**Lichtsnelheid in een vloeistof**

[subtitel]Gebruik van de LiDAR-sensor

[onderwerpsymbool GS]

[B]

Tijd

20 - 30 minuten

Bereik

Bovenbouw

[inleidend kader]

Moderne telefoons hebben een LiDAR-sensor, waarmee je de afstand tot voorwerpen kunt meten. De LiDAR-sensor is gemaakt om alleen in lucht te meten. De lichtsnelheid in een transparante stof is anders en dus is de gemeten afstand anders. Je kunt deze ‘meetfout’ gebruiken om de lichtsnelheid in een transparante vloeistof te bepalen.

[eind kader]

[NV25\_figuur\_1] NV25\_figuur\_2]

*Figuur 1. LiDAR-sensor op de telefoon Figuur 2 Screenshot LiDAR-app*

**Nodig**

Smartphone met LiDAR-sensor (iPhone 12 of hoger) en een LiDAR-app (phyphox) of bijvoorbeeld LiDAR-pointer; statief; pan; vloeistof (bijvoorbeeld water); rolmaat.

**Voorbereiding**

Plaats de telefoon in de statieven boven de pan met water. Zorg dat de telefoon perfect horizontaal hangt. Dat is te controleren met de app die de helling aangeeft. Plaats een pan recht onder de LiDAR-sensor van de telefoon (zie figuur 1). Zorg ervoor dat LiDAR-sensor recht op het midden van de pan gericht is. Controleer de afstandmeting van de telefoon tot de bodem van de pan met een rolmaat.

**Uitvoering**

1. Geef wat uitleg over de werking van echo en sonar. Leg uit dat dit ook werkt met onzichtbaar laserlicht. Bijvoorbeeld bij snelheidscontroles van de politie.
2. Leg de demonstratie uit. Geef aan dat je een afstandsmeting met een telefoon met en zonder water gaat doen.
3. Geef een tekening op het bord, zoals bijvoorbeeld de tekening van figuur 3.
4. Leg uit hoe de LiDAR-sensor zorgt voor een afstandsmeting.
5. Leg uit dat je water in de pan gaat gieten en dan nog eens de afstand gaat meten.
6. Laat de leerlingen voorspellen wat het effect van water in de pan op de meting zal zijn.
7. Giet het water voorzichtig in de pan. Zorg dat het water tot stilstand is gekomen. Neem een waterhoogte van 5-8 cm.
8. Voer de meting uit en noteer de gemeten afstand op de telefoon met (S4) en zonder water (S1). Noteer de hoogte van de telefoon tot het wateroppervlak (S2). Meet de diepte van het water (S3).
9. Bereken met de gegeven lichtsnelheid van licht in lucht, de lichtsnelheid in water.
10. Herhaal de demonstratie eventueel met een andere waterhoogte en voer de berekening nog eens uit.
11. Controlevraag: Als we in plaats van water dezelfde hoeveelheid van een andere transparante vloeistof met een hogere dichtheid in de pan zouden gieten, wat zou de LiDAR sensor dan aangeven?
12. Een kortere afstand dan bij water.
13. Een langere afstand dan bij water.
14. Dezelfde afstand als bij water.

**Natuurkundige achtergrond**

LiDAR is een technologie die de afstand tot een object of oppervlak bepaalt met laserpulsen. LiDAR werkt volgens hetzelfde principe als radar. De LiDAR-sensor bepaalt afstand tot het object of oppervlak door de tijd te meten die verstrijkt tussen het uitzenden van een puls en het opvangen van een reflectie van die puls.

De laserpulsen zullen in het water langzamer reizen:

[1]

Deze langere reistijd resulteert in een foutieve gemeten afstand (S4) van de afstand van de LiDAR-sensor tot de bodem van de pan.

De lichtsnelheid in het water berekenen we met de tijd die laserlicht in het water verblijft. Zie Kuhn, J. & Vogt, P. (2022):

[2a]

[2b]

[3]

Afhankelijk van de metingen vinden we afwijkingen van de literatuurwaarde voor cwater tussen 0,5 – 10%.

NV25\_figuur\_3]

*Figuur 3. S1 is de echte afstand tussen telefoon en bodem van de pan, S2 is de afstand tussen telefoon en waterniveau. S3 is de waterdiepte. S4 is de gemeten afstand door de app.*

**Tips**

* Afhankelijk van het vermogen van de LIDAR-sensor kan de diepte van het water niet te groot worden. Er treedt dan vermogensverlies op, houdt een diepte tussen 5-8 cm aan.
* Zorg dat de telefoon goed vastzit, deze kan in het water vallen.

**Bron:**

Kuhn, J. & Vogt, P. (2022) *Measuring the speed of light in liquids with a smartphone*, Phys. Teach. 60, 516 (2022)