ĆWICZENIE 3

Roztwory buforowe

1. Mechanizm działania buforu

Słabe kwasy lub zasady dysocjują w niewielkim stopniu. Po dodaniu soli zawierającej wspólny jon z tym kwasem lub tą słabą zasadą następuje cofnięcie ich dysocjacji zgodnie z regułą przeciwdziałania w stanie równowagi chemicznej.

a) *Wpływ soli słabego kwasu na dysocjację tego kwasu*

Wykonanie:

Do 2 probówek odmierzyć po 5 - 7 kropli 0,1M roztworu kwasu octowego. Do każdej probówki dodać po 1 kropli oranżu metylowego. Roztwór zabarwia się na różowo. Jedną probówkę z kwasem pozostawić jako kontrolną, a do drugiej wsypać szczyptę octanu sodu i zawartość probówki wymieszać. Porównać zabarwienie otrzymanego roztworu z zabarwieniem roztworu w probówce kontrolnej.

b) *Wpływ soli słabej zasady na dysocjację tej zasady*

Wykonanie:

Do 2 probówek odmierzyć po 5 - 7 kropli 0,1M roztworu amoniaku. Do każdej probówki dodać po 1 kropli fenoloftaleiny. Roztwór zabarwia się na malinowo. Jedną probówkę pozostawić jako kontrolną, a do drugiej wsypać szczyptę chlorku amonu i zawartość probówki wymieszać. Porównać zabarwienie otrzymanego roztworu z zabarwieniem roztworu w probówce kontrolnej.

Odpowiedz:

- które z jonów soli dodanej do roztworu słabego kwasu lub słabej zasady spowodowały zmianę zabarwienia wskaźnika i dlaczego, jak zmieniło się pH roztworu,
- jak przesunęła się równowaga dysocjacji w roztworze *a/* kwasu octowego po dodaniu octanu sodu i *b/* amoniaku po dodaniu chlorku amonu i dlaczego,
- jak zmienił się stopień dysocjacji roztworu słabego elektrolitu po dodaniu soli słabego kwasu/zasady?

2. Wpływ stężenia buforu na pojemność buforową

Wykonanie:

- Sporządzić roztwory wg tabeli:

numer zlewki	**Bufor fosforanowy** (cm^3**)**		H_2O (cm^3**)**	pH_1	0,05M HCl (cm^3)	pH_2	ΔpH	n_{HCl}/1 dm^3	β
	0,1M	0,01M							
1	40	—	—		2				
2	—	40	—		2				
3	—	—	40		2				

- zmierzyć pH roztworów (pH_1),
- do każdego roztworu dodać po 2 ml 0,05 M HCl, wymieszać i ponownie zmierzyć pH (pH_2),
- zanotować zmiany pH i obliczyć pojemność buforową dla obu stężeń buforu (nie obliczać pojemności buforowej dla wody),
- wyciągnąć wnioski (ocenić zależność między stężeniem buforu a pojemnością buforową oraz porównać zmiany pH buforu i wody po dodaniu mocnego kwasu).

n — liczba moli HCl przypadająca na 1 dm^3 buforu

$$\beta = \frac{n}{\Delta pH}$$

3. Wpływ kwasu mlekowego na pojemność buforową buforu wodorowęglanowego

Główną rolę w utrzymaniu pH krwi odgrywa bufor wodorowęglanowy, w którym jony wodorowęglanowe stanowią rezerwę alkaliczną. Podczas intensywnego metabolizmu beztlenowego powstaje kwas mlekowy, który dysocjując uwalnia jony H^+. W warunkach fizjologicznych rezerwa alkaliczna z łatwością neutralizuje jony wodorowe, natomiast w stanach patologicznych (nadmierny wysiłek, wstrząs) nadmiar kwasu mlekowego całkowicie zużywa jony HCO_3^-. W żywym organizmie w sytuacji niebezpiecznego dla życia spadku pH, włączają się inne układy buforowe (bufor hemoglobinowy, bufor białczanowy oraz bufor fosforanowy). Dodatkowo organizm uruchamia kompensację oddechową (wydalanie CO_2) i nerkową (usuwanie H^+).

Wykonanie:

Do 2 zlewek odmierzyć po 10 ml roztworów kwasu mlekowego o różnych stężeniach: 0,002 M (odpowiednik fizjologicznego stężenia kwasu w organizmie) i 0,02 M (odpowiednik patologicznego stężenia kwasu w organizmie) oraz zmierzyć pH za pomocą pehametru. Wyniki zapisać w tabeli (pH_1). Następnie dodać po 1 ml 0,02 M roztworu $NaHCO_3$ do obu prób, dokładnie wymieszać i ponownie dokonać pomiaru pH (pH_2).

Nr próby	Kwas mlekowy (10 ml)	Ilość mmoli kwasu	pH_1	$NaHCO_3$ (1 ml)	Ilość mmoli zasady	pH_2	ΔpH	Ilość mmoli kwasu/ilość mmol zasady
1	0,002 M			0,02 M				
2	0,02			0,02 M				

Napisz odpowiednią reakcję neutralizacji kwasu mlekowego z udziałem buforu wodorowęglanowego, wykonaj obliczenia (ilości mmoli kwasu i zasady), porównaj zmianę pH w obu próbach i odpowiedz jak wpływa nadmiar kwasu mlekowego w organizmie na pojemność buforową buforu wodorowęglanowego.

Zadania

1. Ile wynosi $[H^+]$ w mieszaninie składającej się z 20 g NaOH oraz 1 litra 2 mol/l kwasu octowego? $K_a = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$ (Odp. $[H^+] = 5{,}4 \cdot 10^{-5}$)
2. Ile gramów NaOH należy dodać do 2 litrów 1 mol/l kwasu octowego, aby $[H^+]$ było równe stałej dysocjacji kwasu octowego? (Odp. 40 g)
3. Jak zmieni się pH, jeżeli do 100 ml 0,2 mol/l buforu amoniakalnego o pH = 9,25 dodano 50 ml 0,1 mol/l roztworu KOH? $K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$ (Odp. pH wzrośnie o 0,49)
4. Oblicz pH buforu fosforanowego zawierającego w 1 litrze roztworu 0,01 mola KH_2PO_4 i 0,001 mola Na_2HPO_4. Stała dysocjacji $H_2PO_4^- = 2 \cdot 10^{-7}$. (Odp. pH = 5,69)
5. Reakcję enzymatyczną przeprowadzono w 0,25 mol/l buforze fosforanowym o pH 6,8. Jakie było pH po zakończeniu reakcji, jeżeli w jej wyniku powstało 0,05 mola jonów H^+ na 1 litr roztworu. Jakie byłoby pH gdyby nie było buforu? $K_2 = 1{,}6 \cdot 10^{-7}$. (Odp. $pH_1 = 6{,}44$; $pH_2 = 1{,}3$)
6. Stężenie H_2CO_3 w osoczu krwi wynosi $1{,}25 \cdot 10^{-3}$ mol/l. Oblicz stężenie wodorowęglanu HCO_3^- w surowicy krwi o pH = 7,4. $K_a = 8 \cdot 10^{-7}$. (Odp. $HCO_3^- = 25$ mmol/l)
7. W osoczu krwi głównym roztworem buforowym regulującym pH krwi jest bufor wodorowęglanowy. Przy pH = 7,4 stężenie jonów HCO_3^- wynosi 25 mM, a stężenie CO_2 1,2 mM. Jak zmieni się pH krwi po dodaniu 0,005 mola jonów H^+ do 1 l krwi? pK = 6,1 (w organizmie nadmiar CO_2 zostaje usunięty wraz z wydychanym powietrzem i stężenia CO_2 nie zmienia się). (Odp. $\Delta pH = 0{,}1$)
8. Jakie jest stężenie wodorowęglanu we krwi pacjenta z kwasicą oddechową, jeśli pH krwi wynosi 7,27, a $Pco_2 = 57$ mmHg w temperaturze 37°C? $K_a = 8 \cdot 10^{-7}$, $pK_a = 6{,}1$, $\alpha = 0{,}03$ mmol/l · mmHg. (Odp. $HCO_3^- = 25{,}12$ mmol/l)
9. Ile ml 2% m/v $NaHCO_3$ (84 g/mol) podasz pacjentowi, aby dokonać korekty pH krwi z 7,05 na 7,45 przy $Pco_2 = 35$ mmHg? Objętość osocza 3 l. (Odp. V = 178,2 ml)
10. Oblicz pojemność buforową buforu białczanowego wobec zasady, wiedząc, że na przesunięcie pH o jedną jednostkę na 10 ml roztworu zużyto 3,2 ml 0,1 mol/l NaOH. (Odp. pB = 0,032)
11. Oblicz, jaka jest pojemność buforowa, jeżeli do 100 ml 0,3 molowego buforu octanowego o pH = 5,05 i pK = 4,75 dodamy 10 ml 1 mol/l kwasu solnego. $K_a = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$. (Odp. pB = 0,166)
12. W osoczu pacjenta po intensywnym wysiłku stężenie kwasu mlekowego (który w 100% dysocjuje w pH ustroju) wzrosło o 4 mmol/l. Zakładając, że kwas mlekowy w całości

przereagował z rezerwą alkaliczną buforu wodorowęglanowego krwi, oblicz końcowe pH osocza i oceń, czy u pacjenta rozwinęła się kwasica. pK_a = 6,1 (Odp. pH końcowe 7,32)