



Universiteit
Leiden
The Netherlands

The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems

Nielsen, A.B.

Citation

Nielsen, A. B. (2018, September 13). *The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/65380>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/65380>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/65380> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Nielsen, A.B.

Title: The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems

Issue Date: 2018-09-13

Nederlandse Samenvatting

De mensheid is altijd geïntrigeerd geweest door de nachtelijke hemel. We keken omhoog en verwonderden ons. Vroege astronomen brachten de hemel in kaart en stelden zich een universum voor waarin wij centraal stonden. Met de uitvinding van de telescoop veranderde ons beeld van de wereld en verbreedde zich onze horizon. Sindsdien is de astronomie ver gekomen en kijken we vandaag de dag niet alleen naar planeten in ons Zonnestelsel, maar ook naar sterrenstelsel hier ver, ver vandaan en naar kleine exotische objecten zoals de overblijfselen van ontplofte sterren. Dit proefschrift gaat over sommige van deze restanten.

In 1934 werd voorgesteld dat neutronensterren de overblijfselen zijn van supernova's, maar het eerste bewijs voor het bestaan van neutronensterren deed zich pas voor bij de ontdekking van pulsars in 1967. Pulsars kunnen gevonden worden in veel verschillende soorten systemen, van allerlei dubbelster configuraties, tot eenzame neutronensterren. Het onderzoek naar pulsars omvat observaties in meerdere golflengtegebieden, waarbij het mogelijk is om niet alleen de eigenschappen en het ontstaan van pulsars te onderzoeken, maar ook om deze pulsars te gebruiken als laboratoria voor extreme natuurkunde zoals extreem sterke magnetische velden, accretieschijven en zwaartekrachtgolven.

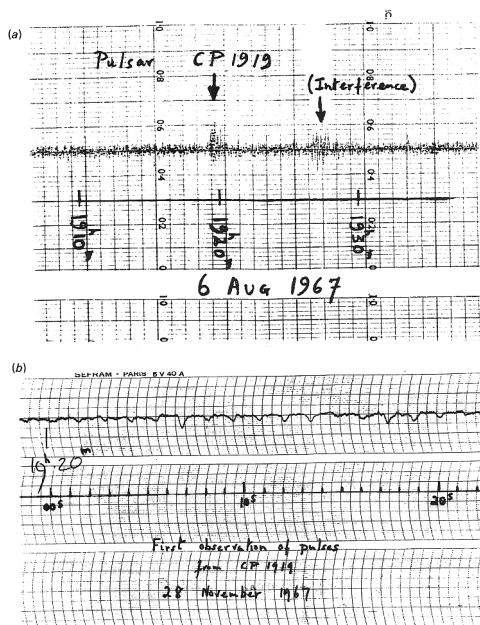
Wat is een pulsar?

Pulsars zijn neutronensterren die zeer snel rond om hun eigen as draaien en een sterk magnetisch veld hebben. Ze stoten straling uit vanaf hun magnetische polen en het gebied daaromheen, waarbij we deze emissie als pulsaties waarnemen wanneer de magnetische as niet overeenkomt met de rotatieas. De straling wordt vastgelegd als een korte detectie met grotendeels constante tijdsinterval tussen opeenvolgende detecties, zoals te zien is in Fig. 5.5, de opname van de eerste ontdekking van een pulsar (genaamd CP 1919).

De benaming "pulsar" verscheen voor het eerst in 1968 in een artikel over de ontdekking door Jocelyn Bell Burnell en Anthony Hewish. De term staat voor 'pulserende ster', wat een accuratere beschrijving is dan de eerste naam die Bell Burnell en Hewish eraan gaven namelijk Little Green Men-1 (LGM-1).

Verschillende soorten pulsars

Er bestaan veel verschillende soorten pulsars; ze kunnen waargenomen worden in golflengtes van gammastraling tot radiostraling, en worden zowel gevonden als



Figuur 5.5: In het bovenste figuur worden de minuscule variaties weergegeven die op een scintillator plaat zijn opgenomen. Het onderste figuur komt van snellere opname apparatuur waardoor de pulsen van CP 1919 veel beter zichtbaar worden. Bron: Jocelyn Bell Burnell en Antony Hewish.

geïsoleerde objecten als in dubbelster configuraties. The Röntgenstraling die van Röntgen-pulsars komt, worden geproduceerd door opwarming van materiaal bij de magnetische polen, de zogenaamde 'hot spots'. De magnetische polen worden opgewarmd door accretie van materiaal dat van de begeleiderster komt, via een accretieschijf dan wel via accretie gedreven door sterrenwind. Deze mechanismen horen respectievelijk bij een pulsar met een begeleiderster van kleine massa, of van grote massa. Beiden soorten pulsars wordt in dit proefschrift beschreven. Een ander type pulsar dat in dit proefschrift aan de orde komt zijn zogenaamde 'black widow' ('zwarte weduwe') pulsars. Dit zijn pulsars die tijdens een Röntgenstraling-fase sneller zijn gaan roteren met als gevolg dat ze een periode van milliseconden hebben. Daarbij hebben ze een semi-onteerde partner ster - vergelijkbaar met een bruine dwergster - die door de wind die van de pulsar komt vanaf de buitenkant van zijn materie wordt ontdaan.

Waarom onderzoeken we pulsars?

Er zijn vele redenen om pulsars te bestuderen. Het is mogelijk om ze te gebruiken als laboratoria voor natuurkunde in extreme omstandigheden die op aarde onmogelijk na te bootsen zijn. Onder andere worden hiermee sterke magnetische velden, de toestandsvergelijkingen van een neutronenster en plasma- en accretie fysica onderzocht. Veel pulsars zijn daarnaast zeer precieze klokken, waardoor het mogelijk zou moeten zijn om een reeks pulsars te gebruiken om zwaartekrachtsgolven mee te detecteren. Tenslotte worden ook de eigenschappen onderzocht die direct iets te maken hebben met gedrag van pulsars en hun partner sterren zoals de lange-termijns veranderingen van hun rotatie snelheid, en de evolutie van de

partner sterren. Het doel in dit proefschrift was om de evolutie van de rotatie en de eigenschappen van de interacties tussen pulsars en hun partner sterren te onderzoeken.

Dit proefschrift

In dit proefschrift bestudeer ik zes pulsars die zich allemaal net anders gedragen dan wat we normaal gesproken zouden verwachten van deze systemen. We hebben het over verschillende Röntgen pulsars, en drie radio pulsars waarvan het nodig was om ze zowel in Röntgenstraling als in radiostraling te onderzoeken. De zes systemen worden in de volgende vier hoofdstukken behandeld.

Hoofdstuk 2: In dit hoofdstuk hebben we gekeken naar de pulsar 2A 1822–371, die Röntgenstraling uitzendt en zich ophoudt in een dubbelstersysteem met een begeleidende ster van lage massa waarbij de twee sterren tijdens hun omloopbanen eclipsen veroorzaken langs de gezichtslijn. De omlooptijd van de pulsar is ongeveer 5.57 uur, en de rotatieperiode is 0.59 seconde. Deze pulsar vertoont een grote toename in de omlooptijd, iets wat niet verklaard wordt door de gebruikelijke theorieën over het verloop van de omlooptijden in dit soort systemen. We hebben onderzocht of deze toename verklaard kan worden door zogenaamde super-Eddington massaoverdracht van de begeleidende ster naar de neutronenster. De sterkte van het magnetische veld van de pulsar is onzeker voor dit systeem. Tot op heden bestaan er twee gerapporteerde detecties van cyclotron resonantie verstrooiing signalen die een magnetisch veld van 10^{10} G dan wel 10^{12} G impliceren. Onze voorspellingen voor de massaoverdracht geeft ook een schatting van het magnetisch veld, in dit geval dichter bij de 10^{10} G. In dit hoofdstuk is 13 jaar aan data van de RXTE telescoop gebruikt om de toename in rotatiesnelheid van de pulsar over deze 13 jaar te meten.

Hoofdstuk 3: We hebben het symbiotische Röntgen dubbelstersysteem GX 1+4 bestudeerd, een pulsar met een periode van ongeveer 150 s. Het doel van dit hoofdstuk is om te testen of deze pulsar tekenen vertoont van een puls fase - flux correlatie. Deze correlatie wordt waargenomen in veel Röntgen pulsars met periodes van enkele tot honderden milliseconden waar accretie plaatsvindt, maar het is nog niet onderzocht of deze correlatie zich ook bij Röntgen dubbelstersystemen met lange rotatietijden en sterke magnetische velden (10^{7-9} G), en met begeleidende sterren van lage massa. Het bleek niet mogelijk om een puls fase - flux correlatie te vinden in deze pulsar. Dit kan mogelijk als bewijs geïnterpreteerd worden voor de stelling dat de aanwezigheid van deze correlatie in pulsars met een sterk magnetisch veld onmogelijk is.

Hoofdstuk 4: Voor dit hoofdstuk hebben we 4U 0115+63 bestudeerd, een tijdelijke Röntgenbron in een dubbelstersysteem met een begeleidende Be-type ster van hoge massa. Deze bron heeft een type II uitbarsting ondergaan, maar in plaats van een opvolgende uitdoving, blijft de bron kort na de uitbarsting tijdelijk in een fase van vrij constante helderheid. De bron werd geobserveerd door de XMM-Newton telescoop, en het spectrum kan gemodelleerd worden als zwarteli-

chaamsstraling uitgezonden door een klein gebied, wat suggereert dat de straling van ‘hot spots’ op het oppervlak van de neutronenster komt. Deze interpretatie werd bevestigd met de detectie van pulsaties. In dit hoofdstuk hebben we geprobeerd om zowel de emissie zelf, als de trage afname van de helderheid te verklaren via accretie van materiaal aan de magnetische polen, of via het afkoelen van de neutronenster (deze is tenslotte in de eerste plaats reeds opgewarmd door het accretie materiaal tijdens de type II uitbraak). Beide modellen blijken plausibel, waarbij geen van beiden de voorkeur boven de ander genoot.

Hoofdstuk 5: In dit hoofdstuk bestuderen we drie zogenaamde ‘zwarte weduwe’ pulsars; PSR J0023+0923, J2214+3000 en J2234+0944. We hebben bestaande modellen voor de puls aankomsttijden aangevuld met nieuwe observaties. Deze pulsars zijn stabiel over de observatie periode van 7–8 jaar. Wij buigen ons over de vraag waarom deze drie pulsars stabiel zijn terwijl vorige bestudeerde zwarte weduwen (PSR B1957–20 en J2051+0827) zeer onstabiel waren. Een mogelijkheid die wij bespreken is dat de begeleidende ster anders is de stabiele systemen, aangezien in de instabiele systemen de begeleidende ster de Roche lobe vult terwijl dit niet het geval is bij het ene stabiele systeem waarvoor dit gemeten kon worden. Met het vullen van de Roche lobe wordt bedoeld dat de ster minder sterk intern gebonden is, waardoor het makkelijker wordt materiaal ervan af te halen. Doordat het materiaal makkelijk af te vangen is door de pulsar veroorzaakt dit een dubbelstersysteem dat omgeven wordt door een grote hoeveelheid materiaal dat invloed kan hebben op de omloopbanen van beide sterren waardoor het systeem onstabiel kan worden.