

Oddziaływanie ośrodka międzygwiazdowego z heliosferą widziane oczyma nowej misji kosmicznej NASA IMAP

Słońce porusza się w namagnesowanej, częściowo zjonizowanej, zapyłonej materii międzygwiazdowej. Materia wokół Słońca należy do kompleksu obłoków w obrębie obszaru zwanego Lokalnym Ośrodkiem Międzygwiazdowym, będącego pozostałością po szeregu wybuchów gwiazd supernowych kilka milionów lat temu. Słońce emituje wiatr słoneczny – zmienny w cyklu aktywności Słońca strumień silnie naddźwiękowej, namagnesowanej, gorącej plazmy, którego własności zmieniają się z szerokością heliograficzną. Wskutek ciśnienia naporowego i magnetycznego materii mgw wiatr słoneczny zwalnia, tworząc wewnętrzny otok heliosfery, oddzielony od niezakłóconego wypływu naddźwiękowego przez falę uderzeniową. Ostatecznie wiatr odpływa w stronę przeciwną do kierunku ruchu Słońca, tworząc ogon heliosfery. Plazma międzygwiazdowa jest oddzielona od słonecznej przez powierzchnię nieciągłości zwaną heliopauzą, przezroczystą dla atomów. Przed heliopauzą powstaje rejon zaburzonej materii opływającej heliosferę podobnej do fali dziobowej statku – zewnętrzny otok heliosfery. W obszarze tym plazma i gaz materii mgw. przestają być w równowadze kinematycznej i termicznej i zaczynają oddziaływać ze sobą, tworząc nowe, tzw. wtórne populacje atomów i jonów. Do ruchu plazmy dostosowuje się międzygwiazdowe pole magnetyczne, „drapując się” na heliopauzie.

Mgw atomy neutralne, głównie H i He, a także Ne, O przenikają przez heliopauzę, tworząc neutralny wiatr mgw. Niektóre z nich wymieniają się ładunkiem z jonami wiatru słonecznego. Były jon staje się wówczas Energetycznym Atomem Neutralnym (ENA) i ucieka swobodnie z miejsca reakcji, a byłby atom zostaje pochwycony przez pole mgt w plazmie, dołączając do populacji jonów supatermalnych, gotowych do wymiany ładunku z wiatrem neutralnym. Nowopowstałe ENA są jak fotony w astronomii: niosą na duże odległości informacje o rejonach heliosfery, gdzie powstały, choć część z nich jest po drodze z powrotem jonizowana, co osłabia ich strumień wewnątrz heliosfery bliżej Słońca.

Wewnątrz heliosfery strumienie atomów mgw. są mierzone przez obecnie działającą sondę kosmiczną NASA Interstellar Boundary Explorer (IBEX). Dzięki tym pomiarom udało się określić szereg parametrów materii mgw i jej pola mgt. Wciąż brak jednak jednorodnego, globalnego obrazu. Wartości zmierzonych parametrów nie są dostatecznie dokładne, zaś ich wartości skorelowane ze sobą, co zwiększa ich niepewność. Ponadto ostatnio pojawiły się silne przesłanki, że materia mgw, przez którą przechodzi Słońce, jest w trakcie mieszania się lub zachodzą w niej jakies inne procesy powodujące, że nie jest w równowadze. Ponadto, m.in. dzięki pomiarom IBEXa, nabraliśmy podejrzeń, że obecna kalibracja pomiarów EUV Słońca nie jest dokładna – systematyczna różnica może sięgać nawet 40%. Gdyby tak było w istocie, miałyby to istotny wpływ nie tylko na interpretację pomiarów w heliosferze, ale także na fizykę atmosfery Ziemi i atmosfer planet i księżyców Układu Słonecznego.

Kolejna okazja do pogłębienia zrozumienia oddziaływania Słońca z jego otoczeniem w Galaktyce pojawi się w 2025 wraz ze startem obserwatorium kosmicznego NASA Interstellar Mapping and Accelerating Probe (IMAP), dzięki której znikną dotychczasowe ograniczenia obserwacyjne sondy IBEX. IBEX może tylko obserwować koło wielkie na niebie prostopadłe do kierunku na Słońce, wskutek czego wyznaczane parametry gazu mgw. wykazują sporą korelację. IMAP będzie mógł zmieniać kąt między osią optyczną detektora a osią obrotu sondy. Dzięki temu znacznie wydłuży się czas obserwacji gazu mgw w ciągu roku, co da znacznie szerszą perspektywę.

Ostatnio zaproponowaliśmy metody usunięcia korelacji parametrów napływu gazu mgw oraz wyznaczania tempa jonizacji helu, pochodzącej niemal w całości z promieniowania EUV Słońca, na podstawie pomiarów IMAP-Lo. Określiliśmy także tematy naukowe, których zbadanie umożliwią rozszerzone zdolności obserwacyjne IMAP-Lo i zaproponowaliśmy schemat obserwacji pozwalający na ich zrealizowanie w ciągu 2-letniego okresu nominalnej misji IMAP. Wykorzystamy przy tym także obserwacje IBEX-Lo. W projekcie chcemy zrealizować ten program. Poprawimy dokładność wyznaczenia parametrów napływu He, Ne i O szukając różnic między nimi. Jeśli je znajdziemy, będzie to wskazywać na brak równowagi w ośrodku mgw. Poszukamy wtórnej populacji tlenu, zbadamy wtórną populację helu i wodoru, co da wgląd w procesy w otoku wewnętrznym. Wyznamy tempo jonizacji helu, a na tej podstawie zweryfikujemy absolutną kalibrację promieniowania EUV Słońca. W części tematów przyjmujemy rolę wiodącą, w innych będziemy wspierać innych członków Zespołu Naukowego IMAP. Będziemy nadal wspierać misje IBEX i IMAP przy interpretacji pomiarów ENA, w szczególności strat ich strumieni między miejscem ich powstawania a detektorem.