المحاضرة 17 من 30

الدلائل ونقطة التكافؤ ونقطة انتهاء التفاعل

Indicators · Equivalence Point and End Point

أهداف المحاضرة

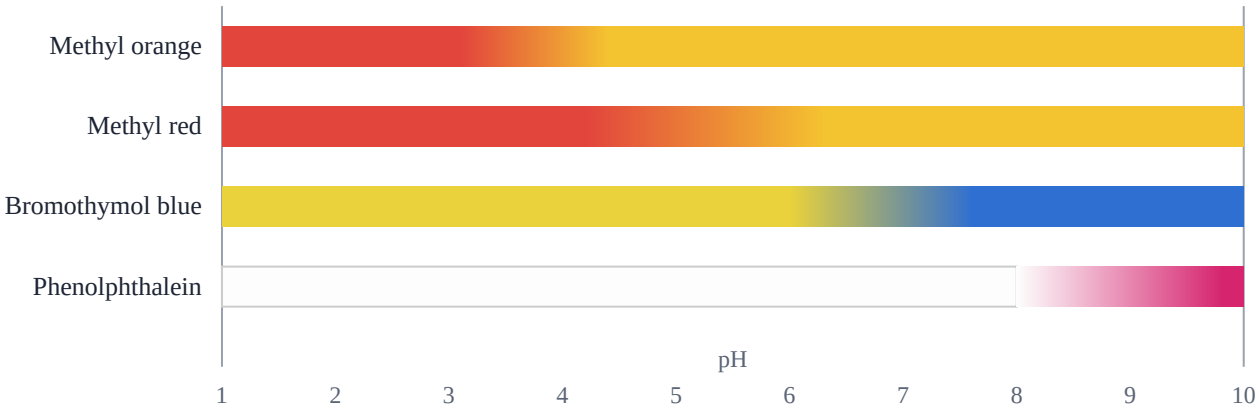
1. يعرّف الطالب الدليل، ونقطة التكافؤ، ونقطة انتهاء التفاعل، والخطأ التسحيحي.
2. يقرأ جدول مدى تغير ألوان الدلائل حسب pH.
3. يختار الدليل المناسب لكل نوع من تسحيحات حامض–قاعدة.

الدلائل (Indicators)

هي مواد تعطي لوناً مميزاً في نهاية التفاعل، أي أن تغيّر لونها يحدد نقطة انتهاء التفاعل. يحدث ذلك لأن خواصها الكيميائية أو الفيزيائية تتغير نتيجة تغير خواص المحلول عند نقطة التكافؤ، مثل اللون أو العكورة أو التوصيلية أو عدد التأكسد.

ألوان الدلائل حسب pH المحلول

الدليل	مدى pH	في الوسط الحامضي	في الوسط القاعدي
المثيل البرتقالي Methyl orange (M.O)	3.1 – 4.4	أحمر	أصفر
بروموكريزول الأخضر Bromocresol green	3.3 – 4.5	أصفر	أزرق
المثيل الأحمر Methyl red (M.R)	4.2 – 6.3	أحمر	أصفر
بروموثايمول الأزرق Bromothymol blue	6 – 7.6	أصفر	أزرق
الفينول الأحمر Phenol red	6 – 8	أصفر	أحمر
الكريزول الأرجواني Cresol purple	7.4 – 9	أصفر	أرجواني
الفينولفثالين Phenolphthalein (ph.ph)	8 – 9.8	عديم اللون	أحمر وردي
الثايمول الأزرق Thymol blue	8 – 9.8	أصفر	أزرق



شكل 1: مدى تغير لون أشهر الدلائل، والجزء المتدرج هو مدى التحول

نقطة التكافؤ (Equivalence Point)

هي النقطة التي يتم عندها التفاعل من الوجهة النظرية، أي النقطة التي يصبح عندها عدد مكافئات (أو ملي مكافئات) المادة القياسية المضافة من السحاحة مساوياً لعدد مكافئات المادة المراد تقديرها.

نقطة انتهاء التفاعل (End Point)

هي النقطة التي يتغير عندها لون المحلول بفعل مادة مساعدة هي الدليل، ويُشترط في الدليل أن يُحدث عند هذه النقطة تغيراً تراه العين.

> **الخطأ التسحيحي**
>
> هو الفرق بين نقطة التكافؤ (النظرية) ونقطة انتهاء التفاعل (العملية)، ويجب أن يكون أصغر ما يمكن. نقلله باختيار الدليل المناسب، وبإجراء تجربة البلانك (المحلول الخالي من المادة المراد تقديرها).

اختيار الدليل

القاعدة: نختار دليلاً يقع مدى تغير لونه قرب قيمة pH عند نقطة التكافؤ.

نوع التسحيح	pH عند التكافؤ	الدليل المناسب
حامض قوي + قاعدة قوية	حوالي 7	معظم الدلائل (القفزة كبيرة)
حامض ضعيف + قاعدة قوية (الخل مع NaOH)	أكبر من 7	الفينولفثالين
حامض قوي + قاعدة ضعيفة أو كاربونات (Na_2CO_3 مع HCl)	أقل من 7	المثيل البرتقالي

أسئلة تطبيقية مع الإجابة

س1: ما لون الفينولفثالين في محلول pH = 3؟ وفي pH = 11؟

عديم اللون في pH = 3، وأحمر وردي في pH = 11.

س2: لماذا يُستخدم الفينولفثالين وليس المثيل البرتقالي في تسحيح حامض الخليك مع NaOH؟

لأن نقطة التكافؤ تقع في الوسط القاعدي (pH > 7) بسبب تحلل خلات الصوديوم مائياً، وهذا ضمن مدى الفينولفثالين، أما المثيل البرتقالي فيتغير في وسط حامضي قبل التكافؤ بكثير.

س3: فرّق بين نقطة التكافؤ ونقطة انتهاء التفاعل.

نقطة التكافؤ نظرية تتساوى عندها المكافئات، أما نقطة الانتهاء فعملية نلاحظها بتغير لون الدليل. الفرق بينهما هو الخطأ التسحيحي.

مصدر المحتوى: ملزمة التحليل الحجمي العملي، المرحلة الأولى، إعداد م. آلاء عبد الواحد جاسم (الدلائل وجدول ألوانها، نقطة التكافؤ ونقطة الانتهاء). وردت تسميتان في جدول الملزمة هما Phenol Red (P.O) وCresol Indigo، والاسم الشائع لهما Phenol red وCresol purple. أُضيف المخطط وجدول اختيار الدليل والأسئلة.