



Identieke Zeepbellen

Voor het antwoord op de vraag of er identieke zeepbellen kunnen bestaan, moet het antwoord op de wedervraag wel eerst helder zijn. Waardoor ontstaan de kleuren in de bubbels eigenlijk?

Ik zit in het nazomerzonnetje te genieten van een kopje thee. Naast mij zit mijn zoonnetje dat bellen blaast. Hij vangt er twee op met beide zijden van het plastic oogje en kijkt gebiologeerd naar de kleuren die door de bellen dansen. 'Is het met bellen net zoals met sneeuwvlokken, dat er geen twee dezelfde van zijn?' vraagt hij. Om wat bedenktijd te winnen stel ik de wedervraag waar die kleuren vandaan komen. Hij geeft het onbetwistbare antwoord dat de kleuren van het bellenblaassop komen. Ik schenk wat van het sop in mijn lege theeglas en vraag hem de kleuren aan te wijzen. Hij kijkt verbaasd naar de heldere kleurloze vloeistof en dan enigszins vermoeid naar mij. 'Nu komt er zeker weer zo'n natuurkundige uitleg, of niet pap?'

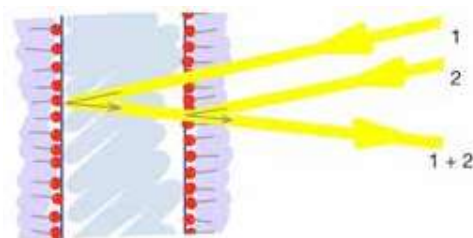


Figuur 2. De blauwe morpho. Foto: Didier Descouens

Hoewel de verklaring hiervan mijn achtste-groeper waarschijnlijk te ver zou gaan, leent het zich wel voor een korte toelichting in de bovenbouw van het vwo. Het domein optica is daar in het curriculum inmiddels sterk uitgedund, maar het verschijnsel irisatie sluit goed aan op het onderwerp interferentie en is in het dagelijks leven op meer plaatsen zichtbaar dan je zou denken. Voor een opstelling, waarmee de leerlingen zelf wat onderzoek en meet- of rekenwerk zouden



Figuur 1. Kleuren in een zeepvlies. Bron: School of physics Sydney, Australia

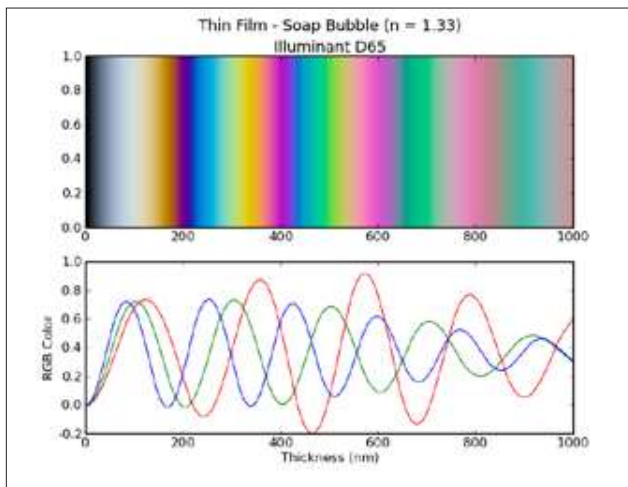


Figuur 3. Samenvallende lichtstralen

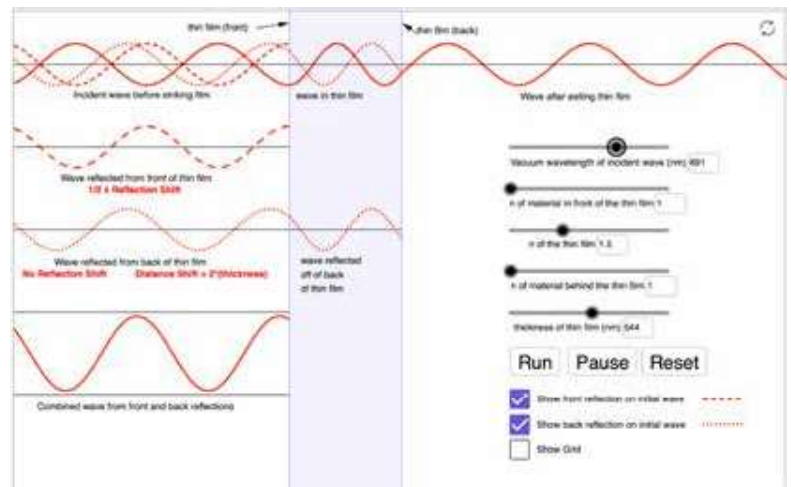
kunnen uitvoeren, is niet veel meer nodig dan een ijzerdraadje, wat bellenblaassop en een telefoon met camera.



VINCENT PETERS is docent natuurkunde op het Thomas a Kempis college en Jena XL in Zwolle



Figuur 4. Som van alle gereflecteerde golven. Afbeelding: Mark Kness



Figuur 5. De *thin film interference* applet te vinden op <http://ophysics.com>

Overall om ons heen

Irisatie is de verzamelnaam voor alle verschijnselen waarbij kleuren hoekafhankelijk zijn. De zogenaamde ‘dunne laag interferentie’ die optreedt bij zeepbellen is een van die verschijnselen. De kleuren die hierdoor ontstaan, zie je ook in olievlekken op het water, in de antireflectiecoating op ontspiegelde lenzen en in de hittewerende coating van een autoruit. (Die laatste is nog beter te zien door een gepolariseerde zonnebril.) In het dierenrijk geeft dunne laag interferentie kleur aan de blauw/groene ogen op pauwenveren, de vleugels van de familie van morpho-vlinders en vele parelmoereffecten bij schelpen en insecten. Zelfs de verschillende kleuren van getemperd staal kunnen je vertellen hoe dik de semi-transparante oxidelaag is die het staal heeft gekregen bij het sterken.

Dunne laag interferentie

Het vlies van een zeepbel bestaat uit een dun laagje water (ongeveer 100 nm tot 2000 nm dik) dat wordt ingesloten door twee nog dunnere laagjes van zeepmoleculen. Dit komt omdat één kant van de zeepmoleculen hydrofoob is en één kant hydrofiel. Het vormen van de bel is op zich al een knap staaltje van zelfassemblage. Het is echter niet de zeep maar de dunne laag water tussen de zeepmoleculen die de kleuren van de bel veroorzaakt. Op de dunne laag water reflecteert het licht van een bepaalde golflengte aan de binnenkant én aan de buitenkant (zie figuur 3). Als deze reflecties samenvallen (1+2) treedt er interferentie op. Het licht dat door de binnenkant wordt gereflecteerd

heeft hierbij een langere weg afgelegd en dit weglengteverschil bepaalt in hoeverre de golven bij het samenvallen weer in fase zijn. In volledige fase zal deze golflengte, en dus deze kleur, versterkt worden en in volledige tegenfase zal deze uitgedoofd worden.

De som van alle kleuren

Goed bellenblaasop vraagt om de juiste verhouding van water, zeep en glycerol. Het vlies dat hiermee wordt gevormd kan soms minutenlang stand houden. De capillaire werking houdt de dunne laag water in het vlies in eerste instantie evenredig verdeeld, maar onderhevig aan de zwaartekracht zal het water langzaam naar beneden zakken. Het dikteverschil dat hierbij in het vlies ontstaat ligt precies in de orde van de golflengtes van het zichtbare licht. De uiteindelijke kleuren die je waarneemt in het vlies zijn feitelijk de som van alle gereflecteerde golflengtes die constructief interfereren op die plaats. Merk daarbij op dat het weglengteverschil niet alleen afhankelijk van de dikte, maar ook van de invalshoek.

Identieke zeepbellen

Zelfs in een laboratoriumopstelling zal het altijd in beweging zijnde vlies van een zeepbel waarschijnlijk nooit hetzelfde zijn. Bovendien zouden twee verschillende waarnemers in hetzelfde vlies andere kleuren zien door hun verschillende kijkhoeken. Bij het bellen blazen in de tuin wordt de entropie van de bellen nog groter door luchtstromen en vormverschillen. Ik vermoed daarom dat de kans op het waarnemen van

identieke zeepbellen zelfs nog kleiner is dan de kans om twee identieke sneeuwvlokken te vinden. En ook al zouden er ooit twee identieke zeepbellen bestaan, geen twee waarnemers zouden het ooit eens worden dat ze zelfs voor een moment gelijk zouden zijn geweest.

Bubbels in de klas

In de klas kan met de applet *thin film interference* van *ophysics* de interferentie van lichtgolven in een dunne laag worden gevisualiseerd. De applet houdt rekening met de faseverschuiving en laat de gebruiker zelf de golflengte van het licht en de dikte en brekingsindex van de lagen kiezen. De applet is hierdoor ook geschikt om leerlingen zelf onderzoek te laten doen naar de kleuren die gereflecteerd worden bij verschillende diktes. Er zijn online overigens voldoende bronnen te vinden die de kleuren bij iedere dikte van het zeepvlies al in kaart hebben gebracht.

Om zelf te meten en rekenen aan een zeepvlies in de klas is slechts een foto nodig die onder de juiste hoek de kleurenbanden vastlegt zoals in afbeelding 1. Nog makkelijker wordt het als goede kleurenfilters of zelfs monochromatische lichtbronnen kunnen worden gebruikt. Als de golflengte van het licht bekend is kan, door het aantal lichte en donkere banden te tellen, worden berekend wat het totale dikteverschil in het vlies is. De opdracht kan zelfs worden gecombineerd met een scheikundige element: wie kan het bellenblaasop maken dat de meeste of mooiste kleuren oplevert? ●