

**Zastosowanie rekoneksji magnetycznej do relatywistycznych dżetów**  
**Kierownik Projektu: Krzysztof Nalewajko**  
**Streszczenie popularnonaukowe**

Celem niniejszego projektu jest badanie struktury relatywistycznych dżetów – potężnych skolimowanych wypływów produkowanych przez centralne obszary pewnych galaktyk aktywnych. Wszystkie duże galaktyki posiadają w swoich centrach niezwykle masywne czarne dziury, odpowiadające masie miliardów Słońc. Niektóre z tych supermasywnych czarnych dziur akreują wielkie ilości gazu, zwykle w formie dysków akrecyjnych, co czyni ich galaktyki aktywnymi. Dodatkowo, niektóre aktywne galaktyki produkują relatywistyczne dżety, których głównym składnikiem są silne pola magnetyczne nie podlegające pochłonięciu przez czarne dziury. Dżety przyspieszane są do relatywistycznych prędkości (zblizonych do prędkości światła) poprzez konwersję części ich energii magnetycznej w energię kinetyczną składowej materialnej. Są one również kolimowane do kątów rozwarcia zaledwie kilku stopni poprzez oddziaływanie z zewnętrznym ośrodkiem. Relatywistyczne dżety produkują silne wiązki promieniowania obserwowanego w całym zakresie widmowym – od fal radiowych po energetyczne promienie gamma. Szczególnie jasne są te dżety, które skierowane są w naszą stronę, ich jasność może być wzmocniona o czynnik kilku tysięcy, łatwo przewyższając jasność ich galaktyki – takie galaktyki aktywne nazywamy blazarami. Obserwacje blazarów ujawniły ekstremalną zmienność czasową, niektóre rozbłyski promieniowania gamma wykazywały zmienność na skali czasowej zaledwie kilku minut, co jest szczególnie trudne do wyjaśnienia.

Będziemy badać proces fizyczny zwany rekoneksją pól magnetycznych, w którym przeciwnie skierowane linie pola magnetycznego spotykają się i zmieniają geometrię (przełączają się), co pozwala na uwolnienie części lokalnej energii magnetycznej i przekształcenie jej w ciepło oraz ruch. Rekoneksja magnetyczna znana jest z zachodzenia w koronie słonecznej, a także w magnetosferze Ziemi. Jednakże, rekoneksja może zachodzić także w innych silnie zmagnetyzowanych plazmach, między innymi w relatywistycznych dżetach galaktyk aktywnych. W szczególności, rekoneksja magnetyczna została zaproponowana jako jeden z wiodących modeli produkcji rozbłysków promieniowania gamma obserwowanych w blazarach.

Rekoneksja magnetyczna w relatywistycznej plazmie badana jest intensywnie za pomocą wielkoskalowych symulacji numerycznych, także w naszym poprzednim projekcie finansowanym przez NCN. W nowym projekcie będziemy badać strukturę relatywistycznych dżetów aby stwierdzić, w jaki sposób rekoneksja magnetyczna może w nich zachodzić. Proponowany projekt składa się z dwóch zadań badawczych.

- 1. Gęstość energii w plazmoidach oraz w relatywistycznych dżetach.** Jeden z głównych problemów związanych z obserwacjami bardzo szybkich rozbłysków promieniowania gamma w blazarach jest konieczność ściśnięcia znacznej części całkowitej mocy dżetu do bardzo zwartego obszaru emisji. Oznacza to, że gęstość energii takich obszarów powinna być niezwykle wysoka, znacznie wyższa od wartości typowych dla relatywistycznych dżetów. Chcemy rozwiązać ten problem poprzez mierzenie profili radialnych tzw. „plazmoidów” – zwartych struktur powstających spontanicznie w wielkoskalowych obszarach rekoneksji magnetycznej. Plazmoidy mają formę gęstej chmury cząstek niosących prąd elektryczny, owiniętych polem magnetycznym silniejszym od pól w otoczeniu. Oznacza to, że plazmoidy charakteryzują się podwyższoną gęstością energii, wartość tego podwyższenia będzie obliczana podczas analizy wyników symulacji numerycznych. Odnotowaliśmy także bliską analogię pomiędzy strukturą plazmoidów a strukturą relatywistycznych dżetów, a zatem chcemy zastosować ten sam argument do oszacowania wzmocnienia gęstości energii dżetów.
- 2. Struktura magnetyzacji relatywistycznych dżetów.** Rekoneksja magnetyczna jest szczególnie efektywna w relatywistycznie zmagnetyzowanej plazmie, kiedy gęstość energii pola magnetycznego przewyższa gęstość energii spoczynkowej cząstek. Relatywistyczne dżety powstają jako relatywistycznie zmagnetyzowana plazma w pobliżu czarnych dziur, ewoluują one na znacznych odległościach poprzez przyspieszanie do relatywistycznych prędkości. W procesie przyspieszania, relatywistyczna magnetyzacja przekształca się całkiem efektywnie w relatywistyczną prędkość. Czy jest zatem możliwe, żeby relatywistycznie szybkie dżety pozostawały relatywistycznie zmagnetyzowane? Uważa się, że jest to konieczny warunek aby wyjaśnić szybkie rozbłyski gamma blazarów poprzez rekoneksję magnetyczną. Aby odpowiedzieć na to pytanie, planujemy szczegółowo zbadać strukturę poprzeczną relatywistycznych dżetów. Według naszej hipotezy, takie relatywistycznie zmagnetyzowane obszary powinny znajdować się na pośrednich odległościach od osi dżetu.