

Quantum Rules!

Enkelspleet

Vooraf

- Applet om het te ontdekken: https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/singleslit_nl.htm
- Extra verdieping (in het Engels): <https://courses.lumenlearning.com/suny-physics/chapter/27-5-single-slit-diffraction/>
- EXTRA: Bestudeer de theorie over Heisenbergs onzekerheidsrelatie (onzekerheidsrelatie)

Je hebt nodig:

- laser (of laserpointer)
- verstelbare enkelspleet
- computer met Excel
- schuifmaat

Het experiment

In dit experiment ga je de onzekerheidsrelatie zichtbaar maken met behulp van het enkelspleetexperiment.

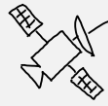
De opstelling

De opstelling is gemonteerd op een plateau die je over de tafel kunt verschuiven. Op het plateau staan de laser ($\lambda = 532 \text{ nm}$) en de verstelbare enkelspleet. Met de micrometerschroef is de breedte van deze spleet in te stellen en af te lezen. Als je de micrometerschroef een hele slag naar rechts draait (360°), wordt de spleet 0,5 mm smaller. Het licht dat door de spleet gaat kan je op grote afstand bekijken, bijvoorbeeld op een witte muur een paar meter ver weg.

Procedure

Je gaat nu de breedte van het diffractiepatroon onderzoeken als functie van de breedte van de spleet.

1. Zet de laser aan. Beter niet recht in kijken! Draai de spleet ongeveer 2 mm open en zorg, dat het licht van de laser op de muur ver weg terecht komt. Laat de opstelling zo staan.
2. Draai de spleet nu eerst helemaal dicht (geen kracht zetten), en draai de spleet dan vier hele slagen open (2,00 mm dus).
3. Kijk naar het diffractiepatroon op de muur en kies iets van het patroon waar je makkelijk de breedte van kunt meten met een schuifmaat en dat verandert met de spleetbreedte. TIP: de breedte van het centrale maximum (je oog ziet de grens tussen licht en donker goed).



Quantum Rules!



- Open Excel op de computer en start een tabel met in kolom 1 de breedte van de enkelspleet en in kolom 2 de breedte van het eerste maximum. Maak de spleet nu smaller in steeds wat kleinere stappen: stapgrootte 0,25 tussen 2 en 1 mm; dan 0,1 tot 0,5 mm; vervolgens 0,05 tot 0,20 en nog kleinere stappen tot meten niet meer gaat. Lukt 0,01 mm spleetbreedte nog?
- Maak een diagram van de breedte van het centrale maximum als functie van de breedte van de enkelspleet.

N.B. De **onzekerheidsrelatie van Heisenberg** kan worden toegelicht met dit experiment. De relatie luidt als volgt:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Heisenberg stelde theoretisch vast, dat de quantummechanica ons voorschrijft, dat de onzekerheid van de ene grootheid groter wordt als die van een ander steeds kleiner wordt. De spreiding Δ van de bij elkaar horende grootheden (x en p maar ook E en t) kan niet van allebei heel klein zijn: het product is altijd groter dan $h/4\pi$.

In ons experiment is de breedte van de enkelspleet een maat voor de onzekerheid Δx in de plaats waar de fotonen precies door de spleet gaan. Als de spleet smaller wordt, dan neemt Δx af. Dus de andere onzekerheid, Δp in de impuls, neemt toe. We zien dan de spreiding van het licht op de muur groter worden. Het is, alsof het minder zeker is waar de fotonen terecht komen: alle maxima en minima worden breder. Het is de component van Δp langs het interferentiepatroon die steeds groter wordt, waardoor de maxima breder zijn bij een kleinere x .

EXTRA: Bepaling van de plek van de minima (destructieve interferentie)

- Zet de spleet 0,5 mm open. Meet de afstand L tussen de spleet en de muur met een meetlint. Zoals je weet uit de theorie over golven treedt destructieve interferentie op als:

$$x \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

dus als het weglengteverschil een veelvoud k van λ is. Dan is de afstand $2d$ in fig. 1 gelijk aan $2 \cdot \lambda/L$. (N.B. Net als bij de dubbele spleet, geldt deze benadering als de afstand tot het scherm veel groter is dan de breedte van de spleet.)

- Bedenk waar α zit in fig. 1 en bereken met geometrie de waarde van λ . Komt dit overeen met de kleur van de laser?

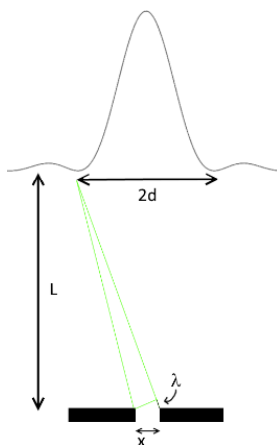


Fig. 1: destructieve interferentie