

## Brintpiller som energibærere

Mange mener, at brint kan være fremtidens energibærer i et brintsamfund. Brintsamfundet er drømmen om det fuldstændig forureningsfrie samfund med rigelig energi. En udfordring er dog at brint på gasform fylder relativt meget, selv ved tryk på 200 bar. Og brint skal jo helst kunne lagres og transporteres på den ene eller anden måde.....

### *Fremstilling af brintpiller i et laboratorium.*

*!!!!Sikkerhed – bær altid briller og kittel når du laver kemiske eksperimenter. Ammoniakgas er giftig og ætsende, og brint danner en eksplosionsfarlig blanding med luftens ilt. Alle forsøg neden for må kun udføres under kyndig vejledning !!!!*

”Brintpiller ” er det populære navn for hexaamminmagnesiumchlorid,  $\text{Mg}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ . Mange andre amminsalte kan dog bruges på helt samme måde som de almindelige ”brintpiller”. Den letteste måde at fremstille brintpiller er ved at lede ammoniakgas hen over et vandfrit  $\text{MgCl}_2$  pulver. Hvis man ikke har en gasflaske med ammoniak, kan den i stedet fremstilles på flere forskellige måder:

1. 100 ml koncentreret ammoniakvand i en 500 ml Erlenmeyerkolbe tilsættes forsigtigt 5 g kaliumhydroxid tabletter og opvarmes. Det kan ses, at ammoniak frigives ved at placere et stykke fugtigt indikator papir over Erlenmeyerkolben under opvarmning.
2. 10 g ammoniumcarbamat placeres i en Erlenmeyerkolbe som langsomt opvarmes til maksimalt  $100^\circ\text{C}$  (f.eks. ved at placere det i et varmt vand bad). Det kan ses, at ammoniak frigives ved at placere et stykke fugtigt indikator papir over Erlenmeyerkolben under opvarmning.

Spørgsmål til eksperimenterne:

1. Opskriv afstemte reaktionsligninger for de to forsøg.
2. Beregn de benyttede stofmængder i de to forsøg.
3. Beregn hvor meget ammoniak der maksimalt kan dannes i de to forsøg.

Ammoniakken kan bruges i fremstillingen af ”brintpiller” ved at placere en gummiprop med et hul i Erlenmeyerkolben (da ammoniak fra ammoniumcarbamat næsten ikke indeholder vand, er dette at foretrække). Igennem hullet er trukket en gummislange, som stikker ca. 2 cm ned i kolben og 30-50 cm ud af kolben. I en 250 ml Erlenmeyer kolbe placeres 2 g vandfrit  $\text{MgCl}_2$  (undgå længerevarig kontakt med luft, da der derved opsuges vand i  $\text{MgCl}_2$ ) og kolben udstyres med en prop med to huller. Det ene hul forbindes til kolben, der producerer ammoniak, og ammoniakken ledes hen over  $\text{MgCl}_2$  og ud gennem det andet hul indtil der ikke længere observeres en synlig reaktion (pulveret svulmer voldsomt op – men undertiden tager det flere timer for reaktionen at løbe til ende). Det dannede pulver af  $\text{Mg}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$  kan vejes, men bør som pulver ikke håndteres andet end kortvarigt i luft, da det hydrolyserer. Man kan lave tabletter (”brintpiller”) af pulveret i en tabletmaskine eller ved blot at placere pulveret i en cylindrisk fordybning i en metalplade (f.eks. fordybning 1,5 cm, diameter 1 cm) og med en hammer slå en metalstang, der passer i hullet, forsigtigt ned i fordybningen fyldt med pulver. Tabletten har en karakteristisk lugt af ammoniak. Man kan stemple skolens stempel på den, hvis man har et, som passer i størrelsen.

Spørgsmål til eksperimentet:

1. Opskriv afstemt reaktionsligning for fremstilling af ”brintpiller”.

2. Hvor mange gram hexaamminmagnesiumchlorid kan maksimalt dannes?
3. Bestem udbyttet i eksperimentet.
4. Beregn hvor mange vægtprocent brint "brintpillerne" indeholder.
5. Hvor mange liter brint (stuetemperatur og atmosfæretryk) kan opnås fra en brintpille på 1 g?
6. Hvis man frigiver al brint fra en brintpille på 1 g (volumen ca. 0.85 ml) og forestiller sig, at man presser alt brinten tilbage i et volumen svarende til pillens (altså 0.85 ml), hvor stort ville brintrykket så blive?
7. Hvor mange kilo brintpiller skal bruges til at køre en bil 500 km (kræver ca. 7 kg fri brint) ?

Man kan fremstille brint fra brintpillerne ved at frigive ammoniakken fra pillen ved opvarmning og så lede ammoniakken over en varm jernkatalysator. Jernkatalysatoren kan fås ved fremsendelse af frankeret svarkuvert (frankeret til 100 g) til Kemisk Institut DTU, som har modtaget den fra Haldor Topsøe A/S til formålet.

*!!!Sikkerhed. Dette forsøg indeholder flere farlige elementer og må kun udføres under kyndig vejledning og under opsyn. Ammoniak er ætsende og giftigt, brint er eksplosionsfarligt ved blanding med luft. Det er vigtigt at sikre, der ikke opbygges tryk i forsøgsudstyret og at den dannede brint ikke blandes med ilt (særligt i tilstedeværelse af åben ild)!!!*

Brint fremstilles i en opstilling bestående af 3 elementer: en beholder med brintpiller, en katalytisk reaktor, en ammoniakabsorber. I en 100 ml Erlenmeyerkolbe placeres 5-10 gram brintpiller og kolben udstyret med en gummiprop, hvorigennem der er trukket en slange, der forbinder kolben med den katalytiske reaktor. Den katalytiske reaktor består af et glas- eller kvartsrør, hvori der er fyldt 10 g katalysator. Røret skal udformes så det kan opvarmes f.eks. til 400-500 °C (og uden af slangerne smelter, hvis de er lavet af et blødt materiale). Den katalytiske reaktor forbindes videre til ammoniakabsorberen, der består af en vaskeflaske med 4 M saltsyre. Når brintpillerne opvarmes frigives ammoniak, som dekomponerer i den katalytiske reaktor og i ammoniakabsorberen fjernes ureageret ammoniak. Ud af ammoniakabsorberen kommer således en 3:1 blanding af brint og kvælstof. Gasblandingen kan opsamles enten i pneumatisk kar eller i sæbebobler, eller bruges til at drive en brændselscelle.

Spørgsmål til eksperimentet:

1. Opskriv reaktionsligninger for de kemiske reaktioner i hhv. beholderen med brintpiller, den katalytiske reaktor og i ammoniakabsorberen.
2. Hvor mange liter ammoniakgas (stuetemperatur og atmosfæretryk) kan dannes fra den benyttede mængde brintpiller?
3. Hvor mange liter brint (stuetemperatur og atmosfæretryk) kan dannes?

### **Nye brintpiller**

Faktisk kan rigtig mange andre vandfrie metalsalte MX (f.eks. metal (M) = nikkel, zink, kobber, calcium, og anion (X) = bromid, sulfat, fosfat) binde ammoniak helt analogt til hvordan  $MgCl_2$  gør.

Prøv f.eks. eksperimentet ovenfor med  $CuSO_4$  eller  $NiCl_2$ .

Flere af de mulige metalamminalsalte kan også fremstilles i vandig opløsning, f.eks. kan 2 g  $NiCl_2$  (man behøver her ikke bruge det vandfrie salt) opløses i 25 ml konc. Ammoniakvand.

Ved langsom tilsætning af fast ammoniumchlorid udfælder  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ . De forskellige metalammisaltses anvendelighed kan afprøves helt som beskrevet for de almindelige "brintpiller".

Spørgsmål til eksperimentet:

1. Beregn vægtprocentindholdet af brint i  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ .
2. Diskuter hvordan man finder salte, der har højest muligt brintindhold.
3. Foreslå nye brintpiller med højere brintindhold end  $\text{Mg}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ .