



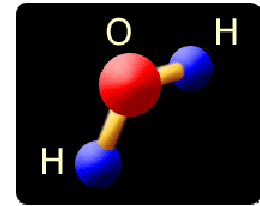
ROZTWORY BUFOROWE

Katedra i Zakład Chemii Medycznej WUM
autor: dr Agnieszka Chojnacka

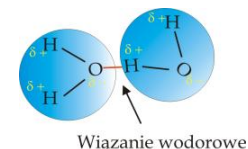
PLAN

1. Woda i przestrzenie wodne
2. Elektrolity ustrojowe
3. Dyfuzja, osmoza i ciśnienie osmotyczne
4. Roztwory buforowe i pojemność buforowa
5. Homeostaza
6. Bufory organizmu człowieka
7. Zaburzenia równowagi kwasowo - zasadowej

WODA – jej rola



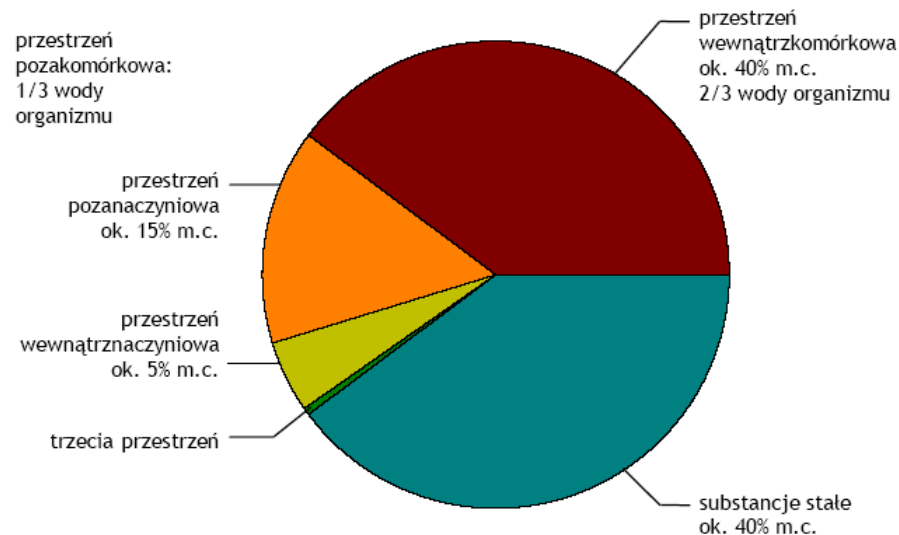
- rozpuszczalnik mający wpływ na wszystkie oddziaływania cząsteczkowe w układach biologicznych
- zwilża błony śluzowe, stawy, gałki oczne
- ciecz nasycająca wszystkie substancje organiczne w organizmach żywych
- środowisko reakcji metabolicznych, czasem też substrat w tych reakcjach
- środek transportu, zwłaszcza w krwiobiegu
- regulator temperatury
- usuwa szkodliwe produkty przemiany materii
- ma strukturę polarną i wykazuje zdolność tworzenia wiązań wodorowych



WODA I PRZESTRZENIE WODNE

W organizmie istnieją trzy przestrzenie wodne:

- wewnątrzkomórkowa – środowisko do realizacji różnych funkcji komórkowych
- pozakomórkowa – układ dostawczy; dzieli się na przestrzeń wewnątrznacyniową (osocze) i śródmiąższową
- w skład trzeciej przestrzeni wchodzi: płyn mózgowo – rdzeniowy, płyny jamy otrzewnej i opłucnej, przewodu pokarmowego i mocz w pęcherzu



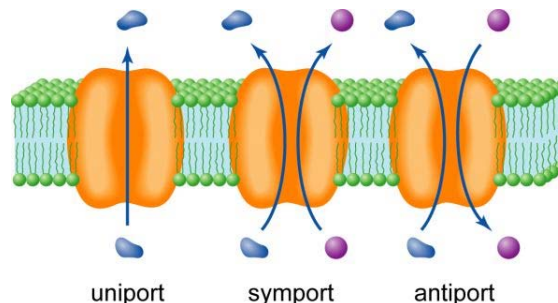
ELEKTROLITY USTROJOWE

Elektrolity	Płyn pozakomórkowy		Płyn wewnątrzkomórkowy mmol/l
	Osocze mmol/l	Śródmiąższowy mmol/l	
KATIONY			
Na ⁺	142,0	146,5	12,0
K ⁺	5,0	5,0	140,0
Ca ²⁺	2,5	1,3	5,0 μmol/l
Mg ²⁺	1,0	1,0	30,0
ANIONY			
Cl ⁻	102,0	114,0	4,0
HCO ₃ ⁻	26,0	31,0	10,0
SO ₄ ²⁻	0,5	0,5	3,8
Fosforany H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ²⁻	1,1	1,1	60,0
Kwasy organiczne	~ 5,0	~ 6,0	zmiennie
Białka	70 g/l	1,5 – 3,0 g/l	200 – 300 g/l

RODZAJE TRANSPORTU PRZEZ BŁONY

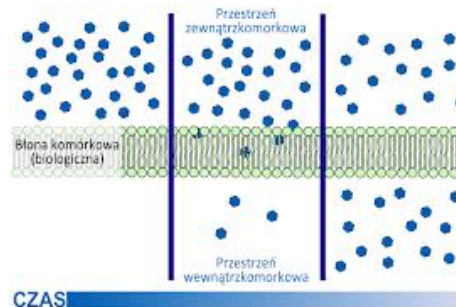
Transport przez błony może być:

- **BIERNY** – nie wymaga nakładów energii, odbywa się na skutek np. różnicy stężeń. Zalicza się tu dyfuzja prosta czy ułatwiona oraz osmoza.
- **AKTYWNY** – wymaga nakładu energii pochodzącej np. z ATP i zachodzi zawsze z udziałem wyspecjalizowanych struktur błonowych łączących transport z procesem uwalniania energii. Najczęściej zachodzi wbrew gradientowi stężeń. Zaliczamy do niego: **uniport** (transport jednej cząsteczki, np. transport glukozy w erytrocytach), **symport** (transport dwóch cząsteczek w jednym kierunku, np. transport glukoza/Na⁺ w komórkach nabłonka jelita) i **antiport** (transport dwóch cząstek w przeciwnych kierunkach, np. pompa sodowo-potasowa)



DYFUZJA

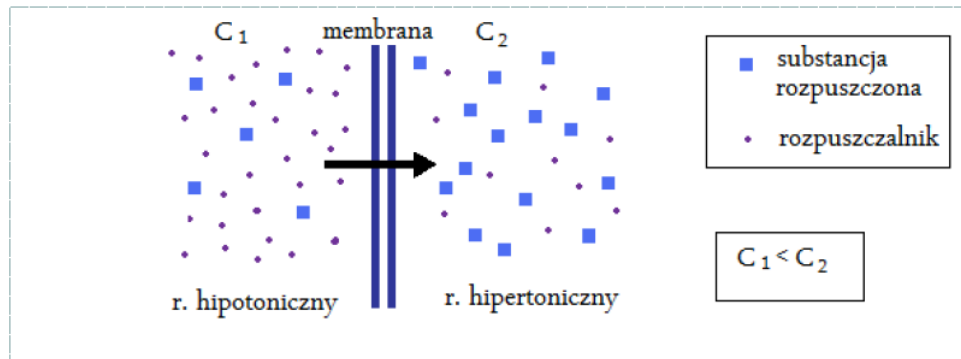
DYFUZJA – zjawisko samorzutnego mieszania się różnych substancji o różnych stanach skupienia. Zachodzi ona pod wpływem ruchów cieplnych. Cząsteczki przemieszczają się z obszaru o większej ich koncentracji do obszaru o niższej ich zawartości, tym szybciej im większa jest różnica stężeń. Jeśli dyfuzja dotyczy wody to jest to osmoza (szczególny przypadek dyfuzji).



Wyróżniamy dyfuzję prostą – transport odbywa się z roztworu hipertonicznego do hipotonicznego i wspomaganą - transport jest wspomagany przez białka.

OSMOZA

OSMOZA – zjawisko polegające na samorzutnym przechodzeniu cząsteczek rozpuszczalnika przez błonę półprzepuszczalną oddzielającą rozpuszczalnik od roztworu.



Są trzy rodzaje roztworów:

- *hipertoniczny* – o wyższym ciśnieniu osmotycznym niż roztwór po drugiej stronie błony
- *hipotoniczny* - o niższym ciśnieniu osmotycznym niż roztwór po drugiej stronie błony
- *izotoniczny* – o jednakowym ciśnieniu osmotycznym jak roztwór po drugiej stronie błony

CIŚNIENIE OSMOTYCZNE

Ciśnienie osmotyczne jest wartością ciśnienia wywieranego na półprzepuszczalną membranę przez dwie cieczce, które ta membrana oddziela. Przyczyną jego pojawienia się jest różnica stężeń związków chemicznych lub jonów po obu stronach membrany i dążenie układu do ich wyrównania. Ciśnienie to zależy od: stężenia molowego roztworu i rodzaju (właściwości) rozpuszczalnika, nie zależy zaś od: rodzaju błony półprzepuszczalnej i mechanizmu przepuszczania.

$$\Pi = TRic$$

Π – ciśnienie osmotyczne; [atm]

T – temperatura, [K]

R – stała gazowa; 0,083 [dm³*atm/mol*K]

i – współczynnik osmotyczny van't Hoffa; równy jest liczbie jonów powstających z dysocjacji elektrolitycznej jednej cząsteczki; dla nieelektrolitów wynosi on 1

c – stężenie molowe [mol/dm³]

CIŚNIENIE OSMOTYCZNE - zadanie

ZADANIE: W 300 cm³ wody znajduje się 0,03 mola pewnego związku. Roztwór ten w temperaturze 20⁰C wykazuje ciśnienie osmotyczne 12 atm. Oblicz współczynnik van't Hoffa tego związku, podaj jego typ i przykład.

$$V = 0,3\text{dm}^3$$

$$n = 0,03\text{mola}$$

$$T = 20^0\text{C} = 293\text{K}$$

$$\Pi = 12\text{atm.}$$

$$C_m = \frac{n}{V} = \frac{0,03\text{mola}}{0,3\text{dm}^3} = 0,1\text{mol/dm}^3$$

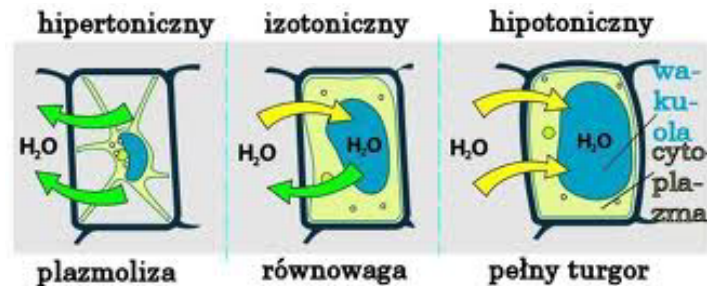
$$\Pi = TRic \Rightarrow i = \frac{\Pi}{RTc}$$

$$i = \frac{12\text{atm.}}{293\text{K} \cdot 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,083 \frac{\text{dm}^3 \cdot \text{atm.}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \approx 5$$

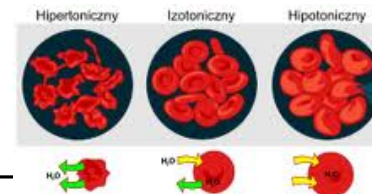
Związek jest elektrolitem dysocjującym na 5 jonów. Przykład: Mg₃(PO₄)₂

PLAZMOLIZA I DEPLAZMOLIZA

- gdy ciśnienie osmotyczne zewnętrzne większe niż w komórce – woda z komórki przechodzi do otoczenia i następuje jej kurczenie PLAZMOLIZA i wysuszenie
- gdy ciśnienie osmotyczne zewnętrzne niższe niż w komórce – woda z zewnątrz przenika do komórki, powoduje jej pęcznienie DEPLAZMOLIZA (HEMOLIZA) i może nastąpić jej rozerwanie
- gdy ciśnienie zewnątrz = ciśnieniu wewnątrz komórki – woda przechodzi w obu kierunkach, w jednakowych ilościach



PLAZMOLIZA I HEMOLIZA - zadanie



ZADANIE: Jakie zjawisko zaobserwujemy, jeżeli krwinki czerwone umieścimy w roztworze azotanu (V) amonu o $c=1,52\%$ w $T=18^{\circ}\text{C}$?

$$C\% = 1,52\%$$

$$d = 1\text{g/cm}^3 = 1000\text{g/dm}^3$$

$$M_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 80\text{g/mol}$$

$$T = 18^{\circ}\text{C} = 291\text{K}$$

$$C_m = \frac{C\% \cdot d}{M \cdot 100\%}$$

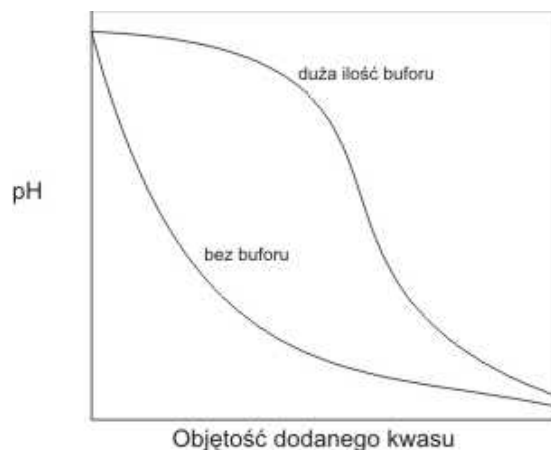
$$C_m = \frac{1,52\% \cdot 1000\text{g/dm}^3}{80\text{g/mol} \cdot 100\%} = 0,19 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\Pi = 291\text{K} \cdot 0,083 \frac{\text{dm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 2 \cdot 0,19 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 9\text{atm}$$

By krwinki nie uległy zmianie muszą być w roztworze o ciśnieniu osmotycznym wynoszącym 9atm. Ten roztwór jest hipertoniczny, woda wypłukiwana jest z krwinki, zachodzi *plazmoliza*.

DEFINICJA ROZTWORÓW BUFOROWYCH

- **ROZTWORY BUFOROWE** (moderatory pH) posiadają zdolność *buforowania*, czyli przeciwstawiania się znacznym zmianom pH po dodaniu do nich niewielkich ilości mocnego kwasu lub mocnej zasady.



- Według teorii Brönsteda i Lowry'ego są to mieszaniny zawierające sprzężoną parę kwas-zasada, np. CH_3COOH i CH_3COO^- , NH_3 i NH_4^+
- pH buforu nie zmienia się podczas rozcieńczania
- pH buforu zależy od rodzaju składników tworzących ten bufor i od stosunku, w jakim są one zmieszane

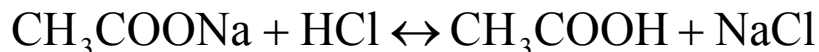
PODZIAŁ ROZTWORÓW BUFOROWYCH

- słaby kwas i jego sól z mocną zasadą, np. CH_3COOH i CH_3COONa (pH w zakresie 3,5 – 6)
- słaba zasada i jej sól z mocnym kwasem, np. NH_3 i NH_4Cl (pH w zakresie 8 – 11)
- dwie sole kwasu wielozasadowego o różnej zawartości atomów wodoru, np. KH_2PO_4 i K_2HPO_4 (pH w zakresie 5,5 – 8)
- rzadko: słaby kwas i jego sól ze słabą zasadą, np. HCOOH i HCOONH_4

MECHANIZM DZIAŁANIA BUFORÓW

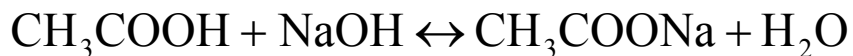
W jaki sposób bufor octanowy zachowuje się po dodaniu mocnego kwasu, a jak po dodaniu mocnej zasady? ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$)

- dodatek mocnego kwasu – HCl



Mocny kwas przereaguje z octanem sodu wypierając słabszy kwas z jego soli. W roztworze zostanie wytworzona jego sól, która prawie nie wpływa na wartość pH. Jednocześnie zostanie wytworzona niewielka ilość kwasu octowego, który jako słaby kwas też nie wpływa na pH.

- dodatek mocnej zasady – NaOH

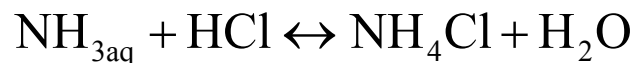


Mocna zasada zostanie zobojętniona przez słaby kwas. W roztworze zostanie wytworzona sól, która prawie nie wpływa na wartość pH.

MECHANIZM DZIAŁANIA BUFORÓW

W jaki sposób bufor amonowy zachowuje się po dodaniu mocnego kwasu, a jak po dodaniu mocnej zasady? ($\text{NH}_{3\text{aq}}/\text{NH}_4\text{Cl}$)

- dodatek mocnego kwasu – HCl



Mocny kwas zostanie zobojętniony przez słabą zasadę i w roztworze zostanie wytworzona sól, która prawie nie wpływa na wartość pH.

- dodatek mocnej zasady – NaOH



Mocna zasada przereaguje z chlorkiem amonu i wyprze słabszą zasadę z jej soli. W roztworze zostanie wytworzona sól, która prawie nie wpływa na wartość pH. Jednocześnie zostanie wytworzona niewielka ilość amoniaku, który jako słaba zasada też nie wpływa na pH

pH ROZTWORÓW BUFOROWYCH

Bufor będący mieszaniną słabego kwasu i jego soli z mocną zasadą:



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

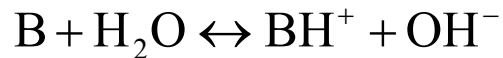
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = K_a \cdot \frac{c_{\text{kw}}}{c_s} \quad \text{po zlogarytmowaniu}$$

$$-\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log K_a - \log \frac{c_{\text{kw}}}{c_s}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{c_{\text{kw}}}{c_s} = \text{p}K_a + \log \frac{c_s}{c_{\text{kw}}} \quad \text{WZÓR HENDERSONA - HASSELBACHA}$$

pH ROZTWORÓW BUFOROWYCH

Bufor będący mieszaniną słabej zasady i jej soli z mocnym kwasem



$$K_b = \frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]}$$

$$[OH^-] = \frac{K_b \cdot [B]}{[BH^+]} = K_b \cdot \frac{c_z}{c_s} \quad \text{po zlogarytmowaniu}$$

$$-\log[OH^-] = -\log K_b - \log \frac{c_z}{c_s}$$

$$pOH = pK_b - \log \frac{c_z}{c_s} = pK_b + \log \frac{c_s}{c_z}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - \left(pK_b + \log \frac{c_s}{c_z} \right)$$

OBLICZENIE pH BUFORU - ZADANIE

ZADANIE: Oblicz pH roztworu buforowego otrzymanego ze zmieszania 90ml amoniaku o stężeniu $0,2 \text{ mol/dm}^3$ z 10 ml chlorku amonu o stężeniu $0,2 \text{ mol/dm}^3$ $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,2 \text{ mol/dm}^3 \cdot 90 \text{ ml}}{90 \text{ ml} + 10 \text{ ml}} = 0,18 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = \frac{0,2 \text{ mol/dm}^3 \cdot 10 \text{ ml}}{90 \text{ ml} + 10 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b - \log \frac{c_z}{c_s} = \text{p}K_b + \log \frac{c_s}{c_z}$$

$$\text{pOH} = 4,75 + \log \frac{0,02 \text{ mol/dm}^3}{0,18 \text{ mol/dm}^3} = 3,8$$

$$\text{pH} = 14 - 3,8 = 10,2$$

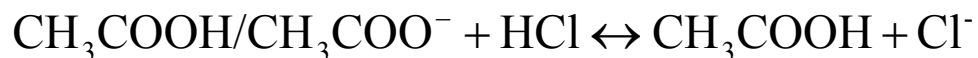
OBLICZENIE pH BUFORU - ZADANIE

ZADANIE: Oblicz pH roztworu buforowego zawierającego 0,1mola CH_3COOH i 0,1mola CH_3COONa w 1 dm^3 roztworu. $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$

$$\text{pH} = \text{pK}_a - \log \frac{c_{\text{kw}}}{c_s} = \text{pK}_a + \log \frac{c_s}{c_{\text{kw}}}$$

$$\text{pH} = 4,74 + \log \frac{0,1}{0,1} = 4,74$$

Jak zmieni się pH po dodaniu 0,01mola HCl ?



Maleje ilość soli, rośnie zaś ilość kwasu o taką samą wartość!

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{0,1 - 0,01}{0,1 + 0,01} = 4,74 - 0,087 = 4,65$$

OBLICZENIE pH BUFORU - ZADANIE

Jak zmieni się pH po dodaniu 0,01 mola NaOH?



Maleje ilość kwasu, rośnie zaś ilość soli o taką samą wartość!

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{0,1 + 0,01}{0,1 - 0,01} = 4,74 + 0,087 = 4,83$$

OGRANICZENIA RÓWNANIA H-H:

- nie można go stosować dla silnych kwasów lub zasad
- nie można go stosować dla roztworów silnie stężonych lub silnie rozcieńczonych oraz gdy różnica proporcji kwas/zasada jest bardzo duża.

W tych warunkach traci sens skala pH!

PRZEKSZTAŁCENIE WZORU H-H - zadanie

ZADANIE: Ile g kwasu octowego należy dodać do 250 cm³ roztworu zawierającego 41g octanu sodu, by uzyskać roztwór o pH=4,8.

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{c_s}{c_{\text{kw}}} \qquad c_s = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{41 \text{ g}}{82 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,25 \text{ dm}^3} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$
$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log c_s - \log c_{\text{kw}}$$

$$\log c_{\text{kw}} = \text{pK}_a + \log c_s - \text{pH} = 4,74 + 0,3 - 4,8 = 0,24$$

$$c_{\text{kw}} = 10^{0,24} = 1,74$$

$$c_{\text{kw}} = \frac{m}{M \cdot V} \Rightarrow m = c_{\text{kw}} \cdot M \cdot V = 1,74 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 60 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,25 \text{ dm}^3$$

$$m = 26,1 \text{ g}$$

POJEMNOŚĆ BUFOROWA

POJEMNOŚĆ BUFOROWA – jest to wielkość charakteryzująca zdolność buforowania przez dany roztwór.

$$A = \frac{\Delta n}{\Delta \text{pH}}$$

Jej miarą jest stosunek liczby dodanych moli jonów H^+ lub OH^- do zmiany pH, jaką ten dodatek wywołał, w przeliczeniu na 1dm^3 roztworu buforowego.

POJEMNOŚĆ BUFOROWA ZALEŻY OD:

- stężenia buforu; rośnie wraz ze zwiększaniem stężenia buforu
- rozcieńczania buforu; maleje wraz z rozcieńczaniem

Bufory o tym samym stężeniu mają największą pojemność buforową wówczas, gdy stosunek stężeń ich składników (sprzężonej pary kwas-zasada) wynosi 1.

POJEMNOŚĆ BUFOROWA - zadanie

ZADANIE: Do 100 cm³ roztworu buforowego będącego mieszaniną kwasu octowego o stężeniu 0,16 mol/dm³ i octanu sodu o stężeniu 0,04 mol/dm³ dodano a) 1 cm³ HCl o stężeniu 0,9 mol/dm³ i b) 1 cm³ NaOH o stężeniu 0,9 mol/dm³ Oblicz pojemność buforową.

$$K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} = 4,74$$

Jeśli dodany kwas wyrażamy liczbą moli to obliczając pH po dodaniu tego kwasu do określonej objętości buforu innej niż 1dm³, należy też stężenia składników wyrazić liczbą moli!

$$n_{\text{kw}} = 0,16 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,016 \text{ mola}$$

$$n_s = 0,04 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,004 \text{ mola}$$

$$\text{pH}_1 = \text{p}K_a + \log \frac{0,004 \text{ mola}}{0,016 \text{ mola}} = 4,14$$

POJEMNOŚĆ BUFOROWA - zadanie

Po dodaniu kwasu maleje ilość soli, rośnie ilość kwasu o taką samą wartość!

$$n_{\text{kw}} = 0,9 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,001 \text{ dm}^3 = 0,0009 \text{ mola}$$

$$\text{pH}_2 = \text{pK}_a + \log \frac{0,004 \text{ mola} - 0,0009 \text{ mola}}{0,016 \text{ mola} + 0,0009 \text{ mola}} = 4,00$$

$$\Delta \text{pH} = \text{pH}_1 - \text{pH}_2 = 4,14 - 4,00 = 0,14$$

Liczba moli dodanego do buforu mocnego kwasu, który spowodował zmianę pH, w przeliczeniu na 1 dm³ buforu, wynosi:

$$100 \text{ ml} - 1 \text{ ml}$$

$$1000 \text{ ml} - 10 \text{ ml} (0,01 \text{ dm}^3)$$

$$x = 0,9 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,01 \text{ dm}^3 = 0,009$$

$$A = \frac{0,009}{0,14} = 0,064$$

POJEMNOŚĆ BUFOROWA - zadanie

Po dodaniu zasady maleje ilość kwasu, rośnie ilość soli o taką samą wartość!

$$n_z = 0,9 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,001 \text{ dm}^3 = 0,0009 \text{ mola}$$

$$\text{pH}_2 = \text{pK}_a + \log \frac{0,004 \text{ mola} + 0,0009 \text{ mola}}{0,016 \text{ mola} - 0,0009 \text{ mola}} = 4,25$$

$$\Delta \text{pH} = 4,25 - 4,14 = 0,11$$

Liczba moli dodanej do buforu mocnej zasady, która spowodowała zmianę pH, w przeliczeniu na 1 dm³ buforu, wynosi:

$$100 \text{ ml} - 1 \text{ ml}$$

$$1000 \text{ ml} - 10 \text{ ml} (0,01 \text{ dm}^3)$$

$$x = 0,9 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,01 \text{ dm}^3 = 0,009$$

$$A = \frac{0,009}{0,11} = 0,081$$

RÓWNOWAGA KWASOWO - ZASADOWA USTROJU

HOMEOSTAZA – (gr. *homoios* = równy i *stasis* = trwanie) Walter Canon 1929r. Jest to stan dynamicznej równowagi czynnościowej organizmu, której zachwianie prowadzi do choroby lub śmierci. Każda czynność organizmu powoduje zaburzenie homeostazy, które u zdrowego człowieka jest szybko usuwane.

Jest ona utrzymywana przez:

- roztwory buforowe krwi oraz tkanek
- czynność nerek
- płuca

Parametry	Zakres wartości prawidłowych
[H ⁺]	35,5 – 44,7 nmol/l
pH	7,35 – 7,45
pCO ₂	4,7 – 6,0 kPa = 35 – 45 mmHg
HCO ₃ ⁻	24 – 28 mmol/l
Wszystkie zasady buforujące pełnej krwi	44 – 48 mmol/l
Niedobór lub nadmiar zasad buforujących	(-2,5) – (+2,0) mmol/l

RÓWNOWAGA KWASOWO-ZASADOWA

Na właściwe funkcjonowanie organizmu ma wpływ stałość środowiska wewnętrznego bez względu na zachodzące przemiany metaboliczne.

- równowaga jonowa (**IZOJONIA**)
- równowaga kwasowo-zasadowa (**IZOHYDRIA**)
- równowaga stężeń substancji w płynach wewnątrz- i pozakomórkowym (**IZOOSMIA, IZOTONIA**)
- równowaga energetyczna warunkująca stałość temperatury (**IZOTERMIA**)
- stałość nawodnienia (**IZOHYDREMIA**)
- utrzymanie optymalnych wartości ciśnień parcjalnych O_2 i CO_2

RÓWNOWAGA KWASOWO-ZASADOWA

W stanie **RÓWNOWAGI KWASOWO - ZASADOWEJ** żywego ustroju spełnione są:

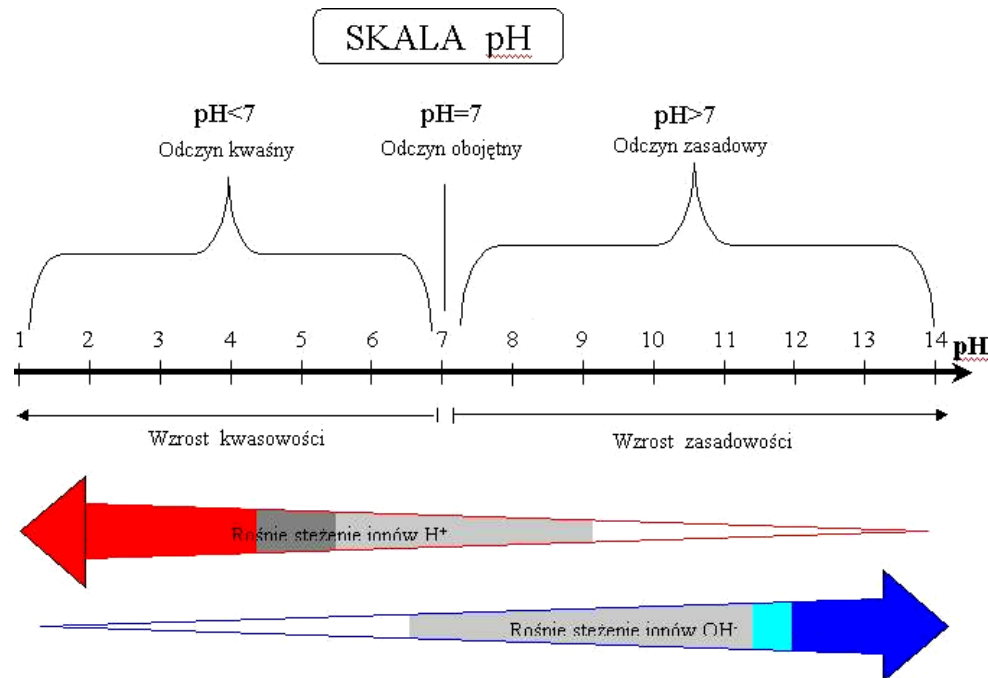
- *prawo elektroobojętności płynów ustrojowych* – w danym płynie ustrojowym suma stężeń anionów równa się sumie stężeń kationów
- *prawo izomolalności (izoosmolalności)* – ciśnienie osmotyczne wszystkich płynów ustrojowych, we wszystkich przestrzeniach wodnych ustroju ma taką samą wartość
- *prawo izojonii* – ustrój dąży do utrzymania stałego stężenia jonów

RÓWNOWAGA KWASOWO-ZASADOWA

„ZE WSZYSTKICH SKŁADNIKÓW PŁYNÓW USTROJOWYCH NASZEGO ORGANIZMU – KWAS JEST NAJBARDZIEJ SZKODLIWY.” HIPOKRATES

Kwasowość roztworu jest zdefiniowana przez stężenie zawartych w nim jonów wodorowych. Dla wygody posługujemy się skalą pH.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$



RÓWNOWAGA KWASOWO-ZASADOWA

Im wyższa wartość pH, tym bardziej zasadowy jest odczyn danego roztworu. W organizmie człowieka jest wiele płynów ustrojowych i każdy, by dobrze wypełniać swoje zadania, wymaga innej wartości pH.

Sok żołądkowy – 1 – 2,0

Ślina – 6,5 – 7,3

Mocz – 6,2 – 6,8

Wydzielina pochwowa – 4,0 – 4,7

Krew – 7,35 – 7,45

Pęcherzyk żółciowy – 7,5 – 8,8

Sok trzustkowy – 7,5 – 8,8

Sok jelitowy – 6,2 – 7,5

Nasienie – 7,8 – 8,2

BUFORY ORGANIZMU CZŁOWIEKA

Podstawowe bufor organizmu człowieka to: bufor wodorowęglanowy, hemoglobinianowy, fosforanowy i bufor białczanowe.

Bufor	Najczęstsze umiejscowienie	Udział w pojemności buforowej krwi (%)
$\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$	PZK	70
$\text{Hb}^-/\text{HHbO}_2$	PWK	21
$\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$	PWK	6
Na-białczany/H-białczany	PWK i PZK	3

Większość uwalnianych jonów H^+ w płynach ustrojowych jest przyłączana przez składniki anionowe buforów białczanowych i fosforanowych w PWK, zaś w PZW głównie przez HCO_3^- buforu wodorowęglanowego.

BUFOR WODOROWĘGLANOWY

BUFOR WODOROWĘGLANOWY ($\text{NaHCO}_3 / \text{H}_2\text{CO}_3$)



- główny układ buforowy płynu pozakomórkowego
- najważniejszy element równowagi kwasowo-zasadowej (ze względów ilościowych oraz podatności na oddechowe i metaboliczne mechanizmy regulacyjne)
- działa w układzie otwartym (produkt odwodnienia kwasu węglowego - CO_2 usuwany przez płuca i w ten sposób kontrolowane jest stężenie kwasu, HCO_3^- resorbowany i regenerowany w nerkach)
- regulacja oddechowa poprzez eliminację CO_2 , regulacja metaboliczna przez eliminację jonów H^+ przez nerki i zapewnienie dostatecznej ilości HCO_3^-
- jony HCO_3^- są rezerwą alkaliczną organizmu!
- konieczna jest obecność anhidrazy węglanowej, która katalizuje reakcje

BUFOR WODOROWĘGLANOWY

BUFOR WODOROWĘGLANOWY ($\text{NaHCO}_3 / \text{H}_2\text{CO}_3$)

Dwutlenek węgla w:	pCO_2 [kPa]	[mmHg]
Tkankach	7,30	55
Krwi żyłnej	6,10	46
PZK	6,10	46
Krwi tętniczej	5,30	40
Powietrzu pęcherzykowym	5,30	40
Powietrzu atmosferycznym	0,04	0,3

Z całej puli CO_2 powstającego w organizmie:

- ok.75% wchodzi w reakcję z wodą, a produktami są jony wodorowe i wodorowęglanowe
- 15% tworzy połączenia karbaminianowe z wolnymi grupami α - aminowymi N – terminalnych reszt waliny łańcuchów polipeptydowych, szczególnie hemoglobiny
- jedynie 5% jest transportowane w postaci gazu fizycznie rozpuszczonego w wodzie przestrzeni wewnątrznaczyniowej.

BUFOR HEMOGLOBINIANOWY



BUFOR HEMOGLOBINIANOWY (HHb/KHb oraz HHbO₂/KHbO₂)

- najważniejszy białkowy układ buforujący
- jego działanie polega na wiązaniu jonów w obrębie naczyń włosowatych tkanek, a następnie uwalnianiu w naczyniach włosnaczkowych płuc
- do pełnej efektywności działania tego buforu niezbędna jest hemoglobina

HEMOGLOBINA:

- najważniejszy funkcjonalnie i strukturalnie składnik erytrocytów oraz czerwony barwnik oddechowy krwi
- słabo rozpuszcza się w wodzie (nigdy nie daje tak dużych stężeń jakie ma w krwinkach)
- ma charakter kwaśny z powodu przewagi grup kwasowych hemu nad grupami zasadowymi globiny; stąd duża zdolność wiązania zasad
- kwaśność hemoglobiny ulega zmianie w zależności od stopnia jej utlenowania (oksyHb jest silniejszym kwasem niż Hb)

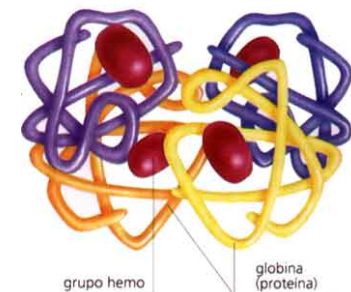
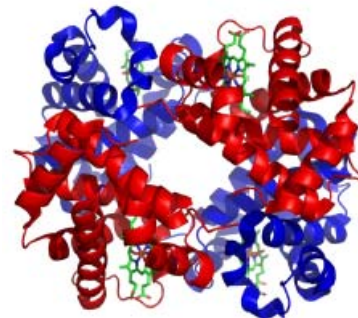
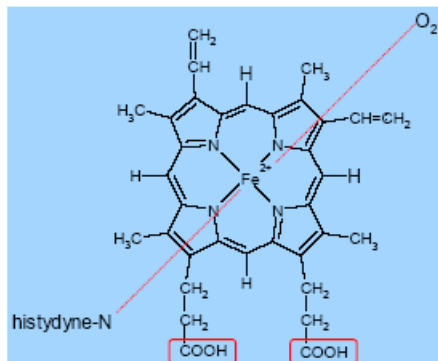
BUDOWA HEMOGLOBINY

CHROMOPROTEID zawierający żelazo (część barwnikowa HEM 4% + białko GLOBINA 96% - 2 łańcuchy polipeptydowe α i 2 łańcuchy β , różnią się ilością aminokwasów; każdy z nich łączy się z jedną jednostką hemu)

SKŁAD HEMU grupy prostetycznej hemoglobiny:

- pierścień porfirynowy złożony z czterech pierścieni pirolowych połączonych mostkami metinowymi
- dwuwartościowy jon żelaza Fe^{2+} w centrum pierścienia porfiryny umożliwia wiązanie cząsteczki tlenu

Podczas wiązania i oddawania tlenu stopień utlenienia żelaza się nie zmienia

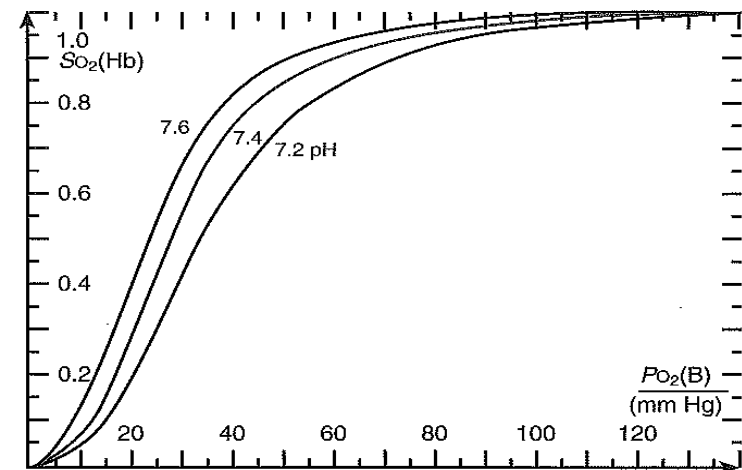
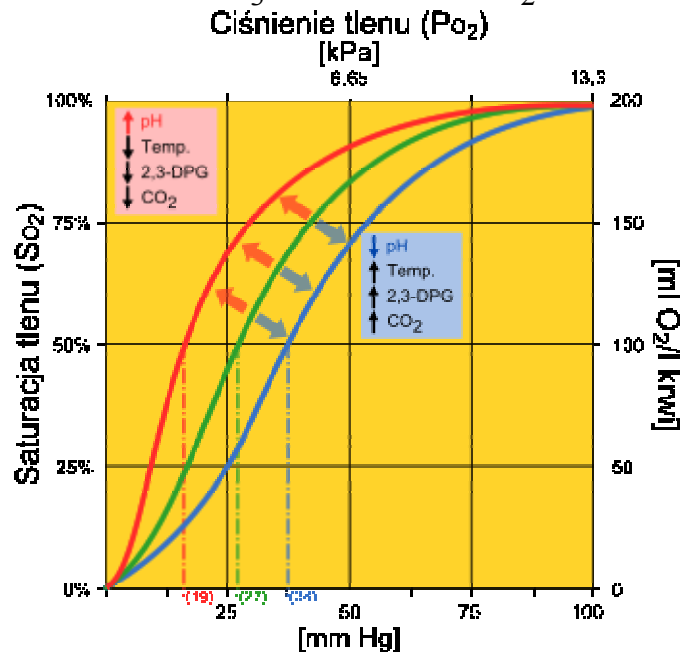


EFEKT BOHRA

EFEKT BOHRA – zmniejszenie powinowactwa hemoglobiny do tlenu w warunkach obniżonego pH. Ułatwia to oddawanie tlenu w tkankach.



W płucach ma miejsce proces odwrotny: duże stężenie tlenu sprawia, że hemoglobina oddaje związane z nią jony i może związać tlen.



ZABURZENIA RÓWNOWAGI KWASOWO_ZASADOWEJ

Zakwaszenie ustroju – czyli kwasica albo zalkalizowanie – czyli zasadowica jest spotykana głównie w warunkach patologicznych.

Klasyfikacja i charakterystyka prostych zaburzeń równowagi kwasowo-zasadowej

Zaburzenie	Zmiana pierwotna	Odpowiedź kompensacyjna
Metaboliczne: - kwasica - zasadowica	$\downarrow[\text{HCO}_3^-]$ $\uparrow[\text{HCO}_3^-]$	$\downarrow\text{pCO}_2$ $\uparrow\text{pCO}_2$
Oddechowe: - kwasica - zasadowica	$\uparrow\text{pCO}_2$ $\downarrow\text{pCO}_2$	$\uparrow[\text{HCO}_3^-]$ $\downarrow[\text{HCO}_3^-]$

KWASICA METABOLICZNA

KWASICA metaboliczna – wzrost stężenia jonów H^+ lub spadek stężenia jonów HCO_3^- . Spadek pH pobudza ośrodek oddechowy do zwiększenia wydalania CO_2

PRZYCZYNY:

- utrata wodorowęglanów przez przewód pokarmowy (biegunki) lub przez nerki
- nadmiar jonów wodorowych pochodzących np. z nadmiernej produkcji kwasów organicznych lub z nadprodukcji niskocząsteczkowych kwasów organicznych (propionowy, ketokwasy)
- zmniejszenie zdolności nerki do wydalania jonów wodorowych, np. w nerkowych kwasicach kanalikowych

KWASICA ODDECHOWA

- KWASICA oddechowa – wzrasta ciśnienie parcjalne CO₂ w pęcherzykach ze względu na zmniejszoną zdolność płuc do jego usuwania

PRZYCZYNY:

zmniejszona eliminacja CO₂ przez płuca spowodowana:

- uszkodzeniem nerwowej regulacji oddychania w OUN
- chorobami serca (niewydolność serca)
- zaburzeniami sztucznego oddechu kontrolowanego
- chorobami płuc
- zmianami w opłucnej (płyn w jamie opłucnej, odma opłucnowa)
- ograniczeniem ruchomości klatki piersiowej (np. tężec)

ZASADOWICA ODDECHOWA

- ZASADOWICA oddechowa – wskutek hiperwentylacji spada zawartość CO₂ we krwi, pH rośnie.

PRZYCZYNY:

- zmniejszenie pCO₂ wskutek hiperwentylacji
- sytuacje stresowe (ból, lęk)
- czynniki drażniące ośrodek oddechowy (toksyny, leki)
- choroby serca i płuc
- zmiany zwyrodnieniowe w OUN (stymulacja ośrodka oddechowego)

ZASADOWICA METABOLICZNA

- ZASADOWICA metaboliczna – wzrost stężenia jonów HCO_3^- lub spadek stężenia jonów H^+ . Wzrost pH.

PRZYCZYNY:

- nadmierna utrata związków kwaśnych
- nadmierna podaż związków alkalicznych – przedawkowanie leków alkalizujących w chorobie wrzodowej
- niedobór potasu w przestrzeni pozakomórkowej – dochodzi do kwasicy komórkowej wskutek przesunięcia jonów potasu z komórek na wymianę z jonami wodoru