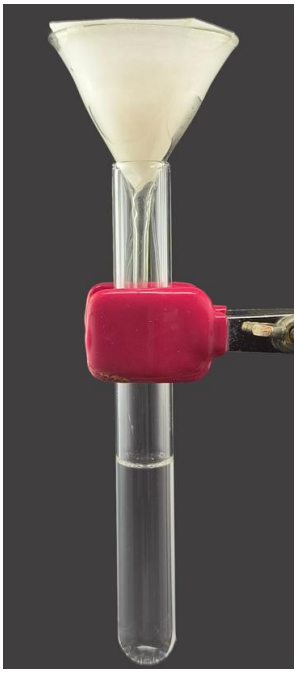
# ZADANIA TRENINGOWE

## STAŁA, STOPIEŃ DYSOCJACJI

AKADEMIA CHEMII

## Zadanie 1.

Przygotowano wodną zawiesinę węglanu wapnia w temperaturze 25 stopni Celsjusza. W celu oddzielenia osadu od roztworu (roztwór będący w równowadze z osadem) przeprowadzono sączenie na sączku z bibuły. Przebieg doświadczenia pokazano na fotografiach poniżej.



od lewej – zawartość probówki przed sączeniem (A) ; na środku – podczas sączenia (B); od prawej – widok na zawartość probówki po przesączeniu (C)

## Zadanie 1.1. (0-1)

**Oblicz stężenie molowe ($mol \cdot dm^{-3}$) kationów wapnia ($Ca^{2+}$) w roztworze będącym w równowadze z osadem przed rozpoczęciem sączenia (A).**

***Obliczenia:***

Stężenie molowe kationów wapnia wynosiło .....

## Zadanie 1.2. (0-1)

Zbadano odczyn przesączu (C) i stwierdzono, że nie jest on obojętny.

**Napisz w <u>formie jonowej skróconej</u> równanie odpowiedzialne za odczyn przesączu (C).**

.....

## Zadanie 1.3. (0-1)

**Uzupełnij poniższe zdania. Wybierz poprawne odpowiedzi spośród tych oznaczonymi symbolami A i B oraz tych oznaczonymi symbolami C i D.**

**A.** lepiej **C.** wpłynie

**B.** gorzej **D.** nie wpłynie

Węglan wapnia jest substancją [ **A** | **B** ] rozpuszczalną w wodzie od węglanu baru. Rozcieńczenie niewielką ilością wody (pozostanie osad $CaCO_3$) zawartości probówki A [ **C** | **D** ] na wartość stężenia molowego anionów węglanowych.

## Zadanie 2 i 3

Kwas cyjanowodorowy (HCN) to wodny roztwór cyjanowodoru, będącego silnie trującą cieczą o zapachu gorzkich migdałów. W pestkach wielu owoców: moreli, jabłek, migdałów można znaleźć amygdalinę, czyli związek który po rozpadzie (hydrolizie) uwalnia toksyczny cyjanowodór.

Kwas cyjanowodorowy jest słabym kwasem, a jego $K_a$ wynosi $6{,}2 \cdot 10^{-10}$

Na podstawie: W. Mizerski, Tablice chemiczne, Warszawa 2013

## Zadanie 2.1. (0-2)

Przygotowano wodny roztwór kwasu cyjanowodorowego o objętości 300cm$^3$ (roztwór A) poprzez rozpuszczenie w wodzie 0,1 g cyjanowodoru.

**Oblicz stężenie molowe kationów wodorowych ($H^+$) w roztworze kwasu cyjanowodorwego. Pomiń jony pochodzące z autodysocjacji wody.**

***Obliczenia:***

Stężenie kationów wodorowych wynosi .....

## Zadanie 2.2. (0-1)

Przygotowany wodny roztwór kwasu cyjanowodowego (roztwór A) wymieszano z wodnym roztworem wodorotlenku sodu w którym liczba moli wodorotlenku była równoważna z liczbą moli kwasu cyjanowodorowego: $n_{NaOH} = n_{kw.cyjanowodorowego.}$ W rezultacie powstał klarowny roztwór B.

**Podaj wzory wszystkich jonów i drobin obecnych w roztworze B. Pomiń jony powstające w wyniku autodysocjacji wody.**

Wzory jonów i drobin: .....

## Zadanie 3. (0-2)

Cyjanek sodu jest substancją skrajnie toksyczną. W toksykologi stosuje się pojęcie $LD_{50}$ (dawka śmiertelna dla 50% badanych zwierząt), która oznacza dawkę danej substancji, która powoduje śmierć 50% badanych organizmów.

Dawka ta może być różna w zależności od sposobu podania substancji, wieku organizmu oraz gatunku. W przypadku szczura, przy podaniu doustnym $LD_{50}$ wynosi ok. 6,44mg/kg masy ciała.

Źródło: Lewis, R.J. *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*, 9th ed., Van Nostrand Reinhold, 1996, s. 2958

**Przygotowano roztwór wodny cyjanku sodu którego stężenie molowe odpowieda dawce $LD_{50}$. Zakładając, że średnia masa szczura wynosi 400g oraz że objętość roztworu ma wynosić 1 $cm^3$, oblicz ile musiałoby wynosić stężenie molowe tego roztworu, aby odpowiadał on dawce $LD_{50}$ dla szczura przy podaniu doustnym.**

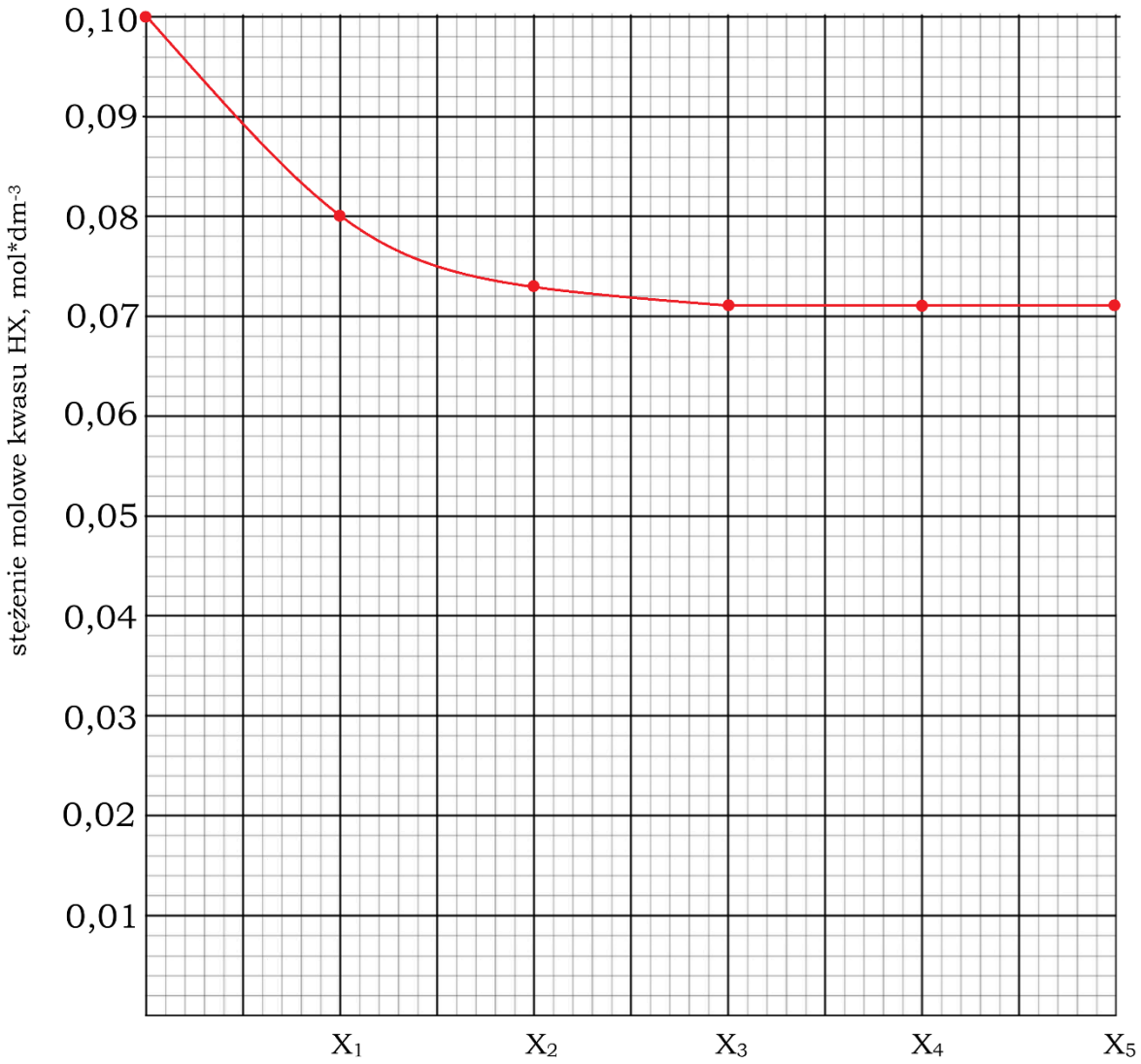
***Obliczenia:***

Stężenie molowe odpowiadajce dawce $LD_{50}$ wynosi .....

## Zadanie 4. (0-2)

Na poniższym wykresie pokazano zmianę stężenia molowego (mol·dm$^{-3}$), pewnego jednoprotonowego kwasu HX w zależności od czasu (przedziały czasu wyznaczają umowne punkty $X_n$) po sporządzeniu wodnego roztworu tego kwasu.

**Uzupełnij poniższy wykres o stężenie molowe jonów $H^+$ w przedstawionym roztworze. Nasień wartości stężeń tych jonów odpowiadające poszczególnym punktom: $X_1$; $X_2$; itd, a następnie połącz te punkty odpowiednią krzywą bądź odcinkami tworzącymi łamaną.**




**Na podstawie wykresu oblicz wartość stałej dysocjacji kwasowej ($K_a$) dla przedstawionego kwasu oraz na tej podstawie oszacuj wzór tego kwasu.**

***Obliczenia:***

Opisany w zadaniu kwas to najprawdopodobniej .....

## Zadanie 5. (0-1)

Przygotowano wodne roztwory następujących soli:

A – siarczan(IV) sodu B – azotan(V) amonu C – chlorek potasu

Poniżej w probówkach przedstawiono wodne roztwory tych soli po zanurzeniu w nich papierka uniwersalnego – kolejność przedstawienia jest losowa.

I II III

**Oceń prawdziwość zdań dotyczących przedstawionych roztworów. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | W probówce I musiał znajdować się wodny roztwór azotanu(V) amonu. | P | F |
| 2. | Za odczyn wodnego roztworu siarczani(IV) sodu odpowiada proces hydrolizy kwasowej. | P | F |
| 3. | Chlorek potasu znajdował się w probówce III, a barwa papierka uniwersalnego wynika z procesu hydrolizy obojętnej. | P | F |
| 3. | Najwyższą wartość pH wykazuje roztwór zawarty w probówce II, a najniższą roztwór zawarty w probówce I. | P | F |

## Zadanie 6. (0-1)

Poniżej przedstawiono aniony różnych różnych kwasów:

$F^-$ $ClO^-$ $CH_3COO^-$ $Br^-$ $HCOO^-$

**Uporządkuj przedstawione aniony (wypisując ich wzory) zgodnie z rosnącą zasadowością w myśl teorii Brönsteda.**

.....

(najsłabsza zasada) (najmocniejsza zasada)

## Zadanie 7. (0-2)

Przygotowano wodną zawiesinę pewnego wodorotlenku w której występuje równowaga między osadem, a jego roztworem nasyconym. Stężenie molowe kationu tego metalu wynosi $1{,}008 \cdot 10^{-10}$ mol · $dm^{-3}$.

**Wiedząc, że stężenie molowe kationu tego metalu w opisanym roztworze jest 3-krotnie mniejsze od stężenia molowego anionów wodorotlenkowych, oblicz wartość iloczynu rozpuszczalności dla tego wodorotlenku, oraz podaj jego wzór.**

***Obliczenia:***

Wartość iloczynu rozpuszczalności wynosi .....

Wzór tego wodorotlenku: .....

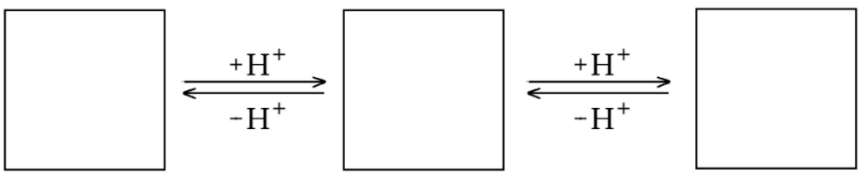
## Zadanie 8. (0-2)

Woda jest drobiną amfiprotyczną, tzn. że może pełnić zarówno funkcję kwasu, jak i zasady Brónsteda. W środowisku wodnym cząsteczka wody po sprotonowaniu przez inną drobinę zamienia się w kation hydroniowy, który w roztworze wodnym nie może ulegać dalej protonowaniu.

Inaczej sytuacja wygląda w rotworach superkwasów, tj. takich których pH jest znacznie mniejsze od 0. W takich roztworach może dochodzić do protonowania kationu hydroniowego – w tych nietypowych warunkach może on pełnić rolę zasady Brónsteda.

Źródło: BOLLINGER, J.-C., FAURE, R., YVERNAULT, T. i STAHL, D. *On the existence of the protonated hydronium dication $H_4O^{2+}$ in sulfolane solution. Chemical Physics Letters.* 1987, 140(6), s. 579–581. DOI: 10.1016/0009-2614(87)80490-6.

**Uzupełnij poniższy schemat pokazujący możliwe przemiany jonu hydroniowego w roztworze superkwasu. W środkowym miejscu wpisz wzór kationu hydroniowego oraz dwóch form z nim sprzężonych w myśl teorii Brónsteda.**



**Wyjaśnij z czego wynika fakt, że kation hydroniowy w obecności superkwasu może pełnić rolę zasady Brónsteda. W swojej odpowiedzi odnieś się do budowy tego kationu.**

Wyjaśnienie:.....

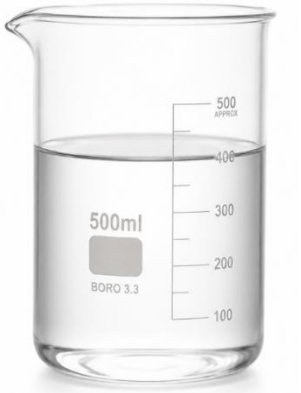
.....

.....

.....

.....

## Zadanie 9. (0-2)




Przygotowano 400 $cm^3$ wodnego roztworu kwasu azotowego(III). Roztwór ten otrzymano przez wprowadzenie do wody $7{,}224 \cdot 10^{22}$ cząsteczek tego kwasu. Z tak przygotowanego roztworu pobrano 30 $cm^3$. W pobranej próbwce stwierdzono obecność 0,0003895 mola kationów hydroniowych.

**Oblicz stopień dysocjacji kwasu azotowego(III) w przygotowanym roztworze. Wynik podaj w % w zaokrągleniu do 2 miejsca po przecinku. W obliczeniach pomiń wpływ jonów pochodzących z autodysocjacji wody.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 10. (0-2)

**Dokończ zdania. Wybierz odpowiedź A albo B oraz jej uzasadnienie 1. albo 2.**

Prawo Ostwalda umożliwia łączenie stopnia dysocjacji danego elektrolitu z jego stałą dysocjacji. W przypadku gdy

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **A.** | Co/K ≤ 400 | wzór ten przyjmuje postać | **1.** | $Cz = \sqrt{K * Co}$ |
| **B.** | Co/K ≥ 400 | | **2.** | $\alpha = \sqrt{Co/K}$ |

Im wynik działania Co/K będzie bliższy wartości granicznej 400 (rozpatrując sytuację coraz bardziej zmniejszającego się wyniku tego działania)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **A.** | tym wyliczona z tego wzoru wartość Cz będzie bardziej odbiegała od rzeczywistego stężenia tych jonów. | Wzór uproszczony na prawo Ostwalda można stosować również gdy: | **1.** | $\alpha \geq 0{,}05$ |
| **B.** | tym wyliczona z tego wzoru wartość Cz będzie bliższa rzeczywistemu stężeniowi tych jonów. | | **2.** | $\alpha \leq 0{,}05$ |

## Zadanie 11.

Rozważając teorię Brónsteda – Lovry'ego należy dokonać podziału rozpuszczalników w których toczą się te reakcje na rozpuszczalniki: protolityczne oraz aprotonowe.

- Rozpuszczalniki protolityczne: zdolne są do przyłączania bądź oddawania protonu lub do reakcji autoprotolizy (autodysocjacji). Aby rozpuszczalnik był protyczny w jego cząsteczkach musi znajdować się m.in. atom wodoru połączony bezpośrednio z innym atomem o wysokiej elektroujemności Rozpuszczalniki te możemy dalej podzielić na:
    1. Rozpuszczalniki protonoakceptorowe – takie, które przyłączają proton w reakcjach przebiegających w myśl teorii Brónsteda
    2. Rozpuszczalnki protonodorowe – takie, które łatwo oddają proton w reakcjach przebiegających w myśl teorii Brónsteda
    3. Rozpuszczalniki amfiprotyczne – zależnie od warunków mogą przyłączać lub oddawać proton
- Rozpuszczalniki aprotonowe: niezdolne są do przyłączania bądź oddawania protonu, np.: benzen, heksan, aceton

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna 1. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 2005.

## Zadanie 11.1. (0-1)

**Dokonaj podziału podanych poniżej związków wpisując je w odpowiednie miejsce w tabeli.**

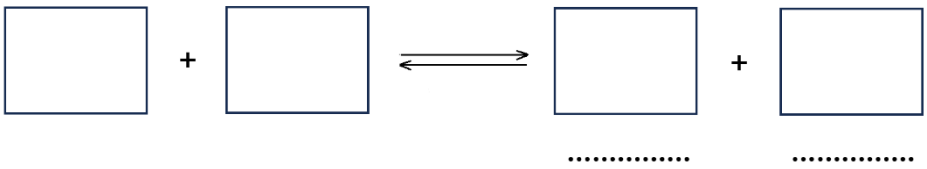
$NH_3$ pent-2-en HBr $Cl_2$ $H_2O$ $CH_4$

| Rozpuszczalniki protolityczne | Rozpuszczalniki aprotonowe |
|---|---|
| | |

## Zadanie 11.2. (0-1)

Rozpuszczalniki protolityczne mogą ulegać tzw. autodysocjacji, czyli procesowi protonowania jednej cząsteczki przez drugą – taką samą cząsteczkę. Autodysocjacja toczy się w czystym roztworze danej substancji.

**Napisz równanie reakcji autoprotolizy przebiegającej w roztworze czystego bromowodoru. Powstałe w wyniku autoprotolizy jony podpisz odpowiednio jako: kwas/zasad w myśl teorii Brónsteda.**



..... .....

## Zadanie 11.3. (0-1)

Metanol jest najprostszym alkoholem monohydroksylowym o wzorze $CH_3OH$.
**Rozstrzygnij, a następnie uzasadnij czy metanol można zaliczyć do rozpuszczalników protolitycznych. W swojej odpowiedzi odnieś się do cech budowy związku koniecznych do możliwości przekazywania protonu ($H^+$).**

Rozstrzygnięcie: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

.....

## Zadanie 12. (0-2)

Pobrano pewną objętość 40% (% masowy), wodnego roztworu kwasu octowego ($CH_3COOH$), a nastepnie rozcieńczono go wodą otrzymując 2 $dm^3$ roztworu tego kwasu. Stopień dysocjacji po rozcieńczeniu wynosił 4%. Gęstość roztworu wyjściowego (przed rozcieńczeniem) wynosiła 1,05g · $cm^{-3}$.

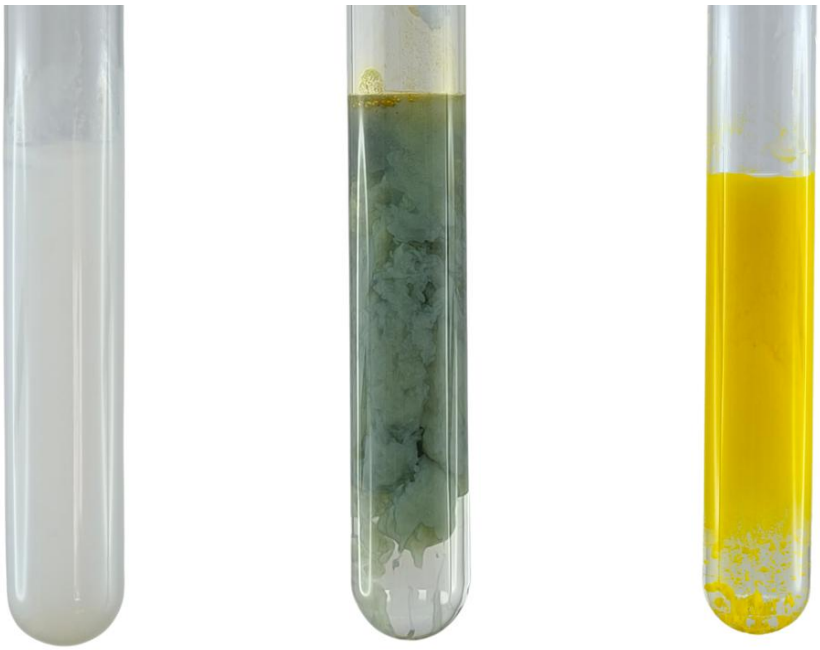
Na podstawie: W. Mizerski, Tablice chemiczne, Warszawa 2013

**Oblicz jaką objętość (w $cm^3$) 40% roztworu należało pobrać, aby po rozcieńczeniu go wodą stopień dysocjacji wynosił 4%. Wynik podaj w zaokrągleniu do 3 miejsca po przecinku.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 13.

Przygotowano w 3 osobnych probówkach wodne zawiesiny: $Fe(OH)_2$ ; $Al(OH)_3$ i $PbI_2$. Poniżej przedstawiono fotografie zawartości 3 opisanych probówek przedstawione w losowej kolejności.



Probówka 1 Probówka 2 Probówka 3

Do porównywania rozpuszczalności związków trudno rozpuszczalnych stosuje się **iloczyn rozpuszczalności (Ir)**. Można go stosować do porównywania rozpuszczalności związków o analogicznej budowie – np. AgCl i AgBr. Nie nadaje się on jednak do porównywania rozpuszczalności związków o nieanalogicznej budowie, tj. dysocujących na inną liczbę jonów – np. AgCl i $Ca_3(PO_4)_2$.

W takich sytuacjach należy stosować **rozpuszczalność molową (S)**, która wyraża stężenie molowe nasyconego roztworu danej soli, wodorotlenku trudno rozpuszczalnego w wodzie. W takiej sytuacji bez znaczenia jest budowa tych związków.

## Zadanie 13.1. (0-1)

**Uzupełnij poniższe zdania. Wybierz poprawne odpowiedzi spośród tych oznaczonymi symbolami A i B oraz tych oznaczonymi symbolami C i D.**

**A.** probówce I **C.** I **E.** III

**B.** probówce III **D.** II

Przy pomocy iloczynu rozpuszczalności można porównać rozpuszczalność substancji w probówce II oraz [ **A** | **B** ] . Z przedstawionej pary (wybranej w poprzednim zdaniu) lepiej rozpuszczalną w wodzie jest substancja z probówki [ **C** | **D** | **E** ] .

## Zadanie 13.2. (0-1)

**Dla związku zawartego w probówce 3 odczytaj wartość iloczynu rozpuszczalności, a następnie oblicz rozpuszczalność molową (S) tego związku. Wynik podaj w zaokągleniu do 4 miejsca po przecinku.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 14.

Poniżej przedstawiono 4 kwasy oznaczone umownie jako: HX, HY, HQ, HZ oraz dane dotyczące ich wodnych roztworów.

HX (aq) : $\alpha = 3\ \%$ ; $C_o = 0{,}8\ mol \cdot dm^{-3}$

HY (aq) : $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$ ; $C_o = 0{,}8\ mol \cdot dm^{-3}$

HQ (aq) : $C_o = 0{,}8\ mol \cdot dm^{-3}$ ; $C_z = 0{,}07\ mol \cdot dm^{-3}$

HZ (aq) : $\alpha = 1\ \%$; $C_o = 2{,}5\ mol \cdot dm^{-3}$

## Zadanie 14.1. (0-1)

**Uszereguj podane kwasy zgodnie ze spadającą mocą. Wybierz prawidłową odpowiedź.**

**A.** HX , HQ, HZ, HY

**B.** HZ, HQ, HX, HY

**C.** HQ, HX, HZ, HY

**D.** HQ, HX, HY, HZ

***Obliczenia pomocnicze:***

## Zadanie 14.2. (0-2)

**Oblicz dla jakiej wartości stężenia początkowego (Co), stopień dysocjacji w roztworze wodnym kwasu HY byłby taki sam jak dla wodnego roztworu kwasu HZ z informacji wstępnej.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 15. (0-2)

W czystej wodzie dochodzi do procesu autodysocjacji w myśl równania:

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

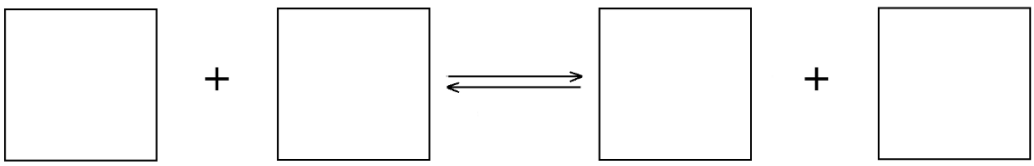
Proces ten zachodzi w bardzo małej skali, natomiast iloczyn ze stężeń jonów powstających w wyniku tego procesu (iloczyn jonowy wody) jest w danej temperaturze wartością stałą. Dla wody:

$$Kw = [H_3O]^+ \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \text{ (dla temp. 25°C)}$$

Dla innych roztworów czystych rozpuszczalników można stworzyć podobne iloczyny jonowe. Dla amoniaku w temperaturze -50°C wartość iloczynu ze stężeń jonów powstających w wyniku autodysocjacji wynosi $1 \cdot 10^{-30}$.

Na podstawie: A. Bielański, Podstawy chemii nieorganicznej, Warszawa 2018

**Napisz równanie autodysocjacji przebiegającej w roztworze ciekłym czystego amoniaku.**



**Oblicz ile wynosi stężenie molowe kationu amonowego powstającego w wyniku autodysocjacji w roztworze czystego amoniaku w temperaturze -50°C.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 1.

Przygotowano 3 wodne roztwory następujących soli: $NaNO_2$, $NaNO_3$ i $ZnCl_2$ w 3 osobnych probówkach: a,b i c. Do każdej z probówek w **1 etapie** doświadczenia dodano niewielką ilość czerwieni krezolowej. Poniżej przedstawiono wynik tego doświadczenia:

Zawartość probówki a i c

Zawartość probówki b

W **II etapie** doświadczenia przygotowano nowe roztwory soli z probówek a i c, a następnie dodano do nich niewielką ilość błękitu bromotymolowego. Zawartość obu probówek po dodaniu tego wskaźnika wskazano na poniższych fotografiach.

Zawartość probówki a

Zawartość probówki c

## Zadanie 1.1. (0-1)

**Napisz w <u>formie jonowej-skróconej</u> równanie reakcji odpowiedzialne za odczyn zawartości probówki b.**

.....

## Zadanie 1.2. (0-1)

**Podaj nazwę procesu odpowiedzialnego za odczyn w probówce b i a.**

Probówka b: .....

Probówka a: .....

## Zadanie 2 i 3

Kwas diazotowy(I) to nieorganiczny związek chemiczny o wzorze $H_2N_2O_2$. W jego cząsteczkach oba atomu azotu łączą się między sobą poprzez wiązanie podwójne. Jest to kwas diprotonowy, którego ujemne logarytmy ze stałej dysocjacji kwasowej wynoszą odpowiednio: $pKa_1 = 7{,}18$; $pKa_2 = 11{,}54$. Jest kwasem nietrwałym, w roztworze wodnym rozkłada się stopniowo do tlenku azotu(I).

Na podstawie: K.M.Pazdro „Chemia dla kandydatów na wyższe uczelnie" Warszawa. 1978

## Zadanie 2.1. (0-1)

Z uwagi na obecność wiązania podwójnego między atomami azotu, w przypadku dwuujemnego anionu podazotanowego(I). istnieje możliwość występowania izomerów cis-trans (E/Z), analogicznych jak w przypadku alkenów.

**Narysuj wzór elektronowy izomeru cis (Z) dwuujemnego anionu podazotanowego(I) pochodzącego od tego kwasu. Za pomocą kresek zaznacz wolne pary elektronowe.**

## Zadanie 2.2. (0-1)

**Napisz w <u>formie cząsteczkowej</u> równanie reakcji rozkładu kwasu diazotowego(I) w roztworze wodnym.**

.....

## Zadanie 3. (0-2)

**Oblicz stężenie molowe kationów hydroniowych ($H_3O^+$) w wodnym roztworze kwasu diazotowego(I) o stężeniu molowym wynoszącym 0,5 mol · $dm^{-3}$. Załóż, że wpływ drugiego etapu dysocjacji na pH tego rotworu jest pomijalny, pomiń stężenie jonów H+ i OH- pochodzących z autodysocjacji wody.**

***Obliczenia:***

## Zadanie 4.

Kwas cytrynowy to jeden z najpopularniejszych organicznych kwasów wieloprotonowych. Jego wzór sumaryczny to $C_6H_8O_7$, a wartości pKa dla kolejnych etapów dysocjacji wynoszą odpowiednio: 3,128; 4,76; 6,396. Kwas cytrynowy występuje naturalnie w niektórych owocach, w cytrynie może stanowić do 8% jej masy. Kwas cytrynowy można przedstawić symbolicznie jako $H_3Cyt$, gdzie -Cyt to anion kwasu cytrynowego. Kwas cytrynowy dysocjuje w wodzie wg następującego schematu:

$$H_3Cyt \underset{Kb_1}{\overset{Ka_1}{\rightleftharpoons}} H_2Cyt^- \underset{Kb_2}{\overset{Ka_2}{\rightleftharpoons}} HCyt^{2-} \underset{Kb_3}{\overset{Ka_3}{\rightleftharpoons}} Cyt^{3-}$$

Znając wartość stałej dysocjacji kwasowej danego etapu (np. $Ka_1$) można obliczyć stałą dysocjacji zasadowej ($Kb_1$) sprzężonej z tym kwasem – zasady w myśl teorii Brónsteda z zależności:

$$Ka_1 \cdot Kb_1 = 1 \cdot 10^{-14} \text{ (dla 25 °C)}$$

Dla pozostałych stałych dysocjacji kwasowych i zasadowych można stworzyć analogiczne równania ($Ka_2$ z $Kb_2$ oraz $Ka_3$ z $Kb_3$). Znajac wartości stałych dysocjacji zasadowych (Kb) można wyliczyć stężenie jonów powstających w wyniku hydrolizy w sposób analogiczny jak przypadku stałych dysocjacji kwasowych - dla roztworów kwasów, z tym że w tym przypadku wylicza się stężenie jonów powstających w wyniku dysocjacji.

## Zadanie 4.1. (0-1)

**Uporządkuj występujące w wodnym roztworze kwasu cytrynowego jony wg ich malejącego stężenia molowego. Resztę kwasu cytrynowego przedstaw w formie symbolicznego zapisu (-Cyt). Pomiń wpływ stężenia jonów pochodzących z autodysocjacji wody.**

.....

(największe stężenie) (najmniejsze stężenie)

## Zadanie 4.2. (0-2)

**Oblicz sumaryczne stężenie molowe jonów powstających w wyniku hydrolizy wodnego 0,1 – molowego (0,1 mol · $dm^{-3}$) roztworu cytrynianu sodu ($Na_3Cyt$). Załóż, że pozostałe etapy dysocjacji zasadowej (Kb) zachodzą w stopniu pomijalnym oraz że mniej niż 5% jonów $Cyt^{3-}$ ulegnie hydrolizie. (dysocjacji zasadowej). Pomiń jony pochodzące z autodysocjacji wody.**

***Obliczenia:***

Sumaryczne stężenie molowe produktów hydrolizy w 0,1 molowym, wodnym roztworze cytrynianu sodu wynosi .....

## Zadanie 5.

Chlorek srebra(I) jest trudno rozpuszczalną w wodzie substancją dla której iloczyn rozpuszczalnośći w temperaturze 25 °C wynosi $1{,}77 \cdot 10^{-10}$. W nasyconym, wodnym roztworze ustala się stan równowagi między nierozpuszczoną częścią tego związku a jego roztworem zgodnie z równaniem:

$$AgCl\ (s) \rightleftharpoons Ag^{+}\ (aq) + Cl^{-}\ (aq)$$

Jeżeli do rotworu w stanie równowagi doda się mocny elektrolit zawierający jon wspólny z występującym w trudno rozpuszczalnym związku, to zgodnie z regułą przekory układ będzie dążył do zmniejszenia stężenia molowego tego jonu, co doprowadzi do przesunięcia się stanu równowagi w odpowiednią stronę.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna 1. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 2005.

## Zadanie 5.1. (0-1)

**Uzupełnij poniższe zdania. Wybierz poprawne odpowiedzi spośród tych oznaczonymi symbolami A i B oraz tych oznaczonymi symbolami C i D.**

**A.** wzrost **C.** zmniejszenie

**B.** spadek **D.** zwiększenie

Dodanie chlorku sodu do nasyconego wodnego roztworu chlorku srebra(I) spowoduje stężenia [ **A** | **B** ] molowego kationów $Ag^{+}$ w roztworze, a to z kolei przełoży się na [ **C** | **D** ] rozpuszczalności chlorku srebra(I)

## Zadanie 5.2. (0-3)

Przygotowano 200 $cm^3$ wodnego, nasyconego roztworu chlorku srebra(I) (roztwór A). Do tak przygotowanego roztworu dodano 200 $cm^3$ roztworu wodnego chlorku sodu o stężeniu molowym wynoszącym 0,4 $mol \cdot dm^{-3}$, w wyniku czego powstał roztwór B (dodatkowo wytrącił się osad AgCl).

**Oblicz ile razy zwiększy/zmniejszy się stężenie molowe kationów srebra(I) w roztworze B w porównaniu do roztworu A. W oblczeniach stężenia molowego anionów chlorkowych w roztworze B pomiń stężenie tych jonów pochodzące z trudno rozpuszczalnej soli. Wynik podaj w zaokrągleniu do jedności.**

***Obliczenia:***

Stężenie molowe kationów srebra(I) zmaleje/zwiększy się (podkreśl poprawną odpowiedź) ..... razy

## Zadanie 6. (0-3)

Iloczyn jonowy wody (Kw) dla 25°C przyjmuje wartość $1 \cdot 10^{-14}$. Można go zobrazować w następujący sposób:

$$Kw = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

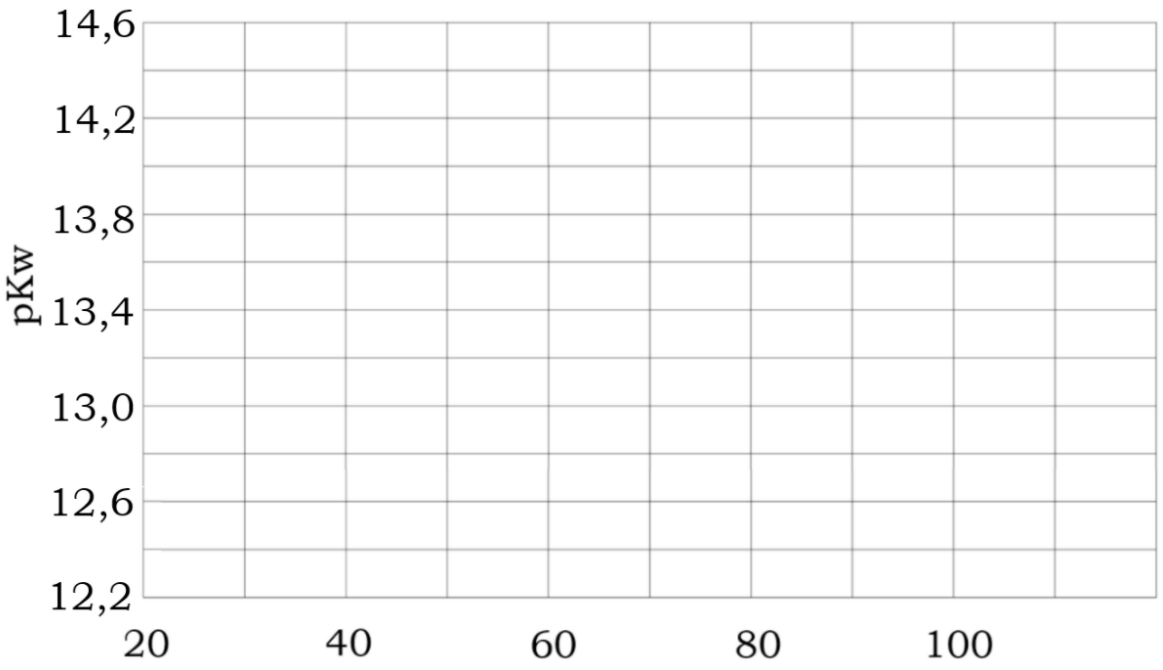
W czystej wodzie stężenie obu jonów jest sobie równe, a pH takiej wody (ujemny logarytm ze stężenia molowego jonów $H^+$) wynosi w tych warunkach 7

Wartość Kw może się jednak zmieniać w zależności od temperatury. Poniżej przedstawiono zależność iloczynu jonowego wody (Kw) od temperatury.

| Temperatura [°C] | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|
| Iloczyn jonowy wody (Kw) | $6,87 \cdot 10^{-15}$ | $2,88 \cdot 10^{-14}$ | $9,25 \cdot 10^{-14}$ | $2,44 \cdot 10^{-13}$ | $5,83 \cdot 10^{-13}$ |

Na podstawie: W. Mizerski, Tablice chemiczne, Warszawa 2013

**Na poniższym wykresie zależności pKw (ujemnego logarytmu z iloczynu jonowego wody) od temperatury nanieś na podstawie tabeli wartości pKw odpowiadające danej temperaturze, a następnie połącz poszczególne punkty wykresu odpowiednią krzywą bądź odcinkami tworzącymi łamaną. Wartości pKw wstaw w zaokrągleniu do 1 miejsca po przecinku.**



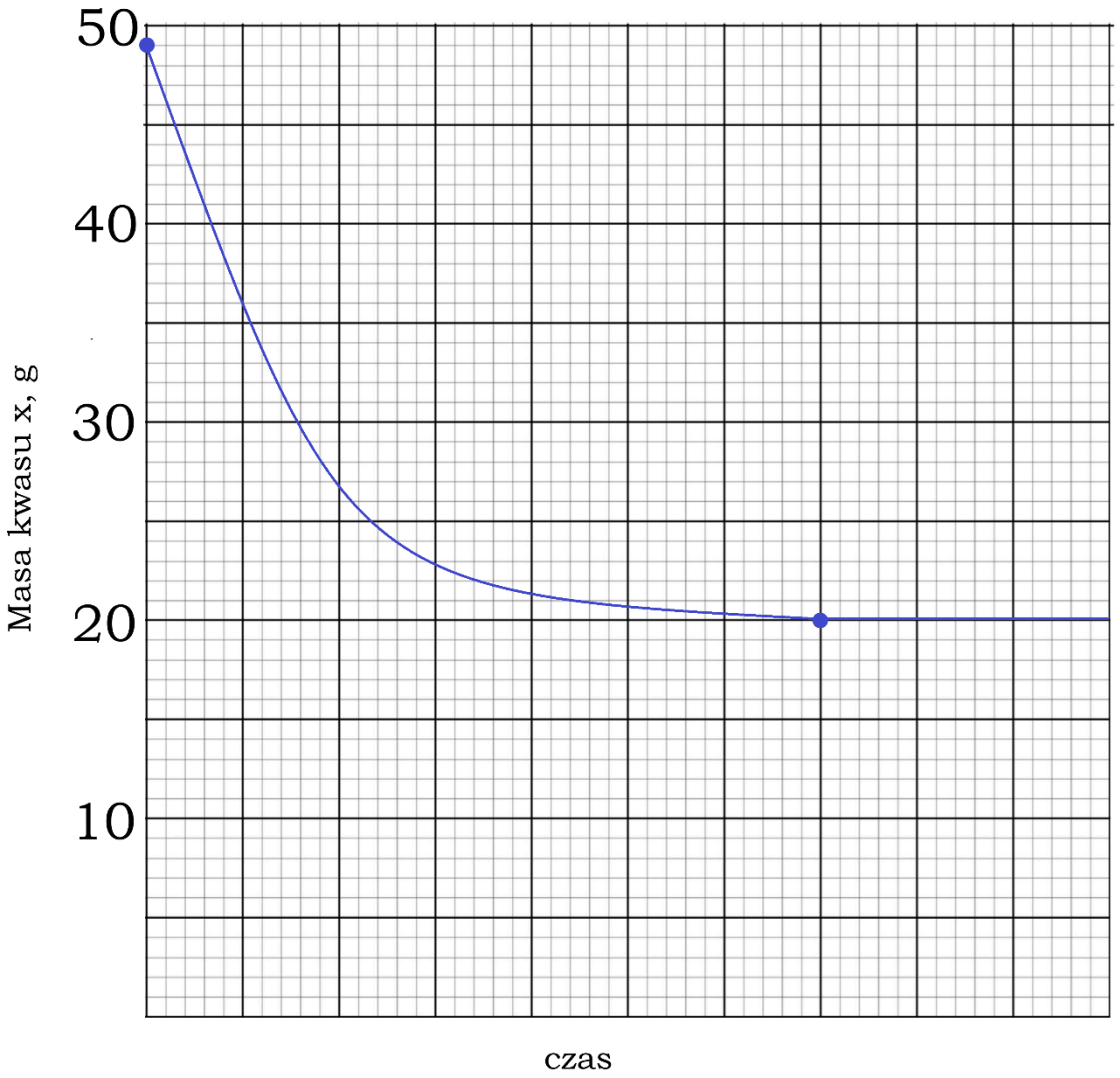
**Na podstawie obliczeń oraz odczytując z wykresu, ustal temperaturę dla której pH czystej wody wynosiłoby 6,4.**

***Obliczenia:***

Temperatura dla któ®ej pH czystej wody wynosi 6,4 to ..... (stopni Celsjusza).

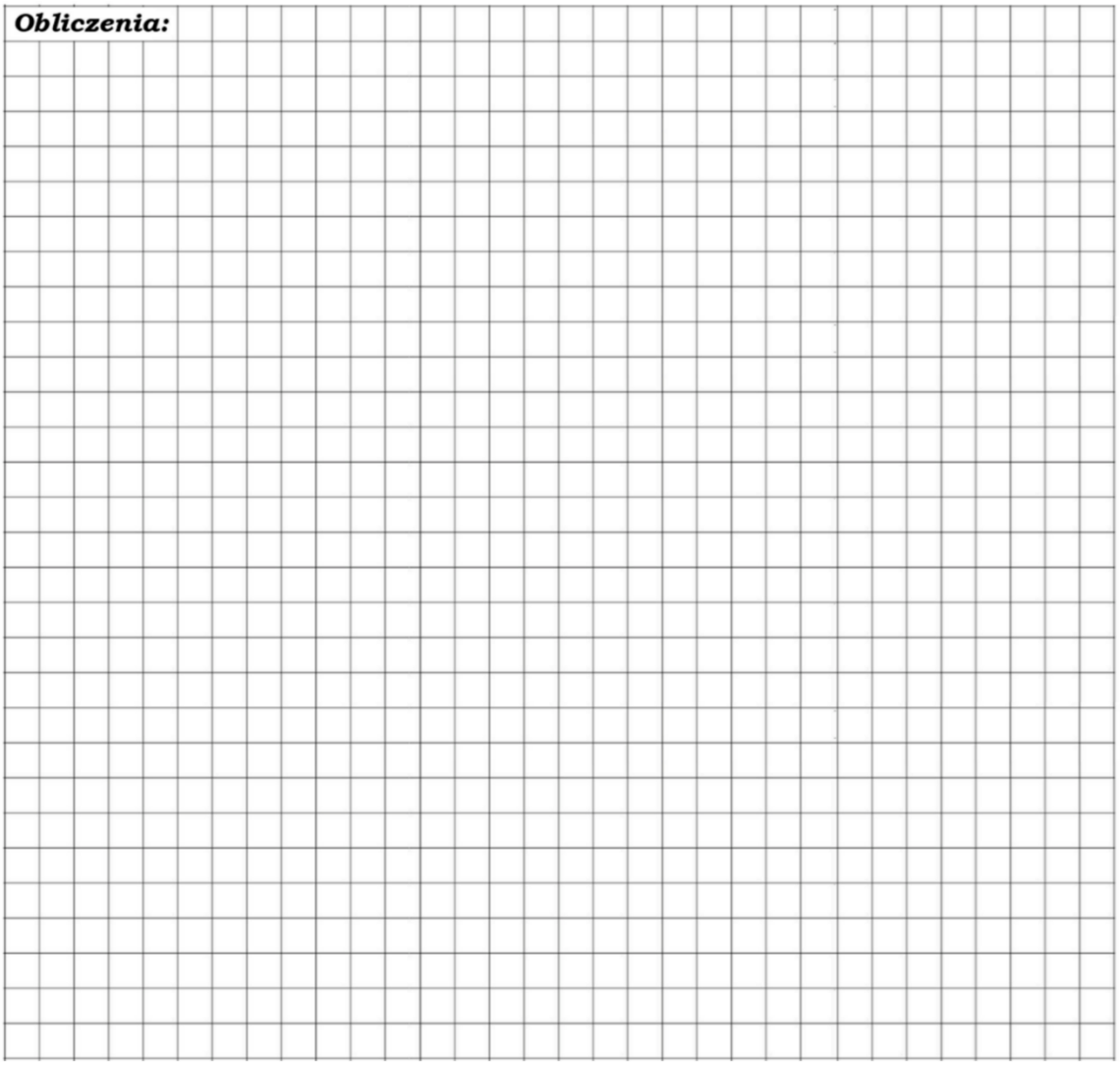
## Zadanie 7. (0-4)

Przygotowano wodny roztwór pewnego jednoprotonowego kwasu tlenowego (kwas x) dla którego atomu centralnego stopień utlenienia wynosi +V. Stosunek masy atomu centralnego w cząsteczce tego kwasu do masy całej cząsteczki wynosi 0,7216. Stała dysocjacji (Ka) dla tego kwasu wynosi 0,159. Poniższy wykres przedstawia zmianę masy kwasu w pewnym roztworze wodnym w czasie dysocjacji.



**Ustal na podstawie obliczeń wzór opisywanego kwasu x. Następnie na podstawie analizy wykresu oblicz objętość (w $dm^3$) roztworu wodnego tego kwasu. Użyj mas molowych z dokładnością do jedności, wyniki pośrednie w zaokrągleniu do 4 miejsca po przecinku a wynik ostateczny (objętość roztworu) w zaokrągleniu do 1 miejsca po przecinku.**

***Obliczenia:***



Wzór kwasu to .....

Objętość roztworu wynosi .....

## Zadanie 8. (0-3)

W przypadku kwasów wieloprotonowych, stężenie molowe jonów hydroniowych jest sumą stężenia tych jonów z kolejnych etapów dysocjacji. Dla przykładu, dla kwasu trójprotonowego, sumaryczne stężenie tych jonów można oznaczyć jako:

$$[H_3O]^+_{sum} = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2 + [H_3O^+]_3$$

gdzie $[H_3O^+]_{sum.}$ to sumaryczne stężenie tych jonów w roztworze, a $[H_3O^+]_{1,2,3}$ to stężenie tych jonów powstających w kolejnych etapach dysocjacji.

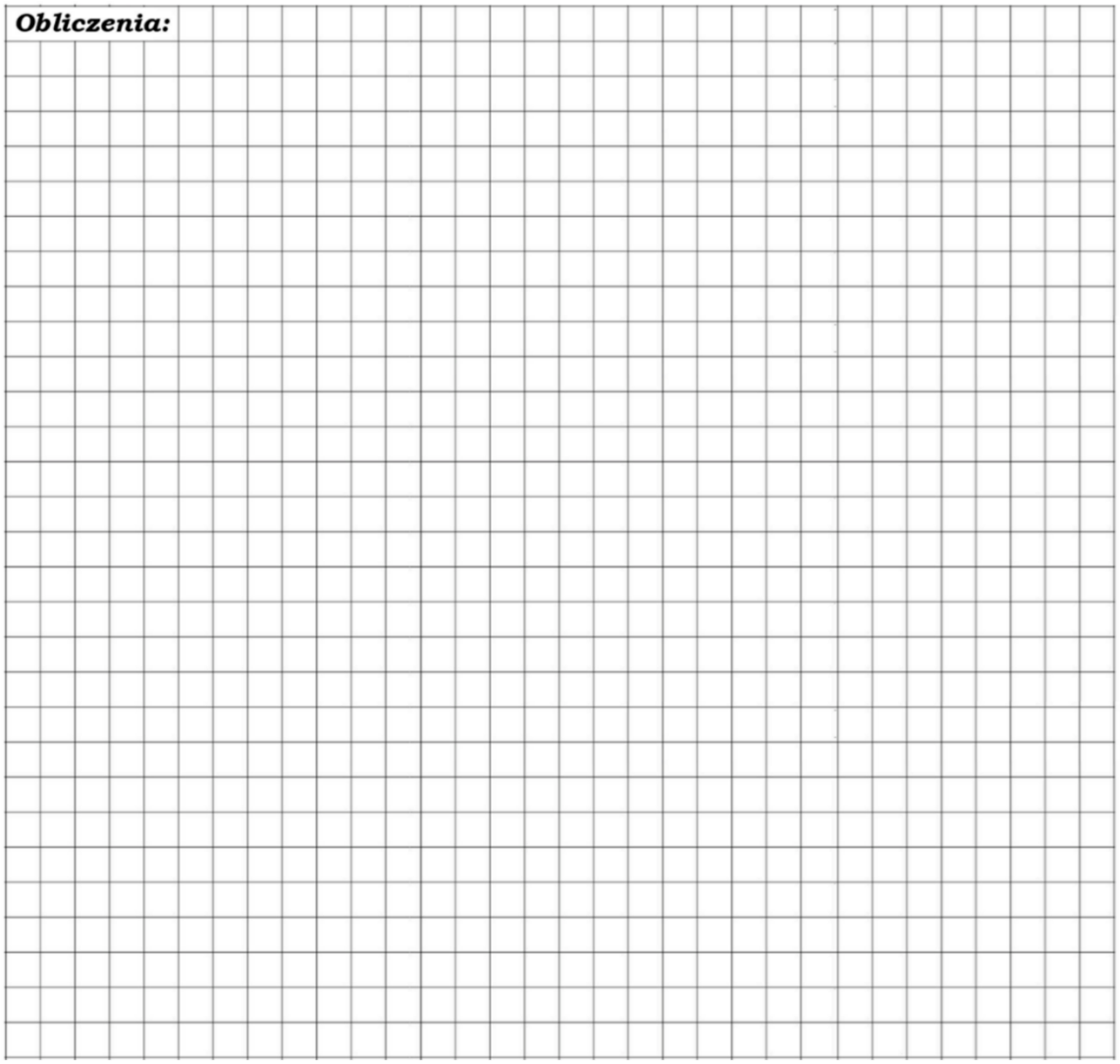
Jednakże, w wielu przypadkach można pominąć stężenie jonów hydroniowych z kolejnych etapów dysocjacji z uwagi na fakt, że pierwszy etap dysocjacji zachodzi zazwyczaj znacznie lepiej niż kolejne.

Podobnie wygląda sytuacja w przypadku mieszaniny wodnego roztworu słabego i mocnego kwasu. Z uwagi na fakt, że słaby kwas dysocjuje w znacznie mniejszym stopniu, stężenie jonów hydroniowych z jego dysocjacji można pominąć względem stężenia tych jonów pochodzących z dysocjacji mocnego kwasu. Jeżeli jednak chcemy wziąć pod uwagę dokładny wynik, możemy uwzględnić $[H_3O^+]$ pochodzące z dysocjacji słabego kwasu, uzyskując wzór na sumaryczne stężenie tych jonów w roztworze:

$$[H_3O^+]_{sum} = Co + x$$

gdzie: Co - to stężenie molowe mocnego kwasu w mieszaninie; x - to stężenie jonów hydroniowych pochodzące z dysocjacji słabego kwasu w mieszaninie. Podstawiajac $[H_3O^+]_{sum.}$ pod wzór na stałą dysocjacji słabego kwasu, można wyliczyć stężenie jonów hydroniowych pochodzących z dysocjacji tego słabego kwasu (x), a następnie sumaryczne stężenie tych jonów w roztworze.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna 1. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Warszawa 2005.

Zmieszano ze sobą 400 $cm^3$ roztworu kwasu solnego o stężeniu molowym wynoszącym 0,01 $mol \cdot dm^{-3}$ oraz 400$cm^3$ roztworu kwasu octowego ($CH_3COOH$) o stężeniu molowym wynoszącym 0,4 $mol \cdot dm^{-3}$.

**Oblicz stężenie molowe jonów $H_3O^+$ w tej mieszaninie. Weź pod uwagę jony $H_3O^+$ powstające z dysocjacji słabego kwasu. Aby uzyskać dokładny wynik, nie stosuj uproszczeń analogicznych do tych z prawa Ostwalda. Wynik ostateczny podaj w zaokrągleniu do 5 miejsca po przecinku.**