

# Køkkenkvant

SIGNE FOLDEN SIMONSEN, IDA EGHOLM NIELSEN, JULIE KLEPSTAD, BJARKE TAKASHI RØJLE CHRISTENSEN, ELLEN SOFIE SØNDERGÅRD JØRGENSEN OG ASBJØRN PEDERSEN KAAD, Niels Bohr Institutet

I artiklen *Kvantemekanik i køkkenet* fra LMFK-bladet nr. 6, 2014, skrevet af Bjarke Takashi mfl., fortælles det, hvordan man med en grøn laserpointer kan stimulere vegetabiliske olier som fx olivenolie til at fluorescere. Det beskrives også, hvordan nogle madolier fluorescerer kraftigere end andre.

I denne artikel er arbejdet udvidet ved også at anvende en blå laserpointer, og derudover er mange flere slags vegetabiliske olier undersøgt. Det viser sig, at den blå laserpointer resulterer i en kraftigere fluorescens og er derfor bedre egnet til at sikre tydelig data til undervisningsbrug. En række olier med markant forskellige fluorescenser er også blevet identificeret og anbefales til undervisningsbrug. Forsøget kan udføres i gymnasieundervisningen for at illustrere kvantemekaniske effekter på makroskopisk niveau.

I et projekt på Niels Bohr Institutet, udført af denne artikels forfattere, er der belyst olier med en standard 405 nm laserpointer og målt spektre med et spektrometer af typen Ocean Optics USB4000 Spectrometer. Spektrene bruges til at undersøge muligheden for at skelne olierne fra hinanden. For en mere detaljeret beskrivelse af forsøgsopstillingen og den bagvedliggende fysik henvises til den ovennævnte artikel *Kvantemekanik i køkkenet* i LMFK-bladet nr. 6, 2014, se [lmfk.dk/index.phtml?sek\\_id=51](http://lmfk.dk/index.phtml?sek_id=51).

Når laserlys i det synlige spektrum rammer et organisk molekyle sker to vigtige fysiske processer: Rayleighspredning og fluorescens. Rayleighspredning er elastisk spredning af lys, hvor fotonerne ikke mister noget energi i sammenstødet med molekylerne i olien. Det udsendte lys har derfor samme bølgelængde som det indsendte. I fluorescensprocessen absorberes fotonerne derimod af elektronerne i de organiske molekyler og elektronerne exciteres til en højere energitilstand end grundtilstanden. Herefter relaxerer elektronerne til lavere rotati-



a



b



c



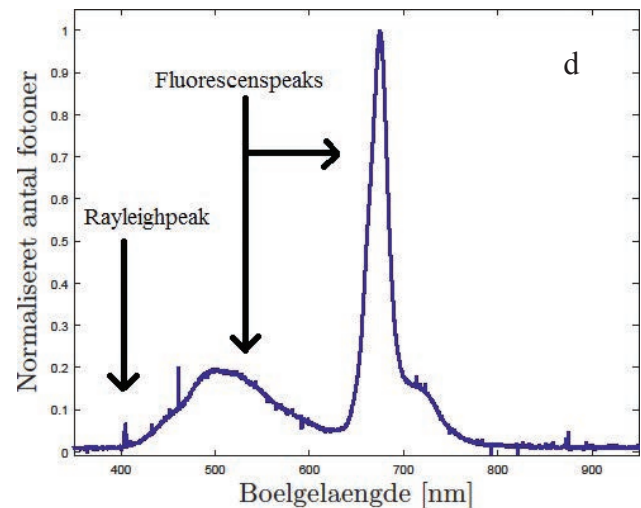
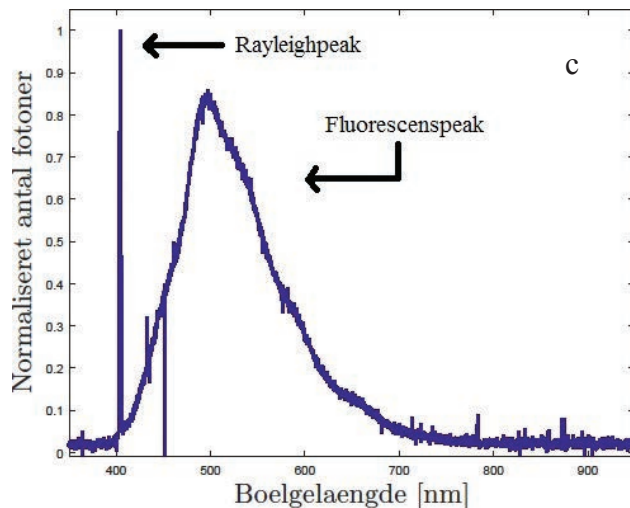
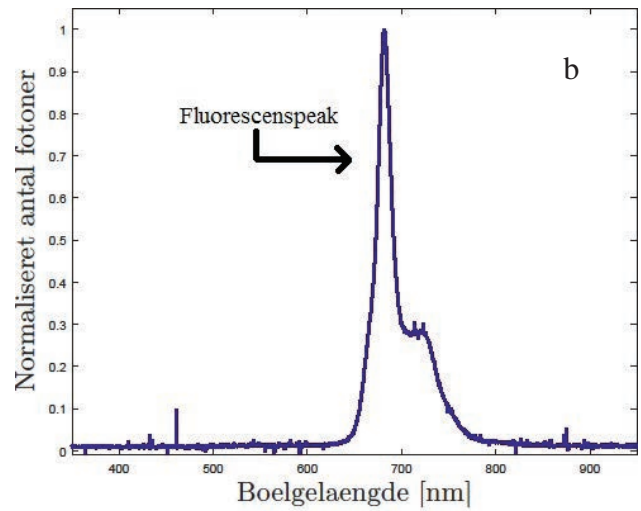
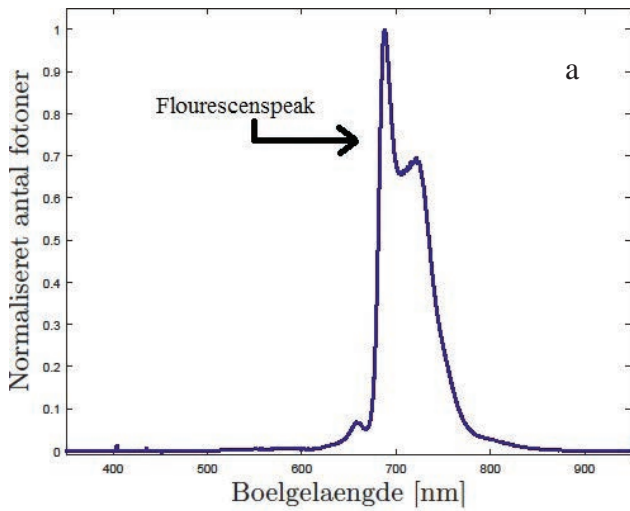
d

onelle og vibrationelle energibånd pga. sammenstød mellem molekylerne i olien. Derefter henfalder elektronerne spontant tilbage til grundtilstanden under udsendelse af fotoner, hvis energi er lavere end de absorberede pga. energitabet ved sammenstødene. Det udsendte lys har derved en længere bølgelængde end det indsendte.

Til forsøget anbefales det at anvende en standard blå laserpointer med en bølgelængde på omkring 405 nm, da lys med kortere bølgelængde absorberes kraftigere end lys med større bølgelængde. Herved opnås en større fluorescens i flere forskellige olier i forhold til, hvis forsøget udføres med en grøn laserpointer med en bølgelængde på 532 nm. Ved brug af den blå laser er det langt størstedelen af lyset, der går til fluorescens, i stedet for at spredes ved Rayleighspredning. Man kan derfor i en undervisningssituation eventuelt udelade at diskutere Rayleighspredningen, som er uden for gymnasiepensummet.

Vi anbefaler at bruge følgende fire olier; hampeolie, olivenolie, solsikkeolie og vindrukerneolie, da disse repræsenterer fire skelnelige typer spektre. I figur 1 a, b, c og d ses billeder af fluorescensen i hhv. hampe-, oliven-, solsikke- og vindrukerneolie, induceret med en blå laserpointer på 405 nm. I figur 2 a, b, c og

*Figur 1*  
Fotografier af olier stimuleret med laserpointer med bølgelængde 405 nm, taget oppefra. Pilen illustrerer retningen på det indkomne laserlys.  
(a) Hampeolie: Der ses en tydelig rød fluorescens og lyset absorberes hurtigt i olien.  
(b) Olivenolie: Olien fluorescerer lidt svagere rødt end hampeolien.  
(c) Solsikkeolie: På grund af både Rayleighspredning og fluorescens i olien, er det lys, vores øjne ser, lyseblåt.  
(d) Vindrukerneolie: Da der bliver udsendt fotoner med bølgelængder i næsten hele det synlige spektrum, lyser olien hvidt.



d er vist de tilhørende spektre for de fire olier målt med spektrometret.

I undervisningen kan dette forsøg indgå i et forløb om kvantemekanik, hvor et forsøg med den blå laser udføres til at illustrere fluorescens. Forsøget giver eleverne anledning til at lære om begreber som energiniveauer, bølgelængde, det synlige spektrum, lasere osv. Alle disse begreber understøtter kernepunkterne i STX-læreplanen for fysik på alle niveauer.

De fire meget forskellige typer af spektre af hhv. hampe-, oliven-, solsikke- og vindrukerneolie kan bruges til at tale perspektiverende om spektroskopimetoder i forskning og i industrien.

Da forsøget kun har kvalitative resultater, belaster det ikke eleverne med tung databehandling. I en eventuel elevrapport giver dette mulighed for at fokusere elevernes arbejde på andre dele af rapportskrivningen, såsom forsøgsbeskrivelse, perspektivering og diskussion af emnet.

Figur 2

Spektre optaget af olier, stimuleret med en laserpointer med bølgelængde 405 nm. Den horisontale akse angiver bølgelængde og den vertikale akse angiver antallet af fotoner, målt ved en given bølgelængde, normaliseret efter det største antal.

(a) Hampeolie: På spektret ses et fluorecenspeak ved 680–760 nm og en antydning af et rayleighpeak ved 405 nm.

(b) Olivenolie: For olivenolie ses ligeledes et fluorecenspeak ved 660–760 nm. Desuden er der intet rayleighpeak.

(c) Solsikkeolie: Her ses et rayleighpeak ved 405 nm og et bredt fluorecenspeak ved 410–700 nm, altså over hele det synlige spektrum, med maksimum ved 500 nm.

(d) Vindrukerneolie: Der ses et lille rayleighpeak ved 405 nm og to fluorecenspeaks ved hhv. 420–630 nm og ved 630–760 nm.