

CZUJNIK PRZEWODNOŚCI

Opis D0382



Ryc. 1. Czujnik przewodności

Opis skrócony

Czujnik przewodności może być używany do pomiarów przewodności roztworów lub całkowitego stężenia jonów w roztworach wodnych zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w terenie.

Badanie przewodności jest jedną z najprostszych metod badania próbek wody w środowisku. Mimo że nie daje informacji, jakie jony obecne są w roztworze, pozwala szybko określić ich całkowite stężenie w próbce. Czujnik może być wykorzystywany do przeprowadzania wielu eksperymentów, służących do określania poziomów lub zmian całkowitego stężenia jonów rozpuszczonych lub zasolenia, np.:

- Potwierdzanie bezpośredniego związku między przewodnością a stężeniem jonów w roztworach wodnych. Określanie stężenia w nieznanymi próbkach.
- Porównywanie jakościowe różnic jonowego i molekularnego charakteru substancji w roztworach wodnych. Np. porównywanie mocy słabych kwasów i zasad lub liczby jonów, na jakie dysocjują substancje jonowe, w przeliczeniu na jednostkę wzoru chemicznego.
- Pomiar zmian przewodności, wynikających z fotosyntezy zachodzącej w roślinach wodnych z powiązaniem procesem zmniejszania stężenia jonów wodorowęglanowych powstałych z dwutlenku węgla.
- Monitorowanie szybkości reakcji chemicznej, w której liczba rozpuszczonych jonów i przewodność roztworu zmienia się w czasie w związku ze zużyciem lub powstawaniem substancji jonowych.
- Wykonanie miareczkowania konduktometrycznego w celu określenia, kiedy dochodzi do połączenia ilości stechiometrycznych dwóch substancji.
- Określenie szybkości, z jaką związki jonowe przenikają przez membranę, taką jak membrana rurkowa do dializy.
- Monitorowanie zmian przewodności lub całkowitej zawartości stałych substancji rozpuszczonych w akwarium z roślinami i zwierzętami wodnymi. Zmiany te mogą wynikać z procesów fotosyntezy i oddychania.

Czujnik jest wyposażony we wtyczkę typu BT i może zostać podłączony do następujących urządzeń pomiarowych:

- UIA/UIB za pośrednictwem konsoli pomiarowej (przy użyciu adaptera 0520),
- CoachLab
- CoachLab II
- SMI (przy użyciu adaptera 0520)
- Rejestrator danych Texas Instruments CBL™.

Adapter (art. 0520) umożliwia podłączenie czujników wyposażonych we wtyczki typu BT do gniazd 4 mm.

Jak działa czujnik przewodności?

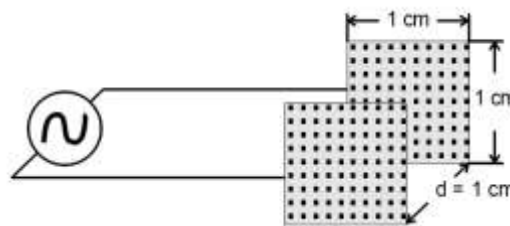
Czujnik przewodności mierzy zdolność roztworu do przewodzenia prądu elektrycznego między dwiema elektrodami. Przepływ prądu w roztworach odbywa się

dzięki transportowi jonowemu.

Dlatego też zwiększone stężenie jonów w roztworze skutkuje wyższymi wartościami przewodności.

Sonda w rzeczywistości nie mierzy przewodności właściwej, tylko przewodność, definiowaną jako odwrotność oporności. Jeśli oporność mierzy się w omach, przewodność jest mierzona w siemensach (poprzednio nazywany *mho*). Z uwagi na fakt, że 1 siemens jest bardzo dużą jednostką, wyniki pomiarów próbek roztworów wodnych są zazwyczaj podawane w mikrosiemensach (μS). Mimo że czujnik nie mierzy przewodności właściwej tylko przewodność, często potrzebne są informacje o przewodności właściwej. Przewodność właściwą C obliczamy, korzystając z następującego wzoru:

$$C = G \cdot k_c \quad \begin{array}{l} G = \text{przewodność} \\ k_c = \text{stała naczynka} \end{array}$$



Stała naczynka jest obliczana dla czujnika za pomocą następującego wzoru:

$$k_c = d / A \quad \begin{array}{l} d = \text{odległość między dwiema elektrodami (w cm)} \\ A = \text{powierzchnia elektrody (w cm}^2\text{)} \end{array}$$

Przykład:

Naczynko na ilustracji charakteryzuje się stałą naczynka $k_c = d/A = 1,0 \text{ cm} / 1,0 \text{ cm}^2 = 1,0 \text{ cm}^{-1}$.

W związku z tym, że czujnik przewodności również charakteryzuje się stałą naczynka równą $1,0 \text{ cm}^{-1}$, jego przewodność właściwa i przewodność mają takie same wartości numeryczne. W przypadku roztworu o przewodności równej $1000 \mu\text{S}$ przewodność właściwa wyniosłaby

$$C = G \times k_c = (1000 \mu\text{S}) \times 1,0 \text{ cm}^{-1} = 1000 \mu\text{S/cm}$$

Różnica potencjałów jest przykładana do dwóch elektrod sondy czujnika przewodności. Natężenie powstałego prądu jest proporcjonalne do przewodności właściwej roztworu. Prąd ten zamieniany jest na napięcie odczytywane przez urządzenie pomiarowe.

Aby zapobiegać całkowitej migracji jonów do elektrod, stosowany jest prąd zmienny. Dzięki temu roztwory, których przewodność jest mierzona, nie ulegają zmianom. Zmniejsza to również ilość produktów reakcji redoks, osadzających się na względnie obojętnych elektrodach grafitowych.

Jednym z najpopularniejszych zastosowań czujnika przewodności jest określanie całkowitej zawartości rozpuszczonych substancji stałych (TDS) w próbce wody. Jest to możliwe dzięki występowaniu bezpośredniego związku między przewodnością właściwą a stężeniem jonów w roztworze. Zależność ta utrzymuje się do momentu osiągnięcia bardzo wysokiego stężenia jonów.

Czujnik przewodności posiada trzy ustawienia zakresów czułości:

- od 0 do 200 μS (od 0 do 100 mg/l TDS)
- od 0 do 2000 μS (od 0 do 1000 mg/l TDS)
- od 0 do 20000 μS (od 0 do 10000 mg/l TDS).

Zakresy można zmieniać, korzystając z przełącznika na obudowie wzmacniacza podłączonego do sondy. Należy zwracać szczególną uwagę na ustawienia zakresów czułości podczas wczytywania lub wykonywania kalibracji, gdyż dane kalibracyjne nie dotyczą wszystkich ustawień.

Zawartość opakowania z czujnikiem przewodności

Po otwarciu opakowania należy upewnić się, że zawiera ono:

- Czujnik przewodności (elektroda do pomiaru przewodności ze wzmacniaczem)
- Wzorec kalibracyjny chlorek sodu (odpowiada 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 491 mg/l NaCl lub 500 mg/l TDS)
- Kartę charakterystyki substancji dla wzorca kalibracyjnego chlorku sodu
- Niniejszą instrukcję.

Przygotowanie czujnika przewodności do użycia

Aby upewnić się, że powierzchnie elektrod są wolne od osadów, należy zanurzyć dolną część sondy w wodzie destylowanej na ok. 10 minut. Następnie należy osuszyć bibułą powierzchnię elektrody (mieści się ona wewnątrz wydłużonego otworu znajdującego się w pobliżu końcówki sondy).

Następnie należy podłączyć czujnik do jednego z portów (kanałów) urządzenia pomiarowego.

Kalibracja czujnika

Zaleca się wykonanie kalibracji przed każdym użyciem czujnika.

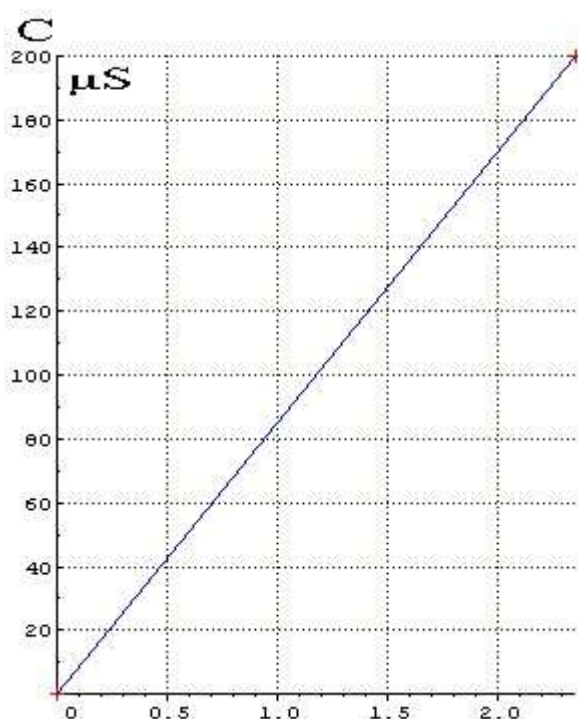
- Ustawić zakres przewodności na obudowie sondy:
 - niska: od 0 – 200 μS ,
 - średnia: od 0 – 2000 μS ,
 - wysoka: od 0 – 20000 μS .

• **Zerowy punkt kalibracji**

Ten punkt kalibracji należy określić, umieszczając sondę w dowolnej cieczy lub roztworze (np. w powietrzu). Komputer wyświetli bardzo niskie wartości napięcia. Przyjmijmy, że będzie to 0 μS lub 0 mg/l.

• **Punkt kalibracji na podstawie roztworu wzorcowego.**

Należy umieścić czujnik w roztworze wzorcowym (roztworze o znanym stężeniu).



Kalibracja czujnika przewodności – zakres 0-200 μS .

niu), np. we wzorcu chlorku sodu dostarczanym razem z czujnikiem. Należy upewnić się, że wydłużony otwór, w którym znajduje się powierzchnia elektrody, jest zanurzony w roztworze. Należy odczekać, aż odczyt napięcia ustabilizuje się.

Następnie należy wprowadzić wartości charakteryzujące roztwór wzorcowy (np. $1000\mu\text{S}$, 491 mg/l NaCl lub 500 mg/L jako TDS).

- Aby uzyskać jeszcze dokładniejsze dane kalibracyjne, można wykonać kalibrację dwupunktową, korzystając z dwóch roztworów wzorcowych, które mogą być stosowane w wybranym zakresie wartości przewodności lub stężenia.

Wykonywanie pomiarów za pomocą czujnika przewodności

Po skalibrowaniu czujnika można rozpocząć wykonywanie pomiarów:

- Przepłukać końcówkę czujnika wodą destylowaną. Opcja: w razie obawy, że krople wody mogą rozcieńczyć lub zanieczyścić próbkę, należy osuszyć bibułą wewnątrz naczynka elektrody przed przystąpieniem do pomiaru.
- Umieścić końcówkę elektrody w próbce. Upewnić się, że powierzchnie elektrody widoczne w wydłużonym otworze są całkowicie zanurzone w cieczy.
- Wykonując delikatne ruchy okrężne elektrodą, odczekać na ustabilizowanie odczytu. Nie powinno to trwać dłużej niż 5-10 sekund.
- Przepłukać końcówkę elektrody wodą destylowaną przed wykonaniem następnego pomiaru.
- Jeśli dokonuje się pomiarów w temperaturze niższej niż 15°C lub wyższej niż 30°C , należy odczekać odpowiednio dłużej, aby mogła zadziałać opcja kompensacji temperatury i mogła nastąpić stabilizacja odczytu.

Uwaga: Nie należy umieszczać elektrody w lepkich cieczach organicznych, takich jak oleje ciężkie, gliceryna (glicerol) czy glikol etylenowy. Nie umieszczać sondy w acetonie lub rozpuszczalnikach niepolarnych, takich jak pentan lub heksan.

Po zakończeniu pracy z czujnikiem należy opłukać go wodą destylowaną i osuszyć za pomocą bibuły. Sondę można przechowywać na sucho.

Jeśli powierzchnia celki sondy zostanie zanieczyszczona, należy zanurzyć ją w wodzie z dodatkiem delikatnego detergentu na 15 minut. Następnie należy zanurzyć ją na kolejne 15 minut w rozcieńczonym roztworze kwasu (dobrze nadają się do tego $0,1\text{ M}$ kwas chlorowodorowy lub $0,5\text{ M}$ kwas octowy). Na koniec należy przepłukać sondę wodą destylowaną.

Wzorcowy roztwór kalibracyjny chlorku sodu

Do precyzyjnej kalibracji konieczne jest posiadanie dokładnego wzorca kalibracyjnego. Wzorec kalibracyjny chlorek sodu, który jest dołączony do sondy, wystarczy na długo, jeśli nie zostanie zanieczyszczony mokrą lub brudną sondą.

Kalibrację sondy należy wykonać, gdy wzorec jest jeszcze nowy i niezanieczyszczony. Aby przygotować własne roztwory standardowe, należy korzystać z naczynia z dokładną skalą objętości (np. kolby miarowej) i dodać ilość substancji stałej wymienioną w pierwszej kolumnie tabeli zamieszczonej poniżej.

| Ilość NaCl wymagana do przygotowania 1 litra roztworu | Wartości TDS i przewodności odpowiadające stężeniu podanemu w pierwszej kolumnie | |
|---|--|--|
| | TDS | Przewodność właściwa ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
| 0,0474 g (47,4 mg/l) | 50 mg/l TDS | 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| 0,491 g (491 mg/l) | 500 mg/l TDS | 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| 1,005 g (1005 mg/l) | 1000 mg/l TDS | 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| 5,566 g (5566 mg/l) | 5000 mg/l TDS | 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |

Automatyczna kompensacja temperatury

Czujnik przewodności umożliwia automatyczną kompensację temperatury w zakresie od 5°C do 35°C. Odczyty są automatycznie dopasowywane do wartości przewodności w temp. 25 °C, dlatego czujnik poda taką samą wartość przewodności dla roztworu o temp. 15°C jak dla tego samego roztworu ogrzanego do temp. 25°C. Oznacza to, że po wykonaniu pojedynczej kalibracji czujnik można wykorzystywać do badania próbek wody o różnej temperaturze. Bez kompensacji temperatury odczyty wartości przewodności zmieniają się wraz ze zmianą temperatury, mimo że rzeczywiste stężenie jonów nie ulega zmianie.

Używanie czujnika przewodności w połączeniu z innymi czujnikami

Należy pamiętać, że czujnik przewodności będzie oddziaływał z niektórymi innymi czujnikami, jeśli zostaną one umieszczone w tym samym roztworze (np. w tym samym akwarium lub zlewce) i zostaną podłączone do tego samego urządzenia pomiarowego. Dzieje się tak w związku z tym, że czujnik przewodności emituje do roztworu sygnał, który może wpływać na wyniki pomiarów wykonywanych za pomocą innych czujników. Następujące czujniki nie mogą być podłączone do tego samego urządzenia i umieszczone w tym samym roztworze co czujnik przewodności:

- czujniki tlenu,
- czujniki pH,
- czujniki służące do wykrywania konkretnych jonów.

Jeśli czujnik temperatury CMA (obsługujący zakres od -18°C do 120°C) ma być używany razem z czujnikiem przewodności, należy owinać jego metalową część np. folią parafilm, aby odizolować go elektrycznie.

W tym samym czasie do jednego urządzenia pomiarowego można podłączyć kilka czujników, ale w danej chwili tylko jeden może zostać umieszczony w roztworze i dokonywać pomiarów.

Zalecane eksperymenty

Właściwości roztworów: Elektrolity i nieelektrolity

W pierwszej części tego eksperymentu studenci dokonują pomiaru przewodności właściwej roztworów trzech chlorków (NaCl, KCl i CaCl₂) o takim samym stężeniu (0,005 mola/dm³).

Na podstawie uzyskanych danych studenci dowiadują się, że każdy z tych związków wytwarza inną ilość jonów podczas dysocjacji w wodzie. Okazuje się, że stosunek wartości przewodności jest bardzo bliski stosunkowi molowemu jonów, powstających podczas dysocjacji każdego ze związków. W drugiej części eksperymentu studenci umieszczają czujnik przewodności w 0,005 M roztworach kwasów (w kolejności od najsłabszego do najmocniejszego). CH₃COOH (142 μS), H₃PO₄ (1230 μS), HCl (1990 μS).

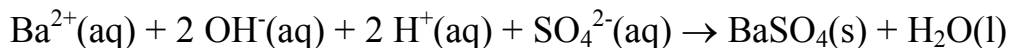
Przewodność słonej wody

W tym eksperymencie stężony roztwór chlorku sodu jest wkraplany do wody destylowanej. Po dodaniu każdej kolejnej kropli dokonywany jest pomiar prze-

wodności.

Punkt równoważnikowy miareczkowania

Studenci wykonują miareczkowanie korzystając z czujnika przewodności i dodając 0,08 M kwas siarkowy do 0,01 M wodorotlenku baru.



Wynikiem reakcji jest minimalna przewodność w punkcie równoważnikowym, gdyż osad siarczanu baru oraz woda, będąca produktem, umożliwiają wytworzenie bardzo niewielu jonów wodnych.

Dyfuzja przez membrany

W tym eksperymencie dochodzi do dyfuzji chlorku potasu lub chlorku sodu przez rurkową membranę do dializy do wody destylowanej. Czujnik przewodności używany jest do monitorowania wzrostu stężenia w wyniku dyfuzji chlorku potasu przez membranę.


Pobieranie próbek wody w strumieniach i jeziorach oraz wody morskiej

Jeśli jest to możliwe, zaleca się pobieranie próbek wody spod powierzchni i z dala od brzegu. W wolno płynących strumieniach woda jest zazwyczaj dobrze wymieszana, więc próbki pobrane w pobliżu głównego nurtu będą dość dobrze odpowiadały stanowi wody w strumieniu. Jeśli próbki pobierane są ze zbiornika retencyjnego na strumieniu lub jeziorze, woda będzie słabo wymieszana, dlatego też istotne jest, aby próbki pobierane były z dala od brzegu i na różnych głębokościach. Elektroda nie została skonstruowana do znoszenia wysokich ciśnień, więc może dojść do przeciekania wody do jej elementów elektronicznych. Wobec tego zalecamy przygotowanie wydłużonego przyrządu do pobierania próbek, który umożliwi pobieranie próbek wody z miejsca oddalonego od brzegu stojąc na nim lub na moście. Wiele książek z dziedziny ekologii zawiera instrukcję budowy takich przyrządów z niedrogich materiałów.

Mimo że lepiej jest wykonywać pomiary w miejscu pobrania próbek, wskazania dotyczące całkowitej zawartości rozpuszczonych substancji stałych i przewodności nie powinny zmienić się znacznie, jeśli pobrane próbki zostaną zbadane później. Należy jednak zadbać, aby próbki były przechowywane w zamkniętych naczyniach uniemożliwiających parowanie. Jeśli pojemniki na próbki zostaną wypełnione wodą do samej krawędzi, gazy, takie jak dwutlenek węgla, które mogą tworzyć jony w roztworach, nie będą mogły rozpuszczać się w próbce.

Wyniki badania próbek słonej wody mogą nie mieścić się w najwyższym zakresie czujnika przewodności, tj. od 0 do 20000 μS . Przewodność wody morskiej wynosi ok. 53000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (27000 mg/l NaCl). Próbki z takiego zakresu należy rozcieńczyć, aby można było je badać w wysokim zakresie. Można np. próbkę wody morskiej rozcieńczyć do $\frac{1}{4}$ jej początkowego stężenia przez dodanie 100 ml wody morskiej do 300 ml wody destylowanej.

Dane techniczne

| | |
|---|---|
| Zakresy pomiarowe przewodności | <p>Niski: 0 – 200 $\mu\text{S/cm}$ Średni: 0 – 2000 $\mu\text{S/cm}$ Wysoki: 0 – 20000 $\mu\text{S/cm}$</p> |
| Rozdzielczość przy wykorzystaniu 12 bitowego 5 V przetwornika analogowo-cyfrowego | <p>Niska: 0,082 $\mu\text{S/cm}$ (0,041 mg/l TDS) Średnia: 0,82 $\mu\text{S/cm}$ (0,41 mg/l TDS) Wysoka: 8,2 $\mu\text{S/cm}$ (4,1 mg/l TDS)</p> |
| Dokładność | $\pm 1\%$ wartości pełnej skali dla każdego zakresu |
| Czas reakcji | 98% wartości pełnej skali w 5 s, 100% w 15 s. |
| Temperatura - kompensacja - zakres temperatury pracy | automatyczna, w zakresie od 5°C do 35°C. może być używany w temp. od 0°C do 80°C. |
| Stała naczynka | 1,0 cm^{-1} |
| Złącze |  <p>wtyczka typu BT</p> |

CENTRE FOR MICROCOMPUTER APPLICATIONS

Kruislaan 404, 1098 SM Amsterdam, Holandia

faks: +31 20 5255866, e-mail: cma@science.uva.nl, <http://www.cma.science.uva.nl/english>

Ośrodek Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów

Raszyńska 8/10, 02-026 Warszawa

Tel: +48 22 6268390, e-mail: ctn@oeiizk.waw.pl, <http://coach.oeiizk.waw.pl>