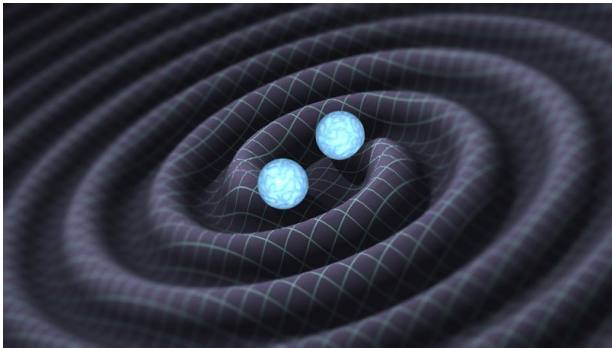


Przełomowe odkrycia i koncepcje po II wojnie światowej

# Młoda, fascynująca, obiecująca,...

## - i już pełna sukcesów

Mowa tu będzie o... stosunkowo nowej i dynamicznie rozwijającej się dziedzinie nauki, jaką jest astrofizyka cząstek. Myślę jednak, że ten nieco może prowokujący tytuł trafnie oddaje jej stan, choćby dlatego, że przyznano w niej dotychczas przynajmniej pięć Nagród Nobla, w tym w 2017 r. za odkrycie fal grawitacyjnych. Każde z nagrodzonych osiągnięć odegrało kluczową rolę w poznaniu Wszechświata, jak również mikrokosmosu cząstek elementarnych. I były to swego rodzaju „wierzchołki góry lodowej” ogromnej liczby może mniej znanych, ale także ważnych osiągnięć w tej dziedzinie.



Ilustracja „złania się” dwóch czarnych dziur w jedną, w wyniku czego wytwarzane przez nie niezwykle silne pole grawitacyjne podlega coraz większym drganiom, które rozbiegają się (z prędkością równą prędkości światła) jako fale grawitacyjne – dynamiczne zakrzywienia („zmarszczki”) samej przestrzeni.

fot. źródło: [www.ligo.caltech.edu](http://www.ligo.caltech.edu)

Przypomnijmy: o odkryciu fal grawitacyjnych sporo było informacji w mediach na początku 2016 r., zaś ostatniej jesieni [2017 r.] za to wielkie osiągnięcie Kip S. Thorne, Rainer Weiss i Barry C. Barish otrzymali Nagrodę Nobla z fizyki. I zasłużenie, bo chociaż sama detekcja była długo oczekiwana (uwieńczenie 40 lat przygotowań!), to jednak był to pomiar o niewątpliwie historycznym znaczeniu. Istnienie fal grawitacyjnych – „zmarszczek” samej czasoprzestrzeni rozchodzących się w niej z prędkością światła – przewidywał już Albert Einstein wkrótce po tym, gdy w 1915 r. opublikował swoją Ogólną Teorię Względności. Niemniej sądził on, że są one tylko efektem przekształceń równań teorii, a nie realnym zjawiskiem. Dopiero niemal pół wieku później polski fizyk, profesor Andrzej Trautman wykazał, że fale grawitacyjne muszą realnie istnieć. W roku 2017 otrzymał za tę pracę – kluczową dla dalszego rozwoju dziedziny – Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Wreszcie we wrześniu 2015 r. udało się fale grawitacyjne zarejestrować, dzięki detektorowi LIGO w USA, jako echo „złania się” dwóch czarnych dziur oddalonych od nas o 1,3 mld lat świetlnych.

Poprzednie „noble” też odegrały fundamentalną rolę w fizyce. Odkrycie w 1964 r. – dla wielu był to rok narodzin dziedziny – przez Arno Penziasa i Roberta W. Wilsona mikrofalowego promieniowania relikowego nie tylko ostatecznie potwierdziło hipotezę Wielkiego Wybuchu, ale też ujawniło obraz Wszechświata w stanie „niemowlęcym”, gdy

miał jedynie około 380 tysięcy lat. Następne generacje detektorów, już na orbicie – samo w sobie wielkie osiągnięcie techniczne – rozpoczęły od 1990 r. erę precyzyjnych pomiarów własności Wszechświata, za co George F. Smoot otrzymał w 2006 r. Nagrodę Nobla. Jego oraz następne analizy pokazały, że „zwykła” materia, z której zbudowany jest świat wokół nas, to niecałe 5% całości bilansu masy i energii. Prawie 26% to tzw. ciemna (czyli niewidzialna) materia – sądzi się, że stanowi ją jakaś nieznaną cząstka – a (tu największa niespodzianka!) około 69% to tzw. ciemna energia, o której bardzo mało wiemy, poza tym, że działa jak antygravitacja i powoduje, że rozszerzanie się Wszechświata przyspiesza (zamiast zwalniać pod hamującym wpływem samej gravitacji). Za to odkrycie Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt i Adam G. Riess otrzymali w 2011 r. Nagrodę Nobla. Od pewnego czasu obserwuje się strumienie ulotnych neutrin ze Słońca oraz z atmosfery (i nie tylko). Za pokazanie, że neutrina „oscylują” między różnymi stanami – z czego wynika, że muszą mieć masę – Takaaki Kajita i Arthur B. McDonald otrzymali Nagrodę Nobla w 2015 r.

Czytelnika może zdziwić, że jako osiągnięcia astrofizyki cząstek podane są tu rezultaty, do których niewątpliwie chętnie przyznaliby się również adepci astronomii czy fizyki cząstek. I nie bez racji. Astrofizyka cząstek ma bowiem wiele wspólnych obszarów z tymi dziedzinami, jak również z astrofizyką, kosmologią, fizyką jądrową, geofizyką, a nawet astronautyką. Może z tego powodu niekiedy postrzegana jest jako „poddziedzina na pograniczu innych dziedzin”. Szufladkowanie nie ma tu większego sensu – astrofizyka cząstek jako osobna dziedzina ma dobrze określony profil, ale jest też multidyscyplinarna. Przyjęto się, że pojęcie „astrofizyka cząstek” obejmuje szeroki wachlarz zagadnień dotyczących roli cząstek elementarnych we Wszechświecie.

Wszechświat od dawien dawna oglądany był za pomocą docierającego do nas z kosmosu światła widzialnego, a od kilkudziesięciu lat również fal radiowych, podczerwonych i ultrafioletowych, czyli – ogólnie – fal elektromagnetycznych. Tymczasem, poniekąd równoległe, okazało się, że z przestrzeni płynie na Ziemię cała masa informacji również innymi strumieniami. Jesteśmy dosłownie zalewani wszelkiego rodzaju promieniowaniem kosmicznym – odkrytym przez Victora F. Hessa w 1912 r., za co został w 1936 r. również nagrodzony przez Komitet Noblowski.

Te otwierające się nowe „okna” na Wszechświat doprowadziły do wielkiej rewolucji w rozumieniu Wszechświata: jego własności i ewolucji począwszy od Wielkiego Wybuchu 13,6 miliardów lat temu. Okazało się, że to, co widzimy, to tylko drobna część tego, czym wypełniony jest Wszechświat. A pomyśleć, jeszcze sto lat temu, za czasów Einsteina i jemu współczesnych, Wszechświat był uważany za niezmienny, nieskończony, bez początku i końca, i zapewne niezmiernie nudny... Pierwszego przełomu dokonało głównie historyczne odkrycie przez Edwina Hubble’a (1929 r.), że Wszechświat się rozszerza (za co, warto dodać, *nie* został nagrodzony „noblem” gdyż do

► jego śmierci w 1953 r. nagroda ta nie była przyznawana za osiągnięcia w astronomii!). Jednak sugerowana przez to odkrycie hipoteza Wielkiego Wybuchu jeszcze długo czekała na powszechną akceptację.

Co spowodowało tak rewolucyjny rozwój astrofizyki cząstek? Przyczyn jest wiele, ale niewątpliwie kluczową rolę odegrał tu ogromny postęp technologiczny, w dużej mierze zresztą umożliwiony i stymulowany przez rozwój fizyki. I tu właśnie, obok czysto poznawczego, widzi się dużą „wartość dodaną” dziedziny: w zastosowaniach w innowacyjnych technologiach oraz w medycynie. Ujawnianie tajemnic niewidzialnego („ukrytego”) Wszechświata wymaga konstrukcji nowych, niezwykle czułych instrumentów pomiarowych, które dodatkowo muszą zwykle działać w bardzo trudnych warunkach (na orbicie, głęboko pod wodą, lodem lub powierzchnią ziemi, albo na pustyniach) – i to długo i niezawodnie. Jest to nie lada wyzwanie technologiczne. Astrofizyka cząstek inspiruje więc rozwój nowoczesnych technologii i technik obliczeniowych. Podobnie zresztą jak inne drogi badania Kosmosu – tego wielkiego, ale również mikrokosmosu cząstek elementarnych.

W Polsce nasze środowisko naukowe jest silne i rozwija się dynamicznie, choć ciągle jest jeszcze stosunkowo małe. Jest zaangażowane w wielu kluczowych projektach, zaś w kilku obszarach jakość badań jest na najwyższym poziomie międzynarodowym. Na pełniejszy opis nie ma tu miejsca, ale wspomnę np. przodującą rolę Polski (jeden z kilku „krajów założycieli”) w budowanym obecnie Cherenkov Telescope Array (CTA) do pomiarów

promieniowania gamma (projekt głównie astronomiczny, ale z dużym potencjałem badania ciemnej materii), znaczącą grupę badań neutrin czy też PolGraw – polskie konsorcjum badaczy fal grawitacyjnych w doświadczeniu Advanced Virgo koło Pizy we Włoszech, w którym w sierpniu ubiegłego roku wraz z LIGO (tworzą obecnie konsorcjum) dokonano **kluczowego pomiaru** fal grawitacyjnych z przypadku „złania się” dwóch gwiazd neutronowych oddalonych od nas o 130 milionów lat świetlnych. Otworzyło to „nowe okno” na Wszechświat, bo to samo zdarzenie, w tym bardzo ważne tzw. krótkie błyski gamma, zostało jednocześnie zarejestrowane przez kilka teleskopów. Rozwija się też polskie zaangażowanie w przygotowywany obecnie eksperyment poszukiwania ciemnej materii *DarkSide-2t* w laboratorium podziemnym w Gran Sasso we Włoszech.

Od 2013 r. działa Krajowa Rada Astrofizyki Cząstek, składająca się z przedstawicieli środowiska, zaś w 2018 r. powstanie nowe centrum naukowo-technologiczne **Astrocent** jako Międzynarodowa Agenda Badawcza w programie realizowanym przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. Planowane są dalsze projekty. Po kilku latach Polska wraca do pełnego członkostwa w europejskim konsorcjum naszego środowiska ApPPEC, które właśnie w tym tygodniu ogłosiło obszerną i dalekosiędną Mapę Drogową dla dziedziny w Europie w kontekście ogólnosiwiatowym. Ale o tym wszystkim więcej innym razem.

Są więc podstawy do optymizmu co do przyszłości ciągle młodej, a przy tym tak fascynującej i obiecującej, i już pełnej sukcesów, dziedziny, jaką jest astrofizyka cząstek.

LESZEK ROSZKOWSKI

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

## Z biegiem lat...

Wątek emerytowanych profesorów uniwersyteckich poruszony przez Profesora Jana Woleńskiego („PAUza Akademicka” 409/2018), obudził moje wspomnienia sprzed dwudziestu i więcej lat. Pracowałem wówczas na University of Alberta w Edmonton, Alberta, Kanada. Byłem zaprzyjaźniony z kilkoma, sporo starszymi ode mnie, profesorami tegoż uniwersytetu, zarówno z Faculty of Science, jak i z Faculty of Humanities. Niektórzy z nich w tamtym okresie przechodzili na emeryturę w „przepisowym” wieku ukończonych 70 lat.

I cóż się wtedy działo, dosłownie z tygodnia na tydzień, najwyżej w ciągu miesiąca? Tracili oni swoje oddzielne gabinety i zapewnianą dotąd pomoc sekretariatu. W budynku swojego wydziału otrzymywali biurko i krzesło w dużym pokoju, gdzie takich biurek stało kilka, każde dla emerytowanego profesora. Biurko było stan-

dardowe. Wnętrze robiło wrażenie zatłoczonego, chociaż w rzeczywistości tłok nie był za wielki, bo ci – ciągle znakomici – uczeni nie każdego dnia przychodzili „do pracy”. Prywatności zacisza swojego gabinetu zapewne już tam nie mieli. Pokój ten był najczęściej punktem tranzytowym po drodze do „Faculty Club” (na tym samym kampusie), gdzie serwowano smaczne „lunches”, kawę i herbatę. Przyległa, obszerna sala z wygodnymi fotelami służyła jako miejsce rozmów nie tylko towarzyskich lecz i naukowych. Emerytowani profesorowie przychodzili na różne seminaria, zdarzało się, że studenci z wyższych lat i doktoranci zwracali się do nich z różnymi pytaniami, na które – na ogół – chętnie odpowiadali. Cała ta sytuacja wydawała się naturalna, ot – po prostu – upływ czasu. Mimo, że od niego nie było ucieczki, wiele z tych osób nadal (choć pewnie rzadziej) publikowało prace naukowe.

ANDRZEJ KOBOS

Polska Akademia Umiejętności

PAUza Akademicka – [www.pauza.krakow.pl](http://www.pauza.krakow.pl) – tygodnik Polskiej Akademii Umiejętności i środowiska naukowego.

**Rada Redakcyjna:** Magdalena Bajer, Andrzej Białas, Janusz Limon, Ewa Lipska, Stanisław Rodziński, Piotr Sztompka, Marta Wyka, Jerzy Wyrozumski, Jakub Zakrzewski, Franciszek Ziejka.

**Redakcja:** Andrzej Białas – redaktor naczelny; Andrzej Borowski, Andrzej Kobos, Marian Nowy – redaktorzy; Adam Korpak, Krzysztof Skórczewski – grafika; Ryszard Otręba – „Galeria PAUzy”; Anna Michalewicz – dyrektor administracyjny; Witold Brzoskowski, Monika Mentel – fotokład; Wydawnictwo PAU – konsultacje.

**Adres do korespondencji:** Polska Akademia Umiejętności, 31–016 Kraków, ul. Sławkowska 17; e-mail: [pauza@pau.krakow.pl](mailto:pauza@pau.krakow.pl)

Oczekujemy na artykuły do 6 000 znaków (ze spacjami) i ilustracje w formacie JPEG o rozdzielczości 300 dpi.