

Hvad kan man gøre?

Efter min opfattelse vil man ret snart blive nødt til at revidere reformen på nogle punkter. Ellers vil matematik og naturvidenskabelige fag på de høje niveauer ikke blive styrket, men tværtimod svækket, til trods for politikernes gentagne tale om øget faglighed og om at satse på vidensamfundet. Følgende idéer ville efter min opfattelse kunne hjælpe:

- At man kræver, at studieretninger indeholder mindst to fag på A-niveau, dvs. at en studieretning med fag på ABC-niveau ikke bliver tilladt. Det behøver ikke at blive "sværere" for den enkelte elev, for de skal under alle omstændigheder ifølge reformen vælge mindst to fag på A-niveau. Ved at lægge to fag på A-niveau ind i studieretningen ville eleverne på en seriøs måde forberedes til videregående studier.
- At man på ny ser på fagenes kernestof, og at der ikke, som det er lagt op til, sker en reduktion i det skriftlige arbejde inden for matematik og naturvidenskab.
- At man lægger større vægt på skriftlige eksamener. Det ville oven i købet være både billigere og mere retfærdigt.
- At der fra centralt hold defineres et begrænset antal (fx 3-6) grundlæggende studieretninger, hvor de høje niveauer tages alvorligt, og som direkte kvalificerer til optag på nogle af de længerevarende videregående uddannelser (fx humaniora, medicin, naturvidenskab, ingeniørvidenskab,

økonomi og samfundsvidenskab). Det ville gøre administrationen lettere og ville gøre det lettere for elever at skifte skole, herunder mindske den frustration, som mange elever føler, fordi de ikke kan få en ønsket bestemt studieretning på en anden skole.

Her bør det nævnes, at universiteterne, måske i angst for at miste kunder, indtil nu nok har været lidt for forsigtige med at stille konkrete krav inden for naturvidenskab. Selv om det specielt er A-niveauerne, der lægger op til de lange videregående studier, tør universiteterne stort set ikke kræve disse niveauer. For eksempel er der næsten ingen naturvidenskabelige uddannelser, som kræver et naturvidenskabeligt fag på A-niveau.

De antydede forslag vil medføre andre ændringer i den komplicerede reform, men jeg mener, at idéer efter disse retningslinjer vil kunne gennemføres, samtidigt med at de bedste sider af reformen bibeholdes.



Niels Hartling er lektor i fysik og matematik på Birkerød Gymnasium og HF. Lærebogsforfatter og gennem en årrække deltager i det faglige arbejde, især omkring fysik i gymnasiet. I 1990-94 fagkonsulent i fysik for Undervisningsministeriet. Med i arbejdet omkring Danmarks deltagelse i de internationale fysikolympiader.

Stefans konstant – breddeopgave 25 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentarer til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave fra RUC (nr. 25 i rækken i KVANT):

25. Stefans konstant

Stefan-Boltzmanns lov, at energitætheden i hulrumsstråling er lig med en universel konstant gange den absolutte temperatur i fjerde potens, kan udledes ud

fra elektrodynamikken og termodynamikken. Størrelsen af den universelle konstant lader sig imidlertid kun forklare ud fra mere grundlæggende naturkonstanter inden for rammerne af kvantemekanikken, hvilket antyder en sammenhæng mellem kvantemekanik og termodynamik. Hvordan er sammenhængen mellem konstanten i Stefan-Boltzmanns lov og mere grundlæggende naturkonstanter? Begrund svaret.

Løsning

Konstanten a i $u = aT^4$ for energitætheden i hulrumsstråling har dimension som energi/(volumen \times temperatur⁴), dvs. $ML^{-1}T^{-2}K^{-4}$, hvor M betegner dimensionen masse, L dimensionen længde, T dimensionen tid og K dimensionen temperatur. Elektromagnetisk stråling er underlagt den grundlæggende naturkonstant c , lysets hastighed, med dimensionen LT^{-1} . Tilsvarende er termodynamikken styret af størrelsen af Boltzmanns konstant k_B . Den har dimen-

sion som *energitemperatur*, dvs. $ML^2T^{-2}K^{-1}$. Og det ses, at c og k_B ikke lader sig kombinere til noget med dimension som konstanten a .

Hvis vi derimod inddrager kvantemekanikkens grundlæggende naturkonstant, Plancks konstant h , åbner der sig måske en mulighed. Plancks konstant har dimension som *energi* \times *tid*, dvs. ML^2T^{-1} . Så, hvis vi laver ansatsen:

$$a = tal \cdot c^\alpha \cdot k_B^\beta \cdot h^\gamma, \quad (1)$$

skal α , β og γ af dimensionsgrunde tilfredsstille:

$$\begin{aligned} ML^{-1}T^{-2}K^{-4} &= \\ L^\alpha T^{-\alpha} \cdot M^\beta L^{2\beta} T^{-2\beta} K^{-\beta} \cdot M^\gamma L^{2\gamma} T^{-\gamma} \end{aligned} \quad (2)$$

for at (1) kan være en brugbar fremstilling af a , og da de fire ligninger med tre ubekendte: $1 = \beta + \gamma$ (for dimensionen M); $-1 = \alpha + 2\beta + 2\gamma$ (for dimensionen L); $-2 = -\alpha - 2\beta - \gamma$ (for dimensionen T) og $-4 = -\beta$ (for dimensionen K) netop har løsningen $\alpha = -3$; $\beta = 4$; $\gamma = -3$, er altså

$$a = tal \cdot k_B^4 / (hc)^3 \quad (3)$$

en mulig og den eneste mulige sammenhæng imellem a , c , k_B og h .

Kommentarer

1. Stefan- Boltzmanns lov blev fundet på eksperimentelt grundlag af Stefan i 1879 og teoretisk udledt af Boltzmann i 1884. Boltzmanns udledning tager udgangspunkt i, at strålingstrykket fra elektromagnetisk stråling i et hulrum ifølge elektrodynamikken er lig med en tredjedel af strålingens energitæthed. Ved almindelige termodynamiske beregninger på hulrummet som system og under antagelse af, at energitætheden u kun afhænger af den absolutte temperatur T og ikke af hulrumsvoluminet, findes da: $du/dT = 4u/T$. Hvoraf det kan konkluderes, at u er proportional med T^4 . Men ikke hvor stor proportionalitetskonstanten a er. Den lader sig først beregne teoretisk (i overensstemmelse med (3)) ved integration af Plancks strålingslov, da den foreligger.

Plancks strålingslov (indeholdende Plancks konstant) blev som bekendt først og fremmest fremstillet for at undgå "ultravioletkatastrofen" i den daværende teori for hulrumsstråling. Det er tankevækkende, at allerede dimensionsanalyse af Stefan-Boltzmanns lov kunne have vist, at et opbrud måtte være på vej. Stefan - Boltzmanns lov drejer sig om hulrumsstråling uanset form eller størrelse af hulrummene og uanset materialeegenskaberne af deres vægge. Konstanten a måtte derfor regnes for universel. Hvilket også stemte overens med de eksperimentelle erfaringer. Og når a er universel, må den nødvendigvis fremgå ved kombination af andre kendte universelle konstanter, hvor termodynamikkens k_B og elektrodynamikkens c er de eneste, der byder sig til i situationen. Og de lader sig som nævnt ikke kombinere til den rigtige dimension. Fænomenet må derfor nødvendigvis være underlagt en

yderligere teori med en yderligere universel naturkonstant, som sammen med k_B og c kan kombineres, således at kombinationen får dimension som a .

Om dimensionsovervejelser som disse har spillet nogen rolle for den faktiske historie, ved jeg ikke. Jeg tvivler. Opfattelsen af fysikkens ligninger som størrelsesligninger med den dertil hørende mulighed for dimensionsanalyse var ikke særlig udbredt heller blandt fysikere i slutningen af 1800-tallet.

2. Opgaven handler om energitætheden i hulrumsstråling. Interessen herfor har historisk knyttet sig til energistrømtætheden ud igennem et hul fra et hulrum (som model for strålingen fra et "sort legeme"). De to fremgår af hinanden ved at gange med lysets hastighed og en geometrisk bestemt talfaktor. Det er mit indtryk, at både formlen for energitætheden i hulrumsstråling og formlen for energistrømtætheden ud fra et hulrum går under betegnelsen Stefan-Boltzmanns lov. Derimod er a ikke det, der normalt kaldes Stefans konstant. Stefans konstant, σ , er proportionalitetskonstanten, når det drejer sig om udstråling. Dens afhængighed af h , k_B og c ses derfor af ligning (3) ved at gange med c .

3. Opgaven har tidligere sammen med de øvrige femten eksamensopgaver fra sommerekamen 1987 været trykt med kommentarer i Fysisk Tidsskrift **86**, 1988, No.1.

Breddeopgave 26. Mælkevejens centrum

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra breddekurset på RUC (fra vinterekamen 2005, nr. 26 i rækken her i KVANT):

Ved at opmåle omløbstiden for de inderste stjerner i Mælkevejen som funktion af afstanden til centret for Mælkevejen har man kunnet konstatere tilstedeværelsen af en tilnærmelsesvis punktformig masse i centrum (et sort hul). Hvordan varierer omløbstiderne med afstanden? Hvordan ville sammenhængen have været, hvis massefordelingen havde været udsmyrt i den centrale del af Mælkevejen?

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.



Jens Højgaard Jensen er lektor i fysik ved IMFUFA, RUC. Han er uddannet og har haft midlertidig ansættelse ved Københavns Universitet til 1972. Har siden deltaget i opbygningen af RUC, bl.a. som dekan for det naturvidenskabelige hovedområde og prorektor. Faglig hovedinteresse i de eksakte fags didaktik og videnskabsteori.