

Om enheden mol i SI-systemet

KVANT har ikke nogen egentlig brevkasse, og svartiden ville jo også let blive 3-4 måneder. Det skal imidlertid ikke afholde os fra lejlighedsvis at forsøge at besvare et interessant spørgsmål.

'Et elementært fysikspørgsmål'

Kære kloge fysikere

Jeg har et spørgsmål, som med mellemrum har rumsteret i mit hovede lige siden min gymnasietid, men som jeg aldrig har kunnet finde noget svar på. Det drejer sig om SI-enhederne for stofmængde.

Idealgasloven siger at hvis man ganger trykket, målt i pascal, med rumfanget, målt i kubikmeter, og dividerer med den absolutte temperatur, målt i kelvin, så får man et udtryk for stofmængden, målt i joule pr kelvin.

Når der findes én SI-enhed for stofmængde, så har man ikke brug for en til. Alligevel har man standardiseret måleenheden "mol". Jeg forstår ikke hvorfor. [....] — det ser ikke ud til at der er nogen som ved hvorfor i alverden man dog har standardiseret "mol".

Jeg har efterhånden mistanke om at den 14. CGPM blev dårligt rådgivet i 1971. De var ikke opmærksom på at problemet allerede var løst.

Hvis man afskaffede "mol", så slap man af med gaskonstanten, som er omregningstallet mellem enhederne. Så blev livet lidt nemmere for fysikerne, og meget nemmere for kemikerne. For eksempel ville specifik varmekapacitet blive dimensionsløs.

Jeg hører gerne jeres kommentar.

Venlig hilsen,

Bo Jacoby [1]

Svar

Der er noget vilkårligt ved definitioner, i den forstand at en definition er resultat af en menneskelig beslutning. En definition kan vedtages i en forsamling, fx Folketinget, Generalkonferencen for Mål og Vægt (CGPM), eller et enkelt individ. Den kan være mere eller mindre præcis og mere eller mindre hensigtsmæssig, men den kan aldrig være forkert. En fysisk formel har naturligvis kun mening, når de indgående størrelser er defineret; derefter må eksperimenter afgøre, om formelen giver en korrekt beskrivelse (her er det naturen, der bestemmer).

"Mol" optræder som synonym for "gram-molekyle" så tidligt som 1893 i to lærebøger i kemi [2]. Ordet har vist sig ganske levedygtigt, sikkert fordi det dækker et umådeligt vigtigt begreb i kemien. CGPM's vedtagelse i 1971 af den stadigt gældende definition, fulgte da også efter en koncensus i det internationale kemiske samfund [2]. Jeg tror, at der er meget få kemikere (og materiale- eller faststoffysikere), der i dag ville undvære denne enhed.

Idealgasligningen forbinder trykket p og rumfanget V af stofmængden n med temperaturen T :

$$pV = nRT. \quad (1)$$

R er den såkaldte gaskonstant, hvis enhed er joule/(kelvin·mol). Hvis man regner på enhederne i denne ligning og forkorter de kendte enheder ud, ender man med " $1 = \text{mol/mol}$ ", hvilket er vanskeligt at benægte, og som lader definitionen af mol-enheden stå helt åben. Jeg har derfor svært ved at følge spørgerens argumentation på dette punkt. Gaskonstanten R er ganske rigtigt en omregningsfaktor, men mellem temperatur og energi. Det er tydeligst, hvis man udtrykker den som $R = N_A k_B$, hvor N_A er Avogadros tal (antal molekyler per mol) og k_B er Boltzmanns konstant. I en ideal énatomig gas er den gennemsnitlige kinetiske energi for et molekyle $\frac{3}{2}k_B T$.

Hele spørgsmålet får mig til at tænke på Richard Feynman, som beklagede definitionen af enheden kelvin, fordi temperaturen er et mål for en gennemsnitlig molekylenergi, så at en energienhed ville være mere rimelig [3]. "Kelvin" er således endnu et eksempel på en enhed, hvis definition grunder sig på en lang og veludviklet tradition, og som er fast etableret i det praktiske liv (en kelvin blev netop defineret, så én grad Celsius er lig med én kelvin).

Spørgerens idé om fordelingen ved en dimensionsløs varmekapacitet er også svær at følge. Betydningen af denne størrelse bliver netop klar, når enheden er joule per kelvin. Iøvrigt må det være den *mol*-specifikke varmekapacitet, han tænker på (hvis man ser bort fra den tidligere tilsyneladende formelfejl).

SI-systemets grundenheder er et meget aktuelt emne, fordi hele fire af de syv grundenheder kan ventes omdefineret om nogle år, når resultaterne af en række igangværende målinger foreligger. Det drejer sig om både kilogram, ampère, kelvin og mol.

Med venlig hilsen,

Finn Berg Rasmussen, KVANT-redaktionen

Litteratur

- [1] bojacoby@yahoo.dk
- [2] Martin J. T. Milton: A new definition of the mole based on the Avogadro constant: a journey from physics to chemistry, *Phil. Trans. R. Soc. A*, **369**, 3993-4003 (2011).
- [3] Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, and Matthew Sands: The Feynman Lectures on Physics, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts 1977, side 39-10.