

De torsieslinger

Nodig:

Proefopstelling, stopwatch, meetlint, massabalans, dubbelzijdig tape, statief, schroevendraaier en gewichtjes

Inleiding

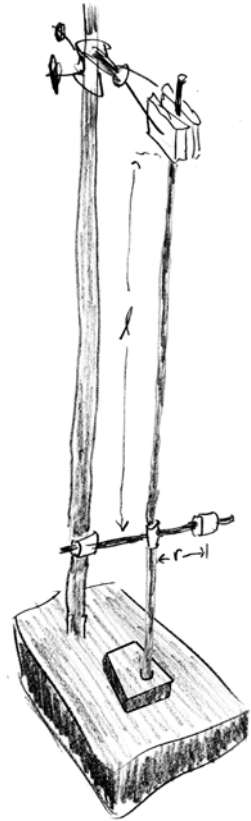
Een dunne metaaldraad zit boven vast ingeklemd.

Onder aan de draad hangt een ijzeren staafje met daaraan twee gewichten. Dit staafje hangt hoog genoeg om de gewichtjes vrij te laten roteren op verschillende afstanden r van het midden.

Verder is de draad aan de onderkant vrij draaibaar vastgelegd in een stukje materiaal. De gewichten met massa m zijn te verplaatsen en zitten op een afstand r van het midden.

Het staafje zit op een afstand l van de bovenkant van de draad.

Door het staafje iets te draaien en dan los te laten, gaat het geheel een trilling uitvoeren. De snelheid waarmee dat gebeurt, hangt onder meer af van het materiaal en de dimensies van het draaiende deel l van de draad. Voor een bepaalde lengte draad kun je spreken over een torsieconstante k , te vergelijken met een veerconstante van een bepaalde veer. De torsieconstante van één meter draad noemen we γ .



Voor de torsieslinger geldt:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{k}} \text{ met } T \text{ de trillingstijd, } k \text{ de torsieconstante en } J \text{ het traagheidsmoment.}$$

Het staafje heeft een traagheidsmoment J_0 en met de twee gewichten erbij komt het totale traagheidsmoment daarmee op

$$J(r) = J_0 + 2mr^2.$$

Met $J_0 = \frac{1}{12}md^2$ met d de lengte van het staafje. De massa van het staafje $m = 10,0$ g.

Vooraf: Bereken J_0

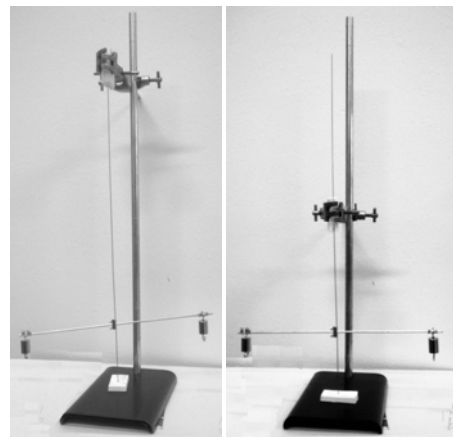
Opdracht 1:

Onderzoek (bij één waarde van l) of inderdaad de afhankelijkheid van r in de formule $J(r)$ geldt en bepaal k bij die waarde van l .

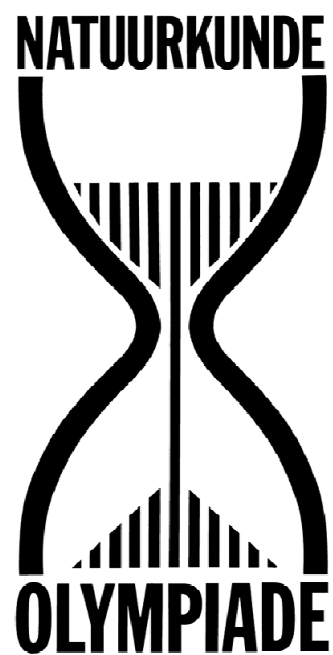
Opdracht 2:

We vermoeden dat $k = \frac{\gamma}{l}$.

Onderzoek of inderdaad $k \propto \frac{1}{l}$ en bepaal γ .



**Eindronde
Natuurkunde Olympiade
2009**

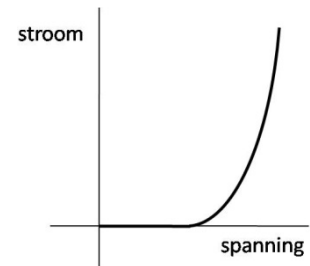


practicum toets

De constante van Planck

Inleiding

De stroom-spanning karakteristiek van een diode laat zien dat er een drempelspanning is waarbij de diode in de voorwaartse richting gaat geleiden. Bij spanningen hoger dan deze drempelspanning is de diode een zeer goede geleider. Bij silicium diodes ligt deze drempelspanning tussen de 0,6 en 0,7 Volt.



Een LED (Light Emitting Diode) heeft eenzelfde karakteristiek. Bij voldoende hoge spanning (hoger dan de drempelspanning), maken de elektronen een overgang van de zgn. valentieband naar de geleidingsband. Als het elektron weer terugvalt van de geleidingsband naar de valentieband, zal het een enkel foton uitzenden. Dit foton heeft een energie die gelijk is aan het energieverschil tussen de geleidingsband en de valentieband. In de twee figuren hieronder is het proces nogmaals weer gegeven.



In werkelijkheid is het proces ingewikkelder maar voor dit experiment volstaat dit model.

Het energieverschil tussen de valentieband en de geleidingsband in een LED (E_{gap}) is dus gerelateerd aan de drempelspanning van een LED ($U_{drempel}$):

$$E_{gap} = eU_{drempel} \tag{1}$$

Als het elektron weer terugvalt van de geleidingsband naar de valentieband zal het dus een foton uitzenden met een energie:

$$E_{foton} = hf = eU_{drempel} \tag{2}$$

De drempelspanning van een LED kan dus in verband gebracht worden met het energieverschil tussen de valentieband en de geleidingsband en dus met de kleur van het licht dat afkomstig is van de LED.

Materialen

Tot je beschikking heb je:

- Batterijhouder met 3 AA batterijen.
- Een tralie in een diaraampje. De tralieconstante is onbekend.
- Een laser met een golflengte van 532 nm.
- Een condensator van 0,47 F (5,5 V).
- 4 verschillende LED's (rood, geel, groen en blauw). De stroomsterkte door een LED mag nooit >30 mA zijn.

- Een weerstand van 180Ω .
- Een meetlint.
- Meerdere snoertjes met krokodillenbekjes.
- Een spanningssensor die via een meetinterface aan de computer is verbonden. Een meetprogramma (Data Studio) kan de spanning als functie van de tijd meten.
- Een optische bank met verschillende ruiters en houders.

Opdrachten

De totale practicum toets is in een vijftal onderdelen te splitsen:

1. Bepaal de tralieconstante van de tralie in het diaraampje. Geef duidelijk aan wat je hebt gemeten en welke theorie je hebt gebruikt. Geef je antwoord ook in het aantal lijnen per mm.
2. Bepaal voor elke LED de drempelspanning. Gebruik hiervoor de methode die hier onder beschreven staat.
3. Bepaal voor elke LED de golflengte van het uitgezonden licht. Geef duidelijk aan wat voor metingen je hebt gedaan en welke theorie je hebt gebruikt.
4. Bepaal m.b.v. de resultaten van de tweede en derde opdracht de constante van Planck.
5. Verwerk de opdrachten in een kort verslag.

Experimentele opstelling(en)

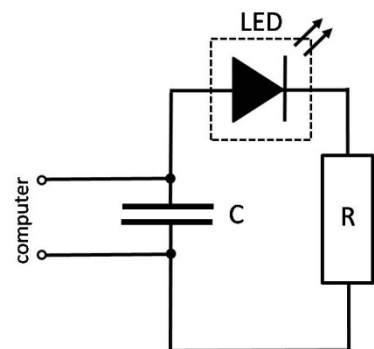
Voor de eerste opdracht heb je enkel de laser, de tralie, de optische bank en de liniaal nodig. Zorg er bij de opstelling voor dat je altijd de laser zodanig opstelt dat de laserstraal niet op andere leerlingen gericht wordt.

Voor het bepalen van de drempelspanning van een LED in de tweede opdracht zou je simpelweg kunnen kijken wanneer de LED begint te branden. Deze methode is niet erg nauwkeurig en onbetrouwbaar. Ook zou van de LED een stroom-spanning karakteristiek gemaakt kunnen worden maar het is moeilijk om goede metingen te doen in het gebied rondom de drempelspanning. Een oplossing daarvoor is de volgende. We laten een condensator ontladen via een LED en een weerstand en meten via de computer de spanning over de condensator. Zie de figuur hiernaast. Naarmate de ontladestroom kleiner wordt zal ook de spanning over weerstand kleiner worden. Als de stroomsterkte naar nul convergeert zal de spanning over de weerstand ook naar nul convergeren. De spanning over de condensator is dan gelijk aan de spanning over de LED: de drempelspanning.

De spanning als functie van de tijd is dus te schrijven als:

$$U(t) = U(0)e^{-t/RC} + U_{drempel}$$

De spanning als functie van de tijd wordt gemeten met het programma Data Studio. In het bestand (Activity) *drempel.ds* zijn enkele voorinstellingen gemaakt: het meten na op *Start*



gedrukt te hebben, begint pas als de meetwaarden naar beneden gaan en onder de 4,3 Volt komen. Verder stopt de meting automatisch na 300 seconden. Na de meting kun je in het grafiekvenster op de meetserie een *Fit* kiezen. Kies hiervoor de *Natural Exponent Fit*. Deze heeft de vorm:

$$y = Ae^{-Cx} + B$$

De door de computer gevonden waarden voor de constanten zijn af te lezen in het grafiekvenster. Voor elke meetserie (4 in totaal) laad je de condensator eerst direct op zonder weerstand met de batterijhouder. Pas hierbij op voor de polariteit van de condensator. Maak vervolgens de ontlaadschakeling. Vergeet daarbij niet de spanningssensor over de condensator aan te sluiten.

Voor de derde opdracht maak je gebruik van de liniaal waarin halverwege de LED geplaatst kan worden. De LED kun je laten branden door deze in serie met de weerstand van 180 Ω aan te sluiten op de batterijhouder. Met behulp van de tralie kun je nu op de liniaal een interferentiepatroon waarnemen en opmeten.

Bronnen

- Geoff Auty, The mysterious blue diode: linking quantum and wave effects raises an anomalous result. *School Science Review*, March 2006, 87 (320).
- Feng Zhou, Computer-Based Experiment for Determining Planck's Constant Using LEDs *The Physics Teacher*, Vol. 46, October 2008.
- Project Moderne Natuurkunde. Werkblad 2.1: Constante van Planck met LED's.
- LED's: Vishay High Intensity LED, \varnothing 5 mm Untinted Non-Diffused TLH.51.. series.
- Condensator: Cooper Bussmann Powerstor 0.47 F (PB-5R0V474-R)
- Tralie: En Vision Diffraction Grating #10011
- Laser: groene laserpointer golflengte 532 nm.