

Uitwerking- Quantummijnenveger

1. Zoals aangegeven in de tekst kan voor elk pad de faseverschuiving worden uitgerekend. Er van uitgaande dat elke reflectie een fasesprong π oplevert, vind je voor paden 1 en 2 richting detector A

$$\phi_{1,A} = \frac{2\pi t}{\lambda} + \pi + \pi + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (1)$$

en

$$\phi_{2,A} = \pi + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (2)$$

en dus vindt constructieve interferentie plaats bij detector A, immers

$$\phi_{1,A} - \phi_{2,A} = 0. \quad (3)$$

Voor detector B doen we hetzelfde,

$$\phi_{1,B} = \frac{2\pi t}{\lambda} + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (4)$$

en

$$\phi_{2,B} = \pi + \pi + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (5)$$

en dus

$$\phi_{1,B} - \phi_{2,B} = -2\pi. \quad (6)$$

Er vindt dus, op basis hiervan, ook constructieve interferentie plaats bij detector B. Dit is in strijd met de wet van behoud van energie.

2. De beamsplitter bestaat uit twee materialen met verschillende brekingsindex. Er treedt alleen een fasesprong op als het licht reflecteert aan een laag met een grotere brekingsindex. Het maakt dus uit van welke kant het licht de beamsplitter benadert. Licht dat via pad 2 op weg is naar detector B en reflecteert aan het laatste halfdoorlatende spiegeltje krijgt hierdoor geen fasesprong. Licht dat via pad 1 op weg naar detector A reflecteert aan het laatste halfdoorlatende spiegeltje, krijgt wel een fasesprong. Dit uitwerken levert

$$\phi_{1,A} = \frac{2\pi t}{\lambda} + \pi + \pi + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (7)$$

en

$$\phi_{2,A} = +\pi + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (8)$$

en dus vindt er weer constructieve interferentie plaats bij detector A,

$$\phi_{1,A} - \phi_{2,A} = 0. \quad (9)$$

Voor de paden richting detector B geldt nu

$$\phi_{1,B} = \frac{2\pi t}{\lambda} + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (10)$$

en

$$\phi_{2,B} = \pi + \pi + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi t}{\lambda} + \frac{2\pi l_1}{\lambda}, \quad (11)$$

en dus

$$\phi_{1,B} - \phi_{2,B} = -\pi. \quad (12)$$

Op basis hiervan is de interferentie bij detector B destructief. Dit vormt dus de oplossing van de paradox.

3. De interferometer is zo afgesteld dat detector A constructief en B destructief interfereert. Als een van beide paden geblokkeerd zou zijn, dan zou het foton nog steeds in A kunnen aankomen. Het feit dat A het foton heeft gedetecteerd leert ons dus niets over de positie van de mijn.
4. Je weet nu dat de mijn een van de armen van de interferometer geblokkeerd moet hebben. Immers, als beide paden vrij zouden zijn, vindt bij B destructieve interferentie plaats en kan het foton niet in B aankomen.
5. Die kans dat het foton pad 1 of pad twee kiest is evengroot, en dus is de kans 50% dat de bom ontploft.
6. Nee. Je hebt vastgesteld dat de mijn een van de paden blokkeert, zonder dat er een foton op de mijn gevallen is. Hiermee heb je een interactievrije meting gedaan. Deze mogelijkheid bestaat alleen in de quantummechanica, er bestaat geen klassieke verklaring.