

Dr hab. Agnieszka Kuźmicz

Obserwatorium Astronomiczne

Uniwersytet Jagielloński

Kraków, 03.06.2025



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział

Fizyki

Astronomii

i Informatyki

Stosowanej

Ocena osiągnięcia naukowego

pt. „Ewolucja galaktyk gwiazdotwórczych o dużym przesunięciu ku czerwieni”

**oraz dorobku naukowego dr Macieja Koprowskiego w postępowaniu
o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Dane podstawowe

Dr Maciej Koprowski ukończył studia magisterskie oraz doktoranckie na Uniwersytecie w Edynburgu. Stopień naukowy doktora uzyskał w 2015 roku pisząc rozprawę doktorską p.t. „(Sub)millimetre-Selected Galaxies and the Cosmic Star-Formation History”. Po doktoracie został zatrudniony na pozycji asystenta w Centrum Badań Astrofizycznych na Uniwersytecie Hertfordshire gdzie pracował do 2019 roku. Od 2019 roku dr Koprowski rozpoczął pracę na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, najpierw na pozycji asystenta a następnie adiunkta, kierując grantami SONATA oraz SONATA Bis.

Osiągnięcie naukowe

Rozprawę habilitacyjną dr Macieja Koprowskiego stanowi cykl pięciu publikacji zatytułowany „Ewolucja galaktyk gwiazdotwórczych o dużym przesunięciu ku czerwieni”. Prace zostały opublikowane po doktoracie w latach 2016-2024 w renomowanych czasopismach astrofizycznych, takich jak: MNRAS – trzy prace, ApJL – jedna praca, A&A – jedna praca. Wszystkie prace są pracami o dużej liczbie współautorów, niemniej jednak, wkład dr Macieja Koprowskiego w przygotowanie każdej z nich był znaczący – od 65% do 70%. Również, prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego były wielokrotnie cytowane przez innych autorów, co niewątpliwie świadczy o dużym ich wpływie na środowisko naukowe.

Cykl prac ocenianych w niniejszej recenzji dotyczy kluczowych procesów zachodzących w galaktykach we wczesnym Wszechświecie, zwłaszcza formowania się gwiazd oraz wpływu pyłu na ich obserwowane własności. Dzięki zaawansowanym obserwacjom i analizom, badania te pozwalają lepiej zrozumieć, jak zmieniała się aktywność gwiazdotwórcza galaktyk w czasie.

Praca Hab1 (*A direct calibration of the IRX- β relation in Lyman-break Galaxies at $z = 3-5$*) została poświęcona kalibracji relacji pomiędzy nadwyżką promieniowania galaktyk w podczerwieni względem promieniowania w dziedzinie UV a nachyleniem

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-48-90

fax +48(12) 664-49-05

e-mail:

wydzial.fais@uj.edu.pl

kontinuum gwiazdowego w zakresie UV (relacja IRX- β) na dużych przesunięciach ku czerwieni t.j. $3 < z < 5$. W wyniku modelowania widmowego rozkładu energii (SED) dla 4209 galaktyk z przerwą Lymana (za pomocą kodu CIGALE), dr Koprowski wyznaczył poszczególne parametry potrzebne do przeprowadzenia analiz. Wyprowadził on funkcje ciągłe dla relacji IRX- β , które są zgodne z empirycznym prawem absorpcji promieniowania na pyłe opracowanym przez Calzetti i in. 2000. Badania dr Koprowskiego potwierdziły również brak zależności powyższej relacji od przesunięcia ku czerwieni. Z uwagi na rozbieżności w wartościach β uzyskiwanych przez różne zespoły naukowe dla różnych próbek obiektów, wynikających z użycia różnych metod ich wyznaczania, dr Koprowski zastosował postulowaną wcześniej metodę, w której oblicza się IRX uśrednione po przedziałach masy gwiazdowej galaktyki a nie w poszczególnych przedziałach wartości β . Takie podejście dało niemalże liniową zależność pomiędzy IRX a masą gwiazdową dając bardziej konsystentne wyniki pomiędzy różnymi pracami. Na tej podstawie dr Koprowski postuluje, że użycie relacji IRX- M_* zamiast IRX- β jest lepszym sposobem na skorygowanie pochłanianego przez pył promieniowania UV, którego obserwowana jasność wykorzystywana jest do wyliczenia tempa formowania się gwiazd w galaktyce. Jest to szczególnie istotne w kontekście badań formacji gwiazdowej na dużych przesunięciach ku czerwieni

W pracy Hab2 (*A resolved map of the infrared excess in a Lyman break galaxy at $z=3$*), która została opublikowana wcześniej niż praca Hab1, dr Koprowski podejmuje bardzo podobną tematykę co w pracy Hab1, a mianowicie bada relację pomiędzy IRX- β . W przypadku tej pracy, badane jest 10 galaktyk z przerwą Lymana na przesunięciu ku czerwieni oscylującym wokół $z=3$. Dzięki dedykowanym obserwacjom z interferometru ALMA na częstotliwości 870 μm oraz danym fotometrycznym z innych teleskopów, dr Koprowski, poprzez dopasowanie SED, wyznaczył dla wszystkich obiektów masę gwiazdową, jasności w UV i IR, oraz parametry IRX oraz β . Bardzo istotnym wynikiem pracy było sporządzenie mapy rozkładu IRX dla jednej z galaktyk. Udało się to dzięki połączeniu mapy rozkładu promieniowania podczerwonego z ALMA oraz promieniowania ultrafioletowego z HST. Sporządzona mapa pokazała, że IRX w obrębie pojedynczej galaktyki może przyjmować różne wartości wskazując na nierównomierny rozkład pyłu w galaktyce w stosunku do rozkładu gwiazd. Duży rozrzut wartości IRX w pojedynczym obiekcie przekłada się na rozrzut galaktyk wokół średniej relacji IRX- β . Na podstawie otrzymanych wyników dr Koprowski pokazuje, że niektóre z badanych obiektów, również zmapowana galaktyka, leżą poniżej relacji Meuer i in.1999, skalibrowanej w oparciu o lokalne galaktyki gwiazdotwórcze. Dr Koprowski zwraca uwagę, że korzystanie z tej relacji do określenia całkowitego tempa formowania się gwiazd przy ustalonym β , w galaktykach na dużym przesunięciu ku czerwieni, prowadzi do zawyżonych jego wartości. Podkreśla jednocześnie, że należy to uwzględnić przy ocenie uśrednionych objętościowo wartościach tempa formowania się gwiazd wyznaczanych w oparciu o funkcję jasności w zakresie UV.

Kolejną pracą, ściśle związaną tematycznie z dwoma poprzednimi, jest praca Hab3 (*An ALMA survey of the SCUBA-2 cosmology legacy survey UKIDSS/UDS field:*

Dust attenuation in high-redshift Lyman-break galaxies). Dr Koprowski bada w niej 41 galaktyk z przerwą Lymana na $z \sim 3$, które zostały zaobserwowane na $870 \mu\text{m}$ przez interferometr ALMA (tzn. są to jasne w dalekiej podczerwieni galaktyki), oraz 209 tego samego typu galaktyk, ale nie wykrytych przez ALMA (o niewykrywalnej jasności w dalekiej podczerwieni). W wyniku przeprowadzonych analiz zostało pokazane, że galaktyki wykryte przez ALMA odbiegają od lokalnej relacji $\text{IRX}-\beta$, tzn. leżą one nad krzywą Calzetti i in. 2000. Jak uzasadnia dr Koprowski w swojej pracy, wynika to po pierwsze z tego, że te galaktyki zawierają młode populacje gwiazdowe, a po drugie z faktu, że pochłanianie przez pył promieniowania emitowanego przez gwiazdy odbiega od średniej krzywej absorpcji pyłu. Otrzymany wynik pociąga za sobą istotne spostrzeżenie, a mianowicie jeśli nie dopuścimy możliwości zmienności krzywej absorpcji pyłu przy modelowaniu widmowego rozkładu energii, to masy gwiazdowe, które otrzymamy z modelowania mogą być niedoszacowane o czynnik 2 do 3. Dodatkowo dr Koprowski przeanalizował w pracy zależność $\text{IRX}-M^*$ pokazując, że galaktyki jasne w podczerwieni mają wyższe masy gwiazdowe w porównaniu do galaktyk słabych w podczerwieni oraz, że wykazują one wyraźnie wyższy poziom IRX (przy danej masie gwiazdowej). Duży rozrzut relacji $\text{IRX}-M^*$ dr Koprowski wyjaśnia jako konsekwencję różnicy w specyficznych szybkościach formowania gwiazd (sSFR). Galaktyki jasne w podczerwieni mają szczególnie wysokie sSFR , co wskazuje, że znajdują się one w fazie intensywnego formowania gwiazd. Mogą zatem to być masywne galaktyki, w których procesy gwiazdotwórcze zostały silnie pobudzone np. przez mergery galaktyk. Taki obraz jest spójny z odbiegającą od średniej krzywą absorpcji pyłu. Zaburzone struktury galaktyk na skutek mergingu prowadzą do nietypowego rozmieszczenia pyłu względem rozkładu gwiazd.

W pracy Hab4 (*The evolving far-IR galaxy luminosity function and dust-obscured star formation rate density out to $z \sim 5$*), dr Koprowski podejmuje tematykę związaną z ewolucją funkcji jasności galaktyk w dalekiej podczerwieni aż do przesunięć ku czerwieni $z \sim 5$, co pozwala lepiej zrozumieć, jak zmieniała się intensywność przysłoniętego przez pył formowania się gwiazd w młodym Wszechświecie. Badania oparte zostały na wysokiej jakości danych w dalekiej podczerwieni z teleskopów SCUBA-2 (JCMT) i ALMA. W wyniku przeprowadzonych analiz dr Koprowski pokazuje, że funkcja jasności galaktyk w dalekiej podczerwieni ma stosunkowo płaskie nachylenie dla małych jasności, co oznacza, że największy wkład do całkowitej gęstości jasności pochodzi od najjaśniejszych galaktyk. Jak zauważa dr Koprowski, wcześniejsze badania oparte na danych z satelity Herschel znacznie przeszacowały zarówno jasność, jak i liczebność takich galaktyk dla redshiftów powyżej 2. Dodatkowo w pracy została pokazana ewolucja gęstości tempa formowania się gwiazd wraz z redshiftem oraz zostały wyliczone funkcje jasności dla redshiftów z przedziału od $z = 0.5$ do $z = 4.5$. Otrzymane wyniki pokazały, że mediana redshiftu dla galaktyk w zakresie sub-mm powinna wzrastać wraz ze wzrostem gęstości strumienia na $850 \mu\text{m}$.

Ostatnią pracą wchodzącą w skład osiągnięcia naukowego jest praca Hab5 (*Charting the main sequence of star-forming galaxies out to redshifts $z < 5.7$*). W tej pracy dr Koprowski przeanalizował ewolucję ciągu głównego galaktyk będącego

liniową zależnością łączącą tempo formowania się gwiazd oraz masę gwiazdową galaktyk. W tym celu przeanalizowane zostały dane fotometryczne dla ponad 100 tysięcy galaktyk, które zostały wyselekcjonowane w oparciu o dane w zakresie dalekiej podczerwieni i submilimetrycznym z teleskopów Herschel i JCMT. W efekcie przeprowadzonych analiz, pokazane zostało, że ciąg główny, dla małych mas gwiazdowych jest opisany przez funkcję liniową, natomiast dla zwiększających się mas zaczyna się wypłaszczać. Najprawdopodobniej, dzieje się tak na skutek spadku napływu chłodnego gazu z otoczenia, który to gaz potrzebny jest do formowania się nowych gwiazd. Kolejnym ważnym wynikiem pracy była analiza temperatury pyłu w galaktykach na różnych przesunięciach ku czerwieni. Dr Koprowski pokazał, że rośnie ona wraz ze wzrostem redshiftu. Co więcej, przy ustalonej wartości redshiftu temperatura pyłu nie zależy znacząco od jasności galaktyki w podczerwieni, co wskazuje na to, że wyższe temperatury pyłu wynikają głównie z ogólnej ewolucji specyficznej szybkości formowania gwiazd, a nie z samej jasności. W pracy również została przeprowadzona symulacja ewolucji funkcji masy galaktyk co doprowadziło do wniosku, że nachylenie ciągu głównego dla małych mas gwiazdowych stromieje wraz ze wzrostem wartości redshiftu.

Pomimo uzyskania przez dr Koprowskiego wartościowych wyników naukowych, w mojej ocenie forma autoreferatu nie podkreśla ich wagi. Dodatkowo nie został on przygotowany z należytą starannością. Zawiera on wiele sformułowań, które są nieprecyzyjne, będące bezpośrednim tłumaczeniem z angielskiego, lub które nie są poprawne w języku polskim. Np. „stężenie pyłu”, „dane w falach 250 μm ”, „wybór obiektów przy krótszych długościach fal”, „wybór obiektów przez Spitzer lub Herschel”, „oszacowania zakresu światła” i wiele innych. W wielu miejscach tekst jest niepoprawny stylistycznie ze sformułowaniami będącymi bardziej skrótami myślowymi niż precyzyjnymi naukowymi terminami. Co więcej, Dr Koprowski podaje nawet niepoprawne referencje swoich prac, które wchodzą w skład osiągnięcia naukowego (tj. prac Hab1, oraz Hab4). To wszystko sprawia, że ogólny odbiór przedstawionego osiągnięcia naukowego jest utrudniony, a sam autoreferat pozostawia wrażenie niedopracowanego.

Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Aktywność naukowa dr Macieja Koprowskiego po doktoracie na Uniwersytecie w Edynburgu, koncentrowała się wokół dwóch ośrodków: Uniwersytetu Hertfordshire w Wielkiej Brytanii oraz Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, który jest obecnym miejscem zatrudnienia dr Koprowskiego. Podczas okresu pracy na Uniwersytecie Hertfordshire powstało pięć prac naukowych, których dr Koprowski był współautorem, oraz cztery prace, w których dr Koprowski jest pierwszym autorem. Trzy, z tych czterech prac (Hab1, Hab2, Hab4) wchodzą w skład powyższego osiągnięcia naukowego. Okres pracy na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu zaowocował współautorstwem 21 prac naukowych oraz dwiema pierwszo-autorowymi pracami (Hab3, Hab5), które wchodzą w skład

osiągnięcia naukowego. Realizacja badań w obu ośrodkach była bardzo owocna i znacząco przyczyniła się do rozwoju naukowego dr Macieja Koprowskiego.

Ocena pozostałego dorobku naukowego

Według danych z ADS oraz dołączonej listy osiągnięć, dr Koprowski jest autorem 36 prac opublikowanych w renomowanych czasopismach (wliczając pięć publikacji wchodzących w skład ocenianego osiągnięcia naukowego). Większość z tych prac to prace wielo-autorowe, w których dr Koprowski znajduje się na dalszych pozycjach na liście autorów. Z tego względu ciężko ocenić jak duży był wkład dr Koprowskiego w przygotowanie tych prac. Czy faktycznie brał on czynny udział w ich przygotowaniu, czy też został umieszczony na liście autorów z bardziej formalnych przyczyn. Niezależnie od tego, świadczy to o zaangażowaniu dr Koprowskiego w różne projekty i współpracę w ramach różnych zespołów badawczych, które zresztą dr Koprowski wymienia w zamieszczonych dokumentach. Dr Koprowski jest pierwszym autorem tylko siedmiu prac, z czego pięć z nich wchodzi w skład osiągnięcia naukowego, niemniej jednak są to prace wielokrotnie cytowane (łączna liczba cytowań - 269).

Dr Koprowski wykazał się również aktywnością w pozyskiwaniu środków na realizację własnych badań. W roku 2021 otrzymał finansowanie w ramach grantu SONATA na realizację projektu badawczego „Time evolution of the star formation rate density in the early Universe”, natomiast obecnie realizuje grant SONATA Bis pt.: „James Webb Telescope - Evolution of the star-forming galaxies out to $z = 12$ ”. Po doktoracie odbył również sześć kilkudniowych wizyt w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych. Dr Koprowski był również recenzentem trzech prac opublikowanych w MNRAS, A&A, PASJ.

Udział dr Koprowskiego w konferencjach jest niewielki, w zasadzie dr Koprowski nie wymienia żadnej międzynarodowej konferencji, w której brał czynny udział po skończeniu doktoratu. Jego aktywność sprowadza się do wystąpień podczas seminariów w ośrodku, w którym jest zatrudniony oraz trzech seminariów poza miejscem pracy. Co ciekawe, dr Koprowski wymienia jedno „proszone” wystąpienie podczas „2nd Seminar on Star Formation and Astrochemistry”, którego był współorganizatorem.

Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Na osiągnięcia dydaktyczne dr Koprowskiego składają się zajęcia instruktarsze z zakresu fizyki i matematyki – prowadzone na Uniwersytecie w Edynburgu oraz Hertfordshire, oraz jeden kurs związany z astronomią (Astronomiczne podstawy geografii) na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Z informacji zamieszczonych w autoreferacie wynika, że obecnie dr Koprowski nie prowadzi tego typu aktywności dydaktycznej. Innym aspektem działalności dydaktycznej jest opieka nad studentami i doktorantami. Dr Koprowski był opiekunem jednej pracy licencjackiej, dwóch studentów w ramach programu „Toruń Astrophysics/Physics Summer” oraz obecnie, jednego doktoranta. Do osiągnięć

organizacyjnych można zaliczyć organizację seminariów na UMK w 2024 roku oraz jednego tematycznego seminarium poświęconego zagadnieniu powstawania gwiazd i astrochemii. Dodatkowo dr Koprowski był zaangażowany w organizację zjazdu PTA w 2023 roku. Był/jest on również kierownikiem dwóch grantów: SONATA oraz SONATA Bis.

Konkluzja

Stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna dr Maciej Koprowski spełnia wymogi ustawowe i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej astronomia. Ocena osiągnięcia naukowego, analiza aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni oraz pozostałego dorobku naukowego dr Macieja Koprowskiego pozwala na stwierdzenie, że ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie astronomia, zostały spełnione. Wnioskuje o dopuszczenie dr Macieja Koprowskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.