الإتزان، فإن معدل التفاعل من اليمين إلى اليسار سيزداد محولا (C) إلى (A + B) بمعدل أسرع من إعادة تحولها وتستمر هذه العملية حتى يتحقق الإتزان مجددا- فيما يُعرف بمبدأ لوشاتلييه.

الشوارد الحرة

تميل الإلكترونات التي تدور حول الذرات والجزيئات إلى الاقتران بإلكترونات أخرى لها كم مغزلي معاكس، والشوارد الحرة هي مجموعة من الذرات والجزيئات التفاعلية للغاية لديها إلكترونات غير مقترنة في غلاف التكافؤ الإلكتروني. وميل هذا الإلكترون إلى الارتباط مع إلكترونات عناصر كيميائية ومركبات أخرى هو ما يجعل الشوارد الحرة تفاعلية إلى هذا الحد.

وفي الواقع تساهم الشوارد الحرة في بعض التفاعلات الكيميائية الهدامة بما فيها تفاعلات الإحتراق، وتلف المواد الغذائية،واستنفاذ الأوزون من الغلاف الجوي للأرض، ومن أمثلتها ثنائي الأكسجين (O_2) وآيون الهيدروكسيل (OH^-). أما في الأحياء فتعتبر الشوارد الحرة أحد مسببات عملية التقدم في العمر، وهي متورطة في ظهور الخرف، والسرطان والعديد من الأمراض الأخرى. ويمكن التصدي لتأثير الشوارد الحرة على الجسم باستخدام مضادات الأكسدة، وهي مواد كيميائية تمتص الشوارد الحرة وتمنعها من تفاعلات الأكسدة في الجسم التي تنتجها، ومن أمثلة مضادات الأكسدة فيتامين (E) وبيتا كاروتين والبولي فينول الموجود في النبيذ والشوكولاتة.

التحليل الكيميائي

الكيمياء التحليلية

عندما يقابل علماء الكيمياء مركبا أو محلولا كيميائيا غير معروف، كيف يحاولون اكتشاف ما بداخله؟ هنا تكمن نقطة تلاقي الكيمياء مع العلم التجريبي -ويطلق على ذلك اسم الكيمياء التحليلية. وبوجه عام نجد أن الكيمياء التحليلية عملية ذات مرحلتين: المرحلة الأولى هي التحليل النوعي وهو يتضمن تطبيق اختبارات كيميائية عامة لتحديد تكوين

المادة المجهولة بشكل عام؛ وكيف تبدو؟ ما لونها؟ هل هي حمض أم قاعدة؟ هل تخضع لتفاعل الإحتراق عند تسخينها، وإذا كان ذلك يحدث ما اللون الذي تحترق به؟ كل هذه الاختبارات- واختبارات أخرى- تتيح للكيميائيين تكوين صورة عن ماهية العناصر والمركبات الكيميائية الموجودة، وعند تحديد الوفرة النسبية لهذه العناصر والمركبات- تأتي المرحلة الثانية وهي التحليل الكمي، يهدف إلى تطبيق اختبارات كيميائية محددة- مثل المعايرة، وقياس الوزن،و(مقياس الطيف)- لتحديد النسب الفعلية للعنصر الموجود. ويشار للمادة موضع القياس في مثل تلك العمليات باسم (الحليل).

مؤشر الأس الهيدروجيني

المؤشرات هي مواد كيميائية تستخدم لاختبار وجود الأحماض والقواعد في المحلول، والمؤشر/ المعيار القياسي للحامضية أو القاعدية، هو مؤشر الأس الهيدروچيني للمحلول والذي يرمز إلى (قوة الهيدروحين)، ويقاس على مقياس لوغاريتمي يُعرف على إنه ($\log_{10}c$) حيث ($\log_{10}c$) هو العملية العكسية لرفع 10 للقوة (C بالتالي فإن لأي متغير (X) فإن ($\log_{10}(10^x) = x$)(وفي هذه الحالة يكون العدد (C) هو كمية آيونات الهيدروچين الموجبة (H^+)الموجودة في 10 سم مكعب من المحلول مقاسة بالمولات.

للمياه مؤشر أس هيدروچيني متعادل قيمته 7، أما (مؤشر الأس الهيدروچيني) الأقل من 7 يدل على حمض، بينما الأكبر من 7 يدل على قاعدة.

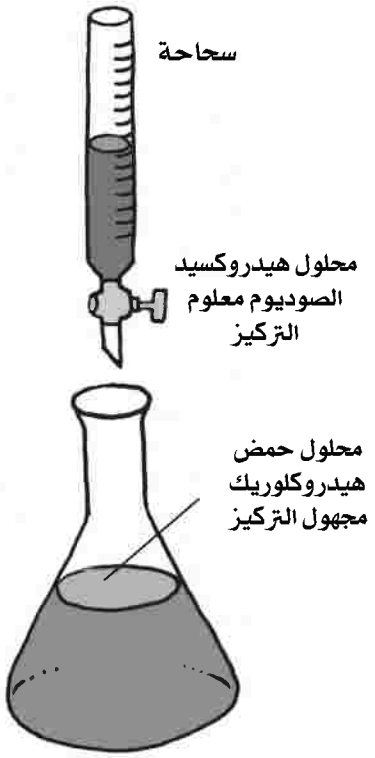
ويمكن قياس مستوى الأس الهيدروچيني للمحلول كهربيا أو باستخدام مؤشر كيميائي، وهو محلول يتغير لونه استجابة لوجود أحماض أو قواعد- تحول الأحماض لون المؤشر إلى اللون الأحمر بينما تحوله القواعد إلى اللون الأزرق.

وهذه المؤشرات هي مجموعة متنوعة من مواد كيميائية عديدة-على الرغم من أن العصارة التي نحصل عليها عندما يتم نقع الخس الأحمر في الماء المغلي لمدة 20 دقيقة يعتبر بديلا جيدا.

التحليل الوزني

من الأساليب الكمية في التحليل الكيميائي التحليل الوزني المستخدم في تحديد كتلة المذاب في المحلول أو معلق، ويتم من خلال استخلاص المذاب في صورة صلبة سواء فيزيائيا أوكيميائيا ثم قياس وزنه.

وفي حالة المعلق أوالغرواني يستخلص عن طريق الترشيح، وبالنسبة للمحاليل فإن تفاعلات الترسيب الكيميائي تستخدم غالبا لإخراج (المذاب) من المذيب، وقد يتضمن ذلك إضافة مركب آخر لعمل مذيب جديد يكون المذاب غير قابل للذوبان فيه. وبمجرد تجميع الجسيمات الصلبة يتم غسلها لإزالة الشوائب، ثم تجفيفها بالحرارة، ثم أخيرا قياس وزنها باستخدام ميزان عال الدقة. التحليل الوزني بسيط لكنه عملية فعالة لا تتطلب معدات باهظة.



المعايرة

المعايرة طريقة لتحديد تركيز عنصر أو مركب كيميائي في محلول عن طريق إضافة مادة كيميائية تفاعلية وملاحظة المقدار المطلوب إضافته من المادة الكيميائية قبل اكتمال التفاعل. على سبيل المثال التفاعل الكيميائي الذي يعبر عن معادلة حمض الهيدروليك مع هيدروكسيد الصوديوم لتكوين الماء والملح يعطى بالمعادلة الكيميائية ($HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$).

لنقل أن لدينا كوبا من حمض الهيدروليك مجهول التركيز يمكن لعالم الكيمياء تحديد التركيز من خلال تنقيط محلول هيدروكسيد صوديوم معلوم التركيز وملاحظة متى يصل التفاعل إلى نقطة نهايته، ومن معادلة التفاعل نجد أن كميات - وهي عدد جزيئات- حمض الهيدروليك (HCL) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) يجب أن تكون متساوية

عند نهاية التفاعل. ويحسب عدد جزيئات حمض الهيدروليك في الكوب من خلال قياس حجم هيدروكسيد الصوديوم الذي أضيف وضربه في التركيز، وبالتالي إذا كان تركيز هيدروكسيد الصوديوم.05 مول لكل لتر، ويجب تنقيط 0.025 لترا منه في حمض الهيدروليك فإن عدد جزيئات حمض الهيدروليك، في الكوب، هو 0.025×0.5=0.0125 مول، وإذا كان حجم محلول حمض الكبريتيك 0.5 لتر فإن تركيزه يمكن أن يحسب من خلال 0.0125/ 0.05=.0. 25 لتر/ مول

وأثناء عملية المعايرة يصل المتفاعل من خلال سحاحة- وهي أنبوب زجاجي طويل به محبس عند قاعه وتدريجات على جانبه لتسهيل قياس الحجم، أما الجزء الصعب في المعايرة هو حساب متى يصل التفاعل إلى نقطة نهايته، ويتم ذلك عادة من خلال إضافة مؤشر إلى الحليل - مثل مؤشر الأس الهيدروچيني- يتغير لونه عند اكتمال التفاعل.

قياس درجة الغليان

يسمى قياس نقطة الغليان لمحلول ما بهدف تحديد الوزن الجزيئي للمذاب باسم (قياس درجة الغليان)، فإذابة أي مادة في مذيب سيرفع من نقطة غليانها- أي درجة الحرارة التي عندها يتحول المذيب إلى بخار. ويطلق الكيميائيون على هذه الظاهرة اسم ارتفاع نقطة الغليان. وعند رفع درجة حرارة السائل حتى تصل إلى نقطة الغليان تهرب ذراتها أو جزيئاتها من سطح السائل في صورة غاز، لكن جسيمات المذاب تعرقل طريق هروب الغاز مما يؤدي إلى إعادته إلى السائل مرة أخرى.

لابد أن تثار طاقة الجسيمات لتتحرك بقوة وتهرب، ويتم ذلك من خلال زيادة درجة الحرارة ويستدل العلماء على عدد جسيمات المذاب الموجودة من خلال الزيادة الناتجة في نقطة الغليان.والخطوة الأخيرة هي قياس فرق الكتلة بين المحلول والحجم نفسه من المذيب الخالص الذي يعطي وزن كل جسيم عند إضافته إلى عدد جسيمات المذاب.

قياس الطيف

يجرى قياس الطيف باستخدام جهاز يسمى المطياف، والذي يقيس التركيب الكيميائي

لعينة من خلال قياس سطوع الضوء الذي تطلقه عند أطوال موجية مختلفة. ويمتص كل مركب أو عنصر كيميائي الضوء عند أطوال موجية معينة تتوافق مع فجوة الطاقة بين مختلف أغلفته الإلكترونية، وبالمثل عند تسخين عينة ما يمكن أن تتوهج وتطلق إشعاعات عند الطول الموجي الذي يناظر فجوة الطاقة بين اثنين من مستويي أغلفتها الإلكترونية. وعند رسم كثافة الضوء لعينة ما مع طولها الموجي يظهر كل من الامتصاص والانبعاث على هيئة قيعان وقمم على الترتيب وتناظر أنماط مختلفة للقيعان والقمم عناصر ومركبات معينة بشكل فريد.

التقطير

إحدى الطرق المستخدمة لفصل المكونات السائلة لمخلوط هي التقطير، وهي عملية تعتمد على حقيقة أن السوائل المختلفة لها نقاط غليان مختلفة، وبمجرد معرفة الكيميائيين للسوائل الموجودة يمكنهم تسخين الخليط حتى نقاط الغليان الخاصة بتلك السوائل على الترتيب، وتجميع البخار الناتج ثم تكثيفه مجددا ليصبح سائل بالتبريد.

ويستخدم التقطير لإنتاج المشروبات الروحية مثل الويسكي، وهذا ممكن لأن الكحول يغلي عند درجة 78.5 مئوية وفي الوقت نفسه تستخدم محطات الهندسة الكيميائية نوعا من التقطير لتكرير النفط الخام.

علم البلورات

تحديد البنية بين الذرية وبين الجزيئية للمادة الصلبة هو أحد مجالات الكيمياء التحليلية، ويُعرف باسم علم البلورات، ويمكن للذرات والجزيئات أن ترتبط بطرق مختلفة مما يعطي المادة الناتجة خصائص مختلفة تماما، وأبسط البنى لها تكوين مكعب فيه تشكل الذرات أو الجزيئات نقاط التقاء شبكة ثلاثية الأبعاد مكونة من خطوط أفقية رأسية.

وهناك تنويعات أكثر تعقيدا مثل المكعب مركزي الجسم، والمكعب مركزي الوجه والمزيد.

ويستدل علماء علم البلورات على هذه البنى عن طريق إطلاق إشعاع ذي طول موجي

قصير خلال العينة- مثل أشعة إكس أوجسيمات دون ذرية مثل النيوترونات والإلكترونات (التي لها طول موجي مؤثر بسبب ازدواجية الموجة- الجسيم)

وتعمل المسافات المنتظمة بين الذرات والجزيئات في المادة الصلبة بمثابة (محزز حيود)، بحيث تشكل الإشعاعات المنبعثة، أو الجسيمات نمط حيود مكون من نقاط مضيئة ونقاط مظلمة تكشف عن شكل البنية الداخلية.

التمييز اللوني

التمييز اللوني هو وسيلة لفصل المواد المذابة المختلفة من محلول ما، وتنفذ من خلال تمرير المحلول على عمود طويل معبأ بجسيمات صلبة. تتشبث المواد الكيميائية بالجسيمات بدرجات متفاوتة في عملية تُعرف باسم (الإدمصاص). وأثناء صب المحلول داخل العمود عند قمته ثم دفعه إلى أسفل باستخدام مزيد من المذيب، تستغرق المواد الكيميائية التي تقوم الجسيمات بإدمصاصها بشدة وقتا أطول للانسياب أسفل العمود، والعكس صحيح، فالمواد الكيميائية التي تعاني إدمصاصا أقل تتحرك إلى أسفل بشكل أسرع وتصل إلى القاع أولا، وبهذه الطريقة يمكن فصل المكونات الكيميائية المختلفة وتحليل مركباتها الكيميائية باستخدام المطياف مثلا.

يأتي اسم (التمييز اللوني) من التجربة التي أجراها عالم النبات (ميخائيل تسفيت) الذي اخترع هذه الوسيلة عام 1906، حيث قام بتمرير أصباغ نباتية في عمود تمييز لوني ووجد أنها تنفصل إلى مجموعات ذات ألوان مختلفة في طريقها إلى أسفل، وبالإضافة إلى التحليل يمكن استخدام التمييز اللوني لفصل أو تنقية المركبات قبل استخدامها في عمليات كيميائية أخرى، وهناك متغير يسمى غاز التمييز اللوني يمكن استخدامه لفصل مكونات المخاليط الغازية.

قياس السعرات الحرارية

هو أحد فروع الكيمياء التحليلية التي تحدد كمية الحرارة الناتجة أو الممتصة أثناء التفاعل الكيميائي، وتقاس الطاقة باستخدام جهاز يسمى المسعر؛ الخيار الأكثر شيوعا في

الاستخدام في المختبرات هو ذلك المسمى (بالمسعر القنبلي) والذي يتكون من غرفة محكمة الغلق (القنبلة) تحدث فيها التفاعلات، وتنغمس القنبلة في وعاء ماء معزول ويعمل نظام عن بُعد على تمكين من يؤدي التجربة من بدأ التفاعل بالداخل

وتقوم الطاقة الناتجة أو الممتصة بتسخين أو تبريد الماء وينتج عن ذلك ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة يمكن قياسها باستخدام ترمومترات دقيقة، ويتمكن الكيميائيون من حساب الفرق الكلي في الطاقة من خلال السعة الحرارية للماء والمعروفة جيدا.

التحليل الكهروكيميائي

تعمل البطارية باستخدام قطبين مصنوعين من مواد مختلفة يفصل بينها سائل موصل يسمى إلكتروليت، وتتسبب التفاعلات الكيميائية بين الإلكتروليت ومعادن القطبين في سريان تيار كهربي، ويعمل التحليل الكهروكيميائي من خلال استبدال مادة مجهولة بالإلكتروليت – ويستخدم السلوك الكهربي الناتج للخروج باستنتاج حول خواص المادة المجهولة.

يتكون التحليل الكهروكيميائي من اختبارات مثل، قياس الجهد بين قطبين أو قياس التيار الكهربي الذي يسري خلال المذاب أو تطبيق تيار كهربي عليه لبدء تفاعل أكسدة واختزال.

مختبر على رقاقة

لقد أتاح تصغير الأجهزة الذي نتج عن مجالات مثل الهندسة الجزيئية، والرقاقات الدقيقة، وجود أجهزة تقوم باختبارات الكيمياء التحليلية حجمها بضع سنتيمترات مربعة، وهذه التقنية التي تُعرف باسم (مختبر على رقاقة) يمكنها تحليل أصغر حجوم السوائل والتي قد تصل أحيانا إلى أصغر من البيكولتر، ويمكن لهذه المختبرات ضئيلة الحجم أن تؤدي مهاما مثل تحديد تركيب عينة ما وإجراء فحوصات على سوائل الجسم البشري – مثل الدم، واللعاب، والبول– بحثا عن العلامات الحيوية التي تنذر بحدوث أمراض مثل الأنفلونزا، والسرطان.

المقياس المجهري لهذه الأجهزة يعني أن عهد إجراء اختبارات كيميائية تستلزم أجهزة

ضخمة في مختبرات غير قابلة للتنقل قد ولىَّ، فبإمكان جهاز كمبيوتر محمول موصل بقطع من المعدات يمكن حملها باليد أن يجري آلاف الاختبارات بكل ما تحمله الكلمة من معنى- وفي الوقت نفسه إذا دعت الحاجة

أجهزة تقنية مختبر على رقاقة مفيدة للمسافرين والعلماء الميدانيين الذين يعملون في مناطق نائية ومفيدة للمسبارات الكوكبية التي تبعث لاستكشاف العوالم البعيدة.

القياسات الكيميائية

يسهل على الملاحظ البشري إدراك العلاقة بين واحدة أو اثنين من متغيرات البيانات في تجربة كيميائية ما وليكن درجة الحرارة وتركيز المحلول ومعدل حدوث التفاعل الكيميائي - لكن عند وجود مئات بل ربما آلاف المتغيرات يعجز العقل البشري عن أداء مثل تلك المهام، وهنا تتدخل الأنظمة المبنية على الكمبيوتر - مثل التنقيب عن البيانات التي تستخدم في مكتبات البيانات الكيميائية.

وتكمن الفكرة في استخدام أجهزة الكمبيوتر في البحث عن الارتباطات بين البيانات والخصائص الملاحظة للمواد الكيميائية وتفاعلاتها، مما يعطي الكيميائيين رؤى إضافية عندما تواجههم أنماط مشابهة في البيانات المجمعة حديثا، وقد استخدم باحثو القياسات الكيميائية في جامعة بريستول بإنجلترا هذا الأسلوب لاكتشاف درجة ارتباط احتمالية تورط شخص ما في جريمة ببقايا المخدر الموجودة على النقود الورقية الموجودة في جيبه، وبالفعل استخدم ما توصلوا إليه في المحاكمة.

الكيمياء الفيزيائية

الكيمياء الحرارية

كيف تؤثر الحرارة في التفاعلات الكيميائية؟

يُعرف مجال تفاعل درجات الحرارة مع الكيمياء باسم الكيمياء الحرارية، يمكن لتسخين مادة ما أن يؤدي إلى كسر الروابط بين الجزيئات، مما يؤدي إلى حدوث انتقالات طورية بين