

Gassers volumen

Hvem var det egentlig, der fandt ud af, at gasser udvider sig, når de opvarmes under konstant tryk, og at de trækker sig sammen ved efterfølgende afkøling?

Af Ole Bostrup

I det følgende beskrives et småforsøg, som viser, at gasser udvider sig, når de opvarmes under konstant tryk, og at de trækker sig sammen, når de efterfølgende afkøles [1].

Forsøget kan give anledning til at studere, hvem det egentlig var, som fandt ud af det. Man kan starte med fremstillingerne og fra dem gå til kilderne [2]. I nogle tidligere afhandlinger har nærværende forfatter skrevet om udenlandske og danske bestræbelser [3,4,5].

Et demonstrationsforsøg

Til alles forundring starter vi med at koge et æg i 12 min, afkøle det og pille det.

Vi får brug for en konisk 1-L kolbe. Diameter af halsen skal være således, at ægget kan ligge på kolben med den spidse ende nedad. Halsen smøres indvendigt med vaseline.

Kolben spændes op i et stativ ved hjælp af kloen. Kolbens bund opvarmes forsigtigt med en bunsenbrænders lysende flamme, se figur.

Mens kolben endnu er varm, anbringes ægget på kolben, Kolben anbringes ved hjælp af klemmen om halsen i et isvandbad. Ægget hopper ind i kolben!

Nu vender man kolben med halsen nedad og opvarmer kolbens bund med den lysende flamme. Ægget glider ud af kolben!

Forsøget er en demonstration af, at volumen af en gasmængde vokser med temperaturen.

Boyles lov

Luft var noget uhåndgribeligt. Fra 1600-tallet kender vi Evangelista Torricelli (1608-1647), der opfandt kviksølvbarometeret og opdagede, at atmosfærisk luft har et tryk. Otto von Guericke (1602-1686), der opfandt en luftpumpe og frembragte et vakuum i sine berømte halvkugler. Robert Boyle (1627-1691) som i 1662 opdagede relationen $pV = \text{konstant}$ for en afspærret luftmængdes tryk p og dens volumen V ved konstant temperatur. Boyles lov blev genopdaget af abbed Edmé Mariotte (1620-1684) i 1676 og kaldes ofte for Boyle & Mariottes lov.

Amontons' lov

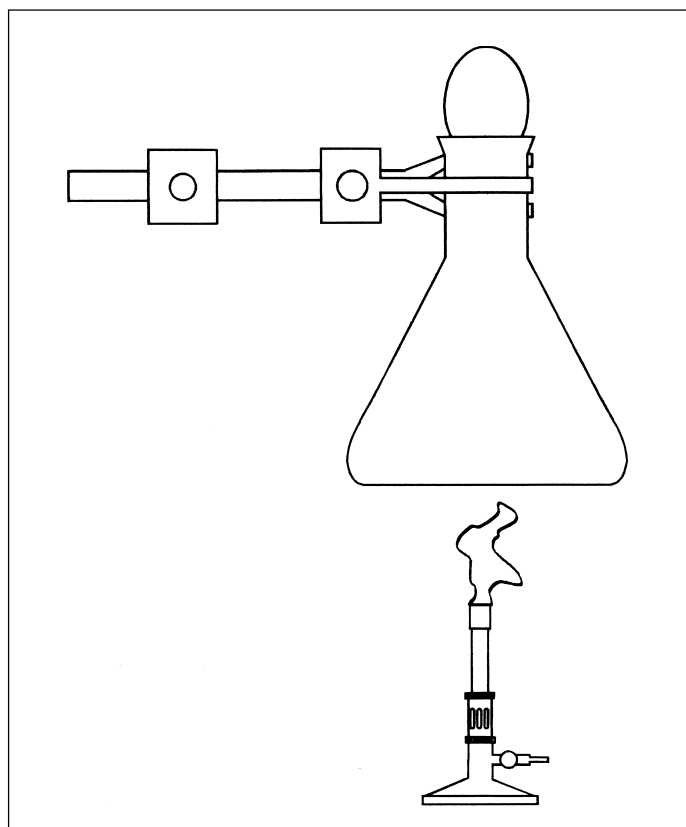
Guillaume Amontons (1663-1705) var instrumentmager, og han fremstillede forbedrede hygrometre, barometre og lufttermometre. Han opdagede i 1699, at lige store tilvækster af temperatur i et lufttermometer medførte lige store tilvækster i gassens tryk, når volumen holdes konstant.

Amontons blev ignoreret af sin samtid og eftertid.

Charles' lov

Brødrene Joseph-Michel Montgolfier (1740-1810) og Jacques Étienne Montgolfier udførte forsøg med aerostatisk maskiner (varmluftballoner). Den 5. juni 1783 kunne de opsende en ubemandet ballon, som under stor opmærksomhed fløj henover Paris.

Samtidigt udførte brødrene Jacques Alexandre César Charles



(1746-1823) og Robert Charles forsøg med balloner, hvor bære-gassen var brændbar luft (dihydrogen), og i august 1783 foretog brødrene den første bemandede ballonfærd. Få måneder efter gennemførte de en flyvning, hvor de kom op til højden 3 km.

Såvel brødrene Charles som brødrene Montgolfier var klar over risikoen ved de store mængder brændbar gas og en pludselig gnist f.eks. fra et lyn. De skrev i 1784 en advarsel og en opfordring til, at man søgte en mindre farlig gas. – Katastrofen med luftskibet Hindenburg i 1937 skyldtes en gnist og dihydrogen som bæregas.

Jacques Charles kastede sig over studiet af ændringerne ved gassers opvarmning og opdagede, at volumen af en gas ved konstant tryk øges med konstant væksthastighed med temperaturen. Han blev berømt af datidens forskere, han blev professor i fysik i Paris, men han publicerede ikke resultatet.

Daltons lov

John Dalton (1766-1844) studerede gassers egenskaber. I 1801 holdt han foredrag i Manchester Literary and Philosophical Society om gassers udvidelse ved varmen; foredraget blev trykt året efter (1802). Dalton kunne berette, at hans forsøg viste, at alle gasser ved konstant tryk udvider sig lige meget ved samme temperaturtilvækst. Volumen ved en bestemt temperatur (32°F) blev benyttet som enhed.

Gay-Lussacs lov

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) var ingeniør af uddannelse. Han blev berømt for sin varmluftballon. I 1804 foretog han en ballonfærd sammen med Jean Baptiste Biot (1774-1862). De viste, at luftens sammensætning ikke ændredes med højden. Gay-Lussac nåede ved en senere færd højden 7 km.

Gay-Lussac opdagede i 1801, at volumen af en gas har en konstant væksthastighed, når temperaturen ændres. Volumenudvidelseskoefficienten fandt han til $0,00375 \text{ K}^{-1}$. Nu - to hundrede år efter - regnes med $0,00366 \text{ K}^{-1} = 1/(273 \text{ K})$.

Konklusion

I moderne kemiundervisning springer man lige ud i det og fortæller, at der er noget, der hedder et lukket system. For et lukket system bestående af en ideal gas eller en blanding af ideale gasser er produktet af systemets tryk p og systemets volumen V lig med produktet af stofmængden n , gaskonstanten R og kelvintemperaturen T

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

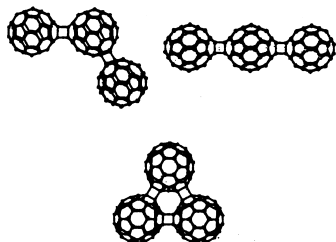
Et småforsøg og en historisk fortælling omfattende Münchhausen kunne tænkes at skabe interesse. Man skal nu være ret velbefaren i fysik og kemi for, at udsagnet, $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ giver nogen mening.

Litteratur

- SHAKHASHIRI, B.Z. 1985: Chemical Demonstrations 3 (Wisconsin): 24
MILLARD, D. mfl. 1989: Concise Dictionary of Scientists (Cambridge: Chambers)
BOSTRUP, O. 1994: De revolutionære og de konservative. Den kemiske revolution 1774-1808 (København: Dansk Selskab for Historisk Kemi)
BOSTRUP, O. 1996: Dansk kemi 1770-1807. Den kemiske revolution (København: Teknisk)
BOSTRUP, O. 1997: Münchhausens 4. sørejse. Dansk Kemi 9: 16

Nyt om C_{60} , som kan bankes sammen til C_{180}

Hvis man anbringer C_{60} (fulleren) i en kuglemølle sammen med nogle stål-kugler og lader dem banke på C_{60} sammen med en katalysator, får man en forbindelse, der har en sammensætning svarende til C_{180} en trimer af C_{60} . Man kan forestille sig flere isomere, hvoraf 3 er vist nedenfor.



Carl Th.

The Mechanochemical Synthesis of Fullerene Trimer. *Chemistry Letters*, 2000: 1016. Structural Analysis of C_{60} Trimers. *Angew. Chem. Int. ed.* **41**, 2002: 969

Ph.d.-projekter

En genombaseret model for bagegæren *Saccharomyces cerevisiae*

Mens det overordnede mål for biologi er at forstå ethvert element og princip i et biologisk system, sigter systembiologi mod undersøgelser af celler og organismer på system-niveau. Informationer fra alle niveauer af metabolismen, såsom genomet, transkriptomet, proteomet, metabolomet, såvel som fluxomet kan integreres for at opnå ny information om den cellulære opførsel under forskellige fysiologiske og genetiske betingelser. Den stigende mængde biologisk information kombineret med fremskridt i beregningsmetoder og i computerkraft vil tillade model-drevet systembiologi med det formål at forudsige cellers stofskifte.

*Saccharomyces cerevisiae*s metaboliske netværk blev rekonstrueret og en sammenhæng mellem genomet og fluxomet blev etableret. *S. cerevisiae*s metaboliske netværk blev rekonstrueret ud fra de genomiske, biokemiske og fysiologiske data, der er til rådighed på nuværende tidspunkt. Stofskiftreaktionerne blev opdelt efter, om de finder sted i cytoplasma eller mitokondrier. Det rekonstruerede netværk redegjorde for 708 gener svarende til 1035 metaboliske reaktioner. Yderligere 140 reaktioner blev inkluderet baseret på biokemisk viden. Det gav tilsammen et rekonstrueret metabolisk netværk med 1175 metaboliske reaktioner, hvoraf 124 er mitokondrielle, 702 er cytoplasmiske og 349 er transportreaktioner over plasma- og mitokondrie-membraner. Det metaboliske netværk består af 584 forskellige metabolitter fordelt med 559 i cytoplasma, 164 i mitokondrier og 121 ekstracellulært.

Fænotyper, f.eks. væksthastigheder og metabolitproduktioner, blev simuleret under mange forskellige genetiske og fysiologiske forhold, og der var høj overensstemmelse mellem simuleringer og eksperimentelle resultater. Det metaboliske netværk kan anvendes inden for metabolic engineering til beregning af mutanter med forbedrede egenskaber. I kombination med f.eks. transkriptom- eller metabolomanalyse kan modellen også bruges i functional genomics til at identificere nye genfunktioner.

Jochen Förster, Center for Procesbioteknologi, DTU

Præcis og hurtig bestemmelse af isotermer

Faseligevægte for systemer der indeholder dimethylether, vand, methanol, nitrogen og kuldioxid er blevet undersøgt i trykområdet op til 100 bar. I dette område kan disse systemer udvise en ligevægt mellem to væskefaser og en gasfase. Der er udviklet en metode, der tillader præcis og hurtig bestemmelse af isotermer for samtlige faser. Der er målt og publiceret 41 isotermer.

Desuden er faseligevægten modelleret termodynamisk med en klassisk model baseret på SRK-ligningen, MHV1 og NRTL. Det har været målet at give den simpleste model med færrest parametre. Der findes kun meget få sådanne faseligevægtsdata med fem komponenter i litteraturen, og systemet har stor betydning inden for udviklingen af modeller til beskrivelse af komplekse blandinger.

Torben Lykke Laursen, Institut for Kemiteknik, DTU