

Streszczenie popularnonaukowe

Tytuł projektu: Dynamo magnetyczne indukowane przez siły wyporu.

Kierownik projektu: dr hab. Krzysztof Mizerski

Głównym celem niniejszego projektu jest charakterystyka pola magnetycznego wygenerowanego przez efekty wypornościowe – magnetyczną wyporność w kontekście wnętrza Słońca oraz termiczną i chemiczną w kontekście jądra Ziemi. W przypadku Słońca planowane jest uwzględnienie wszystkich fundamentalnych czynników fizycznych określających dynamikę Tachokliny słonecznej, tzn. silne pole toroidalne narastające z głębokością, efekty termiczne wraz z przewodnictwem ciepła, oporność elektryczną oraz lepkość plazmy, duże gradienty prędkości oraz stratyfikację gęstościową by określić charakterystykę czasową i przestrzenną dynamiki pola magnetycznego w tym obszarze. Następnie w oparciu o otrzymane charakterystyki, wyprowadzony zostanie efektywny układ równań dynamicznych opisujących ewolucję pola magnetycznego w Tachoklinie, zawierający najistotniejsze elementy dynamiki pola słonecznego. Będzie on stanowił bardzo użyteczne narzędzie do modelowania zmian w czasie pola magnetycznego na Słońcu i w konsekwencji pozwoli na znacznie dokładniejsze modelowanie i zrozumienie aktywności słonecznej.

W dotychczasowych pracach dotyczących nieliniowej ewolucji niestabilności wyporności magnetycznej oraz dynamiki generowanego przez tę niestabilność, takich jak np. Kersalé *et al.* 2007, *Astrophys. J.* **663**, L113 czy Davies & Hughes (2011), *Astrophys. J.* **727**, 112 etc. nie zostały zidentyfikowane podstawowe skale przestrzenno-czasowe w analizowanym procesie dynamicznym a w konsekwencji nie skorzystano z uproszczenia, które można uzyskać znając sposób, w jaki dominujące efekty fizyczne dają wkład do dynamiki układu. Możliwy przełomowy zysk z opisu fizyki Tachokliny słonecznej oraz określenia przestrzenno-czasowych skal zmienności w tym obszarze posiada poważne implikacje praktyczne, ponieważ stwarza solidne fundamenty dla zrozumienia aktywności słonecznej, zatem związany jest z przewidywaniem okresów intensywnej aktywności i w konsekwencji prognozą burz magnetycznych na Ziemi. Burze magnetyczne, powodowane przez silne erupcje na powierzchni Słońca w okresach nasilonej aktywności, które same wynikają z relaksacji energii zakumulowanej w zdeformowanym polu magnetycznym w plamach słonecznych, mają bardzo silny wpływ na dynamikę plazmy w ziemskiej jonosferze i magnetosferze. Do najważniejszych efektów należą podgrzewanie atmosfery i w konsekwencji istotny wpływ na dynamikę atmosfery i pogodę, zakłócenia w transmisji krótkofalowej oraz w ruchu satelitów, zaś w przypadku silnych burz nawet niszczenie sprzętu elektronicznego na satelitach oraz czasowe zmniejszenie ziemskiego, wielkoskalowego pola magnetycznego.

Intensywność zaburzeń w środowisku kosmicznym związana z aktywnością Słońca jest zwykle opisywana poprzez tzw. indeksy aktywności, takie jak względna liczba plam (liczba Wolfa) R, uwzględniająca całkowitą liczbę plam, liczbę ich grup oraz ich charakterystykę, czy indeks F10,7, który opisuje intensywność słonecznej emisji na częstotliwości 2800 Hz, wyrażonej w jednostkach 10²² W/(m²Hz). Indeksy te ukazują bogate spektrum oscylacji w dynamicznej ewolucji pola magnetycznego, w szczególności ukazują znany 11-letni cykl słoneczny. Wyniki projektu, poświęconego fundamentalnym aspektom ewolucji słonecznego pola magnetycznego pozwolą na szczegółowe zrozumienie fizyki oraz efektywne modelowanie dynamiki słonecznej, kładąc podwaliny pod dokładniejszą prognozę pogody kosmicznej.

Drugi, główny cel projektu, dotyczący ziemskiego dynamiki magnetycznego indukowanego przez konwekcję, wraz z możliwym wkładem pochodzącym od tzw. fali MAC (magnetyczno-wypornościowo-inercyjnych) w płynno-żelazistym jądrze, w kontekście efektów społecznościowych jest związany z pierwszym celem projektu. W szczególności fale MAC generują mierzalne oscylacje planetarnego pola magnetycznego oraz wariacje w długości dnia i nocy (jak wykazano np. w pracach Braginsky 1999, *Phys. Earth Planet. Int.* **111**, 21 oraz Buffett 2014, *Nature*, **507**, 484). Natężenie oraz dynamika ziemskiego pola magnetycznego wpływają na ilość energii docierającą od Słońca do środowiska ziemskiego. W konsekwencji zmiany pola geomagnetycznego mogą istotnie wpływać na globalny cykl energetyczny w ziemskiej atmosferze oraz hydrosferze, a poprzez to, wpływać na klimat na Ziemi w długich skalach czasu. Ponadto, planetarne pole magnetyczne, poprzez kontrolowanie ilości cząsteczek wiatru słonecznego docierających do powierzchni Ziemi może także mieć wpływ na systemy satelitarne oraz biosferę.