المحاضرة 28 من 30

نظرية تسحيحات الأكسدة والاختزال وبرمنغنات البوتاسيوم

Oxidation–Reduction Titrations · Theory and Potassium Permanganate

أهداف المحاضرة

1. يعرّف الطالب العامل المؤكسد والعامل المختزل ويحدد التأكسد والاختزال في تفاعل.
2. يعدد أنواع الدلائل المستخدمة في تسحيحات الأكسدة والاختزال.
3. يكتب نصف تفاعل البرمنغنات في الأوساط الثلاثة ويحسب الوزن المكافئ في كل منها.

تعريف

هي التسحيحات التي تتضمن تفاعل نوعين من المركبات: مركبات تعاني فقدان إلكترون أو أكثر تسمى **العوامل المختزلة** (Reduction agents)، مع مركبات تعاني اكتساباً لهذه الإلكترونات تسمى **العوامل المؤكسدة** (Oxidation agents). إذن هي عملية انتقال إلكترونات من العامل المختزل (يعاني تأكسداً) إلى العامل المؤكسد (يعاني اختزالاً)، أي انتقال تيار إلكتروني، لذلك يمكن تعيين نقطة انتهاء التفاعل بطرق كهربائية أيضاً، إضافة إلى الطرق الأخرى.

$Ox_1 + e \rightleftharpoons Red_1$ (reduction, at the cathode)

$Red_2 \rightleftharpoons Ox_2 + e$ (oxidation, at the anode)

طرق كشف نقطة الانتهاء

النوع	الوصف	مثال
دلائل ذاتية	المادة المسحّحة نفسها تغير لونها.	$KMnO_4$: بنفسجي، يتحول إلى عديم اللون عند اختزاله، إضافة إلى عمله عاملاً مؤكسداً.
دلائل خاصة	يتغير لونها عند نقطة التكافؤ بتفاعل خاص.	النشأ: من عديم اللون إلى أزرق غامق في التسحيحات المتضمنة لليود.
دلائل الأكسدة والاختزال	يتغير لونها عند نقطة الانتهاء نتيجة تأكسدها أو اختزالها.	Methylene blue, Ferroin, Diphenylamine

برمنغنات البوتاسيوم

تُعدّ $KMnO_4$ من العوامل المؤكسدة القوية، ويعتمد عدد الإلكترونات التي تكتسبها على وسط التفاعل:

الوسط	التحول	نصف التفاعل	الوزن المكافئ
حامضي (H_2SO_4)	$Mn^{+7} \rightarrow Mn^{+2}$	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	158/5 = 31.6
قاعدي قوي (NaOH, KOH)	$Mn^{+7} \rightarrow Mn^{+6}$	$MnO_4^- + e \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	158/1 = 158
متعادل	$Mn^{+7} \rightarrow Mn^{+4}$	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$	158/3 = 52.7

في تجربتنا يُستخدم الوسط الحامضي (حامض الكبريتيك)، فيكتسب كل أيون برمنغنات **5 إلكترونات**.

لماذا لا تُعدّ البرمنغنات مادة قياسية أولية؟

- تحتوي على بعض نواتج الاختزال مثل MnO_2.
- يتغير تركيزها بعد التحضير، لأنها تتفكك بسهولة بالعوامل المختزلة مثل الأمونيا والمواد العضوية في الماء. لذلك تُحفظ 7–10 أيام على الأقل بعد التحضير وقبل الاستعمال.
- تتأثر بالضوء الذي يسرّع تفككها:

$$4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 4MnO_2 + 4KOH + 3O_2$$

كُتب الناتج في الملزمة $4MnO_4$، والصحيح $4MnO_2$ حتى تتوازن المعادلة.

لذلك يجب ترشيحها بين فترة وأخرى، وحفظها في قنانٍ معتمة بعيدة عن الغبار والمواد العضوية والأبخرة المختزلة، لأنها مادة غير ثابتة فيزيائياً.

معايرة البرمنغنات مع حامض الأوكزاليك (إضافة)

$$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$$

يُسخّن المحلول إلى حوالي 60–70°C لأن التفاعل بطيء في البداية، ثم يسرّعه أيون Mn^{2+} الناتج (تحفيز ذاتي). الوزن المكافئ لحامض الأوكزاليك المائي $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ هو 126/2 = 63.

أسئلة تطبيقية مع الإجابة

س1: ما عدد تأكسد المنغنيز في $KMnO_4$؟

$$+1 + x + 4(-2) = 0 \rightarrow x = +7$$

س2: احسب وزن $KMnO_4$ اللازم لتحضير 500 ml بتركيز 0.1 N في الوسط الحامضي.

$$wt = 0.1 \times 31.6 \times 500 / 1000 = 1.58\ g$$

س3: لماذا لا نحتاج إلى دليل في تسحيحات البرمنغنات؟

لأن البرمنغنات دليل ذاتي: لونها بنفسجي، ويختفي عند اختزالها إلى Mn^{2+}. أول قطرة زائدة بعد التكافؤ تعطي المحلول لوناً وردياً فاتحاً.

مصدر المحتوى: ملزمة التحليل الحجمي العملي، المرحلة الأولى، إعداد م. آلاء عبد الواحد جاسم (تسحيحات الأكسدة والاختزال، خواص البرمنغنات). صُحّحت معادلة تفكك البرمنغنات، وأُضيف جدول الأوزان المكافئة ومعايرة الأوكزاليك والأسئلة.