



Jak działa pH-metr i w jaki sposób z niego korzystać

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Symulacja interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Jak działa pH-metr i w jaki sposób z niego korzystać

Na zdjęciu znajduje się szklana elektroda

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Czy kiedykolwiek zastanawiało Cię, dlaczego pewne roztwory określamy jako kwasowe? W codziennym życiu bardzo często spożywamy produkty spożywcze, które mają kwaśny smak. Dzieje się tak, w wyniku wielu reakcji chemicznych zachodzących na naszym języku. Stąd np. kwaśny smak cytryny. W chemii roztworami kwasowymi nazywamy takie, w których stężenie jonów wodorotlenkowych jest większe od stężenia jonów wodorotlenkowych. Urządzenie, które może posłużyć nam do dokładnego pomiaru stężenia jonów wodorotlenkowych to pH-metr. W tym materiale dowiesz się, jak dokładnie określić pH roztworu przy pomocy pH-metru.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest pH.
- Obliczysz pH roztworu.
- Wyjaśnisz, jak działa pH-metr.
- Opisziesz, jak poprawnie korzystać się z pH-metru.

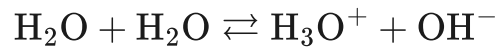
- Zaprojektujesz i wykonasz doświadczenie, w którym zmierzysz pH roztworu.

# Przeczytaj

---

## Autodysocjacja wody

Woda ulega procesowi [autodysocjacji](#) według równania:



Proces autodysocjacji wody zachodzi w niewielkim stopniu i liczba powstających jonów oksoniowych i wodorotlenkowych jest niewielka. Najważniejsze w przypadku czystej wody jest jednak to, że stężenie jonów oksoniowych jest równe stężeniu jonów wodorotlenkowych.

pH roztworu to ujemny logarytm (o podstawie 10) ze stężenia jonów oksoniowych:

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

pOH to z kolei ujemny logarytm (o podstawie 10) ze stężenia jonów wodorotlenkowych:

$$\text{pOH} = -\log_{10}[\text{OH}^-]$$

Stężenie jonów hydroniowych można obliczyć znając pH i korzystając ze wzoru:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Pamiętajmy, że w temperaturze 25 °C pH i pOH spełniają zależność:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 = \text{p}K_w$$

## Odczyn roztworów

W zależności od wartości pH roztwory możemy podzielić na:

- roztwory o odczynie kwasowym jeżeli  $\text{pH} < 7$
- roztwory o odczynie obojętnym jeżeli  $\text{pH} = 7$
- roztwory o odczynie zasadowym jeżeli  $\text{pH} > 7$



Ilustracja przedstawiająca zabarwienie papierka wskaźnikowego w zależności od pH roztworu.

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

## Jak zmierzyć pH?

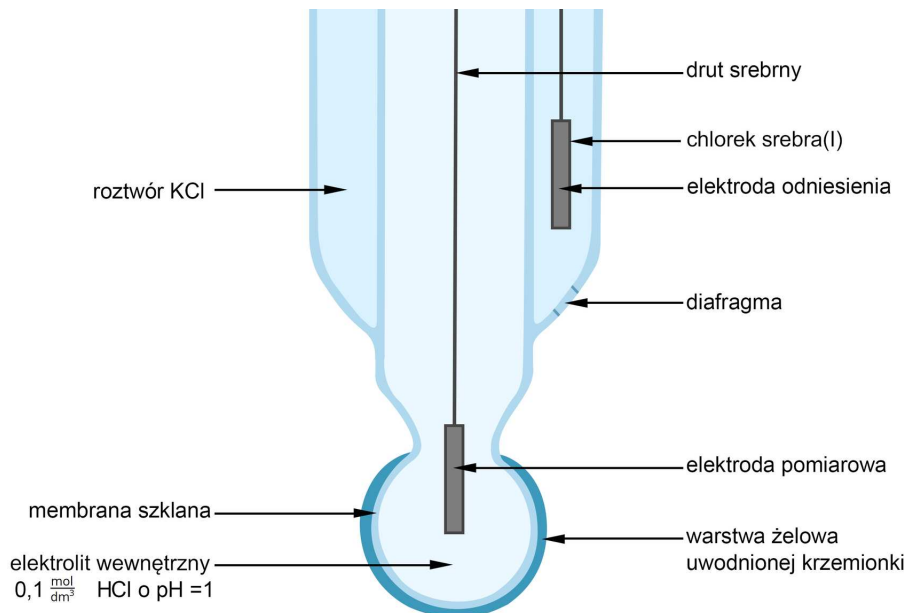
Działanie pH-metru opiera się na pomiarze siły elektromotorycznej (SEM), na podstawie której określany jest potencjał. Urządzenie to pozwala na precyzyjne określenie pH roztworu. Składa się on z elektrody oraz miernika.

Metody elektrochemiczne należą do jednych z najbardziej precyzyjnych metod pomiarowych. W trakcie pomiaru układ musi być termostatowany. Oznacza to, że temperatura podczas pomiaru jest stała.



Zestaw do mierzenia pH. Najważniejszym elementem pH-metru jest elektroda połączona z mikroprocesorem.

Źródło: dostępny w internecie: [commons.wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org), domena publiczna.



### Budowa elektrody

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

## Przygotowanie aparatu do pomiaru

Pierwszym krokiem potrzebnym do wykonania pomiaru pH jest **kalibracja** pH-metru. Wykonywana jest ona w celu zapewnienia dokładności pomiaru, ponieważ aktywność jonów oksoniowych zależy od temperatury. Większość nowoczesnych pH-metrów ma dodatkową opcję kompensacji temperatury, dzięki czemu wpływ temperatury jest niwelowany. Aby wykalibrować pH-metr są nam potrzebne roztwory wzorcowe, które możemy zakupić w sklepie chemicznym lub przygotować w laboratorium [roztwory buforowe Britton'a–Robinson'a](#).

### Ważne!

Elektroda jest elementem delikatnym, dlatego trzeba postępować bardzo ostrożnie.

Aby wykonać kalibrację postępuj zgodnie z instrukcją dołączoną do pH-metru. Zwykle procedura kalibracji przebiega w następujący sposób:

1. Wyciągnij elektrodę z naczynia z wodnym roztworem chlorku potasu, w którym jest ona zanurzona, a następnie przepłucz ją wodą destylowaną. Pozostałą na szklanej bańce wodę zbierz za pomocą bibuły.
2. Umieść elektrodę w roztworze buforowym, tak, aby w roztworze znalazł się punkt elektrody oznaczony na rysunku jako „diafragma”.
3. Naciśnij przycisk kalibracji i odczekaj do momentu, aż urządzenie poinformuje cię o zakończeniu pomiaru.

W zależności od rodzaju pH-metru możemy kalibrować go na kilka roztworów buforowych, a im więcej użytych roztworów tym dokładniejsze wyniki pomiarów. Trzeba pamiętać o tym, aby przed każdym pomiarem przepłukać elektrodę wodą destylowaną i dokładnie osuszyć.

W celu prawidłowego działania pH-metru kalibrację należy wykonać ściśle przestrzegając instrukcji dołączonej przez producenta.

## Wykonanie pomiaru

Po wykonaniu kalibracji możesz przystąpić do pomiaru.

Pamiętaj, że każdy pomiar powinien być poprzedzony przemyciem elektrody i osuszeniem zgodnie z instrukcją opisaną w czasie kalibracji. Elektrodę należy oczyścić również po jej ostatnim użyciu, a przed ponownym jej umieszczeniem w roztworze KCl.

Sam pomiar polega również na zanurzeniu elektrody w analizowanym roztworze (pamiętaj o konieczności zanurzenia diafragmy). Niektóre pH-metry wymagają dodatkowo wciśnięcia odpowiedniego przycisku rozpoczynającego pomiar.

## Przykłady zastosowania pH-metru



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

## Słownik

### autodysocjacja

dysocjacja elektrolityczna rozpuszczalnika amfoterycznego zachodząca z wymianą protonów między cząsteczkami rozpuszczalnika

### pH

ujemny logarytm dziesiętny ze stężenia jonów oksoniowych, wskaźnik odczynu roztworu

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

## odczyn

cecha roztworu, zależna od równowagi między jonami oksoniowymi i wodorotlenkowymi w roztworze.

## jon oksoniowy (hydroniowy) $\text{H}_3\text{O}^+$

jednododatni jon powstający w wyniku dołączenia się do cząsteczki wody jonu wodoru

## elektroda

element składowy pH-metru, który po zanurzeniu w roztworze przesyła informację do mikroprocesora

## roztwory buforowe Britton'a–Robinson'a

roztwór buforowy służący do uzyskania pH od 2 do 12, składa się on z roztworów  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  o stężeniu  $0,04 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ . W celu uzyskania pożądanego pH miareczkuje się go roztworem  $\text{NaOH}$  o stężeniu  $0,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

| NaOH [ $\text{cm}^3$ ] | pH   | NaOH [ $\text{cm}^3$ ] | pH   |
|------------------------|------|------------------------|------|
| 0,0                    | 1,81 | 52,5                   | 7,00 |
| 2,5                    | 1,89 | 55,0                   | 7,24 |
| 5,0                    | 1,98 | 57,5                   | 7,54 |
| 7,5                    | 2,09 | 60,0                   | 7,96 |
| 10,0                   | 2,21 | 62,5                   | 8,36 |
| 12,5                   | 2,36 | 65,0                   | 8,69 |
| 15,0                   | 2,56 | 67,5                   | 8,95 |
| 17,5                   | 2,87 | 70,0                   | 9,15 |
| 20,0                   | 3,29 | 72,5                   | 9,37 |
| 22,5                   | 3,78 | 75,0                   | 9,62 |
| 25,0                   | 4,10 | 77,5                   | 9,91 |

| NaOH [cm <sup>3</sup> ] | pH   | NaOH [cm <sup>3</sup> ] | pH    |
|-------------------------|------|-------------------------|-------|
| 27,5                    | 4,35 | 80,0                    | 10,38 |
| 30,0                    | 4,56 | 82,5                    | 10,88 |
| 32,5                    | 4,78 | 85,0                    | 11,20 |
| 35,0                    | 5,02 | 87,5                    | 11,40 |
| 37,5                    | 5,33 | 90,0                    | 11,58 |
| 40,0                    | 5,72 | 92,5                    | 11,70 |
| 42,5                    | 6,09 | 95,0                    | 11,82 |
| 45,0                    | 6,37 | 97,5                    | 11,92 |
| 47,5                    | 6,59 | 100,0                   | 11,98 |
| 50,0                    | 6,80 | —                       | —     |

## Bibliografia

Atkins P., Jones L., *Chemia ogólna. Częstki, materia, reakcje*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018.

Encyklopedia PWN

<https://pl.wikipedia.org/wiki/PH-metr> (dostęp: 12.08.2021).

[https://www.mt.com/dam/Analytical/pH-LabMeters/me-pdf/five/30266890\\_Operating\\_Instructions\\_pH\\_Bench\\_F20\\_FP20\\_PL.pdf](https://www.mt.com/dam/Analytical/pH-LabMeters/me-pdf/five/30266890_Operating_Instructions_pH_Bench_F20_FP20_PL.pdf) (dostęp: 12.08.2021).

# Symulacja interaktywna

## Symulacja 1

Wiesz, jak działa pH-metr? Zapoznaj się z poniższą symulacją. Zmierz pH przygotowanych roztworów. Pamiętaj o prawidłowym wykonaniu pomiaru oraz o tym, aby na początku przemyć sondy (elektrody) wodą destylowaną. Następnie rozwiąż poniższe zadania.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DJKFH5Ust>

Symulacja interaktywna pt. *Jak działa pH-metr i w jaki sposób z niego korzystać?*

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

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

Wyjaśnij, dlaczego przed każdym pomiarem musimy przepłukiwać elektrodę.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Roztwór ma  $\text{pH} = 4,2$ . Zaznacz, jaki jest jego odczyn.

Obojętny.

Kwasowy.

Zasadowy.

## Ćwiczenie 2



Wskaż poprawne wzory na określenie  $\text{pH}$  roztworu w temperaturze  $25^\circ\text{C}$ .

$\text{pH} = -\ln[\text{OH}^-]$

$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$

$\text{pH} = -\ln[\text{H}_3\text{O}^+]$

$\text{pH} = -\log_2[\text{H}_3\text{O}^+]$

$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$

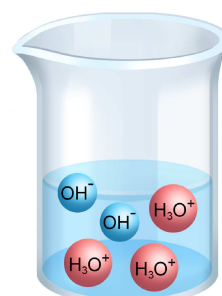
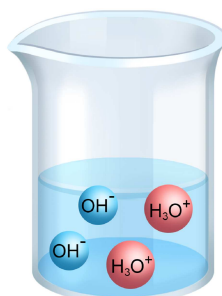
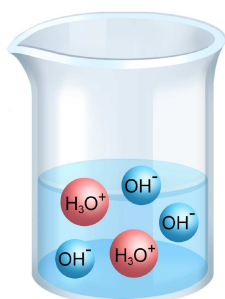
$\text{pH} = -\log_{10}[\text{OH}^-]$

$\text{pH} = -\log_{100}[\text{H}_3\text{O}^+]$

### Ćwiczenie 3



Wskaż, w której zlewce pH roztworu będzie najwyższe.



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

### Ćwiczenie 4



Oblicz wartość pH roztworu o stężeniu jonów oksoniowych równym  $0,001 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ .

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.


Zaloguj się, aby dodać ilustrację.


### Ćwiczenie 5




Uszereguj roztwory od najwyższego do najniższego pH.

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,00005$  

pH = 1 

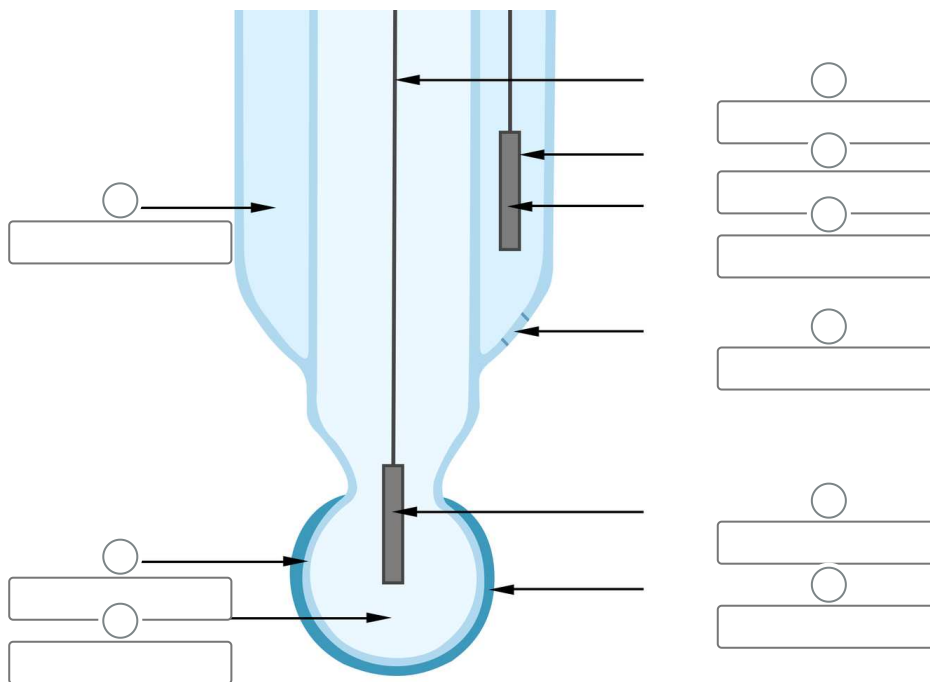
pOH = 12 

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,035$  

## Ćwiczenie 6



Podpisz odpowiednie elementy elektrody pH-metrycznej.



drut srebrny

roztwór KCl

diafragma

elektroda pomiarowa

elektroda odniesienia

membrana szklana

warstwa żelowa uwodnionej krzemionki

elektrolit wewnętrzny,  $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \text{HCl}$  o  $\text{pH} = 1$

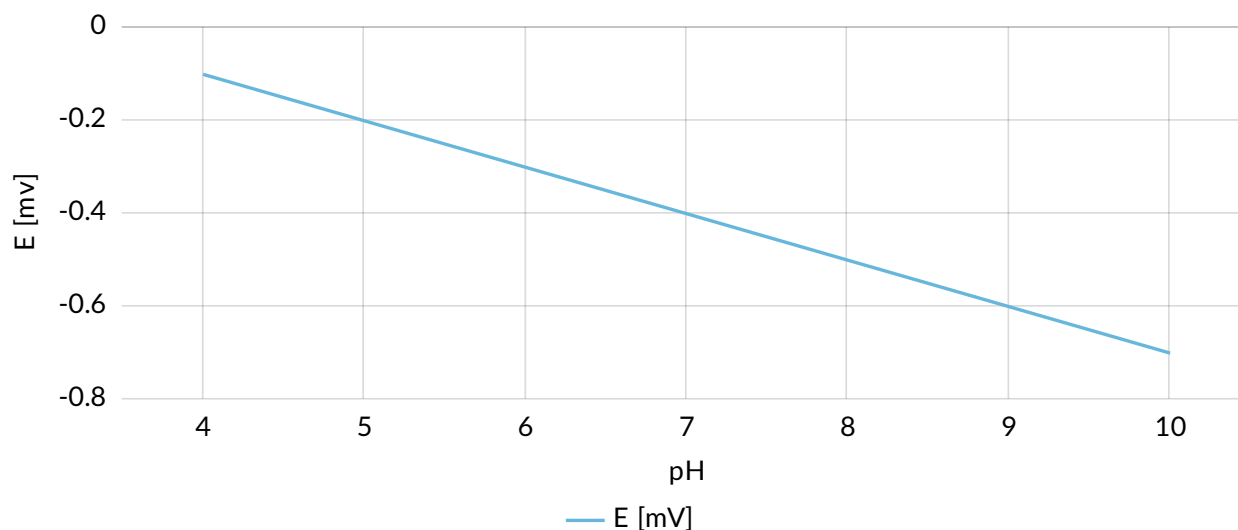
chlorek srebra(I)

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

## Ćwiczenie 7



Poniżej przedstawiono krzywą kalibracyjną pH-metru. Jest to zależność SEM (różnica między potencjałem roztworu wzorcowego a mierzonej próbki) ogniwa wyrażona w mV od pH. Równanie krzywej można przedstawić  $f(E) = -0,0999x + 0,2943$ .



Jakiej funkcji jest to wykres?

liniowej

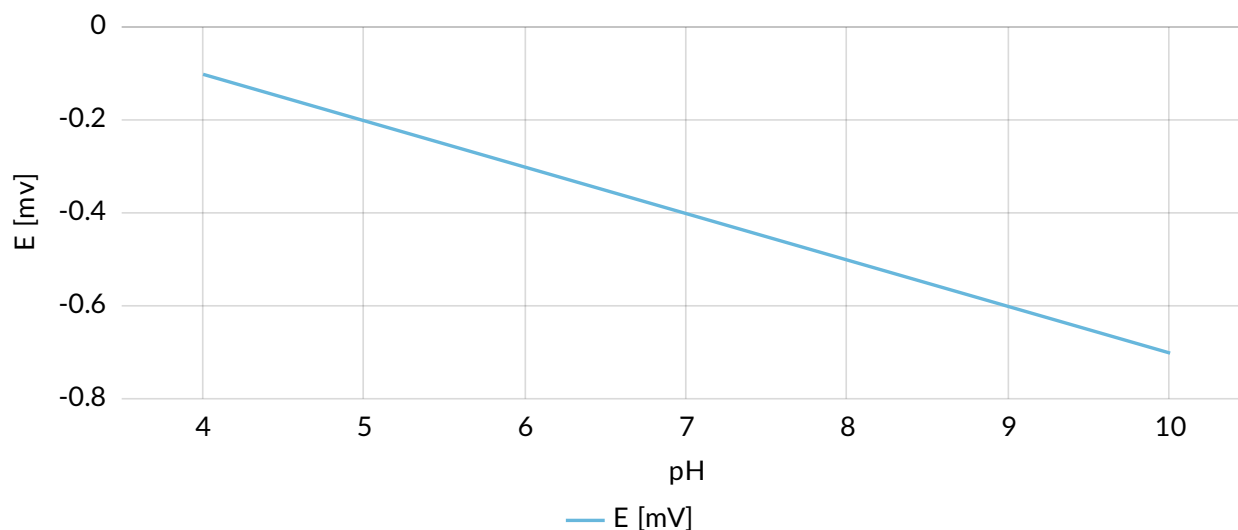
eksponentyjnej

wielomianowej

## Ćwiczenie 8



Poniżej przedstawiono krzywą kalibracyjną pH-metru. Jest to zależność SEM (różnica między potencjałem roztworu wzorcowego a mierzonej próbki) ogniwa wyrażona w mV od pH. Równanie krzywej można przedstawić  $f(E) = -0,0999x + 0,2943$ .



Uczeń przez przypadek zanotował w zeszycie zamiast wartości pH, wartość SEM (E) ogniwa, która podczas pomiaru wynosiła  $-0,3105$  mV. Oblicz jakie pH miała badana próbka.

Rozwiązanie oraz 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:** Robert Wróbel, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Jak działa pH-metr i w jaki sposób z niego korzystać?

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

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:

3) interpretuje wartości pH w ujęciu jakościowym i ilościowym (np. związek między wartością pH a stężeniem jonów wodorowych).

Zakres rozszerzony

VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:

3) interpretuje wartości pK<sub>w</sub>, pH, K<sub>a</sub>, K<sub>b</sub>, K<sub>s</sub>.

### 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, co to jest pH;
- oblicza pH roztworu;
- wyjaśnia, jak działa pH-metr;
- omawia, jak poprawnie korzysta się z pH-metru;
- projektuje i wykonuje doświadczenie, w którym mierzy pH roztworu.

### **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna;
- problemowa.

### **Metody i techniki nauczania:**

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- eksperyment;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca zbiorowa;
- praca w parach.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter.

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytania uczniom: Z czym się im kojarzy słowo „kwaśny”? Czy kwasowość można określić ilościowo? Jak dokładnie określić wartość pH?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół wyrażenia pH. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Uczniowie w parach analizują tekst źródłowy w e-materiale i korzystają z symulacji interaktywnej – nauka poprawnej obsługi pH-metru - kalibracja,

pomiar, eksploatacja. Nauczyciel rozdaje uczniom pH-metry (1 szt. na parę) w celu zaznajomienia się z obsługą sprzętu. Po wyznaczonym czasie chętny uczeń na forum klasy omawia obsługę pH-metru. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi ucznia, ewentualne luki sam uzupełnia.

2. Eksperyment uczniowski. Nauczyciel rozdaje uczniom karty pracy „Badanie pH roztworu”, szkło laboratoryjne i odczynniki chemiczne do analizy. Uczniowie przystępują do pracy. Nauczyciel nadzoruje poprawne złożenie zestawu, ewentualne błędy poprawia. Uczniowie zapisują obserwacje i sformułowane wnioski w kartach pracy. Po przeprowadzeniu doświadczenia, chętni uczniowie prezentują obserwacje i sformułowane wnioski.
3. Nauczyciel inicjuje dyskusję dotyczącą zastosowania pomiarów pH.
4. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

### **Faza podsumowująca**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: Co oznacza pH? Czy odczyn roztworu zależy od pH? Jak poprawnie wykonać pomiar pH? Na czym polega autodysocjacja wody? Gdzie mają zastosowanie pomiary pH?
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 nauczyłem/łam...
- Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

Wymień po trzy przykłady roztworów o odczynie kwasowym i roztworów o odczynie zasadowym, które mają znaczenie w życiu codziennym. Jakie jest ich zastosowanie?

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

Symulacja interaktywna może być wykorzystana w celu przygotowania uczniów do wykonania ćwiczenia praktycznego.

### **Materiały pomocnicze:**

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

- Co oznacza pH?
- Czy odczyn roztworu zależy od pH?
- Jak poprawnie wykonać pomiar pH?
- Na czym polega autodysocjacja wody?
- Gdzie mają zastosowanie pomiary pH?

2. Doświadczenie:

**Sprzęt i szkło laboratoryjne:** pH-metr, zlewki.

**Odczynniki chemiczne:** roztwory rozcieńczonych kwasów i zasad; uczniowie mogą również przynieść przez siebie przygotowane roztwory.

### **Instrukcja:**

3. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 46.29 KB w języku polskim