

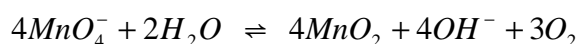
Chemiczne metody analizy ilościowej (laboratorium)

Manganometria

10. Przygotowanie i nastawianie mianowanego roztworu manganianu(VII) potasu

Manganian(VII) potasu w stanie krystalicznym nie spełnia warunków stawianych substancjom wzorcowym. Zawiera zawsze domieszki związków manganu na innych stopniach utlenienia. Dlatego mianowane roztwory $KMnO_4$ nastawia się na inne substancje wzorcowe, takie jak: kwas szczawiowy, szczawian sodu, trójtlenek arsenu, sól Mohra $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$, cyjanożelazian(II) potasu $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ lub mianowany roztwór tiosiarczanu sodu, którym odmiareczkuje się jod powstający w reakcji utlenienia I^- przez $KMnO_4$.

Wodne roztwory $KMnO_4$ świeżo przyrządzone nie mają trwałego miana. Ślady substancji organicznych oraz kurz powodują redukcję $KMnO_4$ do MnO_2 . Ponadto sam manganian(VII) ulega powolnemu rozkładowi zgodnie z równaniem:



Reakcję tę katalizuje MnO_2 . Aby więc zwiększyć trwałość roztworu $KMnO_4$, należy usunąć z niego MnO_2 i substancje organiczne. Należy go również chronić przed dostępem kurzu. Roztwory $KMnO_4$ należy przechowywać w butelkach z ciemnego szkła (najlepiej zamykanych doszlifowanymi korkami szklanymi), gdyż światło słoneczne katalizuje reakcję redukcji $KMnO_4$. Ponadto zaleca się do przyrządzania roztworów używać wody podwójnie destylowanej.

Roztwory zadań kontrolnych z manganometrii miareczkuje się roztworami $KMnO_4$ w środowisku kwaśnym. Redukcja manganianu(VII) w tych warunkach do jonów Mn^{2+} przebiega z pobraniem 5 elektronów. Stąd, ze względu na prostotę przeliczeń stosuje się

roztwory, w których stężenie wyraża się jako $c_{1/5KMnO_4}$ ($c_{1/5KMnO_4} = \frac{c_{KMnO_4}}{1/5}$).

W celu przygotowania 1 litra roztworu $KMnO_4$ o $c_{1/5KMnO_4} = 0,1$ mol/l należy rozpuścić około 3,2 g czystego $KMnO_4$ w 1 litrze wody destylowanej w dużej kolbie stożkowej. Otwór kolby przykryć szkiełkiem zegarkowym lub odwróconą zlewką i gotować roztwór w ciągu 30 - 60 minut w celu utlenienia ewentualnie obecnych

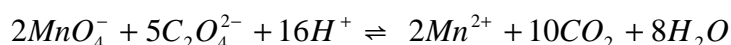
w roztworze substancji organicznych. Po ostudzeniu roztwór przesącza się przez tygiel z dnem porowatym (G 4) w celu oddzielenia wydzielonego MnO_2 .

W naszym laboratorium miano $KMnO_4$ nastawia się na odważki czystego szczawianu sodu.

- **Nastawianie miana manganianu(VII) potasu na szczawian sodu**

Szczawian sodu $Na_2C_2O_4$ nie zawiera wody krystalizacyjnej i jest praktycznie niehigroskopijny. Jest łatwy do otrzymania w stanie czystym i dlatego jest najdogodniejszą substancją do nastawiania miana $KMnO_4$.

Reakcja pomiędzy $KMnO_4$ i $Na_2C_2O_4$ w środowisku kwaśnym przebiega zgodnie z równaniem :



Zgodnie ze stechiometrią tej reakcji można zapisać: $c_{1/5 KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4} = \frac{m_{Na_2C_2O_4}}{\frac{1}{2} M_{Na_2C_2O_4}}$

Reakcja ta jest bardzo powolna. Pierwsze krople $KMnO_4$ odbarwiają się bardzo wolno. Następnie szybkość reakcji wzrasta, gdyż wytwarzające się jony Mn^{2+} katalizują proces. W celu przyspieszenia reakcji roztwór miareczkowany ogrzewa się do temperatury 60 - 70 °C (333 - 343 K). Ogrzanie powyżej 80 °C (353 K) może spowodować rozkład szczawianów.

Wykonanie oznaczenia

Do 3 kolbek stożkowych o pojemności 250 - 300 ml odważyć na wadze analitycznej (z dokładnością do 0,1 mg) trzy odważki czystego $Na_2C_2O_4$ rzędu 0,20 - 0,25 g. Do każdej kolbki dodać około 10 ml wody destylowanej i 30 ml 4 - molowego roztworu kwasu siarkowego(VI) i podgrzać do temperatury około 70 °C.

Otrzymane roztwory miareczkować przygotowanym roztworem $KMnO_4$ początkowo kroplami do każdorazowego odbarwienia się roztworu, a gdy roztwór zacznie się odbarwiać natychmiast, miareczkować szybko, aż do wystąpienia trwałego słabo różowego zabarwienia.

Stężenie $KMnO_4$ ($c_{1/5 KMnO_4}$) obliczyć ze wzoru:

$$c_{1/5 KMnO_4} = \frac{m_{Na_2C_2O_4}}{\frac{1}{2} M_{Na_2C_2O_4} \cdot v_{KMnO_4}}$$

gdzie:

$m_{Na_2C_2O_4}$ - odważka $Na_2C_2O_4$ [g]

v_{KMnO_4} - objętość roztworu $KMnO_4$ [l]

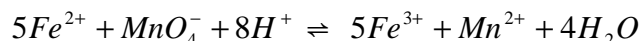
$M_{Na_2C_2O_4} = 134,02$ g/mol

Na podstawie wyników miareczkowania trzech różnych odważek $Na_2C_2O_4$ otrzymuje się trzy wartości stężenia $KMnO_4$. Teoretycznie wszystkie trzy wyniki powinny być jednakowe. Wiadomo jednak, że wszystkie pomiary obarczone są pewnym błędem. Jeśli błąd względny pomiędzy kolejnymi wynikami nie przekracza 0,5 %, należy obliczyć średnią arytmetyczną ze wszystkich trzech wyników, otrzymując w ten sposób ostateczne stężenie nastawianego roztworu. Jeśli jeden z wyników różni się znacząco od pozostałych, należy go odrzucić i średnie stężenie manganianu(VII) potasu obliczyć na podstawie dwóch pozostałych. Jeśli wszystkie wyniki różnią się znacznie od siebie (błąd względny pomiędzy wynikami jest większy niż 0,5 %), należy przygotować następne odważki i miareczkować nastawianym roztworem $KMnO_4$ aż do osiągnięcia zadowalających rezultatów.

Odczynnik	Rodzaj zagrożenia
$KMnO_4$ (stały)	Może intensyfikować pożar; utleniacz. Działa szkodliwie po połknięciu. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
$KMnO_4$ (roztwór 0,02 mol/l)	Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
$Na_2C_2O_4$ (stały)	Działa szkodliwie po połknięciu. Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą.
H_2SO_4 (roztwór 4 mol/l)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu.

11. Oznaczanie żelaza

Manganometryczne oznaczenie żelaza opiera się na następującej reakcji:



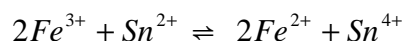
Ze stechiometrii tej reakcji wynika, że:

$$n_{Fe} = \frac{n_{KMnO_4}}{1/5} = n_{1/5 KMnO_4} \quad \text{i} \quad \frac{m_{Fe}}{M_{Fe}} = c_{1/5 KMnO_4} \cdot V_{KMnO_4}$$

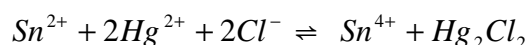
Aby reakcja przebiegła ilościowo, całkowita ilość żelaza musi znajdować się w roztworze jako żelazo dwuwartościowe. Poza tym w roztworze nie mogą znajdować się substancje, które w warunkach reakcji mogłyby zredukować $KMnO_4$.

Właściwe oznaczenie musi więc być poprzedzone redukcją jonów Fe^{3+} obecnych w analizowanej próbce do jonów Fe^{2+} . Redukcję można przeprowadzić chlorkiem cyny(II), amalgamatem cynku lub lotnymi reduktorami, np. H_2S , SO_2 itp. W naszym laboratorium stosuje się do tego celu roztwór $SnCl_2$.

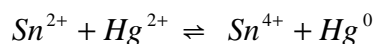
Do gorącego roztworu zakwaszonego kwasem solnym (w tych warunkach jony Fe^{3+} tworzą z HCl kompleks $FeCl_4^-$ o intensywnym żółtym zabarwieniu) wkrapla się chlorek cyny(II), aż do zaniku żółtej barwy (jony Fe^{2+} są jasnozielone). Zachodzi wówczas reakcja:



Niewielki nadmiar $SnCl_2$, który powinien być obecny po redukcji $Fe(III)$ usuwa się za pomocą $HgCl_2$, który redukuje się do trudno rozpuszczalnego Hg_2Cl_2 :



Dużego nadmiaru $SnCl_2$ należy unikać, gdyż mogłaby zajść częściowa redukcja jonów $Hg(II)$ do wolnej rtęci:



która z kolei redukowałaby $KMnO_4$ podczas miareczkowania. Chlorek rtęci(I) w warunkach reakcji nie redukuje manganianu(VII).

Przy prawidłowo wykonanej redukcji powstaje biały jedwabisty osad, natomiast w przypadku redukcji do wolnej rtęci - osad szary, zawierający rozdrobnioną rtęć metaliczną. W przypadku otrzymania szarego osadu roztwór należy wylać i analizę powtórzyć od początku.

Otrzymany w wyniku reakcji roztwór $Fe(II)$ zawiera chlorki i kwas solny. Substancje te mogą być utleniane przez $KMnO_4$ do wolnego chloru. Reakcji tej można zapobiec, jeśli do roztworu wprowadzi się nadmiar jonów $Mn(II)$. Jony te katalizują reakcję utleniania jonów $Fe(II)$ manganianem(VII) nie dopuszczając do zużycia MnO_4^- na utlenienie jonów Cl^- . Ponadto dodatek jonów $Mn(II)$ obniża potencjał utleniający $KMnO_4$, co wynika ze wzoru Nernsta.

Powstające w wyniku miareczkowania żółte jony $Fe(III)$ utrudniają obserwację PK miareczkowania. Zabarwienie to można usunąć wprowadzając do roztworu kwas fosforowy(V). Kwas ten oraz w mniejszym stopniu kwas siarkowy(VI) tworzą z jonami $Fe(III)$ bezbarwne kompleksy $[Fe(PO_4)_2]^{3-}$ i $[Fe(SO_4)_2]^-$. Jednocześnie związanie w kompleks jonów $Fe(III)$ obniża potencjał redoks układu Fe^{3+}/Fe^{2+} , a więc zwiększa zdolności redukujące jonów Fe^{2+} .

W związku z tym przed miareczkowaniem żelaza do roztworu wprowadza się tzw. mieszaninę Zimmermanna - Reinhardta składającą się z siarczanu(VI) manganu(II), kwasu fosforowego(V) i kwasu siarkowego(VI). Mieszaninę tę przygotowuje się w następujący sposób: 70 g krystalicznego siarczanu(VI) manganu(II) $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ rozpuszcza się w 500 ml wody destylowanej, dodaje małymi porcjami stale mieszając 125 ml stężonego kwasu siarkowego(VI) oraz 125 ml stężonego kwasu fosforowego(V) uzupełniając wodą do objętości 1 litra.

Wykonanie oznaczenia

Roztwór zadania kontrolnego zawierającego żelazo dopełnić wodą destylowaną do objętości 100 ml i dobrze wymieszać.

Do trzech zlewek o pojemności 500 - 600 ml odpipetować po 20 (lub 25) ml roztworu, dodać 10 ml stężonego kwasu solnego i ogrzać prawie do wrzenia.

Do gorącego roztworu dodawać kroplami z pipety, stale mieszając, roztwór $SnCl_2$, aż do całkowitego zaniku żółtej barwy (co świadczy o całkowitej redukcji jonów Fe^{3+} do Fe^{2+}), po czym dodać jeszcze dwie krople (nie więcej) tego odczynnika.

Roztwór ochłodzić do temp. 25 °C i szybko dodać 10 ml roztworu $HgCl_2$. Powstanie białego jedwabistego osadu świadczy o prawidłowo przeprowadzonej reakcji. Gdyby wydzielił się osad szary, zawierający metaliczną rtęć, próbkę należy odrzucić.

Następnie do roztworu dodać 300 ml świeżo destylowanej wody (roztwór rozcieńcza się w celu zmniejszenia stężenia jonów chlorkowych) oraz 25 ml mieszaniny Zimmermanna - Reinhardta. Mieszając stale szklaną bagietką miareczkować mianowanym roztworem $KMnO_4$ aż do wystąpienia różowego zabarwienia nie znikającego w ciągu 15 sekund. Roztwór po pewnym czasie zaczyna się odbarwiać na skutek reakcji jonów MnO_4^- z jonami Cl^- i Hg_2Cl_2 .

Uwaga: związki rtęci są trujące i dlatego nie można wylewać do zlewu odpadów zawierających rtęć. Po zakończeniu miareczkowania próbki należy wylać do odpowiednich pojemników.

Zawartość żelaza (m_{Fe}) w zadaniu kontrolnym obliczyć ze wzoru :

$$m_{Fe} = c_{1/5 KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4} \cdot M_{Fe} \cdot w \text{ [g]}$$

gdzie:

$c_{1/5 KMnO_4}$ - stężenie mianowanego roztworu $KMnO_4$ [mol/l]

v_{KMnO_4} - średnia (z trzech miareczkowanych próbek) objętość roztworu $KMnO_4$ [l]

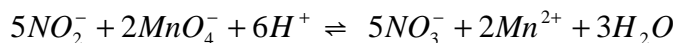
$M_{Fe} = 55,85$ g/mol

w - współmierność kolby z pipetą

Odczynnik	Rodzaj zagrożenia
$KMnO_4$ (roztwór 0,02 mol/l)	Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
H_2SO_4 (roztwór 4 mol/l)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu.
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ (roztwór 0,1–0,5 mol/l)	Działa drażniąco na skórę. Działa drażniąco na oczy. Może powodować podrażnienie dróg oddechowych.
HCl (roztwór stężony)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu. Może powodować podrażnienie dróg oddechowych.
$SnCl_2$ (roztwór 5%)	Działa szkodliwie po połknięciu. Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu.
$HgCl_2$ (roztwór 10%)	Po połknięciu grozi śmiercią. Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu. Podejrzewa się, że powoduje wady genetyczne. Podejrzewa się, że działa szkodliwie na płodność. Powoduje uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.

12. Oznaczanie azotanów(III)

W środowisku obojętnym lub zasadowym manganian(VII) nie reaguje z azotanami(III). W roztworach kwaśnych utlenia je ilościowo do azotanów(V). Reakcja przebiega zgodnie z równaniem:



Ze stechiometrii reakcji wynika, że $n_{1/5 KMnO_4} = n_{1/2 NO_2^-}$

Zakwaszenie roztworu zawierającego azotany(III) powoduje ich częściowy rozkład i wydzielanie się tlenków azotu (NO , N_2O_4). W celu uniknięcia strat prowadzi się miareczkowanie odwrotne. Roztworem azotanu(III) miareczkuje się gorący zakwaszony roztwór, zawierający znaną ilość $KMnO_4$ (metoda Lungego).

Inny sposób polega na dodaniu do roztworu azotanów(III) nadmiaru mianowanego roztworu $KMnO_4$ i odmiareczkowaniu nieprzereagowanej jego ilości mianowanym roztworem kwasu szczawowego lub jodometrycznie.

W naszym laboratorium do oznaczania azotanów(III) wykorzystuje się wspomnianą powyżej metodę Lungego.

Wykonanie oznaczenia

Roztwór zadania kontrolnego rozcieńczyć wodą destylowaną w kolbie miarowej do objętości 100 ml, dobrze wymieszać. Otrzymany roztwór wlać do czystej biurety o pojemności 50 ml uprzednio przepłukanej kilkoma mililitrami tego roztworu. Do trzech kolb stożkowych (lub zlewek) o pojemności 400 - 500 ml odmierzyć pipetą po 20 (lub 25) ml mianowanego roztworu $KMnO_4$, dodać 200 ml wody destylowanej i 30 ml 2-molowego roztworu H_2SO_4 , ogrzać do 323 - 333 K (40 - 50 °C) i miareczkować obojętnym roztworem azotanu(III) aż do odbarwienia się roztworu. Reakcja pomiędzy NO_2^- i MnO_4^- przebiega powoli, należy więc, szczególnie pod koniec miareczkowania, dodawać roztwór kroplami, energicznie mieszając zawartość kolby (lub zlewki).

Pewne straty tlenków są nieuniknione i metoda jest obarczona błędem w granicach 1 - 2 %.

Na podstawie wyników miareczkowania można obliczyć stężenie $c_{1/2 NO_2^-}$ w kolbie miarowej:

$$c_{1/2NO_2^-} = \frac{c_{1/5KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4}}{v_{NO_2^-}} \text{ [mol/l]}$$

Ponieważ w kolbie miarowej jest 100 ml (0,1 l) roztworu o takim stężeniu, to liczba moli

$$n_{1/2NO_2^-} = c_{1/2NO_2^-} \cdot v_{NO_2^-} = c_{1/2NO_2^-} \cdot 0,1$$

$$\text{Zatem } m_{NO_2^-} = n_{1/2NO_2^-} \cdot \frac{1}{2} M_{NO_2^-} = c_{1/2NO_2^-} \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{2} M_{NO_2^-}$$

Ostatecznie więc zawartość azotanów(III) w zadaniu kontrolnym ($m_{NO_2^-}$) oblicza się ze

wzoru:

$$m_{NO_2^-} = \frac{c_{1/5KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4}}{v_{NO_2^-}} \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{2} M_{NO_2^-} \text{ [g]}$$

gdzie:

$c_{1/5KMnO_4}$ - stężenie mianowanego roztworu $KMnO_4$ [mol/l]

v_{KMnO_4} - objętość roztworu $KMnO_4$ pobrana do miareczkowania [l]

(20 lub 25 ml w zależności od pojemności pipety)

$v_{NO_2^-}$ - średnia (z trzech miareczkowań) objętość roztworu azotanów(III)

zużyta na zmiareczkowanie $KMnO_4$ [l]

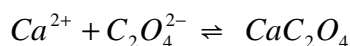
$M_{NO_2^-} = 46,02 \text{ g/mol}$

Odczynnik	Rodzaj zagrożenia
$KMnO_4$ (roztwór 0,02 mol/l)	Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
H_2SO_4 (roztwór 4 mol/l)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu.
$NaNO_2$ (roztwór 0,1–0,5 mol/l)	Działa toksycznie po połknięciu. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne.

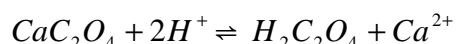
13. Pośrednie oznaczanie wapnia

Manganometryczne oznaczanie wapnia jest przykładem miareczkowania pośredniego. Zamiast wapnia, który nie reaguje z $KMnO_4$, miareczkuje się kwas szczawiowy wydzielony w ilości równoważnej ilości wapnia w badanej próbce.

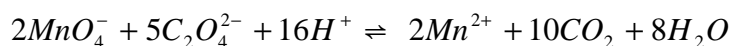
Oznaczenie polega na strąceniu jonu wapniowego szczawianem amonowym w postaci szczawianu wapnia:



Po odsączeniu osadu CaC_2O_4 rozpuszcza się go w kwasie siarkowym:



Wydzielony kwas szczawiowy w ilości równoważnej ilości wapnia w próbce ($n_{C_2O_4^{2-}} = n_{Ca}$) odmiareczkuje się mianowanym roztworem $KMnO_4$:



Ze stechiometrii tej reakcji wynika: $c_{1/5 KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4} = \frac{n_{C_2O_4^{2-}}}{1/2}$.

Ponieważ $n_{C_2O_4^{2-}} = n_{Ca}$, to $c_{1/5 KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4} = \frac{n_{Ca}}{1/2}$

Warunkiem dokładnego oznaczenia jest prawidłowe strącenie i bardzo dokładne przemycie osadu. Szczawian wapnia strącany na zimno z amoniakalnego roztworu soli wapniowej strąca się w postaci drobnokrystalicznego osadu trudnego do sączenia i łatwo adsorbującego szczawian amonowy.

W celu otrzymania osadu grubokrystalicznego strącanie należy przeprowadzić na gorąco, wprowadzając szczawian amonowy do silnie kwaśnego roztworu soli wapniowej. W tych warunkach CaC_2O_4 nie strąca się, gdyż jest on rozpuszczalny w mocnych kwasach. Następnie przez stopniowe alkalizowanie roztworu za pomocą amoniaku wobec oranżu metylowego jako wskaźnika powoduje się wytrącenie szczawianu wapnia. Odsączony osad należy przemyć w celu usunięcia jonów chlorkowych i szczawianowych, które reagując także z $KMnO_4$ mogłyby być przyczyną zawyżenia wyniku.

Wykonanie oznaczenia

Roztwór zadania kontrolnego rozcieńczyć wodą destylowaną w kolbie miarowej do objętości 100 ml i dobrze wymieszać.

Do trzech zlewek o pojemności 600 ml odpipetować po 20 (lub 25) ml roztworu, rozcieńczyć wodą destylowaną do 200 ml, dodać 5 ml stężonego kwasu solnego, 2 - 3 krople oranżu metylowego i 50 ml nasyconego roztworu szczawianu amonowego.

Całość ogrzać do temperatury około 353 K (80 °C) i mieszając dodawać kroplami 2 - 3 molowy wodny roztwór amoniaku, aż do zmiany barwy wskaźnika z czerwonej na żółtą. Roztwór z osadem pozostawić na łaźni wodnej aż do opadnięcia osadu (przez około 1 godz.).

Następnie osad CaC_2O_4 przesączyć przez tygiel szklany z dnem porowatym (G4). Osad przemyć początkowo 0,1 % roztworem szczawianu amonowego, a następnie jak najmniejszymi ilościami zimnej wody destylowanej, aż do zaniku reakcji na jony Cl^- (próba z zakwaszonym $AgNO_3$).

Osad CaC_2O_4 należy następnie rozpuścić przez umieszczenie tygla z osadem w zlewce zawierającej 100 ml gorącego 2-molowego H_2SO_4 . Roztwór należy mieszać bagietką szklaną w celu szybszego rozpuszczenia się osadu. Otrzymany roztwór miareczkować mianowanym roztworem $KMnO_4$ aż do pojawienia się lekko różowego zabarwienia roztworu (tygla nie należy wyjmować ze zlewki podczas miareczkowania).

Zawartość wapnia (m_{Ca}) w zadaniu kontrolnym obliczyć ze wzoru:

$$m_{Ca} = c_{1/5 KMnO_4} \cdot v_{KMnO_4} \cdot \frac{1}{2} M_{Ca} \cdot w \quad [g]$$

gdzie:

$c_{1/5 KMnO_4}$ - stężenie mianowanego roztworu $KMnO_4$ [mol/l]

v_{KMnO_4} - średnia (z trzech miareczkowanych próbek) objętość roztworu $KMnO_4$ [l]

$M_{Ca} = 40,08$ g/mol

w - współmierność kolby z pipetą

Odczynnik	Rodzaj zagrożenia
KMnO_4 (roztwór 0,2 mol/l)	Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
H_2SO_4 (roztwór 4 mol/l)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu.
HCl (roztwór stężony)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu. Może powodować podrażnienie dróg oddechowych.
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (roztwór 0,1–0,5 mol/l)	Może intensyfikować pożar; utleniacz.
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ (roztwór nasycony)	Działa szkodliwie po połknięciu. Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą.
NH_3 (woda amoniakalna, 2–3 mol/l)	Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne.