

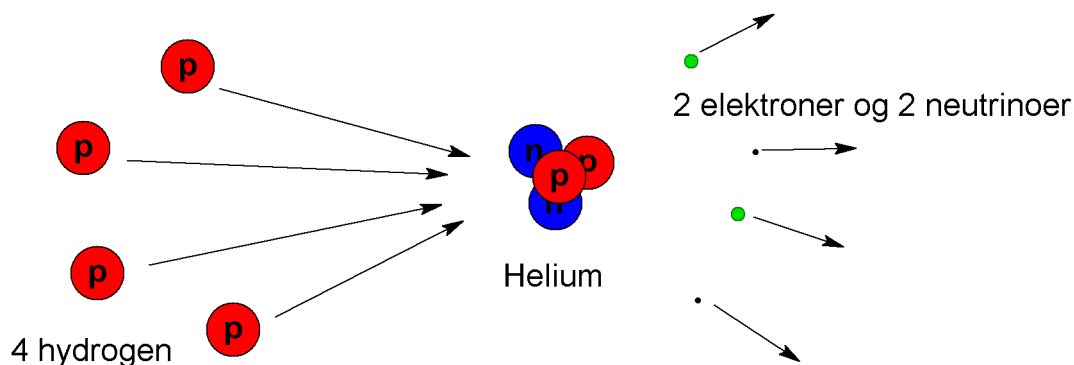
# Solen lyser på os.

## Solens lys

Solen er forudsætningen for liv på jorden. Solen sikrer den fornødne energi til fotosyntesen og solen holder jorden varm, så flydende vand kan forekomme. Solen er også motoren bag alt vejr – regn, blæst og tørke. Jorden og solen er således tæt forbundne og har været det siden dannelsen af solsystemet for omkring 5 milliarder år siden.

## Solens energikilde

Energien i solen stammer fra atomenergi. Populært sagt er solen en gigantisk brintbombe, der er 9 milliarder år om at ”eksplodere”. Processen, der finder sted er at 4 brintatomer støder sammen og danner et heliumatom:



Tegning 1: Dannelse af helium ud fra 4 hydrogen.

I solen findes der ingen atomer. Det er der for varmt til. I stedet findes atomkerner, frie elektroner og stråling af alle typer. Så fysikerne taler om at der finder en kerneprocess sted, hvor 4 hydrogenkerner støder sammen og danner en heliumkerne. Ved denne proces frigives energi. Energien omdannes dels til stråling, dels til varme inde i solen. Inde i solens centrum er temperaturen så høj som 15 millioner°C, men ude ved solens overflade er temperaturen nede på ca. 5500°C.

## Energimængden fra solen.

Solen lyser på os med voldsom meget energi. I jordens gennemsnitlige afstand til solen er effekten (energi pr. sekund) lig med ca. 1300W for hver kvadratmeter! Eller den samme effekt som en lille el-kedel bruger. Kunne vi direkte omsætte energien i sollyset ville en solcelle på 1 m<sup>2</sup> altså kunne skaffe energi nok til en elkedel.

Med fysikkens skriftsprog siger vi at effekten pr. areal er: 1300W/m<sup>2</sup>.

Værdien gælder ude i verdensrummet. Inden sollyset når ned til jordoverfladen, er det blevet svækket, dels ved spredning (dvs. lyset ændrer retning, og bl.a. sendes tilbage til verdensrummet), dels ved absorption (dvs. lysenergien absorberes (opsuges) af partikler i atmosfæren)

Det kan med rimelighed antages at solen lyser lige meget i alle retninger. Man siger den udstråler lyset *isotrop*. Da lyset udsendes med lysets hastighed, også i alle retninger, vil det lys der udsendes til et bestemt tidspunkt bevæge sig ud gennem universet som en kugleflade der pustes op.

## Store tal om solen:

Hvert sekund konverteres omkring  $3,4 \times 10^{38}$  protoner (ud af de omkring  $8,9 \times 10^{56}$  frie protoner i solen ialt) til helium, hvilket frigør energi fra masse-energi omsætningen svarende til  $383 \times 10^{24}$  Watt (383 trillioner MW) eller energien fra  $9,15 \times 10^{10}$  megaton TNT. I vægtenheder svarer

processen til, at der per sekund omdannes ca. 564 millioner ton brintkerner til ca. 560 millioner ton helium, mens massetabet på ca. 4 millioner ton per sekund er omsat til energi.

*Opgave:*

Find den gennemsnitlige afstand fra solen til jorden.

Beregn overflade arealet af en kugle med samme radius som afstanden fra solen til jorden.

Ud fra ovenstående tal og værdien  $1300\text{W/m}^2$ , beregnes solens totale energiudstråling pr. sekund (dermed har vi beregnet solens effekt). Sammenlign med værdien i afsnittet "Store tal om solen".

*Opgave:*

Set fra solen er jorden en (meget lille) skive.

Beregn arealet af denne skive (find f.eks. de nødvendige data på nettet).

Beregn hvor meget solenergi jorden modtager hvert sekund.

## Drivhuseffekten

### Varmestråling

Måske kender du til at man kan mærke varmen fra en varm genstand, f.eks. en gryde, uden at røre ved den. Det skyldes varmestråling. Varmestråling er samme slags stråling som synligt lys, men med en længere bølgelængde. Det betyder at mennesker ikke kan se strålingen. Men vi kan føle den på vores hud. Slanger og andre krybdyr kan "se" varmestråling, og bruger det til at finde bytte. En mus er varmere end omgivelserne og det kan slangens varmfølsomme sanseorganer opfatte, endda så præcist at slangen kan bestemme afstand og retning til musen. Man har opfundet varmfølsomme kameraer, der benyttes til at finde ud af hvor huse er dårligt isolerede, og varmfølsomme detektorer benyttes i tyverialarmer.

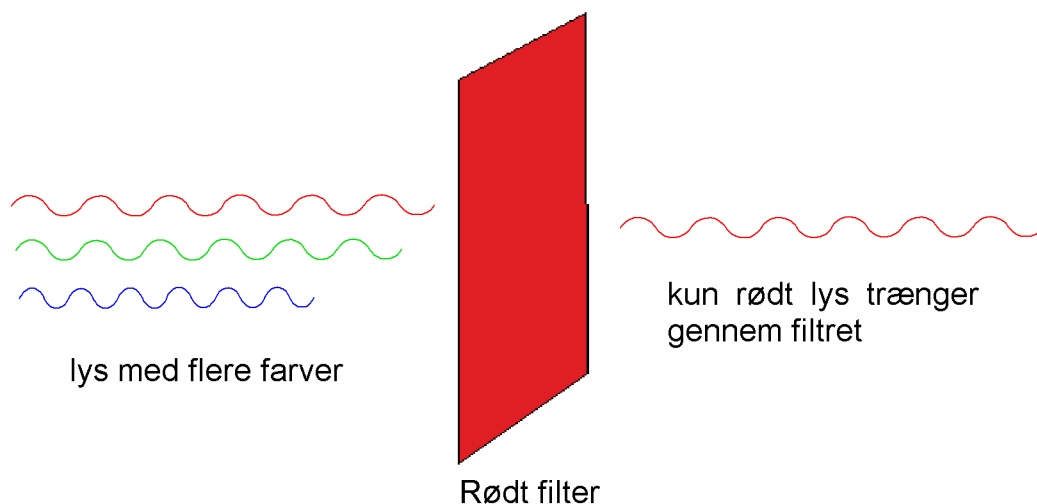


*Illustration 1: Et varmfølsomt kamera filmer to børn. Man ser tydeligt hvor der er mest varmestråling*

Varmestråling kaldes også infrarød stråling og udsendes af alt, der er varmere end det absolutte 0-punkt.

### Gennemskinnelighed for stråling

Fra dagligdagen kender vi til materialer der kun lader visse farver passere. Et eksempel er almindeligt farvet plastfolie, som det benyttes til gaveindpakning. Et rødt folie vil typisk være rødt fordi det bremser alle andre farver end lige rødt.



*Tegning 2: Det røde filter bremser alle andre farver end rødt lys*

Der er opfundet filtre, der lader præcis det ønskede lys passere.

Eksempel 1: UV-filtre i briller.

Mange briller har UV-filtre, der beskytter øjnene mod den skadelige UV-stråling fra solen. Filtrene lader almindeligt lys passere, men bremser UV-lys.

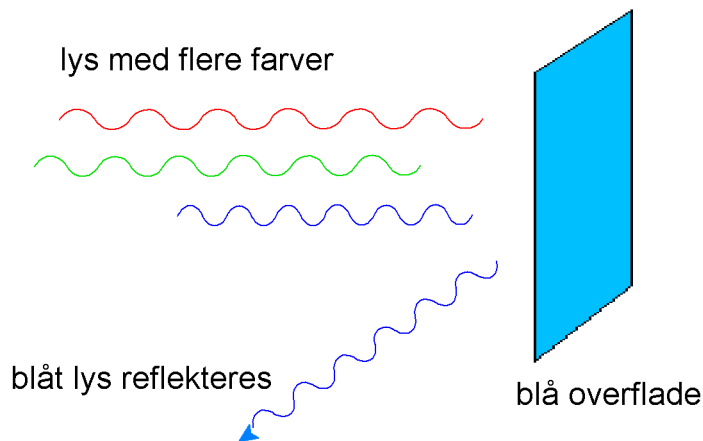
Eksempel 2: Farvefiltre i briller.

Personer med et nedsat syn, kan få gule glas i brillerne. Øjet er meget følsomt for gult lys, så de gule glas lader gult lys passere. Den samlede lysmængde til øjet bliver mindre, så pupillerne åbner sig for at slippe mere lys ind. Da øjet er meget følsomt for det lys der kommer ind betyder det at personen ser bedre.

### Absorption og refleksion af stråling

Når et farvet filter bremser lys med visse farver, siger vi at filtret absorberer de pågældende farver. Selv almindeligt glas, der ser gennemsigtigt ud, standser en del af det synlige lys, men jævnt fordelt over alle farver. Derfor ser glasset farveløst ud.

Stråling kan også umiddelbart reflekteres fra en overflade. Bedst kendt er spejle og blanke metaloverflader, men alle farvede overflader skylder refleksion deres farve. En blå overflade er typisk blå, fordi der kun reflekteres blå lys, mens alle andre farver absorberes. Nogle gange kan sanseindtrykket af den reflekterede farve også være en kombination af andre farver

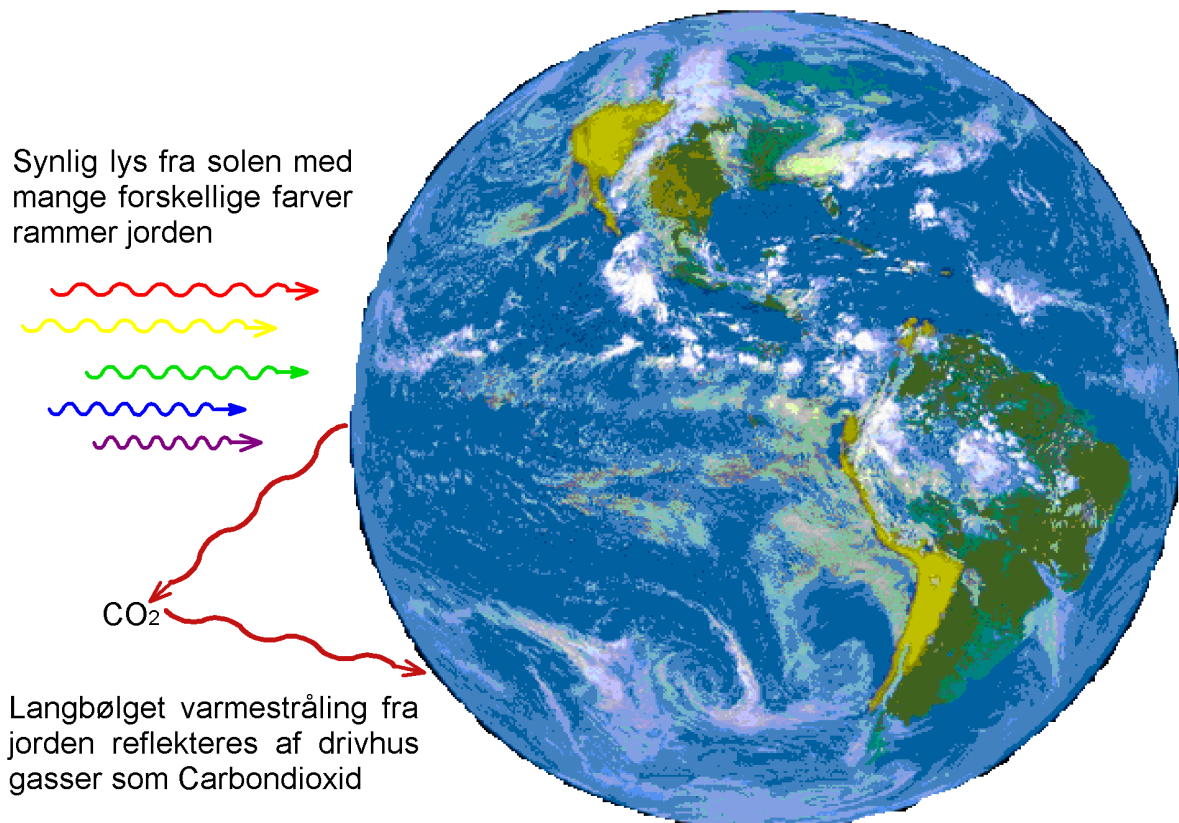


*Tegning 3: Blåt lys reflekteres fra den blå overflade*

## Mekanismen for drivhuseffekten

Drivhuseffekten er relativ simpel. Solens lys rammer jorden og varmer overfladen op. Når overfladen bliver varm, udsender den varmestråling, med en kortere bølgelængde. Drivhusgasser lader det synlige lys og noget infrarødt lys passere, men standser varmestråling med lange bølgelængder. Det betyder at den stråling der udsendes fra den opvarmede jordoverflade ikke sendes ud i verdensrummet, men bremses af drivhusgasserne. Da strålingen indeholder energi, betyder det at jordens energiindhold forøges, og dermed vokser temperaturen.

Hvis der slet ikke eksisterede drivhuseffekt, ville jorden være kold og gold. Drivhuseffekten er grundlaget for jordens at middeltemperatur er så høj at der findes flydende vand, som er forudsætningen for liv.



Tegning 4: Drivhuseffekten

## Hvad er problemet?

Den drivhuseffekt man læser om i pressen er en mindre stigning af jordens gennemsnitstemperatur. Problemet er at stigningen sker over kort tid. Klimaet vil muligvis ændres dramatisk, der vil opstå nye udfordringer for dyr og planter, som over nogle generationer vil tilpasse sig de ændrede forhold. For naturen er det nok dramatisk, men ikke fatalt – naturen overlever.

Men for vi mennesker kan det være meget alvorligt. Drivhuseffekten kan i første omgang føre til smeltning af gletschere og indlandsis, som vil føre til en stigning af vandstanden i havet, med oversvømmelse af lavtliggende områder til følge. Et land som Bangladesh med ca. 150 millioner indbyggere, vil stort set forsvinde, med flygtningestrømme til følge. Mange andre steder vil stigende vandstand påvirke menneskers levesteder – landbrugsjord vil forsvinde, store områder, inklusive byer, vil oversvømmes og det vil presse vores samfund hårdt økonomisk. Det vil sandsynligvis føre til regional uro og måske endda krige om landbrugsjorden. Der vil være store samfundsmæssige konsekvenser hvis vandstanden stiger markant over kort tid. Hvis klimaet også ændres mærkbart, f.eks. med ændrede nedbørsforhold vil konsekvenserne være uoverskuelige

## Havis vs. gletcheris

I forbindelse med drivhuseffekten skelner man mellem to istyper:

- Is der findes på landjorden (gletschere og indlandsis)
- Is der findes på havet.

Isen på havet har ikke den store betydning for vandstanden, da 90% af isen ligger under havoverfladen. Derimod vil det betyde noget for vandstanden hvis gletschere og indlandsis smelter, for disse ligger ikke i vand.

*Forsøg:*

To måleglas halvt fulde af vand. En isterning ned i vandet på det ene, og en isterning i en tragt over det andet. Hvor har is-smeltningen betydning for vandstanden?

*Forsøg:*

Tre beholdere, en sort, en hvid og en blank fyldes med vand. Beholderne stilles i solen, hver med et termometer i. Aflæs temperaturen ved starten af forsøget og efter 30 minutter. Eventuelt kan forsøget foregå med en datalogger og tre temperatursensorer. Hvilken betydning har farven af beholderen for temperaturstigningen?

*Forsøg:*

To ens sorte beholdere fyldes med lige meget vand, og stilles lige langt fra en lampe. Mellem den ene beholder og lampen placeres en pose med CO<sub>2</sub> fra en trykflaske. Undersøg hvilken om der er forskel på opvarmningen af de to flasker.

*Forsøg:*

Mål sammenhængen mellem udstråling og temperatur ved hjælp af en termosøjle og termometer.

*Forsøg:*

Med et pyrheliometer måles strålingen fra solen. Solarkonstanten kan beregnes.

*Forsøg:*

Fotografer, med et IR-filter foran, en bygning, et menneske eller andet der er varmere end omgivelserne. Hvor er der varmestråling?

## Ozonlaget nedbrydes

### Faren ved nedbrydning af ozonlaget

Ozonlaget skærmer os mod solens ultraviolette stråler. Øges mængden af UV-stråling kan det både direkte og indirekte få konsekvenser for mennesker.

Huden påvirkes af UV-stråling. Solskoldning er umiddelbart ubehageligt, men udsættes man ofte for solskoldning i barndommen kan det senere i livet føre til uheldelig hudkræft. UV-stråling kan også give for tidlig ældning af huden og dermed rynker. Også øjnene er følsomme for UV-lys.

Linsen kan tage skade så man senere i livet udvikler grå stær. Kroppens immunsystem tager også skade af UV-stråling, og man kan få nedsat modstanddygtighed overfor sygdomme.

Fælles for disse skader er at de kun optræder ved kraftige eksponeringer for UV-lys. Er man meget i solen beskytter man sig med solcremer men ellers er der ikke grund til at undgå sollyset – det har også mange positive aspekter.

### Ultraviolet lys og bølgelængder

Ultraviolet (UV) lys er lys med kortere bølgelængder end almindeligt synligt lys. Ultraviolet lys kan ikke mærkes på samme måde som varmestråling, men alligevel er lyset mere energirigt. Faktisk er UV-lys farligere, for det er energirigt nok til at vore hudceller kan mutere og vi dermed kan udvikle hudkræft.

UV-lys deles ofte op i UVA, UVB og UVC efter følgende skala:

UV-C stråling (200-280nm), UV-B stråling (280-315nm) og UV-A stråling (315-400nm).

Kun UV-B og UV-A stråling rammer jordens overflade. Al UV-C og dele af UV-B bremses i jordens atmosfære.

## Ultraviolet lys i hverdagen

Den største kilde til ultraviolet lys er solen. Naturen er så viselig indrettet at vores hud beskytter sig mod solens UV-lys. Det ser vi når vi bliver solbrune om sommeren. Man udnytter det forhold at der er UV-lys i sollys og i de fleste lyskilder. Papir tilsættes et stof så det ser mere hvidt ud og tilsvarende er der stoffer i vaskepulvere, der sikrer at det hvide vasketøj er ”skinnende rent”. Begge dele udnytter UV-lys fra solen og lamper. UV-lys bruges også til at dræbe insekter og bakterier, samt til at se usynligt sikkerhedstryk på pengesedler og frimærker.

## Ultraviolet lys og ozon

Ozon er et lille molekyle bestående af tre oxygen-atomer. Dvs ozon har formelen  $O_3$ . Ozon er uhyre reaktivt og er særdeles skadelig for levende organismer. Ozon findes i hele atmosfæren, men især i den del der kaldes stratosfæren har ozon betydning. Stratosfæren går fra 10 km til 50 km over havets overflade. Deroppe findes det såkaldte ozonlag. Man skal ikke opfatte det som et samlet isoleret lag af ozon, men den mængde ozon der er indeholdt i hele stratosfæren. Det er uhyre små mængder. Ozon udgør ca 0,00006% af atmosfæren og hvis ozonen blev samlet i et isoleret lag ville det være mellem 2 og 5 mm tykt

Ozon har den egenskab at det absorberer kortbølget ultraviolet lys (UVB), netop det UV-lys der er potentielt skadelig for mennesker.

Samtidigt har UV-lys den egenskab at det katalyserer dannelsen af ozon fra oxygen. Andre naturlige kilder til ozon er nåletræer og lynnedslag.

## Nedbrydning af ozonlaget

Ozonlaget nedbrydes af eksempelvis freon, som vi mennesker har sluppet ud i atmosfæren. Det har den konsekvens at der kommer mere UVB lys ned på jorden, med mulige skader på mennesker. UVB-lyset vil også katalysere dannelsen af mere ozon, men denne proces kan i øjeblikket ikke følge med den proces der nedbryder ozonlaget. Resultatet er en netto udtynding af ozonlaget, og i perioder ligefrem et hul i ozonlaget ved polerne.

At det netop er ved polerne hullet opstår, skyldes en kompliceret mekanisme i stratosfærens øverste lag, der finder sted i de perioder hvor polen er helt mørkelagt.

## Ozonlaget og drivhuseffekten.

Nedbrydning af ozonlaget har ikke noget med drivhuseffekten at gøre, bortset fra at begge er menneskeskabte forandringer i atmosfæren og begge har store konsekvenser for menneskeheden på kort og langt sigt.

*Forsøg:*

Undersøg med UVA og UVB sensorer mængden af UVA og UVB lys fra lamper og solen. Undersøg solcremers evne til at bremse UVA og UVB. Placer en glasplade mellem en UV-lampe og UVA-sensoren. Aflæs lysmængden. Smør en kendt mængde solcreme jævnt ud på glaspladen og aflæs lysmængden. Gentag forsøget med forskellige solcremer med forskelle solfaktorer. Prøv også at varier mængden af solcreme. For at kende mængden af solcreme kan man veje glaspladen før og efter man kommer solcreme på.

## Partikler fra solen

Det er ikke kun lys og anden stråling i store mængder solen (og andre stjerner) udsender. Ladede partikler i enorme mængder slynges ud fra solen. Hvert sekund sendes protoner, elektroner, heliumkerner og andre ladede partikler, med en samlet vægt på ca. 1 million tons afsted med en fart på op til 500.000 m/s. Efter 4-5 dage rammer en lille brøkdel af disse partikler jorden, resten fortsætter ud i universet. Denne strøm af meget energirige ladede partikler kaldes solvinden.

### Solpletter kan give rod i kommunikation

Normalt beskytter jordens magnetfelt os mod effekten af disse energirige partikler, men nogle gange opstår der kraftige udbrud på solens overflade, kaldet protuberanser. Disse kraftige udbrud forårsager en kraftig forøget intensitet af ekstra energirige partikler fra solen. Udbruddene kan ses fra jorden som mørke pletter på soloverfladen, og de kaldes da også for solpletter. At solpletter er mørke skyldes at solens overfladetemperatur er lavere hvor de opstår. Solpletterne forårsager altså et kraftigt bombardement af jorden med ekstra mange ekstra energirige partikler. Det kan have konsekvenser for satellitter og astronauter, der befinder sig ude i rummet, men også nede på jorden kan de have konsekvenser. Særligt kraftige udbrud kan beskadige og måske helt ødelægge satellitter og være dødelig for ubeskyttede astronauter. Nede på jorden kan partikelstrålingen beskadige elektronik og hæmme elektronisk kommunikation.

### Nordlys

Mere spektakulært er nordlys, der skyldes de samme ladede partikler. Jordens magnetfelt er normalt i stand til at afbøje partiklerne, men ved nord- og sydpolen er der så at sige "hul" gennem magnetfeltet (ikke at forveksle med hullet i ozonlaget), og de ladede partikler kan komme ind i atmosfæren. Når partiklerne her bremser op ved mødes med atmosfærens molekyler, afgives energi bl.a. i form af synligt lys. Dette ser vi som nordlys (sydlys ved sydpolen).

#### Kilder:

[www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)

[www.nasa.org](http://www.nasa.org) (bl.a. billede af jorden)

[www.wikipedia.dk](http://www.wikipedia.dk)

Nicolson & Moore, Solsystemet, 1988