Dr hab. prof. UWr. Arkadiusz Berlicki
Instytut Astronomiczny
Uniwersytetu Wrocławskiego
Ul. Kopernika 11
51-622 Wrocław

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra Macieja Zapióra
„Badanie przestrzennych ruchów materii w protuberancjach“

Protuberancje słoneczne są jednymi z największych i najbardziej spektakularnych przejawów aktywności słonecznej. Składają się one ze względnie chłodnej plazmy utrzymywanej przez pole magnetyczne w otoczeniu gorętszej o prawie 3 rzędy wielkości korony słonecznej. Dokładna analiza protuberancji słonecznych ma duże znaczenie dla zrozumienia właściwości fizycznych plazmy słonecznej zawartej w tych strukturach, poznania konfiguracji pola magnetycznego utrzymującego protuberancje w równowadze oraz konstruowania modeli powstawania i zanikania protuberancji.

Rozprawa doktorska mgra Macieja Zapióra prezentuje wyniki analizy ruchów świecącej w linii Hα plazmy w różnych protuberancjach spokojnych i aktywnych. Głównym celem tej pracy jest wyznaczenie położeń, prędkości i przyspieszeń węzłów protuberancji słonecznych oraz natężenia pola magnetycznego wzdłuż trajektorii ruchu tych węzłów. Po krótkim streszczeniu i wstępie, w rozdziale 1 rozprawy mgr Maciej Zapiór charakteryzuje protuberancje słoneczne. Przedstawia historię ich obserwacji, parametry fizyczne, klasyfikację, opisuje niektóre typy protuberancji oraz pewne ich struktury takie jak bąble, kłęby oraz węzły. Zawarty w tym rozdziale materiał jest jednak dobrany dość chaotycznie a autor wybiórczo podał tylko niektóre informacje o protuberancjach, które jego zdaniem są bardziej powiązane z tematyką rozprawy. Ważny rozdział 1.2 (Parametry fizyczne protuberancji) jest dość skąpy a w rozdziale 1.5 umieszczony opis bąbli i kłębów nie jest wystarczająco jasny, aby jednoznacznie odróżnić bąbel od kłębu.

W rozdziale 2 rozprawy zawarty jest opis instrumentów obserwacyjnych i metoda redukcji danych. Doktorant w wystarczającym stopniu opisuje instrumenty oraz sposób redukcji obserwacji z wrocławskiego MSDP. Nie mogłem jednak znaleźć procedury redukcji obserwacji z wielo-kanałowego spektrografu znajdującego się w Ondřejovie.

Rozdział 3 zawiera obszerny opis metody odtwarzania trajektorii ruchu węzłów protuberancji. Istotną zaleta niniejszej rozprawy jest staranność obliczeń matematycznych, poprawne stosowanie metod aproksymacji trajektorii ruch węzłów i dokładne wyznaczenie błędów poszczególnych wielkości. Jednak bardzo sformalizowany opis metody automatycznego wyznaczania pozycji węzłów zawarty w rozdziale 3, choć poprawny, prawdopodobnie nie byłby przystępny dla przeciętnego czytelnika – można było bardziej szczegółowo i jaśniej opisać kolejność postępowania przy wyznaczaniu położenia węzłów protuberancji. Należy jednak docenić wysiłek autora rozprawy, który w celu opisania obserwowanych położeń i prędkości węzłów nie używał funkcji sklejanych lecz dopasowywał analityczne funkcje wielomianowe. To z kolei umożliwiło analityczne wyznaczanie wartości innych parametrów z uwzględnieniem ich składowych w osiach X, Y i Z.

Kolejny 4 rozdział zawiera prezentację wyników analizy obserwacji. Opracowany materiał obserwacyjny jest przejrzyście i jasno przedstawiony a kolorowe wykresy umożliwiają szybką identyfikację poszczególnych węzłów. Tabele także są przejrzyste. Zastanawia tylko umieszczenie przez doktoranta w tabeli 4.1 znacznie większej ilości obserwacji protuberancji niż wykorzystanych w rozprawie doktorskiej. Nasuwa się pytanie: Po co? Rozdział 5 nosi tytuł "analiza obserwacji". W przypadku węzłów protuberancji zawiera on jednak przede wszystkim streszczenie wyników

zaprezentowanych już wcześniej w tabelach rozdziału 4. Jedynie rozdziały 5.2 i 5.3 zawierają nowe informacje dotyczące ruchu bąbla i kłębów oraz oscylacji protuberancji.

Ostatni rozdział to wnioski. Jest to najkrótszy rozdział niniejszej rozprawy doktorskiej (2 strony) i zawiera zwięzłe podsumowanie uzyskanych wyników. Treść zawartą w tym rozdziale omówię szerzej w dalszej części recenzji. Oprócz rozdziałów 1-6 rozprawa zawiera także wykaz literatury. Cytowania są poprawnie używane a literatura dobrze dobrana. Czasem nawet cytowane są pozycje, które nie mają istotnego powiązania z tematyką pracy lub zawierają wątpliwe naukowo wyniki. Np. wyznaczenie temperatury korony słonecznej w praca Makhmudova z roku 1980 w zakresie 1–3 MK. Doktorant powinien ponadto unikać cytowania pracy z roku 1990 pisząc jednocześnie: "Według najnowszych badań...".

W swojej rozprawie doktorskiej autor starał się przetłumaczyć na język polski angielskie nazwy struktur i typów protuberancji. Według mnie mgr Zapiór poprawnie używa polskich nazw a tam, gdzie ma trudności z poprawnym tłumaczeniem terminu, pozostaje przy nazwie angielskiej. Takie postępowanie wydaje mi się poprawne, ponieważ czasem, gdy nie ma polskiego odpowiednika, lepiej pozostać przy nazwie oryginalnej niż tworzyć nieprzemyślane tłumaczenia.

W rozprawie mgra Macieja Zapióra rysunki, zdjęcia i tabele są dobrze zredagowane i rozmieszczone w tekście. Kompletne są też podpisy pod rysunkami. W tekście zdarzają się jednak fragmenty o wątpliwej wartości stylistycznej, np.: "Zaprezentowano również wyniki wspólnej polsko-czeskiej kampanii obserwacyjnej poświęconej jednoczesnym obserwacjom oscylacji protuberancji. Ponieważ, jak wykazali wcześniej inni autorzy, nie wszystkie obserwowane częstości zmian prędkości dopplerowskiej w protuberancjach pochodzą ze źródeł słonecznych. Niewielkie zmiany położenia szczeliny spektrografu względem... " (streszczenie). Ponadto, zamiast używać słowa "relatywnie" można użyć "względnie", zamiast "rekoneksja" - "przełączenie". Jest też w tekście rozprawy kilka uproszczeń językowych, np.: "ruchy plazmy dominują nad polem magnetycznym..." (str. 19). Podobnego typu błędy nie są jednak częste i nie wpływają istotnie na łatwość przyswajania tekstu.

Mam ponadto kilka innych uwag lub pytań dotyczących różnych części niniejszej rozprawy:

1)
Autor rozprawy używa terminu natężenie pola magnetycznego H ale we wzorach używa symbolu indukcji magnetycznej B.

2)
W rozdziale 1.6 (Protuberancje aktywne) doktorant zapomniał chyba wspomnieć o protuberancjach typu pętla (np. rozbłyskowe). Są to jedne z najczęściej obserwowanych typów protuberancji aktywnych w obszarach aktywnych i podczas rozbłysków, głównie w zakresie ultrafioletowym widma.

3)
W rozdziale 1.7 mgr Zapiór pisze: "Po erupcji protuberancji może wystąpić zjawisko tzw. koronalnego wyrzutu materii (CME)." Obserwacje i modele pokazują, że zjawisko CME przebiega zazwyczaj jednocześnie z ewentualną erupcją protuberancji.

4)
W rozdziale 2.1 autor pisze o 5 działających obecnie spektrografach typu MSDP. W chwili obecnej na świecie są użytkowane tylko 3 spektrografy pracujące w tym systemie.

5)
W tym samym rozdziale autor pisze, że okno wejściowe spektrografu obejmuje na Słońcu obszar 325" x 40". Jednocześnie podaje, że odpowiada to około obszarowi o rozmiarze 120000 x 1500 km. Proste przeliczenie pokazuje, że 1" na Słońcu w takim przypadku odpowiada 375 km. Powinno być około 730 km.

6)
Rysunek 2.11 (okolice linii Ca II 854,2 nm - dolny panel) - czym jest wywołane występowanie maksimów na widmie uzyskanym spektrografem w Ondřejovie ?

7)
W rozdziale 3.2 autor pisze: "Stąd w celu zaoszczędzenia czasu pracy zdecydowano się na stworzenie algorytmu, który automatycznie śledzi wybrany węzeł na kolejnych obrazach". Czy faktycznie chęć zaoszczędzenia czasu pracy była głównym powodem napisania algorytmu? Jak stworzenie algorytmu wpłynęło na dokładność wyznaczenia pozycji węzłów?

8)
W rozdziale 5.3 autor pisze, że oscylacje 28-minutowe maja amplitudę 1,14 km/s na podstawie obserwacji Dużym Koronografem. Na rysunku 5.2 (czerwone punkty) widać jednak większe wartości amplitud prędkości.

9)
W rozdziale 5.2 nie jest jasno zdefiniowana wysokość bąbla i kłębu dla protuberancji z dnia 20 kwietnia 2011 roku. Z rysunku 5.1 wynika, że autor prawdopodobnie mierzy położenia i prędkości górnych krawędzi tych struktur ale w tekście nie jest to jasno określone.

10)
Autor w swojej rozprawie rozdziela kropką część całkowitą liczby od jej części dziesiętnych lub setnych. W języku polskim powinno się chyba stosować przecinek.

Osobnej uwagi wymaga dobór materiałów do rozprawy. Znacząca część rozprawy poświęcona jest analizie przestrzennych ruchów węzłów w protuberancjach. Temu zagadnieniu poświęcony jest cały rozdział 3 i prawie cały 4. Materiał obserwacyjny wykorzystany do tej analizy jest obszerny i dobrze dobrany. Jednak w pracy doktoranta znajdują się dwa, odstające trochę od głównego tematu rozprawy zagadnienia: analiza ruchów bąbli i kłębów w jednej protuberancji obserwowanej 20 kwietnia 2011 roku oraz analiza oscylacji protuberancji obserwowanej w dniu 23 września 2010 roku. Zakładam, że umieszczenie opisu tych zjawisk w pracy miało na celu pokazanie rzadko publikowanych, wyjątkowych obserwacji protuberancji, które uzyskał doktorant. Zgadzam się, że jednoczesne obserwacje oscylacji protuberancji w dwóch obserwatoriach odległych od siebie około 200 km są wyjątkowe i wartościowe, umożliwiają wyeliminowanie wpływu efektów atmosferycznych i jednoznaczne potwierdzenie danego typu oscylacji. Analiza prędkości wznoszenia się bąbli i kłębów w protuberancjach spokojnych może być istotna np. w analizie modelu ewolucji pola magnetycznego w protuberancjach, jednak umieszczenie tej analizy w niniejszej rozprawie nie wniosło nic istotnego do jej treści dodatkowo przez to, że doktorant nie dyskutuje uzyskanych prędkości wznoszenia się bąbla i kłębów i nie stara się w żaden sposób zinterpretować wyników. Podobna uwaga może także dotyczyć np. uzyskanych okresów oscylacji protuberancji obserwowanej dnia 23 września 2010 roku. Aż się prosi aby we wnioskach przedyskutować np. możliwe przyczyny uzyskania innych okresów oscylacji niż te umieszczone w pracy Molowny-Horas i inni (1999).

Z powyższymi uwagami związany jest bardziej ogólny problem tej rozprawy, czyli bardzo uboga dyskusja uzyskanych wyników. Nie dotyczy to tylko wspomnianych wyżej oscylacji czy ruchów bąbli i kłębów ale także analizy trójwymiarowych ruchów węzłów w protuberancjach. Częściowy opis uzyskanych wyników jest zawarty w rozdziale 5 jednak brakuje mi na przykład analizy porównawczej otrzymanych prędkości, przyspieszeń czy natężenia pola magnetycznego z wynikami innych autorów. Wyniki analizy ruchów węzłów publikowane przez innych autorów są co prawda omawiane w rozdziale 1.9 ale w końcowych wnioskach dobrze byłoby je porównać z tymi uzyskanymi w niniejszej rozprawie. Przydałaby się też przynajmniej prosta dyskusja możliwych przyczyn występowania takich a nie innych wartości prędkości, przyspieszenia czy natężenia pola magnetycznego w różnych rodzajach protuberancji. Na przykład w rozdziale 4 na wykresach przedstawiających zmiany oszacowania dolnej granicy natężenia pola magnetycznego w czasie widać duże zmiany wartości H (np. rysunek 4.1, węzeł A). Czy takie zmiany mogą być realne? Czy taki kształt krzywej H(t) można jakoś wytłumaczyć? Czy jest jakiś związek pomiędzy zmianami H(t) a

zmianami a(t)?, itp. W rozprawie zabrakło dyskusji związanej z podobnymi pytaniami, wymagającej od autora krytycznego podejścia do uzyskanych wyników. Rozdział 5 zawiera opis ruchów węzłów w poszczególnych protuberancjach ale można zadać pytanie: Co z tego wynika? Czego dowiedzieliśmy się z podstawie przeprowadzonej analizy? Autor niniejszej rozprawy niestety ograniczył się głównie do sporządzenia katalogu parametrów węzłów protuberancji.

Podsumowując, można stwierdzić, że lektura rozprawy zostawia lekkie poczucie niedosytu. Wnioski umieszczone w rozprawie są dość krótkie i ogólnikowe. Szkoda, że precyzyjny opis ruchów węzłów protuberancji uzyskany na podstawie tak szczegółowej analizy nie został dostatecznie wykorzystany do sformułowania jakichś ogólniejszych zależności, np. powiazania typu protuberancji z charakterystyka ruchów węzłów lub dyskusji możliwych sił występujących w protuberancjach i wpływających na kinematykę ruchów plazmy. Dodatkowo, prosta zasada ekwipartycji energii kinetycznej węzła i pola magnetycznego wykorzystana w rozprawie do oszacowania dolnej granicy natężenia pola magnetycznego w protuberancjach nie przynosi nowych informacji lecz raczej potwierdza powszechnie przyjęte wartości pola magnetycznego występujące w protuberancjach, a uzyskane innymi, dokładniejszymi metodami. Należy tutaj zauważyć, że minimalna wartość pola magnetycznego w protuberancjach wyznaczona w rozprawie może być dodatkowo obarczona dużym błędem wynikającym z nieznajomości gęstości węzłów, która jest jednym z parametrów niezbędnych do wyznaczenia tego pola. Wartościowym wynikiem byłoby oszacowanie górnej granicy natężenia pola magnetycznego w protuberancjach ale, o ile rozumiem, tego typu oszacowania nie były możliwe do przeprowadzenia na podstawie dostępnego materiału obserwacyjnego i użytych metod analizy.

Za najbardziej wartościowy wynik zawarty w niniejszej rozprawie doktorskiej uważam opracowanie metody wyznaczania "prawdziwie" trójwymiarowych trajektorii ruchu węzłów w protuberancjach w oparciu o dobrze dobrany materiał obserwacyjny i odpowiednie metody matematyczne dopasowania funkcji wraz ze szczegółowym rachunkiem błędów. Biorąc pod uwagę cały zakres rozprawy uważam, że wyniki uzyskane przez mgra Macieja Zapióra i zawarte w jego rozprawia doktorskiej są wartościowe i mogą stanowić bazę wyjściową do dalszych, szerszych badań dynamiki plazmy w protuberancjach.

Dlatego stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra Macieja Zapióra odpowiada warunkom określonym w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki i wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania, w tym publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Ondřejov, 10 stycznia 2013 r.

Dr hab. prof. UWr. Arkadiusz Berlicki

Uniwersytet Wrocławski

A. Berlicki