

Ocena rozprawy doktorskiej mgra Błażeja Nikiel-Wroczyńskiego

Rozprawa zatytułowana *Existence and importance of magnetic field in tight pairs and groups of galaxies* została napisana w języku angielskim pod kierunkiem profesora Marka Urbanika i doktora Marka Jamrozego. Stanowi ona podsumowanie dokonań naukowych zawartych w pięciu artykułach wydrukowanych w czasopismach naukowych w latach 2013-2015 (ostatnia praca została złożona do druku w czerwcu 2015). Rozprawa nie została opatrzona streszczeniem w języku polskim.

Prace wchodzące w skład rozprawy zostały opublikowane w czołowych czasopismach o światowym zasięgu, tj. trzy w *Monthly Notices of RAS* oraz po jednej w *Astrophysical Journal* i *Astronomy and Astrophysics*. Wszystkie prace są wieloautorskie (dwie - mają czterech autorów, dwie - pięciu i jedna - siedmiu), przy czym Doktorant jest zawsze pierwszym autorem. W materiałach dołączonych do rozprawy znalazłem komplet oświadczeń współautorów na temat ich merytorycznego udziału w publikacjach, z wyjątkiem dra Bjoerna Adebahra, siódmego autora jednej z prac.

Autorzy oświadczeń określają swój udział w większości jako pomoc i doradztwo w opracowaniu danych, a także w analizie i interpretacji obserwacji. Łączna wymowa oświadczeń wskazuje na Doktoranta jako głównego wykonawcę badań i osobę odpowiedzialną za merytoryczną zawartość publikacji i - w efekcie - całej rozprawy.

Wszystkie pięć prac przedstawia wyniki radiowych obserwacji ciasnych układów galaktyk. Doktorant nie ogranicza się do analizy własnych obserwacji, ale - gdy tylko takie istnieją - korzysta z niezależnych źródeł, również z obserwacji w innych zakresach widma e-m, w tym rentgenowskich z archiwum CXO i - oczywiście - optycznych. Publikacje stanowią materiał w dużym stopniu jednorodny, który posłużył jako uzasadnienie głównej tezy rozprawy, że w (przynajmniej niektórych) ciasnych parach i grupach galaktyk, pole magnetyczne wypełniające przestrzeń wewnątrzgalaktyczną zostaje w wyniku oddziaływań wzajemnych galaktyk uniesione w obszary pozagalaktyczne. Co więcej, gęstość energii tych pól może być porównywalna z energią termiczną intergalaktycznej plazmy i - tym samym - dynamika gazu jest w dużej mierze zdeterminowana przez pole magnetyczne. Zatem zarówno historię, jak i przyszłą ewolucję materii międzygalaktycznej możemy poznać jedynie, gdy zostaną uwzględnione siły magnetyczne.

Dosyć niezręcznie od strony redakcyjnej określono kolejność prac, które złożyły się na rozprawę. Lista na stronie vii jest następująca:

1. MNRAS, 444, 1729
2. ApJ, 786, 144
3. MNRAS, 435, 149
4. A&A, 553, 4
5. MNRAS, złożona

Natomiast w części III (Appendix) kolejność jest częściowo odwrócona:

- I A&A, 553, 4
- II MNRAS, 435, 149
- III ApJ, 786, 144
- IV MNRAS, 444, 1729
- V MNRAS, złożona

W jeszcze innej kolejności prace te są omawiane w części II rozprawy. Utrudnio to nieco lekturę całej rozprawy. Poniżej, dla zachowania jako takiej przejrzystości będę korzystał z numeracji podanej przeze mnie powyżej cyframi rzymskimi.

W recenzowanych przeze mnie rozprawach doktorskich nie ważę równo zalet i wad. Uważam bowiem, że każdy doktorat obowiązkowo musi być merytorycznie wartościowy, ale powinien

również odznaczać się poprawnością stylistyczną i sformułowań oraz ogólną starannością. Tak więc w opinii poświęcam mniej miejsca na przedstawienie zalet pracy, a więcej na wytknięcie różnego rodzaju niedociągnięć. Recenzja ma być bowiem krytyczna. Czytając niniejszą recenzję należy o tym pamiętać.

Praca I (Leo Triplet):

W pracy podjęto próbę detekcji emisji w kontinuum radiowym struktur pływowych widocznych w linii HI, powstałych zapewne w wyniku oddziaływania pomiędzy galaktykami układu. Mimo wysokiej czułości (rms szumu 1.0 mJy/beam, przy średnicy wiązki 4.5 arcmin) nie udało się zarejestrować emisji z obszarów poza galaktykami (w szczególności wzdłuż włókna ciągnącego się na wschód od NGC 3628 o długości ok 40'). Górną granicę natężenia pola oceniono na poziomie kilka razy poniżej natężenia w samej galaktyce NGC 3628.

Stwierdzenie, że "if structure is magnetised, electrons ... will interact with magnetic field perpendicular to the line of sight and cause emission of a radio wave" (str. 8 rozprawy) jest nieprawdziwe, choć można próbować zrozumieć intencję Doktoranta.

Praca II (Stephan's Quintet):

Kwintet Stephana od dawna budził zainteresowanie, co nie dziwi tych, którzy wiedzą, jak grupa ta wygląda. Jest także dobrze znany obserwatorom radiowym. Obserwacje Doktoranta uzupełniły dotychczasowe informacje – jak sam pisze – szczególnie dotyczące polaryzacji, a pomiary w mniejszej rozdzielczości kątowej pozwoliły na dokładniejsze wyznaczenie strumienia rozciągłej składowej o niskiej jasności powierzchniowej.

Wyraźnie nietermiczne widmo promieniowania z obszaru szoku świadczy o dominującym wkładzie promieniowania synchrotronowego, mimo że obszar ten emituje również promieniowanie rentgenowskie. Porównanie energii termicznej gazu z energią pola magnetycznego pokazuje, że energia pola zaledwie o czynnik dwa jest mniejsza od energii termicznej gazu.

Recenzent z przykrością przyznaje, że nie potrafi tak wnikliwie, jak Autor zinterpretować detali widocznych na licznych ilustracjach. Na przykład, na rys. 3 omawianej pracy nie umiałbym stwierdzić, że "the magnetic field, represented by the B vectors ... seems to connect NGC 7319 with the pair NGC 7318 A/B". Składa się na to bez wątpienia brak mojego doświadczenia w tego typu obserwacjach, jak też – być może – nie najlepsza jakość ilustracji.

Stwierdzenie "the most important structure in this study is the intergalactic emission ridge ... presented in Fig. 1" jest oczywiście prawdziwe, ale Fig. 1 jest w tonacji takiej, że trudno dostrzec tę strukturę.

Może konfundować również stwierdzenie, że źródło oznaczone SQ-A znajduje się nieco na południe od źródła SQ-R, gdy podane deklinacje obu źródeł wskazują na odmienne położenie (błędnie podano deklinację źródła SQ-A).

Zabawnie wygląda podanie gęstości gazu w obszarze szoku z dokładnością 4 cyfr znaczących, ale należy zaznaczyć, że Autor jedynie wiernie cytuje z ApJ wynik obserwacji *Chandry*; podobnie "the best λ^2 fit".

Praca III (Leo Triplet - TDG):

Blisko 4 razy lepsza rozdzielczość kątowa obserwacji w linii HI pokazała, że obserwacje radiowe w pracy I dotyczą w znacznej mierze obiektu tła. Oznacza to wprawdzie rewizję ocen pola magnetycznego w TDG, ale nowe obserwacje powiedziały wiele o samej galaktyce karłowatej. Dogłębna analiza (w zakresie optycznym i linii HI) pozwoliła wyznaczyć szereg parametrów galaktyki karłowatej położonej w obszarze "warkocza" pływowego galaktyki NGC 3628. W szczególności, że jest to rzeczywiście obiekt samograwitujący (zbliżona, ale nie identyczna prędkość radialna warkocza i TDG; wyraźny gradient prędkości radialnej w samej TDG). Dyskusja, czy jest to galaktyka, która wyłoniła się z warkocza pływowego, czy też jest to "zwyczajna" galaktyka karłowata o małej jasności powierzchniowej nie doprowadziła do jednoznacznej konkluzji. Z uwagi na to, że brak informacji o kącie nachylenia płaszczyzny rotacji, została wyznaczona jedynie dolna granica masy całkowitej (dynamicznej). Wobec tego – być może – stosunek masy gazu do masy całkowitej nie odbiega tak znacząco od tego stosunku dla LSB.

Praca IV (Arp 143):

Obserwacje radiowe Autora w połączeniu z archiwalnymi z VLA i danymi optycznymi (SDSS + H α) dają możliwie pełny obraz emisji radiowej i jej związków z obiektami identyfikowanymi optycznie. Jednocześnie, inspekcja rys. 1 pozwala dostrzec emisję radiową nie związaną z żadną strukturą optyczną - *Ridge*.

Dobrej jakości mapy radiowe w częstościach znacznie oddalonych od siebie (612 i 4860 MHz) pozwoliły na dokładne wyznaczenie indeksów widmowych poszczególnych struktur i określenie przypuszczalnych mechanizmów emisji (termiczna vs. synchrotronowa). Jądro NGC 2445 ma bardziej płaskie widmo niż struktury otaczające, co wskazuje na wkład emisji termicznej. Znaczne nachylenie widma (indeks 0.8 – 1) w obszarach aktywnych gwiazdotwórczo oznacza, że nawet w wyższych częstościach dominuje tam emisja synchrotronowa. Strome widmo *Ridge* również świadczy o emisji synchrotronowej, a tym samym o obecności w tym obszarze pola magnetycznego prawdopodobnie "zawleczonego" z materią międzygwiazdową w wyniku grawitacyjnego oddziaływania obu galaktyk.

Interesująco wypada ocena wieku elektronów świecących synchrotronowo i gwiazd w obszarze NW. Gwiazdy są wyraźnie młodsze niż elektrony – to wynika z pomiarów emisji radiowej i obserwacji optycznych oraz IR i UV struktur gwiazdowych. Nie do końca zrozumiałem jednak, na czym polegało podane przez Autora wyjaśnienie tego faktu.

Nasuwa się pytanie, dlaczego tylko część obszarów aktywnych gwiazdotwórczo w NGC 2445 świeci synchrotronowo, skoro wydaje się, że wszystkie powstały w podobny sposób w wyniku oddziaływania z NGC 2444.

Praca V (Arp 269):

Równie interesująco wypadają obserwacje pary galaktyk NGC 4490/4485 (Arp 269). Obserwacje w 6 częstościach (wykonane w trzech radioobserwatoriach) ukazały złożoną strukturę emisji radiowej. Ta złożoność wynika po części z wzajemnego oddziaływania obu galaktyk. W pracy dokonano oceny wkładu promieniowania termicznego i synchrotronowego do całkowitej emisji dla poszczególnych struktur. Z analizy wynika, że generalnie w całym obszarze dominuje emisja nietermiczna. Emisję nietermiczną w obszarze *Bridge* można w naturalny sposób wyjaśnić obecnością pola magnetycznego przyniesionego wraz z materią w wyniku oddziaływania pomiędzy obiema galaktykami. Podobnie można uzasadnić emisję generowaną w pozostałych strukturach. Mapa indeksu widma promieniowania nietermicznego ukazuje niezbyt silne, ale wyraźne trendy zmiany nachylenia widma w różnych obszarach. Jednakże struktury w małej skali kątowej, porównywalnej z rozdzielczością kątową (szerokością wiązki) wydają się zawierać również sygnał generowany przez procedury opracowania obserwacji. Chętnie wysłucham opinii Doktoranta w tej sprawie.

Podsumowanie

Niedawne regulacje dotyczące rozpraw doktorskich przewidują m. in. możliwość przedstawienia rozprawy w formie serii opublikowanych wcześniej artykułów. Jeżeli artykuły te pojawiły się w renomowanych czasopismach naukowych, a tak jest w obecnym przypadku, w pewnym zakresie rola recenzenta jest odmienna od przyjmowanej dotychczas. Przystępując do lektury rozprawy (tj. również opublikowanych artykułów) założyłem, że prace te są merytorycznie poprawne, a ewentualną wartość rozprawy należy określić na podstawie ich wkładu do stanu wiedzy w obszarze zainteresowań Doktoranta. Po zapoznaniu się z pracami, wstępne założenie o merytorycznej porowności prac w moim przekonaniu okazało się w pełni usprawiedliwione.

Mam również nadzieję, że wyniki otrzymane przez Doktoranta, rozumiem przez to staranną analizę obserwacji i ich interpretację fizyczną, a nie same dane obserwacyjne, będą stanowić zachętę dla innych, zarówno do dalszego powiększania materiału obserwacyjnego, jak też dla bardziej precyzyjnego badania fizyki materii międzygalaktycznej, towarzyszącego jej pola magnetycznego i promieniowania kosmicznego.

Z przytoczonej powyżej listy usterek (jeżeli nawet jest niepełna) widać jednak, że moje za-

rzuty nie stanowią w najmniejszym nawet stopniu przeciwwagi dla pozytywnej merytorycznej wartości rozprawy. Podsumowanie w jednym zdaniu niniejszej recenzji mogłoby brzmieć następująco: Ze względu na znikome merytoryczne znaczenie uwag krytycznych, rozprawa jest w istocie niemal doskonała i nie tylko spełnia wymagania ustawowe, ale – mam nadzieję – przyczyni się do ustalania standardów zwyczajowych w ramach obecnie obowiązujących regulacji dotyczących rozpraw doktorskich. Tym samym wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgra Nikiel-Wroczyńskiego do jej publicznej obrony.

A. S. The