

# Mechanika kwantowa jako jedno z najbardziej wartościowych odkryć ludzkości

O naukowych paradoksach, kamieniach milowych w badaniach nad mechaniką kwantową, a także o kwantowej kryptografii i teleportacji z prof. Markiem Żukowskim, dyrektorem Międzynarodowego Centrum Teorii Technologii Kwantowych na Uniwersytecie Gdańskim, rozmawia dr Beata Czechowska-Derkacz



Profesor Marek Żukowski

Fot. M. Ochocki/KFP/UG

## Profesor dr hab. Marek Żukowski

Profesor fizyki teoretycznej na Uniwersytecie Gdańskim. Zajmuje się fundamentalnymi aspektami mechaniki kwantowej i informacji kwantowej. Absolwent Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, od początku swojej pracy naukowej związany z naszą uczelnią. Był wielokrotnie profesorem wizytującym Uniwersytetu w Innsbrucku i Uniwersytetu Wiedeńskiego dzięki zaproszeniom Antona Zeilingera, a także Tsinghua University w Pekinie, Chińskiej Akademii Nauk (USTC). Jego najbardziej znana praca ukazała się w „Physical Review Letters” (M. Żukowski, A. Zeilinger, M. Horne, A. Ekert, „Event-ready detectors” Bell experiment via entanglement swapping, 71, 4287 (1993)). Praca ta i następne dały teoretyczne podstawy operacyjne eksperymentów ukazujących interferencję wielofotonową przeprowadzonych w latach 90. przez grupę Zeilingera, takich jak eksperymentalna teleportacja kwantowa, wyróżnionych w oficjalnym opisie Nagrody Nobla z fizyki za rok 2022 (<https://www.nobelprize.org/uploads/2022/10/advanced-physicsprize2022-2.pdf>).

Laureat wielu prestiżowych nagród, w tym Nagrody Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, nazywanej potocznie „polskim Noblem”, za badania wielofotonowych stanów splątanych, które doprowadziły do sformułowania przyczynowości informacyjnej jako zasady fizyki (2013), Nagrody Naukowej im. Marii Skłodowskiej-Curie PAN (2013) i Polsko-Niemieckiej Nagrody Naukowej „Nicolaus Copernicus” (wraz z Haraldem Weinfurterem, 2014). W 2016 roku otrzymał Nagrodę Naukową Miasta Gdańska im. Jana Heweliusza za 2015 rok w kategorii nauk przyrodniczych i ścisłych za sformułowanie teoretycznych podstaw eksperymentalnej interferometrii wielofotonowej stanów splątanych i badanie konsekwencji zjawisk nieklasycznych dla naszego zrozumienia podstaw teorii kwantów oraz możliwości zastosowania tych zjawisk w kwantowej komunikacji.

Pełnił wiele funkcji: był dyrektorem Instytutu Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki Uniwersytetu Gdańskiego (2005–2018), członkiem pierwszej i następnych Rad Narodowego Centrum Nauki (2010–2018), redaktorem w czasopiśmie Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego „Physical Review A” (2016–2019). Od 2020 roku jest członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk, a od 2018 – dyrektorem Międzynarodowego Centrum Teorii Technologii Kwantowych UG (International Centre for Theory of Quantum Technologies, ICTQT) finansowanego przez program MAB FNP z funduszy Unii Europejskiej.

► **Laureatami Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 2022 roku zostali Alain Aspect, John F. Clauser i Anton Zeilinger, czołowi eksperymentatorzy, którzy wykonali najważniejsze laboratoryjne obserwacje splątanych fotonów. Jest pan bliskim współpracownikiem profesora Zeilingera i wielokrotnie nominował pan tych naukowców do Nagrody**

**Nobla, ale dopiero w tym roku się udało.**

Anton, Aspect i Clauser byli rzeczywiście wielokrotnie nominowani do Nagrody Nobla, a ja sam nominowałem ich cztero- lub pięciokrotnie. W tym roku wreszcie się udało. Myślę, że Komitet Noblowski wybrał rok 2022, ponieważ idealnie kojarzy się z milowy-

mi krokami w fizyce kwantowej. Stało się to dokładnie sto lat po tym, jak Niels Bohr, guru nowej fizyki kwantowej, otrzymał Nagrodę Nobla za model atomu, który bardzo szybko okazał się tylko dobrą wskazówką i nie jest akceptowalny jako teoria fundamentalna. W 1922 roku Nagrodę Nobla wręczono także Albertowi Einsteinowi, ale była to nagroda

MECHANIKA KWANTOWA  
TO TEORIA, KTÓRA  
WYJAŚNIŁA BARDZO  
DUŻO RZECZY I JEST TO  
JEDNO Z NAJBARDZIEJ  
WARTOŚCIOWYCH ODKRYĆ  
LUDZKOŚCI. TEORIA  
KWANTÓW, WYMYŚLONA  
PRZEZ FIZYKÓW, WYJAŚNIA,  
CZYM JEST WIĄZANIE  
CHEMICZNE, CZEGO  
NIE MOGŁA WYJAŚNIĆ  
SAMA CHEMIA. DZIĘKI  
MECHANICE KWANTOWEJ  
ODKRYTO PÓŹNIEJ  
TYSIĄCE INNYCH RZECZY:  
NA PRZYKŁAD ZBUDOWANO  
TRANZYSTORY. CAŁA NASZA  
CYWILIZACJA JEST OPARTA  
NA KOMPUTERACH,  
KTÓRE MAJĄ UKŁADY  
SCALONE ZBUDOWANE  
Z TRANZYSTORÓW.  
TO TAKŻE JEST OWOC  
MECHANIKI KWANTOWEJ

za rok 1921, ponieważ był postacią kontrowersyjną i członkowie Komitetu Noblowskiego bardzo długo się zastanawiali, czy i za co dać mu tę nagrodę. Einstein jednak wprowadził tyle genialnych idei do fizyki, że w końcu zapadła taka decyzja.

► **Dlaczego mechanika kwantowa?**

Po powstaniu ostatecznej formy mechaniki kwantowej odbyła się wielka debata, czy jest to teoria skończona. Niektórzy uważali, że jest ona w zasadzie wybrakowana, ponieważ nie przewiduje dokładnych wyników pomiarów. Einstein sądził, że mechanika kwantowa jest wybrakowana z racji tego, że określa tylko prawdopodobieństwa możliwych wyników, natomiast Niels Bohr miał przeciwne zdanie – uważał, iż jest to pełna teoria naszych obserwacji mikroświata. Mechanika kwantowa to teoria, która wyjaśniła bardzo dużo rzeczy i jest to jedno z najbardziej wartościowych odkryć ludzkości. Podam przykład, który nie jest tak szeroko znany. Teoria kwantów, wymyślona przez fizyków, wyjaśnia, czym jest wiązanie chemiczne, czego nie mogła wyjaśnić sama chemia. Dzięki mechanice kwantowej odkryto później tysiące innych rzeczy: na przykład zbudowano tranzystory. Cała nasza cywilizacja jest oparta na komputerach, które mają układy scalone zbudowane z tranzystorów. To także jest owoc mechaniki kwantowej.

► **Nagroda Nobla została przyznana trzem fizykom „za eksperymenty ze splątanymi fotonami naruszające nierówność Bella i pionierską informatykę kwantową”. Czy mógłby pan profesor rozwikłać to trudne dla laików sformułowanie? Na czym polega wyjątkowość tych badań?**

Laureaci tegorocznej Nagrody Nobla przeprowadzili przełomowe eksperymenty, wykorzystując tak zwane splątane stany kwantowe. Aby te stany jakoś przybliżyć, weźmy stany maksymalnie splątane, a w szczególności „singlet” dwóch spinów. Spin to własny moment pędu cząstki. Spin całkowity singletu wynosi zero, zatem cząstki muszą mieć spiny przeciwne. Jeżeli zmierzmy jakąś składową, na przykład pionową, spinu pierwszej, to pomiar tego samego rodzaju w przypadku drugiej musi dać wynik przeciwny. Nie ma tu znaczenia odległość tych cząstek. Natomiast dla każdej z cząstek z osobna pomiar dowolnej składowej spinu da wynik zupełnie przypadkowy. Podsumowując, wiemy wszystko co możliwe o całości, a nic o częściach. Prace laureatów otworzyły drogę dla rozwoju nowych technologii w dziedzinie informatyki kwantowej. Ale, aby zrozumieć wagę ich odkryć, musimy cofnąć się do 1935 roku, kiedy to Albert Einstein, Boris Podolsky i Nathan Rosen napisali pracę, która, jak to nazwał Bohr, była „gromem z jasnego nieba”. Twierdzili, że w mechanice kwantowej brakuje wielkości fizycznych, które nazwali elementami rzeczywistości. Bohr przez miesiąc myślał i napisał odpowiedź, którą wtedy fizycy zaakceptowali, ale w późniejszych latach przestali ją doceniać – na szczęście nie należałem do tego grona. Była bardzo głęboka i pokazywała, iż konkluzje Einsteina, Podolsky’ego i Rosena nie są prawidłowe. Ale sytuacja nie została rozstrzygnięta do 1964 roku, kiedy to na arenę wkroczył John Bell, pracujący wtedy w Stanach Zjednoczonych, który hobbistycznie zajmował się podstawami mechaniki kwantowej i, co ciekawe, był po stronie Einsteina, Podolsky’ego i Rosena. Bell sądził, iż

mechanika kwantowa „jest zgniła”. Udało mu się wyprowadzić bardzo prostą nierówność matematyczną, która jest spełniana przez wszystkie teorie, które są zgodne z tym, co Einstein, Podolsky i Rosen postulowali. Następnie sprawdził, czy ta nierówność jest spełniona przez mechanikę kwantową – okazało się, że nie. Bell założył, że pewne koincydencje powinny spełniać podstawowe zasady fizyki klasycznej oraz tak zwaną einsteinowską przyczynowość, czyli założenie, że oddziaływania nie mogą się rozchodzić z prędkością większą niż światło. To oznacza, że odległe od siebie zdarzenia, które są w koincydencji, czyli następują w tej samej chwili, nie mogą mieć na siebie bezpośredniego wpływu. Mogą mieć jedynie wspólną przyczynę. Jeżeli w tej chwili następuje wybuch na Słońcu, który zniszczy naszą cywilizację, to dowiemy się o tym dopiero za kilka minut, ponieważ światło od tej gwiazdy idzie do Ziemi kilka minut. Jeśli w tym samym czasie w Księżyc uderzy meteoroid, to dowiemy się o tym po sekundzie, ponieważ tyle czasu zajmuje droga światła od Księżyca do Ziemi. Bell napisał pracę, w której rozstrzygnął konflikt pomiędzy Bohrem a Einsteinem, wykazując, że einsteinowskie koncepcje są niezgodne z mechaniką kwantową. Nierówność, którą wyprowadził Bell, była jednak niedoskonała. Pięć lat po publikacji Bella wkracza John Clauser. Wraz z Michaeliem Horne’em, Abnerem Shimonym i Richardem Holtem wyprowadzili nierówność nieposiadającą wad nierówności Bella, którą można wykorzystać nie tylko do analizy przewidywań mechaniki kwantowej, ale także do bezpośredniej analizy wyników eksperymentalnych. Co więcej, ich artykuł ukazywał, że w takim doświadczeniu można użyć specyficznych emisji dwufotonowych z atomu wapnia.

► **Mam wrażenie, że wkraczamy na jeszcze bardziej skomplikowany naukowo obszar...**

Bo to niedokończona opowieść. W fizyce kwantowej ważna jest sekwencja zdarzeń, odkryć i opublikowanych prac. Nie wkraczając w szczegółowe definicje, przypomnijmy tylko, że światło słoneczne nie jest spolaryzowane. Światło spolaryzowane to takie, w którym kierunek drgań fal je opisujących jest uporządkowany. Polaryzacja światła jest używana na przykład w kinematografii trójwymiarowej. Clauser w swoim eksperymencie użył tak zwanych kaskad fotonowych w atomie wapnia. Wykonał ten eksperyment w 1972 roku, wspólnie ze Stuartem Freedmanem, aby obalić mechanikę kwantową, ale uzyskał wyniki pomiarów, które wskazywały, że nierówności Bella nie są spełnione. Mechanika kwantowa zatem zwyciężyła. Był tym bardzo zdumiony. To swojego rodzaju naukowe paradoksy. Bell sądził, że Einstein, Podolsky i Rosen mają rację, a wykazał, że tak nie jest. Clauser uważał, że nierówności Bella będą spełnione i mechanika kwantowa się zawali, a okazało się, że przetrwała jego eksperyment. W tym momencie pojawia się Alain Aspect, który wykonał w zasadzie ten sam eksperyment testujący lokalną teorię parametrów ukrytych, ale pozbawiony wielu niedoskonałości eksperymentu Clausera. Na początku lat 80. utworzył w Paryżu niewielką grupę naukową i wspólnie wykonali eksperymenty, zainspirowane wynikami Clausera, ale z użyciem nowocześniejszych narzędzi. Kluczowe było stworzenie dwóch odległych od siebie zestawów detekcji fotonów, obecnie najczęściej nazywanych Alicją i Bobem. Jedna stacja łapała pierwszy foton z emitowanej pary, druga – drugi

i działały niezależnie. To był olbrzymi krok naprzód. Dzięki tym eksperymentom pewni naukowcy z UG zaczęli powoli interesować się tymi zagadnieniami, a parę lat później prowadzić własne badania. Największym entuzjastą był Jarek Pykacz. Zmarły w tym roku mój bliski przyjaciel i wtedy współpracownik, współautor mojej pierwszej pracy dotyczącej eksperymentów ze splątanymi fotonami.

► **Czy właśnie wtedy rozpoczęła się współpraca Uniwersytetu Gdańskiego z profesorem Antonem Zeilingerem?**

Profesor Anton Zeilinger zauważył nas w 1988 roku, po tej naszej publikacji. Przesłał nam pocztówkę, w której napisał, że nasz artykuł jest bardzo interesujący i poprosił o jego kopię. Dokładnie było napisane... „very interesting!!!”. Byliśmy oczywiście tym faktem zachwyceni. Anton, mogę tak mówić, bo jest moim przyjacielem, pojawił się w Gdańsku w 1989 roku na zorganizowanej przez nas konferencji. Jarek, który nie był optykiem kwantowym, powiedział: „Zajmij się Zeilingerem, bo na pewno będzie rozmowa o eksperymentach, a ja jestem fizykiem matematycznym”. Anton chciał zobaczyć stary Gdańsk. Podczas zwiedzania, w czasie naszej niekończącej się dyskusji, doszliśmy do wniosku, że najpiękniejsze w fizyce kwantowej jest to, co ludzi najbardziej w niej drażni, trzeba zatem właśnie te obszary badać i pokazywać. W moim naukowym rozwoju był to ważny moment. Ale to nie był wówczas popularny nurt w badaniach naukowych, raczej wciąż podważano jego sensowność.

► **Czy naukowiec musi być niepokorny i iść pod prąd?**

Anton Zeilinger zaczął zajmować się splątaniem fotonowym, kiedy te badania zaczęły wchodzić na salony. Stało się to dzięki wielkiemu optykowi kwantowemu, Leonardowi Mandelowi, który zaczął robić bardziej efektywne eksperymenty ze splątaniem i doskonalił techniki używania kryształów „nieliniowych” w takich doświadczeniach. Ale wciąż naukowcom zajmującym się splątaniem było bardzo trudno. Pamiętam seminarium w latach 90., podczas którego próbowałem wygłosić referat na temat mojej nowej pracy, dotyczącej tych zagadnień, kiedy to moi koledzy fizycy mnie zakrzyczeli. Dopiero na trzecim seminarium, kiedy byli już zmęczeni tym krzykiem, pozwolili mi mówić. Pokazuje to skalę nieufności wobec tego obszaru badań. W tym czasie Anton Zeilinger już myślał nad metodami użycia wspomnianych kryształów, aby udoskonalić eksperymenty ze splątaniem parami fotonów. Zaproponował wraz z Horne’em i Abnerem Shimonym lepszy eksperyment niż ten, który opracowaliśmy z Jarkiem. Opublikował także pracę, wraz z Danielem Greenbergerem i Horne’em, w której pokazał konsekwencje korelacji trójcząstkowych. Kiedy o tym usłyszałem, rok później, całkowicie zarzuciłem poprzednią dziedzinę naukową, w której pracowałem, i stwierdziłem, że będę zajmować się tylko podstawami fizyki kwantowej i interferometrią wielofotonową. Bellowskie rozważania o korelacjach dwucząstkowych były bardzo ciekawe, ale trój- i więcej cząstkowe otworzyły nieograniczone, zaskakujące możliwości i ukazały nowe, paradoksalne zjawiska kwantowe.

► **W czasie ogłaszania laureatów tegorocznej Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki pod-**

**kreślano, że Aspect, Clauser i Zeilinger utorowali drogę do nowych technologii opartych na odkryciach w dziedzinie informacji kwantowej. Czy od teorii przeszliśmy do konkretnych narzędzi, które pozwalają korzystać z odkryć mechaniki kwantowej?**

Oczywiście! Korzystając z udoskonalonych narzędzi i długich serii eksperymentów, Anton Zeilinger zaczął wykorzystywać splątane stany fotonów w prototypowych zastosowaniach teorii informacji kwantowej. Jego grupa badawcza jako pierwsza zrealizowała procedurę nazywaną teleportacją kwantową, czyli przenoszenie stanu kwantowego z jednej cząstki na drugą – odległą. Efekty mechaniki kwantowej zaczynają zatem znajdować bezpośrednie zastosowanie. Obecnie istnieje obszerna dziedzina badań obejmująca teorię i próby eksperymentalne elementarnych konstrukcji komputerów kwantowych, sieci komunikacji kwantowej i bezpieczny kwantowo szyfrowany przekaz informacji.

► **Szyfry nie do złamania?**

Dokładnie! Prekursorem kryptografii kwantowej jest Stephen Wiesner, który wymyślił teorię kwantowych banknotów niemożliwych do podrobienia. Zainspirowani powyższym, Charles H. Bennett i Gilles Brassard w 1984 roku opublikowali pracę o kwantowej kryptografii, opartej na komplementarności Bohra. W 1991 roku, kiedy Anton Zeilinger zaprosił mnie do Innsbrucka jako profesora wizytującego, pojawiła się praca Artura Ekerta, w której rozwinął on idee Bennetta i Brassarda dotyczące także możliwości wykorzystania w kryptografii kwantowej splątania. Celem naszych badań w Innsbrucku było na początku stworzenie teorii eksperymentów pozwalających na la-

boratoryjną obserwację trójcząstkowych korelacji Greenbergera, Horne’a i Zeilingera. Dostępne efektywne źródła splątanych fotonów dają nam tylko emisje dwucząstkowe. Musieliśmy opracować nową metodę, co udało się po dwóch latach, w czasie których podążaliśmy także wieloma błędnymi ścieżkami. Dwadzieścia dziewięć lat temu opublikowaliśmy pracę pokazującą tak zwaną wymianę splątania, pozwalającą splątać kwantowo cząstki pochodzące z dwóch różnych źródeł. Na ostatniej stronie tej pracy wspominamy, że jest to też droga do uzyskania wspomnianych trójcząstkowych korelacji oraz że nasza metoda prawdopodobnie będzie dużym krokiem w kierunku przeprowadzenia ostatecznego eksperymentalnego testu nierówności Bella, który byłby doskonały i nie miałby żadnych wad, no i stwierdziliśmy, że przedstawiona metoda pozwoli przeprowadzić kwantową teleportację pomiędzy fotonami. Ponieważ Anton jako współautor tej pracy i kolejnych ulepszonych wersji tej metody wcześniej niż inni wiedział, „jak to się robi”, uzyskał przewagę w kwestii eksperymentalnej realizacji tych procesów. W rozwoju technologii kwantowych kamieniem milowym była praca Antona i współpracowników w „Nature” raportująca przeprowadzenie pierwszej kwantowej teleportacji, która pokazała nowe możliwości inżynierii kwantowej. Wcześniej, w 1994 roku, amerykański naukowiec Peter Shor opracował pierwszy użyteczny kwantowy algorytm, ukazujący możliwości przyszłych metod obliczeniowych, opartych na teorii kwantowej informacji, który polega na przetwarzaniu stanów kwantowych i pozwala faktoryzować bardzo duże liczby na czynniki pierwsze. Faktoryzacja, czyli działanie oparte na dziele-

niu, które jest o wiele trudniejsze niż mnożenie, jest używana w klasycznych, czyli nie-kwantowych, algorytmach szyfrujących. Teraz ja zadam pani pytanie: Czy liczba 9973 jest liczbą pierwszą?

► **Od razu się przyznaję, że nie mam pojęcia.**

No właśnie, a kwantowy komputer, gdyby istniał, od razu by nam to „powiedział”. Normalnym komputerom zajęłoby to trochę więcej czasu. Ale gdy przejdziemy do naprawdę dużych liczb, to przewaga kwantów wzrasta niesamowicie szybko. Jeżeli powstanie komputer kwantowy, to wszystkie szyfry oparte na faktoryzacji, a zatem część tajemnic, mogą być odszyfrowane.

► **Ale jednocześnie część tajemnic może być bezpiecznie zaszyfrowana.**

Tak, za pomocą kryptografii kwantowej.

► **Czy to bardzo odległa przyszłość?**

Kryptografia kwantowa jest już wykorzystywana, chociaż wciąż w wersjach niedoskonałych, ale komputer kwantowy jest jeszcze w powijakach.

► **Wspomniał pan profesor o kwantowej teleportacji, która laikowi kojarzy się z filmami science fiction...**

Najlepiej to ujął Asher Peres, jeden z autorów pierwszej teoretycznej pracy o teleportacji kwantowej, wspaniała osoba, Niestety już nie żyje. Powiedział, że nie teleportuje się ciała, tylko duszę. Anton dokonał teleportacji pomiędzy fotonami, a nie teleportacji fotonu. Teleportował stan polaryzacji.

► **Opowiada pan z ogromną pasją o fizyce, mechanice kwantowej, inżynierii kwantowej. Czy właśnie z tej pasji narodziło się na Uniwersytecie Gdańskim Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych, którego jest pan szefem?**

Oczywiście, ale nie stało się to od razu. Na początku lat 90. moi koledzy uważali mnie za kogoś w rodzaju bezpiecznego wariata. Kiedy w Insbrucku uzyskałem profesurę, zaczęli zmieniać zdanie i część osób uznała, że badania nad splątaniem mają być może sens. W 1993 roku byłem pierwszym gdańszczaninem, który opublikował jakąkolwiek pracę naukową w prestiżowym „Physical Review Letters”. Okazało się, że można coś osiągnąć w tej dziedzinie. Ryszard Horodecki, wraz ze swoimi dwoma synami, do których dołączył później trzeci, Karol, parę lat później zaczęli w Gdańsku tworzyć fundamentalne prace dotyczące teorii splątania. Również byli na początku pod pręgierzem, i to jakim!, ale ich niesamowity sukces publikacyjny spowodował, że ich wreszcie doceniono. Są czołowymi naukowcami w naszym Centrum, które udało się utworzyć w 2018 roku dzięki wspaniałomyślności Fundacji na rzecz Nauki Polskiej i funduszom Unii Europejskiej. Uzyskałiśmy w ogłoszonym przez FNP konkursie pięcioletni grant o wartości wtedy dziesięciu milionów dolarów na utworzenie międzynarodowego centrum naukowego zajmującego się badaniami kwantowymi. Dziś jest to zespół, który zdobywa kolejne granty.

► **Zakładacie konkretne efekty tych badań?**

Nawet bardzo dużo. Kierownikiem Zespołu Kwantowego Cy-

berbezpieczeństwa, działającego w ramach Centrum, jest mój były doktorant, Marcin Pawłowski, teraz już doktor habilitowany i profesor Uniwersytetu Gdańskiego. Zespół zdobywa nowe granty i opracowuje patenty związane z kryptografią kwantową. Marcin jest współzałożycielem SeQure SpA – firmy produkującej generatory liczb losowych. Jego zespół prowadzi także badania nad technologiami satelitarnymi: oblicza, w jaki sposób należy wykonywać korekcje źródeł splątania, gdy są one zainstalowane na satelicie.

► **Znów brzmi to trochę fantastycznie. Jakie są szanse powodzenia takich badań?**

One już przynoszą owoce. To właśnie wspomniane patenty, start-upy. Zawiązują się konsorcja przemysłowo-biznesowo-naukowe, takie jak polski Klaster Q. Prowadzimy badania nad praktycznymi aspektami rozwoju komunikacyjnych sieci kwantowych i to nawet z partnerami tak odległymi, jak Korea Południowa czy Chile. Ważnym wydarzeniem jest umieszczenie badań kwantowych w dokumencie określającym Politykę Naukową Państwa i to nie w postaci wzmianki, ale z obszernym omówieniem wskazującym, że mają być jednym z priorytetów. Ale dla mnie w tej chwili priorytetem jest zdobycie fraka, który jest niezbędnym strojem gościa oficjalnych uroczystości w Sztokholmie, a to już tuż-tuż, 10 grudnia.

► **Dziękuję za rozmowę.**

**dr Beata Czechowska-Derkacz**  
specjalistka ds. promocji  
badań naukowych  
Instytut Mediów, Dziennikarstwa  
i Komunikacji Społecznej