

Paris, juli 2019:

IUPAC fejrede dobbelt fødselsdag og en ny definition af enheden mol

Af Ture Damhus

Over 2.400 deltagere fra 67 lande var til IUPAC's 47. *World Chemistry Congress* fra 7. til 12. juli, og nogle hundreder deltog også i organisationens 50. *General Assembly* (GA), dvs. møder i alle divisioner, kommissioner og stående komitéer samt *Council*, medlemslandenes generalforsamling, hvor de nationa-



Figur 1. Palais des Congrès ved Porte Maillot i det vestlige Paris er ikke specielt charmerende. Lige nedenfor drøner trafikken forbi på Boulevard Périphérique (hvh. holder i kø på til- og frakørselsramper), og foran paladset (uden for billedet) var der omfattende byggepladser i stil med det københavnske metrobyggeri. Det høje tårn til venstre er et Hyatt-hotel, fra hvis 34. etage der var en fremragende udsigt over byen, som kunne nydes, hvis man var parat til at tackle priserne i baren.

le repræsentanter orienteres om unionens tilstand og stadfæster en række vigtige beslutninger.

De to runde dage er blevet forhåndsomtalt i nærværende blad [1,2]. Her skal berettes primært fra de første dage af kongressen. Den åbnede søndag eftermiddag i det imponerende store amfiteater i *Palais des Congrès*, figur 1, med en række indlæg, herunder velkomster fra honoratiores og en mere kemisk introduktion ved *Jean-Marie Lehn*, nobelpristager i kemi fra 1987. Han hæftede sig også ved et par andre jubilæer: Markovnikovs regel blev formuleret (næsten?) samtidig med periodesystemet, og Emil Fischer døde i IUPAC's fødselsår 1919, som også var 400-året for Leonardo da Vincis død. Og Lehn filosoferede: Hvad er mon kemien af *dark matter*?

Sidst i denne del var der et plenarforedrag ved Stanfords *Steven Chu*, der var sprunget ind i stedet for G. Whitesides. Chu er nobelpristager i fysik (1997) og var energiminister i fire år under præsident Obama. Han undskyldte, at han ikke er kemiker, men kom nu ganske godt rundt i kemien i sit foredrag, som var en tour de force omkring mange af de emner, som kemikere bør beskæftige sig med her i klimakrisens skygge. Han indledte med at citere *Sir William Crookes'* præ-Haber-Bosch-bekymring for verden, som var i 'deadly peril of not having enough to eat' (1898!) [3]. Han nævnte enzymforskeren og nobelpristageren *Frances Arnolds'* 'bringing life to silicon'-eksperimenter [4] og firmaet *gevo*, som hun var med til at grundlægge, og som arbejder med fremstilling af bæredygtige brændstoffer, og Chu var også omkring *carbon capture* (som eksemplificeret i [5]).

Den egentlige fejring af jubilæerne fandt sted dagen efter med flere taler og paneldiskussioner og kulminerede med uddeling af *Solvay-priserne* [6], rapport om den verdensomspændende bølge af *women's breakfasts* tidligere på året [7] og præsentation af *Periodic Table of Younger Chemists* (klik ind her [8] og se det!). Undervejs indløb en hilsen fra astronomerne i IAU (International Astronomical Union), der også har 100-års jubilæum i år.

Firmaet og familien Solvay var instrumentelle i dannelsen af IUPAC og står altså nu sammen med IUPAC for den prestigefyldte pris. *Jean-Marie Solvay* holdt en af festtalerne.

Periodic Table of Younger Chemists er en speciel hyldest til 118 unge kemikere foranstaltet af IUPAC.

Her i Paris blev de sidste seks "grundstoffer" præsenteret af *Jan Reedijk*, tidligere præsident for Division II, der står for grundstofnavnene og specielt har været i vælten i forbindelse med netop opdagelsen af og navngivningen af grundstofferne fra nihonium til oganesson. Og 'young(er) chemists' er i det hele taget et begreb, der er i fokus hos IUPAC.

Baggrundsmusikken til prismodtagernes og de unge kemikers march til scenen var meget passende fra Jean-Michel Jarres *Oxygène*.

LABORATORIE

Analyser og
teknisk service



Se mere på: www.neutron-nordic.com

2018 CODATA RECOMMENDED VALUES OF THE FUNDAMENTAL CONSTANTS OF PHYSICS AND CHEMISTRY

NIST SP 959 (June 2019)

An extensive constants list is available at physics.nist.gov/constants.

Quantity	Symbol	Numerical value	Unit
* ¹³³ Cs hyperfine transition frequency	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
*speed of light in vacuum	c	299 792 458	m s ⁻¹
*Planck constant	h	6.626 070 15 × 10 ⁻³⁴	J Hz ⁻¹
	$\hbar$	1.054 571 817... × 10 ⁻³⁴	J s
*elementary charge	e	1.602 176 634 × 10 ⁻¹⁹	C
*Avogadro constant	N_A	6.022 140 76 × 10 ²³	mol ⁻¹
*Boltzmann constant	k	1.380 649 × 10 ⁻²³	J K ⁻¹
*luminous efficacy	K_{cd}	683	lm W ⁻¹
electron volt (e/C) J	eV	1.602 176 634 × 10 ⁻¹⁹	J
Josephson constant $2e/h$	K_J	483 597.848 4... × 10 ⁹	Hz V ⁻¹
von Klitzing constant $2\pi\hbar/e^2$	R_K	25 812.807 45...	Ω
molar gas constant $N_A k$	R	8.314 462 618...	J mol ⁻¹ K ⁻¹
Stefan-Boltzmann const. $\pi^2 k^4/(60\hbar^3 c^2)$	σ	5.670 374 419... × 10 ⁻⁸	W m ⁻² K ⁻⁴

*Defining constants of the International System of Units (SI).

Quantity	Symbol	Numerical value	Unit
(unified) atomic mass unit $\frac{1}{12}m(^{12}\text{C})$	u	1.660 539 066 60(50) × 10 ⁻²⁷	kg
Newtonian constant of gravitation	G	6.674 30(15) × 10 ⁻¹¹	m ³ kg ⁻¹ s ⁻²
fine-structure constant $e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c)$	α	7.297 352 5693(11) × 10 ⁻³	
inverse fine-structure constant	α^{-1}	137.035 999 084(21)	
Rydberg frequency $\alpha^2 m_e c^2/(2\hbar)$	cR_∞	3.289 841 960 2508(64) × 10 ¹⁵	Hz
vac. magnetic permeability $4\pi\alpha\hbar/(e^2 c)$	μ_0	1.256 637 062 12(19) × 10 ⁻⁶	N A ⁻²
vac. electric permittivity $1/(\mu_0 c^2)$	ϵ_0	8.854 187 8128(13) × 10 ⁻¹²	F m ⁻¹
electron mass	m_e	9.109 383 7015(28) × 10 ⁻³¹	kg
proton mass	m_p	1.672 621 923 69(51) × 10 ⁻²⁷	kg
proton-electron mass ratio	m_p/m_e	1836.152 673 43(11)	
reduced Compton wavelength $\hbar/(m_e c)$	λ_C	3.861 592 6796(12) × 10 ⁻¹³	m
Bohr radius $\hbar/(\alpha m_e c)$	a_0	5.291 772 109 03(80) × 10 ⁻¹¹	m
Bohr magneton $e\hbar/(2m_e)$	μ_B	9.274 010 0783(28) × 10 ⁻²⁴	J T ⁻¹

The number in parentheses is the one-sigma (1 σ) uncertainty in the last two digits of the given value.



NIST
National Institute of
Standards and Technology
U.S. Department of Commerce

Figur 2. Det praktiske plastikkort fra CODATA med de fundamentale konstanter.

Der blev afslutningsvist fremsat invitationer til at deltage i afslutningen på *International Year of the Periodic Table of Chemical Elements* i Tokyo i december og næste IUPAC-kongres i Montreal i 2021.

Enheden mol

Division VIII havde fornøjelsen af at holde sine møder de første dage af GA i CODATA's lokaler ikke langt fra kongrespaleet. Som *Simon Hodson*, Executive Director, fortalte, er CODATA (<http://www.codata.org>) en enhed under ISC (International Science Council, som IUPAC er medlem af) med mangeartede opgaver, herunder sammen med NIST (National Institute of Standards and Technology i USA) at formidle de beslutninger, som BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) træffer vedrørende definitioner og størrelser af fundamentale fysiske og kemiske konstanter.

Lidt indviklet...! Vi fik et lille kort udleveret, hvor alt det vigtige står på de to sider, se figur 2. Man bemærker Avogadro-konstanten. Efter redefinition af kilogram og meter fik vi i år den nye definition af mol, enheden for stofmængde. *Robert Marquardt* fra Division I, som er ansvarlig for IUPAC's *Green Book*, "håndbogen om mål og vægt", holdt under kongressen et fængslende foredrag om definitionen af mol gennem tiderne. De fleste har nok set den nye definition i pressen, men for en sikkerheds skyld gengiver vi den her (fra [9]; forfatterens oversættelse):

Enheden mol med symbolet mol er SI-enheden for stofmængde.
Ét mol indeholder præcis 6.022 140 76 × 10²³ elementære enheder (som kan være atomer, molekyler, ioner, elektroner mv.). Dette antal er den fastlagte numeriske værdi af Avogadro-konstanten N_A .

(Altså ikke mere noget med antal atomer i 12 g af isotopen ¹²C.)

Selve kongressen

startede med parallelle symposier om både periodesystemets og IUPAC's historie. To indlæg drejede sig om den tidlige modtagelse af systemet og dets indtog i lærebøgerne i Belgien og Frankrig som en fortsættelse af bogen redigeret af Helge Kragh m.fl. [10]. Princeton-historikeren *Michael Gordin* (forfatter til bogen *A Well-Ordered Thing: Dmitrii Mendeleev and the Shadow of the Periodic Table*) gennemgik fakta og fiktion om Mendelejevs arbejde med periodesystemet og hans forudsigelser.

Ud over foredrag om den historie, som alle var optaget af, var der symposier og poster om alle de emner, et kemikerhjerne kan begære. Dog kan vi godt notere nogle trends: Der var megen interesse for nanopartikler (rør & stænger), grøn kemi, energilagring, indfangning og nyttiggørelse af carbondioxid, katalyse i alle afskygninger og kunstig fotosyntese. I katalyseundersøgelserne er *operando-spektroskopiske teknikker* åbenbart højeste mode.

En interessant variant af de mange projekter med biomimetiske systemer, hvor man for eksempel modellerer en katalysator efter aktivcentret i et enzym, blev beskrevet af *Markus Ribbe* fra Californien. Hans gruppe havde fisket de aktive centre ud af det uhyre komplicerede vanadium-nitrogenasekompleks og arbejdet med dem som katalysatorer i fremstillingen af carbonhydrider fra carbonmonoxid ad modum Fischer-Tropsch [11].

FT-Analysis becomes more Productive, Precise and Intuitive



The NEW INVENIO

Contact us for more details:
www.bruker.com/invenio

Et lille personligt hjertesuk: Hvornår lærer *chairmen* for parallelle sessioner, at de skal overholde tidsplanen og specielt ikke rykke foredrag frem?

En række forlag og firmaer var med på udstillingen. Der sås udstyr for eksempel til miljøkemiske analyser, bøger og tidsskrifter, promoveringsmateriale for grøn kemi-processer mv. Man erfarede, at firmaet CAS i dag er meget

andet end Chemical Abstracts. Det russiske firma *Agrophos* har indgået en alliance med IUPAC og UNESCO om et *Green Chemistry for Life*-program. Repræsentanten for firmaet, der baserer sig på at bryde fosfatminerale i Rusland, hævdede hårdnakket, at der ikke lurer noget problem forude om snarlig udtømmning af de naturlige fosfatreserver – ”der er til mindst tusind

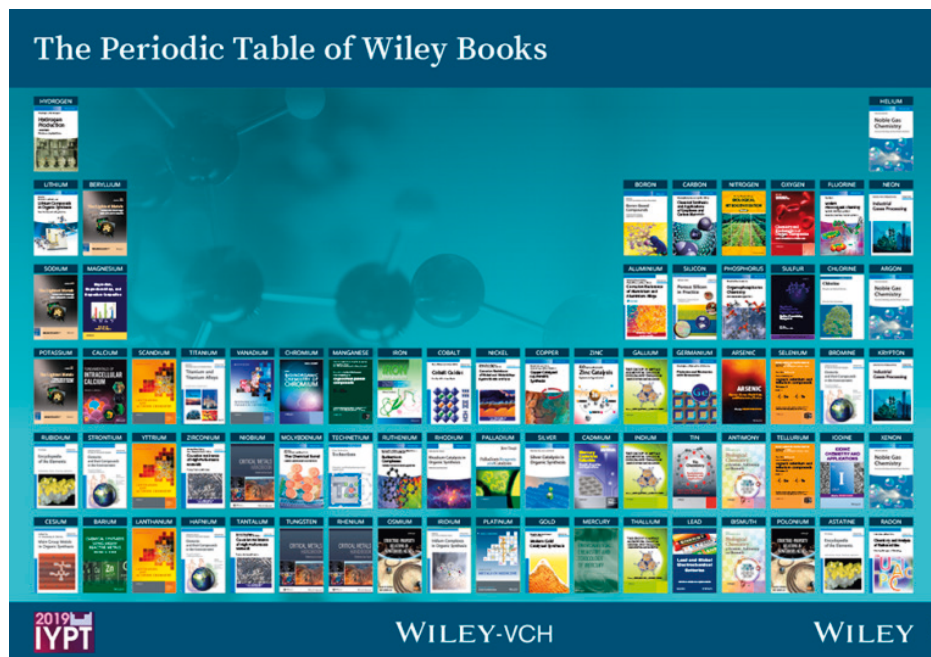
år”. Og så kan man jo genudvinde fosfat...

Mange nationale kemiske selskaber er meget aktive og havde postere eller ligefrem bemandede stande. Og periodesystemer sås naturligvis overalt!, se figur 3 og 4.

Ture Damhus (turedamhus@outlook.dk) er medlem af IUPAC Division VIII (Chemical Nomenclature and Structure Representation), ICTNS (Interdivisional Committee on Nomenclature, Terminology and Symbols) og JCBN (Joint Commission on Biochemical Nomenclature) og herhjemme sekretær i Dansk Selskab for Historisk Kemi og formand for Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg.

Referencer

1. Damhus, T. (2019): IUPAC fylder 100 år. Dansk Kemi 100 (1) 7-9.
2. Bendix, J. (2019): Verdens vigtigste tabellering fylder 150 år. Dansk Kemi 100 (1) 10-11; Riis Larsen, B. (2019): Grundstoffernes periodesystem fylder 150 år, Dansk Kemi 100 (4) 21-23.
3. https://todayinsci.com/C/Crookes_William/CrookesWilliam-Quotations
4. Kan, S.B.J., R.D. Lewis, K. Chen, F.H. Arnold (2016): Directed evolution of cytochrome c for carbon-silicon bond formation: Bringing silicon to life. *Science* 354 (6315) 1048-1051.
5. Forse, A.C. et al. (2018): Elucidating CO₂ Chemisorption in Diamine-Appended Metal-Organic Frameworks, *J. Amer. Chem. Soc.* 140 (51) 18016-18031. [MOF'erne var også rigt repræsenteret på kongressen].
6. <https://iupac.org/winners-2019-iupac-solvay-international-award-young-chemists/>
7. <https://iupac.org/100/global-breakfast>
8. <https://iupac.org/100/pt-of-chemist>
9. <https://www.bipm.org/en/measurement-units>: se SI Brochure (9th Ed. 2019), specielt Appendix 2: Mise en pratique for the definition of the mole in the SI.
10. M. Kaji, H. Kragh, G. Palló (Eds.) Early responses to the periodic system [Oxford University Press 2015].
11. Lee, C.C., Y. Hu, M.W. Ribbe (2015): Insight into Hydrocarbon Formation by Nitrogenase Cofactor Homologs, *mBio* 6 (2) 1-6.
12. <http://www.stardustelements.com>



Figur 3. Forlaget Wiley har præsteret at have en bog med relevans til hvert af grundstofferne i første til sjette periode. (Copyright © 2000-2019 by John Wiley & Sons, Ing., or related companies).



Figur 4. Periodesystem fra firmaet *Stardust* [12] med fysiske prøver af en hel del grundstoffer. Opstillingen var et yndet sted for personfotos og selfies, så det var svært at få et almindeligt foto. Desværre lyste neon ikke op i sit neonrør, da forfatteren fik en chance og tog billedet her.