



**UMCS**

UNIWERSYTET MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ W LUBLINIE

Wydział Chemii

Zakład Chemii Nieorganicznej

---

**Chemia nieorganiczna**  
**Chemia sp. Chemia kryminalistyczna**

**SPOSOBY NEUTRALIZACJI SUBSTANCJI  
NIEBEZPIECZNYCH**



## WPROWADZENIE

Neutralizacją substancji chemicznych nazywamy proces lub czynności w wyniku, których substancja ulega takim przemianom fizycznym lub chemicznym, że traci swoje niepożądane właściwości.

Podczas neutralizacji chemikaliów zalecana jest szczególna ostrożność, ponieważ mogą zachodzić gwałtowne przemiany chemiczne (wydzielanie znacznych objętości gazów, ciepła, zapłon). Jeśli jest to możliwe to takie czynności powinny wykonywać osoby przeszkolone. Zaleca się by stosować wszelkie zabezpieczenia takie jak: wyciągi, ekrany ochronne, okulary ochronne, rękawice, fartuchy, maski. Szczególnie dotyczy to przypadków, gdy mamy do czynienia z nieznaną substancją lub zastosowaniem metody neutralizacji po raz pierwszy. Wtedy też należy skrupulatnie przestrzegać zasady by wykonywać próby na małych ilościach, co może wskazać na problemy przy zastosowaniu większej skali.

Dekontaminacja – jest to zespół czynności najczęściej wykonywanych przez odpowiednie służby ratownicze zmierzające do zneutralizowania szkodliwego działania substancji niebezpiecznych na ludzi, zwierzęta i środowisko.

W trakcie neutralizacji chemicznej najczęściej stosuje się związki chemiczne: chloran(I) sodu, węglan sodu, wodorotlenek sodu, zawiesina tlenku wapnia, ciekłe detergenty domowego użytku oraz alkohol etylowy.

Innym sposobem neutralizacji jest sorpcja w trakcie, której następuje pochłanianie gazów, par cieczy, par substancji stałych i substancji rozproszonych w cieczach przez ciała porowate jak wełna szklana, pumeks, piasek, wapno palone, pianki oraz włókna organiczne.

W razie konieczności neutralizacji substancji niebezpiecznej, której rodzaj lub skład chemiczny jest trudny do rozpoznania i nie został ustalony, stosowane są kolejno następujące wodne roztwory dekontaminacyjne (RD):

RD1 – 5% węglan sodu i 5% fosforan sodu

RD2 -10%  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  (chloran (I) wapnia)

RD3 – 5%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

RD4 – 1% HCl

RD5- wodny roztwór detergentu

Tabela 1. Dobór roztworu dekontaminacyjnego w zależności od rodzaju substancji niebezpiecznej

	Klasa rozpoznanego związku chemicznego	Roztwór dekontaminacyjny (RD)
1.	Nieorganiczne kwasy, odpady przeróbki metali	1
2.	Metale ciężkie: Hg, Pb, Cd itp	2
3.	Pestycydy, chlorowane fenole, środki chwastobójcze	2
4.	Cyjanki, amoniak i inne niekwaśne i nieorganiczne odpady	2
5.	Rozpuszczalniki i związki organiczne takie jak: trichloroetylen, chloroform, trichloroetan i toluen	1 lub 3
6.	Nieorganiczne zasady(wodorotlenki), alkaliczne i żrące odpady	4
7.	Materiały radioaktywne	5

## Wybrane substancje niebezpieczne i sposoby ich neutralizacji

### **Acetylen** (etyń) (łatwopalny)

Bezbarwny. Czysty – bez zapachu; techniczny o zapachu czosnku. Słabo rozpuszcza się w wodzie, dobrze w acetonie. Z powietrzem tworzy mieszaniny wybuchowe. Lżejszy od powietrza. Wzrost ciśnienia lub temperatury powoduje jego wybuchowy rozkład. Gwałtownie reaguje z utleniaczami,  $F_2$ ,  $Cl_2$  powodując wybuchy, pożary. Reaguje z Cu, Ag, Hg, lub ich solami dając wybuchowe acetylenki.

$T_{wrz.} = -84^{\circ}C$ ,  $T_{top.} = -81,8^{\circ}C$ ,  $T_{samozapł.} = 325^{\circ}C$ ,

$LC_{LO}(\text{inh. szczury}) = 90\ 000\text{ppm}$

Granice wybuchowości:

Dolna 2,4% obj.

Górna 83% obj.

Źródła

-palniki acetylenowe

-lampki karbidowe

-produkcja aldehydu octowego, etanolu, acetonu, kwasu octowego, akrylonitrylu

Usuwanie

-uchodzący gaz spalać pod kontrolą w „pochodni” a pojemniki przechowywać w kąpielii wodnej, pokryć pianą

Objaśnienia skrótów:

$LC_{LO}$  –najniższe stężenie śmiertelne

$LD_{LO}$  –najniższa dawka śmiertelna

$LC_{50}$  –stężenie powodujące śmierć 50% osobników

$LD_{50}$  –dawka powodująca śmierć 50% osobników

NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie [ $mg/m^3$ ]

NDSCh – najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe [ $mg/m^3$ ]

NDSP – najwyższe dopuszczalne stężenie progowe [ $mg/m^3$ ]

### **Benzen** $C_6H_6$ (ciecz wysoce łatwopalna, toksyczna)

Bezbarwna ciecz o zapach podobnym do nafty. Pary są cięższe od powietrza, nierozpuszczalny w wodzie, alkoholu, acetonie. Jest dobrym rozpuszczalnikiem dla tłuszczów, wosku. Pali się kopcącym płomieniem.

$T_{wrz.} = 80,1^{\circ}C$ ,  $T_{top.} = 5,5^{\circ}C$ ,  $T_{zapł.} = -11^{\circ}C$ ,  $T_{samozapł.} = 555^{\circ}C$ ,

$NDS = 10\text{mg}/m^3$      $NDSCh = 40\text{mg}/m^3$

$LC_{LO}(\text{inh.}) = 2\%$  (5min)     $LC_{LO}(\text{inh.}) = 130\text{mg}/kg$

Granice wybuchowości:

Dolna 1,2% obj.

Górna 8,0% obj.

Źródła

-składnik mieszanek napędowych

-przemysł farb i lakierów (rozpuszczalnik)

-produkcja aniliny, nitrobenzenu, styrenu

Usuwanie – rozlany benzen zebrać za pomocą adsorbentu np. krzemionki i spalić w odpowiednim urządzeniu do spalania lub usunąć jako odpad specjalny na odpowiednim składowisku

### **Tlenek węgla (CO)** (gaz wysoce łatwopalny, toksyczny)

Bezbarwny, bez zapach, tworzy mieszaniny wybuchowe, pali się niebieskim płomieniem, trochę lżejszy od powietrza, słabo rozpuszczalny w wodzie

$T_{wrz.} = -192^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{top.} = -205^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{zapł.} = <191^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 30\text{mg/m}^3$      $\text{NDSCh} = 180\text{ mg/m}^3$

$\text{LC}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 4000\text{ppm}/30\text{min}$     1% CO – możliwy zgon

Granice wybuchowości:

Dolna 11% obj.

Górna 74% obj.

#### Źródła

-niepełne spalanie paliw, substancji organicznych

-produkcja benzyny, karbidu

-gazy spalinowe, dym, czad, gaz świetlny

-przewody kanalizacyjne( procesy rozpadu materiału biologicznego)

Usuwanie

- wprowadzanie do powietrza zasilającego spalanie:  $\text{CO} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO}_2$

- wentylacja pomieszczeń

### **Siarkowodór H<sub>2</sub>S** (gaz wysoce łatwopalny, toksyczny)

Bezbarwny o zapachu zgniłych jaj. Wybuchowy, pali się niebieskim płomieniem cięższy od powietrza, rozpuszczalny w wodzie, ogrzewany może zapalić się lub wybuchnąć, reaguje z silnymi utleniaczami, tworząc zagrożenie pożarowe lub wybuchowe.

$T_{wrz.} = -60^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{top.} = -85^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 10\text{mg/m}^3$      $\text{NDSCh} = 20\text{ mg/m}^3$

$\text{LC}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 200\text{ppm}$  (obrzęk płuc).

Granice wybuchowości:

Dolna 4,3% obj.

Górna 45,5% obj.

#### Źródła

-kanały, studzienki ściekowe, punkty gnicia

-podczas produkcji kwasu siarkowego, chlorowodorowego, sztucznego jedwabiu, celulozy

-koksowanie, przemysł naftowy

Usuwanie

-wytrącić w postaci siarczku żelaza

$3\text{H}_2\text{S} + 6\text{NaOH} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Fe}_2\text{S}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

### **Aceton (propan 2-on) CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>** (ciecz wysoce łatwopalna)

Bezbarwna ciecz o zapachu octowo-alkoholowym. Pary są cięższe od powietrza. Dobrze rozpuszcza się w wodzie, alkoholu, eterze. Rozpuszcza tłuszcze, żywice. Reaguje z licznymi tworzywami sztucznymi. W reakcji z utleniaczami wybucha.

$T_{wrz.} = 56,3^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{top.} = -95^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{zapł.} = <-20^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{samozapł.} = 540^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 200\text{mg/m}^3$      $\text{NDSCh} = 1000\text{ mg/m}^3$

$\text{LC}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 440\text{mg/m}^3$  (6min)

Granice wybuchowości:

Dolna 2,5% obj.

Górna 13% obj.

#### Źródła

-rozpuszczanie wielu substancji organicznych

- produkcja chloroformu i jodoformu
- przemysł farb i lakierów, klejów
- produkcja szkła wodnego

Usuwanie

- spłukać dużą ilością wody,
- adsorpcja na krzemionce i przekazanie do spalarni lub składowanie jako odpad specjalny

**Metanol** (alkohol metylowy)  $\text{CH}_3\text{OH}$  (ciecz wysoce łatwopalna, toksyczna)

Bezbarwna ciecz o zapachu podobnym do etanolu i piekącym smaku. Pary z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe. Dobrze rozpuszcza się w wodzie, etanolu i eterze.

$T_{\text{wrz.}} = 64,7^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{top.}} = -97,5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{zapł.}} = 11^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{samozapł.}} = 455^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 5\text{mg}/\text{m}^3$      $\text{NDSCh} = 15\text{mg}/\text{m}^3$

$\text{LD}_{\text{LO}}(\text{doustnie}) = 100\text{-}200\text{ml}$

$\text{LD}_{50}(\text{doustnie}) = 30\text{ml}$

Granice wybuchowości:

Dolna 2,5% obj.

Górna 13% obj.

Źródła

- rozpuszczalnik do lakierów, politur
- środek przeciw zamarzaniu

Przemysł meblarski

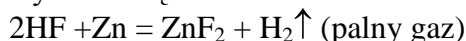
- do produkcji aldehydu mrówkowego, barwników

Usuwanie

- adsorpcja na sorbentach typu ziemia okrzemkowa i przekazanie do spalarni

**Kwas fluorowodorowy**  $\text{H}_2\text{F}_{2(\text{c})}$ ,  $\text{HF}_{(\text{g})}$  Fluorowodór (gaz żrący, toksyczny)

Bezbarwny niepalny gaz lub ciecz o ostrym zapachu. Łatwo rozpuszcza się w wodzie, cięższy od powietrza. Kontakt z powietrzem powoduje emisję żrących dymów. W reakcji z metalami wydziela się wodór



$T_{\text{wrz.}} = 19,5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{top.}} = -83,1^{\circ}\text{C}$ ,

Atakuje szkło emalie, metale i stal

$\text{NDS} = 0,5\text{mg}/\text{m}^3$      $\text{NDSCh} = 4\text{mg}/\text{m}^3$

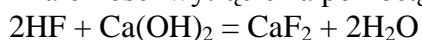
$\text{LD}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 50\text{ppm}$  (30min)

Źródła

- przemysł szklarski i ceramiczny (do trawienia szkła)
- produkcja superfosfatów
- produkcja półprzewodników

Usuwanie

- małe ilości wytrącić za pomocą mleka wapiennego i spłukać wodą



**Oleum**(Dymiący kwas siarkowy) 20-60% tritlenku siarki  $\text{SO}_3$  w  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ciecz żrąca)

Oleista bezbarwna ciecz dymiąca na powietrzu. Niepalna

$T_{\text{wrtz.}} = 77-135^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{top.}} = -11^{\circ}\text{C}$  (dla 20% oleum)

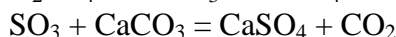
Podczas rozpuszczania w wodzie wydziela się duża ilość ciepła. Oleum niszczy prawie wszystkie substancje organiczne (żywe tkanki). Reakcje z wieloma substancjami prowadzą do wybuchu.

Źródła

- przemysł chemiczny
- rafinacja płynnych smarów

Usuwanie

- dodać (jeżeli rozlano bardzo małe ilości) ostrożnie do wody (wydziela się ciepło),
- zneutralizować za pomocą kamienia wapiennego  $\text{CaCO}_3$  a utworzony gips usunąć



- można też neutralizować poprzez dodanie kredy lub dolomitu i splukanie wodą

**Chlor** ( $\text{Cl}_2$ ) (gaz toksyczny)

Żółtozielony gaz o ostrym zapachu, cięższy od powietrza, rozpuszczalny w wodzie, niepalny. Reaguje gwałtownie z wieloma substancjami organicznymi i sproszkowanymi metalami. Bardzo reaktywny (na przykład reaguje z tworzywami sztucznymi i gumą) ma właściwości utleniające.

$T_{\text{wrtz.}} = -45,6^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{top.}} = -101^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 1,5\text{mg/m}^3$      $\text{NDSCh} = 9\text{ mg/m}^3$

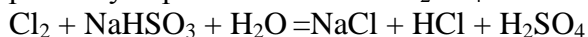
$\text{LD}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 430\text{ppm}$  (30min)

Źródła

- chlorowanie wody
- środek wybielający
- środek utleniający
- produkcja związków chloru i chloropochodnych związków organicznych

Usuwanie

- przez reakcje ze związkami redukującymi, takimi jak  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{FeCl}_2$  następnie neutralizacja powstałych produktów  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ :



Transport w stanie ciekłym

**Disiarczek węgla** ( $\text{CS}_2$ ) (ciecz toksyczna)

Bezbarwna lub żółtawa ciecz o zapachu zgniłej kapusty. Słabo rozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalny w alkoholu i eterze. Pary są cięższe od powietrza. Eksploatuje podczas ogrzewania. Może samoczynnie zapalić się w zetknięciu z powietrzem. Reaguje gwałtownie z silnymi utleniaczami.

$T_{\text{wrtz.}} = 46,3^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{top.}} = -111,6^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{zapł.}} = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{samozapł.}} = 95^{\circ}\text{C}$ ,

$\text{NDS} = 10\text{mg/m}^3$      $\text{NDSCh} = 30\text{ mg/m}^3$

$\text{LD}_{\text{LO}}(\text{doustnie}) = 14\text{mg/kg}$

$\text{LD}_{\text{LO}}(\text{inh.}) = 2000\text{ppm}$  (5min)

Granice wybuchowości:

Dolna 1% obj.

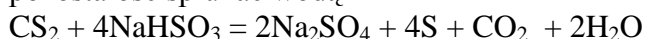
Górna 60% obj.

Źródła

- przemysł wiskozowo-celulozowy
- rozpuszczalnik w przemyśle gumowym
- produkcja półprzewodników
- przemysł zapalczany

Usuwanie

-rozlany CS<sub>2</sub> zebrać za pomocą adsorbentów, na przykład ziemi okrzemkowej i przekazać do spalarni lub składować jako odpady specjalne, bądź poddać rozkładowi za pomocą NaHSO<sub>3</sub> a pozostałość spłukać wodą



**Amoniak** (NH<sub>3</sub>) (żrący)

Bezbarwny o ostrym zapachu. Bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie alkoholu i eterze dietylowym. Palny, wybuchowy. Lżejszy od powietrza.

T<sub>wrz.</sub> = -33<sup>0</sup>C, T<sub>top.</sub> = -77<sup>0</sup>C, T<sub>zapł.</sub> = ciekły niepalny

NDS = 20mg/m<sup>3</sup>    NDSC<sub>h</sub> = 27 mg/m<sup>3</sup>

LD<sub>LO</sub>(inh. ) = 10000ppm (3h)

Rozpuszczalność w wodzie 541g/dm<sup>3</sup>

Granice wybuchowości:

Dolna 15% obj.

Górna 30,2% obj.

Źródła

- powstaje w czasie spalania wełny, jedwabiu, nylonu
- powstaje podczas wielu procesów technologicznych, na przykład przy produkcji nawozów sztucznych, kwasu azotowego, włókien sztucznych, tworzyw, materiałów wybuchowych, mocznika
- jest stosowany w agregatach chłodniczych

Transport: w stanie ciekłym, pod ciśnieniem

Usuwanie

- rozcieńczyć wodą, zneutralizować kwasem i spłukać



Literatura

„Chemia analityczna 2. Chemiczne metody analizy ilościowej” J. Minczewski, Z. Marzenko, PWN, Warszawa 1997

„Chemia i fizykochemia substancji toksycznych i niebezpiecznych” skrypt pod redakcją Danuty Bodzek, Śląska Akademia Medyczna, Katowice 2003

## Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1. Neutralizacja substancji kwasowych za pomocą zasad i soli

Do trzech zlewek na 100cm<sup>3</sup> nalać po 10 cm<sup>3</sup> 1M roztworu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 10cm<sup>3</sup> wody destylowanej. Zmierzyć pH roztworu za pomocą pehametru. Do pierwszej pipetą dodawać po 2 cm<sup>3</sup> 0,5M roztworu NaOH do momentu zobojętnienia zapisując zmiany pH. W przypadku drugiej i trzeciej kolbki postępować tak samo stosując odpowiednio 0,5 M roztwór NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O w drugiej i 0,5M CH<sub>3</sub>COONa w trzeciej.

Sporządzić wykresy pH =f(V) i odczytać objętość potrzebną do neutralizacji. Zapisać zachodzące równania reakcji i wyciągnąć wnioski odnośnie efektywności neutralizacji.

### Ćwiczenie 2. Neutralizacja substancji zasadowych za pomocą kwasów

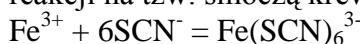
Do dwóch zlewek na 100cm<sup>3</sup> nalać po 20 cm<sup>3</sup> 3 M roztworu NaOH. Zmierzyć pH roztworu za pomocą pehametru. Do pierwszej pipetą dodawać po 1 cm<sup>3</sup> 3M roztworu HCl do momentu zobojętnienia zapisując zmiany pH. W przypadku drugiej kolbki postępować tak samo stosując odpowiednio 3 M roztwór CH<sub>3</sub>COOH.

Sporządzić wykresy pH =f(V) i odczytać objętość potrzebną do neutralizacji zapisać zachodzące równania reakcji i wyciągnąć wnioski odnośnie efektywności neutralizacji.

### Ćwiczenie 3. Neutralizacja przez strącanie osadów

#### 3.1 Usuwanie jonów żelaza(III) za pomocą NaOH

Jony żelaza(III) mogą być łatwo usuwane w postaci trudno rozpuszczalnego wodorotlenku a obecność wolnych jonów może być łatwo kontrolowana za pomocą czulej charakterystycznej reakcji na tzw. smoczą krew:



Do 5 probówek nalać po 4 cm<sup>3</sup> 0,16 M roztworu chlorku żelaza(III) a następnie za pomocą pipety dodać odpowiednio po 0,2, 0,4, 0,6, 1, 2 cm<sup>3</sup> 3M roztworu NaOH. Roztwory w probówkach dokładnie wymieszać, po czym dodać do nich po 3 krople roztworu rodanku potasu (2M KSCN) wymieszać i odczekać ok. 15 minut. Zaobserwować, w której probówce nie powstał barwny kompleks

Oszacować ile NaOH potrzeba do całkowitego strącenia jonów żelaza(III). Czy na podstawie przeprowadzonego doświadczenia można oszacować iloczyn rozpuszczalności Fe(OH)<sub>3</sub>?

#### 3.2 Usuwanie jonów żelaza (III) za pomocą Ca(OH)<sub>2</sub>



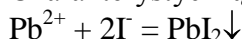
Wytracanie jonów żelaza(III) można również przeprowadzić za pomocą wodorotlenku wapnia. Do pięciu probówek nalać po 2 cm<sup>3</sup> wody destylowanej i 0,1cm<sup>3</sup> 0,16 M FeCl<sub>3</sub>. Dodawać do probówek odpowiednio po 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 cm<sup>3</sup> klarownego roztworu wodorotlenku wapnia. Do każdej probówki dodać po 3 krople roztworu 2M KSCN wymieszać i odczekać ok. 15 minut. Zaobserwować, w której probówce nie powstał barwny rodnanek żelaza(III). Wszystkie probówki ogrzać w łaźni wodnej przez 15 minut.

Rozpuszczalność wodorotlenku wapnia w temperaturze 20<sup>0</sup>C wynosi 0,165g/100g

Oszacować ile Ca(OH)<sub>2</sub> potrzeba do całkowitego strącenia jonów żelaza(III). Wyjaśnić, jakie zjawisko następuje podczas ogrzewania.

### 3.3 Usuwanie jonów ołowiu (II) w postaci węglanu

Charakterystyczną reakcją dla jonów ołowiu(II) jest reakcja z jonami jodkowymi



W której powstaje żółty osad PbI<sub>2</sub>. Brak objawów tej reakcji świadczy o całkowitym usunięciu jonów Pb<sup>2+</sup>.

Do pięciu probówek nalać po 2 cm<sup>3</sup> 0,25M roztworu Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Do każdej dodać odpowiednio 0,5; 1;1,5;2;2,5; cm<sup>3</sup> 0,25M K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i dokładnie wymieszać i odczekać 10min. Następnie do każdej z probówek dodać 3-4 krople 0,5M KI. Po ok. 5 minutach ustalić która objętość Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> wystarcza do usunięcia jonów Pb<sup>2+</sup>.

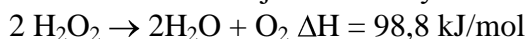
## Ćw 4. Neutralizacja poprzez rozkład do gazów

### 4.1 Rozkład nadtlenu wodoru

Nadtlenek wodoru dostępny w handlu posiada stężenie 30% i zwany jest perhydrolem.

Po rozcieńczeniu do 3% sprzedawany jest w aptekach jako woda utleniona, którą stosuje się do dezynfekcji

Nadtlenek wodoru jest nietrwały



MnO<sub>2</sub> przyspiesza rozkład a H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> i (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO stabilizują trwałość.

Do probówki 1 nalać 2cm<sup>3</sup> 3% roztworu wody utlenionej i ostrożnie dodać szczyptę stałego ditlenku manganu. Należy przy tym zwrócić uwagę na to, by wylot probówki nie był skierowany w stronę jakiegokolwiek osoby stojącej w pobliżu.

Również temperatura powoduje rozkład nadtlenu wodoru. Do probówki 2 nalać 1cm<sup>3</sup> 3% roztworu wody utlenionej i umieścić ją w łaźni wodnej nie doprowadzając wody do wrzenia, ogrzewać przez 15 minut a następnie ostudzić do temperatury pokojowej.

Po zakończeniu rozkładu nadtlenu wodoru należy sprawdzić czy w probówkach 1 i 2 nastąpił całkowity rozkład H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Do tego celu wykorzystuje się reakcje utleniania jonów I<sup>-</sup> do wolnego jodu, który tworzy intensywne niebieskie związki kompleksowe ze skrobią. Jeśli nadtlenek wodoru jest obecny w próbce, to po dodaniu 1cm<sup>3</sup> 0,5M roztworu jodku potasu i kilku kropli roztworu skrobi, pojawi się niebieskie zabarwienie. Jego brak świadczy o całkowitym rozkładzie nadtlenu wodoru.

### 4.2 Rozkład węglanów przy neutralizacji mocnych kwasów

W wyniku działania mocnych kwasów na sole słabych kwasów następuje wypieranie słabych kwasów z ich soli. W trakcie neutralizacji powstaje słaby kwas i sól. Jeśli słaby kwas jest nietrwały to podczas procesu neutralizacji dochodzi do wydzielania produktów gazowych z roztworu. Takim przykładem może być wydzielanie się  $\text{CO}_2$  w wyniku rozkładu nietrwałego kwasu węglowego na  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ .

Do zlewki na  $200\text{ cm}^3$  nalać ok.  $20\text{ cm}^3$   $1\text{ M}$  roztworu kwasu siarkowego i za pomocą pehametru zmierzyć pH roztworu. Powoli dodać  $0,25\text{g}$  stałego węglanu sodu (soda). Reakcja przebiega burzliwie, należy zachować ostrożność. Po dodaniu pierwszej porcji dokonać pomiaru pH, jeśli roztwór nie jest obojętny dodać kolejną porcję sody postępując jak poprzednio. Czynności wykonywać do momentu aż kolejna porcja nie będzie powodowała wydzielania pęcherzyków gazu.

Oszacować masę sody potrzebną do neutralizacji i zapisać równanie zachodzącej w trakcie procesu reakcji.

## **5. Sorpcja i dyfuzja jako sposoby usuwania i rozpuszczania substancji chemicznych.**

### **5.1 Sorpcja na węglu aktywnym**

Do probówki dodać po 2 krople atramentu i rozcieńczyć do  $5\text{cm}^3$  wody. Dodać małą porcję  $0,1\text{g}$  węgla aktywnego zawartość dobrze wymieszać przez ok. 5 minut i poczekać ok. 15 minut aż węgiel ulegnie sedymentacji. Jeśli roztwór jest nadal barwny dodać kolejną porcję węgla aktywnego. Czynności powtarzać do momentu odbarwienia roztworu. Oszacować całkowitą masę węgla potrzebną do usunięcia zanieczyszczenia.

### **5.2 Dyfuzja substancji stałej w cieczy**

a. Do zlewki o pojemności  $150\text{cm}^3$  wprowadzić 2 krople atramentu, rozcieńczyć wodą tak, aby powstała warstwa cieczy o wysokości  $2\text{ mm}$ . Do tego roztworu dodać łyżeczkę siarczanu sodu i dokładnie wymieszać. Ma to znikomy wpływ na przebieg dyfuzji, ale zwiększa gęstość, co zapobiega mieszaniu z dodawanym następnie rozpuszczalnikiem. Po ścianie zlewki nalać pipetą czystej wody tak, aby ciecze nie wymieszały się. Zlewkę odstawić i obserwować, co 15 minut. Oszacować czas potrzebny na całkowite wyrównanie się stężeń.

b. W zlewce na  $100\text{ cm}^3$  przygotować roztwór amoniaku (1:4) tak, aby utworzył on warstwę o wysokości słupa ok.  $2\text{-}3\text{cm}$ . Do roztworu wrzucić kilka kryształków siarczanu(VI) miedzi(II). Roztworu nie mieszać, lecz pozostawić go w spokoju i obserwować, co 15 minut. Oszacować czas potrzebny na całkowite wyrównanie stężeń.

## 6. Ekstrakcja jako sposób usuwania substancji chemicznych z roztworu

### 6.1 Ekstrakcja jodu

Wykonanie krzywej wzorcowej roztworu jodu w 0,5M KI

Należy przygotować dwa roztwory pierwszy o objętości  $100\text{cm}^3$  i stężeniu 0,5M KI. Drugi również w kolbce miarowej na  $100\text{cm}^3$  o stężeniu 0,5M KI zawierający  $10\text{mg J}_2/\text{cm}^3$ . Następnie z tak przygotowanego roztworu drugiego pobrać od pięciu kolbek na  $10\text{cm}^3$  odpowiednio 0; 0,5; 1; 1,5;  $2\text{cm}^3$  i dopełnić do kreski roztworem pierwszym. Po wymieszaniu roztworów przystąpić do zmierzenia absorbancji za pomocą spektrofotometru dostępnego na pracowni wykonując pomiary przy długości fali  $510\text{nm}$ . Na podstawie otrzymanych wyników wykreślić zależność  $A=F(c_{\text{jodu w f.w}})$

Wyznaczona krzywa umożliwi oszacowanie rozpuszczalności jodu w wodzie. Jod bardzo słabo rozpuszcza się w wodzie. Do zlewki na  $200\text{cm}^3$  wlać  $50\text{cm}^3$  wody i dodać  $0,1\text{g J}_2$ . Roztwór mieszać przez 15minut. Następnie z tak przygotowanego roztworu pobrać  $8\text{cm}^3$  do kolbki miarowej na  $10\text{cm}^3$  i dopełnić 0,5M roztworem KI do kreski będzie to próbka do pomiaru rozpuszczalności w temperaturze pokojowej ( $20^\circ\text{C}$ ). Następnie pozostały w zlewce roztwór umieścić w łaźni wodnej w temperaturze ok.  $40^\circ\text{C}$  i mieszać przez ok. 30 minut. Następnie z tak przygotowanego roztworu pobrać  $8\text{cm}^3$  do kolbki miarowej na  $10\text{cm}^3$  i dopełnić 0,5M roztworem KI do kreski będzie to próbka do pomiaru rozpuszczalności w temperaturze  $40^\circ\text{C}$

Dokonać pomiaru absorbancji obu próbek i wyliczyć na podstawie krzywej wzorcowej  $A=F(c_{\text{jodu}})$  jaka jest rozpuszczalność jodu w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  oraz  $40^\circ\text{C}$ .

Krzywa wzorcowa roztworu jodu w czterochlorku węgla

W celu wykonania krzywej wzorcowej jodu w czterochlorku węgla należy sporządzić w pierwszej kolejności roztwór podstawowy jodu w  $\text{CCl}_4$ . W tym celu odważyć  $0,1\text{g}$  jodu, przenieść ilościowo do kolby miarowej na  $100\text{cm}^3$  i dopełnić za pomocą czterochlorku węgla do kreski. Następnie do pięciu kolbek o objętości  $10\text{cm}^3$  dodać odpowiednio 0; 0,3; 0,6; 1;  $2\text{cm}^3$  roztworu jodu w  $\text{CCl}_4$  i dopełnić czterochlorkiem węgla do kreski. Po dokładnym wymieszaniu zmierzyć absorbancję roztworów w kolbkach przy długości fali  $518\text{nm}$ . Na podstawie uzyskanych pomiarów wykreślić zależność  $A=F(c_{\text{jodu w f.o.}})$ .

### 6.2 Wyznaczanie współczynnika podziału

W dwóch rozdzielaczach o pojemności  $50\text{cm}^3$  umieścić po  $2\text{cm}^3$  roztworu jodu w 0,5M roztworze jodku potasu, po  $18\text{cm}^3$  0,5M roztworu jodku potasu oraz po  $10\text{cm}^3$  czterochlorku węgla. Wytrząsanie prowadzić w ciągu 10 minut. Następnie rozdzielacze pozostawić na 15 minut w celu rozdzielenia się faz, po czym rozdzielić fazę wodną od organicznej. Rozdzielone fazy mierzyć za pomocą spektrofotometru wykonując pomiary dla fazy organicznej przy długości fali  $518\text{nm}$  a dla fazy wodnej  $510\text{nm}$ .

Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczyć współczynnik podziału.

### 6.3 Wyznaczanie współczynnika podziału Nernsta

W dwóch rozdzielaczach o pojemności  $50\text{cm}^3$  umieścić po  $20\text{ cm}^3$  roztworu jodu w czterochlorku węgla ( $0,1\text{g J}_2/100\text{cm}^3$ ) i  $20\text{ cm}^3$  wody destylowanej. Wytrząsanie prowadzić w ciągu 10 minut. Następnie rozdzielacze pozostawić na 15 minut w celu rozdzielenia się faz. Z fazy wodnej pobrać  $8\text{ cm}^3$  wlać do kolbki miarowej na  $10\text{cm}^3$  i dopełnić do kreski za pomocą  $0,5\text{M}$  roztworu KI. Zmierzyć wartość absorbancji przy długości fali  $510\text{nm}$ .

Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczyć współczynnik podziału Nernsta.

Na podstawie ćwiczenia dokonać dyskusji wyznaczonych współczynników, dlaczego ich wartości są różne?



