



**WYKŁAD INAUGURACYJNY
PROF. DR. HAB. KAROLA ŻYCZKOWSKIEGO**

***TYPOWE I ATYPOWE STRUKTURY
W FIZYCE KWANTOWEJ***



prof. dr hab. Karol Życzkowski

Co to jest fizyka? To sztuka obserwowania otaczającego nas świata, wykonywania doświadczeń i wyciągania z nich wniosków, ilościowego opisu obserwowanych zjawisk oraz tworzenia ogólniejszych teorii opisujących poznane fakty. Spytajmy się dziecka, co się stanie, jeśli na boisku kopnie piłkę. Otrzymamy odpowiedź: piłka potoczy się po trawie, a chwilę później się zatrzyma. A jeśli spytamy, co się wydarzy, jeśli dostanie lody śmietankowe w rożku, ale ich nie zje, dowiemy się: lody się stopią. Fizyka umożliwia ilościową analizę takich zjawisk oraz szuka odpowiedzi na dalej idące pytania: jak daleko polecą piłka? Jak szybko lody się stopią?

Fizyka klasyczna pozwala na opis efektów obserwowanych na co dzień w skali makro, z którymi często mamy do czynienia. Przykładowo, podnosząc kostkę do gry na wysokość jednego metra powyżej powierzchni stołu i puszczając ją swobodnie, możemy przewidzieć, że zacznie spadać pod wpływem siły przyciągania ziemi i wyliczyć, że uderzy w stół po około 0,45 sekundy. Dla fizyki decydująca jest obserwacja, że czas spadania kostki w przybliżeniu nie zależy od jej wagi, kształtu i koloru, a także od osoby wykonującej takie doświadczenie czy miejsca jego wykonania¹.

Kluczowym osiągnięciem fizyki klasycznej są równania Newtona: znając siły działające na dane ciało oraz jego początkowe położenie i prędkość, można wypisać równanie ruchu oraz znaleźć jego rozwiązanie, co pozwoli przewidzieć zachowanie układu w przyszłości. Dokładność opisu zależy od czasu, na jaki próbujemy opisać ewolucję, oraz od czułości układu na zmiany warunków początkowych. Czas spadania kostki na stół oszacujemy dość dokładnie, nawet zaniedbując opór powietrza, lecz nie będziemy w stanie przewidzieć, która ścianka kostki znajdzie się na górze, gdy kostka się zatrzyma. Wynik rzutu silnie zależy od warunków początkowych: jak trzymamy kostkę i w jaki sposób ją upuszczamy.

Prawa fizyki klasycznej, dobrze opisujące zjawiska w skali jednego metra, nie nadają się do opisu efektów w skali atomu, którą niełatwo jest sobie wyobrazić: średnica atomu wodoru, wynosząca około 10^{-10} metra, jest tyle razy mniejsza od jednego metra, ile razy jednoosobowe gospodarstwo domowe jest mniejsze od całkowitej liczby ludzi na ziemi, która obecnie nie przekracza 10 miliardów.

¹ Pomijamy nieznaczne zmiany przyciągania ziemskiego zależne od szerokości geograficznej: wartość g , największa na biegunie, a najmniejsza na równiku, jest o 0.4 promila większa w Gdańsku niż w Krakowie...

Aby opisywać układy w skali mikro, rzędu pojedynczego atomu lub jeszcze mniejszej skali cząstek elementarnych, stosujemy reguły mechaniki kwantowej: nie będąc w stanie określić położenia i pędu poszczególnych cząstki, możemy analizować pytania o prawdopodobieństwo, że dana cząstka zostanie zarejestrowana w danym obszarze przestrzeni. Kluczowym pojęciem teorii jest *stan kwantowy*, rozumiany jako matematyczne narzędzie do obliczania prawdopodobieństwa otrzymania danego wyniku pomiaru. Pomiar kwantowy wpływa na stan układu, a wyniki pomiaru dwóch cząstek przygotowanych w ten sam sposób nie muszą być identyczne.

Jeśli podrzucimy w powietrze rzetelną monetę, to oba możliwe zdarzenia są równo prawdopodobne, a klasyczna teoria prawdopodobieństwa opisuje jej stan wektorem $(1/2, 1/2)$. Zdarzenie pewne 'R', jak reszka, przedstawiamy parą liczb $(1, 0)$, a zdarzenie przeciwne, 'O', jak orzeł, oznaczamy $(0, 1)$. O ile leżąca na stole moneta, reprezentująca klasyczny bit (*binary unit*), znajduje się w jednym z dwóch stanów, to jego kwantowy odpowiednik, zwany kubitem (*quantum bit*), może przyjmować całą gamę stanów *superpozycji*. W szczególności, ważną rolę w teorii kwantowej odgrywa stan $|+\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)$, który daje równe prawdopodobieństwa otrzymania obu wyników, lecz można go odwracalnie przekształcić w jedno z dwóch zdarzeń pewnych.



Moneta stojąca na rancie wyobraża stan kwantowej superpozycji

Rzut dwiema rozróżnialnymi monetami da jeden z czterech możliwych wyników: RR, RO, OR, OO. Mechanika kwantowa przewiduje znacznie większy zbiór dozwolonych stanów. Najważniejszym z nich jest *stan Bella*, zapisywany jako $(|00\rangle + |11\rangle)$, czyli superpozycja dwóch stanów dwucząstkowych. Jeśli dwie cząstki przygotujemy w takim stanie kwantowym, to znając wynik pomiaru jednej cząstki, możemy przewidzieć wynik drugiego pomiaru, gdyż będzie on identyczny. Monety z naszej portmonetki nie wykazują takich cech, a takie niecodzienne korelacje wyników charakteryzują kwantowe *stany splątane*. Splątanie kwantowe, rozumiane jako nieklasyczne korelacje wyników pomiarów, znajduje zastosowania w protokołach

kwantowej teleportacji, kwantowej dystrybucji klucza kryptograficznego oraz różnych algorytmach obliczeń kwantowych. Efekty kwantowego splątania nie są sprzeczne z zasadami teorii względności, gdyż nie pozwalają na przekazanie informacji z prędkością nadświetlną.

Pojęcie stanów splątanych do teorii kwantowej wprowadził Erwin Schrödinger już w roku 1932, a pionierski artykuł na ten temat opublikowali Albert Einstein, Boris Podolsky i Nathan Rosen w roku 1935. Fundamentalna praca Johna Bella dotycząca kwantowego splątania oraz nielokalności mechaniki kwantowej ukazała się w roku 1964. Podczas gdy zagadnienie splątania w układach dwucząstkowych zrozumiano już dość dobrze², to wiele problemów dotyczących splątania kwantowego w układach wielocząstkowych pozostaje nadal otwartych.

Kluczowym parametrem opisującym dany układ jest jego wymiar d , równy liczbie stanów rozróżnialnych. Przykładowo, dla jednej monety, dwóch monet, kostki oraz układu dwóch kostek, wymiar d wynosi kolejno 2, 4, 6 oraz 36. Już w tym wieku udowodniono³, że nie istnieje stan kwantowy czterech kubitów, który wykazuje pełne korelacje pomiędzy dowolnie wybranymi parami podukładów. Zagadnienie zmienia się, jeśli zwiększyć wymiar d poszczególnych podukładów.

Opis oryginalnego stanu kwantowego układu czterech podukładów o $d=6$ poziomach każdy, wykazujący niezwykle korelacje pomiędzy wszystkimi podukładami, opublikowano⁴ w roku 2022. Gdyby cztery zwyczajne kości do gry wprowadzić w taki stan kwantowy, to korelacje pomiędzy dowolnie wybranymi podukładami stałyby się maksymalne, a pomiar przeprowadzony na wybranej parze kości pozwoliłby na dokładne określenie wyniku pomiaru pozostałych dwóch kości.

Skonstruowany w postaci analitycznej cztero-cząstkowy stan kwantowy umożliwia realizację nowego protokołu teleportacji kwantowej, generuje nowy kod kwantowej korekcji błędów oraz może być stosowany do testowania prototypów komputerów kwantowych. Pozwala też na rozwiązanie kwantowej wersji kombinatorycznego problemu 36 oficerów Eulera, którego historia liczy już prawie 250 lat.

² I. Bengtsson i K. Życzkowski, *Geometry of Quantum States. Introduction to Quantum Entanglement*, Cambridge University Press, Cambridge 2005, 2017.

³ A. Higuchi, A. Sudbery. *Phys. Lett. A* 273, 213 (2000).

⁴ S. A. Rather, A. Burchardt, W. Bruzda, G. Rajchel-Mieldzioć, A. Lakshminarayan, K. Życzkowski, Thirty-six entangled officers of Euler, *Phys. Rev. Lett.* 128, 080507 (2022).



Rozwiązanie kwantowej wersji problemu 36 oficerów Eulera zawiera w każdym polu kwadratu o boku 6 spletany stan 2 lub 4 kart. Każde pole odpowiada stanowi czterech kości, opisujących kolejno wiersz kwadratu, jego kolumnę, kolor karty i jej wartość.
Fot. Paulina Rajchel-Mieldzioc

Biorąc do ręki 16 kart: po 4 asy, 4 króle, 4 damy oraz 4 walety w czterech kolorach, nietrudno jest ułożyć kwadrat tak, aby w każdej kolumnie i każdym wierszu znajdowała się tylko jedna karta danego koloru i danej wartości. Leonhard Euler zauważył w roku 1779, że takie konfiguracje istnieją też dla 9 i 25 kart, lecz takiego kwadratu nie da się go utworzyć z 36 kart w 6 kolorach o 6 różnych wartościach. Analiza problemu była motywowana względami praktycznymi: przygotowując uroczystą paradę w Petersburgu, planowano optymalnie rozstawić w kwadrat grupę 36 oficerów, po sześciu przedstawicieli różnych szarż, dla każdego z sześciu rodzajów broni. Pierwszy dowód twierdzenia o nieistnieniu takiego desenu kombinatorycznego podał po 121 latach Gaston Tarry w roku 1900. Kwantowy stan układu czterech kości znaleziony 121 lat później przez polsko-hinduski zespół z Krakowa i Chennai stanowi rozwiązanie kwantowej wersji zagadnienia 36 oficerów Eulera, w którym w każdym z 36 pól kwadratu dopuszcza się kwantowe stany spletane, reprezentowane przed konfiguracją kilku kart w jednym polu⁵.

A♠	K♥	Q♦	J♣
Q♣	J♦	A♥	K♠
J♥	Q♠	K♣	A♦
K♦	A♣	J♠	Q♥

Kwadrat Eulera o boku 4: Karty w każdej kolumnie i wierszu mają różną wartość i różny kolor. To rozwiązanie ma szczególną własność: startując z rogów kwadratu można ruchem konika szachowego obejść wszystkie karty danego koloru lub danej wartości.

⁵ G. Rajchel-Mieldzioc, W. Bruzda, A. Burchardt, K. Życzkowski, 36 spletanych oficerów z Petersburga, *Delta* 03/2023.

Z matematycznego punktu widzenia, każdy stan kwantowy można przedstawić w formalizmie operatorów gęstości: dodatnio półokreślonych macierzy hermitowskich o wymiarze d i śladzie jednostkowym. W najprostszym przypadku $d=2$ zbiór wszystkich stanów kwantowych Ω_2 tworzy trójwymiarową kulę Blocha. Dla wyższych wymiarów zbiór Ω_d stanowi zwarty zbiór wypukły zanurzony w przestrzeni rzeczywistej o wymiarze d^2-1 . Za typowy stan kwantowy uznajemy stan wylosowany według jednostajnej miary na całym zbiorze stanów Ω_d .

Przedstawiony stan kwantowy układu czterech cząstek jest nietypowy, gdyż stopień jego splątania jest znacznie większy od wartości odniesienia charakteryzującej typowe stany losowe.

Stany kwantowe o ekstremalnych własnościach i silnym stopniu splątania, leżące na brzegu zbioru Ω , mogą być użyteczne w przetwarzaniu informacji kwantowej, tworzeniu algorytmów kwantowych oraz kodów kwantowej *korekcji błędów*.

Ewolucję układu kwantowego opisujemy, badając, jak macierz gęstości ρ , określające prawdopodobieństwa otrzymania konkretnego zestawu wyników pomiarów, zmienia się w czasie. W wyidealizowanym przypadku układu kwantowego izolowanego od otoczenia, jego ewolucja w czasie, opisana równaniem Heisenberga, można sobie wyobrazić jako sztywny obrót zbioru Ω_d w przestrzeni o wymiarze d^2-1 . W bardziej realistycznym i ogólniejszym przypadku układu oddziaływającego z otoczeniem dynamika staje się nieodwracalna, a zbiór stanów Ω_d podlega kontrakcji.

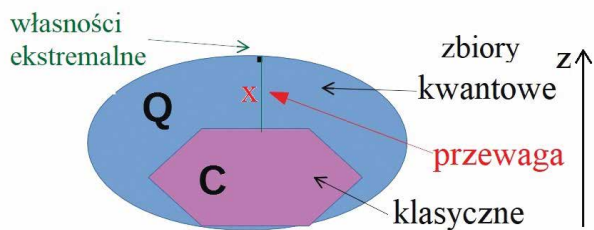
W takim stroboskopowym opisie dynamiki układu porównujemy kolejne klatki filmu i czas odmierzamy w jednostkach dyskretnych, $t=1,2,3,\dots$ W tym przypadku jednostkową ewolucję macierzy gęstości zadaje operacja kwantowa Φ (całkowicie dodatnio odwzorowanie zachowujące ślad macierzy), poprzez relację: $\rho_{t+1} = \Phi(\rho_t)$. Zbiór operacji kwantowych Φ przekształcających zbiór stanów Ω_d w siebie tworzy zbiór wypukły o wymiarze d^4-d^2 . W analogii do prostszego przypadku stanów kwantowych rozważamy operacje typowe, generowane przy wykorzystaniu teorii macierzy losowych⁶, by wykorzystując teorię operatorów, analizować ich widmo oraz zbiór punktów stałych. Uzyskane wyniki służą jako

⁶ R. Kukulski, I. Nechita, Ł. Paweła, Z. Puchała, and K. Życzkowski, Generating random quantum channels, *J. Math. Phys.* 62, 062201 (2021).

punkt odniesienia do badań operacji nietypowych, o bardzo szczególnych własnościach. Jeśli przestrzeń stanów Ω_d potraktować jako scenę, na której rozgrywa się akcja kwantowego algorytmu, to operacje kwantowe Φ odgrywają rolę elementarnych epizodów, z których autor komponuje swą sztukę.

Przetwarzanie informacji kwantowej może być szybsze i bardziej efektywne niż przetwarzanie informacji klasycznej, gdyż zbiór stanów kwantowych, zawierający stany kwantowej superpozycji oraz stany splątane, jest znacznie większy niż zbiór stanów klasycznych. Analogicznie zbiór przekształceń stanów klasycznych stanowi jedynie mały fragment znacznie większego zbioru operacji kwantowych. Innymi słowy, autor sztuki pisanej wedle reguł mechaniki kwantowej ma do dyspozycji obszerniejszą scenę i więcej możliwości rozwijania akcji dramatu, niż jego kolega tworzący algorytm klasyczny.

Jednakże praktyczna realizacja algorytmów kwantowych nie jest prosta: o ile obliczenia klasyczne wykonywane są deterministycznie i wykonywane poprawnie dadzą poszukiwany rezultat, to obliczenia kwantowe pozwolą uzyskać oczekiwany wynik jedynie z określonym prawdopodobieństwem, więc schemat obliczeniowy trzeba powtarzać. Nieuniknione oddziaływanie procesora kwantowego z otoczeniem powoduje błędy w obliczeniach oraz zanik kwantowych własności układu i jego przejście do stanu klasycznego. Taki efekt, zwany dekoherencją układu, zachodzi stosunkowo szybko. Aktualnie opracowane realizacje doświadczalne procesorów kwantowych umożliwiają wykonanie jedynie kilkudziesięciu operacji na kilkudziesięciu kubitach, co nie pozwoli jeszcze na skomplikowane rachunki...



Zbiór stanów klasycznych C jest zawarty w zbiorze Q stanów kwantowych. Ten sam szkic przedstawia także klasyczne i kwantowe operacje oraz korelacje, a także algorytmy oraz technologie. Oś z wyznacza wybraną funkcję celu, a odległość x ilustruje 'Quantum advantage'.

Dziś jeszcze nie wiemy, czy i kiedy zostanie przekroczony magiczny próg *kwantowej przewagi obliczeniowej*, kiedy to komputer kwantowy rozwiąże konkretne pożyteczne zadanie obliczeniowe szybciej, niż to potrafią najlepsze komputery klasyczne. Natomiast teoria informacji kwantowej, stanowiąca pomost pomiędzy fizyką teoretyczną i doświadczalną, informatyką oraz wieloma działami matematyki, jest szybko rozwijającą się dziedziną nauki o coraz większym znaczeniu praktycznym.



**Advanced
Grant**

W czerwcu 2024 European Research Council postanowił przyznać ERC Advanced Grant TAtypic na realizację projektu autora zatytułowanego *Typical and Atypical structures in quantum theory*⁷.

Projekt badawczy zaplanowany na okres 5 lat będzie wykonywany w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Jego głównym celem będzie zbadanie własności typowych stanów i operacji kwantowych, a także identyfikacja wyróżnionych struktur o ekstremalnych własnościach, przydatnych do przetwarzania informacji kwantowej oraz tworzenia nowych technologii kwantowych.

Uczestnicząc w pracach panelu ERC Advanced w roku 2008, nabrałem pewności, że mój start w takim konkursie nie miałby wtedy sensu, gdyż łatwo było wskazać w Europie liczną grupę osób o niewspółmiernie większych osiągnięciach w fizyce teoretycznej. W ciągu minionych 15 lat udało mi się jednak uzyskać nowe wyniki i zwiększyć ich rozpoznawalność także poza moją wąską dziedziną wiedzy. Po przeglądnięciu list laureatów konkursu ERC Advanced w fizyce za ostatnie 5 lat i porównaniu ich dokonań z moimi, zdecydowałem się na start w konkursie jesienią 2022.

Merytoryczny opis projektu przygotowywałem przez prawie pięć miesięcy wiosną 2023, wykonując jednocześnie inne zadania badawcze i pracę dydaktyczną. Rozpoczynając przygotowania, miałem już dobre pojęcie, jak wniosek o grant ERC **nie powinien** wyglądać, więc kilkakrotnie szlifowałem jego część naukową, precyzując sformułowania celu projektu, stopniowo dodając referencje oraz ulepszając diagramy i rysunki. Dzięki temu mogłem dobrze wykorzystać całość limitów objętości obu części wniosku: krótkiego opisu A (ocenianego w pierwszym

⁷ Tytuł zainspirowany działalnością *Fundacji ATYPOWA* wspierającej osoby w spektrum autyzmu.



etapie konkursu). Finansowo-administracyjną część wniosku pomagał przygotować pan Sebastian Bąk z *Centrum Wsparcia Nauki UJ*. Dzięki jego kompetentnym wskazówkom i radom udało się nam wspólnie dość szybko uzupełnić budżet projektu oraz przygotować niezbędne dokumenty i oświadczenia. Pierwszym sukcesem wniosku złożonego w maju 2023 była wiadomość, że wniosek jest prawidłowy pod względem formalnym i będzie rozpatrywany.

W listopadzie 2023 uzyskałem z ERC informacje, że mój wniosek został zakwalifikowany do II etapu konkursu. Wcześniejsze doświadczenia z pracy w panelu ERC były pomocne, choć od tego czasu skład panelu zmienił się już kilkakrotnie, a reguły konkursu w panelu *Advanced* także uległy modyfikacji: teraz czekał mnie interview online, który przed epidemią przeprowadzano w siedzibie ERC w Brukseli wyłącznie z kandydatami do grantów *Starting* i *Consolidators*, dla kandydatów w okresie odpowiednio od 2 do 7 lat oraz od 7 do 12 lat po doktoracie.

Termin prezentacji wyznaczono na połowę lutego, więc miałem ponad 2 miesiące, aby się do niej przygotować. Zdalne spotkanie z panelem zebrany w siedzibie ERC rozpoczynałem prezentacją projektu, na którą przeznaczono 10 minut. Przygotowałem 10 slajdów i wielokrotnie powtarzałem swe wystąpienie z pomiarem czasu, więc nie miałem problemu ze zmieszczeniem się w limicie. O ile ta część przesłuchania poszła mi sprawnie, wkrótce okazało się, że za mało uwagi poświęciłem przygotowaniu odpowiedzi na zadawane pytania. Część z nich była standardowa, przykładowo: jakie są główne cele projektu? Czym proponowane metodologia różni się od tej, wykorzystywanej w innych grupach badawczych pracujących nad podobnymi problemami? Skoro część postawionych problemów badawczych jest znana od dawna, jakie mam przesłanki sugerujące, że uda mi się osiągnąć wyniki nie uzyskane do tej pory? Jakiego rodzaju ryzyko może pojawić się podczas realizacji projektu i jakie są środki zaradcze lub awaryjny plan działań? Ale druga część zadanych pytań dotyczyła konkretnych szczegółów projektu i świadczyła o wysokiej kompetencji pytających.

Po zakończonym interview miałem wyraźnie odczucie niedosytu, gdyż szybko zorientowałem się, ile ważnych argumentów nie udało mi się przedstawić w dyskusji. Wspominając drugi etap konkursu, widzę,

że gdybym miał raz jeszcze przygotowywać się do takiego spotkania online, spisałbym na kartce 2–3 hasła dotyczące każdego z 5–8 standardowych pytań. W taki sposób można ułatwić sobie krótką, konkretną i uporządkowaną wypowiedź oraz zmniejszyć ryzyko przeoczenia kluczowych argumentów. A przed rozmową z panelem ERC warto przetrenować wystąpienie przed grupą kompetentnych kolegów imitujących grono członków panelu. Sam nie korzystałem z takiej możliwości, co nie było jednak dobrą decyzją.

Co można uczynić, aby w Polsce, a zwłaszcza na Uniwersytecie Jagiellońskim, realizowano więcej grantów ERC? Na [witrynie ERC](#) znajdziemy stwierdzenie, że w grantach *Advanced: the Principal Investigators should be exceptional leaders in terms of originality and significance of their research contributions*. Choć sam nie użyłbym tych określeń przy opisie własnych dokonań, jednak potencjalny kandydat na autora wniosku musi uczciwie rozważyć, czy takie epitety w ogóle mogą się fachowym recenzentom skojarzyć w kontekście jego dorobku. Podobnie ostre kryteria stosuje się przy ocenie wniosków o granty *Starting* i *Consolidators*. W każdym konkursie ERC szanse na sukces będą miały wyłącznie wnioski kandydatów, których dotychczasowe wyniki naukowe wyróżniają się w danej grupie wiekowej.

Nawet genialne pomysły oraz świetnie przygotowany wniosek o grant ERC nie przejdzie do drugiego etapu konkursu, jeśli wnioskodawca nie będzie miał odpowiednio mocnego CV, a rezultaty jego wcześniejszych prac nie będą już rozpoznawalne i doceniane w środowisku. Z drugiej strony liczba wybitnych uczonych corocznie startujących w konkursie jest duża, a więc bardzo mocne CV bez oryginalnego i starannie przygotowanego wniosku nie zapewni powodzenia. W danej dziedzinie wiedzy w różnych poziomach wiekowych (*Starting, Consolidators, Advanced*), finansowanych jest nie więcej niż kilkanaście projektów, co uzmysławia nam stopień konkurencyjności każdego konkursu.

Na oryginalnym bumerangu, ręcznie wykonanym przez australijskich aborygenów, znaleźć można nalepkę z napisem: *Returns, if correctly thrown*. Trawestując tę krótką instrukcję, możemy zmierzyć się z istotnym pytaniem:

– Kto powinien startować w konkursie o granty ERC?



Reguła bumerangu:
Obiekt powraca, jeśli jest poprawnie rzucony.

Wedle proponowanej tu *reguły bumerangu* odpowiedź brzmi: każdy pracownik UJ, jeśli jego wkład w daną dziedzinę wiedzy jest konkurencyjny w skali Europy na poziomie danego konkursu.

Wbrew pozorom, sprawdzenie tak mgliście podanego kryterium nie jest trudne. Każdy autor wniosku o grant ERC Advanced przygotowuje naukowe CV o objętości 2 stron oraz wybiera swoich 10 najważniejszych publikacji, aby je opisać na kolejnych 2 stronach. Moim zdaniem wystarczy, aby wszyscy pracownicy naukowcy naszego Uniwersytetu raz na dwa lata stawiali sobie pytanie, jaki jest ich wkład w uprawianą dziedzinę wiedzy oraz przygotowywali w języku angielskim CV i opis swych najważniejszych osiągnięć naukowych o objętości 2+2=4 stron, zgodnie z wytycznymi konkursu ERC – patrz przykłady [autora \(Advanced\)](#), [Dawida Pinkowicza](#) i [Michała Drahusa](#) (*Consolidator*) oraz [Szymona Chorążego](#) (*Starting*). Test wykonywany samodzielnie przez każdego pracownika uczelni będzie polegać na znalezieniu w witrynie internetowej listy laureatów konkursu ERC z danej dziedziny w odpowiedniej kategorii wiekowej oraz porównanie własnych dokonań z osiągnięciami laureatów. Po upływie każdego okresu dwóch lat, takie próbne załączniki należy aktualizować, aby móc regularnie porównywać je z osiągnięciami laureatów kolejnych edycji konkursu. Dopiero w przypadku pozytywnego wyniku testu ERC warto rozpoczynać przygotowania przekonującej koncepcji nowatorskiego projektu badawczego.



Uniwersytet Jagielloński ma możliwości, aby swych pracowników naukowych zachęcać do samodzielnego przeprowadzania takich testów i porównań. Ponadto władze uczelni powinny identyfikować uczonych, którzy wnieśli istotny wkład do nauki światowej i mogą być postrzegani jako europejscy liderzy w swych dziedzinach. Takich kandydatów, których dorobek naukowy da się porównać z osiągnięciami zdobywców grantów ERC w danej kategorii, należy motywować do udziału w konkursie, a następnie wspierać tych, którzy realnie oceniając swoje szanse, zdecydują się na start. Ważną zachętą może być niższa pensum dydaktycznego podczas semestru pracy nad wnioskiem oraz daleko idąca pomoc w opracowaniu budżetu projektu. Trzeba też docenić konkretną pomoc UJ w realizacji grantów ERC oraz zatrudnianie managera projektu w ramach działań Centrum Wsparcia Nauki.

Przygotowując część merytoryczną, warto korzystać z doświadczeń coraz liczniejszej grupy polskich laureatów konkursów ERC różnych kategorii. W Polsce działa dobrze Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, który organizuje *ERC Mentoring Initiative* i ułatwia starty polskich uczonych w tych konkursach. Z drugiej strony, dziękując Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wsparcie udzielane polskim uczestnikom II etapu konkursów ERC, trzeba dodać, że nie jest ono jeszcze dobrze zorganizowane. Po otrzymaniu wiadomości, że awansowałem do tego etapu konkursu, otrzymałem informację, że w związku z tym mogę startować w konkursie *Granty na Granty*. Pomysł utworzenia takiego schematu dofinansowania dla uczonych, którzy osiągnęli już pewien sukces, jest bezwzględnie słuszny. Jednakże jego realizacja, uwarunkowana przepisami wykonawczymi, jest suboptymalna.



Wniosek należy składać w terminie 60 dni od dnia otrzymania zaproszenia do II etapu konkursu ERC. Zamiast koncentrować się na dobrym przygotowaniu do następnego etapu konkursu, „wyróżniony badacz” zachęcany jest do przygotowania w tym czasie kolejnego wniosku i wypełniania mało pasjonujących tabel z kosztorysem, a rozliczać



może jedynie *koszty związane z opracowaniem wniosku projektowego, poniesione w okresie 12 miesięcy przed jego złożeniem.*

Aby projekt „Granty na Granty” mógł skłaniać dobrych uczonych do startu w konkursach ERC, jego zasady należy istotnie uprościć. Grant powinien być przyznany przez Ministerstwo (za pośrednictwem Rektora / Dyrektora Instytutu) dla **każdego uczestnika II etapu** konkursu ERC, bez konieczności wypełniania przez badacza żadnych formularzy oraz przygotowywania wniosków i kosztorysów. Wystarczyłby jedynie list z Ministerstwa do autora wniosku z gratulacjami udziału w II etapie konkursu ERC z jednoczesną informacją o przyznaniu dofinansowania w ustalonej wysokości do wykorzystania w ciągu następnych dwóch lat. Taka decyzja może zachęcić autora wniosku do ponownego startu w kolejnej edycji konkursu.



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**

W moim przekonaniu – osoby startującej w II etapie konkursu ERC w lutym 2024 – proponowana zmiana reguł funkcjonowania systemu **Granty na Granty** zoptymalizuje sposób wykorzystania środków finansowych przyznawanych przez **Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego** i bez żadnych dodatkowych nakładów zwiększy docelowo szanse na końcowy sukces polskich wniosków o granty europejskie.

A sukces polskich uczonych w konkursie o granty ERC każdej kategorii jest możliwy!

Karol Życzkowski
Instytut Fizyki Teoretycznej
Wydział Fizyki, Astronomii
i Informatyki Stosowanej UJ