



## Co to jest elektroforeza?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film edukacyjny
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Co to jest elektroforeza?

Zdjęcie przedstawia kadr z wyścigu lekkoatletycznego. Kiedy zawodniczki stoją na starcie, jedna już zaczyna swój bieg. Podobnie jest w procesie elektroforezy. Niektóre cząsteczki poruszają się szybciej, kiedy inne dalej są na starcie.

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

Elektroforeza jest zjawiskiem polegającym na poruszaniu się naładowanych cząstek (makrocząsteczek lub cząstek koloidowych) w nieruchomym ośrodku rozpraszającym (np. żelu polimerowym), pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego. Elektroforeza to też technika rozdzielania i identyfikacji substancji. Podczas tego procesu dochodzi do problematycznego wydzielania substancji oczyszczonych, dlatego używana jest głównie jako metoda analityczna, a nie preparatywna. Elektroforezę wykorzystuje się m.in. do rozdzielania mieszanin białek, ale także do oczyszczania i koagulacji lateksu, pokrywania metali farbami, żywicami lub gumą. W tej części dowiesz się, jak przebiega proces elektroforezy oraz jakie ma on zastosowanie dla chemii czy biologii molekularnej.

### Twoje cele

- Zastanowisz się nad tym, jak cząsteczki posiadające ładunek poruszają się w polu elektrycznym.
- Określisz wpływ wielkości cząsteczki na szybkość poruszania się w polu elektrycznym.
- Porównasz, jak przebiega elektroforeza cząsteczek naładowanych dodatnio i ujemnie.

# Przeczytaj

---

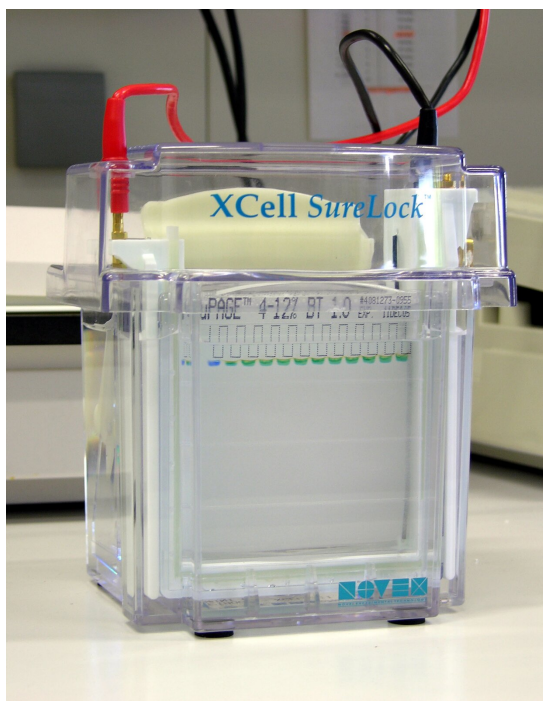
## Charakterystyka elektroforezy

Cząsteczki, które mają ładunek, mogą się poruszać pod wpływem przepływającego prądu elektrycznego. Ruch cząsteczek ujemnie naładowanych w kierunku anody nazywany jest **anaforezą**, a cząsteczek naładowanych dodatnio w kierunku katody – **kataforezą**.

Elektroforeza jest zjawiskiem polegającym na poruszaniu się naładowanych cząstek (makrocząsteczek lub cząstek koloidowych) w nieruchomym ośrodku rozpraszającym, pod wpływem pola elektrycznego. Odbywa się to w kierunku elektrod przeciwnego znaku. Omówmy to na przykładzie elektroforezy żelowej, **PAGE** (od ang. *polyacrylamide gel electrophoresis*).

## Elektroforeza żelowa

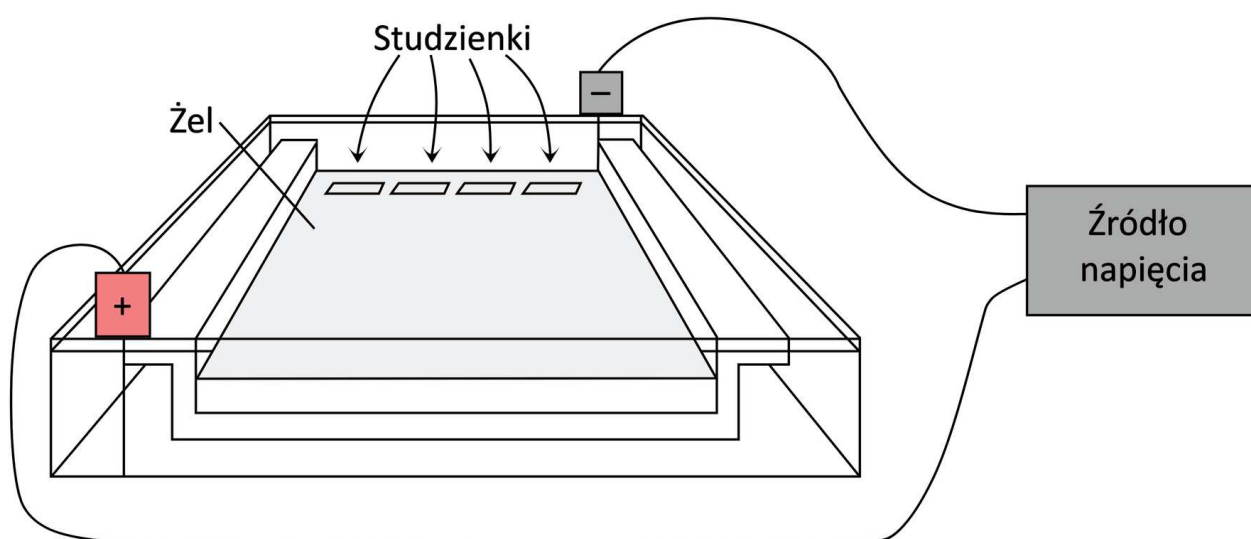
Elektroforezę żelową przeprowadza się w specjalnych aparatach, na płytkach wyłożonych najczęściej żelem z polimerów, np. poliakrylamidem. Żel tworzy nieruchomy ośrodek, w którym znajduje się mieszanina poddana rozdzielaniu lub/i analizie.



Zdjęcie aparatu do elektroforezy żelowej

Źródło: dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=502782>, licencja: CC BY 3.0.

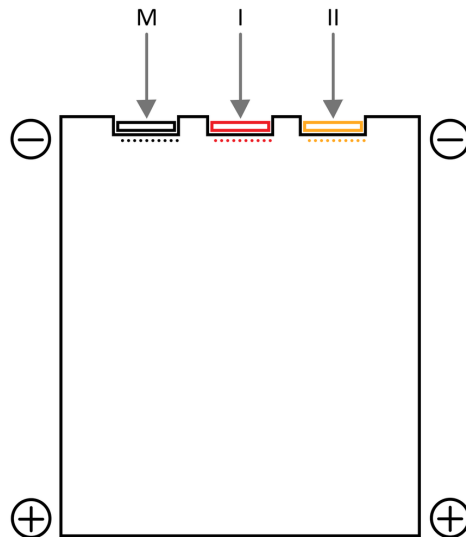
Płytkę o długości i szerokości kilku centymetrów pokrywa się cienką warstwą polimeru (pełniącego funkcję żelu). Na jednym z końców płytki znajdują się zagłębienia, zwane studzienkami, do których wprowadzane są analizowane substancje lub mieszaniny. Badane substancje są rozpuszczone w rozpuszczalniku o większej gęstości niż żel. Do jednej ze studzienek wprowadza się odpowiedni marker, czyli mieszaninę znanych związków o zdefiniowanej masie, służącej jako wzorzec. Wzdłuż przeciwległych krawędzi płytki znajdują się elektrody, przez które przepływa prąd.



Rysunek przedstawiający aparat do elektroforezy

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: [www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org).

Do elektrod przykłada się prąd stały lub pulsujący, o napięciu od 50 do 3000 V. W zależności od wartości przyłożonego napięcia, proces zachodzi szybciej lub wolniej. Aby uzyskać większą dokładność rozdzielania/identyfikacji, stosuje się niższe napięcie, co pozwala na lepsze rozdzielanie badanej mieszaniny, przy jednoczesnym wydłużeniu czasu, a nie procesu. Użycie wyższego napięcia powoduje przyspieszenie procesu, jednak może spowodować zniszczenie żelu. Po zakończonym procesie rozdzielania płytkę wybarwia się odpowiednimi barwnikami, aby odczytać wynik przeprowadzonego eksperymentu.



Płytko do elektroforezy

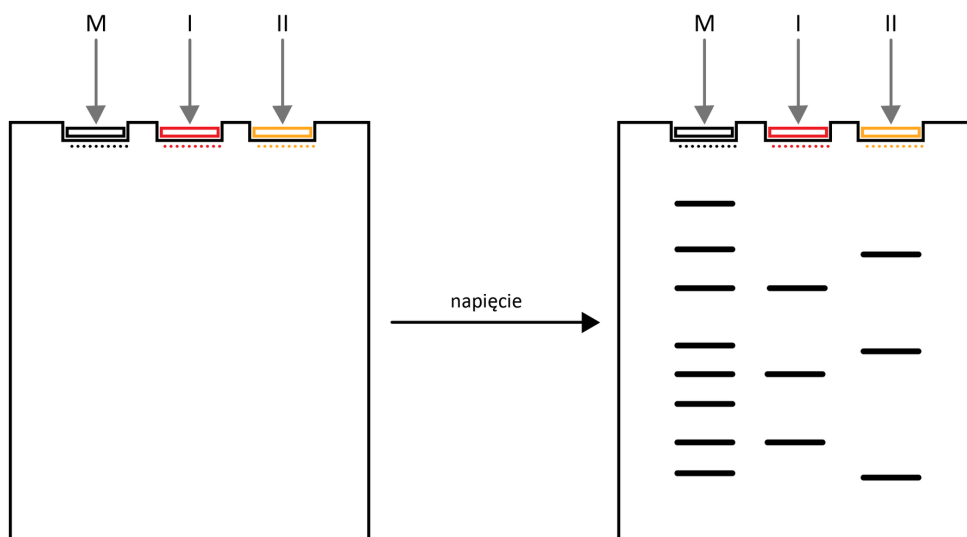
M – marker

I – mieszanina I

II – mieszanina II

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

Na przedstawionym powyżej rysunku płytki do elektroforezy, wgłębienia to studzienki, do których wprowadza się marker oraz badane mieszaniny związków, a po bokach widoczne są elektrody. Warto zwrócić uwagę na kierunek rozmieszczenia elektrod. Przy takim ich ułożeniu możemy oznaczać cząsteczki lub związki negatywnie naładowane. W przypadku cząstek naładowanych dodatnio, elektrody powinny być założone odwrotnie.



Płytko do elektroforezy

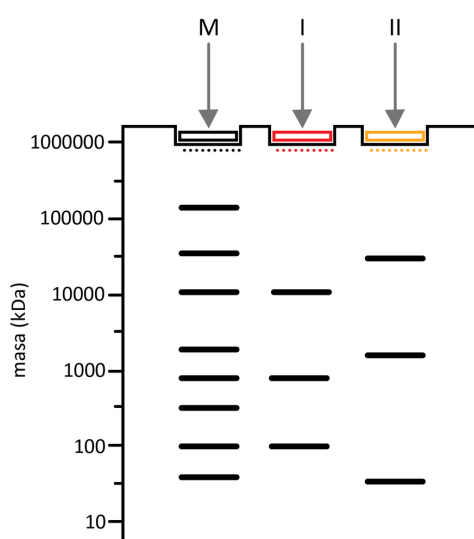
M - marker

I - mieszanina I

II - mieszanina II

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

## Analiza wyników



Rysunek schematycznie przedstawiający wynik elektroforezy

M - marker

I – mieszanina I

II – mieszanina II

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

Jak można zauważyć na powyższym rysunku, cząstki o wyższych masach znajdują się bliżej punktu startowego, a cząstki o mniejszych masach są dalej od punktu startowego. Wynika to stąd, że małe cząstki poruszają się szybciej w żelu. Wprowadzony do pierwszej studzienki marker, służący jako wzorzec, pozwala wyskalować wartości mas poszczególnych fragmentów. Mieszaniny I i II są mieszaninami trójskładnikowymi. Porównując pasy wzorca z pasami składników mieszanin, możemy oszacować ich masy.

### Ciekawostka

Czy wiesz, że zjawisko elektroforezy ma już ponad 200 lat? Elektroforeza została opisana przez Ferdinanda Frederica Reussa z Moskiewskiego Uniwersytetu Państwowego w 1807 r. Przeprowadził on eksperyment, który polegał na przyłożeniu zewnętrznego napięcia elektrycznego do szklanej tuby wypełnionej wodą. Na dnie znajdowała się mokra glina. Następnie zauważył zmętnienie roztworu, spowodowane przedostawaniem się przez piasek cząstek gliny.

Podsumowując, elektroforeza jest metodą analityczną, pozwalającą określać ilość związków w mieszaninie oraz oszacować ich masę. Służy ona chemikom, biochemikom, biologom czy genetykom do określania składu mieszanin poreakcyjnych czy ustalania sekwencji DNA oraz RNA.

## Słownik

### elektroforeza

(gr. *ηλεκτροφόρηση* „nosić elektrony”) zjawisko elektrokinetyczne polegające na poruszaniu się naładowanych cząstek (makrocząsteczek albo cząstek koloidalnych w nieruchomym ośrodku rozpraszającym, albo jonów w roztworze wewnątrz kapilary) pod wpływem pola elektrycznego

### anforeza

ruch ujemnie naładowanych cząstek fazy rozproszonej w kierunku anody

### kataforeza

ruch kationów lub dodatnio naładowanych cząstek fazy rozproszonej (cząstek koloidalnych) w kierunku katody

## Bibliografia

Berg J. M., Tymoczko J. L., Stryer L., *Biochemia*, Warszawa 2002, wyd 5.

Encyklopedia PWN

Helmenstine A. M., *Electrophoresis Definition and Explanation*, „ThoughtCo” 2018.

# Film edukacyjny

---

## Polecenie 1

Jakie są podstawy elektroforezy i jak możemy je wykorzystać? Zapoznaj się z filmem edukacyjnym i odpowiedz na poniższe pytania.

Trwa wczytywanie danych ..

**JAKIE SĄ PODSTAWY ELEKTROFOREZY  
I JAK MOŻEMY JĄ WYKORZYSTAĆ?**

*opowiada dr hab. Elżbieta Grządka*

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1CnlJ94L>

Film edukacyjny pt. „*Jakie są podstawy elektroforezy i jak możemy ją wykorzystać?*”

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

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy wyjaśnienia procesu elektroforezy, jej zastosowania oraz zawiera informację, które elektroforezy są najczęściej stosowane.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Którego wypełnienia użyjesz do rozdziatu białek przy użyciu elektroforezy żelowej?

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: [www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org), licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 3



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

## Ćwiczenie 4



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

## Ćwiczenie 5



## Ćwiczenie 6



Analizowano mieszaninę związków o ładunku ujemnym. Przygotowano odpowiedni zestaw. Przeprowadzono eksperyment, przepuszczając przez układ prąd o stałym napięciu 160 V. Płytkę wybarwiono oraz sfotografowano.

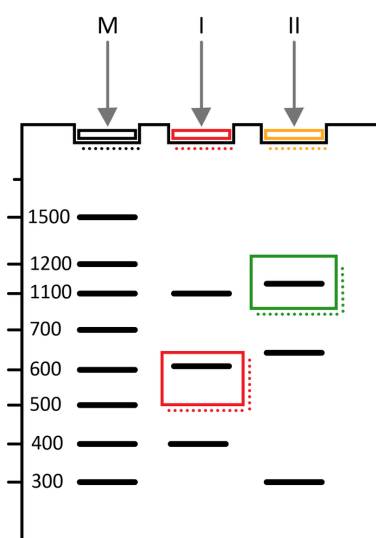
Źródło: GroMar Sp.z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 7



Analizowano mieszaninę związków o ładunku ujemnym. Przygotowano odpowiedni zestaw. Przeprowadzono eksperyment, przepuszczając przez układ prąd o stałym napięciu 160 V. Płytkę wybarwiono oraz sfotografowano.

Analizując prążki markera, oszacuj masę prążków zaznaczonych kolorem czerwonym i zielonym.



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

## Ćwiczenie 8



Analizowano mieszaninę związków o ładunku ujemnym. Przygotowano odpowiedni zestaw. Przeprowadzono eksperyment, przepuszczając przez układ prąd o stałym napięciu 160 V. Płytkę wybarwiono oraz sfotografowano.

W wyniku eksperymentu nie udało się całkowicie rozdzielić mieszaniny. Wskaż, który z czynników mógł mieć na to wpływ oraz co w przyszłości należałoby zmienić w trakcie analizy? Napięcie, temperaturę czy ciśnienie?

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Marcin Sz. Małecki, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Co to jest elektroforeza?

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

## Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

V. Roztwory. Uczeń:

4) opisuje sposoby rozdzielania 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 pojęcie elektroforezy;
- wymienia zastosowanie elektroforezy;
- wyjaśnia poruszanie się cząsteczek posiadających ładunek w polu elektrycznym;
- określa wpływ wielkości cząsteczki na szybkość poruszania się w polu elektrycznym.
- porównuje jak przebiega elektroforeza cząsteczek naładowanych dodatnio i ujemnie.

## Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

## **Metody i techniki nauczania:**

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

## **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca indywidualna.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami z dostępem do internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica biała, mazak, kreda.

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, która przedstawia kadr z wyścigu lekkoatletycznego. Kiedy zawodniczki stoją na starcie, nagle jedna z nich zaczyna swój bieg. Zadaje uczniom pytanie: czy może zdarzyć się sytuacja, w której jeden z zawodników wybiega pierwszy, a reszta nadal jest na starcie? Czy podczas rozdzielania mieszanin obserwujemy różnice w przemieszczaniu się cząsteczek w otaczającym je indywidualum?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu „elektroforeza”.
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. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film edukacyjny, przedstawiający szczegółowe omówienie procesu elektroforezy. Po filmie uczniowie samodzielnie

sprawdzają swoją wiedzę wykonując polecenia załączone do medium. Nauczyciel wspiera uczniów i wyjaśnia ewentualnie niezrozumiałe kwestie.

2. Eksperyment chemiczny. Nauczyciel wyznacza uczniów do roli asystentów, wskazuje sprzęt, szkło laboratoryjne, odczynniki. Uczniowie przeprowadzają eksperyment wg instrukcji (patrz materiały pomocnicze), pozostali uczniowie obserwują zmiany, wyciągają wnioski, zapisują wszystko w w zeszytach. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wspiera uczniów. Po minionym czasie chętni uczniowie prezentują efekty pracy na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
3. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się. W razie wątpliwości nauczyciel wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Przykładowe pytanie skierowane do uczniów:  
Co to jest elektroforeza? Jakie zastosowanie ma elektroforeza? Co to jest anaforeza? Co to jest kataforeza?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie gromadzą 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 pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:**

Film może być wykorzystany przez uczniów podczas wykonywania ćwiczeń w zakładce sprawdź się oraz podczas przygotowywania się do lekcji. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą wykorzystać film jako uzupełnienie braków.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
  - Co to jest elektroforeza?
  - Jakie zastosowanie ma elektroforeza?
  - Co to jest anaforeza?
  - Co to jest kataforeza?

2. Karty charakterystyk substancji.

3. Instrukcja wykonania doświadczenia:

Plik o rozmiarze 60.27 KB w języku polskim