



## Setna rocznica urodzin Ettore Majorany

*Krzysztof Fiałkowski*

*Instytut Fizyki UJ*

Ettore Majorana urodził się 5 sierpnia 1906 roku. Najprawdopodobniej poza jego ojczyzną, Włochami, setna rocznica tego wydarzenia przejdzie bez echa. Nie jest to zresztą jedyna związana z fizyką „okrągła” rocznica przypadająca w tym roku: 1906 rok to także data urodzin laureatów Nagrody Nobla, Marii Goepfert-Mayer i Shin’Ichiro Tomonagi, oraz data śmierci Ludwiga Boltzmana i Piotra Curie; 300 lat temu urodził się Benjamin Franklin, a 150 lat temu Nikola Tesla. Przed 50 laty zmarli Frederick Soddy i Irena Joliot-Curie, a przed 200 laty Charles Coulomb. Czemu więc wyróżniać człowieka, który nie był laureatem Nagrody Nobla i którego nazwisko zapewne niewiele mówi nawet wielu polskim fizykom, bo przecież nie znalazło się w tysiącstronicowej „Encyklopedii Fizyki Współczesnej” PWN z 1983 roku? Także sześciotomowa „Nowa Encyklopedia Powszechna” PWN z 1996 roku nie wspomina o Majoranie; króciutka (180 znaków!) notka o nim znalazła się dopiero w Suplemencie z 1999 roku, a wydanie z 2004 roku zawiera notkę wprawdzie obszerniejszą, ale usianą błędami.

A przecież to Majoranie po śmierci (lub zaginięciu?) w 1938 roku jeden z największych fizyków XX wieku, laureat Nagrody Nobla z tegoż roku Enrico Fermi, poświęcił następujące słowa zapisane przez jego rozmówcę, fizyka Giuseppe Cocconiego:

„...na świecie są różne kategorie uczonych; ludzie drugiej i trzeciej kategorii, którzy robią, co mogą, ale nie osiągają zbyt wiele. Są także ludzie pierwszej kategorii, którzy dokonują odkryć o wielkim znaczeniu, fundamentalnym dla rozwoju nauki. A oprócz tego są geniusze jak Galileusz i Newton. Otóż Ettore był jednym z nich.”

Przyjmijmy więc, że autorytet Fermiego usprawiedliwia poświęcenie kilku stron rocznicy urodzin Majorany. Jego życie choć krótkie, budziło wielkie zainteresowanie i poświęcono mu wiele książek. Polski czytelnik mógł poznać tylko przetłumaczony i wydany w 1985 roku esej Leonardo Sciascii „Zniknięcie Majorany”<sup>1</sup>. Nie pokazano nam niestety nigdy filmu nakręconego w RFN na jego podstawie, nie wystawiano poświęconych Majoranie sztuk teatralnych, nie przetłumaczono też na język polski znacznie obszerniejszej książki napisanej przez fizyka Ernesto Recamię<sup>2</sup>. Nieliczne wzmianki o Majoranie zawiera książka Laury

<sup>1</sup> Leonardo Sciascia, *Zniknięcie Majorany*, PAX 1985, przekład K. Fekecz.

<sup>2</sup> Ernesto Recami, *Il caso Majorana*, Arnoldo Mondadori 1987.

Fermi<sup>3</sup> (niestety nie wznawiana w Polsce od 45 lat), a 17 lat temu *Postępy Fizyki* opublikowały krótką notę biograficzno-naukową poświęconą Majoranie<sup>4</sup>.

Życie i drogę naukową Ettore Majorany możemy odtworzyć na podstawie artykułu Edoardo Amaldiego<sup>5</sup>, kolegi Majorany z Rzymu i autora wielu tekstów poświęconych jego pamięci, a także książek Recamiego i Sciascii. Majorana urodził się w Catanii w znanej rodzinie sycylijskiej, która zgodnie z legendą rodzinną miała się wywodzić od cesarza rzymskiego z V wieku, Juliusza Waleriusza Majorianusa. Od XVII wieku wielu członków rodziny Majorany zapisało się w historii jako wybitni politycy, urzędnicy, uczeni i artyści. Jego ojciec Fabio był inżynierem, którego kariera doprowadziła do wysokiego stanowiska w ministerstwie komunikacji, a stryj Quirino profesorem fizyki na Uniwersytecie w Bolonii. Jeden z braci Majorany został doktorem praw, zajmującym się też filozofią, drugi inżynierem aeronautyki specjalizującym się w przyrządach optycznych, a najmłodsza siostra po ukończeniu studiów muzycznych była nauczycielką gry na fortepianie.



Majorana pierwotnie pobierał nauki w domu, po przeniesieniu się rodziny do Rzymu uczęszczał do gimnazjum jezuitów, „przeskakując” jedną klasę, po czym ukończył gimnazjum klasyczne. Po zdaniu matury w 1923 roku rozpoczął studia inżynieryjne w Rzymie. Studiował wspólnie z bratem Luciano, Enrico Volterrà (synem sławnego matematyka) i Emilio Segre. Pod koniec 1928 roku zdecydował się przejść na Wydział Fizyki w okolicznościach, które wiele mówią o jego zdolnościach i charakterze.

Kolega Majorany ze studiów, Emilio Segre (nagrodzony później w 1959 roku Nagrodą Nobla jako współodkrywcę antyprotonu), zdecydował się już kilka miesięcy wcześniej na podobny krok i przekonywał Majoranę, że studia fizyczne są bardziej zgodne z jego zainteresowaniami. Równocześnie wspominał Fermiemu o wyjątkowych zdolnościach Majorany. Gdy ten przyszedł w końcu do gabinetu Fermiego, rozmowa natychmiast zeszła na badania prowadzone wówczas przez Fermiego nad modelem, znanym dziś jako model Thomasa-Fermiego. W modelu tym należało rozwiązać w przybliżeniu nieliniowe równanie różniczkowe, aby obliczyć parametry tzw. uniwersalnego potencjału Fermiego. Majorana wysłuchał uważnie, zapytał o dodatkowe szczegóły, po czym wyszedł.

<sup>3</sup> Laura Fermi, *Atomy w naszym domu*, PWN 1961, tłum. M. Nowakowska-Hurwic.

<sup>4</sup> Andrzej Icha, *Życie i działalność naukowa Ettore Majorany (1906–1938)*, *Postępy Fizyki* 41 (1989) 181.

<sup>5</sup> Edoardo Amaldi, *Ettore Majorana: una breve biografia*, *Giornale di Fisica* 9 (1968) 300.

Nazajutrz wrócił i poprosił Fermiego o tabelę z wartościami parametrów. Następnie porównał ją z wyciągniętą z kieszeni kartką, na której zapisał wartości obliczone przez siebie w ciągu kilkunastu godzin. Ponieważ wyniki były zgodne, Majorana stwierdził, że tabela Fermiego jest dobra i wyszedł, a po kilku dniach przeniósł się na fizykę i zaczął regularnie odwiedzać Instytut Fizyki. A więc nie Fermi egzaminował Majoranę, ale Majorana sprawdził, czy jego przyszły szef jest dostatecznie dobrym fizykiem!

Już pierwsze miesiące studiów fizyki przyniosły Majoranie głęboki szacunek nowych kolegów, skupionych wokół Fermiego sławnych „chłopców z ulicy Panisperna”, jak Franco Rasetti, Edoardo Amaldi, Giovanni Gentile jr. lub Bruno Pontecorvo. Dzięki krytycznemu umysłowi i wyjątkowej dociekliwości zyskał przezwisko „wielkiego inkwizytora”, bardzo właściwe, skoro Fermiego nazywano „papieżem”<sup>3</sup>. Podziwiano też niezwykle zdolności rachunkowe Majorany. Potrafił on wykonać w pamięci obliczenia skomplikowanych całek oznaczonych i podać wyniki szybciej, niż Fermi i inni koledzy używający tablicy, czy nawet suwaków logarytmicznych.

6 lipca 1929 Majorana uzyskał dyplom na podstawie pracy wykonanej pod opieką Fermiego (dotyczącej rozpadów alfa jąder radioaktywnych). Uzyskał za nią najwyższą możliwą ocenę i dyplom z wyróżnieniem. Po egzaminach odwiedzał nadal regularnie Instytut Fizyki, a zwłaszcza bibliotekę, gdzie studiował prace Diraca, Heisenberga, Pauliego, Weyla i Wignera.

W kolejnych latach opublikował pięć prac z fizyki atomowej, rozwiązując kilka ważnych problemów dotyczących spektroskopii atomowej i opisu kwantowego cząsteczek chemicznych. Na podstawie tych prac 12 listopada 1932 roku Majorana uzyskał „prawa nauczania” fizyki teoretycznej, gdy trzyosobowa komisja pod kierunkiem Fermiego jednomyślnie uznała jego wysokie kompetencje. Od roku 1931 stał się znaną postacią w świecie fizyków i zapraszano go wielokrotnie do odwiedzenia innych ośrodków w Rosji, USA (Yale) i Anglii (Cambridge), jednak wszystkie zaproszenia odrzucał.

Kolejna praca<sup>6</sup> Majorany dotyczyła opisu spinu w zmiennym polu magnetycznym. Można ją uważać za prekursorską dla wielu przyszłych metod badawczych: związanych z optyką atomową (tzw. efekt Majorany-Brossela), a nawet z magnetycznym rezonansem jądrowym. Następnie Majorana (podobnie jak większość współpracowników Fermiego) powrócił do fizyki jądrowej. Miało to związek z odkryciem neutronu.

Z końcem stycznia 1932 roku do biblioteki rzymskiego Instytutu Fizyki dotarł numer „Comptes Rendus” z pracą małżonków Joliot-Curie dotyczącą promienionowania wysyłanego przez jądra berylu nasświetlone wiązką cząstek alfa. Autorzy

---

<sup>6</sup> E. Majorana, *Atomi orientati in campo magnetico variabile*, Nuovo Cimento 9 (1932) 43.

przypuszczali, że są to promienie gamma o energii kilku megaelektronowoltów, a ich oddziaływanie z protonami określali jako „efekt Comptona na protonach”. Jak pisze Amaldi, Majorana natychmiast po przeczytaniu pracy stwierdził: „nic nie zrozumieli, prawdopodobnie zaobserwowali protony odrzutu wyprodukowane przez ciężką cząstkę neutralną”. Według innej wersji miał się wyrazić znacznie mniej dyplomatycznie: „A cóż to za idioci, odkryli neutralny proton i nawet tego nie zauważyli!”. W kilka dni później do Rzymu dotarł numer „Nature” z artykułem Chadwicka, opisującym poprawioną wersję doświadczenia Joliot-Curie i dowodzącym, że istotnie w reakcji z berylem powstają ciężkie cząstki neutralne – neutrony. Za odkrycie to Chadwick już po trzech latach otrzymał nagrodę Nobla.

Po publikacji Chadwicka wielu fizyków zrozumiało, że neutrony mogą być składnikami jądra i zaczęło rozważać modele jąder, w których jednak z reguły miały znajdować się także cząstki alfa i elektrony. Prawdopodobnie pierwszym, który opublikował model jądra jako układu wyłącznie protonów i neutronów, był rosyjski fizyk Dmitrij D. Iwanienko. Ale według relacji Amaldiego, Majorana już przed Wielkanocą 1932 roku stworzył teorię, w której neutrony i protony tworzyły jądro oddziałując siłami wymiany, a ich strukturę spinową wyznaczał fakt, że cząstki alfa były układami silniej związanymi niż deuterony. W stosownych wzorach należało więc zamieniać jedynie współrzędne cząstek, ale nie ich spiny.

Fermi usiłował namówić Majoranę do opublikowania tej teorii, ale Majorana kategorycznie odmówił, uznając swoje wyniki za niekompletne. Fermi wyjeżdżał właśnie do Paryża na konferencję poświęconą elektryczności i zamierzał omówić tam także pewne zjawiska jądrowe, poprosił więc Majoranę o zgodę na przedstawienie jego idei sił jądrowych. Majorana zabronił jednak wymieniania swojego nazwiska i zgodził się na wzmiankę o swojej teorii tylko pod warunkiem, że Fermi przypisze ją pewnemu profesorowi elektrotechniki, który miał być obecny w Paryżu, a którego Majorana, wedle Amaldiego „uważał za żywy przykład, jak nie należy prowadzić badań naukowych” (mniej dyplomatyczna wersja mówi, że tak Majorana, jak i Fermi, uważali go za skończonego idiotę). Fermi wygłosił ostatecznie 7 lipca w Paryżu referat zatytułowany „Aktualny stan fizyki jądra atomowego”, używając pojęcia sił jądrowych, ale nie precyzując tej ich formy, którą następnie nazwano „siłami Majorany”.

19 lipca ukazał się zeszyt „Zeitschrift für Physik” z pierwszą pracą Heisenberga dotyczącą sił wymiany, zwanych potem siłami Heisenberga, w których uwzględniano zamianę i współrzędnych, i spinów cząstek. Praca ta wzbudziła powszechny podziw jako pierwsza próba opisu oddziaływań jądrowych, niedoskonała i niekompletna, ale stwarzająca nadzieję rozwiązania problemu uważanego dotąd za nierozwiązalny. W Rzymie publikacja pracy Heisenberga wzbudziła także uznanie, ale i żal do Majorany, który nie tylko nie opublikował swoich wcześniejszych wyników, ale i nie pozwolił Fermiemu na pełną ich prezentację i ujawnienie autorstwa. Nadal jednak wszelkie naciski Fermiego i innych kolegów nie skłoniły

Majorany do zmiany zdania. Majorana oświadczył, że „Heisenberg napisał wszystko, co można było powiedzieć, a nawet prawdopodobnie powiedział za dużo”. Przypomnijmy, że w tym samym roku Heisenberg otrzymał nagrodę Nobla za sformułowanie relacji nieoznaczoności!

Ostatecznie Fermi przekonał Majoranę, aby pojechał do Heisenberga do Lipska, a potem do Kopenhagi. Fermi uzyskał na ten cel pieniądze z Narodowej Rady Badań Naukowych, choć podanie Majorany o przyznanie funduszy nie zawierało żadnych informacji o prowadzonych przez niego badaniach. Pobyt za granicą, zaplanowany na pół roku, miał rozpocząć się z końcem stycznia 1933 roku.

Niechęć Majorany do upubliczniania wyników swoich badań objawiła się zresztą nie tylko przy okazji opisu sił jądrowych. Amaldi wspomina, że Majorana w rozmowie z kolegami napomknął kiedyś, że poprzedniego wieczora wykonał obliczenia dotyczące zjawiska, które kilka dni wcześniej przyciągnęło ich uwagę. Następnie wyciągnął z kieszeni paczkę papierosów, na której maleńkimi, ale czytelnymi literami wypisał główne wzory teorii i numeryczne wyniki obliczeń. Po przepisaniu na tablicy wyników niezbędnych do wyjaśnienia problemu wypalił ostatniego papierosa z paczki, po czym zmiął ją i wyrzucił do kosza.

Przed wyjazdem Majorana opublikował pracę dotyczącą relatywistycznego opisu cząstek o dowolnym spinie<sup>7</sup>. Dopiero po ponad trzydziestu latach pracę tę przetłumaczono na język angielski i zaczęto cytować w literaturze światowej jako prekursorską<sup>8</sup>.

W Lipsku Majorana spotkał się z grupą znakomitych fizyków. Oprócz Heisenberga pracowali tam Bloch, Hund i Peierls, a z gości znany już Majoranie z Rzymu Feenberg, Inglis i Uhlenbeck. Feenberg opowiadał o seminarium, podczas którego Heisenberg mówiąc o wynikach Majorany wspominał, że ich autor jest na sali i zaprosił go do uzupełnienia prezentacji, jednak Majorana nie zgodził się wystąpić publicznie. Dał się natomiast przekonać Heisenbergowi, z którym chętnie spacerował i dyskutował, do opublikowania swoich wyników dotyczących oddziaływań jądrowych<sup>9</sup>. Praca ta stanowiła znaczne ulepszenie teorii Heisenberga i rysowała jasne perspektywy dalszego rozwoju teorii jądra.

W Kopenhadze przebywali w tym czasie Niels Bohr, Møller, Rosenfeld i wielu innych wybitnych fizyków. Jednak Majorana nie nawiązał tam z nikim kontaktu; widywano go jedynie w towarzystwie znanego mu wcześniej z Rzymu czeskiego fizyka Georga Placzka. Nie opublikował podczas tego pobytu żadnej pracy, a po powrocie do Włoch coraz rzadziej pokazywał się w Instytucie Fizyki. W tym

<sup>7</sup> E. Majorana, *Teoria relativistica di particelle con momento intrinseco arbitrario*, Nuovo Cimento 9 (1932) 335.

<sup>8</sup> D.M. Fradkin, *Comments on a Paper by Majorana Concerning Elementary Particles*, American Journal of Physics 34 (1966) 314.

<sup>9</sup> E. Majorana, *Über die Kerntheorie*, Zeitschrift für Physik 82 (1933) 137.

okresie, jak się zdaje, zajmował się w mniejszym stopniu fizyką, a w większym filozofią, ekonomią polityczną i medycyną. Zapewne w tym czasie powstał manuskrypt rozprawy o wartościach praw statystyki w fizyce i naukach społecznych, który już po zniknięciu Majorany znalazł w jego papierach brat Luciano, a kolega Majorany, Giovanni Gentile, oddał do publikacji<sup>10</sup>.

W 1936 roku Majorana niemal nie wychodził już z domu. W następnym roku pojawił się jednak znów w Instytucie Fizyki, publikując w „Nuovo Cimento” ostatnią już swoją pracę o „symetrycznej teorii elektronu i pozytonu”<sup>11</sup> i zgłaszając swoją kandydaturę w konkursie na trzy stanowiska profesorów. Ostatecznie ministerstwo już przed rozstrzygnięciem tego konkursu (który przyniósł katedry trzem uczniom Fermiego: w Palermo Gian Carlo Wickowi, w Pizie Giulio Racah, a w Mediolanie Giovanni Gentilemu) przyznało Majoranie „na podstawie oczywistych zasług” stanowisko profesora na uniwersytecie w Neapolu, które miał objąć z początkiem roku 1938.

Ostatnia praca Majorany (prawdopodobnie napisana znacznie wcześniej, w 1932 lub 1933 roku) miała za punkt wyjścia obserwację, że równanie Diraca jest całkowicie symetryczne względem znaku ładunku, ale symetria ta jest łamana przez założenie, że próżnia jest stanem fizycznym, w którym wszystkie możliwe stany elektronu o energii ujemnej są zajęte, a wszystkie stany o energii dodatniej puste. Wzbudzenie elektronu ze stanu o energii ujemnej do stanu o energii dodatniej zostawia „dziurę” wśród stanów o energii ujemnej. Dziurę tę można zinterpretować jako stan antycząstki elektronu-pozytonu – o energii dodatniej. Nasz świat nie jest symetryczny: materia zawiera elektrony, a nie pozytony. Rozważanie możliwości przywrócenia symetrii doprowadziło Majoranę do stworzenia teorii cząstek neutralnych, które byłyby identyczne ze swoimi antycząstkami. Teoria ta przechodziła różne koleje losu: po serii doświadczeń lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych dwudziestego wieku wydawała się być ostatecznie odrzucona jako możliwa teoria neutrin z powodu pozornej niezgodności z danymi, ale dziś ponownie stanowi bardzo poważną konkurencję dla stosowanego opisu neutrina jako cząstki Diraca. Prowadzone są doświadczenia poszukujące tzw. podwójnego bezneutrinowego rozpadu  $\beta$ . Jego odkrycie udowodniłoby ostatecznie, że neutrina są „cząstkami Majorany”. Ostatecznych wyników oczekujemy za kilka lat.

Podczas pobytu w Neapolu Majorana zaprzyjaźnił się z dyrektorem Instytutu Fizyki, Antonio Carrellim, ale prowadził życie samotnika mieszkając w hotelu i wychodząc z niego jedynie na starannie przygotowywane wykłady i długie samotne spacerowanie. W dniu 26 marca Carrelli otrzymał telegram z Palermo, w którym ze

---

<sup>10</sup> E. Majorana, *Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali*, *Scientia* 36 (1942) 55.

<sup>11</sup> E. Majorana, *Teoria simmetrica dell' elettrone e del positrone*, *Nuovo Cimento* 14 (1937) 171.

zdumieniem przeczytał polecenie Majorany, aby nie traktował poważnie listu, który wkrótce otrzyma. Jak się okazało, był to list zapowiadający samobójstwo. Podobny list do rodziny zostawił Majorana w hotelu. Jednak wbrew treści telegramu i drugiego listu wysłanego z Palermo<sup>12</sup>, Majorana nie wrócił do Instytutu w Neapolu, choć jego bilet na statek został wykorzystany – nie jest pewne, czy przez Majoranę, czy też przez kogoś innego. Mimo długich poszukiwań, nigdy nie odnaleziono go ani żywego, ani martwego.

Co stało się z Majoraną? Czy rację miał Sciascia, przypisując niechęć Majorany do publikacji wyników badań, dziwne zachowanie w ostatnich latach życia i ostateczne zniknięcie (samobójstwo lub ukrycie się w klasztorze?) obawom przed zagładą ludzkości w wojnie jądrowej, którą jako pierwszy przewidział? Czy były to po prostu objawy narastającej choroby umysłowej, której przez lata próbował się opierać? Nie brakło i innych, jeszcze bardziej sensacyjnych hipotez: Majorana miał paść ofiarą porachunków mafijnych, w które zaplątani byli członkowie jego rodziny, lub też agentów obcego wywiadu, liczących na zdobycie planów broni jądrowej. Ten ostatni pomysł wydaje się niezbyt prawdopodobny: do końca 1938 roku sam Fermi nie zrozumiał, że przeprowadzone przez jego grupę w 1934 roku doświadczenia doprowadziły do rozszczepienia jąder, więc tym bardziej nie przewidywał możliwości realizacji reakcji łańcuchowej rozszczepień. Jeśli nawet Majoranie genialna intuicja ukazała taki obraz, skąd mogli o tym wiedzieć inni, skoro od 1933 roku nie opublikował żadnej pracy z fizyki jądrowej, a w powszechnej opinii nie zajmował się w ogóle pracą naukową? Zapewne nigdy nie dowiemy się, czy oficjalna data śmierci wielkiego fizyka – 26 marca 1938 roku – jest prawdziwa, i co spowodowało tę śmierć.

Nie ulega jednak wątpliwości, że poświadczone przez kolegów niezwykle zdolności Majorany, wspiana intuicja i kilka znakomitych prac, jakie po nim zostały, stawiają go w rzędzie największych fizyków XX wieku. Wciąż analizowane są notatki Majorany<sup>13</sup>, a wśród nich konspekty wykładów w Neapolu, w których znajduje się zdumiewająco nowoczesne podejście do najważniejszych problemów fizyki kwantowej. Warto więc w setną rocznicę jego urodzin wspomnieć niezwykle, choć boleśnie krótką drogę życiową wielkiego uczonego.

Ten szkic nie mógłby powstać bez pomocy profesora Adama Strzałkowskiego, któremu chciałbym tu serdecznie podziękować za udostępnienie odbitek książki Recamię i innych materiałów dotyczących Majorany. Tekst stanowi skróconą wersję artykułu zamieszczonego w *Postęпах Fizyki* uzupełnioną uwagami z referatów wygłoszonych na „Przedszkolu Fizyki” w Zakopanem i na Krakowskim Konwersatorium Fizyki PTF i z dyskusji po nich. Pragnę podziękować Wojtkowi Gawlikowi za zwrócenie mojej uwagi na prace Brossela.

<sup>12</sup> W tym liście Majorana pisał „...morze odrzuciło mnie i jutro wracam do hotelu „Bologna”, być może razem z tym listem. Zamierzam jednak zrezygnować z wykładów...”.

<sup>13</sup> S. Esposito, E. Majorana jr., A. Van der Merwe and E. Recami (eds.), *Ettore Majorana: Notes on Theoretical Physics*, Kluwer 2003.