

Afstandskvadratloven

En af astronomiens store opgaver er at forsøge at bestemme afstande ud til stjerner. Til det formål kan man blandt andet benytte den lysstyrke, som stjernen observeres med, set fra Jorden. Jo længere væk stjernen er, jo mindre lysstyrke vil den observeres med på Jorden. Desværre er dette ikke helt nok, for stjernerne er forskellige. Således udsender store stjerner en langt større lysmængde end små stjerner. Hvad der mere skal til, vil vi ikke komme ind på her. Vi vil udelukkende studere hvordan den observerede lysstyrke aftager, når den samme lyskilde (symboliserende en fast stjerne) flyttes længere og længere væk fra måleapparatet. Vi skal eftervise den såkaldte *afstandskvadratlov*, som siger:

Lysintensiteten fra en punktførmig lyskilde aftager med kvadratet på afstanden

Med begrebet *lysintensitet* menes den lysenergi, der pr. sekund rammer et areal på 1 kvadratmeter. Enheden er derfor W/m^2 . Som et mål for lysintensiteten skal vi i denne øvelse benytte belysningsstyrken (illuminansen), som vi har en sensor, som kan måle. Enheden her er lux, som er det samme som lumen/ m^2 .



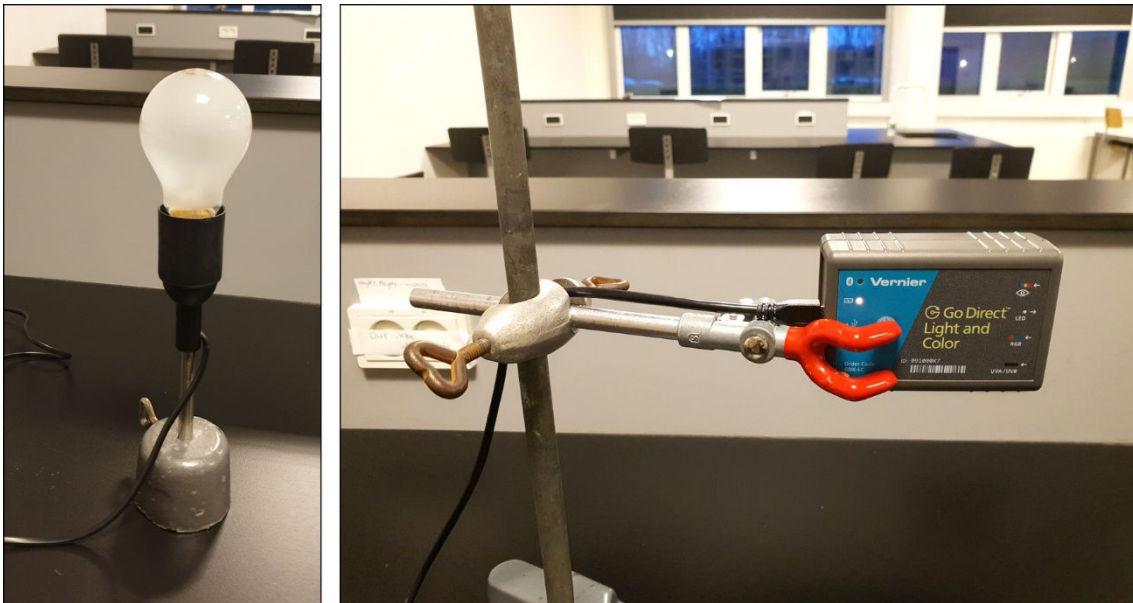
Apparatur

En *Go Direct Light and Color sensor* fra firmaet *Vernier* (se figur senere), en lyspære på en fast fod, stativ med tilbehør, en lineal og en computer. Vi får brug for programmet *Logger Pro* til senere analyse. For at kunne måle med sensoren, skal man desuden have installeret programmet *Vernier Graphical Analysis*, som kan downloades herfra:

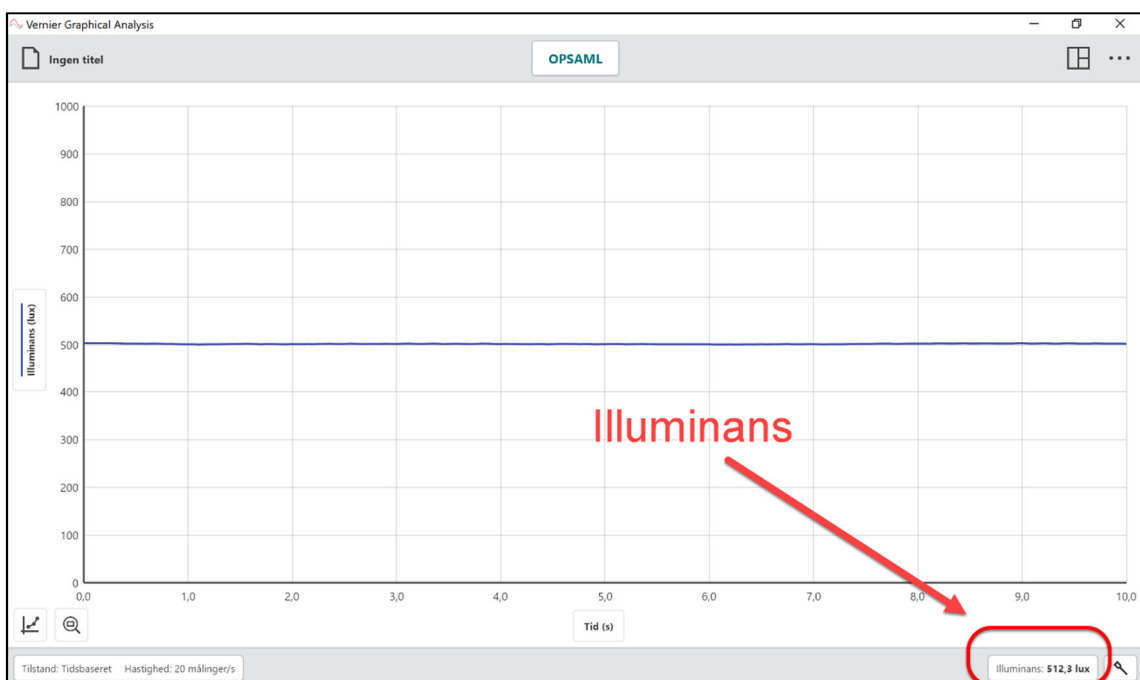
<https://www.vernier.com/products/software/graphical-analysis/>

Forsøg

Sensoren spændes op i et stativ, fx som vist på figuren herunder. Sensoren tilsluttes derefter til computeren via et tilhørende USB-kabel. Lyskilden tilsluttes strøm. Programmet *Vernier Graphical Analysis* åbnes på computeren. Sørg for at mørkelægge rummet, så langt den overvejende lysmængde kommer fra lyspæren. Man er nu klar til at foretage en række sammenhørende målinger af afstanden mellem (midten af) lyskilden og forenden af sensoren og den illuminans, regnet i enheden lux, som sensoren registrerer. Illuminansen kan ses nederst til højre i softwarens interface (se figur). Lux-værdien kan betragtes som værende proportional med lysintensiteten. Som passende afstande kan du passende benytte de værdier, som på forhånd er udfyldt i skemaet på næste side. Udfyld derefter resten af skemaet.



Interface for softwaren *Vernier Graphical Analysis* :



Afstand (cm)	Illuminans (lux)
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	

Databehandling

Hvis du ikke allerede har skrevet de to kolonner med data ind i Logger Pro, så kan du gøre det nu. I kolonnen X anbringes værdierne for afstandene. Dobbeltklik på X i kolonnens hoved, så der åbnes en boks, hvor du kan navngive således:

Indstillinger for manuel kolonne

Kolonnedefinition Indstillinger

Labels og enheder:

Navn: Afstand

Kaldenavn: r Enheder: cm

Lås kolonne (undgå celledigering)

Datatype: Numerisk

Generer værdier

Numeriske værdier

Start: 1

Slut: 100

Stigning: 1

Antal celler: 100

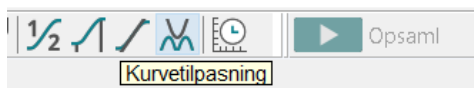
Hjælp Udført Annuller

Under fanen *Indstillinger* kan du eventuelt sætte *Vist præcision* til 0 decimaler, så afstande vises i hele cm. Afslut ved at klikke på *Udført*.

Dobbeltklik derefter på Y i kolonne 2's hoved og navngiv således:

Under fanen *Indstillinger* kan du eventuelt sætte *Vist præcision* til 0 decimaler, så lux-værdierne vises med 0 decimaler. Afslut ved at klikke på *Udført*.

Det er meningen, at vi skal bruge *Logger Pro* til at foretage et fit. Klik på ikonen *Kurvefitpasning* i værktøjslinjen.



Vælg et fit af typen A/r^2 :

Generel ligning:

- $A+Br+C*r^2+D*r^3+E*r^4+F*r^5$ Quintic
- $A*r^B$ Potens
- $A*r^n$ Variabel potens
- A/r Inverteret
- A/r^2 Inverteret kvadratrodd
- A/r^n+B N'te inverteret

Klik på *Prøv tilpasning* nederst i ovenstående boks (ikke vist på figuren). Afslut med *OK*. Nu skulle du gerne få punkterne tilpasset med en kurve. Hvis kurven følger punkterne godt, kan du sige god for afstandskvadratloven!

Ekstra opgaver

- a) Afstandskvadratloven kan matematisk set udtrykkes ved følgende sammenhæng, hvor I er lysintensiteten, r er afstanden og A er en konstant:

$$I(r) = \frac{A}{r^2}$$

Man siger da, at I er *omvendt proportional med kvadratet på afstanden r* . Overvej hvad der sker med I , hvis afstanden r fordobles. Samme spørgsmål i tilfældet hvor r tredobles eller tidobles?

- b) Benyt figuren nedenfor til at argumentere for, at afstandskvadratloven ovenfor logisk set på gælde. Lysintensiteten er som tidligere nævnt den lysenergi, der hvert sekund rammer en kvadratmeter. Her er det underforstået, at den punktformige lyskilde befinder sig i punktet C . *Hjælp*: Bemærk at lyset fra den punktformige lyskilde udbreder sig i alle retninger ... derfor kuglerne (dog er halvkugler kun afbildet).

