

KOSMICZNA KATASTROFA DWÓCH CZARNYCH DZIUR

Miliard lat temu w dalekim kosmosie zderzyły się dwie czarne dziury. Wydarzenie to wyemitowało fale grawitacyjne, które we wrześniu ubiegłego roku dotarły do Ziemi. Po raz pierwszy w historii udało się je zaobserwować. Udział w odkryciu miało troje naukowców z Obserwatorium Astronomicznego UW.

Fale grawitacyjne są odkształceniem czasoprzestrzeni. W ich wyniku przestrzeń kurczy się i rozszerza, jednocześnie zachowując swoją objętość. Źródłem fal grawitacyjnych może być wiele. Generalna zasada mówi, że powstają na skutek ruchów obiektów o dużych masach, które bardzo szybko się poruszają. Naukowcy z międzynarodowej grupy badawczej odkryli fale grawitacyjne, które powstały w wyniku zderzenia dwóch czarnych dziur.

OD EINSTEINA DO TRAUTMANA

W 1916 roku Albert Einstein opublikował pracę *Aproximate integration of the field equations of gravitation*, w której opisał ogólną teorię grawitacji (OTW). Fizyk podejrzewał, że fale grawitacyjne nie mają żadnego fizycznego znaczenia, a są jedynie złudzeniem powstałym wskutek matematycznych przekształceń równań OTW.

– Kiedy Einstein opublikował teorię względności, nie był przekonany, że fale grawitacyjne to prawdziwe rozwiązanie równań, czyli że fale niosą ze sobą energię. Niepewność ta trwała do lat 50. XX wieku – tłumaczy prof. Tomasz Bulik z Obserwatorium Astronomicznego UW, który współpracował przy odkryciu fal grawitacyjnych.

W 1959 roku w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego powstała praca doktorska na temat promieniowania grawitacyjnego. Jej autorem był Andrzej Trautman, który współpracował z wykładowcami z UW prof. Jerzym Plebańskim i Leopoldem Infeldem – asystentem Alberta Einsteina. Trautman jako jeden z pierwszych badaczy wykazał, że fale grawitacyjne istnieją. W latach 60. XX wieku razem z amerykańskim fizykiem Ivozem Robinsonem opublikowali opis prostych fal grawitacyjnych będących ścisłymi rozwiązaniami równań OTW. Jego wykłady w King's College w Londynie były inspiracją dla wielu wybitnych badaczy teorii względności m.in. Denisa Sciama czy Rogera Penrose'a. To dzięki wychowankowi UW i polskiej szkole relatywistycznej opracowano metody numeryczne, których używa się do obliczania emisji fal powstałych na skutek zderzenia czarnych dziur.

WYKRYTO FALE GRAWITACYJNE

Amplituda drgań fal grawitacyjnych jest bardzo mała, dlatego wykrywa się ją za pomocą interferometrów – przyrządów, które mierzą czas, w jakim światło pokonuje pewną drogę. Tunele interferometrów mają kształt litery „L”.

– We wnętrzu czterokilometrowych ramion biegnie światło lasera. Długość ramion jest monitorowana z niezwykłą dokładnością – do tysięcznych średnicy protonu. Gdy jedno ramię interferometru wydłuża się, a drugie skraca, oznacza to, że przez urządzenie przeszła fala grawitacyjna – wyjaśnia prof. Tomasz Bulik.

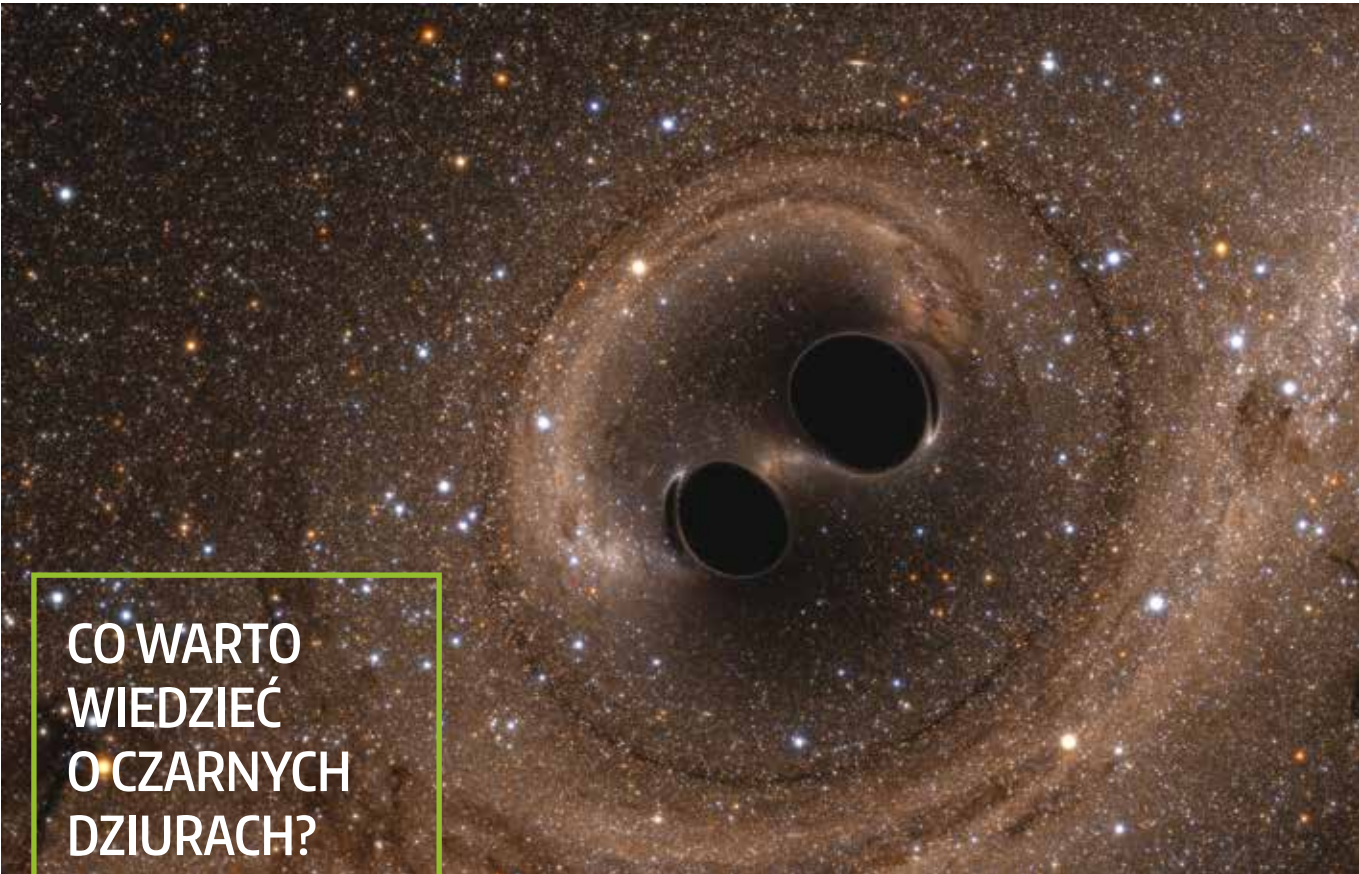
14 września 2015 roku detektory Laserowego Obserwatorium Interferometrycznego Fal Grawitacyjnych – LIGO (Interferometer Gravitational-wave Observatory) znajdujące się w Livingston (w stanie Luizjana) i Hanford (w stanie Waszyngton) zarejestrowały fale grawitacyjne. Urządzenia pracowały od września 2015 roku do stycznia 2016 roku.

Analizą danych zajęli się badacze z zespołów LIGO Scientific Collaboration (LSC) oraz Virgo Collaboration. Grupa LSC składa się z ponad 800 naukowców z USA i 14 innych państw. Zespół Virgo Collaboration liczy ponad 250 fizyków i inżynierów należących do 19 różnych grup badawczych w Europie.

Dane zebrane z 16 dni obserwacji zostały opublikowane w czasopiśmie naukowym „Physical Review Letters”. Za około trzy miesiące naukowcy przedstawią analizę pozostałych 31 dni pracy detektorów LIGO.

UDZIAŁ POLAKÓW

W zespole Virgo Collaboration działała grupa POLGRAW. Pracowało w niej 15 fizyków z polskich ośrodków naukowych: Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu w Białymstoku, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytetu Wrocławskiego, Uniwersytetu Zielonogórskiego, Instytutu Matematycznego PAN, Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN oraz Narodowego Centrum Badań Jądrowych.



CO WARTO WIEDZIEĆ O CZARNYCH DZIURACH?

- » są obiektami próżniowymi
- » ich masa skupiona jest w jednym punkcie – w centrum, a wokół występuje silne pole grawitacyjne
- » elementem charakterystycznym czarnej dziury jest istnienie powierzchni wokół niej zwanej horyzontem
- » jeśli mamy jakiś punkt materialny, który spada na czarną dziurę, to spada on z coraz większą prędkością. W pewnym momencie osiąga prędkość światła. Zewnętrznemu obserwatorowi wydaje się, że obiekt znika

Ogólna teoria grawitacji mówi o tym, że siła grawitacji wynika z zakrzywienia czasoprzestrzeni wywołanego przez zniekształcającą ją masę.

Uniwersytet Warszawski reprezentowało troje naukowców z Obserwatorium Astronomicznego UW: prof. Tomasz Bulik, prof. Krzysztof Belczyński i dr Izabela Kowalska-Leschczyńska.

Prof. Tomasz Bulik i prof. Krzysztof Belczyński zajmowali się badaniem astrofizycznych źródeł fal grawitacyjnych. Dr Izabela Kowalska-Leschczyńska analizowała dane w ramach grupy poszukującej sygnałów z układów podwójnych obiektów zwartych.

Można powiedzieć, że naukowcy z UW nie tylko współpracowali przy detekcji fal grawitacyjnych, lecz także przewidzieli je. W 2010 roku polsko-amerykański zespół kierowany przez prof. Krzysztofa Belczyńskiego przeprowadził badania teoretyczne, które pokazały, że pierwszym źródłem fal będzie właśnie kolizja czarnych dziur.

NIE TYLKO FALE

Oprócz bezpośredniej detekcji fal grawitacyjnych badaczom udało się potwierdzić istnienie czarnych dziur. Odkrycie naukowców z grup LSC i Virgo pokazało, że horyzont istnieje i możemy prowadzić badania fizyczne na horyzoncie w granicy silnych pól grawitacyjnych.

Fizycy dokonali również pierwszej detekcji czarnych dziur o masach 30 i 60 mas Słońca. Takich czarnych dziur do tej pory nie zaob-

^

Czarne dziury, ilustracja ze zbiorów zespołów LIGO i VIRGO.

serwowano. Znałe były czarne dziury rzędu 10 mas Słońca, tzw. gwiazdowe, i czarne dziury o masach miliona i więcej mas Słońca w centrum galaktyk.

Połączenie się czarnych dziur było najjaśniejszym wydarzeniem, jakie kiedykolwiek zaobserwowano w astrofizyce. Większość energii była wyemitowana w falach grawitacyjnych, ale jasność maksymalna tego wydarzenia w falach była 100 razy większa niż jasność wszystkich galaktyk widocznych na niebie.

NOWA DZIEDZINA

Odkrycie astrofizyków to przełomowe wydarzenie dla nauki.

– Otwiera się nam nowa dziedzina astronomii – astronomia fal grawitacyjnych. Mówiło się o niej już od dłuższego czasu, jednak nie miała ona żadnych źródeł. My udowodniliśmy, że te źródła są, można je obserwować i za pomocą tych źródeł przeprowadzać badania fizyczne. Nowa dziedzina nauki będzie się rozwijać bardzo dynamicznie – zapowiada prof. Tomasz Bulik.

Naukowcy mogą teraz sprawdzać stosowność ogólnej teorii względności. Wiadomo, że ogólna teoria względności i teoria kwantowa w jakimś punkcie są sprzeczne. Według prof. Tomasza Bulika można będzie testować teorie kwantowego opisu czarnych dziur.