

METODA CURIE

THE CURIE METHOD

**Tomasz Pospieszny^{1,*}, Izabela Nowak²,
Ewelina Wajs-Baryła³**

*¹Zakład Produktów Bioaktywnych, Wydział Chemii,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań
tposp@amu.edu.pl

*²Zakład Chemii Stosowanej, Wydział Chemii,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań
nowakiza@amu.edu.pl*

*³Wydawnictwo SOPHIA
ul. Relaksowa 28a, 02-796 Warszawa
e-mail: kontakt@wydawnictwosophia.pl*

Abstract

Wykaz stosowanych skrótów

Wprowadzenie

1. Metoda Curie

1.1. „La Méthode Curie”

1.2. Polska edycja komiksu „Metoda Curie”

2. Na czym polega Metoda Curie?

2.1. Komora jonizacyjna

2.2. Elektrometr kwadrantowy

2.3. Kwarc piezoelektryczny

Podsumowanie

Podziękowania

Piśmiennictwo cytowane

Prof. UAM dr hab. Tomasz Pospieszny urodził się w 1978 roku w Poznaniu. W 2002 roku uzyskał tytuł magistra chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W 2006 roku uzyskał na tej samej uczelni stopień doktora chemii. W 2016 roku przedstawił rozprawę habilitacyjną z chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Oprócz zainteresowań związanych z chemią produktów naturalnych, chemią środków bakteriobójczych, syntezę organiczną, fizykochemią organiczną, analizą spektroskopową, modelowaniem struktur, interesuje się także historią nauki i udziałem kobiet w nauce. Jest autorem lub współautorem blisko 50 publikacji naukowych oraz 13 książek z zakresu historii nauki w tym biografie Marii Skłodowskiej-Curie, Ireny Joliot-Curie i Lise Meitner.



<https://orcid.org/0000-0001-5071-7016>

Prof. dr hab. Izabela Nowak stopnie naukowe uzyskała na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (UAM): doktora w 1997 r., a doktora habilitowanego w 2006 r. na podstawie nagrodzonej Nagrodą Prezesa RM rozprawy związanej z właściwościami katalitycznymi nanoporowatych materiałów przeznaczonych do procesów utleniania w fazie ciekłej. W roku 2014 otrzymała tytuł profesora. Tworzyła specjalność Chemia Kosmetyczna na kierunku Chemia, a od 2009 roku jest kierownikiem Zakładu Chemii Stosowanej Wydziału Chemii UAM – te nurty badawczo-dydaktyczne przeplatają się w ostatnich latach jej kariery zawodowej. Przebywała wielokrotnie na stażach naukowych (m.in. UK, USA, Francja), otrzymała wiele stypendiów (m.in. Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, Fundacji Fulbrighta, czy Kościuszkowskiej), jest laureatką wielu nagród: m.in. nagrody ACS/IUPAC „Distinguished Women in Chemistry”, otrzymała wiele wyróżnień i medali (Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, Komisji Edukacji Narodowej). Od roku 2019 pełni funkcję Prezesa ZG Polskiego Towarzystwa Chemicznego.



<https://orcid.org/0000-0002-1113-9011>

Mgr Ewelina Wajs-Baryła jest absolwentką Wydziału Nauk Społecznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, historykiem-archiwistą oraz socjologiem reklamy i komunikacji społecznej. Założyła i prowadzi Wydawnictwo Sophia. Wspólnie z Tomaszem Pospieszny współtworzy program edukacyjny Piękniejsza Strona Nauki. Jest redaktorem naczelnym „Biuletynu Polskiego Towarzystwa Chemicznego”.



<https://orcid.org/0009-0007-7926-0014>

ABSTRACT

The article presents the history and significance of the Curie method, used by Marie and Pierre Curie to measure radioactivity, with attention to the role of instruments such as the ionization chamber, electrometer, and piezoelectric quartz. It discusses the challenges of popularizing knowledge about these complex devices and the contribution of the digital comic „The Curie Method” in making these concepts more accessible and understandable. The project, completed in 2019, supports education at both museum and international levels, with publications in French, and English, and from 2024, also in Polish.

Keywords: Curie method, radioactivity, ionization chamber, electroscope, piezoquartz
Słowa kluczowe: metoda Curie, radioaktywność, komora jonizacji, elektroskop, piezokwarc

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

| | |
|-------|---|
| ESPCI | – Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris |
| CEA | – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives |
| LAL | – Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire |
| CERN | – Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire |

WPROWADZENIE

W 1998 roku, w stulecie odkrycia polonu i radu, powstał pomysł, aby dzięki notatkom i urządzeniom laboratoryjnym przechowywanym w paryskim Musée Curie dowiedzieć się więcej o pomiarowych metodach pracy Marii i Piotra Curie, a także ponownie uruchomić oryginalną aparaturę. Jednak dopiero w początkach XXI wieku udało się w warsztatach Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris (ESPCI) – tej samej, w której małżonkowie Curie dokonali swoich odkryć, wykonać dokładne kopie urządzeń, z jakich korzystali Maria i Piotr. W 2005 roku z okazji Międzynarodowego Roku Fizyki, dzięki dotacji Regionalnego Wydziału Kultury i Regionalnego Przedstawicielstwa ds. Badań i Technologii, udało się skompletować i uruchomić zestaw aparaturowy „metody Curie” w paryskim Musée Curie.

1. METODA CURIE

1.1. „La Méthode Curie”

Musée Curie regularnie organizuje wydarzenia, podczas których prezentowana jest historia konstrukcji aparatów wynalezionych przez braci Curie i prezentowane jest ich działanie. Pokazy te cieszą się dużym powodzeniem wśród publiczności, ale bez naukowego wprowadzenia metoda Curie pozostaje niezrozumiała dla większości odwiedzających. Wykorzystanie przez muzeum fotografii i rysunków z epoki w celu umieszczenia instrumentów w konkretnym kontekście, a także produkcja licznych filmów i opisów wyjaśniających ich działanie, nie wystarcza, aby odwiedzający muzeum mogli zrozumieć ich działanie. Biorąc pod uwagę złożoność instrumentów naukowych i niewidoczność mierzonych promieni niezwykle trudno jest wyjaśnić zjawisko radioaktywności, jego badanie czy pomiar intensywności.

Trudności te dały początek powstawania cyfrowego projektu komiksu dotyczącego metody Curie. Jego głównym celem jest pokazanie historii i sposobu działania aparatury wykorzystanej przez małżonków Curie do pomiaru radioaktywności. Narzędzie cyfrowe pozwala poszerzyć stopień zrozumienia procesu badawczego na miejscu w muzeum, sprawiając, że odwiedzający rozumieją prezentowane zjawiska. Daje także możliwość wyjścia poza mury muzeum i dotarcia do szerszej publiczności, praktycznie na całym świecie. Projekt udało się sfinalizować w 2019 roku dzięki wsparciu finansowemu Direction Régionale des Affaires Culturelles de la région Île-de-France. Komiks powstał w językach francuskim i angielskim.

Pomysłodawczynią przedstawienia metody Curie w postaci graficznej była dr Camilla Maiani (Rys. 1) – fizyczka, która doktoryzowała się na Uniwersytecie La

Sapienza w Rzymie, a następnie pracowała we Francuskim Komitecie ds. Energii Atomowej (CEA) i w Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL) Uniwersytetu w Orsay. Pracowała także przy eksperymencie ATLAS w laboratoriach CERN w Genewie. Po uzyskaniu tytułu magistra historii i dziedzictwa naukowego na Uniwersytecie Paris Cité w 2017 roku objęła stanowisko kierownika ds. promocji nauki w Musée Curie w Paryżu, gdzie opracowuje szczegółowe treści dotyczące zbiorów i archiwów muzeum. Napisała również, we współpracy z Nathalie Huchette, ilustrowaną książkę o odkryciu polonu i radu pod tytułem *The radium saga* [2].



Rysunek 1. Dr Camilla Maiani, pomysłodawczyni komiksu cyfrowego „Metoda Curie”. Fot. Uriel Chantraine/Musée Curie

Figure 1. Dr Camilla Maiani, the originator of the ‘Curie Method’ digital comic. Photo Uriel Chantraine/Musée Curie

Oprócz dr Camilli Maiani w zespole autorskim znaleźli się: Marion Augustin – specjalistka w dziedzinie popularyzacji kultury, autorka i redaktorka treści dla innowacyjnych produkcji audiowizualnych i publikacji; Guillaume Reynard – ilustrator tworzący książki dla dzieci i powieści graficzne dla licznych instytucji oraz Emmanuela Rouilliera – pracujący dla Atelier Mosquito, gdzie prowadzi badania nad projektowaniem nowych narzędzi cyfrowych w celu tworzenia nowych form popularyzacji kultury i nauki. Jak wyjaśniała w 2019 roku dr Maiani:

Zależało nam, aby przedstawić nie tylko postaci czołowych naukowców związanych z odkryciem radioaktywności, ale przede wszystkim pokazać aparaturę badawczą i sposób, w jaki została użyta. Forma komiksu wydała nam się najbardziej

odpowiednia do tego celu i umożliwiła dotarcie do szerokiego grona odbiorców, także tych najmłodszych [...].

Styl graficzny i rodzaj kreski stosowany przez rysownika Guillaume Reynarda bardzo dobrze oddaje realny wygląd wnętrz laboratoryjnych, jest także nieco nostalgiczny przez co znakomicie się wpisuje w charakter Musée Curie.

Moim ulubionym fragmentem „Metody Curie” jest przemiana muzeum za pomocą magicznej spirali w park gigantycznych aparatów laboratoryjnych, których wnętrza bohaterowie komiksu mogą poznawać od środka – jak maszyny w fabryce – aby jeszcze lepiej móc rozumieć metody pracy Marii i Piotra Curie. Ten fragment przenosi nas sprzed ekranu komputera do środka odkrycia [1] (Rys. 2).



(a)



(b)

Rysunek 2. Laboratorium Marii Skłodowskiej-Curie w Instytucie Radowym w Paryżu: (a) rysunek z komiksu, © Guillaume Reynard; (b) wnętrze oryginalne, Fot. E. Wajs-Baryła

Figure 2. Marie Skłodowska-Curie's laboratory at the Radium Institute in Paris: (a) comic book drawing, © Guillaume Reynard; (b) original interior, Photo by E. Wajs-Była

Historia odkrycia radu i polonu jest dobrą ilustracją metody pokazującej w jaki sposób badania naukowe są prowadzone do dziś, gdzie główne odkrycia zależą nie tylko od intuicji naukowej, ale także od stopnia opanowania aparatury badawczej i technologii. Forma cyfrowego komiksu ułatwia nie związanym na co dzień z nauką widzom odkrycie, jak działa szereg skomplikowanych urządzeń naukowych. Całość została przedstawiona w nieco zabawny, ale niezwykle przejrzysty sposób. Dla wszystkich zainteresowanych, którzy chcieliby dowiedzieć się więcej, „Metoda Curie” została uzupełniona i poszerzona o dodatkowe treści i opisy: można natychmiast uzyskać wgląd w wybrane archiwalia ze zbiorów Musée Curie i przeczytać szczegółowe teksty opracowane przez specjalistów z paryskiego muzeum Noblistki.

1.2. Polska edycja komiksu „Metoda Curie”

Inicjatorami polskiej edycji komiksu są prof. UAM dr hab. Tomasz Pospieszny i mgr Ewelina Wajs-Baryła. Zespół redakcyjny polskiej edycji komiksu stworzyli: prof. dr hab. Izabela Nowak – chemik, a także Prezes Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Chemicznego, kierująca Zakładem Chemii Stosowanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu; prof. UAM dr hab. Tomasz Pospieszny – pracujący w Zakładzie Produktów Bioaktywnych UAM, zajmujący się historią nauki i wpływem kobiet na rozwój nauk ścisłych, a także biograf Marii Skłodowskiej-Curie, Ireny Joliot-Curie, Lise Meitner i Marii Goeppert-Mayer oraz Ewelina Wajs-Baryła – historyk-archiwista i socjolog reklamy, założycielka Wydawnictwa Sophia, a także Agata Tomaszewska – tłumaczka przysięgła języka francuskiego, tłumaczka m.in. „Dziennika żałobnego Marii Skłodowskiej-Curie”. Wydawcą polskiej edycji komiksu jest Polskie Towarzystwo Chemiczne.

Prace nad polską wersją „Metody Curie” rozpoczęły się w maju 2023 roku i obejmowały kilka etapów:

- (1) Pierwszym z nich było tłumaczenie treści z języka francuskiego na język polski;
- (2) Następnie tekst polski, w porozumieniu z dr Camillą Maiani, skonsultowali pod kątem naukowym prof. Izabela Nowak i prof. Tomasz Pospieszny;
- (3) Trzecim najbardziej czasochłonnym, etapem pracy było wprowadzenie korekty językowej do rysunków Guillaume Reynarda. Wszystkie teksty wpisywane były przez rysownika odręcznie. Proces ten wymagał wielu konsultacji i korekt polsko-francusko-angielskich, w których brał udział cały połączony francusko-polski zespół autorski;

- (4) Ostatnim etapem było uruchomienie przez Emmanuela Rouilliera polskiej wersji cyfrowej komiksu.

Premiera polskiej edycji „Metody Curie” miała miejsce 15 września 2024 roku w trakcie 66. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Chemicznego w Poznaniu. Premierze towarzyszyła wizyta studyjna przedstawicieli Musée Curie w Paryżu: dyrektora Renauda Huynh, dr Camillii Maiani oraz Aurelie Lemoine – odpowiedzialnej za zbiory i archiwum paryskiego muzeum.

Premiera komiksu cyfrowego w języku polskim zbiegła się w czasie z uroczystym podpisaniem porozumienia o współpracy między Polskim Towarzystwem Chemicznym i Musée Curie.

2. NA CZYM POLEGA METODA CURIE?

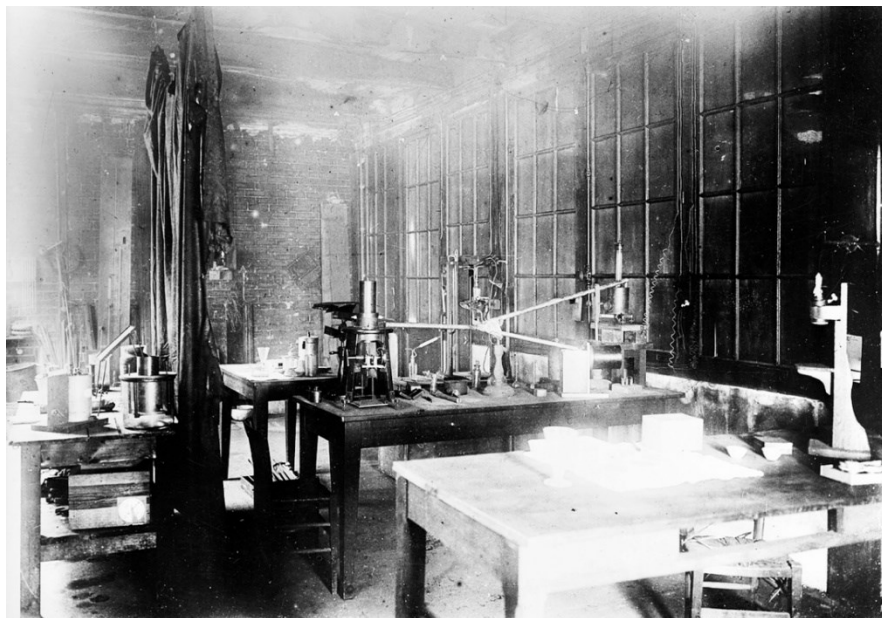
Antoine Henri Becquerel odkrył promieniowanie uranowe w 1896 roku i pierwotnie stosował pomiar polegający na naświetlaniu promieniowaniem kliszy fotograficznej. Metoda ta była niewystarczająca, ponieważ w żaden sposób nie wyjaśniała natężenia promieniowania. Promieniowanie emitowane przez substancje radioaktywne takie jak uran, tor, rad czy polon jonizuje powietrze, które staje się w ten sposób przewodnikiem elektryczności, Maria Skłodowska-Curie zastosowała metodę opracowaną przez Jakuba i Piotra Curie. Polegała ona na pomiarze liczby wytwarzanych ładunków elektrycznych, która jest proporcjonalna do emisji radioaktywnej próbki. Co istotne, natężenie promieniowania emitowanego przez radiopierwiastki było oznaczane za pomocą komory jonizacyjnej, elektrometru oraz kwarcu piezoelektrycznego (opisanych szczegółowo w rozdziałach 2.1–2.3). W *Autobiografii* Madame Curie wspomina o doniosłości pracy Jakuba i Piotra Curie:

Z badań tych – zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych – bracia Curie wyciągnęli od razu [3] jako praktyczny rezultat – nowy przyrząd: Kwarc piezoelektryczny, który służy do obliczania absolutnej wartości małych naboii elektrycznych, jak również prądów o słabem natężeniu. Aparat ten oddał w następstwie znaczne usługi w badaniach nad Promieniotwórczością (Rys. 3).

W trakcie badań nad piezoelektrycznością braci Curie musieli posługiwać się metodami elektrometrycznymi. Nie mogąc używać zwykłego elektrometru kwadrantowego znanego w owym czasie, stworzyli nowy typ tego przyrządu – lepiej przystosowany do potrzeb ich pracy. Typ ten następnie wszedł w użycie we Francji pod nazwą – elektrometru Curie [4].

Warto dodać, że bracia Curie badali zjawisko piroelektryczne, które można zaobserwować w kryształach turmalinu oraz kwarcu. Obserwując zmiany naładowania ścianek kryształu ładunkami elektrycznymi pod wpływem zmiany

temperatury, a także istotnymi badaniami związanymi z symetrią kryształów, odkryli zjawisko piezoelektryczności [5].



Rysunek 3. Laboratorium państwa Curie w szopie na podwórzu Szkoły Fizyki i Chemii Przemysłowej przy ul. Lhomond 42, 1898. W centrum fotografii zestaw aparaturowy stosowany przez małżonków Curie do pomiaru radioaktywności. La bibliothèque numérique du Cirad en agronomie tropicale. Domena publiczna

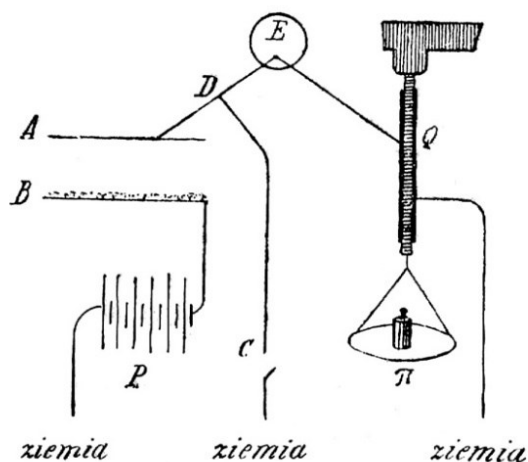
Figure 3. Curie's laboratory in a shed in the courtyard of the School of Industrial Physics and Chemistry at 42 Lhomond Street, 1898. In the center of the photo is a set of instruments used by the Curies to measure radioactivity. La bibliothèque numérique du Cirad en agronomie tropicale. Public domain

Z kolei w swojej rozprawie doktorskiej opublikowanej w języku polskim w 1904 roku opisała w jaki sposób dokonywała pomiarów radioaktywności:

Mierzenie natężenia promieniowania. Metoda używana w tym celu polega na mierzeniu przewodnictwa, nabytego przez powietrze pod wpływem ciał promieniotwórczych; metoda, o której mowa, posiada tę zaletę, że jest pośpieszna i dostarcza liczb odpowiednich do porównywania między sobą. Przyrząd, używany przeze mnie w tym celu, składa się głównie z kondensatora o dwu talerzach AB (Rys. 4). Substancja czynna, drobno sproszkowana, jest umieszczona na talerzu B; nadaje ona własność przewodzenia warstwie powietrza pomiędzy talerzami. Chcąc zmierzyć przewodnictwo, doprowadzamy talerz B do wysokiego potencjału, łącząc go z jednym z biegunów baterii małych akumulatorów P, której biegun drugi jest połączony z ziemią, zatem pomiędzy temi talerzami wytwarza się prąd elektryczny.

Potencjał talerza *A* jest wskazywany przez elektrometr *E*. Jeżeli zerwiemy połączenie z ziemią w punkcie *C*, talerz *A* ładuje się, a ładunek jego odchyła elektrometr. Szybkość tego odchylenia jest proporcjonalna do siły prądu i może służyć do jej mierzenia.

Lepiej jednak dokonywać tego pomiaru, kompensując ładunek talerza *A* tak, żeby elektrometr pozostawał na punkcie zero. Ładunki, o które tu idzie, są nadzwyczaj słabe; mogą one być kompensowane zapomocą kwarcu piezoelektrycznego *Q*, którego jedno uzbrojenie jest złączone z talerzem *A*, drugie zaś – z ziemią. Błazkę kwarcową poddajemy wyciąganiu, którego wielkość jest znana i oznaczona przez ciężarkę, umieszczone na talerzyku π ; obciążenia dokonywa się stopniowo, a następstwem tego jest stopniowe wytworzenie pewnej znanej ilości elektryczności w ciągu czasu, który mierzymy. Czynność tę możemy regulować w taki sposób^(*), żeby ilość elektryczności przechodząca przez kondensator i ilość elektryczności ze znakiem przeciwnym, dostarczana przez kwarc, równoważyły się między sobą w każdej chwili. Można także mierzyć w wartościach bezwzględnych ilość elektryczności, przechodzącą w pewnym czasie przez kondensator, to jest mierzyć siłę prądu. Pomiaru są tu niezależne od czułości elektrometru.



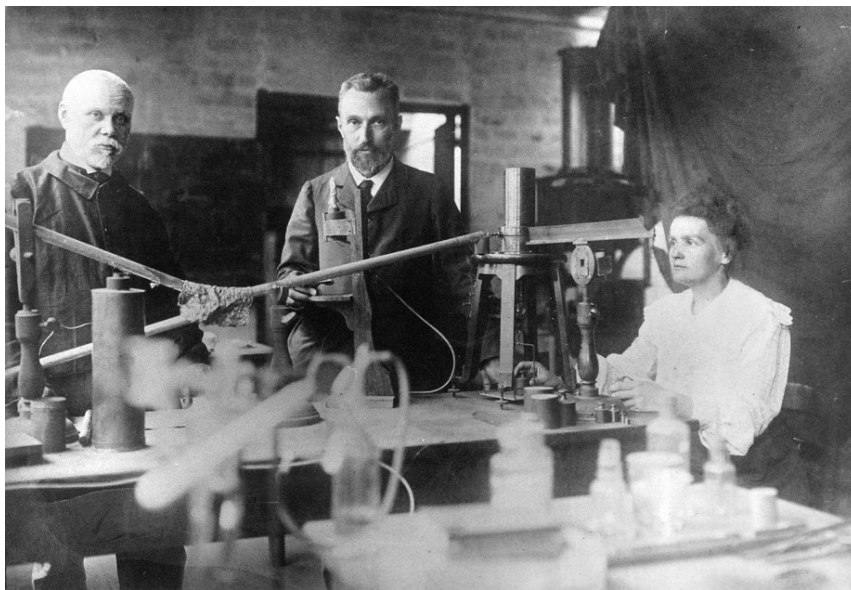
Rysunek 4. Schemat pomiaru natężenia promieniowania *metodą Curie*, przedstawiony w pracy doktorskiej Marii Skłodowskiej-Curie. Objasnienia skrótów w tekście. Domena publiczna

Figure 4. Diagram of the measurement of radiant intensity by the *Curie method*, as presented in Marie Skłodowska-Curie's doctoral thesis. Explanations of abbreviations in the text. Public domain

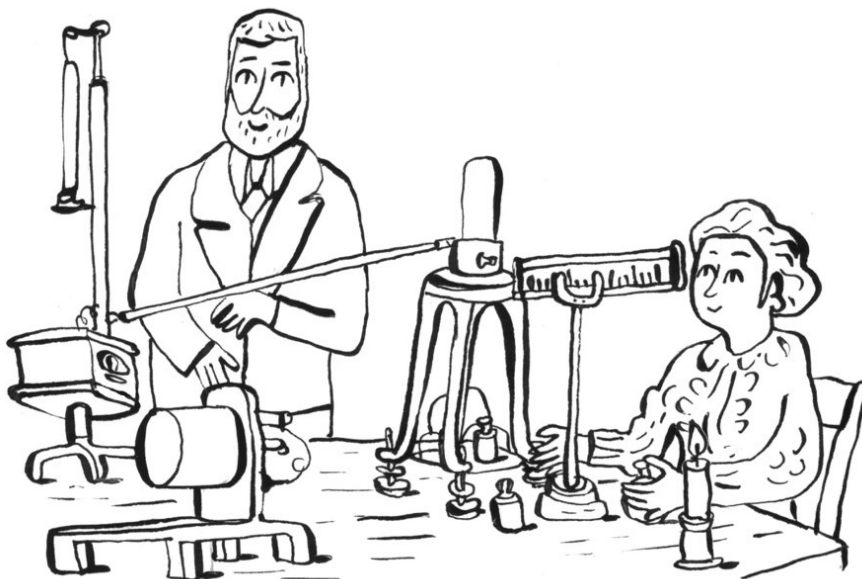
Wykonując szereg pomiarów tego rodzaju, przekonywamy się, że radioaktywność jest zjawiskiem, które można mierzyć z pewną dokładnością. Mało zmienia się ona z temperaturą, a wahania w stanie ciepła środowiska otaczającego prawie nie wywierają na nią wpływu; stopień oświetlenia substancji czynnej nie ma żadnego znaczenia. Natężenie prądu, przepływającego przez kondensator, wzrasta

razem z powierzchnią talerzy. Dla danego przyrządu i danej substancji prąd wzrasta odpowiednio do różnicy potencjału na dwu talerzach, od ciśnienia gazu napęliającego kondensator i do odległości talerzy (pod warunkiem, żeby ta odległość nie była zbyt wielka w stosunku do średnicy). W każdym razie, wobec dużych różnic potencjału prąd dąży do pewnej wartości granicznej, która, praktycznie biorąc, jest wartością stałą. Nazywamy prądem nasyconym, albo prądem granicznym. Tak samo wobec pewnej, dostatecznie wielkiej odległości między talerzami kondensatora prąd nie zmienia się wcale z dalszemi zmianami tej odległości. Prąd otrzymany w powyższych warunkach, z dodatkiem, że kondensator pozostaje w powietrzu pod ciśnieniem atmosferycznym, był w doświadczeniach moich używany do mierzenia promieniotwórczości.

(*) Łatwo osiągnąć ten rezultat, trzymając ciężarek w ręce i pozwalając mu obciążać talerzyk π stopniowo w taki sposób, żeby wskazówka elektrometru pozostawała ciągle na zerze. Nabrawszy nieco wprawy, dochodzi się do bardzo pewnego kierowania ruchem ręki, niezbędnym do pomyślnego wykonania tej czynności. Ta metoda pomiaru prądów słabych została opisana przez p. J. Curie w jego dysertacji [6] (Rys. 5 i 6).



Rysunek 5. Asystent Petit, Piotr i Maria Curie w trakcie pomiaru radioaktywności. Domena publiczna
Figure 5. Assistant Petit, Pierre and Marie Curie during a radioactivity measurement. Public domain



Rysunek 6. Maria i Piotr Curie w trakcie pomiaru radioaktywności. © Guillaume Reynard
Figure 6. Marie and Pierre Curie during the measurement of radioactivity. © Guillaume Reynard

Warto ponownie oddać głos Uczonej, która po latach w *Autobiografii* przywoływała wspomnienia z okresu badań nad radioaktywnością (Rys. 7). Pisała:

Uwagę moją pociągnęło ciekawe zjawisko, zaobserwowane w roku 1896 przez Henrie'ego Becquerel'a. Odkrycie promieni Roentgena podniecało wówczas umysły, i kilku fizyków badało, czy ciała – fluoryzujące pod wpływem światła – nie wysyłają podobnych promieni. Henryk Becquerel badał w tym względzie sole uranowe – i, jak się to czasem zdarza, znalazł zjawisko odmienne od tego, którego szukał: mianowicie – samorzutne wytwarzanie się w solach uranu promieni specjalnego rodzaju. Było to odkrycie promieniotwórczości.

Oto naczem polega zjawisko, odkryte przez Becquerel'a. Związek uranu, umieszczony na kliszy fotograficznej, owiniętej w czarny papier, działa na nią podobnie, jak mogłoby działać światło. Jest to wynikiem działania promieni uranowych, przenikających papier.

Te same promienie mogą – jak promienie X, spowodować wyladowanie się elektroskopu, udzielając przewodnictwa otaczającemu powietrzu.

Henryk Becquerel sprawdził, że własności te są niezależne od poprzedniej izolacji – że występują również, gdy związek uranu pozostaje przez kilka miesięcy w ciemności. Należało więc zbadać pochodzenie energii, co prawda, bardzo nieznacznej, która w formie promieni wydziela się stale ze związków uranu.

Zbadanie tego zjawiska wydało mi się niezwykle pociągającym, tembardziej, że kwestja była zupełnie nowa i nie posiadała jeszcze żadnej biblijografji. Postanowiłam zająć się opracowaniem tego tematu.



Rysunek 7. Maria Skłodowska-Curie w trakcie pomiaru radioaktywności, 1904. Musée Curie
Figure 7. Marie Skłodowska-Curie during a radioactivity measurement, 1904. Musée Curie

Trzeba było znaleźć miejsce dla prowadzenia doświadczeń, Piotr Curie otrzymał od dyrektora Szkoły pozwolenie użycia w tym celu oszklonej pracowni, na parterze, służącej za skład maszyn.

Aby rozszerzyć wyniki, otrzymane przez Becquerel'a, koniecznem było zastosowanie dokładnej metody ilościowej. Zjawiskiem, najlepiej nadającym się do obliczeń – było przewodnictwo, udzielane powietrzu przez promienie uranu. Zjawisko to nazywa się jonizacją i występuje również przy promieniach X. Ostatnie badania, przeprowadzone wówczas w tej dziedzinie określiły jego główne zasady.

Dla mierzenia słabych prądów, które można przepuszczać przez powietrze zjonizowane za pomocą promieni uranu, miałam do rozporządzenia znakomitą metodę, zbadaną i używaną przez Piotra i Jakóba Curie, polegającą na skompensowaniu za pomocą czulego elektrometru naboju elektrycznego, przenoszo-

nego przez prąd, – nabojem, którego może dostarczyć kwarc piezoelektryczny. Instalacja składała się zatem z elektrometru Curie, z kwarcu piezoelektrycznego i z kamery jonizacyjnej. Ta ostatnia była utworzona przez płaski kondensator, którego górny krążek był połączony z elektrometrem, podczas, gdy dolny, naładowany do znanego potencjału, pokryty był cienką warstwą badanej materji. Wilgotny i zastawiony rzeczami lokal, w którym wypadło nam umieścić tę instalację elektrometryczną, był dla niej bardzo nieodpowiedni.

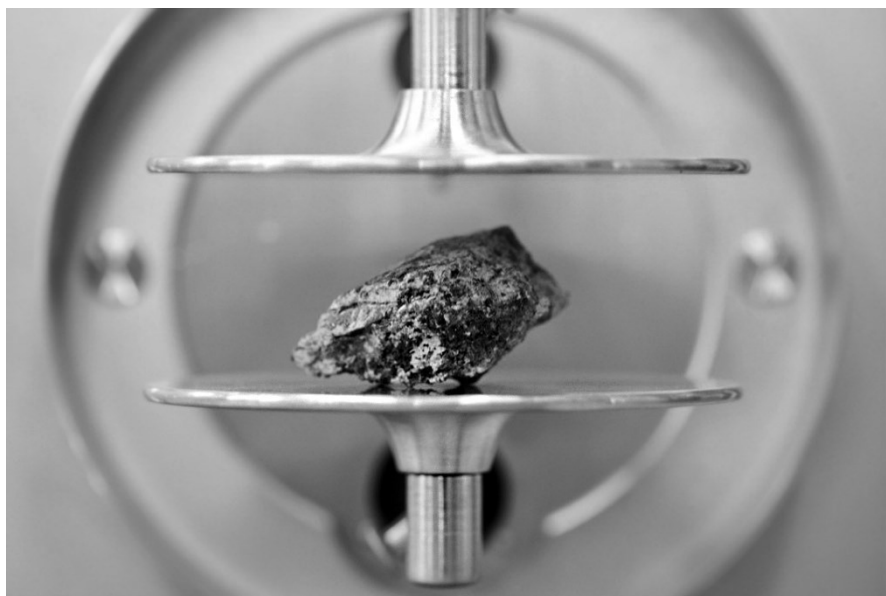
Doświadczenia moje wykazały, że promieniowanie związków uranu może być dokładnie mierzone w określonych warunkach – i że jest ono własnością atomową pierwiastku uranu; jego natężenie jest proporcjonalne do ilości uranu, zawartej w rudzie i nie zależy ani od stanu chemicznego połączenia, ani od warunków zewnętrznych, jak naświetlenie lub temperatura.

Zacząłam wówczas poszukiwać, czy istnieją inne pierwiastki, obdarzone tą samą właściwością. W tym celu badałam wszystkie znane podówczas pierwiastki, bądź w to w stanie czystym, bądź w rudach. Okazało się, że z pomiędzy tych ciał – związki toru wydają promienie podobne do uranowych. Promieniowanie toru ma natężenie tego samego porządku wielkości, co i promieniowanie uranu, i stanowi również atomową własność pierwiastka.

Trzeba było znaleźć termin, któryby określał nową własność materji, przejawiającą się w pierwiastkach toru i uranu. Zaproponowałam nazwę promieniotwórczość (radioaktywność), która została ogólnie przyjętą. Pierwiastki promieniotwórcze noszą miano – radiopierwiastków (radioelementy) [7].

2.1. Komora jonizacyjna

Powietrze składa się z elektrycznie obojętnych atomów, a te z kolei z ujemnie naładowanych elektronów i dodatniego jądra. Promieniowanie jonizujące wybija elektrony z powłok elektronowych atomów cząsteczek azotu i tlenu w powietrzu, w wyniku czego powstają jony obdarzone ładunkiem elektrycznym. Próbkę materiału radioaktywnego umieszcza się w komorze jonizacyjnej utworzonej z dwóch równolegle położonych płytek metalicznych podłączonych do akumulatora lub generatora elektrycznego (Rys. 8). Komora jest zamknięta pokrywą, przez co gaz i ładunki elektryczne nie wydostają się na zewnątrz. Elektrony, wybijane z atomów cząsteczek azotu i tlenu w powietrzu, przesuwają się do płytki dodatniej, tworząc tym samym prąd elektryczny w komorze.

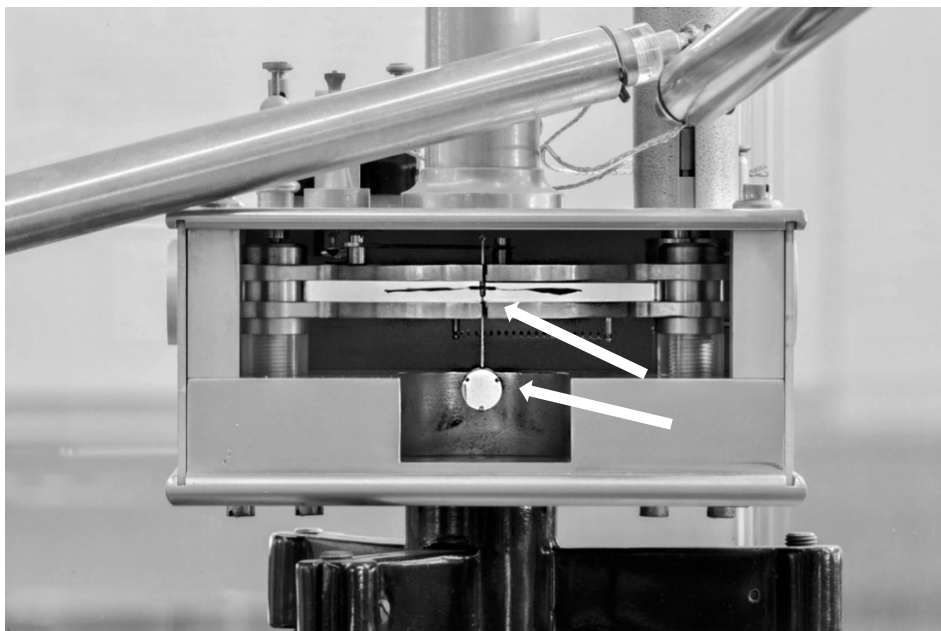


Rysunek 8. Komora jonizacyjna na wystawie w Musée Curie w gablocie pomiarów radioaktywności. Pokrywa jest zdjęta, aby pokazać wnętrze komory, a radioaktywna ruda jest umieszczona między dwiema płytkami. Fot. Uriel Chantraine / Musée Curie.

Figure 8. Ionization chamber displayed at the Curie Museum in a showcase devoted to radioactivity measurement. The cover has been removed to reveal the chamber's interior and a piece of radioactive ore has been placed between the two plates. Photo Uriel Chantraine / Musée Curie.

2.2. Elektrometr kwadrantowy

Wytworzone ładunki elektryczne przez materiał radioaktywny przemieszczają się w kierunku elektrometru kwadrantowego, gdzie następuje pomiar natężenia ładunku. Elektrometr składa się z ośmiu ćwiartek, między którymi zawieszona jest ruchoma elektroda lub igła, do której przymocowane jest niewielkie lustro (Rys. 9). Elektrony płynące z komory jonizacyjnej do elektrometru wywołują delikatny obrót igły w polu elektrycznym. Im więcej jest elektronów, tym szybciej obraca się igła. Podczas jej obrotu porusza się też lustro. Ruch lusterka, podobnie jak ruch igły, jest proporcjonalny do liczby elektronów wytwarzanych w komorze jonizacyjnej.



Rysunek 9. Szczegóły wnętrza elektrometru kwadrantowego na wystawie w paryskim muzeum. Śmigielko (w kształcie spirali) i lusterko zaznaczone strzałkami. Fot. Uriel Chantraine / Musée Curie.

Figure 9. Close-up of the inside of a quadrant electrometer on display at the Curie Museum. The propeller-shaped component and mirror marked with arrows. Photo Uriel Chantraine / Musée Curie.

2.3. Kwarc piezoelektryczny

W 1880 roku bracia Curie odkryli, że pewne kryształy po rozszerzeniu lub ściśnięciu, tak jak na przykład w przypadku kwarcu, wytwarzają niewielkie ładunki elektryczne. Małżonkowie Curie umieścili kwarc o znanym ładunku w elektrometrze, a następnie porównali go z ładunkiem wytwarzanym przez próbkę radioaktywną, którą chcieli zmierzyć. Pomiar ten pozwolił im uzyskać dokładne pomiary, nawet jeśli prąd był bardzo słaby – rzędu 10^{-13} amperów.



Rysunek 10. Kwarc piezoelektryczny z 1904 roku należący do laboratorium Curie. Został odrestaurowany w 2005 roku i jest obecnie wystawiany w paryskim muzeum. Fot. Uriel Chantraine / Musée Curie.

Figure 10. A piezoelectric quartz device that belonged to the Curie Laboratory, dating from 1904. It was restored in 2005 and is now displayed at Museum. Photo Uriel Chantraine / Musée Curie.

Pomiar polegał na niezwykle delikatnym podnoszeniu odważnika umieszczonego pod kwarcem piezoelektrycznym (Rys. 10), który emitował ładunek elektryczny. Ładunek ten zrównoważył przeciwny ładunek wytworzony przez próbkę radioaktywną. Następnie poprzez użycie chronometru (zegar cechujący się dużą dokładnością i odpornością na zmienne warunki pracy) Maria Skłodowska-Curie mogła zmierzyć czas, w którym ładunek emitowany przez kwarc piezoelektryczny kompensował ładunek wytwarzany przez próbkę radioaktywną. Im krótszy był czas, tym większa była ilość ładunku, a tym samym większa radioaktywność badanej próbki.



Rysunek 11. Irene i Maria Curie w trakcie pomiaru radioaktywności, 1925. Domena publiczna
Figure 11. Irene and Marie Curie during a radioactivity measurement, 1925. Public domain

Jedną z uczennic Marii Skłodowskiej-Curie, profesor Alicja Dorabalska, wspominała:

[...] metoda [ta] pozwoliła Skłodowskiej-Curie zbadać długi szereg ciał chemicznych i dokładnie, ilościowo oznaczyć ich zdolność promieniowania. Zdolność ta bowiem jest ściśle związana z właściwością jonizowania powietrza. Substancje, nie wysyłające promieni, powietrza ani żadnych innych gazów nie jonizują; zmierzony wtedy za pomocą kwarcu piezoelektrycznego prąd jest równy zeru. Gdy substancja wysyła promienie, wielkość mierzonego prądu, zależna od zdolności jonizacyjnej, jest wprost proporcjonalna do ilości wysyłanych promieni, do ich siły, może więc służyć jako miara liczbowa zdolności promieniotwórczej danego ciała.

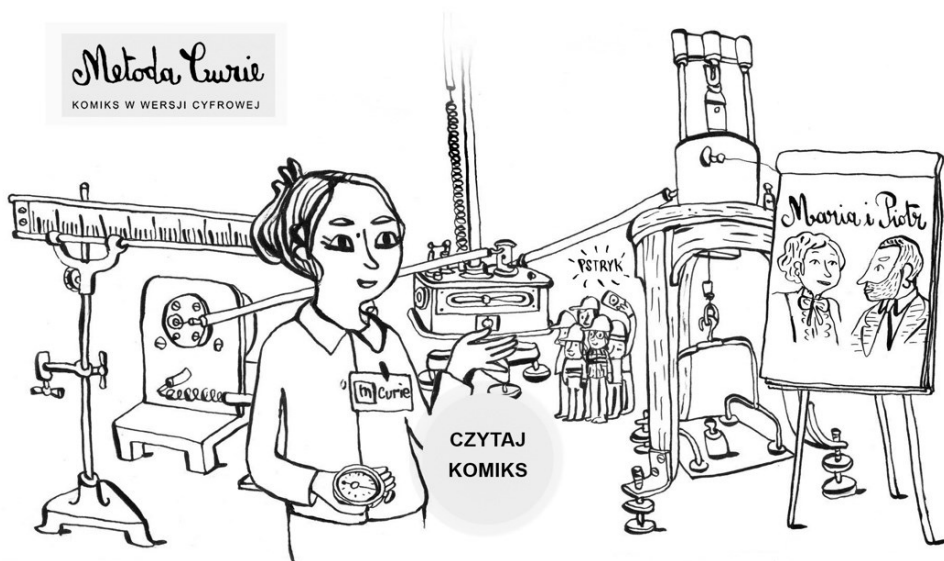
Skłodowska-Curie zbadała naprzód uran i jego sole, a następnie wykryła, że spośród wszystkich znanych wtedy pierwiastków chemicznych jeszcze jeden metal tor wysyła takie same promienie jak uran i o podobnej sile. Uczona zaproponowała wtedy, aby zjawisko wysyłania niewidzialnych promieni, jakie obserwujemy u uranu lub toru, nazwać w ogóle promieniotwórczością, a pierwiastki chemiczne obdarzone tą własnością nazywać promieniotwórczymi. Nazwa ta została wkrótce przez wszystkich przyjęta i dziś jest ogólnie używana [8] (Rys. 11).

PODSUMOWANIE

„Metoda Curie”, będąca połączeniem komiksu, animacji, powieści historycznej i metody naukowej, stara się zwrócić uwagę na instrumenty naukowe używane przez Marię i Piotra Curie oraz wyjaśnić ich badania nad radioaktywnością (Rys. 12).

W klarowny, ale i zabawny sposób wyjaśnia, jak działały narzędzia badaczy i pokazuje różne etapy odkrycia polonu i radu, aby pokazać, że oboje naukowcy wykorzystali zarówno swoją intuicję naukową, jak i perfekcyjne zastosowanie narzędzi potrzebnych do dokonania tych odkryć.

Komiks skierowany jest w szczególności do młodzieży i dorosłych. Czytając go na tabletach lub smartfonach, można uzyskać dostęp do oryginalnych dokumentów przechowywanych przez Musée Curie w Paryżu, aby dowiedzieć się więcej o historii i nauce.



Rysunek 12. Plansza początkowa polskiej edycji komiksu cyfrowego *Metoda Curie* © Guillaume Reynard
Figure 12. Front page of the Polish edition of the digital comic book *The Curie Method* © Guillaume Reynard

PODZIĘKOWANIA

Autorzy składają serdeczne podziękowania Dyrektorowi Musée Curie w Paryżu Panu Renaud Huynh oraz Pani dr Camilli Maiani (Rys. 13) za życzliwość, pomoc i zaangażowanie przy realizacji polskiej edycji *Metody Curie*.



Rysunek 13. Autorzy pracy wraz z dr Camillą Maiani w Musée Curie w Paryżu, 2024. Fot. Valérie Frois / Musée Curie

Figure 13. Authors of the paper and Dr Camilla Maiani at the Musée Curie in Paris, 2024. Photo Valérie Frois / Musée Curie

PIŚMIENICTWO CYTOWANE

- [1] Wywiad z Camillą Maiani z listopada 2020 roku dostępny w serwisie Youtube: https://bit.ly/Maiani_2019 [dostęp 4 października 2024 roku].
- [2] C. Maiani, N. Huchette, *The Radium Saga, The Musée Curie Notebooks*, Paris 2019.
- [3] Cytowania pochodzą z pierwszego polskiego krytycznego wydania biografii Piotra Curie, napisanej przez Marię Skłodowską-Curie. Redakcja naukowa celowo zachowała oryginalny język z pierwszego polskiego wydania z 1925 roku, który doskonale oddaje ducha epoki, w jakiej żyła autorka. Zob. E. Wajs-Baryła, T. Pospieszny, *Nota edytorska*, [w:] M. Skłodowska-Curie, *O swoim życiu i pracach. Piotr Curie*, pod redakcją naukową i z komentarzem krytycznym T. Pospieszego i E. Wajs-Baryły, Wydawnictwo Sophia & Polskie Towarzystwo Chemiczne, Warszawa 2024, s. 23.

W cytowanych tekstach z epoki rozmyślnie zachowano stylistykę i ortografię oryginału.

- [4] Piotr Curie – Wyjątki ze wspomnień Marji Skłodowskiej-Curie o jej mężu, [w:] M. Skłodowska-Curie, O swoim życiu i pracach. Piotr Curie, pod redakcją naukową i z komentarzem krytycznym T. Pospieszego i E. Wajs-Baryły, Wydawnictwo Sophia & Polskie Towarzystwo Chemiczne, Warszawa 2024, s. 206.
- [5] *Lois du dégagement de l'électricité par pression dans la tourmaline*, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCII, 1881, s. 186.
- [6] M. Skłodowska-Curie, Badanie ciał radioaktywnych. Reprint z komentarzem i posłowiem Józefa Hurwica, Instytut Kształcenia Ekonomicznego PTE, Warszawa 1992, s. 5.
- [7] M. Skłodowska-Curie, O swoim życiu i pracach..., s. 248.
- [8] A. Dorabialska, Maria Skłodowska-Curie i Piotr Curie. Zarys życia i pracy na tle elementarnego wykładu nauki o promieniotwórczości, Spółdzielnia Wydawnicza „Książka i Wiedza”, Warszawa 1948, s. 36.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 października 2024 r.