

Atmosfera Słońca, tzn. ośrodek powyżej jego widzialnej powierzchni, może być tradycyjnie opisana jako stos powłok, w których zachodzi bogactwo zjawisk fizycznych, czyniąc najbliższą gwiazdę bardzo ciekawym obiektem badań. Najniższa powłoka atmosfery Słońca nazywa się *fotosferą*. Panuje w niej temperatura 5600 K i jest ona 10000 razy rzadsza niż plazma laboratoryjna. Tuż powyżej znajduje się *chromosfera* o grubości 1500 km. Przeciwnie do naszej intuicji, która podpowiada nam, że temperatura powinna maleć wraz z odległością od źródła ciepła, temperatura w chromosferze wzrasta aż do *korony*, w której temperatura sięga 1-3 MK. Korona rozciąga się umownie do około 2-3 promienia Słońca przechodząc w wiatr słoneczny, który jest strumieniem cząstek słonecznych sięgających Ziemi i dalej. Najwyraźniej jako wynik niskich temperatur fotosfera i chromosfera zawierają dużą liczbę cząstek neutralnych, podczas gdy gorąca korona jest w pełni zjonizowana. W rezultacie, chromosfera jest powłoką przejściową dla swoich bardzo różnych sąsiednich powłok.

Okazuje się, że przepływ energii z głębszych i zimnych warstw Słońca i ogrzewanie zewnętrznych i gorących obszarów stanowi główny problem heliofizyki, który pozostaje ciągle mało zrozumiałym. Obserwacje Słońca odsłaniają bogactwo fal biegnących przez jego atmosferę. Wśród nich wymieniłem można fale Alfvéna - nieściśliwe i transportujące energię wzdłuż linii pola magnetycznego oscylacje. Ostatnie badania wykazały, że fale te posiadają energię potrzebną do ogrzewania zewnętrznych obszarów atmosfery (Srivastava i inni 2017). Jednakże mechanizm konwersji energii tych fal i jej odkładania w formie energii termicznej pozostaje nieznanym. Proponujemy, że zderzenia między jonami a cząstkami neutralnymi mogą być wystarczająco efektywne, aby dokonać zamiany energii fal Alfvéna na energię cieplną i przyczynić się do ogrzania plazmy w chromosferze.

Innym głównym problemem heliofizyki jest generacja wiatru słonecznego. W warunkach ziemskich wiatr powstaje wskutek istnienia różnic w ciśnieniu pomiędzy dwoma obszarami; wiatr wieje z obszaru o wysokim ciśnieniu do strefy o niskim ciśnieniu. W atmosferze Słońca narodziny wiatru muszą być w jakiś sposób określane polem magnetycznym, ale proces generacji wiatru pozostaje nadal niewiadomym. Ostatnie badania pokazały, że wiatr słoneczny może być efektywnie generowany poprzez spikule, które są strumieniami plazmy wyrzucanej z chromosfery do korony. Proponujemy rozwinięcie ostatnich badań na model plazmy 2-płynowej, który uwzględni dynamikę protonów i neutralnego wodoru.

Głównym celem proponowanych badań jest wykonanie symulacji numerycznych ogrzewania atmosfery Słońca i generacji wiatru słonecznego. Symulacje będą wykonane za pomocą ostatnio rozwiniętego, innowacyjnego 2-płynowego kodu numerycznego JOANNA (Wójcik 2017) rozwiązującego równania częściowo-zjonizowanej atmosfery Słońca. Symulacje te będą stymulowane ostatnimi i przyszłymi danymi obserwacyjnymi dotyczącymi mechanizmów związanych z ogrzewaniem chromosfery i korony, generacją wiatru słonecznego i falami w atmosferze. JOANNA jest wysoce elastycznym i zrównoległym kodem numerycznym, który rozwiązuje wiele problemów fizycznych z uwzględnieniem siły oddziaływania między jonami a cząsteczkami neutralnymi oraz jonizacji i rekombinacji. Badania zamierzają wyjaśnić ostatnie (Hinode), obecne (IRIS, SST/CRISP) i przyszłe (DKIST, EST) obserwacje struktur subtelnych w atmosferze Słońca. Proponowane badania są na czasie, wybiegają poza zakres obecnych badań heliofizyki, są bardzo ważne i o wysokim poziomie naukowym. Czasowość proponowanych badań, nowoczesność w ich przeprowadzeniu i potencjał grupy naukowej zapewnia, że otrzymane przełomowe wyniki będą opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych.