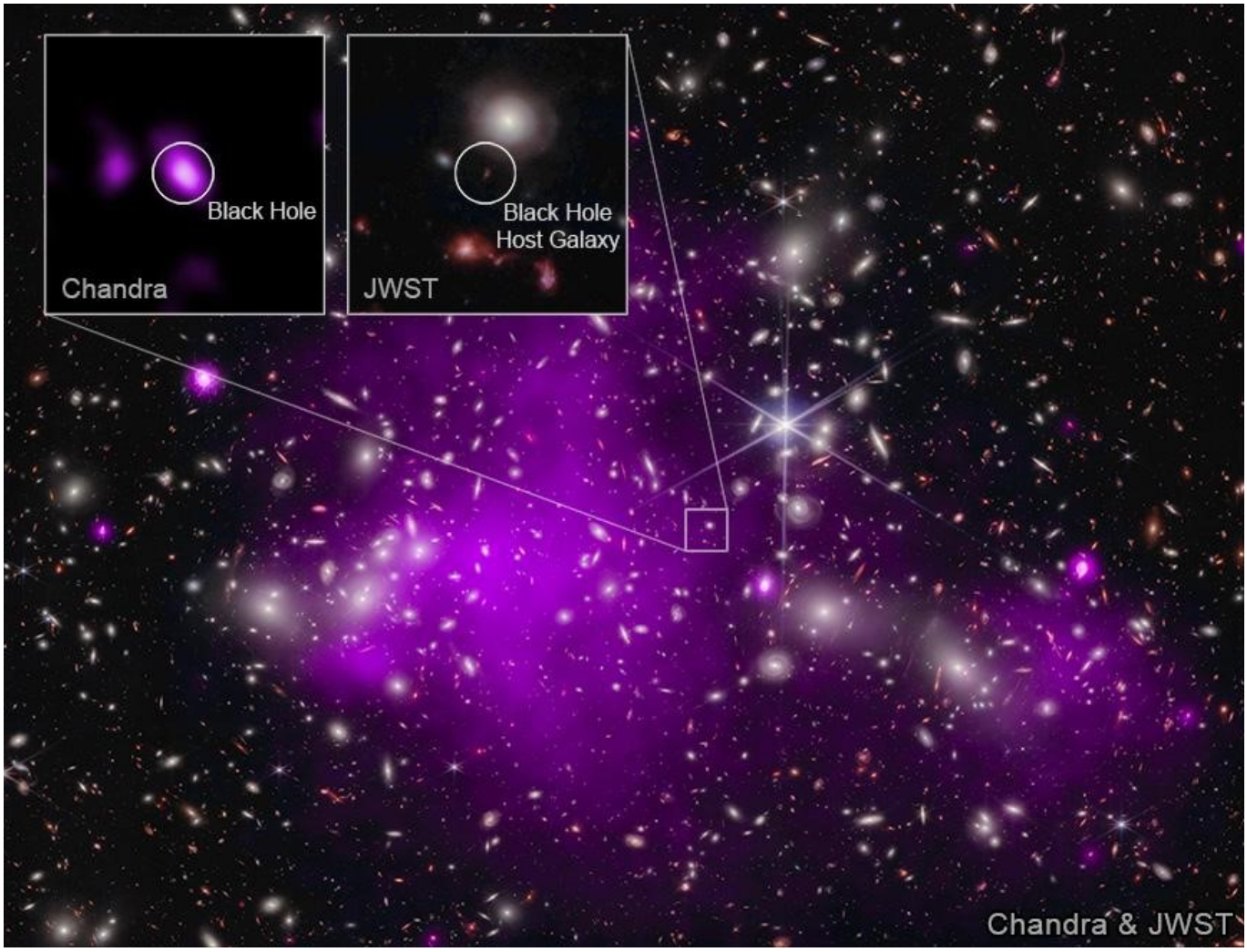
Buitensporig zware zwarte gaten

Het heelal is zo'n 13,8 miljard jaar oud. Recent zijn zwarte gaten waargenomen die bijna even oud zijn – maar hoe konden die zwarte gaten zo vroeg in het heelal al ontstaan? Dat raadsel willen astronomen en kosmologen graag oplossen.



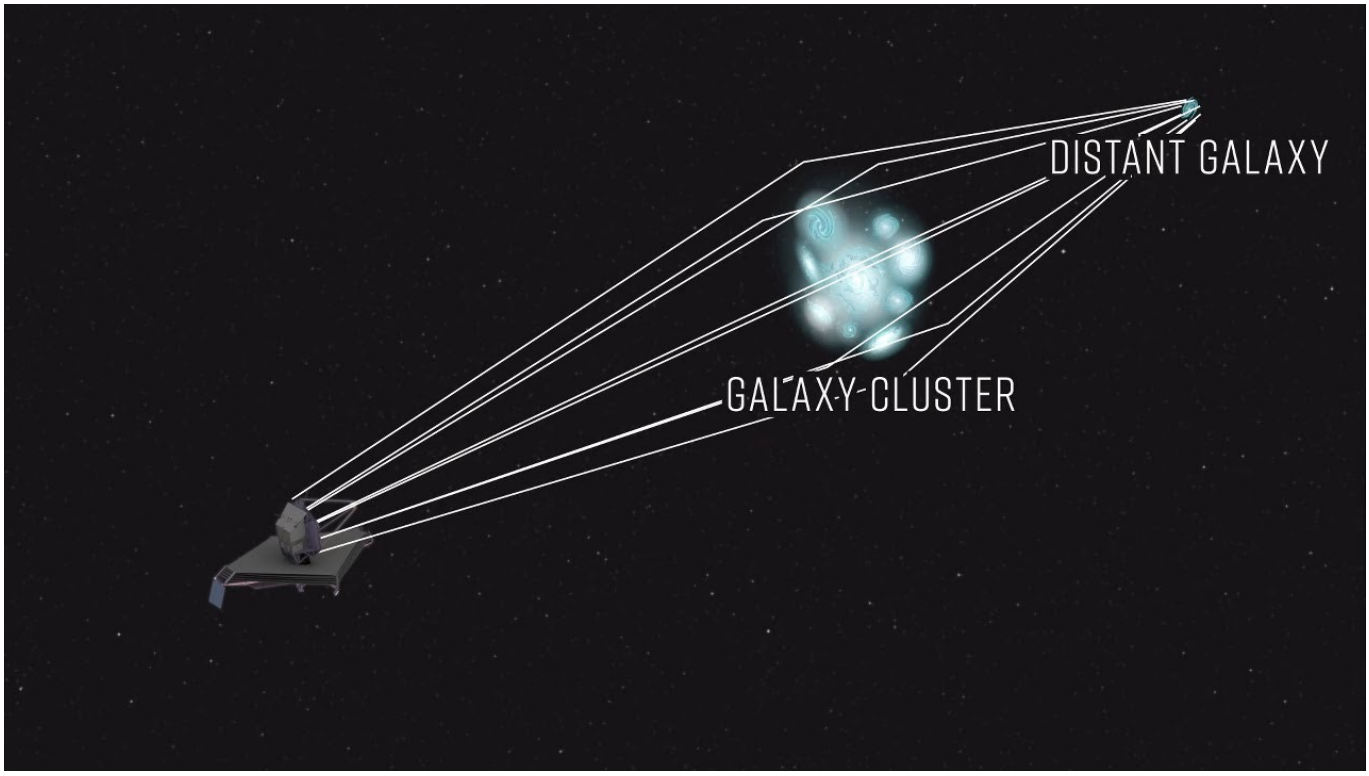
Afbeelding 1. UHZ1, een oud sterrenstelsel met een verrassend oud zwart gat. Röntgenfoto: NASA/CXC/SAO/Ákos Bogdán; Infrarood: NASA/ESA/CSA/STScI; Beeldbewerking: NASA/CXC/SAO/L. Frattare & K. Arcand.

Een zwart gat is een van de meest mysterieuze objecten in ons universum. Een zwart gat is een regio in de ruimte waar de zwaartekracht zo sterk is dat niets kan ontsnappen, zelfs licht niet. Doorgaans ontstaan zwarte gaten als eindproduct van een ster. Als de brandstof van

een ster opraakt, stort de ster in onder de zwaartekracht van zijn eigen massa. Als de ster zwaar genoeg is, volgt een explosie waarbij de buitenste lagen van de ster worden weggeblazen; zo'n explosie wordt ook wel een *supernova* genoemd. Zo'n supernova-explosie is zo helder dat het verschijnsel meerdere keren in de geschiedenis met het blote oog is waargenomen. De oudste bevestigde waarneming van een supernova vond rond het jaar 1000 plaats en werd gedaan door waarnemers in Japan, China, Irak, Egypte en Europa.

Boris Post besprak in dit artikel al eens de vraag hoe oud de oudste sterrenstelsels zijn. Een gerelateerde vraag is hoe oud het oudste zwarte gat is. Door de data van verschillende telescopen te combineren, vonden astronomen recent signalen van de oudste zwarte gaten die tot op heden zijn geobserveerd. Om zo'n oud zwart gat te zien, is een aantal trucjes nodig. De oude zwarte gaten die worden geobserveerd, zijn zwarte gaten die zich in het centrum van sterrenstelsels bevinden. Eerst wordt met behulp van de James Webb Space Telescope (JWST) gezocht naar oude sterrenstelsels. Om zo'n oud sterrenstelsel te zien, moeten we op bijzonder grote afstanden kijken. Dit komt doordat het licht van zulke verre bronnen nu pas de aarde bereikt. Als we bijvoorbeeld naar de zon kijken, die 8 *lichtminuten* van de aarde verwijderd is, dan zien we licht dat acht minuten geleden door de zon werd uitgezonden. Hoe verder weg we kijken, hoe langer geleden de observaties die we doen hebben plaatsgevonden. De 'oude' sterrenstelsels die we bekijken, zien we dus zoals ze eruitzagen toen ze nog juist heel jong waren!

Een belangrijk hulpmiddel om verder weg te kijken is het gebruik van *zwaartekrachtlenzen*: clusters van sterrenstelsels die werken als een vergrootglas voor objecten die zich achter de cluster bevinden. Door naar zo'n cluster te kijken die zich misschien niet heel ver weg bevindt, kunnen we dus een beter beeld krijgen van objecten die zich juist ver achter de cluster bevinden. Daarnaast heb je om ver weg te kijken een ander soort telescoop nodig dan om dichterbij observaties te doen. Dat komt door de *roodverschuiving* van het licht dat je waarneemt. Doordat het heelal uitdijt, heeft licht dat eerder is uitgezonden (en dat met het heelal mee 'oprekt') een langere golflengte als het bij ons aankomt. Hoe ouder, en dus verder weg, de bron van licht, hoe langer de golflengten zijn, en dat correspondeert weer met lagere frequenties. Om oude objecten te zien heb je dus een telescoop nodig die licht met lage frequenties observeert. En laat de JWST nou precies licht met zulke lage frequenties observeren!



Afbeelding 2. Een cluster van sterrenstelsels als vergrootglas. Afbeelding: L. Hustak, Space Telescope Science Institute (STScI).

Met behulp van zwaartekrachtlenzen en de JWST is een waarneming gedaan van een sterrenstelsel, UHZ1, dat we zien zoals het er ongeveer een half miljard jaar na de oerknal uitzag. Dit sterrenstelsel bevindt zich daarmee op meer dan 13,2 miljard lichtjaar van de aarde. Om vervolgens aan te tonen dat zo'n oud sterrenstelsel een zwart gat in het centrum herbergt, zijn andere observaties nodig. In het geval van UHZ1 is de aanwezigheid van een zwart gat bevestigd door middel van de röntgentelescoop Chandra, die röntgenstraling heeft waargenomen die karakteristiek is voor een snel groeiend zwart gat. Na de vorming van een zwart gat kan het zwarte gat namelijk groeien door andere sterren en ruimtestof op te nemen.

De waarneming van een zwart gat in het UHZ1-stelsel toont dus aan dat er al relatief kort na de oerknal zwarte gaten konden ontstaan. En dat terwijl een zwart gat normaliter het eindpunt is van het leven van een ster. Als het zwarte gat in UHZ1 inderdaad het eindproduct van sterevolutie is, dan is er in de ruwweg half miljard jaar na de oerknal genoeg tijd geweest voor het ontstaan van het UHZ1-stelsel, en de hele levensloop van een ster in dat stelsel, die vervolgens voor het ontstaan van het zwarte gat zorgde.

De gemeten massa van het zwarte gat is de bron van een groot mysterie. Die massa is namelijk zó groot dat het zwarte gat onmogelijk kan zijn ontstaan uit de sterevolutie zoals we die begrijpen. Er is een maximaal tempo waarin een zwart gat massa kan opnemen, en de massa van het zwarte gat in UHZ1 is zo groot dat er simpelweg niet genoeg tijd is geweest om de waargenomen massa te bereiken. Een mogelijke verklaring is dat het zwarte gat al is ontstaan voordat er überhaupt sterren in het UHZ1-stelsel waren. Het idee is dat een zwart gat kan ontstaan uit “direct collapse”, de directe ineenstorting van een gaswolk zonder dat daaruit eerst planeten of sterren ontstaan, zoals gebruikelijk is. De theorie is dat er vervolgens rondom het zwarte gat sterren zijn ontstaan die nu zijn waargenomen als het sterrenstelsel UHZ1. Andere mogelijke verklaringen zijn dat er iets is misgegaan met de metingen van de massa van het zwarte gat en het omliggende sterrenstelsel, of van de afstand tot het sterrenstelsel, waardoor het zwarte gat tóch via de conventionele sterevolutie en natuurwetten zoals we die kennen kan zijn ontstaan en zijn waargenomen massa kan hebben bereikt.

Sinds de ontdekking van het buitensporig zware zwarte gat in UHZ1 zijn er echter aanwijzingen gevonden voor nog veel meer oude en te zware zwarte gaten in het heelal. De waarneming van zulke buitensporig zware zwarte gaten is een van de meest mysterieuze en verrassende vindingen die zijn gedaan met de JWST, en geeft een nieuw kijkje in de jonge jaren van het heelal. Die beelden uit de jonge jaren zorgen ervoor dat astronomen en natuurkundigen terug lijken te moeten gaan naar de tekentafel, om te kunnen verklaren hoe er zo kort na de oerknal al zo veel zware zwarte gaten konden zijn, die de natuurwetten zoals we die kennen lijken te tarten.

Ben je nieuwsgierig geworden naar deze buitensporig zware zwarte gaten, dan kan je er meer over lezen in dit artikel van Quanta Magazine, of je kunt de onderstaande video van het YouTubekanaal van dr. Becky bekijken.