

Varmehjælp til naboen – breddeopgave 89 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, INM, 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 kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af Kvant var denne breddeopgave (nr. 89 i rækken her i Kvant):

Breddeopgave 89. Varmehjælp til naboen

I et dobbelthus, bestående af to ens sammenbyggede huse ved siden af hinanden, er det ene hus i en periode ubeboet med lukkede radiatorer. Alene ved samtidigt at måle temperaturerne, dels udendørs, dels indendørs i hvert af de to huse, kan det udregnes, hvor stor en del af varmemeforbruget i det dobbelte hus, der går til opvarmning af det ubeboede hus. Hvordan?

Løsning

Vi kalder varmen leveret per tid af radiatorerne i det beboede hus for W . I en stationær situation modsvares den af summen af varmeafgivelsen per tid gennem væggene mellem dette hus og henholdsvis det ubeboede nabohus og de udendørs omgivelser:

$$W = K_i(T_b - T_u) + K_y(T_b - T_0). \quad (1)$$

Her er T_b og T_u temperaturerne indendørs i henholdsvis det beboede hus og det ubeboede hus, og T_0 er udendørstemperaturen i de to huses omgivelser. Konstanten K_i afhænger af arealet og isoleringen af den indre væg mellem de to huse, medens konstanten K_y afhænger af arealet og isoleringen af ydervæggen for det beboede hus.

Ser vi herefter på det ubeboede hus, kommer dets varmemeforsyning per tid gennem væggen til det beboede hus. I en stationær situation modsvares den af varmeafgivelsen per tid fra dette hus til omgivelserne:

$$K_i(T_b - T_u) = K_y(T_u - T_0). \quad (2)$$

Da det ubeboede hus og det beboede hus er ens konstrueret, er konstanten K_y den samme som den, der optræder i ligning (1).

Andelen a af varmemeforbruget i det dobbelte hus, der går til opvarmning af det ubeboede hus, fås da ved indsættelse af (2) i (1):

$$a = \frac{K_i(T_b - T_u)}{W} = \frac{K_y(T_u - T_0)}{K_y(T_u - T_0) + K_y(T_b - T_0)}. \quad (3)$$

Ved bortforkortning af K_y har vi altså:

$$a = \frac{(T_u - T_0)}{(T_u - T_0) + (T_b - T_0)}, \quad (4)$$

der viser, at a kan findes alene ved at måle de tre temperaturer.

Kommentar

Det fundne resultat i ligning (4) er ikke overraskende, hvis der fokuseres på varmetabene til omgivelserne fra det ubeboede hus i forhold til varmetabet til omgivelserne fra de to huse tilsammen. På grund af energibevarelse for det ubeboede hus, henholdsvis de to huse tilsammen, er dette forhold i en stationær situation det samme som forholdet mellem varmetilførslen til det ubeboede hus og fra radiatorerne til de to huse tilsammen. Både varmetabene til omgivelserne fra det ubeboede hus og varmetabet til omgivelserne fra de to huse tilsammen er proportionale med K_y . Forholdet imellem dem ses derfor umiddelbart at være givet ved ligning (4). Omvejen via K_i i ovenstående løsning af opgaven var derfor unødvendig.

Hvorfor da nævne omvejen? Jeg selv fulgte i første omgang omvejen, da jeg først løste opgaven. Først da jeg kendte formel (4), fik jeg øje på genvejen. Det er imidlertid ikke derfor, at jeg anfører omvejen; det er, fordi omvejen kontra genvejen for mig illustrerer forskellige slags tænke måder i fysik, som jeg også har mødt i opgangen i etageejendommen, hvor jeg bor.

På et tidspunkt opererede vi med natlukning af varmen til hele opgangen. Ifølge termometret i min stue medførte det, at forskellen mellem indendørstemperaturen og udendørstemperaturen faldt ca. 10% i løbet af nattens 8 timer, for derefter i løbet af de næste 8 timer at stige til udgangspunktet. Det betyder, at varmeafgivelsen ud af ydervæggene formindskedes med ca. $\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (8 \text{ timer}/24 \text{ timer}) \cdot 10\% \approx 3\%$, hvilket efter min mening var for lidt i forhold til besvær og ulemper. Men mine medbeboere i opgangen var ikke nemme at overbevise af mit overslag, som de tvivlede på rigtigheden af. Derimod følte de sig sikre på, at der blev sparet, når der blev lukket for det varme vand til radiatorerne om natten. Og de tænkte tilsyneladende, at min 3% vurdering var noget fysiker-fortænkthed. Kontrol af varmemeforbruget ved varme-indgangen var

nemmere at acceptere end kontrol af varmemeforbruget ved varme-udgangen.

Jeg tænker, at der er tale om et forholdsvist enkelt eksempel på forskellen mellem det, Martin Niss og jeg¹ har kaldt nomologiske kontra kausale ræsonnementer i fysik. Ved en nomologisk forklaring af et fænomen (ordet *nomos* er fra græsk og betyder regel eller lov) består forklaringen i at redegøre for, hvordan fænomenet er udtryk for gennemsætningen af et overordnet mønster eller en overordnet lovmæssighed under de foreliggende omstændigheder. Ved en kausal forklaring af et fænomen (ordet kausal er fra latin og betyder årsagsbestemt) består forklaringen i at redegøre for, hvad i de foreliggende omstændigheder, der forårsager fænomenet.

Mine medbeboere i opgangen tænkte på kausal vis på lukning og åbning af varmen ved varmekilden, hvorimod jeg på nomologisk vis via brug af energibevarelse flyttede fokus til varmedrænet ud gennem ydermurene. I min ovenstående opgavebesvarelse startede jeg med at tænke kausalt. Først kommer varmen ud af radiatorerne i det beboede hus, så går en del af varmestrømmen herfra ud gennem husets ydervægge og en anden del herfra ind i det ubeboede hus (ligning (1)). I det ubeboede hus strømmer varmen herefter ud af dets ydervægge (ligning (2)). Men jeg kunne også, som nævnt, have tænkt nomologisk, ved fra begyndelsen at flytte fokus til de to huses ydervægge, uden at indføre mellemregninger med K_i .

Det forekom sværere for både mine medbeboere i min opgang og mig at ræsonnere nomologisk fremfor at ræsonnere kausalt. For de fleste forekommer nomologiske forklaringer i det hele taget mere abstrakte end kausale forklaringer. Og derfor vanskeligere at forstå. Skal man da forsøge at undgå dem i fysikundervisning? Nej, det synes jeg ikke. Dels er der fænomener, der ikke

lader sig forklare andet end nomologisk. Dels, fordi netop demonstrationen af nomologiske forklaringer er et tilbud, som specielt faget fysik er særlig leveringsdygtigt i. Det er, frem for andre fag, først og fremmest i fysik, at der kan sættes fokus på, at det at forstå ikke kun er et spørgsmål om at kende til mekanismer, men også at indse lovbundetheder. Og den indsigt har betydning for såvel elevens og studerendes kognitive udvikling, som for deres omverdensforståelse og deres selvforståelse. Og når fysikere fx undertiden har held til at medvirke ved udviklingen af ikke blot ingeniørfag, men også fag som biologi og økonomi, skyldes det formentlig netop træning i at trække pointer ud af komplekse sammenhænge ved at abstrahere til enklere og kendte matematiske mønstre. Der er således grunde til at fastholde, at universitetsundervisning i fysik udover at introducere de studerende til fagets emner i høj grad også handler om at lære dem at "tænke som fysikere".

Men det er vigtigt, at såvel fysikunderviserne som deres elever eller studerende er opmærksomme på, at det måske også netop er de nomologiske forklaringer, der gør fysik til et svært fag.

Breddeopgave 90. Gammakvant i tyngdefelt

Inden næste nummer af *Kvant* udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave til breddekurset på RUC (fra den indledende samling af opgaver til kurset, nr. 90 i rækken her i *Kvant*):

Ved forsøg med emission af γ -kvanter fra kerner og påfølgende absorption i kerner af samme slags er der konstateret forskellige resultater, når henholdsvis kilde og absorber befinder sig lodret over hinanden, og når de befinder sig i samme vandrette plan. Forklar dette forhold.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer af *Kvant*.

Generalforsamlinger i SNU og DFS

SNU indkalder til generalforsamling, som afholdes den 24. marts 2021 med denne dagsorden:

1. Præsidentens beretning for 2020.
2. Godkendelse af regnskab for 2020.
3. Fastlæggelse af budget for 2021.
4. Beslutning om kontingent 2022.
5. Valg af medlem til direktionen.
6. Valg af revisor.
7. Eventuelt.

Bestyrelsen for **DFS** vil snarest indkalde til generalforsamling, der forventes at foregå via Zoom eller lignende.

Ørsted-øl

Tilhørerne til SNU's foredrag har i efteråret kunnet nyde en særlig øl, der er brygget i anledning af 200-året for elektromagnetismen. Ørsted var den første, der ekstraherede alkaloidet piperine fra peber, og derfor har Husbryggeriet Jacobsen i samarbejde med Carlsberg Laboratorium fremstillet en Ørsted-øl, hvor de har kombineret hvid og rosa peber med malt fra Langeland (hvor H.C. Ørsted blev født).

Øllen er brygget med brug af to forskellige overgær, idet øllet i 1820'erne var overgæret og med flere gærstammer. Øllet er desuden tilsat to specielle humlesorter, som har peberduft.

Husbryggeriet Jacobsens version af Ørsted-øllen kan fås i udvalgte barer og restauranter.

¹En nyere artikel herom fra vores hånd er "Nomological Versus Causal Reasoning When Learning Physics", som kan findes ved at google "IMFUFA tekster" og gå til tekst 511, side 168. Se også *Kvant*, bind 16, nr. 2, side 21 (maj 2005).