

Pochodzenie relatywistycznych cząstek w przestrzeni kosmicznej (tzw. promienie kosmiczne) stanowi obecnie jedną podstawowych zagadek współczesnej astrofizyki. Cząstki te są prawdopodobnie przyspieszane w zwartych źródłach kosmicznych, w naszej Galaktyce niżej energetyczne a poza galaktyką wysoko energetyczne, charakteryzujących się skrajnymi warunkami niemożliwymi do odtworzenia w laboratorium na Ziemi. Procesy fizyczne związane z przyspieszaniem tych cząstek, ich strat energii i propagacji mogą być badane w szczegółach poprzez obserwację produktów oddziaływania tych cząstek, tj. neutralnego promieniowania wysokich energii takich jak fotony gamma czy neutrino. Porównanie wyników obserwacji w zakresie tego typu promieniowania z teoretyczną analizą zjawisk fizycznych zachodzących w źródłach cząstek (proces zwany modelowaniem emisji ze źródeł) pozwala uzyskać informację o zachowaniu się materii w skrajnych warunkach pod względem ilości produkowanej energii w obiektach kosmicznych, własności relatywistycznej plazmy i jej zachowania się w skrajnych polach grawitacyjnych czy polach promieniowania. W tym projekcie zamierzamy badać zaawansowane modele zjawisk wysokich energii w kilku typach źródeł kosmicznych. Skoncentrujemy się na modelach które uwzględniają skomplikowaną strukturę 3-wymiarową źródeł (tzw. źródła niejednorodne), a także biorą pod rozwagę wzajemne oddziaływania między poszczególnymi częściami obszarów emisji w źródłach (tzw. modele nielokalne). Wzięcie pod uwagę powyżej wspomnianych efektów wymaga uwzględnienia nieliniowych procesów w źródle. Dlatego zaawansowane metody numeryczne muszą być użyte w celu prawidłowej analizy zjawisk fizycznych. W szczególności zajmiemy się zjawiskami w dwóch typach źródeł. W pierwszym typie, istotną rolę pełnią niejednorodne relatywistyczne strugi plazmy, wydobywające się z centralnego rejonu źródeł, takich jak aktywne galaktyki, mikrokwazary, błyski promieniowania gamma. W drugim typie, silne niejednorodne wiatry (np. w gromadach kulistych gwiazd) powstają w wyniku mieszania się relatywistycznych wiatrów z pulsarów milisekundowych i powolnych wiatrów z czerwonych olbrzymów. Relatywistyczne cząstki, uwięzione w tych zmieszanych wiatrach, są odpowiedzialne za skomplikowaną strukturę geometryczną emitowanego przez nie promieniowania wysokich energii. Wspomniane typy źródeł były już obserwowane w zakresie promieniowania gamma wskazując na duże znaczenie relatywistycznych cząstek. Do tej pory, zjawiska zachodzące w tego typu źródłach były zwykle analizowane w prostych modelach jednorodnych bez uwzględniania efektów nielokalnych na produkcję w nich promieniowania. Przewidywania naszych zaawansowanych rozwiązań modelowych zostaną skonfrontowane ze współczesnymi obserwacjami źródeł przez satelitarne i naziemne obserwatoria promieniowania wysokich energii.