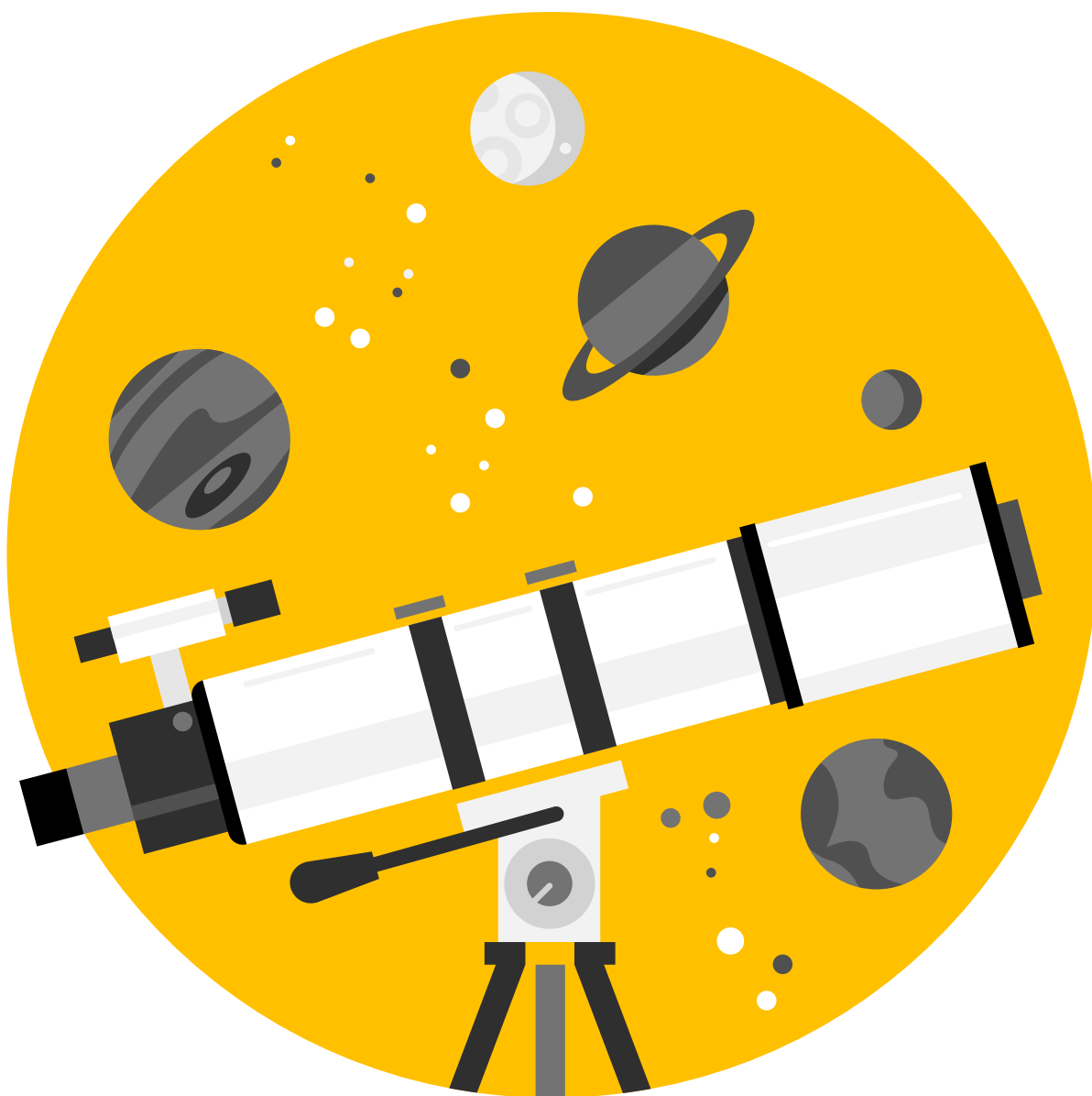


Varmeskjold på romfartøy

Lær om varmeegenskaper til forskjellige materialer



Kort om aktiviteten

Et romfartøy kommer inn i jordas atmosfære med en hastighet på 32000km/t. Dette avgir en ekstrem varme. For at astronautene og utstyret i romfartøyet skal være beskyttet, er det viktig at fartøyet har gode varmeskjold.

I denne aktiviteten lærer elevene om teorien bak varmeskjold og de kan være med på å teste ut varmeegenskapene til forskjellige materialer.

Innhold

Kort om aktiviteten	2
Teoridel	3
Historisk	4
Hvor er vi på vei?	5
Aktivitet 1: Varmeledende egenskaper	6
Varmeledende egenskaper	7
Aktivitet 2: Bygg et varmeskjold	8
Lærerveiledning	9
Kilder	9
Lisensiering:	9

Teoridel

I februar 2003 opplevde NASA en tragisk ulykke med romfergen Columbia 16 minutter før landing. Varmeskjoldet på romfergen hadde fått en skade og romfergen gikk i oppløsning, og hele mannskapet omkom. Varmeskjold på romfartøy er avgjørende for livet til astronautene, samt utstyret om bord.



Figur 1: Romfergen Columbia lander på innsjøbane 23 ved Edwards Air Force Base i California for å avslutte den første orbitale romferdsmisjonen.

Et legeme som kommer inn i atmosfæren vår i opptil 70km/s komprimerer luften foran seg og dette bremses farten voldsomt ned, noe som skaper en ekstrem varmeutvikling og legemet blir til en ildkule. Dette er en stor fordel for livet på jorda, ettersom planeten vår ustanselig blir bombardert av større og mindre partikler som kommer mot oss fra verdensrommet. Mesteparten av disse meteorittene brenner heldigvis opp på grunn av den store hastigheten og varmeutviklinga som oppstår.

Derimot skaper dette en enorm utfordring for romfartøy som returnerer til jorda etter endt oppdrag i verdensrommet, det vi på fagspråket kaller reentry. Slike fartøy kan ha en fart på opptil 40 000km/t og temperaturen rundt fartøyet kan bli over 2600°C. Dersom fartøyet ikke er beskyttet mot denne varmen, vil det, med astronauter og alt annet innhold, brenne opp. Dette er ikke et problem som er unikt for jorda, men for

alle planeter som har en atmosfære, som Venus og Mars, selv om deres atmosfære ikke er like tykk som den vi har på jorda.



Figur 2: Demonstrasjon av en luftkompresjonsenhet der raskt trykk øker temperaturen i sylindere, og luften blir så varm at den antenner materialet inni. Kilde: Andøya Space

Denne bildet viser hvordan luft komprimeres når den utsettes for trykk og lufta blir så varm at den kan antenne materialer som befinner seg der. Mange tror at det er friksjonen mellom lufta og fartøyet eller objektet som avgir varmen. Dette er bare delvis riktig. Friksjonen utgjør bare en liten del. Det meste av varmen oppstår fordi molekylerne i lufta beveger seg så fort på grunn av det ekstreme trykket fartøyet eller meteoritten skaper.

I denne aktiviteten vil elevene få se hvordan varme ledes gjennom forskjellige typer materialer og gjøre seg noen tanker om hvilke materialer som er best å bruke i romfartøy. I den andre delen av aktiviteten skal elevene selv prøve å bygge et varmeskjold ved bruk av enkle hjelpemidler. Avhengig av elevenes alder og evner anbefales lærer å legge føringer for å unngå skader.

Historisk

Det amerikanske romprogrammet har til nå brukt to forskjellige typer varmeskjold.

De første romkapslene, deriblant Apollo-programmet, brukte materialer som var ment å smelte og fordampe under re-entry. Varmeenergien ble brukt på denne fordampingen, og det bevarte mannskapet og utstyret inne i kapselen relativt trygt, selv om det ble ganske varmt inne i kapselen. Disse landingskapslene ble bare brukt en gang, og da hadde det ingen betydning at varmeskjoldet brant opp. Denne typen varmeskjold heter Ablative heat shield.

Romfergene som ble brukt av NASA hadde en annen form for varmeskjold. Der besto skjoldet av ca. 25 000 små varmebestandige fliser (RCC- reinforced carbon-carbon) som kunne motstå den sterke varmen og de slapp nesten ingen varme gjennom til aluminiumsskroget innenfor fordi mesteparten ble strålt ut. Dette kalles Thermal Soak heat shield.



Figur 3: Varmeskjold på romfergen discovery, tatt fra den internasjonale romstasjonen. Kilde: NASA

Her finner dere noen forslag til videoer med tema varmeskjold:

- <https://www.youtube.com/watch?v=XH4VVpfr9Bs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dWi0Y1IfNBg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nh9GunlNq3Y>

Det tyske romsenter (DLR) har også eksperimentert med varmeskjold. Siden 2005 har de testet ut sin SHEFEX (Sharp Edge Flight Experiment) som bruker fliser som minner om romfergens. Den store forskjellen er at SHEFEX har en enklere form og større fliser som skaper skarpe hjørner og kanter. Hensikten er at dette skal hjelpe til med å bremse farten på fartøyet og dermed motstanden når det går gjennom atmosfæren. SHEFEX har ved flere anledninger blitt testet i Norge, ved Andøya Space.

Hvor er vi på vei?

Orion er det nye romfartøyet som skal ta menneskene utover verdensrommet igjen. Planen er at første stopp blir månen, og deretter Mars. Orion sitt design ligner litt på de gamle Apollo månelanderne fordi denne formen er best og tryggest for reentry.

Aktivitet 1: Varmeledende egenskaper

Utstyr og mannskap om bord i romfartøy som Orion må holdes komfortable i de ekstreme temperaturene i verdensrommet. Materialer som kan tåle veldig høye og veldig lave temperaturer er nødvendige på grunn av dette. Vanligvis er disse materialene gode varmeledere.



Kunstnerisk fremstilling av en romkapsel som kommer inn i atmosfæren. Kilde: ESA - D.Ducros

I denne aktiviteten skal elevene utforske forskjellige typer materialer og finne ut hvor godt de leder varme ved hjelp av thermokromatisk papir (papir som endrer farge når det endrer temperatur). Diskuter hvilke materialer som egner seg til bygging av romfartøy. Aktiviteten er et utdrag fra et større aktivitetssett som kan lånes fra <https://www.esero.no/tema/utstyr-til-utlan/>

Utstyr:

- Forskjellige materialer (forslag: kobber, aluminium, messing, stål, tre, stein, plast, isopor, aluminiumslegering Al6061)
- Thermokromatisk papir
- Petriskåler
- Vannkoker

- Tidtaker/ stoppeklokke

Elevene deles inn i grupper på 3-4 elever. Hver gruppe får utdelt utstyret de trenger.

Varmeledende egenskaper

Materialer	Tid	Varmeledende rangering 1-9
Kobber		
Aluminium		
Messing		
Stål		
Tre		
Stein		
Plast		
Isopor		
Al 6061		

Forklar hvilket av disse materialene som er best til å føre varme.	
--	--

1. Diskuter materialene dere har fått utdelt. Hva er de laget av? Kjennes materialet varmt eller kaldt ut? Hvilke materialer tror dere på gruppa leder varme best/ dårligst? Lag gjerne en rangering.
2. Diskuter eventuelt svarene i klassen før dere går videre.

3. Fyll kokende vann i petriskålene og sett på lokket. Vær forsiktig!
4. Legg bitene av det thermokromatiske papiret på lokket slik at de endrer farge.
5. Plasser ferdig varmet thermokromatisk papir på materialene og mål tiden det tar før papiret igjen har den opprinnelige fargen. Det kan være lurt å ha flere tidtakere per gruppe, hvis ikke kan dette ta veldig lang tid.
6. Ranger materialene etter resultatene dere fikk.
7. Sammenlign resultatene med de andre i klassen. Fikk alle det samme svaret?
8. Diskuter hvilke materialer som egner seg best i bygging av romfartøy.

Aktivitet 2: Bygg et varmeskjold

Elevene skal nå bygge et effektivt varmeskjold av utvalgte materialer. Her kan klassen godt diskutere nyttige ideer før gruppene begynner arbeidet.

Utstyr:

- Treplugg, 6 mm, 10-12 mm lang
- Messingskrue, 6 mm, 3 cm lang
- 2 messingskiver som passer til skruen
- 1 messingmutter som passer til skruen
- Tykk aluminiumsfolie (15cm x 15cm)
- Trådnett i kobber (6cm x 6 cm)
- Blyant, papir og saks
- Limpistol
- Gassbrenner
- Stativ

Fremgangsmåte:

Trepluggen limes fast til skruens hode og festes deretter til stativet. Elevene skal nå bygge et effektivt varmeskjold som festes på skruen. Varmeskjoldet skal være så effektivt at limet som holder pluggen ikke smelter. Gi elevene begrenset tid til å bygge (20-30 minutter).

Når alle gruppene er ferdig tester dere varmeskjoldene med gassbrenneren. Bli enige om hvor langt unna gassbrenneren skal holdes og pass på at det blir likt for alle gruppene. Gruppen som får trepluggen til å sitte fast lengst har vunnet.

Diskuter resultatene. Hvorfor gikk det som det gjorde?

Her er det mulig å føre aktiviteten videre så elevene kan videreutvikle skjoldene sine til å bli enda bedre.

Lærerveiledning

Et romfartøy kommer inn i jordas atmosfære med en hastighet på 32000km/t. Dette avgir en ekstrem varme. For at astronautene og utstyret i romfartøyet skal være beskyttet, er det viktig at fartøyet har gode varmeskjold.

I denne aktiviteten lærer elevene om teorien bak varmeskjold og de kan være med på å teste ut varmeegenskapene til forskjellige materialer.

For elever som trenger en utfordring kan de også bygge sitt eget varmeskjold.

Kilder

Videoer med tema varmeskjold:

- <https://www.youtube.com/watch?v=XH4VVpfr9Bs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dWi0Y1lfNBg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nh9GunlNq3Y>

Utstyr til utlån: <https://www.esero.no/tema/utstyr-til-utlan/>

Lisensiering:

Dette verket er lisensiert under en [Creative Commons Navngivelse-IkkeKommersiell-IngenBearbeidelse 4.0 Internasjonal lisens \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Du kan dele dette materialet så lenge du krediterer oss, ikke bruker det kommersielt, og ikke endrer det.