



UNIVERSITEIT
GENT

Prof. Maarten Baes

Campus Sterre S9

Verborgen in de schaduw: Donkere HI-wolken

Probleemstelling

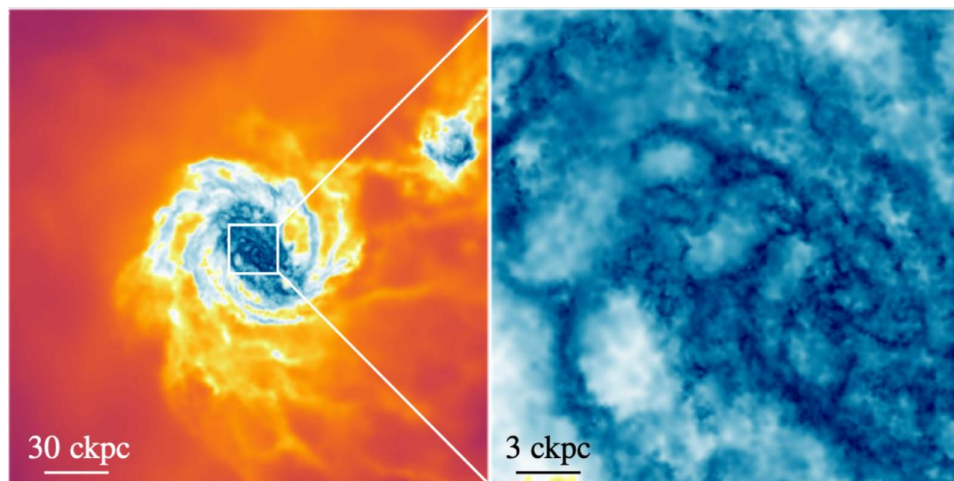
Atomair waterstof (HI) kan gemakkelijk waargenomen worden in nabije sterrenstelsels, via zijn 21-cm lijn in het radiogebied. De waargenomen 21-cm flux wordt meestal direct omgezet naar een totale HI massa voor het sterrenstelsel onder studie, waarbij men een cruciale aanname maakt: elk foton dat door een waterstofatoom wordt uitgezonden, ontsnapt het sterrenstelsel zonder opnieuw geabsorbeerd te worden door andere waterstofatomen (dit is de "optisch dunne aanname"). Aangezien koude gaswolken in het interstellair medium 21-cm straling kunnen absorberen, is dit niet noodzakelijkerwijs waar. Vandaag de dag is nog niet bekend hoeveel HI op deze manier "verborgen" is in nabije sterrenstelsels. Simulaties van sterrenstelsels zouden deze vraag kunnen beantwoorden, maar alleen als ze in staat zijn de koude wolken in het interstellair medium ruimtelijk op te lossen. Met de release van de FIREBOX-simulatie in 2022, is een dergelijke studie nu voor het eerst mogelijk.

Doelstelling

De student zal de emissie en absorptie van 21-cm fotonen onderzoeken voor een grote (~1000 objecten) steekproef van gesimuleerde sterrenstelsels uit de FIREBOX-simulatie. Hiertoe zullen er synthetische 21-cm waarnemingen gecreëerd en geanalyseerd worden, gebruik makend van de stralingsoverdrachtscode SKIRT (ontwikkeld door ons onderzoeksteam). Het doel van deze thesis is om vast te stellen hoeveel HI verborgen is in het interstellair medium, en of deze verborgen HI-fractie afhangt van de eigenschappen van het gaststelsel (zoals zijn stellaire massa, inclinatie,...). Deze resultaten zullen zeer nuttig blijken voor observationele studies, om nauwkeurige HI-massa's te bekomen voor nabije sterrenstelsels.

Promotoren

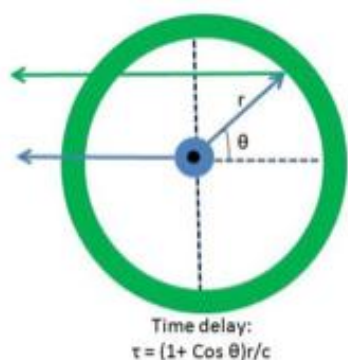
Andrea Gebek en Maarten Baes



'Reverberation mapping' simulaties van actieve galactische kernen

Probleemstelling

Actieve galactische kernen (Engels: active galactic nuclei; AGN) zijn de extreem heldere centrale regio's van sterrenstelsels, die aangedreven worden door de accretie van gas en stof op een supermassief zwart gat. Momenteel is het niet mogelijk om AGN ruimtelijk op te lossen in waarnemingen, vanwege hun compactheid en grote afstanden. De meest effectieve manier om de omgeving van AGN in kaart te brengen, is om licht-echo's (Engels: reverberations) te gebruiken, die ontstaan wanneer het licht van de accretieschijf wordt gereflecteerd op het omringende materiaal. Wanneer de



helderheid van deze accretieschijf varieert, zal het gereflecteerde licht variëren als reactie hierop. Deze reactie is echter vertraagd met de reistijd van het licht naar de omliggende media, en zo kan deze

vertraging gebruikt worden om de geometrie van de AGN-omgeving in kaart te brengen. Moderne stralingsoverdrachtscodes houden echter geen lichtreistijden bij, en kunnen daarom dit "reverberation mapping" fenomeen niet bestuderen.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om de "reverberation mapping" techniek te bestuderen, door stralingsoverdrachtssimulaties uit te voeren in eenvoudige AGN-geometrieën, en de resulterende lichtcurves te analyseren. Finaal zal men beoordelen hoe goed het mogelijk is om informatie te winnen over de AGN-omgeving aan de hand van deze methode. Dit is een computationeel project, gericht op het uitvoeren van Monte Carlo simulaties en het interpreteren van grote hoeveelheden gesimuleerde lichtcurves. Dit project omvat het uitbreiden van de stralingsoverdrachtscade SKIRT, zodat lichtreistijden bijgehouden worden in elke simulaties, wat nodig zal zijn om de gewenste lichtcurves te produceren.

Mobiliteit

Mogelijkheid tot een onderzoeksverblijf in het Astronomisch Observatorium van Belgrado (Servië).

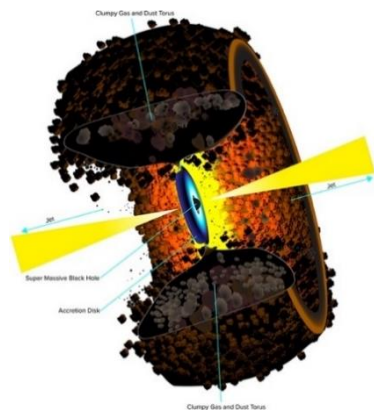
Promotoren

Bert Vander Meulen, Marko Stalevski, en Maarten Baes

Worden actieve galactische kernen verduisterd door hun gaststelsels in de röntgenband?

Probleemstelling

Actieve galactische kernen (Engels: active galactic nuclei; AGN) zijn de extreem heldere centrale regio's van sterrenstelsels, die aangedreven worden door de accretie van gas en stof op een supermassief zwart gat. Een veelbelovende manier om AGN te bestuderen, is om te kijken naar hun röntgenstraling, die informatie bevat over het supermassieve zwarte gat en zijn nabije omgeving. Volgens het 'AGN-unificatiemodel' bestaat er een torusstructuur van gas en stof in het vlak van de accretieschijf, die de



röntgenstraling verduistert afhankelijk van de oriëntatie van de waarnemer. Gas en stof op galactische schaal zou een soortgelijk

effect kunnen hebben op deze röntgenstraling, hoewel men deze bijdrage van het gaststelsel grotendeels verwaarloost in de literatuur. Het correct-in-rekening-brengen van verduistering door het gaststelsels zou een grote impact kunnen hebben op het 'torus' onderzoeksveld, en zou een sterke basis kunnen vormen voor populatiestudies gedreven door waarnemingen.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om de Monte Carlo stralingsoverdrachtscode SKIRT te gebruiken om de röntgen-opaciteit te berekenen voor een set TNG-sterrenstelsels, gezien vanuit het centrum van het stelsel naar buiten toe. 'TNG' is een suite van duizenden gesimuleerde sterrenstelsels, die eenvoudig kunnen geïmporteerd en gepost-processed worden in SKIRT. Dit is een computationeel project, gericht op het post-processen van gesimuleerde sterrenstelsels met SKIRT en het analyseren van grote hoeveelheden gesimuleerde 2D-opaciteitskaarten in Python. Ten slotte zullen de bevindingen geïnterpreteerd worden in het licht van het AGN-unificatiemodel.

Mobiliteit

Mogelijkheid tot een onderzoeksverblijf in het Astronomisch Observatorium van Belgrado (Servië).

Promotoren

Bert Vander Meulen, Andrea Gebek, Marko Stalevski, en Maarten Baes

Röntgenspectra van actieve galactische kernen voorspellen met machine learning op XRISM data

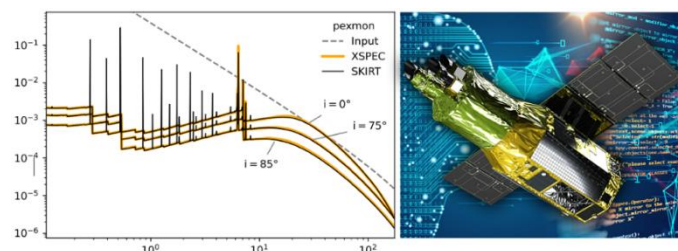
Probleemstelling

Actieve galactische kernen (Engels: active galactic nuclei; AGN) zijn de extreem heldere centrale regio's van sterrenstelsels, die aangedreven worden door de accretie van gas en stof op een supermassief zwart gat. Een veelbelovende manier om het gas en stof rond AGN te bestuderen, is om te kijken naar hun röntgenstraling, aangezien de interacties tussen röntgenstralen en deze materie karakteristieke spectra produceren, die veel informatie bevatten over dit gas en stof (b.v. de Fe Ka-lijn op 6,4 keV en de 'Compton-hump' op 30 keV).

Met een geplande lancering in 2023 is de X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM) voorbestemd om de volgende grote röntgensterrenkunde-satelliet te worden.

Deze JAXA-missie zal een ongekennde spectrale resolutie bieden over de zachte röntgenband (0,4 tot 12 keV), wat een revolutie teweeg kan brengen in ons begrip van

verduistering door gas en stof in AGN. De harde röntgenband zal echter niet gedekt worden door XRISM, hoewel dit bereik interessante spectrale informatie bevat (zoals de 'Compton-hump' rond 30 keV).



Recente ontwikkelingen op het gebied van machine learning bieden nieuwe mogelijkheden om deze ontbrekende informatie uit de harde röntgenband te bekomen. Machine learning-algoritmen kunnen gebruikt worden om modellen te bouwen op basis van beschikbare röntgenspectra, die vervolgens toegepast kunnen worden om het ontbrekende harde röntgengedeelte van het AGN-spectrum te voorspellen aan de hand van de XRISM data.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om gesimuleerde röntgenspectra (over het zachte en harde röntgenbereik) te gebruiken om een machine learning-algoritme te trainen, zodat dit algoritme harde röntgenspectra kan voorspellen op basis van informatie uit de zachte röntgenband, zoals bekomen met XRISM. Dit is een 'data science' project, gericht op het voorbereiden van grote sets beschikbare röntgenspectra voor verdere analyse, het opzetten van een machine learning-model (met behulp van een gebruiksvriendelijk Python-framework) en het interpreteren van de voorspelde resultaten in de context van röntgenreflectie in AGN.

Promotoren

Bert Vander Meulen, Inja Kovacic, en Maarten Baes

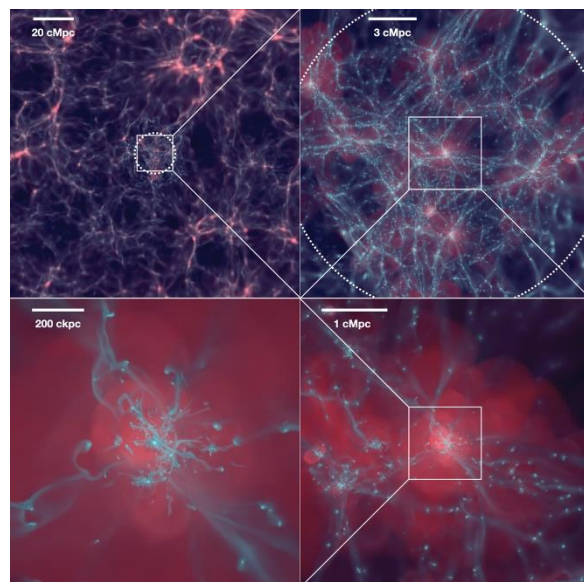
Multi-golflengte eigenschappen van sterrenstelsels in de NewHorizon kosmologische simulatie

Probleemstelling

Kosmologische hydrodynamische simulaties zijn een steeds populairdere methode om de vorming en evolutie van sterrenstelsels te bestuderen. Deze simulaties proberen numeriek alle fysische processen na te bootsen die spelen bij de vorming en evolutie van sterrenstelsels, in een volledig kosmologisch kader. De kracht en betrouwbaarheid van kosmologische hydrodynamische simulaties is de afgelopen jaren enorm toegenomen. De NewHorizon-simulatie is een recente kosmologische simulatie die beschouwd kan worden als de huidige 'state of the art'. Met een resolutie tot 34 pc kan de meerfasige structuur van het interstellair medium worden bestudeerd in een groot aantal sterrenstelsels. Om de simulatie te testen, moet deze vergeleken worden met ware waarnemingen op verschillende golflengten, wat geen triviale taak is.

Doelstelling

De stralingsoverdrachtscode SKIRT ontwikkeld door het UGent team is een veel gebruikt instrument om synthetische multi-golflengte observaties te genereren voor gesimuleerde sterrenstelsels. Het doel van deze thesis is het genereren van realistische synthetische observaties voor de NewHorizon sterrenstelsels met behulp van SKIRT, en deze te vergelijken met ware observaties. Meer specifiek zal de student breedbandfluxen en afbeeldingen genereren van UV- tot mm-golflengten, geselecteerde kleur-kleur relaties en schalingsrelaties berekenen voor de gesimuleerde sterrenstelsels, en deze vergelijken met waargenomen sterrenstelsels. Deze kleur-kleur- en schalingsrelaties vormen een belangrijke test voor de geldigheid (en beperkingen) van de NewHorizon simulatie.



Mobiliteit

Dit project kadert in een samenwerking tussen de UGent en Yonsei University (Seoul, Zuid-Korea). Een onderzoeksbezoek aan Zuid-Korea is mogelijk in het kader van dit project.

Promotoren

Maarten Baes en Sukyoung Yi

Stralingsoverdracht op een ongestructureerd tetraëderrooster

Probleemstelling

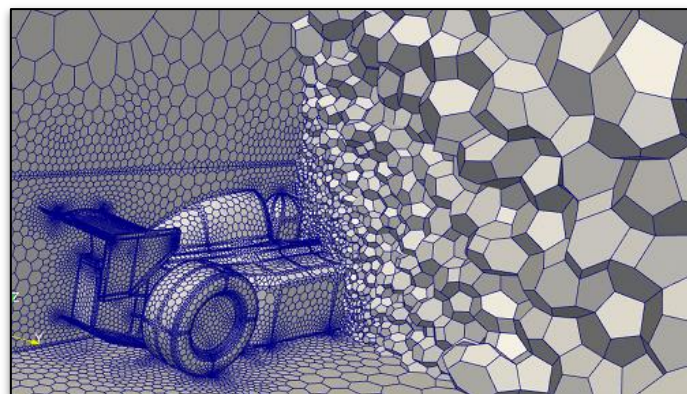
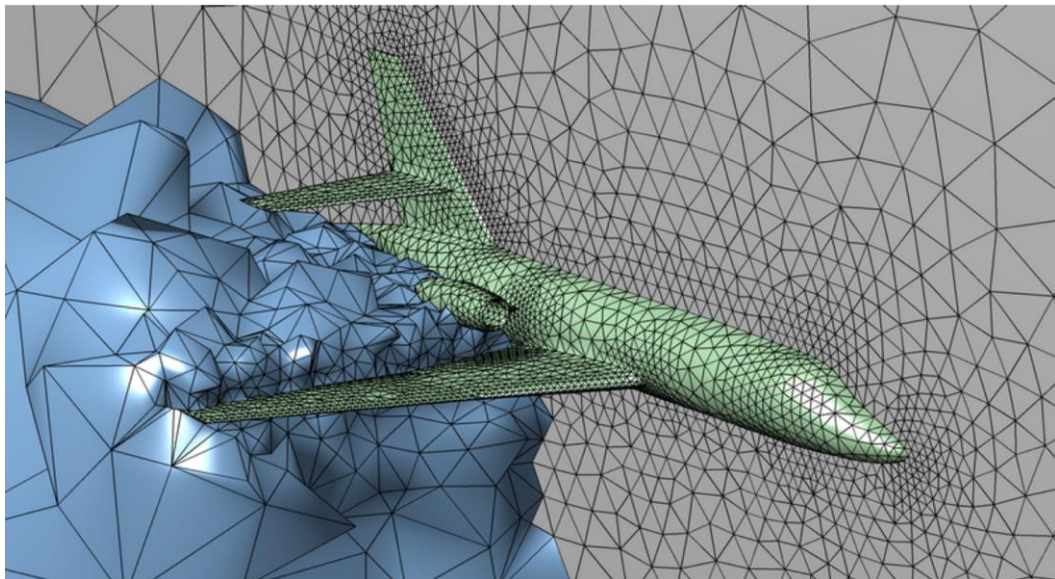
Om de interactie tussen straling en materie te modelleren, gebruiken sterrenkundigen meestal Monte Carlo stralingsoverdrachtscodes. Deze codes volgen een gigantisch aantal fotonen door het te bestuderen systeem, dat is onderverdeeld in kleine cellen. Meestal wordt een regelmatig of 'octree' rooster gebruikt, maar in sommige gevallen zijn ongestructureerde roosters meer geschikt.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om te onderzoeken hoe fotonen zich efficiënt kunnen voortplanten door tetraëderroosters (roosters waarin alle individuele cellen tetraëders zijn), en te bepalen wat de voor- en nadelen van dergelijke roosters zijn in de context van Monte Carlo stralingsoverdrachtssimulaties.

Promotoren

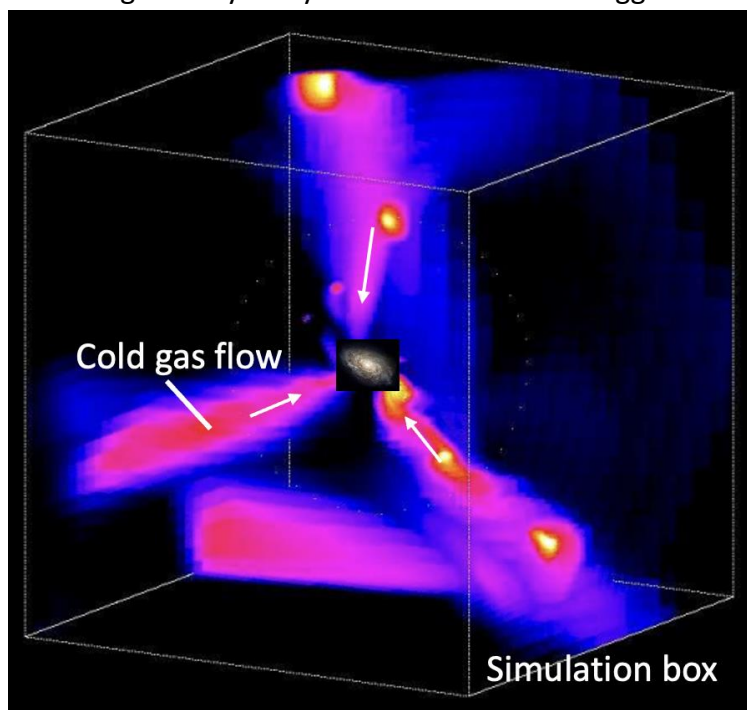
Maarten Baes



De eerste detectie van koude gasstromen in het vroege heelal

Probleemstelling

Het begrijpen van de evolutie van sterrenstelsels door kosmische tijd heen is een van de meest uitdagende onderwerpen in de astrofysica. Een belangrijk punt van discussie is hoe sterrenstelsels koud gas kunnen verwerven om sterren te vormen in het vroege heelal, aangezien dit gas wordt verhit wanneer het in een sterrenstelsel valt. Kosmologische hydrodynamische simulaties suggereren dat filamenten van koud gas,



gedreven door donkere materie, het binnenste van sterrenstelsels kunnen bereiken en sterren kunnen vormen. Aangezien deze koude stromen nauwelijks metalen of moleculen bevatten, maar bestaan uit eenvoudig waterstof- en heliumgas (dat geen heldere emissielijnen heeft), is het uiterst moeilijk om deze stromen waar te nemen. Tot op heden zijn deze gasstromen nog niet

waargenomen, en is het nog onbekend of ze bestonden in het vroege heelal.

Doelstelling

De enige manier om koude gasstromen waar te nemen, is het detecteren van de 21-cm lijn van atomair waterstof in deze gasstromen. In deze thesis onderzoekt men de mogelijkheid om voor het eerst koude gasstromen te detecteren met de Square Kilometre Array (SKA), een toekomstige grote radiotelescoop. Daartoe onderzoekt de student koude stromen in een geavanceerde kosmologische simulatie, TNG100, en analyseert hij de sterkte van het 21-cm signaal van de koude stromen. Het hoofddoel van deze thesis is het beoordelen van de detecteerbaarheid van koude stromen met de SKA-telescoop, bijvoorbeeld door het bepalen van het aantal antennes en de observatietijden die nodig zouden zijn om koude stromen te detecteren.

Promotoren

Kosei Matsumoto, Andrea Gebek, en Maarten Baes

Het effect van de lokale omgeving op de temperatuur van het stof

Probleemstelling

Het karakteriseren van de eigenschappen van kosmisch stof in verschillende omgevingen is essentieel om de fysica van het interstellair medium (Engels: interstellar medium; ISM) te begrijpen. Stofkorrels verstrooien en absorberen ongeveer een derde van het sterlicht in sterrenstelsels, en zenden de geabsorbeerde energie vervolgens uit als thermische straling in het infrarode golflengtegebied. Al deze processen regelen de spectrale energieverdeling van sterrenstelsels, en bijgevolg is het belangrijk om de interactie tussen de stofeigenschappen en het interstellair stralingsveld (Engels; interstellar radiation field; ISRF) in verschillende omgevingen in de ISM te volgen en te kwantificeren.

Doelstelling

De student zal ruimtelijk opgeloste, multi-golflengte afbeeldingen genereren van gesimuleerde sterrenstelsels uit kosmologische hydrodynamische simulaties. Deze synthetische beelden zullen uniform verwerkt, geanalyseerd en vergeleken worden met waarnemingen van nabije sterrenstelsels. De belangrijkste grootheden die de stoftemperatuur beïnvloeden zullen afgeleid worden uit de stofemissie, met behulp van state-of-the-art modelleringscodes zoals DustBFF en CIGALE. Het doel van dit project is om de mechanismen te onderzoeken die de stoftemperatuur regelen, en om de betrouwbaarheid van huidige kosmologische hydrodynamische simulaties te beoordelen.

Mobiliteit

Mogelijkheid tot een onderzoeksverblijf aan het Space Telescope Science Institute (STScI; Baltimore, USA).

Promotoren

Angelos Nersesian, Jérémy Chasten  t, en Maarten Baes



De jacht op verborgen AGN

Probleemstelling

De typische spectrale energieverdeling (Engels: spectral energy distribution; SED) van een actieve galactische kern (Engels: active galactic nuclei; AGN) beslaat een breed golflengtegebied, van röntgenstraling tot infrarood (IR), en wordt gegenereerd door verschillende fysische processen. Hoewel röntgensurveys een betrouwbare detectiemethode vormen voor verduisterde AGN, zullen de meest verduisterde AGN worden gemist, waardoor onze census van de totale AGN-populatie wordt beperkt. Het identificeren van deze sterk verduisterde AGN is een van de meest populairste onderwerpen in de sterrenkunde. Multi-golflengte waarnemingen zouden de detectie van deze AGN mogelijk kunnen maken op basis van hun IR en optische emissie, wanneer het licht van het gaststelsel op een grondige manier in rekening wordt gebracht met behulp van SED-decompositie. Een veelbelovende alternatieve methode suggereert dat CO-absorptielijnen in het nabije-IR golflengtegebied gebruikt kunnen worden om verduisterde AGN te identificeren.

Doelstelling

Het doel van dit project is het simultaan en zelfconsistent modelleren van AGN SED's van röntgen tot IR met de SED fitting code 'CIGALE', en het loskoppelen van de AGN emissie van die van het gaststelsel, op zoek naar verborgen AGN. Afhankelijk van de voortgang van het project kan een andere methode worden overwogen, door het verband te onderzoeken tussen sterrenstelsels met CO-absorptielijnen en verduisterde AGN.

Promotoren

Angelos Nersesian, Kosei Matsumoto, en Maarten Baes





UNIVERSITEIT
GENT

Prof. Ilse De Looze

Campus Sterre S9

Uit de duisternis: het achterhalen van de stellaire massa van stoffige bronnen met een hoge roodverschuiving

Probleemstelling

Infrarooddetecties van stoffige sterrenstelsels in het vroege heelal hebben ons beeld van de optisch gedetecteerde sterrenstelsels met hoge roodverschuivingen aangevuld en hebben aangetoond dat het vroege heelal verschillende extreem stoffige sterrenstelsels herbergt zonder een tegenhanger in het UV of optische golflengten. Dit maakt het erg moeilijk om de massa en de leeftijd van deze sterrenstelsels te schatten, aangezien het stofemissiespectrum met hoge optische diepte ongevoelig is voor het spectrum van de lokale sterrenpopulatie. Zonder de stellaire massa en stervormingsactiviteit in deze stoffige bronnen goed te kunnen inschatten, is ons huidige beeld van de vorming van sterrenstelsels vertekend.

Doelstelling

Je zal een reeks fysiek gemotiveerde stralingsoverdrachtsmodellen uitvoeren met de SKIRT-stralingsoverdrachtscode om de waargenomen spectrale energieverdelingen van bronnen met een hoge roodverschuiving te corrigeren voor de extinctie door stof, en om de stellaire massa's en leeftijden van deze sterrenstelsels in het vroege heelal te achterhalen. Hun hoge optische diepte zou enorme stellaire populaties kunnen verbergen, waardoor de veronderstelde verdeling van de stellaire massa's van sterrenstelsels mogelijk vertekend wordt doordat enkele van de meest massieve sterrenstelsels in het vroege heelal worden gemist. Verschillende van deze sterrenstelsels met hoge roodverschuivingen zullen ook worden waargenomen met de James Webb Space Telescope, waardoor een directe vergelijking van de resultaten van de thesis met waarnemingen mogelijk wordt.

Promotoren

Ilse De Looze



Het bepalen van stof evolutie in semi-analytische modellen van sterrenstelsel formatie

Probleemstelling

De stof abundantie in het interstellair medium spelen een fundamentele rol in fysica binnen sterrenstelsels, de chemische evolutie van materie en de absorptie en terugstraling van stellair licht. Het is dus van belang om een complete diagnose van de fysische stofeigenschappen en hoe die verbonden zijn aan de eigenschappen van sterrenstelsels.

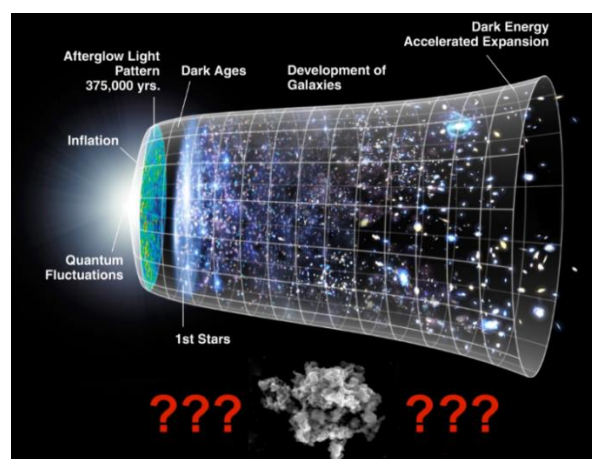
Dankzij de toename in waarneembare indicatoren tot hoge roodverschuiving is er de laatste jaren een golf aan theoretische onderzoeken die de stof abundantie in sterrenstelsels vastleggen. Deze studies gebruiken echter verschillende modellen voor de baryonische cyclus (bijv. formatie van sterren, de gasstromen naar een sterrenstelsel, de ontwikkeling van zwarte gaten, stellaire en AGN feedback) en voorkomen een daadwerkelijke vergelijking tussen verschillende methodes voor het modelleren van stofevolutie in sterrenstelsels.

Doelstelling

Het doel van dit project is om te werken aan een framework voor een unieke, state-of-the-art, semi-analytisch model voor de formatie van sterrenstelsels om de impact van verschillende stof evolutie modellen te testen (bijv. formatie van sterrenstof, stof groei in het dichte interstellair medium, stof vernietiging door supernovae) voor het Universum bij hoge roodverschuiving en het hedendaagse. De modelresultaten zullen worden vergeleken met recente data van verschillende surveys (bijv. DustPedia, ALPINE, REBELS). Dit zal de eerste keer zijn waar een grondige vergelijking gemaakt kan worden tussen verschillende stof evolutie modellen beschikbaar in de literatuur voor hetzelfde model voor de evolutie van sterrenstelsels.

Promotoren

Marco Palla en Ilse De Looze



De chemische evolutie van de Melkweg: de kosmische oorsprong van fosfor

Probleemstelling

In het laatste decennia zijn er meerdere surveys en projecten ontwikkeld om de formatie en evolutie van de Melkweg te bestuderen, waaronder een zeer gedetailleerde kaart van de locatie van chemische elementen die onderdeel zijn van het periodiek systeem. Tegelijkertijd is het in kaart brengen van deze chemische elementen fundamenteel geweest voor het bepalen van de kosmische oorsprong van deze elementen dankzij vergelijkingen met gedetailleerde model voor de chemische evolutie van sterrenstelsels.

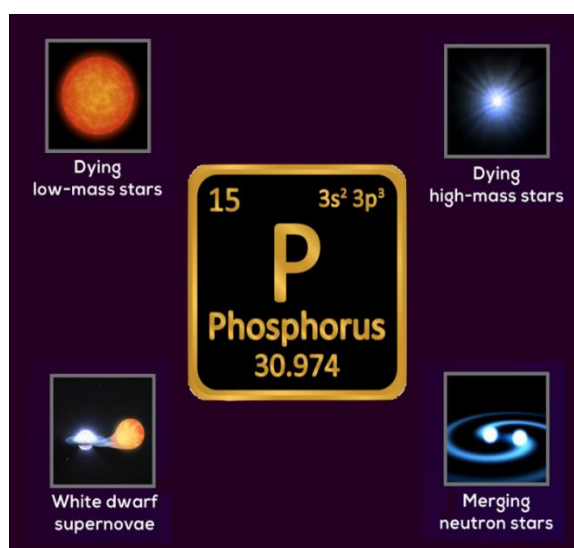
Ondanks dat het een van de 20 meest voorkomende elementen is in het universum, is de kosmische oorsprong van fosfor extreem onzeker. Sterker nog, het gebrek aan detecteerbare optische transitie in sterren voorkomen grootschalige surveys om fosfor in kaart te brengen, wat anders is voor de andere elementen.

Doelstelling

Het doel van dit project is om te werken aan een state-of-the-art chemische evolutie model om de reproduceerbaarheid van de fysische eigenschappen waargenomen in de Melkwegschijf te testen en om de oorsprong van dit lastige element te bestuderen. Met dit doel, zullen we verschillende sets van stellaire productietabellen van verschillende type sterren (AGB sterren, kern-instorting supernovae, Type Ia supernovae) in de modellen implementeren en de resultaten zullen vergeleken worden met de meest recente abundantie beschikbaar in de literatuur (Maas et al. 2022).

Promotoren

Marco Palla en Ilse De Looze



De ster-formatie geschiedenis van lage-Z dwergstelsel via chemische evolutie

Probleemstelling

Zware elementen, zoals koolstof en zuurstof, en stofdeeltjes worden oorspronkelijk gemaakt in sterren via nucleaire fusie, waarvan de hoeveelheid afhankelijk is van het type sterren en wanneer deze sterren zijn gevormd. Hedendaags is de meest voorkomende methode om te bepalen wanneer welke ster is gevormd, ook wel het ster-formatie geschiedenis, is met het fitten van de spectrale energie distributie (SED). SED fitten vergelijkt fluxen van sterrenstelsels in verschillende banden met theoretische emissie modellen. De fluxen worden voornamelijk gebruikt om de



relatieve invloed van jonge sterren, oude sterren gas en stof te bepalen op verschillende golflengte. Deze methode is echter niet gevoelig voor de evolutie van metalen, ergo de som van elementen zwaarder dan helium geproduceerd in sterren. Een methode die deze evolutie wel meeneemt, genaamd chemische evolutie modellen, berekenen de stellaire leeftijden en productie van verschillende elementen in iedere gevormde ster met de metalliciteit op gedefinieerde

momenten in tijd om te bepalen wanneer de sterren het interstellair medium verrijken met verse elementen, maar ze hebben al een ster-formatie geschiedenis en een gasinvoer geschiedenis nodig.

Doelstelling

Het doel van het project is om het ster-formatie geschiedenis te bepalen van lage metalliciteit sterrenstelsels gefocust op de grote en kleine Magelhaense wolken met een chemische evolutie model. We zullen veelvoorkomende wiskundige versies voor het ster-formatie geschiedenis testen en de resultaten vergelijken met SED modellen of waargenomen surveys zoals SMASH, of de geschiedenis van het hele project of voor verschillende gebieden. De student heeft een interesse nodig in de meer wiskundige kant van onderzoek in de evolutie van sterrenstelsels en in het creëren van scripts met Python voor de data reductie.

Promotoren

Stefan van der Giessen, Marco Palla, en Ilse De Looze

Het vergelijken van fotometrische data van simulaties met waarnemingen

Probleemstelling

Het bepalen van de evolutie van sterrenstelsels is een moeilijke taak aangezien sterrenstelsels 10 miljard jaar nodig hebben om te evolueren, terwijl we slechts een moment in deze evolutie kunnen waarnemen. Om niet afhankelijk te zijn van het vergelijken van sterrenstelsels op verschillende roodverschuiving, is de enige manier om de evolutie van sterrenstelsels te bepalen met computersimulaties die de resulterende sterrenstelsels kan vergelijken met de waarnemingen. Op het moment

werken we aan het kalibreren van simulaties door de gesimuleerde fysische eigenschappen gelijk te stellen met die van de waarnemingen door spectrale energie distributies, SEDs, voor de simulaties te creëren via SKIRT. SKIRT is een



stof stralingsoverdracht code die de 3D verdeling van sterren en stof modelleert door de SED van een sterrenstelsel te bepalen met de relatieve bijdrage van jonge sterren, oude sterren, gas en stof, voor een set van fotometrische filters gebruikt door telescopen.

Doelstelling

Voor dit project zullen we onze analyse kalibreren door gebruik te maken voor relaties tussen straling en fysische eigenschappen voor een gesimuleerde Melkweg-achtige sterrenstelsel. We zullen de stellaire massa's, stof massa's, en ster-formatie tempo voor gesimuleerde sterrenstelsels met SKIRT gecreëerde afbeeldingen van de gesimuleerde sterrenstelsels via waargenomen relaties en SED-modellen. De student zal de eigenschappen bepaald via de fotometrie vergelijken met de originele waarden van de simulatie en een waargenomen sterrenstelsel om erachter te komen of we de evolutie parameters zoals het ster-formatie tempo of stofgroei tijdschaal opnieuw moeten kalibreren. De student heeft een interesse nodig in onderzoek naar waargenomen sterrenstelsels en in het creëren van scripts met Python voor de data analyse via SED fitting.

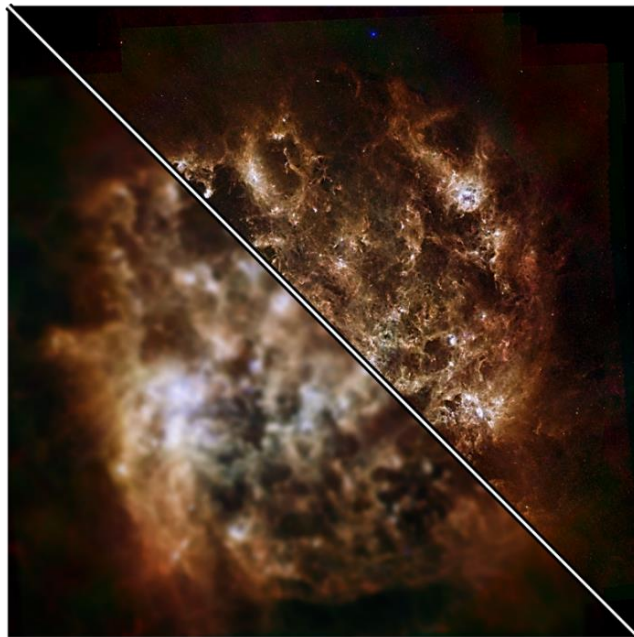
Promotoren

Stefan van der Giessen, Kosei Matsumoto, en Ilse De Looze

Het in kaart brengen van de kleinste stofdeeltjes op hoge resolutie in de Magelhaense Wolken

Probleemstelling

De kwaliteit van de afbeelding van kosmische objecten is gelimiteerd door de eigenschappen van het waarnemende instrument. De Spitzer en Herschel missies hebben ons universum vanuit de ruimte waargenomen, in het infrarode regiem, wat ons toegang heeft gegeven tot een ongelofelijke hoeveelheid aan werk die gedaan moet worden in externe sterrenstelsels. De lancering van JWST brengt nieuwe fronten in afbeeldingskwaliteit die ons uitdagen om ons bestaande en toekomstige werk te controleren.



In het specifieke geval, onze kennis van interstellair stof, kleine stofdeeltjes of vaste materie die tussen de sterren in sterrenstelsels rondvliegen en zich mengt met gas, zal een enorme sprong maken wanneer het ons lukt om waarnemingen op lage en hoge resolutie op de juiste manier te verbinden. In het specifiek, we kunnen ons focussen op de kleinste stofdeeltjes: de koolstofachtige moleculen die het energie van het gas sterk beïnvloeden en die gebonden zijn aan ster formatie. Ondanks hun kleine bijdrage tot de

massa van een sterrenstelsel, spelen deze stofdeeltjes een belangrijke rol binnen de evolutie.

Doelstelling

Voor dit project zullen we de eerste hoge resolutie afbeeldingen creëren van de kleinste stofdeeltjes voor de twee dichtstbijzijnde sterrenstelsels: de kleine en de grote Magelhaense Wolken. Jouw werk zal bestaan uit het verhogen van de resolutie van een belangrijk element binnen de evolutie van sterrenstelsels via bestaande resultaten in de literatuur, zowel waargenomen als theoretische, op een kunstmatige, maar fysisch gemotiveerd methode. Deze resultaten zullen de sterrenkundigen helpen om stofevolutie beter te begrijpen en we zullen de resultaten zelf gebruiken.

Promotoren

Jérémy Chastenot en Ilse De Looze

Het onderzoeken van systematische bias geïntroduceerd in 0D stof modellen

Probleemstelling

Vele eigenschappen van sterrenstelsels zijn verkregen door waarnemingen te vergelijken met theoretische modellen. Specifiek, sterrenkundigen gebruiken vaak de spectrale energie distributies (SED) van sterrenstelsels in het infrarood om de eigenschappen van kleine interstellaire stofdeeltjes te bepalen. Alhoewel deze methode zijn functies heeft bewezen, zal de komst van meer gevoelige, hoge resolutie data beginnen om de grenzen te ontmaskeren van het fitten van stofstraling met fysische, maar simpele, modellen.

Doelstelling

Dit project is bedoelt om de systematische bias geïntroduceerd in ons begrip voor interstellaire stof te kwantificeren via een simpel maar gelimiteerd model. Dit noodzakelijke werk zal belangrijke nuances brengen in bestaand en toekomstig werk. Jij zal de leiding nemen in het gebruiken van een 3D synthetische stralingsoverdracht data kubussen bedoeld voor het reproduceren van werkelijke 3D verdeling van objecten binnen sterrenstelsels Nadat we de gebruikelijke fitmethodes hebben toegepast, zal het mogelijk voor je zijn om het verschil in de resultaten te kunnen onderscheiden van de fysische waarheid.

Promotoren

Jérémy Chastenet, Angelos Nersesian, en Ilse De Looze



Onregelmatig klomp vormen in supernova rest Cassiopeia A

Probleemstelling

De resten van supernova explosies beschikken over de ideale condities om te kijken naar de formatie van stofdeeltjes, en waarnemingen bewijzen de aanwezigheid van stofdeeltjes voor een tiental van supernova resten (SNRs). Echter, de SNRs hebben ook hoogenergetische schokgolven ontvangen die een significant deel van het vers gevormde stof vernietigen. Om de netto stofproductie per supernovae in te schatten, is het belangrijk om hoeveelheid overlevende stof te bepalen. Simulaties van de stofvernietiging in SNRs focussen op de wolk-verpulvering scenario waar een klomp aan gas en stof met een overdichtheid een schokgolf ontvangt. Het stof overlevingspercentage van deze klomp is sterk afhankelijk van de omstandigheden van het omringende gas en van de klomp eigenschappen. Tot nu toe gaan de modellen uit van een sferische homogene klomp zonder enige vormen. Echter, recente waarnemingen met de James Webb Space Telescope (JWST) laten zien dat klompen in SNR Cassiopeia A willekeurige vormen hebben, van complexe filamenten tot lange compacte kegels. Het is te verwachten dat de klompvorm een significant impact heeft op de stof overlevingspercentage, alhoewel het nog een open vraag is hoe groot de impact is.



Doelstelling

In dit master thesis project zal jij het overlevingspercentage van stof in een SNR met onregelmatige klompen. Je zal hydrodynamische simulaties uitvoeren met de code AstroBEAR om de gechoqueerde gas klompen die lijken op die van Cassiopeia A te simuleren. Door gebruik te maken van de post-processie code Paperboats kunnen we het stof overlevingspercentage en stofverdelingen berekenen. De verwachte resultaten zullen ons helpen met het interpreteren van waarnemingen van Cassiopeia A en de huidige stofvernietiging in de SNR.

Promotoren

Florian Kirchschrager, Nina Sartorio, en Ilse De Looze

De Fast en de Furious- de verdeling van extreem-snel roterende stofdeeltjes

Probleemstelling

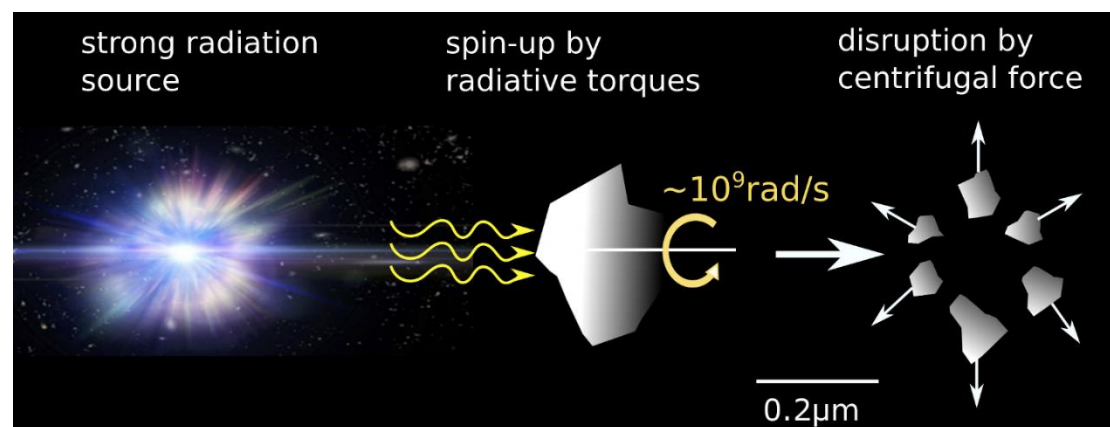
Stofdeeltjes in supernova resten, maar ook in het interstellair medium, bevinden zich in extreme gas omstandigheden. Schokgolven verplaatsen door het medium, versnellen, onderdrukken en verhitten het gas tot extreme temperaturen en vernietigen dus een significant deel van de stofdeeltjes omringt in dit gas. Recente stofvernietiging-simulaties bevatten processen zoals thermische en niet-thermische spetteren (gas-gas interactie) en fragmentatie en verdamping (stof-stof interactie). Echter, deze onderzoeken negeren het feit dat stofdeeltjes zich ook kunnen draaien tot supra thermische rotatie door stochastische mechanische torsies via gas-stof interacties of anisotropische straling. Zulke extreme-snelle rotaties kunnen de kleine stofdeeltjes verpulveren naar kleinere fragmenten omdat de centrifugale stress groter wordt dan de maximale stretch van het stof.

Doelstelling

In dit project zal je het belang van de rotationele storing van stofdeeltjes in supernova resten en in het interstellair medium onderzoeken. Je zal de verschillende oorsprongen van dit effect bestuderen en de rotationele storing van nanometer tot (sub-)micrometer stofdeeltjes analyseren in verschillende omgevingen. Door gebruik te maken van de code Paperboats, zal je de interactie tussen spetteren, stof-stof interactie en rotationele storing onderscheiden. Via het verwijderen van de kleine stofdeeltjes kan rotationele storing direct de kans van het overleven van stof verlagen in regio's die een schokgolf ondergaan. Echter, het verlaagde aantal kleine stofdeeltjes verlagen ook de efficiëntie van de stof-stof interacties, waardoor het overlevingspercentage toeneemt. Het zal interessant zijn om te zien welke van deze effecten dominant zal zijn.

Promotoren

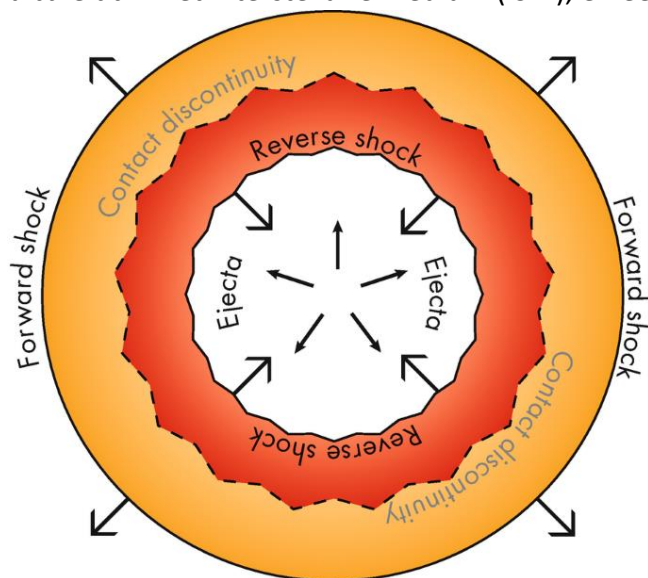
Florian Kirchschrager en Ilse De Looze



Analytische modellering van de achterwaartse schokgolf van supernova's

Probleemstelling

Aan het einde van hun leven ondergaan massieve sterren een supernova-explosie die de omgeving kan verrijken met metalen en een uitstekende locatie is voor de vorming van interstellair stof. Geschat wordt dat een enkele supernova in slechts een paar decennia meerdere honderdduizenden aardes aan stof kan creëren! De belangrijkste vraag is wat er na de vorming met dit stof gebeurt. Een supernova-explosie leidt meestal tot de vorming van twee schokgolven: een voorwaartse schokgolf, die zich uitbreidt in het interstellaire medium (ISM), en een achterwaartse schokgolf, die door



de ejecta beweegt. Hoewel de expansie van de voorwaartse schokgolf goed wordt begrepen, kan hetzelfde niet worden gezegd van de achterwaartse schokgolf. De meeste hydrodynamische simulaties introduceren tegenwoordig kunstmatig een bolvormige laag met omstandigheden die verschillen van zowel het ISM als de ejecta om de productie van een achterwaartse schokgolf te forceren en vervolgens de

parameters aan te passen om te proberen de waarnemingen te fitten. Dit is een probleem, niet alleen omdat we graag willen begrijpen hoe de achterwaartse schokgolf ontstaat, maar ook omdat deze achterwaartse schokgolf een van de belangrijkste potentiële vernietigers is van nieuw gevormd stof.

Doelstelling

In dit project ga je dieper in op de huidige implementatie van de achterwaartse schokgolf en de gevoeligheid ervan voor veranderingen in parameters. Op basis van dit onderzoek zullen we vervolgens een nieuw, verbeterd recept ontwikkelen en enkele 2D hydrodynamische simulaties uitvoeren om oude en nieuwe modellen te vergelijken.

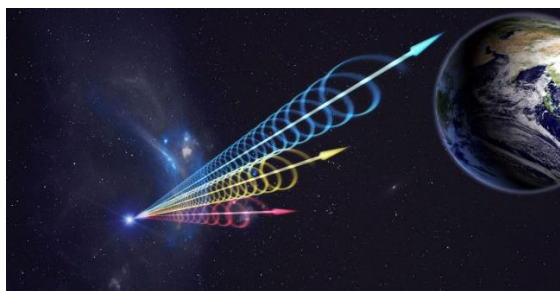
Promotoren

Nina Sartorio en Ilse De Looze

Traceren van Fast Radio Bursts doorheen de kosmologische tijd

Probleemstelling

Fast Radio Bursts (FRB's) zijn korte (~ 1 ms lang) uitbarstingen op radiogolflengten die afkomstig zijn van buiten ons melkwegstelsel. FRB's zijn uitstekende kosmologische meetinstrumenten omdat hun signaal dispersie ondergaat door de vrije elektronen die tussen de bron en de waarnemer liggen. Omdat de bronnen extragalactisch zijn, is de belangrijkste bijdrage aan deze dispersie het geïoniseerde gas in het intergalactische medium (IGM). De mate waarin het signaal dispersie ondergaat, ook wel de dispersiemaat (DM) genoemd, stelt ons in staat om de geïntegreerde elektronenkolomdichtheid te onderzoeken en zo de ionisatietoestand van het IGM te onderzoeken. Metingen van DM's van gelokaliseerde FRB's met hoge roodverschuiving



kunnen ons dus helpen reïonisatie te dateren. Er zijn al honderden FRB's gedetecteerd en hoewel er geen FRB's zijn waargenomen uit het tijdperk van reïonisatie, verwachten voorspellingen dat ~ 100 FRB's per dag vanaf $z > 6$ zullen worden waargenomen met SKA als het

aantal FRB's wordt geëxtrapoleerd als een functie van de stervormingssnelheid. FRB's zijn een nieuwe bron van kosmologische informatie en kunnen worden gebruikt om de baryoninhoud van het heelal te meten. Als ze tijdens de eerste miljard jaar van de kosmische geschiedenis worden geproduceerd, kunnen FRB's worden gebruikt om het tijdperk van reïonisatie te onderzoeken. Op dit moment zijn er echter geen FRB's ontdekt die verder gaan dan roodverschuiving $z = 3$, gedeeltelijk als gevolg van beperkingen van de waarnemingen die in de toekomst zullen verbeteren. Om ten volle te profiteren van wat hypothetische FRB's met een hoge roodverschuiving zouden kunnen bieden, zouden we een aantal van hen moeten detecteren met een hoge roodverschuiving. Omdat het nog grotendeels onbekend is wat de bronnen van FRB's zijn, is de verwachte populatie van FRB's op hoge roodverschuiving onbekend.

Doelstelling

Onlangs werd vanuit de galactische magnetar SGR 1935+2154 een FRB-achtig signaal waargenomen, zij het met iets minder energie. Dit is de eerste en enige directe aanwijzing die we hebben over FRB-bronnen. Hoewel het niet zeker is dat magnetars de enige astrofysische bronnen zijn die dergelijke signalen kunnen produceren, is het niet onredelijk om aan te nemen dat een deel ervan zal leiden tot FRB's. In dit project ga je een model bouwen van de magnetarpopulatie op hoge roodverschuiving om het verwachte aantal FRB's op hoge roodverschuiving te schatten.

Promotoren

Nina Sartorio en Ilse De Looze



UNIVERSITEIT
GENT

Prof. Sven De Rijcke

Campus Sterre S9

De Metropolis radiative-transfermethode in deelnemende media

Probleemstelling

De Metropolis Light Transport (MLT) methode werd voor het eerst geïntroduceerd door Veach and Guibas (1997) in computer graphics. In plaats van de meer traditionele Monte-Carlo integratie, gebruikt de MLT techniek het Metropolis-Hastings algoritme om een reeks statistisch gecorreleerde lichtpaden te genereren. Eens een belangrijk lichtpad gevonden is, zal het algoritme zo op een natuurlijke manier de regio daarrond verkennen. Deze eigenschap maakt de MLT techniek zeer geschikt in situaties waar de bulk van de stralingsoverdracht gebeurt langs een klein deel van alle mogelijke lichtpaden.

In tegenstelling tot computer graphics, spelen in astrofysische stralingsoverdracht simulaties deelnemende media (verstrooiing, absorptie, emissie) bijna altijd een belangrijke rol. Dit maakt de originele formulering van het MLT algoritme onbruikbaar. Nieuwere methodes zoals Primary Sample Space MLT (PSSMLT, Kelemen et al., 2002) of Multiplexed MLT (MMLT, Hachisuka et al., 2014) zijn eenvoudiger uitbreidbaar naar settings met deelnemende media.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om de MLT techniek uit te breiden voor gebruik in simulaties met deelnemende media en na te gaan of deze methode een interessant alternatief kan zijn in situaties waar traditionele Monte-Carlo stralingsoverdrachtsmethodes ontoereikend zijn.

Promotoren

Sven De Rijcke en Yolan Uyttenhove

De programmeertaal Rust in fysische simulaties: voordelen en uitdagingen

Probleemstelling

Simulaties spelen een cruciale rol in fysica en sterrenkunde aangezien onderzoekers zo complexe fenomenen kunnen bestuderen die niet zomaar experimenteel kunnen waargenomen worden. Door de resultaten van simulaties te vergelijken met observationele data kunnen onderzoekers ook de geldigheid van de gebruikte modellen testen om zo een dieper begrip te krijgen van de fysische processen die een rol spelen. Om zo groot of gedetailleerd mogelijke simulaties te kunnen doen, is efficiëntie uiterst belangrijk. Traditioneel wordt dan ook vaak gekozen voor systeemprogrammeertalen zoals C, C++ of Fortran. Die zijn echter niet zonder problemen. C en C++ zijn gevoelig voor geheugen gerelateerde fouten zoals buffer overflows, dangling pointers, enz. die kunnen leiden tot crashes en verkeerde resultaten. C en Fortran missen moderne features en syntax van nieuwere programmeertalen, waardoor het moeilijker kan zijn om onderhoudbare en schaalbare code te schrijven. Rust is een relatief nieuwe systeemprogrammeertaal met moderne features zoals memory safety zonder garbage collection, zero-cost abstractions, type safety en een moderne syntax. Dit zou het eenvoudiger moeten maken om betrouwbare, schaalbare en onderhoudbare code te schrijven in Rust in vergelijking met C, C++ en Fortran en maakt Rust dus een interessante optie voor fysische en sterrenkundige simulaties. Programmeren in Rust is echter ook niet zonder uitdagingen (bv. geen shared mutable state).

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om na te gaan wat de voor- en nadelen zijn van de programmeertaal Rust voor fysische en/of sterrenkundige simulaties. Hiervoor bestudeer je een bestaande simulatiecode, geschreven in C, C++ of Fortran en ga je ter vergelijking een subset van de functionaliteit van die code herimplementeren in Rust.

Promotoren

Sven De Rijcke en Yolan Uyttenhove

Hybride stralingsoverdracht op een grid

Probleemstelling

De Monte-Carlo methode voor stralingsoverdracht simuleert individuele fotonpakketten en hun interacties met een medium. In optisch dichte gebieden wordt de gemiddelde vrije padlengte van zo'n fotonpakket echter zeer klein. Dat wil zeggen dat fotonpakketten extreem veel interacties met het medium ondergaan voor ze uiteindelijk ontsnappen, wat de Monte-Carlo methode inefficiënt maakt. Efficiëntere, maar benaderende methodes bestaan, zoals de diffusiebenadering of moment-based radiative transfer. Het kan interessant zijn om een hybride aanpak te volgen, waarbij de volledige Monte-Carlo-integratie enkel in optisch dichte regio's wordt vervangen door een efficiënte benadering zonder veel aan nauwkeurigheid in te boeten.

Doelstelling

Het doel van deze thesis is om methodes te onderzoeken om over te schakelen tussen de volledige Monte-Carlo integratie en een benaderende methode op de interfaces tussen optisch dunnere en optisch dichte regio's. Concreet: wanneer het medium wordt gediscretiseerd op een grid, zal voor sommige cellen van het grid de stralingsoverdracht gesimuleerd worden met Monte-Carlo integratie en voor andere met een benaderende methode zoals de diffusie benadering of moment based RT. Het is dan cruciaal om op een accurate manier te kunnen schakelen tussen beide methodes op de interfaces tussen grid-cellen.

Promotoren

Sven De Rijcke en Yolan Uyttenhove

Natuurkunde met Physics-Informed Neural Networks (PINNs)

Probleemstelling

De laatste vijf jaar worden diepe neurale netwerken (NN) steeds vaker ingezet om fysisch relevante partiële differentiaalvergelijkingen (partial differential equations, of PDEs), zoals de hydrodynamicavergelijkingen, de Schrödingervergelijking en de Diracvergelijking, op te lossen. Preciezer gezegd: men traint een neurale netwerk om aan een PDE of aan een set van PDEs te voldoen en tegelijk ook aan de opgelegde rand- of beginvoorwaarden te beantwoorden. De literatuur over dergelijke Physics-Informed Neural Networks (of PINNs) groeit momenteel exponentieel. PINNs slagen er in om de sterk niet-lineaire relatie tussen input en output in complexe fysische systemen accuraat weer te geven, ook als het probleem hoogdimensionaal is. Ze vergen geen complexe betegeling van tijd en ruimte (ze zijn 'mesh-free'), ze lijden minder onder de 'curse of dimensionality' (de complexiteit stijgt niet exponentieel met de dimensionaliteit van het probleem), en dankzij de 'automatic differentiation'-techniek (AD) kunnen partiële afgeleiden van de output naar de input accuraat en vlug berekend worden. Met andere woorden: PINNs lijken het gedroomde gereedschap voor elke tak van de natuurkunde waarin PDEs moeten opgelost worden (en in welke tak van de natuurkunde moet dat niet?). Ze kunnen ook gebruikt worden voor inverse problemen zoals het bepalen van de parameters in een PDE gegeven een set van experimentele meetwaarden.

Toch is niet alles rozegeur en maneschijn. De wiskunde achter PINNs staat nog in haar kinderschoenen en veel zaken moeten nog theoretisch worden uitgeklaard. Het is bvb. nog onduidelijk hoeveel lagen of hoeveel neuronen per laag het NN achter een PINN moet hebben voor een optimaal resultaat. Hoe hangen het trainingsproces en het uiteindelijke resultaat af van de activeringsfunctie of de gebruikte optimizer? Dat wordt momenteel met 'trial and error' uitgetoetst. Wel wordt uit de boomende literatuur duidelijk dat PINNs een beloftevolle alternatieve oplossingsmethode bieden voor veel problemen in de numerieke natuur- en sterrenkunde.

Doelstelling

Doel van deze thesis is een aantal gepubliceerde en nieuwe numerieke problemen in de natuur- en sterrenkunde aan te pakken met behulp van PINNs (hydrodynamicavergelijkingen, Schrödingervergelijking, ...). Je implementeert een PDE of een systeem van PDEs in c++ en je traint een PINN om deze op te lossen. Je maakt hierbij gebruik van de reeds in de literatuur verschenen 'best practices'. Je moet natuurlijk niet van nul beginnen: zo is er bvb. libTorch, een C++-pakket waarmee je neurale netwerken kan creëren en trainen. Je experimenteert met de eigenschappen van de PINN (aantal neuronlagen, aantal neuronen per laag, activatiefuncties, optimizer, ...) in functie van de complexiteit en dimensionaliteit van het probleem en je probeert op basis hiervan vuistregels en 'best practices' af te leiden. Sommige belangrijke vergelijkingen in de natuurkunde (zoals de Boltzmannvergelijking) zijn

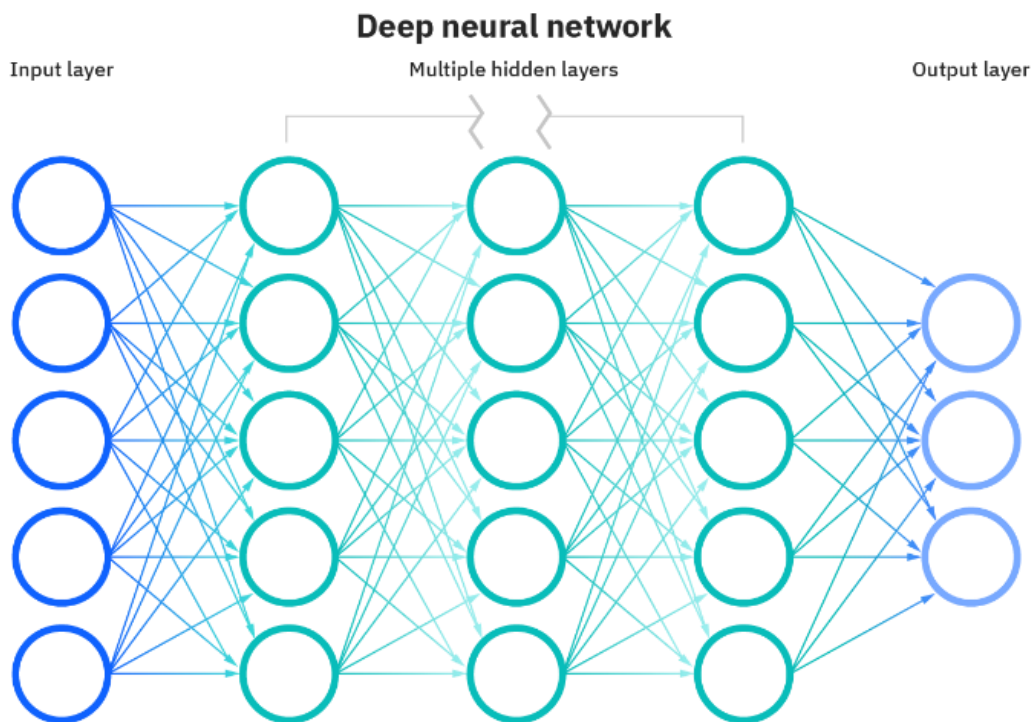
integrodifferentiaalvergelijkingen (integro-differential equations, of IDEs). Je onderzoekt hoe goed PINNs het doen bij het oplossen van IDEs.

Deze thesis levert verschillende types resultaten:

- eerst en vooral los je de PDEs op van enkele bekende fysische problemen, wat je natuurkundige inzichten oplevert,
- bij ontstentenis van een rigoureuze theoretische onderbouw zijn heuristisch afgeleide 'best practices' broodnodig,
- het trainingsproces en het finale PINN-model van een fysisch systeem kunnen aantrekkelijk gevisualiseerd worden om zowel de fysica als de basisprincipes van neurale netwerken aan een niet-expertenpubliek uit te leggen (wat interessant kan zijn voor de educatieve master).

Promotoren

Sven De Rijcke



Quantifying light pollution in the wider Ghent area

Probleemstelling

Light pollution is a consequence of illuminating buildings and roads during the night. Poorly adjusted lighting, or the inevitable reflection of (street) light into the sky, means that nights are no longer dark. Light pollution is also increasing recently, with, moreover, a greater contribution at shorter wavelengths (in blue), including through



the use of certain LED lights. Although satellite images are available with the upwardly directed light, this does not necessarily describe the complex optical situation experienced on the ground. Moreover, the current satellites used for this purpose are quite insensitive to blue light. You can also see this in the satellite image to the right. With this project, we want to quantify light pollution in Ghent. Not only by looking at the total intensity, but also by analysing the spectral distribution of light pollution. Since each

type of lamp has its own optical fingerprint, the spectrum thus also reveals the source of light pollution.

Doelstelling

In this project, you will build a measurement setup based on an available high-sensitivity spectrometer to scan the sky, with a given angular resolution. A previous undergraduate project already provided prototypes and useful insights, so this setup can be realised in a relatively short time frame. You then provide automated processing of the many measured spectra into a sky map. By analysing the spectra, and using reference spectra of types of lamps (LED lamps, sodium lamps, mercury lamps...), you determine the different contributions, as quantitatively as possible. The time evolution during the night can also be determined, depending on weather conditions and light pollution reduction measures (i.e. architectural lighting being switched off at a certain moment). Then you make the link with local sources of light pollution (e.g. Ghelamco Arena, greenhouses VIB, monumental lighting and lighting plan of the city of Ghent, motorway lighting...) and with satellite images. This can be achieved by measuring in different places in and around Ghent, in order to triangulate specific sources. The goal is to go as quantitatively as possible, in order to reach guidelines relevant to policy makers.

Promotoren

Philippe Smet (WE04) en Sven De Rijcke



UNIVERSITEIT
GENT

Prof. Arjen van der Wel

Campus Sterre S9

Een Unieke Gravitatielens op Hoge Roodverschuiving

Probleemstelling

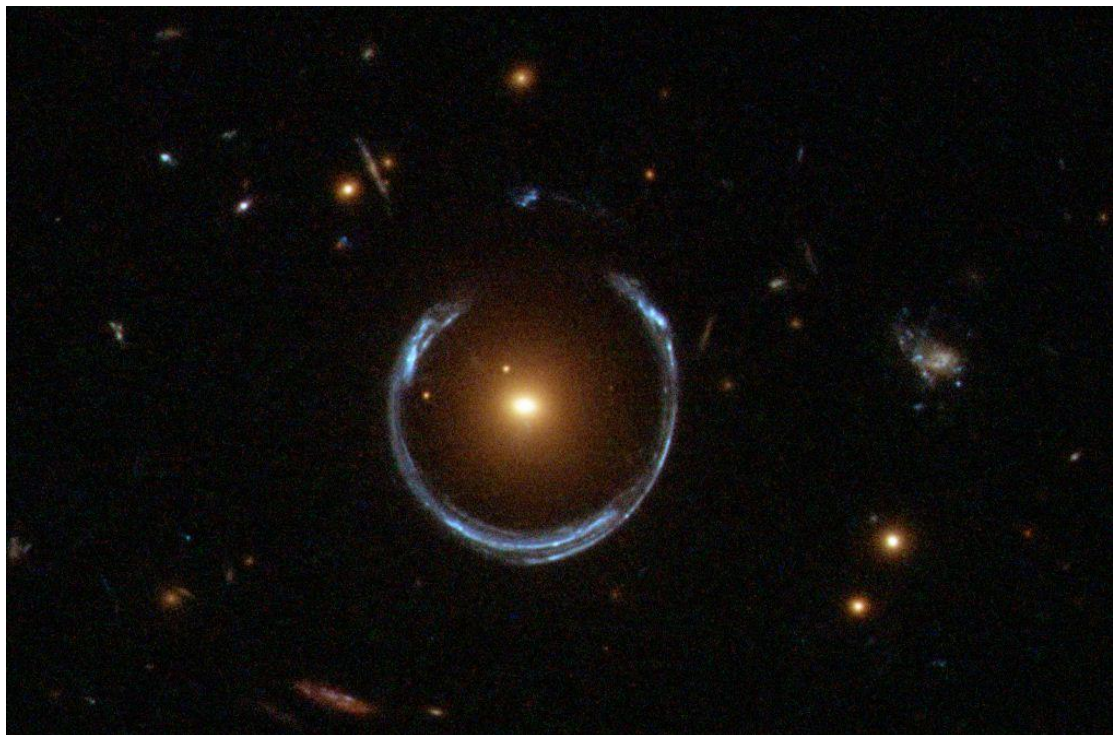
Een unieke gravitatielens met roodverschuiving $z=0.7$ kan ons helpen de compositie en fundamentele eigenschappen van sterrenstelsels beter te begrijpen. Dit specifieke sterrenstelsel ligt op 1 lijn met een verder weg gelegen sterrenstelsel, hetgeen een zogenaamde Einsteinring produceert. De diameter van de Einsteinring vertelt ons, zonder systematische onzekerheden, de massa van het stelsel binnen deze straal. Tezamen met kinematische metingen en schattingen van de stellaire massa kunnen we de absolute massaschaal verkregen via de lens gebruiken om de verschillende bijdragen van sterren en donkere materie te ontrafelen.

Doelstelling

De student zal verscheidene schattingen van massa maken (gravitatielens, kinematica en fotometrie), deze onderling vergelijken om de verschillende componenten (sterren en donkere materie) te onderscheiden. De tools om de analyse uit te voeren bestaan reeds en de uitdaging is om kennis van de verschillende astrofysische aspecten te combineren en een coherent resultaat te presenteren.

Promotoren

Arjen van der Wel



Het Interstellaire Medium van Niet-Stervormende Sterrenstelsels op Roodverschuiving $z \sim 1$

Probleemstelling

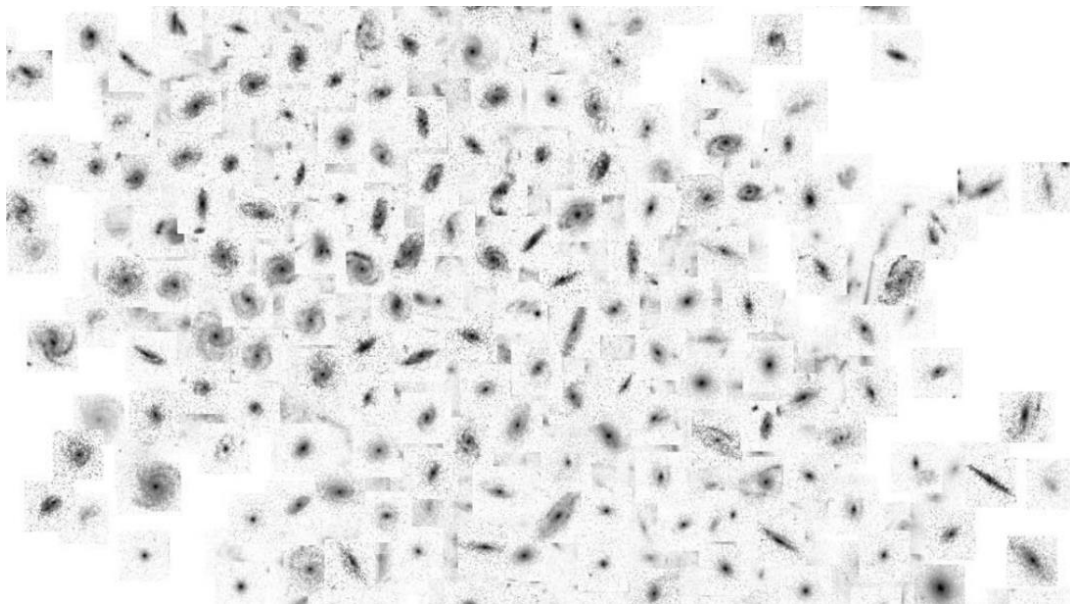
Kosmisch stof is een belangrijk component van het interstellaire medium van sterrenstelsels. Stofdeeltjes absorberen en verstrooien licht bij UV en visuele golflengten, hetgeen het waargenomen licht roder maakt. De geabsorbeerde energie wordt vervolgens via thermische straling in het infrarood weer uitgezonden. De meeste studies van stof in sterrenstelsels op hoge roodverschuiving zijn gelimiteerd tot stervormende stelsels, omdat die stelsels zonder sterrenstelsels doorgaans veel minder stof bevatten. Het interstellair medium van sterrenstelsels zonder veel stervorming is echter veel interessanter dan doorgaans wordt aangenomen.

Doelstelling

De student zal fotometrische en spectroscopische gegevens verzamelen uit bestaande databases van niet-stervormende sterrenstelsels op roodverschuiving $z \sim 1$, geselecteerd uit het LEGA-C waarneemprogramma. Het modelleren van de gegevens met moderne methodes en software pakketten (zoals Prospector en CIGALE) lvert vervolgens schattingen van de stof mass en temperatuur op om de evolutie ervan voor het eerst in kaart te brengen.

Promotoren

Angelos Nersesian en Arjen van der Wel



De Point-Spread Function van de James Webb Space Telescope Near-Infrared Camera

Probleemstelling

JWST/NIRCam is de meest gevoelige camera met de hoogste resolutie ooit gebouwd en de performantie overstijgt zelfs de toch al hoge verwachtingen. De zogenaamde point-spread function (PSF) is compacter dan de modellen voorspelden en is nog niet met afdoende precisie gekend om de interne structuur van verre sterrenstelsels accuraat te bepalen. Het project richt zich op de constructie van een accuraat PSF model voor de verscheidene JWST dataset.

Doelstelling

Sterren produceren, per definitie, een empirisch model voor de PSF van iedere astronomische camera. Sterren die toevalligerwijs in het zichtsveld liggen van de diepe JWST/NIRCam beelden die worden gemaakt om ver verwijderde sterrenstelsels in het jonge heelal te bestuderen, kunnen dus gebruikt worden om een empirisch PSF model te construeren. Maar vanwege de hoge gevoeligheid en resolutie van NIRCam zijn de helderder sterren gesatureerd (en de zwakkere sterren te ruisig) om dit eenvoudig te kunnen doen. De beschikbare theoretische PSF modellen zijn slechts een ruwe benadering en de taak van de student is om hybride theoretisch-empirische PSF modellen te maken.

Promotoren

Arjen van der Wel en Marco Martorano



Wat is er Mis met de Spectra van Verre Sterrenstelsels?

Probleemstelling

Oudere fotometrische metingen in het nabij-infrarood van ver verwijderde sterrenstelsels ($z \sim 1$) suggereren dat we hun stellaire populaties niet goed begrijpen... of dat de gegevens lijden onder het bestaan van niet bekende systematische fouten. JWST/NIRCam levert nu zeer accurate en preciese fotometrische metingen op, en deze kunnen gebruikt worden om onderscheid te maken tussen de twee hypothesen en bepalen of er inderdaad een inconsistentie bestaat tussen modellen en data.

Doelstelling

De nieuwe fotometrische gegevens van JWST/NIRCam maken het voor het eerst mogelijk om zeer precieze en accurate metingen te doen van de nabij-infrarode kleuren van sterrenstelsels. De test is eenvoudig: komen de kleuren wel/niet overeen met die van oudere, inferieure gegevens, of komen zij wel/niet overeen met de modelvoorspellingen voor de stellaire spectra. Indien de nieuwe fotometrie afwijkt van de oude, dan zal het project zich focussen op de de systematische fouten die van invloed zijn op de resultaten in honderden gepubliceerde artikelen. Indien niet, dan zal het project zich richten op de een analyse van het spanningsveld tussen theorie en waarneming.

Promotoren

Arjen van der Wel en Marco Martorano

