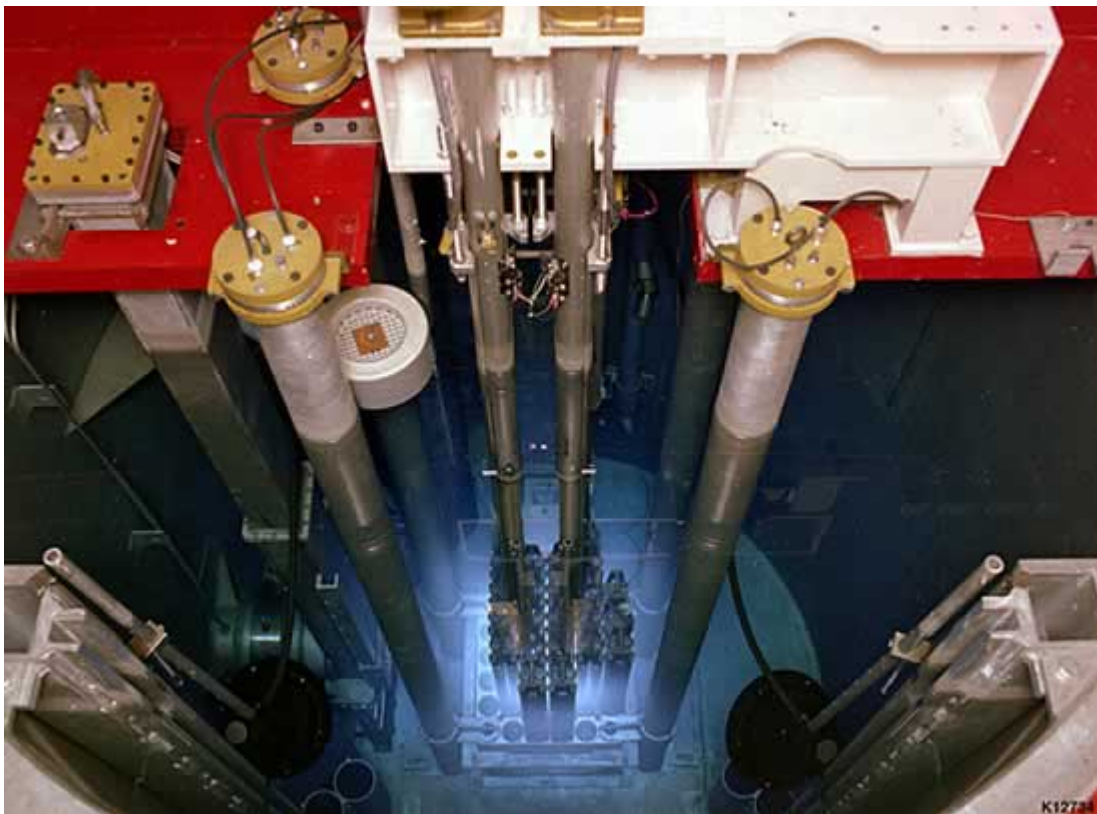


Cherenkovstraling

Deeltjes die sneller gaan dan het licht!?!...

Op foto's van kernreactoren is vaak een karakteristieke blauwe gloed te zien: Cherenkovstraling. Hoe ontstaat dit effect - en is het alleen mooi, of hebben we er ook nog iets aan?



Afbeelding 1. Cherenkovstraling. Cherenkovstraling is als blauwe gloed te zien in de Neutron Radiography Reactor van het Idaho National Laboratory. Foto: [eRA](#).

Cherenkovstraling wordt veroorzaakt door elektrisch geladen deeltjes die zich met zeer hoge snelheid in een medium zoals water voortbewegen. Deze straling komt alleen voor wanneer deze deeltjes sneller bewegen dan licht in dit medium zou doen. De Russische natuurkundige Pavel Cherenkov ontdekte de naar hem genoemde straling in 1934, toen hij een lichtblauwe gloed rondom een radioactief preparaat waarnam. In 1958 kregen Cherenkov, Ilya Frank en Igor Tamm, die samen de theorie achter deze straling uitwerkten, hiervoor de Nobelprijs.

In eerste instantie klinkt het waarschijnlijk wat verwarrend: deeltjes die zich sneller dan het licht kunnen voortbewegen in bepaalde materialen. Einsteins relativiteitstheorie vertelt ons namelijk dat geen enkel object sneller mag gaan dan c , zo'n 300.000 kilometer per seconde – de snelheid van licht in het vacuüm. Toch kan het voorkomen dat deeltjes sneller dan het licht bewegen, doordat licht zich in materialen niet met de absolute lichtsnelheid c voortbeweegt, maar door interacties met de atomen in het materiaal met een lagere snelheid c/n . Hier is n de zogenaamde *brekingsindex* van het materiaal. De reden voor die naam is dat dit getal ook bepaalt hoe lichtstralen afbuigen ('breken') wanneer licht bijvoorbeeld door het glas in een raam schijnt.

Een geladen deeltje, met snelheid v , kan dus Cherenkovstraling veroorzaken wanneer zijn snelheid aan de volgende ongelijkheid voldoet:

$$c/n < v < c$$

Voor water, dat een brekingsindex heeft van $n = 1,33$, betekent dit dat het geladen deeltje zich met minimaal $0,75c$ moet voortbewegen – zo'n 225.000 kilometer per seconde. Dit Cherenkoveffect zal dus niet zomaar plaatsvinden, maar alleen onder uitzonderlijke omstandigheden, zoals bijvoorbeeld bij kernreactoren – zie afbeelding 1 hierboven. De karakteristieke blauwe gloed rondom splijtstofelementen, die gekoeld worden in water, is namelijk Cherenkovstraling.



Afbeelding 2. Een schokgolf.Een vliegtuig dat door de geluidsbarrière breekt, veroorzaakt een schokgolf. Foto: [skeeze](#).

Een goede manier om over Cherenkovstraling na te denken, is door het te vergelijken met bijvoorbeeld een vliegtuig dat de geluidsbarrière doorbreekt. Het geladen deeltje creëert namelijk een schokgolf, net zoals het vliegtuig doet wanneer het sneller dan het geluid beweegt. Dit golffront heeft een kegelvorm, en hoe sneller het deeltje (of vliegtuig) beweegt, hoe smaller deze kegel is. Eenzelfde verschijnsel vindt plaats bij boten, waar de zogenaamde hekgolven achter de boot deze kegelvorm creëren. Ook deze kegel zal voor bijvoorbeeld een speedboat veel smaller zijn dan voor een vrachtschip. Cherenkovstraling is dus niets meer dan een vorm van een vrij universeel verschijnsel in de natuurkunde: objecten die sneller bewegen dan golven dat doen in een medium, zullen een schokgolf creëren.



Afbeelding 3. Cherenkovstraling als schokgolf.Een deeltje dat van links komt aanvliegen veroorzaakt een schokgolf in het elektromagnetische veld. Afbeelding: [H. Seldon](#).

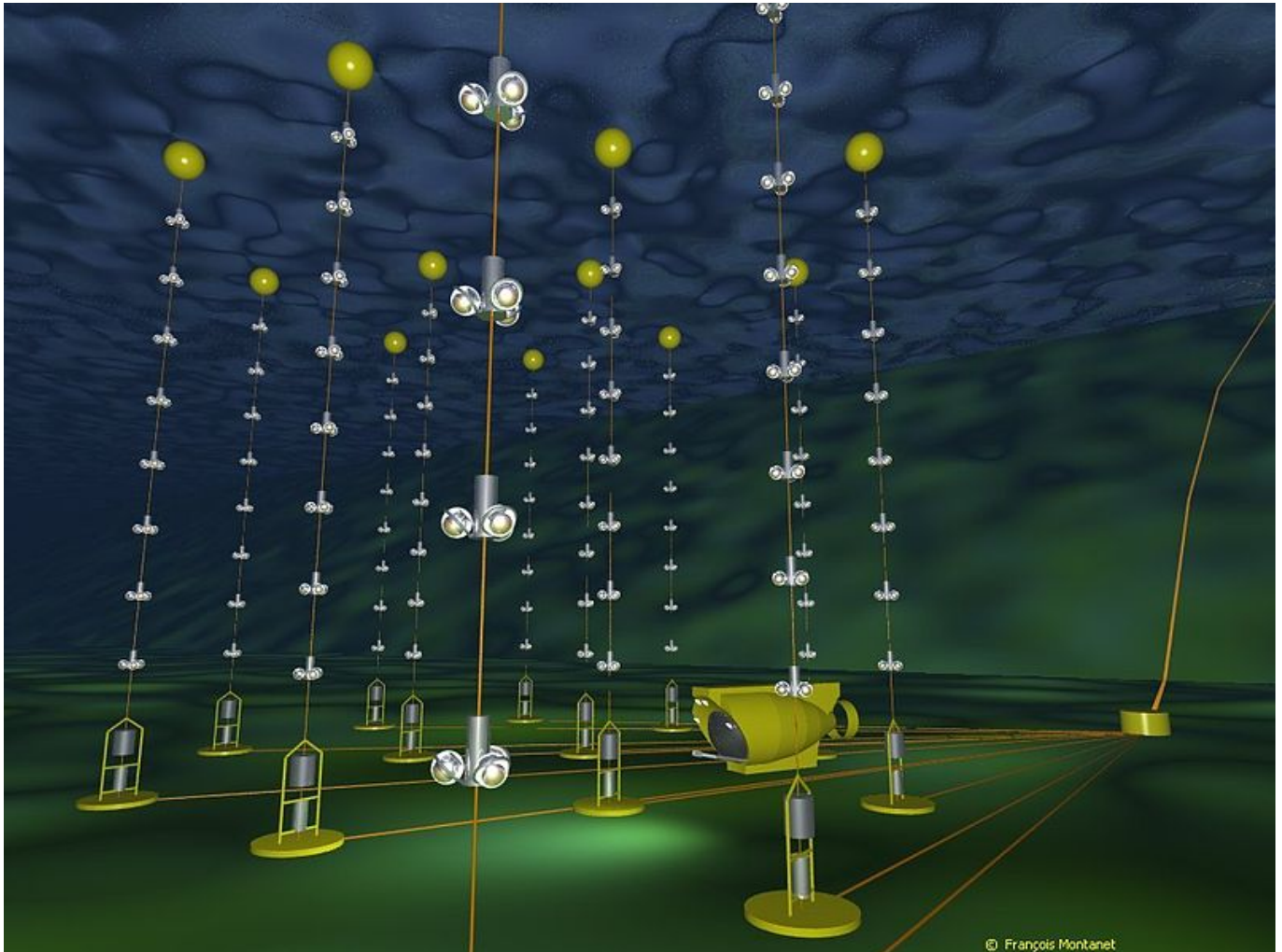
De kleur van Cherenkovstraling kan worden verklaard met behulp van een formule, afgeleid door zijn mede-Nobelprijswinnaars Frank en Tamm. Cherenkovstraling blijkt namelijk niet licht van één specifieke golflengte te zijn, maar een continu spectrum te hebben. De intensiteit van deze straling verschilt per golflengte, en precies deze afhankelijkheid wisten Frank en Tamm samen te vatten in een formule:

$$I \sim \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{c^2}{n^2 v^2} \right)$$

waar I de intensiteit van de straling is en λ de golflengte. Dit betekent in het bijzonder dat er een omgekeerd evenredig verband is tussen de intensiteit en de golflengte van de straling: licht met een grotere golflengte wordt met minder intensiteit uitgezonden. Cherenkovstraling bestaat daarom vooral uit licht met korte golflengtes. Als we vervolgens kijken naar ons zichtbare spectrum, betekent dit inderdaad dat we Cherenkovstraling als blauwachtig licht zullen waarnemen, omdat blauw licht de kortste golflengte heeft.

Een interessante toepassing van Cherenkovstraling is dat die kan worden gebruikt om deeltjes te detecteren. Zo is het bijvoorbeeld heel erg lastig om neutrino's waar te nemen. Deze deeltjes kunnen echter bij hun zeldzame botsingen elektrisch geladen restproducten zoals muonen produceren. Als die elektrisch geladen deeltjes door water bewegen, kunnen ze Cherenkovstraling veroorzaken, en die straling kunnen we vervolgens weer meten. Op de bodem van de Middellandse Zee staat op 2,5 km diepte de zogenaamde ANTARES-telescoop,

wat staat voor **A**stronomy with a **N**eutrino **T**elescope and **A**byss environmental **RE**search project. Zoals de naam al zegt, wordt deze telescoop voor precies dit doeleinde gebruikt: neutrino's detecteren.



Afbeelding 4. De ANTARES-telescoop. Afbeelding: François Montanet / ANTARES.

Samenvattend: Cherenkovstraling is een voorbeeld van een universeel natuurkundig fenomeen – objecten die sneller dan golven bewegen in een medium, zullen een schokgolf veroorzaken. Doordat licht in materialen langzamer beweegt dan in het vacuüm, is er daarbij geen tegenspraak met Einsteins relativiteitstheorie. Daarbovenop blijkt deze straling bijzonder nuttig te zijn voor de detectie van deeltjes, doordat deeltjes die lastig te meten zijn vaak wel dit soort straling kunnen veroorzaken. Cherenkovstraling: een mooi verschijnsel, waar we ook nog eens iets aan hebben.