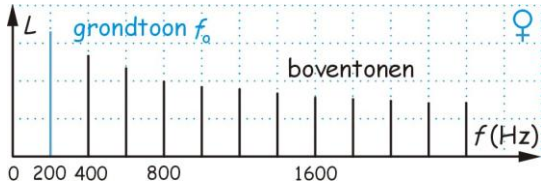


Formanten

Al in 1779 werd in St Petersburg een prijsvraag uitgeschreven met twee opgaven:

- Hoe ontstaan klinkers?
- Construeer een machine die klinkers ten gehore kan brengen.

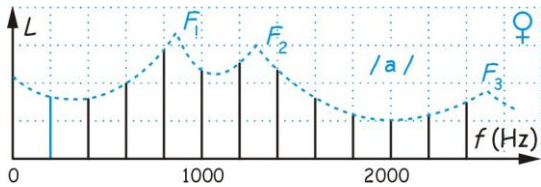
De stembanden zijn te vergelijken met de trillingsbron van een blaasinstrument. Zij vormen een grondtoon f_0 met boventonen. Bij mannen is f_0 gemiddeld 100 à 115 Hz, bij vrouwen 200 à 210 Hz.



Mond- en neusholte vormen een filter dat uit de gevormde tonen een deel doorlaat. Bij iedere klinker hoort een aparte mondstand en dus heeft iedere klinker zijn eigen resonantiepieken, de *formanten*.

Men geeft de formanten aan met F_1, F_2, F_3, \dots (zie tabel 27E). Voor een /a/ uitgesproken door een meisje, liggen die ongeveer bij 850 Hz, 1300 Hz en 2500 Hz.

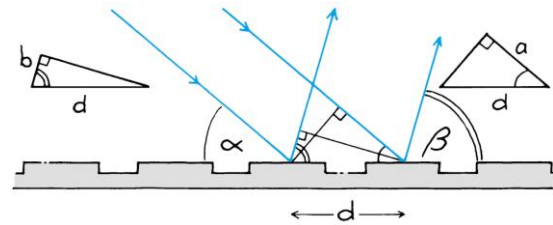
Combineer je de $L(f)$ -grafiek van de boventonen met de resonantiepieken van de formanten (de blauwe stippellijn) dan ontstaat het *klankspectrum* van de /a/.



- a Met welke tonen maak je de klank /i/ (uit 'mies') zoals een jongen die uitspreekt?
- b Controleer dat door die tonen te mengen op een computer.

Reflectietralies

De vlakjes tussen de krassen op een metalen linaal werken als spiegeltjes. Al deze vlakjes samen vormen een reflectietralie met een tralieconstante d van 1 mm. Een laserstraal die langs zo'n tralie scheert, veroorzaakt in de verte een interferentiepatroon op een wand. We meten de hoeken niet ten opzichte van de normaal, maar ten opzichte van de linaal. In de volgende figuur zijn α en β voor de duidelijkheid veel te groot getekend.

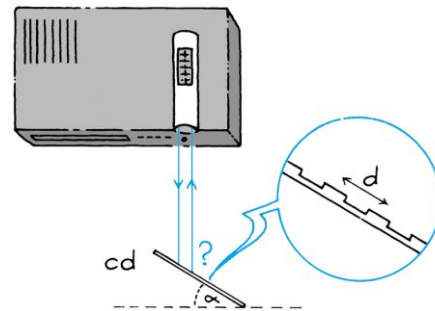


a Leid de formule af voor een maximum:

$$n\lambda = d|\cos\alpha - \cos\beta|$$

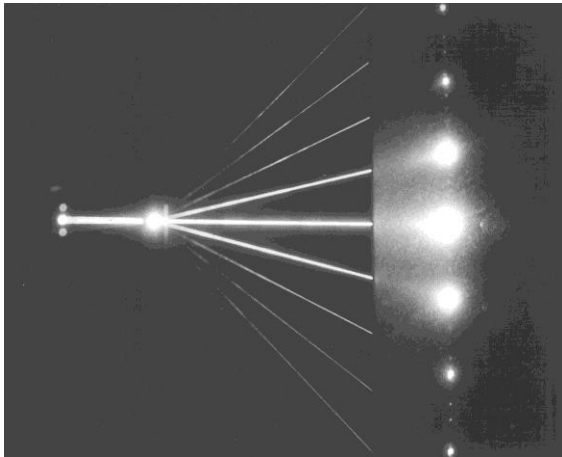
► Je stopt de afstandsbediening van een dvd-recorder in een lange koker en legt deze op de recorder, vlak boven het 'oog'. De bundel IR ($\lambda = 920 \text{ nm}$) die uit de koker komt, valt op een cd met $d = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

b Bereken α als je weer kunt zappen.

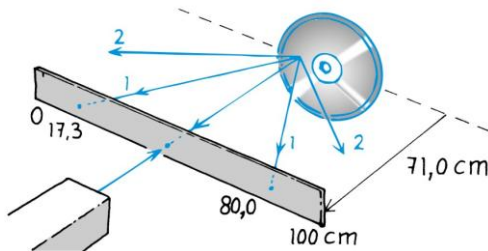


Een cd als reflectietralie

Veel spleten naast elkaar vormen een tralie. Als je daar licht op laat vallen, zie je buiklijnen die scherper en lichtsterker zijn dan bij een dubbele spleet. Het principe is hetzelfde, dus de formule voor een dubbelspleet geldt ook voor een tralie. We kunnen de stralen die op weg zijn naar het scherm zichtbaar maken met rook, zoals op deze foto van de stralengang bij een doorzichttralie. Naast het nulde orde maximum op het scherm zie je twee lichtsterke maxima van de eerste orde.



Als we een laserstraal van 633 nm loodrecht op een cd laten vallen, functioneert de cd als *reflectietralie*. Hiervoor geldt dezelfde formule als voor het gewone tralie. We meten in welke richtingen het licht wordt teruggekaatst.



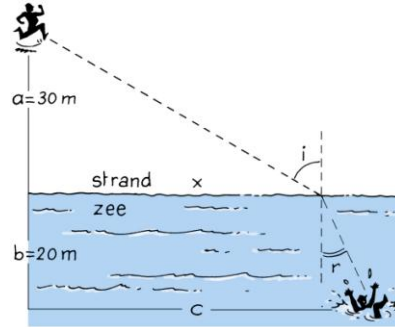
- a Bereken de afstand tussen de ‘sporen’ van de compact disc.
- b Bereken de afbuigingshoek voor een maximum van de tweede orde.
 ► Bij de laser die voor het afspelen van de cd wordt gebruikt, is $\lambda = 870 \text{ nm}$.
- c Toon aan dat de tweede orde dan niet bestaat.

De snelste weg naar een drenkeling

Als je een drenkeling uit zee wilt redden, is de snelste weg erheen niet een rechte lijn omdat je op het strand harder kunt hollen dan in zee zwemmen. Voor de snelste weg geldt de wet van Snellius:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{hollen}}}{v_{\text{zwemmen}}}$$

want de ‘brekingsindex’ blijkt gelijk te zijn aan de verhouding van de twee snelheden.



- a Schrijf een computerprogramma om te bepalen waar je de zee in moet duiken om zo snel mogelijk bij de drenkeling te zijn. Neem voor de ‘brekingsindex’ de waarde 2,5 en $c = 60 \text{ m}$.
- b Bepaal vervolgens i en r en ga na dat aan de wet van Snellius is voldaan.
 ► Dit probleem is verwant aan het principe van Fermat voor lichtstralen: licht kiest de weg die in *tijd* het kortst is. Dat was een verbetering van de uitspraak van Heron, die zei dat licht de kortste *weg* kiest.
- c Schrijf $t(x)$ voor de tijd die je nodig hebt om de drenkeling te bereiken. Stel $t'(x) = 0$ en bewijs de wet van Snellius. (Druk eerst $\sin i$ en $\sin r$ uit in a, b, c en x .)