

# SSOG

Scandinavian School of Gemology

## Lektion 12: Spektroskopet

---

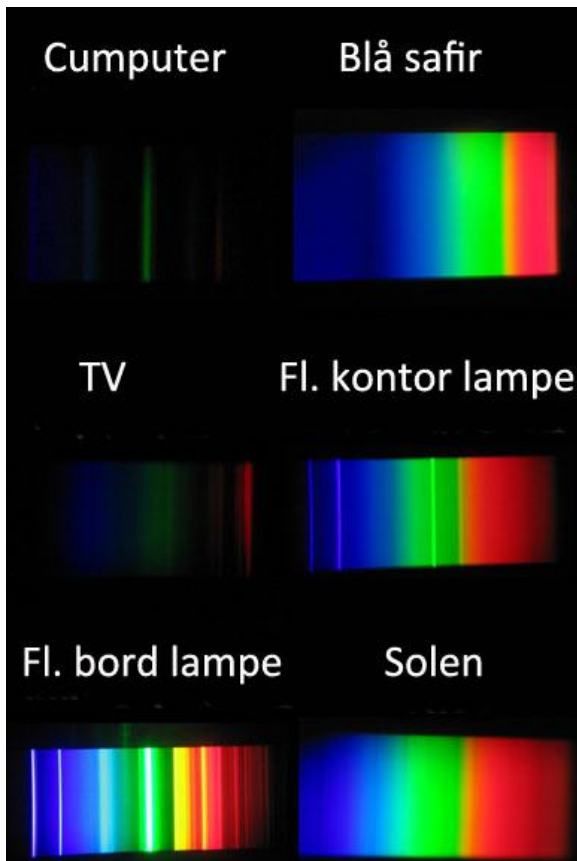


Spektroskoper er instrumenter, som kan hjælpe videnskabsmænd — især astronomer, fysikere, kemikere og jordforskere — at anvende lys og energi for at finde ud af, hvad ting er lavet af. Inden for gemmologi, tager spektroskoper lys transmitteret fra ædelsten og opdeler det i farver. Den gør det muligt for gemmologer at se, hvilke bølgelængder, der absorberes af stenen og dermed giver gemmologen mulighed for at bestemme, hvilke elementer der kan forårsage farveabsorberingen. Fordi de kan afsløre netop de elementer, der udgør en ædelsten, anses mange gemmologer spektroskoper for at være et af de vigtigste værktøjer til identifikation.

### Hvordan spektroskoper virker

Hver af farverne i det hvide lysspektrum har en specifik temperatur eller det termiske energiniveau. Når en ædelsten absorberer forskellige farver lys, absorberer den rent faktisk forskellige energiniveauer. Disse forskellige niveauer af absorberet termisk energi påvirker en ædelstens farver. Spektroskoper giver en gemmolog mulighed for at se, hvilken farve lys eller hvilket energiniveau der absorberes. Dette vil så hjælpe med at afgøre, hvilke elementer der er i en ædelsten.

Nedenfor kan du se en masse almindelige lyskilder, som du ser hver dag igennem et spektroskop. Bemærk hvordan lysets intensitet vil ændre sig og linjerne i spektret. Dette skyldes forskellige elementer i lyskilden, der forårsager, at spektroskopet viser forskellige lysbølglængder, der overføres. Jeg tror, at du vil synes, at disse billeder er ret interessante. "FL" betegner en fluorescerende lyskilde, så som en bordlampe og kontorovenlys. Afhængig af hvor spektroskopet er produceret vises, typisk i Europa, den røde farve i højre side af spektret og i USA den blå farve i højre side.



Når man ser igennem et spektroskop, vil man se regnbuens farver med mørke linjer eller bånd, der blokerer nogle af farveområderne. De mørke linjer og bånd er, hvor elementer i stenen har absorberet de specielle energiniveauer. Det er denne information, der hjælper med at afgøre, hvilke elementer, der er til stede i stenen. Nedenfor ses to spektre, en zirkon, en slags granat. Bemærk hvordan zirkonen absorberer i tynde linjer. Granat-varianten absorberer mest i bånd.



Zirkon lavet af zirconium, silicium og oxygen



Granat lavet af jern, aluminium, silicium og oxygen

Alle regnbuens farver er tilstede i spektret — lilla/indigo, rød, orange, gul, grøn, blå og violet — samt de mellemliggende farver. Hver farve i spektret har en bølgelængde målt i nanometer (forkortet som "nm").

Disse nanometermål er sat ind på en skala, som en slags guide til at vise, hvilke bølgelængder der absorberet (se figuren til nedenfor). Bord-spektroskoper (nogle gange kaldet stationære eller arbejdsbord-modeller) fås med spektroskoper, som har en skala indbygget i instrumentet. Det fleste håndholdte spektroskoper har ikke indbygget skala. Uanset hvilket spektroskop man anvender, er det nogle gange vanskeligt at se skalaen, selv om spektret er ret tydeligt. Det er derfor meget vigtigt at kende og huske nanometer-bølgelængde skalaen illustreret ovenfor.

## Spektroskop-skala i nanometer

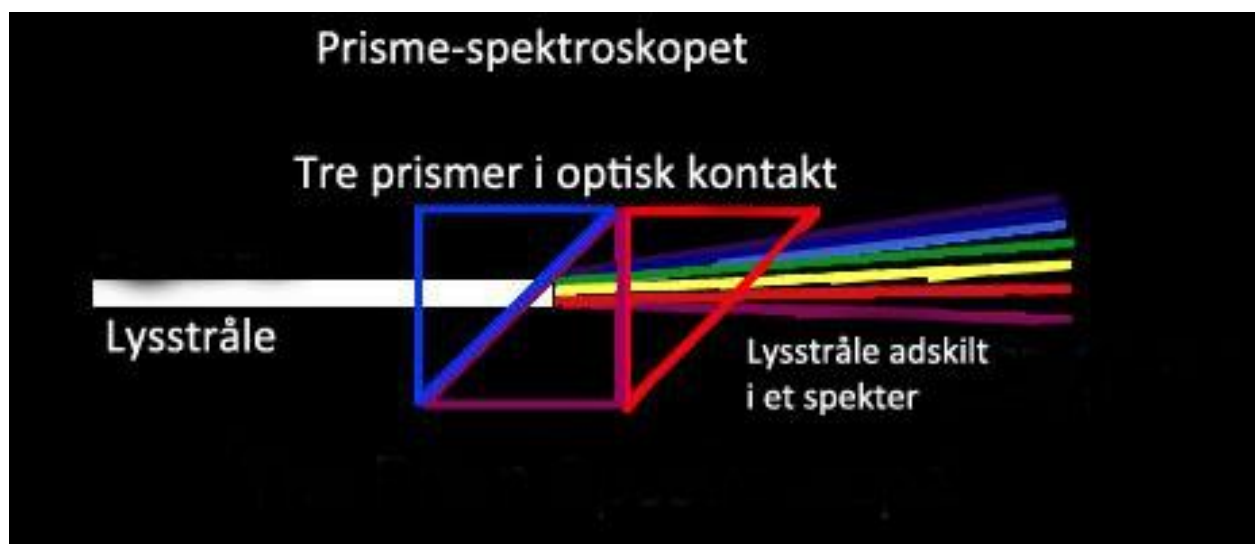


Spektroskop-skala i nanometret.

Der findes to typer af spektroskoper: prisme og diffraktions gitter. Forskellen på disse to er i det udstyr, der bruges til at adskille farvebølger i spektre. Resultatet af ethvert spektroskop vil afhænge af en tilstrækkelig lyskilde.

Prisme-spektroskoper blev opfundet for ca. 200 år siden. De er lavet af tre optiske gitter-glasprismer med kontakt til hinanden. Lyset kan kontrolleres med en justerbar åbning, kaldet en lysslids, og en fokuskontrol i den ene ende af instrumentet.

Denne type spektroskop presser den røde ende af spektret sammen. Slidsen og fokuskontrollen justerer lyset, så det røde er mere synligt.



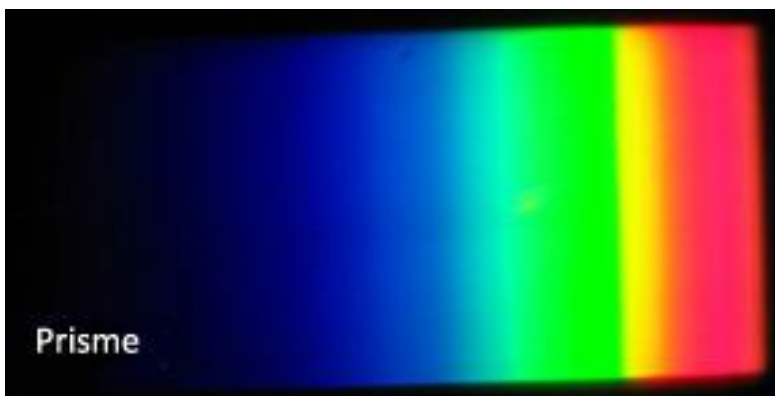
Diffraktionsgitter-spektroskoper anvender en diffraktionsplade til at bryde lysstrålen. Disse diffraktionsplader har små streger indgraveret i overfladen. Disse diffraktionsstreger spreder lyset, når det kommer ind i spektroskopet, og skaber derved en separation af farverne.

Diffraktionsgitter-spektroskoper viser spektret ensartet, uden at klemme den røde ende af spektret. Der er ikke justering af lys eller fokus.



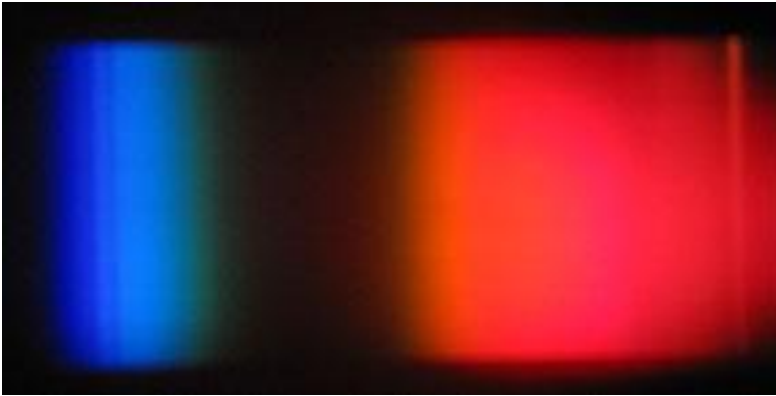
### En sammenligning af diffraktionsgitter- og prismespektroskop

Lad os bruge lidt tid på at se på nogle af egenskaberne ved de forskellige typer spektroskoper, og sammenligne de spektre, som de producerer. Jeg tror, at du under denne del af kurset vil få en bedre forståelse af, hvorfor det er vigtigt for dig at have både et prisme- og et diffraktionsgitter-spektroskop i dit gemmologi-kontor. Årsagen er, at de hver især har deres egen styrker og svagheder, og du skal være bekendt med dem for at få det meste ud af dine spektroskoptests. Først kigger vi på de spektre, der genereres af hver type. Nedenfor kan du se et enkelt hvidt lysspektrum i et prismespektroskop.



Det første, som man bemærker, er, at den røde ende af spektret presses sammen, mens den blå ende er meget bred. Dette er en klassisk egenskab ved prismespektroskop og er en af det stærke sider. Hovedsageligt fordi alle ædelsten med indikative eller diagnose absorptionslinjer i de øverste blå bølglængder vil være meget lettere at identificere med prismespektroskopet,

da den blå ende af skalaen er meget synligt. Men hvad med den røde ende? Den røde ende er tydeligvis presset sammen, hvilket gør det sværere at se absorptionslinjerne i de lavere eller højere bølglængder. Så ... vi har brug for et diffraktionsgitter-spektroskop.



Lad os kigge på spektret af en syntetisk rubin igennem et diffraktionsgitter-spektroskop. Helt anderledes. Den blå ende er meget mere komprimeret, mens den røde ende er bredt meget mere ud, hvilket gør den røde ende af spektret meget lettere at aflæse. Man kan se de meget tydelige kromlinjer i den røde ende, og man kan stadigvæk se de parallelle linjer i midten af den blå

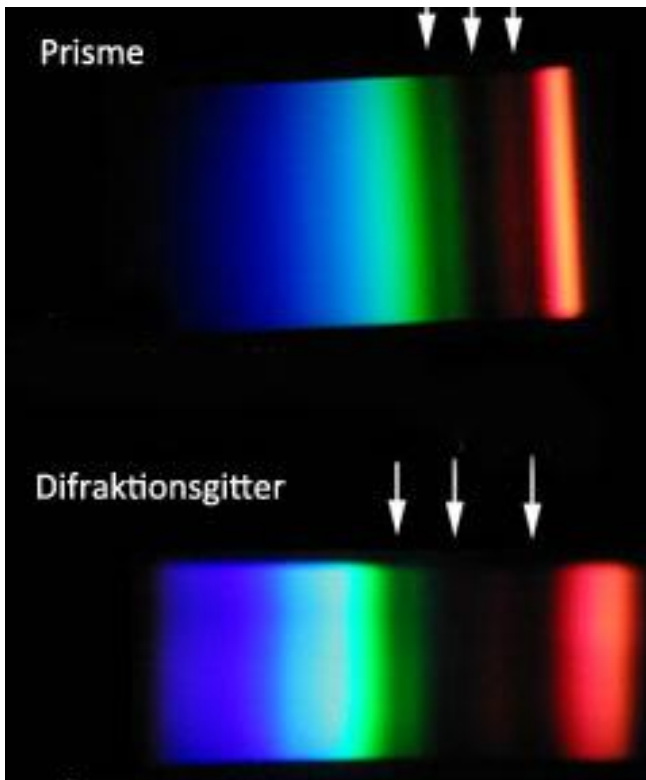
ende. Når man sammenligner de to billeder til venstre, får man et godt billede af forskellene mellem de to typer spektroskoper, og hvorfor man har brug for dem begge for at få det bedste ud af spektroskop-test. Men lad os se nærmere på denne sammenligning og se præcist hvilke reaktioner, som vi vil se, når det drejer sig om farvede ædelsten.

Inden vi begynder, så lad os kigge på billedet til højre. Det er et billede taget af en syntetisk rutil placeret oven på en bordmodells spektroskop plade. Man skal være omhyggelig med altid at placere sin ædelsten sådan på lyskilden for at få de bedste resultater. Bemærk, at lyskilden helt udfylder stenen. Iris'en er tilstrækkeligt åben til helt at omslutte ædelstenen i det udsendte lys.



Men man skal altid være påpasselig med at sikre sig, at iris-indfatningen ikke er for stor. Med andre ord: at den ikke åbnes så meget, at der kan komme omgivende lys eller hvidt lys ud omkring kanterne på ædelstenen. Hvis man får lys ind omkring stenens kanter, så vil det påvirke dit spektroskops reaktion på en uheldig måde for gøre, at du træffer en forkert vurdering, da du vil se det rene hvide lysspektrum og ikke den rigtige absorptionsspektrum i ædelstenen.

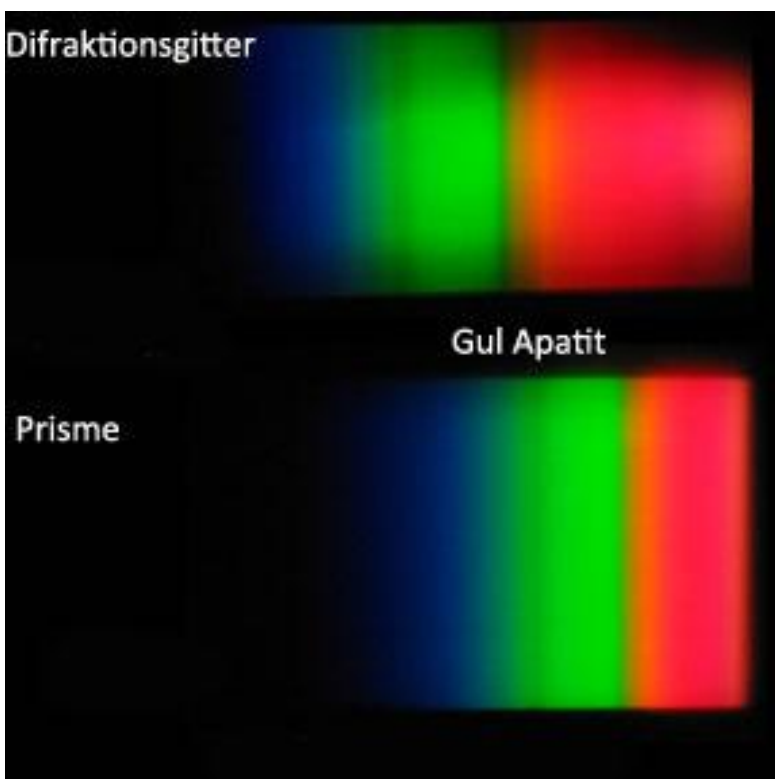
Lad os nu foretage nogle sammenligninger af ædelstensspektre ved at bruge de to type spektroskoper.



Vi begynder med spektret i en syntetisk blå spindel farvet af kobolt. Der er et klassisk absorptionsspektrum forbundet med denne ædelsten på grund af kobolten, der er et tre-bånds spektrum, som du ser øverst i billedet. Bemærk at disse bånd er meget tydelige med et stort dødt område i midten med to mindre udtalte linjer (én på hver side). Disse ses ved pilene.

Nu ser vi på billedet til venstre. Her ser man, at de tre områder har ændret sig betydeligt og er vanskeligere at se. Bemærk, at den mindre sidelinje til venstre nu er meget større. Og det store absorptionsbånd i midten nu er endnu større, mens linjen til højre er næsten den samme. Dette skyldes diffraktionsgitter-spektroskopet, der spreder den røde ende af spektret. Og i dette tilfælde er prismespektret meget lettere at

identificere, formationerne af båndene er meget lettere at identificere, og karakteren af denne ædelsten som en syntetisk blå spindel farvet af kobolt er meget lettere at identificere baseret på reaktionen igennem et prismespektroskop. Men dette vil ikke altid holde stik.

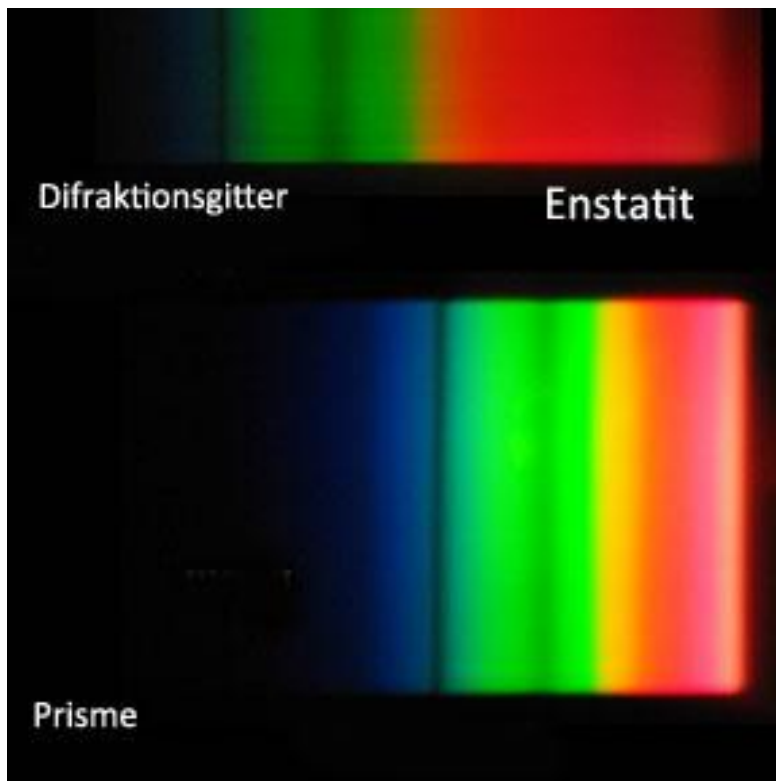


Se på det gule apatit spektrum til venstre. Bemærk at absorptionslinjerne set igennem et prismespektroskop nederst er ret nemme at se. Men lad os nu sammenligne dem med diffraktionsgitter-spektret ovenfor. Bemærk hvordan det bredere røde spektrum viser adskillelsen af de mindre linjer i siden til den store linje til højre, hvor det røde og det grønne mødes. Og bemærk også, hvordan de dobbelte parallelle linjer i det øverste grønne område er mere udtalt igennem et diffraktionsgitter end i prismet.



Dette er et klassisk eksempel på, hvor et diffraktionsgitter-spektroskop giver dig en bedre billede af absorptionslinjerne, fordi den røde ende er bredere og giver mulighed for større adskillelse af absorptionslinjerne, så man bedre kan se dem.

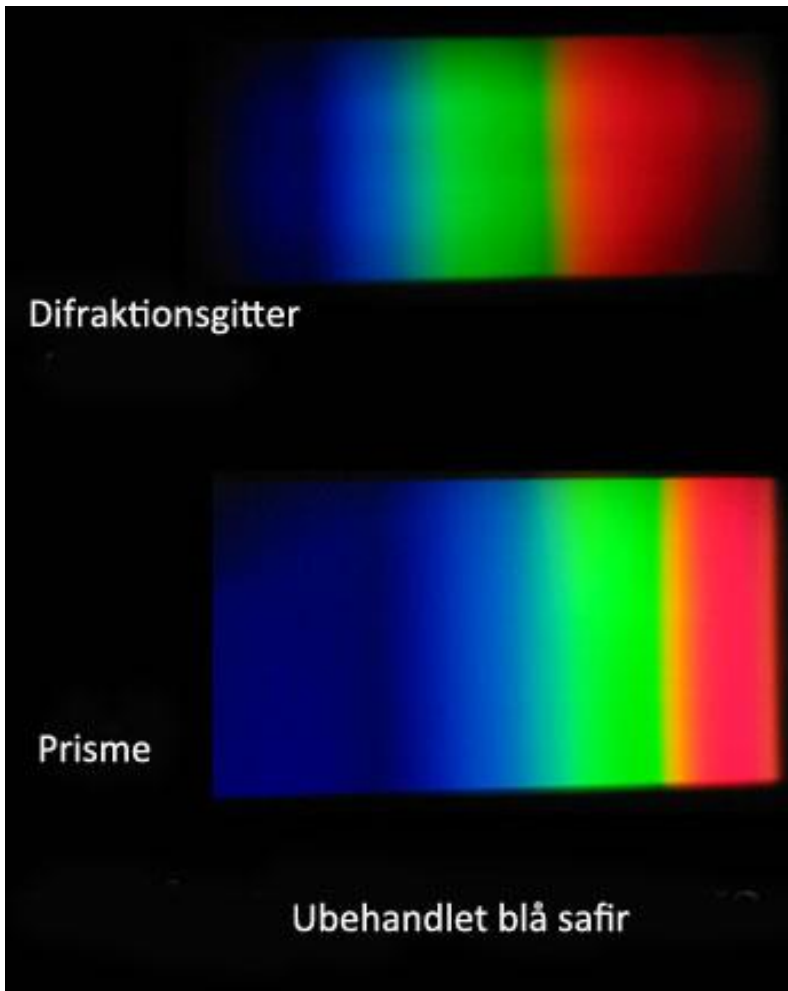
Men lad os vende tilbage til prismespektroskopet.



Til venstre, ser vi en enstatits spektrum i både en prisme (nederst) og et diffraktionsgitter (øverst). Bemærk den meget klassiske absorptionslinje lige inde i den blå ende af spektret. Lad os nu sammenligne de to billeder og se, hvor meget mere udtalt prismespektret er i forhold til diffraktionsgitteret.

Denne sammenligning viser, hvor du rent faktisk kan foretage en rigtig gemmologisk test med kun den ene type spektroskop, men din evne til at identificere ædelsten ved hjælp af et spektroskop vil blive væsentligt forbedret, hvis du har begge to. Absorptionslinjerne i en enstatit i et diffraktionsgitter er lette at se og bedømme, mens prismespektroskopets reaktion er meget mere intens, lettere

at se, og vil give en hurtigere og mere nøjagtig identifikation af denne ædelsten.



Billedet til venstre er, hvor man får det bedste begge steder fra.

Adskillelse af ikke-varmebehandlet naturlig blå safir fra dens varmebehandlede eller syntetiske modstykker har altid udgjort et problem for gemmologer, men kun for de, der ikke er så velbevandrede i brugen af et spektroskop.

Til venstre kan man se, at både et prisme- og et diffraktionsgitter-spektroskop vil give dig den meget tydelige og diagnostiske linje lige midt i den blå ende af spektret i begge typer spektroskoper. Tilstedeværelsen af dette absorptionsbånd i en blå safir vil bestemme, at dette er en naturlig ikke-varmebehandlet blå safir, hvor alle andre tests vil indikere blå korund. Opvarmning af safir for at få en blå farve vil fjerne dette absorptionsbånd fra stenen. Og syntetiske safirer vil ikke

have dette absorptionsbånd.

Af disse årsager er dette ikke kun et godt eksempel på, hvordan prisme- og diffraktionsgitter-spektroskoper begge kan give fremragende reaktioner, men at dette er et meget vigtigt spektrum at huske, da det vil gøre dig i stand til at afgøre, om en blå safir ikke er varmebehandlet og er naturlig.

Det er vigtigt at huske, at det ikke fortæller dig noget, at denne linje ikke findes. Man kan ikke se, om safiren er eller ikke er varmebehandlet, hvis man ikke kan se dette absorptionsbånd. Men når man ser det i spektroskopet, så ved man, at stenen er naturlig og ikke er varmebehandlet. De opvarmede og syntetiske sten vil simpelthen ikke give denne reaktion.

Lad os nu tale lidt om lysintensiteten i spektroskopet. Det vil kræve, at du træner, træner, træner. Der findes ikke en række standarder for det lys, som man skal bruge, når man ser på ædelsten igennem et spektroskop, for hver enkelt ædelsten vil kræve et lidt andet lys på grund af slibefacon, klarhed, farvedybde og typen af ædelsten.





Nogle gange skal man bruge et skarpere lys for at se absorptionslinjerne i den ene ende, lige som ved de parallelle linjer i den blå ende til venstre og når man gør det, så vil man se, at den røde ende bliver overeksponeret, som det ses til højre. Man kan se, at den røde ende er blevet lidt for lys, hvor den blå ende er helt rigtigt. Det skyldes, at vi havde brug for mere lys for at se den blå

ende, men så meget mere lys forårsagede, at den røde blev overeksponeret. Så lad os dæmpe lyset lidt og se, hvad vi får ud af det.



Ved at dæmpe lysets intensitet, har vi reduceret vores evne til at se den blå ende af spektret meget, men den røde ende er nu meget tydelig. Man kan let se krom-linjerne i den nedre ende af det røde, og lys og fokus er klart og skarpt.

Af denne grund bør man have en justerbar lyskilde, hvis man skal arbejde i et ædelstensværksted eller laboratorium det meste af tiden. Dette vil give dig en meget større mulighed for at identificere ædelsten baseret på absorptionsspektre. Men man skal ikke bekymre sig om dette omkring udstyr til identifikation af ædelsten, når man er ude at rejse. Når man først har øvet sig og er blevet fortrolig med et håndholdt spektroskop og lille lommelygte, så vil du lære, hvordan du laver små justeringer af belysningen, som vil gøre dig i stand til at bruge dit spektroskop næsten overalt.

En anbefaling til brug af et håndholdt spektroskop, når du er ude at rejse er at lave en lyskilde med en lille lommelygte og med et stykke sort isoleringstape hen over toppen med et lille hul i, og sæt stenen på den flade overflade på tapen med lyset, der kommer op igennem hullet i tapen. Man kan justere lysstyrken med størrelsen af det hul, som man laver i tapen. Dette er en af de letteste måder at skabe en justerbar lyskilde, som man kan kontrollere, lige gyldigt hvor man er.

En bemærkning omkring spektroskoper ved aflæsning af skala.

Jeg kan ikke anbefale brug af oplyste aflæsningsskalaer på spektroskoper, selv om mange bøger viser absorptionsspektre baseret på skala aflæsninger. Min holdning til oplyste aflæsningsskalaer er dels fordi de er dyre og ikke helt prisen værd. Men hovedsageligt fordi hvis man begynder at bruge dem, så bliver man

alt for afhængig af dem. Og den oplyste skala kræver specielle lyskilder og specielt strømudstyr under brugen. Hvilket betyder, at hvis man står på gaden et sted og har brug for sit spektroskop og ikke kan bruge det uden at have sin oplyste aflæsningsskala til at identificere absorptionsbåndene, så kan man ikke bruge sit spektroskop. Men hvis du lærer spektrene at kende ved mønstre og ikke de numeriske resultater på en skala, så kan du bruge dit spektroskop overalt, hvis du har en lille lommelygte ved hånden. Ved at lære ædelstens-spektrene igennem mønstre, som vi har set ovenfor og vil lære mere om efterfølgende, så vil du lære, hvordan du identificerer ædelsten med et spektroskop med et absolut minimum af udstyr, og den absolut maksimale evne til at anvende dit spektroskop, hvor du end befinder dig.

### **Brug af et spektroskop med en mikroskop-baseret lyskilde**

Gemmologi-mikroskoper har et fluorescerende lys monteret øverst på en flytbar arm. Armens bevægelighed gør det muligt at fungere som et spektroskop lyskilde.



1. Indstil mikroskopet, så du kan se fra siden.



2. Fjern objektivrevolveren og bøj lyskilden væk fra det monterede mikroskop.



3. Luk iris'en på det mørke belysningsfelt. Åbn skærmen for at få den maksimale mængde lys ind.



4. Placér stenen omhyggeligt over åbningen, så lyset sendes igennem stenen.



5. Med spektroskopet 2,5 cm fra stenen sætter man øjet hen til okularet.

## Brug af et spektroskop med en hjemmelavet lyskilde

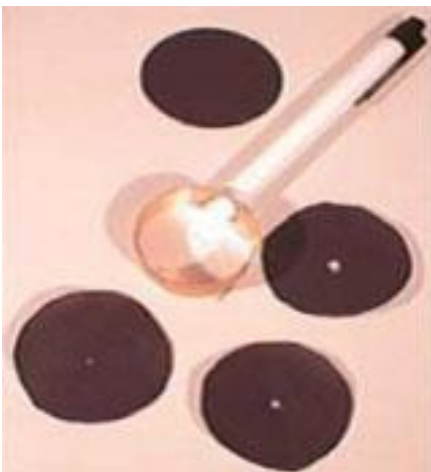
Et hjemmelavet lys lavet af en tom toiletpapirrulle, cirkler af sort papir og en lille lommelygte fungerer godt, hvis man ikke har andet til rådighed.



1. Print fire sorte cirkler og klip dem ud. Lav dem en smule bredere end den tomme toiletpapirrulle.



2. Klip rullen til et stykke på ca. 1,25 cm. Lav et hul stort nok til, at du kan sætte lommelygten ind i.



3. Lav et hul i midten af hvert stykke stort papir, hvor hvert hul er en lille smule større end det forrige.



4. Læg en papircirkel oven på den papcirkel, hvor lyset er sat ind. Indstil lyset, at det lyser mod dit ansigt.



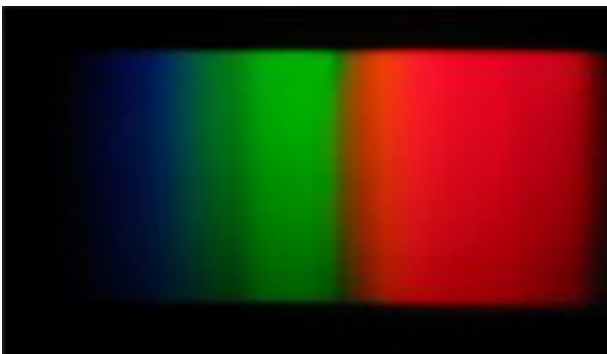
5. Lys, der lyser mod dit ansigt, er den korrekte måde at indstille lyset.

6. Med spektroskopet placeret 2,5 cm fra stenen, sætter man øjet til okularet.

### Absorptionsspektrum igennem et diffraktionsgitter-spektroskop

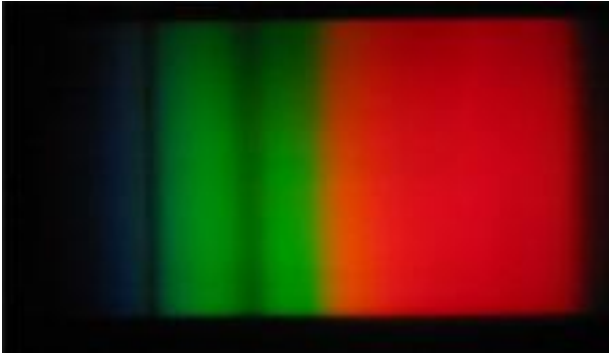
Der findes mange fremragende gemmologibøger om spektrum-identifikation, men problemet med dem er, at billederne er taget med et dyrt spektroskop, som den almindelige gemmolog aldrig vil eje. Formålet med billederne nedenfor er at vise, hvordan et spektrum bør se ud, når man undersøger ædelsten med et håndholdt spektroskop og enten en spektroskop-basis eller en hjemmelavet karton-/papir lyskilde.

Følgende spektre er fotograferet ved hjælp af et digitalt kamera til hjemmebrug af god kvalitet holdt over okularet på et håndholdt diffraktionsgitter-spektroskop. De brede, men korte spektre, som man kan se neden for de håndholdte præsentationer er "bog"-illustrationer til sammenligningsbrug.



Den gule apatits dobbelte linjer i den gule er meget kraftige og lette at se. Linjerne i det grønne område er mere tydelige end det øverste billede viser.





Enstatit har en meget kraftig tynd linje og et bredt bånd, som er diagnostisk.



Et af de smukkeste spektre og et af de nemmeste at huske er rhodolit.

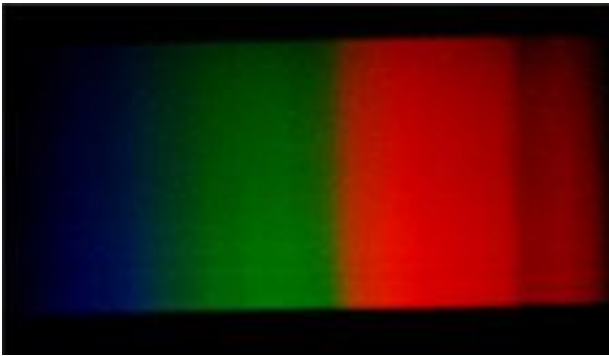


### Hvordan lys påvirker aflæsning af spektret

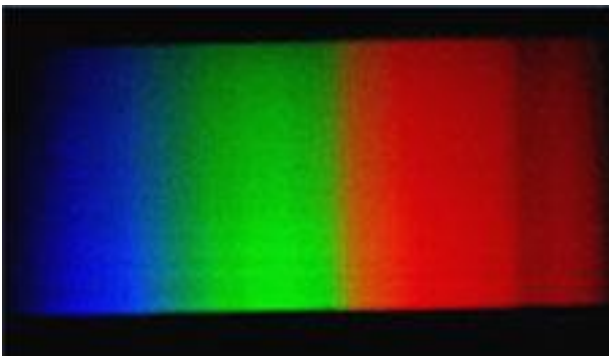


Zirkon i lav-intensitetsbelysning





Zirkon i medium intensitetsbelysning



Zirkon i høj-intensitetsbelysning



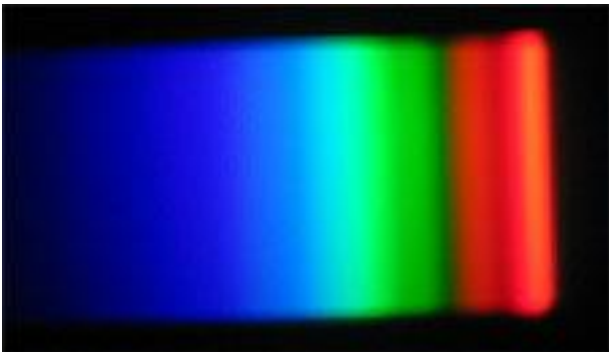
Peridot kræver generelt en lavere lysintensitets-indstilling ses bedst med et prisme-spektroskop, som det ses ovenfor. Brug et perifert billede for at se jernlinjerne i den blå ende.



### Naturlig blå safir sammenlignet med en syntetisk blå spindel (ofte solgt som en safir-efterligning)



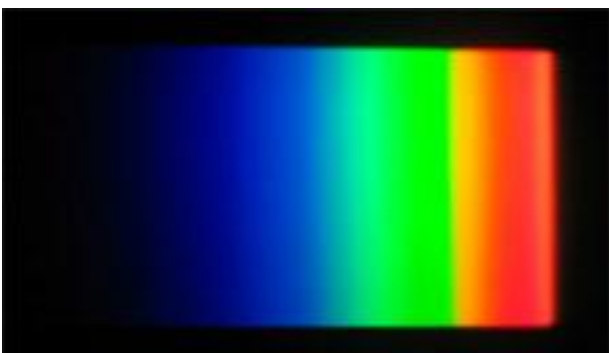
Naturlig blå safir viser en jern-linje. Det andet stof, titanium, absorberer ca. 415 NM i det blå.



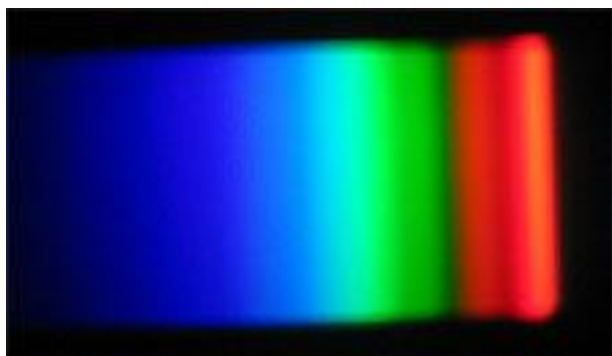
Syntetisk blå spindel har tre kraftige kobolt-linjer, som det ses i dette billede taget ved hjælp af et prisme-spektroskop.



### Sammenligning af to kobolt-farvede typer



Med kobolt-behandlet topas er kobolten en overfladebehandling og giver ikke en markant spektroskop-reaktion, som det ses ovenfor i et prisme-spektroskop billede.



Syntetisk blå spindel har kobolt som et indre farvestof. Som et resultat heraf kan koboltspektret nemt ses som på dette billede, der også er taget ved hjælp af et prismespektroskop.

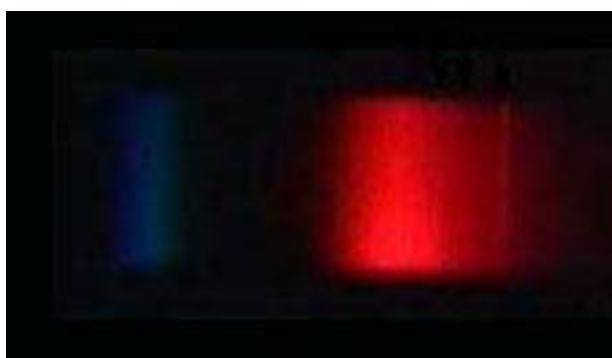
### Tre sten farvet af krom



Bemærk det to krom "jernbane" linjer ved 660 NM i det tre rødstens-spektre ovenfor. Naturlig rubin viser linjer i det blå område. Disse linjer er mere klare ved aktuel observation. Tillige vil naturlig rubin ikke give et så komplet mørkt bånd i de midterste områder som syntetisk.



På grund af det højere kromniveau, vil jernbane-kromlinjerne i den røde ende længst væk være mere tydelig end en naturlig rubin. Plus det mørke bånd i de midterste områder er mørkere og mere udtalt med den syntetiske rubin.



Naturlig rød spindel har en meget kraft linje mod slutningen af det røde område, et meget større mørkt område i de midterste områder af spektret.

Sammenligninger af variationer i samme gruppe

### Krysoberyl

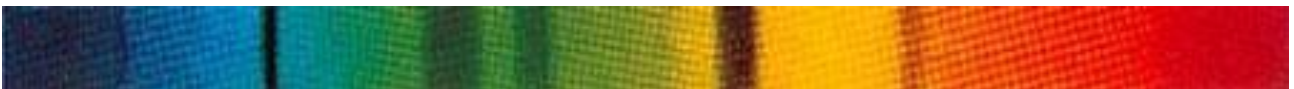


Alexandrit, en transparent form af krysoberyl, har 660 NM krom-linjer lige som rubin, spindel og smaragd. Elementer er beryllium og aluminium oxid. Elementet krom skaber både de røde og de grønne farver, der udsendes af denne ædelsten.



Gul krysoberyl er beryllium og aluminium oxid farvet af jern-urenheder.

### Granat



Almandit granat er lavet af jern og aluminium silikat.



Rhodolit granat er magnesium og aluminium silikat med jern. Denne ædelsten er delvist en almandit-granat, så den har det samme spektrum som stenen ovenfor.



Demantoid er en calcium-jern granat farvet af krom.

### Turmalin



Blå og grøn turmalin er en kompleks ædelsten, der primært består af aluminium, silicium og oxygen.



Den pink variation af turmalin er farvet af mangan.

### Opsummering

Der findes mange mærker og modeller af spektroskoper for både håndholdte og bordmodeller. Den håndholdte type fås næsten altid uden bølglængde-skala. Bordmodeller har skalaer, som kan tilpasses lyset. Det anbefales man lærer spektroskopet at kende med en håndholdt model uden skala, fordi det er mest sandsynligt at bruge denne model uden for kontoret eller ædelstens-værkstedet.

Den bedste måde at blive fortrolig med spektroskopier på er at studere en række sten med kendte identiteter, som er blevet verificeret af en anerkendt kilde. Derefter er det et spørgsmål om træning, træning og mere træning med at spotte absorptionslinjer og mønstre. Ved at stræbe efter at kunne beherske et spektroskop og genkende de mest almindelige spektre vil man kunne høste store belønninger. Ofte er en identifikation af en ædelsten et spørgsmål om at tjekke en stens spektrum og derefter foretage en eller to tests for at eliminere mulige forkerte identifikationer.