

## Optiske Kuriositeter:

### Kan lilla kaldes en spektralfarve?

**Torben Skettrup**

Institut for Fysik, DTU

Lilla er en populær farve, både til beklædning og som vægfarve. Det mere tekniske navn for lilla er magenta, som er kendt som én af de tre grundfarver, der benyttes, når der skal blandes malerfarver eller tryksværte. Ved blanding af magenta, gul og cyan (grøn-blå) malerfarve kan enhver anden farve fremstilles (evt. med lidt hjælp fra hvid og sort farve). Det er det såkaldte subtraktive farveblandingsystem, som gælder, når der blandes absorberende stoffer sammen, f.eks. maling eller tryksværte.

Blander man lysstråler, f.eks. ved at sende farvet lys op på en skærm eller i TV-apparatets skærm, anvendes det additive farveblandingsystem, hvor rød, grøn og blå er primærfarverne, der skal sammenblandes for at fremstille ethvert andet farveindtryk.

Det mest velkendte farvefænomen er nok regnbuen, som dannes, når sollyset brydes i regndråberne. Herved fremkommer det velkendte spektrum, som er vist i Fig. 1, hvor farverne violet, blå, grøn, gul, orange og rød ses. Opspaltningen i farver skyldes, at regndråbernes brydningsindeks er bølgelængdefafhængigt, så de forskellige bølgelængder opnår lidt forskellige brydningsvinkler, og dermed ses under lidt forskellige vinkler på himmelbuen, når solens lys trænger ind i regndråberne og reflekteres fra deres bagside.

Farven lilla er som bekendt aldrig blevet observeret i en regnbue. Dette tyder på, at lilla ikke er en spektralfarve. Imidlertid kan lilla ses i spektret i Fig. 2, som er optaget i laboratoriet, som beskrevet nedenfor. Samtidig er farveordenen anderledes, idet rækkefølgen nu er blå, violet, lilla, rød, orange og gul. I dette spektrum er det den grønne farve, der mangler, hvor det i regnbuespektret i Fig. 1 er den lilla farve, der mangler. Dette kunne indikere, at lilla godt kunne betragtes som en spektralfarve.

For at gå dybere ind i dette spørgsmål vises i Fig. 3, hvorledes de to spektre er optaget. De er begge optaget med samme opstilling: En lyskilde, en spalte, et prisme og en skærm i en passende afstand. Den eneste forskel er, at regnbuespektret i Fig. 1 er optaget med en sædvanlig spalte, se Fig. 4a, mens "det modsatte spektrum" i Fig. 2 er optaget med det modsatte af en spalte, se Fig. 4b, dvs. en spalte, der spærrer for lysgennemgang dér, hvor en normal spalte lader lyset løbe igennem. Dette medfører naturligvis, at der er hvidt lys på begge sider af spektret i Fig. 2. En anden interessant observation er, at de to spektre består af hinandens komplementære farver: violet-gul, blågrøn-orangerød, grøn-lilla, gul-violet og orangerød-blågrøn. De to spektre er således hinandens komplementære.

En forståelse af dette fænomen fås ved at se på Fig. 5, hvor spektret, der fremkommer langs en kant, dvs. en overgang mellem uigennemtsigtigt og gennemtsigtigt materiale, er vist. Her er to muligheder. Den ene, hvor den uigennemtsigtige del af kanten vender op mod prismets brydende kant (den tynde ende af prismet), svarer til Fig. 5a, mens den anden situation, hvor den uigennemtsigtige del af kanten vender ned mod prismets basis (den brede ende af prismet), svarer til Fig. 5b. I Fig. 5a ses det, at

overgangen mellem mørke og lys er farvet, således at der er mørke, rødt, orange, gult og hvidt, mens situationen i Fig. 5b er mørke, violet, blå, cyan, og hvidt.

En sædvanlig spalte foran prismet kan nu dannes ved at føre to af de ovennævnte kanter sammen, så de danner et lille mellemrum. Derved vil den gule farve og den blå farve i Fig. 5a og b komme til at overlappende hinanden, således at der fremkommer et grønt farveindtryk (idet gult og blå lys blandet giver grønt), som det ses i det sædvanlige spektrum fra en spalte Fig. 1.

Gøres derimod det modsatte, dvs. dannes der det modsatte af en spalte ved at anbringe et smalt uigennemtsigtigt materiale dér, hvor spalten var før, fås to tætliggende kanter med mørke imellem, se Fig. 4b. Dette svarer til, at Fig. 5a og 5b igen overlapper hinanden, men nu således at den violette og den røde farve blandes. Herved fremkommer et lilla (magenta) farveindtryk, idet rødt og violet lys blandet giver magenta, og resultatet, der observeres på en skærm, bliver da spektret i Fig. 2.

Det er nu forståeligt, hvordan de to modsatte spektre i Fig. 1 og 2 fremkommer, men hvorfor dannes der rød-gule eller violet-blå farvede områder ved kanterne, som vist i Fig. 5a og 5b? Dette fremgår også af Fig. 3, hvor hvidt lys fra et punkt begrænses af de skarpe kanter i begge sider, før det løber gennem prismet. Ved kanten nærmest prismets brydende kant vil de stråler, der brydes mindst, dvs. de langbølgede (rød, orange gul) danne overgangen mellem mørke og lys i strålerne, der løber ud af prismet. Ved kanten nærmest basis vil de stråler, der brydes mest, dvs. de kortbølgede (violet og blå) danne overgangen mellem mørke og lys i strålerne, der løber ud af prismet. I ethvert punkt i mellemrummet mellem disse områder findes alle prismefarverne overlappet, således at resultatet er et hvidt farveindtryk.

Disse kraftige farvede områder langs kanterne af lysstråler, der har løbet gennem et dispersivt medium, inspirerede den berømte tyske digter Goethe (1749-1832) til at foreslå en alternativ farvelære, idet han afviste Newton's forklaring om, at det hvide lys er en blanding af alle farver, og at prismet kan adskille de farvebestanddele, det hvide lys består af. Goethe hævdede, at det er et urfænomen (dvs. et grundlæggende i princippet uforklarligt fænomen), at farve opstår, når mørke og lys mødes i et stof, f.eks. langs kanten i eksperimenterne beskrevet ovenfor. Han mente ikke, at farverne var indeholdt i lyset, men at farverne er i naturen. Goethe var i det hele taget meget interesseret i naturen og skrev faktisk en del naturvidenskabelige afhandlinger. Hans samlede naturvidenskabelige værker fylder ialt 12 bind, hvoraf fire omhandler hans lys- og farvelære. Hans videnskabelige metode var ikke den analyserende metode, som kendes i moderne videnskab, men snarere en fænomenologisk metode, hvor han beskrev sine iagttagelser og samlede disse til en helhed uden at interessere sig så meget for de tilgrundliggende årsager til fænomenerne.

Endelig skal forskellen mellem spektrene i Fig. 1 og 2 og det



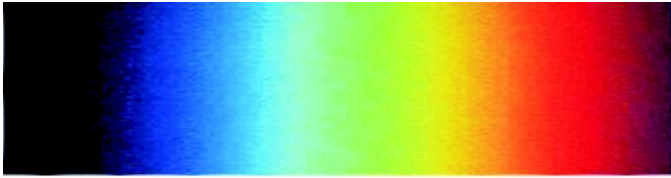


Fig. 1. Det sædvanlige spektrum optaget med en hvidt-lyskilde ved hjælp af opstillingen i fig. 3 med en almindelig spalte, som i fig. 4a. Foto: Svend B. Sørensen, Inst. For Fysik, DTU.



Fig. 2. Spektrum optaget ligesom i fig. 1 ved hjælp af opstillingen i fig. 3, men med den "modsatte" spalte i fig. 4b. Foto: Svend B. Sørensen, Inst. For Fysik, DTU.

sædvanlige spektrum, som f.eks. dannes i en spektrograf, fremhæves. I fig. 1 og 2 er der ingen afbildende elementer (lenser eller hulspejle) inde. Resultatet er, at grønt (og lilla) fremkommer ved blanding af gult og blå (og rødt og violet) lys, som beskrevet ovenfor. I en spektrograf derimod sidder et eller flere hulspejle, som sørger for at afbilde en indgangspalte på enten en udgangspalte

som svarer til 0% farvemætning. I bunden af kromaticitetsdiagrammet går en linie fra violet (380 nm) til rødt (700 nm). Denne linie repræsenterer farveblandinger af rødt og violet og er derfor stedet, hvor de lilla eller magenta farver ligger i kromaticitetsdiagrammet. Som det ses, er der her vist en bølgelængdeskala med negative værdier. Minustegnet skal indikere, at den pågældende rene 100% mættede magentafarve ved en bølgelængde (med -tegn) blandet sammen med den spektrale farve med samme bølgelængde (med +tegn) vil give hvidt, således at de er hinandens komplementære farver.

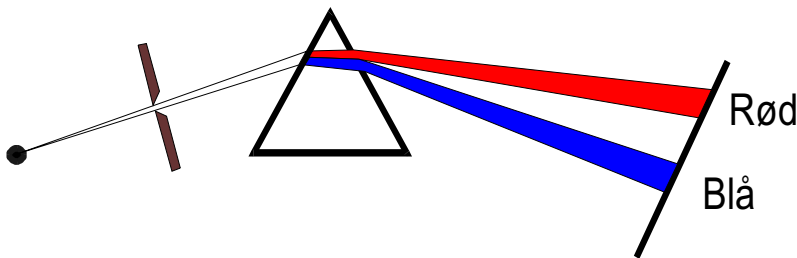


Fig. 3. Opstilling benyttet til fotografering af spektrene i fig. 1, 2 og 5. Når lyset fra hvidt-lyskilden har passeret spalten og løber gennem prismet, brydes de langbølgede (dvs. de røde) lystråler mindst, mens de kortbølgede (blå og violette) stråler brydes mest.

Konkluderende kan det nu diskuteres, om lilla kan kaldes en spektralfarve. Hvis man havde lys med en ren 100% mættet lilla farve og sendte dette lys gennem en spektrograf, ville der komme to spaldebilleder på udgangen, nemlig ét ved 380 nm og ét ved 700 nm. Den rene mættede lilla farve indeholder altså lys med to bølgelængder blandet i passende mængder og består derfor af to spektralfarver (og ikke blot én). Blandes lys med to vilkårlige bølgelængder, forskellige fra de to ovennævnte, fås et farveindtryk, der ligger indenfor

eller et lysfølsomt materiale. Hvis der ikke var noget prisme eller diffraktionsgitter inde i strålegangen, ville der blot dannes ét spaldebillede ved udgangen. Når det dispersive medium er inde i strålegangen, dannes der i princippet et spaldebillede for hver bølgelængde ved udgangen, og disse spaldebilleder er lidt forskudte i forhold til hinanden på grund af dispersionen, hvorved spektret ved udgangen fremkommer. Hvert spaldebillede svarer altså til én bestemt bølgelængde af lyset, som igen repræsenterer én bestemt farve. Der er altså en éntydig sammenhæng mellem bølgelængden og dens farveindtryk. Disse spektrale farveindtryk svarer til de helt rene mættede farver. Det er de farveindtryk, som ses langs randen i kromaticitetsdiagrammet i fig. 6, hvor også de tilhørende bølgelængder er vist. I kromaticitetsdiagrammet har den hvide farve koordinaterne (0.33, 0.33), og linien trukket fra dette hvide punkt ud til en spektral farve langs randen repræsenterer alle nuancer af denne farve lige fra den helt rene 100% mættede farve ved randen gennem lysere og lysere nuancer ind til hvidt,



Fig. 5. a) Det farvede område, som fremkommer langs en kant, hvis uigennemsigtige del vender op mod prismets brydende kant. b) Det farvede område, som fremkommer langs en kant, hvis uigennemsigtige del vender ned mod prismets basis. Foto: Svend B. Sørensen, Inst. For Fysik, DTU.

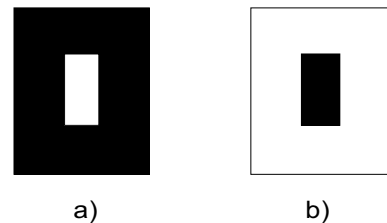


Fig. 4. a) Den almindelige spalte, som benyttes til optagelse af spektret i fig. 1. b) Den "modsatte" spalte, som spærrer for lysgennemgang, hvor spalten i a) er gennemsigtig.

randkurven i fig. 6, altså en umættet farve, dvs. en lys måske endda hvidlig farve. Kun rent violet og rent rødt blandet sammen giver farveindtryk beliggende på randkurven og dermed 100% mættede farver (magenta eller lilla farver). I den forstand, at de

