

Naturvidenskabeligt grundforløb (NV)

Klima nv fysik

Forløb i naturvidenskabeligt grundforløb med fagene fysik og naturgeografi.

Dette dokument indeholder kun det, der arbejdes med i fysik-delen.



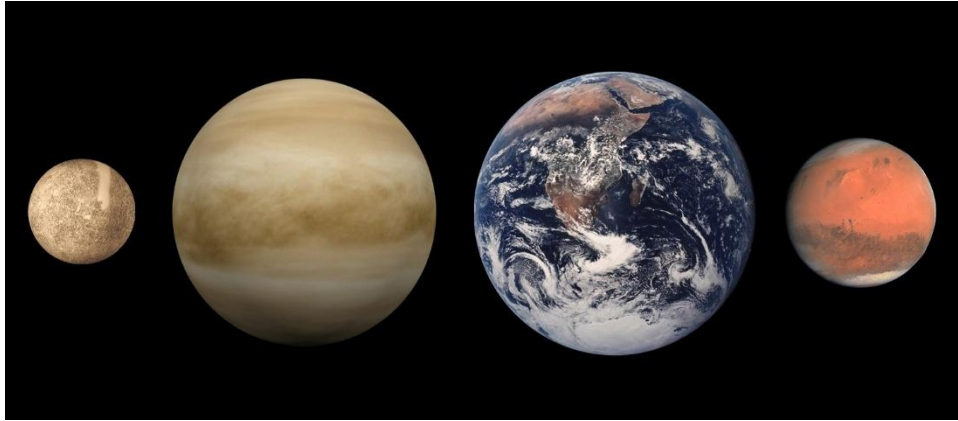
Gefion 2025

Indhold

Liv på Jorden	3
Energi og klima	6
Varmefylde	8
Effekt	10
Mere om effekt.....	10
Det elektromagnetiske spektrum	11
Omregning mellem nanometer og meter (se også afsnit om præfikser).....	12
Kelvinskalaen (en temperaturskala)	12
Stråling fra Solen	14
Wiens forskydningslov.....	15
Energi fra Solen.....	18
Albedo.....	18
Drivhuseffekten	21
Lidt videnskabsteori.....	23
Begrebspar.....	23
Naturvidenskabelig metode	23
SI-enheder	24
Dekadiske præfikser	25
Eksperimenter	26
Forsøg 1 Vands varmekapacitet	26
Opgaver	34
Begrebstabel.....	35

Liv på Jorden

Trods alle de problemer vi kæmper med, er Jorden et rigtig godt sted at bo for os mennesker. I mange år har forskere og almindelige mennesker overvejet, om der kan være liv andre steder end på Jorden. Først har man tænkt på liv på planeterne i vores eget solsystem, da det jo er det eneste man har kendt. Hvis man sammenligner billeder af Jorden set fra rummet med billeder af vores nærmeste planeter Venus og Mars, vil man opdage nogle forskelle.

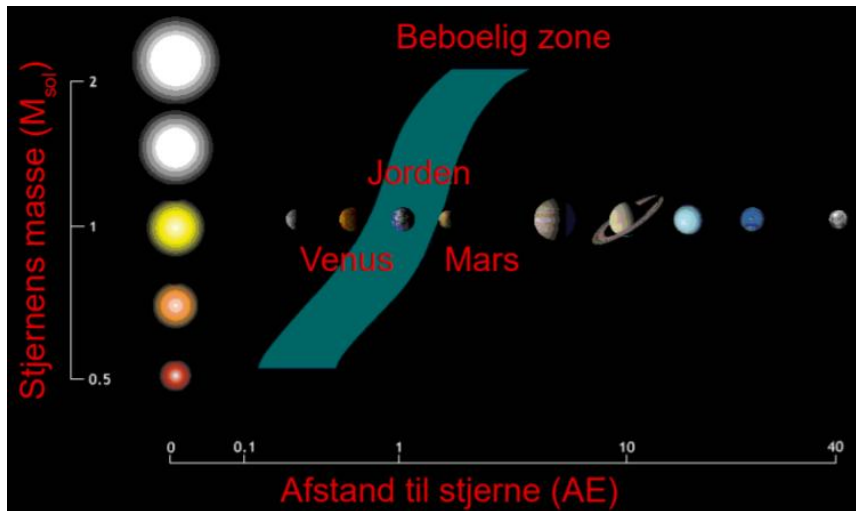


Figur 1 Planeterne Merkur, Venus, Jorden og Mars

Hvilke forskelle ser du? – kan man se, at der ikke er intelligent liv på Merkur, Venus og Mars?

Vores planetsystem er blevet undersøgt ved at opsende rumsonder, der kan fotografere og eventuelt tage prøver af planeternes overflader. Man har ikke fundet tegn på højere livsformer på nogen af planeterne eller månerne i Solsystemet. Hvad er det, der er særligt ved Jorden?

For at man kan have livsformer, som vi kender dem, på en planet, skal der være særlige forhold til stede. De fleste livsprocesser fungerer kun nogenlunde ved temperaturer mellem 0°C og 70°C. Liv på en planet kræver derfor en overfladetemperatur i dette interval. Planeters overfladetemperatur afhænger kraftigt af afstanden til Solen. Planeten skal derfor ligge i en passende afstand fra Solen, for at den kan opretholde liv. Det område, hvor temperaturen vil være egnet til liv, kaldes den beboelige zone. Vores planet Jorden ligger som den eneste i Solsystemet i den beboelige zone med en gennemsnitlig overfladetemperatur på omkring 15°C. Den beboelige zone i Solsystemet er illustreret på nedenstående figur.



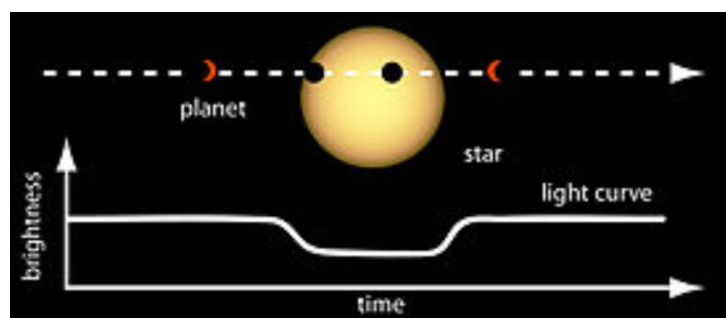
Figur 2 Beboelig zone. På x-aksen ses afstanden til stjernen målt i astronomiske enheder (AE). En astronomisk enhed er gennemsnitsafstanden mellem Solen og Jorden (1 AE = 149,6 mio. km). På y-aksen ses stjernens masse angivet i enheden solmasser M_{sol} . Vores sol har således solmassen $M_{sol}=1$ svarende til

Hvis vi forestillede os, at Solen var dobbelt så tung, så ville den også producere mere energi. En planet kunne så have liv selvom den lå i en større afstand til Solen. Hvis Solen var halvt så stor, ville planeten skulle være tættere på Solen for at ligge i den beboelige zone. Derfor afhænger den beboelige zone af stjernens størrelse. Dette ses også af figur 2.

Der er også andre krav til forholdene på en planet. Alle velkendte livsprocesser har behov for enten oxygen eller kuldioxid for at kunne fungere. En planet uden atmosfære kan derfor heller ikke opretholde liv. Atmosfæren hjælper også med til at beskytte planetens livsformer mod stråling fra rummet. Det liv vi har på Jorden er afhængigt af planter med klorofyl, der kan omsætte kuldioxid og vand til føde og oxygen.

Liv i andre planetsystemer

Solen er bare en ret almindelig stjerne. Det er derfor oplagt, at der må være mange andre stjerner som den. Mange af disse vil nok også have planetsystemer, og en del af disse planeter vil nok ligge i en beboelig zone. Det giver mulighed for liv i andre planetsystemer. Planeter i andre planetsystemer kaldes exoplaneter. Exoplaneter bevæger sig altså omkring en stjerne, der ikke er Solen. Den første exoplanet blev opdaget i 1995. Siden er der fundet flere tusindexoplaneter.



Figur 3 Opdagelse af exoplanet

Når en planet set fra Jorden bevæger sig ind foran stjernens overflade, vil den skygge for noget af lyset fra stjernen. Man vil derfor kunne registrere et fald i lysstyrke. Dette ses på figur 3.

Alle de mange fund af exoplaneter viser, at det er ret normalt for en stjerne at have en eller flere planeter i kredsløb. Der er derfor mange muligheder for liv i Universet. Bare i vores egen galakse Mælkevejen er der 100 mia. stjerner.

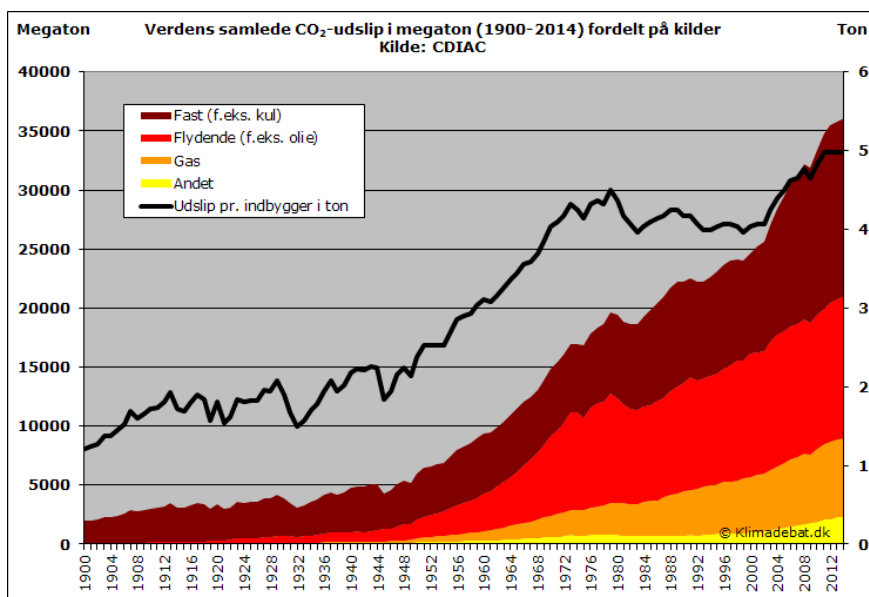
Når man først har fundet en exoplanet, skal man afgøre om den har mulighed for liv. Først undersøges om den er i den beboelige zone om stjernen. Hvis exoplaneten er i den beboelige zone, må man derefter se på, om de andre krav for liv er opfyldt.

I dokumentet "Exoplaneter og liv i Universet" kan man lære mere om dette emne. Dokumentet finder du i dit holds NV-mappe på drev (eller spørg din lærer).

Energi og klima

Når man hører om klimaforandringer og global opvarmning handler snakken meget om udledning af luftarten kuldioxid CO_2 . En udviklet civilisation vil omsætte energi under udøvelsen af deres aktiviteter.

Omsætning af energi ved afbrænding af fossile brændsler – dvs. kul, olie og naturgas¹ fører til udledning af CO_2 atmosfæren. En stor del skyldes transport – især international transport med fly, skibe og lastbiler. Landbrug og industri står også for en del. Der hvor vi i Danmark er nået længst med ikke-fossil energi er inden for elproduktion, hvor en større og større del udgøres af vindmøllestrøm.



Figur 4 Verdens udledning af CO_2

For at besvare spørgsmålet om hvor det vil være muligt at kunne finde liv i Universet, må vi have styr på nogle begreber. **Energi** er et meget grundlæggende begreb, der dækker muligheden for at kunne "udføre et arbejde". Standardenheden (SI) for energi kaldes joule (J). Der findes mange former for energi. Alle former for fossile brændsler besidder kemisk energi, som ved forbrænding omdannes til varmeenergi (også kaldet termisk energi). Vindmøller udnytter vindens bevægelsesenergi og omsætter den til elektrisk energi.



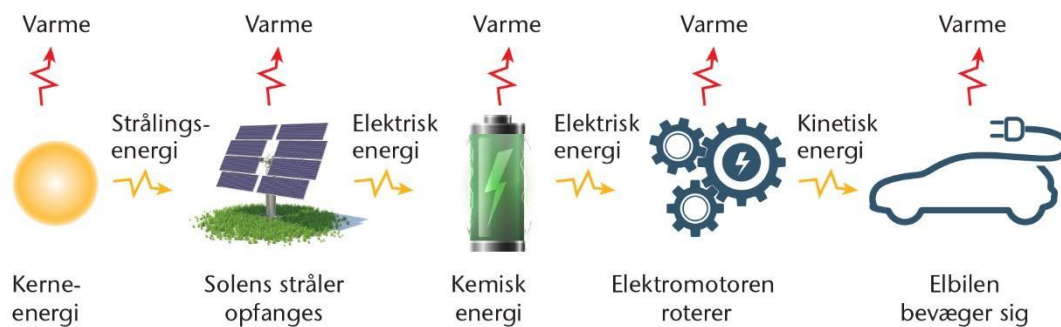
Figur 5 Fossil og bæredygtig energiproduktion

Den energi, som Solen udsender, er strålingsenergi. Strålingsenergien fra Solen kan vi både mærke på vores hud, der varmes op og vi kan se noget af strålingen som lys. Atomkraftværker udnytter kerneenergi, som

¹ Se figur 4. Kilde: https://www.klimadebat.dk/grafar_co2udledning.php "Andet" dækker primært over udledninger i forbindelse med cementproduktion.

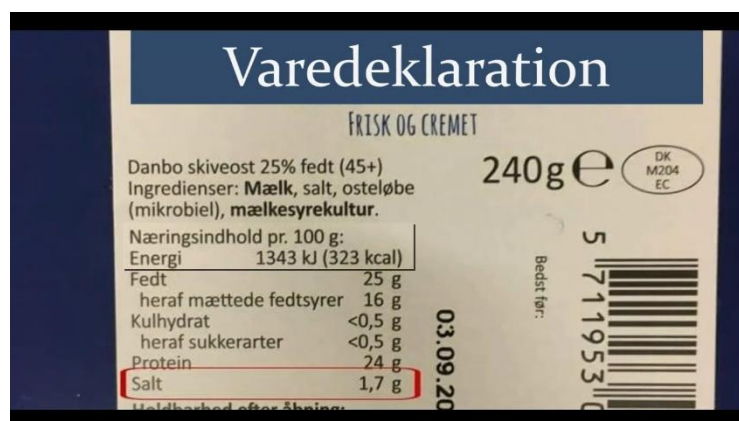
frigøres ved kernereaktioner. Ved kernereaktioner omdannes atomkerner til andre kerner, og der udsendes energi.

Energi kan ikke opstå eller forsvinde. Måske en form for energi, vil energien opstå på en anden form. F.eks. udsender Solen stråling pga. kernereaktioner i dens indre. Her omsættes kerneenergi til strålingsenergi. Hvis strålingen fra Solen rammer nogle solceller, vil en del af strålingsenergien omdannes til elektrisk energi. Den elektriske energi kan lagres i et batteri, hvor den findes i form af kemisk energi. Når batteriet benyttes f.eks. i en elbil, vil noget af den kemiske energi blive omdannet til elektrisk energi, og noget af den elektriske energi bliver til bevægelsesenergi, når bilen kører. Til slut ender energien som varmeenergi, når bilen igen holder stille. Se figuren nedenfor.



Figur 6 Energikæder

Når vi løber en tur, har vi bevægelsesenergi. Vi omsætter altså hele tiden energi. Vi indtager også energi i form af den mad, som vi spiser. Hvis man læser varedeklARATIONER, kan man se, hvor meget energi, der er i den mad, som vi spiser. På nedenstående figur, kan man se, at 100 g ost indeholder 1343 kJ.



Figur 7 Varedeklaration på ost

Varmefylde

Når vi tilfører energi til en eller anden genstand, stiger genstandens temperatur T . Den energi, man skal tilføre, afhænger både af genstandens masse og materiale. Desuden kræver det dobbelt så meget energi at hæve temperaturen to grader som at hæve den en grad. Energien er derfor proportional² med temperaturstigningen. Man kan skrive

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Her er E den tilførte energi (målt i J), m genstandens masse (målt i kg), ΔT er temperaturstigningen (målt i °C) og c er en konstant, der afhænger af materialet (en materialekonstant). Konstanten c kaldes for materialets varmfylde (eller specifikke varmekapacitet). Man kan omskrive formelen til

$$c = \frac{E}{m \cdot \Delta T}$$

Enheden for varmfylde kan nu aflæses som enheden for de fysiske størrelser, der indgår i formelen og den bliver dermed $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$. Vand har varmfylde 4180 $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$. Det betyder, at det kræver en energimængde på 4180 J at opvarme 1 kg vand 1 °C. **Generelt kan man sige, at et stofs varmfylde er den energimængde, der skal tilføres et 1 kg af stoffet for at opvarme det 1 °C.**

Varmefylde		Varmefylde	
Væske	c i $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	Fast stof	c i $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$
Vand	4180	Is	2040
Havvand	3930	Aluminium	900
Ethanol	2430	Sand	840
Motorbenzin	2240	Granit	800
Eddikesyre	2030	Jern	452

Forskellige materials varmfylde kan måles eksperimentelt og aflæses i tabeller (tabelværdi). I tabellen ses værdierne af varmfylde for forskellige faste stoffer og væsker.

Bemærk at vand har en meget stor varmfylde i forhold til andre materialer. Det betyder, at man skal tilføre meget mere energi til vand for at få temperaturen til at stige. Omvendt indeholder vand også meget indre energi som kan frigives ved nedkøling. Det har betydning for klimaet. Når det bliver forår og Jorden modtager mere energi fra Solen, vil vandet ikke få så stor en temperaturstigning som fastlandet. I lande der er omgivet af meget vand, vil man have et særligt klima – kystklima – hvor somrene ikke bliver så varme og vintrene ikke så kolde som på det indre af et stort kontinent. Meget store temperaturforskelle mellem dag og nat og mellem sommer og vinter (fastlandsklima) kan være udfordrende for opretholdelsen af liv.

² At en størrelse y er proportional med en anden størrelse x betyder, at når x fordobles, vil også y fordobles. Det kan matematisk beskrives ved ligningen $y = k \cdot x$.

Formlen ovenfor kan omskrives og da den indeholder fire fysiske størrelser, så kan den skrives på fire måder:

Til beregning af energi:	Til beregning af varmekapacitet:	Til beregning af masse:	Til beregning af temperaturstigningen:
$E = m \cdot c \cdot \Delta T$	$c = \frac{E}{m \cdot \Delta T}$	$m = \frac{E}{c \cdot \Delta T}$	$\Delta T = \frac{E}{m \cdot c}$

Eksempel 1:

Når 2 kg vand opvarmes 1 °C kræver det en dobbelt så stor energimængde som hvis det kun var 1 kg. Dvs. en energi på $2 \cdot 4180 \text{ J} = 8360 \text{ J}$.

Dette kan også beregnes med formlen: $E = m \cdot c \cdot \Delta T = 2 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1 ^\circ\text{C} = 8360 \text{ J}$

Eksempel 2:

Når 2 kg vand opvarmes 10 °C kræver det en energi på $10 \cdot 8360 \text{ J} = 83600 \text{ J}$. Det sidste kan også udregnes ved at bruge formlen

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T = 2 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10 ^\circ\text{C} = 83600 \text{ J}$$

Eksempel 3:

En blyklump tilføres en energi på 5746 J og derved stiger dens temperatur fra 18 °C til 44 °C. Hvor meget vejer blyklumpen? – det vil vi nu finde ud af.

Hvis vi skal kunne bruge formlen ovenfor til at kunne beregne dette, så skal vi kende værdier for alle de indgående fysiske størrelser på nær massen m , som vi skal finde, dvs. vi skal kende E , c og Δt . Energien får vi angivet, varmekapaciteten kan slås op i tabellen ovenfor og temperaturstigningen kan beregnes. Vi kender altså alt det vi behøver:

Energi: $E = 5746 \text{ J}$

Varmekapacitet: $c = 130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

Temperaturstigning: $\Delta T = 44 ^\circ\text{C} - 18 ^\circ\text{C} = 26 ^\circ\text{C}$

Nu isoleres massen i formlen og tallene indsættes

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \Leftrightarrow \quad m = \frac{E}{c \cdot \Delta T} = \frac{5746 \text{ J}}{130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 26 ^\circ\text{C}} = 1,7 \text{ kg}$$

Massen af blyklumpen er altså 1,7 kg.

Vi vil også lige se lidt på begrebet effekt. Effekt beskriver hvor hurtigt energien omsættes. Effekt P er derfor defineret som omsat energi E delt med tiden t der er forløbet

$$P = \frac{E}{t}$$

Effekt måles i watt (W). 1W er det samme som 1 Joule pr. sekund.

Mere om effekt

Ganger man med t på begge sider i ovenstående ligning, får man $P \cdot t = E$ eller

$$E = P \cdot t$$

Altså får man energi ved at gange effekten med tiden. Da formelen indeholder tre fysiske størrelser, så kan den skrives på tre måder:

Til beregning af effekt:	Til beregning af energi:	Til beregning af tid:
$P = \frac{E}{t}$	$E = P \cdot t$	$t = \frac{E}{P}$

Begreberne Wh (Watthour) og kWh (kiloWatthour) er andre enheder for energi. De angiver henholdsvis, hvor meget energi 1 W omsætter på en time og hvor meget energi en kiloWatt, 1 kW = 1000 W, omsætter på 1 time. Her er der benyttet et k for kilo som præfiks³. Når vi bruger formelen $E = P \cdot t$ får vi:

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 1 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J} = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ}$$

Udregningerne viser bl.a., at hvis man skal omregne en energi fra kWh til J, så skal man altså gange med 3600000. Og omvendt, hvis man skal omregne fra J til kWh, så skal man dividere med 3600000.

I følgende artikel om grøn strøm fra Solen bruges også enheden MWh (megaWatthour) som altså er den energi en megawatt omsætter på en time:
<https://www.dr.dk/nyheder/vejret/sommeren-har-slaaet-rekord-i-groen-stroem-fra-solen>. **Hvor meget er fx 9531 MWh i J?**

Eksempel 4:

En elkedel på 1800 W er tændt i 3 min. Vi vil beregne, hvor meget elektrisk energi der omsættes til varme. Vi benytter formelen

³ Se afsnittet om præfikser på de sidste sider i dette hæfte for forklaring af omskrivning mellem enhederne.

$$E = P \cdot t = 1800 \text{ W} \cdot (3 \cdot 60 \text{ s}) = 324000 \text{ J} = 324 \text{ kJ}$$

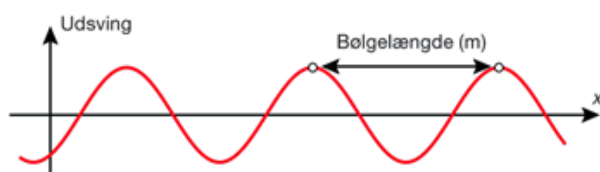
Eksempel 5:

1 m² af Jordens overflade optager i gennemsnit en effekt på 238 W fra Solen. Vi vil regne ud, hvad det bliver på 1 år. Her er 1 år = 365 · 24 · 60 · 60 s = 31536000 s

$$E = P \cdot t = 238 \text{ W} \cdot 31536000 \text{ s} = 7505568000 \text{ J} = 7,5 \text{ GJ}$$

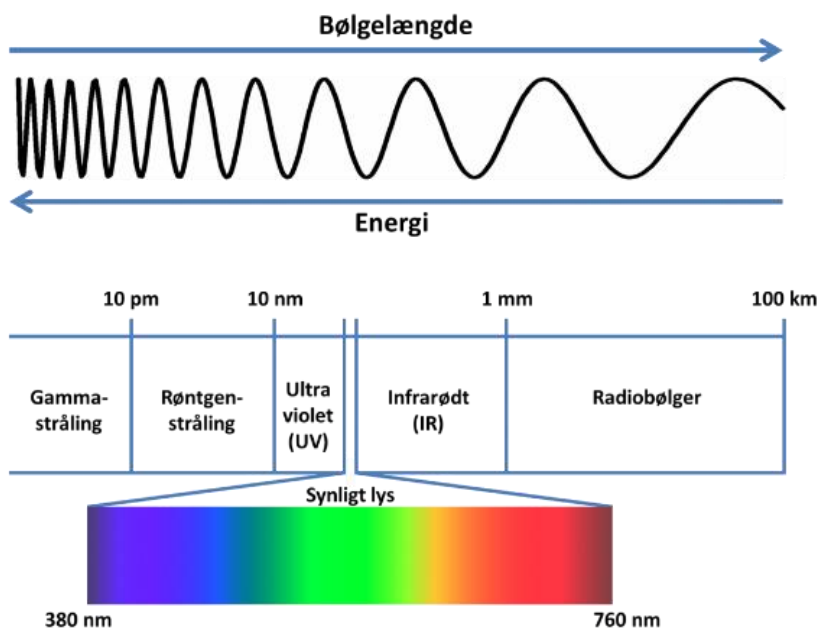
Det elektromagnetiske spektrum

Det elektromagnetiske spektrum et spektrum af bølger med meget forskellige egenskaber. Fælles for dem alle er, at de kan udbrede sig i vakuum (tomt rum). En bølge er bl.a. karakteriseret ved dens bølgelængde. På figuren nedenfor er illustreret, hvad en bølgelængde er, nemlig afstanden mellem to bølgetoppe.



Figur 8 Bølgelængde

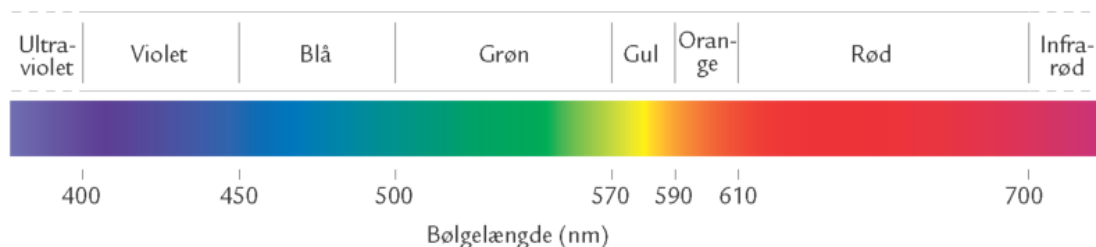
Nedenfor ses det elektromagnetiske spektrum. Bemærk at bølgelængden stiger, når man bevæger sig mod højre. Radiobølger har således de længste bølgelængder og gammastråling har de korteste.



Figur 9 Det elektromagnetiske spektrum

<https://www.youtube.com/watch?v=bjOGNVH3D4Y> Hør "The Electromagnetic Spectrum Song" - by Emerson & Wong Yann (Singapore)

På billedet nedenfor er der zoomet ind på den del det elektromagnetiske spektrum, der er synligt for mennesker. Med cirkatal siger man ofte, at det synlige spektrum går fra 400 nm til 700 nm, hvor enheden nm betyder nanometer. Dette kan også angives i mikrometer, hvor det så er $0,4\mu\text{m}$ til $0,7\mu\text{m}$. Elektromagnetisk stråling med kortere bølgelængder kaldes ultraviolet stråling (UV-stråling) (ca. 100 – 400 nm) og længere bølgelængder infrarød stråling (IR-stråling) (ca. 700 – 1.000.000 nm eller 700 nm – 1 mm).



Figur 10 Synligt lys

Omregning mellem nanometer og meter (se også afsnit om præfikser)

Mange bølgelængder angives i nanometer (nm), da de er meget små. Der gælder, at

$$1 \text{ nm er en milliardte del af } 1 \text{ m}$$

Hvis man skal omregne en enhed fra nm til m, så skal kommaet altså flyttes 9 pladser mod venstre. Hvis man omvendt skal omregne fra m til nm, så gælder der at

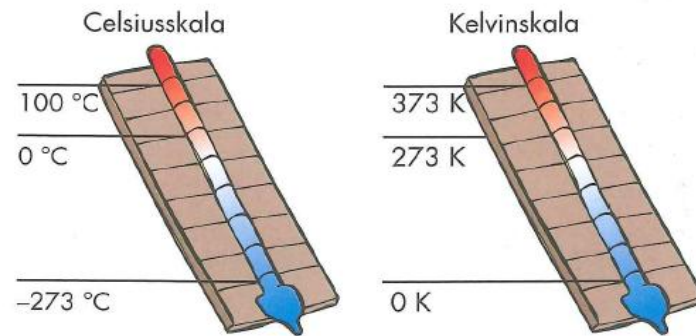
$$1 \text{ m} = 1000.000.000 \text{ nm}$$

Hvis man skal omregne en enhed fra m til nm, så skal kommaet altså flyttes 9 pladser mod højre.

Kelvinskalaen (en temperaturskala)

Det absolutte nulpunkt er temperaturen -273°C . Ved denne temperatur ville alle atomer og molekyler ligge helt stille (normalt vibrerer de). Det absolutte nulpunkt er en teoretisk nedre grænse for temperatur og man har ikke realiseret denne temperatur, men fysikere er kommet meget tæt på.

Vores Celsius-skala er konstrueret sådan at 0°C er frysepunktet/smeltepunktet for vand ved 1 atm (atmosfære) tryk – altså nogenlunde trykket på jordoverfladen i Danmark. Kelvinskalaen er indrettet, så nulpunktet er det absolutte nulpunkt og en stigning på 1 grad er det samme i Kelvin som i Celsius. Derved bliver Kelvintemperaturen altid et positivt tal. På billedet ses Celsius-skalaen og Kelvinskalaen sammenlignet.



Figur 11 Kelvinskalaen

Bemærk at begge skalaer har samme inddeling, men forskelligt nulpunkt. Når en temperatur angives i Kelvin kalder man det også den absolutte temperatur. Alle legemer, der har en temperatur over det absolutte nulpunkt, udsender elektromagnetisk stråling og det er temperaturen af legemet, der afgør, hvilken type elektromagnetisk stråling, der udsendes. Hvordan dette hænger sammen, forklares i et senere afsnit.

Omregne fra Celsius til Kelvin

Formel: $T_K = (T_C + 273)K$

Temperaturen på $T_C = 100^\circ\text{C}$ svarer til Kelvintemperaturen $T_K = (100 + 273)K = 373K$.

Omregne fra Kelvin til Celsius

Formel: $T_C = (T_K - 273)^\circ\text{C}$

Temperaturen på $T_K = 156 K$ svarer til Celsius-temperaturen $T_C = (156 - 273)^\circ\text{C} = -117^\circ\text{C}$

Spørgsmål

- Hvad er det absolutte nulpunkt?
- Hvad gør alle legemer over det absolutte nulpunkt?
- Omregn $T_C = 135^\circ\text{C}$ til Kelvin
- Omregn $T_K = 5800 K$ til Celsius
- Hvad er vands frysepunkt og kogepunkt angivet i Kelvin?
- Jordens gennemsnitstemperatur er 15°C . Hvad er dette i Kelvin?

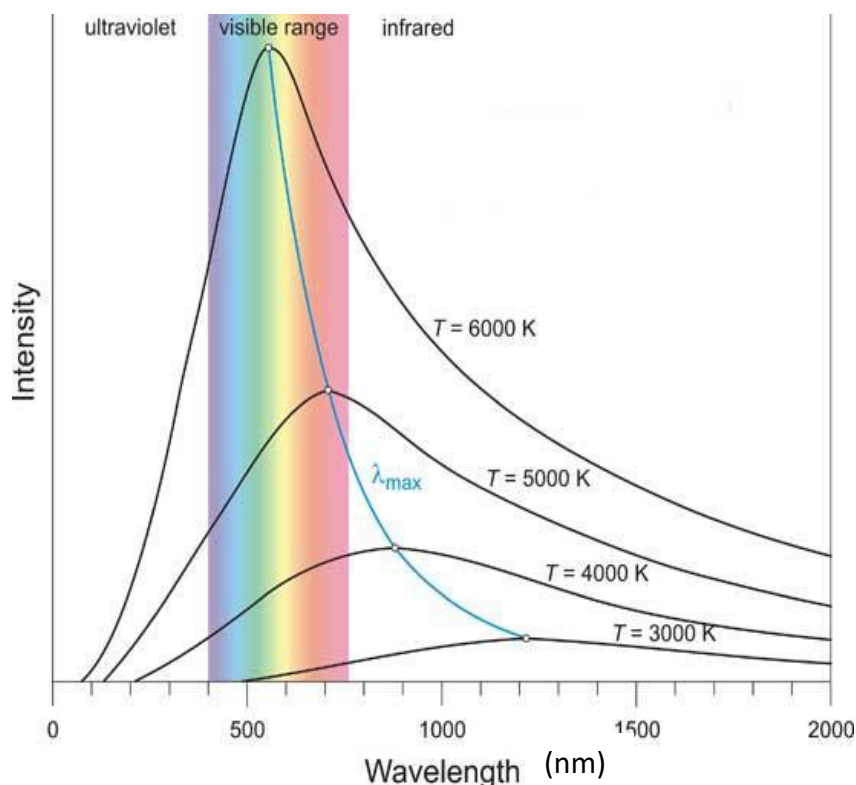
Stråling fra Solen

Solen er afgørende for en klodes klima. Solen udstråler energi i alle retninger. En meget lille del af Solens stråling rammer Jorden og varmer den op. Jorden udstråler også selv energi til rummet, hvilket den gør i form af varmestråling (infrarød stråling) og det er langbølget stråling. Varmestrålingen er stærkt afhængig af temperaturen på den genstand, som udsender strålingen. Strålingen fra Solen eller fra en glødepære er hvidt eller gulligt lys, mens strålingen fra et varmeapparat er mærkbar men usynlig. Når smeden opvarmer et stykke jern, bliver det først rødglødende senere gult og til sidst hvidglødende.



Figur 12 Glødende jern

Denne stråling kan beskrives ved Planck kurver, der viser intensitets⁴ fordeling på bølgelængder. Planck kurverne (figur 13) viser stråling fra legemer med forskellige temperaturer. Læg mærke til at kurverne ser forskellige ud afhængig af temperaturen. Og det er også forskelligt hvor meget af den stråling de udsender, der er synligt for os mennesker, der som nævnt har bølgelængder mellem 400 nm (blåviolet) og 700 nm (rødt) som markeret på figuren (hvor det dog går til ca. 750 nm). Meget af strålingen bliver nemlig udsendt som ultraviolet (UV) og infrarød (IR) stråling.



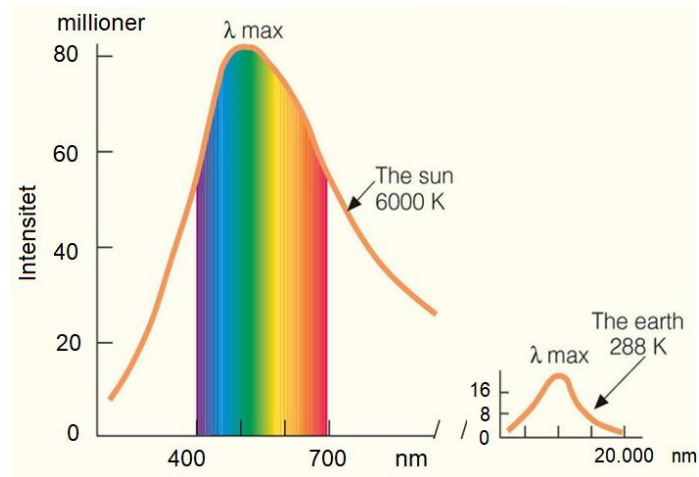
Figur 13 Planck kurver

Du kan selv undersøge Planck-kurver på https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_da.html.

Generelt kan man af Planck-kurverne se, at jo lavere temperaturen af et legeme/ en genstand (fx en sol) er, jo lavere bliver kurverne. Det betyder, at der samlet set ikke udsendes så meget stråling fra et koldt legeme som fra et varmt legeme. Hvis man kigger godt efter, kan man også se, at den bølgelængde, hvor kurven topper flytter sig, når man ændrer på temperaturen. Jo varmere et legeme, der udsender strålingen desto lavere bølgelængde, ligger toppen ved.

⁴ Intensitet er effekt pr. areal og enheden kan fx være Joule pr. sekund pr. kvadratmeter.

På figuren til højre er der fokuseret på Solen og Jorden. Den venstre kurve er for Solen. Solens overfladetemperatur er 6000 K . Som det ses, er en stor del af strålingen fra Solen synligt lys som er markeret mellem 400 nm (blåviolet) og 700 nm (rødt). Solen udsender dog også stråling med bølgelængder under 400 nm , hvilket er ultraviolet stråling (UV) og stråling med bølgelængder over 700 nm som er infrarød stråling (IR).



Figur 14 Planck kurver for Solen og Jorden

Den lille kurve til højre viser strålingen fra Jorden. Læg mærke til, at intensiteten for Solen er i millioner, hvilket ikke er tilfældet for Jorden. Bølgelængderne ligger her mellem 1.000 nm og 20.000 nm som er infrarødt lys.

Wiens forskydningslov

Som nævnt er der en sammenhæng mellem temperaturen og bølgelængden ved toppen af kurven. Bølgelængden λ_{max} (læses lambda max) svarende til toppen på grafen er bestemt af Wiens forskydningslov

$$\lambda_{max} \cdot T = \text{konstant}$$

Her er T den absolutte temperatur eller Kelvintemperaturen. Den udregnes ved at lægge 273 til Celsiustemperaturen. Konstanten på højresiden er $0,0029\text{ m} \cdot \text{K}$. Konstanten har altså enheden $\text{m} \cdot \text{K}$. Det stemmer med, at man ganger bølgelængden i m med den absolutte temperatur i K.

$$\lambda_{max} \cdot T = 0,0029\text{ m} \cdot \text{K}$$

I formlen ovenfor er λ_{max} og T fysiske størrelser og m og K er enheder på tallet 0,0029. Når der regnes med formelen, skal der altså ikke indsættes tal på m og K's pladser. Formlen kan omskrives så den kan bruges til at finde λ_{max} og til at finde T .

$$\text{Til at finde } \lambda_{max}: \quad \lambda_{max} = \frac{0,0029\text{ m}\cdot\text{K}}{T}$$

$$\text{Til at finde temperaturen:} \quad T = \frac{0,0029\text{ m}\cdot\text{K}}{\lambda_{max}}$$

Eksempel 6:

En radiator har en temperatur på $73\text{ }^{\circ}\text{C}$. Den udsender stråling (i form af varme) og vi vil nu finde bølgelængden λ_{max} .

Vi udregner først den absolutte temperatur $T = (73 + 273)\text{ K} = 346\text{ K}$.

Bølgelængden af denne stråling kan nu udregnes med Wiens forskydningslov:

$$\lambda_{max} \cdot T = 0,0029\text{ m} \cdot \text{K}$$

Vi omskriver formelen til

$$\lambda_{max} = \frac{0,0029 \text{ m} \cdot \text{K}}{T}$$

$$\text{Altså } \lambda_{max} = \frac{0,0029 \text{ m} \cdot \text{K}}{T} = \frac{0,0029 \text{ m} \cdot \text{K}}{346 \text{ K}} = 0,0000084 \text{ m} = 0,0084 \text{ mm} = 8,4 \text{ m} .$$

Eksempel 7:

En elpære udsender stråling, hvor den største intensitet er ved en bølgelængde på $956 \text{ nm} = 956 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Nu vil vi finde temperaturen af pæren.

Vi omskriver formelen til

$$T = \frac{0,0029 \text{ m} \cdot \text{K}}{\lambda_{max}}$$

Temperaturen inde i pæren må derfor være $T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{956 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3033 \text{ K}$ som omregnes til Celsius:

$$(3033 - 273) ^\circ\text{C} = 2760 ^\circ\text{C}.$$

Spørgsmål og opgaver

- Beregn λ_{max} for Solen, når dens overfladetemperatur er $T = 6000 \text{ K}$. Angiv svaret i både mikrometer og nanometer.
- Passer dit svar med figuren med Planck-kurver for Solen og Jorden længere oppe?
- Er strålingen synligt for mennesker og i så fald hvilken farve har lyset for λ_{max} sådan cirka? (brug figuren fra afsnittet om det elektromagnetiske spektrum)
- Beregn λ_{max} for Jorden, der med atmosfæren har en gennemsnitstemperatur på overfladen på ca. $15 ^\circ\text{C}$ (ca. $-18 ^\circ\text{C}$ hvis der ikke var en atmosfære) og dermed en Kelvintemperatur på 288 K . Angiv svaret i både mikrometer og nanometer.
- Passer dit svar med figuren med Planck-kurver for Solen og Jorden længere oppe?
- Udfyld linjerne med meningsgivende ord i nedenstående tekst:
Jo højere overfladetemperaturen af et legeme er, desto _____ er bølgelængden af den stråling, der udsendes mest af (λ_{max}). Da Solens temperatur er 6000 K og Jordens temperatur er 288 K , betyder det, at Solen overordnet udsender kortbølget stråling og Jorden udsender _____ stråling.
Bølgelængderne for strålingen med maksimal intensitet er for Solen ca. _____ m = _____ nm og for Jorden ca. _____ m = _____ nm. Det betyder, at Solen udsender både _____, synligt lys og infrarød stråling, mens Jorden udelukkende udsender langbølget _____ stråling.
- En UV-lampe udsender UV-lys med $\lambda_{max} = 300 \text{ nm}$. Hvad er temperaturen af lampen?
- Beregn ved brug af Wiens forskydningslov λ_{max} for en radiator med temperaturen $60 ^\circ\text{C}$.

Infrarød stråling

Infrarød stråling er usynligt lys med bølgelængder fra ca. 700 nm til ca. 1 mm. Et infrarødt termometer som kan ses på billedet nedenfor til venstre, virker ved at termometeret måler den stråling, der udsendes fra en genstand/person. Ud fra strålingens intensitetsfordeling bestemmer termometeret den bølgelængde, der udsendes mest stråling af, λ_{max} , og omsætter den til en temperatur.



Figur 15 Infrarødt termometer

På samme måde kan et termokamera bruges til at bestemme temperaturen af forskellige genstande (se billede ovenfor til højre). Dette kan bl.a. bruges til at undersøge, hvor godt huse er isoleret.

Ultraviolet stråling

Ultraviolet stråling er usynligt lys med bølgelængder fra ca. 1 nm til ca. 400 nm. Ultraviolet stråling gør os solbrændte, men den skader også vores hud i form af rynker og hudkræft. Den mest kortbølgede del UV-C stråling stoppes dog af atmosfæren. Visse flader der belyses med UV -lys vil se selvlysende ud. UV-stråling har desuden desinficerende egenskaber.



Figur 16 UV-stråling



Noget som har stor betydning for klimaet på en klode, er hvor meget af det lys, som rammer den, der kastes tilbage og forsvinder ud i rummet igen. Den andel af den indkomne stråling, der reflekteres kaldes albedo.

Albedo kan også kaldes refleksionsevne. Hvis al strålingen bliver reflekteret, er albedoen 1 eller 100 %, hvis al strålingen absorberes er albedoen 0.

THE ALBEDO SCALE

a material's albedo tells us how well it reflects the sun's energy.

Albedo Value	Material
0.9	snow on ice
0.2	soil
0.06	ocean
0.4	sea ice

0 Pure black 100% absorbent

1 Pure white 100% reflective

⁵ Refleksion: Når stråling reflekteres af en overflade, betyder det, at strålingen med det samme sendes væk fra overfladen uden, at der overføres energi. Der sker altså ikke en temperaturstigning.

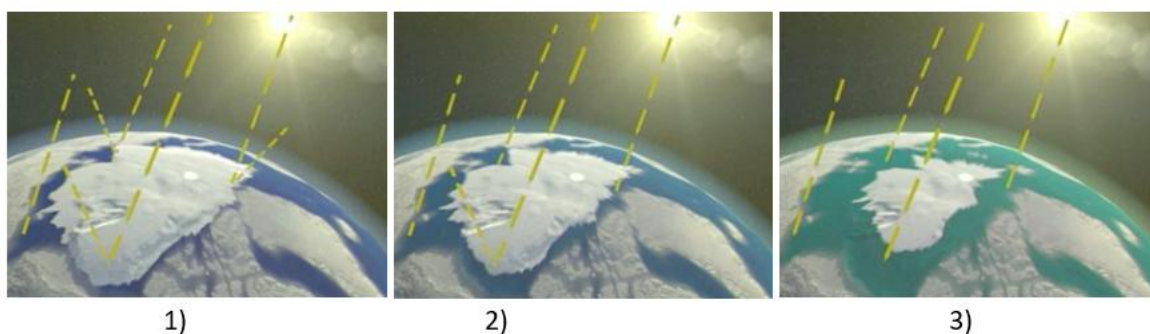
Side **18** af **38**

Nedenfor er angivet typiske albedoværdier for forskellige overflader.

Materiale	ny asfalt	hav	skov sommer	sand	skyer	ny sne
Albedo	3-4 %	5-10 %	8-15 %	15-45 %	30-90 %	80-95 %

Den stråling, der ikke reflekteres, vil enten absorberes eller transmitteres. Hvis strålingen absorberes i et materiale, vil materialets temperatur stige. Jo lavere albedo, jo mere stråling absorberes og dermed vil temperaturen stige mere. De fleste kender dette på egen krop. Når man har mørkt tøj på i solen, bliver man mere varm, end hvis man har lyst tøj på. Nogle materialer kan transmittere dele af strålingen. F.eks. vil vinduesglas transmittere store dele af det synlige lys, mens dele af det ultraviolette lys absorberes. Man bliver derfor ikke solbrændt gennem et vindue.

Albedoen har stor betydning for en klodes klima. Normalt vil der være en ligevægt mellem indstråling og udstråling over tid, så klodens gennemsnitstemperatur er nogenlunde konstant. Hvis en klode har isdække og indstrålingen øges, vil det betyde øget afsmeltning. Når der er mindre is, vil albedoen falde, da materialer under isen med et lavere albedo vil komme til syne. Dermed reflekteres mindre stråling og strålingen vil derfor i højere grad absorberes i klodens overflade, så dennes temperatur vil stige med øget afsmeltning til følge. Dette er en positiv feedback-mekanisme, fordi det er en selvforstærkende mekanisme. Dette er illustreret på den næste figur.



Figur 19 Feedbackmekanismer

På billederne ses:

- 1) En isdækket overflade med høj albedo vil reflektere det meste af indstrålingen.
- 2) I takt med at jordklodens temperatur stiger vil mere af isen smelte, hvilket leder til mere af solstrålingen nu absorberes i havvandet der har en lavere albedo. Dermed stiger temperaturen endnu mere.
- 3) Jo mere is der er smeltet, desto mere solenergi vil der absorberes, hvilket igen leder til endnu højere temperaturer. Dette er den positive feedback mekanisme, hvor de to processers temperaturstigning og issmeltning forstærker hinanden.

En højere temperatur kan dog også forårsage øget fordampning og dermed øget skydannelse. Flere skyer kan reflektere en større del af solstrålingen, inden den når ned til overfladen. Sker dette vil temperaturen falde. Der er så tale om en negativ feedbackmekanisme. Dette kan være med til at stabilisere klimaet. I 2017 fandt NASA's Hubble-rumteleskop en meget sort planet

WASP-12b⁷, der fanger 94% af det lys, som den modtager fra den nærliggende stjerne. Den er 2500 °C på dagsiden og meget køligere på natsiden.

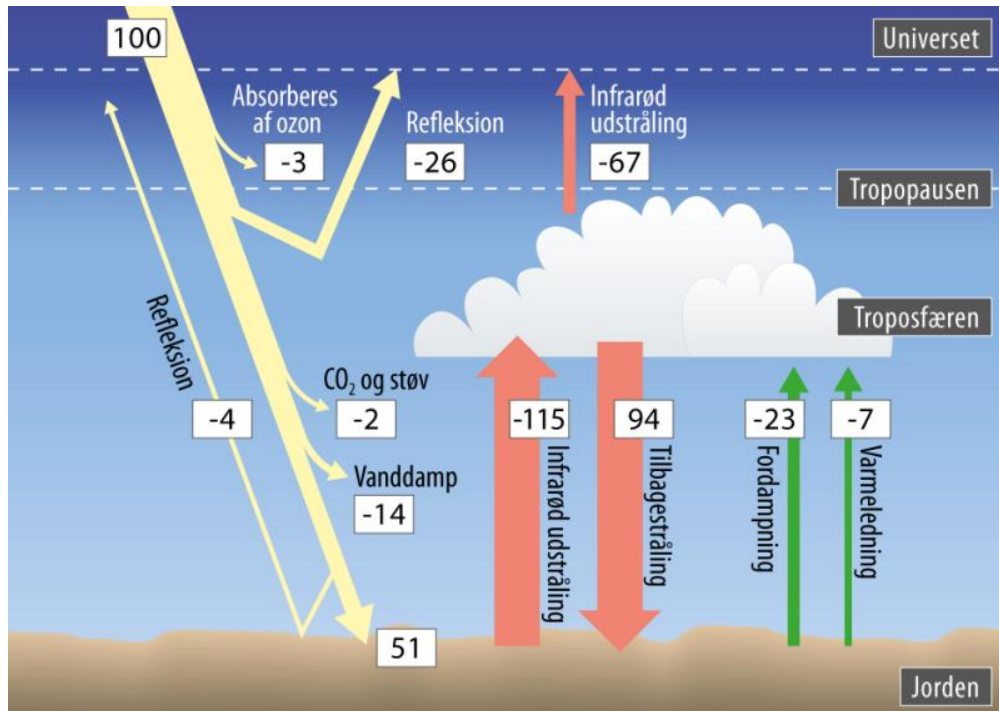
Spørgsmål til albedo

- a) Hvad vil det sige at stråling reflekteres og absorberes?
- b) Hvad er albedo?
- c) Hver m² af en overflade udsættes hvert sekund for en indkommende stråling med energien 200 Joule, hvor den reflekterede stråling tilsvarende har en energi på 40 Joule. Hvad er overfladens albedo?
- d) Hvilken værdi har Jordens albedo?
- e) Hvad sker der med gennemsnitstemperaturen på Jorden, hvis Jordens samlede albedo falder?
- f) Er der nogle selvforstærkende effekter i forbindelse med afsmeltning af is i eksempelvis Grønland og på Nordpolen?

⁷ <https://videnskab.dk/naturvidenskab/nasa-opdager-lysaedende-og-kulsort-planet>

Drivhuseffekten

Både drivhuseffekt og albedo har stor betydning for klodens klima. At klimaet er stabilt, afhænger i sidste ende af, om indstråling er lig med udstråling. Jordens gennemsnitlige albedo ligger på ca. 30 % Se figuren nedenfor.



Figur 20 Strålingsbalancen

Atmosfæren tillader kortbølget stråling fra Solen (især UV-stråling og synligt lys) at trænge igennem, mens den absorberer den langbølgede infrarøde stråling, der udsendes fra Jorden. Dette er en pendant til det, der foregår i et drivhus, som så har givet navn til effekten i atmosfæren, nemlig drivhuseffekten. Denne naturlige drivhuseffekt er årsag til, at jordoverfladen er ca. 33°C varmere end den ville have været uden drivhuseffekten. Det betyder, at Jordens gennemsnitstemperatur er ca. 15°C i stedet for -18°C, hvilket har været afgørende for, hvordan livet har udviklet sig.

Atmosfæren består af forskellige gasarter og hvis en gas har evnen til at absorbere den langbølgede stråling, der udsendes fra Jorden, så kaldes den en drivhusgas. Blandt de naturligt forekommende drivhusgasser er vanddamp (H₂O), kuldioxid (CO₂), metan (CH₄) og lattergas (N₂O).

Udover denne naturlige drivhuseffekt, så er der også den menneskeskabte drivhuseffekt, der betyder at Jordens drivhuseffekt bliver stærkere end den naturlige. Den menneskelige drivhuseffekt skyldes afbrænding af fossile brændsler, hvorved der udledes kuldioxid (CO₂) som også er en drivhusgas.

Lattergas er som drivhusgas ca. 300 gange stærkere end CO₂, mens metan er ca. 23 gange stærkere CO₂. Den drivhusgas, der er mest af i atmosfæren, er vanddamp.

Spørgsmål til drivhuseffekten

- a) Beskriv, hvad der gør en gas til en drivhusgas. Giv eksempler på drivhusgasser.
- b) Gå til https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_en.html
 - Skift først til kuldioxid og prøv derefter at sende både infrarød stråling og synligt lys ind mod molekylet. Hvordan ses det at kuldioxid er en drivhusgas?
 - Kan du vise at metan er en kraftigere drivhusgas end kuldioxid?
- c) Forklar Jordens strålingsbalance ud fra figuren i afsnittet om drivhuseffekten.
- d) Identificer på figuren, hvor drivhuseffekten ses.
- e) Hvilken betydning har drivhuseffekten for gennemsnitstemperaturen på Jorden?
- f) Hvor ses albedo-effekten på figuren over strålingsbalancen ovenfor?
- g) Hvad sker der, hvis Jordens albedo falder? Hvad ændres på figuren?
- h) Hvad sker der med gennemsnitstemperaturen på Jorden, hvis Jordens samlede albedo falder?

Simulering af drivhuseffekten

Nu skal du undersøge, hvordan forskellige ændringer i atmosfæren påvirker gennemsnitstemperaturen. Det kan du gøre enten på

<http://www.netlogoweb.org/launch#http://www.netlogoweb.org/assets/modelslib/Sample%20Models/Earth%20Science/Climate%20Change.nlogo>

- a) Start med at trykke setup og derefter go.
- b) Hvad bemærker du?
- c) Hold også øje med temperatur-grafen - hvad sker der med temperaturen?
- d) Prøv at skrue helt op for model speed et stykke tid og skru derefter ned til middel igen.
- e) Hvad sker der nu med temperaturen?
 - Fortsætter den med at stige, falder den eller stabiliserer den sig og bliver nogenlunde konstant?
 - Kan du forklare hvorfor?
- f) Nu skal du undersøge, hvad en øget mængde kuldioxid betyder for temperaturudviklingen.
 - Lav først en hypotese, altså et kvalificeret bud på, hvad der kommer til at ske.
 - Tilføj kuldioxid, skru op for speed og se, hvad der sker.
- g) Nu skal du undersøge, hvad en øget mængde skyer (vanddamp) betyder for temperaturudviklingen.
 - Lav først en hypotese, altså et kvalificeret bud på, hvad der kommer til at ske.
 - Tilføj skyer, skru op for speed og se, hvad der sker.

Lidt videnskabsteori

Når man arbejder inden for naturvidenskab er der visse regler for godt arbejde. Det handler om metoder dvs. den måde man arbejder på i fagene.

Begrebspar

Det er ikke alle ting, som kan undersøges med den naturvidenskabelige metode. Objektive påstande kan altid undersøges ved eksperimenter, mens subjektive påstande ikke kan. Eksempler på disse begreber ses i nedenstående tabel.

Objektive påstande	Subjektive påstande
Vand fryser til is ved 0 °C	Øl smager godt
Runde Tårn er 36 m højt	FCK er verdens bedste fodboldteam
Isterner flyder på vand	Gefion er en god skole

Data fra observationer og iagttagelser kan være kvantitative, hvilket betyder, at de kan tillægges en værdi og en enhed. Det kan f.eks. være antal (stk.), vægt (kg), højde (cm), hastighed (m/s), rumfang (L) etc.

Data kan også være kvalitative, dvs. data, der ikke kan gøres op i tal. Det kan i stedet f.eks. være form, farve, smag og lugt, der kigges på.

Kvantitative observationer	Kvalitative observationer
Snoren er 13,7 m lang	Vandet er varmt
Temperaturen var 21 °C	Maden lugter godt
Pigen vejer 53 kg	Blusen er rød

Naturvidenskabelig metode

Når man skal undersøge noget inden for naturvidenskab – f.eks. en hypotese man har opstillet, er det vigtigt, at man går metodisk frem.

For at et eksperiment kan give fornuftig information, skal man kunne kontrollere de forskellige størrelser, der indgår, og kun ændre på en af dem ad gangen. På den måde kan det gøres tydeligt, hvordan en faktor (den uafhængige variabel) påvirker en anden (den afhængige variabel).

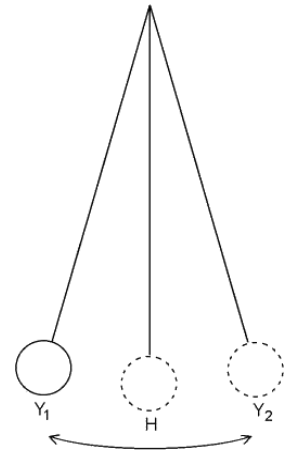
Variabel	Forklaring
Den uafhængige variabel	Den størrelse eller egenskab, der varieres.
Den afhængige variabel	Den størrelse som man skal undersøge hvordan ændrer sig, når den uafhængige variabel varieres.
Kontrollerede variable	Størrelser eller betingelser, som kan påvirke forsøgets resultat, og som derfor holdes konstante.

Når man designer et forsøg, hvor man f.eks. skal undersøge hvad svingningstiden for et pendul afhænger af, skal man først overveje hvilke variable, der med rimelighed kan have indflydelse på resultatet. Variable som f.eks. farven på snoren og temperaturen i lokalet kan nok udelukkes. Når man så har et antal variable tilbage som længden på snoren, massen af pendulloddet og udsvingets størrelse, skal man variere en variabel ad gangen og holde de øvrige konstante. Derved kan man måske udelukke en eller flere variable som betydende for

resultatet og finde ud af, hvordan svingningstiden ændres, når hver af de uafhængige variable varieres.

SI-enheder

Inden for naturvidenskab har man aftalt at benytte et internationalt system af enheder, som er defineret meget præcist. De kaldes SI enheder af det franske *Système international d'unités*.



Figur 21
Pendulsvingninger

Fysisk størrelse	SI-enhed
Længde (l)	Meter (m)
Masse (m)	Kilogram (kg)
Tid (s)	Sekund (s)
Strøm (I)	Ampere (A)
Absolut temperatur (T)	Kelvin (K)
Stofmængde (n)	mol
Lysstyrke	candela

Dekadiske præfikser

Når man arbejder med meget store eller meget små fysiske størrelser, kan man anvende præfikser foran SI-enheden. Derved kan man slippe for meget lange tal med en masse nuller eller slippe for at anvende eksponentiel notation⁸. Vi kender alle $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$, $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$. Nedenfor ses en liste over de mest almindelige præfikser.

Præfiks		Betydning	
Tera	T	1.000.000.000.000	10^{12}
Giga	G	1.000.000.000	10^9
Mega	M	1.000.000	10^6
kilo	k	1.000	10^3
		1	10^0
milli	m	0,001	10^{-3}
mikro	μ	0,000001	10^{-6}
nano	n	0,000000001	10^{-9}
pico	p	0,000000000001	10^{-12}

I følgende artikel om grøn strøm fra Solen bruges der præfikser på enhederne:

<https://www.dr.dk/nyheder/vejret/sommeren-har-slaaet-rekord-i-groen-stroem-fra-solen>.

⁸ Eksempel på eksponentiel notation er at $43700 = 4,37 \cdot 10^4$ og at $0,00567 = 5,67 \cdot 10^{-3}$.

Eksperimenter

Følgende eksperimenter kan gennemføres under dette emne.

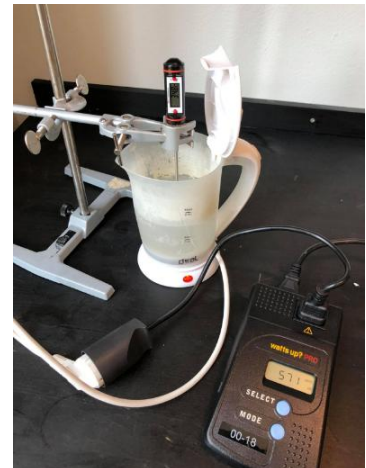
Forsøg 1 Vands varmfylde

Gruppemedlemmer:

Forsøget er udført den:

Fremgangsmåde

1. Sæt en lille elkedel på en vægt og nulstil vægten på TARE.
2. Brug en kande til at hælde 0,3 - 0,4 L (kg) vand i elkedlen. Noter den præcise masse af vandet i elkedlen.
3. Et termometer placeres med et stativ i vandet, så det ikke rører bunden af elkedlen.
4. Tilslut elkedlen til en effektmåler samtidig med at du starter et stopur.
5. Effekten er ikke konstant under forsøget, så læg mærke til hvad effekten er og skriv det tal ned som den oftest er omkring.
Alternativt kan man benytte en energimåler, der måler energien direkte i kJ.
6. Aflæs samtidige målinger af temperatur og tid, mens vandet opvarmes – stop inden det koger. Dette gøres for ca. hver 5°C stigning. En måde at få taget en samtidig måling på er ved at tage et samtidigt billede af måleapparaterne.



Figur 22 Varmefyldeforsøg

Måledata:

Masse af vand	kg	
---------------	----	--

Hvis der måles effekt

Effekt: $P =$

Tid	s	0						
Temperatur	°C							
Omsat energi	J							

Hvis der måles energi

Temperatur	°C							
Omsat energi	kJ							

Databehandling:

Hvis man måler med effektmåleren, skal man først beregne den gennemsnitlige effekt – og for hver måling af tiden udregne energien som effekt gange med tid i sekunder. Tallet divideres med 1000 for at få kJ.

Indtast måledata i en tabel i Excel. 1.aksen er temperatur og 2.aksen er omsat energi.

- a) Ligger punkterne nogenlunde på en ret linje?
- b) Tilføj en lineær tendenslinje og få vist ligningen i diagrammet.
- c) Hvad betyder konstanterne a og b i forhold til dette forsøg?
- d) Indsæt aksetitler på din graf.
- e) Beregn nu varmekapaciteten for vand ved hjælp af formlen $c = \frac{\Delta E}{m \cdot \Delta T}$, hvor m er massen af vandet, ΔT er temperaturforskellen mellem start og slut og ΔE er den samlede omsatte energi.
- f) Sammenlign din udregnede værdi for c med tabelværdien $4180 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ og prøv at forklare eventuelle afvigelser.

Du kan få hjælp til databehandlingen i Excel ved at se denne video:

<https://drive.google.com/drive/folders/1EuvKWBNDkA8oMIEb0BFdTfMVwWZmBDY>

Forsøg 2 Termokamera

Gruppemedlemmer:

Forsøget er udført den:

I dette forsøg skal strålingen fra forskellige legemer undersøges med et termokamera.



Figur 23 Termokamera

Nedenfor er der en række forslag til, hvad der kan undersøges med termokameraet - der er sikkert for mange punkter til, at I kan nå at undersøge det hele og måske har jeres lærer også nogle krav til, hvad I skal bruge termokameraet til.

Når I er færdige med at tage billeder med termokameraet, så sørg for at sende dem til jer selv på mail – eller tag et billede af skærmen på termokameraet med jeres mobiltelefon.

Fremgangsmåde

Tænd kameraet, og så er I klar til at tage sjove billeder.

- 1) Tag et billede af et papkrus med kaffe/varmet vand.
- 2) Tag et billede af en person med briller.
- 3) Tag et billede af din computer.
- 4) Forslag til undersøgelser:
 - Gnid dine hænder mange gange mod hinanden og tag et billede.
 - Dyp din hånd i meget koldt vand og tag et billede.
 - Tag et billede af en stol som nogen har siddet på og en stol, der har været tom.
- 5) Prøv selv at finde på noget at fotografere.

Gruppemedlemmer:

Forsøget er udført den:

I dette forsøg skal vi undersøge hvordan man kan detektere uv-stråling (som jo er usynlig), og hvad uv-stråling kan trænge igennem.

Fremgangsmåde

1. Først afprøves perlerne ved at hælde **nogle af perlerne** ud på en skål på bordet og lyse på dem først med lommelygten og derefter med UV-lampen.

Skriv hvad du observerer:

2. Nu skal du tage en glasplade og lægge over **nogle af** de ufarvede perler. Lys på dem med UV-lys.

Skriv hvad du observerer:

3. Smør nu noget solcreme ud på glaspladen og læg den over nogle friske perler. Lys på dem med UV-lys.

Skriv hvad du observerer:

4. Dæk nu nogle friske perler med et stykke stof (f.eks. en T-shirt). Lys på dem med UV-lys.

Skriv hvad du observerer:

Samlet konklusion

Hvordan kan man detektere uv-stråling?

Hvad stopper uv-stråling?

Gruppemedlemmer:

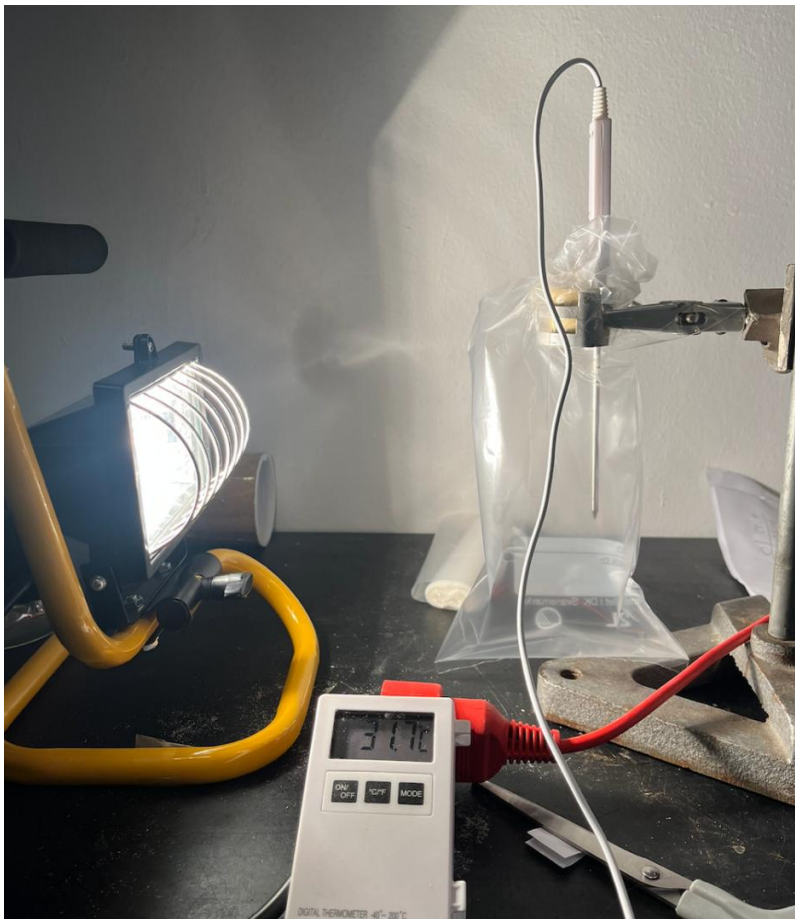
Forsøget er udført den:

Start med at læse hele vejledningen for forsøg 4 igennem inden I går i gang med at lave forsøget.

Vi ønsker her at lave en eksperimentel undersøgelse, der illustrerer princippet bag Jordens energibalance, og som viser effekten af, at Jorden har en beskyttende atmosfære omkring sig.

Del 1. En malerlampe opstilles 20 cm fra et termometer, hvor der er monteret en lille plasticpose med luft omkring føleren. Se figuren. Lampen tændes og temperaturen noteres ned hvert 15. sekund. Der måles i 420 sekunder, hvorefter lampen slukkes. Måleskema findes til sidst i vejledningen. VIGTIGT. MALERLAMPEN KAN BLIVE MEGET VARM, SÅ UNDGÅ AT RØRE VED DEN OG SLUK DEN, NÅR DEN IKKE ER I BRUG. MAN MÅ IKKE TÆNDE LIGE EFTER DEN ER SLUKKET.

Lad føleren køle af inden del 2.



Figur 34 Forsøg med pose (del 2)

Del 2. Uden at ændre på opstillingen, herunder afstanden mellem temperaturføler og lampe tømmes posen for atmosfærisk luft og fyldes med CO_2 . Forsøget gentages som før.

Lampen slukkes og opstillingen køler af, mens gruppen laver første del af databehandlingen.

Databehandling.

Lav en graf i et regneark f.eks. Excel. Her skal I lave et (X,Y) punktplot med tiden ud ad den vandrette akse og temperaturen op ad den lodrette akse. Plottene kan laves i samme graf eller to separate grafer – her skal man dog huske at have samme størrelse på den lodrette akse, så forsøgene kan sammenlignes.

- a) Beskriv graferne med ord, og svar på, hvordan temperaturen ser ud til at ændre sig.
- b) Vurder ligevægtstemperaturen for begge forsøg.

Udvælg de første 5 målinger og lav en lineær tendenslinje ($y = a \cdot x + b$) for disse punkter. Skriv ligningen for linjen ned (bestem forskriften). Forestil dig, at vi havde brugt denne lineære matematiske model til at beskrive temperaturudviklingen og udregn, hvor lang tid, der ville gå for at nå ligevægtstemperaturen. Sammenligning med forsøget.

Hvis gruppen har mere tid, kan man prøve at undersøge ligevægtstemperaturen i forhold til afstanden til lampen uden brug af plasticpose omkring føleren.

Man kan også prøve at fylde posen med udåndingsluft.

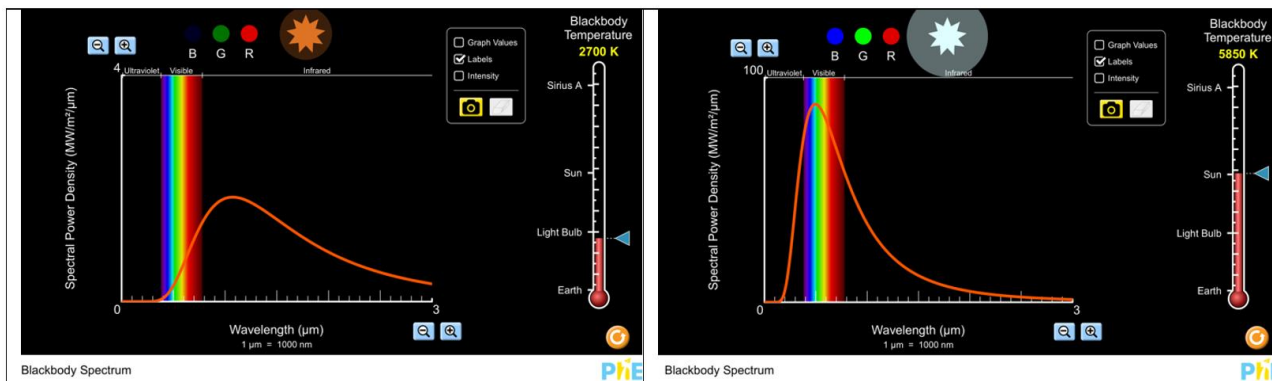
Tabel til indtastning af data fra del 1 og del 2

Tid	Temperatur		Temperatur
0		300	
15		315	
30		330	
45		345	
60		360	
75		375	
90		390	
105		405	
120		420	
135			
150			
165			
180			
195			
210			
225			
240			
255			
270			
285			

Tid	Temperatur		Temperatur
0		300	
15		315	
30		330	
45		345	
60		360	
75		375	
90		390	
105		405	
120		420	
135			
150			
165			
180			
195			
210			
225			
240			
255			
270			
285			

Forskellen mellem lampeforsøget og drivhuseffekten for Jorden.

Til forsøget bruges en lyskilde, som er en lidt forældet malerlampe. Lampen har en elektrisk pære. Pæren er en lufttom glasbeholder med en glødetråd inden i. Når der sendes en elektrisk strøm gennem pæren, varmes tråden op til en høj temperatur, og der udsendes lys. Temperaturen i en glødetråd er omkring 2700 °C. Dette er en del mindre end temperaturen på solen, og det betyder, at der udsendes meget infrarød stråling fra pæren i modsætning til solen, hvor det meste lys udsendes i det synlige område.



Figur 27 Planckkurver for lampe og Solen

Figuren ovenover viser forskellen mellem strålingen fra en malerlampe (t.v.) og sollys (t.h.).

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_all.html

Temperaturføleren opvarmes af strålingen fra malerlampen og slipper af med varmen på to måder. Den første måde er ved at udsende infrarødt lys til omgivelserne. Dette er identisk med den måde, hvor på Jorden slipper af med varmen på. Den anden måde er via *konvektion*. Konvektion betyder, at føleren opvarmer luften omkring føleren. Når luften opvarmes, bliver massefylden (densiteten) af luften mindre, og den vil stige til vejrs (ligesom en varmluftsballon). Når plastikposen sættes omkring føleren, dæmpes denne mekanisme.

Fænomenet, *konvektion*, har vi også på Jorden, fordi det er det, der skaber vinde, orkaner og som i det hele taget er kilden til bevægelserne i atmosfæren. Så den bidrager til den lokale afkøling, men globalt set er der bare tale om en omfordeling af varmen / energien. Drivhuseffekten opstår, fordi drivhusgasserne absorberer noget af den infrarøde stråling og genudsender den mod jordoverfladen, så den effektivt bliver varmere. Hvis der er kuldioxid eller vanddamp i posens luft vil dette også kunne bidrage til opvarmningen, men det er usikkert om denne effekt er målbar.

Opgaver

- a) Hvor meget energi kræver det at opvarme 20 kg vand fra 10°C til 40°C?
 - b) Hvor meget energi kræver det at opvarme 20 L vand fra 10°C til 40°C?
 - c) Hvor meget energi kræver det at opvarme 20 kg vand fra 50°C til 80°C?
- Et køleskab indeholder 0,5 kg luft. Luftens varmekapacitet er $1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. Mens køleskabsdøren er åben stiger temperaturen af luften fra 4°C til 6°C. Hvor meget energi er strømmet ind i køleskabet?
- Det kræver en energimængde på 80 kJ at opvarme en sten på 5 kg fra 20°C til 40°C.

 - a) Hvor stor er stenens varmekapacitet?
 - b) Sammenlign med vands varmekapacitet.
- a) En klods af aluminium vejer 600 g. Den opvarmes fra 20°C til 55°C. Hvor meget energi kræver det?
 - b) En anden aluminiumsklods opvarmes fra 8°C til 17°C, når den får tilført 97200 J. Hvad vejer denne aluminiumsklods?
- Omregn 4,2 kWh til MJ.
- Et bølgekraftværk producerer elektrisk energi med en effekt på 500 kW. Hvor meget energi produceres pr. døgn?
- En liter benzin indeholder 34 MJ. En bil kører ved 50 km/h 24 min på 1 L benzin.

 - a) Hvor meget energi omsætter bilen på de 24 min?
 - b) Hvor stor en effekt yder bilens motor da?
- En elektrisk pære har en effekt på 28 W.

 - a) Hvor meget energi omsætter pæren, hvis den er tændt i 3 timer?
 - b) Hvor meget energi omsætter den på et år, når den er tændt i gennemsnit 3 timer pr. dag?
 - c) Omregn til enheden kWh.
 - d) Hvis 1 kWh koster 2,25 kr. Hvad koster det så om året at have pæren tændt
- En kaffemaskine brygger kaffe med en effekt på $P = 1200 \text{ W}$. En kaffebrygning kræver 400 kJ. Hvor lang tid varer kaffebrygningen.
- En måde at opfange noget af energien fra Solen og bruge den til fx at varme et hus op eller varme vand op, er en solfanger (som i modsætning til en solcelle ikke omsætter energien til strøm). En solfanger på 2,5 m² modtager en dag en effekt på 800 W pr. m² fra Solen, når den skinner.

 - a) Hvor meget energi modtager solfangeren i løbet af 3 timer?
 - b) Hvor meget vil temperaturen af 40 liter vand stige ved tilførsel af denne mængde energi?
- I det område, hvor drivhusgasserne befinder sig, er temperaturen af luften -18°C. Beregn τ_{max} .
- Hvordan er Solens intensitet på Mars i forhold til på Jorden?
- Hvad sker der med temperaturen på Jorden, hvis Jordens samlede albedo falder?
- Find ud af hvad temperaturen er på planeterne Merkur og Venus. Prøv at forklare forskellen.

Begrebstabel

Begreb	Forklaring	Eksempel
Fossile brændsler		
Energi		
Bæredygtig energi		
Varmeenergi		
Bevægelsesenergi		
Kemisk energi		
Strålingsenergi		
Elektrisk energi		
Kerneenergi		
Masse		
Temperaturstigning		
Varmefylde		
Enhed		
Tendenslinje		
Varmestråling		
Planck kurve		
Bølgelængde		
Absolut temperatur		
Infrarød stråling		
Ultraviolet stråling		
Drivhuseffekt		
Albedo		
Refleksion		
Absorption		
nanometer		

Billedliste:

Figur 1 <https://da.wikipedia.org/wiki/Jorden>

Figur 2 <http://www.fys.dk/nfa/04/heftet/29.pdf>

Figur 3 <https://fysikleksikon.nbi.ku.dk/e/exoplaneter/>

Figur 4 https://www.klimadebat.dk/grafter_co2udledning.php

Figur 5 <https://www.bt.no/utenriks/i/6zXqkQ/luftforurensning-tar-millioner-av-liv> og
<https://www.aura.dk/stroem/viden/groen-stroem/>

Figur 6 <https://nucleus.dk/component/productfiguremanager//figuregroup/52>

Figur 7 <https://www.youtube.com/watch?v=onU-h0pLwEE>

Figur 8 <https://fysik-kemi.weebly.com/boslashlger.html>

Figur 9 <https://projekter.au.dk/havet/forloeb/forloebsoversigt/det-oplyste-hav/straaling-fra-solen/lysets-spektrum>

Figur 10 https://naturenidanmark.lex.dk/Lys_og_n%C3%A6ringsstoffer

Figur 11 <https://sites.google.com/a/fysik-c.com/geofysik-c/home/straaling-og-jordens-energibalance-side-2/kelvingrader>

Figur 12 <https://www.colourbox.dk/billede/blacksmith-smedjer-et-roedgloedende-jern-i-smedjen-billede-2881412>

Figur 13 <https://riverglennapts.com/da/theory-of-light/848-colour-temperature-of-black-body-radiation.html>

Figur 14 <http://www.earth.ox.ac.uk/~helenj/planetearthHT12/Lecture1.pdf>

Figur 15
<https://www.istockphoto.com/photos/infrared-thermometer> og <https://pxhere.com/da/photo/1354018>

Figur 16 https://bigbangnaturfag.dk/docs/materiale/idekatalog/fra_bbnf/UVbeskyttelse.pdf og
https://www.google.com/search?q=uv+str%C3%A5ling+solarium&tbm=isch&ved=2ahUKEwju986w8LD_AhUxi8MKHXs_DJgQ2-cCegQIABAA&oq=uv+str%C3%A5ling+solarium&gs_lcp=CgNpbWcQAzIHCAAQGBcABDoICAAQsQMgE6C_AgAEIAEELED0gUIABCABDoLCAAQgAAQsQMgE6BwgAEIoFEEM6BAAgAEB46BggAEAUQHICNCVi2TWD8T2gAcAB4AIABclgB0g6SAQXOS4ymAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=L1KAZK6kOLGWjg_b7_rDACQ&bih=520&biw=1263&rlz=1C1GCEA_enDK923DK923&hl=da&safe=active&ssui=on#imgsrc=vlcPQ9_inYryfM

Figur 17
<http://sustainable.dk/energi-2/4-solenergi/>

Figur 18 <https://www.meteorologiaenred.com/da/jordens-albedo.html>

Figur 19 https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/arctic_soot.html

Figur 20 <https://www.dmi.dk/klima/temaforside-energiens-rejse-i-klimasystemet/drivhuseffekten/>

Figur 21 <http://www.ahorn.dk/asu/base/lyshtm/svingblg/svingblg.htm>

nvfy2025

Figur 22 Foto BEH

Figur 23 <https://www.lemu.dk/da/catalog/products/flir-c3-x-kompakt-termisk-kamera/6398742207>
og https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera

Figur 24 Foto MRR

Figur 25 Screenshot fra Excel

Figur 26 Screenshot fra Excel

Figur 27 Screenshot fra https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_all.html

Stikordsliste

absolutte nulpunkt; 12
absolutte temperatur; 13
Absorption; 18
afsmeltning; 19
Albedo; 18
beboelige zone; 3
bevægelsesenergi; 6
bølge; 11
bølgelængde; 11
Celsius-skala; 12
Dekadiske præfikser; 25
Drivhuseffekten; 21
Effekt; 10
elektrisk energi; 6
elektromagnetiske spektrum; 11
energi; 6
exoplanet; 4
fastlandsklima; 8
feedback-mekanisme; 19
fossile brændsler; 6
hypotese; 23
indstråling; 19
infrarød stråling; 12
intensitet; 14
Kelvinskalaen; 12
kemisk energi; 6
klima; 6
Kvalitativ; 23
Kvantitativ; 23
kystklima; 8
langbølget; 13
ligevægt; 19
nanometer; 11
Objektiv; 23
Planck kurver; 14
proportional; 8
Refleksion; 18
SI-enheder; 24
strålingsenergi; 6
Subjektiv; 23
synlige spektrum; 11
termokamera; 17
udstråling; 19
ultraviolet stråling; 12
variabel; 23
varmeenergi; 6
Varmefylde; 8
varmestråling; 13; Se infrarød stråling
videnskabsteori; 23
Wiens forskydningslov; 15