

Dualiteit

16 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

(Bij de pijl is een minimum zichtbaar.) Hier treedt destructieve interferentie op.

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Om de gewenste buiging te krijgen mogen de openingen een maximale breedte hebben in de orde van grootte van de golflengte van het zichtbare licht. De orde van grootte van de maximale breedte is μm .
- (Als er geen buiging optreedt kan er ook geen interferentie plaatsvinden.) Zonder interferentie zouden er slechts twee smalle lichte vlekken ontstaan op het scherm, recht achter de twee spleten.

- inzicht dat de openingen een maximale breedte moeten hebben in de orde van grootte van de golflengte van zichtbaar licht 1
- consequente keuze voor μm 1
- noemen van het zichtbaar zijn van twee lichtvlekken op het scherm 1

18 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

De energie van één foton van 635 nm is gelijk aan

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{635 \cdot 10^{-9}} = 3,13 \cdot 10^{-19} \text{ J. Een vermogen van } 5 \cdot 10^{-10} \text{ J s}^{-1}$$

komt overeen met $N = \frac{P}{E_f} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{3,13 \cdot 10^{-19}} = 1,6 \cdot 10^9$ fotonen per seconde. Dat

geeft een gemiddelde afstand tussen twee opeenvolgende fotonen van

$$\frac{c}{N} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^9} = 0,2 \text{ m. Deze afstand is in de orde van grootte van / groter$$

dan de afstand tussen filter en dubbelspleet. (Dus de uitspraak klopt.)

- inzicht dat de afstand tussen filter en dubbelspleet vergeleken moet worden met de gemiddelde afstand tussen de fotonen 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$, met opzoeken van h 1
- inzicht dat $N = \frac{P}{E_f}$ 1
- inzicht dat $\Delta x = \frac{c}{N}$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
19	maximumscore 2 voorbeeld van een antwoord: De telwaarden van deze detectoren kunnen bij elkaar opgeteld worden. De kans dat een foton in de centrale piek terecht komt is gelijk aan deze som gedeeld door het totaal aantal van $1,0 \cdot 10^{10}$ fotonen. - inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek een optelling is van de telwaarden van de afzonderlijke detectoren in de centrale piek - inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek gedeeld moet worden door het totaal aantal gedetecteerde fotonen	1 1
20	maximumscore 2 voorbeeld van een antwoord: De kans om het foton te meten in de centrale piek volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling. Deze is onafhankelijk van het aantal getelde fotonen en is ook al aanwezig bij het allereerste foton. Bente heeft dus geen gelijk. - inzicht dat de kans om het foton te meten op elk van de detectoren volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling - inzicht dat deze waarschijnlijkheidsverdeling vanaf het begin van het experiment vast ligt/ volgt uit het golfkarakter van licht en consequente conclusie	1 1
21	maximumscore 2 voorbeeld van een antwoord: - Er ontstaat een interferentiepatroon. Het optreden van dit interferentiepatroon wijst op golfgedrag. - Tijdens het kofferexperiment worden fotonen één-voor-één geteld bij de detectoren. Dit discrete gedrag wijst op deeltjesgedrag. - noemen van een voorbeeld van golfgedrag tijdens het kofferexperiment - noemen van een voorbeeld van deeltjesgedrag tijdens het kofferexperiment	1 1