التحليل الحجمي Volumetric Analysis

قمع Funnel

دورق مخروطي
Volumetric flask

دورق Flask

كأس Beaker

مخبار مدرج
Cylinder

قمع فصل
Separated funnel

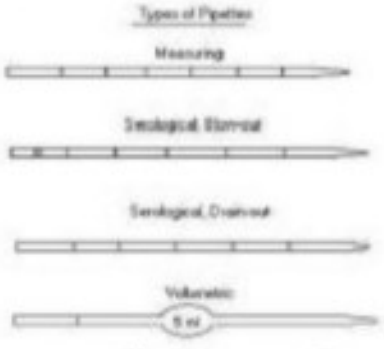
قارورة غسيل
Bottle wash

قارورة كواشف
Bottle reagent

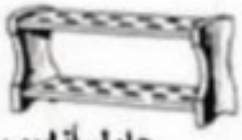
تعرف على علم الكيمياء
نافذة لتعلم الكيمياء

سحاحة
Burette

ماصة أوتوماتيكية



ماصات
Pipette



حامل أنابيب
Rack

أنبوبة اختبار مع ماسك
Test tube with tongs

قطارة Pastuer

الكيمياء التحليلية **Analytical Chemistry**

وهي أحد فروع علم الكيمياء والتي تهتم بدراسة وتحليل النموذج من حيث نوعه وكميته وطرائق فصله.

التحليل الوصفي (النوعي) **Qualitative Analysis**

هو التحليل الذي يتم فيه معرفة نوع المادة الكيميائية في النموذج دون معرفة تركيزها ونسبة نقاوتها ويتم ذلك أما باستخدام حواس الإنسان الخمسة أو بعض التفاعلات الكيميائية المشخصة.

التحليل الكمي **Quantitative Analysis**

هو التحليل الذي يبحث في تقدير كمية مكونات النموذج من حيث تقدير التركيز أو النسبة المئوية ويشتمل على طرق كلاسيكية لا تعتمد على الأجهزة مثل التحليل الحجمي والوزني وطرق حديثة (تحليل آلي) مثل طرق التحليل الكهربائية والبصرية والكروماتوغرافيا.

طرائق الفصل **Separation methods**

وهي عملية فصل المكون من النموذج.

الدلائل **Indicators**

هي مركبات معظمها عضوية تعاني محاليلها من تغيرات فيزياوية أو كيمياوية تؤدي إلى تغيير ألوانها عند نقطة التكافؤ.

نقطة التكافؤ **Equivalent point**

هي المرحلة التي يتم فيها تفاعل مواد متكافئة من العامل المسحح والمادة المراد تحليلها وتحدد بتغير لون الدليل.

هناك **شروط يجب توفرها في التفاعل** كي يستخدم في التحليل الحجمي (عملية التسحيح) **هي أن يكون التفاعل سريعاً، تاماً غير عكسياً، متوازناً، كمياً، يخلو من التفاعلات الجانبية وأن يحدث تغيير فيزياوي وكيمياوي عند اكتماله لتحديد نقطة النهاية.**

المواد المستخدمة في التحليل الحجمي أما **مواد قياسية أولية (تتصف بأنها مواد مستقرة التركيب لا تتأثر بظروف الخزن والمحيط الذي حولها، عالية النقاوة، متوفرة، رخيصة، لها وزن جزيئي كبير لتقليل الخطأ أثناء التحضير وسهلة الذوبان في المذيب)**. أو مواد قياسية ثانوية لا تمتلك المواصفات أعلاه فهي إما تمتص الرطوبة مثل NaOH أو تفقد من تركيزها بسبب التطاير كالحوامض والقواعد المركزة مثل: NH_4OH ، HCl .

يشمل التحليل الحجمي أربع أنواع من التسحيحات هي : تسحيحات التعادل (حامض-قاعدة) ، التسحيحات الترسيبية ، تسحيحات الأكسدة والاختزال ، وأخيراً تسحيحات تكوين المعقدات . القوانين الرياضية المستخدمة في التحليل الحجمي للتعبير عن التركيز بدلالة المولارية M أو العيارية N يمكن أن نختصرها كما يلي:

1. القانون الخاص بتحضير المحاليل من المواد الصلبة:

$$\text{Weight} = \frac{\text{M.Wt} * \text{Concentration (Molarity)} * \text{V (ml)}}{1000}$$

2. القانون الخاص بتحضير المحاليل من المواد السائلة:

$$N = \frac{d \times \% \times 10}{\text{eq.wt}}$$

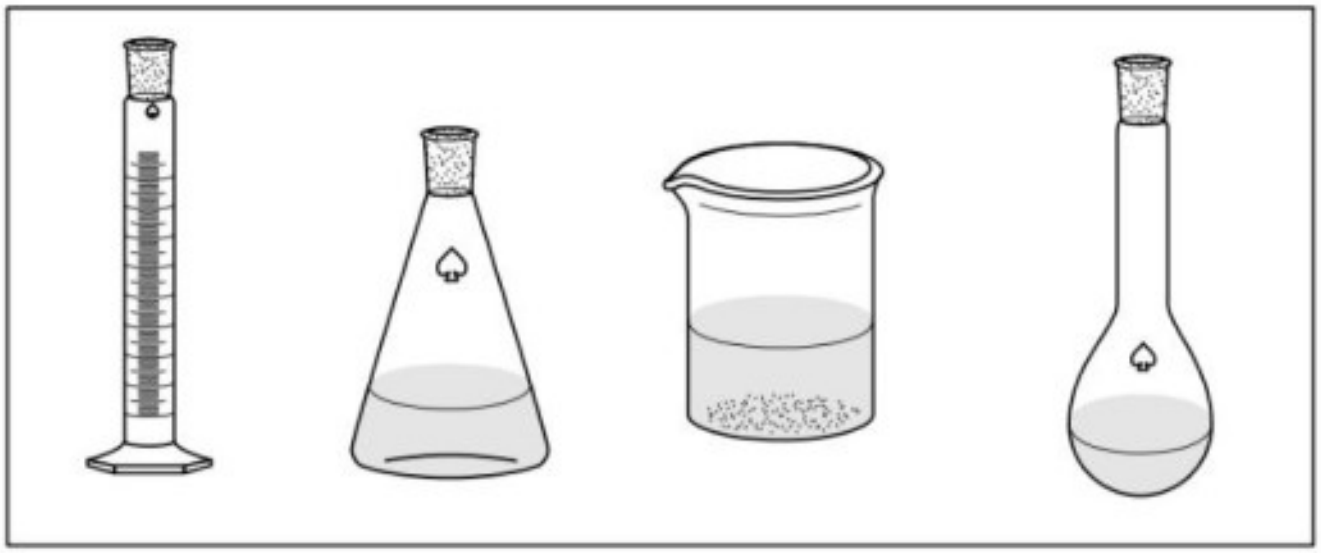
3. **قانون التخفيف (قانون التكافؤ):**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

4. قانون حساب الأوزان المكافئة للمواد المختلفة:

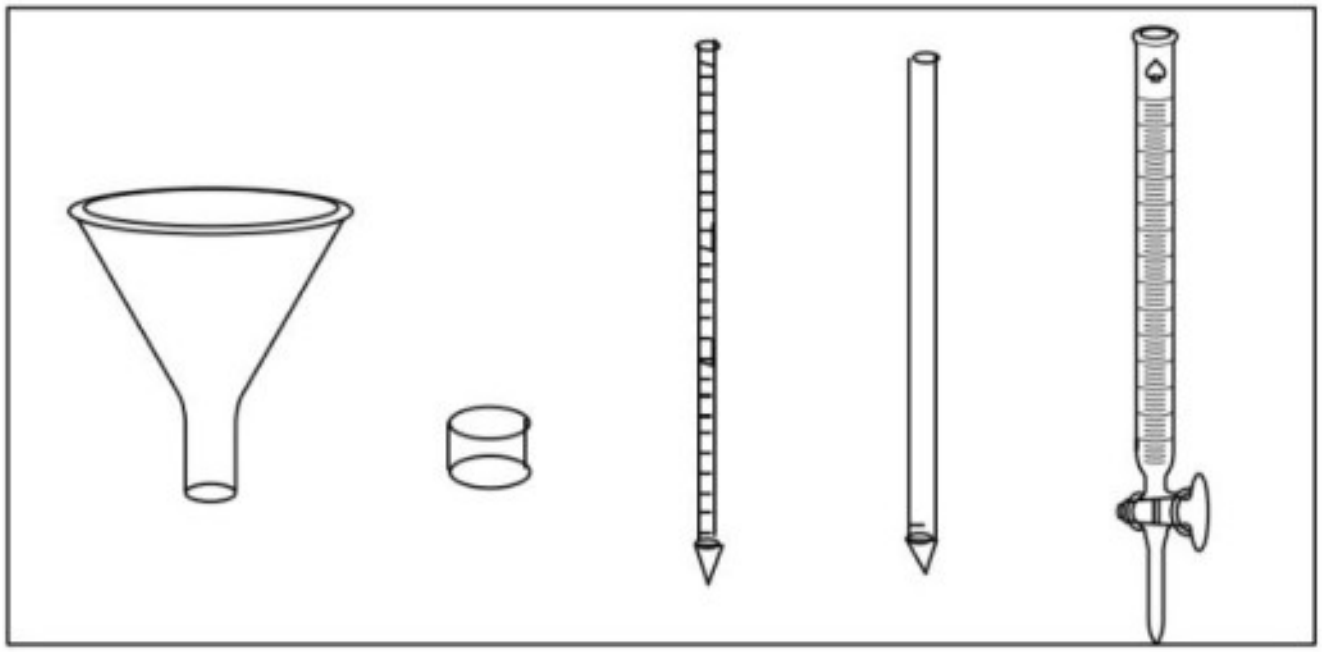
$$eq.wt = \frac{M.wt}{n}$$

◙ الأدوات الزجاجية المستخدمة في التحليل الحجمي:



قنينة حجمية　　بيكر　　دورق مخروطي　　أسطوانة حجمية مدرجة

Volumetric flask　　Beaker　　Conical flask　　Cylinder



سحاحة　　ماصة ناقلة　　ماصة مدرجة　　زجاجة وزن　　قمع

Funnel, Weighting glass, Graduated pipette, Transferred pipette, Burette

◙ عملية التسحيح Titration

تتضمن عملية التسحيح تفاعل المادة المراد تحليلها analyte مع الكاشف الذي يضاف على هيئة محلول معروف التركيز يطلق عليه اسم المحلول القياسي standard solution الذي يضاف من السحاحة فيعرف بالمسحح titrant ويجب قياس حجم المسحح اللازم والذي يتفاعل مع المادة المحللة بصورة تامة وبما أن تركيز المسحح معلوم لذا يمكن حساب كمية المادة المحللة **وهناك متطلبات يجب توفرها في عملية التسحيح:**

1. يجب أن يكون التفاعل متزناً أي يمكن تمثيل التفاعل بمعادلة كيميائية متوازنة ومعلومة مثل تسحيح حامض الخليك مع قاعدة مثل هيدروكسيد الصوديوم:

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

2. يجب أن يكون التفاعل سريع.

3. يفضل عدم وجود تفاعلات جانبية.

4. يجب أن يظهر المحلول تغيراً واضحاً في صفاته عند اكتمال التفاعل مثل تغير لون المحلول أو صفاته الكهربائية والفيزيائية، ويمكن الحصول على تغير لون المحلول بإضافة دليل مناسب يعتمد لونه على pH المحلول.

5. تعرف النقطة التي تكون عندها الكمية المضافة من المسحح إلى المادة المحللة متكافئة بنقطة التكافؤ equivalence point أما النقطة التي يظهر فيها اكتمال التفاعل فتعرف بنقطة انتهاء التفاعل end point.

6. إن نتيجة التفاعل نحو النهاية أي لا يكون التفاعل عكسي.

◙ عملية التسحيح المتضمنة تفاعلات التعادل

يعرف الحامض حسب تعريف برونشتد / لوري بأنه المادة الواهبة للبروتونات proton donor. أما القاعدة فتعرف بأنها المادة المستقبلة للبروتونات proton acceptor الممنوح من قبل الحامض فتحصل حالة من التوازن بين الحامض والقاعدة:

$$Acid \rightleftharpoons H^+ + Base$$

وبذلك يكون لكل حامض قاعدة مقابلة أو مقترنة به conjugated base ولكل قاعدة حامض مقابل أو مقترن بها conjugated acid ويمكن أن تكون الحوامض حسب هذا التعريف جزيئات غير مشحونة والتي تعتبر حوامض حسب تعريف أرينوس مثل HCl , $HClO_4$ CH_3COOH ، أو أنيونات مثل $H_2PO_4^-$, HCO_4^- ، أو كاتيونات مثل $Al(H_2O)_6^{+3}$, NH_4^+ . أما القواعد فيمكن أن تشمل قواعد أرينوس الحاوية على مجاميع الهيدروكسيل KOH , $NaOH$ ، أو بشكل جزيئات مثل NH_3 الأمونيا والبريدين ، أو بشكل أنايونات مثل Cl^- , ClO_4^- , HSO_3^- ، الخ .

ويشير مصطلح تقدير الحوامض acidimetry إلى تقدير الحامض بتسحيحه مع محلول قاعدي (قلوي) قياسي، أما مصطلح تقدير القواعد alkalimetry فيشير إلى تقدير القاعدة بتسحيحها مع محلول حامضي قياسي.

■ دلائل التعادل

لا يصحب عملية التعادل أي تغيرات مرئية كتغير في لون المحلول لذلك يجب إضافة دليل ملائم إلى المحلول المطلوب تسحيحه لتعيين نقطة التكافؤ. إن هذه الدلائل هي مواد يتغير لونها عند مدى pH محددة بعد إضافة حامض أو قاعدة. إن معظم دلائل التعادل هي حوامض أو قواعد عضوية ضعيفة كجزيئاتها أو أيوناتها تعطي ألوان مختلفة. إن أحد شكلي الدليل ربما يكون غير ملون والشكل الآخر ربما يكون ملون سمي اللون الذي يظهر عند pH مرتفعة اللون القاعدي، أما اللون الذي يظهر عند وجود شكلين ملونين فيسمى بالوسيط أو لون التحول لذلك فإن للمثيل البرتقالي مثلاً يعد اللون الحامضي هو الأحمر واللون القاعدي هو الأصفر وعليه فعند وجود هذين الشكلين فإن خليطهما يظهر باللون البرتقالي.

والجدول أدناه يوضح بعض هذه الدلائل مع مدى pH لها وتغير ألوانها حسب الوسط:

اسم الدليل	مدى pH	تغير اللون حامض- قاعدة
المثيل الأصفر	4.0-2.8	أحمر إلى أصفر
بروموفينول الأزرق	4.6-3.1	اصفر إلى أزرق
المثيل البرتقالي	4.4-3.1	احمر إلى برتقالي- أصفر
المثيل الأحمر	6.2-4.2	أحمر إلى أصفر
فينولفثالين	9.8-8.0	عديم اللون إلى الأحمر

لكي نختار الدليل المناسب يجب تعيين مدى pH عند نقطة التكافؤ ثم نختار الدليل الذي يتفق مداه مع مقدار هذا المدى فمثلاً الملح المتكون من تسحيح حامض ضعيف مع قاعدة قوية pH أكبر من 7 مثل حامض الخليك و$NaOH$ يستخدم الدليل Ph. Ph أما عند تسحيح قاعدة ضعيفة مثل NH_4OH مع حامض قوي H_2SO_4 تصبح pH أقل من 7 ونستعمل دليل المثيل البرتقالي.