Akceptuję
W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej Polityce Prywatności

Metody analityczne i techniki laboratoryjne

Metody chromatograficzne

Termin chromatografia oznacza efekt rozdziału (separacji) mieszaniny substancji na jej składniki, obserwowany podczas przepływu fazy ruchomej wzdłuż powierzchni fazy nieruchomej. Cząsteczki składników mieszaniny, które słabo oddziałują z fazą nieruchomą, są szybciej unoszone przez płynącą fazę ruchomą, zaś cząsteczki przyciągane mocniej poruszają się wolniej. Fazą ruchomą może być gaz lub ciecz, zaś fazą nieruchomą - ciecz, żel lub porowate ciało stałe.
Zastosowanie chromatografii w analityce chemicznej polega na separacji mieszaniny substancji (związków chemicznych) na proste składniki, a następnie na pomiarze ich ilości. Wykorzystywanie różnych faz ruchomych i nieruchomych, oraz odmiennych co do fizykochemicznej natury oddziaływań powodujących rozdział chromatograficzny, doprowadziło do powstania wielu różnych technik hromatograficznych.

Chromatografia gazowa (GC - gas chromatography)

Metoda analityczna wykorzystująca efekt rozdziału chromatograficznego z użyciem gazu (np. He) jako fazy ruchomej, oraz porowatego ciała stałego lub filmu polimeru organicznego jako fazy

nieruchomej. Stosowana do analiz składu złożonych mieszanin związków chemicznych, zwłaszcza lotnych związków organicznych i nieorganicznych.
Najważniejsze elementy chromatografu gazowego to dozownik, służący do wprowadzenia próbki do strumienia gazu nośnego, kolumna analityczna zawierająca fazę stacjonarną oraz detektor. Kolumna chromatograficzna ma postać długiej i cienkiej rurki (stalowej, kwarcowej lub szklanej), zwiniętej w zwój. W kolumnie kapilarnej faza stacjonarna tworzy cienką warstwę na wewnętrznej powierzchni ścianek. Kolumna jest umieszczona w termostatowanym piecu, wyposażonym w programator temperatury. W chromatografii gazowej najczęściej wykorzystywane są detektory przewodnictwa cieplnego (TCD, HWD), detektory płomieniowo-jonizacyjne (FID), detektory wychwytu elektronów (ECD) oraz detektory masowe (MSD).

Wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC - high performance liquid chromatography)

Wysokosprawna chromatografia cieczowa jest uniwersalną metodą analityczną, stosowaną głównie do analiz złożonych próbek, zwłaszcza zawierających nielotne, wielkocząsteczkowe związki chemiczne, w szczególności substancje biologicznie czynne. Metoda HPLC wykorzystuje efekt rozdziału chromatograficznego z użyciem cieczy jako fazy ruchomej. Skład fazy ciekłej i rodzaj fazy stacjonarnej jest uzależniony od składu badanych próbek oraz typu oddziaływań wykorzystywanych do osiągnięcia separacji ich składników.
Typowy zestaw do HPLC składa się ze zbiornika fazy ciekłej (eluentu), pompy, dozownika, kolumny analitycznej, detektora i zbiornika na zużyty eluent. Zbiornik eluentu jest często wyposażony w urządzenia do odpowietrzania i filtrowania cieczy. Najczęściej stosowane mechaniczne pompy tłokowe umożliwiają osiąganie bardzo wysokich ciśnień i stabilnych szybkości przepływu. Jako dozowniki zwykle wykorzystywane są zawory z pętlą dozującą o określonej objętości. Kolumny analityczne to rurki stalowe wypełnione cząstkami fazy stacjonarnej. Do detekcji składników opuszczających kolumnę najczęściej stosuje się detektory absorpcji promieniowania UV-VIS, detektory fluorescencyjne, detektory refraktometryczne oraz detektory elektrochemiczne (polarograficzne, woltamperometryczne, kulometryczne, konduktometryczne).

Chromatografia cienkowarstwowa (TLC - thin layer chromatography)

Chromatograficzna metoda analityczna, wykorzystująca jako fazę stacjonarną cienką warstwę porowatego sorbentu, oraz ciecz jako fazę ruchomą (eluent). Rozdział chromatograficzny zachodzi w wyniku przepływu eluentu przez warstwę sorbentu, wciąganego przez sorbent na skutek działania sił kapilarnych. Metoda TLC, szeroko stosowana jako podstawowa metoda rozdziału i identyfikacji związków organicznych, jest ceniona ze względu na prostotę i szybkość oraz niskie koszty.
W chromatografii cienkowarstwowej stosowane są na ogół te same sorbenty, co w kolumnowej chromatografii cieczowej (najczęściej modyfikowany żel krzemionkowy). Rozdział chromatograficzny prowadzi się w specjalnej, zamkniętej komorze, zawierającej eluent i atmosferę nasycona jego parami. Do wizualizacji efektów rozdziału wykorzystywane są specjalne reagenty, tworzące ze związkami organicznymi barwne związki. Można też posłużyć się światłem ultrafioletowym, wywołującym fluorescencję sorbentu, maskowaną przez rozdzielone składniki próbki.

Chromatografia fluidalna / Chromatografia płynem nadkrytycznym (SFC - supercritical fluid chromatography)

Nowa metoda chromatograficzna, łącząca cechy chromatografii gazowej i cieczowej. Jako fazę ruchomą wykorzystuje gaz w warunkach nadkrytycznych (np. dwutlenek węgla w temp. powyżej 31°C i 73 atm), w których zanikają różnice pomiędzy fazą ciekłą i gazową. Chromatografia fluidalna jest stosowana m.in. do rozdziału substancji trudno rozpuszczalnych, gdyż fazy nadkrytyczne wykazują zdolność do rozpuszczania substancji złożonych z dużych, niepolarnych cząsteczek, np.

wyższych alkanów lub węglowodorów poliaromatycznych.
Aparatura SFC przypomina układ do HPLC i zawiera pompę dozującą eluent, zawór służący do wprowadzania próbek, kolumnę (pakowaną lub kapilarną), regulator ciśnienia oraz detektor (zwykle znany z chromatografii gazowej detektor płomieniowo-jonizacyjny). Układ może być wyposażony w programator ciśnienia eluentu, umożliwiający osiągnięcie optymalnych warunków rozdziału.

Elektroforeza kapilarna (CE - capillary electrophoresis)

Elektroforeza, czyli różnicowanie szybkości migracji cząstek naładowanych w roztworze, wywołanej przez zewnętrzne pole elektryczne, jest stosowana do rozdziału biopolimerów (np. białek, kwasów nukleinowych) i innych związków biologicznie czynnych (m.in. aminokwasów), a także związków jonowych. Elektroforeza kapilarna to nowa metoda analityczna, wykorzystująca efekt elektroforezy do separacji jonów oraz naładowanych makrocząsteczek i agregatów cząsteczek, zachodzący w cienkiej kapilarze kwarcowej. Pomimo odmiennego mechanizmu rozdziału, wykazuje ona wiele podobieństw do metod chromatograficznych.
Istnieją różne typy sorbentów, przeznaczonych do oczyszczania wielu różnych rodzajów próbek. Rurki zawierające sorbenty SPE przypominają plastikowe strzykawki. Specjalne akcesoria umożliwiają jednoczesną pracę z kilkunastoma próbkami. Metoda SPE jest prosta, szybka i tania, nie wymaga zaawansowanych umiejętności ani stosowania skomplikowanej aparatury. W porównaniu z innymi metodami znacznie ogranicza zużycie rozpuszczalników.

Metody spektroskopowe

Pojęcie spektroskopia oznacza badanie oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią. W zależności od rodzaju substancji, długości fali promieniowania oraz warunków pomiaru można obserwować różne efekty związane z oddziaływaniem promieniowania elektomagnetyczngo z badaną próbką: np. absorpcję, dyfrakcję, rozpraszanie, luminescencję.
Zastosowanie metod spektroskopowych do celów analitycznych polega na wykorzystaniu efektów specyficznych dla danej substancji (atomów pierwiastka, cząsteczek związku chemicznego, kryształów ciała stałego) do jej identyfikacji i pomiaru jej zawartości.

Spektroskopia w podczerwieni (IR - infra red spectroscopy)

Metoda analityczna wykorzystująca absorpcję lub emisję promieniowania ze środkowego zakresu podczerwieni (o długości fali 2.5-50 µm), związaną z wzbudzeniami drgań cząsteczek wchodzących w skład próbki. Wszystkie cząsteczki wykazują pewne drgania charakterystyczne (tzw. drgania normalne), które można przypisać do określonych wiązań lub grup funkcyjnych. Spektroskopia IR jest wykorzystywana do zarówno do identyfikacji substancji (zwłaszcza związków organicznych), jak i do oznaczania ich zawartości.
Nowoczesne fourierowskie spektrometry podczerwieni umożliwiają wyznaczenie widma próbki poprzez analizę jej oddziaływania z tzw. interferogramem, uzyskanym w wyniku interferencji wiązki promieniowania źródła. Sygnał detektora, reprezentujący interferogram próbki, jest przetwarzany w jej widmo (czyli zależność absorbancji od długości fali) na drodze komputerowych obliczeń numerycznych (z zastosowaniem tzw. transformaty Fouriera). Jako źródła promieniowania wykorzystuje się lampy wolframowe lub żarniki emitujące ciągłe promieniowanie o rozkładzie zbliżonym do widma promieniowania ciała doskonale czarnego. Do detekcji promieniowania podczerwonego stosuje się detektory piroelektryczne i fotoprzewodzące.
Spektroskopia w podczerwieni umożliwia dostosowanie techniki pomiarowej do stanu skupienia i rodzaju próbki. Najbardziej rozpowszechniona jest technika transmisyjna, ponadto wykorzystuje się techniki tłumionego wewnętrznego odbicia (ATR), odbicia rozproszonego (DR) oraz odbicia zwierciadlanego (SR/RA).

Spektroskopia Ramana

Spektroskopia Ramana wykorzystuje zjawisko nieelastycznego rozpraszania światła. Próbka jest naświetlana monochromatycznym światłem lasera. Część kwantów promieniowania, oddziałując z cząsteczkami próbki, zmienia energię ich oscylacji i przez to zwiększa lub zmniejsza swoją energię. Widma Ramana, czyli zależności intensywności rozproszonego promieniowania od różnicy energii kwantów promieniowania padającego i rozproszonego, zawierają informacje o drganiach charakterystycznych dla badanych cząsteczek. Mogą być wykorzystywane do identyfikacji i oznaczania zawartości substancji.
Nowoczesne spektrometry Ramana umożliwiają wyznaczenie widma próbki poprzez analizę jej interferogramu, otrzymanego poprzez interferencję promieniowania rozproszonego przez próbkę. Sygnał detektora jest przetwarzany w widmo ramanowskie próbki na drodze komputerowych obliczeń numerycznych (z zastosowaniem tzw. transformaty Fouriera). Źródłem promieniowania jest zwykle laser NdYAG emitujący monochromatyczną wiązką kwantów promieniowania o niskiej energii. Do detekcji promieniowania stosuje się na ogół detektor fotoprzewodzący.

Spektroskopia UV-Vis (ultra violet and visual light spectroscopy)

Metoda analityczna wykorzystująca absorpcję promieniowania elektromagnetycznego w zakresie ultrafioletu i światła widzialnego (o długości fali 100-800 nm), wynikającą ze wzbudzeń elektronów walencyjnych w cząsteczkach naświetlanych substancji. Spektroskopię UV-Vis wykorzystuje się do oznaczania zawartości substancji absorbujących, zwłaszcza związków organicznych zawierające wiązania wielokrotne oraz związki metali przejściowych. Może być też ona stosowana do identyfikacji substancji.
W skład spektrofotometru UV-Vis wchodzi źródło promieniowania (zwykle lampa deuterowa lub halogenowo-wolframowa), siatka dyfrakcyjna rozszczepiająca wiązkę światła, kwarcowa komora pomiarowa oraz detektor (najczęściej fotopowielacz lub detektor fotoprzewodzący). Niekiedy stosowane są wielokanałowe matrycowe detektory fotodiodowe (diode-aray detector), zawierające kilkaset elementów światłoczułych, umożliwiające szybki pomiar widma w całym zakresie UV-Vis

Atomowa spektroskopia absorpcyjna (AAS - atomic absorption spectroscopy)

Atomy wykazują zdolność do absorpcji promieniowania charakterystycznego dla poszczególnych pierwiastków. Wywołanie efektu absorpcji atomowej wymaga atomizacji próbki, czyli jej odparowania i dysocjacji cząsteczek na atomy. Atomowa spektroskopia absorpcyjna jest bardzo czułą metodą analityczną umożliwiającą specyficzne oznaczanie zawartości różnych pierwiastków, zwłaszcza metali.
W skład spektrofotometru AAS wchodzi źródło promieniowania charakterystycznego, atomizer umożliwiający wytworzenie gazu atomowego, monochromator (np. siatka dyfrakcyjna) oraz detektor (fotopowielacz). Jako źródła promieniowania stosuje się specjalne lampy zawierające pobudzane do emisji promieniowania atomy oznaczanego pierwiastka. Próbka (w formie roztworu wodnego) jest poddawana atomizacji w specjalnym palniku acetylenowym lub piecu grafitowym, elektrycznie ogrzewanym do bardzo wysokiej temparatury.

Atomowa spektroskopia emisyjna z wzbudzaniem plazmowym (ICP-AES - inductively coupled plasma - atomic emission spectroscopy)

Atomy wykazują zdolność do emisji promieniowania charakterystycznego dla poszczególnych pierwiastków. Wywołanie efektu emisji atomowej wymaga dostarczenia energii koniecznej do odparowania próbki, dysocjacji zawartych w niej cząsteczek i wzbudzenia powstałych atomów do wyższych stanów energetycznych. W metodzie ICP-AES wykorzystuje się w tym celu plazmę

generowaną indukcyjnie za pomocą zmiennego pola elektromagnetycznego. Plazmowa emisyjna spektroskopia atomowa jest czułą metodą analityczną umożliwiającą jednoczesne oznaczanie zawartości wielu pierwiastków. Jest to podstawowa metoda wykorzystywana do analiz elementarnych
W skład spektrofotometru ICP-EAS wchodzi specjalny 'palnik' plazmowy, monochromator lub polichromator oraz detektor (fotopowielacz). Przez palnik przepływa argon, którego atomy (po jonizacji do jonów Ar+) są przyspieszane w polu elektromagnetycznym. Do indukowanej w ten sposób plazmy wprowadzana jest próbka, zwykle jako aerozol roztworu wodnego w strumieniu argonu.

Metody elektrochemiczne

Elektrochemiczne metody analityczne wykorzystują efekty związane z powstawaniem potencjału elektrycznego oraz przepływem prądu w roztworach elektrolitów. Pomiary wielkości elektrycznych (napięcia, natężenia prądu, przewodnictwa elektrycznego) w sposób bezpośredni lub pośredni (np. poprzez określenie punktu końcowego miareczkowania) umożliwiają wyznaczenie stężenia lub całkowitej ilości oznaczanej substancji.

Potencjometria

Potencjometryczne metody analityczne oparte są na pomiarach siły elektromotorycznej (SEM), czyli różnicy potencjałów półogniw (elektrod) ogniwa elektrochemicznego, w sytuacji gdy prąd płynący przez ogniwo jest znikomo mały. W skład ogniwa wykorzystywanego w elektrochemii wchodzą dwie elektrody: elektroda wskaźnikowa i elektroda odniesienia. Potencjał elektrody wskaźnikowej zależy od stężenia oznaczanej substancji (jonu), natomiast potencjał elektrody odniesienia zależy wyłącznie od temperatury. Znając SEM takiego ogniwa można, po odpowiedniej kalibracji, wyznaczyć stężenie oznaczanej substancji.
Jako elektrody odniesienia stosuje się np. nasyconą elektrodę kalomelową lub elektrodę chlorosrebrową. Jako elektrody wskaźnikowe stosuje się odwracalne elektrody metaliczne oraz jonoselektywne elektrody membranowe. Najczęściej wykorzystywaną elektrodą membranową jest elektroda szklana, umożliwiająca pomiary pH. Istnieją również inne elektrody szklane, np. służące do pomiarów stężeń Na+ , K+ i innych kationów jednowartościowych. Elektrody zawierające stałe, krystaliczne membrany wykonane z trudnorozpuszczalnych soli (Ag2S, LaF3) umożliwiają oznaczanie odpowiednich kationów i anionów. Elektrody zawierające ciekłe membrany (wymieniacze jonowe) są m.in. stosowane do pomiarów stężeń Ca2+ i NO3-. Są również dostępne elektrody umożliwiające oznaczanie gazów oraz elektrody enzymatyczne służące do pomiarów zawartości niektórych związków organicznych (np. mocznika, glukozy).

Metody analizy termicznej

Metody analizy termicznej wykorzystują pomiary zmian właściwości fizycznych badanej substancji lub postępu reakcji chemicznych, jakim substancja ta podlega podczas kontrolowanego ogrzewania. Znajomość temperatur przemian charakterystycznych dla danej substancji pozwala na jej identyfikację, zaś ilościowe wyznaczenie jej zawartości umożliwia odniesienie zmierzonej zmiany danej wielkości do efektu oczekiwanego dla czystej substancji.
Metody termiczne umożliwiają również badanie przebiegu ważnych procesów, jakim mogą podlegać podczas ogrzewania ciała stałe: reakcji rozkładu, utleniania, redukcji oraz topnienia, krystalizacji i innych przemian fazowych.

Termograwimetria (TG - thermograwimetry)

W termograwimetrii, zwanej też derywatografią, wykorzystuje się pomiary masy próbki ogrzewanej w kontrolowanej atmosferze. Temperatura próbki zwykle wzrasta w czasie pomiaru z ustalona szybkością, lub zmienia się w inny, uprzednio zaprogramowany, sposób. Wynik pomiaru, zwany termogramem, zawiera zwykle wykres zależności masy próbki od temperatury (sygnał TG) oraz jej pierwszej pochodnej (DTG).
Termograwimetria może stosowana do analizy próbek wykazujących zmiany masy podczas ogrzewania, zachodzące podczas reakcji chemicznej (rozkładu, utleniania albo redukcji) czy też przemiany fizycznej (parowania, sublimacji lub desorpcji). Termograwimetria jest najczęściej wykorzystywana w badaniach polimerów. Termogramy procesów rozkładu i utleniania polimerów umożliwiają zarówno ich identyfikację, jak i określenie stabilności termicznej.
Przyrząd do pomiarów TG, czyli termograwimetr, składa się z wagi o wysokiej czułości, pieca umożliwiającego ogrzewanie próbki do temperatury 1500-1800°C oraz układu dozowania gazów omywających próbkę. Pomiary TG zwykle prowadzi się w atmosferze utleniającej (O2 lub powietrze) lub w atmosferze gazu obojętnego (N2 lub Ar). Niektóre przyrządy umożliwiają zmianę gazu w trakcie pomiaru. W nowoczesnych termograwimetrach można jednocześnie z pomiarem TG wykonywać pomiary metodą różnicowej analizy termicznej (DTA).

Różnicowa analiza termiczna (DTA - differential thermal analysis)

Podobnie jak różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC), metoda DTA umożliwia badanie efektów cieplnych towarzyszących procesom zachodzącym podczas ogrzewania badanej substancji. Polega ona na pomiarach różnicy temperatur próbek substancji badanej i substancji wzorcowej podczas ich kontrolowanego ogrzewania. Ponieważ substancja wzorcowa nie podlega przemianom, którym towarzyszą efekty cieplne, mierzona różnica temperatur zależy od szybkości pochłaniania lub wydzielania ciepła przez próbkę badanej substancji.
Metoda DTA może być wykorzystywana do badania substancji ulegających różnym przemianom egzotermicznym lub egzotermicznych: reakcjom chemicznym (rozkładu, utleniania, redukcji) oraz przemianom fazowym (rekrystalizacji, topnienia). Umożliwia ona wykorzystanie efektów cieplnych charakterystycznych dla danej substancji do jej identyfikacji i oznaczania jej zawartości. Jednym z ważniejszych zastosowań metody DTA są badania właściwości termicznych polimerów. Poza tym jest ona szeroko stosowana do badań innych materiałów, zarówno naturalnych jak i syntetycznych (np. minerałów, szkieł, katalizatorów, ceramiki). Metoda DTA umożliwia także badanie przemian fazowych i tworzenie diagramów fazowych.
Do pomiarów DTA zwykle wykorzystywane są odpowiednio przystosowane termograwimetry. Próbka badanej substancji i próbka substancji wzorcowej są umieszczone w piecu, w metalowych lub ceramicznych tyglach, które stykają się z termoparami. Napięcie termopary próbki jest wykorzystywane do sterowania ogrzewaniem pieca w taki sposób, aby temperatura próbki rosła ze stałą szybkością. Sygnał DTA stanowi różnica napięć termopary próbki i termopary wzorca, która jest wzmacniana, mierzona i wykreślana w zależności od temperatury próbki.

Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC - differential scanning calorimetry)

Podobnie jak różnicowa analiza termiczna (DTA), metoda DSC umożliwia badanie efektów cieplnych towarzyszących procesom zachodzącym podczas ogrzewania badanej substancji. Jest to metoda kalorymetryczna, tzn. polega ona na bezpośrednim pomiarze ciepła wydzielanego lub pochłanianego przez badana substancję.
Metoda DSC jest wykorzystywana do pomiarów efektów cieplnych przemian egzotermicznym lub egzotermicznych różnego typu: reakcji chemicznym (rozkładu, utleniania) oraz przemian fazowych (rekrystalizacji, topnienia). Umożliwia ona wyznaczanie wielkości charakterystycznych dla badanej substancji - ciepła (entalpii) przemiany oraz ciepła właściwego. Metoda ta jest stosowana do identyfikacji i badania różnych materiałów, zarówno naturalnych jak i syntetycznych (zwłaszcza

polimerów), umożliwia także tworzenie diagramów fazowych.
W standardowych różnicowych kalorymetrach skaningowych możliwe są pomiary w zakresie od -170°C do 750°C (osiąganie niskich temperatur wymaga odpowiedniego chłodzenia). Obecnie wykorzystywane są dwie odmienne metody pomiarowe, różniące się też rozwiązaniami konstrukcyjnymi: metoda kompensacji mocy (power compensation) albo metoda pomiaru strumienia ciepła (heat flux). Metoda kompensacji mocy polega na ogrzewaniu próbki substancji badanej i naważki substancji wzorcowe w dwóch oddzielnych piecach elektrycznych, kontrolowanym w taki sposób, by temperatura obu próbek pozostawała taka sama. Sygnał DSC, proporcjonalny do ciepła pochłanianego przez próbkę, stanowi różnica energii cieplnej oddawanej przez grzejniki w obu piecach. W metodzie pomiaru strumienia ciepła próbka jest umieszczona na dysku zawierającym liczne termopary, umożliwiające pomiar różnicy temperatur pomiędzy próbką a źródłem ciepła, i w konsekwencji wyznaczenie przepływu ciepła do próbki.

Zastosowania

Wybrane ważniejsze zastosowania podstawowych metod chemicznej analizy instrumentalnej.

Analiza elementarna substancji nieorganicznych

Atomowa spektroskopia emisyjna z wzbudzaniem plazmowym (ICP-AES)
Spektrometria masowa ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-MS)
Fluorescencyjna spektroskopia rentgenowska (XRF)
Atomowa spektroskopia absorpcyjna (AAS) (analiza śladowa)
Analiza ciał stałych

Termograwimetria (TG)

Różnicowa analiza termiczna (DTA)
Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC)
Dyfrakcja rentgenowska (XRD) (badanie składu fazowego)
Spektrografia (jakościowa analiza metali i stopów)

Analiza mieszanin gazów

Spektroskopia w podczerwieni (IR)
Chromatografia gazowa (GC)
Spektrometria masowa (MS)

Analiza mieszanin związków organicznych

Spektroskopia w podczerwieni (IR)
Spektroskopia Ramana
Wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC)
Chromatografia gazowa (GC)

Identyfikacja związków organicznych

Spektroskopia w podczerwieni (IR)
Spektroskopia Ramana
Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR)
Spektrometria masowa (MS)

Oznaczanie zawartości metali

Atomowa spektroskopia absorpcyjna (AAS) (analiza śladowa)
Polarografia
Potencjometria
Spektrofluorymetria
Spektroskopia UV-Vis
Woltamperometria (analiza śladowa)

Oznaczanie zawartości anionów nieorganicznych

Spektroskopia UV-Vis

Oznaczanie zawartości gazów w roztworach wodnych

Potencjometria

Oznaczanie zawartości niektórych związków organicznych

Spektroskopia UV-Vis
Spektrofluorymetria (substancje wykazujące luminescencję)
Woltamperometria
Chromatografia gazowa (GC) (substancje lotne)

Oznaczanie zawartości związków biologicznie czynnych

Wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC)
Elektroforeza kapilarna (CE)

Oznaczanie zawartości niemetali tworzących wodorkiAtomowa spektroskopia absorpcyjna (AAS)

Oznaczanie zawartości wody

Spektroskopia w podczerwieni (IR)

Pomiary pH

Potencjometria

Literatura

C.J. Cowper, A.J. DeRose, Chromatograficzna analiza gazów, WNT 1988
W. Rödel, G. Wölm, Chromatografia gazowa, PWN 1992
Z. Witkiewicz, Podstawy chromatografii, WNT 1995
W. Szczepanik, Metody instrumentalne w analizie chemicznej, PWN 1999
Metody spektroskopowe i ich zastosowanie do identyfikacji związków organicznych (p. red. W. Zielińskiego), WNT 1995
Andrzej Cygański, Metody spektroskopowe w chemii analitycznej, WNT 1997

---

dr Wacław Makowski
www.allchemia.net

https://laboratoria.net/home/9764.html

Informacje dnia: Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne

Partnerzy