

Spektrografi med digitalkamera og gitter

Spektrografi med digitalkamera og gitter. Så simpelt kan det gøres. Af Mads Hammerich, Rysensteen gymnasium.



Mozartsvej by night. Sydhavnen i København ser mere farvestrålende ud, set gennem et optisk gitter. Her ses bl.a. at kviksvølvdamplamper er den foretrukne belysningskilde, mens lastbilens forlygter er glødelamper og at bussen også har glødelamper bag de røde glas.

Jeg har set mange fysikklasser lege med de billige diffraktionsgittere af plastik, som man blandt andet kan købe hos Edmund Scientific. Ofte bygger vi spektroskopet af gitteret, paprør og aluminiumfolie. Takket være udbredelsen af digitalkameraer er der nu nye muligheder for at dokumentere, kvantificere og efterbehandle spektrene. Formålet med denne artikel er at vise, hvor simpelt det kan gøres.

Man skal bruge:

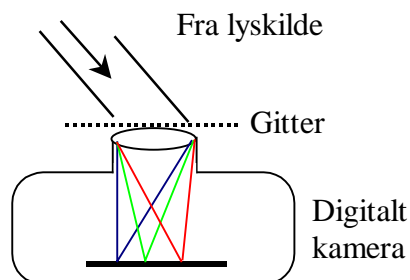
- Et digitalkamera.
- Et kamerastativ.
- Et optisk gitter ca. 500-1200 linier/mm. Senere, når interessen skal plejes, har man gavn af:
- Paprør, hobbyknivblade, sort papir og en stump lyslederkabel.

Den simpleste spektrograf

Gitteret monteres med tape eller elastikker, umiddelbart foran linsen, parallelt med filmplanen. Se figur 1. Det er det hele! Så er man klar til at gå ud og tage billeder som fx forsidebilledet eller figur 2.

Den næste spektrograf

Ret hurtigt melder der sig et behov for at isolere spektret fra en bestemt lyskilde, så kontrasten i billedet forøges og billedforvirringen formindskes. Figur 3 viser, hvordan det gøres. Paprøret med blænderne giver en knaldsort baggrund for spektret. Hvis lyskilden er lille nok på billedet, er dette alt, hvad der skal til for at nå den spektrale opløsning, som gitter og kamera kan klare.



Figur 1. Et digitalkamera med gitter. Skal spektrene udmåles bagefter er det en fordel at placere lyskilden så den grønne del af 1. ordens spektret falder midt i billedet.

Dette krav kan opfyldes for geisslerrør og fjerne gadelamper.

Hvis billedet af lyskilden er mange pixler stort, er det nødvendigt at lave en spalte fx af en stump metalplade og et par hobbyknivblade. Teoretisk set skal spalten tilpasses, så billedet af spalten er en pixel bred. Hvis fx kameraet har en billedvinkel på 25° på den lange led, 2000 pixler på samme led, og røret er 50 cm, betyder det, at 1 pixel dækker en vinkel på 0,2 mrad, og dermed at spalten skal være ca. 0,1 mm bred uafhængigt af, hvilket gitter man benytter.

Sådan et system er brugt til at fotografere de to billeder, der er klippet sammen i figur 4. Det øverste spektrum af en gullig gadelampe er optaget med et billigt plastikdiffraktionsgitter, der er klippet ud af et større ark. Det nederste dobbelte spektrum af en natrium spektrallampe og et cadmium spektrum som reference er optaget med et 1000 linier/mm gitter.



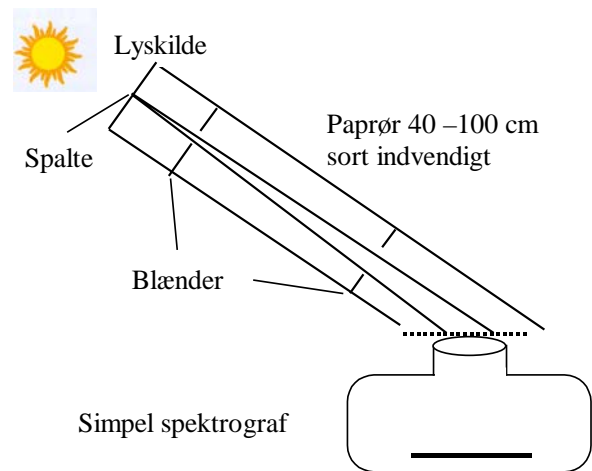
Figur 2. Et billede af et geisslerrør med helium. Afstanden er ca. 3 meter og udladningen er ca. 2mm i diameter. Gitteret har 590 linier/mm.

Billederne er efterfølgende blevet kopieret sammen i et billedbehandlingssystem, hvor det nederste spektrum er blevet krympet og flyttet, indtil det er klart, at gadelampen rummer hele natriumspektret minus den karakteristiske gule dobbeltlinie, der ses opløst i det nederste spektrum. De af jer, der ikke kender svaret på denne gåde, må læse videre til slutningen, hvor sløret løftes.

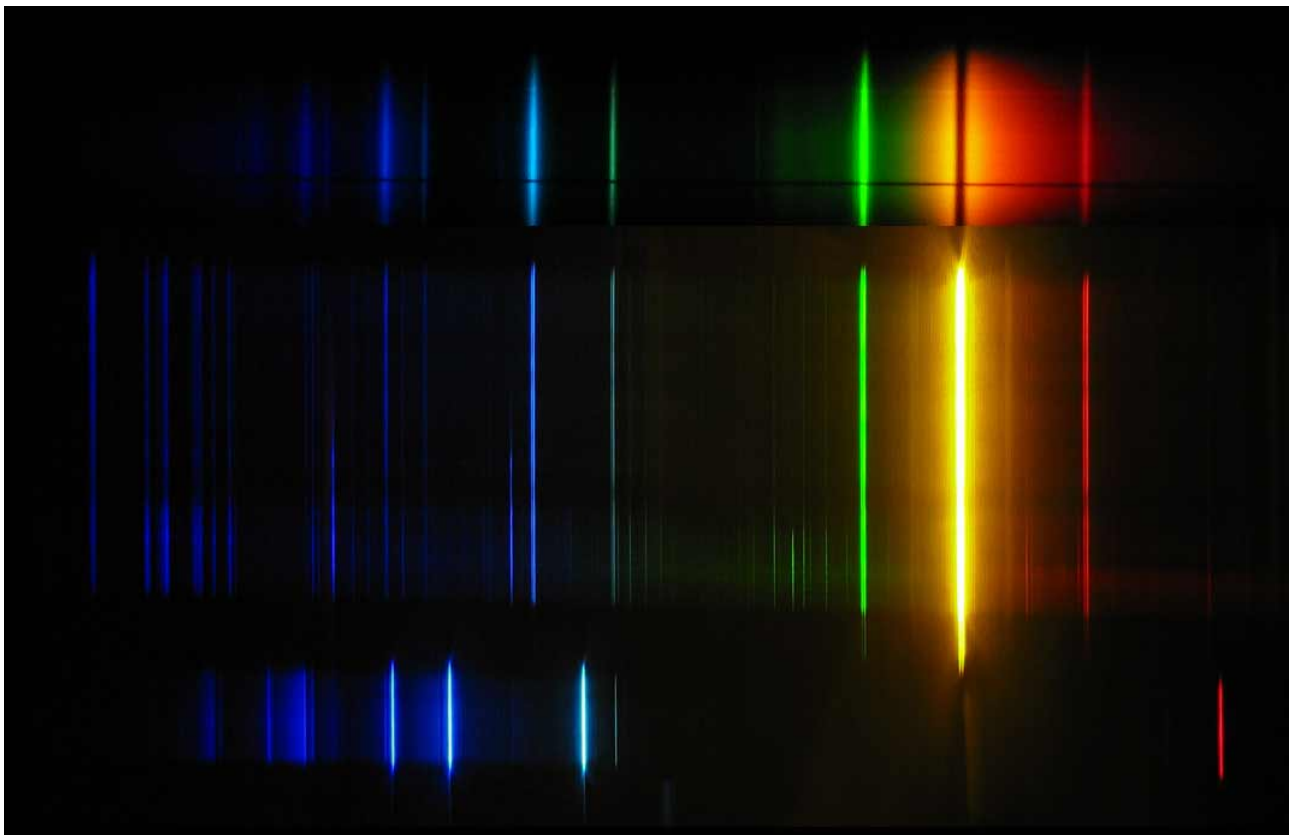
Disse billeder er velegnede til at diskutere en lang række anvendelser af spektroskopi som værktøj i kemi, astronomi og fysik. Fx kan man let bevise, at der er kviksølv i lysstofrør, men ikke neon i alle neonrør. Men også at nogle lysstofrør er bedre end andre til at gengive farver. Ligeledes er der natrium på Solen og i gadelamper.

Endvidere giver billederne fin lejlighed til at forklare indholdet af begrebet ”en spektrallinie”. På Bunsens tid introduceret som slang for et snævert lyst eller mørkt område i et spektrum. Senere slang for energiforskellen i et spring mellem diskrete

energitilstande for en elektron. Men udtrykket stammer altså fra billedet af spalten, der i princippet (men uhensigtsmæssigt) kunne være hjerteformet.



Figur 3: En bedre spektrograf



Figur 4: Fotomontage af to spektre. Øverst spektret af en gul gadelampe på gaden i Kolding. Nederst et natriumspektrum med et cadmium referencespektrum optaget i København. Er dette et billede af det mørke Jylland?

Referencespektre

Det er en fordel at have en reference med, når man optager ukendte spektre. Referencen skal helst optages i samme billede og gennem samme spalte. Dette har jeg opnået i figur 4 ved at føre lyset fra en cadmiumlampe frem til spalten ved hjælp af et optisk fiberbunt. Men man kan også bruge et lille spejl monteret foran en del af spalten. En nem referencelampe er en sparepære, hvor kviksølvlinierne er fremtrædende.

Print

Det er en fordel at printe spektrene ud i negativ gengivelse, hvis man ikke har et stort budget til printerblæk. Fordelen består også i, at man kan se svagere linier på den hvide baggrund. Antallet af erkendte balmerlinier i hydrogenspektret voksede fra 4 til 6 i mit billede, da jeg lavede det nummer.

Krav til kamera

Brug bare det kamera du har adgang til. Senere kan man kigge efter: lang lukkertid, manuel indstilling af eksponering, manuelt fokusindstilling, pænt antal pixler og god følsomhed. Billederne til denne artikel er fotograferet med et Canon G3, ISO50, ca. blænde 8, eksponeringstider på 1-8 sekunder.

Svage og kraftige linier

Hvis svage linier skal med i billederne har stærke linier en tendens til at blive overeksponerede. Hvis man varierer eksponeringen hen over spalten, kan man få både svage og stærke linier med. Med geisslerrør gøres dette ved at trække et stykke pap ned foran røret under eksponeringen.

Links

Jeg har taget et pænt antal billeder med denne teknik. En del af dem ligger på adressen: www.emu.dk/gym/fag/fy/inspiration/forloeb/spektrografi/index.html.

Her findes også en nøgle med forskellige detaljer om billederne. Disse billeder er du velkommen til at bruge i din egen klasse.

Billige replicagitre fås bl.a. hos Edmund Scientific:

www.scientificsonline.com.

Kig efter item 3040267, og 3054509 og tag idekataloget med, nu du er i gang. Så er der gitre til alle elever på gymnasiet i 5 år for 25\$.

Man kan også bruge en compact disc som gitter. Se fx en opskrift på et spektroskop, jeg engang lavede til Experimentarium her:

www.experimentarium.dk/dk/naturvidenskab_og_teknik/forsoeg_med/forsoeg.19.html.

Udmåling af spektrene

Hvis man bruger et gitter på 600 linier/mm, fylder den synlige del af spektret 950 pixler i billeder taget med det tidligere nævnte system. Dvs. at man netop kan opløse den gule linie i natriumspektret.

Udmålingen af spektrene er arbejdskrævende, men instruktiv. Man tager et print af spektret, måler afstanden fra billedkanten til kendte linier og laver lineær regression på sættet af afstande og bølgelængder. Dernæst bestemmer man de ukendte bølgelængder. Med denne metode kan man nå en nøjagtighed i bølgelængdebestemmelsen på ca. en nanometer.

Det gode ved dette er, at man får et overmalet print til sin rapport. Alternativt kan

man måle i et billedbehandlingsprogram og korrelere pixelnumre med bølgelængder.

Hvis man altid arbejder i en fast geometri, kan man en gang for alle lave sig en bølgelængdeskala, som så bare skal forskydes, så den passer med én kendt bølgelængde. Dette kan være en fordel, hvis man har en videokanon til rådighed og vil vise spektroskopi for klassen.

Det ville være rigtig rart med en halv-automatisk kalibrering af spektrene. Det har jeg da også diskuteret med Carl Hemmingsen. Han er allerede langt med en tilføjelse til DATALYSE, der tillader dette. Se www.datalyse.dk

Løsning af gåden om natriumlamperne

Gadelampen er en højtryksnatriumdamp-lampe. Trykket i natriumgassen er adskillige bar. Under disse omstændigheder bliver spektrallinierne bredere, hvilket i denne optagelse ses tydeligst for de gule linier. Men der er også et tyndt lag af gassen tæt ved glasset, der ikke er exiteret af den elektriske strøm i røret. Dette tynde lag absorberer lyset. Stærkest for de kraftigste absorptionslinier. Derfor ser vi det klare kendetegn på en højtryks natriumdamp-lampe: den sorte linie i det gule brede bånd af lys.