

wpłynęło dnia 15.05.2019
yobek

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Miry Grudzińskiej

pt. „Modelowanie aktywności wysokoenergetycznej w układach podwójnych z pulsarem”

Rozprawa doktorska pani Miry Grudzińskiej dotyczy badania kosmicznych źródeł promieniowania gamma. Bezprecedensowy rozwój metod rejestracji tego promieniowania, jaki dokonuje się w ostatnim okresie, spowodował rozkwit astronomii gamma i zaowocował odkryciem bardzo wielu nowych źródeł. Dokładność pomiarów pozwala obecnie nie tylko na samą rejestrację źródeł promieniowania gamma, ale też na badanie ich własności i identyfikację z obiektami obserwowanymi w innych zakresach widma elektromagnetycznego. Szczególnie interesująca jest (na razie nieliczna) grupa obiektów podwójnych emitujących wysokoenergetyczne promieniowanie gamma. Charakterystyka ich emisji sugeruje, że składają się one z masywnej gwiazdy i obiektu zwartego, którym może być pulsar. Układy te są przedmiotem intensywnych badań.

Interpretacja obserwacji podwójnych układów gamma jest ciągle niezadowolająca. Opis tych układów za pomocą istniejących modeli teoretycznych jest trudny, między innymi z powodu niedostatku dostępnych danych obserwacyjnych, który bardzo utrudnia testowanie modeli. Taka sytuacja w nauce zwykle stymuluje konstruowanie nowych modeli teoretycznych. Celem pracy pani M. Grudzińskiej jest właśnie zaproponowanie nowego modelu do opisu podwójnych układów emitujących promieniowanie gamma.

Recenzowana rozprawa, napisana w języku polskim, jest bardzo obszerna: tekst pracy obejmuje 256 stron i jest podzielony na 8 rozdziałów, spis używanych oznaczeń oraz spis literatury. W pracy zamieszczono 167 rysunków i 18 tabel. Rozdział pierwszy zawiera krótkie wprowadzenie do tematyki, rozdział 2 – podstawowe informacje o teorii i obserwacjach pulsarów. Następnie w rozdziale 3 znajdujemy przegląd siedmiu znanych układów podwójnych emitujących promieniowanie gamma. Zebrano tu dane obserwacyjne i ich interpretację opublikowaną w dotychczasowej literaturze, mianowicie parametry układu podwójnego, jasności i temperatury składników, widma i zmienność tych układów itp., łącznie z wyczerpującą listą odnośników do literatury. Jest to, jak się wydaje, bardzo kompetentnie zebrana dostępna informacja dotycząca tych układów.

W dalszej części pracy Autorka skupia się na układzie LS 5039. Rozdział 4 zawiera przegląd dotychczasowych modeli tego układu. Szczegółowo omówiono 7 modeli, pochodzących z lat 2006-2015. Przedstawione są założenia poszczególnych modeli i rezultaty zastosowania tych modeli do opisu dostępnych danych. Okazuje się, że żaden z modeli nie dostarcza zadowolającego opisu danych.

W rozdziale 5 Autorka przedstawia swój model „GRay” dla układu LS 5039. W uproszczeniu, w modelu tym procesem odpowiedzialnym za emisję gamma jest odwrotne rozpraszanie Comptona fotonów emitowanych przez masywną gwiazdę na elektronach pochodzących z

wiatru pulsarowego. Interakcja wiatru gwiazdowego z wiatrem pulsarowym powoduje powstanie szoku, który może przyspieszać elektrony z wiatru pulsarowego, a co za tym idzie – modyfikować widmo fotonów gamma pochodzących z odwrotnego rozpraszania Comptona. Pulsar jest również źródłem promieniowania gamma stałego, niezależnego od fazy orbitalnej układu podwójnego. Z drugiej strony, widmo fotonów gamma pochodzących z odwrotnego rozpraszania Comptona silnie zależy od fazy orbitalnej. Konstruując model, Autorka kompetentnie dyskutuje szereg szczegółów dotyczących opisu składników układu (masywnej gwiazdy i pulsara), powstawanie szoków w układzie wskutek zderzenia wiatrów masywnej gwiazdy i pulsara, kształt i własności obszaru akceleracji elektronów, a także mechanizm emisji promieniowania gamma w wyniku komptonowskiego chłodzenia elektronów. Jednakże wydaje się zastanawiającym całkowite pominięcie pól magnetycznych w rozważaniach, a muszą one wpływać choćby na ruch elektronów. W modelu zakłada się prostoliniowy ruch elektronów, nawet w pobliżu pulsara. Ponadto być może należałoby wziąć pod uwagę efekt konwersji fotonów na pary elektronowe wskutek oddziaływania z bardzo silnym polem magnetycznym. Oczywiście, uwzględnienie pól magnetycznych, szczególnie pól zmiennych w przypadku pulsara, stanowi dużą komplikację modelu i być może nie jest to na tym etapie wykonalne ze względu na ograniczone możliwości obliczeniowe. Tym niemniej, jakiś choćby komentarz na ten temat byłby bardzo przydatny wobec potencjalnie dużego wpływu obecności pola magnetycznego zarówno na widmo promieniowania gamma emitowanego przez układ, jak też na jego krzywą blasku.

Następny rozdział jest poświęcony badaniu własności modelu GRay, mianowicie wpływu różnych elementów modelu na uzyskiwane z niego widmo odwrotnego rozpraszania komptonowskiego i krzywą blasku. Zbadano zależność emisji gamma od fazy orbitalnej układu i od inklinacji orbity oraz wpływ ewentualnego uproszczenia modelu przez zaniedbanie rozmiarów składnika gwiazdowego (czyli przybliżenia punktowego gwiazdy masywnej). Szczegółowo zbadana została też zależność emisji gamma od założeń co do kształtu widma energii elektronów emitowanych z pulsara. Podobnie, kształt obszarów szoku i akceleracji istotnie wpływa na przewidywania modelu.

W rozdziale 7 przedstawione są wyniki zastosowania modelu GRay do opisu danych obserwacyjnych układu LS 5039 pochodzących z detektora LAT na satelicie Fermi oraz z detektora COMPTEL na satelicie CGRO. Parametry modelu zostały dobrane tak, aby zoptymalizować dopasowanie przewidywań modelu do danych. W ten sposób można było na przykład stwierdzić, że najlepsze dopasowanie do danych uzyskuje się przy założeniu dwuskładnikowego rozkładu energii elektronów z pulsara. Jednak rekonstrukcję krzywej blasku Autorka uznaje za nie w pełni zadowalającą.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie pracy. Szkoda, że nie ma w rozprawie jakiegokolwiek porównania modelu GRay z wcześniejszymi modelami omawianymi w rozdziale 4. Autorka w ogóle nie porusza kwestii, czy model GRay usuwa jakieś niedostatki tych modeli i czy pozwala na lepsze zrozumienie danych obserwacyjnych. Być może obecnie dostępne dane nie pozwalają jeszcze na miarodajne porównanie szczegółów modeli? Z drugiej strony jest zrozumiałe, że model GRay jest modelem właśnie zaproponowanym i że zapewne wymaga on jeszcze dopracowania wielu szczegółów, zanim można będzie uznać go za dzieło całkowicie ukończone. Poza tym być może presja czasu wynikała z formalnych wymogów przewodu doktorskiego nie pozwoliła na wykonanie dodatkowych analiz, a praca i tak już jest bardzo obszerna. Tym niemniej, brak takiego komentarza autorskiego pozostawia pewien niedosyt.

Pomimo powyższych zastrzeżeń trzeba jasno stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr Miry Grudzińskiej zasługuje na bardzo duże uznanie. Wykonanie badań, których rezultaty są przedstawione w rozprawie, wymagało ogromnego nakładu pracy. Autorka ze znanym przedstawiła literaturę tematu i znakomicie poradziła sobie ze skomplikowanymi i czasochłonnymi symulacjami. Bardzo rzetelna i fachowo przeprowadzona analiza założeń i rezultatów modelu GRay oraz przytoczenie mnóstwa rezultatów pośrednich jest ważkim wkładem w rozwój astronomii podwójnych układów gamma. Nie ma wątpliwości, że opracowanie nowego modelu teoretycznego zjawiska tak skomplikowanego, jak emisja gamma w układach podwójnych, jest bardzo dużym sukcesem naukowym. Nieczęsto zdarza się, aby tak duży sukces był osiągnięty już na etapie przygotowania rozprawy doktorskiej.

Obowiązek recenzenta jednak wymaga zauważenia że paradoksalnie, duży stopień szczegółowości rozprawy doktorskiej stanowi nie tylko jej zaletę, ale również wadę. Mnóstwo szczegółów przytoczonych w tekście sprawia, że praca jest czytelna i łatwo zrozumiała raczej dla ekspertów, niż dla młodych adeptów nauki – jest niezbyt przyjazna czytelnikowi, który musi samodzielnie przedzierać się przez gąszcz szczegółów i samodzielnie zorientować się, które są najważniejsze. Wiele z tych szczegółów można by w rozprawie pominąć bez szkody dla jej kompletności.

Rozprawa jest przygotowana pieczołowicie pod względem edycyjnym. Napisana jest poprawną, ładną polszczyzną, z dbałością o jasność i precyzję wypowiedzi. Zauważyłem niewiele błędów typograficznych i jedynie bardzo nieliczne, drobne potknięcia stylistyczne. Tekst jest sformatowany starannie, rysunki – w większości kolorowe – odpowiedniej wielkości, wyraźne i czytelne, opatrzone precyzyjnymi i zrozumiałymi podpisami.

Podsumowując mogę z przyjemnością stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr Miry Grudzińskiej spełnia wszelkie formalne i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim. Dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Kraków, 9 maja 2019 r.

prof. dr hab. Henryk Wilczyński
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

