Kleur, Roodverschuiving en de Schwarzschildstraal

Introductie

In de astronomie zijn de grootheden en eenheden waarin gemeten en gerekend wordt essentieel. Lichtkleur wordt uitgedrukt in een frequentie met eenheid [Hz], roodverschuiving wordt uitgedrukt in snelheid [km/s] en zwarte gaten hebben een massa die uitgedrukt wordt in afstand [km]. Dat wekt de indruk dat deze grootheden daadwerkelijk gemeten zijn in eenheden van resp. [Hz], [km/s] en [km].

Echter, geen van deze grootheden wordt "echt" in die eenheden gemeten. In de astronomie begint het meten (via observatie) en weten (via wiskunde) steeds verder uit elkaar te lopen. Aan sommige wiskundige resultaten worden fysische betekenis toegekend. De relevantie voor astronomen is groot, sommigen noemen een zwart gat een "singulariteit" met "gebeurtenishorizon", maar Karl Schwarzschild en Albert Einstein zouden een waarschuwende vinger opsteken.

Om dat te verduidelijken laten we deze drie voorbeelden eens de revue passeren.

Kleurfrequentie van licht is geen natuurkundige frequentie

Het eerste wat velen geleerd hebben is dat blauw licht een hogere frequentie heeft dan rood licht. Hoe is die frequentie dan gemeten? Is dat het aantal keren dat een blauw of rood foton rond draait of trilt? Een apparaat dat een frequentie van 606 - 630 TeraHz (blauw) resp. 400 - 484 TeraHz (rood) zou kunnen meten moet dus 1) een foton kunnen isoleren en 2) een meetklok hebben die dan minstens een frequentie heeft van zo'n tien keer hoger (6 PetaHz). Echter, het isoleren van een foton is onmogelijk en onze cesium klokken kunnen die frequenties lang niet aan.

Hoe komen we dan aan die frequenties van blauw en rood licht? We weten uit de kwantummechanica dat in een atoom bij de terugval van een elektron naar een lager niveau een foton wordt uitgezonden. Bijvoorbeeld, een helium-neonlaser zendt rood licht uit van slechts één frequentie namelijk 474 TeraHz. We weten ook dat de frequentie maal de golflengte gelijk is aan de lichtsnelheid (in formule: $f.\lambda = c$). We kunnen dus ook zeggen dat zo'n laser een golflengte heeft van 633 nanometer. Maar kunnen we zo'n lengte dan wel meten? Nee ook niet, deze valt ook niet te isoleren en niet tegen een meetlat te leggen.

Licht heeft een intensiteits-frequentie en fotonen hebben energie

Wat kunnen we nu eigenlijk wel meten? Einstein deed metingen aan het foto-elektrisch effect en bepaalde de energie van fotonen: daar kreeg hij de Nobelprijs voor. We weten nu dat de energie van één foton uit de rode helium-neonlaser een energie heeft die gelijk is aan 3.14×10^{-19} [J]. Via de Planck constante is de frequentie van het foton dan *af te leiden* (in formule $f = E/ h$). Als de laser bijvoorbeeld de fotonen uitzendt met een vermogen van 3.14 milliwatt, dan weten we, met de energie per foton, dat er 1.0×10^{16} fotonen per seconde uitgezonden zijn. De intensiteit is dus een echte meetbare frequentie in Herz op basis van de energie van één foton. Deze laser heeft dus een echte frequentie nl. de "intensiteit"-frequentie van het aantal fotonen per seconde en de fotonen hebben een energie die afhankelijk is van hun kleur. Een "kleur"-frequentie van het foton is een onmeetbaar en afgeleid begrip wat gebruikt wordt bij licht als golfverschijnsel.

We kunnen dus niet van "de" frequentie van een laser spreken. De straling van een heet zwart lichaam (black body) heeft alle kleuren in zich die ook nog per kleurfrequentie gebied (bijvoorbeeld van 606 tot 630 TeraHz) een intensiteitsfrequentie hebben, het "spectrum".

Kleur, Roodverschuiving en de Schwarzschildstraal

Het spectrum van een zwart lichaam wordt beschreven door de wet van Planck, die per kleurfrequentie gebied (blauw bijv.) de intensiteit en dus het vermogen weergeeft als functie van temperatuur en per vierkante meter.

De intensiteits-frequentie van een bepaalde monochrome laser is dus een directe afgeleide van het meetbare vermogen en de energie per uitgezonden foton. De 'kleurfrequentie' kan afgeleid worden door de gemeten energie per foton door de Planck constante te delen. Aan u nu de vraag of de kleurfrequentie een natuurkundige frequentie is in de zin dat deze frequentie gemeten zou kunnen worden. Is een foton dan een trilling c.q. golfpakketje of een energiehoeveelheid of beide?

Volgens Einstein zijn fotonen energie deeltjes

Volgens Einstein kan een foton geen trilling zijn, want de tijd staat stil voor een foton (de propere tijd is nul). De beeldvorming van een draaiend foton is dus tegenstrijdig met de relativiteitstheorie. Toch heeft licht polariteit: een elektrische en een magnetische. De betere beeldvorming van een foton is dus een energiedeeltje in een (stilstaande) stand. Ook brengt een foton spin (impulsmoment) over van de bron naar de ontvanger. Deze hoeveelheid "ħ" blijkt *onafhankelijk* van de kleurfrequentie. Derhalve moet een hogere kleurfrequentie altijd met een kleinere omvang samen gaan. Als we nu de omvang de "golflengte" noemen, dan klopt het verhaal weer: gamma straling heeft relatief grote doordringbaarheid in materie wegens zijn zeer kleine fotonen die aan komen snellen.

Hoe dan ook, een foton heeft wel energie, stand en omvang, maar geen trilling en dus geen frequentie. De enige natuurkundige frequentie van licht is zijn intensiteits-frequentie. De relevantie voor de astronomie is groot, het betekent dat fotonen die hier ontvangen worden, nog precies dezelfde zijn als toen ze uitgezonden werden. Immers hun propere tijd staat stil omdat hun snelheid de lichtsnelheid is, dus kan er onderweg geen verlies optreden van energie, stand, of omvang. Einstein en Noether zijn helder hierover. Het kleine kleurverschil dat we waarnemen tussen het lang geleden uitgezonden licht van een ver sterrenstelsel en het hier en nu opgevangen licht heeft dus een *andere* oorzaak.

De astronomen Robertson en Walker vonden de oplossing: het principe van meebewegende coördinaten van ruimtetijd. Want wat wel over kosmische tijd verandert zijn de eenheden seconde, meter, Joule en Coulomb. Daarom *meten* we nu minder energie dan tijdens het uitzenden lang geleden.

Roodverschuiving is geen snelheid

Roodverschuiving is een eenheidsloze grootheid die veelal toch als snelheid gespecificeerd wordt. Is roodverschuiving een natuurkundige snelheid zoals Edwin Hubble veronderstelde? Nee, we weten inmiddels dat er meer oorzaken zijn van roodverschuiving dan alleen het Doppler Effect. Einstein heeft aangetoond dat ook een sterk zwaartekrachtsveld van een ster roodverschuiving veroorzaakt tussen het uitgezonden licht en de meting op aarde. Het zonlicht bijvoorbeeld, dat we op aarde ontvangen is roodverschoven, zonder dat dit door snelheid veroorzaakt wordt.

Roodverschuiving mag dus niet met snelheid geïdentificeerd worden! Een weinig bekende oorzaak van roodverschuiving is kosmische inflatie. Weer volgens Robertson en Walker, kosmische inflatie is de inflatie van bijv. de eenheid seconde; de eenheid seconde die over kosmische tijd steeds groter wordt.
Terug in tijd kijkend, nemen we alles veel *sneller* waar, dat is kosmische inflatie.

Kleur, Roodverschuiving en de Schwarzschildstraal

Als het Doppler Effect de belangrijkste oorzaak zou zijn van roodverschuiving, dan zouden we alles veel *langzamer* moeten zien bewegen.
Ter illustratie: beschouw de lagere frequentie van geluid van een trein die van ons af beweegt. Ook als de conducteur elke seconde een lichtsignaal afgeeft, zien/ meten we op het perron minder dan 1 seconde tussen twee signalen wanneer de trein op ons afkomt en meer dan 1 seconde wanneer de trein voorbij is. De echte tijd tussen twee signalen, de propere tijd aan boord van de trein, is gewoon 1 seconde, zoals de conducteur die zelf meet. Als sterrenstelsels zich van ons af bewegen, zouden we dus ook alles vertraagd zien, net zoals de trein die voorbij is. Echter, als we stervorming en draaiing van verre stelsels observeren, zien we alles juist versneld! Dit is in strijd met het Doppler Effect als oorzaak. Wel, dat is nu kosmische inflatie, versnelde i.p.v. vertraagde waarneming! De echte *propere* draaiing en stervorming was toen, in de eenheden van toen, even groot als bij sterrenstelsels dichtbij in eenheden van nu onder de zelfde omstandigheden.

De Schwarzschild straal volgens Karl Schwarzschild

Zwarte gaten, zeggen veel astronomen, zouden een straal hebben die kleiner is dan de Schwarzschild straal, welke dan de “gebeurtenishorizon” is gaan heten. Niets zou meer kunnen ontsnappen, zelfs licht niet, binnen die Schwarzschildstraal. Uitgezonden licht zou dan al snelheid nul krijgen, bij aankomst op de Schwarzschild straal. De “Event Horizon Telescope Collaboration”, een samenwerkingsverband van zeven radiotelescopen, claimt zelfs dat dit door Karl Schwarzschild zelf al vermeld zou zijn. Om te beginnen, nee, Karl Schwarzschild heeft dit nooit beweerd.

Karl Schwarzschild heeft in 1916 twee exacte oplossingen gevonden van Einsteins algemene relativiteitstheorie. De eerste oplossing gaat over een puntmassa. Een puntmassa is een model van een object (zoals de zon) om een afstand te definiëren. De afstand van een planeet tot de zon is dan de afstand tussen de middelpunten. Maar dat betekent nog niet dat de zon zelf een puntmassa is. De zon als puntmassa te beschouwen is een goed model op grote afstand, maar niet van dichtbij. Op het oppervlak van de zon weet je echt wel dat een puntmassa niet het goede model is.

Dit oplossingsmodel van Karl Schwarzschild lijkt op de “singulariteit” zoals veel astronomen zich nu een zwart gat voor stellen. Echter, in de puntmassa oplossing van Karl gaat licht weliswaar langzamer in de nabijheid van die theoretische puntmassa, maar wordt zelfs nergens nul! Sterker nog, op de afstand van de Schwarzschild straal kan in zijn oplossing het licht nog met de halve lichtsnelheid (½c) rond de puntmassa draaien. Dit is in strijd met de gangbare mening dat het licht op 1½ maal de Schwarzschild straal rond kan draaien, de “photon sphere”. Karl Schwarzschild blijkt helaas de enige die de volledige tensor wiskunde van Einsteins theorie heeft uitgewerkt voor de puntmassa.

Misvattingen

Waar dat verschil vandaan komt tussen de huidige oplossingen en Karls eigen, oorspronkelijke exacte oplossing? Enerzijds omdat Einstein zijn Algemene Relativiteitstheorie uit 1915 verbeterd heeft in 1916, pas na de dood van Karl, waardoor zijn oplossing aangepast had moeten worden. Anderzijds, door een kopieerfout van Droste en ook Eddington. Droste en Eddington hebben de basisoplossing van Karl fout gekopieerd, zij het een begrijpelijke fout: Karl noemde een tussenresultaat “R”, dit werd (en wordt nog steeds) eenvoudigweg fout geïnterpreteerd als afstand “r”. Niemand sinds Karl heeft de volledige tensor analyse van Einstein nagerekend voor de puntmassa.

Echter het feit dat een z.g. puntmassa wel voor grote afstanden gebruikt mag worden, maakt de huidige (fout gekopieerde) oplossing nog steeds (deels) bruikbaar. Het verschil tussen “R” en “r” wordt kleiner naarmate de afstand tot een ruimtelijk object zoals een zwart gat groter wordt.

Een echte bol is altijd groter dan zijn Schwarzschildstraal

De tweede oplossing van Karl gaat over een echte bol, een bol van constante dichtheid (niet comprimeerbare vloeistof). Als de bol een constante dichtheid heeft, kunnen we de Poisson vergelijking gebruiken. Einstein heeft een iets gewijzigde Poisson vergelijking gebruikt, maar deze is ook alleen geldig voor een bol met constante dichtheid. Dit kunnen we aan de vier veldvergelijkingen zien, buiten de bol is de dichtheid nul en zijn ook de vier uitkomsten van de veldvergelijkingen nul. Binnen de bol hebben de veldvergelijkingen een effectieve uitkomst die afhankelijk is van de constante dichtheid.

In Karls tweede oplossing komt hij tot de conclusie dat elke bol van constante dichtheid een straal moet hebben die minstens 9/8 van de Schwarzschild straal moet bedragen. Dit werd in 1970 nog bevestigd door Misner, Thorne en Wheeler in het standaardboek voor de relativiteit “Gravitation”. Er bestaat dus nooit een z.g. “gebeurtenishorizon” (Event Horizon) buiten een bolvormig ruimteobject. *Het idee dat de straal van een bol kleiner zou kunnen zijn dan de Schwarzschild straal wordt dus niet door Karl Schwarzschild of Albert Einstein gesteund.* Dit brengt de vraag naar voren, wat is die Schwarzschild straal nu eigenlijk?

De Schwarzschild straal is een maat voor een bolmassa

De Schwarzschild straal is niet met een meetlat of met enig andere afstandsmeter meetbaar. Het is namelijk geen lengte of afstand. Het is een massa! Een massa? Ja, een massa uitgedrukt in meters. Twee keer zo grote massa geeft een twee keer zo grote Schwarzschild straal. Waarom Einstein dat deed? Einstein wilde alles in meters uitdrukken, zelfs tijd, om gemakkelijker te kunnen rekenen. Door tijd met de lichtsnelheid te vermenigvuldigen krijgen we een uitkomst in meters! Door de massa tweemaal met de Newton constante te vermenigvuldigen en te delen door de lichtsnelheid in het kwadraat, krijgen we de Schwarzschild straal ($Rs = 2G.M / c^2$) in meters, maar dat maakt het nog geen meetbare afstand en is ook niet zo bedoeld.

Tijd noch massa is natuurkundig een lengte of afstand in meters. De Schwarzschild straal “Rs” is een handige maat voor massa, niets anders. De oplossingen van Einsteins relativiteit op afstand “r” die gelijk is aan “Rs” liggen *binnen* de bol. De uitkomst is een zwaartekracht potentiaal waar niets bijzonders aan is.

Ook hier is de relevantie voor astronomen groot, een zwart gat is geen “singulariteit” met “gebeurtenishorizon” volgens Schwarzschild of Einstein. Deze visie van een zwart gat is wel leuk voor sciencefiction en Hollywood, maar niet voor serieuze astronomen. Deze visie is een opeenstapeling van fouten in de astronomie.

Samenvatting

Over de frequentie van blauw of rood licht praten is geen natuurkunde. Laten we dan tenminste over zowel de kleurfrequentie(s) als de intensiteitsfrequentie(s) van licht praten. Roodverschuiving in snelheid uitdrukken is geen natuurkunde. Laten we roodverschuiving gewoon in een eenheidsloos getal uitdrukken, precies wat het is.

Kleur, Roodverschuiving en de Schwarzschildstraal

Bedenk dat gravitatie en kosmische inflatie ook oorzaken van roodverschuiving zijn, vooral bij verre sterrenstelsels. De Schwarzschild straal is geen “gebeurtenishorizon”, niet volgens Schwarzschild en Einstein.

Over de auteurs

Wij denken dat “singulariteiten” alleen in de wiskunde thuis horen, er bestaan dus geen mysterieuze zwarte gaten maar gewone neutronensterren in verschillende vormen. Kosmische inflatie is volgens ons de hoofdoorzaak van geobserveerde roodverschuiving van verre sterrenstelsels. Tenslotte, maar wel heel belangrijk, wij vinden dat Emmy Noether (behoud van energie en momentum) nu eindelijk serieus genomen moet worden en dat haar theorema’s met Einsteins Relativiteit gecombineerd moeten worden.

Meer informatie?

Onze drie Engelstalige boeken en artikelen, zie www.loop-doctor.nl beschrijven het herstel van Einsteins Relativiteit voor Noethers theorema[1] in detail. Wij hopen dat u net zoveel aha ervaringen krijgt als wij,

Ir Rob Roodenburg (auteur)
Ir Maarten Palthe (auteur en editor)

Schiedam/Wassenaar,
November, 2019

[1] Noether E. “Invariant variation problems” translated by Tavel M. TTSP 1971 p. 186-207