



Troels Harmark er forskningslektor på Niels Bohr Institutet i gruppen for teoretisk partikelfysik og kosmologi. Han forsker i sorte huller, strengteori og holografi. Hans hovedinteresser er kvantemekaniske effekter for sorte huller, sorte huller i mere end fire dimensioner og i holografiske teorier der kan forbinde strengteori i ti dimensioner til feltteorier i fire dimensioner.



Niels Obers er lektor på Niels Bohr Institutet i gruppen for teoretisk partikelfysik og kosmologi. Hans forskningsområde er tyngdekraft, strengteori og feltteori. De sidste år har hans arbejde koncentreret sig om tyngdekraft i højere dimensioner, især med løsninger til sorte huller og deres applikationer til strengteori og endelig-temperatur feltteori.

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.

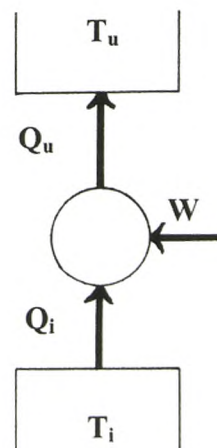
Løsning

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 indsvivningen 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 bygnin-
gens 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 temperaturuafhængig, og
hvor $1/\alpha$ så er det faktiske airconditionanlægs effek-
tivitet 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 mak-
simumsværdi om dagen og en minimumsværdi om
natten, som er lig indendørstemperaturen, bliver elreg-
ningen til airconditioneringen altså $3/8$ af elregningen,
hvis udendørstemperaturen havde maksimumsværdien
døgnet rundt.

Kommentar

De åbent formulerede breddeopgaver, hvor formalis-
eringen 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 typeop-
gaver, 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 op-
gaveidéer 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 modar-
bejde 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 vin-
tereksamen 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 reg-
ningerne frem til ovenstående ligning (5), er aircondi-
tionopgaven for ikke at være for identisk med dybfry-
seropgaven formuleret, så den herudover kræver de
ekstra regninger frem til ligning (7). En lignende air-
conditionopgave til dybfryseropgaven kunne have lydt
noget i retning af:

*Hvad er sammenhængen imellem temperatur-
forskellen mellem ude og inde og strømforbruget af et
airconditionanlæg? Begrund svaret.*

Altså en opgave, hvor svaret er givet ved ud-
regningerne 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.