M87 en de fysische betekenis van de Schwarzschild-straal

Inleiding

Een samenwerkingsverband van verschillende instituten, de "Event Horizon Telescope" (EHT), heeft onlangs een unieke foto geproduceerd van een wazige ring rond een 'Black Hole', het zwarte gat in M87. Haar bijzondere prestatie is dat voor het eerst een zwart gat "zichtbaar" is gemaakt. Het EHT blijkt de Schwarzschild-straal van het (zeer massieve) zwarte gat als een "Event Horizon" te beschouwen, een horizon waaruit niets kan ontsnappen, zelfs licht niet. In dit artikel zal blijken dat de Schwarzschild-straal een hoeveelheid massa is, uitgedrukt in de eenheid meter, maar niet een coördinaat van de ruimte zelf. Met andere woorden, het idee van een "event horizon" rondom een zwart gat is een mythe, niet ondersteund door een theoretisch of waarneembaar bewijs van haar bestaan. Een massieve bol blijkt ook altijd groter te zijn dan haar Schwarzschild-straal.

De Schwarzschild straal

De Schwarzschild straal "Rs" werd ingevoerd door Albert Einstein en Karl Schwarzschild in 1916 als een manier om de massa "M" uit te drukken in de eenheid meter, met behulp van unificering van de Newton-constante "G" en de constante snelheid van het licht "c". Voor de kenners: $Rs = 2G.\ M\ /\ c^2$. Einstein moest alle hoeveelheden omzetten tot dezelfde eenheden om zijn benodigde tensor wiskunde te kunnen gebruiken. De Schwarzschild-straal "Rs" van de aarde is gelijk aan ongeveer 8,88 mm. Als je zou afdalen tot de kern van de aarde, zou je echter niets vinden wat duidt op de Schwarzschild-straal. De Schwarzschild straal is slechts een maat voor massa uitgedrukt in de eenheid meter, niet een meetbare lengte.

Einstein drukte ook tijd "t" uit in de eenheid meter door tijd te vermenigvuldigen met de constante snelheid van het licht "c". Maar dat betekent niet dat c meter dezelfde fysieke betekenis heeft als één seconde. Wat er slechts staat is dat je afstand in lichtseconden kan uitdrukken en tijd in seconden en dat, met behulp van deze licht-seconden en seconden, vervolgens de snelheid van het licht geünificeerd kan worden naar één (c = 1 lichtseconden per seconde). Net zo kunnen wij $G.M\ /\ c^2$ uitdrukken in "massa-meter" door eerst zowel "G" en "c" te unificeren. Hiermee wordt de massa van de aarde dan gelijk aan 0,0044 massa-meter. De Schwarzschild-straal van de aarde wordt dan 2x zo groot: 0,0088 massa-meter.
Daarom is speciale fysieke betekenis geven aan tijd en massa uitgedrukt in de eenheid meter mythe vorming. Zeg nou zelf: zou u blij worden van een lengte van 8,8 mm geformuleerd als $5{,}97 \times 10^{24}$ kilo? Weegt 8,8 mm zo veel? Noemt u de afstand tot de maan (384.000 km) ook 1,3 seconden? Zou u Newtons wet van de zwaartekracht gebruiken in de vorm: $F = G.M\ /\ c^2.t^2$ i.p.v. $F = G.M\ /\ r^2$? Laten we eerlijk zijn, de Schwarzschild-straal "Rs" is een maat voor massa, maar uitgedrukt in de eenheid meter, niets anders.

De Schwarzschild oplossing toegepast

Het idee van een "event horizon" ontstond door een verkeerde interpretatie van de Schwarzschild oplossing. In de Schwarzschild oplossing, is de zwaartekrachtspotentiaal "Φ" gelijk aan 1-Rs / r, waarin "r" de afstand in meters is tot het zwaartepunt van de massa. In de Schwarzschild oplossing *in vacuüm* voor een stil staande waarnemer (dr, dθ en dφ zijn 0), vindt u deze "Φ" vóór het tijdsverschil "dt". Voor de experts: $ds^2 = \Phi.dt^2$. Indien r = Rs, dan is "Φ" gelijk aan nul en is dus ook het lijnstuk "*ds*" gelijk aan nul en derhalve staat de tijd stil voor die waarnemer. Dit is de "coördinaat singulariteit" waarover veel astronomen spreken. Let wel: die "event horizon" op straal "Rs" is dus alleen geldig voor de oplossing van Schwarzschild *in vacuüm*.

M87 en de fysische betekenis van de Schwarzschild-straal

Dit artikel toont aan: 1) dat de Schwarzschild oplossing in vacuüm voor r = Rs niet van toepassing is voor een *echte bol* en 2) dat de straal "R" van een echte bol altijd groter is dan Rs. Met andere woorden, er is geen werkelijke situatie waarin r = Rs in vacuüm, er kan geen echte "event horizon" bestaan. Desondanks geloven veel wetenschappers dat een totale massa-ineenstorting mogelijk is bij een ster van meer dan ongeveer tien zon-massa's. Dit zou een ineenstorting betekenen tot minder dan de Schwarzschild straal. Deze gedachte is gebaseerd op "koude dode materie". Maar hierna blijkt dat er geen koude materie zit in de kern van een zwaar massa-object.

Emmy Noether en de kerntemperatuur van massieve objecten

Emmy Noether definieerde in 1918 de voorwaarden aan een referentiekader zo, dat daarin energie en impuls behouden blijven. Conform de basis van de natuurkunde. In het geval van een massieve bol betekent behoud van energie en impuls, dat de som van de potentiële en kinetische energie binnen een massieve bol constant moet blijven. De buitenkant van een zwaar massieve bol heeft een ongelooflijk hoge potentiële energie. De kinetische energie zou daar laag, eventueel zelfs dicht bij nul kunnen zijn. Behoud van energie en impuls binnen de bol betekent nu dat de kerntemperatuur dan extreem hoog moet zijn, want daar is de potentiële energie laag of zelfs nul in het centrum. Om met een ander voorbeeld Noethers theorema te illustreren: op basis van de hoge potentiële energie aan zijn oppervlakte is de temperatuur van de zon-kern uit te rekenen met hulp van Boltzmann op ongeveer 15,5 miljoen graden Kelvin, hetgeen de kernfusie veroorzaakt.

Bolvormige zwarte gaten moeten derhalve extreme temperaturen hebben in de orde van biljoenen graden. Concluderend: zelfs als de buitenkant van een sferische zwart gat bijna nul graden Kelvin zou hebben, is de kern veel te heet om te worden geclassificeerd als "koude" dode materie. Aannemelijker is dus dat de druk door de neutronen degeneratie zo in evenwicht komt met de tegendruk van het extreem hete plasma (mix van quarks en bosonen) in de kern.

Noether en de minimale straal van een massieve bol

De minimale straal van een statische bol is gelijk aan 1,5xRs volgens Noether's theorema, dus in het vacuüm buiten de bol geldt altijd r > 1,5xRs. Als r = Rs *binnen* de bol, dan moet daar volgens de Schwarzschild oplossing de zwaartekrachtspotentiaal met een andere formule berekend worden en daarin is "Φ" altijd groter dan nul. Een minimale bolstraal die altijd groter is dan Rs (R > 9/8xRs) werd ook bepleit door Karl Schwarzschild zelf in 1916 en door Misner, Thorne en Wheeler in hun boek "Gravitation" in 1970. Koude dode materie bestaat niet in de kern van massieve objecten. Het superhete plasma daarin biedt de thermische tegendruk aan de zwaartekracht; die "r" in vacuüm is altijd groter dan de bolstraal "R" en dus ook altijd groter dan Rs.

Samenvatting

De zogenaamde "event horizon" bestaat niet, zelfs niet in zware statische zwarte gaten. Een bol kan instorten, maar niet tot binnen de Schwarzschild straal. De Schwarzschild straal heeft geen andere fysieke betekenis dan massa uitgedrukt in meters, niet meetbaar door welke meetstok dan ook.

Rob Roodenburg (auteur)
Frans de Winter, Oscar van Duijn, Maarten Palthe (medeauteurs)

Schiedam, Mei 2019