

Testverslag B49, gloeilamp als zon, door Kars Verbeek

Vorbereiding: opstelling maken (gloeilamp), bereken vooraf welke afstand theoretisch hoort bij de gloeilamp die je gebruikt (gegeven $P_{\text{zon}} = 3,85 \times 10^{26}$ Watt, afstand aarde-zon = $1 \text{ AE} = 1,496 \times 10^{11}$ meter, intensiteit van de zon op 1 AE (zonneconstante) = $1,37 \times 10^3$ Watt/m²). Ik heb de proef getest met 3 verschillende gloeilampen: 150 Watt, 60 Watt en 40 Watt.

Tijd: 15 minuten voorbereiding, uitvoeren in de klas 15 minuten.

Suggesties: de straling van een gloeilamp vergelijken met die van de zon kan met de handen, bovenarm/pols of met het gezicht. Kijk uit dat je de gloeilamp niet aanraakt. Wat ik gedaan heb: stel je voor dat je zomers op het strand ligt. Doe je ogen dicht en voel *met je gezicht* op welke afstand de intensiteit van de gloeilamp gelijk is aan de intensiteit van zon op een mooie dag.

Ik heb twee leerlingen de proef laten uitvoeren: een van de leerlingen nadert met de ogen dicht de gloeilamp en schat op welke afstand de straling van de gloeilamp voelt als de zon op een mooie dag, de andere leerling zorgt dat de gloeilamp niet wordt aangeraakt en meet de afstand met een rolmaat.

Na de meting krijgen alle leerlingen de opdracht het uitgezonden vermogen van de zon te berekenen (in dit geval waren gegeven: het vermogen van de gloeilamp, afstand gloeilamp tot gezicht, afstand aarde-zon). Hints als leerlingen vastlopen: de intensiteiten zijn gelijk aan elkaar, of bereken eerst het waargenomen vermogen per vierkante meter. In plaats van het vermogen van de zon zou ook de afstand aarde-zon of het vermogen van de gloeilamp bepaald kunnen worden als het vermogen van de zon gegeven wordt.

Vragen in de klas

Voorspellen: wat bepaalt hoe helder wij de zon zien/waarnemen op aarde? (leerlingen noemen afstand aarde-zon, vermogen, kleur, wolken).

Op welke afstand denk je dat een 150 Watt gloeilamp hetzelfde aanvoelt (even warm) als de zon?

Moet de afstand worden gemeten vanaf de rand van de gloeilamp, of vanaf het midden van de gloeilamp?

Na uitvoeren en berekenen vermogen van de zon:

Stefan-Boltzmann: Maakt het uit dat de temperatuur (of λ_{max}) van de gloeilamp en de zon niet hetzelfde zijn?

De straling van de gloeilamp bestaat voor 95% uit infrarood licht en de straling van de zon voor ongeveer 50%. Kun je met je huid zichtbaar licht voelen? En infrarode straling? Met deze percentages en de eerdere gegevens: bereken opnieuw het vermogen van de zon.

Kwadratenwet: een gloeilamp van 60 Watt heeft een 2,5 zo klein vermogen. Beredeneer op welke afstand de intensiteit van de 60 W gloeilamp overeenkomt met de intensiteit van de zon.

Door de atmosfeer wordt een deel van de straling van de zon tegengehouden; wat is het effect hiervan op het bepalen van het uitgezonden vermogen van de zon?

Toepassing: Stel dat we op aarde de energie van de zon zouden opvangen met een groot zonnepaneel. Hoeveel vierkante kilometers moet dit zonnepaneel zijn om de gezamenlijke energiebehoefte van Nederland te kunnen leveren?

Essentie/conclusie

Benadruk het concept intensiteit: een ster en gloeilamp stralen elke seconde een hoeveelheid energie uit in alle richtingen. Op een grote afstand is deze energie verdeeld over een groot boloppervlak en ontvang je met je telescoop, op je gezicht of per vierkante meter nog maar een klein deel.

Commentaar van Ed van den Berg, auteur van de proef

Het hoofdpunt is natuurlijk dat je met zo'n eenvoudige demo de orde van grootte van het vermogen van de zon kunt schatten! De video van het Exploratorium die Kars ontdekte, geeft een nog mooiere methode die bovendien op heel veel manieren kan worden gebruikt.

Tenslotte: laat leerlingen uitleggen/samenvatten wat het verschil is tussen vermogen en intensiteit.

Reactie leerlingen V6

(bij het onderwerp "Zonnestelsel en heelal", par.13.3 "Stralingsvermogen en afstand van sterren")

Deze proef werkt activerend, maakt het verschil tussen intensiteit en vermogen duidelijk (volgens alle leerlingen), zorgt dat de theorie beter voor te stellen is. De demo is duidelijk te zien voor alle leerlingen, de opstelling is niet ingewikkeld. Leerlingen die de afstand van de gloeilamp moesten bepalen kwamen allemaal op verschillende afstanden dan de theoretische waarde (zie hieronder): als docent kun je de afstand die wordt opgemeten een beetje sturen en het hoort bij de discussie om te bespreken wat een afwijking van 1 cm uitmaakt voor het uiteindelijke vermogen.

Uitleg/theorie/rekenvoorbeeld (voor de 150 Watt gloeilamp):

Voor de intensiteit van het zonlicht op aarde geldt: $I = P / 4\pi r^2 = 3,85 \times 10^{26} / 4\pi (1,496 \times 10^{11})^2 = 1,37 \times 10^3 \text{ Watt/m}^2$

Boven de atmosfeer ontvangt een vierkante meter elke seconde $1,37 \times 10^3$ Joule energie van de zon (deze $I = 1,37 \times 10^3 \text{ Watt/m}^2$ heet de zonneconstante).

Dezelfde intensiteit I zou je bij een 150 Watt gloeilamp waarnemen op een afstand van:

$$r = \sqrt{(P/4\pi I)} = \sqrt{(150/4\pi \cdot 1,37 \times 10^3)} = 9,3 \text{ cm}$$

Voor een 60 Watt gloeilamp is de theoretische afstand 6cm (het vermogen is 2,5 keer kleiner dus de afstand wordt $\sqrt{2,5}$ keer kleiner]

Als wordt meegenomen dat de gloeilamp in verhouding ongeveer 10 keer meer infrarood uitstraalt, hoort hierbij een afstand die $\sqrt{10}$ keer groter is. [Mijn leerlingen kwamen voor de 150 Watt gloeilamp op een afstand van ongeveer 30 cm. Dit klopt dus aardig!

Ed van den Berg: mijn leerlingen kwamen meer in de buurt van 10 – 12 cm evenals in het schitterende exploratorium-filmpje.

Uitbreiding van de proef

Plaats over de gloeilamp een metalen bakje dat aan de binnenkant overal gelijk is. Aan de buitenkant van het bakje is een helft zwart en de andere helft glanzend (of wit, maar witte verf verkleurt). Voorspellen: aan welke kant van het bakje wordt meer energie uitgestraald, aan de zwarte kant of aan de glanzend kant? Laat een leerling die koude handen heeft naar voren komen en voelen op een afstand van een paar centimeters, een hand aan de zwarte kant en een hand aan de glanzende kant.

Bronnen

<https://www.exploratorium.edu/snacks/oil-spot-photometer>

pagina 7 van

http://s3.natuurkunde.nl/content_files/files/5196/original/supportBinaryFiles_referenceId_28_supportId_942470?1410265609