



Centrum Fizyki Teoretycznej
Polskiej Akademii Nauk

02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

REGON 000844815

tel: (+48 22) 847 09 20, tel/fax: (+48 22) 843 13 69

email: cft@cft.edu.pl

www.cft.edu.pl

Warszawa, 23. października, 2018

Recenzja Rozprawy Doktorskiej Pani Natalii Żywuckiej-Hejzner,
zatytułowanej

**"Morphological Study of TeV Emission from 1ES 0414+009 and
Centaurus A with H.E.S.S. data"**

przygotowanej na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego

Tematem przedstawionej rozprawy doktorskiej jest analiza obserwacji dwóch obiektów, blazara i pobliskiej rozciągłej radiogalaktyki, które zostały zebrane za pomocą teleskopu H.E.S.S. Autorkę zaciekał fakt, iż obydwa obiekty cechują się rozciągłą strukturą w zakresie wysokich energii, co wydawało się intuicyjnie uzasadnione jedynie w wypadku radiogalaktyki Centaurus A.

W wyniku swoich badań, Autorka potwierdza, że rozciągła emisja w zakresie promieniowania gamma występuje w obydwu obiektach wymienionych w tytule rozprawy i nie jest to efekt instrumentalny lub błąd w oprogramowaniu do analizy danych. Aby uwiarygodnić swoje wnioski, doktorantka przeprowadziła dodatkowo analizę czterech innych blazarów, uważanych za punktowe źródła promieniowania gamma, a także przedstawiła symulacje Monte Carlo różnych modeli opisujących

taką rozciągłą strukturę.

Praca doktorska ma formę klasycznej rozprawy i składa się z trzech części. Stanowią je: Wstęp (rozdziały 1-3), Studium morfologii obiektów, czyli wyniki bieżących badań (rozdziały 4-6) oraz Dodatki (A i B), gdzie zawarto opis symulacji Monte Carlo oraz mapy radiowe z VLBA.

Praca jest napisana w języku angielskim.

Całość poprzedza poręczny wykaz skrótów i najczęściej używanych symboli.

Pracę w ogólności oceniam dobrze. Oto kilka uwag i wątpliwości które nasunęły mi się w trakcie czytania rozprawy.

1. We Wstępie wspomina się, że oprócz czterech dodatkowych punktowych blazarów używanych do analizy porównawczej, dodatkowej analizie poddane zostało jeszcze kolejne 10 źródeł. Niestety, wyniki dla tych ostatnich nic nowego nie wnoszą, a żaden systematyczny trend w zależności rozmiarów struktury od przesunięcia ku czerwieni nie został dzięki tej próbie znaleziony. Uważam, że te obiekty lepiej byłoby w związku z tym w rozprawie pominąć.

2. Autorka sugeruje, że różnice w wyglądzie struktur wysokoenergetycznych i radiowych mogą mieć związek z niejednostajną aktywnością centralnej czarnej dziury i reorientacją dżetu. Uważam to stwierdzenie za mylące, ponieważ reorientacja dżetu może mieć zupełnie inne przyczyny, niż niejednostajna aktywność (np. Merdżer), za to okresowy zanik aktywności nie musi oznaczać, że po jej wznowieniu dżet pojawi się w innym kierunku.

3. We Wstępie pada enigmatyczna uwaga, że promieniowanie kosmiczne może mieć związek z ciemną materią. Zdanie to należałoby bardziej rozwinąć i przedyskutować, jaki jest to związek, oraz w jaki sposób ciemna materia mogłaby być wykryta dzięki obserwacjom promieniowania kosmicznego?

4. Fragment poświęcony procesom promienistym zawiera na początku żargonową uwagę, że źródłem promieniowania są AGN-y. Byłoby lepiej już tutaj sprecyzować, że źródłem fotonów są atomy (lub cząstki, zależnie od procesu), co jest bliższe fizyce.

5. Tabela 1. nie zawiera wyjaśnienia, co oznacza λ ("elongation length"), nie ma go też w tekście (jest za to wielkość "elongation rate", oraz "interaction length", przy czym jednostką tej ostatniej długości są g/cm²). Rozmaitość tych definicji jest myląca dla czytelnika.
6. Rysunek 7. powinien być lepiej objaśniony w tekście. Brak jest na przykład informacji, dlaczego w "modelu hadronowym" dżetu do wyjaśnienia kształtu widma nie jest potrzebna emisja z dysku akrecyjnego, ani termiczna, ani skomptonizowana, a w leptonowym – tak. Rozumiem, że tak wynika z fitu, ale co to oznacza fizycznie?
7. Przedstawiając kryteria wyboru "dobrych" obserwacji w rozdziale 4, Autorka dodaje, że mają one zastosowanie dla tych danych, które są statystycznie istotne. Poziom istotności oblicza korzystając ze wzorów z literatury, które w tym rozdziale nie zostały przedstawione, więc referencja zawiera nieścisłość (powinno być Li & Ma 1983 równanie 17, zamiast 38).
8. Kąty pozycyjne policzone dwoma technikami dla blazara 1ES 0414+009 przy założeniu eliptycznego modelu (Tabelki 6 i 7) znacznie różnią się od siebie, co sugeruje że ich wartości są przypadkowe. Przydałby się komentarz w tekście, czy to oznacza, że model eliptyczny jest nieadekwatny do kształtu tego źródła, czy też różnica bierze się stąd, że jedna z technik fitowania jest mniej dokładna.
9. W rozdziale 5.1, na obrazie źródła po prawej stronie występuje dodatkowy kontur radiowy, który Autorka utożsamia ze źródłem tła. Takiej struktury istotnie nie widać na mapach emisji 1.4 GHz z NRAO (dodatek B). Czy wobec tego nie lepiej byłoby ten kontur usunąć? Inaczej, kształt mógłby też sugerować obecność jakiegoś składnika dżetu radiowego w tym kierunku.
10. Na ilustracji 22, konfiguracja "hard cut" użyta do ekstrakcji danych w wysokich energiach dała maksimum emisji wyraźnie przesunięte w stosunku do konturów rentgenowskich i radiowych. Jaka jest tego przyczyna?
11. Cztery blazary referencyjne, dodatkowo użyte w rozprawie aby wzmocnić wnioski płynące z analizy dokonanej dla dwóch tytułowych obiektów, nie do końca spełniają swoją rolę. Można zauważyć, że rozciągłość ich struktury w zakresie wysokich energii jest nieoczywista (stosunek półosi elipsy jest bliski 1.0) i nie

pokrywa się z kierunkiem dżetu radiowego. Ponadto, kształt reziduów w dopasowaniach widma potęgowego wyraźnie sugeruje, że widmo ma kształt inny niż potęgowy. Najistotniejszym składnikiem, który ma wpływ na wynik, jest komponent absorpcji międzygalaktycznej, EBL. W końcu, sugerowana korelacja eliptyczności blazarów z przesunięciem ku czerwieni, wywnioskowana na podstawie tej dodatkowej próbki oraz blazara 0414+009 (na rysunku 44 galaktyka Centaurus A została pominięta, a na pewno by do korelacji nie pasowała), nie wygląda przekonująco. Tę część rozprawy uważam zatem za jej najłabszy element. Niemniej jednak, sama idea zbadania ewolucji morfologii źródeł w kontekście kosmologicznym jest cenna.

12. Nie jest jasne, co przedstawiają rysunki 47 i 48 w rozdziale 6.2. Na osi pionowej, oznaczenie sugeruje jakby kąt pozycyjny był "sklejony" (uśredniony?) z danych H.E.S.S. oraz VLA/VLBA. Natomiast wszystkie tabelki z wynikami do tej pory, zawierają jedynie wartości kąta $\phi_{\text{H.E.S.S.}}$ (wyznaczonego różnymi technikami). Wyniki z VLA/VLBA są podane dopiero w Tabelce 39 kilka stron dalej, ale tutaj również są to wartości osobne dla map w radio i dla H.E.S.S.

Pomimo powyższych krytycznych spostrzeżeń, uważam ogólnie, że przedstawiona rozprawa wnosi istotny wkład do poznania morfologii blazarów i radiogalaktyk na podstawie analizy obserwacji w najwyższych zakresach energii. Cennym wynikiem jest zarejestrowanie prawdopodobnej zmiany kierunku dżetu w jednym z blazarów, na podstawie porównania z jego morfologią radiową.

Praca zawiera dokładną i wszechstronną analizę dotychczas nieopublikowanych danych, dzięki czemu możemy w pełniejszy sposób poznać budowę dwóch przedstawionych galaktyk aktywnych. Były one już co prawda obserwowane przez wiele instrumentów w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego, również przez teleskop HESS, lecz obserwacje zaprezentowane w tej pracy doktorskiej pochodzą z kilku ostatnich lat i nie były publikowane. Zostały one wyekstrahowane i przeanalizowane przez Doktorantkę niezwykle dokładnie i na wiele różnych sposobów, co jest bez wątpienia zaletą tej rozprawy.

Praca jest ładnie napisana, mimo że Autorka nie uniknęła różnych potknięć językowych (związanych z błędnym użyciem przyimków lub niewłaściwego szyku

w zdaniach podrzędnie złożonych). Usterki te utrudniają zrozumienie pewnych fragmentów. Rozprawa jest jednak metodologicznie poprawna i spełnia ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane pracom doktorskim z dziedziny astronomii. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony.

Agnieszka Janiuk
dr hab. Agnieszka Janiuk

profesor CFT PAN

Polska Akademia Nauk w Warszawie