

Obiekty badań/Hipoteza naukowa

Procesy uwalniania i transportu energii w atmosferze Słońca były zazwyczaj badane w ramach 1-płynowych, magnetohydrodynamicznych (MHD) modelach plazmy. Ponieważ dolne warstwy atmosfery Słońca zawierają dużą ilość cząstek neutralnych (neutralów), procesy te wymagają ponownego rozważenia poprzez uwzględnienie bardziej realistycznych 2-płynowych modeli plazmy, w ramach których konieczne jest określenie w jaki sposób energia może być transportowana z dolnych obszarów atmosfery i zamieniana (wskutek zderzeń między jonami a neutralami) na energię termiczną i jak efektywnie można poprzez nią ogrzewać chromosferę i koronę. Efekty 2-płynowe są więc niezwykle ważne w celu kwantyfikacji procesów dostarczania energii, pędu i masy do wyżej leżących obszarów atmosfery. Procesy te ściśle związane są z głównymi problemami heliofizyki: ogrzewaniem korony i generacją wiatru słonecznego.

Metodologia badań

Proponowane badania mają na celu rozwój innowacyjnych, 2-płynowych modeli atmosfery Słońca i wykonanie realistycznych symulacji numerycznych ogrzewania atmosfery i generacji wiatru słonecznego. Metodologia proponowanych badań polega na następujących głównych etapach:

- a) adaptacji nowego, spójnego, 2-płynowego modelu numerycznego (Wójcik 2017, Wójcik i inni 2017c), który opisuje słabo zjonizowaną plazmę w fotosferze i chromosferze oraz bezzderzeniową plazmę w koronie. Ze względu na potencjał modeli 2-płynowych do zbadania fal w scenariuszu bardziej realistycznym niż w reżimie MHD, obecny projekt jest skupiony jedynie na tym obiecującym podejściu. Braginskii (1965) po raz pierwszy wyprowadził 2-płynowe równania dla jonów i elektronów z uwzględnieniem pola magnetycznego, ale zaniebując reakcje chemiczne. Model ten został poprawiony przez Meiera (2012) oraz Leake i innych (2013), którzy zaproponowali model 2-płynowy dla jonów i neutralów jako odrębnych płynów z uwzględnieniem reakcji chemicznych (jonizacji i rekombinacji) i efektów anizotropowych (wynikających z obecności pola magnetycznego) w transporcie energii na sposób ciepła, co stanowiło kompleksowe i spójne podejście do modelowania jonowo-neutralnej plazmy z polem magnetycznym. Odpowiedniki 2D i 3D modelu Leake i innych (2013) są już zadane w kodzie JOANNA i były one pozytywnie zweryfikowane poprzez wykonanie wielu testów (<http://kft.umcs.lublin.pl/dwojczik/>) oraz wykonanie symulacji numerycznych dla spikul (Kuźma i inni 2017b);
- b) wykonanie zaawansowanych symulacji atmosfery Słońca w ramach 2-płynowych modeli. Wszystkie symulacje wykonane zostaną zrównoleglonym kodem JOANNA. Za pomocą tego kodu zbadamy fale biegnące przez subtelnie ustrukturyzowaną atmosferę (Srivastava i inni 2017) i związane z nimi spikule. Będziemy wykorzystywać modele 2D i 3D z obszarami symulacji rozciągającymi się od fotosfery do korony. Dokonamy konsystentnej kwantyfikacji temperatury atmosfery i strumienia energii fal, które biegnąc poprzez obszar przejściowy do korony, przyczyniają się do ogrzewania plazmy i powstawania wiatru słonecznego.

Oczekiwany wpływ badań na rozwój nauki

Proponowane badania adresują w pionierski i przełomowy sposób główne i pozostające ciągle nierozwiązane problemy ogrzewania chromosfery i korony (Srivastava i inni 2017) oraz pochodzenie wiatru słonecznego (Kuźma i inni 2017c). Badania będą wykonane w ramach 2-płynowych modeli poprzez uwzględnienie takich procesów, jak zderzeń między jonami i neutralami, reakcji chemicznych, promieniowania, przewodnictwa cieplnego i częściowej jonizacji ośrodka. Procesy te nie były do tej pory uwzględnione w proponowanej skali w dotychczas opracowanych modelach. Efekty badań w formie wykonanego modelowania i narzędzi numerycznych (kodu, skryptów) będą przełomowe nie tylko w heliofizyce i fizyce przestrzeni kosmicznej, ale także w innych dziedzinach plazmy (np. syntezy plazmy, pogodzie kosmicznej).