

Bepalen van de constante van Planck

Je meet van vier LED's de drempelspanning en de golflengte van het licht, en bepaalt daaruit de constante van Planck. Je levert een verslag in voor een cijfer.

DE OPDRACHT

Wat is de waarde van de constante van Planck?

Een LED zendt bijna monochromatisch licht uit: licht van één kleur, en dus van één golflengte. Uit de spanning waarbij een LED net licht geeft en de golflengte van dat licht bepaal je de constante van Planck.

Onderzoeksvraag

Wat is de waarde van de constante van Planck?

Inleveren

Een verslag per groepje. Voor feedback t/m vrijdag 12 februari, definitief uiterlijk vrijdag 19 februari.

Beoordeling

Volgens het [beoordelingsmodel verslagen](#).

THEORIE

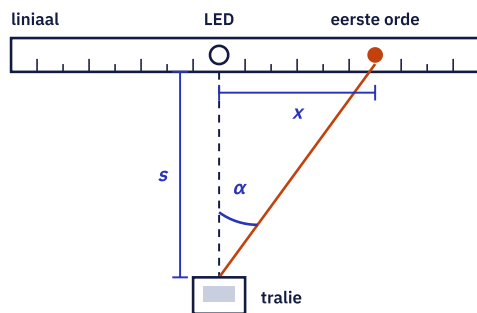
Van meting naar de constante van Planck

Je meet twee dingen per LED: de golflengte van het licht en de energie van de fotonen. Samen leveren ze de constante van Planck op.

1 • De golflengte, met een tralie

Een tralie buigt licht af onder een hoek die van de golflengte afhangt. Hoe een tralie werkt, zie je op [Wikipedia](#) of in dit [filmpje](#); de tralieformule staat in Binas. De tralie in dit practicum heeft 300 lijnen per mm. Daaruit volgt de tralieconstante d , de afstand tussen twee spleten.

Kijk je door de tralie naar de LED, dan lijkt de eerste orde naast de LED op de liniaal te staan (figuur 1). De hoek α volgt uit de afstanden s en x die je meet.



Figuur 1 · Bovenaanzicht van de opstelling

2 · De fotonenergie, met de drempelspanning

In een LED zitten een n-type en een p-type halfgeleider tegen elkaar. Een elektron dat van het n-type naar het p-type materiaal gaat, valt terug naar een lager energieniveau en zendt een foton uit. Dat lukt pas vanaf de **drempelspanning**: de kleinste spanning waarbij de LED licht geeft. De energie die het elektron dan krijgt, is de energie van het foton:

$E_{el} = E_f$	E_{el}	elektrische energie van het elektron	J
	E_f	fotonenergie	J
$U = E_f / q$	U	drempelspanning	V
	E_f	fotonenergie	eV
	q	lading van een elektron	e

Een drempelspanning van 1,7 V hoort dus bij een fotonenergie van 1,7 eV.

3 · De constante van Planck

De fotonenergie hangt samen met de frequentie van het licht, en de frequentie met de golflengte. Zoek beide formules op in Binas: daarin zit de constante van Planck.

4 · De onzekerheid, met de min-max-methode

Je meetwaarden hebben een onzekerheid. Reken je uitkomst uit met de uiterste waarden die nog binnen de onzekerheid vallen: één keer zo dat de uitkomst zo klein mogelijk wordt en één keer zo dat hij zo groot mogelijk wordt. Het verschil met je gewone uitkomst is de onzekerheid.

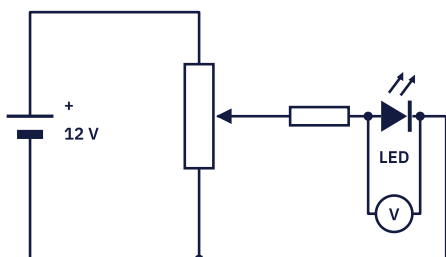
UITVOERING

Drempelspanning en golflengte meten

Je meet aan een rode, gele, groene en blauwe LED. Van elke LED bepaal je de drempelspanning en de afstand tot de eerste orde.

Benodigdheden

- Spanningsbron (12 V) en een schuifweerstand
- Vier LED's (rood, geel, groen en blauw) en een voorschakelweerstand van $680\ \Omega$
- Digitale voltmeter en snoeren
- Tralie, liniaal en meetlint of rolmaat
- Eventueel twee statieven met klemmen



Figuur 2 · De spanningsbron staat over de schuifweerstand. De voorschakelweerstand en de LED staan in serie tussen de schuif en de onderkant van de schuifweerstand; de voltmeter meet de spanning over de LED.

Werkwijze

- 1 Bouw de schakeling van figuur 2 en zet de spanningsbron op 12 V.
- 2 Verduister het lokaal. Verschuif de schuifweerstand langzaam tot de LED net licht geeft, en noteer de spanning over de LED: de drempelspanning.
- 3 Leg de liniaal met het midden bij de LED en zet de tralie op ongeveer 35 cm van de LED (figuur 1). Houd die afstand gelijk als je van LED wisselt.
- 4 Laat de LED helder branden. Kijk door de tralie en lees op de liniaal de afstand af tussen de twee eerste-orde-maxima: links en rechts de eerste stip naast het midden.
- 5 Laat de tweede meting door een groepsgenoot doen. Noteer de afstand pas als jullie het allebei eens zijn over de waarde.
- 6 Herhaal dit voor alle vier de LED's.

LED	Drempelspanning U (V)	Afstand s (m)	Afstand tussen de eerste ordes (m)
Rood			
Geel			
Groen			
Blauw			

VERWERKING

Van metingen naar de constante van Planck

- 1 Bereken voor elke LED de golflengte, de frequentie en de fotonenergie.

- 2 Verwerk de metingen in een diagram waaruit je de constante van Planck bepaalt.
- 3 Bepaal met de min-max-methode de onzekerheid in je waarde voor de constante van Planck.
- 4 Vergelijk je waarde met de waarde in Binas.

Let op: bereken de constante van Planck niet voor elke LED apart om daarna het gemiddelde te nemen. Bepaal hem uit het diagram. Dan tellen alle metingen mee en zie je meteen of er een LED afwijkt.

VERSLAG

Wat er in je verslag moet staan

Gebruik de vaste indeling van een verslag (zie [verslagen bovenbouw](#)). Per onderdeel verwacht ik:

1 Inleiding

Beschrijf de aanleiding en het doel van je onderzoek en sluit af met de onderzoeksvraag.

2 Theorie

Leg uit hoe een tralie werkt en hoe je de fotonenergie uit de drempelspanning bepaalt. Geef de formules, gemaakt met de formule-editor, en leg uit wat elke letter betekent.

3 Hypothese

Welke waarde verwacht je voor de constante van Planck, en welk verband verwacht je in je diagram? Onderbouw dat met de theorie.

4 Methode

Beschrijf de meting zo dat een klasgenoot hem kan herhalen, met een tekening van de opstelling.

5 Resultaten en verwerking

Een tabel met je metingen en de berekende golflengte, frequentie en fotonenergie per LED, en het diagram met trendlijn. Zet grootheden en eenheden bij de assen.

6 Conclusie

Beantwoord de onderzoeksvraag met je waarde voor de constante van Planck, met onzekerheid, en vergelijk die met Binas.

7 Discussie

Noem concrete meetonzekerheden en wat ze met je uitkomst doen, verklaar afwijkende metingen en doe een concreet verbetervoorstel. Een terugblik op de samenwerking is geen discussie.