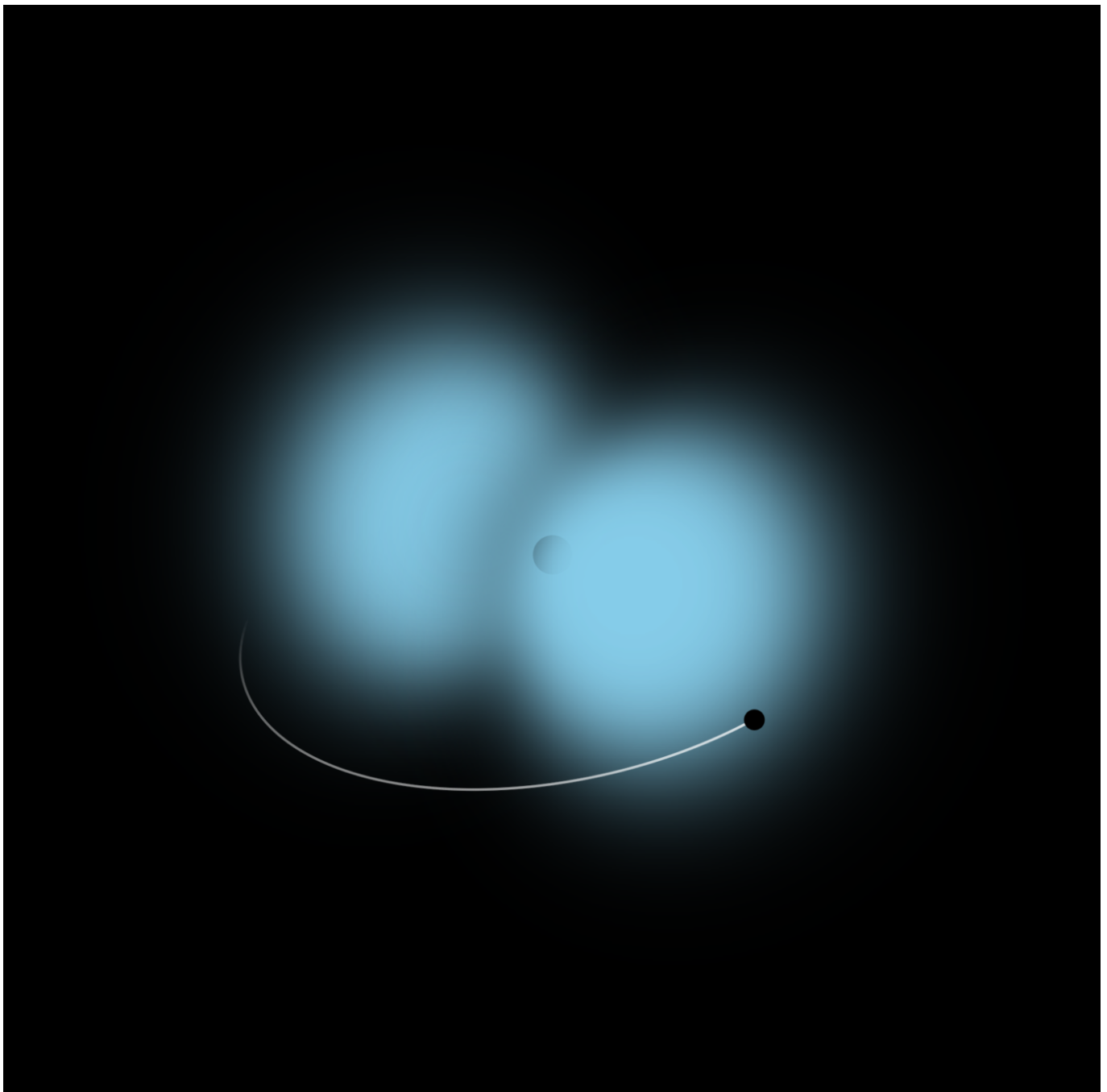


Nieuwe deeltjes bij zwarte gaten

Nauwkeurige waarnemingen van samensmeltende paren van zwarte gaten kunnen informatie over potentiële nieuwe deeltjes onthullen. Dat laten natuurkundigen in een recent artikel zien. Het onderzoek combineert diverse nieuwe ontdekkingen uit de afgelopen zes jaar.



Een zwaartekrachtatoom. Net zoals elektronen rond een kern van een atoom kunnen draaien, kan een wolk van tot nu toe onontdekte ultralichte deeltjes rond paren zwarte gaten draaien.

Zwaartekrachtgolven die worden uitgezonden bij het samensmelten van twee zwarte gaten, bevatten gedetailleerde informatie over de vorm en evolutie van de banen van de componenten. Nieuw onderzoek door natuurkundigen Giovanni Maria Tomaselli en Gianfranco Bertone van de Universiteit van Amsterdam (UvA), samen met voormalig UvA-masterstudent Thomas Spieksma, nu verbonden aan het Niels Bohr Instituut in Kopenhagen, suggereert dat een zorgvuldige analyse van deze informatie het bestaan kan onthullen van nieuwe deeltjes in de natuur.

Superradiantie

Het mechanisme dat de detectie van nieuwe deeltjes mogelijk maakt, wordt *superradiantie van zwarte gaten* genoemd. Als een zwart gat snel genoeg draait, kan het een deel van zijn massa afzetten in een 'wolk' van deeltjes eromheen. Het gecombineerde systeem van zwart gat en wolk wordt een 'zwaartekrachtatoom' genoemd, vanwege de gelijkenis met de elektronenwolk rond een proton. Omdat superradiantie alleen efficiënt is als de deeltjes veel lichter zijn dan de deeltjes die tot nu toe in experimenten zijn gemeten, biedt dit proces de unieke mogelijkheid om het bestaan te onderzoeken van nieuwe deeltjes, bekend als ultralichte bosonen, waarvan het bestaan verschillende puzzels in de astrofysica, kosmologie en deeltjesfysica zou kunnen oplossen.

De evolutie van de banen van binaire zwarte gaten in de aanwezigheid van wolken van ultralichte bosonen is de afgelopen zes jaar in een reeks invloedrijke artikelen door UvA-wetenschappers bestudeerd. Eén belangrijk nieuw fenomeen dat werd ontdekt, was dat van [resonante overgangen](#), waarbij de wolk van de ene toestand naar de andere 'springt', vergelijkbaar met hoe een elektron in een gewoon atoom tussen banen kan springen. Een ander nieuw fenomeen, ook vergelijkbaar met het gedrag van gewone atomen, is [ionisatie](#), waarbij een deel van de wolk wordt afgestoten. Beide effecten laten karakteristieke signalen achter in de uitgezonden zwaartekrachtgolven, maar de details van dergelijke signalen zijn afhankelijk van de precieze - en tot nu toe onbekende - toestand van de deeltjeswolk. Om deze resterende details in te vullen, combineert de nieuwe studie alle eerdere resultaten en

volgt de geschiedenis van het systeem vanaf de vorming van het binaire zwarte gat tot aan het samensmelten van de zwarte gaten.

Twee mogelijkheden

De belangrijkste conclusies van het onderzoek verbeteren ons begrip van de binaire zwaartekrachtatomen aanzienlijk. De onderzoekers ontdekten dat er twee mogelijke eindstadia zijn van de evolutie van een dergelijk systeem, die beide interessant zijn. Als de zwarte gaten en de wolk aanvankelijk in tegengestelde richtingen draaien, overleeft de wolk in de toestand die oorspronkelijk werd gecreëerd door superradiatie, en wordt hij detecteerbaar door zijn ionisatie, die een duidelijke signatuur achterlaat in de zwaartekrachtgolven. In alle andere gevallen vernietigen resonante overgangen de wolk helemaal, en krijgen de banen van de twee componenten een heel specifieke excentriciteit en inclinatie, waarvan de waarden kunnen worden gemeten uit het zwaartekrachtgolfsignaal.

Het nieuwe resultaat biedt zo een nieuwe, betrouwbare zoekstrategie voor nieuwe deeltjes, in het ene geval via de detectie van ionisatie-effecten in zwaartekrachtgolfvormen, of in het andere geval via de observatie van een abnormale overmaat aan systemen met de voorspelde waarden van excentriciteit en inclinatie. Voor beide gevallen zullen komende gedetailleerde zwaartekrachtgolfobservaties interessante informatie onthullen over de vraag of er nieuwe ultralichte deeltjes bestaan.

Publicatie

[The legacy of boson clouds on black hole binaries](#), Giovanni Maria Tomaselli, Thomas F.M. Spieksma en Gianfranco Bertone. *Physical Review Letters* **133** (2024) 121402.