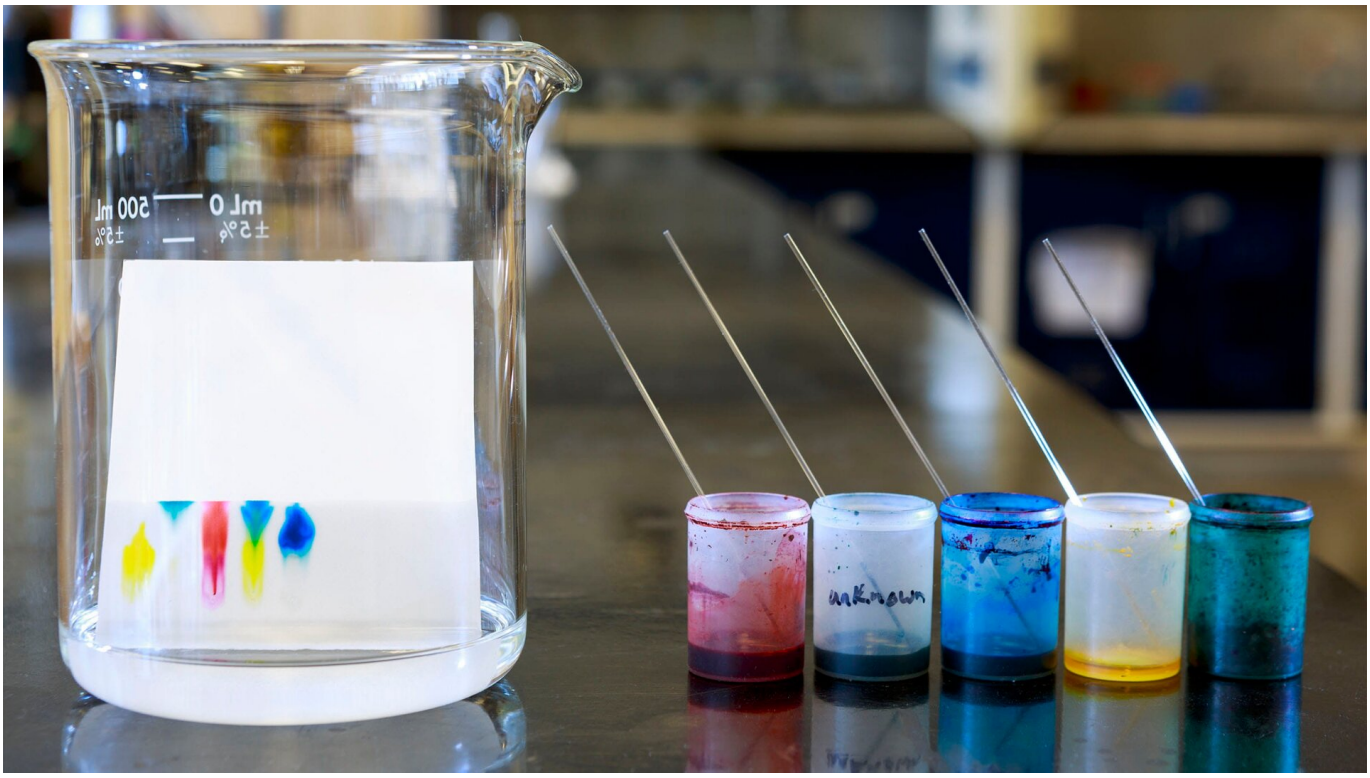


Chromatograficzny wykrywacz

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Wirtualne laboratorium – I
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Chromatografia cienkowarstwowa pozwala na rozdział barwników.
Źródło: dostępny w internecie: www.pinterest.com, domena publiczna.

Jak sądzisz, dlaczego w tytule pojawił się zapis: „chromatograficzny wykrywacz”? Czy wiesz, że aby odkryć źródło pochodzenia narkotyków, specjaliści kryminalistyki analizują ich skład pod kątem zawartych zanieczyszczeń? A może wiesz, jaką metodę stosuje się podczas kontroli antydopingowej? Jak się wówczas wykrywa niedozwolone substancje we krwi, pocie, moczu i ekstrakcie z włosów sportowców? Czy zastanawia Cię to, na jakiej zasadzie działa test ciążowy?

Twoje cele

- Poznasz pojęcia stosowane w chromatografii: faza stacjonarna i ruchoma, elucja, analit, rozdzielana mieszanina, adsorpcja.
- Dowiesz się, gdzie w życiu zastosowanie ma chromatografia.
- Zapoznasz się z etapami analizy metodą chromatografii kolumnowej.
- Wskażesz, jakie są zasady rozdzielania mieszanin metodą chromatografii kolumnowej. Wskażesz metodę stosowaną do znalezienia optymalnych warunków dla chromatografii kolumnowej.

Przeczytaj

Czy znasz przebieg doświadczenia, które pozwala zbadań chromatografię bibułową barwnika pisaka? Na bibule filtracyjnej zaznaczono kreskę mazakiem, a następnie zanurzono ją w zlewce z octem. Poziom cieczy podnosił się i zaczynała ona pochłaniać za sobą wchodzące w skład tuszu pisaka barwniki, które podczas rozdzielania wędrowały z różnymi prędkościami. Wniosek brzmiał następująco: w skład tuszu pisaka określonego koloru wchodzi więcej niż jeden barwnik.

Czy wiesz, kto odkrył chromatografię i w jakich okolicznościach?

Kto jest twórcą chromatografii?	Botanik, fizjolog i biochemik Michaił S. Cwiet (1872-1919)
Kiedy opracował tę metodę?	W 1903 r., będąc wykładowcą na Politechnice Warszawskiej.
Okoliczności odkrycia chromatografii	Podczas prób nad sposobem rozdzielania barwników (głównie chlorofilów), zawartych w zielonych liściach używając eteru naftowego, który przesączał przez ubitą kredę ($CaCO_3$).
Od czego pochodzi nazwa chromatografia?	Od greckiego chrōmatos – barwa i gráphō – piszę
Jak nazywa się słupek z adsorbentem i z rozdzielonymi na nim substancjami?	chromatogram
Ciekawostka	Nazwisko odkrywcy – Cwiet – po rosyjsku oznacza barwę.

Chromatografia

Chromatografia jest zaliczana do jednej z metod analitycznych i preparatywnych. Technika ta pozwala na rozkładanie mieszaniny na oddzielne składniki lub ich grupy (frakcje), a także ich identyfikację. Procedura ta korzysta z różnic w zachowaniu poszczególnych związków chemicznych w układzie dwufazowym – czyli działa na zasadzie oddziaływań międzycząsteczkowych, powstających pomiędzy związkami chemicznymi, z których składa się mieszanina, a złożem. Wówczas pewne związki chemiczne przechodzą przez złoże szybciej, a inne wolniej.

Jedna z faz pozostaje w tym samym miejscu, nie ulega zmianie jej położenie (faza stacjonarna, faza nieruchoma, złoże, adsorbent). Druga natomiast przemieszcza się w stosunku do pierwszej w określonym kierunku (roztwór rozwijający, eluent, faza ruchoma, faza nośna).

Chromatografię można podzielić, w zależności od stanu skupienia fazy ruchomej, na:

- **gazową** – fazę ruchomą stanowi gaz (zazwyczaj hel, argon, wodór);
- **cieczową** – fazę ruchomą stanowi ciecz;
- **nadkrytyczną** – fazą ruchomą jest substancja (najczęściej tlenek węgla(IV)) w stanie nadkrytycznym.

Możliwe zależności pomiędzy fazą ruchomą i fazą stacjonarną:

Faza ruchoma	Faza nieruchoma
gaz	ciecz
gaz	ciało stałe
ciecz	ciecz
ciecz	ciało stałe

Chromatografia kolumnowa

Chromatografia kolumnowa jest reprezentantem chromatografii cieczowej. Jest dobrą i wydajną techniką, służącą do rozdzielania mieszanin i oczyszczania produktów naturalnych i syntetycznych.

W mechanizmie rozdzielania wykorzystuje się istnienie różnic w sile oddziaływań międzycząsteczkowych dla różnych związków, pomiędzy składnikami mieszaniny a fazą ruchomą oraz składnikami mieszaniny a fazą stacjonarną. W roli fazy stacjonarnej można

używać rozmaitych adsorbentów, którymi są ciała stałe, porowate, o silnie rozwiniętej powierzchni, nierozpuszczalne w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych.

Najczęściej stosowanymi adsorbentami (faza stacjonarna) są:

- żel krzemionkowy – SiO_2 (silnie polarny);
- tlenek glinu(III) – Al_2O_3;
- węgiel aktywny;
- poliamid;
- glinokrzemiany.

Z kolei **fazę ruchomą** stanowią woda lub organiczne rozpuszczalniki, takie jak: metanol, acetonitryl, propanol lub heksan.

Związki polarne adsorbują się silniej na polarnych cząsteczkach silikażelu, dlatego są wymywane z kolumny później niż składniki mniej polarne, które poruszają się szybciej przy zastosowaniu rozpuszczalnika mniej polarnego.

Etapy analizy metodą chromatografii kolumnowej:

Przygotowanie kolumny
Należy wybrać odpowiednią kolumnę chromatograficzną (w zależności od ilości rozdzielanego związku) i umocować ją w łapie na statywie. Kolumnę (rurę) dobrać tak, aby była napełniona mniej więcej do połowy wysokości. Im większy jest stosunek wysokości kolumny do jej średnicy, tym lepszy osiąga się rozdział.
Załadowanie kolumny
Między kranem a kolumną należy umieścić watę (w przypadku, gdy kolumna posiada wbudowany spiek, wata jest zbędna). W zlewce przygotować zawiesinę adsorbentu w eluencie, następnie, zanim opadnie na dno, przelać ją do kolumny i „ubić" za pomocą gumowej rurki (uderzać lekko po bokach kolumny). Kran należy zamknąć, gdy wysokość eluentu nad adsorbentem wyniesie ok. 5 mm. Nie dopuścić do wyschnięcia fazy stacjonarnej.
Aplikacja próbki na kolumnę
Przed aplikacją próbki należy wsypać cienką warstwę piasku (2-5 mm) na warstwę adsorbentu, co zapobiega unoszeniu adsorbentu podczas wprowadzania roztworu na kolumnę. Próbka powinna być rozpuszczona w jak najmniejszej ilości eluentu. Ostrożnie wprowadzać ją na warstwę adsorbentu, nie powodując zmieszania się

z adsorbentem. Następnie należy ostrożnie dodać eluent, tak aby nie dopuścić do zmieszania się z rozdzielaną próbką.

Rozwijanie kolumny

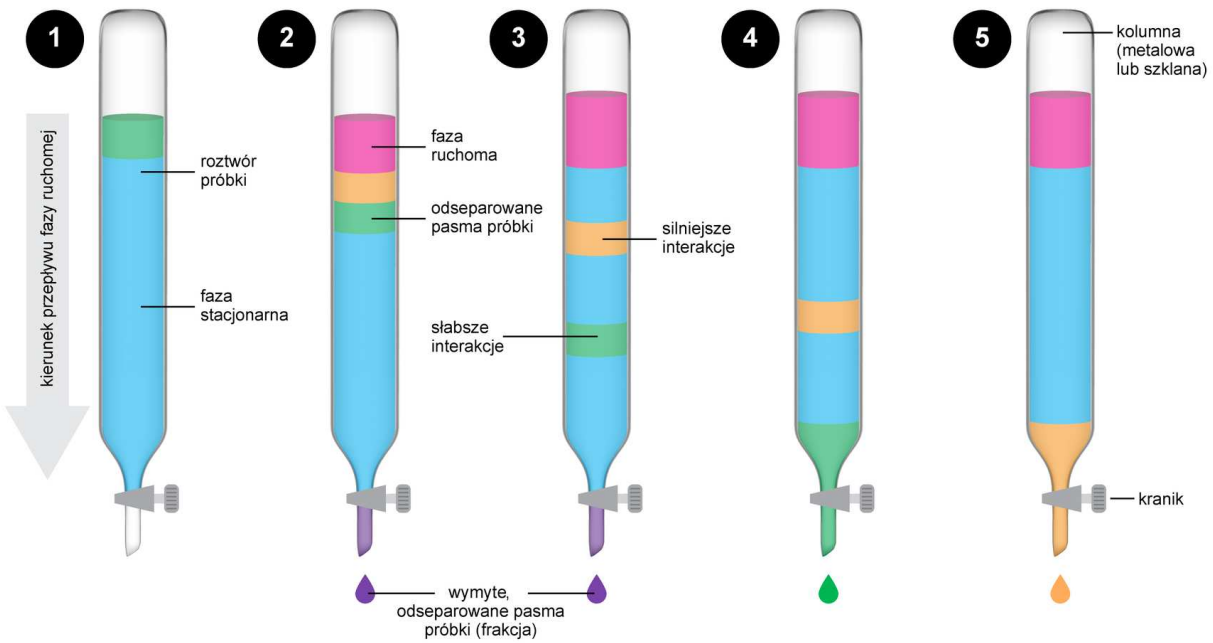
Otworzyć kran i rozpocząć rozdzielanie substancji na warstwie adsorbentu, starać się utrzymywać stałą wysokość rozpuszczalnika nad fazą stacjonarną.

Zbieranie frakcji

Frakcja to część mieszaniny wyodrębnionej w procesie rozdzielania. Od dołu kolumny należy odbierać kolejne frakcje (fiolki, probówki) o ustalonych ilościach. Objętość frakcji dobiera się empirycznie. Proces prowadzić do momentu, aż wszystkie analizowane związki opuszczą kolumnę.

Analiza frakcji

Analizę frakcji wykonuje się najczęściej przy zastosowaniu metody TLC (ang. *Thin Layer Chromatography*). Po wykonaniu analiz, należy połączyć frakcje zawierające ten sam związek, a następnie odparować rozpuszczalnik. W końcowym etapie otrzymuje się oczyszczone związki.



Etapy przeprowadzania chromatografii kolumnowej

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Chromatografia cienkowarstwowa (TLC)

Chromatografia cienkowarstwowa (TLC, ang. *Thin Layer Chromatography*) stanowi powszechną technikę sprawnego kontrolowania postępu reakcji chemicznych i czystości produktów. Za pomocą tej metody można zidentyfikować związki zarówno organiczne, jak i nieorganiczne.

W technice TLC, fazę stacjonarną nakłada się w formie cienkiej, równomiernej warstewki na płytkę szklaną, arkusz folii aluminiowej lub na tworzywo sztuczne. Mieszaninę substancji do rozdzielenia lub po rozdziale nanosi się punktowo przy dolnej krawędzi płytki. Następnie płytkę chromatograficzną umieszcza się w komorze chromatograficznej. Jeden koniec płytki zanurzony jest w zlewce z fazą ruchomą, która – dzięki siłom kapilarnym – porusza się przez złoże prostopadle do powierzchni fazy ruchomej. Taki ruch kapilarny jest porównywany do dyfuzji substancji rozpuszczonej w fazie ruchomej pod kątem prostym w stosunku do drogi migracji, więc substancja rozpuszczona ograniczona jest do wąskiej dróżki.

Składniki rozdzielanej mieszaniny chemicznej wiążą się z różną siłą z polarnym adsorbentem. Następnie są wymywane za pomocą rozpuszczalnika, który pełni funkcje fazy ruchomej.

> **Ważne!**
>
> Wraz z polarnością badanej substancji, wzrasta wiązanie się ich z fazą stałą, czego efektem jest trudniejsze wymywanie substancji chemicznych przez eluent. Natomiast wraz ze wzrostem polarności fazy ruchomej następuje wzrost blokowania przez niego polarnych centrów aktywnych fazy stałej, co zmniejsza „opory" przesuwania się wymywanych substancji.

Rozpuszczalniki dobiera się na zasadzie „podobne rozpuszcza się w podobnym „. Wówczas wykonuje się kilka prób (modyfikując polarność fazy ruchomej) i stara się otrzymać jak najmniejszą wartość tzw. współczynnika opóźnienia R_f (ang. *retardation factor*). Współczynnik ten przedstawia ułamek czasu spędzonego przez substancję w fazie ruchomej i powinien być wyższy od 0 i niższy od 1.

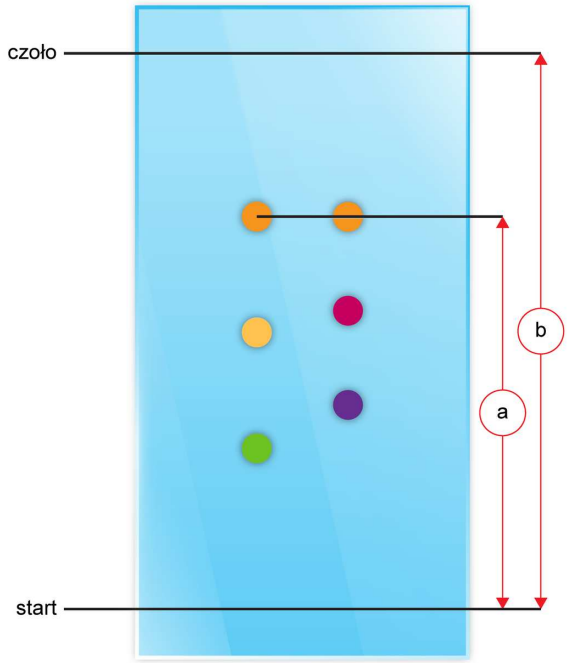
$$R_f = \frac{a}{b}$$

Gdzie a to długość drogi, którą przebył nałożony analit, a b to długość drogi, którą przebył eluent.

Jeżeli wartość współczynnika R_f jest równa lub bliska zeru, oznacza to, że substancja adsorbuje się bardzo silnie, przez co w tym samym czasie, co w przypadku substancji o wysokich wartościach współczynnika R_f (0,6-0,9) przebywa krótszą drogę.

W uproszczeniu, współczynnik R_f pokazuje stosunek prędkości próbki do prędkości eluentu.

Technika TLC jest wykorzystywana w celu znalezienia optymalnych warunków dla chromatografii kolumnowej oraz analizy frakcji uzyskanych techniką chromatografii kolumnowej.

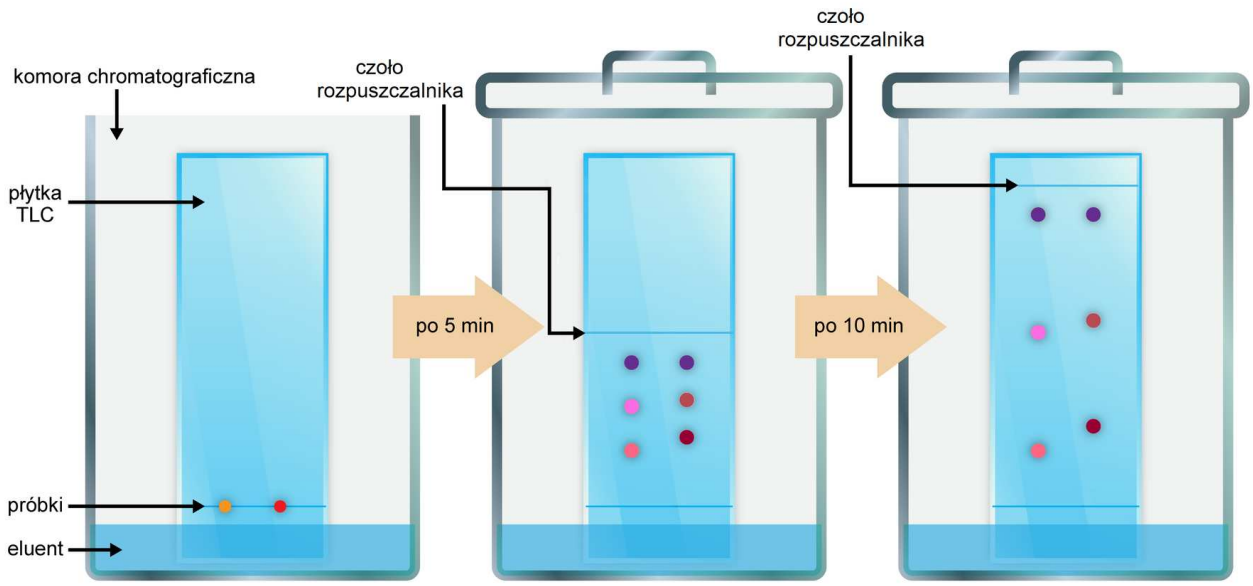


Płytka TLC po przeprowadzonej chromatografii. Ze wskazanych odległości wyliczany jest współczynnik opóźnienia R_f, gdzie:

- *start* to linia, na którą punktowo nanosimy analit (mieszaninę substancji) za pomocą kapilary;
- *a* to punkt, do którego dotarł nałożony analit;
- *b* to poziom, do którego dotarło czoło eluentu;
- *czoło* to linia pomocnicza, która przedstawia moment wyciągnięcia płytki z komory rozwijającej (eluent dotarł do tej linii).

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda liniowa to najpopularniejsza technika rozwijania płytek chromatograficznych. Wymagany jest kontakt jednego końca płytki (warstwy chromatograficznej) z rozpuszczalnikiem (faza ruchoma). Potem płytkę chromatograficzną ustawia się w pozycji pionowej lub pod kątem, zanurzając ją w kilku mililitrach rozpuszczalnika, który znajduje się w odpowiednim pojemniku zwanym komorą chromatograficzną. Rozwijanie liniowe może być jednokierunkowe lub dwukierunkowe.



Etapy chromatografii cienkowarstwowej
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

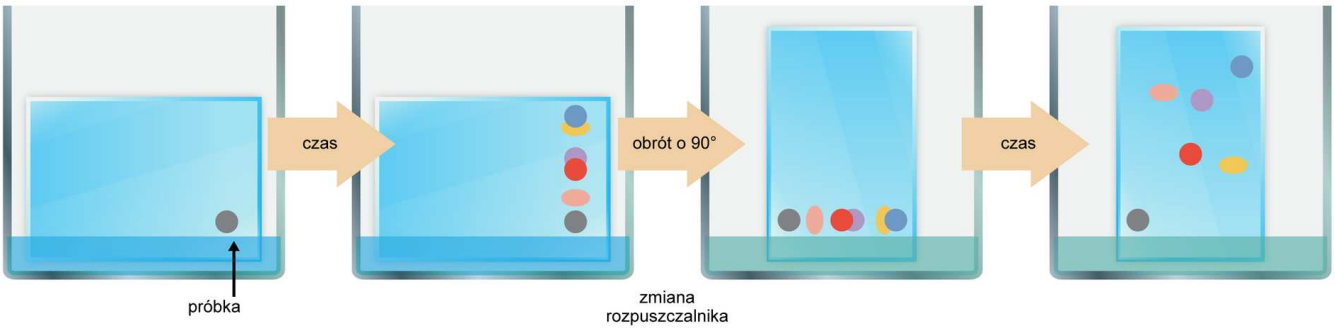
Płytkę chromatograficzną można rozwijać:

- pojedynczo;

W rozwijaniu jednokierunkowym, faza ruchoma przemieszcza się od dołu płytki chromatograficznej ku górze. Spotykane jest również rozwijanie dwukierunkowe. W tym przypadku, po pierwszym rozwinięciu należy płytkę wysuszyć w celu usunięcia rozpuszczalnika, a następnie ponownie ją zanurzyć w tym samym lub innym rozpuszczalniku. Konieczne jest jednak obrócenie płytki o 90 stopni.

- wielokrotnie.

W rozwijaniu wielokrotnym, po każdej analizie, płytkę chromatograficzną należy wysuszyć i ponownie rozwinąć. W tym celu można zastosować taką samą lub inną fazę ruchomą. Technika wielokrotnego rozwijania ma na celu zwężenie pasma stężeniowego substancji, czego efektem jest zwiększenie sprawności układu i czułości metody.



Etapy przeprowadzania chromatografii cienkowarstwowej dwukierunkowej

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zalety TLC

- Stosowana jest do wstępnego doboru faz dla układów kolumnowych, ponieważ zużycie rozpuszczalników, w porównaniu z chromatografią kolumnową, jest znacznie mniejsze.
- Możliwość przechowywania płytek z rozdzielonymi substancjami.
- Na jednej warstwie chromatograficznej można równocześnie rozdzielać kilka różnych próbek.
- Pozwala określić stopień rozdzielenia substancji na każdym etapie rozwijania chromatogramu i przerwać ten proces w dowolnym momencie.

W przypadku kolumny chromatograficznej, zarówno detekcja składników, jak i ocena stopnia ich rozdzielenia możliwe są dopiero, gdy związki te opuszczą kolumnę.

Zastosowania chromatografii w życiu codziennym

Tworzenie szczepionek

Chromatografia jest przydatna w określaniu, które przeciwciała zwalczają różne choroby i wirusy. Naukowcy wykorzystali chromatografię w walce z Ebolą, odpowiedzialną za ponad 11000 zgonów, by dowiedzieć się, które przeciwciała są bardziej skuteczne w neutralizacji wirusa. Biofarmaceutyk Zmapp jest jego najbardziej skutecznym neutralizatorem.

Testowanie żywności

Skandal z koniną w 2013 roku odsłonił, że w niektórych wyrobach z mięsa wołowego znajduje się znacząca ilość właśnie koniny. Zdano sobie sprawę z nieskuteczności tradycyjnych metod analizy żywności i uznano chromatografię jako najskuteczniejszą metodę w określaniu zawartości przetwarzanego mięsa. Tradycyjne metody były skuteczne w analizie składu próbek surowych, ale nie przyniosły jednoznacznych wniosków podczas analizy przetworzonych mięs. Z powodzeniem wykorzystano wysokosprawną chromatografię cieczową w połączeniu ze spektrometrią mas (HPLC-MS) do przebadania przetworów mięsnych, które – zgodnie z opisem składu na

opakowaniach – powinny zawierać wołowinę, a tak naprawdę zawierały mieszankę wołowiny i innych mięs.

Badanie napojów

Jedzenie nie jest jedyną rzeczą, którą spożywasz, a która została przetestowana za pomocą chromatografii. Wielu producentów napojów stosuje tę technikę, aby upewnić się, że nie zmienia się skład ich produktu. Dzięki temu możesz polegać na stałym smaku. Jedną z takich marek jest

Słownik

kolumna chromatograficzna

faza nieruchoma jest umieszczona w specjalnej kolumnie, przez którą przepuszcza się roztwór badanej mieszaniny, po czym wymywa składniki mieszaniny, stosując eluent

faza stacjonarna (nieruchoma, adsorbent)

substancja umieszczona w kolumnie chromatograficznej (chromatografia kolumnowa) lub na płaszczyźnie (chromatografia cienkowarstwowa), która ma budowę porowatą i spełnia rolę sorbentu, tzn. działa na zasadzie zatrzymywania składników rozdzielanej mieszaniny na powierzchni (adsorpcja) lub w masie (absorpcja)

faza ruchoma

eluent lub inaczej czynnik wymywający; w przypadku chromatografii cieczowej jest nim ciekły rozpuszczalnik, który przenosi analizowaną substancję przez złoże, a w przypadku chromatografii gazowej gaz – mówimy wtedy o gazie nośnym

elucja

proces wymywania składników

adsorpcja

efekt powierzchniowy; wynika z oddziaływań elektrostatycznych (wiązania wodorowe, oddz. dipol-dipol, dipol-dipol indukowany) pomiędzy substancją rozdzielaną i miejscami polarnymi (polarne grupy funkcyjne np. OH, $Si-O-Si$ lub $Si-OH$) fazy stacjonarnej

rozdzielana mieszanina

układ dwóch lub więcej związków chemicznych, zmieszanych ze sobą w dowolnym stosunku oraz podlegających rozdzielaniu

analit

składnik wykrywany lub/i oznaczany w badanej próbce

współczynnik opóźnienia (migracji)

> R_f, iloraz odległości przebytej przez substancję rozdzielaną przez odległość przebytą przez czoło eluentu w tym samym czasie
> **frakcja**
>
> części mieszaniny, wyodrębnione w procesie rozdzielania

Bibliografia

Szczepaniak W., *Metody instrumentalne w analizie chemicznej<c/ite>, Warszawa 1996.*

Witkiewicz Z., *Podstawy chromatografii*, Warszawa 1995.

Zniszczoł, A., Budniok S., *Laboratorium z chemii organicznej. Chromatografia Cienkowarstwowa (TLC)<c/ite>, Gliwice 2010.*

Wirtualne laboratorium – I

Laboratorium 1

Przeprowadź doświadczenie w laboratorium chemicznym. Metodą chromatografii kolumnowej rozdziel mieszaninę o-nitrofenol i p-nitrofenolu. Jako eluent zastosuj dichlorometan. Rozwiąż problem badawczy i zweryfikuj hipotezę. W formularzu zapisz swoje obserwacje i wyniki, a następnie sformułuj wnioski.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DIFg1c9H6

Wirtualne laboratorium pt. *Chromatografia kolumnowa*
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Analiza doświadczenia: Chromatografia kolumnowa.

Problem badawczy: Czy za pomocą chromatografii kolumnowej można rozdzielić o-nitrofenol oraz p-nitrofenol?

Hipoteza: Za pomocą chromatografii kolumnowej można rozdzielić o-nitrofenol oraz p-nitrofenol.

Obserwacje:

Wyniki:

Wnioski:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

Chromatografia kolumnowa jest przykładem chromatografii:

- nadkrytycznej.
- cieczowej.
- gazowej.

Ćwiczenie 2

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

Aby znaleźć optymalne warunki dla chromatografii kolumnowej, należy wykonać:

- chromatografię gazową.
- chromatografię nadkrytyczną.
- chromatografię cienkowarstową.

Ćwiczenie 3

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

Fazę stacjonarną stanowi:

- eluent.
- szklana kolumna.
- adsorbent.

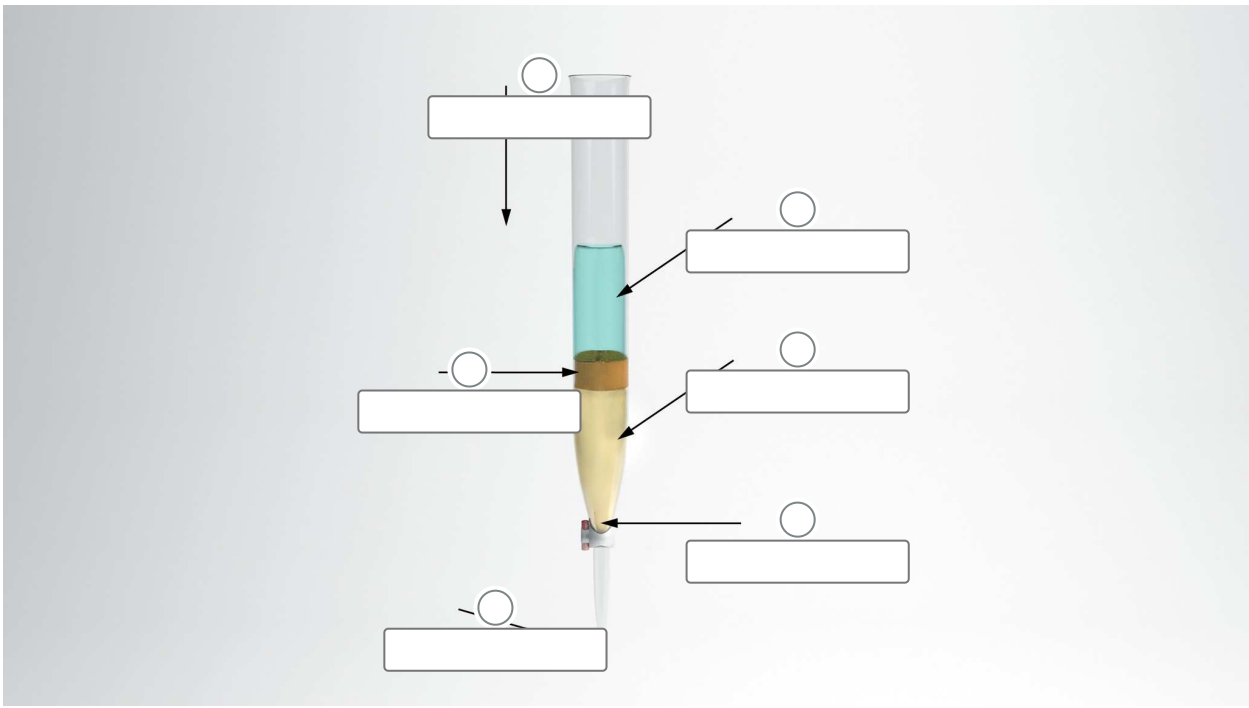
Ćwiczenie 4

Uporządkuj etapy analizy metody chromatografii kolumnowej.

- załadowanie kolumny
- aplikacja próbki na kolumnę
- rozwijanie kolumny
- zbieranie frakcji
- przygotowanie kolumny
- analiza frakcji

Ćwiczenie 5

Uzupełnij rysunek, wykorzystując opisy znajdujące się poniżej.

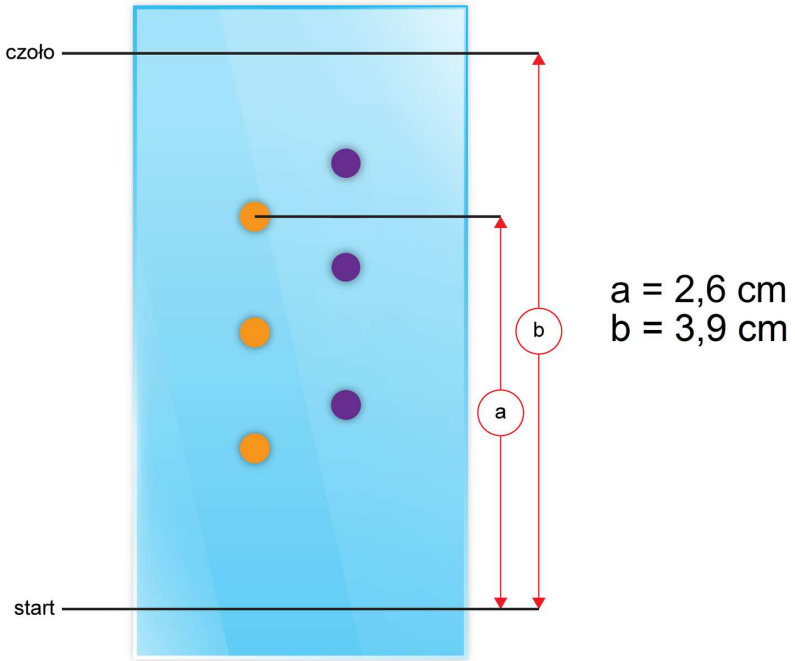


wata/spiek | faza ruchoma | kierunek przepływu fazy ruchomej | faza stacjonarna | odbierany eluent | piasek

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6

Oblicz współczynnik opóźnienia R_f. Dane potrzebne do obliczeń odczytaj z rysunku.



Płyta chromatograficzna. Pomarańczowe plamki pochodzą od analizowanej próbki, natomiast fioletowe od wzorca.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Odpowiedz, czy zastosowano właściwy eluent do rozdzielenia analizowanej próbki.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7

Z jakim typem chromatografii mamy do czynienia w przypadku testów medycznych, takich jak test ciążowy czy test na wykrywanie narkotyków w moczu?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8

Wyjaśnij, dlaczego substancje (składniki analizowanej mieszaniny) przemieszczają się na płytkach do chromatografii cienkowarstwowej z różną szybkością.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 9

Wykonaj doświadczenie.

Potrzebne materiały:

- szklanka;
- woda;
- biała bibuła;
- cukrowe różnokolorowe cukierki;
- wykałaczki;
- ołówek lub długopis.

Instrukcja:

Do szklanki nalej $2\ \mathrm{cm}$ wody. Narysuj ołówkiem linię o długości jednego centymetra od spodu kawałka bibuły do chromatografii. Użyj kilku kropli wody, aby rozpuścić każdy cukierek. Nanieś kilka kropel koloru w małym miejscu na linii za pomocą wykałaczki. W ten sam sposób nanieś inne kolory cukierków, centymetr od pierwszej kropki na linii. Po umieszczeniu wszystkich kolorów w linii, napisz nazwę każdego koloru cukierka wg odpowiedniego miejsca. Później drugi koniec bibuły owiń wokół długopisu/ołówka i wprowadź do szklanki z wodą (długopis/ołówek oparty na krawędziach szklanki). Bibuła powinna dotykać dna szklanki. Gdy woda zbliży się do ok. $2\ \mathrm{cm}$ od jej górnej krawędzi, wyjmij ją, osusz i przeanalizuj.

Przeprowadź doświadczenie, a następnie:

- wykonaj rysunek poglądowy zgodnie z opisem doświadczenia;
- zaproponuj pytanie badawcze, hipotezę oraz podaj wnioski.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Sylwia Kostera, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Chromatografia kolumnowa.

Grupa odbiorcza: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy:

V. Roztwory. Uczeń:

4) opisuje sposoby rozdzielenia roztworów właściwych (ciał stałych w cieczach, cieczy w cieczach) na składniki (m.in. ekstrakcja, chromatografia).

Zakres rozszerzony

V. Roztwory. Uczeń:

4) opisuje sposoby rozdzielenia roztworów właściwych (ciał stałych w cieczach, cieczy w cieczach) na składniki (m.in. ekstrakcja, chromatografia, elektroforeza).

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wyjaśnia pojęcia: chromatografia, kolumna chromatograficzna, faza stacjonarna, faza ruchoma, współczynnik opóźnienia, chromatografia cienkowarstwowa;
- omawia wygląd kolumny chromatograficznej;

- omawia zalety chromatografii cienkowarstwowej.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- eksperyment chemiczny;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i z dostępem do Internetu;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/mazak.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, na której widoczna jest kolumna chromatograficzna, po czym zadaje uczniom pytania: Co ich zdaniem przedstawione jest na zdjęciu? W jaki sposób można rozdzielić atrament lub barwnik z mazaków na składniki? Gdzie w życiu codziennym można znaleźć przykłady chromatografii?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu „chromatografia".
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Prowadzący zajęcia wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek z YouTube zatytułowany „Jak poprawnie przygotować kolumnę chromatograficzną?" (link w materiałach pomocniczych).
2. Następnie odwołuje uczniów do wirtualnego laboratorium – uczniowie pracują parami z wykorzystaniem kilku wariantów, z możliwością modyfikacji parametrów.
3. Eksperyment chemiczny. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, rozdaje karty pracy, rozdaje sprzęt, szkło laboratoryjne, odczynniki i instrukcję do eksperymentu. Uczniowie stawiają pytanie badawcze i hipotezę, przeprowadzają eksperyment wg instrukcji, obserwują zmiany, wyciągają wnioski, zapisują wszystko w kartach pracy. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wyjaśnia ewentualnie niezrozumiałe kwestie i wątpliwości. Po minionym czasie liderzy grup prezentują efekty pracy. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
4. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się".

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, zadając przykładowe pytania: Na czym polega chromatografia kolumnowa? Co to jest elucja? Jaką rolę pełni eluent? Co to jest faza stał i faza ruchoma?
2. Jako podsumowanie lekcji, nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

- Przypomniałem/łam sobie, że...
- Co było dla mnie łatwe...
- Czego się nauczyłam/łem...
- Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenie 9 (doświadczenie) zawarte w e-materiale – „Sprawdź się".

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Wirtualne laboratorium może być wykorzystane do przedstawienie procedury chromatografii. Uczniowie mogą je wykorzystać, przygotowując się do lekcji lub do sprawdzianu. Medium może być również wykorzystane przez uczniów nieobecnych na lekcji jako uzupełnienie luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Proponuje film przedstawiający: jak przygotować kolumnę chromatograficzną? Inspiracja w poniższym linku: https://www.youtube.com/watch?v=wfWdS8_Tqxk

2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Na czym polega chromatografia kolumnowa?
- Co to jest elucja?
- Jaką rolę pełni eluent?
- Co to jest faza stał i faza ruchoma?

3. Doświadczenie

Szkło i sprzęt laboratoryjny: szalki Petriego, zlewki.

Odczynniki chemiczne: długie kawałki kredy białej, flamaster czarny/brązowy/niebieski/czerwony, woda.

Instrukcja wykonania:

- Na długim kawałku kredy do pisania, w odległości ok. 1,5 cm od podstawy, zaznacz czarnym lub brązowym flamastrem linię równoległą do podstawy. Ponieważ kawałek kredy ma cztery boczne ściany, można równocześnie wypróbować cztery różnokolorowe flamastry.
- Na szalce Petriego wlej kilkumilimetrową warstwę wody i postaw na to „kolumnę chromatograficzną".
- Obserwuj zmiany. (Kreda szybko nasiąka wodą, woda rozwija ku górze chromatogram, na którym pojawiają się barwne pasma utworzone przez barwniki, wchodzące w skład pozornie jednobarwnego flamastra.)

4. Karty charakterystyk substancji.
5. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 53.53 KB w języku polskim