

Onderzoek van de onderzoeksgroep Dwerggalaxieën

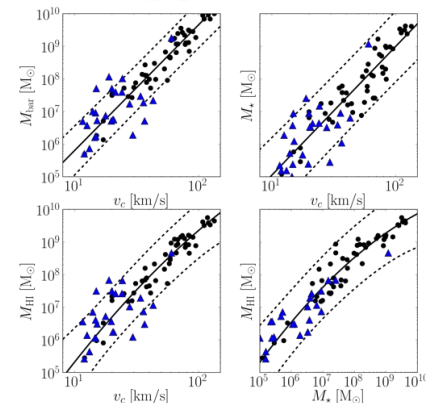
Simulaties van dwergsterrenstelsels

Wij onderzoeken de vorming en evolutie van de allerkleinste sterrenstelsels met behulp van computersimulaties waarin – hopelijk – alle fysische processen verwerkt zitten die een rol spelen bij galaxie-evolutie (o.a. stervorming, supernova-explosies, nucleosynthese in sterren, gaskoeling door straling, galaxieversmeltingen, enz.). De sterrenstelsels die gevormd worden in deze simulaties worden zorgvuldig vergeleken met de waarnemingen om zo het gangbare Λ CDM model voor kosmische structuurvorming te testen. Verschillen tussen simulaties en observaties kunnen erop wijzen dat

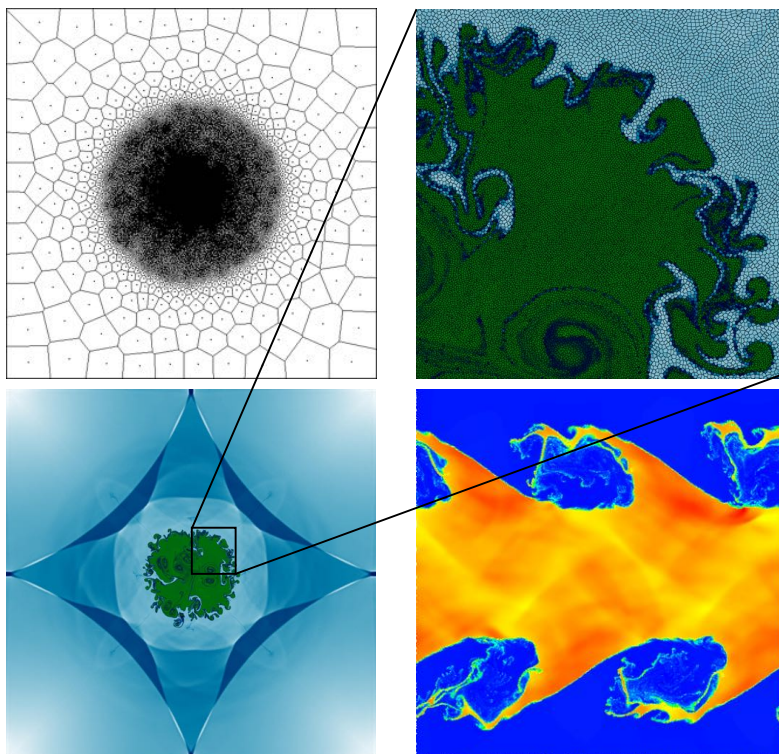
- ofwel het kosmologisch Λ CDM model fout is,
- ofwel niet alle fysische processen in de simulaties zijn opgenomen,
- ofwel de simulaties niet correct met de waarnemingen worden vergeleken.

Om beide laatste opties zoveel mogelijk uit te sluiten, is onze simulatiecode aan continue uitbreiding en verbetering onderworpen (zo hebben we recent de invloed van de allereerste generatie sterren die na de Big Bang gevormd worden, de zogenaamde Populatie III sterren, in de simulaties opgenomen) en bootsen we zo getrouw mogelijk de observatieve methodes na bij het analyseren van de simulaties. Dat laatste is trouwens iets waarin onze onderzoeksgroep een wereldwijde koploper is.

Kort samengevat doen we fundamenteel onderzoek naar processen die belangrijk zijn in galaxievorming en –evolutie en testen we de geldigheid van het standaard model van de kosmologie.



De massa in sterren (M_*), atomair waterstofgas (M_{HI}), gewone materie ($M_{\text{bar}} = M_* + M_{\text{gas}}$), in functie van de maximale cirkelsnelheid v_c , een proxy voor de totale massa van een galaxie, inclusief donkere materie. Zwart: waargenomen galaxieën, blauw: gesimuleerde galaxieën.



Om onze computersimulaties te kunnen uitvoeren, is een accurate computercode nodig. De basisingrediënten van een dergelijke code zijn de zwaartekracht (waaraan zowel sterren, gas, als donkere materie onderworpen zijn) en de hydrodynamica (die de beweging van het gas beïnvloedt).

Doorgaans worden de hydrodynamische vergelijkingen opgelost aan de hand van een adaptief maar verder statisch rooster (Adaptive Mesh Refinement; **AMR**) of met "uitgesmeerde" deeltjes die de "flow" van het gas automatisch volgen (Smoothed Particle Hydrodynamics; **SPH**). Beide aanpakken hebben voor- en nadelen. SPH is bij constructie Lagrangiaans en er wordt dus automatisch een hogere resolutie bereikt in de dichte gebieden. SPH heeft jammer genoeg moeite met bvb. sterke dichtheidscontrasten.

Een andere aanpak die de laatste jaren werd ontwikkeld, maakt gebruik van een ongestructureerd, meebewegend rooster, bijvoorbeeld een Voronoibetegeling van de ruimte. Deze aanpak heeft hetzelfde Lagrangiaans karakter als SPH maar behoudt de sterktes van de roosteraanpak van AMR.

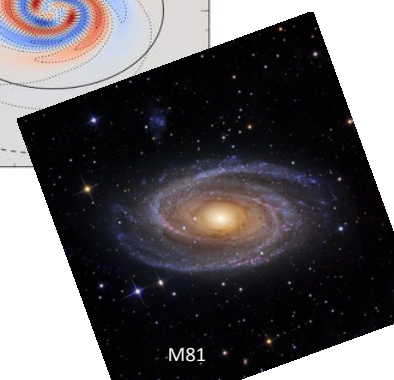
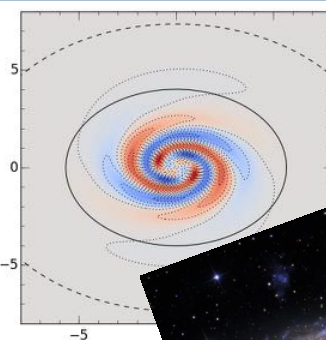
De publieke code **Shadowfax** is zo een "moving-mesh"-code die wordt ontwikkeld in onze onderzoeksgroep. Momenteel wordt deze code verder uitgebreid met de nodige fysica om galaxievormingssimulaties te kunnen uitvoeren.

Spiraalstructuur in schijfgalaxieën

De spiraalstructuur in een schijfgalaxie zoals onze Melkweg dankt zijn bestaan aan de tweede wet van de thermodynamica. Spiralen laten een sterrenstelsel toe zijn symmetrie te breken waardoor de binnenste gebieden van de galaxie kunnen samentrekken en de buitenste gebieden kunnen expanderen. Op die manier wordt energie getransporteerd van de "warme" binnenste regionen naar de "koude" buitenste zones, conform de tweede wet. Daarvoor is wel samenwerking nodig tussen sterren op naburige bijna-cirkelvormige banen en die wordt dan weer gecoördineerd door de gravitationele interacties tussen de sterren.

Hoewel de fundamentele bestaansredenen van spiraalstructuur gekend is, is het veel minder duidelijk hoe schijfgalaxieën het precies klaarspelen om hun sterren in de pas te laten lopen en gedurende miljarden jaren samen spiraalpatronen te onderhouden. Het is zelfs nog niet duidelijk hoe lang spiralen precies blijven bestaan: zijn ze langlevend (persistent) of kortlevend (transiënt)?

Binnen de onderzoeksgroep is een computercode, **pyStab**, ontwikkeld waarmee de spiraalvormige eigenmodes van schijfgalaxiemodellen kunnen onderzocht worden. Door de berekende eigenschappen van deze modes te vergelijken met de spiraalpatronen in echte galaxieën en in gesimuleerde sterrenstelsels proberen we de vernuftige dynamische processen te achterhalen die schijfgalaxieën inzetten om dergelijke fotogenieke spiraalstructuren te ontwikkelen.



M81