

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. Marcina Wesołowskiego
*Wybrane aspekty fizycznej ewolucji komet w świetle
współczesnych badań astrofizycznych*

Praca doktorska mgr. Wesołowskiego poświęcona jest mechanizmom emisji materii z powierzchni komet przechodzących w pobliżu Słońca. Praca została przygotowana pod opieką dr. hab. Piotra Gronkowskiego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego. Mgr Wesołowski jest współautorem dwóch artykułów w *Astronomische Nachrichten* i jednego artykułu w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Te trzy publikacje, napisane wspólnie z promotorem, zawierają dużą część wyników przedstawionych w rozprawie.

Komety należą do jednych z pierwszych obiektów, którymi zainteresowała się astronomia. Fascynacja tymi małymi obiektami bierze się po części ze zmienności ich kształtu i jasności w trakcie przechodzenia w pobliżu Słońca. Tematem badań mgr. Wesołowskiego jest emisja materii z powierzchni komety. Innym tematem zainteresowań badawczych Doktoranta jest próba wyjaśnienia mechanizmu zmian jasności komet, jako gwałtownego procesu emisji materii ze skorupy komety. Ilościowa analiza zjawisk zachodzących na powierzchni i w skorupie komety jest trudna. Wynika to z niewielkiej ilości danych obserwacyjnych dotyczących budowy i składu komet. Co ważniejsze, sama struktura komet jest bardzo nieregularna i inna dla każdego z tych obiektów. Z konieczności proponowane modele oparte są na dużych uprosz-

zeniach złożonych zjawisk. Opisują więc tylko najważniejsze charakterystyki emisji materii z powierzchni komet.

Pierwsza część rozprawy zawiera analizę mechanizmu emisji ziaren z powierzchni komety. Emisja materii z powierzchni polega na zjawisku sublimacji lodów w jądrze komety. Prędkość sublimacji oparta jest na równaniu bilansu energetycznego, między energią dostarczoną przez promieniowanie słoneczne, emisją promieniowania z powierzchni, sublimacją i transportem ciepła w głąb jądra komety. Na podstawie tego bilansu można oszacować prędkość sublimacji dla kilku najważniejszych składników materii kometarnej. Ziarna materii pozostające na powierzchni komety mogą zostać uniesione jeżeli siła parcia związana z emisją sublimujących lodów jest wystarczająco duża aby przewyciężyć siłę grawitacji. Oczywiście uwzględnia się też siłę odśrodkową wywołaną przez ruch obrotowy komety. Szybkość sublimacji lodów determinuje maksymalną średnicę ziarna materii unoszonego z powierzchni komety. Emisja ziaren materii może być bardziej efektywna w strumieniu gejzeru na powierzchni komety. Szybkość sublimacji zależy od przekroju jamy i kanału gejzeru.

Wyniki numeryczne są przedstawione dla odległości 1AU od Słońca. Maksymalny rozmiar ziaren unoszonych z powierzchni komety jest rzędu milimetrów. Dla przypadku emisji z gejzerów, nie jest podany parametr określający stosunek przekroju jamy i kanału gejzeru. Autor rozważa dwa przypadki niesferycznego kształtu jądra komety. W zależności od rodzaju deformacji, emisja ziaren jest łatwiejsza z równika lub z bieguna.

Druga część rozprawy przedstawia próbę wyjaśnienia zjawiska gwałtownych rozbłysków komet. Obserwuje się nagłe zwiększenie jasności komet, typowo o 2 do 5 jednostek, na 20-30 dni. Takie zwiększenie jasności oznacza, że gwałtownie uwalnia się dodatkowa porcja materii z jądra komety. Żaden z dotychczas proponowanych mechanizmów nie wyjaśnia w pełni wszystkich obserwacji.

Doktorant, wspólnie z promotorem dr. hab. Piotrem Gronkowskim, przedyskutował nowy model wybuchowego uwalniania materii z jądra komety. W tym modelu gwałtowna emisja następuje w wyniku pęknięcia skorupy nad jamą w jej wnętrzu. W wyniku transportu ciepła do wnętrza komety następuje zwiększenie ciśnienia gazu w jamie. Przy odpowiednich warunkach może to doprowadzić do gwałtownego rozerwania skorupy i emisji materii. Podstawową wielkością istotną dla określenia, czy nastąpi rozerwanie skorupy nad jamą, jest ciśnienie gazu. Jeżeli temperatura w jamie wzrośnie, następuje przyspieszenie procesu sublimacji. Jeżeli sublimacja jest szybsza niż dyfuzja gazu przez porowate ścianki jamy następuje wzrost ciśnienia. W odpowiednich warunkach ciśnienie jest wystarczające do rozerwania materiału skorupy nad jamą. Mgr Wesołowski przedstawia pewne oszacowanie jak zmieni się wtedy jasność komety.

Możliwość zaistnienia zjawiska gwałtownego pęknięcia skorupy zależy od wielu czynników, które są słabo znane. Dlatego autor przedstawia szereg wykresów zależności temperatury i ciśnienia od niektórych parametrów. Szczególnie istotna jest zależność temperatury od głębokości. Z przedstawionych obliczeń wynika, że temperatura szybko maleje z głębokością. Oznacza to, że efektywny wzrost ciśnienia może dotyczyć tylko stosunkowo niewielkich jam. Czy wyrzut materii z niewielkich jam może spowodować wymagany wzrost jasności?

Druga wątpliwość co do przedstawionego modelu dotyczy możliwości wystąpienia sprzyjających warunków w jądrze komety. Ścianki jamy muszą charakteryzować się małą przepuszczalnością gazu. Oznacza to, że z jakichś powodów tworzą się stosunkowo duże jamy o zwartych ściankach, bez dużej ilości porów. Jak często możemy się spodziewać takich warunków?

Co więcej ścianki jamy o zwartej budowie trudno jest rozerwać. Przedstawione rachunki dla temperatury w jądrze komety pokazują, że odpowiednia temperatura tworzy się tylko w pewnych warunkach. Podejrzewam, że

gwałtowne rozerwanie materiału skorupy może nastąpić tylko dla niektórych komet i określonych odległości od Słońca. Oznacza to, że przedstawiony mechanizm może tłumaczyć tylko pewną niewielką część wszystkich obserwowanych rozbłysków komet.

Rozprawa doktorska zawiera dwie ciekawe analizy emisji materii z jądra komety. Przedstawione rachunki są próbą analizy badawczej obserwowanych zjawisk i są istotnym przyczynkiem do badań tych zjawisk. W podsumowaniu stwierdzam, że oceniana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgra Marcina Wesołowskiego do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Piotr Bożek

