

Kapitel 1. Solen som energikilde og lyskilde

I solen foregår der hele tiden fusionsprocesser, hvor hydrogen omdannes til helium. Samtidig frigøres der energi, og denne energi udsendes fra solen som elektromagnetisk stråling.

Den frigjorte energi kan beregnes ved hjælp af Einsteins masse-energi-ligning $E=mc^2$:

Ved fusionsprocesserne i solen frigøres der hvert sekund ca. $4,25 \cdot 10^6$ ton stof, der svarer til energien

$$\begin{aligned} E &= mc^2 = 4,25 \cdot 10^6 \text{ ton} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 4,25 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 3,825 \cdot 10^{26} \text{ J} \end{aligned}$$

I stedet for at tale om den energi, der udsendes fra solen hvert sekund, bruger vi begrebet effekt, og får at solens effekt er

$$P = \frac{E}{\tau} = \frac{3,825 \cdot 10^{26} \text{ J}}{1 \text{ s}} = 3,825 \cdot 10^{26} \frac{\text{J}}{\text{s}} = 3,825 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

Den elektromagnetiske stråling udbreder sig fra solen med lysets hastighed. Efter ca. 8 minutter er strålingen nået til jordens atmosfære – og til alle andre steder på en kugleoverflade i samme afstand fra solen. Effekten ”fordeler sig” altså ud over en kugle med radius 150 mio. km. Denne kugle har overfladearealet

$$A = 4\pi r^2 = 4\pi \cdot (150 \text{ mio km})^2 = 4\pi \cdot (150 \cdot 10^9 \text{ m})^2 = 2,8274 \cdot 10^{23} \text{ m}^2$$

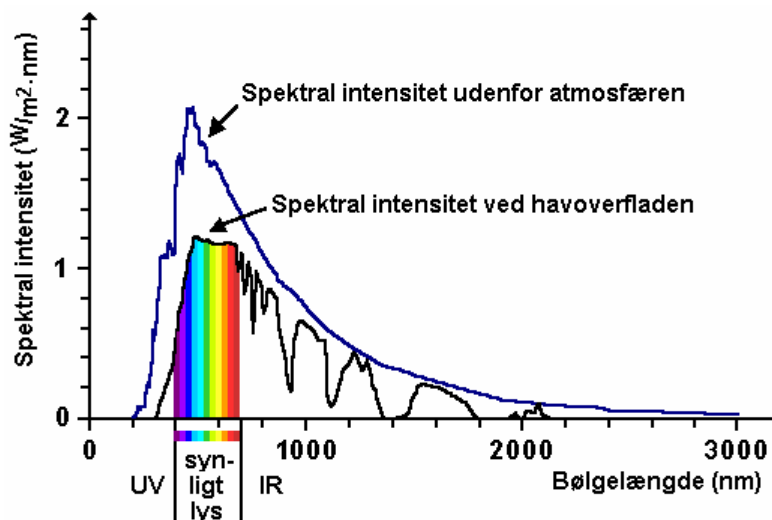
Så er solintensiteten I (lige uden for jordens atmosfære)

$$I = \frac{3,825 \cdot 10^{26} \text{ W}}{2,8274 \cdot 10^{23} \text{ m}^2} = 1353 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Denne størrelse kaldes *solarkonstanten*.

Den elektromagnetiske stråling fra solen er sammensat af bølger med mange forskellige bølgelængder. Figuren til højre viser solstrålingens *spektrale intensitet*, dels lige uden for atmosfæren, dels ved havoverfladen. Forskellen skyldes bl.a. absorption og spredning i atmosfæren.

Læg mærke til, at solstrålingens spektrale intensitet er størst ved bølgelængder omkring 4-500nm, altså i det synlige område (der går fra 400nm til 700nm).



Figur 1.1 Solstrålingens spektrale intensitet.

Tabel 1.1 viser den procentvise fordeling af UV-stråling, synligt lys og IR-stråling udenfor atmosfæren og ved havoverfladen.

		UV	Synligt lys	IR	I alt
Uden for atmosfæren	Brøkdeler (%)	8	40	52	100
	Intensitet (W/m^2)	108	541	704	1353
Ved havoverfladen	Brøkdeler (%)	5	43	52	100
	Intensitet (W/m^2)	50	430	520	1000

Tabel 1.1 Solstrålingens fordeling på UVstråling, synligt lys og IR-stråling uden for atmosfæren og ved havoverfladen.

Einsteins masse-energi-ligning

$$E=mc^2$$

hvor m er massen af stoffet, og c er lysets hastighed, $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Sammenhæng mellem energi E , effekt P og tid τ er

$$P = \frac{E}{\tau} \quad \text{eller} \quad \text{effekt} = \frac{\text{energi}}{\text{tid}}$$

Effekt måles i W (Watt), energi måles i J (Joule). Sammenhængen er

$$W = \frac{J}{s} \quad \text{eller} \quad J = W \cdot s$$

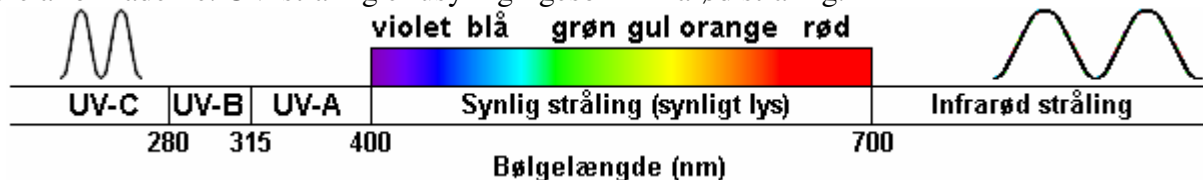
Solintensiteten I defineres som

$$I = \frac{P}{A} \quad \text{eller} \quad \text{solintensitet} = \frac{\text{effekt}}{\text{areal}}$$

Effekt måles i W (Watt) og areal i m^2 , så solintensiteten måles i W/m^2

Hvad er UV-stråling?

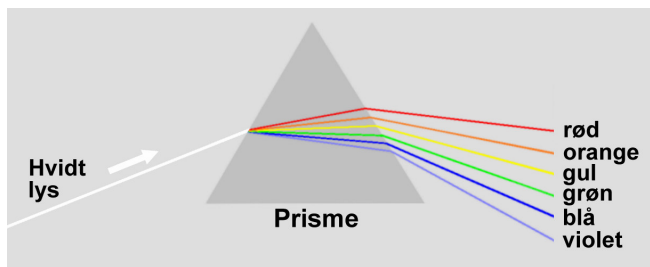
UV-stråling er elektromagnetisk stråling med bølgelængder mellem 100nm og 400 nm. UV-stråling med bølgelængde under 200nm optræder ikke i forbindelse med solstråling på jorden, idet stråling med bølgelængder under ca. 200 nm bliver absorberet af luftens ilt. I medicinsk sammenhæng bruger man under-inddelingen UV-C (200-280 nm), UV-B (280-315 nm) og UV-A (315-400 nm), da man før i tiden tydeligt kunne spore forskellige biologiske effekter til disse spektralområder. Betegnelserne hænger ved, selvom der nu er vished for, at biologiske skader ikke er begrænset til kun at skyldes stråling i det ene eller det andet område, men snarere skyldes en kombination af stråling fra flere af områderne. UV-stråling er usynlig ligesom infrarød stråling.



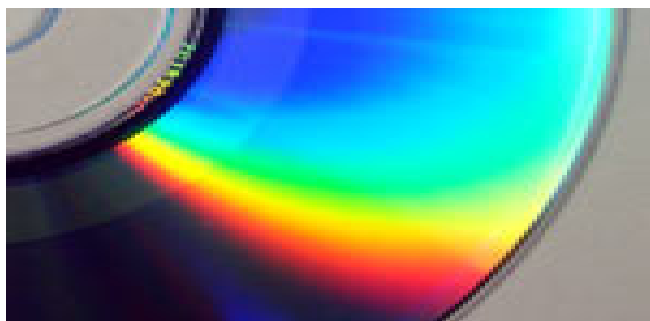
Figur 1.2 Bølgelængder for UV-stråling, synligt lys og IR-stråling.

Hvordan måler man bølgelængden for synligt lys eller UV-stråling?

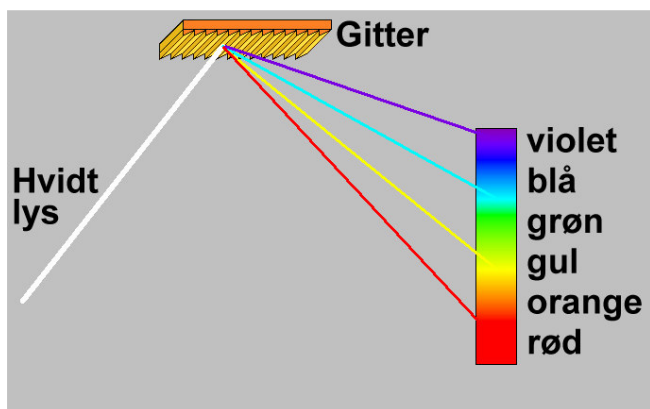
Det kan gøres på mange forskellige måder. Man må enten udnytte, at lys kan brydes når det passerer et glasprisme, eller at lys kan afbøjes i et gitter.



Figur 1.3 Hvidt lys, der brydes i et glasprisme. Rødt lys afbøjes mindst, violet lys afbøjes mest.



Figur 1.4 Lys, der afbøjes i "sporene" på en cd.



Figur 1.5 Hvidt lys, der afbøjes i et gitter.

Der er sammenhæng mellem den vinkel, lyset afbøjes i, lysets bølgelængde og afstanden mellem "takkerne" på gitteret, idet

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\varphi)$$

hvor λ er bølgelængden for det lys, der er afbøjet i vinkelen φ , n er afbøjningsordenen (på billedet er $n=1$), og d er gitterafstanden.

Rødt lys afbøjes mest, violet lys afbøjes mindst.

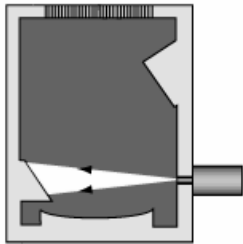
Vi bruger et *spektrometer*, hvori der sidder et gitter. Lyset kommer ind i spektrometeret gennem et lyslederkabel, og det lys, der er blevet afbøjet inde i spektrometeret, bliver registreret af noget, der minder om det lysfølsomme element i et digitalkamera, et såkaldt CCD-array. De elektriske signaler fra CCD-arrayet overføres til computeren, hvor signalerne modtages og behandles af et program der viser intensiteten af lys ved de forskellige bølgelængder.

Figur 1.6 Ocean Optics UV-VIS-spektrometer

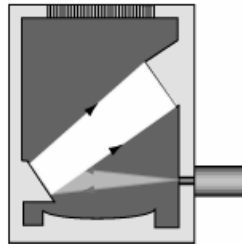


a) lyslederkabel
b) kabel til computer

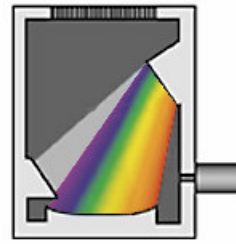
Figur 1.7a-d Strålegangen inde i spektrometeret



a Fra lyslederkablet går lyset gennem en smal spalte, over mod et plant spejl.



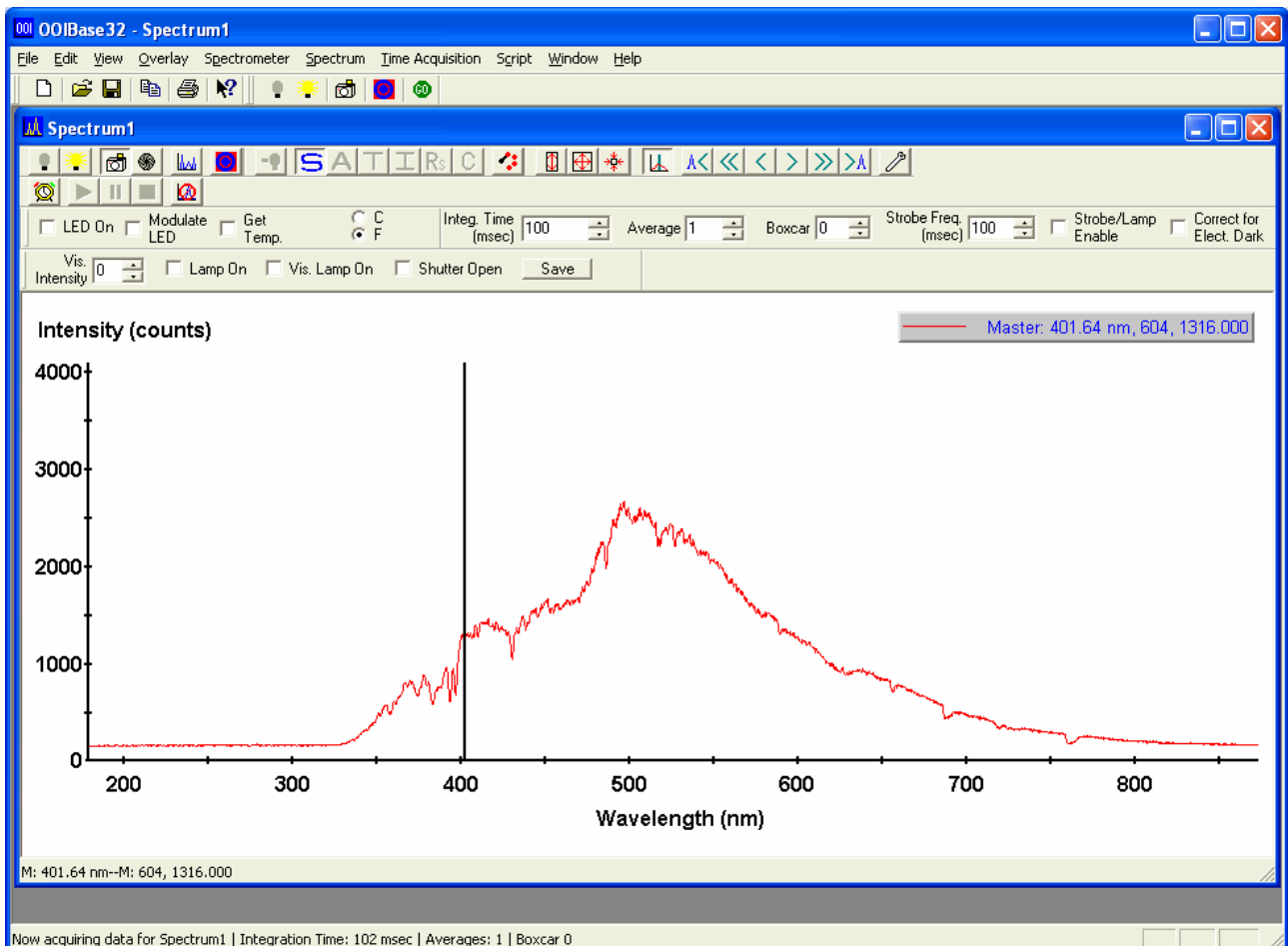
b Lyset reflekteres i spejlet, og sendes over mod gitteret.



c Gitteret afbøjer lyset, og sender lyset over mod et hulspejl.



d Fra hulspejlet sendes lyset over mod CCD-arrayet. Her dannes de signaler, som computerprogrammet skal behandle.



Figur 1.8 Solspektret, optaget med Ocean Optics UV-VIS-spektrometer.

Figur 1.8 viser solspektret. Læg mærke til det grå felt øverst til højre i vinduet. Der står, at ved bølgelængden 401,64nm er intensiteten af solstrålingen 1316 (i forhold til det maximum på 4000, som y-aksen kan vise). Bølgelængden vælges ved at flytte den lodrette streg, enten med musen eller med piletasterne.

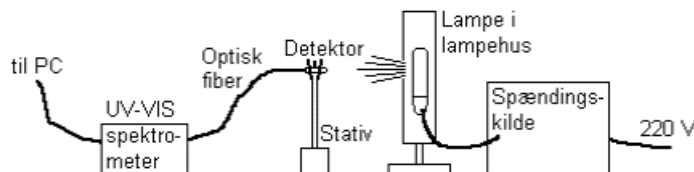
Dette solspektrum ligner solspektret på figur 1.1 ("Spektral intensitet ved havoverfladen") en del, men der er også forskelle. En af forskellene er, at spektrometeret ikke er lige følsomt ved alle bølgelængder. Det betyder, at nogle bølgelængdeområder fremhæves i forhold til andre. En anden forskel er, at spektrometeret ikke måler den spektrale intensitet i $W/m^2 \cdot nm$. Det kan "kun" vise intensiteten af bølgelængderne i forhold til hinanden.

Ekspærimenter 1

Undersøg forskellige solcremers absorberende evne i UV-A-området. For hver type af solcreme skal du bruge et stykke af en plasttransparent, hvor du tegner et kvadrat med sidelængder 10cm, og smører 0,20g solcreme jævnt ud over kvadratet.

Beregn, hvor tykt et lag solcreme der så er (målt i mg/cm^2).

Lav nu en opstilling, hvor du først måler spektret fra en UV-A-lampe, dernæst spektret fra lampen gennem en transparent uden solcreme, og derefter spektret fra lampen gennem de forskellige typer af solcreme.



Figur 1.9 Spektrometer-opstillingen.

Sammenlign spektrene, og vurder ud fra disse, om solcremernes faktor-værdier ser ud til at være korrekte (NB: skal du måle "højden" ved en bestemt bølgelængde, eller skal du måle arealet under grafen?).

Læs om faktortallet på http://www.mellisa.dk/faktortal_.htm

Ekspærimenter 2

Undersøg solarie-solbrillers virkning. Du kan genbruge opstillingen fra ekspærimenter 1.

Ekspærimenter 3

Undersøg forskellige solarielamper og højfjeldssole. Kommenter spektrenes udseende, og find ud af, om der gælder regler for brugen af (og virkningen af) solarielamper og højfjeldssole.

Opgave

Sundhedsstyrelsen siger, at man skal bruge 20-25 g ("en ordentlig håndfuld") solcreme, når man smører sig ind før en tur på stranden. Begrund dette, fx ved at beregne, hvor tykt et lag solcreme det svarer til. Forsøg at regne dit overfladeareal ud, fx ved at opfatte din krop som sammensat af cylindre og/eller kasser, hvis overfladeareal du kan beregne.