

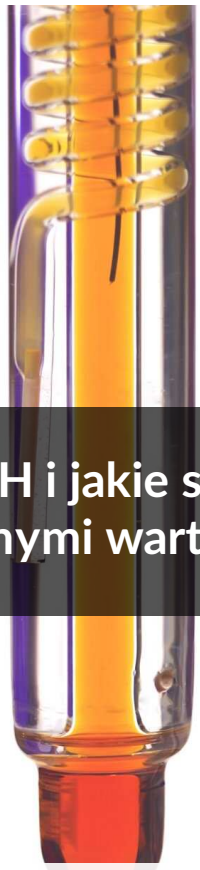
Co to jest pH i jakie stężenia kryją się pod poszczególnymi wartościami?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

**Bibliografia:**

- 
- Źródło: dostępny w internecie: [www.pl.wikipedia.org/wiki/Skala\\_pH](http://www.pl.wikipedia.org/wiki/Skala_pH).





## Co to jest pH i jakie stężenia kryją się pod poszczególnymi wartościami?

Jednym z przyrządów powszechnie używanych do pomiaru pH w pracowniach chemicznych jest pH-metr, który zbudowany jest z elektrod. Przykład takich elektrod przedstawiono na zdjęciu.

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

Na początku XX w., w znanym na całym świecie laboratorium Carlsberg w Kopenhadze, duński naukowiec – **Søren Sørensen** – przeprowadzał eksperyment z piwem. Wynikiem wielu badań i pomiarów była prosta skala, która określała, czy substancja ma odczyn kwasowy, czy zasadowy. Pojęcie pH, które zaproponował naukowiec, jest obecnie powszechnie używane. Z różnych jednak powodów, wprowadzenie go do świata chemii zajęło trochę czasu. Czy z Twojego punktu widzenia, opracowana przez naukowca z Kopenhagi koncepcja jest użyteczna? Czy wiesz, czym w istocie jest pH i jakie kryje stężenia?

### Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcia: pH, odczyn roztworu.
- Określisz odczyn roztworów różnych substancji.
- Obliczysz wykładnik stężenia jonów wodorowych w roztworze.
- Ocenisz, jak zmienia się pH roztworu przy zmianie jego stężenia.

# Przeczytaj

---

Wyobraź sobie, że jesteś naukowcem jak Søren Sørensen i szukasz sposobu na określenie **odczynu** rozcieńczonych roztworów kwasów. Jak wyglądałby eksperyment, pozwalający na wyjaśnienie pojęcia pH? Zastanów się, jakie zjawiska zachodzą w roztworach wodnych kwasów i zasad? Czy znasz pojęcie **dysocjacji elektrolitycznej**? Zapoznaj się z informacjami dotyczącymi pojęcia pH, a w razie wątpliwości skorzystaj ze słownika. Następnie wykonaj polecenie, a poprawne rozwiązanie sprawdź w odpowiedzi.

## Prawda ukryta w roztworze

Sørensen do wyjaśnienia pojęcia pH wykorzystał założenia **elektrochemii**. Po wprowadzeniu do roztworu **elektrolitu** o znanym stężeniu elektrody wodorowej (tzw. elektroda wskaźnikowa), naukowiec sprawdzał jej **potencjał** wobec **elektrody kalomelowej** (tzw. elektroda porównawcza). Założył, że potencjał elektrody wodorowej zależy jedynie od stężenia jonów wodorowych w badanym roztworze, co ostatecznie doprowadziło go do równania:

$$E = 2,303 \left( \frac{R \cdot T}{F} \right) \log \left( \frac{1}{[H^+]} \right) = 0,059 \cdot \log \left( \frac{1}{[H^+]} \right)$$

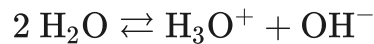
Gdzie:

- $R$  - uniwersalna stała gazowa przyjmuje wartość  $8,3144598(48) \left[ \frac{J}{mol \cdot K} \right]$ ;
- $T$  - temperatura w skali Kelwina [K];
- $F$  - stała Faradaya - stała fizyczna oznaczająca ładunek elektryczny przypadający na jeden mol elektronów, przyjmuje wartość  $9,648533289(59) \cdot 10^4 \left[ \frac{C}{mol} \right]$ ;
- $[H^+]$  - stężenie jonów wodorowych;
- $\log$  - symbol logarytmu.

Ze wzoru naukowiec wywnioskował, że potencjał **elektrody wodorowej** jest w istocie wprost proporcjonalny do  $-\log[H^+]$ . Określił to wyrażenie jako wykładnik stężenia jonów wodorowych i nadał im symbol pH. Tak powstało równanie:

$$pH = -\log[H^+]$$

Z punktu widzenia matematyki pH określone jest jako ujemny logarytm dziesiętny ze stężenia jonów  $H^+$  ( $-\log_{10}[H^+]$ ). Przy wyznaczaniu pH roztworów należy brać pod uwagę również jony wodorowe powstałe z autodysocjacji wody. Gdy jon wodorowy zwiąże jedną cząsteczkę wody, tworząc jon hydroniowy  $H_3O^+$ , równanie dysocjacji wody przyjmuje postać:



a wzór na pH można zapisać jako:

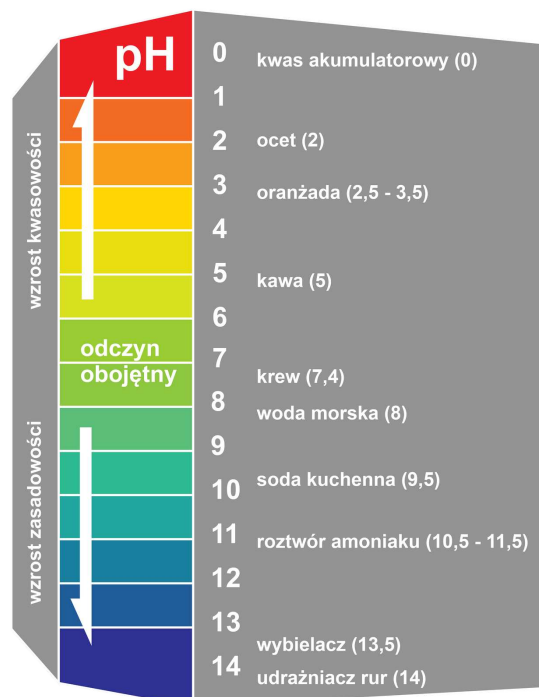
$$pH = -\log[H_3O^+]$$

Podobnie możemy obliczyć wykładnik ze stężenia jonów wodorotlenkowych (pOH):

$$pOH = -\log[OH^-]$$

## Praktyczny wymiar pH

Ze stężeniem jonów hydroniowych związane jest bezpośrednie pojęcie odczynu, który charakteryzuje roztwory wodne. Środowiska wodne mogą posiadać odczyn kwasowy, obojętny i zasadowy. Zakres pH, który obejmuje dany odczyn, przedstawiono na rysunku poniżej.



Skala pH oraz przykłady produktów o różnym pH

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

Jak wynika z powyższej ilustracji, pojęcie pH w istotny sposób uprościło zapis potęgowej stężeń roztworów o wysokim rozcieńczeniu. Obecnie do wyznaczania pH służy zazwyczaj **elektroda szklana** kombinowana, której potencjał jest wprost proporcjonalny do wartości pH. Podczas pomiaru skład roztworu pozostaje stały, co jest ważną zaletą tej metody.

## Podsumowanie

Stężenie jonów  $\text{H}_3\text{O}^+$  ma duże znaczenie jako wskaźnik kwasowości lub zasadowości roztworu. Z uwagi na niewielkie wartości stężeń molowych, dla wygody wprowadzono wykładnik stężenia jonów wodorowych, oznaczony jako pH. Operatorem, który określa obliczenie ujemnego logarytmu dziesiętnego, jest litera *p*.

## Ćwiczenie 1

Wykonaj doświadczenie, w którym sprawdzisz wpływ stężenia badanego elektrolitu na wartość pH roztworów o różnym stężeniu. Sformułuj problem badawczy i zaproponuj hipotezę. Na podstawie zgromadzonych wyników i obserwacji sformułuj wnioski.

Problem badawczy:

Hipoteza:

Szkło i sprzęt laboratoryjny:

- zlewka (3 szt.).

**Odczynniki chemiczne:** woda destylowana, roztwór kwasu chlorowodorowego (HCl) oraz wodorotlenku sodu (NaOH) o stężeniach  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ;  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ;  $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  oraz  $0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ,  
pehametr elektroniczny.

## Instrukcja

Zanim przystąpisz do pomiaru, zapoznaj się z zasadami BHP. Pamiętaj, że podczas pracy ze stężonymi roztworami kwasów i zasad należy zachować szczególną ostrożność. Używaj rękawiczek i okularów ochronnych.

1. Przygotuj dwie zlewki: jedną przeznacz na pomiary, a drugą na roztwory po pomiarach.
2. Zmierz pH wody destylowanej, wynik zanotuj w tabeli. Następnie osusz papierem elektrodę pomiarową.
3. W celu pomiaru pH kolejnych próbek, dokładnie je wymieszaj. Podczas pomiaru próbki, wlej badany roztwór do czystej zlewki i zanurz elektrodę w taki sposób, by jej część pomiarowa znajdowała się całkowicie w roztworze.
4. Poczekaj, aż aparat ustabilizuje się i odczytaj zmierzoną wartość.
5. Zanotuj wyniki.
6. Po pomiarze, elektrodę opłucz nad drugą zlewką wodą destylowaną i dokładnie osusz ręcznikiem.

## Uwaga!

Pomiary pH powinny być wykonywane w kolejności, od roztworów najbardziej rozcieńczonych do roztworów stężonych (celem zminimalizowania błędów związanych z niedokładnym wypłukaniem elektrody po poprzednim pomiarze).

---

## Wyniki

Odczynnik	Stężenie odczynnika [ $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ]	pH
woda destylowana	-	<input type="text"/>
NaOH	0,001	<input type="text"/>

NaOH	0,01	<input type="text"/>
NaOH	0,1	<input type="text"/>
NaOH	1	<input type="text"/>
HCl	0,001	<input type="text"/>
HCl	0,01	<input type="text"/>
HCl	0,1	<input type="text"/>
HCl	1	<input type="text"/>

---

Obserwacje:

---

Wnioski:

## Słownik

### odczyn

cecha roztworu, która definiuje równowagę między właściwościami kwasowymi i zasadowymi substancji

### dysocjacja elektrolityczna (jonowa)

(łac. *dissociatio* „rozdzielenie”) rozpad substancji na jony pod wpływem działania rozpuszczalnika

## elektrochemia

nauka, która analizuje zjawiska elektryczne zachodzące podczas reakcji chemicznych

## elektrolit

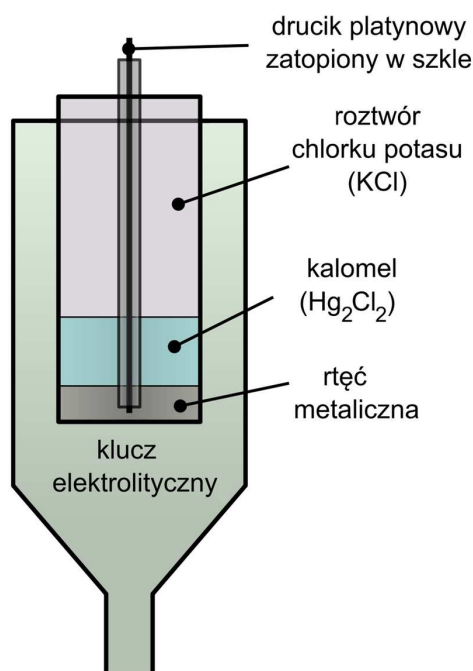
(gr. *ēlektron* „bursztyn”, *lytós* „rozpuszczalny”) związek chemiczny, który ulega procesowi rozpadu na jony pod wpływem wody i jest zdolny do przewodzenia prądu; gdy jest całkowicie zdysocjowany, mówimy o elektrolicie mocnym

## potencjał elektrody

wielkość charakterystyczna dla określonego metalu, z którego zbudowana jest elektroda i zależna od stężenia jonów tego metalu w roztworze badanego elektrolitu

## elektroda kalomelowa

typ elektrody o budowie jak poniżej, w której rolę klucza elektrolitycznego pełni roztwór elektrolitu

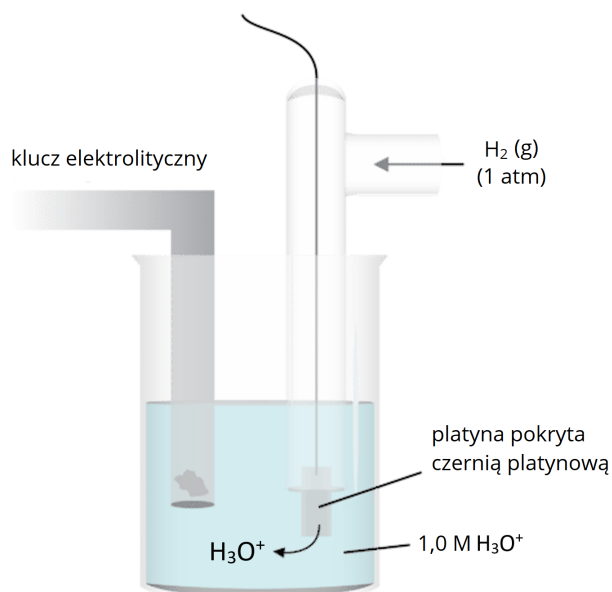


Schemat budowy elektrody kalomelowej.

Źródło: Cepheiden, dostępny w internecie: [www.pl.wikipedia.org](http://www.pl.wikipedia.org), licencja: CC BY-SA 3.0.

## elektroda wodorowa

gazowa elektroda redoks, która składa się z blaszki platynowej pokrytej czernią platynową, zanurzonej w roztworze jonów wodorowych, omywanej gazowym wodorem; przy stałym ciśnieniu gazowego wodoru jej potencjał zależy od aktywności jonów wodorowych w roztworze, wobec czego może służyć do jej wyznaczenia (a więc do wyznaczenia pH)

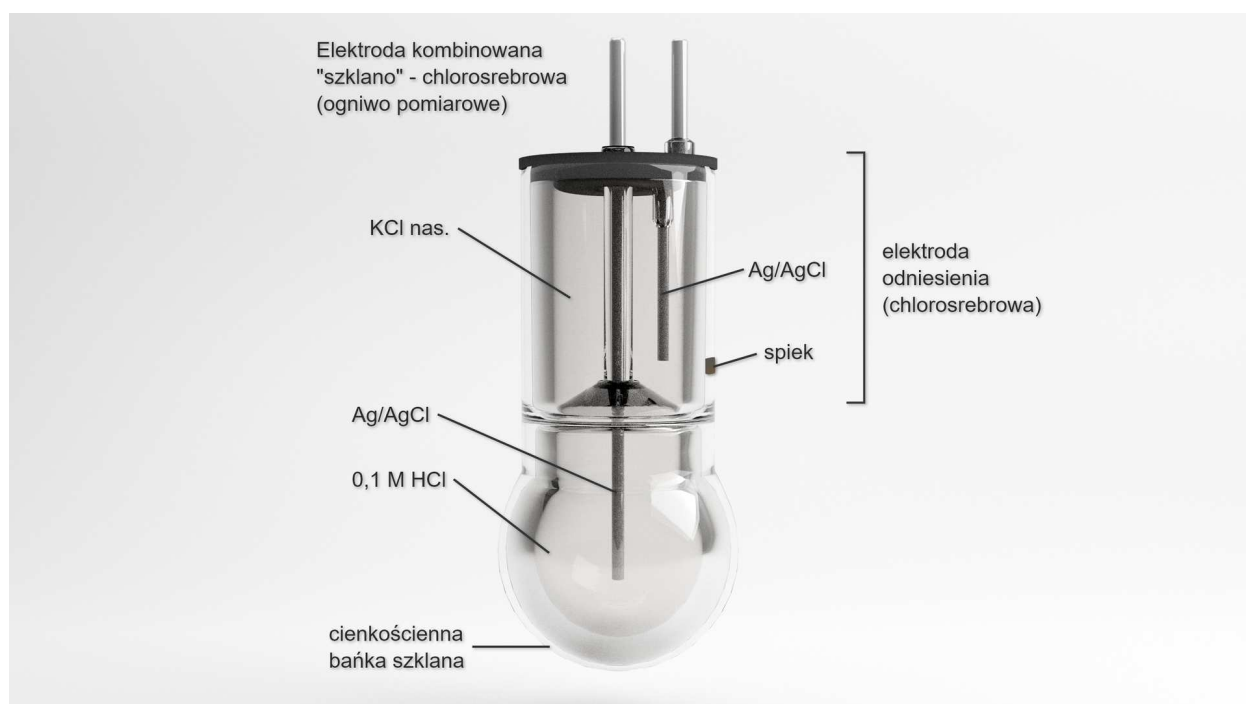


Schemat budowy elektrody wodorowej.

Źródło: [www.chem.libretexts.org](http://www.chem.libretexts.org), licencja: CC BY-SA 3.0.

### elektroda szklana kombinowana

elektroda pomiarowa, składająca się z elektrody szklanej pełniącej rolę elektrody wskaźnikowej, której potencjał zależy od pH badanego roztworu oraz elektrody odniesienia (porównawczej), której potencjał nie zależy od pH badanego roztworu. Rolę półogniwa odniesienia pełni elektroda chlorosrebrowa, która zanurzona jest w nasyconym roztworze chlorku potasu.



Schemat elektrody szklanej kombinowanej

## Bibliografia

Atkins P. W., *Chemia fizyczna*, Warszawa 2001.

*Chemia fizyczna*, praca zbiorowa, Warszawa 1980.

Douglas W., Skoog A., West D. M., Holler J. F., Crouch S. R., *Podstawy chemii analitycznej*, Warszawa 2006, t. 1, s. 232.

Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Chemia 3. Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2006.

Kortüm G., *Elektrochemia*, Warszawa 1966.

Litwin M., Styka-Włazło Sz., Szymońska J., *To jest chemia 1*, Warszawa 2013.

Minczewski J., Marczenko Z., *Chemia analityczna 1. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 1997.

Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia fizyczna*, Warszawa 1986.

# Grafika interaktywna

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, jakie pH mają substancje, z którymi masz styczność na co dzień? Przeanalizuj grafiki interaktywne, a następnie rozwiąż zadania.

Grafika interaktywna pt. „*Jakie pH ma woda?*”

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

Grafika interaktywna pt. „*Jakie pH ma kawa?*”

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

Grafika interaktywna pt. „*Czy wiesz, jakie pH ma mydło?*”

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

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



Roztwór A ma  $\text{pH} = 3$ , a roztwór B ma  $\text{pOH} = 1$ . Określ  $\text{pOH}$  dla roztworu A, dla roztworu B  $\text{pH}$  oraz podaj stosunek stężeń  $\text{H}_3\text{O}^+$  do  $\text{OH}^-$  w obu roztworach.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



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

## Ćwiczenie 3



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

## Ćwiczenie 4



## Ćwiczenie 5



Na podstawie poniżej tabeli uzupełnij tekst.

Lp.	Płyn ustrojowy	pH
1	sok żołądkowy	2
2	żółć	7,6
3	mocz	5,5
4	sok trzustkowy	8
5	ślina	6,9
6	pot	5
7	płyn mózgowo-rdzeniowy	7

Źródło: [www.pl.wikipedia.org/wiki/Skala\\_pH](http://www.pl.wikipedia.org/wiki/Skala_pH).

## Ćwiczenie 6



Jakie jest stężenie jonów wodorotlenkowych w soku żołądkowym, skoro jego pH wynosi 2? Wykonaj odpowiednie obliczenia.

## Ćwiczenie 7



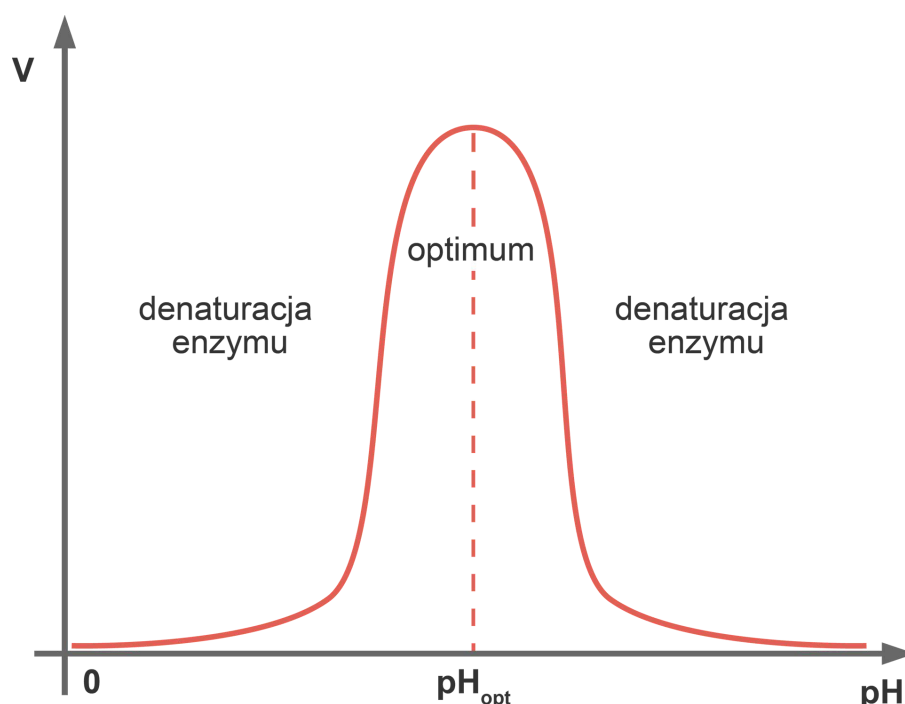
Dokonano pomiaru pH wody destylowanej w temperaturze 25°C. Następnie przez 1 dm<sup>3</sup> wody przepuszczono 0,1 mola gazowego HCl. Oblicz, o ile jednostek zmieni się pH powstałego roztworu, zakładając, że cały chlorowódór został pochłonięty przez roztwór.

## Ćwiczenie 8



Enzymy są rodzajem katalizatorów, które mają zdolność do przyspieszania reakcji chemicznych w organizmie. Ich aktywność zależy w dużym stopniu od parametrów środowiskowych, do których zaliczyć można temperaturę oraz pH. Zależność szybkości reakcji enzymatycznej od pH można przedstawić za pomocą wykresu, w którym najważniejszym punktem jest maksimum krzywej (wartość optymalna pH). W tym punkcie aktywność enzymu jest najwyższa.

/Opracowano na podstawie: [www.wikipedia.pl/](http://www.wikipedia.pl/)



Wpływ pH na szybkość reakcji enzymatycznej ( $V$ ). Na wykresie zaznaczono wartość  $pH - pH_{opt}$ , przy której reakcja przebiega najszybciej oraz zakresy pH, w których zachodzi denaturacja enzymu.

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

W zależności od rodzaju enzymu, maksimum jego aktywności może leżeć w różnym zakresie na skali pH. Aktywność enzymatyczną mogą wykazywać w środowisku kwaśnym (np. pepsyna w  $pH 1,5 - 2,7$ ; fosfataza kwaśna  $pH 4 - 6$ ), zasadowym (trypsyna, chymotrypsyna –  $pH 7 - 9$ ; fosfataza zasadowa  $pH 8 - 9$ ) lub obojętnym (dehydrogenaza mleczanowa  $pH 7,2$ ; kinaza pirogronianowa  $pH 7,4$ ).

Narysuj wykres zależności szybkości reakcji enzymatycznej od pH dla pepsyny i oblicz przybliżone stężenie jonów wodorowych w układzie o optymalnym pH. Oceń zmianę aktywności tego enzymu po umieszczeniu go w roztworze NaOH o pH= 12.

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

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Co to jest pH i jakie stężenia kryją się pod poszczególnymi wartościami?

**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

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  $pK_w$ , pH,  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $K_s$ .

## 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:

- definiuje pojęcia: pH, odczyn roztworu;
- określa odczyn roztworów różnych substancji;
- oblicza wykładnik stężenia jonów wodorowych w roztworze;
- ocenia zmiany pH roztworu przy zmianie jego stężenia.

## **Strategie:**

- asocjacyjna;
- problemowa.

## **Metody i techniki nauczania:**

- burza mózgów;
- odwrócona klasa;
- pogadanka;
- eksperyment uczniowski;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika gadająca ściana;
- metoda lekcji odwróconej;
- technika zdań podsumowujących.

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami z dostępem do internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-podręczniku;
- tablica interaktywna/tablica biała;

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.:
  - Czy wiesz jak narodziło się pojęcie pH?
  - Czy opracowana na początku XX w. koncepcja jest użyteczna z Twojego punktu widzenia?
  - Czy wiesz, czym w istocie jest pH i jakie kryje stężenia?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia pH. Uczniowie podają przykłady użycia pojęcia pH na co dzień.

3. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, które będą używane na lekcji.

## **Faza realizacyjna**

### **Przed lekcją**

1. Uczniowie pracują samodzielnie w domu (według wcześniejszych instrukcji nauczyciela) – metoda lekcji odwróconej. Polecenia nauczyciela:
  - Nauczyciel prosi uczniów, aby podali przykłady z życia codziennego, w których spotykają się z pojęciem pH i uszeregowali odnalezione wartości na skali liczbowej od najmniejszej liczby do największej. Nauczyciel proponuje uczniom również zapoznanie się z częścią „przeczytaj” e-materiału, co może okazać się pomocne podczas wykonywania zadania domowego.
  - Nauczyciel prosi uczniów o przygotowanie się do pogadanki na temat pH na podstawie dostępnych źródeł, w tym treści e-materiału.

### **Podczas lekcji**

1. Uczniowie samodzielnie analizują w medium bazowym e-materiału grafikę interaktywną dotyczącą pojęcia pH, po czym wykonują polecenia i odpowiadają na pytania.
2. Eksperyment uczniowski - uczniowie w grupach 4-osobowych wykonują eksperyment w oparciu o instrukcję ćwiczenia nr 1 w e-materiale. Nauczyciel rozdaje karty pracy oraz odpowiednie szkło, sprzęt laboratoryjny i odczynniki chemiczne. Uczniowie najpierw formułują problem badawczy, stawiają hipotezę, określają zmienne i zapisują w kartach pracy, a następnie przechodzą do wykonania doświadczenia. Odnotowują wyniki, obserwują zmiany, ustalają wnioski i zapisują całość w kartach pracy. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów. Liderzy grup prezentują wyniki pracy grupy z zastosowaniem techniki gadająca ściana.
3. Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia uczniowie definiują pojęcia: pH, odczyn. Chętni uczniowie podają definicje na forum klasy.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej skalę pH i prosi uczniów o wskazanie na skali zakresu, w którym przeważa stężenie jonów oksoniowych. Pyta uczniów o odczyn.
5. W nawiązaniu do fazy wstępnej i rozpoznanej wiedzy nauczyciel inicjuje dyskusję w kontekście pytania: Czym może skutkować brak znajomości zagadnienia pH dla człowieka?
6. Na zakończenie nauczyciel dokonuje oceny pracy wylosowanej grupy. Prosi o samoocenę uczniów dotyczącą współpracy w zespole oraz wykonanego zadania. Dokonuje oceny pracy wybranych uczniów.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimediu. Pyta:

- Jak w praktyce dokonać oceny pH roztworu?
- Co to jest odczyn?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

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

### **Praca domowa:**

Nauczyciel zleca uczniom wykonanie ćwiczeń zawartych w e-materiale „sprawdź się”.

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

Grafika interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas wykonywania pracy domowej, podczas przygotowywania się do lekcji oraz podczas wykonywania obliczeń.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Karty charakterystyk substancji.
2. Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, pehametr elektroniczny
3. Odczynniki chemiczne: woda destylowana, roztwór kwasu chlorowodorowego (HCl) oraz wodorotlenku sodu (NaOH) o stężeniach:  
1; 0,1; 0,01 oraz 0,001 mol/dm<sup>3</sup>.
4. Karty pracy ucznia.

Plik o rozmiarze 69.29 KB w języku polskim

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

- Jak w praktyce dokonać oceny pH roztworu?
- Co to jest odczyn?