Авторска справка за научните приноси на д-р Петя Тодорова Янчулова Мерика-Джоунс за конкурс за заемане на академична длъжност „доцент“ в Института по Астрономия с Национална Астрономическа Обсерватория – БАН

по тема: „Свойства на междузвездния прах и звездни параметри на Магелановите облаци, M31 и M33 от наблюдения с космически телескопи“

Научните ми изследвания са насочени към физиката на междузвездната среда в близки галактики, с основен акцент върху свойствата на междузвездния прах, екстинкцията, пространственото разпределение на звездите и праха и връзката им с газовата компонента. Междузвездният прах представлява по-малко от 1% от масата на една галактика, но има определяща роля за нейния енергиен баланс, химична еволюция и звездообразуване. Праховите зърна поглъщат и разсейват ултравиолетовото и оптичното излъчване и го преизлъчват в инфрачервения диапазон, участват в образуването на молекулярен водород и влияят върху термодинамиката на междузвездния газ. Поради това, правилното определяне на свойствата на праха е необходимо както за разбирането на физиката на близките галактики, така и за надеждната интерпретация на наблюдения на далечни галактики.

1. Екстинкция и триизмерна структура на Малкия Магеланов облак

Една от основните линии в научната ми работа е разработването и прилагането на методи, при които пространствено разрешени звездни популации се използват едновременно като сонди на междузвездния прах и на геометрията на галактиката. В първите ми изследвания по проекта **SMIDGE** използвах многовълнова фотометрия с *Hubble Space Telescope* (HST), от ултравиолетовата до близката инфрачервена област, за определяне на екстинкцията към звезди в Малкия Магеланов облак (SMC).

В Yanchulova Merica-Jones et al. (2017, *ApJ*, 847, 102) показах, че видимата форма на кривата на екстинкция, получена от диаграми цвят–звездна величина, зависи не само от свойствата на праховите зърна, но и от геометричното разпределение на звездите и праха по лъча на зрение. Голямата дълбочина на SMC може да създаде привиден „сив“ компонент на екстинкцията, ако разстоянията до звездите не се моделират едновременно с праха. Последващото ми изследване Yanchulova Merica-Jones et al. (2021, *ApJ*, 907, 50) определи съвместно тримерното разпределение на звездите и праха и показа значително отместване между тях по лъча на зрение. Така беше демонстрирано, че при извличане на физичните свойства на праха от разрешени звездни популации геометрията на галактиката трябва да се разглежда като част от самия модел, а не като вторичен ефект.

Тези резултати поставиха основата за последващата ми работа, в която преминах от моделиране на статистическите свойства на звездни популации към определяне на параметрите на отделни звезди и отделни линии на зрение.

2. Каталози на звездни и прахови свойства и мащабни HST изследвания

През последните години значителна част от работата ми е свързана с анализ на големи фотометрични изследвания с HST и с развитието и прилагането на **Bayesian Extinction And Stellar Tool (BEAST)**. BEAST моделира спектралното енергийно разпределение на всяка отделна звезда и едновременно определя звездни параметри, разстояние и параметри на екстинкцията, като отчита реалните наблюдателни неопределености чрез тестове с изкуствени звезди.

Основен резултат в това направление е първоавторската ми публикация **Yanchulova Merica-Jones et al. (2025, ApJ, 978, 144)**, в която представям каталог на звездните и праховите свойства по близо 500 000 линии на зрение в югозападната област на SMC. Анализът показва силна връзка на измерената екстинкция (A_V) с повърхностната плътност на праха, определена от далечно-инфрачервено излъчване, и с CO емисията, докато корелациите с атомния водород и дела на полицикличните ароматни въглеводороди са по-слаби. Каталогът идентифицира и около 200 перспективни линии на зрение с индикации за наличие на ултравиолетовия пик при 2175 Å и разкрива структури в зависимостта екстинкция–разстояние, които носят информация за тримерната геометрия на SMC.

Паралелно с това съм активен участник в големите *HST* програми **Scylla, METAL, PHAT/PHATTER и PHAST**. В Scylla участвам в разработването на анализа и в BEAST-базираните изчислителни процедури за обработка на данни на мащаб от милиони звезди. Scylla осигурява най-широкото пространствено покритие на Магелановите облаци с дълбока *HST* фотометрия до момента, а в Scylla IV са моделирани повече от 1.5 милиона звезди в LMC и SMC. В проекта PHAT участвах в създаването на окончателния каталог на разрешената звездна популация на M31, съдържащ 138 милиона звезди. Работата ми в METAL допринася за свързването на междузвездните изчерпвания, корелацията прах–газ и металичността, включително за приложение към системи с високо червено отместване.

Съществен елемент на тези изследвания е създаването на възпроизводими научни продукти – фотометрични каталози, карти на екстинкцията, Bayesian posterior distributions и High-Level Science Products за архива MAST – както и използването на високопроизводителни изчисления за статистически анализ на големи астрономически масиви от данни.

3. От Магелановите облаци към обща картина на праха в Местната група

Настоящата ми работа разширява тези изследвания от SMC и LMC към M31 и M33. Основният физичен въпрос е дали различията между кривите на екстинкция се определят предимно от глобални характеристики на галактиките, например металичността, или от локалните условия в междузвездната среда – плътност на газа, интензивност на радиационното поле, ударни вълни и история на звездообразуването.

В **Clayton, Yanchulova Merica-Jones et al. (2025, ApJ, 989, 61)** с HST/STIS бяха измерени 13 нови ултравиолетови криви на екстинкция в M31, с което извадката достигна 17 линии на зрение. Средната крива на M31 се оказва по-близка до тази в района на 30 Doradus в LMC, отколкото до средната крива на Млечния път, въпреки приблизително слънчевата металичност на M31. Резултатът подкрепя интерпретацията, че локалната среда може да бъде по-важна за еволюцията на праховите зърна от глобалната металичност на галактиката.

Тази картина се затвърждава от първите спектроскопични ултравиолетови криви на екстинкция в **M33** (Gordon, Yanchulova Merica-Jones et al. 2026, *ApJ*, 1001, 221). Те показват големи вариации както в силата на пика при 2175 Å, така и в далечно-UV наклона, а параметрите на екстинкцията корелират по-силно с локалната корелация газ–прах, отколкото с глобалната металичност.

Независимостта и практическата реализуемост на това научно направление се подкрепят и от ръководството ми на **HST GO-17488**, за който като PI получих 9 орбити с STIS за изследване на редкия 2175 Å пик в SMC, както и от участията ми като ръководител в свързани програми с HST, JWST и ALMA.

4. Научни цели и бъдеща изследователска програма

Следващият етап от научната ми работа е систематичното изграждане на **единна, физически обоснована картина на зависимостта на свойствата на междузвездния прах от локалната среда в галактиките от Местната група**. Централният въпрос е как условията в междузвездната среда определят дължинно-зависимата екстинкция и

далечно-инфрачервената/милиметровата непрозрачност на праховите зърна и как независимите измервания чрез екстинкция могат да се използват за калибриране на моделите на праховото излъчване.

Основните ми цели за следващите години са:

1. **Създаване на хомогенни карти и каталози на екстинкцията** в SMC, LMC, M31 и M33 чрез HST фотометрия и BEAST, с определяне на (A_V), (R_V), формата на UV екстинкцията и техните пространствени вариации на парсекови мащаби.

2. **Физическо свързване на кривата на екстинкция с локалната междузвездна среда**, чрез сравнение с H I, CO, корелацията (N(HI)/A_V), PAH емисията, радиационното поле и звездообразуващата активност. Особено внимание ще бъде отделено на произхода и разрушаването на носителя на пика при 2175 Å. Съвместните HST/STIS, JWST и ALMA наблюдения ще позволят да се провери дали този компонент на праха се формира или оцелява преимуществено в плътна и екранирана молекулярна среда.

3. **Независимо калибриране на моделите на праховото излъчване**. Ще сравнявам колонната плътност на праха, получена чрез звездната екстинкция, с тази от инфрачервено и милиметрово излъчване от *Spitzer*, *Herschel*, *Planck*, ALMA и CONCERTO. Това ще позволи емпирично определяне на дълговълновата непрозрачност ($\varkappa$), която е един от основните източници на систематична неопределеност при определянето на прахови и газови маси в галактики.

4. **Изграждане на обща библиотека от криви на екстинкция за Местната група**, от UV до средния инфрачервен диапазон, която да свърже наблюденията на HST и JWST и да замени използването на една универсална крива с зависимости, обусловени от физическата среда. Така резултатите от пространствено разрешените близки галактики могат да се използват като емпирична основа за интерпретацията на неразрешени галактики при големи червени отмествания.

Дългосрочната ми цел е това направление да се развива в ИА с НАО – БАН като свързва висококачествените наблюдения от HST, JWST и ALMA с наземна наблюдателна инфраструктура, високопроизводителни изчисления и подготовка на млади изследователи. Научната програма естествено надгражда досегашната ми работа – от установяването на необходимостта да се моделират едновременно прахът и тримерната структура на галактиките, през каталогизирането на праховите свойства по стотици хиляди линии на зрение, до систематично изследване на физичните механизми, които определят еволюцията на междузвездния прах в различни галактични среди.

Дата: 04 август 2026 г.

С уважение: Petia Yanchulova Merica-Jones

Digitally signed by Petia Yanchulova Merica-Jones
Date: 2026.08.05 15:12:55 +02'00'

Петя Т. Янчулова
Мерика-Джоунс