

10: Hydrogen

Generelt

Hydrogen er det elementet det finnes mest av i universet, og det 10. vanligste elementet på jorden. Hydrogen er ganske spesielt i kjemisk forstand; det har bare et eneste elektron ($1s^1$), men danner likevel forbindelser med de fleste andre stoffer. Hydrogenbinding er svært viktig for livet på jorden.

Det finnes tre isotoper; vanlig hydrogen (protonium), deuterium, tritium. Hydrogengass (H_2) er inert pga. høy bindingsentalpi og kort binding. Imidlertid små intermolekylære krefter - væske først ved 20K.

Hydrogen har en reaktivt høy ioniseringsenergi, og en lav, men pos. elektronaffinitet. Vi gir ofte H oks. tall -1 når den foreligger sammen med metaller, og +1 med ikke-metaller (eksempelvis H_2O).

Tre typer binære forbindelser:

1. Molekylære hydridler. Eksisterer som individuelle molekyler, dannes med elementer med liknende eller høyere elektronegativitet. Eks. metan, vann
2. Salthydridler (ioniske hydridler). Dannes med de mest elektropositive elementene. Eks. LiH
3. Metalliske hydridler. Ikke-støkiometriske forbindelser, dannes med mange av d- og f-elementene.

Hydrogen har den høyeste spesifikke forbrenningsentalpi som finnes, men har relativt lav energitetthet. Dette er en utfordring i bruken av hydrogen som et potensielt "fremtidens drivstoff".

I s- og p-blokkene avtar styrken på E-H-båndet nedover en gruppe, mens den i d-blokkene øker nedover en gruppe. Dette kan forklare de (termodynamiske) trendene i stabilitet for hydridler.

Hydrogen kan brukes som (radioaktive/andre metoder) tracere, samt i H-NMR.

Produksjon

Hydrogen er viktig, både som råmateriale i kjemisk industri, og (muligens) etter hvert som brennstoff. I dag produseres det meste fra naturgass gjennom dampreformasjon, og brukes i ammoniaksyntese, storskalaproduksjon av organiske kjemikalier og til å hydrogenisere umettet fett.

På laben: Produseres fra reaksjon mellom metaller og syre ($Zn(s) + 2H_3O^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g) + 2H_2O(l)$), eventuelt metallhydridler med vann. Kan også produseres fra Al og Si i blanding med en varm, basisk løsning. Elektrolyse er også mulig.

Industrielt er dampreformering (fra fossilt brennstoff) viktig.

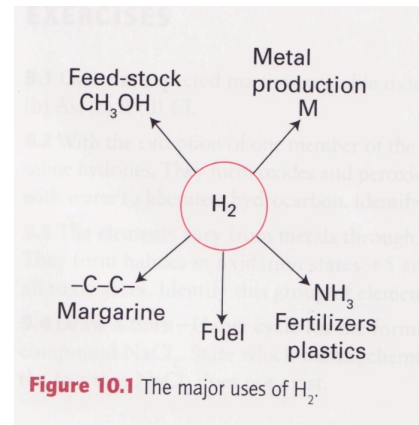
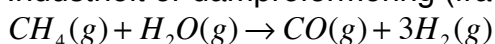


Figure 10.1 The major uses of H_2 .

Ved vanngassskiftreaksjonen omdannes CO til CO₂. Her kan CO₂-fangst implementeres. Elektrolyse er også mulig, men dette er svært energikrevende, og således lite utbredt enn så lenge. Det foregår (intensiv) forskning med flere ulike innfallsvinkler for å produsere hydrogen fra solenergi industrielt, der to nevneverdige er høytemperaturproduksjon og fotoelektrokjemisk produksjon.

11: Gruppe 1-elementene

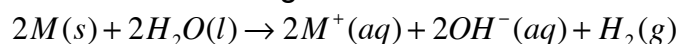
Disse er lithium (Li), natrium (Na), kalium (K), Rb, Cs og Fr.

Alle gruppe 1-elementene er svært reaktive, ettersom de lett gir fra seg sitt ene valenselektron

(elektronkonfigurasjon ns¹). Alle alkalimetallene har en bcc-struktur, og denne ikke-pakkede strukturen, sammen med stor atomradius gir lav tetthet (0,53 g/cm³ for lithium).

Flammetest kan brukes til å skille de ulike alkalimetallene.

Alkalimetallene reagerer med vann i henhold til reaksjonen



Reaksjonen blir voldsommere jo lengre ned i gruppen du kommer - dette henger sammen med avtagende ioniseringsenergi, samt det faktum at lithium har høyt smeltepunkt (smelter ikke i reaksjonen, noe som gir mindre overflate og tregere reaksjon). Det faktum at Rb og Cs reagerer eksplosivt henger sammen med at tettheten deres er høyere enn den for vann, slik at de synker ned under overflaten. Når hydrogen da antennes smeller det.

Notat til produksjonen av KCl: ifølge læreboken er elektrolyse mulig, men for farlig. Man blander i stedet flytende Na med flytende KCl, og får dannet K(g) som dampes av. Zumdahl hadde tydeligvis ikke HMS på skolen...

Boken er heller ikke 100% enig når det gjelder Rb og Cs, men tror det er så nære at det ikke er viktig.

TABLE 18.3

Sources and Methods of Preparation of the Pure Alkali Metals

Element	Source	Method of Preparation
Lithium	Silicate minerals such as spodumene, LiAl(Si ₂ O ₆)	Electrolysis of molten LiCl
Sodium	NaCl	Electrolysis of molten NaCl
Potassium	KCl	Electrolysis of molten KCl
Rubidium	Impurity in lepidolite, Li ₂ (F,OH) ₂ Al ₂ (SiO ₃) ₃	Reduction of RbOH with Mg and H ₂
Cesium	Pollucite (Cs ₄ Al ₄ Si ₉ O ₂₆ · H ₂ O) and an impurity in lepidolite (Fig. 18.4)	Reduction of CsOH with Mg and H ₂

Table 11.1 Selected properties of the Group 1 elements

	Li	Na	K	Rb	Cs
Metallic radius/pm	152	186	231	244	262
Ionic radius/pm (coordination number)	59(4)	102(6)	138(6)	148(6)	174(8)
Ionization energy/(kJ mol ⁻¹)	519	494	418	402	376
Standard potential/V	-3.04	-2.71	-2.94	-2.92	-3.03
Density/(g cm ⁻³)	0.53	0.97	0.86	1.53	1.90
Melting point/°C	180	98	64	39	29
Δ _{hyd} H ^o /(kJ mol ⁻¹)	-519	-406	-322	-301	-276
Δ _{sub} H ^o /(kJ mol ⁻¹)	161	109	90	86	79

Alkalimetallene reagerer kraftig med oksygen, noe man må tenke gjennom når man oppbevarer og håndterer disse. Alle vanlige gruppe 1-salt er lettløselige i vann.

Alle gruppe 1-elementene er harde Lewis-syrer, og danner ofte komplekser med små, harde Lewis-baser som O- og N-atomer.

Det er verdt å merke seg at lithium skiller seg ut fra de andre alkalimetallene (på mer eller mindre underlige måter), i hovedsak på grunn av sin lave atomradius og evnen til å danne bindinger med større grad av kovalent karakter.

Bruksområder

Lithium brukes hovedsakelig i applikasjoner der vekt er essensielt, eksempelvis i oppladbare batterier for mobiltelefoner eller i legeringer med Al for flyproduksjon.

Natrium og kalium er viktige for kroppen (i cellene). NaCl brukes i matlaging (bordsalt), samt til å avise veier og til å lage NaOH. Na brukes i glødelamper. K-salter brukes som gjødning. Cs og Rb brukes i noen spesialapplikasjoner.

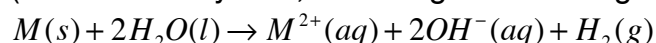
12: Gruppe 2-elementene

Disse er beryllium (Be), magnesium (Mg), kalsium (Ca), Sr, Ba og Ra.

Table 12.1 Selected properties of the Group 2 elements

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
Metallic radius/pm	112	150	197	215	217	220
Ionic radius, $r(M^{2+})$ /pm (coordination number)	27(4)	72(6)	100(6)	126(8)	142(8)	170(12)
First ionization energy, I_1 /(kJ mol ⁻¹)	900	736	590	548	502	510
$E^\ominus(M^{2+}, M)$ /V	-1.85	-2.38	-2.87	-2.89	-2.90	-2.92
Density, ρ /(g cm ⁻³)	1.85	1.74	1.54	2.62	3.51	5.00
Melting point/°C	1280	650	850	768	714	700
$\Delta_{\text{hyd}}H^\ominus$ /(kJ mol ⁻¹)	-2500	-1920	-1650	-1480	-1360	-
$\Delta_{\text{sub}}H^\ominus$ /(kJ mol ⁻¹)	321	150	193	164	176	130

Også jordalkalimetallene er reaktive, om enn mindre enn alkalimetallene. De mer aktive (alle unntatt beryllium, men magnesium trenger varmt vann) reagerer med vann iht.



Den økte mekaniske styrken og økte smeltepunktene fra gruppe 1 til 2 kan i stor grad tilskrives økt metallbinding grunnet flere elektroner (elektronkonfigurasjon ns²)

Generelt sett er saltene av gruppe 2-elementer mindre løselige i vann enn gruppe 1. Dette skyldes i hovedsak høyere gitterentalpier (særlig når også anionene har høy ladning, som karbonater, sulfater og fosfater)

Også her er det verdt å merke seg at beryllium skiller seg ut. Liten størrelse og høy ladingstetthet fører til at forbindelser med Be i stor grad er kovalente (i tillegg til en haug med andre mer eller mindre obskure egenskaper)

Bruksområder

Elementene i gruppe 2 brukes til å farge fyrverkeri. Både kalsium og magnesium er viktig for liv - både i kroppen og indirekte i klorofyll (magnesium). Sistnevnte er også et interessant konstruksjonsmateriale grunnet sin lave tetthet og moderate styrke, særlig i legeringer. Også kalsium brukes til konstruksjon, men da i form av eksempelvis sement og gips.

Produksjon av elementene

Element	Kilde	Fremstilling
Beryllium	Beryl ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)	Zumdahl: Elektrolyse av $BeCl_2$ -smelte. Inorganic: Reduksjon av BeF_2 (som lages fra beryl) med Mg
Magnesium	Flere, deriblant dolomitt ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$)	Elektrolyse av $MgCl_2$ -smelte.
Kalsium	Ulike mineraler som inneholder $CaCO_3$	Elektrolyse av $CaCl_2$ -smelte.
Strontium	Celestitt ($SrSO_4$) og strontianitt ($SrCO_3$)	Elektrolyse av $SrCl_2$ -smelte.
Barium	Baritt ($BaSO_4$) og witheritt ($BaCO_3$)	Elektrolyse av $BaCl_2$ -smelte.
Radium	Bekblende (inneholder 1g Ra per 7 tonn malm)	Elektrolyse av $RaCl_2$ -smelte.