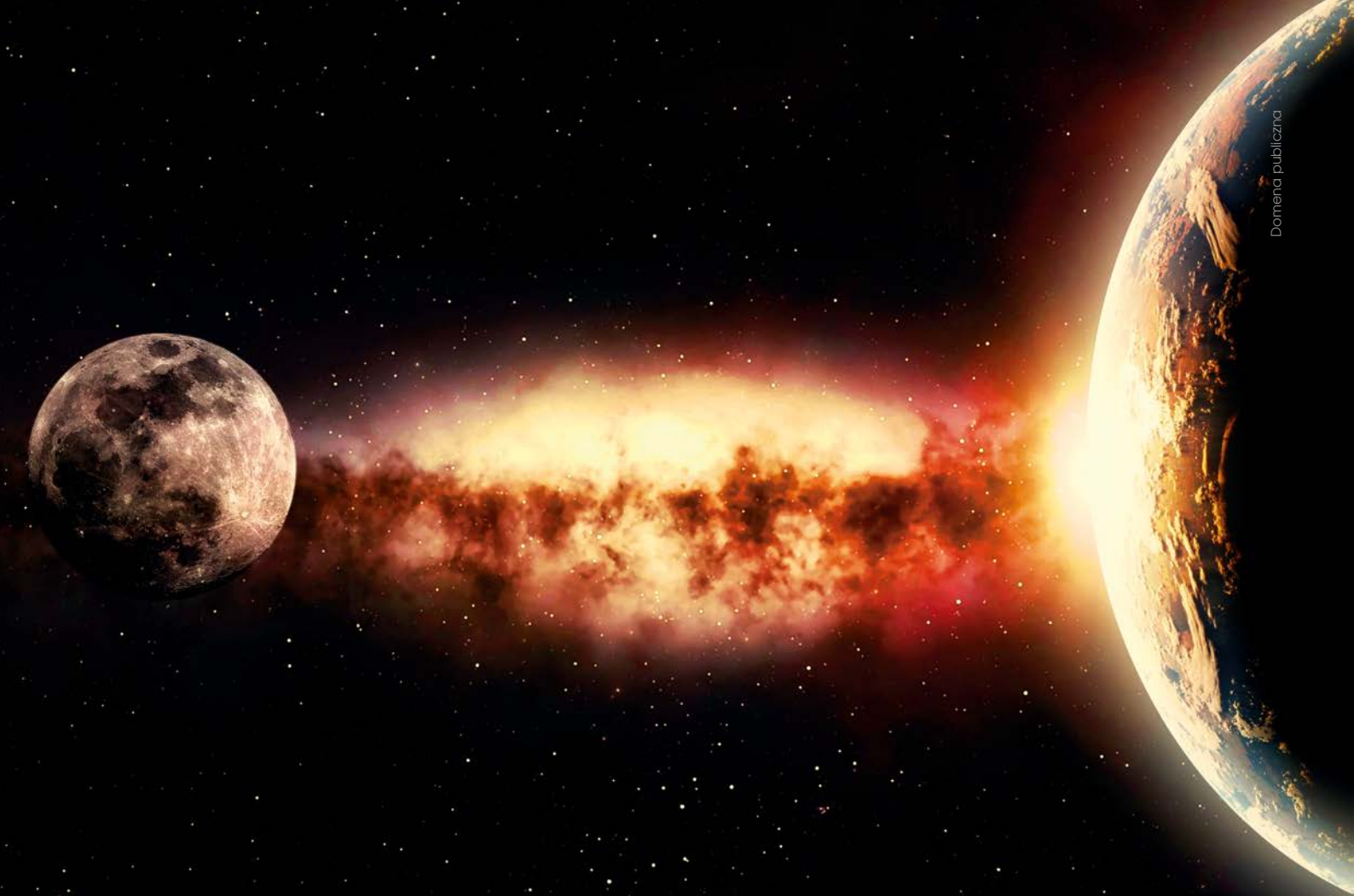




Nowe metody poszukiwania ciemnej materii

— publikacja w „Nature” i stypendium Fulbrighta

W ramach projektu będę „zawieszal” w przestrzeni niewielkie kulki krzemionkowe, które są miliard razy lżejsze od ziarenka piasku. Jak? Za pomocą skupionej wiązki laserowej. Po co? Dzięki temu będę mógł niezwykle precyzyjnie mierzyć siłę. Jaką siłę? Mogę, na przykład, próbować zarejestrować siłę, której jeszcze nie zaobserwowaliśmy, a której istnienie postulują fizycy teoretycy. Gdyby to się udało, moglibyśmy spojrzeć na fizykę, której jeszcze nie znamy, a której istnienia się jednak spodziewamy – mówi prof. Szymon Pustelny. W ten sposób naukowiec z Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ opisuje swoje nowe badania nad jedną

z największych zagadek współczesnej fizyki – ciemną materią. Ostatnie miesiące przyniosły dwa istotne etapy tych badań: publikację wyników w czasopiśmie „Nature” oraz realizację projektu w ramach programu Fulbright STEM Impact Award.

CIEMNA MATERIA JAKO WYZWANIE WSPÓŁCZESNEJ KOSMOLOGII

Ciemna materia jest jedną z największych zagadek współczesnej nauki. Choć pozostaje niewidzialna dla teleskopów i radioteleskopów, jej grawitacyjny wpływ na Wszechświat jest kluczowy. Gdyby jej nie było, nie powstałyby ga-

laktyki, gwiazdy ani planety. Podejrzewamy zatem, że istnieje, choć dotąd nie udało nam się jej zarejestrować.

Ponieważ ciemna materia wciąż nie została wykryta, nasza wiedza na jej temat opiera się na poszlakach i jest bardzo ograniczona. Nie wiadomo, na przykład, z jakich cząstek jest zbudowana. Jedna z częściej rozważanych hipotez zakłada, że ciemną materię tworzą aksjony – hipotetyczne cząstki miliony razy lżejsze od najlżejszych znanych obecnie cząstek, czyli neutrin. Ponieważ są one tak lekkie, nie zachowują się jak kule bilardowe, które często kojarzymy z cząstkami, lecz bardziej upodabniają się do fal radiowych. Żeby jednak te fale

wykryć, trzeba zbudować odpowiednie czujniki.

PUBLIKACJA W „NATURE” – EKSPERYMENTALNA WERYFIKACJA HIPOTEZY TEORETYCZNEJ

Wyniki jednego z projektów realizowanych z udziałem prof. Pustelnego zostały niedawno opublikowane na łamach czasopisma „Nature” w artykule zatytułowanym *Constraints on Axion Darkmatter by Distributed Intercity Quantum Sensors*. Badania, prowadzone we współpracy z dwiema chińskimi grupami, pozwoliły przetestować hipotezę, zgodnie z którą ciemna materia aksjonowa nie jest rozmieszczona równomiernie w kosmosie, lecz tworzy rozległe struktury. Zgodnie z tym scenariuszem Ziemia, podczas swojej wędrówki przez Drogę Mleczną, mogłaby zderzać się z takimi strukturami, co powinno wywoływać rzadkie i subtelne efekty w niektórych naziemnych czujnikach.

W celu weryfikacji tej hipotezy badacze zbudowali sieć czujników kwantowych działających jak superprecyzyjne kompasy. Zderzenie ze strukturami z ciemnej materii miałoby na chwilę odchyłać igłę takiego kompasu. Żeby jednak wyeliminować sytuację, w której odchylenia te wynikają z szumu laboratoryjnego, eksperyment przeprowadzono w dwóch laboratoriach oddalonych od siebie o ponad 300 kilometrów, a następnie wyniki ze sobą porównano. W ten sposób znacząco ograniczono wpływ szumu na prowadzone badania.

Mimo że podczas kilkumiesięcznych pomiarów nie udało się zarejestrować efektów pochodzących od ciemnej materii, dokonano czegoś innego: udało się istotnie zawęzić zakres parametrów analizowanego modelu teoretycznego. Co ważne, przeprowadzone pomiary były nawet 40 razy dokładniejsze niż wcześniejsze wyniki – oparte na obserwacjach astronomicznych, co stanowiło dotąd nieosiągalnego „świętego Graala” w tego typu badaniach. Otworzyło to zatem nowy etap w badaniach współczesnej fizyki.

PROJEKT FULBRIGHTA – DETEKCYJA GRAWITACYJNA I OPTOMECHANIKA

W najbliższych miesiącach prof. Szymon Pustelny będzie kontynuował badania nad ciemną materią w ramach projektu realizowanego dzięki stypendium Fulbright STEM Impact Award. Podczas stażu badaw-



Krzysztof Magda

Prof. Szymon Pustelny z Wydziału Fizyki,
Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

czego na Northwestern University w Stanach Zjednoczonych będzie rozwijał metody poszukiwania ciemnej materii z wykorzystaniem innego rodzaju sensorów – tzw. czujników optomechanicznych.

Ponieważ jedynym potwierdzonym sposobem oddziaływania ciemnej materii z materią widzialną jest grawitacja, nowe badania prof. Pustelnego koncentrują się na detekcji subtelnych zaburzeń grawitacyjnych, których źródłem mogłaby być ciemna materia. Pracując w grupie prof. Andrew Geraciego z Northwestern University, specjalizującej się w optomechanice

(nowej dziedzinie łączącej ze sobą światło laserowe i ruch mikroskopijnych obiektów mechanicznych), polski naukowiec będzie starał się wykorzystać optycznie lewitujące kulki krzemionkowe jako detektory bardzo słabych sił. To właśnie wykorzystanie światła oraz tych mikroskopijnych kulek sprawia, że pomiary te mogą być prowadzone z ogromną precyzją. Aby jednak znów ograniczyć wpływ lokalnego szumu na wyniki, elementem planowanych prac jest budowa globalnej sieci detektorów umożliwiającej rejestrację skorelowanych sygnałów w wielu niezależnych ośrodkach. Po powrocie z USA prof. Pustelny planuje zbudować jeden z takich czujników na Uniwersytecie Jagiellońskim.

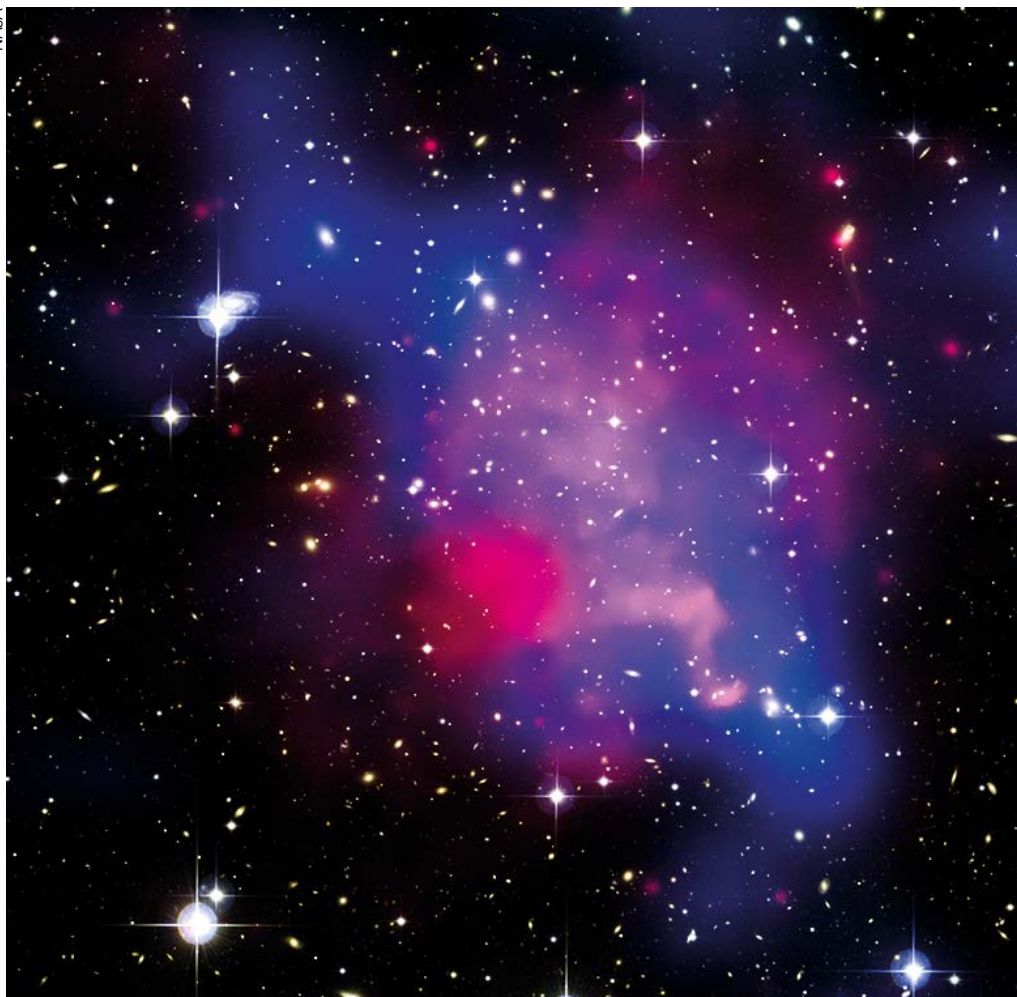
SPÓJNA STRATEGIA BADAWCZA

Publikację w „Nature” oraz projekt realizowany w ramach programu Fulbright STEM Impact Award łączy wspólna idea: wykorzystanie globalnych sieci czujników do eksperymentalnej weryfikacji modeli opisujących naturę ciemnej materii. Dzięki temu Uniwersytet Jagielloński aktywnie uczestniczy w międzynarodowych badaniach nad fundamentalnymi zagadnieniami współczesnej fizyki.

Anna Gawlik

Wydział Fizyki, Astronomii
i Informatyki Stosowanej UJ

NASA



Gromada galaktyk Abell 500
(kolor niebieski – ciemna materia,
kolor różowy – gorący gaz)