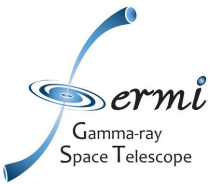


Thesisonderwerpen van de onderzoeksgroep Dwerggalaxieën

• Detectie van verval of zelfannihilatie van donkere materie in dwerggalaxieën

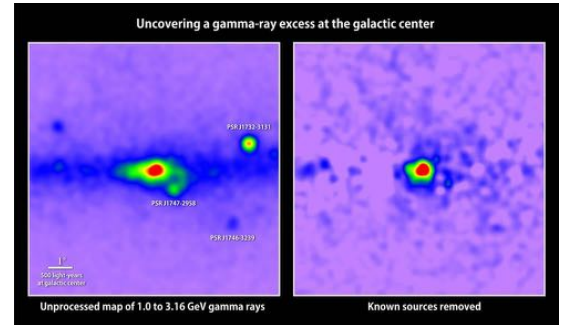
Donkere materie is een onmisbaar onderdeel van het succesvolle Λ CDM model voor de expansie van het heelal en de vorming van kosmische structuren, zoals sterrenstelsels. Daarom is het erg onfortuinlijk dat donkere materie nog nooit direct is waargenomen. Sommige hypothetische elementaire deeltjes zoals WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) zijn aantrekkelijke kandidaten voor de rol van donkere materie. Theoretisch wordt verwacht dat ze voldoende vaak horen te zelfannihileren of vervallen om een detecteerbaar gammastraalsignaal op te leveren.



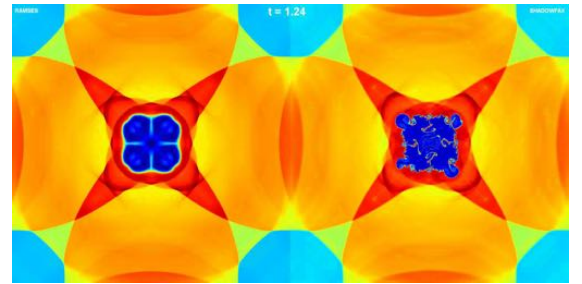
Daarom wordt reeds jaren driftig gezocht naar een onweerlegbaar aan donkere materie toe te schrijven gammastraalsignaal met de Fermi ruimtetelescoop van NASA. In 2009 werd in het centrum van de Melkweg een "overschot" aan gamma-stralen gedetecteerd maar door de vele andere mogelijke gammabronnen is het onmogelijk met zekerheid te zeggen of dit echt afkomstig is van donkere materie. Dwerggalaxieën bevatten zeer veel donkere materie maar geen storende gammabronnen en zijn dus zeer aantrekkelijke objecten om naar het

gamma-signaal van donkere materie te zoeken. Om uit een waargenomen gammastraalsignaal van een dwergsatelliet van de Melkweg de massa van het donkere-materiedeeltje en diens werkzame doorsnede voor zelfannihilatie of diens vervaltijd af te schatten, moet de ruimtelijke dichtheid van de donkere materie gekend zijn.

Tijdens deze thesis bepaal je de ruimtelijke verdeling van de donkere materie in dwerggalaxieën aan de hand van state-of-the-art numerieke simulaties van hun vorming en evolutie. Daaruit leid je een voorspelling af voor het gammastraalsignaal dat kan verwacht worden van de dwerggalaxieën in de buurt van de Melkweg. Tot nu toe heeft de Fermi ruimtetelescoop nog geen dergelijk signaal waargenomen maar door de gevonden bovenlimieten te combineren met je simulaties zal je op z'n minst in staat zijn realistische limieten te plaatsen op de eigenschappen van het donkere-materiedeeltje. Dit is origineel onderzoek dat, mits goed uitgevoerd, aanleiding kan geven tot een wetenschappelijke publicatie.



Shadowfax is een nieuwe simulatiecode die ontwikkeld werd door onze onderzoeksgroep. De code bestaat uit een klassieke N-body integrator voor de zwaartekracht en een gloednieuwe hydrodynamische integrator gebaseerd op een bewegend Voronoïrooster. Dit is een volledig nieuwe techniek om de vergelijkingen van de hydrodynamica door te rekenen, met aantrekkelijke numerieke eigenschappen die zeer realistische simulaties van de vorming en evolutie van sterrenstelsels toelaten. Het doel van deze thesis is om aan de slag te gaan met Shadowfax voor een aantal hydrodynamische testsimulaties. In de eerste plaats is het de bedoeling om uit te zoeken hoe de resultaten van deze testsimulaties variëren met de gebruikte resolutie en welke resoluties nodig zijn voor convergentie.



Vervolgens wordt dit convergentiegedrag vergeleken met het convergentiegedrag van andere hydrodynamische codes, die gebruik maken van SPH of een vast grid.

Dan kan het echte werk beginnen: simulaties van geïsoleerde dwerggalaxieën waarin gaskoeling, stervorming, supernova-explosies, enz. zijn opgenomen. Opnieuw is het de bedoeling de performantie van Shadowfax te vergelijken met identieke SPH-simulaties. De superieure resolutie van Shadowfax zal, veel beter dan SPH, toelaten de structuur van het turbulente, fractale interstellair medium van dwerggalaxieën kwantitatief te bestuderen en met de waarnemingen te vergelijken.

Basiskennis van C++ is voor dit onderwerp mooi meegenomen maar niet noodzakelijk. De meeste testsimulaties kunnen gelopen worden op onze eigen rekennodes, maar er zal ook gebruik gemaakt worden van de HPC-cluster in gebouw S10. Deze thesis is dus iets voor iemand die graag programmeert en die het wel eens leuk zou vinden om de rekenkracht van een supercomputer te hanteren. Bovendien zijn de meeste testsimulaties uitermate geschikt om mooie visualisaties te maken waarmee je al eens kan uitpakken als iemand vraagt wat je doet voor je thesis.

• Waarom hebben schijfgalaxieën spiraalarmen?

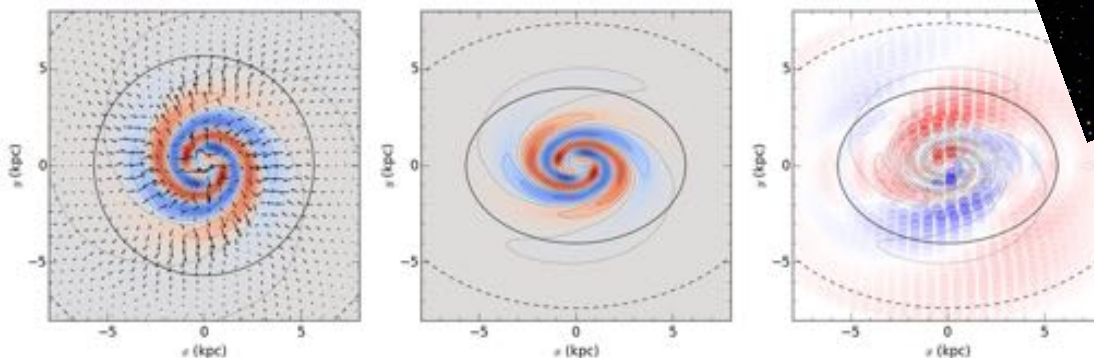
Ondanks bijna een eeuw onderzoek is deze vraag nog steeds onbeantwoord: schijfgalaxieën blijken inventiever te zijn dan de astronomen die ze bestuderen.

Een gedetailleerde analyse van numerieke simulaties van schijfgalaxieën heeft recent tot het inzicht geleid dat spiraalarmen de baanverdeling van de sterren zo zouden kunnen veranderen dat de sterschijf spontaan nieuwe spiraalarmen gaat ontwikkelen. Spiraalstructuur zou in dat geval "zelf-voortbrengend" zijn: elke generatie spiralen brengt een volgende generatie voort. Het is nog niet duidelijk of dit idee werkt omdat het zeer moeilijk is om N-bodysimulaties correct fysisch te interpreteren.

In samenwerking met Prof. V. Debattista (University of Central Lancashire, UK) onderzoeken we of de hierboven geschetste theorie steek houdt en welke dynamische processen het spiraalpatroon dan wel toelaten een volgende generatie spiralen voort te brengen. Met behulp van onze computercode pyStab kunnen we het spectrum aan eigenmodes van een schijfgalaxiemodel bepalen en de eigenschappen van de spiraalmodes berekenen. Met pyStab willen we onderzoeken

- of latere-generatiespiralen eigenmodes zijn van de door voorgaande spiralen veranderde sterschijf
- hoe die veranderingen precies spiraalgolven opwekken
- hoe vaak de generaties spiralen elkaar kunnen opvolgen.

Dit is origineel onderzoek dat, mits goed uitgevoerd, aanleiding kan geven tot een wetenschappelijke publicatie.



Links: met pyStab berekende sterddichtheid van een twee-armig spiraalpatroon (rood: positief, blauw: negatief); de pijltjes geven weer hoe het patroon de snelheden van de sterren wijzigt. De corotatiestraal wordt weergegeven met een volle lijn; de buitenste Lindblad-resonantie met een streepjeslijn. Midden: hetzelfde patroon gezien onder een inclinatie van 45°.

De rechter figuur toont hoe het patroon

de geprojecteerde snelheid van de sterren wijzigt: rood betekent dat de sterren een extra snelheidscomponent van ons weg hebben; blauw betekent een extra snelheidscomponent naar ons toe.

• Verder ...

Je kan al deze onderwerpen (en nog andere) nog eens op je gemak nalezen op <http://www.astro.ugent.be/sdr/thesis.html>

