

# Bølger i naturen



## Indhold

Introduktion.....	3
Solens energi .....	3
Solceller .....	4
Elektrisk energi .....	5
Synligt lys i det elektromagnetiske spektrum .....	6
Forsøg: Optisk gitter .....	7
Formål.....	7
Princip.....	7
Apparatur .....	8
Opstilling.....	8
Udførelse .....	8
Resultater .....	9
Efterbehandling .....	9
Beregninger .....	9
Diskussion og evaluering .....	10

## Introduktion

### Solens energi

Solen udstråler energi med en lysstyrke (effekt) på  $P = 3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}$ . Denne energi frigøres ved, at der i Solens centrum foregår fusion - en kernereaktion hvor små atomkerner smelter sammen til større - af hydrogen til helium. Den herved frigjorte energi vandrer ud mod Solens ydre del, hvorfra den udsendes som elektromagnetisk stråling (fotoner).

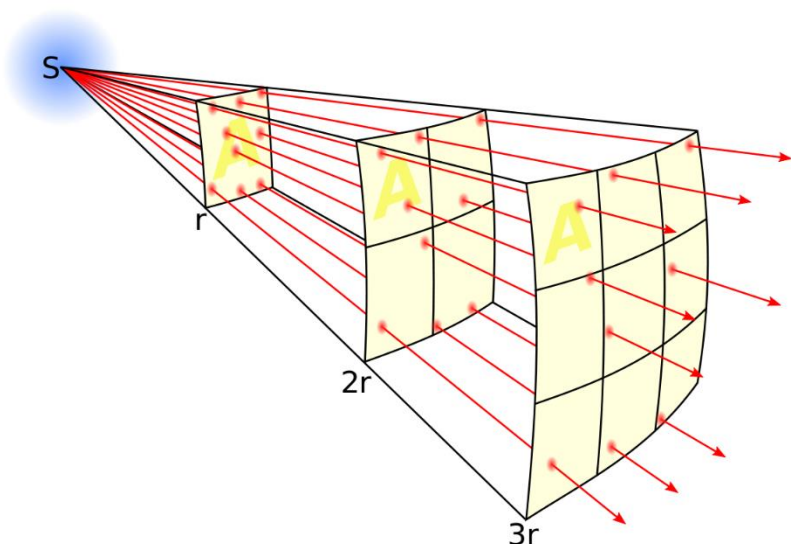
Jo længere man kommer væk fra Solen, jo større et areal bliver energien fordelt ud over. Det relevante begreb, der fortæller hvor kraftigt lyset er på en bestemt afstand, er *intensitet* som er defineret som lysstyrken divideret med det areal lyset fordeles over:

$$\text{Intensitet} = \frac{\text{Lysstyrke}}{\text{areal}}$$

Intensitet måles i  $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  og angives med symbolet  $I$ . Solens lysstyrke angives med  $P$  og afstanden fra Solen kaldes  $r$ . Idet Solen udsender lige meget lys i alle retninger, bliver det areal lyset fordeles ud over en kugleskal med radius  $r$  og dermed areal  $4 \cdot \pi \cdot r^2$ . Se også figur 1. Dermed gælder der, at sammenhængen mellem intensitet, lysstyrke og afstand er:

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Denne lovmæssighed er kendt som *afstandskvadratloven* og beskriver altså generelt hvordan lysets intensitet svækkes med afstanden fra en lyskilde.



Figur 1: Intensiteten fra Solen svækkes med afstanden, idet intensiteten er omvendt proportional med afstanden i anden potens (kvadratet på afstanden). Det lys der i afstanden  $r$  rammer ind på arealet  $A$  vil i den dobbelte afstand være fordelt ud over et fire gange så stort areal og i den tredobbelte afstand være fordelt udover et ni gange så stort areal. Figur lavet af Borb (creative commons).

Vi kan bruge afstandskvadratloven til at beregne sollysets intensitet i Jordens afstand. Jordens middelfstand til Solen er  $1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$ , så intensiteten af sollyset bliver:

$$I_{\text{sol}} = \frac{3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}}{4 \cdot \pi \cdot (1,50 \cdot 10^{11} \text{ m})^2} = 1360 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Tallet  $I_{sol} = 1360 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  kaldes *solarkonstanten* og fortæller, at der i Jordens afstand fra Solen hvert sekund rammer ca. 1360 J ind på en overflade med et areal på  $1 \text{ m}^2$ , forudsat at overfladen er vinkelret på solstrålerne, og at vi ser bort fra svækkelse af sollyset i atmosfæren.

Hvis vi skal regne ud hvor stor en effekt, hvormed der samlet set rammer strålingsenergi ind på Jorden, vil det svare til at vi skal regne effekten ud for en cirkel med samme radius som Jorden. Jordens radius er ca. 6371 km, dvs.

$$E_{\text{effekt}} = 1360 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot (6371000 \text{ m})^2 = 1,73 \cdot 10^{17} \text{ W}$$

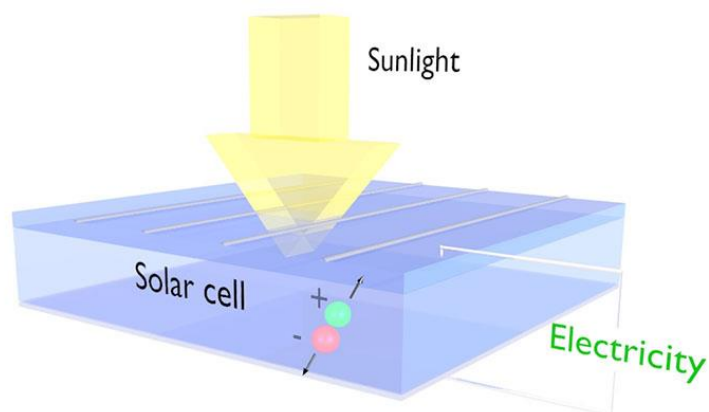
Hvert sekund rammes Jorden altså af en strålingsenergi på over  $10^{17}$  J. Til sammenligning er menneskehedens samlede energiforbrug på godt  $10^{13}$  J pr. sekund. Vi vil altså kunne dække menneskehedens energiforbrug ud fra ca. 0.01 % af den mængde strålingsenergi, der rammer Jorden.

**Opgave 1:** Danmarks årlige energiforbrug er ca.  $8 \cdot 10^{17}$  J. Vi forestiller os at Danmarks energiforbrug skal dækkes gennem opstilling af solceller i Sahara-ørkenen.

- Hvor mange joule kan én kvadratmeter solceller i Sahara levere på et år, hvis vi regner med at solcellen kan udnytte 20% af den energi, der rammer den, og også tager højde for at det kun er halvdelen af tiden den er belyst.
- Hvor mange kvadratmeter solceller skal der til for at dække Danmarks årlige energiforbrug? Omregn til kvadratkilometer ( $1 \text{ km}^2 = 1000 \text{ 000 m}^2$ ).
- Hvilken dansk ø danner bedst sammenligningsgrundlag for størrelsen af solcelleområdet i Sahara: Sjælland, Fyn, Bornholm eller Langeland?
- Diskuter nogle af de problemer, der kan være forbundet med Sahara-løsningen på Danmarks energiforsyning.

## Solceller

Sollys består små partikler, som kaldes *fotoner*. En foton indeholder en bestemt mængde strålingsenergi. Denne strålingsenergi kan i en solcelle omdannes til elektrisk energi. Fysikken bag denne proces er uhyre kompliceret, men som forklaret i teksten til figur 2, handler det forenklet set om, at fotoner kan slå elektroner løs og få dem til at vandre rundt i et kredsløb; og elektroner, der bevæger sig, er netop det, man kalder strøm. De vandrende elektroner kan undervejs afgive noget af deres energi, som så kan bruges til fx at få en elpære til at lyse eller til at varme noget vand op.



Figur 2: Forsimplet kan man sige at en solcelle virker ved, at fotonerne i sollyset kan slå en elektron løs, så den er fri til at vandre i et kredsløb. Herved omdannes strålingsenergi til elektrisk energi. Den elektriske energi kan omdannes til andre energiformer i selve kredsløbet.

## Elektrisk energi

Når I skal måle på solceller, bliver det nyttigt at kende en smule til nogle begreber, der kan bruges til at beskrive elektriske kredsløb. Det, vi oftest er interesseret i at bestemme, er *effekten* som måles i Watt (W) og som fortæller hvor meget energi, der omsættes pr. tidsrum. Vi er dog nødt til at måle effekten af indirekte vej ved at måle hhv. spænding og strømstyrke, og så beregne effekten ud fra disse.

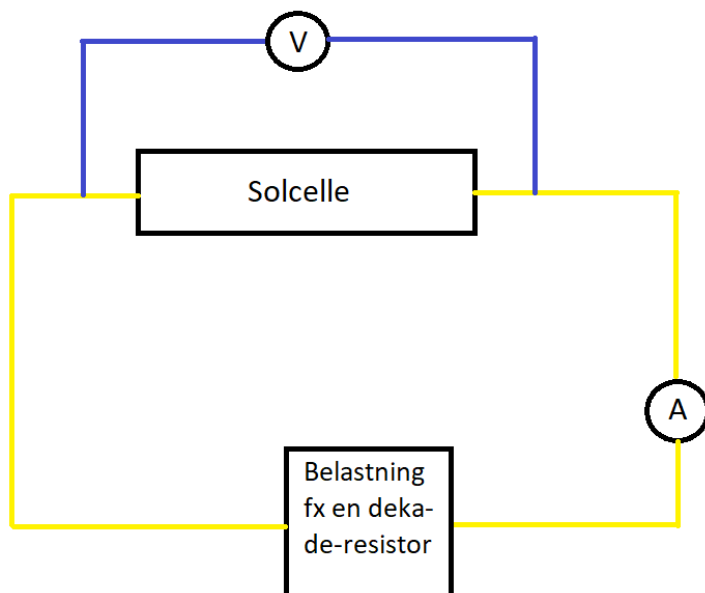
Begrebet strømstyrke måles i ampere (A) og er et mål for hvor mange elektroner, der strømmer gennem kredsløbet pr. sekund. Strømstyrke betegnes med bogstavet  $I$  og måles med et amperemeter, som på tegninger markeres som en bolle med et A indeni.

Begrebet spænding måles i Volt (V) og er et mål for hvor meget energi, elektronerne afgiver, når de passerer en komponent i et kredsløb. Spænding betegnes med bogstavet  $U$  og måles med et voltmeter, som på tegninger markeres som en bolle med et V indeni.

Effekt betegnes med bogstavet  $P$  og måles i enheden Watt (W). Hvis effekten i en komponent (fx en glødepære eller en modstand) er 4.5 W, betyder det at der omsættes 4.5 joule pr. sekund. Kender man spænding og strømstyrke kan effekten beregnes vha. formlen

$$P = U \cdot I$$

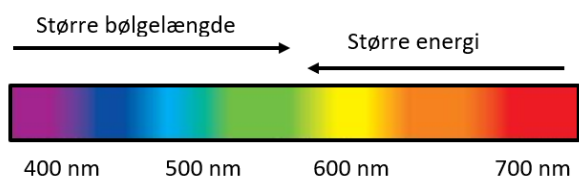
Når vi skal måle på solcellen, bliver solcellen bygget ind i et kredsløb som vist på figur 3. Elektronerne vandrer fra solcellens minuspol til dens pluspol og på vejen afgiver de energi i en modstand. Vi bestemmer effekten, dvs. hvor mange joule der bliver afgivet/omsat pr. sekund ved at måle spændingen over modstanden og strømstyrken og indsætte i ovenstående formel. Sørger vi for at indsætte spænding i Volt og strømstyrke i Ampere, kommer effekten ud i enheden Watt.



*Figur 3: Solcellen forbindes i første omgang med en den valgte belastning, fx en deka-de-resistor. Amperemeteret bygges ind i selve kredsløbet. Spændingen måles med et voltmeter, der så at sige bygges hen over selve kredsløbet. Spændingen kan enten måles over solcellens to poler eller over resistoren.*

*Bemærk at det kan være en stor hjælp at bruge en anden farve ledninger til voltmeteret end til selve kredsløbet: Det gør det lettere for din lærer at finde fejl.*

## Synligt lys i det elektromagnetiske spektrum



Lys og andre former for elektromagnetisk stråling, adskiller sig fra lydbølger. Lydbølger kan kun udbrede sig i luft, vand og andet materiale, hvor lys kan udbrede sig i vakuum (lufttomt rum). Elektromagnetisk stråling består som sagt af fotoner, og disse kan enkeltvis absorberes fra atomer. En lysstråle består hovedsageligt af fotoner, hvor udbredelsen kan beskrives med en bølgemodel. Man siger at fotoner både har egenskaber som partikler og som bølger.

Hvis vi kigger på der hvor egenskaberne ligner bølger, samligner vi det

Til forsøget bruger vi et optisk gitter monteret på glasplade. Der er ca. 300 linjer pr. mm (helt nøjagtige antal linjer pr. mm er 295,27). Der bruges også et gitter med 600 linjer pr. mm.

Når man sender monokromatisk lys (lys med kun en bølgelængde) igennem et gitter, hen mod en væg, vil der komme nogle prikker på vægen. De prikker der kommer er der hvor der er konstruktiv interferens.

## Forsøg: Optisk gitter

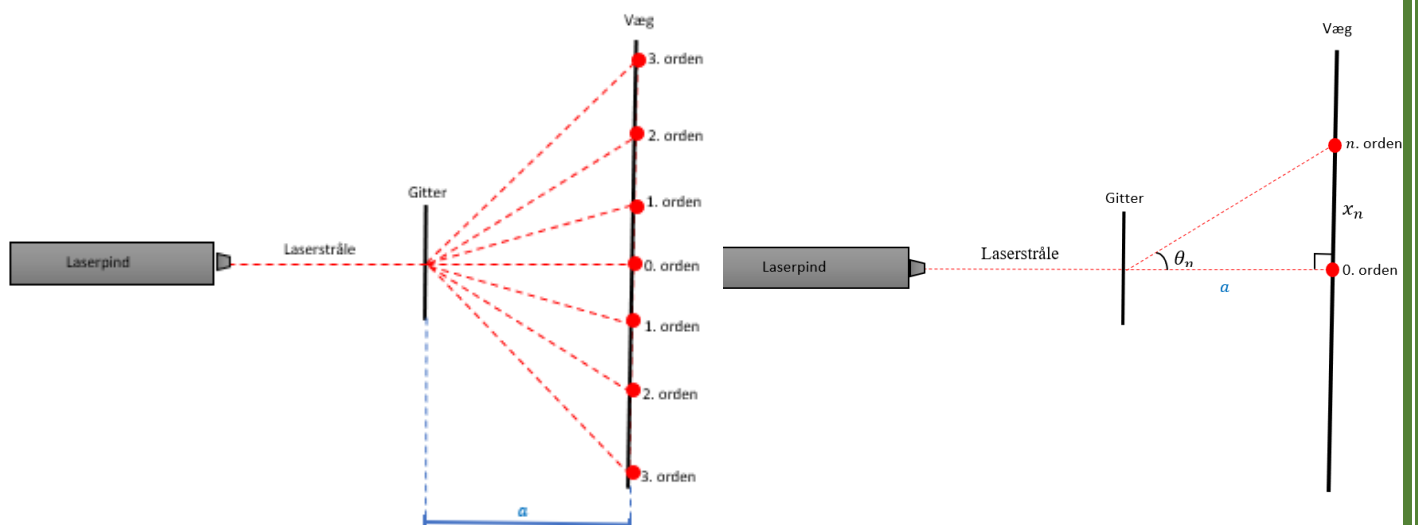


### Formål

Vi bestemmer bølglængden, for det lys der bliver udsendt, fra tre forskellige laserpinde. Vi bestemmer den ved at bruge et optisk gitter.

### Princip

Der laves målinger og beregninger med et gitter på 300 og 600 linjer pr. mm. Forsøget gentages med tre forskellige farver laserpinde.





## Apparatur

- Optisk gitter, 300 linjer / mm (samt evt. 600 linjer / mm)
- Laserpointere (rød, grøn, violet)
- Linse-og blændeholder
- Stupformet fod
- Stativmuffe
- Stativstang
- Lineal

## Opstilling

Det er vigtigt at når man stiller laserpinden og gitteret op, at det peger vinkelret ind mod den væg man skal måle på. Afstanden mellem laserpind og gitter er ikke vigtig. Det er afstanden mellem gitter og væggen der er vigtig.

Afstanden mellem gitter og væg er  $a$  i formel 1.

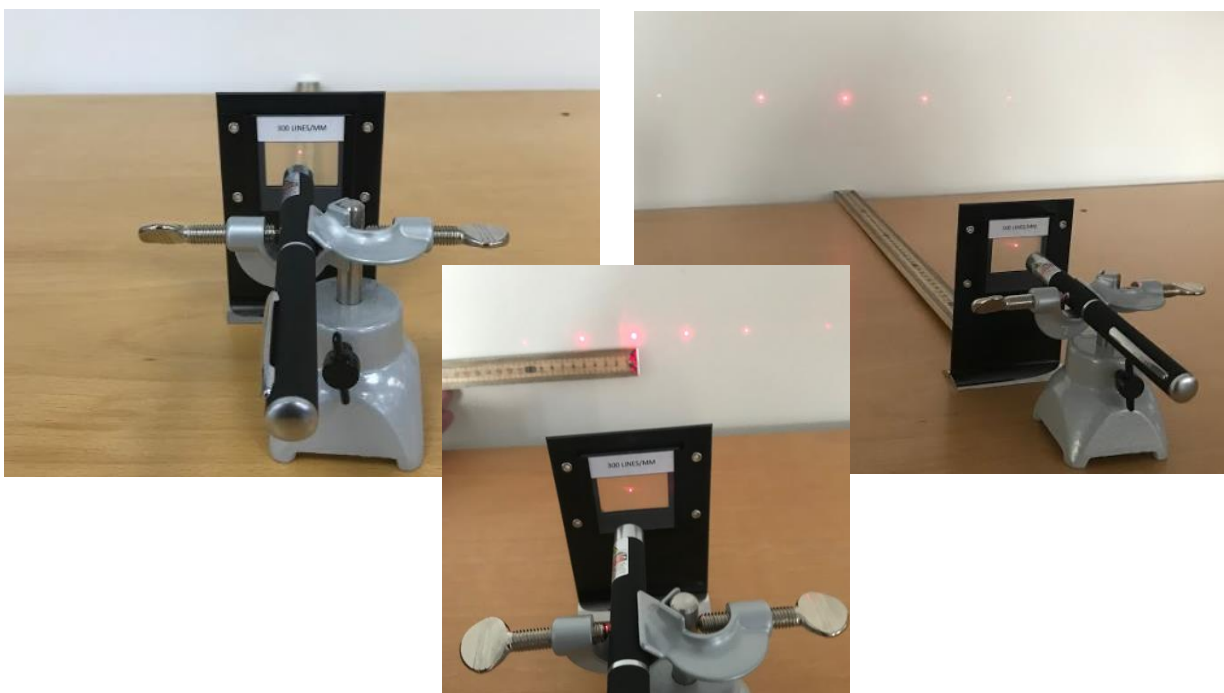
Skruen skal skrues meget forsigtigt ned til tænde knappen, da den let kan blive trykket i stykker. Laserlyset skal ramme ca. i midten af det optiske gitter.

## Udførelse

- 1.) Placer gitterstativet med gitteret parallelt med en lys væg.
- 2.) Mål afstanden mellem gitteret og væggen. Skriv målene ind i skemaet.
- 3.) Placer laserpinden i stativer som vist på billedet. Drej forsigtigt skruen ned til tænde knappen.
- 4.) Det er vigtigt at laserpinden rammer væggen vinkelret.
- 5.) Mål først afstanden mellem de to første ordener og del med to. Notér resultatet i skemaet.
- 6.) Dernæst afstanden mellem de to anden ordner, og del med to. Notér resultatet i skemaet.
- 7.) Gentag forsøget med den violette og den grønne laserpind.
- 8.) Man kan eventuelt gentag alle forsøgene, med et gitter med 600 linjer pr. mm. Vær opmærksom på at det bliver en anden gitterkonstant.

### Pas på dig selv!

Laserlyset er meget kraftigt og kan skade øjnene. Det sker ikke, hvis man bare kommer til at ramme øjet kortvarigt, men man skal ikke stirre direkte ind laserpointeren i længere tid.





## Resultater

Resultaterne for hver måleserie noteres i et skema som dette:

Gitter:		linjer/mm		Laser farve:	
$n$	$a/m$	$x_n/m$	$\theta_n/^\circ$	$\lambda/nm$	

## Efterbehandling

Det er en god ide at samle tal og beregninger i et regneark.

1. Beregn afbøjningsvinklen ved hjælp af formel 1. og indsæt resultat i skema.
2. Fin dernæst bølgelængden ved hjælp af formel 2. indsæt resultatet i skemaet.
3. Bemærk at bølgelængden nu er regnet i meter. Og det elektromagnetiske spektrum er inddelt i nanometer.
4. Omregn bølgelængden fra meter til nanometer.
5. Se om den beregnede bølgelængde passer med farven i det elektromagnetiske spektrum, der er vist herunder.

## Beregninger

De formler man skal bruge er:

$$1.) \tan(\theta_n) = \frac{x_n}{a}$$

$$2.) \lambda = \frac{d \cdot \sin(\theta_n)}{n}$$

$[\lambda]$  = bølgelængden (m)

$[\theta]$  = afbøjningsvinklen( $^\circ$ )

$[n]$  = ordener

$[d]$  = gitterkonstanten(m)

$[a]$  = afstand mellem gitter og væg(m)

Gitterkonstanten er afstanden mellem gitterene målt i meter.

$$d = \frac{1}{300000} \approx 3,333 \cdot 10^{-6} = 0,000003333m$$

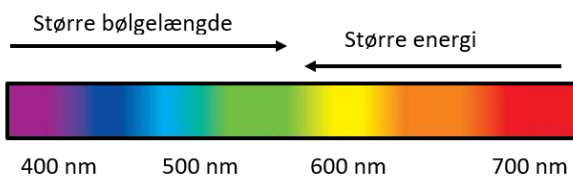
$$d = \frac{1}{600000} \approx 1,667 \cdot 10^{-6} = 0,000001666m$$

## Diskussion og evaluering

Som I har kunnet se i del 5 og 6 måles der fra 1. orden til 1. orden og dernæst divideres med 2. Dette gøres for at få en mere præcis måling.

Hvis afstanden mellem gitter og væggen er 1 meter, vil a i formel 1. blive = 1.

## Synligt lys i det elektromagnetiske spektrum



Lys og andre former for elektromagnetisk stråling, adskiller sig fra lydbølger. Lydbølger kan kun udbrede sig i luft, vand og andet materiale, hvor lys kan udbrede sig i vakuum (lufttomt rum).

Til forsøget bruger vi et optisk gitter monteret på glasplade. Der er ca. 300 linjer pr. mm (helt nøjagtige antal linjer pr. mm er 295,27). Der bruges også et gitter med 600 linjer pr. mm.

Når man sender monokromatisk lys (lys med kun en bølgelængde) igennem et gitter, hen mod en væg, vil der komme nogle prikker på væggen. Prikkerne frembringes hvor der er konstruktiv interferens.

