



Prof. dr hab. Michał Hanasz
Centrum Astronomii UMK
ul. Grudziądzka 5/7
87-100 Toruń

Toruń, 09.08.2017

**Ocena osiągnięcia naukowego dr Krzysztofa Nalewajko zatytułowanego:
„Ograniczenia na obszary emisji gamma w relatywistycznych dżetach blazarów”**

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe dr Krzysztofa Nalewajko składa się z cyklu czterech oryginalnych artykułów naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) oraz z autoreferatu stanowiącego przewodnik po opublikowanych pracach:

[P1] K. Nalewajko, M. C. Begelman, B. Cerutti, D. A. Uzdensky, M. Sikora “*Energetic Constraints on a Rapid Gamma-Ray Flare in PKS 1222+216*”, 2012, MNRAS, 425, 2519.

[P2] K. Nalewajko, M. Sikora, G. M. Madejski, K. Exter, A. Szostek, R. Szczerba, M. R. Kidger, R. Lorente “*Herschel PACS and SPIRE observations of blazar PKS 1510-089: a case for two blazar zones*”, 2012, ApJ, 760, 69.

[P3] K. Nalewajko “*The brightest gamma-ray flares of blazars*”, 2013, MNRAS, 430, 1324

[P4] K. Nalewajko, M. C. Begelman, M. Sikora “*Constraining the Location of Gamma-Ray Flares in Luminous Blazars*”, 2014, ApJ, 789, 161.

Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe habilitanta stanowią monotematyczny cykl i opisują oryginalne badania, obserwacje oraz wyniki analiz dla próbki kilkudziesięciu jąder galaktycznych wykazujących aktywność w zakresie wysokich energii. Habilitant jest pierwszym autorem wszystkich czterech publikacji, w tym jedynym autorem pracy P3. Liczby cytowań publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe habilitanta wynoszą odpowiednio: 39 [P1], 24 [P2], 27 [P3] i 29 razy [P4], zgodnie z bazą danych ADS, według stanu na koniec lipca 2017 roku. Zgodnie z informacją zawartą w autoreferacie oraz z oświadczeniami współautorów wkład pracy



habilitanta w publikacje wieloautorskie, stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego, polegał na przeprowadzeniu analizy teoretycznej i napisaniu pracy P1. W pracy P2 wkład habilitanta polegał na koordynowaniu obserwacji oraz redukcji danych z instrumentu Fermi/LAT, zebraniu wszystkich wyników obserwacyjnych, modelowaniu widm, przeprowadzeniu analizy teoretycznej i zaproponowaniu scenariusza fizycznego, wykonaniu rysunków i napisaniu artykułu. W przypadku publikacji P4 wkład habilitanta polegał na zaproponowaniu pomysłu badań i metodologii ograniczenia przestrzeni parametrów, przeprowadzeniu dyskusji teoretycznej, wykonaniu rysunków i napisaniu artykułu. Udział habilitanta w poszczególnych artykułach P1-P4 został zgodnie oszacowany na około 80%, 61%, 100% oraz 90%. Habilitant jest zatem wiodącym lub jedynym autorem wszystkich czterech prac składających się na osiągnięcie naukowe.

W artykule P1 badane są konsekwencje trwającego zaledwie 10 minut rozbłyску w zakresie energii 70 – 400 GeV w blazarze PKS 1222+216. Podstawą analizy są oszacowania wymagań energetycznych dla obszarów emisji wynikające z obserwacji powyżej 100 GeV teleskopem Cherekowskiem MAGIC oraz około 1 GeV instrumentem Fermi/LAT. Autorzy pracy rozważają różnorodne ograniczenia rozmiarów źródła, odległości obszaru emisji od centralnej czarnej dziury oraz czynnika Lorentza i porównują wydajność kilku różnych procesów promienistych w warunkach fizycznych badanego źródła. Wynikiem szczegółowej analizy jest stwierdzenie, że procesy hadronowe są zdecydowanie nieefektywne, procesy komptonizacyjne mogą być efektywne w zależności od wartości czynnika Dopplera, a promieniowanie synchrotronowe elektronów, najbardziej efektywne spośród wszystkich rozważanych procesów, wymagają bardzo silnego pola elektrycznego. Uwzględnienie ograniczeń narzuconych przez dane obserwacyjne skłania autorów pracy do rozważenia jakościowo nowego efektu, obserwowanego w symulacjach numerycznych, polegającego na anizotropowym przyspieszaniu wysokoenergetycznych cząstek oraz emitowanego przez nie promieniowania synchrotronowego. Autorzy zauważają, że wysoka anizotropia produkowanego promieniowania prowadzi do silnej modulacji promieniowania emitowanego w niektórych kierunkach oraz skrócenia efektywnej skali zmienności o 1-2 rzędy wielkości. Ponadto w takim przypadku obszar dyssypacji energii może być znacząco większy od zawartych w nim obszarów emisji gamma, co umożliwia zmniejszenie wartości gęstości energii do wartości dopuszczalnej przez ograniczenia wynikające z danych obserwacyjnych. Jest to ważny i oryginalny wynik.



W pracy **P2** przedstawione zostały wyniki kampanii obserwacyjnej blazara PKS 1510-089 w zakresie średniej i dalekiej podczerwieni przy użyciu instrumentów PACS i SPIRE kosmicznego teleskopu Herschela. Celem badań było poszukiwanie przełamania widma synchrotronowego w zakresie podczerwieni, spowodowanego procesem absorpcji. Efektu tego nie udało się jednakże zaobserwować. Modelowanie mechanizmów emisji doprowadziło do wniosku, że nie można jednocześnie wyjaśnić widma w zakresie podczerwieni i gamma z pomocą standardowego modelu jednostrefowego. Zaproponowano model dwustrefowy, w którym bardziej zmienna składowa dominująca w zakresie gamma pochodzi z okolic obszarów szerokich linii emisyjnych, natomiast mniej zmienna składowa dominująca w zakresie podczerwonym pochodzi z odległości typowych dla pyłowego torusa.

W samodzielnej publikacji **P3**, opartej na analizie publicznie dostępnych danych z teleskopu Fermi/LAT, autor bada epizody rozbłysków (tzw. „flar”) wielu źródeł w zakresie gamma, zarejestrowanych w pierwszych czterech latach misji Fermi. W oparciu o analizę strumienia oraz indeksu fotonowego autor zauważa, że krótkie flary o prostych krzywych blasku wykazują znaczną nieregularność widm, natomiast długie flary o złożonych krzywych blasku mają bardzo regularne widma. Autor wnioskuję, że nieregularności w widmach krótkich flar są przejawem fluktuacji w funkcji rozkładu energii emitujących elektronów, a regularne widm blazarów obserwowanych w długich przedziałach czasowych mogą być efektem czasowego uśredniania fluktuacji. Praca ta prezentuje bardzo solidną analizę danych, która została podsumowana ważnym i logicznym wnioskiem.

W pracy **P4** habilitant bada ograniczenia na obszary emisji gamma w jasnych blazarach w celu określenia położenia obszarów emisji wzdłuż relatywistycznego dżetu. W pracy tej szczegółowemu badaniu poddane zostały flary promieniowania gamma w źródłach 3C454.3 oraz MJD 55520. Na przykładzie siedmiu najjaśniejszych flar gamma habilitant pokazał, że przestrzeń parametrów jest efektywnie ograniczona przez kombinację trzech ograniczeń: górnej granicy parametru kolimacji, jasności mechanizmu SSC oraz górnego ograniczenia efektywności chłodzenia ultrarelatywistycznych elektronów. Głównym wynikiem tej pracy jest stwierdzenie, że przy typowych wartościach czynnika Lorentza gamma ~ 20 emisja gamma w jasnych blazarach pochodzi z odległości 0.1 – 1 pc od centralnej czarnej dziury i jest ograniczona głównie przez obserwowaną skalę czasową zmienności. W takich odległościach promieniowanie gamma jest



zdominowane przez komptonizację szerokich linii widmowych lub promieniowania podczerwonego pochodzącego z torusa pyłowego. Wyniki badań zaprezentowanych w pracy są świadectwem bardzo solidnie przeprowadzonego projektu badawczego, zwieńczonego głęboką analizą fizyczną mechanizmów emisji blazarów w zakresie promieniowania gamma. Ograniczenie przedziału odległości w których zachodzi emisja gamma, do przedziału odległości 0.1 – 1 pc jest ekscytującym wynikiem o ważnych implikacjach astrofizycznych.

Omówione prace dotyczą badań mechanizmów emisji oraz własności fizycznych blazarów w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego, z naciskiem na zakres promieniowania gamma. Prace te stanowią spójny monotematyczny cykl, świadczący o wysokich kwalifikacjach naukowych habilitanta, jego wszechstronnej wiedzy oraz znakomitym warsztacie naukowym w zakresie prowadzenia obserwacji astronomicznych, analizy danych, modelowania teoretycznego oraz interpretacji wyników. Powyższe dane jednoznacznie wskazują, że przedłożone do oceny osiągnięcie naukowe habilitanta stanowi ważny i dostrzeżony przez środowisko naukowe wkład w rozwój dyscypliny naukowej.

Ocena istotnej aktywności naukowej habilitanta

Dr Krzysztof Nalewajko opublikował łącznie 55 prac naukowych, które były cytowane dotychczas ponad 1250 razy z indeksem Hirsha równym 18 (wg bazy danych ADS) oraz 50 publikacji, 1011 cytowań, w tym 894 bez autocytowań, z indeksem Hirsha 16 wg bazy Web of Science (stan na koniec lipca 2017 r.). Wśród opublikowanych prac znajduje się 37 publikacji recenzowanych, w tym 29 publikacji powstałych po doktoracie. Habilitant jest pierwszym autorem 14 publikacji, wśród których znaleźć można 4 publikacje jednoautorskie.

Dr Krzysztof Nalewajko odbył staż naukowy w Uniwersytecie Kolorado Boulder (2011-2013), gdzie współpracował z grupą HST/COS (spektrograf ultrafioletowy) na teleskopie Hubble'a, m. in. jako laureat stypendium Einsteina (2013-2014). Na Uniwersytecie Stanforda (2014-2015) kontynuował stypendium Einsteina we współpracy z prof. Rogerem Blandfordem oraz uczestniczył w opiece nad doktorantką Blandforda – Yaeji Yuan. Po powrocie z kilkuletnich staży zagranicznych dr Nalewajko został zatrudniony od 2015 roku w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja



Kopernika w Warszawie na stanowisku adiunkta, gdzie zajmował się analizą danych WISE (średnia podczerwień) oraz Fermi/LAT (gamma). Współpracował z doktorantką oraz realizował wspólne projekty z dwójką studentów z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego oraz Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Współpraca z doktorantami i studentami poziomu magisterskiego świadczy o doświadczeniu dydaktycznym istotnym w perspektywie stworzenia własnej grupy badawczej. W minionym roku dr. Krzysztof Nalewajko zdobył 5-letni grant badawczy NCN w programie SONATA BIS na realizację projektu pt. „Kinetyczne symulacje naukowej niestabilności w relatywistycznej plazmie”, którego realizacja przewiduje stworzenie własnego zespołu badawczego.

Na szczególną uwagę zasługuje szeroki program współpracy naukowej dr Nalewajko z naukowcami najwyższej światowej rangi, m. in. Z prof. Michelelem Begelmanem (Uniwersytet Kolorado Boulder), prof. Rogerem Blandfordem, prof. Grzegorzem Madejskim oraz z dr Masaakim Hayashidą (Uniwersytecie Stanforda), z którym opublikował wspólnie cykl ważnych prac dotyczących wielozakresowych obserwacji źródła 3C279, w tym jedna praca (2010) została opublikowana w Nature. Ważnym wynikiem zaprezentowanym w tej pracy jest odkrycie zmienności w kilkuminutowej skali czasowej w zakresie gamma dokonane z pomocą teleskopu Fermi.

Bardzo ważny w rozwoju naukowym dr Krzysztofa Nalewajki jest najnowszy etap badań, w którym warsztat badawczy habilitanta został rozszerzony o technikę symulacji numerycznych plazmy relatywistycznej metodami Particle in Cell (PIC), z pomocą kodu Zeltron opracowanego przez Benoit Ceruttiego. Badania koncentrują się na dynamice procesu rekoneksji oraz identyfikacji miejsc przyspieszania cząstek naładowanych w obszarach rekoneksji magnetycznej. Są to badania oparte na podejściu kinetycznym, które w nowoczesnych badaniach procesów rekoneksji magnetycznej zastępuje obarczone poważnymi ograniczeniami przybliżenie magnetohydrodynamiczne. Jest to szczególnie istotne w przypadku warunków fizycznych relatywistycznej plazmy w okolicach aktywnych jąder galaktyk.



Wniosek końcowy

Dr Krzysztof Nalewajko jest wysokiej klasy specjalistą w dziedzinie badań aktywnych jąder galaktyk. Wszechstronność naukowa habilitanta, różnorodność metod badawczych obejmująca podejście teoretyczne, symulacje numeryczne relatywistycznej plazmy w opisie kinetycznym, udział w projektach obserwacji aktywnych jąder galaktyk z pomocą orbitalnych obserwatoriów w zakresie gamma, rentgenowskim optycznym i podczerwonym oraz umiejętność pozyskiwania znaczących funduszy na własne badania świadczą o wysokim poziomie naukowym, sprawności oraz samodzielności habilitanta.

Stwierdzam, że zaprezentowane osiągnięcie naukowe dr Krzysztofa Nalewajko stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Jego dorobek naukowy spełnia z nadmiarem wymagania określone przez art. 16 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, z późniejszymi zmianami oraz przez rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr. Krzysztofa Nalewajko do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Prof. dr hab. Michał Hanasz