

**Ocena osiągnięć naukowo-badawczych w postępowaniu habilitacyjnym
dr. Krzysztofa Nalewajki
na podstawie osiągnięcia naukowego pt.:**

Ograniczenia na obszary emisji gamma w relatywistycznych dżetach blazarów.

Dr Krzysztof Nalewajko jest adiunktem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie, gdzie w 2011 r. uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w zakresie astronomii. Po obronie doktoratu przez cztery lata przebywał na stażu podoktorskim w USA, najpierw na Uniwersytecie Kolorado w Boulder, a następnie na Uniwersytecie Stanforda, od 2013 r. jako stypendysta prestiżowego programu *Einsten*, stanowiącego wsparcie misji satelitarnej obserwatorium promieniowania gamma Fermi. Już w okresie studiów doktoranckich nawiązał współpracę naukową ze swoimi przyszłymi opiekunami stażu podoktorskiego, współpracę tę znacznie poszerzył podczas stażu przez nawiązanie nowych kontaktów naukowych. W trakcie swojej dziesięcioletniej kariery naukowej dr Nalewajko miał okazję pracować z najlepszymi badaczami w dziedzinie astrofizyki wysokich energii.

Ocena osiągnięcia naukowego

Na osiągnięcie naukowe dr. Nalewajki, wskazane w postępowaniu habilitacyjnym, składają się cztery prace naukowe. Dotyczą one jednorodnego zadania badawczego, jakim jest badanie własności fizycznych obszarów emisji promieniowania gamma w dżetach blazarów. Prace zostały opublikowane w wiodących czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu. Jedna z prac jest napisana samodzielnie, pozostałe trzy prace zostały wykonane w małych zespołach badawczych z dominującym wkładem dr. Nalewajki, co wynika z oświadczeń współautorów. Warto zwrócić uwagę, że pierwsze trzy prace cyklu powstały i zostały przyjęte do publikacji w okresie półtora roku od obrony doktoratu, kiedy habilitant jednocześnie spisywał wyniki swojej rozprawy doktorskiej i prowadził nowe projekty badawcze o tematyce znacznie odbiegającej od nurtu jego dotychczasowych zainteresowań naukowych. Świadczy to o dużej samodzielności, niezwykle efektywnej organizacji pracy i dojrzałości naukowej habilitanta, osiągniętych już na początku jego kariery naukowej.

Badania relatywistycznych dżetów aktywnych jąder galaktyk znajdują się w centrum zainteresowań współczesnej astrofizyki. W szczególności zrozumienie mechanizmów dyssypacji energii w dżetach, prowadzących do przyspieszania cząstek i produkcji nietermicznego promieniowania, ma kluczowe znaczenie dla takich gałęzi nauki, jak astrofizyka promieniowania kosmicznego wysokich energii, astronomia neutrinowa czy kosmologia. Wśród aktywnych jąder galaktyk, blazary charakteryzują się największą jasnością bolometryczną i najbardziej gwałtowną zmiennością strumienia emisji, obserwowanej w postaci tzw. flar. Badanie flar blazarów o dużej jasności i szybkiej zmienności w zakresie promieniowania gamma wysokich i najwyższych energii pozwala uzyskać najlepsze oszacowania parametrów fizycznych w obszarach dyssypacji energii w dżetach. Temu celowi poświęcone są prace P1-P4 składające się na osiągnięcie naukowe dr. Nalewajki.

Metoda badawcza stosowana przez habilitanta polega na wnioskowaniu teoretycznym na podstawie modelowania danych obserwacyjnych. Należy podkreślić, że warsztat badawczy dr. Nalewajki jest imponujący – obok wnikliwej znajomości teoretycznych metod szacowania parametrów fizycznych obszarów emisji i efektywności procesów promienistych oraz umiejętności modelowania szerokopasmowych widm promieniowania habilitant potrafi także samodzielnie redukować dane obserwacyjne z zakresu gamma wysokich energii.

W pracy P1 dr Nalewajko przeprowadził analizę flary z blazara PKS 1222+216, zarejestrowanej przez obserwatorium MAGIC w zakresie energii fotonów ok. 100 GeV i odznaczającej się bardzo krótką skalą zmienności czasowej. Wcześniejsze próby modelowania tego błysku sugerowały własności fizyczne obszaru emisji, które znacznie odbiegają od typowych parametrów przyjmowanych dla tej klasy źródeł. Intencją autorów było wyjaśnienie własności flary z PKS 1222+216 w ramach ustalonego paradygmatu, który poprawnie opisuje jednoczesną emisję gamma w zakresie GeV, zarejestrowaną przez Fermi/LAT. Wyprowadzone ograniczenia na energetykę flary okazały się jednak bardzo trudne do spełnienia w ramach znanych rozwiązań. Do wyjaśnienia zjawiska zaproponowano więc wykorzystanie efektu tzw. kolimacji kinetycznej. Efekt ten niedługo wcześniej został zauważony w symulacjach kinetycznych relatywistycznej rekoneksji magnetycznej, wykonanych przez jednego ze współautorów – B. Ceruttiego, który zaproponował to wyjaśnienie dla analizowanej flary.

Celem wielozakresowej kampanii obserwacyjnej blazara PKS 1510-089 [P2], obejmującej jedne z nielicznych obserwacji blazarów w średniej i dalekiej podczerwieni, było wykrycie złamań w widmie synchrotronowym spowodowanych samoabsorpcją synchrotronową. Takie własności widmowe nakładałyby silne ograniczenia na obszary emisji. Efekt tych poszukiwań okazał się negatywny, lecz pożyteczny. Pozwolił bowiem na wysnucie wniosków istotnych dla zrozumienia natury flar gamma, obserwowanych kilka lat wcześniej, oraz różnicy warunków fizycznych w tzw. stanach niskich i wysokich. Ostatecznie dr Nalewajko zaproponował model dwustrefowy emisji szerokopasmowej, z emisją gamma produkowaną w obszarze szerokich linii widmowych i emisją podczerwoną generowaną w okolicy pyłowego torusa. Scenariusz, który wiąże przechodzenie pomiędzy stanami emisji ze zmianą tylko jednego parametru – energii złamania w rozkładzie elektronów przyspieszanych w obszarze szerokich linii widmowych – jest także bardzo ciekawym wynikiem pracy. Warto zaznaczyć, że przy realizacji tych badań dr Nalewajko udowodnił swoje umiejętności w koordynowaniu złożonego projektu zespołowego.

Praca P3 jest samodzielną publikacją habilitanta, w której przeprowadza on wszechstronną statystyczną analizę wybranych własności 40 najjaśniejszych flar gamma, wyselekcjonowanych z danych Fermi/LAT zebranych w ciągu pierwszych 4 lat misji. Ważnym wynikiem jest opracowanie automatycznej metody selekcji flar ze zbioru wszystkich epizodów. Innym wartościowym wynikiem, choć niewspomnianym w autoreferacie, jest zaproponowanie prostego modelu, który wiąże wykryte różnice własności flar z różnymi obiektów z relatywistycznymi efektami nachylenia kąta obserwacji względem osi dżetu, posiadającego złożoną strukturę. Warto także zaznaczyć, że analizę tego samego zbioru danych dr Nalewajko kontynuował później z doktorantką S. Kohler. Projekt ten zaowocował publikacją [24; tu i poniżej odnoszę się do listy publikacji złożonej przez habilitanta], w której zauważone silne nieregularności widmowe interpretowane są jako wynik fluktuacji funkcji rozkładu energii emitujących elektronów.

Publikację P4 habilitant uważa za swoje najważniejsze osiągnięcie w badaniach blazarów. Istotnie, wpływ tej pracy na dziedzinę, mierzony chociażby ilością cytowań (39 wg ADS), jest niemal dwukrotnie większy niż każdej z poprzednio omawianych publikacji. W pracy P4 dr Nalewajko proponuje jednolitą metodę ograniczania przestrzeni parametrów skali odległości położenia obszaru emisji wzdłuż dżetu oraz czynnika Lorentza poprzez zadanie tylko kilku sparametryzowanych warunków. Metodę tę stosuje on następnie do 7 jasnych flar, które dotąd były analizowane tylko niezależnie. Wynik pracy pozwala sytuować obszar emisji gamma w odległości 0,1-1 pc, a więc zasadniczo w obszarze szerokich linii widmowych. Wzorowo wykonana, szczegółowa i dogłębna analiza złożonego zestawu danych obserwacyjnych oraz proponowanych modeli teoretycznych pozwoliła także dr. Nalewajce na znaczne zawężenie obszarów stosowalności wielu hipotez teoretycznych.

Ocena istotnej aktywności naukowej habilitanta

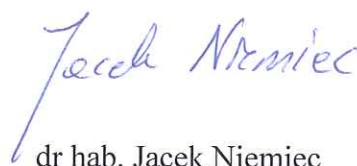
Dr Krzysztof Nalewajko opublikował wg bazy *Web of Science* 36 prac naukowych (28 po obronie doktoratu), które były łącznie cytowane 986 razy ze wskaźnikiem Hirscha $h=16$. Jest to wybitny wynik, zważywszy na młody wiek habilitanta oraz na to, że tylko niewielka część prac wykonana była w wieloautorskich zespołach międzynarodowych projektów Fermi/LAT czy NuSTAR. Dorobek niebędący częścią osiągnięcia naukowego dr. Nalewajki dotyczy wielorakich zagadnień związanych z fizyką dżetów. Warte odnotowania jest wspomniane zaangażowanie we współpracy Fermi/LAT i NuSTAR. Wkład habilitanta w wielu publikacjach tych kolaboracji jest znaczący (15-30%, np. 12, 25, 30, 34), głównie w zakresie teoretycznej interpretacji wyników obserwacyjnych, a także nierzadko redukcji i modelowania danych. Fakt, że dr Nalewajko jest zapraszany do udziału w projektach (np. przez zespół KANATA czy HST/COS) jako ekspert od teoretycznej dyskusji danych obserwacyjnych, świadczy o tym, że jest on w swojej dziedzinie wpływowym autorytetem w skali międzynarodowej. Inny zasługujący na uwagę i niedawno podjęty obszar działalności naukowej habilitanta to badania relatywistycznej rekoneksji magnetycznej za pomocą kinetycznych symulacji numerycznych typu particle-in-cell (PIC). Choć badania te prowadzone są w kontekście zrozumienia mechanizmów dyssypacji energii w dżetach, specyfika stosowanej metody znacznie różni się od tej używanej dotychczas przez dr. Nalewajkę. Techniki symulacji PIC habilitant nauczył się w czasie pobytu w USA. Obecnie buduje swój zespół w Polsce wykorzystujący tę nowatorską metodę w badaniach zagadnień astrofizyki wysokich energii. Opublikowane z tej tematyki od 2015 r. 4 publikacje (w tym 2, w których dr Nalewajko jest pierwszym autorem: 28, 31) zyskały dużą uwagę środowiska naukowego. Powyższy dorobek oceniam jako znakomity.

Będąc zatrudniony w jednostce Polskiej Akademii Nauk, habilitant nie ma możliwości prowadzenia zajęć dydaktycznych ze studentami. Niemniej na jego dorobek dydaktyczny składa się współpraca z doktorantkami Yajie Yuan z Uniwersytetu Stanforda i Susaną Kohler z Uniwersytetu Kolorado, jak również z doktorantką prof. Sikory, Maitrayee Gupta. Dr Nalewajko prowadził także wspólne projekty ze studentami II stopnia z UW i AGH. Ma także osiągnięcia w popularyzacji nauki.

Habilitant nie podaje informacji o referatach wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych. Z listy doniesień konferencyjnych można jednak wywnioskować, że wyniki uzyskane przez niego lub z jego udziałem są prezentowane na konferencjach naukowych, jak należałoby się spodziewać po naukowcu prowadzącym badania na tak wysokim poziomie.

Podsumowanie

Zarówno rozprawę habilitacyjną, jak i pozostały dorobek naukowy dr. Krzysztofa Nalewajki oceniam bardzo wysoko. Uważam, że osiągnięte przez habilitanta wyniki naukowe stanowią istotny wkład w rozwój astrofizyki relatywistycznych dżetów i stawiają dr. Nalewajkę w gronie najlepszych naukowców w tej dziedzinie nauki. Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe, a także pozostały dorobek naukowy spełniają ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, i wnoszę o dopuszczenie Pana dr. Nalewajki do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



dr hab. Jacek Niemiec

Kraków, 6 lipca 2017 r.