

STENOMUSEEN 79

MEDLEMSBLAD FOR STENO MUSEETS VENNER – NOVEMBER 2019

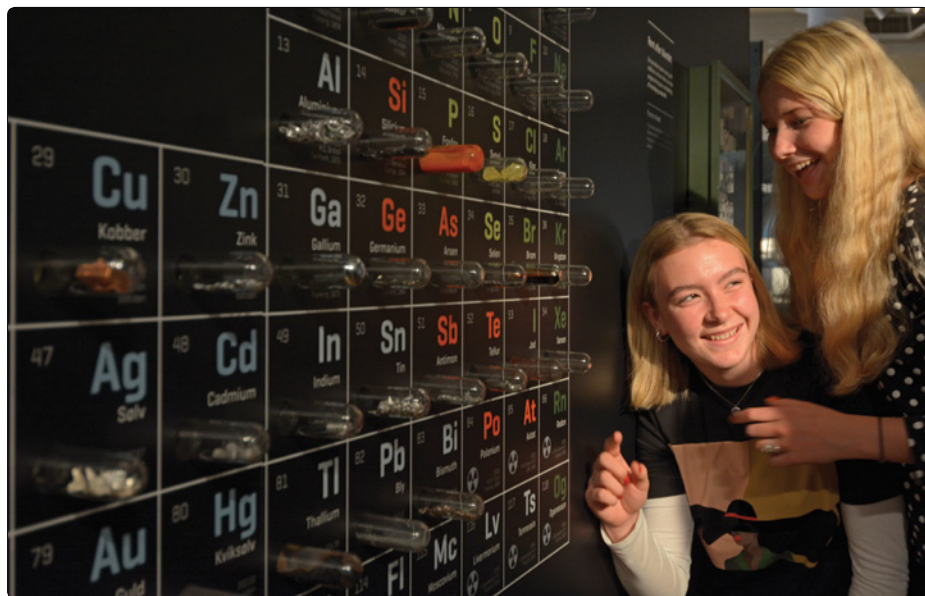
Grundstoffernes store puslespil

I Steno Museets viden-skabshistoriske udstilling *Det nysgerrige menneske* finder man en udgave af det periodiske system, hvor man kan se små glas med prøver af de fleste grundstoffer. I anledning af, at det periodiske system i år har 150-års jubilæum, fortælles her nogle af de historier om systemet, som ikke kunne få plads i udstillingen.

Ud over særlige borde med vaske og gashaner samt glasskabe med kemikalier, kolber og reagensglas er det periodiske system på væggen noget af det, der allertydeligst signalerer, at man befinder sig i et kemilokale. Dette store skema med tal og bogstaver, som er elsket af nogle og måske hadet af flere, hænger der med en sådan selvfølge, at man let

kunne få den tanke, at det er lige så gammelt som kendskabet til grundstofferne. Men det er langt fra tilfældet.

Midt i 1800-tallet kendte man omkring $\frac{1}{3}$ af de ca. 90 grundstoffer, som findes naturligt på Jorden. Nogle havde været kendt siden oldtiden, f.eks. guld, jern, kviksølv og svovl. Og mange var opdaget efter udvik-



Mange af Steno Museets gæster kikker nærmere på de grundstofprøver, som man kan finde i museets udgave af det periodiske system i udstillingen *Det nysgerrige menneske*. Foto: Erik Balle.

lingen af nye kemiske teknikker i slutningen af 1700-tallet.

Efterhånden som kemikerne opdagede flere og flere grundstoffer, begyndte nogle at spekulere på, om der var noget system i stofferne forskellige egenskaber.

Begyndende systematisering

Som et af de første seriøse forsøg på en systematisering af grundstofferne udgav den franske kemiker Antoine Lavoisier i 1789 en liste over 33 fundamentale kemiske stoffer, hvor han grupperede dem i gasser, metaller, ikkemetaller og de sjældne jordarters metaller. Som et eksempel på at al begyndelse er svær, regnede han fejlagtigt lys og varme med som grundstoffer.

I første halvdel af 1800-tallet bemærkede den tyske

kemiker Johann Wolfgang Döbereiner, at mange af grundstofferne ud fra deres kemiske egenskaber kunne ordnes i grupper af tre, som han kaldte triader. F.eks. kunne litium, natrium og kalium, som alle var bløde, reaktive metaller, grupperes i en sådan triade. Döbereiner bemærkede endvidere et mønster i stofferne atomvægte, dvs. den relative vægt af de forskellige stoffers atomer. Det viste sig nemlig, at gennemsnittet af atomvægtene for det letteste og det tungeste grundstof i en triade svarede til atomvægten af det mellemste grundstof.

I de følgende år identificerede andre kemikere i alt ti triader, tre grupper af fire samt en gruppe af fem grundstoffer. Men selvom man gradvist kunne skimte nogle mønstre inden for mindre grupper af grundstoffer, manglede der stadig en ordning, som kunne omfatte dem alle.

Perioderne opdages

I løbet af 1860'erne var der flere kemikere, som bemærkede en form for periodicitet i grundstoffernes egenskaber. F.eks. opdagede den engelske kemiker John New-

lands, at visse fysiske og kemiske karakteristika gentog sig ved hvert 8. eller evt. hvert 16. grundstof, når de blev opstillet efter stigende atomvægt. Det fik ham til at sammenligne denne periodicitet med musikens oktaver.

Newlands' oktavregel blev dog latterliggjort af hans kolleger, og Chemical Society nægtede at udgive hans arbejde, selvom vi nu ved, at han var tæt på den rigtige teori. Faktisk lykkedes det ham at opstille en tabel over grundstofferne. Ud fra tabellens struktur kunne han endda argumentere overbevisende for, at der måtte eksistere grundstoffer ud over de allerede kendte. Men selvom han havde erkendt grundstoffernes periodicitet, kan man ikke sige, at han opdagede det periodiske system. Dertil var hans tabel for ufuldstændig og fejlbehæftet.

Det periodiske system

Der var flere andre kemikere, som var tæt på i slutningen af 1860'erne, men det er russeren Dmitrij Ivanovitj Mendelejev, som normalt får æren af at have opdaget det periodiske system, som vi kender det.

Han var i vinteren 1869

Vil du vide mere, anbefales Pia Villadsens lille bog *Det periodiske systems historie*, som er udgivet af Steno Museets Venner. Den kan købes i Steno Museets butik for 50 kr. eller på smv.ebog.dk. Bogen kan også lånes på eReolen.

ved at skrive en lærebog i kemi, og for at få overblik over strukturen i de dengang 63 kendte grundstoffers egenskaber skrev han deres symbol, atomvægt og øvrige egenskaber på hvert sit kort. Efterhånden fik han arrangeret disse kort i et skema med stigende atomvægt på den ene led og gruppering af grundstoffer med lignende egenskaber på den anden led.

For at få kabalen til at gå op måtte han dog efterlade tomme pladser i systemet. Han mente, at de var til grundstoffer, som endnu ikke var opdaget. Ud fra hullernes placering i systemet var han endda i stand til at forudsige nogle af egenskaberne for de manglende grundstoffer, så man kunne lede mere systematisk efter dem. Det førte bl.a. til opdagelsen af gallium (1875) og germanium (1886). Mendelejev forudsagde i alt ti nye grundstoffer, hvoraf de syv senere blev fundet. De sidste tre var fejlskud. De eksisterer ikke!

Ud over at indføre ‘huller’ i systemet ignorerede Mendelejev et par steder den orden, som atomvægten indikerede, og byttede rundt på tilstødende grundstoffer for



Den russiske kemiker Dmitrij Ivanovitj Mendelejev (1834-1907) er især kendt for at have opdaget det periodiske system. Grundstof nr. 101, mendeleevium, er opkaldt efter ham.

bedre at kunne holde de kemiske “familier” samlet. På denne måde kunne han i flere tilfælde vise, at de kendte atomvægte var forkerte. Men enkelte steder var det Mendelejev, der tog fejl. Det skyldtes, at han – som de fleste andre – anså atom-

vægten som den vigtigste ordningsparameter. Men som man først fandt ud af et halvt århundrede senere, er det i virkeligheden atomnummeret, altså antallet af de dengang ukendte protoner i kernen, som er bestemmende for stoffernes

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

		Tl = 50	Zr = 90	? = 180.
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
	Ni = 59	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199.
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
B = 11	Al = 27,4	? = 68	U = 116	Au = 197?
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
F = 19	Cl = 35	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
		? = 45	Ce = 92	Pb = 207
		?Er = 56	La = 94	
		?Yt = 60	Di = 95	
		?In = 75,6	Th = 118?	

Д. Менделѣевъ

Mendelejev offentliggjorde sit "Forsøg på at opbygge et system over grundstofferne baseret på deres atomvægte og kemiske ligheder" i Det Russiske Kemiske Selskab i marts 1869. Bemærk spørgsmålstegnene, der markerede de nye grundstoffer, som Mendelejev forudsagde. F.eks. blev grundstoffet med atomvægten 45 opdaget ti år senere og givet navnet scandium. Kilde: Wikipedia.

rækkefølge i det periodiske system. Det var også først med atomfysikken, at man blev i stand til at forklare, hvorfor systemet har den struktur, vi ser.

Et gennembrud for kemien

Mendelejevs første periodiske system, som er dateret

17. februar 1869, blev offentliggjort i marts samme år. I 1871 udgav han en mere detaljeret udgave af sit system. Siden da er det periodiske system blevet præsenteret på utallige måder, men den grundlæggende struktur er den samme. For Mendelejevs system viste

sig hurtigt at være et vigtigt gennembrud for kemien. Dels fordi det skabte orden og overblik over de mange grundstoffer, man kendte, dels fordi det som nævnt også havde evnen til at forudsige de grundstoffer, som endnu ikke var opdaget.

Der blev dog også opdaget nye grundstoffer, som Mendelejevs system ikke havde forudset. Da lord Rayleigh i 1895 opdagede det nye gasformige grundstof argon, passede det ingen steder i systemet. Dette blev i første omgang betragtet som et stort problem. Men ret hurtigt viste systemet sin styrke og robusthed. Argon og de andre ædelgasser, som blev påvist kort efter, viste sig nemlig at udgøre en helt ny gruppe i systemet. Derfor har de deres egen søjle yderst til højre i det periodiske system.

Hvor mange grundstoffer findes der?

Det periodiske system, jeg lærte at kende i skolen i 1970'erne, rummede 103 grundstoffer. Men i udstillingens udgave er der hele 118 grundstoffer, hvoraf det seneste blev opdaget i 2010. Gæster i udstillingen spørger jævnligt, hvor mange

grundstoffer der egentlig findes. Men det vides ikke. I teorien kan der godt eksistere endnu tungere grundstoffer. Men ikke ret længe ad gangen, da de er stærkt radioaktive og derfor henfalder til lettere grundstoffer. Generelt er det sådan, at de supertunge grundstoffer lever i kortere tid, jo tungere de er. Derfor findes de ikke frit i naturen, men må fremstilles kunstigt i kernereaktorer eller ved hjælp af

acceleratorer. Men de kan være svære at fange. Så vidt vides er der kun set 5-6 kerner af det tungeste grundstof, oganesson. Og de henfalder igen på under et millisekund!

Flere grupper af fysikere forsøger dog at fremstille endnu tungere grundstoffer. Så måske bliver vi en dag nødt til at tilføje et eller flere til den udstillede udgave af det periodiske system.

Hans Buhl



Grundstof nr. 118 er opkaldt efter den russisk-armenske fysiker Yuri Oganessian, som har været pioner i opdagelsen af syntetiske grundstoffer. På dette frimærke kan man bl.a. se, at oganesson kan dannes ved at beskyde californium med calcium-kerner. Kilde: Wikipedia.

Grundstofferne i din mobil

Der indgår mindst 30 forskellige grundstoffer i din smartphone. En del af dem findes kun i begrænsede mængder, og nogle af dem udvindes i områder med blodige konflikter. Det kan det periodiske system også fortælle om.

Det periodiske system giver ikke blot en oversigt over, hvilke grundstoffer der findes. Det kan også formidle, hvor meget der findes af dem. Og det er vigtig viden i en tid med stigende fokus på bæredygtighed.

En begrænset ressource
Over halvdelen af de mindst

30 forskellige grundstoffer (nogle siger op til 70), som indgår i din smartphone, kan give anledning til bekymring på grund af stigenede knaphed. De findes nemlig i så begrænsede mængder eller er så svært tilgængelige, at vi i praksis risikerer at løbe tør for dem.

Hver måned udskiftes der alene i EU ca. 10 mio. smartphones. Derfor er det tvingende nødvendigt, at vi er opmærksomme på, hvordan vi udnytter de kritiske grundstoffer i dem.

Hvad kan vi gøre?

Hvis vi skal beskytte de tredede grundstoffer, er det på-

krævet med en indsats på alle niveauer.

Som enkeltpersoner er vi nødt til at spørge os selv, om det virkelig er nødvendigt at opgradere vores telefon, fladskærm eller computer lige nu? Eller kunne den holde et år mere? Skal den kasseres, skal det gøres korrekt, så materialerne kan genbruges og ikke ender på forbrændingen.

På det politiske plan skal vi prioritere ressourceproblemet højt og sikre en bedre genanvendelsespraksis og en effektiv cirkulær økonomi. Befolkningen skal også rustes til at træffe informerede valg, når der købes forbrugs-