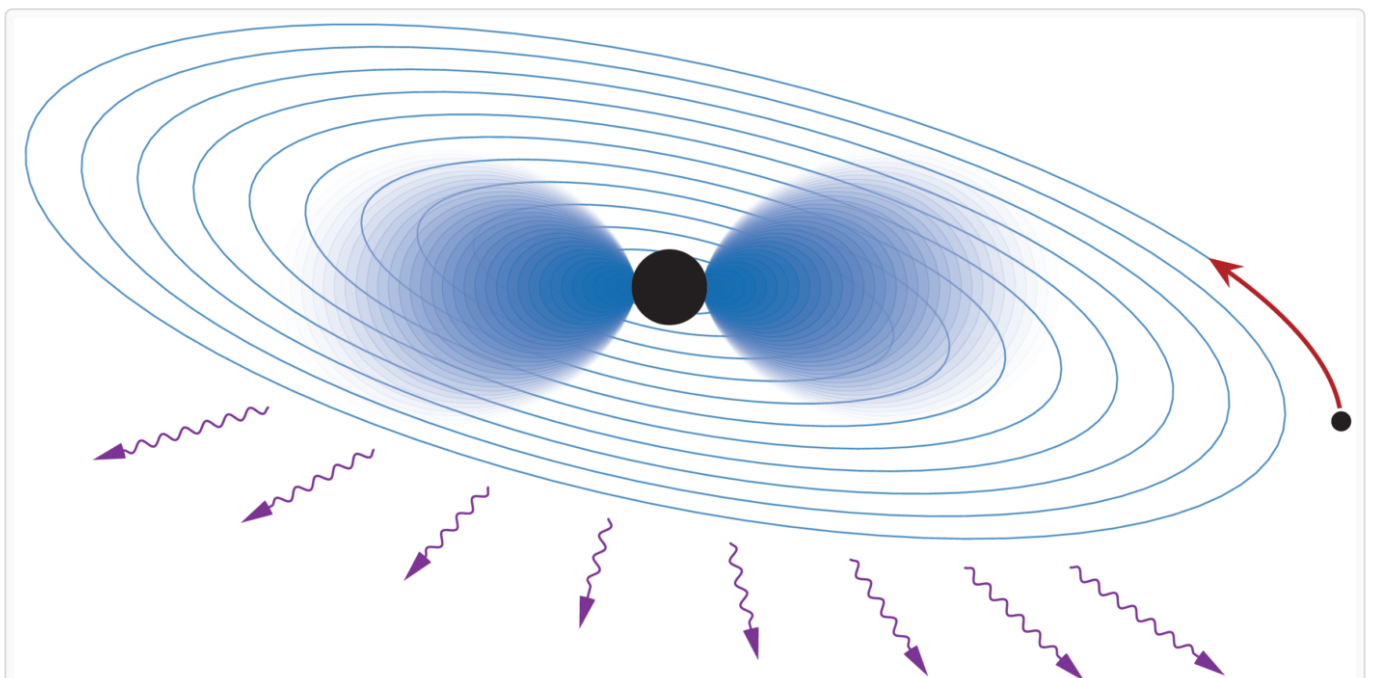


## Met gravitatiegolven nieuwe deeltjes vinden

Rond draaiende zwarte gaten kunnen wolken van ultralichte deeltjes ontstaan. Een team van natuurkundigen van de Universiteit van Amsterdam en Harvard University laat nu zien dat zulke wolken een karakteristiek patroon achterlaten in zwaartekrachtgolven die door binaire zwarte gaten worden uitgezonden.



Een atoom aan de hemel. Als nieuwe, ultralichte deeltjes bestaan, zouden zwarte gaten worden omringd door een wolk van zulke deeltjes die zich in verrassende mate hetzelfde gedragen als de wolk van elektronen in een atoom. Wanneer een ander zwaar object naar binnen spiraliseert en uiteindelijk samensmelt met het zwarte gat, 'ioniseert' het gravitationele atoom en zendt daarbij deeltjes uit, net zoals elektronen worden uitgezonden als er licht op een metaal valt.

Zwarte gaten worden meestal gezien als objecten die elke vorm van materie of energie in hun buurt opslokken. Het is echter al lange tijd bekend dat ze ook een deel van hun massa kunnen verliezen, in een proces dat bekend staat als *superradiantie*. Hoewel we weten dat dit proces plaatsvindt, kan het alleen effectief zijn als er in de natuur ook nieuwe, tot nog toe

niet waargenomen deeltjes met een heel kleine massa bestaan – zoals ook wordt voorspeld door verschillende theorieën die het Standaardmodel van de deeltjesfysica uitbreiden.

## Gravitationele atomen ioniseren

Wanneer massa door superradiantie aan een zwart gat onttrokken wordt, vormt die materie een grote wolk rond het zwarte gat, en ontstaat daarmee een zogeheten *gravitationeel atoom*. Hoewel zo'n gravitationeel atoom immens veel groter is, is de vergelijking met sub-microscopische atomen accuraat, vanwege de gelijkenissen tussen het zwarte gat met zijn materiewolk en de bekende structuur van gewone atomen, waar wolken van elektronen een kern van protonen en neutronen omhullen.

In een publicatie die deze week in *Physical Review Letters* verscheen, stelt een team bestaande uit UvA-natuurkundigen Daniel Baumann, Gianfranco Bertone en Giovanni Maria Tomaselli, en Harvard-natuurkundige John Stout, dat de analogie tussen gewone en gravitationele atomen verder gaat dan alleen de gelijkenis in structuur. Ze beweren dat de gelijkenis zelfs kan worden gebruikt om met toekomstige zwaartekrachtgolf-interferometers nieuwe deeltjes te ontdekken.

In het nieuwe artikel bestuderen de onderzoekers het gravitationele equivalent van het zogeheten 'foto-elektrische effect'. In dit bekende proces, dat bijvoorbeeld gebruikt wordt in zonnecellen om elektrische stroom te produceren, absorberen gewone elektronen de energie van invallende lichtdeeltjes, waarbij ze uit het materiaal worden uitgestoten – de atomen 'ioniseren'. In het gravitationele equivalent wordt het 'atoom', wanneer het deel uitmaakt van een binair systeem van twee zware objecten, verstoord door de aanwezigheid van de massieve begeleider – zelf bijvoorbeeld ook een zwart gat, of een neutronenster. Net zoals de elektronen bij het foto-elektrische effect de energie van het invallende licht absorberen, zo kan ook de wolk ultralichte deeltjes de draai-energie van de begeleider absorberen, met als gevolg dat een deel van de wolk wordt uitgestoten uit het gravitationele atoom.

## Nieuwe deeltjes vinden

Het team toonde aan dat dit proces de evolutie van zulke binaire systemen dramatisch kan beïnvloeden, wat ertoe leidt dat de tijd die nodig is voor de componenten om samen te smelten dramatisch verkort wordt. Bovendien wordt de ionisatie van het gravitationele atoom versterkt op heel specifieke afstanden tussen de bouwstenen, wat leidt tot duidelijke signalen in de zwaartekrachtgolven die we van zulke samensmeltingen opvangen. Toekomstige zwaartekrachtgolf-interferometers – apparaten die lijken op de LIGO- en Virgo-detectoren die ons in de afgelopen jaren de eerste zwaartekrachtgolven van zwarte gaten hebben getoond – zouden deze effecten moeten kunnen waarnemen. Het terugvinden van de voorspelde signalen, afkomstig van gravitationele atomen, zou overtuigend bewijs vormen voor het bestaan van nieuwe, ultralichte deeltjes.

## Publicatie

*Sharp signals of boson clouds in black hole binary inspirals*, Daniel Baumann, Gianfranco Bertone, John Stout en Giovanni Maria Tomaselli, Phys. Rev. Lett. 2022.