

Warszawa, 7 czerwca 2018

Ciemna inflacja otwiera grawitacyjne okno na pierwsze chwile po Wielkim Wybuchu

Ciemna materia i ciemna energia mogły napędzać inflację, czyli fazę ekstremalnie gwałtownej ekspansji Wszechświata tuż po Wielkim Wybuchu. Nowy model kosmologiczny, zaproponowany przez fizyków z Uniwersytetu Warszawskiego i uwzględniający ciemną inflację, jako pierwszy precyzuje chronologię głównych wydarzeń we wczesnej historii współczesnego Wszechświata. Spektakularnym przewidywaniem modelu jest wykazanie możliwości detekcji fal grawitacyjnych powstałych zaledwie ułamki sekund po uformowaniu się czasoprzestrzeni.

Jak wyglądała ewolucja Wszechświata tuż po Wielkim Wybuchu? Mimo dekad badań, obecne modele kosmologiczne wciąż nie pozwalają doprecyzować chronologii wydarzeń. Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW) powstał jednak nowy model, w którym kluczową rolę odgrywa gwałtowna ekspansja ciemnej materii i ciemnej energii. Model ciemnej inflacji nie tylko porządkuje termiczną historię Wszechświata, ale także przewiduje, że już niedługo powinniśmy zarejestrować pierwotne fale grawitacyjne, powstałe w pierwszych chwilach po Wielkim Wybuchu.

Najstarszą dostępną obserwacjom strukturą Wszechświata jest dziś mikrofalowe promieniowanie tła. Ten elektromagnetyczny relikat pochodzi z ok. 380 tys. lat po Wielkim Wybuchu i wykazuje zadziwiającą jednorodność, nawet między obszarami tak odległymi od siebie, że światło nie mogło jeszcze pokonać dzielącej je odległości. W 1979 roku Alan Guth zaproponował proste wyjaśnienie tej jednorodności: odległości między jednorodnymi obszarami są tak duże, bo doszło do inflacji, czyli ekstremalnie gwałtownego rozdęcia czasoprzestrzeni (nawet miliard miliardów miliardów razy w czasie rzędu ułamków sekundy). Za inflację miało odpowiadać nowe pole fizyczne, nazwane polem inflatonowym, z którym byłaby związana specyficzna cząstka: inflaton.

„Podstawowy problem z inflacją polega na tym, że tak naprawdę nie mamy pojęcia, kiedy – a więc przy jakich energiach – do niej doszło. Rozrzut energii, przy których inflacja mogłaby zajść, jest ogromny, sięga aż 70 rzędów wielkości”, mówi prof. dr hab. Zygmunt Lalak (FUW) i uzupełnia: „W wyniku inflacji Wszechświat musiał się gwałtownie oziębć. Jednak żeby w modelach kosmologicznych wszystko grało, po inflacji Wszechświat powinien zostać podgrzany do bardzo wysokiej temperatury. I znów, nikt nie wie, kiedy do tego podgrzania, znanego jako reheating, mogło dojść. Podobnie jak w przypadku samej inflacji, mamy dziś do wyboru ok. 70 rzędów wielkości energii. W efekcie termiczna historia Wszechświata pozostaje wciąż niesprecyzowana”.

Wykonane przez satelitę Planck obserwacje mikrofalowego promieniowania tła pozwoliły oszacować skład współczesnego Wszechświata. Okazało się, że aż 69% energii-materii to ciemna energia, 26% to ciemna materia, a zwykła materia to zaledwie 5%. Ciemna materia ze zwykłą nie

oddziałuje w ogóle lub tak niezwykle słabo, że teraz dostrzegamy jedynie jej grawitacyjny wpływ na ruch gwiazd w galaktykach i galaktyk w gromadach galaktyk. Z kolei ciemna energia powinna być czynnikiem odpowiedzialnym za przyspieszanie ekspansji Wszechświata.

„Zaproponowany przez nas model inflacji różni się zasadniczo od dotychczasowych. Uznaliśmy, że skoro ciemna materia i ciemna energia wnoszą dziś do struktury Wszechświata wkład na poziomie 95%, to tuż po Wielkim Wybuchu oba czynniki także powinny być bardzo istotne. Dlatego u nas za przebieg inflacji odpowiada przede wszystkim ciemny sektor Wszechświata”, tłumaczy dr Michał Artymowski (FUW), główny autor publikacji w czasopiśmie „Journal of Cosmology and Astroparticle Physics”.

W modelu przedstawionym przez teoretyków z FUW inflację napędza pewne pole skalarne. Właściwości pola powodują, że inflacja nie trwa wiecznie, tylko musi się w pewnym momencie skończyć: Wszechświat zamiast przyspieszać, zaczyna spowalniać swoje rozszerzanie. W momencie tego przejścia wytwarzają się nowe, relatywistyczne cząstki, które zachowują się jak promieniowanie. Część z nich ma związek z dobrze znanymi cząstkami Modelu Standardowego, część może odpowiadać cząstkom przewidywanym przez teorię nowej fizyki, np. przez supersymetrię.

„Za produkcję nowych cząstek odpowiada u nas grawitacja, która jest oddziaływaniem bardzo słabym. Proces powstawania cząstek jest więc nieefektywny i pod koniec inflacji inflatony wciąż dominują we Wszechświecie”, opisuje doktorantka Olga Czerwińska (FUW).

Żeby odtworzyć obserwowaną dominację promieniowania we Wszechświecie, inflatony powinny odpowiednio szybko tracić energię. Warszawscy fizycy zaprezentowali dwa mechanizmy fizyczne, które mogłyby być odpowiedzialne za ten proces. Po ich wprowadzeniu okazało się, że nowy model z precyzją wielokrotnie większą od dotychczasowych przewiduje przebieg wydarzeń składających się na termiczną historię Wszechświata.

Szczególnie ciekawie wyglądają przewidywania modelu dotyczące pierwotnych fal grawitacyjnych. Fale grawitacyjne są drganiami samej czasoprzestrzeni i zostały już kilkakrotnie zarejestrowane. W każdym przypadku ich źródłami okazywały się pary zlewających się czarnych dziur lub gwiazd neutronowych. Obecne modele kosmologiczne przewidują jednak, że fale grawitacyjne powinny się pojawiać także wskutek inflacji. Niestety, wszystko wskazywało, że wywołane nią drgania czasoprzestrzeni byłyby dziś tak słabe, że ani obecne, ani przyszłe detektory nie miałyby żadnych szans ich wykrycia. Oszacowania się zmieniły, gdy fizycy z FUW uwzględnili wpływ ciemnego sektora Wszechświata.

„Fale grawitacyjne tracą energię jak promieniowanie. Inflaton dla odmiany musi się jej pozbywać znacznie, znacznie szybciej. Jeśli inflacja zaszła z udziałem ciemnego sektora, w jej trakcie wkład fal grawitacyjnych proporcjonalnie narastał. A to oznacza, że dziś pierwotne fale grawitacyjne wcale nie są tak słabe, jak się do tej pory wydawało!”, mówi dr Artymowski.

Oszacowania warszawskich fizyków są optymistyczne. Wiele wskazuje, że pierwotne fale grawitacyjne będzie można zarejestrować za pomocą obserwatoriów już budowanych bądź właśnie projektowanych, takich jak Deci-Hertz Interferometer Gravitational wave Observatory (DECIGO), Laser Interferometer Space Antenna (LISA), European Pulsar Timing Array (EPTA) czy Square Kilometre Array (SKA). Do pierwszej detekcji mogłoby dojść już w ciągu najbliższych kilkunastu lat. Dla kosmologów byłoby to wydarzenie bez precedensu, ponieważ otwierałoby możliwość badania zjawisk grawitacyjnych, które zachodziły w nieprzezroczystych, dotychczas niedostępnych obserwacjom epokach, tuż po Wielkim Wybuchu.

Ale model ciemnej inflacji ma jeszcze jedną istotną zaletę: silnie zależy od samej teorii grawitacji. Konfrontując przewidywania modelu z danymi obserwacyjnymi z obserwatoriów grawitacyjnych będzie można w nowy sposób zweryfikować poprawność ogólnej teorii względności Einsteina. A jeśli pojawią się rozbieżności? Wtedy zebrane dane obserwacyjne dostarczyłyby pierwszych informacji o właściwościach prawdziwej grawitacji.

Badania warszawskich teoretyków sfinansowano z grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowego Centrum Nauki.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytut: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Gravitational wave signals and cosmological consequences of gravitational reheating”
M. Artymowski, O. Czerwińska, Z. Lalak, M. Lewicki
Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Volume 2018, April 2018
DOI: 10.1088/1475-7516/2018/04/046

KONTAKT:

prof. dr hab. **Zygmunt Lalak**
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel.: +48 22 5532652
email: zygmunt.lalak@fuw.edu.pl

dr **Michał Artymowski**
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel.: +48 22 5532819
email: michal.artymowski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<https://www.ligo.org/>
Strona amerykańskich obserwatoriów grawitacyjnych LIGO.

<http://www.virgo-gw.eu/>
Strona europejskiego obserwatorium grawitacyjnego Virgo.

<http://www.fuw.edu.pl/>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW180607b_fot01s.jpg HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2018/FUW180607b_fot01.jpg
Porównanie dotychczasowego modelu inflacyjnej ewolucji Wszechświata z modelem ciemnej inflacji zaproponowanym przez teoretyków z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. (Źródło: FUW)