

## Układy buforowe krwi

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





## Układy buforowe krwi

Układy buforowe neutralizują kwasy i zasady w organizmie, co pozwala na utrzymanie pH krwi na stałym poziomie. Ilustracja przedstawia krwinki czerwone (erytrocyty) zatopione w osoczu.

Źródło: maxpixels.net, domena publiczna.

Prawidłowe pH krwi mieści się w zakresie od 7,35 do 7,45. Organizm człowieka dysponuje specjalnymi mechanizmami, które zapewniają stałość pH krwi, a tym samym równowagę kwasowo-zasadową w organizmie. Czym są układy buforowe krwi i na czym polega ich działanie?

### Twoje cele

- Określisz wartości pH krwi człowieka, które są uznawane za prawidłowe.
- Przedstawisz najważniejsze układy buforowe w organizmie człowieka.
- Wyjaśnisz, czym jest bufor wodorowęglanowy.
- Omówisz działanie buforu fosforanowego.
- Przeanalizujesz pojemność buforową.

# Przeczytaj

---

## Kwasy i zasady w organizmie człowieka

Skąd w organizmie człowieka pojawiają się związki o charakterze kwasowym i zasadowym? W organizmie nieustannie przebiegają reakcje biochemiczne, które dostarczają kwasów. Są to np. kwas mlekowy, który powstaje w wyniku reakcji [glikolizy](#) beztlenowej, i kwas moczowy, będący produktem końcowym metabolizmu puryn.

Soki trawienne również zawierają kwasy i zasady. Warto wymienić sok żołądkowy, zawierający kwas solny (HCl), oraz zasadowy, bogaty w wodorowęglany sok trzustkowy. Źródłem kwasów i zasad w naszym organizmie jest również pokarm.

Zawartość kwasów i zasad ciągle się zmienia, jednak do prawidłowego przebiegu reakcji metabolicznych potrzebne jest stałe [pH](#) krwi. Zapewniają je układy buforowe krwi, do których należą przede wszystkim:

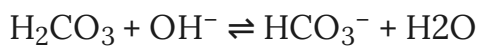
- bufor wodorowęglanowy;
- bufor fosforanowy;
- bufor białkowy.

Układy buforowe działają przez neutralizację kwasów i zasad, które dostały się do organizmu wraz z pokarmem (kwasy i zasady egzogenne) lub powstały w wyniku reakcji metabolicznych w organizmie (kwasy i zasady endogenne). Obniżenie pH poniżej 7,35 nazywane jest [kwasicią](#), a przekroczenie wartości 7,45 – [zasadowicią](#).

### Bufor wodorowęglanowy

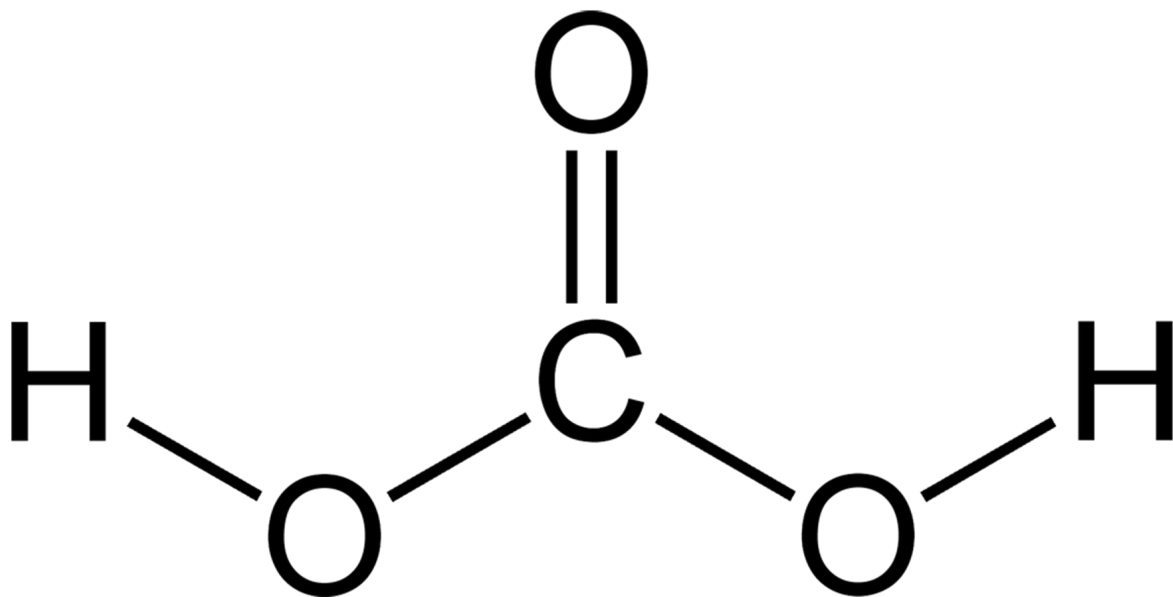
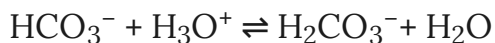
Jest to najważniejszy bufor w organizmie człowieka, w którym rolę kwasu pełni kwas węglowy ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), a rolę zasady anion wodorowęglanowy ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Kwas węglowy jest w stanie neutralizować mocne zasady (wyrażone jako  $\text{OH}^-$ ):



W wyniku reakcji kwasu węglowego z zasadą powstaje jon wodorowęglanowy oraz cząsteczka wody. Mocna zasada zostaje zastąpiona zasadą słabą, czyli  $\text{HCO}_3^-$ .

Anion wodorowęglanowy reaguje z mocnymi kwasami i je neutralizuje. Pełni więc rolę protonobiorcy. W poniższej reakcji mocny kwas zostaje zastąpiony przez słaby kwas węglowy, wyrażony jako  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .



Wzór strukturalny kwasu węglowego.

Źródło: Benjah-bmm27, Wikimedia Commons, domena publiczna.

**Bufor fosforanowy**

**Bufor białkowy**

# Pojemność buforowa

Zdolność do przeciwstawiania się zmianom pH przez związki wchodzące w skład danego buforu nazywamy **pojemnością buforową**. Pojemność buforowa zawsze jest ograniczona. Dodanie do danego buforu zbyt dużej ilości kwasu lub zasady sprawi, że w pewnym momencie zdolności neutralizujące tego buforu ulegną wyczerpaniu.

Pojemność buforowa zależy m.in. od stężenia buforu – im bardziej rozcieńczony bufor, tym mniejsza jego pojemność buforowa. Warto wiedzieć, że miarą pojemności buforowej jest stosunek liczby moli danego kwasu lub zasady, która musi zostać dodana do 1 litra roztworu buforu, aby wywołać zmianę jego pH o jedną jednostkę.

## Słownik

### ciśnienie onkotyczne

ciśnienie wewnątrznaczyniowe, warunkowane przez białka koloidalne osocza

### glikoliza

ciąg reakcji biochemicznych, które prowadzą do przekształcenia jednej cząsteczki glukozy w dwie cząsteczki kwasu pirogronowego; rolą glikolizy jest wytworzenie substratów dla cyklu Krebsa i fosforylacji oksydacyjnej

### kwasicca

zaburzenie równowagi kwasowo-zasadowej przejawiające się wzrostem stężenia jonów wodorowych w płynach ustrojowych, spowodowane zwiększeniem zawartości kwasów lub utratą zasad; kwasicca może być wyrównana, gdy kwasowość krwi nie ulega zmianie, oraz niewyrównana, ze zwiększoną kwasowością krwi; w zależności od rodzaju produktów nagromadzonych w ustroju rozróżnia się kwasicę metaboliczną i kwasicę oddechową (z podwyższeniem ilości  $\text{CO}_2$  we krwi); kwasicca metaboliczna bywa objawem wielu chorób, m.in. cukrzycy, chorób nerek, głodu; kwasicca oddechowa występuje w chorobach płuc, niedomodze krążenia, w zaburzeniach automatyki oddychania

## pH

skala ilościowa mówiąca o kwasowości i zasadowości danego roztworu

### zasadowica

zaburzenie równowagi kwasowo-zasadowej płynów ustrojowych, spowodowane utratą kwasów lub zwiększeniem zawartości zasad; buforowe mechanizmy regulujące mogą utrzymać pH krwi bez zmiany – zasadowica wyrównana; gdy jednak działanie ich jest niedostateczne, pH krwi wzrasta – zasadowica niewyrównana; zasadowica metaboliczna – wywołana np. utratą kwasów przy długotrwałych wymiotach, niedoborem potasu, niektórymi lekami (środki alkaliczne w chorobie wrzodowej); zasadowica oddechowa – wywołana spadkiem prężności  $\text{CO}_2$  we krwi wskutek nadmiernego pobudzenia ośrodka oddechowego (gorączka, śpiączka wątrobowa, zatrucia)

# Symulacja interaktywna

---

## Symulacja 1

Zawartość kwasów i zasad w organizmie człowieka ciągle się zmienia, jednak do prawidłowego przebiegu reakcji metabolicznych potrzebne jest zachowanie równowagi kwasowo-zasadowej. Gwarantuje ona, że w organizmie utrzymywane jest stałe stężenie jonów wodorowych w płynach ciała, a tym samym stałe pH. Równowagę tę zapewniają układy buforowe krwi, a przede wszystkim bufor wodorowęglanowy. Jest on głównym buforem stabilizującym pH płynów pozakomórkowych, w którym rolę kwasu pełni kwas węglowy ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), a rolę zasady anion wodorowęglanowy ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Reakcje buforowania po dodaniu do buforu:

- mocnego kwasu:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- mocnej zasady:  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ .

Poniższy wykres ilustruje zmiany stężeń kwasu węglowego, anionu wodorowęglanowego oraz anionu węglanowego w zależności od pH krwi.

Klikaj poszczególne elementy symulacji, by obserwować zmiany stężeń kwasu węglowego, anionu wodorowęglanowego oraz anionu węglanowego w zależności od pH krwi.

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

## Polecenie 1

## Polecenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Układy buforowe krwi

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu człowieka. Uczeń:

1) rozpoznaje tkanki zwierzęce na preparacie mikroskopowym, na schemacie, mikrofotografii, na podstawie opisu i wykazuje związek ich budowy z pełnioną funkcją;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Uczeń:

1) rozpoznaje tkanki zwierzęce na preparacie mikroskopowym, na schemacie, mikrofotografii, na podstawie opisu i wykazuje związek ich budowy z pełnioną funkcją;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

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

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Określisz wartości pH krwi człowieka, które są uznawane za prawidłowe.
- Przedstawisz najważniejsze układy buforowe w organizmie człowieka.
- Wyjaśnisz, czym jest bufor wodorowęglanowy.
- Omówisz działanie buforu fosforanowego.
- Przeanalizujesz pojemność buforową.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

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

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- prezentacja;
- symulacja;
- gra dydaktyczna.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

### **Przed lekcją:**

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel rozpoczyna pogadankę, zadając pytanie:
  - Dlaczego utrzymanie stałego pH krwi jest kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania organizmu?

## Faza realizacyjna:

- 1. Prezentacja.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy. Zadaniem każdego zespołu jest przygotowanie krótkiej prezentacji na przydzielony temat:
  - grupa I – bufor wodorowęglanowy;
  - grupa II – bufor fosforanowy;
  - grupa III – bufor białkowy.Prezentacja przygotowana na podstawie e-materiału oraz zasobów internetowych powinna zawierać omówienie przedstawianych reakcji chemicznych. Grupy prezentują wyniki swojej pracy. Nauczyciel ocenia poprawność każdej prezentacji, wskazuje błędy, uzupełnia brakujące informacje.
- 2. Praca z multimediami („Symulacja interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, sformułowali wyjaśnienie zależności stężeń kwasu węglowego, anionu wodorowęglanowego oraz anionu węglanowego w zależności od pH krwi. Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 5 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

## Faza podsumowująca:

- Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 6 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
- Na koniec zajęć nauczyciel raz jeszcze wyświetla na tablicy interaktywnej lub przy użyciu rzutnika temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W kontekście wyświetlonych treści prosi uczniów o rozwinięcie zdania: „Na dzisiejszej lekcji nauczyłem/nauczyłam się...”.

## Praca domowa:

- Wykonaj ćwiczenie nr 7 z sekcji „Sprawdź się”.

## Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

## Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania symulacji interaktywnej:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z symulacją interaktywną, aby przygotować się do późniejszej pracy na zajęciach.