

University of Groningen

Neutral hydrogen observations of binary galaxies

Moorsel, Gustaaf Adolf van

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1982

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Moorsel, G. A. V. (1982). *Neutral hydrogen observations of binary galaxies*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

Op zeer grote schaal wordt het heelal gedomineerd door melkwegstelsels. Dit zijn enorme hoeveelheden materie die elk voor zich door de eigen zwaartekracht bijeen worden gehouden. Deze melkwegstelsels bestaan uit

- (a) Sterren. Deze zenden voornamelijk zichtbaar licht uit en maken dat stelsels optisch waarneembaar zijn. Doorgaans bestaat meer dan 90% van de totale massa van een melkwegstelsel uit sterren.
- (b) Gassen. Veel gassen kunnen worden gedetecteerd doordat ze bij specifieke frequenties radiostraling uitzenden. Het bekendste en doorgaans meest voorkomende gas is neutrale waterstof, die straalt bij een golflengte van 21 cm.
- (c) Stof. De aanwezigheid van stof verraadt zich op foto's onder meer door donkere banden die het sterlicht verduisteren.

Het huidige onderzoek beperkt zich geheel tot spiraalstelsels, zo genoemd vanwege de aanwezigheid van spiraalarmen (zie bijvoorbeeld Hoofdstuk 4, Fig. 1). Bij deze stelsels is de materie genoemd onder (a), (b), en (c) verdeeld in een platte, nagenoeg cirkelvormige schijf.

Afstanden tot melkwegstelsels worden uitgedrukt in Megaparsec, of kortweg Mpc. Eén Mpc komt overeen met ruim 3 miljoen lichtjaar. De diameter van de stelsels ligt ruwweg tussen de 5 tot 50 kiloparsec of kpc (1000 kpc = 1 Mpc). De totale massa van een melkwegstelsel is 10 miljard tot 1000 miljard zo groot als die van de zon.

Het is ook mogelijk dat er zich nog meer materie in en om een sterrenstelsel bevindt dan welke we waarnemen, genoemd onder (a), (b), en (c). Deze materie zou kunnen bestaan uit een groot aantal donkere sterren, uit zeer ijel gas, of uit stof, maar ook meer vergezochte mogelijkheden als neutrino's en zwarte gaten zijn wel voorgesteld. Al zulke materie wordt aangeduid met de term 'donkere materie' (dark matter). Er zijn aanwijzingen dat een zekere fractie van de massa van melkwegstelsels uit zulke donkere materie bestaat.

Zo kunnen we door middel van optische spectroscopie of radiowaarnemingen in de neutrale waterstoflijn de zogenaamde rotatiekromme van een melkwegstelsel bepalen. Deze kromme geeft het verband tussen de afstand tot het centrum van het stelsel en de op die afstand optredende cirkelsnelheid. Daar deze snelheid wordt bepaald door de totale massa binnen die afstand, vormt zo'n rotatiekromme een ideaal middel om de massaverdeling binnen een stelsel te bestuderen. Nu wijst de vorm van vrijwel alle tot nu bekende rotatiekrommen erop dat lang niet alle massa behorend bij een melkwegstelsel zich binnen het gebied van de optische of radiostraling bevindt. Rotatiekrommen geven wel een sterke aanwijzing voor de aanwezigheid van donkere materie maar niet voor de hoeveelheid ervan.

In dit proefschrift worden melkwegstelsels die voorkomen in paren bestudeerd met behulp van de Westerbork Synthese Radio Telescoop (WSRT) in de

21 cm lijn van neutrale waterstof (HI) om uit de bewegingen van beide stelsels in zo'n paar inzicht te verkrijgen over de aanwezigheid van donkere materie. Immers, voor de bewegingen van een paar is alle materie over een afstand gelijk aan de onderlinge separatie verantwoordelijk, en niet alleen die materie die overeenkomt met het gebied waarover optische of radio-emissie optreedt. Een nadeel is dat we beide stelsels geprojecteerd zien op het vlak van de hemel, en geen informatie hebben over de werkelijke ruimtelijke verdeling. Verder is de omlooptijd van een paar zo lang (in de orde van een miljard jaar) dat we in de onderlinge positie nooit veranderingen zien optreden. Deze onbekende oriëntatie heeft als gevolg dat alle onderzoeken naar dubbele melkwegstelsels een statistisch karakter hebben. In het huidige onderzoek zijn 14 paren waargenomen en geanalyseerd onder de aanname dat de onderlinge oriëntatie op willekeurige wijze is verdeeld binnen die groep van 14. Dit project verschilt van vorige onderzoeken van dubbele melkwegstelsels in twee belangrijke aspecten: Ten eerste is de selectie van de paren op een totaal andere manier ter hand genomen. De selectie is bijzonder belangrijk: de criteria mogen niet te streng zijn omdat dan de oriëntatie niet meer willekeurig is verdeeld, en er tevens maar weinig paren over zouden blijven, maar ook niet te soepel, daar er dan teveel niet-fysische paren voorkomen. Hoe het probleem van de selectie is aangepakt is uitvoerig beschreven in hoofdstuk 2. Een tweede verschil met vorige onderzoeken wordt gevormd door het waarneeminstrument: de WSRT kan in een synthese van 12 uur beide stelsels van een paar in één keer waarnemen, en tegelijkertijd op veel kleinere schaal de verdeling van de HI emissie binnen een stelsel bepalen. Resultaat hiervan zijn zowel nauwkeurige systeemnelheden van beide afzonderlijke stelsels in een paar, nodig voor een schatting van de totale hoeveelheid massa die meedoet in de baan, als rotatiekrommes voor beide stelsels, waaruit de massa's van de stelsels binnen het verst van het centrum gelegen punt van de kromme berekend kunnen worden. De eerste verwerking aan de waarneemgegevens en de methode van bepaling van systeemnelheden, rotatiekrommes, en totale massa's staan beschreven in hoofdstuk 3.

In de hoofdstukken 4 t/m 7 worden de eigenlijke waarnemingen en de resultaten besproken in een vorm waarin deze worden toegezonden aan Astronomy and Astrophysics. In het kort kan gezegd worden dat voor vrijwel alle stelsels rotatiekrommes en dus ook massa's zijn verkregen.

Opvallend was het kleine aantal stelsels dat tekenen van interactie met zijn begeleider vertoonde; slechts in een enkel geval kon uit asymmetrieën in de HI verdeling het bestaan van dergelijke getijde-effecten worden aangetoond. Twee paren bleken bij nadere bestudering groepen te zijn van elk vier stelsels.

In hoofdstuk 8 wordt dieper ingegaan op het twee-lichamen model dat is gebruikt voor de beschrijving van een dubbel melkwegstelsel. Uit het waargenomen snelheidsverschil, de onderlinge separatie, en de uit de rotatiekrommen afgeleide massa's wordt een dimensieloze grootte χ_{obs} afgeleid die zich laat interpreteren als een schatter voor de hoeveelheid donkere materie of

voor de (on)geldigheid van de voordelen van het gebruik van deze stukken beschreven.

In hoofdstuk 9 worden meer dan twee stelsels beschreven die sterk lijken op de tegenstelling tot die van de niet analytisch bekende snelle computer, die de nabootsen. De resultaten worden in groepen van 4 stelsels

Hoofdstuk 10 wordt gebruikt om de resultaten te verduidelijken en vaststellen waarin de resultaten van hoofdstuk 9 worden met de gehele selectieprocedure vergeleken. Verschillende parameters worden toegepast om de resultaten te interpreteren, en door de resultaten te vergelijken met de theorie.

In hoofdstuk 11 wordt de theoretische verdeling van de massa's uit de resultaten van hoofdstuk 10 vergeleken. Er blijkt een goede overeenstemming te bestaan in de verdelingen. Twee mogelijkheden worden genoemd:
(1) De massa's uit de resultaten zijn op mogelijk een factor 2 te laag, en overeenstemming te krijgen met de theoretische verdeling geëxtrapoleerd tot zeer lage massa's.
(2) De twee stelsels die de afwijkende groep vormen, werken slechter dan de andere groepen. We zien dat de resultaten van hoofdstuk 10 ring werkt slechts goed voor de resultaten indien alsnog de resultaten van hoofdstuk 10 het in mindere mate

voor de (on)geldigheid van het gebruikte twee-lichamen model. Twee grote voordelen van het gebruik van deze grootheid staan in de twee volgende hoofdstukken beschreven.

In hoofdstuk 9 wordt aangetoond dat ook in het geval van groepen van meer dan twee stelsels zich een grootheid χ_{obs} laat definiëren met eigenschappen die sterk lijken op de χ_{obs} voor het twee-lichamen model. Daar in tegenstelling tot dit laatstgenoemde model de dynamica van grotere groepen niet analytisch bekend is, was het noodzakelijk gebruik te maken van een snelle computer, die de bewegingen van een aantal stelsels in een groep kon nabootsen. De resultaten van dit hoofdstuk leidden ertoe dat ook de twee groepen van 4 stelsels in de uiteindelijke analyse konden worden opgenomen.

Hoofdstuk 10 handelt over de invloed van de toegepaste selectie-criteria op de resultaten. Voorgaande onderzoeken konden niet duidelijk de mate vaststellen waarin deze criteria het eindresultaat beïnvloedden. In dit hoofdstuk wordt met behulp van Monte-Carlo simulaties met een computer het gehele selectieproces nagebootst en de gevolgen van deze selectie voor de verschillende parameters nagegaan. Terwijl enkele parameters gevoelig bleken voor de toegepaste criteria, was dit juist niet het geval voor χ_{obs} , welke daardoor, en door de resultaten van hoofdstuk 9, de meest geschikte parameter is om de resultaten van hoofdstukken 4-7 samen te vatten en te vergelijken met de theorie.

In hoofdstuk 11 wordt de waargenomen verdeling van χ_{obs} vergeleken met de theoretische verdeling voor het geval het twee-lichamen model geldig is en de massa's uit de rotatiekrommen ook de werkelijke totale massa's voorstellen. Er blijkt een groot verschil te bestaan tussen de twee genoemde verdelingen. Twee mogelijke verklaringen voor dit gevonden verschil zijn:

- (1) De massa's uit de rotatiekrommen zijn in ernstige mate onderschat, tot op mogelijk een factor 5. De waarnemingen en de theorie blijken redelijk in overeenstemming te komen als de massaverdelingen van beide stelsels worden geëxtrapoleerd tot ze elkaar raken.
- (2) De twee stelsels die we als paar waarnemen zijn twee leden van een grotere groep. We zien de twee toevallig bij een nauwe ontmoeting. Deze verklaring werkt slechts gedeeltelijk, en is pas in overeenstemming met de waarnemingen indien alsnog het bestaan van donkere materie wordt aangenomen, zij het in mindere mate dan nodig was onder verklaring 1.