4 \%$$

مثال (7)

ما النسبة المئوية للكور في نموذج وزنه 2.000 جم من كلوريد الصوديوم غير النقي الذي أذيب في الماء ورسب بنترات الفضة فترسب 4.6280 جم من كلوريد الفضة ؟

الحل :

المعامل الوزني للكوريد في $AgCl$ هو

$$\frac{Cl}{AgCl} = \frac{35.45}{135.45} = 0.2617$$

$$\text{وزن الراسب كلوريد الفضة} \times \text{المعامل الوزني} \\ 100 \times \frac{\quad}{\text{وزن النموذج}} = \% \text{ Cl}$$

$$100 \times \frac{0.2474 \times 4.628}{2.000} =$$

$$= 57.25 \%$$

مثال (8)

نموذج من المجنبايت غير النقي Fe_3O_4 وزنه 0.5 جم حوله بالتفاعل الكيميائي الي Fe_2O_3 وزنه 0.4110 جم ما النسبة المئوية لـ Fe_3O_4 في المجنبايت ؟

الحل :

$$0.9666 = \frac{2\text{Fe}_3\text{O}_4}{3\text{Fe}_2\text{O}_3} = \text{المعامل الوزني}$$

$$100 \times \frac{0.9666 \times 0.4110}{0.5000} = \text{Fe}_2\text{O}_4$$

$$= 79.46 \%$$

مثال (9)

أعطيت 2.56823 جم من كلوريد الصوديوم النقي جداً وزناً قدره 6.2971 جم من كلوريد الفضة فإذا كانت الأوزان الذرية للكلور والفضة هي 35.457 ، 107.880 علي التوالي فما الوزن الذري للصوديوم .

الحل :

وزن NaCl = وزن الراسب × المعامل الوزني

$$\frac{NaCl}{AgCl} \times \text{وزن AgCl} =$$

$$\frac{NaCl}{AgCl} \times 6.2971 = 2.56823$$

$$\frac{Na + 35.475}{107.88 + 35.475} \times 6.2971 = 2.56823$$

إذن الوزن الذري لـ Na = 23.02

مثال (10)

كم مللتراً من محلول كلوريد الباريوم (الذي يحتوي علي 90.0 جم من $BaSO_4$ من محلول يحتوي علي 10.0 من مادة $10H_2O$. النقية ؟

الحل :

لما كان كل مول واحد من Ba^{2+} يتفاعل مع مول واحد من SO_4^{2-} كما في المعادلة



فإن مولاً واحداً من $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ (244 جم) تتفاعل مع مول واحد من $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (322 جم) وعليه فالنسبة البسيطة بين الأوزان الجزيئية تكون هي المعامل الوزني لإجراء التحول الضروري للأوزان وهكذا .

$$100 \times \frac{BaCl_2 \cdot 2H_2O}{Na_2SO_4 \cdot 10H_2O} = \text{وزن } BaCl_2 \cdot 2H_2O$$

$$100 \times \frac{244}{322} =$$

BaCl₂·2H₂O 7.58 جم من

ولما كان كل مليلتر من محلول الكاشف المرسب يحتوي علي 0.0900 جم من **BaCl₂·2H₂O** فحجم المحلول المطلوب هو

$$84.2 \text{ مليلتر} = \frac{7.58}{0.0900}$$

• الأسئلة •

- 1- ما أسس التعيين الوزني أ - بالترسيب ، ب- بالتبخير ؟
- 2- عرف الصيغة الترسيبية والصيغة الوزنية وأنكر المتطلبات الضرورية لكل منهما في التحليل الوزني .
- 3- ما الغرض من استعمال زيادة من المادة المرسبة عند الترسيب ؟ ولماذا يجب أن لا تكون الزيادة كبيرة جداً ؟
- 4- ماذا نعني بالمعامل الوزني ؟ أحسب المعامل الوزني لإيجاد :
 - أ- كمية الكبريت من وزن $BaSO_4$
 - ب- كمية الفضة من وزن Ag_2S
 - ج- كمية الزنك من وزن $Zn_2P_2O_7$
- 5- أوجد النسبة المئوية للفضة في $AgNO_3$ إذا علمت أن الترسيب من محلول يحتوي 0.5 جم من هذا الملح يعطي 0.4216 جم $AgCl$ ؟
- 6- ما وزن كبريتات الحديدوز $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ الذي ينبغي أن يؤخذ لتعيين الحديد بصورة أكسيد الحديدك Fe_2O_3 إذا كان وزن الأخير يساوي 0.2 جم ؟
- 7- متي يكون فصل الأيونات المختلفة ضرورياً ؟ ولماذا تكون هذه العملية في التحليل الكمي أكثر تعقيداً مما عليه في التحليل النوعي ؟
- 8- أذكر أسماء أهم المرسبات اللاعضوية المستعملة لفصل الأيونات وأعط أمثلة علي استعمالها .
- 9 - أذكر أسماء أهم المرسبات العضوية وما مزاياها وما أفضليتها علي المرسبات اللاعضوية ؟
- 10- ما طرق الفصل الأخرى عدا الترسيب ؟