**ZASADY ZBIERANIA, UTYLIZACJI I ELIMINACJI**

**ODPADÓW CHEMICZNYCH**

W niniejszej instrukcji przez odpady chemiczne rozumie się zbędne produkty główne i uboczne syntez takie jak preparaty chemiczne, pozostałości poreakcyjne, przedgony lub pozostałości podestylacyjne, substancje pobrane do analiz, próbki analityczne po wykonaniu analiz, materiały powstałe w wyniku prób technologicznych, przedatowane lub zbędne odczynniki, zużyte lub zbędne rozpuszczalniki. Do odpadów chemicznych nie zalicza się typowych odpadów komunalnych takich jak makulatura, opakowania ze szkła i tworzyw sztucznych, styropian oraz złomu metali, złomowanej aparatura, itp.

**Rodzaje gromadzonych odpadów chemicznych i ich oznakowanie:**

**O -** ciekłe, organiczne, bez fluorowców.

**F** - ciekłe, organiczne, zawierające fluorowce

**P** - palne, stałe

**N** - niepalne, stałe

**S** - roztwory soli, pH = 6 - 8

**TN -** bardzo toksyczne, niepalne

**TP**  - bardzo toksyczne, palne

**R** - rtęć i związki rtęci

**Ogólne sposoby postępowania z odpadami chemicznymi:**

1. zostać wpisane na Postępowanie z odpadami, w tym z odpadami powstającymi w laboratoriach chemicznych powinno być w zgodzie z przepisami państwowymi (Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 i akty wykonawcze do tej ustawy) wojewódzkimi i lokalnymi, oraz z niepisanymi zasadami ochrony środowiska naturalnego. Zasady te wynikają z obywatelskiego poczucia obowiązku i odpowiedzialności za wspólnie użytkowane dobro jakim jest otaczająca nas przyroda, jak i z dobrze pojętej, długofalowej troski o własne zdrowie.
2. Zgodnie z tymi przepisami i zasadami nie wolno wprowadzać do systemu kanalizacyjnego ani do atmosfery żadnych związków chemicznych mających toksyczne lub niebezpieczne dla środowiska naturalnego właściwości, nie mając bezspornych dowodów iż że ich degradacja w środowisku jest szybka, całkowita, nieodwracalna i prowadzi do bezpiecznych produktów.
3. W trakcie pracy w laboratoriach powstają odpady chemiczne w postaci gazów i par, cieczy i roztworów oraz ciał stałych. Postępowanie z tymi kategoriami odpadów chemicznych różni się, co związane jest z różnymi ich właściwościami. Niezależnie od kategorii i formy odpadu istnieje niewielka liczba związków chemicznych które nie szkodzą środowisku naturalnemu i mogą zostać usunięte razem z odpadami komunalnymi w postaci stałej, lub wprowadzone do systemu kanalizacyjnego w postaci rozcieńczonych roztworów wodnych, o ile ich ilość nie przekracza jednorazowo 100 g.

**Listę tych związków zebrano w poniższej tabeli:**

* Aminokwasy i ich sole
* Borany - Na, K, Mg, Ca
* Bromki - Na, K
* Chlorki - Na, K, Mg, Ca
* Cukry
* Fluorki - Ca
* Fosforany - Na, K, Mg, Ca, NH4+
* Jodki - Na, K
* Krzemiany - Na, K, Mg, Ca
* Octany - Ca, Na, K, NH4+
* Siarczany - Na, K, Mg, Ca, NH4+
* Tlenki - B, Mg, Ca, Al, Si, Fe
* Węglany - Na, K, Ca
* Wodorowęglany - Na, K, Mg, Ca

**Odpady w postaci gazów i par:**

1. Należą tu przede wszystkim toksyczne lub szkodliwe dla zdrowia gazy jak chlor, brom, siarkowodór, cyjanowodór, fosgen, amoniak, tlenki siarki, tlenki azotu, tlenek węgla, dwusiarczek węgla, karbonylki metali i inne podobne substancje. Do tej grupy odpadów należą również drażniące i cuchnące pary lotnych związków organicznych takich jak akroleina, akrylany alkili, tiole (merkaptany), sulfidy, itp. Podobnie należą tu pary różnych rozpuszczalników organicznych takich jak metanol, etanol, aceton, czterochlorek węgla, chloroform, dichlorometan, eter etylowy, węglowodory aromatyczne jak np. benzen, toluen, węglowodory alifatyczne jak pentan, heksan itp.
2. Pary i gazy substancji toksycznych i szkodliwych dla zdrowia jak również substancji charakteryzujących się nieprzyjemnym zapachem muszą być absorbowane w płuczkach lub skruberach wypełnionych odpowiednimi cieczami absorpcyjnymi, dobranymi odpowiednio do chemicznych, właściwości wydzielających się substancji gazowych (patrz część szczegółowa dotycząca metod destrukcji chemicznej różnych typów związków). Nie wolno dopuścić do wydzielania się takich substancji bezpośrednio do atmosfery. Najczęściej stosuje się roztwory kwasu siarkowego (VI) lub solnego do absorpcji substancji zasadowych, roztwory wodorotlenku sodowego lub węglanu sodu do absorpcji kwasów lub substancji hydrolizujących pod wpływem zasad, roztwory chloranu (I) (podchlorynu) sodu lub wapnia (do utleniania) jak też roztwory tiosiarczanu (VI) sodu, pirosiarczynu sodu lub alkaliczne roztwory borowodorku sodu (do redukcji). Po zakończeniu reakcji zawartość absorberów traktuje się tak jak odpowiednie odpady ciekłe.

**Odpady ciekłe:**

1. Odpady ciekłe gromadzi się w odpowiednich pojemnikach zależnie od ich składu i przekazuje po napełnieniu pojemników służbie utylizacji i eliminacji odpadów.

Osobno zbierane są trzy różne typy odpadów ciekłych:

* + ciekłe substancje organiczne i ich roztwory nie zawierające fluorowców
  + **F** - ciekłe substancje organiczne zawierające fluorowce
  + **S** - stężone wodne roztwory soli (nieorganicznych lub organicznych) pH = 6 - 8

1. Nie należy ze sobą mieszać różnych typów odpadów ciekłych. Odpady typu O nie mogą zawierać więcej niż 3 % fluorowców (łącznie). W odpadach typu F mogą znajdować się związki nie zawierające fluorowców, jednak całkowita zawartość fluorowców wyższa niż 3 % decyduje o zakwalifikowaniu mieszaniny zawierającej fluorowce do tej grupy odpadów. Substancje chemiczne zawierające fluorowce (o ile nie są odzyskiwane z odpadów) powinny być spalane oddzielnie, bowiem w trakcie ich spalania w niewłaściwych warunkach powstawać mogą niezwykle toksyczne dioksyny.
2. Toksyczne substancje zarówno organiczne jak i nieorganiczne powinny być chemicznie zdezaktywowane przed wprowadzeniem ich do zbiorczych pojemników z odpadami (patrz zalecenia dotyczące destrukcji chemicznej różnych klas substancji). Zaniedbanie tego obowiązku może spowodować niebezpieczne dla zdrowia a nawet życia wypadki zarówno w laboratorium w którym takie odpady powstały i są czasowo przechowywane, jak i wśród personelu służby utylizacji i eliminacji odpadów lub firm utylizujących odpady.
3. W wyjątkowych przypadkach gdy toksyczne substancje organiczne jak i nieorganiczne nie dają się w żaden sposób zdezaktywować należy zatężyć je do możliwie najmniejszej objętości, umieścić w szczelnym i nietłukącym się opakowaniu, zaopatrzyć w wyraźny opis składu, czasowo (w zależności od ich palności) przechować w pojemnikach oznaczonych jako **TP** lub **TN**, a następnie przekazać służbie utylizacji odpadów celem ich eliminacji.
4. Podobnie do zbiorczych pojemników z odpadami nie wolno wprowadzać substancji o szczególnie nieprzyjemnym lub o odrażającym zapachu. Substancje takie należy wpierw chemicznie rozłożyć.
5. Mieszanie różnych substancji w zbiorczych pojemnikach na odpady wiąże się z ryzykiem zajścia nieprzewidzianych reakcji, które mogą przebiegać w sposób niekontrolowany i zagrozić bezpieczeństwu pracowników laboratoriów lub służby utylizacji odpadów. Dlatego do pojemników nie wolno wprowadzać bezpośrednio substancji, o których wiadomo iż:

* w trakcie reakcji z innymi substancjami mogą wytwarzać toksyczne pary lub gazy (np. cyjanki i związki kompleksowe zawierające jony cyjankowe)
* charakteryzują się odrażającym zapachem (tiole)
* mają właściwości drażniące lub łzawiące (akroleina, inne lakrymatory)
* rozkładają się w sposób wybuchowy (np. azydki lub nadchlorany)
* reagują wybuchowo z innymi substancjami (np. polinitrofenole)
* reagują z innymi substancjami wydzielając duże ilości ciepła (np. chlorki kwasowe, bezwodniki)
* reagują z innymi substancjami wytwarzając gazy tworzące z powietrzem mieszaniny wybuchowe (np. wodór, acetylen)
* mogą inicjować niekontrolowane reakcje rodnikowe (np. nadtlenki, wodoronadtlenki, nadkwasy)
* mają właściwości piroforyczne i mogą zapoczątkować pożar (np. nikiel Raneyía lub inne piroforyczne katalizatory uwodornienia)
* mają silnie redukujące lub silnie utleniające właściwości (np. wodorki metali)

Takie substancje muszą przed wprowadzeniem do pojemników zostać chemicznie rozłożone, a dopiero później, po stwierdzeniu całkowitości ich rozkładu, można wprowadzić je do pojemników.

1. Nieorganiczne roztwory zawierające jony metali ciężkich należy przed wprowadzeniem ich do pojemników pozbawić zawartości tych jonów poprzez związanie jonów metali ciężkich na jonicie, albo poprzez przeprowadzenie ich w trudno rozpuszczalne siarczki lub wodorotlenki. Nierozpuszczalne osady lub jonit odsączyć i traktować jako stały odpad toksycznych substancji (pojemniki TN)
2. Roztwory kwasów i zasad powinny zostać zneutralizowane (pH powinno zostać doprowadzone do zakresu 6 - 8) a następnie po ewentualnym zatężeniu, gromadzone w pojemnikach oznaczonych literą S i przekazane służbie utylizacji odpadów.

**Odpady stałe:**

1. Stałe odpady w zależności od ich palności gromadzi się w pojemnikach oznaczonych jako

* **P** - stałe odpady palne
* **N**  - stałe odpady niepalne

1. Wszystkie odpady stałe powinny być zapakowane w worki z polietylenu, lub w opakowania producenta, zaopatrzone w trwały opis zawartości i umieszczone w pojemnikach na odpady.
2. Do pojemników nie wolno wprowadzać bezpośrednio (tj. bez przekształcenia ich w substancje bezpieczne) substancji lub ich mieszanin o których wiadomo iż:

* mogą wytwarzać toksyczne pary lub gazy (np. cyjanki i związki kompleksowe zawierające jony cyjankowe),
* wydzielają substancje o odrażającym zapachu,
* rozkładają się w sposób wybuchowy (np. azydki, nadchlorany, kwas pikrynowy, inne związki polinitrowe, sole diazoniowe itd.),
* reagują wybuchowo z innymi substancjami,
* reagują z innymi substancjami wydzielając duże ilości ciepła,
* mogą inicjować niekontrolowane reakcje rodnikowe (np. nadtlenki, wodoronadtlenki, nadkwasy),
* mają właściwości piroforyczne i mogą zapoczątkować pożar np. nikiel Raneyía lub inne piroforyczne katalizatory uwodornienia),
* mają silnie redukujące lub silnie utleniające właściwości (np. wodorki metali).

Takie substancje muszą przed wprowadzeniem do pojemników zostać chemicznie rozłożone. Dopiero po stwierdzeniu całkowitości ich rozkładu można wprowadzić je do pojemników.

**Odpady toksyczne nie dające się dezaktywować:**

1. W wyjątkowych przypadkach gdy toksyczne substancje organiczne jak i nieorganiczne nie dają się w żaden sposób zdezaktywować należy umieścić je w szczelnym i nietłukącym się opakowaniu, zaopatrzyć w wyraźny opis składu, czasowo przechować w pojemnikach oznaczonych TP lub TN w zależności od ich palności, i przekazać służbie utylizacji odpadów celem ich eliminacji.

**Odpady zawierające metale ciężkie:**

1. Nieorganiczne odpady stałe zawierające metale ciężkie należy zapakować w worki polietylenowe, umieścić w szczelnym i nietłukącym się opakowaniu, zaopatrzyć w trwały opis składu, czasowo przechować w pojemnikach oznaczonych TN i przekazać służbie utylizacji i eliminacji odpadów.

**Odpady zawierające rtęć:**

1. Zużytą rtęć metaliczną należy zapakować w opakowanie szklane umieszczone w pojemniku PE lub w przed zebraniem zestalić amalgamując cynkiem, poddając reakcji z siarką lub absorbując przy użyciu specjalnych firmowych preparatów jak np. Chemizorb Hg firmy E. Merck. Następnie zapakować w worki polietylenowe, czasowo przechować w pojemnikach oznaczonych etykietą **R** i przekazać służbie utylizacji odpadów.
2. Zużytą rtęć metaliczną pochodzącą z nieużytecznej aparatury, rozbitych termometrów, manometrów lub innych aparatów należy starannie zgromadzić, oddzielić od zanieczyszczeń mechanicznych, umieścić w szczelnym i bezpiecznym opakowaniu i przekazać służbie utylizacji odpadów. Nie należy przechowywać jej dłużej w pomieszczeniach laboratoryjnych, bowiem istnieje ryzyko inhalacji par rtęci, która w tej postaci jest niezmiernie toksyczna.
3. Rozlaną rtęć należy bardzo starannie zebrać i postąpić z nią tak jak z rtęcią pochodzącą ze zużytej aparatury. Pozostałe resztki rtęci należy zestalić amalgamując cynkiem, poddając reakcji z siarką lub absorbując przy użyciu specjalnych firmowych preparatów jak np. Chemizorb Hg firmy E. Merck. Następnie zapakować w worki polietylenowe, czasowo przechować w pojemnikach oznaczonych etykietą R i przekazać służbie utylizacji odpadów.
4. Czyste sole rtęci o znanym składzie należy bezpośrednio przekazać służbie utylizacji i eliminacji odpadów w bezpiecznych opakowaniach producenta.
5. Roztwory zawierające sole rtęci takie jak octan lub chlorek należy pozbawić zawartości jonów rtęci przez związanie jej na żywicy jonowymiennej. Bardzo rozcieńczone roztwory wodne zawierające jony Hg2+ można pozbawić zawartości tych jonów poprzez redukcję w kolumnie wypełnionej pyłem żelaza do rtęci metalicznej (przepisy postępowania lit. [1]).

**Deklaracje składu i opis pojemników:**

1. Wszystkie pojemniki z odpadami, zarówno ciekłymi jak i stałymi przekazywane służbie utylizacji odpadów muszą zostać zaopatrzone w deklarację składu zawierającą:

* możliwie szczegółowy skład odpadów znajdujących się w pojemniku,
* nazwisko osoby która wytworzyła odpady, lub osoby odpowiedzialnej w danym zespole za gospodarkę odpadami,
* nazwę i symbol jednostki organizacyjnej (Instytutu, Katedry) w której odpady powstały
* datę powstania odpadów
* wagę odpadów znajdujących się w pojemniku

Te same dane muszą etykietę naklejoną na pojemniku na odpady.

**Zalecenia dotyczące destrukcji różnych toksycznych lub niebezpiecznych substancji chemicznych oraz sposobów ich neutralizacji:**

1. Niniejsze zalecenia wskazują jedynie metody destrukcji chemicznej związków niebezpiecznych. Przed przystąpieniem do destrukcji należy sięgnąć do szerszych opracowań dotyczących tego problemu, zawierających szczegółowe przepisy destrukcji poszczególnych substancji oraz zweryfikowane metody analityczne służące do kontroli kompletności destrukcji.
2. **Celowe jest konsultowanie wybranej metody destrukcji z pełnomocnikami i zarządzającym systemem. W wielu przypadkach termiczna likwidacja toksycznego odpadu nie musi być poprzedzona jego neutralizacją.**
3. Informacje na ten temat neutralizacji wielu substancji chemicznych podane są w następujących wydawnictwach:
4. G. Lunn, E. B. Sansone, Destruction of hazardous chemicals in the laboratory Wiley 1994.
5. National Research Council, "Prudent Practices in the laboratory: Handling and Disposal of hemicals", National Academy Press, Washington DC, 1995,
6. National Research Council, "Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories", National Academy Press, Washington DC, 1983,
7. H. Armour, "Hazardous Laboratory Chemicals: Disposal Guide", CRC Press, Boca Raton FL 1991.
8. ìHazard in the Chemical Laboratoryî, Ed. Bretherick, The Royal Society of Chemistry
9. W Internecie:
10. w bazach danych "Systemu baz danych dla oceny zagrożeń od instalacji chemicznych" ttp://www2.cyf.gov.pl/chemia.html (tekst w języku polskim)
11. W bazie Dep. of Labor Occupational Safety & Health Administration, Chemical Sampling Information by CAS Number. http://www.osha.slc.gov/Chemsamp toc/Chemsamp toc by cas 5.html7
12. w serwerach wielu Uczelni takich jak np. FU Berlin, [www.chemie.fu-](http://www.chemie.fu-)berlin.de\user\tlechmann\sonderab.html
13. w "listach bezpieczeństwa odczynników" których należy żądać od dostawców odczynników chemicznych
14. Przeprowadzając destrukcję chemiczną niebezpiecznej substancji należy dobrać odpowiednią metodę analityczną pozwalającą na stwierdzenie całkowitości destrukcji. Nawet jeżeli uda się rozłożyć np. 99,5 % substancji pozostałość może stwarzać określone niebezpieczeństwo, szczególnie gdy reakcja prowadzona jest w dużej skali.
15. Każdą metodę destrukcji należy sprawdzić w małej skali, kontrolując jej kompletność. Należy zwrócić uwagę na efekty cieplne występujące w czasie takiej reakcji, bowiem powtórzenie reakcji w zwiększenie skali może spowodować zwielokrotnienie efektów cieplnych i doprowadzić do bardzo niebezpiecznych sytuacji zagrożenia zdrowia lub życia lub być przyczyną poważnego wypadku.
16. Wiele reakcji destrukcji związanych jest z użyciem niebezpiecznych, korodujących, żrących lub toksycznych odczynników. Dlatego należy zachować szczególną ostrożność, używać odzieży, okularów i rękawic ochronnych, a przy pracy z substancjami szczególnie toksycznymi (szczególnie z toksycznymi gazami!) masek gazowych. W razie zabrudzenia odzieży ochronnej substancjami chemicznymi powinna być ona natychmiast zmieniona.
17. Praca powinna odbywać się pod sprawnie działającym wyciągiem – sprawność wyciągu powinna być okresowo kontrolowana przez wykwalifikowany personel.
18. Szereg reakcji destrukcji chemicznej związków niebezpiecznych związanych jest z niebezpieczeństwem pożaru lub nawet eksplozji. Dlatego należy unikać pracy w pobliżu źródeł otwartego ognia, minimalizować skalę przeprowadzanych reakcji, dbać by pod wyciągiem pod którym wykonujemy reakcje destrukcji nie było innych materiałów palnych.
19. Przy pracach dotyczących dezaktywacji niebezpiecznych odpadów niezbędne jest zachowanie wszelkich przepisów BHP i bezpieczeństwa przeciwpożarowego zawartych w odpowiednich regulaminach jednostek organizacyjnych Wydziału. Prace te należy traktować jako najbardziej niebezpieczne w laboratorium. Dlatego muszą być powierzane przeszkolonym i doświadczonym chemikom. O ich przeprowadzaniu należy każdorazowo powiadomić przełożonych, których obowiązkiem jest sprawdzenie czy podjęto wszystkie możliwe i konieczne środki bezpieczeństwa.

**Aldehydy**

Rozpuszczalne w wodzie aldehydy można przeprowadzić w pochodne bisulfitowe poprzez działanie stężonego wodnego roztworu wodorosiarczanu (IV) sodu. Pojemniki **S**

**Akroleina**

Praca z akroleiną wymaga najwyższej ostrożności. Jest lakrymatorem o niezwykle silnym działaniu drażniącym, jest palna i tworzy wybuchowe mieszaniny z powietrzem, może polimeryzować w sposób wybuchowy. Pozostałości powinny zostać spolimeryzowane poprzez ostrożne wkroplenie do wodnego roztworu NaOH (???) przy intensywnym mieszaniu.

**Aminokwasy**

Pozostałości aminokwasów rozpuszczone w wodzie w wodzie - pojemnik **S**, stałe aminokwasy lub ich organiczne pochodne - pojemnik **P**.

**Aminy**

Roztwory amin lub zasad organicznych dla uniknięcia nieprzyjemnego zapachu ostrożnie neutralizuje się przy pomocy rozcieńczonego HCl lub H2SO4. Po neutralizacji kontroluje się wartość pH, która powinna wynosić 6 - 8. Pojemnik **S**. Aromatyczne aminy o działaniu kancerogennym (β-naftyloamina, benzydyna i inne) można utlenić roztworem KMnO4 wobec kwasu siarkowego.

**Azydki**

Mogą rozkładać się w sposób wybuchowy przy ogrzewaniu. W kontakcie z metalami ciężkimi mogą tworzyć niezwykle wybuchowe i niebezpieczne azydki tych metali o własnościach inicjujących wybuchy. Mutagenne. W kontakcie z kwasami może powstać lotny i toksyczny HN3. Azydek sodu można utlenić najlepiej w środowisku kwaśnym w reakcji z azotanem (I) sodu. Azydki organiczne można zredukować do odpowiednich amin cyną lub chlorkiem cynawym w metanolu.

**Bezwodniki kwasów organicznych**

Zhydrolizować poprzez ostrożne wkroplenie do roztworu rozcieńczonego wodorotlenku sodowego i mieszanie. Nie dopuścić do nagromadzenia się większych ilości bezwodnika w mieszaninie reakcyjnej, bo grozi to przyspieszonym, trudnym do kontroli przebiegiem reakcji. Po zakończeniu reakcji nadmiar wodorotlenku zneutralizować dodatkiem HCl lub H2SO4. Pojemnik **S**.

**Beryl i jego sole**

Beryl i jego sole są rakotwórcze. Pracując z nimi należy zachować szczególną ostrożność. Unikać kontaktu ze skórą. Pojemnik TN.

**Bezwodniki kwasów nieorganicznych**

Zhydrolizować poprzez ostrożne wkraplanie do wody z lodem (wyciąg, rękawice, okulary ochronne), następnie zneutralizować wodorotlenkiem sodowym, skontrolować wartość pH (6-8). Pojemnik **S**.

**Borowodorek sodu** → patrz wodorki metali.

**Brom**

Można zneutralizować wkraplając do wodnego roztworu tiosiarczanu sodowego. Po neutralizacji pojemnik **S**.

**Chromiany** → chrom (VI)

**Chrom (VI)**

Związki chromu (VI) są kancerogenne. Mają działania silnie utleniające i mogą wywołać niepożądane gwałtowne reakcje. Kwas chromowy i jego sole są toksyczne i żrące, mogą spowodować trudno gojące się rany. Chrom (VI) można zredukować do chromu (III) używając pirosiarczynu sodu a następnie wytrącić go poprzez alkalizację wodorotlenkiem magnezu. Chrom (III) nie powinien być wprowadzany do środowiska z uwagi na możliwość utleniania do chromu (VI).

**Cyjanki nieorganiczne**

Roztwory cyjanków nieorganicznych utlenia się przy pomocy nadtlenku wodoru przy pH 10-11 do cyjanianów, a następnie przy pH 8-9 do CO2. Inna metoda przewiduje utlenienie cyjanków roztworem chloranu (I) (podchlorynu) sodowego. Po sprawdzeniu nieobecności jonów cyjankowych w roztworze

( test na obecność związków nadtlenowych znajduje się w podręczniku A. I. Vogel, Preparatyka Organiczna, str. 221, punkt II.1.11. 2-Propanol, WNT Warszawa 1984) pozostałość wprowadzić do pojemnika **TN**.

**Cyjanki organiczne**

Utlenić przez kilkugodzinne mieszanie z roztworem podchlorynu sodowego. Nadmiar środka utleniającego zlikwidować poprzez dodatek tiosiarczanu sodowego. Faza organiczna - pojemnik **O**, faza wodna pojemnik **S**.

**Epichlorhydryna**

Związek kancerogenny, palny, toksyczny poprzez inhalacje, kontakt ze skórą i połknięcie. Zhydrolizować poprzez ostrożne wkroplenie do 10 % roztworu NaOH przy intensywnym mieszaniu. Po neutralizacji pojemnik **S**.

**Epoksydy**

Wiele związków tego typu ma własności kancerogenne. Przekształcić w odpowiednie diole poprzez addycję wody do układu oksiranowego w roztworze kwaśnym lub zasadowym.

**Fluorowcoetery**

Eter chlorometylowy i eter dichloroetylowy są związkami kancerogennymi (mogą powstawać pod działaniem HCl na formaldehyd). Można je rozłożyć pod działaniem roztworu amoniaku, roztworu fenolanu sodowego lub metanolanu sodowego.

**Fluoroorganiczne związki** → fluorowcoorganiczne związki

**Fluorowcoorganiczne związki**

Mogą być redukcyjnie odfluorowcowane przez działanie niklu Raneyía w rozcieńczonych roztworach zasadowych.

**Fluorowodór i roztwory zawierające fluorki nieorganiczne**

Praca z fluorowodorem i roztworami fluorków wymaga zachowanie najwyższej ostrożności. Należy pracować pod sprawnie działającym wyciągiem przy zasuniętej szybie frontowej. Używać odpowiedniej odzieży ochronnej, unikać kontaktu ze skórą i oczami. Pozostałości zawierające jony fluorkowe można zneutralizować wytrącająctrudno rozpuszczalny fluorek wapniowy. Osad po odsączeniu umieścić w pojemniku **N**.

**Fosfor**

Fosfor biały jest silnie trujący, przy pracy z nim należy zachować dużą ostrożność. Utlenia się pod wpływem tlenu z powietrza do pięciotlenku fosforu, dlatego przechowuje się go pod wodą.

Fosfor czerwony nie jest tak toksyczny jak biały. Nie powinien stykać się z substancjami palnymi.

Związki fosforu utlenia się pod sprawnie działającym wyciągiem w atmosferze gazu obojętnego za pomocą 5 % roztworu podchlorynu sodowego, a następnie wytrąca fosforany dodając wodorotlenku wapnia. Po odsączeniu osadu umieszcza się go w pojemniku **N**, a przesącz w pojemniku **S**.

**Glinowodorek litu** → patrz wodorki metali

**Halogenki organiczne**

Niereaktywne związki organiczne zawierające atomy Cl, Br lub J umieszcza się w pojemniku **H**. Niewielkie ilości związków stałych można rozpuścić w którymś z rozpuszczalników chlorowcowych i umieścić w pojemniku **H**. Większe ilości stałych związków chlorowcowych należy zebrać w osobnym opakowaniu nie zawierającym Al. i skonsultować się ze służbą utylizacji odpadów.

**Halogenki acylowe** (chlorki kwasów organicznych, bromki kwasów organicznych).

Halogenki kwasów organicznych można łatwo zhydrolizować wkraplając je do zimnego wodnego 10 % roztworu NaOH i efektywnie mieszając. Po hydrolizie postępować jak z wodnymi roztworami soli kwasów organicznych (patrz kwasy organiczne)

**Halogenoorganiczne związki** → fluorowcoorganiczne związki

**Hydrazyna**

Małe ilości można utlenić nadtlenkiem wodoru.

**Hydrazyny (organiczne)**

Można zredukować na niklu Raney'a w roztworze KOH lub utlenić nadmanganianem potasu w kwasie siarkowym lub utlenić roztworem chloranu (I) sodu.

**Kwas chlorosulfonowy**

Ostrożnie zhydrolizować wkraplając do 60-70% kwasu siarkowego. (Uwaga - wydziela się chlorowodór). Pozostałość zneutralizować. Pojemnik **S**.

**Kwasy nieorganiczne**

Stężone kwasy ostrożnie rozcieńczyć przez wkroplenie z równoczesnym mieszaniem do wody z lodem, a następnie zneutralizować roztworem wodorotlenku sodowego. Po neutralizacji doprowadzić pH roztworu do zakresu 6-8. Pojemnik **S**.

Małe ilości kwasów takich jak siarkowy, solny, azotowy czy fosforowy (nie więcej niż 10 g po rozcieńczeniu wodą i neutralizacji roztworem wodorotlenku sodowego oraz doprowadzeniu pH takiego roztworu do zakresu 6-8 można wylać do zlewu i obficie spłukać wodą.

**Kwasy organiczne**

Ciekłe kwasy organiczne takie jak mrówkowy, octowy itp., rozpuszczalne w wodzie rozcieńczyć wodą i zneutralizować roztworem wodorotlenku sodowego. Po doprowadzeniu pH roztworu do zakresu 6-8 roztwór umieścić w pojemniku **S**.

Stałe kwasy organiczne - pojemnik **P**. Roztwory soli stałych kwasów organicznych w wodzie można zakwasić kwasem solnym lub siarkowym wytrącając wolny kwas. Po odsączeniu stałego kwasu umieścić go w pojemniku **P**, a przesącz po doprowadzeniu pH do zakresu 6-8 w pojemniku **S**.

**Kwaśne gazy** (chlorowodór, bromowodór, fosgen, dwutlenek siarki,...)

Zaabsorbować w nadmiarze wodnego roztworu wodorotlenku sodowego. Po zakończeniu wydzielania się gazu nadmiar wodorotlenku zneutralizować rozcieńczonym roztworem kwasu solnego, doprowadzając pH roztworu do zakresu 6-8. Pojemnik **S**.

**Merkaptany** → patrz tiole

**Metale alkaliczne ( sód, potas)**

Umieszcza się w toluenie, ksylenie lub innym rozpuszczalniku obojętnym i neutralizuje wkraplając stopniowo 2-propanol przy ciągłym efektywnym mieszaniu oraz pod chłodnicą zwrotną. Operację należy prowadzić pod sprawnie działającym wyciągiem, a wydzielający się wodór odprowadzać rurką bezpośrednio do przewodu wentylacyjnego wyciągu (wodór może tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe, dlatego w pobliżu nie może znajdować się jakiekolwiek źródło ognia). Po zakończeniu

reakcji do pozostałego roztworu dodać ostrożnie kilkanaście cm3 wody i mieszać przez dłuższy okres czasu. Następnie dodać więcej wody i zneutralizować dodatkiem kwasu solnego lub siarkowego. Faza organiczna pojemnik **O**, faza wodna pojemnik **S**.

**Metale ciężkie**

Roztwory zawierające metale ciężkie można poddać działaniu siarczku sodu wytrącając nierozpuszczalne siarczki metali, lub jony tych metali można związać na kationicie silnie kwaśnym. Osad siarczków lub jonit ze związanymi jonami metali ciężkich - pojemnik **TN**.

**Metale szlachetne**

Pozostałości zawierające metale szlachetne należy ze względu na ich dużą wartość zbierać osobno i regenerować.

**Mieszanina chromowa**

Ostrożnie zneutralizować do słabo kwaśnego pH, zredukować związki chromu (VI) do chromu (III) pirosiarczynem sodu i wytrącone wodorotlenkiem magnezu. Mieszanina chromowa nie powinna być używana w laboratoriach z uwagi na kancerogenne i toksyczne właściwości chromu (VI). Substytutem dla mieszaniny chromowej używanej do mycia szkła może być EDTA (J. Chem. Educ. 1990, 67

A280-A282).

**Nadtlenki nieorganiczne**

Można zredukować używając wodnego kwaśnego roztworu tiosiarczanu sodowego. Roztwór po redukcji umieścić w pojemniku **S**.

**Nadtlenki i wodoronadtlenki organiczne**

Można je wykryć w roztworach wodnych oraz w rozpuszczalnikach organicznych przy pomocy testu opisanego w podręczniku preparatyki organicznej A. Vogel „Preparatyka Organiczna” WNT Warszawa 1985 str. 221 punkt II.1.11.)

Są związkami niestabilnymi i są przyczyną wybuchów szczególnie przy destylacji dłużej przechowywanych rozpuszczalników takich jak etery, izopropanol, dioksan.

Wodoronadtlenki organiczne można zredukować działaniem tiosiarczanu sodu, nadtlenki diacylowe można zredukować działaniem jodku sodu lub potasu.

**Nikiel Raney’a**

Nikiel Raney’a jest piroforyczny i po osuszeniu zapala się na powietrzu. Dlatego musi być przechowywany pod wodą. Można go rozpuścić w kwasie solnym przez długotrwałe mieszanie. Roztwór - pojemnik TN.

**N-nitrozozwiązki**

N- nitrozoamidy - destrukcja: utlenienie nadmanganianem potasu w kwasie siarkowym, redukcja żelazem w kwasie solnym, rozkład pod wpływem NaHCO3 do diazoalkanów i redukcja tych ostatnich do amin na Niklu Raney’a.

N-nitrozoaminy - jedne z najbardziej kancerogennych związków organicznych. Destrukcja: redukcja do amin na niklu Raney’a w roztworze zasadowym, utlenienie nadmanganianem potasu w kwasie siarkowym, rozkład za pomocą HBr w lodowatym kwasie octowym.

**Nitryle** → patrz cyjanki organiczne

**Odczynniki organiczne**

Niereaktywne i nietoksyczne odczynniki organiczne o ile nie zawierają atomów chlorowców zbiera się w pojemnikach **O**, a zawierające atomy fluorowców w pojemnikach **F** Reaktywne związki organiczne staramy się przeprowadzić w związki mniej reaktywne by uniknąć niepożądanych trudnych do przewidzenia i kontroli reakcji w pojemnikach na odpady.

**Oleum (roztwór SO3 w stężonym H2SO4)**

Wkraplać ostrożnie mieszając i chłodząc w mieszaninie wody z lodem do 40 % roztworu kwasu siarkowego. Uzyskany roztwór stężonego kwasu siarkowego można zastosować w reakcjach lub po ostrożnym rozcieńczeniu wodą (wkraplać tylko kwas do wody !) zneutralizować wodorotlenkiem sodu lub wapnia. Po doprowadzeniu roztworu do pH 6-8 roztwór przenieść do pojemnika **S**, a ewentualnie wytrącony osad siarczanu wapnia do pojemnika **N**.

**Ołów**

Sole Pb (IV) można zredukować do Pb(II) roztworem tiosiarczanu sodu i wytrącić w postaci siarczanu. Osad pojemnik **TN**.

**Rakotwórcze substancje organiczne i nieorganiczne**

Zachować szczególną ostrożność. Nie dopuścić do inhalacji par, kontaktu ze skórą lub odzieżą. Nie dopuścić do skażenia laboratorium lub środowiska. Oznaczyć specjalną etykietką sygnalizującą obecność substancji rakotwórczych. Pojemniki **TN** lub **TP**, lub osobny pojemnik na substancje rakotwórcze. Szereg substancji rakotwórczych (jak np. epichlorhydryna, epoksydy, aminy aromatyczne, N-nitrozoaminy, związki chromu (VI) itd.) należy przed wprowadzeniem do odpadów chemicznie zdezaktywować.

**Rtęć i jej sole**

Rtęć w postaci wolnej zbieramy osobno w szczelnie zamkniętych opakowaniach. ***Jej pary są wysoce toksyczne***, dlatego nie należy jej przechowywać w laboratorium. Rtęć można związać działaniem siarki lub wielosiarczków, przekształcić w amalgamat cynku działając pyłem cynkowym, albo związać używając specjalnych preparatów firmowych do chemisorpcji rtęci (np. Chemizorb firmy E. Merck). Pojemnik **R**.

**Selen i jego związki**

Selen i związki selenu są silnie toksyczne. Przy pracy z nimi należy zachować dużą ostrożność. Wolny selen można odzyskiwać utleniając wodne roztwory soli selenu kwasem azotowym a następnie wytrącić wolny selen redukując wodorosiarczynem sodowym. Po odsączeniu selenu przesącz umieścić w pojemniku **S**.

**Siarczany alkilowe**

Kancerogenne, toksyczne. Zhydrolizować wkraplając do intensywnie mieszanego nadmiaru 1 M NaOH, Na2CO3 lub 1,5 M NH4OH

**Sole nieorganiczne**

Stałe sole nieorganiczne - pojemnik **N**, obojętne roztwory soli nieorganicznych pojemnik **S**, sole metali ciężkich, sole o właściwościach toksycznych - pojemnik **TN**

**Tal i jego związki**

Związki talu są silnie trujące, dlatego przy pracy z nimi zaleca się szczególną ostrożność. Należy unikać kontaktu ze skórą. Wodne roztwory soli talu poddane działaniu wodorotlenku sodu pozwalają odzyskać tlenek talu (III). Pojemnik **TN**.

**Tiole**

Niektóre tiole cechują się bardzo nieprzyjemnym zapachem. Można je utlenić przez kilkugodzinne mieszanie z roztworem podchlorynu sodowego. Nadmiar środka utleniającego można zlikwidować dodając wodny roztwór tiosiarczanu sodowego. Faza organiczna - pojemnik O, faza wodna - pojemnik **S**.

**Wodorek litowo-glinowy** → wodorki metali

**Wodorki metali**

Mogą gwałtownie reagować z wodą, alkoholami, kwasami i wieloma innymi rodzajami związków organicznych i nieorganicznych. W reakcjach często wydziela się wodór mogący wytwarzać mieszaniny wybuchowe z powietrzem. Zachować szczególną ostrożność, pracować tylko pod sprawnie działającym wyciągiem, z niewielkimi porcjami substancji. NaBH3 jest toksyczny. BH3.THF - może eksplodować przy przechowywaniu. LiH - jest drażniący dla skóry i oczu. LiAlH4 może zapalić się na powietrzu (gasić poprzez zasypanie piaskiem, nie używać wody ani CO2 !!!).

NaBH3CN - przy rozkładzie wytwarza się niezwykle toksyczny cyjanowodór.

***Wszystkie wodorki należy traktować jako związki toksyczne i silnie drażniące***.

Destrukcja: w kontrolowanych warunkach rozkłada się je pozwalając wolno reagować z wodą, alkoholem lub octanem etylu.

**LiAlH4** - w atmosferze azotu mieszać w odpowiednim rozpuszczalniku z octanem etylu (11 ml na każdy gram LiAlH4) Po zakończeniu reakcji ostrożnie dodać wodę w ilości równej objętości mieszaniny reakcyjnej.

**NaBH4** - reakcja z kwasem octowym w atmosferze azotu.

**BH3.THF** - reakcja z wodą w atmosferze azotu w układzie THF/aceton

**NaH/KH** - do zawiesiny w izooktanie (2,2,4-trimetylopentanie) lub mieszaninie węglowodorów o zbliżonej temperaturze wrzenia, w atmosferze azotu wkroplić wolno 1-butanol. Upewnić się że w opakowaniu nie pozostały resztki wodorku. Mieszać 30 minut lub do stwierdzenia zakończenia reakcji, następnie ostrożnie wkroplić wodę w ilości zbliżonej do objętości fazy organicznej, mieszać intensywnie co najmniej 30 minut. Rozdzielić warstwy, warstwa organiczna pojemnik O, warstwa wodna po

neutralizacji (pH = 6-8) pojemnik **S**.

**CaH2** - reakcja z etanolem w atmosferze azotu.

**NaBH3CN** - Rozpuścić w wodzie, doprowadzić do stężenia mniejszego niż 10%, mieszać i ostrożnie dodać 5% roztwór NaOCl w ilości 200 ml na każdy gram NaBH3CN (roztwory NaOCl są nietrwałe!). Mieszać minimum 3 godziny. Sprawdzić obecność nadmiaru NaOCl w roztworze. Sprawdzić kompletność destrukcji cyjanku.15

**NIEBEZPIECZNE REAKCJE CHEMICZNE:**

Niniejsze zestawienie stanowi jedynie wybór i obejmuje jedynie niektóre reakcje niebezpieczne. Wymienione związki mogą ulegać również innym reakcjom niebezpiecznym. Brak na niniejszej liście jakiejś substancji nie wyklucza możliwości niebezpiecznego przebiegu reakcji z udziałem tej substancji.

**Skróty:**

**E** - wybuch, eksplozja

**Q** - reakcja silnie egzotermiczna

**Z**  - samozapłon

**G** - wydzielanie się gazów

**Aldehydy aldehyd octowy**

Aceton + chloroform **- E**

Aceton + kwas azotowy (V) **- Z**

Acetonitryl + ciepło **- wydzielanie HCN**

Acetonitryl + kwas azotowy **- wydzielanie HCN**

Acetylen + fluorowce (halogeny) **- E**

Acetylen + metale (Cu, Ag, Hg) **- E**

Akroleina + kwasy

Q/E(Polimeryzacja)

Akrylonitryl + wodorotlenek sodu E

Aldehyd benzoesowy + fenol Z

Aldehyd mrÛwkowy + fenol Q/E

Aldehyd mrÛwkowy + kwas azotowy (V) Q/E/G

Aldehyd mrÛwkowy + nadtlenek wodoru E

Aldehyd mrÛwkowy + nitrometan E

Aldehyd octowy + jod E

Aldehyd octowy + kwas octowy Q (Polimeryzacja)

**Alkohol etylowy etanol**

**Alkohol izopropylowy propanol** (2)

**Alkohol metylowy metanol**

Alkohole + nadtlenek wodoru **- Z/E**

Aluminium (naczynia) + chlorowane rozpuszczalniki **- E**

Amid kwasu akrylowego + ciepło **- Q** **(Polimeryzacja)**

Amid kwasu akrylowego + kwas siarkowy (VI) **- Q (Polimeryzacja)**

Amoniak + tlenek chromu (VI) **- Q/Z**

Amoniak + azotan (V) srebra **- E**

Amoniak + chlorosilan **- Q/Z**

Amoniak + jod **- E**

Anilina + środki utleniające **- E**

Azot (ciekły) + powietrze (pochłanianie tlenu) **- E**

Azot (ciekły) + smary **- E**

Azotan (V) amonu + kwas octowy **- Z**

Azotan (V) amonu + azotan (V) sodu **- E**

Azotan (V) amonu + chlorek amonu **- E**

Azotan (V) amonu + mocznik **- E**

Azotan (V) potasu reaguje z bardzo wieloma substancjami **- E**

Azotan (V) sodu reaguje z wieloma substancjami **- E**

Azotan (V) srebra + aldehyd octowy **- Q/E**

Azotan (V) srebra + Amoniak + metanol **- E**

Azotan (V) srebra + etanol **- E**

Azotan (V) srebra + wodorotlenek glinu **- E**

Azotan (V) srebra + wodorotlenek potasu **- Q/E**

Azotan (V) srebra + związki organiczne **- Q/E**

Azydki + ciepło **- E**

Benzen + kwas azotowy (V) **- E**

Bezwodnik kwasu octowego + chromu (VI) tlenek **- E**

Bezwodnik kwasu octowego + kwasy **- Q/E**

Bezwodnik kwasu octowego + manganian (VII) potasu **- Q/E**

Borowodorek litu + powietrze (wilgoć) **- Z**

Borowodorek litu + woda **- Q/Z**

Brom + dimetyloformamid **- Q**

Brom + etanol **- Q**

Brom + silany **- E**

Brom + węglowodory **- Z**

Brom + związki organiczne **- Q/Z/E**

Bromocyjan + kwasy **- Q/E**

Bromocyjan + wodorotlenki **- E**

Chloran (I) potasu + związki palne **- E**

Chloran (V) potasu reaguje z wieloma substancjami **- E**

Chloran (V) sodu reaguje z wieloma substancjami **- E**

Chloran (VII) potasu reaguje z bardzo wieloma substancjami **- E**

Chlorany (V) + związki organiczne **- E**

Chlorek amonu + azotan amonu **- E**

Chlorek benzoilu + wodorotlenki **- Z**

Chloroform + aceton **- E**

Chloroform + wodorotlenek sodu/ metanol **- E**

**Chromianka Mieszanina chromowa**

Chromu (VI) tlenek + amoniak **- Q/Z**

Chromu (VI) tlenek + gliceryna **- Z**

Chromu (VI) tlenek + palne ciecze **- Z/E**

Cyjanek potasu + azotan (V) potasu **- E**

Cyjanek potasu + środki utleniające **- E**

Dichlorometan + kwas azotowy (V) **- Q/E (nadtlenki)**

Dimetyloformamid + brom **- Q**

Dimetylosilan + powietrze **- Z**

Dioksan (1,4) + Powietrze **- E (nadtlenki)**

Dioksan (1,4) + środki utleniające **- Q**

Disiarczek węgla + środki utleniające **- Q/E**

Disiarczek węgla + węgiel aktywny **- Z**

Disiarczek węgla + żelazo/tlenek żelaza/powietrze **- E**

Disilan + powietrze **- Z**

Dwuchromian (VI) potasu + bezwodnik kwasu octowego **- E**

Dwuchromian (VI) potasu + substancje ulegające utlenianiu **- E**

**Dwusiarczek węgla disiarczek węgla17**

Etanol + azotan (V) rtęci **- E**

Etanol + azotan (V) srebra/amoniak **- E**

Etanol + bezwodnik kwasu octowego + sole + kwasy **- Q/E**

Etanol + chloran (I) wapnia **- Q/E**

Etanol + chromu (VI) tlenek **- Z**

Etanol + nadtlenek wodoru **- E**

Eter dietylowy + kwas azotowy (V) **- E**

Eter dietylowy + octan uranylowy **- Q**

Eter dietylowy + powietrze **- E**

Eter dietylowy + terpentyna **- E**

Fenol + aldehyd mrówkowy **- Q/E**

Fenol + azotan (III) sodu **- Q/E**

Fluor reaguje z bardzo wieloma związkami **- Z/E**

Flussssaure + manganian (VII) potasu **- E**

**Formaldehyd aldehyd mrówkowy**

Formamid + odczynnik Karla Fischera **- E**

Fosforu (V) tlenek + substancje palne **- Z**

Fosforu tlenochlorek + woda **- G/E**

Gliceryna + kwas azotowy (V) **- E**

Glikol dimetylowy + powietrze **- E (nadtlenki)**

Glikol etylenowy + powietrze **– E (nadtlenki)**

Glinowodorek litu + alkohole **- Z**

Glinowodorek litu + dioksan **- Z/E**

Glinowodorek litu + nadtlenek dibenzoilu **- Z/E**

Glinowodorek litu + octan etylu **- E**

Glinowodorek litu + tetrahydrofuran **- Z**

Chlorek glinu bezw. + woda **- G/E**

Heksacyjanożelazian (II) potasu + azotan (III) potasu **- E**

Heksacyjanożelazian (III) potasu + azotan (III) potasu **- E**

Hydrazyna reaguje z wieloma substancjami **- E**

Hydroksyloamina + dwuchromian (VI) potasu **- E**

Jod + aldehyd octowy **- E**

Jod + amoniak **- E**

Jod + związki amoniowe **- E**

Jodan potasu + związki organiczne **- E**

Jodek potasu + amoniak **- E**

Katalizatory uwodornienia + powietrze **- Z**

Ksylen + kwas azotowy (V) **- Q/E**

Kwas azotowy (V) reaguje z wieloma substancjami **- Z/E**

Kwas chlorowy (VII) + drewno (stół, półka, wyciąg !!!) **- E**

Kwas chlorowy (VII) reaguje z wieloma substancjami **- E**

Kwas mrówkowy + katalizatory niklowe **- E**

Kwas nadoctowy + związki organiczne (np. oleje) **- E**

Kwas octowy + chromu (VI) tlenek **- Q/E**

Kwas octowy + kwas chlorowy (VII) **- Q/E**

Kwas octowy + nadtlenek wodoru **- Q/E**

Kwas pikrynowy (20 % roztwór wodny) + aluminium **- E**

Kwas pikrynowy + sole metali ciężkich **- E**

Kwas siarkowy (VI) reaguje z wieloma związkami **- Q/E**

Kwas szczawiowy + srebro **- E**

Kwas szczawiowy + środki utleniające **- Q/E**

Kwas szczawiowy + chloran (III) sodu **- E**

Metanol + kwas azotowy (V) **- E**

Metanol + kwas chlorowy (VII) **- E**

Metanol + nadtlenek wodoru **- E**

Metyloamina + nitrometan **- E**

Mieszanina chromowa + kwas octowy **- Q/E**

Mieszanina chromowa + związki organiczne **- Z**

Mocznik + pięciochlorek fosforu **- Q/E**

N,N-dimetyloformamid + fluorowcowęglowodory **- E**

**Nadchlorany patrz chlorany (VII)**

Nadsiarczan amonu + związki organiczne **- E**

Nadtlenek dibenzoilu reaguje wieloma związkami **- E**

Nadtlenek wodoru reaguje z wieloma substancjami **- E**

Nadtlenki reagują z wieloma substancjami **- E**

Nikiel Raney'a + powietrze **- Z**

Nitrometan reaguje z wieloma substancjami **- E**

Nitrozometylomocznik + ciepło **- E**

Octan etylu + glinowodorek litu **- E**

Octan sodu + azotan (V) potasu **- E**

Odczynnik Karla Fischera (zachować ostrożność) **- E**

Odczynnik Karla Fischera + formamid **- E**

Osmu (VII) tlenek + środki redukujące **- Q/E**

Osmu (VIII) tlenek + oleje **- Q**

**Pięciotlenek fosforu fosforu (V) tlenek**

**Podchloryn chloran (I)**

Potas reaguje z wieloma substancjami **- E**

Propanol (2) + powietrze **- E (nadtlenki)**

Propanol + kwas azotowy (V) **- Q/E**

Rtęci (II) azotan (V) + etanol **- E**

Rtęć + acetylen **- E**

Rtęć + aluminium **- Q/E**

Rtęć + aminy **- Q/E**

Rtęć + amoniak **- E**

Siarczan dimetylowy + III rz. aminy **- Q/E**

Silan + powietrze **- Q**

Sód reaguje z wieloma substancjami **- E**

Sulfotlenek dimetylowy + azotan (V) żelaza (III) **- E**

Sulfotlenek dimetylowy + chlorek benzoilu **- E**

Sulfotlenek dimetylowy + tetrachlorek krzemu **- E**

Tetrachlorek krzemu + dimetylosulfotlenek **- Q/E**

Tetrahydrofuran + powietrze E (nadtlenki)

Tetrahydrofuran + wodorotlenki metali alkalicznych **- E**

Tlen + tłuszcze/oleje **- Z**

Tlenek chromu (VI) + amoniak **- Q/Z**

Tlenek chromu (VI) + gliceryna **- Z**

Tlenek chromu (VI) + palne ciecze **- Z/E**

Tlenek diazotu (gaz rozweselający) + amoniak **- E**

Tlenek wapnia + alkohole **- Q/Z**

Węgiel aktywny + chloran (I) wapnia **- Q/Z**

Węgiel aktywny + oleje **- Q/Z**

Węgiel aktywny + środki utleniające **- Q/E**

Wodorotlenek amonowy + azotan (V) srebra **- E**

Wodorotlenek amonowy + jod **- E**

Wodorotlenek baru + kauczuk chlorowany (ciepło) **- E**

Wodorotlenek potasu + nitrobenzen **- E**

Wodorotlenek potasu + nitrometan **- E**

Wodorotlenek sodu + azotan (V) srebra **- E**

Wodorotlenek sodu + chloroform/aceton **- E**

Wodorotlenek sodu + nitryl kwasu akrylowego **- E**

Wodór + powietrze **- E**