

Aircondition – breddeopgave 33 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, NSM, Roskilde Universitet

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 fra RUC (nr. 33 i rækken her i KVANT):

33. Aircondition

Et aircondition anlæg holder en rimelig temperatur indendørs i en bygning. Udendørstemperaturen svinger mellem en maksimumsværdi om dagen og en minimumsværdi om natten, som er lig indendørstemperaturen. Hvor stor er elregningen sammenlignet med elregningen, hvis udendørstemperaturen havde maksimumsværdien døgnet rundt? Begrund svaret.

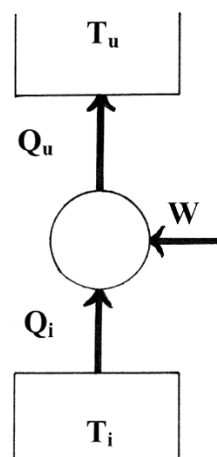
Løsning

Der siver til enhver tid en varmemængde ind i bygningen per tid, Q_i , som kan sættes proportional med forskellen mellem udendørstemperaturen, T_u , og temperaturen indendørs, T_i :

$$Q_i = K \cdot (T_u - T_i) \quad (1)$$

hvor proportionalitetskonstanten K karakteriserer bygningens varmeisolering. Det er denne varmemængde, som airconditionanlægget løbende skal pumpe ud af bygningen igen. Og i fysiksprog er opgaven at finde, hvor meget arbejde det kræver i løbet af et døgn med svingende udendørstemperatur sat i forhold til det nødvendige arbejde, hvis udendørstemperaturen konstant lå på dens maksimale værdi.

Til et vilkårligt tidspunkt ser situationen principielt således ud:



hvor W er det udførte arbejde per tidsenhed på airconditionanlæggets kredsløbsstof, Q_u den afleverede varmemængde per tidsenhed udendørs fra kredsløbsstoffet, og Q_i den af kredsløbsstoffet opsugede varmemængde per tidsenhed indendørs. Som sagt skal Q_i være lig med indsvingningen givet ved (1).

Forudsat at kredsløbsstoffet i airconditionanlægget gennemløber kredsløbsprocesser gælder ifølge termodynamikkens første hovedsætning om energibevarelse, at den tilførte energi til kredsløbsstoffet er lig med den fjernede energi fra det:

$$Q_i + W = Q_u \quad (2)$$

og ifølge termodynamikkens anden hovedsætning om umuligheden af den samlede entropis fald, at den per tid af airconditionanlægget fjernede entropi fra bygningens indre er mindre end eller lig med den per tid til omgivelserne tilførte entropi:

$$\frac{Q_i}{T_i} \leq \frac{Q_u}{T_u} \quad (3)$$

Ved kombination af (1), (2) og (3) fås:

$$W \geq K \cdot \frac{(T_u - T_i)^2}{T_i} \quad (4)$$

I stedet kan vi også skrive:

$$W = \alpha \cdot K \cdot \frac{(T_u - T_i)^2}{T_i}, \quad (5)$$

under antagelse af, at α er temperaturafhængig, og hvor $1/\alpha$ så er det faktiske airconditionanlægs effektivitet i forhold til den fysisk principielt set størst mulige effektivitet svarende til lighedstegnet i ligning (4).

Vi skal nu sammenligne W integreret over et døgn, når T_u konstant er T_{umax} , og når T_u er en funktion af tiden t , der svinger imellem T_i og T_{umax} . $T_u(t) - T_i$ kunne da f.eks. se således ud:

$$T_u(t) - T_i = \frac{1}{2}(T_{umax} - T_i) \cdot \left(1 + \sin\left(\frac{2\pi t}{\tau}\right)\right), \quad (6)$$

hvor τ her er et døgn.

Integreres $W(t)$ herefter fra 0 til τ med (6) indsat i ligning (5) fås:

$$\int_0^\tau W(t)dt = \frac{3}{8} \cdot \alpha \cdot K \cdot \frac{(T_{umax} - T_i)^2}{T_i} \cdot \tau \quad (7)$$

for det samlede arbejde udført på kredsløbsstoffet i airconditionanlægget i løbet af et døgn. Sammenholdt med højresiden af ligning (5) ganget med τ ses det at være $3/8$ af det samlede arbejde, når udetemperaturen konstant er T_{umax} .

Når udendørstemperaturen svinger mellem en maksimumsværdi om dagen og en minimumsværdi om natten, som er lig indendørstemperaturen, bliver elregningen til airconditioneringen altså $3/8$ af elregningen, hvis udendørstemperaturen havde maksimumsværdien døgnet rundt.

Kommentar

De åbent formulerede breddeopgaver, hvor formaliseringen af problemerne som led i deres løsninger er en vigtig del af besvarelsene, står i kontrast til opgavetraditionen i universitetsfysikundervisning, hvor opgaverne netop stilles i en formaliseret og præcis form ved hjælp af internt fysiske begreber. I denne tradition er der en tendens til, at opgaverne forfalder til at blive typeopgaver, man kan træne sig i at besvare uden dybere forståelse af, hvad der foregår. Er der også en tendens til, at breddeopgaverne forfalder til at blive typeopgaver, som ikke udfordrer begrebsindlæring i dybden? Censoren (Ove Nathan) ved den første breddeeksamen i 1976 spurgte til, om vi ikke frygtede, at det ville gå sådan. Kunne vi blive ved med at få øje på nye slags problemer?

Nu mere end 30 år efter synes det i overraskende grad at have været muligt. Ved løbende at samle opgaveidéer sammen og notere dem ned før de glemmes er det hvert år lykkedes at formulere de mindst 20 nye breddeopgaver, som eksamensafholdelserne har

krævet. Og opgavesamlingen er nu på 630 opgaver. Men selvfølgelig er det ikke uden problemer at modarbejde et forfald til typeopgaver. Opgaven her kan bruges som illustration af et af de større.

Airconditionopgaven (fra sommereksamen 2007) indeholder essentielt den samme fysik som følgende opgave om dybfryseren i udhuset (stammende fra vintereksamen 1977, jf. KVANT nr.1, april 2001):

Hvor mange gange større er strømforbruget om vinteren af en dybfryser placeret i køkkenet frem for i udhuset? Begrund svaret.

Men hvor svaret på dybfryseropgaven ligger i regningerne frem til ovenstående ligning (5), er airconditionopgaven for ikke at være for identisk med dybfryseropgaven formuleret, så den herudover kræver de ekstra regninger frem til ligning (7). En lignende airconditionopgave til dybfryseropgaven kunne have lydt noget i retning af:

Hvad er sammenhængen imellem temperaturforskellen mellem ude og inde og strømforbruget af et airconditionanlæg? Begrund svaret.

Altså en opgave, hvor svaret er givet ved udregningerne frem til ligning (5) og altså en lettere opgave end den stillede. Der er således en tendens til, at sværhedsgraden af opgaverne stiger med årene i bestræbelsen på at undgå forfaldet til typeopgaver og den hertil hørende mindre indlæringsdybde. Den helt store udfordring er at få øje på lette, anderledes opgaver. Eller rettere sagt opgaver, der er svære ved at være anderledes og ikke ved at være teknisk komplicerede.

I den næste KVANT artikel om breddeopgaver vil jeg kommentere spørgsmålet om typeopgaver lidt mere principielt.

Breddeopgave 34 og 35. Billygter og laservåben

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningerne til disse to opgaver fra breddekurset på RUC (fra den indledende samling af 68 opgaver fra 1976 og fra eksamen i august 1983, nr. 34 og 35 i rækken her i KVANT):

I hvilken afstand ophører man med at kunne skelne de to lygter på en bil fra hinanden? Begrund svaret.

Pentagons planer for satellitbårne laservåben indeholder et linsearrangement med en diameter på 10 m for at opnå tilstrækkelig fokusering af laserenergien ved mål 1000 km borte. På hvor lille et område er energien fokuseret? Begrund svaret.

Løsninger og kommentarer bringes i næste nummer.