

FYSIKEMNE 3: KØLING

INTRODUKTION

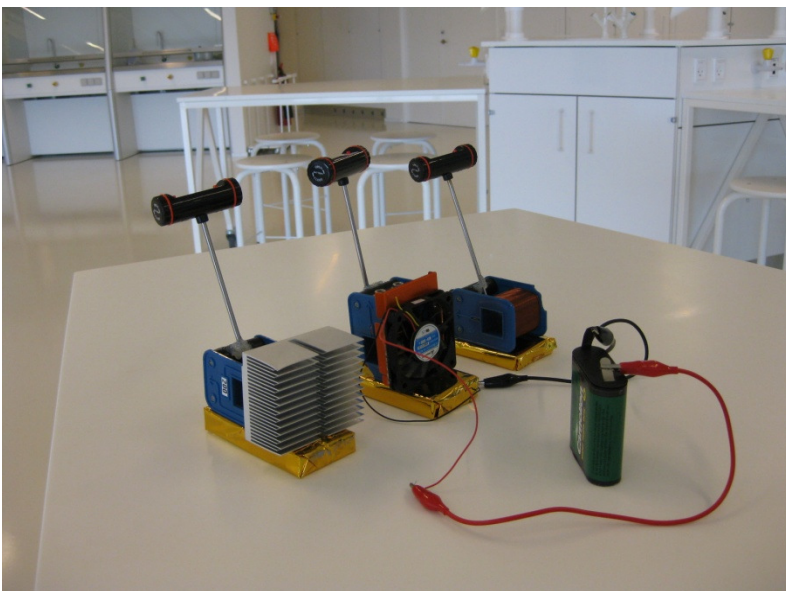
Alt det elektroniske udstyr ombord på et rumfartøj skaber varme på samme måde, som en hvilken som helst computer her på Jorden også bliver varm, når den er tændt. Det skyldes, at der afsættes energi i de elektriske kredsløb, hvor energien omdannes til varme. En af udfordringerne, når man designer et rumfartøj, er derfor at sørge for, at fartøjet kan slippe af med overskudsvarmen, da elektronikken vil brænde sammen, hvis det bliver for varmt.

Her på Jorden kan problemet løses ved at en blæser hele tiden fjerner den opvarmede luft fra elektronikken, men i rummet, hvor der er lufttomt, virker denne metode ikke. Vi må derfor finde andre måder, hvorpå vi kan løse problemet med at lede varmen væk.

AKTIVITETEN I NATURVIDENSKABERNES HUS

Forberedelserne under basisuddannelsen skal lede op til, at eleverne under besøget i Naturvidenskabernes Hus kan undersøge forskellige former for varmetransport og vurdere, hvilke metoder der er mest effektive til at køle elektronikken ombord på et rumfartøj. Til deres rådighed har eleverne tre opstillinger, hvormed de kan teste forskellige former for varmetransport:

- En spole med påsat termometer
- En spole med blæser og påsat termometer
- En spole med køleribbe og påsat termometer



De tre spoler med hhv. køleribbe, blæser og længst til højre uden nogen form for påsat køling.

Når spolerne kobles til en spændingsforsyning, vil de opvarmes, og ved at observere temperaturudviklingen for de tre spoler kan de to kølemetoder sammenlignes og sammenholdes med spolen uden køling. Hver opstilling kan desuden placeres i en vacuumklokke, hvor vi kan simulere forholdene i det lufttomme rum. Dermed kan eleverne undersøge, hvor effektive de to kølemetoder er i det lufttomme rum.

TEORI

Der er grundlæggende tre måder, hvorpå varme kan transporteres væk:

Varmeledning: Ved varmeledning ledes varmen pga. en temperaturforskel mellem molekyler, der er i kontakt med hinanden. Varmen ledes altid fra et område med højere temperatur mod et område med lavere temperatur, og varmestrømmen medvirker til at udjævne temperaturforskellen. Der er ikke stoftransport forbundet med varmeledning. Varmestrømmen gennem et materiale kan beskrives med formlen:

$$P[W] = \lambda \cdot \frac{A}{L} \cdot (t_{\text{indes}} - t_{\text{udes}}),$$

hvor λ er materialets varmeledningsevne, A og L er hhv. arealet og den tykkelse af materialet, hvorigennem varmen transporteres, og $t_{\text{indes}} - t_{\text{udes}}$ er temperaturforskellen på hver side af materialet. Formlen kan omskrives til intensiteten af varmetransporten, dvs. den transporterede effekt pr. areal:

$$I \left[\frac{W}{m^2} \right] = k \cdot (t_{\text{indes}} - t_{\text{udes}}),$$

hvor $k = \frac{\lambda}{L}$ kaldes for varmeoverføringskoefficienten.

Denne proces kan i et rumskib bruges til at lede varmen væk fra det område (fx en bestemt computer), hvor den er dannet. Her er det vigtigt, at varmen ledes gennem materialer med en høj k -værdi, så varmen ledes effektivt.

Konvektion: Ved konvektion ledes varmen væk gennem stoftransport. Fx kan varme ledes væk fra en radiator, når opvarmet luft stiger til vejrs og ny køligere luft strømmer hen til radiatoren langs gulvet. Det er også en konvektionsproces, når blæseren i en computer aktivt blæser varm luft væk fra computeren.

Den effekt, der ledes væk vha. en blæser kan beregnes som:

$$P[W] = F \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot c_{\text{luft}} \cdot (t_{\text{blæser}} - t_0),$$

hvor F er flowet af luft gennem blæseren, regnet i $\frac{m^3}{s}$, ρ_{luft} er luftens massefylde og c_{luft} er luftens specifikke varmekapacitet. $t_{\text{blæser}}$ er temperaturen af luften på ydersiden af blæseren, mens t_0 er temperaturen af den omgivende luft.

Varmestråling: Den tredje proces, hvorved varme kan ledes væk fra et materiale er gennem stråling. Ethvert materiale udsender elektromagnetisk stråling med en intensitet, der afhænger af materialets temperatur. Intensiteten er givet som

$$I \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sigma \cdot T^4,$$

hvor $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ kaldes *Stefan-Boltzmanns konstant*.

METODE

I dette emne arbejdes med det kvalitative eksperiment, induktion og hypotese og teori.

I undersøgelsen af forskellige former for varmetransport foretages et kvalitativt eksperiment, hvorved eleverne kan holde de forskellige kølemetoder op mod hinanden uden at foretage en direkte kvantitativ sammenligning. Det er praktisk umuligt at lave opstillinger, hvor varmetransporten kun forekommer på én af de ovennævnte tre former, og derfor er det ikke ligetil at lave en kvantitativ sammenligning af de tre former for varmetransport. Dog kan en sammenligning af de tre opstillinger hhv. under almindelige forhold og i vacuum stadig give kvalitativ information om, hvilken kølemetode, der er den mest effektive i rummet.

I eksperimentet testes de forskellige kølemetoder under forhold, der *minder* om forholdene i rummet. Vi foretager derfor en induktionslutning, når vi konkluderer, at de forskelle i kølemetodernes effektivitet, der kan observeres i vacuumklokken, også vil gøre sig gældende i rummet.

På baggrund af kendskabet til de forskellige former for varmetransport skal eleverne opstille en hypotese for, hvilken kølemetode, der er mest effektiv i det lufttomme rum, og denne hypotese efterprøves eksperimentelt.

FAGLIGE MÅL

FYSIKFAGLIGE MÅL

Eleverne skal være i stand til at

- beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning
- indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer

NV-FAGLIGE MÅL

Eleverne skal være i stand til

- anvende modeller, som kvalitativt og kvantitativt beskriver enkle sammenhænge i naturen, og kunne se modellernes muligheder og begrænsninger
- viser relevansen og anvendelsen af naturvidenskab i samfundet

FORSLAG TIL ORGANISERING UNDER BASISUDDANNELSEN

1. Klassen:
 - Lærer introducerer baggrunden for opgaven: I hvilken sammenhæng skal teorien forstås.
 - Læringsmålene for emnet og opgaverne synliggøres for eleverne.
 - Relevante nøglebegreber/teori gennemgås.
2. Teams:
 - Elever arbejder i astronautteams med opgaver. Lærer hjælper og vejleder.
3. Klassen:
 - Opgave gennemgås af lærer med klassen.
 - Opsamling på nøglebegreber og svar på forståelsesspørgsmål.

FORSLAG TIL EMNER/ØVELSER UNDER BASISUDDANNELSEN

KERNEBEGREBER/ØVELSER – NØDVENDIGT

Begreber, der skal gennemgås i forberedelsen:

Fysik

- Varmetransport (Varmeledning, konvektion, varmestråling)
- Energiomsætning (omsætning af elektrisk energi til varme i kredsløb)
- Vacuum

Metode

- Det kvalitative eksperiment
- Induktionsslutninger
- Hypotese og teori

RELATEREDE BEGREBER/ØVELSER - VALGFRI

Fysik

- Varmekapacitet
- Det elektromagnetiske spektrum og sortlegemestråling

Øvelser

- K-kasseforsøg: Bestemmelse af varmeoverføringskoefficient for forskellige materialer:
En pære med kendt effekt placeres i en kasse af et givent materiale. Når temperaturen i kassen har stabiliseret sig, kan materialets varmeoverføringskoefficient k bestemmes vha. formlen:

$$P[W] = k \cdot A \cdot (t_{\text{inde}} - t_{\text{ude}})$$

OPGAVER

Inden besøget i NVH skal hvert astronautteam løse følgende opgaver:

Opgave 1

Opstil en hypotese for, hvilken kølemetode af hhv. konvektionskøling og strålingskøling, der er mest effektiv i det tomme rum.

Opgave 2

Beskriv, hvordan eksperimentelt vil undersøge, hvilken kølemetode der er mest effektiv hhv. under normale forhold og i lufttomt rum, hvis I til jeres rådighed har:

- 1 vacuumklokke



- 1 vacuumpumpe



- 3 stk. spoler med påsat termometer:
 - o 1 spole med blæser (Blæseren forsynes med strøm fra et batteri – batteriet forbindes først, lige før I er klar til at starte målingen)
 - o 1 spole med passiv køler (radiator)

- 1 spole med hverken blæser eller radiator



- 1 strømforsyning

Overvejelser/hjælp til opgave 2:

- Hvilke opstillinger bør der måles på?
- Hvilke parametre kan der måles på?
- Hvor mange målinger/hvor lang tid bør der måles på hver opstilling?
- Sørg for også at måle på spolen uden køling, så I har et sammenligningsgrundlag.
- Hvis I skal måle ad flere omgange på spolen med blæser, lad da blæseren køre mellem målingerne, så spolen har nogenlunde samme starttemperatur.