

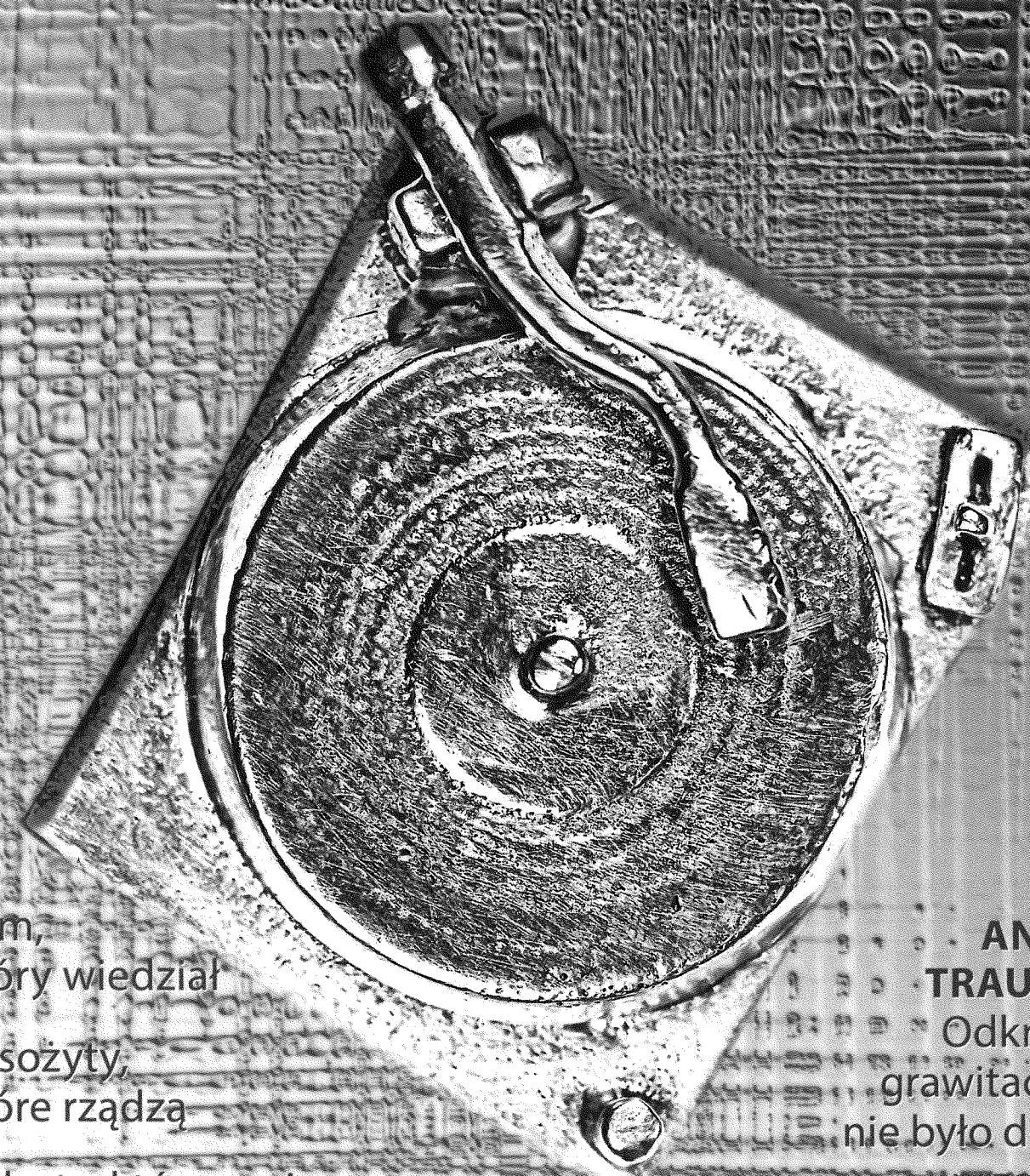
3/51/2017

ISSN 17338662

ACADEMIA

MAGAZYN POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Automatyzacja



Lem,
który wiedział

Pasożyty,
które rządzą

Roboty, które czują

**ANDRZEJ
TRAUTMAN:**

Odkrycie fal
grawitacyjnych
nie było dla mnie
przeżyciem

PRZEWIDUJĄC FALE

O konsekwencjach ogólnej teorii względności, podstawach teoretycznych fal grawitacyjnych i trudnościach z udowodnieniem ich istnienia mówi **profesor Andrzej Trautman** z Uniwersytetu Warszawskiego, członek rzeczywisty PAN.



ANDRZEJ TRAUTMAN: Chciałbym od razu zastrzec: pracowałem w dziedzinie fal grawitacyjnych, ale w teorii. 50 przeszło lat temu zajmowałem się poszukiwaniem rozwiązań równań Einsteina, które mogą opisywać fale grawitacyjne, i badaniem ich właściwości. Spodziewałem się, że ich istnienie zostanie potwierdzone.

ACADEMIA: A więc zacznijmy od tego, czym pan się naukowo zajmuje.

Zacząłem od politechniki, więc tak naprawdę jestem inżynierem. Dopiero pod koniec studiów zetknąłem się z fizykiem teoretykiem – profesorem Leopoldem Infeldem. Dostałem propozycję podjęcia studiów doktoranckich w jego grupie i z chęcią z niej skorzystałem. Od tego czasu, czyli od 1955 r., zajmuję się fizyką, a w szczególności teorią grawitacji, ogólną teorią względności i falami grawitacyjnymi. Ale ta moja politechnika miała na to duży wpływ. Studiowałem na Wydziale Łączności i w związku z tym słuchałem wielu wykładów z teorii pól i fal elektromagnetycznych. Podjęcie tematyki promieniowania grawitacyjnego było więc dla mnie czymś naturalnym: interesowało mnie, czy można przenieść pewne rzeczy z teorii fal elektromagnetycznych do grawitacji.

„Będziesz miał trudne zadanie, bo Leopold Infeld w fale grawitacyjne nie wierzy” – usłyszałem na początku swojej pracy.

Przeciętny przyszły inżynier raczej nie zerka w stronę teorii.

Ale ja już w szkole średniej w Paryżu pytałem nauczycielkę fizyki, czy radzi mi studiować fizykę, czy może matematykę. A ona bardzo mnie zniechęciła. Powiedziała, że po tych kierunkach w najlepszym razie stanę nauczycielem licealnym, a to bardzo niewdzięczny zawód. Poradziła mi, bym poszedł na politechnikę. I ja, w wieku 16 lat, mimo że miałem wyraźne ciążoty do fizyki, posłuchałem jej rady. Co nie zmienia faktu, że od razu chciałem studiować równoległe fizykę. Ale to był rok 1950 – stalinizm, niesłuchanie ostre zasady. Trzeba było mieć na wszystko pozwolenie. Chodziłem, wraz z moim przyjacielem Włodkiem Zychem, do wielu osób, prosząc o umożliwienie nam studiowania równoległe na Politechnice i na Uniwersytecie. Ale z ministerstwa przyszła odmowa. Dopiero pod koniec studiów podjąłem dodatkowo ten kierunek.

Urodził się pan w Warszawie, na ulicy Filtrowej, teraz także mieszka pan na Ochocie. Ale po wojnie tutajście się z mamą po Europie.

Po powstaniu warszawskim zostaliśmy wywiezieni do Niemiec. To był jeden z najgorszych okresów w moim życiu. Głód, brud, wszy. Stamtąd wróciliśmy do Polski, ale mieszkanie w Warszawie było spalone; zatrzymaliśmy się na kilka miesięcy w Lublinie, gdzie mieszkał brat mojego ojca Stefan. Niestety, nie mieliśmy tam mieszkania, a mama nie miała pracy, więc postanowiła, że pojedziemy do Paryża, do jej mamy i siostry. Mieliśmy od nich pewne wsparcie, mama dostała też skromną pracę. Przez cztery lata tam mieszkaliśmy; chodziłem tam do dwóch szkół. Przez całe moje życie do matury byłem w trzech. Czwartą i piątą klasę skończyłem w szkole powszechnej siostr Goldman w Warszawie. We Francji mama i ja byliśmy nastawieni na powrót do kraju, więc i tam chodziłem do polskich szkół. Najpierw byłem w gimnazjum przy obozie Wojska Polskiego (londyńskiego) w La Courtine, a później poszedłem do liceum w Paryżu, sponsorowanego przez ambasadę PRL i tam zrobiłem maturę. Później wróciliśmy do Polski, najpierw skończyłem studia na Politechnice Warszawskiej, a potem dostałem się na studia doktoranckie u profesora Leopolda Infelda na Wydziale Fizyki UW, mieszczącym się wtedy przy ulicy Hożej 69. Po doktoracie pracowałem tam przez 50 lat.

I tam powstały pana prace o tym, że fale grawitacyjne istnieją.

Tak. A trzeba powiedzieć, że temat był kontrowersyjny. Na samym początku, kiedy Albert Einstein powiedział, że fale grawitacyjne mogą istnieć, i podał ich przybliżony opis, był krytykowany, pytano, jak odróżnić prawdziwe fale grawitacji od zjawisk wywołanych zmianą układu odniesienia. Sam Einstein podkreślał, że nie ma wyróżnionego układu współrzędnych, że współrzędne można w dowolny sposób zmieniać. W ogólnej teorii względności do opisu pola grawitacyjnego używa się tensora metrycznego. Zmieniając współrzędne i używając do tego celu odpowiednich dowolnych funkcji, otrzymuje się także w tensorze metrycznym takie dowolne funkcje. Rozwiązanie wygląda jak fala, mimo że to nie jest żadna fala, tylko efekt wyboru układu współrzędnych. Einstein trochę to wyjaśnił, ale nie w pełni. Jego pierwsze prace były oparte na przybliżeniu liniowym, w którym w równaniach pola grawitacyjnego pomija się wszystko, co nie jest funkcją liniową tensora krzywizny. Wszystkie kwadraty, sześciangi itd. odrzuca się dla uproszczenia. Einstein wiedział, że to liniowe przybliżenie nie jest dobre np. w kosmologii. Do opisu zamkniętego Wszechświata nie można ograniczyć się do członów liniowych, bo liniowe dają płaski świat. Trzeba uwzględnić wszystkie człony nieliniowe. Dlatego Einstein po 20 latach, we współpracy z izraelskim fizykiem Nathanem Rosenem, podjął

próbę znalezienia ścisłych rozwiązań równań pola grawitacyjnego opisujących płaskie fale grawitacyjne. Natknął się na trudność, która polegała na tym, że równania różniczkowe, które otrzymał, miały rozwiązania osobliwe, czyli takie, które w pewnych miejscach były nieograniczone, dążyły do nieskończoności. Z tego autorzy wywnioskowali, że w rzeczywistości nie ma fal grawitacyjnych. Einstein napisał wspólnie z Rosenem pracę, w której o tym donosił i w tytule dał znak zapytania: „Czy fale grawitacyjne istnieją?”. Pracę tę wysłał do „Physical Review”, który miał zwyczaj, tak jak teraz wszystkie czasopisma, wysyłać prace do recenzji. Recenzentem był dobry fizyk, który zwrócił uwagę, że to pewnie jest sprawa wyboru układu współrzędnych. Einstein otrzymał z „Physical Review” nie decyzję odrzucającą, ale list sugerujący zmiany. Einstein bardzo się zdenerwował i odpowiedział, że jak on im przysłał pracę, to po to, aby ją opublikować, a nie pokazywać komukolwiek innemu.

A komu „Physical Review” pokazał tę pracę?

Howardowi Percy’emu Robertsonowi, który też był w Princeton. Zdaje się, że nie przyznał się Einsteinowi, że to on recenzował. Ale wytłumaczył mu – tak jak napisał wcześniej – że to jest pewnie kwestia układów współrzędnych. Nie potrafię powiedzieć na podstawie literatury, czy Einstein przyjął w pełni to wyjaśnienie, czy się z nim pogodził. Później opublikował pracę o falach, ale nie o płaskich, tylko walcowych. Wszystko to działo się w latach 1936–37. W tym czasie w Princeton był także – bo przyjechał na stypendium Fundacji Rockefellera – Leopold Infeld. Nie współpracował z Einsteinem w zakresie fal, tylko równań ruchu, ale

oczywiście wiedział o falach i na pewno dyskutował na temat tego, co Einstein zrobił. I, jak się wydaje, na podstawie tych rozmów już wtedy nabrał przekonania, że fale grawitacyjne nie istnieją. Do Polski Infeld wrócił po wojnie, bo wojnę na szczęście spędził w Toronto, gdzie miał posadę. Cała jego rodzina w Polsce zginęła. Gdy przyjechał do Polski na początku lat 50., ja dzięki dr. Jerzemu Plebańskiemu właśnie do niego trafiłem. To Plebański zresztą zasugerował mi podjęcie tematu promieniowania grawitacyjnego, dodając: „Słuchaj, będziesz miał trudne zadanie, bo Infeld w fale grawitacyjne nie wierzy”.

To rzeczywiście było wyzwanie.

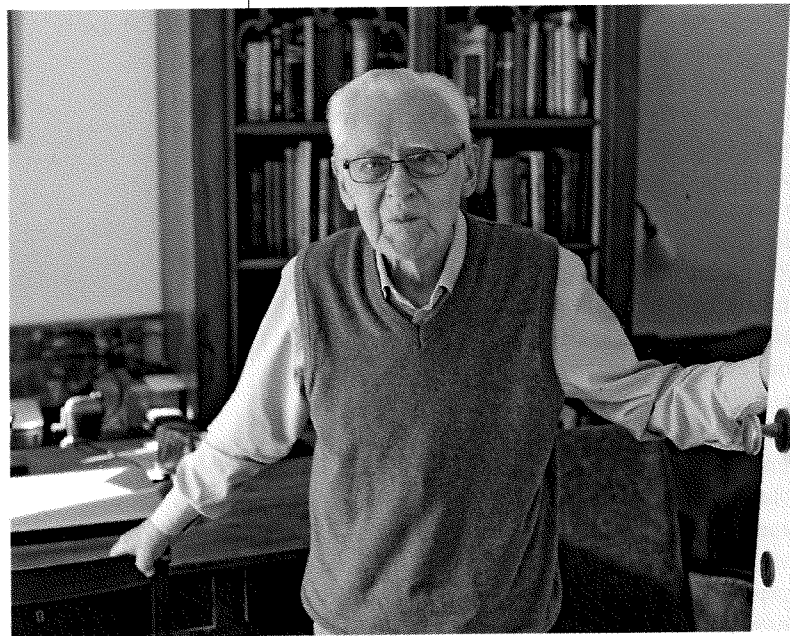
Tak, ale młody człowiek nie zraża się takimi trudnościami. Zacząłem pracować, badać i poszukiwać argumentów na rzecz istnienia fal grawitacyjnych. W końcu dostałem kilka wyników, które nadawały się na pracę doktorską. Trzeba powiedzieć, że Infeld, mimo że do końca nie wierzył, docenił wartość moich prac. Były przyjmowane i publikowane w dobrych czasopismach i on nie oponował. Był promotorem tego doktoratu, co jest chyba jednym z bardzo nielicznych przypadków, kiedy ktoś aprobuję pracę doktorską, której wyników nie akceptuje. Infeld otaczał mnie opieką, załatwił dla mnie w 1959 r. przydział mieszkania kwaterunkowego i dbał o moje awanse na uczelni.

Czy miał pan absolutne przekonanie?

Tak, byłem pewny w stu procentach. Mimo że to były tylko rozwiązania matematyczne, nie było nawet prób odkrycia fal, nikt nawet nie mówił o obserwacjach.



Prof. Andrzej Trautman na konferencji w Jabłonnie w 1962 r. Z lewej P.A.M. Dirac, z prawej Leopold Infeld.



Andrzej Trautman

- Magisterium: 1955
- Doktorat: 1959
- Habilitacja: 1962
- Profesura: 1971

Urodził się w 1933 r. w Warszawie, fizyk. Po powstaniu warszawskim został wywieziony do Niemiec, skąd wrócił do Polski w maju 1945 r. Jesienią 1945 r. wraz z matką wyjechał do Paryża, gdzie mieszkała część rodziny. Po ukończeniu Liceum Polskiego w Paryżu wrócił w 1949 r. do Warszawy. Studiował na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej i równolegle matematykę na Uniwersytecie Warszawskim. Od 1961 r. pracował w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego, zajmując kolejne stanowiska od adiunkta do profesora zwyczajnego. W 1962 r. habilitował się na Wydziale Matematyki i Fizyki UW na podstawie rozprawy o prawach zachowania w ogólnej teorii względności.

Odbił wiele staży i wizyt naukowych, m.in. w Syracuse University, w College de France, na University of Chicago i na Uniwersytecie Wiedeńskim. Spośród odczytów na konferencjach międzynarodowych szczególnie ceni sobie wystąpienia na Międzynarodowych Konferencjach Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji. Przez wiele lat był zastępcą dyrektora, a w latach 1975–1985 – dyrektorem Instytutu Fizyki Teoretycznej UW. Kierował Zakładem Teorii Względności i Grawitacji UW.

Jest członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk i członkiem korespondentem Polskiej Akademii Umiejętności. W latach 1978–1980 był wiceprezesem PAN. Pełnił funkcje: przewodniczącego Komitetu Fizyki PAN, wiceprezesa Polskiego Towarzystwa Fizycznego, członka Prezydium PAN i wielu rad naukowych. Przez wiele lat przewodniczył redakcji czasopisma „Journal of Geometry and Physics”.

Z końcem 2003 r. przeszedł na emeryturę. W 2016 r. został odznaczony Krzyżem Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski. Wcześniej otrzymał Nagrodę Państwową I stopnia, Polskie Towarzystwo Fizyczne wyróżniło go zaś medalem im. Mariana Smoluchowskiego. W 2017 r. otrzymał Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

Jeśli kogoś pytano, czy kiedykolwiek będą zaobserwowane, to odpowiedzi brzmiały, że pewnie nigdy, bo oddziaływania grawitacyjne są bardzo słabe, wiele rządów wielkości słabsze od elektromagnetycznych. Są niesłychanie trudne do wykrycia. W końcu się udało, dzięki wielkiemu postępowi w możliwościach detekcji fal.

Jak pan zareagował, gdy po prawie 60 latach od pana doktoratu jednak odkryto fale grawitacyjne?
Byłem zadowolony, ale muszę powiedzieć, że to dla mnie nie było przeżycie.

Nie?

Nie, bo wiedziałem, że fale grawitacyjne istnieją i że prędzej czy później – biorąc pod uwagę, jak bardzo się rozwijają techniki pomiarowe, metody, o których 50 lat temu nikt nie marzył – ten moment przyjdzie. Przed laty zetknąłem się z fizykiem Josephem Weberem, który jako pierwszy próbował fale grawitacyjne zaobserwować. Jego układ pomiarowy to był aluminiowy walec, mniej więcej długości metra i podobnej średnicy. Co najmniej trzy grupy powtórzyły jego doświadczenia, m.in. w Rosji, we Włoszech i w Anglii, ale nikt nie potwierdził detekcji. Ale to był dobry fizyk.

Miał wyobraźnię.

To, że teraz zaobserwowano fale grawitacyjne, zawdzięczamy także jego inicjatywie i uporowi, on bardzo tego chciał. Przed jego śmiercią dostałem od niego list, w którym prosił mnie, bym użył swojego wpływu w środowisku fizyków i próbował ich przekonać, że on te fale grawitacyjne widział...

A czy Infeld w końcu przekonał się do pana teorii?

Moja żona, Róża Michalska-Trautman, go przekonała. Opublikowała wspólnie z nim pracę, w której obliczają razem emisję promieniowania grawitacyjnego metodą EIH (Einsteina-Infelda-Hoffmanna). Gdzie diabeł nie może, tam babę pośle.

Fale grawitacyjne to jedynie część pana pracy. Zajmował się pan również innymi obszarami. Co uważa pan za swoje największe dokonanie?

Ono chyba jednak jest związane z falami. Mianowicie wspólnie z brytyjskim fizykiem Ivorem Robinsonem znaleźliśmy nowe fale grawitacyjne, i to fale sferyczne, trochę bardziej podobne do tego, co się dzieje w rzeczywistości. Fala płaska, o jakiej mówiliśmy wcześniej, jest koncepcją matematyczną. Natomiast fale grawitacyjne wysyłane przez gwiazdy, rozchodzące się i malejące z odległością, lepiej dają się opisać jako fale sferyczne. Myśmy tego typu fale w postaci ścisłych rozwiązań równań Einsteina znaleźli i to uważam za moją najważniejszą, oryginalną pracę. Interesowałem

się innymi rzeczami, np. polami z cechowaniem. Jeżeli mówić o mojej specjalności, to będą właśnie metody geometrii różniczkowej w fizyce teoretycznej.

Z Robinsonem współpracował pan w Wielkiej Brytanii?

W 1958 r. opublikowałem w Biuletynie PAN kilka prac na temat fal grawitacyjnych, które wzbudziły zainteresowanie mojego przyjaciela, brytyjskiego fizyka Feliksa Piraniego. On opublikował wtedy pracę na temat fal grawitacyjnych, którą ja przeczytałem i zauważyłem, że potrafię to zrobić lepiej, bliżej fizyki. Opowiedziałem mu o tym, co robię, kiedy przyjechał do Warszawy pod koniec lat 50. na zaproszenie Infelda, z którym znali się jeszcze z Kanady. I zaprosił mnie do Londynu. Przez trzy miesiące w 1958 r. miałem w King's College cykl wykładów, na które przychodziło sporo osób, dosyć znanych fizyków angielskich. Właśnie w czasie tego pobytu poznałem Ivora Robinsona. Tak spodobało mi się to, co on robi, że po powrocie poprosiłem Infelda, żeby go zaprosił do Warszawy. Przyjechał na trzy miesiące i wtedy już zaczęliśmy współpracować. Opowiadał mi o rozmaitych rzeczach, którymi się zajmował, i z tego zaczął się wyłaniać temat fal grawitacyjnych. W następnym roku Ivor pojechał do USA – dostał roczny angaż na Uniwersytecie Karoliny Północnej w Chapel Hill. Ja zaś jesienią pojechałem do Londynu, tym razem do Imperial College, gdzie pracował pakistański fizyk teoretyk, noblista Abdus Salam [nagrodę otrzymał w 1979 r. z Sheldonem Lee Glashowem i Stevenem Weinbergiem, za niezależne prace nad jednolitą teorią wzajemnego słabego i elektromagnetycznego oddziaływania cząstek elementarnych – red.]. U niego przez rok pracowałem. W czasie tego roku akademickiego 1959–1960 Ivor i ja pracowaliśmy korespondencyjnie, przez ocean, i znaleźliśmy rozwiązania, o których mówiłem. Nie było Internetu, wszystko szło pocztą. Ale listy z Londynu do Chapel Hill czasami dochodziły w ciągu dwóch dni, nieprawdopodobnie. W ciągu kilku tygodni skończyliśmy pracę i w 1960 r. opublikowaliśmy artykuł w „Physical Review Letters”. W 1961 r. pojechałem do Syracuse University i tam także się pojawił Ivor i dalej działaliśmy. Mamy 10 wspólnych publikacji – z nikim innym nie mam tytułu. To był wybitny człowiek, ożenił się z polską Żydówką Joanną Ryteń, moją młodszą koleżanką z Warszawy, doktorantką Infelda. W końcu dostał posadę w Dallas i jego żona do tej pory tam mieszka. W 1962 r. odbyła się w Jabłonnej wielka międzynarodowa konferencja na temat relatywistycznych teorii grawitacji. Infeld był głównym organizatorem i dzięki niemu przyjechało bardzo dużo wybitnych osób – m.in. Brytyjczyk Paul Dirac, Amerykanin Richard Feynman oraz kilku znakomitych radzieckich relatywistów, dla których wielką rzeczą była możliwość spotkania z zachodnimi kolegami.

Wymienił pan nazwiska swoich nauczycieli.

A uczniowie?

Miałem wielkie szczęście do dobrych uczniów, wielu z nich jest już emerytami. Część z nich pracuje za granicą. Ostatni mój wychowanek, prof. Paweł Nurowski, jest wybitnym uczonym i pracuje w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Ciągłe aktywny jest także mój pierwszy uczeń prof. Marek Demiański, młodszy ode mnie o 6 lat. On jeszcze stale jeździ za granicę. Ja już nie czuję się na siłach.

Myśli pan jednak o tym, co jeszcze jest do odkrycia w fizyce.

Oczywiście. Świat mikro, świat cząstek elementarnych, mechaniki kwantowej. Mamy wiele wiadomości o tych cząstkach. Od dawna wiemy o elektronach i protonach, z których zbudowane są atomy, ale później się okazało, że cząstek jest bardzo wiele. Powstają, kiedy zderzamy np. protony ze sobą i poznajemy ich właściwości. Ale dobrej teorii nadal nie ma. W tym mikroświecie subatomowym są rzeczy, które się ciągle odkrywa, ale nie wiemy, dlaczego są właśnie takie. Nie ma powiązania między grawitacją a fizyką kwantową i fizyką cząstek elementarnych. To są dwie dziedziny bardzo ważne, podstawowe i powinny być jakoś ze sobą związane. Jeszcze bardzo dużo jest do zrobienia – bardzo ciekawych, fundamentalnych rzeczy.

Jest to wyzwanie dla fizyków teoretyków?

Tak, ale oczywiście teoretycy muszą mieć dane eksperymentalne. Sami nic nie zrobią.

Nobla za fale grawitacyjne dostali w tym roku Barry Barish, Kip Thorne i Rainer Weiss...

Dwóch eksperymentatorów i jeden teoretyk. Ale on brał udział w eksperymentach.

I oni właśnie powinni tę nagrodę dostać?

Publikacja w „Physical Review Letters” na temat detekcji fal grawitacyjnych ma przeszło tysiąc autorów. Dziesięcioro jest z Polski. Nie zazdrościsz członkom Komitetu Noblowskiego zadania, bo ono naprawdę było bardzo trudne. Moi koledzy, którzy się trochę tym interesowali, mówili, że ci, którzy zajmowali się częścią doświadczalną – Rainer Weiss, Barry Barish – są bardzo zasłużeni, a Kip Thorne im pomagał jako teoretyk. Nie widzę, żeby stało się tutaj coś niewłaściwego. Mam tylko jeden problem: czy w ogóle powinno się dawać Nagrodę Nobla w sytuacji, kiedy na wynik pracuje tysiąc osób? Może ta nagroda powinna honorować raczej dokonania, gdzie można wyraźnie określić, kto jest autorem? Ale teraz odkryć, których dokonałaby jedna osoba, już prawie nie ma.

Z PROF. ANDRZEJEM TRAUTMANEM
ROZMAWIAŁY ANNA ZAWADZKA I AGNIESZKA POLLO
ZDJĘCIA JAKUB OSTAŁOWSKI