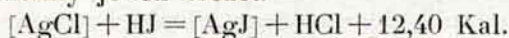
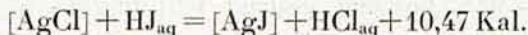


woda królewska (aqua regia) pochodzi z czasów średniowiecznych, gdy złoto zwano królem metali.

Aczkolwiek chlor wycieśnia brom i jod z ich związków z metalami, to jednakże kwasy bromowodorowy i jodowodorowy rozkładają chlorki potasowców oraz większości innych metali. Tłumaczy się to tem, że ciepło tworzenia się chlorowodoru jest większe od ciepła tworzenia się bromowodoru i jodowodoru. I tak np. działając gazowym jodowodorem na chlorek srebra, otrzymamy jodek srebra



Przepuszczając przeto strumień jodowodoru nad chlorkiem srebra, można sól tę całkowicie zamienić na jodek srebra. To samo dotyczy chlorku rtęciowego i ołowiowego. Podobny wynik otrzymamy, działając wodnym roztworem bromowodoru lub jodowodoru, np.



Znaczna część bezwodnych chlorków metalicznych pochłania gazowy amonjak, tworząc z nim sole złożone, których prężność dysocjacji zbadał Lambert (por. str. 240). Np. chlorek srebra tworzy z amonjakiem w temperaturze  $0^{\circ}$  związek  $\text{AgCl} \cdot 3\text{NH}_3$ , w  $20^{\circ}$  związek  $2\text{AgCl} \cdot 3\text{NH}_3$ , który jednakże rozkłada się całkowicie w temperaturach powyżej  $65^{\circ}$ .

Chlorki różnych metali łączą się ze sobą tworząc z łatwością zarówno sole podwójne, jak i złożone.

Redukcja chlorków zapomocą wodoru może nastąpić tylko wówczas, gdy ciepło tworzenia się tych chlorków jest mniejsze od ciepła tworzenia się chlorowodoru (22 Kal.), co jednak w większości przypadków nie ma miejsca. Dlatego też wszystkie metale rozkładają chlorowodor z wydzieleniem wodoru, reakcja zaś odwrotna zachodzi tylko w wyjątkowych przypadkach, a mianowicie wówczas, gdy owe chlorki metali ulegają w wyższej temperaturze dysocjacji, jak np. chlorek srebra i chlorek rtęciawy.

#### ZWIĄZKI CHLORU Z TLENEM I WODOREM.

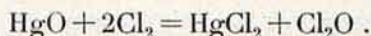
Chlor tworzy z tlenem oraz z tlenem i wodorem następujące związki:

$\text{Cl}_2\text{O}$	$\text{HClO}$	kw. podchlorawy
$(\text{Cl}_2\text{O}_3)$	$\text{HClO}_2$	„ chlorawy
$\text{ClO}_2$	—	
$(\text{Cl}_2\text{O}_5)$	$\text{HClO}_3$	„ chlorowy
$\text{Cl}_2\text{O}_7$	$\text{HClO}_4$	„ nadchlorowy

Wszystkie tlenki chloru są związkami wysoce endotermicznymi, a więc nietrwałymi. Rozkładają się one w zwykłej temperaturze w sposób wybuchowy. To też chlor nie łączy się bezpośrednio z tlenem, połączenia zaś tlenowe chloru otrzymuje się drogą pośrednią z połączeń wodorotlenowych, których ciepło powstawania, zwłaszcza w roztworach wodnych, jest dodatnie.

#### TLENEK CHLORU $\text{Cl}_2\text{O}$ .

Najprostszym związkiem tlenowym chloru jest t. zw. tlenek chloru  $\text{Cl}_2\text{O}$ , otrzymywany działaniem chloru na żółty tlenek rtęci:

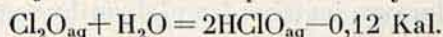


Jest on gazem żółtawo-brązowym o przenikliwym ostrym zapachu; skrapla się w temperaturze  $+3,8^\circ$ . Jest to związek wybitnie endotermiczny, którego ciepło powstawania równa się:



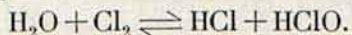
Połączenie to jest bardzo nietrwałe, rozkłada się w sposób wybuchowy zarówno podczas ogrzewania, jak i wskutek uderzenia, naświetlenia, a także zetknięcia z substancjami organicznymi.

Pod względem chemicznym tlenek chloru jest bardzo czynny; siarka i fosfor spalają się w nim gwałtownie. Woda rozpuszcza w temperaturze  $0^\circ$  około 200 objętości  $\text{Cl}_2\text{O}$ , łącząc się z nim jednocześnie i dając t. zw. kwas podchloraawy:



#### KWAS PODCHLORAWY $\text{HClO}$ .

Kwas podchloraawy znany jest wyłącznie w roztworach wodnych. W małych ilościach tworzy się on podczas hydrolizy chloru, czyli podczas działania chlorem na wodę:



Reakcja ta jest jednak ograniczona i prowadzi do stanów równowagi chemicznej, warunkowanych stosunkiem iloczynów steżeń:

$$\frac{c_{\text{HCl}} \cdot c_{\text{HClO}}}{c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{Cl}_2}} = K.$$

Stany równowagi, wytwarzające się podczas wymienionej hydrolizy chloru, zarówno jak bromu i jodu, zbadał Jakowkin (1899) i otrzymał w temperaturze  $25^\circ$  następujące wartości liczbowe stałych równowagi:



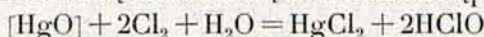
$$\frac{(\text{HClO}) \cdot (\text{H}^+) \cdot (\text{Cl}^-)}{\text{Cl}_2} = K_1 = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{(\text{HBrO}) \cdot (\text{H}^+) \cdot (\text{Br}^-)}{\text{Br}_2} = K_2 = 5,2 \cdot 10^{-9}$$

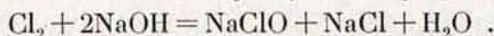
$$\frac{(\text{HJO}) \cdot (\text{H}^+) \cdot (\text{J}^-)}{\text{J}_2} = K_3 = 3 \cdot 10^{-13}$$

Z danych powyższych wynika, że równowaga jest przesunięta ku stronie lewej równania i to tem silniej, im większy jest ciężar atomowy chlorowca.

Gdy jednak z roztworu zaczniemy usuwać powstający chlorowódor, wiążąc go z zasadami lub tlenkami metalicznymi, możemy całą niemal ilość chloru zamienić na chlorowódor i kwas podchlorawy. Osiąga się to np. przez wstrząsanie wody chlorowej ze stałym tlenkiem rtęci. Zachodzą wówczas następujące reakcje:



Korzystniej jest jednak usuwać jony wodoru  $\text{H}^+$ , prowadząc reakcję w roztworze alkalicznym (zasadowym):

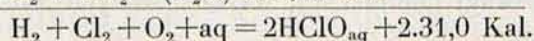
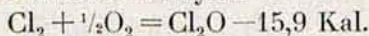


W ten sposób otrzymujemy wodny roztwór soli kwasu podchlorawego, który daje się zagęścić drogą destylacji w próżni i wykazuje słabo żółte zabarwienie.

Kwas podchlorawy jest bardzo słabym kwasem mineralnym. Stała jego dysocjacji wynosi

$$K = 3,7 \cdot 10^{-8}$$

Jest to związek bardzo nietrwały, rozkładający się samorzutnie, choć jest związkiem egzotermicznym, jak to wynika z następujących danych termodynamicznych:

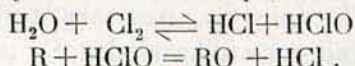


Jednak w stosunku do chlorowodoru kwas podchlorawy jest związkiem wybitnie endotermicznym

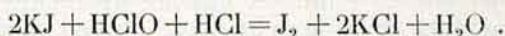


dlatego też bardzo łatwo ulega on rozkładowi na chlorowódor i tlen pod wpływem światła, ciepła i innych czynników, działając silnie utleniająco.

Na tem właśnie polega bielące działanie wody chlorowej. Substancje odtleniające (R), w obecności wody chlorowej będą się bowiem utleniały tlenem kwasu podchloraowego:



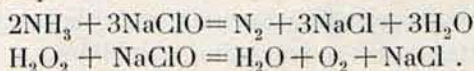
Utleniające działanie kwasu podchloraowego można wykazać na przykładzie roztworów barwników lub roztworu jodku potasu, który utlenia się na jod, barwiąc roztwór skrobi na niebiesko:



Z zasadami kwas podchloraowy tworzy sole, zwane podchlorynami, równie nietrwałe, jak i wolny kwas i działające silnie utleniająco. Stosuje się je w technice chemicznej do bielenia (sole bielące). Najważniejsze z nich są: podchloryn potasowy  $\text{KClO}$ , sodowy  $\text{NaClO}$  oraz wapniowy  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ . Ta ostatnia sól znajduje się w handlu pod nazwą chlorku bielącego i jest właściwie mieszaniną dwóch soli:



Podchloryny utleniają sole  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$ ,  $\text{Ni}^{++}$ ,  $\text{Co}^{++}$  i  $\text{Fe}^{++}$  do wyższych stopni utlenienia, wydzielając odpowiednie wodorotlenki. Utleniają one również kwasy o niższym stopniu utlenienia do wyższego, np.  $\text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ . Dotyczy to również wodorowych związków metaloidów, które są energicznie utleniane przez podchloryny, np.



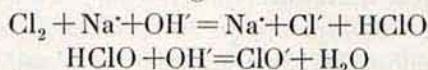
Ostatnia reakcja przebiega ilościowo. Wreszcie brom i jod są utleniane kwasem podchloraowym na kwas bromowy  $\text{HBrO}_3$  i jodowy  $\text{HJO}_3$ . Z podchlorynów znany w stanie stałym tylko podchloryn sodowy  $\text{NaClO}$  oraz wapniowy  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  w postaci uwodnionych soli, a mianowicie jako  $\text{NaClO} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  oraz  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Kwas podchloraowy oraz podchloryny odkrył Berthollet w r. 1786. On też pierwszy zastosował je do fabrycznego bielenia wyrobów włókienniczych, dokonując w ten sposób wielkiego przewrotu w technice przemysłu włókienniczego. W roku 1789 poczęto we Francji zbierać chlor w rozcieńczonym roztwo-



rze wodorotlenku potasowego (Javelle) i otrzymano roztwory stosowane do bielenia (eau de Javelle).

⊗ Ze względu na wielkie zapotrzebowanie podchlorynów w przemyśle włókienniczym, roztwory tych związków otrzymuje się technicznie na wielką skalę. W tym celu stosuje się w przemyśle przeważnie elektrolizę 10—20% roztworów soli kamiennej. Widzieliśmy bowiem na str. 360, że podczas elektrolizy chlorków metali alkalicznych, otrzymujemy na katodzie ług, na anodzie zaś chlor. Jeśli więc przeprowadzimy elektrolizę soli kamiennej bez przepony, chlor, występujący na anodzie, działa »in statu nascendi« na wodorotlenek sodowy, powstający na katodzie, według równania:

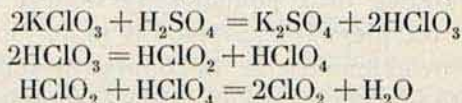


Elektrolizę prowadzi się w baterjach, złożonych w 25 naczyń, których elektrody są połączone ze sobą szeregowo. Elektrody są platynowe, albo też — wobec wysokich cen platyny — grafitowe. W roztworze otrzymuje się podchloryn sodowy równocześnie z chlorkiem sodowym. Ponieważ podchloryn ulega łatwo rozkładowi, w praktyce stosuje się bezpośrednio w ten sposób otrzymany roztwór do bielenia materji albo papieru. ⊗

#### DWUTLENEK CHLORU $\text{ClO}_2$ .

Dwutlenek chloru  $\text{ClO}_2$  otrzymuje się w laboratorjach przez ogrzewanie mieszaniny 40 gr chloranu potasu  $\text{KClO}_3$ , 150 gr krystalicznego kwasu szczawowego i 20  $\text{cm}^3$  wody na łaźni wodnej do temperatury  $60^\circ$  i ochładzanie wydzielającego się przytem gazu mieszaniną oziębiającą.

Związek ten jest gazem żółtawo-czerwonym o ostrym, przenikliwym zapachu, przypominającym zapach dwutlenku azotu. Skrapla się on w temperaturze  $+9,9^\circ$ , krzepnie w  $-79^\circ$ . Jest to związek nadzwyczaj nietrwały, rozkładający się już przy słabem ogrzaniu w sposób wybuchowy. Charakter wybuchowy tego gazu można z łatwością wykazać, otrzymując dwutlenek chloru przez działanie stężonym kwasem siarkowym na chlorany:



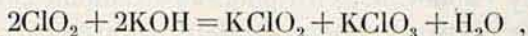
Jest to reakcja niebezpieczna, gdyż towarzyszy jej gwałtowna

eksplozja, zwłaszcza w obecności takich substancji, jak np. S, P, związki organiczne, cukier, kauczuk i t. p. Dlatego też wykonuje się ją, działając na chlorany kwasem szczawiowym, a nie siarkowym.

Jeśli do atmosfery wydzielającego się w tych warunkach gazowego dwutlenku chloru wprowadzić ogrzaną pałeczkę szklaną, rozkłada się on z hukiem i trzaskiem.

Dwutlenek chloru jest środkiem silnie utleniającym. Można to wykazać zapomocą innego niemniej efektownego doświadczenia. Jeśli wsypimy na dno wysokiego kieliszka grubą warstwę chloranu potasu  $\text{KClO}_3$ , napelnimy kieliszek wodą, a następnie wrzucimy na powierzchnię chloranu potasu kilka kawałków białego fosforu i zapomocą pipetki wprowadzimy na samo dno kieliszka kilka  $\text{cm}^3$  stężonego kwasu siarkowego, to wywiązujący się z chloranu potasu dwutlenek chloru, stykając się z fosforem, spala go pod wodą (rys. 122).

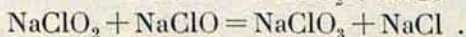
Dwutlenek chloru jest dosyć łatwo rozpuszczalny w wodzie: w temperaturze  $10,7^\circ$  1 litr wody rozpuszcza 117 gr dwutlenku chloru. Wodne roztwory wykazują odczyn kwaśny i z zasadami reagują w ten sposób, że powstają sole dwóch kwasów:



a mianowicie sole nieznanego dotychczas w stanie wolnym kwasu chlorawego  $\text{HClO}_2$  oraz kwasu chlorowego  $\text{HClO}_3$ .

#### KWAS CHLORAWY $\text{HClO}_2$ .

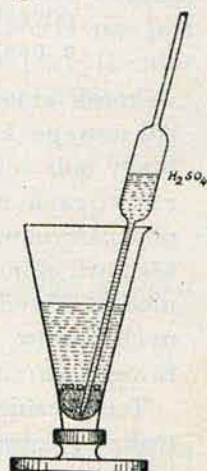
Kwas chlorawy  $\text{HClO}_2$ , zarówno jak jego sole, jest bardzo nietrwały i występuje tylko przejściowo podczas zamiany podchlorynów na chlorany:



Roztwory jego soli, zwanych chlorynami, otrzymuje się działaniem dwutlenku chloru na nadtlenki, np.



Kwas chlorawy jest tylko w stanie wolnym silnym środkiem utleniającym, sole jego natomiast nie działają utleniająco. Co do



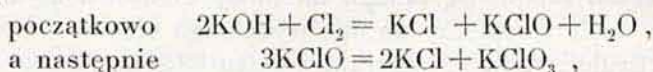
Rys. 122.  
Spalanie fosforu  
w dwutlenku chloru.



swej sily, kwas chlorawy zajmuje miejsce pośrodkie między kwasem podchlorawym i chlorowym  $\text{HClO}_3$ ; jest on silniejszy od kwasu węglowego. Sole jego są mało znane.

#### KWAS CHLOROWY $\text{HClO}_3$ .

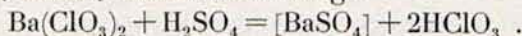
Podczas wprowadzania chloru gazowego do gorących wodnych roztworów wodorotlenków potasowców, względnie do wodorotlenków wapniowców, zachodzą następujące reakcje chemiczne:



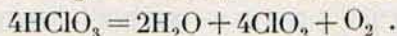
wskutek których powstaje obok chlorku (trudnorozpuszczalna) sól nowego kwasu, zwanego kwasem chlorowym ( $\text{HClO}_3$ ). Ślady soli żelaza przyspieszają katalitycznie ten proces. Chlorkany, czyli sole kwasu chlorowego, stoją genetycznie najbliżej podchlorynów, te ostatnie bowiem, ulegając samorzutnemu rozkładowi, zamieniają się częściowo na chlorkany. Przemianie tej ulegają przede wszystkim wolne kwasy. Mały nadmiar wolnych ługów hamuje w zupełności przemianę kwasu podchlorawego na chlorowy.

Technicznie otrzymuje się chlorkany przeważnie przez elektrolizę zakwaszonych wodnych roztworów chlorku potasowego lub sodowego w temperaturze  $70^\circ$ . Podczas elektrolizy zachodzą te same procesy chemiczne, co i podczas działania chloru gazowego na gorące roztwory wodorotlenków potasowców.

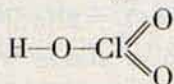
Wolny kwas chlorowy otrzymuje się zazwyczaj z roztworu łatwo rozpuszczalnego chlorkanu baru  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ , działając nań równoważną ilością kwasu siarkowego



Po odsączeniu osadu siarczanu baru można zagęścić te roztwory zapomocą odparowania aż do zawartości 40% kwasu chlorowego. Podczas dalszego stężania następuje samorzutny rozkład kwasu chlorowego na wodę, dwutlenek chloru i tlen.



Wobec tego kwas chlorowy jest środkiem silnie utleniającym. Budowa jego cząsteczki wyraża się wzorem



z którego wynika, iż chlor występuje w tym związku jako pierwiastek pięciowartościowy.

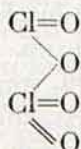
W tlenku chloru oraz w wyprowadzającym się zeń kwasie podchlorawym chlor występuje jako pierwiastek jednowartościowy:



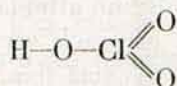
W kwasie chlorawym należy przypuścić, że atomy chloru są trójwartościowe:



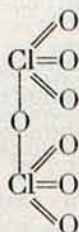
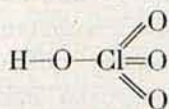
Co do dwutlenku chloru, to ciężar cząsteczkowy tego związku nie został dotąd ustalony, a budowa jego cząsteczki nie jest należycie wyświetlona. W związku tym możnaby przyjąć chlor jako pierwiastek trój- i pięciowartościowy, a mianowicie:



W kwasie chlorowym mamy do czynienia z pięciowartościowymi atomami chloru:



a w kwasie nadchlorowym  $\text{HClO}_4$  oraz w siedmiotlenku chloru  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  z siedmiowartościowymi:



Wartościowość atomów chloru zmienia się więc prawidłowo w kolejności: 1, 3, 5 i 7.

Co się tyczy kwasu chlorowego, to dodać należy, iż jest on jednym z silniejszych kwasów mineralnych, niewiele słabszym od kwasu azotowego. W rozcieńczonych wodnych roztworach jest on przeto prawie całkowicie zdysocjowany na jony.

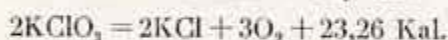
Chlorany są naogół dosyć łatwo rozpuszczalne w wodzie, nawet chloran srebra  $\text{AgClO}_3$ . Dlatego roztwory azotanu srebra nie wywołują w roztworach chloranów nierozpuszczalnego osadu soli srebrowych.



Podczas ogrzewania do temperatury topnienia chlorany rozkładają się na chlorki i nadchlorany:

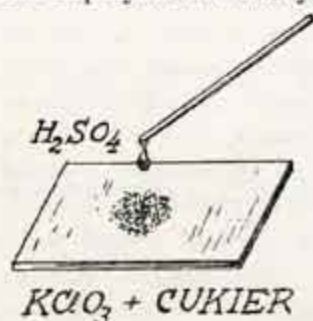


a przez ogrzewanie do temperatur jeszcze wyższych rozkładają się one całkowicie na chlorki oraz wolny tlen



W ten sposób otrzymuje się z chloranu potasu, czyli t. zw. soli Bertholleta, wolny tlen, o czym wspominaliśmy już na str. 103.

Odszczepianie tlenu od chloranów jest procesem egzotermicznym, mogącym przebiegać samorzutnie. Jeśli wydzielający się tlen napotyka substancje łatwo utleniające się, to proces rozkładu chloranów przebiega wybuchowo, np. w razie dodatku siarki, fosforu, węgla, cukru.



Rys. 123.

Samozapalność mieszaniny chloranu potasu z cukrem

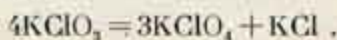
Aczkolwiek chlorany, w przeciwieństwie do wolnego kwasu chlorowego, nie działają w zwykłej temperaturze silnie utleniająco, to jednak w temperaturach wyższych oddają one z łatwością tlen, wobec czego stosuje się je w technice do przygotowywania mieszanin wybuchowych, którymi wypełnia się bomby, granaty i pociski

wybuchowe. Stosuje się je również do wyrobu sztucznych ogni.

Wybuchowość mieszanin chloranów z substancjami palnymi można wykazać, mieszając sproszkowany cukier z chloranem potasu i dotykając tej mieszaniny palczką szklaną, zwilżoną stężonym kwasem siarkowym: wówczas mieszanina ta spala się gwałtownie (rys. 123).

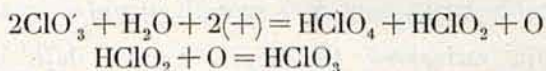
#### KWAS NADCHLOROWY $\text{HClO}_4$ .

W pokładach saletry chilijskiej występują w niewielkich ilościach obok chloranów również sole kwasu nadchlorowego  $\text{HClO}_4$ , zwane nadchloranami. W laboratoriach nadchloran potasu otrzymuje się przez ogrzewanie chloranu potasu do temperatury  $355^\circ$ , dopóki stopiona sól nie zacznie się pieniać. Zachodzi wówczas wspomniany już wyżej proces częściowego rozkładu:



Po ochłodzeniu stopu i wylugowaniu go niewielką ilością wody pozostaje w osadzie trudnorozpuszczalny nadchloran potasu.

Technicznie nadchloran potasu otrzymuje się przez elektrolizę roztworów chloranu i chlorku potasu w niskiej temperaturze i przy małej gęstości prądu. Zachodzi wówczas proces wyrażający się następującymi równaniami:



Powstający nadchloran potasu wydziela się z roztworu, gdyż jest trudnorozpuszczalny.

Z nadchloranów otrzymujemy wolny kwas nadchlorowy, rozkładając je kwasem siarkowym i zagęszczając otrzymane wodne roztwory kwasu nadchlorowego zapomocą destylacji. W przeciwieństwie do kwasu chlorowego, kwas nadchlorowy można otrzymać w stanie bezwodnym, jako ciecz bezbarwną, silnie dymiącą na powietrzu i wywołującą na skórze bolesne oparzenia. Daje się on destylować pod zmniejszonym ciśnieniem.

Stężone wodne roztwory kwasu nadchlorowego (do 70%-ych) dają się przechowywać i są stosowane w analizie chemicznej do wykrywania w roztworach obecności jonów potasu  $\text{K}^+$ , rubidu  $\text{Rb}^+$  i cezu  $\text{Cs}^+$ , ponieważ nadchlorany potasu, rubidu oraz cezu są w wodzie trudnorozpuszczalne. Kwas nadchlorowy jest podobnie jak i kwas chlorowy jednym z najsilniejszych kwasów mineralnych. Wodne jego roztwory, zarówno jak i roztwory nadchloranów, nie wykazują silnego działania utleniającego; utleniają one tylko wodorotlenek żelazawy  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  oraz tiosiarczany sodowy  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Nadchloran amonowy podczas ogrzewania topi się naprzód, następnie zaś rozkłada w sposób wybuchowy:

$$2\text{NH}_4\text{ClO}_4 = \text{N}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 73,8 \text{ Kal.}$$

Rozpuszczalność nadchloranów w wodzie  
w temperaturze 25°.

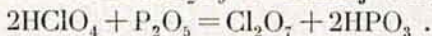
(gr substancji w 100  $\text{cm}^3$  wody).

$\text{LiClO}_4$	37,38	$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$	49,90
$\text{NaClO}_4$	67,70	$\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$	65,35
$\text{KClO}_4$	2,02	$\text{Sr}(\text{ClO}_4)_2$	75,59
$\text{RbClO}_4$	1,32	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$	66,48
$\text{CsClO}_4$	1,93		
$\text{NH}_4\text{ClO}_4$	19,95		

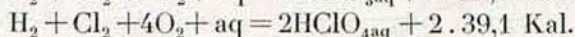
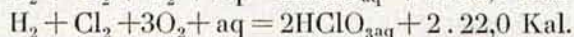
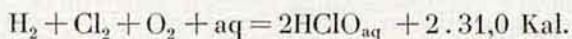


### SIEDMIOTLENEK CHLORU $\text{Cl}_2\text{O}_7$ .

Siedmiotlenek chloru  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  jest bezbarwną cieczą oleistą, wrze w temperaturze  $82^\circ$  i rozkłada się samorzutnie w sposób wybuchowy. Otrzymuje się z kwasu nadchlorowego przez odebranie temu ostatniemu składników wody, działając nań pięciotlenkiem fosforu  $\text{P}_2\text{O}_5$  w niskiej temperaturze:



Termochemia związków tlenowych chloru daje następujące równania:

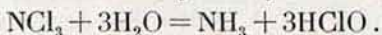


### ZWIĄZKI CHLORU Z AZOTEM.

Działając chlorem na wodne roztwory amoniaku albo poddając elektrolizie wodne roztwory chlorku amonu, otrzymujemy ciecz oleistą o przenikliwym zapachu, o składzie chemicznym, odpowiadającym wzorowi  $\text{NCl}_3$ , zwaną trójchlorkiem azotu. Jest to związek w wysokim stopniu endotermiczny:



dlatego też niesłychanie nietrwały, rozkładający się samorzutnie w sposób wybuchowy. W wodzie rozpuszcza się on powoli, ulegając rozkładowi hydrolitycznemu:



Poza trójchlorkiem azotu znany jest jeszcze t.zw. chlorek nitrozyłu, powstający przez bezpośrednie działanie chloru na tlenek azotu w obecności węgla aktywnego w temperaturze  $40^\circ$ :



Jest to gaz o przenikliwym ostrym zapachu, skrapla się w temperaturze  $-5,8^\circ$  i krzepnie w  $-61,5^\circ$ . Jest to związek stosunkowo trwały, nie ulegający rozkładowi w temperaturze  $700^\circ$ .

### 4. BROM Br.

*Występowanie.* Brom Br, występuje w przyrodzie tylko w postaci związków z metalami oraz z wodorem. Bromowódór  $\text{HBr}$  występuje w wyziewach wulkanicznych, bromki metali zaś stale towarzyszą chlorkom. Wody morskie i oceaniczne zawierają około 0,008% bromu w postaci bromków po-