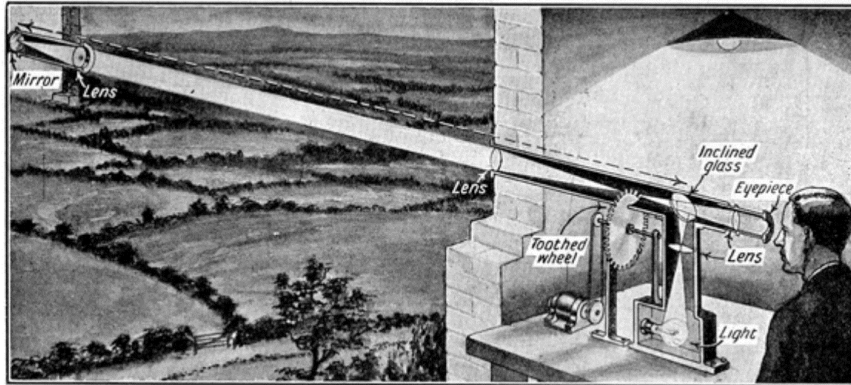


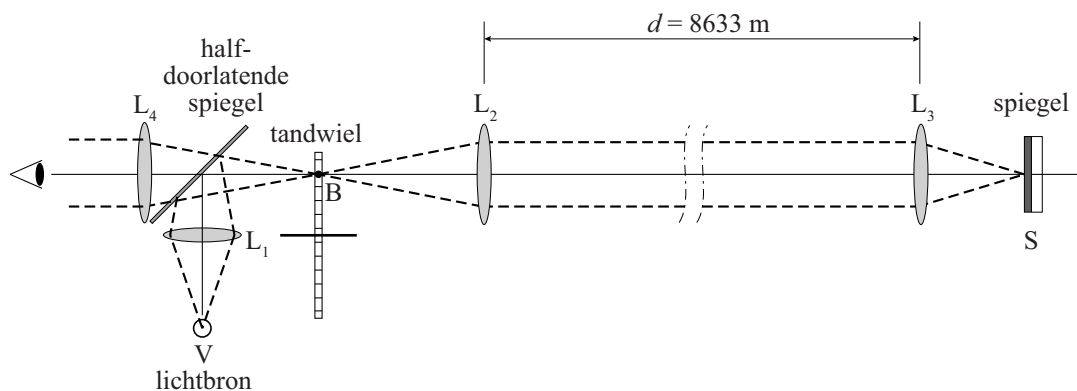
Opgave 2 Meten van de lichtsnelheid door Fizeau

In 1849 bepaalde Armand Fizeau in Parijs de lichtsnelheid met de opstelling zoals weergegeven in een 'artist impression'. Hier is een kijker te zien met daarin een tandwiel dat snel rond kan draaien.



Deze kijker bevond zich op Montmartre. Meer dan 8 km verderop, op de Mont Valérien à Suresnes, stond het tweede deel van zijn opstelling (o.a. een spiegel). De hele opstelling staat schematisch getekend in figuur 1.

figuur 1



De opstelling werkt als volgt:

- Een lichtbundel uit een puntvormige lichtbron V valt op een lens L_1 .
- Vanuit deze lens valt de geconvergeerde lichtbundel op een halfdoorlatende spiegel. Deze halfdoorlatende spiegel reflecteert de helft van het licht dat erop valt, de andere helft wordt doorgelaten.
- De gereflecteerde lichtbundel convergeert in punt B . Daar bevindt zich het tandwiel. Als het tandwiel stilstaat, valt het licht tussen twee tanden door.
- Via de lenzen L_2 en L_3 komt de bundel op spiegel S terecht.
- De lichtbundel legt vervolgens de omgekeerde weg af terug naar de halfdoorlatende spiegel.
- Het doorgelaten deel van de lichtbundel komt via lens L_4 in het oog van de waarnemer.

In de figuur op de uitwerkbijlage zijn twee lichtstralen getekend die uit lens L_1 komen. Ook is de zeer dunne halfdoorlatende spiegel getekend die een hoek van 45° maakt met de hoofdas van L_1 .

- 3p 6 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het verloop van de doorgelaten lichtstralen en construeer het verloop van de gereflecteerde lichtstralen.

De afstand van de lichtbron tot lens L_1 bedraagt 15 cm. De afstand van L_1 tot het midden van de halfdoorlatende spiegel bedraagt 15 cm en de afstand van het midden van deze spiegel tot het tandwiel bedraagt 30 cm.

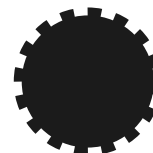
- 3p 7 Bereken hiermee de sterkte van lens L_1 .

De afstand tussen de lenzen L_2 en L_3 bedraagt in de opstelling 8,633 km. Het uitlijnen van de opstelling is ontzettend moeilijk. Stel dat de spiegel S over een hoek van $0,10^\circ$ gedraaid is. Een teruggekaatste lichtstraal valt dan niet op L_2 maar op een bepaalde afstand ernaast.

- 3p 8 Bereken die afstand.

De breedte van een tand van het tandwiel is even groot als de opening tussen twee tanden, zoals figuur 2 schematisch weergeeft.

figuur 2



Om de lichtsnelheid te bepalen wordt het tandwiel in beweging gebracht. Bij een laag toerental zal een gedeelte van de bundel die tussen twee tanden doorgegaan is, na reflectie door spiegel S op de volgende tand van de tandwiel vallen. Bij een bepaald hoger toerental zal de hele doorgelaten bundel op de volgende tand van het tandwiel vallen. De waarnemer ziet dan niets meer.

De tijd die het licht nodig heeft om van het tandwiel naar de spiegel en terug te gaan, is dan precies gelijk aan de tijd die het tandwiel nodig heeft om de breedte van één tand (of van één opening) op te schuiven.

Voor de lichtsnelheid geldt dan: $c = \frac{4Nd}{T}$.

Hierin is:

- c de lichtsnelheid in m s^{-1} ;
- N het aantal tanden van het tandwiel;
- d de afstand zoals aangegeven in figuur 1, in m;
- T de omlooptijd van het tandwiel waarbij de waarnemer net geen licht ziet, in s.

- 3p 9 Leid deze formule af.

Fizeau maakte gebruik van een tandwiel met 720 tanden. De waarnemer zag net niets meer bij een omloopfrequentie van 12,6 Hz.

- 3p 10 Bereken hoeveel procent de lichtsnelheid die Fizeau zo gemeten heeft, afwijkt van de waarde in BINAS.

uitwerkbijlage

6

