

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Wysokoenergetyczne cząstki promieniowania kosmicznego, obserwowane w szerokim zakresie energii sięgającym  $10^{21}$  eV, są niezwykle ważnym składnikiem Wszechświata, wpływającym w znaczący lub nawet zasadniczy sposób na własności ośrodka międzygwiazdowego i międzygalaktycznego, na procesy zachodzące w najbliższym otoczeniu czarnych dziur, na powstawanie młodych gwiazd i ewolucję obszarów gwiazdotwórczych, czy też na procesy heliosferyczne. Powszechnie uważa się, że cząstki takie generowane są głównie na frontach silnych fal uderzeniowych (tzw. „szokach”) formujących się w ośrodku międzygwiazdowym przy wybuchach gwiazd supernowych, jak również w relatywistycznych strugach materii („dżetach”) generowanych przez supermasywne czarne dziury znajdujące się w jądrach galaktyk aktywnych (np. kwazarach). Standardowy model pochodzenia promieni kosmicznych stanowi dalej iż po zakończeniu procesu akceleracji, nowo wygenerowane cząstki wysokoenergetyczne propagują się dalej dyfuzyjnie przez ośrodek międzygwiazdowy i międzygalaktyczny, docierając w ten sposób od źródeł do atmosfery Ziemi.

Głównym problemem weryfikacji różnych scenariuszy pochodzenia i propagacji cząstek promieniowania kosmicznego jest fakt, iż warunki fizyczne charakteryzujące plazmę kosmiczną są zasadniczo różne od warunków fizycznych które można zasymulować w ziemskich laboratoriach. Chodzi tu przede wszystkim o niezwykle niskie gęstości ośrodka kosmicznego, i jego wysoką magnetyzację; w efekcie, cząstki składające się na plazmę kosmiczną bardzo rzadko oddziałują ze sobą wprost przez zderzenia Coulombowskie, jak to ma miejsce w przypadku plazmy laboratoryjnej, a zamiast tego oddziałują ze sobą pośrednio przez pole magnetyczne (które to pole same często indukują lub co najmniej zaburzają). Plazmę o takich własnościach nazywamy „plazmą bezzderzeniową”. Na dodatek, prędkości różnych elektromagneto-akustycznych zaburzeń propagujących się w plazmie kosmicznej (dalej „fal plazmowych”), są często rzędu prędkości światła. W końcu, skale energetyczne cząstek promieniowania kosmicznego przewyższają o rzędy wielkości najwyższe energie osiągnięte w ziemskich akceleratorach (włączając w to *Large Hadron Collider*). W związku z powyższym, badanie procesów przyspieszania i propagacji cząstek w ośrodku astrofizycznym opierać się musi na modelowaniu i interpretacji nietermicznego promieniowania produkowanego w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego (w szczególności w zakresie rentgenowskim i gamma) przez promienie kosmiczne w trakcie ich propagacji. Z drugiej strony, najnowszy rozwój symulacji numerycznych, jak również dokładne pomiary „in-situ” cząstek wysokoenergetycznych w wiatrze słonecznym i magnetosferach planet w Układzie Słonecznym, umożliwiły ostatnio unikalny i komplementarny wgląd w fizykę plazmy bezzderzeniowej.

Punktem wyjściowym proponowanych badań jest fakt, iż najnowsze wyniki obserwacyjne, jak i przeprowadzone symulacje numeryczne, podważyły w wielu punktach standardowy model pochodzenia i propagacji cząstek promieniowania kosmicznego. W szczególności, obecnie wydaje się że szereg różnych klas obiektów astrofizycznych – nie tylko pozostałości po wybuchach supernowych czy też galaktyki aktywne – może być źródłami cząstek wysokoenergetycznych, i na dodatek że cząstki takie generowane mogą być nie wyłącznie (lub nawet nie w przeważającej części) na frontach fal uderzeniowych, ale również w procesach przełączania („rekoneksji”) linii pola magnetycznego, i/lub w stochastycznych oddziaływaniach cząstek z falami plazmowymi. Jendocześnie, złożony charakter takich oddziaływań, w szczególności w przypadku plazmy relatywistycznej, może prowadzić do nie-dyfuzyjnej propagacji promieni kosmicznych. W proponowanym projekcie badawczym planujemy dokładne przeanalizowanie tych właśnie efektów i procesów, które to procesy i efekty mogą odgrywać podstawową rolę w produkcji i propagacji promieni kosmicznych, a które w wielu aspektach nie doczekały się do tej pory poprawnego opisu teoretycznego.