

Recenzja rozprawy doktorskiej
P. mgr Joanny Kozakiewicz
**Investigation of the Martian subsurface
by analysis of the Schumann resonance parameters**

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska P. mgr Joanny Kozakiewicz pt. "Investigation of the Martian subsurface by analysis of the Schumann resonance parameters" jest poświęcona w całości analitycznemu modelowaniu propagacji fal o ekstremalnie niskich częstościach w naturalnym „falowodzie” utworzonym przez grunt i jonosferę Marsa. Rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Spełnia ona tym samym formalne wymaganie Art. 13 ust. 1. Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2004 z późniejszymi zmianami, zwanej poniżej "Ustawą". Praca koncentruje się na zagadnieniu specyficznych częstości rezonansowych (tzw. rezonansów Schumanna) dla wspomnianych fal oraz ich wykorzystaniu do analizy struktury gruntu „Czerwonej Planety”.

Rozprawa ma formę maszynopisu książki, a więc spełnia wymaganie Art. 13 ust. 2 wspomnianej Ustawy. Pracę przygotowano w języku angielskim ze streszczeniami: angielskim i polskim. Spełnia więc ona również wymagania Art. 13 ust. 5 i 6 Ustawy.

A. Treść rozprawy

Rozdział 1 to wprowadzenie do zagadnienia rezonansów Schumanna dla granic o nieskończonej przewodności. Autorka zaczyna wywód od równań Maxwella, przechodzi do układu biegunowego i dokonuje separacji zmiennych (*vide* poniżej). Wynikiem dalszych przekształceń i założenia idealnie przewodzących granic naturalnego falowodu są analityczne wyrażenia na częstości rezonansowe: oryginalne schumannowskie i modyfikacje wynikłe z innych założeń, np. wzięcia pod uwagę skończonej odległości między granicami "planetarnego falowodu", czy też różną od c prędkość fazową fal elektromagnetycznych. Dalszy ciąg rozdz. 1 to wprowadzenie do analitycznych modeli propagacji fal tzw. Extremely Low Frequency (ELF). Autorka korzysta też z obecnych w literaturze zależności i zwraca uwagę na fakt, że jonosfera i grunt mogą mieć skończoną przewodność zależną od głębokości. To krok w kierunku modeli uwzględniających strukturę elektryczną granic obszaru propagacji. Rozdział kończy szczegółowe omówienie elektrycznych własności atmosfery i dużo bardziej zwarte - własności gruntu dla typowej planety podobnej do Marsa.

Rozdział 2 to obszerne, literaturowe i encyklopedyczne kompendium na temat Marsa, poczynając od historii wypraw na Marsa i w jego okolice. Ciekawostka: niemal wszystkie 20 wypraw ZSRR/Rosji skończyło się klęską. Jeszcze 25 lat temu taka tabela ściągnęłaby na Autorkę kłopoty. W dalszym ciągu P. mgr Joanna Kozakiewicz bardzo szczegółowo omawia elektryczne własności marsjańskiej jonosfery i dolnej atmosfery. Dużo uwagi poświęca szczególnie źródłom ELF w atmosferze "Czerwonej Planety" (*vide* poniżej).

W rozdziale 3 pojawia się oryginalny wkład badawczy P. mgr Joanny Kozakiewicz. Ta część pracy ma kapitalne znaczenie metodologiczne. Autorka koncentruje się tutaj na warstwowych modelach gruntu marsjańskiego.

W tym rozdziale wprowadzono modele gruntu bardzo szczegółowo analizowane w rozdz. 4, zwane odpowiednio: suchy (dry), solankowy (drine) i model wodny (water). W szczególności P. mgr Joanna Kozakiewicz analizuje starannie używane później przez nią profile przewodności wielowarstwowego gruntu na Marsie oraz prezentuje własną metodologię analitycznego modelowania propagacji ELF w przypadku złożonej struktury obszarów podpowierzchniowych.

Rozdział 4 zaczyna się od tabelarycznego zestawienia dotychczasowych wyników modelowania rezonansów w atmosferze Marsa uzyskanych przez różnych autorów. P. mgr Joanna Kozakiewicz prezentuje przy tym swoje wcześniej publikowane rezultaty. W dalszych częściach rozdziału Autorka przedstawia szczegółowo nowe wyniki swoich prac modelowych, również w kontekście wcześniejszych rezultatów innych autorów. Dyskutowane są tam jej modele gruntu: jednowarstwowe, dwuwarstwowe (podzielone na wspomniane powyżej suche, wodne i solankowe) oraz trójwarstwowe. Dla porównania przytoczono też wyniki modelowań numerycznych. Po zestawieniu częstości rezonansowych poszczególnych modeli następuje szczegółowa analiza widm: amplitudy ELF, prędkości fazowej, współczynnika pochłaniania oraz innych parametrów propagacji. Przedyskutowano także zależność częstotliwości rezonansowych od parametrów takich, jak przewodność i grubość poszczególnych warstw gruntu.

Rozdz. 5 jest poświęcony opisowi przyszłego eksperymentu z badaniem ELF na Marsie. Autorka sugeruje użycie sondy ELF m.in. do badania podpowierzchniowych rezerwuarów wody wypełniającej pory skalne. Na razie rozdział ma jeszcze charakter wysoce spekulatywny. Całość rozprawy kończy dobrze i przejrzysto skonstruowane podsumowanie.

B. Wartość naukowa rozprawy.

Rozprawa doktorska P. mgr Joanny Kozakiewicz zrobiła na mnie bardzo dobre wrażenie. Praca jest bardzo ambitna i informacyjnie bogata. Tworzenie modeli analitycznych to sztuka b. trudna, ale konieczna. W epoce wszechobecnych symulacji numerycznych modele analityczne są nadal cenne. Pozwalają one m.in. na weryfikację obliczeń numerycznych pod kątem możliwych artefaktów obliczeniowych. P. mgr Joanna Kozakiewicz stworzyła od podstaw taki właśnie analityczny model propagacji fal ELF w atmosferze Marsa. Jest to cenny i trwały wkład do metodologii badań planetarnych.

Szczególnie wysoko oceniam staranną dyskusję parametrów wejściowych modelu. Jest ona mocno osadzona w obserwacjach, Autorka wykazuje się tutaj znakomitą erudycją w korzystaniu z prawdziwej powodzi wyników uzyskanych przez różnorodne misje marsjańskie. Rozdz. 2 jest prawdziwą encyklopedią wiedzy o Marsie. Jak sama Autorka pisze, umieszczenie na Marsie nadajnika ELF byłoby technicznie trudne i kosztowne, jesteśmy więc skazani na pasywne obserwacje naturalnych źródeł ELF. Szczegółowa dyskusja takich źródeł (podrozdział 2.4.3) jest więc bardzo pożyteczna. Bardzo dobre wrażenie zrobiła na mnie także niezwykle staranna i kompetentna dyskusja zależności wyników od założonych parametrów. Uważam że P. mgr Joanna Kozakiewicz wniosła cenny wkład do naszej wiedzy o fizyce atmosfery i powierzchni "Czerwonej Planety". Imponująca jest również bibliografia licząca ponad 300 pozycji, świadectwo znakomitej wiedzy literaturowej Autorki.

C. Uwagi krytyczne

Uwag krytycznych nie mam wiele, pracę uważam za znakomitą i starannie przygotowaną. Uwaga merytoryczna - separacja zmiennych $B(r, \theta, \varphi) = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\varphi)$: czy nie zakłada ona niezależnych fal wzdłuż każdej współrzędnej? Czy to nie wykluczy całej klasy fal o trójwymiarowej strukturze?

Kilka uwag redakcyjnych:

1. Pomysł z wprowadzeniem skrótów różnych nazw (np. magnetic pile-up region = MPR, str. 46) jest dobry, ale nadużywany jest dużym utrudnieniem w czytaniu. Praca P. mgr Kozakiewicz jest zdecydowanie przeładowana skrótami. Jest ich tak dużo, że czytelnik się gubi i jest zmuszony każdorazowo przeszukiwać cały tekst do tyłu dla znalezienia ich znaczenia. Rozwiązaniem byłaby lista skrótów na początku lub końcu pracy. Tak jak jest obecnie to ogromne utrudnienie w czytaniu.
2. Numeracja kilku podrozdziałów rozdz. 1 zaczyna się od 5.1, analogicznie podrozdziały sekcji 1.2 (str. 11) to 5.2.1 (str. 12), 5.2.2 (str. 18) itd. Powinno być 1.2.1, 1.2.2 itd. do końca rozdz. 1. Dopiero w rozdz. 2 numeracja wraca do normy.
3. We wzorze 1.12 R jest funkcją współrzędnej radialnej r , we wzorze 1.13 jest ona różniczkowana. Tymczasem już we wzorze 1.28 jest to promień planety czyli stała. Mamy tu klasyczną kolizję oznaczeń.
4. Str. 42: aerographic - powinno być areographic, od Aresa, nie od aero - powietrza.
5. Str 43: brak podania źródła rys. 8 - z pewnością nie został zrobiony przez Autorkę
6. Str. 15: nad wzorem 1.19 - φ jest współrzędną azymutalną, a tymczasem we wzorze 3.5 jest porowatością gruntu. Mamy tu kolizję oznaczeń
7. Rys. 41 i dalsze podobne: z podpisu pod rysunkiem i odsyłacza w tekście nie wynika dla mnie jasno jak wygląda normalizacja widm do przypadku idealnego (rozumiem, że chodzi o widmo dla idealnej przewodności granic). Nie wiem czy podzielono przez siebie widmo modelowane i idealne punkt po punkcie, czyli mamy widmo stosunku ich amplitud, czy tylko przemnożono całe widmo przez stałą, normalizując tylko maksima?

D. Konkluzja

Wszystkie te uwagi, szczególnie redakcyjne, nie mają znaczącego wpływu na wysoką ocenę pracy. Uważam, że P. mgr Joanna Kozakiewicz znakomicie spełniła wymagania Art. 13 ust. 1. Ustawy i wykazała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wykazała też wymaganą obszerną, wiedzę teoretyczną jak i empiryczną w zakresie znacznie przekraczającym tematykę pracy. Wykazała się przy tym zarówno umiejętnością posługiwania się aparatem matematycznym fizyki plazmy, jak i znakomitą rozeznaniem w świecie wyników empirycznych. Stwierdzam, że P. mgr Joanna Kozakiewicz spełnia bez zastrzeżeń ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora. **Wnioskuje z całym przekonaniem o dopuszczeniu P. mgr Joanny Kozakiewicz do dalszych etapów postępowania doktorskiego.**

(-) Marek Urbanik