



Kraków, 14 grudnia 2017

## **GAMBIT zawęża kryjówki „nowej fizyki”**

*Cząstki elementarne „nowej fizyki” muszą być tak masywne, że ich wykrycie w LHC, największym współczesnym akceleratorze, nie będzie możliwe. Ten mało optymistyczny wniosek płynie z najobszerniejszego przeglądu danych obserwacyjnych z wielu eksperymentów naukowych i ich konfrontacji z kilkoma popularnymi odmianami teorii supersymetrii. Skomplikowane, niezwykle wymagające obliczeniowo analizy przeprowadził zespół międzynarodowego projektu GAMBIT – i zostawił cię nadziei.*

Czy za pomocą współczesnych przyrządów można dostrzec cząstki elementarne „nowej fizyki”, zdolnej wytłumaczyć tak zagadkowe cechy naszej rzeczywistości jak natura ciemnej materii czy brak symetrii między materią a antymaterią? Aby odpowiedzieć na to pytanie, naukowcy z międzynarodowego projektu GAMBIT (Global and Modular Beyond-the-Standard-Model Inference Tool) opracowali zestaw narzędzi programowych pozwalających na kompleksową analizę danych zebranych w trakcie najbardziej wyrafinowanych współczesnych eksperymentów i pomiarów. Pierwsze, dość niepokojące dla fizyków wyniki, właśnie opublikowano w czasopiśmie „European Physical Journal C”. W pracach zespołu uczestniczy Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

Fizycy-teoretycy są dziś głęboko przekonani, że Model Standardowy, nasza obecna, doskonale zweryfikowana teoria budowy materii, wymaga rozszerzenia. Silną przesłanką za istnieniem nieznanymi cząstek elementarnych są m.in. ruchy gwiazd w galaktykach. Badaniem statystycznych cech tych ruchów jako pierwszy zajął się polski astronom Marian Kowalski. W 1859 roku odkrył on, że ruchów bliskich nam gwiazd nie da się wytłumaczyć samym ruchem Słońca. Była to pierwsza przesłanka sugerująca obrót Drogi Mlecznej (Kowalski jest więc tym człowiekiem, który „ruszył z posad” całą galaktykę). W 1933 roku Szwajcar Fritz Zwicky zrobił kolejny krok. Z obserwacji gwiazd w gromadzie galaktyk Coma wywnioskował, że poruszają się one wokół centrów galaktycznych tak, jakby znajdowała się tam duża ilość niewidocznej materii.

Choć od odkrycia Zwicky'ego upłynął niemal wiek, do dziś nie udało się zbadać składu ciemnej materii – ani nawet jednoznacznie potwierdzić jej istnienia. W tym czasie teoretycy skonstruowali wiele rozszerzeń Modelu Standardowego, zawierających mniej lub bardziej egzotyczne cząstki-kandydatki na ciemną materię. Popularnością cieszy się np. rodzina teorii supersymetrycznych. Za istnienie ciemnej materii odpowiadają tu niektóre nowe, bardzo masywne i słabo oddziałujące ze zwykłą materią odpowiedniki znanych cząstek. Naturalnie, śladów „nowej fizyki” szukają też liczne grupy fizyków doświadczalnych. Każda z nich na podstawie przypuszczeń teoretycznych realizuje pewien projekt badawczy, po czym zajmuje się analizą i interpretacją napływających z niego danych. Niemal zawsze odbywa się to w kontekście jednego, zwykle dość wąskiego działu fizyki.

„Idea projektu GAMBIT polega na stworzeniu narzędzi do analizowania danych z jak największej liczby eksperymentów, z różnych obszarów fizyki, i bardzo szczegółowe porównywanie ich z przewidywaniami nowych teorii. Patrząc kompleksowo można znacznie szybciej zawężyć obszary

poszukiwań 'nowej fizyki', a z czasem także eliminować te modele, których przewidywania nie znalazły potwierdzenia w pomiarach", wyjaśnia dr Marcin Chrzęszcz (IFJ PAN).

Pomysł zbudowania zestawu modułowych narzędzi programowych do globalnej analizy danych obserwacyjnych z różnych eksperymentów fizycznych zrodził się w 2012 roku w Melbourne, podczas międzynarodowej konferencji dotyczącej fizyki wysokich energii. Obecnie w skład grupy GAMBIT wchodzi ponad 30 badaczy z instytucji naukowych Australii, Francji, Hiszpanii, Holandii, Kanady, Norwegii, Polski, Stanów Zjednoczonych, Szwajcarii, Szwecji i Wielkiej Brytanii. Dr Chrzęszcz, finansowany z grantu SONATA Narodowego Centrum Nauki, dołączył do zespołu GAMBIT trzy lata temu, w celu opracowania narzędzi modelujących fizykę masywnych kwarków, ze szczególnym uwzględnieniem kwarków pięknych (zwyczajowo ten dział fizyki nosi znacznie bardziej chwytliwą nazwę: fizyka ciężkich zapachów).

Weryfikowanie propozycji nowej fizyki przebiega w projekcie GAMBIT następująco. Naukowcy wybierają model teoretyczny i wbudowują go w oprogramowanie. Następnie program skanuje wartości głównych parametrów modelu. Dla każdego zestawu parametrów są wyliczane przewidywania, które porównuje się z danymi z eksperymentów.

„W praktyce nic nie jest tu trywialne. Istnieją modele, gdzie mamy aż 128 swobodnych parametrów. Proszę sobie wyobrazić skanowanie wariantów w przestrzeni o 128 wymiarach! To coś, co zabije każdy komputer. Dlatego na początek ograniczyliśmy się do trzech wersji prostszych modeli supersymetrycznych, znanych pod skrótami CMSSM, NUHM1 i NUHM2. Mają one odpowiednio pięć, sześć i siedem swobodnych parametrów. Ale sprawy i tak się komplikują, bo na przykład część stałych parametrów znamy tylko z pewną dokładnością. Zatem trzeba je traktować podobnie jak parametry swobodne, tyle że zmieniające się w mniejszym zakresie”, mówi dr Chrzęszcz.

O skali wyzwań najlepiej świadczy łączny czas wszystkich dotychczasowych obliczeń projektu GAMBIT. Przeprowadzono je na superkomputerze Prometheus, jednym z kilkudziesięciu najszybszych komputerów świata. Urządzenie, pracujące w Akademickim Centrum Komputerowym Cyfronet Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, dysponuje procesorami o ponad 53 tysiącach rdzeni i całkowitej mocy obliczeniowej 2399 teraflopsów (milionów milionów operacji zmiennopozycyjnych na sekundę). Mimo zastosowania tak potężnego sprzętu, łączny czas pracy rdzeni w projekcie GAMBIT wyniósł aż 80 mln godzin (ponad 9100 lat).

„Tak długie obliczenia to m.in. konsekwencja różnorodności danych pomiarowych. Na przykład grupy z głównych eksperymentów przy akceleratorze LHC publikują dokładnie takie wyniki, jakie zmierzyły detektory. Ale przecież każdy detektor w jakiś sposób zniekształca to, co widzi! Zanim porównamy dane z przewidywaniami weryfikowanego modelu, trzeba z nich usunąć zaburzenia wprowadzone przez detektor”, tłumaczy dr Chrzęszcz i dodaje: „Po stronie astrofizyki musimy przeprowadzić podobny zabieg. Należy na przykład przeprowadzić symulacje, jak zjawiska „nowej fizyki” wpłynęłyby na zachowanie galaktycznego halo ciemnej materii”.

Dla poszukiwaczy „nowej fizyki” projekt GAMBIT nie przynosi najlepszych wiadomości. Analizy sugerują, że jeśli cząstki supersymetryczne przewidywane przez zbadane modele istnieją, ich masy muszą być rzędu wielu teraelektronowoltów (w fizyce jądrowej masy cząstek podaje się w jednostkach energii; jeden elektronowolt odpowiada energii niezbędnej do przesunięcia elektronu między punktami o różnicy potencjału równej jednemu voltowi). W praktyce fakt ten oznacza, że zobaczenie takich cząstek w akceleratorze LHC będzie albo bardzo trudne, albo wręcz niemożliwe. Ale jest i cień nadziei. Kilka supercząstek – znanych jako neutralino, chargino, stau i stop – ma co prawda spore masy, lecz nie przekraczają one teraelektronowolta. Przy pewnej dozie szczęścia ich wykrycie w LHC pozostaje potencjalnie możliwe. Niestety, w tym gronie tylko neutralino jest uważane za potencjalnego kandydata na ciemną materię.

W przeciwieństwie do wielu innych naukowych narzędzi analitycznych, kody wszystkich modułów pakietu GAMBIT są publicznie dostępne na stronie projektu (<http://gambit.hepforge.org>) i mogą być szybko zaadaptowane do analiz pod kątem nowych modeli teoretycznych. Naukowcy z projektu GAMBIT liczą, że otwartość kodu przyspieszy poszukiwania „nowej fizyki”.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

#### **KONTAKT:**

dr inż. **Marcin Chrzaszcz**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel.: +48 12 6628437  
email: [marcin.chrzaszcz@ifj.edu.pl](mailto:marcin.chrzaszcz@ifj.edu.pl)

#### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

1. „Global fits of GUT-scale SUSY models with GAMBIT”  
The GAMBIT Collaboration: P. Athron, C. Balázs, T. Bringmann, A. Buckley, M. Chrzaszcz, J. Conrad, J. M. Cornell, L. A. Dal, J. Edsjö, B. Farmer, P. Jackson, A. Krislock, A. Kvellestad, F. Mahmoudi, G. D. Martinez, A. Putze, A. Raklev, Ch. Rogan, R. Ruiz de Austri, A. Saavedra, Ch. Savage, P. Scott, N. Serra, Ch. Weniger, M. White  
European Physical Journal C (2017) 77: 824  
DOI: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-5167-0>

#### **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://gambit.hepforge.org>  
Strona projektu GAMBIT.

<http://www.ifj.edu.pl/>  
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>  
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

#### **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**IFJ171214b\_fot01s.jpg** **HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2017/12/14/IFJ171214b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2017/12/14/IFJ171214b_fot01.jpg)  
Przez 80 milionów godzin pracy rdzeni obliczeniowych krakowski superkomputer Prometheus tropił ślady 'nowej fizyki', konfrontując w ramach projektu GAMBIT przewidywania kilku modeli supersymetrii z danymi zebranymi przez najbardziej wyrafinowane współczesne eksperymenty naukowe. (Źródło: Cyfronet, AGH)

**IFJ171214b\_fot02s.jpg** **HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2017/12/14/IFJ171214b\\_fot02.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2017/12/14/IFJ171214b_fot02.jpg)  
Przez 80 milionów godzin pracy rdzeni obliczeniowych krakowski superkomputer Prometheus tropił ślady 'nowej fizyki', konfrontując w ramach projektu GAMBIT przewidywania kilku modeli supersymetrii z danymi zebranymi przez najbardziej wyrafinowane współczesne eksperymenty naukowe. (Źródło: KSAF, Maciej Bernaś)