

OuNa 20 Brekingsindex

Ruud Brouwer

Alhoewel de optica in de havoleerstof is gedegradeerd tot keuzeonderwerp B3 en bij het vwo misschien nog een plekje heeft bij G1 biofysica, blijven proeven over licht leuk en verrassend om te doen.

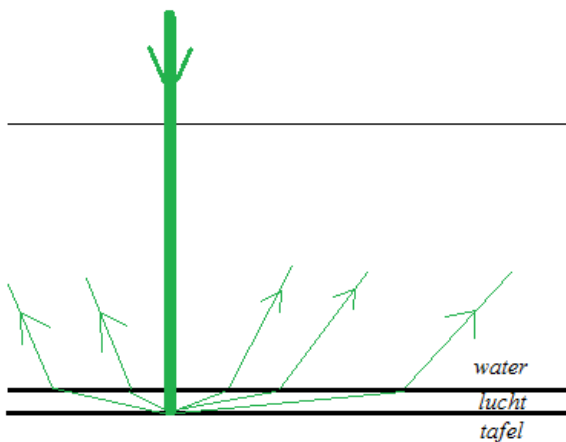
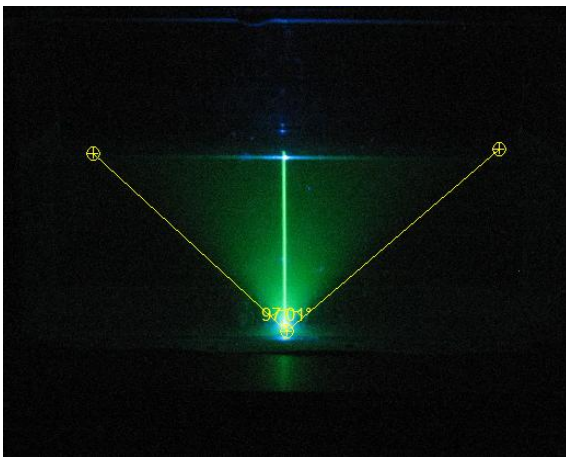
In deze Ouna beperk ik mij tot drie originele manieren om de brekingsindex n te bepalen.

Wie nog meer inspiratie zoekt voor uitleg, sommen en proeven over licht kan voor havo het katern *Licht en zicht* en voor vwo het katern *Oog, oor en hart* bestellen op www.stevin.info.



Kegel

Zet een bak met water bovenop een wit A4-tje en laat een druppeltje melk in de bak vallen of schenk er wat fluoresceïne in. Schijn met een sterke groene laser loodrecht vanaf boven in de bak en je ziet een groene kegel. Dit komt doordat de laserstraal diffuus reflecteert op het vel papier. De gereflecteerde lichtstralen breken daarna vanuit het dunne luchtlaagje (tussen het papier en de bak) het water in.



Projecteer de foto op het digibord en bepaal samen met de klas in *Coach / Beeldmeten* de tophoek van de kegel; op deze foto is die ongeveer 97° .

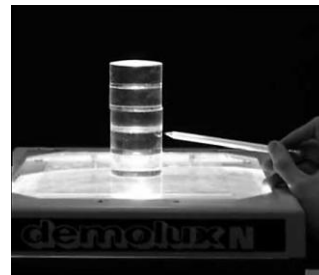
Laat de leerlingen met behulp van de tekening en de vragen ontdekken dat de halve tophoek ($48,5^\circ$) van de kegel gelijk aan de grenshoek van water.

- Hoe groot is i_{\max} ?
- Leg uit dat de halve tophoek r_{\max} gelijk is aan de grenshoek g .
- Bereken de brekingsindex van water.

Overheadprojector

Leg op de overheadprojector (die heeft u in het kader van de modernisering van het onderwijs toch niet bij het grof vuil gezet?) een transparant waarop een letter F staat. Maak een scherpe grote afbeelding van de F op het witte scherm. Leg vervolgens vijf even dikke blokken glas of perspex bovenop de transparant ($d = 5,0$). Het beeld op het scherm is nu lichtzwakker (vanwege lichtabsorptie in het glas) én onscherp geworden.

Het onscherpe beeld is ontstaan doordat de voorwerpsafstand kleiner is geworden. Vergelijk het maar met een sloot die – als je erin kijkt – altijd ondieper lijkt dan hij in werkelijkheid is.



Stel de kop van de overheadprojector opnieuw in zodat het beeld op het scherm weer scherp wordt. Door een puntig potlood langs de blokken glas omlaag te bewegen, kun je iedereen laten zien wanneer ook het puntige potlood in focus komt. Dat gebeurt bij $a = 3,2$.

De *echte diepte* d en de *schijnbare diepte* a zijn in de tekening aangegeven.

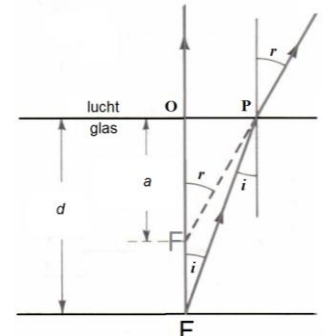
Voor breking van de normaal af geldt de wet van Snellius:

$$\frac{\sin r}{\sin i} = n$$

Bij kleine hoeken geldt $\sin x \approx \tan x$, dus:

$$\frac{OP/a}{OP/d} = \frac{d}{a} = n \Rightarrow n = 5,0/3,2 = 1,6$$

Dat is 7% groter dan de waarde voor glas en perspex in tabel 18 van *Binas*.

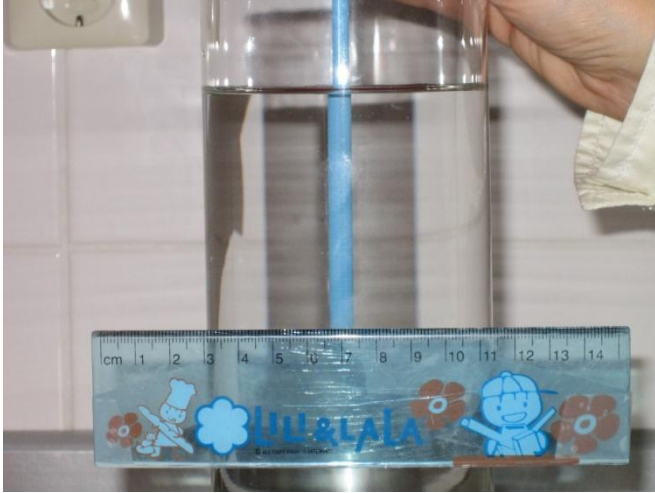


$n = N?$

Het verschil in hoofdletter en kleine letter is bij deze proef essentieel. De brekingsindex n is normaal gesproken iets geheel anders dan de vergroting N en daarom is deze proef zo verwonderlijk, want nu is n wél gelijk aan N !

Steek een rietje in het *midden* van een met water gevulde bloemenvaas of bekersglas. Onder water lijkt het rietje breder dan boven water.

Maak een foto van je opstelling, print die uit en bepaal met een liniaal de vergroting.



De echte straal van het rietje (grijs) in de tekening is OA. De schijnbare straal van het rietje onder water is OB.

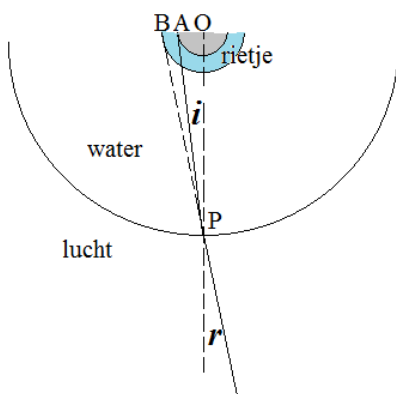
$$N = \frac{OB}{OA} = \frac{7,0 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 1,3$$

Het bewijs voor $N = n$ maakt net als hierboven bij de blokken glas op de overheadprojector gebruik van de wet van Snellius voor breking van de normaal af:

$$\frac{\sin r}{\sin i} = n \text{ en de benadering } \sin x \approx \tan x \text{ als } x \text{ klein is.}$$

Licht van het rietje breekt van de normaal af, dus:

$$n = \frac{\sin r}{\sin i} \approx \frac{\tan r}{\tan i} = \frac{OB/OP}{OA/OP} = \frac{OB}{OA} \Rightarrow n = N$$



Pak tot slot een cocktailglas uit de kast en doe de proef nog een keer. Blijkbaar maakt de vorm van de vaas niet uit! Oude Natuurkunde blijft verrassen.