Het raadselachtige licht van neutronensterren

Bachelorstudenten natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam doen in hun laatste jaar een onderzoeksproject dat wordt afgesloten met een scriptie. The Quantum Universe schreef een wedstrijd uit: schrijf een korte populariserende samenvatting van je scriptie waarin je voor een breed publiek uitlegt welk onderzoek je gedaan hebt. In de komende weken plaatsen we hier de samenvattingen van de winnaars van de eerste prijs en de eervolle vermeldingen.



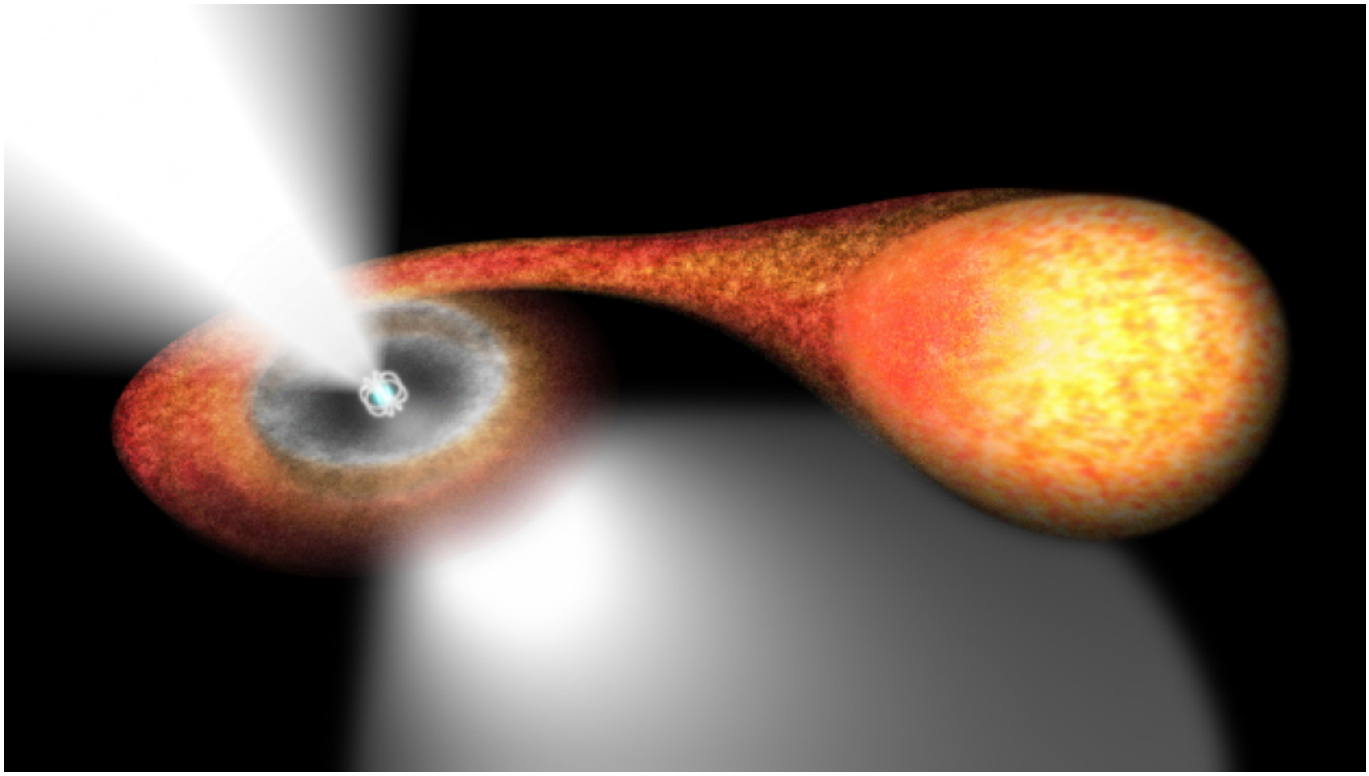
Afbeelding 1. Boris Wolvers.De eerste-prijswinnaar van de bachelorprijsvraag.

Vandaag de winnende samenvatting, geschreven door Boris Wolvers. Uit het juryrapport: ‘De jury was het snel eens over de winnaar, die niet alleen heel interessant onderzoek heeft gedaan, maar dat ook nog eens op een heldere en enthousiaste manier weet uit te leggen.’

Het raadselachtige licht van neutronensterren

Neutronensterren zijn fascinerende objecten. Stel het je eens voor: een ster die twee keer zoveel weegt als onze zon, maar dan ter grootte van Amsterdam! Een neutronenster heeft dus een enorm hoge dichtheid: een theelepel neutronenster zou maar liefst 5 miljard ton wegen. Doordat neutronensterren zo compact zijn, hebben ze ook een heel sterk zwaartekrachtsveld. Maar daar blijft het niet bij: ze hebben ook hele sterke magnetische velden. Die zijn zodanig sterk dat ze de fundamentele eigenschappen van materie zelfs kunnen veranderen. Aangezien de extreme fysica die deze sterren kenmerkt niet na te bootsen is in laboratoria hier op aarde, is het dan ook niet verwonderlijk dat in de laatste decennia het onderzoek naar deze objecten flink is toegenomen. Zorgvuldig onderzoek naar neutronensterren kan er voor zorgen dat we fundamentele natuurkunde beter begrijpen.

In mijn bachelorproject hebben we theoretisch onderzoek gedaan naar neutronensterren met een extreem hoog magnetisch veld, in de nabijheid van een normale ster. (Zie afbeelding 2.)



Afbeelding 2. Een neutronenster.Een neutronenster met een extreem hoog magnetisch veld, die materie opslokt van een buurster. Hierbij komt röntgenstraling vrij. Afbeelding: ESA.

Doordat de neutronenster een sterke aantrekkingskracht heeft, kan hij materie van de nabije ster opslokken. Dit proces wordt *accretie* genoemd. Bij dit proces zal er een zogenaamde *accretieschijf* ontstaan rond de neutronenster. Vanuit deze schijf kan materie met hoge snelheid naar de magnetische polen van de neutronenster stromen. Wanneer de materie het oppervlak van de neutronenster nadert, zal er röntgenstraling vrijkomen die uiteindelijk op aarde gedetecteerd en bestudeerd kan worden. De röntgenstraling die uitgezonden wordt, zorgt overigens ook voor een stralingsdruk tegengesteld aan de richting van de invallende materie. In het geval dat er weinig materie op de neutronenster valt, zal de stralingsdruk ook niet zo hoog zijn. Maar in het geval dat er veel materie op de ster valt, zal de stralingsdruk erg hoog worden. Op een gegeven moment wordt de stralingsdruk dermate hoog dat de invallende materie het oppervlak van de ster niet eens zal bereiken! Vlak voor dit gebeurt zal de straling de meeste lichtkracht opleveren. Deze maximale lichtkracht die door een neutronenster uitgezonden kan worden, wordt de *Eddingtonlichtkracht* genoemd.

Er is alleen iets geks aan de hand. Er zijn namelijk recent al drie neutronensterren waargenomen die een lichtkracht hoger dan de Eddingtonlichtkracht kunnen hebben! Dit is zo bizar dat er tot op heden nog geen goed model is om dat te kunnen verklaren. Een mogelijk model dat het echter zou kunnen verklaren is het *accretiekolom-model*. Dit model beschrijft hoe bij een hoge massaoverdracht vanuit de accretieschijf zogenaamde *cilinders* (of “kolommen”) bovenop de magnetische polen van de ster kunnen verschijnen. Deze cilinders bestaan uit heet plasma waaruit mogelijk de hoge lichtkracht uitgezonden kan worden. Dit model is echter flink ingewikkeld. Om het beter te kunnen begrijpen, moeten we weten hoe de straling in zo’n kolom/cilinder zich gedraagt. Het voornaamste proces dat voor de straling in zo’n kolom een rol speelt, is een door het extreem sterke magnetische veld iets gemodificeerde versie van *Comptonverstrooiing*.

Om de straling uit accretiekolommen zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven hebben we in dit project differentiaalvergelijkingen opgesteld die rekening houden met het extreem sterke magnetische veld, en met wat dit veld teweeg kan brengen op hele kleine schaal. Het blijkt namelijk dat individuele fotonen met verschillende polarisaties zich door het magnetische veld verschillend gedragen. De opgestelde vergelijkingen hebben we met behulp van

zelfgeschreven code met de computer opgelost omdat deze vergelijkingen behoorlijk complex zijn. Niet alleen dat: het duurt ook erg lang om de oplossingen te berekenen – in sommige gevallen zelfs een paar weken. Desalniettemin hebben we resultaten verkregen voor de distributies van de verschillende fotonen binnenin de accretiekolom. Deze resultaten zijn belangrijk voor toekomstige modellen die de vorm van de accretiekolom beter kunnen beschrijven. Ook zijn de resultaten zeer belangrijk voor toekomstige polarisatie-detectoren. Ten slotte kan een beter begrip van het accretiekolom-model ons een verklaring geven van de té hoge lichtkracht van de waargenomen neutronensterren.