

Recenzja rozprawy habilitacyjnej dra Krzysztofa Nalewajki, pt.:
„Ograniczenia na obszary emisji gamma w relatywistycznych dżetach blazarów”

Rozprawa dra Nalewajki składa się z czterech prac dotyczących interpretacji obserwowanych własności blazarów oraz opisu jego licznych innych aktywności naukowych. Blazary wykazują szereg ciekawych, słabo rozumianych i żywo dyskutowanych zjawisk w domenie zmienności czasowej strumienia, widmowej oraz polaryzacyjnej. W szczególności, niepewna jest struktura i lokalizacja obszarów emisji, źródło energii oraz natura procesów promienistych w różnych zakresach widma, a także wzajemne związki pomiędzy flarami obserwowanymi w różnych pasmach widmowych. Z poznawczego punktu widzenia, wybór dziedziny badań (oraz tematu rozprawy) jest więc w pełni uzasadniony.

W pracy P1 habilitant interpretuje szybką zmienność blazara PKS 1222+216, obserwowaną na energii setek GeV przez teleskop MAGIC. Implikowana przez te obserwacje znaczna gęstość energii w emiterze, jako mechanizm promienisty faworyzuje emisję synchrotronową elektronów, choć nie wyklucza procesów komptonowskich. Akceleracja elektronów do energii zapewniających emisję synchrotronową w pasmie VHE wymaga nieprawdopodobnie wysokich pól elektrycznych (kilkadziesiąt razy przewyższających pole magnetyczne). Autorzy konkludują, że wymagania energetyczne należy obniżyć zakładając silnie anizotropową strukturę relatywistycznego emitera, być może związaną z obszarami rekoneksji.

Praca P2 opisuje i interpretuje szerokopasmowe widmo blazara PKS 1510–089, z uwzględnieniem nieczęsto dostępnego pasma dalekiej podczerwieni. Uzyskanie i obróbka danych z odmiennych pasm wymagały harmonijnej współpracy międzynarodowej. Gros pracy wykonał habilitant, redukując dane z satelity Fermi i modelując widmo teoretycznie. Obserwowane stosunki strumieni w różnych pasmach widmowych okazały się niezgodne z oczekiwaniami prostego modelu zewnętrznokomptonowskiego sugerując niezależne pochodzenie różnych składników widmowych.

Praca P3 to systematyczna i metodologicznie jednorodna analiza profili czasowych oraz widm najjaśniejszych flar blazarów, które habilitant wydobyl z dostępnych danych gamma z obserwatorium Fermiego. Pracę podsumowuje ciekawy wniosek, że obserwowane widma regularne są wynikiem stochastycznego składania nieregularnych widm o przypadkowej pozycji maksimum i znacznej krzywiźnie. Wynik ten przypomina efekty obserwowane w profilach i widmach pulsarów.

Rezultaty opisane w pracach P1-P3 zostały dostrzeżone przez innych badaczy i każda z prac doczekała się około osiemnastu niezależnych cytowań w niedługiej skali czasowej czterech lat.

W pracy P4 habilitant wdraża skuteczną metodę ograniczenia geometryczno-fizycznych parametrów obszaru emisji flar gamma. Metoda działa dla blazarów, dla których dostępny jest zbiór aż pięciu obserwacji. Pozwala to nałożyć cztery empiryczno-teoretyczne warunki na lokalizację r oraz czynnik Lorentza Γ emitera. Trzy z tych warunków ograniczają możliwy zakres r i Γ w stopniu nieosiągalnym przez dotychczasowe metody. Są to ograniczenia, które wykorzystują: 1) stopień kolimacji dżetu; 2) względną wydajność różnych mechanizmów emisji w różnych zakresach widmowych; 3) skalę czasową chłodzenia promienistego. Autorzy wykazują, że zwykle stosowane ograniczenie czynnika Lorentza, oparte na konieczności uniknięcia dwufotonicznej produkcji par w emiterze, okazuje się nieistotne w porównaniu z ich warunkiem nr 2.

Tak jak i poprzednie prace, praca P4 ujawnia wszelkie cechy rzetelnej astrofizycznej roboty: autorzy (głównie habilitant) stosuje w niej wszechstronne podejście, w miarę możliwości nieograniczone w sensie metodologicznym, tzn. wykorzystano liczne dostępne informacje z różnorodnych zakresów widmowych i wprowadzono możliwie dużą ilość ograniczających warunków fizycznych. Przewornie zbadano czułość metody na założenia dotyczące wartości niektórych przyjętych parametrów.

Wyniki pracy P4 mają znaczenie praktyczne, dostarczając nowego, doskonalszego narzędzia do analizy obserwowanej aktywności blazarów (metoda została użyta przez obserwatorów np. w pracy Abeysekara et al. 2017, ApJ, 836, 205). Inni badacze porównują zgodność własnych modeli z parametrami wyznaczonymi w P4 (np. Hunger i Reimer 2016, A&A, 589, A96). Wyniki pracy P4 mają też ważne znaczenie poznawcze: pozwoliły wykluczyć modele z bardzo wąskim dżetem czy dżetem o bardzo niejednorodnej strukturze oraz wpłynęły na wysiłki modelarskie teoretyków (Golan i Levinson 2015, ApJ, 809, 23). Znaczenie pracy P4 potwierdza duża liczba cytowań (ok. 25 w ciągu trzech lat po publikacji).

Oprócz wyników opisanych w pracach określonych jako „osiągnięcie”, dr Nalewajko kontrybuował do licznych innych badań. Np. był głównym autorem teoretycznych dyskusji w obserwacyjnych pracach prezentujących dane z teleskopów Fermi, NuSTAR i in. Jest też autorem kilku prac na temat rozpadu różnych konfiguracji pól i prądów, czy stabilności dżetów. Były to badania trudnych, szczegółowych problemów plazmowych, wymagające użycia zaawansowanych technik analitycznych oraz PIC.

Przedłożony materiał habilitacyjny obfituje w to, co w nauce najważniejsze, czyli zakotwiczenie w danych obserwacyjnych i wysiłek interpretacyjny. Dowodzi wysokich i różnorodnych umiejętności warsztatowych, i szerokiego, poszukującego podejścia do problemów. Dr Nalewajko dysponuje dobrą znajomością różnorodnych procesów promienistych, efektów relatywistycznych, wglębia się w detale procesów rekoneksji czy ewolucji prądów, nie stroni od analizy danych obserwacyjnych. Potwierdzeniem wysokich kwalifikacji jest uhonorowanie habilitanta prestiżowym stypendium Einsteina, czy zapraszanie go do pomocy przy interpretacji blazarów wystosowywane przez niezależnych obserwatorów. Dowodzą ich również „parametry numeryczne badacza”, takie jak przyzwoity indeks Hirscha (kilkanaście) i znaczna liczba cytowań (rzędu tysiąca).

Złożoność współczesnej teorii blazarów, oraz ograniczona liczba obserwacji, otwierają zazwyczaj niejedną drogę ich interpretacji. Podejście dra Nalewajki jest pomysłowe i otwarte, dzięki czemu dostrzega on w swych publikacjach zwykle kilka dopuszczalnych modeli zjawisk. Czego więc być może w tej habilitacji brakuje, to definitywnego rozwikłania jakiegoś konkretnego, niezrozumiałego zjawiska obserwacyjnego. Jest to jednak trudne i zdarza się w astrofizycznej karierze rzadko, więc pozostaje życzyć tego typu dokonań w przyszłości. Garść nieudolności językowych w polskojęzycznym opisie wyników naukowych zapewne wynika z czytania habilitanta w anglojęzycznej literaturze przedmiotu.

Wyniki naukowe dra Nalewajki są istotne w dziedzinie interpretacji blazarów, a jego metody określania parametrów fizycznych są przydatne w praktyce astrofizycznej. Habilitant jest biegłym astrofizykiem o dużym dorobku. Moja ocena jego osiągnięć i aktywności naukowej jest zdecydowanie pozytywna. Z pełnym przekonaniem popieram dalsze procedowanie jego habilitacji.

Toruń, 4 lipca 2017

Jarosław Dyks

