



E_1



E_2



Fluorescens & fosforescens

Fluorescens & fosforescens

© Kræftens Bekæmpelse og TrygFonden smba
(TryghedsGruppen smba), august 2009.

Udvikling: SolData Instruments v/Frank Bason og
Lisbet Schönau, Kræftens Bekæmpelse

Illustrationer: Maiken Nysom, Tripledesign

Layout: Anja Barfod Thorbek
Projektledelse layout: Malene Frisendahl Mortensen

ISBN: 978-87-7064-096-1

Kræftens Bekæmpelses varenr.: 2195

Tak til: Steen Ellemose fra Grindsted Gymnasium,
Erik Bruun Olesen fra Odense Katedralskole og
Mads Hammerich fra Kolding Gymnasium samt
deres elever for gennemprøvnig af temaforløb og
vejledninger. Paul Eriksen fra DMI for faglig sparring.

Kopiering af vejledningerne er tilladt.

UV-kufferten er et undervisningsmateriale til
det naturvidenskabelige grundforløb i STX.
Undervisningsmaterialet er udviklet som led i
Kræftens Bekæmpelses og TrygFondens kampagne
”Skrud ned for solen mellem 12 & 15”.

UV-kufferten med elev- og lærervejledninger
kan bestilles på www.skrunedforsolen.dk
UV-kufferten indeholder fire temaforløb med materialer
til forsøg samt elevvejledninger plus en lærervejledning.
Pris: 2.500 kr. ex moms og levering.



Fluorescens & fosforescens

Ultraviolet lys påvirker nogle materialer, så de udsender synligt lys. De bliver med andre ord selvlysende. Dette fænomen udnytter man inden for f.eks. biologi, kemi og geologi.

I dette forsøg skal du undersøge fænomenerne, der betegnes fluorescens og fosforescens.

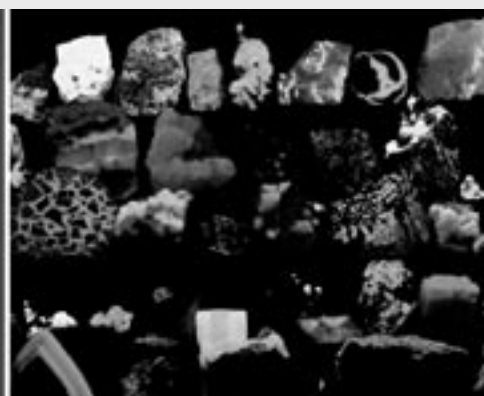
Fluorescens og fosforescens

Både fluorescerende og fosforescerende materiale udsender synligt lys. Men hvor fluorescerende materiale kun udsender synligt lys, mens det belyses med UV-stråling, bliver det fosforescerende materiale ved med at lyse i nogle minutter eller timer efter, at UV-påvirkningen ophører.

Når et stof absorberer energi, bliver energien oftest omdannet til varme. Det kan dog ske for nogle stoffer, at en brøkdel af energien gendannes i form af elektromagnetisk stråling i det synlige eller nær-synlige område. Dette fænomen kaldes *luminescens*. Der findes flere former for luminescens (bioluminescens, triboluminescens, sonoluminescens, fluorescens og fosforescens mm.). I vore forsøg vil vi dog holde os til de to sidste.

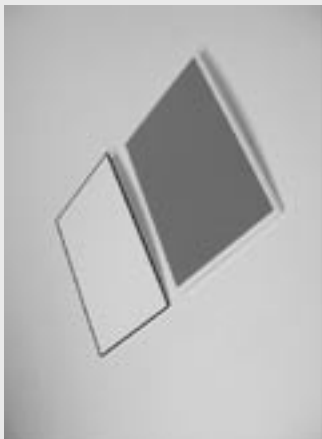


Timemærkerne på uret lyser kraftigt op, når de udsættes for UV-stråling. De lyser videre, når UV-strålingen fjernes.

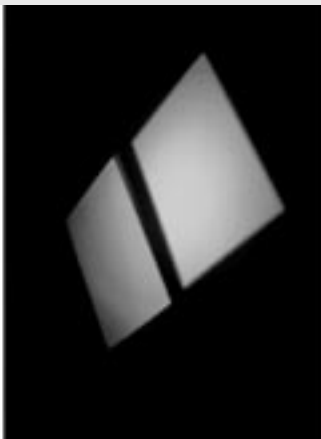


Det andet billede viser en samling mineraler, der lyser op, når de belyses med UV-stråling.

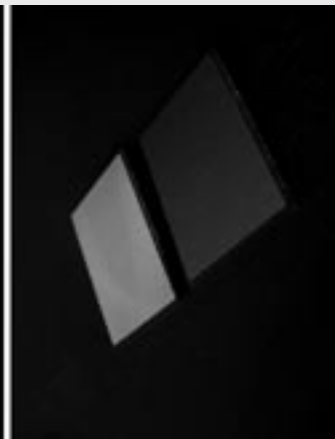
I almindeligt lys



I UV-belysning



Efter UV-belysning



Figur 3.1: Den fosforescerende plade er til venstre i hvert billede, og den fluorescerende plade er til højre. I første foto, ses begge plader belyst med almindeligt lys. I det midterste foto belyses begge af en UV-lampe og begge plader lyser op. I det sidste foto er UV-lampen fjernet og den fosforescerende plade bliver ved med at lyse.

Fluorescens & fosforescens

Fluorescens

Fluorescens forekommer, når et materiale belyses af lys med korte bølger (UV-stråling) og genudsender lys med længere bølger. Fluorescerende materialer lyser, så længe de belyses af UV-stråling.

På indersiden af lysstofrør er der fluorescerende belægning. I lysstofrøret bliver der dannet UV-stråling. Når UV-strålingen rammer den fluorescerende maling, bliver det omdannet til det synlige lys, som lysstofrøret udsender. Fluorescerende maling findes også på redningsveste og trafikveste.

Ved fluorescerende stoffer sker genudsendelsen af lys med længere bølgelængde uden væsentlig forsinkelse.

Fosforescens

Fosforescens adskiller sig fra fluorescens ved, at der er en væsentlig *tidsforsinkelse* mellem absorptionen i stoffet og lysets genudsendelse ved en længere bølgelængde.

Fosforescerende materialer findes f.eks. i tryk på tøj, der lyser op i mørke og plastikstjerner til at klæbe op på væg eller loft.

I de følgende forsøg skal du eksperimentere med de to begreber. Forsøgene bør udføres i et delvist mørklagt lokale.

Forsøg 3.1 - fosforescens og fluorescens

Prøv at udføre forsøget, der vises i figur 3.1. Du finder materialet til forsøget i UV-kufferten.

Hvor længe bliver den fosforescerende plade ved med at lyse, når du tager UV-strålingen væk?

Prøv samme forsøg igen, men afdæk ca. halvdelen af pladerne med almindeligt glas og bagefter med UV-film. Hvilke virkninger har disse to "gennemsigtige" materialer på resultatet?

Hvad sker der, hvis pladerne belyses med kraftigt rødt lys? Kan dette lys få pladerne til at lyse op? Prøv evt. med rødt lys fra en diodelaser (ca. 650 nm) eller en helium-neon laser (633 nm) fra fysiklaboratoriet. Har denne lyskilde samme virkning på pladerne?

Fluorescens & fosforescens

Selvlysende materialer

Mange materialer reagerer over for ultraviolet lys. Du kender det måske fra diskoteket, hvor UV-stråling på dansegulvet får dit tøj eller dine tænder til at lyse op.

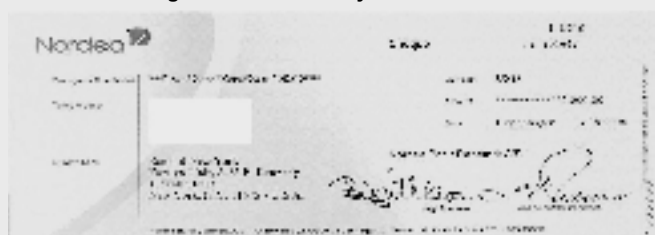
Har du et ur med "selvlysende" tal, får UV-stråling tallene til at lyse kraftigt op.

Almindeligt hvidt papir fluorescerer, idet man har tilsat "optisk hvidt", der gør, at det ser mere hvidt ud, når UV-stråling fra omgivelserne (sollys, halogenlamper, lysstofrør) belyser papiret. Banker anvender UV-stråling til beskyttelse af deres checks og til undersøgelse af pengesedler. Bankerne kan undersøge checken med UV-stråling for at kontrollere, at checken ikke er en fotokopi.

Hvad sker der i selvlysende materialer?

I fluorescerende og fosforescerende materialer kan en elektron bringes i en højere energitilstand ved hjælp af en UV-foton. Elektronen falder herefter tilbage til en lavere energitilstand og denne energi udsendes i form af stråling med nye bølgelængder. Det kan f.eks. være med bølgelængder for synligt lys. Det, vi ser, er, at materialet lyser efter, det er bestrålet med UV-stråling. Overskydende energi fra processen bliver til varmeenergi.

Bankcheck fotograferet med alm. lys



Samme check fotograferet i UV-lys



Den samme check er her fotograferet i almindeligt lys og med UV-stråling. Hvis der er mistanke om forfalskede checks kan bankpersonalet belyse checken med UV-stråling.

Forsøg 3.2

– andre selvlysende materialer

Prøv at belyse almindeligt papir med UV-lampen. Dæk papiret delvist af med UV-film, og se hvad der sker.

Tonicvand fluorescerer, fordi det indeholder stoffet kinin. Prøv!

Prøv også på at lyse på pengesedler og frimærker med UV-lampen.

Fluorescens & fosforescens

Vi skal bruge formlen:

$$E(\text{eV}) = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{L(\text{nm})}$$

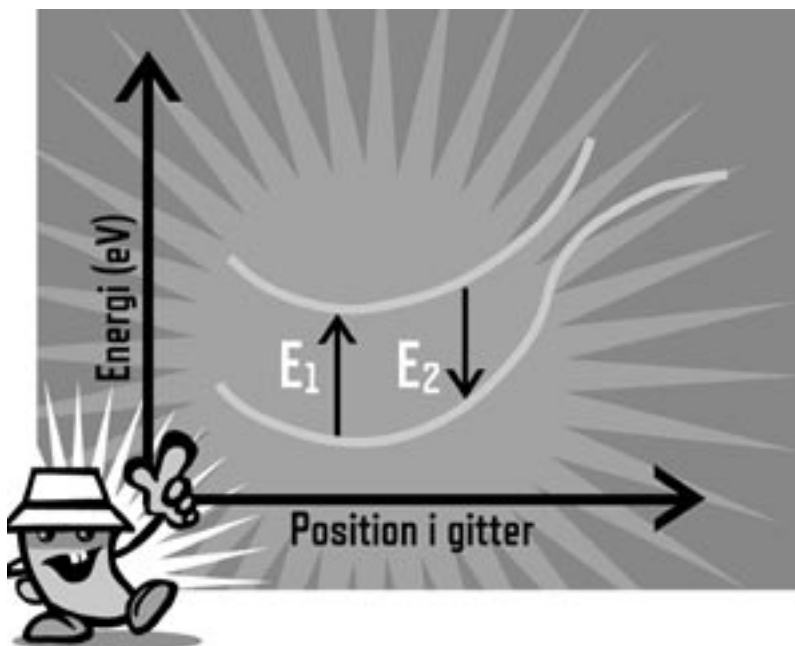
Eksempel

En UVB-foton med en bølgelængde L på 310 nm trænger ind i en fluorescerende plade. Fotonenergien $E = 1240/310 = 4$ elektronvolt, altså 4 eV (E_1).

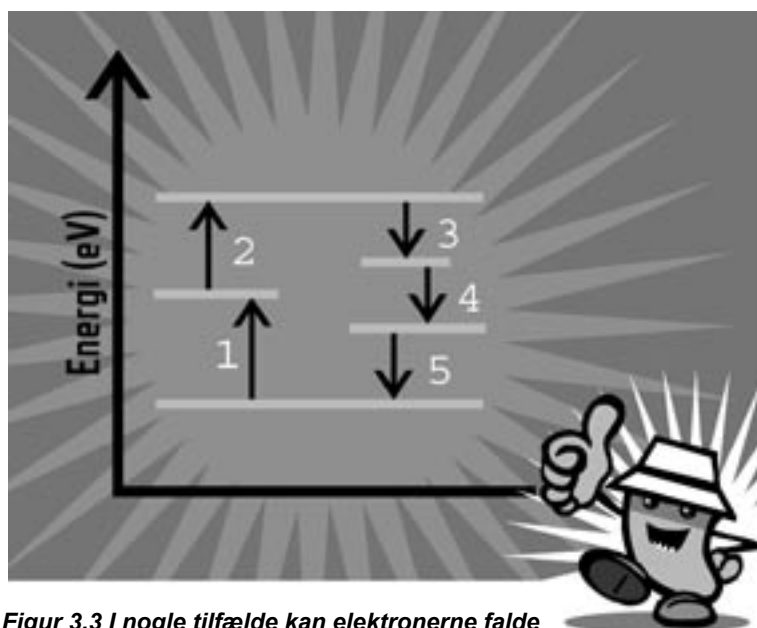
Som vist i figur 3.2 kan denne energi genudsendes fra et andet sted i gitteret, hvor energispringet måske er noget mindre, f.eks. kun 3 eV (E_2). En foton med denne energi har en bølgelængde $L = 1240/3 = \text{ca. } 413 \text{ nm}$, altså violetfarvet lys. I dette tilfælde vil materialet altså blive selvlysende lilla, når det bestråles med UV-stråling.

I mange fluorescerende og fosforescerende materialer falder elektronen tilbage i flere trin efter den er blevet bragt i højere energitilstand af UV-strålingen. Da der er tale om et enormt antal spring, kan øjet ikke opfatte de enkelte spring, men ser fluorescensen som en kontinuerlig, stabil farve. Det er den samlede virkning af de mange trinvis energispring, som er med til at give de flotte farver til selvlysende materialer - f.eks. fluorescerende sten.

Figur 3.3 viser en situation, hvor to UV-fotoner med en bølgelængde $L = 310 \text{ nm}$ får en elektron til trinvis at springe på $4 + 4 = 8 \text{ eV}$. Siden hopper elektronen tilbage i tre trin. De tre trin kunne f.eks. være på 2,3 eV, 3 eV og 2,7 eV.



Figur 3.2: En UV-foton kan bringe en elektron i et fluorescerende eller fosforescerende til en højere energitilstand. Energiforskellen mellem de to tilstande er E_1 . Et andet sted i krystalgitteret falder elektronen herefter tilbage til en lavere energitilstand. Ved dette spring er energiforskellen E_2 , der er mindre end E_1 . Den udsendte foton har derfor mindre energi og dermed større bølgelængde svarende f.eks. til lilla, blå eller grønt lys.



Figur 3.3 I nogle tilfælde kan elektronerne falde tilbage i trinvis spring, efter de er belyst med UV-stråling.

Fluorescens & fosforescens

Det kan være forskellige typer UV-stråling, der får elektronerne til at eksitere. Ofte vil et bestemt interval af bølgelængder være mest effektivt. Andre bølgelængder vil også eksitere elektronerne – det vil bare tage længere tid.

Eksempel:

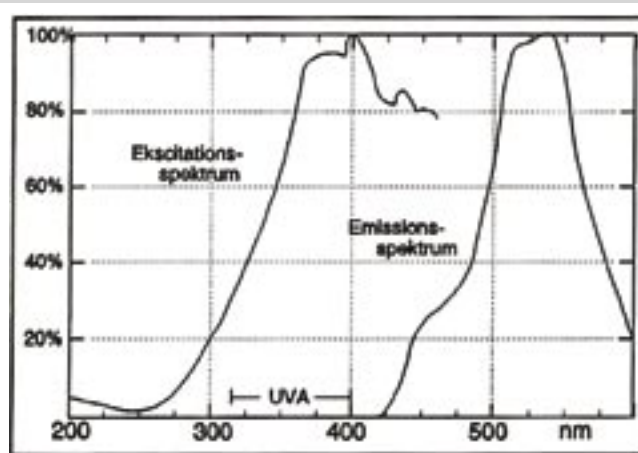
Figur 3.4 viser eksitations- og emissionsspektrum for et materiale.

Materialet belyses med UV-stråling med bølgelængden 380 nm. Det svarer til en fotonenergi på $1240/380 = 3,3$ eV.

Lysudsendelse fra materialer sker med et maksimum omkring $L = 520$ nm, svarende til fotonenergi på omkring $E = 1240/520 = 2,4$ eV. Det svarer til en gul-grøn farve. Materialet lyser altså gult/grønt, når det belyses med UVA-stråling med en bølgelængde på 380 nm.

Opgave 3.1:

Find selv bølgelængderne for de fotoner med energierne 2,3 eV, 3 eV og 2,7 eV ved denne proces. Hvilke farver svarer disse bølgelængder til?



Figur 3.4 Principdiagram for et eksitations- og emissionsspektrum. Bemærk, at UVA-stråling (315 til 400nm) er mest effektiv til at eksitere elektronerne i materialet. Materialet lyser mest med bølgelængder omkring 520 nm svarende til gult/grønt lys.

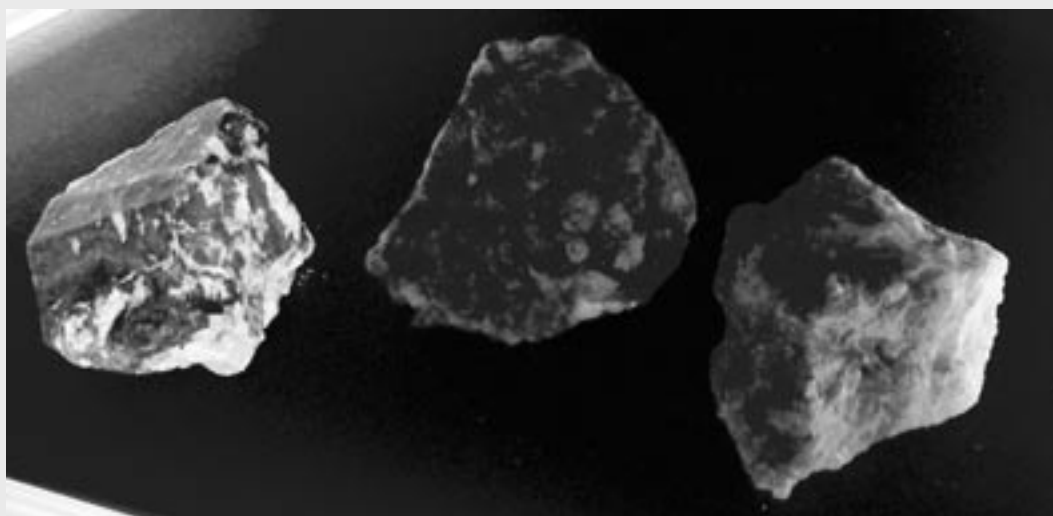
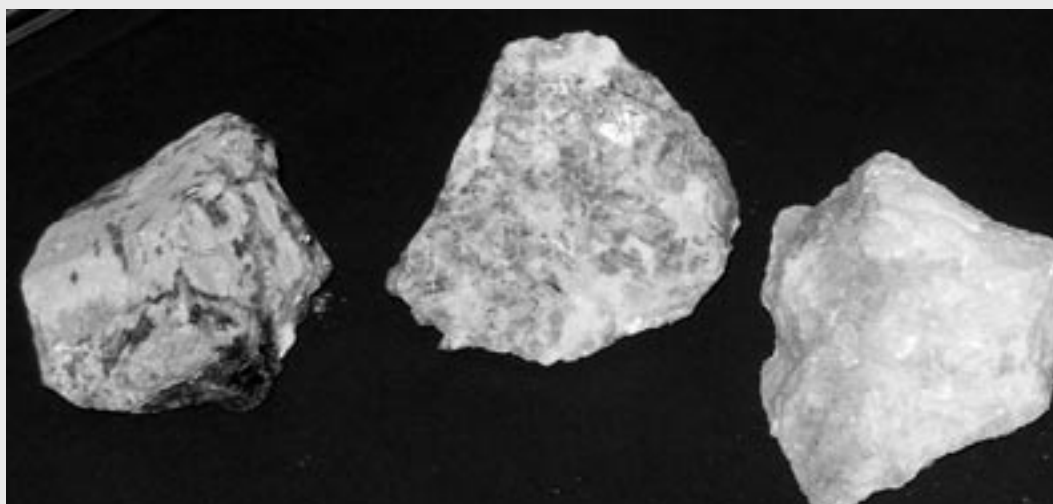
Fluorescens & fosforescens

Forsøg 3.3 – På mineraljagt

Visse typer sten fluorescerer, når de udsættes for UV-stråling. Geologer kan udnytte denne egenskab til at identificere mineralerne.

Du skal bruge de sten, som findes i UV-kufferten og identificere de fluorescerende sten.

Se flere flotte fotos og beskrivelser af disse mineraler på nettet:
<http://www.galleries.com/minerals/property/fluoresc.htm#>



Her ses mineralerne fluorite, sodalite og tirodite, dels med almindelig belysning, og dels belyst med UV-stråling.