

أساسيات الكيمياء التحليلية

التحليل الوزني

الجدارة:

أن يكون الطالب قادرا على وصف الأسس النظرية للتحليل الكمي الوزني و تطبيق الحسابات المتعلقة بهذا النوع من التحليل الكيميائي.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١. وصف خطوات التحليل الوزني.
٢. وصف العوامل التي تؤدي إلى ذوبانية الرواسب.
٣. تطبيق قاعدة حاصل الإذابة على المركبات شحيحة الذوبان و حساب الذوبانية.
٤. حساب المعامل الوزني.
٥. حساب وزن المادة المراد تقديرها و نسبتها المئوية في العينة المحللة.

الوقت المتوقع:

٥ ساعات.

متطلبات الجدارة:

معرفة ما سبق دراسته في "جميع الحقائق السابقة".

التحليل الوزني

Gravimetric Analysis

١. مقدمة:

طريقة التحليل الوزني هي إحدى الطرق التقليدية للتحليل الكمي ذات دقة و مصداقية عالية والتي تعتمد على ترسيب الأيون المراد تقديره على شكل مادة شحيحة الذوبان. يوزن الراسب بدقة بعد تجفيفه أو حرقه و يحسب وزن الأيون المراد تقديره مستعملا وزن الراسب و صيغته الكيميائية. يوصف في هذا الفصل الخطوات الخاصة بالتحليل الكمي الوزني بما فيها تحضير العينة بالطريقة الصحيحة لعملية ترسيب المادة المراد تقديرها ، كيفية الحصول على راسب على شكل نقي و قابل للترشيح و عملية الترشيح و التجفيف أو الحرق لتحويل الراسب إلى شكل الصورة الموزونة. كما يراجع الطالب قاعدة حاصل الإذابة و تطبيقاتها للمركبات الشحيحة الذوبان. و أخيرا يتعرف الطالب على العمليات الحسابية لحساب كمية المادة المراد تقديرها مستخدما وزن الراسب و صيغته الكيميائية.

٢. خطوات التحليل الوزني:

يمكن تلخيص خطوات التحليل الوزني كما يلي:

٢. ١ إذابة العينة Sample dissolution:

- تجفف العينة لمدة ساعتين على الأقل عند درجة حرارة 100 . 120 درجة مئوية.
- تحسب تغيرات الوزن مثل فقدان الماء أو بعض المكونات المتطايرة.
- تذاب العينة في المذيب المناسب.

٢. ٢ المعالجة الأولية للمحلول:

أثناء هذه الخطوة تختار الظروف المناسبة لعملية الترسيب، مثلا:

١. الرقم الهيدروجيني.

٢. حجم المحلول.

٣. درجة الحرارة التي تقلل من ذوبانية الراسب.

٤. فصل المتدخلات.

٢. ٣ الترسيب Precipitation:

الترسيب هو عزل المكون المطلوب تقديره عن بقية المكونات الموجودة في المحلول و ذلك عن طريق

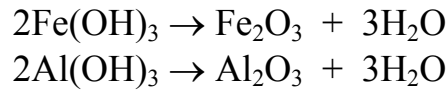
تكوين راسب.

٢. ٤ التجفيف Drying أو الحرق Ignition:

يتم التجفيف عند درجة حرارة 100 - 120 درجة مئوية و لكن أثناء هذه العملية يمكن أن تتغير الصيغة الكيميائية لجزء من بعض الرواسب إلى صيغة أخرى و هذا يؤدي إلى تكوين مزيج من صيغتين كيميائيتين غير معروفتين و هذا بدوره يؤدي إلى خطأ في الحسابات.

مثال:

لتقدير الحديد و الألمنيوم يتم ترسيب هذه العناصر على هيئة هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ و هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$ على التوالي. و تسمى هذه الهيدروكسيدات الصورة المترسبة Precipitated form أي بعبارة أخرى هي صيغة الراسب قبل التجفيف. أثناء التجفيف يتحول جزء من هذه الهيدروكسيدات إلى أكاسيد الحديد Fe_2O_3 و الألمنيوم Al_2O_3 كما يلي:



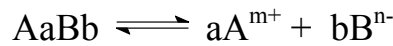
لتجنب تكوين مزيج من صيغتين كيميائيتين (هيدروكسيدات الحديد و الألمنيوم و أكاسيد الحديد و الألمنيوم في هذه المثال) يتم حرق Ignition هذه الرواسب عند درجة حرارة عالية لكي يتحول الراسب من الصورة المترسبة إلى صورة واحدة ثابتة و تعرف هذه الصيغة بالصورة الموزونة Weighed form. و تمثل Al_2O_3 و Fe_2O_3 الصورة الموزونة في هذا المثال.

٣. صفات الرواسب في طرق التحليل الوزني:

١. يجب أن تكون قابلية ذوبان الراسب قليلة جدا (راسب شحيح الذوبان).
٢. يجب أن تكون بلورات الراسب ذات حجم مناسب، بحيث يمكن ترسيبها و لكن يجب أن لا تكون صغيرة جدا بحيث يمكن أن تمر عبر ثغرات بوتقة الترشيح.
٣. يجب أن يبقى الراسب مستقرا.
٤. يجب أن يكون العامل المرسل المستخدم خاصا إذ يعمل على ترسيب المادة المراد ترسيبها فقط.

٤. قاعدة حاصل الإذابة Solubility Product Rule:

قاعدة حاصل الإذابة: إن حاصل ضرب التراكيز المولارية لمحلل إلكتروليت مشبع شحيح الذوبان مرفوع كل منهما إلى أس يساوي عدد أيوناته في صيغته الكيميائية، يكون ثابتا عند درجة حرارة ثابتة. نفترض أن لدينا محلول إلكتروليت $AaBb$ مشبعا فإنه يحدث إتران بين الأيونات الموجودة في المادة و تلك الذائبة في المحلول.



عند تطبيق قانون فعل الكتلة (أو الاتزان الكيميائي) نجد أن ثابت الاتزان الكيميائي K يساوي:

$$K = \frac{[A^{m+}]^a \times [B^{n-}]^b}{[AaBb]} \quad (1)$$

$$[A^{m+}]^a \times [B^{n-}]^b = K[AaBb] \quad (2)$$

بما أن المادة $AaBb$ شحيحة الذوبان فإن تركيزها يبقى ثابتاً تقريبا. لنفترض أن k يساوي

$$[AaBb]$$

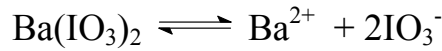
المعادلة (2) تصبح:

$$[A^{m+}]^a [B^{n-}]^b = kK \quad (3)$$

بما أن K و k ثابتان نحصل على ثابت جديد K_{sp} و هو ثابت حاصل الإذابة Solubility product constant:

$$K_{sp} = [A^{m+}]^a \times [B^{n-}]^b \quad (4)$$

مثال: طبق قاعدة حاصل الإذابة على الآتي:



بتطبيق قاعدة حاصل الإذابة نجد أن K_{sp} يساوي:

$$K_{sp} = [Ba^{2+}] \times [IO_3^-]^2$$

تمرين ١: احسب الذوبانية S لمركب كلوريد الفضة $AgCl$ علما بأن ثابت حاصل الإذابة لـ $AgCl$ يساوي:

$$K_{sp} = 1.02 \times 10^{-10}$$

الحل: نفترض أن الذوبانية $Ag^+ = S$ و $Cl^- = S$

$$K_{sp} = [Ag^+] \times [Cl^-]$$

$$K_{sp} = S \times S$$

$$K_{sp} = S^2$$

$$K_{sp} = 1.02 \times 10^{-10} = S^2$$

$$S = \sqrt{1.02 \times 10^{-10}} = 1.01 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

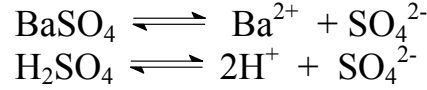
٥. العوامل التي تؤدي إلى ذوبانية المواد المترسبة:

٥ - ١ درجة الحرارة:

في معظم المواد نجد أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد في ذوبانية الراسب و بالتالي في حاصل الإذابة.

٢.٥ تأثير الأيون المشترك:

نفترض أننا أضفنا H_2SO_4 إلى $BaSO_4$ في محلوله المشبع.



الأيون المشترك في هذا المثال هو أيون الكبريتات SO_4^{2-} و الذي يتفاعل مع Ba^{2+} ليعطي كبريتات الباريوم غير المتفكك و لهذا يقلل الأيون المشترك من ذوبانية المادة المترسبة (كبريتات الباريوم).

٣.٥ حجم الجسيمات:

كلما كانت الجسيمات صغيرة الحجم كلما كانت الذوبانية عالية.

٤.٥ إضافة المواد العضوية المذيبة القابلة للامتزاج:

مثال الإيثانول و الميثانول: تقلل هذه المذيبات من ذوبانية المادة المترسبة الغير عضوية و السبب في ذلك هو أن المذيبات العضوية لها قطبية أقل من قطبية الماء.

٦. حسابات التحليل الوزني:

يمكن إيجاد كمية المادة المجهولة سواء كانت عنصرا أو مركبا أو أيونا عن طريق حساب كمية المادة من وزن الراسب و المعامل الوزني Gravimetric factor.

٦.١ المعامل الوزني Gravimetric factor:

يحسب المعامل الوزني (GF) Gravimetric factor كما يلي:

$$GF = \frac{MW \text{ (or atomic weight) of analyte}}{MW \text{ of weighed substance}} \times \frac{a}{b}$$

علما بأن:

MW : الوزن الجزيئي.

analyte : المادة المراد تقديرها.

Weighed substance : المادة الموزونة.

a : عدد مولات المادة المراد تقديرها.

b : عدد مولات المادة الموزونة.

يوضح الجدول (١) كيفية حساب المعامل الوزني لبعض الأمثلة.

الجدول (١): أمثلة عن كيفية حساب المعامل الوزني

المعامل الوزني	المادة الموزونة	المادة المراد تقديرها
$\frac{\text{Cl}^-}{\text{AgCl}}$	AgCl	Cl ⁻
$\frac{2 \times \text{Fe}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	Fe ₂ O ₃	Fe ³⁺
$\frac{5 \times \text{HgO}}{\text{Hg}_5(\text{IO}_6)_2}$	Hg ₅ (IO ₆) ₂	HgO

٢.٦ تقدير كمية المادة المراد تقديرها:

تحسب كمية المادة المراد تقديرها كالآتي:

$$\text{Weight of analyzed substance (g)} = \text{GF} \times \text{weight of precipitate (g)}$$

٣.٦ طريقة حساب النسبة المئوية للمادة المراد تقديرها:

تحسب النسبة المئوية للمادة المراد تقديرها كالآتي:

$$\text{Weight \% of analyzed substance} = \frac{\text{GF} \times \text{weight of precipitate (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

تمرين: احسب وزن أيون الكلوريد في 0.204 جرام من راسب كلوريد الفضة (AgCl) علما بأن الوزن الجزيئي لـ AgCl يساوي 143.3 و الوزن الذري لـ Cl يساوي 35.5 و وزن العينة يساوي 0.5 جرام ثم احسب النسبة المئوية للكلوريد في العينة.

الحل:

$$GF = \frac{35.5}{143.3}$$

$$GF = 0.2478$$

$$\text{Weight of Cl}^- = 0.2478 \times 0.204$$

$$\text{Weight of Cl}^- = 0.05 \text{ g}$$

$$\text{Cl}^- (\%) = \frac{0.2478 \times 0.204}{0.5} \times 100 = 10.11\%$$

امتحان ذاتي

أجب على الأسئلة التالية :

١. اذكر خطوات التحليل الوزني.
٢. اذكر صفات الرواسب في التحليل الوزني.
٣. احسب الذوبانية (S) لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 علما بأن ثابت حاصل الإذابة لهذا المركب الشحيح الذوبان يساوي $K_{sp} = 1.9 \times 10^{-12}$.
٤. أذيت عينة وزنها 0.2010 جرام و تم ترسيب Fe على شكل Fe_2O_3 و وجد أن وزنه يساوي 0.1106 جرام. احسب وزن عنصر الحديد و نسبته المئوية في العينة المذابة.

إجابة الامتحان الذاتي

١. (أ) إذابة العينة ، (ب) المعالجة الأولية للمحلول ، (ج) الترسيب ، (د) التجفيف أو الحرق.
٢.
 ١. يجب أن تكون قابلية ذوبان الراسب قليلة جدا (راسب شحيح الذوبان).
 ٢. يجب أن تكون بلورات الراسب ذات حجم مناسب، بحيث يمكن ترسيبها و لكن يجب أن لا تكون صغيرة جدا بحيث يمكن أن تمر عبر ثغرات بوتقة الترشيح (Filter).
 ٣. يجب أن يبقى الراسب مستقرا عند درجة حرارة المعايرة.
 ٤. يجب أن يكون العامل المرسل المستخدم خاصا إذ يعمل على ترسيب المادة المراد ترسيبها فقط.

$$S = 7.8 \times 10^{-5} \text{ مولار.} \quad ٣.$$

$$\text{وزن الحديد} = 0.07735 \text{ جرام ، النسبة المئوية للحديد} = 38.49 \% . \quad ٤.$$