**Meten aan ‘sterren’**

[Onderwerpsymbool GS]

B

Tijd

30-40 minuten

Bereik: bovenbouw vwo

[inleidend kader]

In deze activiteit simuleer je sterrenkundige waarnemingen in het klaslokaal door waar te nemen aan gloeilampen. Het doel is om de leerlingen duidelijk te maken hoe je op relatief eenvoudige wijze temperatuur-informatie van sterren kunt krijgen. In sommige gevallen leidt dat ook tot informatie over de lichtkracht van een ster en dus tot afstandsinformatie. Dat kunnen ze met wat hulp zelf bepalen, hetgeen veel heen-en-weer-denken vraagt.

[eind kader]

[WoS04\_figuur1] *De twee gloeilampen gefotografeerd door een rood filter voor de camera van de mobiele telefoon te houden. De inzet toont de oorspronkelijke kleurenopname*.

[WoS05\_figuur2] *Dezelfde twee gloeilampen nu gefotografeerd door een blauw filter voor de camera van de mobiele telefoon te houden. De inzet toont de oorspronkelijke kleurenopname.*

**Nodig**

Twee *identieke* gloeilampen die je op verschillende spanningen kunt laten branden, bijvoorbeeld met behulp van een dimmer; een set eenvoudige rode filters en een set blauwe filters; smartphones.

Let op: in de sterrenkunde wordt een filter genoemd naar de golflengte die het filter doorlaat. Een roodfilter laat dus rood licht wel door en absorbeert andere golflengtes. Dat is anders dan in de fotografie.

**Voorbereiding**

Je zet vooraf een aantal *identieke* gloeilampen klaar als ‘sterren’. Daarbij zorg je voor verschillende helderheden door de lampen op verschillende spanningen te laten branden. In de afbeeldingen zijn gloeilampen van een optische rail gebruikt, die 30 W leveren op 6 V. Eén lamp staat op 6 V, de andere op 4 V. De gloeilampen moeten identiek zijn, omdat de oppervlakte van het gloeidraadje hetzelfde moet zijn. Je maakt de afstand tussen de lampen dusdanig dat ze even helder lijken vanuit achterin de klas. Je kunt ook een lange gang of hal gebruiken voor de opstelling. Verduistering is sfeer verhogend, maar niet noodzakelijk.

**Uitvoering**

Je introduceert de lampen als de ‘sterren’ waaraan de leerlingen gaan meten en waarvan ze kwalitatief temperatuur en afstand gaan bepalen. Daarbij kun je benadrukken dat dat in eerste instantie erg makkelijk lijkt, omdat je meteen ziet welke feller en blauwer brandt en welke dus een hogere temperatuur heeft. Alle omgevingsinformatie maakt ook direct duidelijk welke lamp dichterbij staat; dat kun je immers gewoon zien. Daarom gaan de leerlingen deze bepalingen uitvoeren met de informatie die een sterrenkundige ook heeft als hij gaat waarnemen: zwart-wit foto’s waarop alleen de lampen zichtbaar zijn; alle informatie over de omgeving (tafels, muren en dergelijke) die wel op de foto’s zichtbaar is, mogen ze niet gebruiken. Wat ze wel mogen gebruiken zijn een set kleurenfilters en hun eigen smartphone-camera (ingesteld op zwart-wit als dat kan). De opdracht wordt dan: ‘Bepaal welke van deze lampen de hoogste temperatuur heeft en welke het dichtstbij staat met de camera van je mobiele telefoon en de kleurenfilters zonder omgevingsinformatie te gebruiken.’ Het loont de moeite om de leerlingen eerst te laten nadenken en overleggen met elkaar om te bedenken wat ze kunnen doen, voordat ze filters mogen pakken.

De oplossing welke foto’s je moet maken is eenvoudig, een volledige redenering opzetten is beduidend lastiger. Je moet de beide lampen één keer fotograferen door een roodfilter en één keer door een blauwfilter met exact dezelfde instellingen. Uit het slim onderling vergelijken volgt het antwoord op de vragen naar temperatuur en afstand. Bij de nabespreking kun je flink doorvragen zodat de leerling stevig moet heen-en-weer-denken en daardoor de waarnemingen leert interpreteren met behulp van de Verschuivingswet van Wien en de Wet van Stefan-Boltzmann. Om dat redeneren te ondersteunen, kun je een diagram met spectra van zwarte stralers laten zien. Dat helpt om uit de waarnemingen de temperatuur te halen en het helpt ook om nog eens te benadrukken dat een object (ster) met een hogere temperatuur in alle golflengtegebieden een hoger vermogen uitzendt.

**Natuurkundige achtergrond**

De lamp met de hoogste temperatuur zal kortere golflengtes uitzenden (Verschuivingswet van Wien) en daardoor het felst zijn in het blauwfilter (in de afbeeldingen is dat de rechter lamp), terwijl er in het roodfilter niet of nauwelijks verschil zal optreden. Daaruit volgt dat de relatief blauwste lamp de hoogste temperatuur heeft. Omdat een hogere temperatuur tot een hoger uitgestraald vermogen leidt (Wet van Stefan-Boltzmann) en de beide lampen ongeveer even fel lijken, staat de lamp met de hoogste temperatuur het verst weg. In de afbeeldingen boven staat de linker lamp dus op de kleinste afstand. Deze laatste stap kun je alleen zetten als je weet dat het oppervlak van de gloeidraad hetzelfde is, hetgeen voor identieke gloeilampen een juiste aanname is. Bij echte sterren is dat echter niet het geval, dus daar loopt de vergelijking mank, een aspect om te benadrukken bij de nabespreking.

In deze redenering zitten allerlei heen-en-weer-denk stappen om de waarnemingen te verbinden aan de conclusies. Er vindt een dubbele vergelijking plaats: in één van de twee filters moet er geen (of zeer weinig) verschil tussen de sterren te zien zijn (in de afbeeldingen boven is dat het roodfilter) en in het andere filter moet er wel duidelijk verschil zichtbaar zijn. Alleen dan kun je iets zeggen over de kleur en dus de temperatuur. Als in beide filters dezelfde lamp feller is, dan kun je helaas niets zinvols zeggen zonder kwantitatief te gaan meten (hetgeen sterrenkundigen prima kunnen). Ook de stap naar de afstand vraagt een subtiele vergelijking, omdat ook hier essentieel is dat de beide lampen ongeveer even fel lijken.

In de sterrenkunde wordt voor kleurinformatie meestal een blauw- en een groenfilter gebruikt. Met de groenfilters die de auteur tot zijn beschikking heeft, is het verschil echter te klein.

**Tips**

Deze activiteit lukt helaas niet met elke mobiele telefoon. Sommige camera’s lijken zelf te veel aan te passen en de instellingen niet gelijk te houden. Instellen op volledig handmatig, de isowaarde verhogen en dichtdraaien van het diafragma, blijkt soms een oplossing. Leerlingen in groepjes laten samenwerken kan het probleem verminderen.

Als het snel kan, dan kun je één van de foto-paren van een leerling op de beamer zetten voor de nabespreking. Zorg in ieder geval zelf voor twee bruikbare foto’s!

**Bronnen**

Wikipedia geeft informatie over de relatie tussen kleur-index en temperatuur: https://en.wikipedia.org/wiki/Color\_index