

## Eksperiment 3.1: Lysets energi

### Måling af energien i forskellige farver lys

#### Formål

I skal bestemme energien i lys ved at måle på lysdioder (LED).

#### I skal bruge

Ledninger

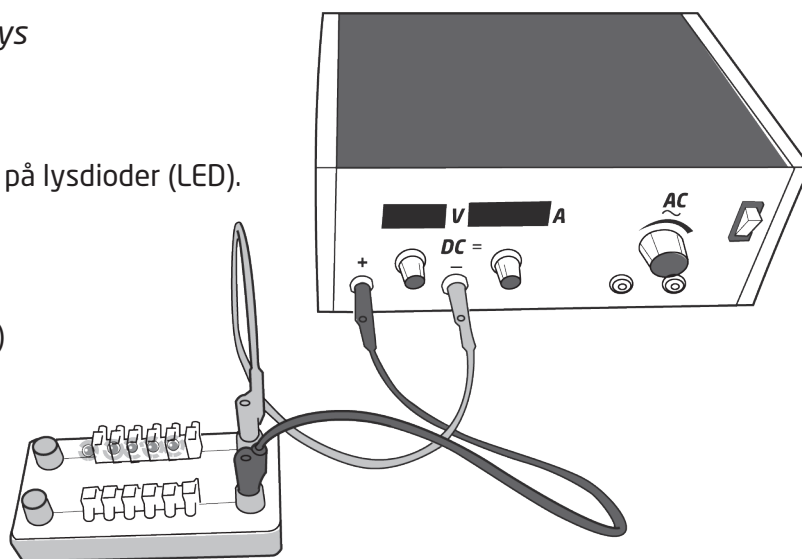
Lysdioder (fem røde, fem gule, fem grønne)

Skrueterminaler eller krokodillenæb

Strømforsyning

Evt. holder til modstande, SF 4160.00

Evt. multimeter



#### Oplæg

I eksperimentet skal I undersøge sammenhængen mellem spændingen over dioderne og frekvensen af det lys, de udsender.

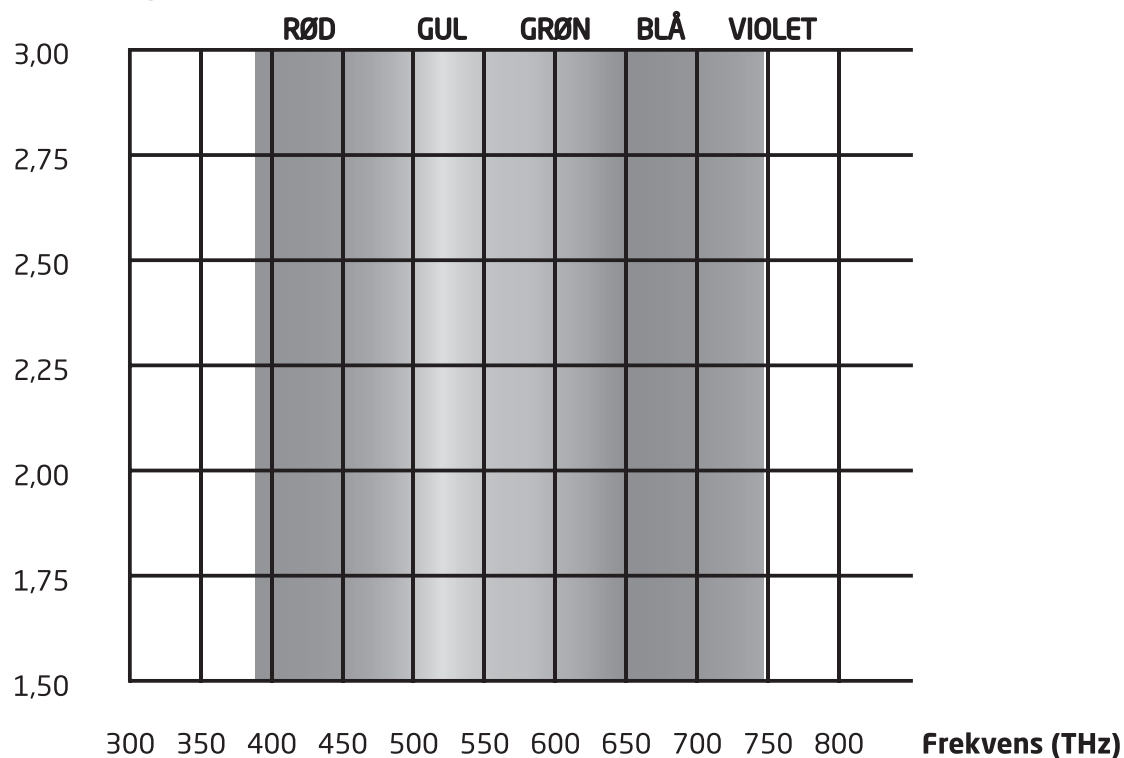
Forskellige farver lys har forskellig frekvens, det vil sige at lysets bølger svinger med forskellig takt. Svingningerne er så hurtige, at vi ikke kan se dem med det blotte øje. Vores øjne registrerer dog alligevel de forskellige frekvenser som forskellige farver lys. Frekvens måles i hertz og angives ofte i terahertz, hvor tera betyder  $10^{12}$ .

#### Sådan gør I

1. Monter fem røde dioder parallelt i modstandsholderen. Sørg for, at alle dioderne har det lange ben til samme side i holderen.
2. Skru ned for strømforsyningen, og forbind den med ledninger til modstandsholderens bøsninger. Diodernes lange ben skal til plus.
3. Skru forsigtigt op for strømmen ved skiftevis at dreje på både spændings- og strømstyrkeknappen, indtil strømstyrken er 0,10 A. Det kan være vanskeligt at ramme den rigtige indstilling, så I må være tålmodige.
4. Aflæs spændingsforskellen i volt, og noter værdien i tabellen nedenfor. Hvis I ønsker en mere nøjagtig måling, kan I sætte et amperemeter i serie med dioderne og sætte et voltmeter parallelt over dioderne.
5. Gentag eksperimentet med de gule og derefter de grønne dioder. Skriv de målte værdier ind i tabellen herunder.

Farve	Frekvens (THz = terahertz)	Spændingsforskel (V = volt)
Rød	454	
Gul	512	
Grøn	529	

6. Indsæt målingerne i koordinatsystemet med frekvensen på x-aksen og spændingsforskellen på y-aksen. Tegn en graf ud fra målingerne.

**Spændingsforskel (Volt)**

7. Hvilken sammenhæng er der mellem diodespændingen og lysets frekvens?

---

8. Lyset fra en blå diode kan for eksempel toppe ved 638 THz. Hvilken spændingsforskel vil I tro, dioden minimum kræver (brug jeres graf)?

---

**Forklaring**

LED står for "light emitting diode". I en lysdiode bruges den elektriske spændingsforskel til at slå elektroner løs inde i dioden. Man siger, at der opstår et "hul", hvor elektronen har siddet. Snart vil en anden elektron "falde ned" i hullet. Når det sker, udsendes et lysglimt med en bestemt farve, svarende til den minimumsspænding der skal til for at slå elektronen løs.

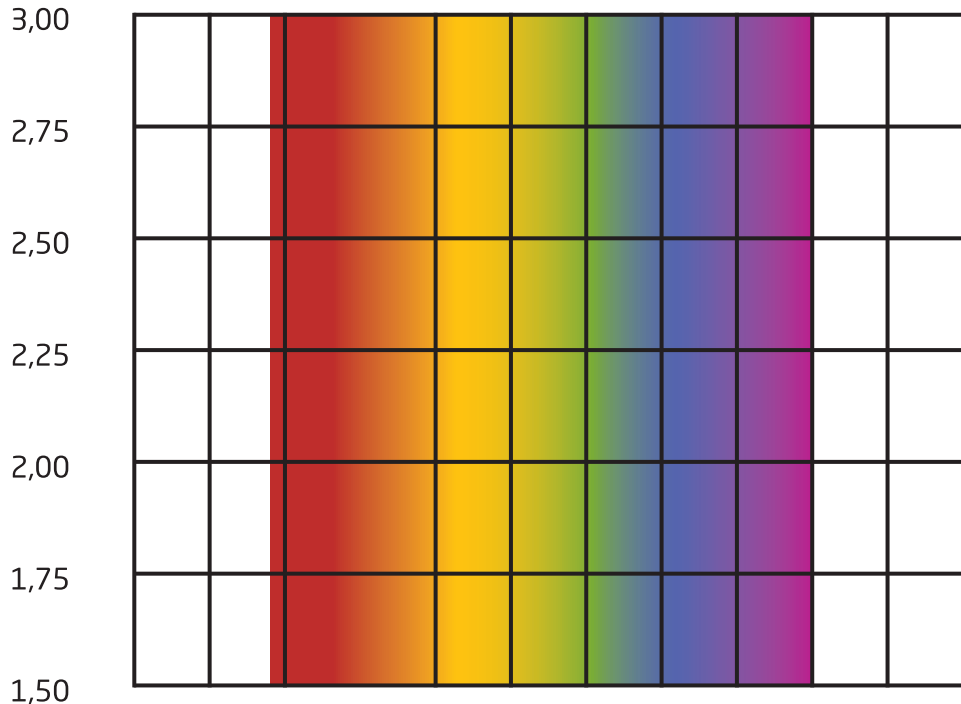
Hvis der skal en spænding på 2,1 volt til at slå en elektron løs i dioden, vil den, når en anden elektron fylder hullet op igen, udsende lys med en energi på 2,1 elektronvolt. Enheden elektronvolt er altså et mål for energien af det lys, som dioden udsender. Enheden elektronvolt er praktisk i denne sammenhæng, fordi 1 elektronvolt er den energi, en elektron omsætter, når den gennemløber en elektrisk spændingsforskel på 1 volt. Lyset fra dioden udsendes i enkeltglimt, der kaldes fotoner, og det er disse fotoner, som vores øjne kan opfange. De farvefølsomme synsceller registrerer fotoner med hvert sit energiområde og dermed hver sin farve.

**Efterbehandling**

1. Hvilken af de tre farver lys, som I undersøgte, har størst energi?

---

# Spændingsforskel (Volt)



300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800

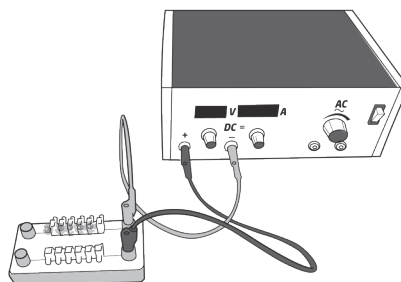
Frekvens (THz)

## Eksperiment 3.1: Lysets energi

### Måling af energien i forskellige farver lys

#### Baggrundstekst

Afsnittet 'Hvad rummer Solens stråler'



#### Beskrivelse

Eleverne skal undersøge sammenhængen mellem spændingsforskellen over dioderne og frekvensen af det lys, de udsender, og derigennem forstå, at forskellige farver lys har forskellig energi.

#### Forklaringer

*Sammenhængen mellem energi og frekvens*

Lysdioder kaldes light emitting diodes (LED) på engelsk. En lysdiode ensretter strømmen i et kredsløb. Den udsender lys, når man lægger en tilstrækkelig stor spændingsforskel over den. Jo større frekvens dioden er designet til at lyse med, des større spændingsforskel kræves. Det skyldes, at lyset dannes enkeltvis som fotoner ud fra den energi, som spændingsforskellen kan give ved at adskille ladninger. Lyset udsendes, når ladningerne finder sammen igen (rekombinerer). Frekvensen  $f$  for en given farve lys er altid den samme og proportional med lysets fotonenergi  $E$ :

$$E = h \cdot f$$

hvor proportionalitetskonstanten  $h$  kaldes Plancks konstant.  $h = 0,0041 \text{ eV/THz}$  eller  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J/Hz}$ . Enheden elektronvolt (eV) er i vores sammenhæng mere praktisk at benytte, da 1 elektronvolt er den energi, der er nødvendig for at løfte en elektron gennem et elektrisk spændingsfald på 1 volt. Man kunne også angive energien i joule, men det er ikke så praktisk her, da 1 elektronvolt kun er  $16 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ . Det røde lys fra en standarddiode topper omkring en bølgelængde på 660 nanometer i luft. Det svarer til en frekvens på 454 terahertz (THz, tera =  $10^{12}$ ) eller 454.000 milliarder svingninger i sekundet. En foton med denne frekvens har en energi på:

$$E = 0,0041 \text{ eV/THz} \cdot 454 \text{ THz} = 1,86 \text{ eV}$$

Dioden skal altså forsynes med minimum 1,86 volt for at udsende en foton med denne frekvens.

*Sammenhængen mellem bølgelængde og frekvens*

Når man traditionelt tilknytter forskellige bølgelængder til de forskellige farver i synligt lys, er det, fordi man kan måle bølgelængder med et spektroskop, mens frekvenser af synligt lys ikke kan måles direkte. Men det er ikke bølgelængderne, der afgør lysets farve. Bølgelængden af en bestemt farve lys ændres, når lyset trænger ind i glas eller går gennem vand eller andre stoffer, men farven forbliver den samme. Den afhænger nemlig af frekvensen, der altid er den samme uanset bølgelængden. Man kan omregne lysets bølgelængde i luft til frekvens ved at bruge bølgefarten i luft. Bølgefarten er lysets fart,  $c = 299.792.458 \text{ m/s}$  (ca. 300.000 km/s). Eksempelvis gælder der for den røde diode nævnt ovenfor med bølgelængde  $\lambda = 660 \text{ nm}$ :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{299.792.458 \text{ m/s}}{0,000000660 \text{ m}} = 454 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1} = 454 \text{ THz}$$

### Gode råd og fejlkilder

Eleverne bør benytte dioder af samme type for at få en pæn lineær sammenhæng mellem spændingsforskel og frekvens. Det er afgørende, at eleverne forsøger at opnå nogenlunde samme strømstyrke ved hver måling. Ellers kan spændingerne ikke sammenlignes.

Følgende dioder kan købes hos firmaet RS components:

Varenr.	Farve	Bølgelængde (nm)	Strømstyrke (mA)	Spændingsforskel (V)	Frekvens (THz)
228-5001	Rød	660	19,8	1,812	454
228-4991	Gul	585	20,3	2,042	512
228-4985	Grøn	567	19,9	2,132	529

Målingerne i skemaet er foretaget på enkeltdioder med en nominel strømstyrke på 20 mA. Der er nemt at opstille enkeltdioder, men kræver en meget følsom strømforsyning for at indstille styrken på 20 mA. Alternativt kan man i stedet parallelkoble fem dioder, som angivet i elevvejledningen. Dette giver et pænt rundt tal for strømstyrken (100 mA), som det er muligt at indstille på en mindre nøjagtig strømforsyning.

Bemærk, at hvis man måler på en blå diode, vil man opdage, at den kræver en større spændingsforskel, end den man forudsiger ud fra måling på de røde, gule og grønne. Det skyldes, at den blå diode virker efter et indirekte princip, hvor man først anslår en højere tilstand, som svarer til ultraviolet lys. Denne tilstand henfalder så bagefter og aktiverer et farvestof (et fosfor), som dernæst udsender blå synligt lys.

Firmaet S. Frederiksen har et apparat med færdig opstilling (varenr. 5060.00). Her kræves kun amperemeter og voltmeter. Man aflæser spændingsforskellen enkeltvis ved 5 mA gennem dioderne. Der er 5 dioder, en infrarød, en rød, en gul, en blå og en ultraviolet. De tre første giver den pæne lineære sammenhæng. Den blå og ultraviolette ligger højere, som forklaret ovenfor.

Lysspektret (koordinatsystem under punkt 6 i elevvejledningen) kan hentes i farver på [www.energipaalager.dk](http://www.energipaalager.dk) under 'Eksperimenter'.