

Maria Skłodowska-Curie
w Wikipedii

Maria Skłodowska-Curie

w Wikipedii

Stowarzyszenie Wikimedia Polska
Łódź 2011

Autorzy

Wikipedyści, zobacz strona 235

Redakcja

Patryk Korzeniecki

Christine Rageul

Julia Maria Koszewska

Małgorzata Wilk

Anastasija Lwowa (Анастасія Львова)

Andrij Makucha (Андрій Макуха)

Jurij Perohanicz (Юрій Пероганич)

Karol Dąbrowski

Patryk Michalski SAC

Projekt okładki

Przemysław Rataj

Projekt graficzny wnętrza

Marek Kozakowski

Skład i łamanie

Hadrian Kamiński

Niniejsza publikacja, z wyłączeniem okładki, jest udostępniona na wolnej licencji

Creative Commons – Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach – 3.0

(CC-BY-SA 3.0 – pełny tekst licencji dostępny w Internecie na stronie

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/pl/legalcode>)

Wszystkie zdjęcia pochodzą z zasobów Wikimedia Commons

<http://commons.wikimedia.org>

Wikipedia oraz jej logo to zastrzeżone znaki handlowe należące do Wikimedia Foundation

ISBN 978-83-931454-1-6

Nakład: 1000 egz.

Publikacja bezpłatna

Druk: Przedsiębiorstwo Poligraficzne „MODENA” Sp. z o.o., Cieszyn, ul. Mała Łąka 17



Stowarzyszenie Wikimedia Polska

ul. Tuwima 95, pok. 15

90-031 Łódź, Polska

<http://pl.wikimedia.org>

KRS: 0000244732



Spis treści	5
Wstęp / Introduction / Avant-propos / die Einführung / Введение / Вступ	7
Język polski	
Maria Skłodowska-Curie	13
Pierre Curie	21
Polon	23
Rad	25
Irène Joliot-Curie.	27
Ève Curie.	29
Instytut Radowy w Warszawie	35
English language	
Marie Curie	41
Pierre Curie	55
Polonium.	59
Radium.	69
Irène Joliot-Curie.	75
Ève Curie.	79
Curie Institute, Warsaw	85
Le Français	
Marie Curie	89
Pierre Curie	99
Polonium.	105
Radium.	109
Irène Joliot-Curie.	113
Ève Curie.	115
Institut du Radium de Varsovie	119
Die deutsche Sprache	
Marie Skłodowska-Curie	123
Pierre Curie	145
Polonium.	147
Radium.	151
Irène Joliot-Curie.	155
Ève Curie.	159
Radium-Institut Warschau	161

Русский язык

Скłodовская-Кюри, Мария	167
Кюри, Пьер	173
Полоний	175
Радий	181
Жолио-Кюри, Ирен	187
Кюри, Ева Дениза	191
Центр онкологии — институт имени Марии Скłodовской-Кюри в Варшаве	193

Українська мова

Марія Скłodовська-Кюрі	197
П'єр Кюрі	211
Полоній	215
Радій	219
Ірен Жоліо-Кюрі	223
Ев Кюрі	227
Інститут імені Марії Скłodовської-Кюрі у Варшаві	231

Autorzy / Authors / Die Autoren / Les auteurs / Авторы	235
Język polski	236
English language	238
Le français	245
Die deutsche Sprache	248
Русский язык	251
Українська мова	252

WSTĘP
INTRODUCTION
AVANT-PROPOS
DIE EINFÜHRUNG
ВВЕДЕНИЕ
ВСТУП

Rok 2011 jest poświęcony Marii Skłodowskiej-Curie, fizycyzce i chemicyzce polskiego pochodzenia, dwukrotnej laureatce Nagrody Nobla. Dlatego też redaktorzy Wikipedii – internetowej encyklopedii – ponownie postanowili podzielić się wspólną wiedzą w formie książkowej. W niniejszym tomie znajdują Państwo hasła oraz ilustracje związane z Marią Skłodowską-Curie, jej rodziną i odkryciami, które zaczerpnięto z 6 wersji językowych Wikipedii. Mamy nadzieję, że lektura niniejszej publikacji będzie przyjemnością i pogłębi Państwa wiedzę o tej niezwykłej kobiecie.

Redakcja

The year 2011 is dedicated to Maria Skłodowska-Curie, chemist and physicist of Polish origin, two-time winner of the Nobel Prize. Therefore, the editors of Wikipedia – Internet-based encyclopedia – once again decided to share common knowledge in the form of book. In this volume you will find articles and illustrations related to Maria Skłodowska-Curie, her family and the discoveries she had made, that come from 6 language versions of Wikipedia. We hope that the reading this publication will be a pleasure

and will deepen your knowledge about this unusual woman.

The editors

L'année 2011 est dédiée à Marie Curie (née Skłodowska), physicienne et chimiste d'origine polonaise, lauréate de deux prix Nobel. Par conséquent, les rédacteurs de Wikipédia – encyclopédie disponible sur le Web – ont décidé, une fois de plus, de partager leurs connaissances sous la forme d'un livre. Dans ce volume, vous trouverez tous les articles et les illustrations relatifs à Marie Curie, sa famille et ses découvertes tels que vous pouvez les trouver, en six langues, sur le site de Wikipédia. Nous espérons que vous apprécierez la lecture de cette publication, et qu'elle vous permettra d'approfondir vos connaissances sur Marie Curie, grande scientifique et femme extraordinaire.

Éditeurs

Das Jahr 2011 ist Maria Skłodowska-Curie, Physikerin und Chemikerin polnischer Herkunft, zweimaliger Nobelpreisträgerin, gewidmet. Deshalb möchten die Redakteure von Wikipedia

– Internet-Enzyklopädie – ein gemeinsames Wissen in Buchform nochmals teilen. Im vorliegenden Band finden Sie Stichwörter und Illustrationen über Maria Skłodowska-Curie, ihre Familie und Entdeckungen, die von sechs Sprachversionen der Wikipedia kommen. Wir hoffen, dass die Lektüre dieser Publikation Ihnen viel Vergnügen bringt und ihre Kenntnisse über diese außergewöhnliche Frau vertiefen wird.

Die Redaktion

2011 год посвящён Марии Склодовской-Кюри, химику и физику польского происхождения, дважды лауреату Нобелевской премии. Поэтому редакторы Википедии – интернет-энциклопедии – снова решили поделиться общими знаниями в форме книги. в этом издании вы найдёте статьи и иллюстрации, связанные с Марией Склодовской-Кюри, её семьёй и сделанными ею открытиями,

взятые из шести языковых разделов Википедии. Мы надеемся, что чтение этой публикации доставит вам удовольствие и углубит ваши знания об этой необычной женщине.

Редколлегия

2011 рік – це рік, присвячений Марії Склодовській-Кюрі, фізикові та хімікові польського походження, двічі лауреатові Нобелівської премії. І тому редактори Вікіпедії – Інтернет-енциклопедії – вирішили знову поділитися спільними знаннями у формі книги. в новому виданні ви знайдете статті та ілюстрації, пов'язані з Марією Склодовською-Кюрі, її сім'єю і відкриттями, взяті з шести мовних розділів Вікіпедії. Ми сподіваємось, що знайомство з новою публікацією буде приємним і поглибить ваші знання про цю незвичайну жінку.

Редакційна колегія

*Nikommu z nas życie, zdaje się, bardzo łatwo nie idzie, ale
cóż robić, trzeba mieć odwagę i głównie wiarę w siebie,
w to, że się jest do czegoś zdolnym i że do tego czegoś
dojść potrzeba. A czasem wszystko się pokieruje dobrze,
wtedy kiedy najmniej się człowiek tego spodziewa.*

Maria Skłodowska-Curie

List do brata Jakuba, marzec 1894. Źródło: Ève Curie, *Maria Curie*

MARIA SKŁODOWSKA-CURIE

Maria Salomea Skłodowska-Curie¹ (ur. 7 listopada 1867 w Warszawie, zm. 4 lipca 1934 w Passy) – fizyczka i chemiczka polskiego pochodzenia. Większość życia spędziła we Francji, tam też rozwinęła swoją karierę naukową.



Maria Skłodowska-Curie w 1911. Zdjęcie w domu publicznym.

Prekursorka nowej gałęzi chemii – radiochemii. Do jej dokonań należą: opracowanie teorii promieniotwórczości, techniki rozdzielania izotopów promieniotwórczych oraz odkrycie dwóch nowych pierwiastków – radu i polonu. Pod jej

osobistym kierunkiem prowadzono też pierwsze badania nad leczeniem raka za

pomocą promieniotwórczości. Dwukrotnie wyróżniona Nagrodą Nobla za osiągnięcia naukowe, po raz pierwszy w 1903 z fizyki wraz z mężem i Henrim Becquerellem za badania nad odkrytym przez Becquerela zjawiskiem promieniotwórczości, po raz drugi w 1911 z chemii za wydzielenie czystego radu. Do dziś pozostaje jedyną kobietą, która tę nagrodę otrzymała dwukrotnie, a także jedynym uczonym w historii uhonorowanym Nagrodą Nobla w dwóch różnych dziedzinach nauk przyrodniczych².

Żona Pierre'a Curie, matka Eve Curie i Irène Joliot-Curie.

1. Życiorys

1.1. Dzieciństwo i młodość w Polsce

Maria Skłodowska urodziła się jako piąte dziecko w znanej rodzinie nauczycielskiej, wywodzącej się z drobnej szlachty. Jej rodzina miała prawo do posługiwania

¹ Janusz Kędracki, *Znalazł grób babki podwójnej noblistki*, kielce.gazeta.pl, 2010-07-23 (dostęp: 2011-04-10); Pisownia nazwiska jest przedmiotem sporu. Maria podpisywała się i Marie Curie (w tej wersji jest wypisany dyplom Nagrody Nobla z 1903) i *Maria Skłodowska-Curie* lub *Marie Skłodowska-Curie* (w tej ostatniej wersji jest wypisany dyplom Nagrody Nobla z 1911), czy wreszcie *Maria Curie-Skłodowska* (m.in. w korespondencji z władzami polskimi po odzyskaniu niepodległości przez Polskę).

² Dwie nagrody Nobla dostali też: Linus Pauling, ale jedną pokojową i jedną z chemii; John Bardeen – dwukrotnie z fizyki, Frederick Sanger – dwukrotnie z chemii.



Dom, w którym urodziła się Maria Skłodowska w Warszawie. Obecnie muzeum Marie Curie. Fot. Memorino (2009). CC BY-3.0

się herbem Dołęga. Jej dziadek Józef Skłodowski był szanowanym lubelskim pedagogiem. Ojciec Władysław Skłodowski był nauczycielem matematyki i fizyki oraz dyrektorem kolejno dwóch warszawskich gimnazjów męskich, prowadził również w domu stancję dla chłopców. Matka zaś, Bronisława Boguska, była dyrektorką prestiżowej warszawskiej pensji dla dziewcząt z dobrych domów. Chorowała na gruźlicę i zmarła, gdy Maria Skłodowska-Curie miała 11 lat. Ojciec był ateistą, matka zaś głęboko wierząca katoliczką³.

Gdy miała 10 lat, Maria Skłodowska rozpoczęła naukę na pensji dla dziewcząt, którą wcześniej prowadziła jej matka, gdy była jeszcze zdrowa; następnie kształciła się w gimnazjum dla dziewcząt, które



Rodzina Skłodowskich: Władysław Skłodowski wraz z córkami: Marią, Bronisławą i Heleną (1890). Zdjęcie w domenie publicznej.

ukończyła 12 czerwca 1882 roku otrzymując złoty medal. Kolejny rok spędziła na wsi u ziemiańskiej rodziny jej ojca, a następnie przy boku ojca w Warszawie, gdzie trudniła się okazjonalnym udzielaniem korepetycji. W tym czasie zawarła ze swoją starszą siostrą Bronisławą umowę, że będzie ją wspierać finansowo w trakcie jej studiów medycznych w Paryżu, w zamian za podobne wsparcie za 2 lata⁴. W związku z tym została guwernantką najpierw w prawniczej rodzinie z Krakowa, a następnie u ziemiańskiej rodziny Żórawskich, krewnych jej ojca, z którą to rodziną związała się na 2 lata. W trakcie pracy u rodziny Żórawskich zakochała się z wzajemnością w Kazimierzu Żórawskim, przyszłym wybitnym matematykiem, jednak jego rodzice

3 Ewa Curie, *Maria Curie*, Warszawa: Wydaw. Naukowe PWN, 1997, s. 5-30.

4 Maria Curie, *Autobiografia*, Warszawa: PWN, 1959, s. 14.



Maria Skłodowska w wieku 16 lat (1883). Zdjęcie w domenie publicznej.

stanowczo odrzucili pomysł ślubu ich syna z ubogą krewną, a sam Kazimierz nie potrafił się im przeciwstawić, co skończyło się dla Marii Skłodowskiej utratą pracy⁵. Maria Skłodowska znalazła pracę u rodziny Fuchsów w Sopocie, gdzie spędziła kolejny rok, stale wspierając finansowo siostrę Bronisławę.

Na początku 1890 roku, zgodnie z wcześniejszą umową, Bronisława, która kilka miesięcy wcześniej poślubiła Kazimierza Dłuskiego, zaprosiła ją do swojego paryskiego mieszkania, oferując wikt i opierunek. Marii Skłodowskiej nie było jednak stać na czesne, poza tym liczyła

wciąż na ślub z Kazimierzem Żórawskim, z którym widywała się w Warszawie. Z obu względów wróciła do ojca, u którego przebywała do jesieni 1891 roku, dorabiając sobie korepetycjami. Wreszcie, po ustawicznych naleganiach siostry i otrzymaniu listu od Kazimierza, w którym stanowczo z nią zerwał, zdecydowała się w październiku tego roku na wyjazd do Francji⁶.

1.2. Studia na Sorbonie

Maria Skłodowska, jako pierwsza kobieta w historii, zdała w 1891 roku egzaminy wstępne na wydział fizyki i chemii Sorbony w Paryżu. W dzień studiowała, a wieczorami pracowała jako korepetytorka. W 1893 roku uzyskała licencjat z fizyki i zaczęła pracować jako laborantka w przemysłowym laboratorium zakładów Lippmana. W tym czasie dalej studiowała na Sorbonie, uzyskując drugi licencjat z matematyki w 1894 roku.

1.3. Rad i polon

Również w 1894 roku poznała swojego przyszłego męża, Francuza Pierre'a Curie, który był w tym czasie doktorantem w laboratorium Becquerela. Po zrobieniu doktoratu przez Pierre'a Curie, Maria Skłodowska poślubiła go w 1895 roku. Dwa lata później przyszła na świat ich pierwsza córka Irène.

Pierre Curie zarekomendował Marię Skłodowską H. Becquerelowi, który zaproponował jej podjęcie studiów doktoranckich pod jego opieką. Becquerel zaproponował jej pozornie mało atrakcyjny i pracochłonny temat zbadania, dlaczego radioaktywność niektórych rodzajów rudy uranowej jest znacznie wyższa, niż

⁵ Susan Quinn, *Życie Marii Curie*, Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997, s. 104.

⁶ Ewa Curie, *op. cit.*, s. 100-101.

wynikałoby to z udziału w niej czystego uranu.

Maria Skłodowska, początkowo z pomocą robiącego licencjat młodego chemika André-Louisa Debierne'a, rozpoczęła żmudną pracę rozdzielania rudy uranowej na pojedyncze związki chemiczne i poszukiwanie związku powodującego jej wysoką radioaktywność. Do zespołu tego dołączył później Pierre



Zdjęcie Marii z ok. 1898, domena publiczna.

Curie. Badania te po 4 latach doprowadziły do odkrycia najpierw polonu, następnie dużo bardziej radioaktywnego radu, a także do wyjaśnienia prawdopodobnych przyczyn zjawiska radioaktywności jako efektu rozpadu jąder atomów. W 1903 roku Maria Skłodowska-Curie jako pierwsza kobieta w historii otrzymała stopień doktora fizyki i w tym samym roku przyznano jej też Nagrodę Nobla.

1.4. Laboratorium w Sorbonie

Po otrzymaniu Nagrody Nobla Maria i Pierre Curie stali się nagle bardzo sławni. Pierre'owi Curie władze Sorbony przyznały stanowisko profesora i zezwoliły na założenie własnego laboratorium, w którym Maria Skłodowska-Curie została kierowniczką badań. W tym też czasie urodziła drugą córkę Eve.

19 kwietnia 1906 roku Pierre Curie zginął, przejechany przez konny wóz ciężarowy. Maria Skłodowska-Curie straciła towarzysza życia i pracy. 13 maja tego samego roku rada wydziałowa postanowi-

ła utrzymać katedrę, stworzoną dla Pierre'a Curie, i powierzyła ją Marii Skłodowskiej-Curie wraz z pełnią władzy nad laboratorium. Umożliwiło to wyjście Marii Skłodowskiej-Curie z cienia. Stała się w ten sposób pierwszą kobietą profesorem Sorbony. Kilka lat później, w 1911 roku, tylko dwóch



Karykatura Marii i Piotra Curie (1904) autorstwa Juliusa Mendesa Price'a. Domena publiczna.

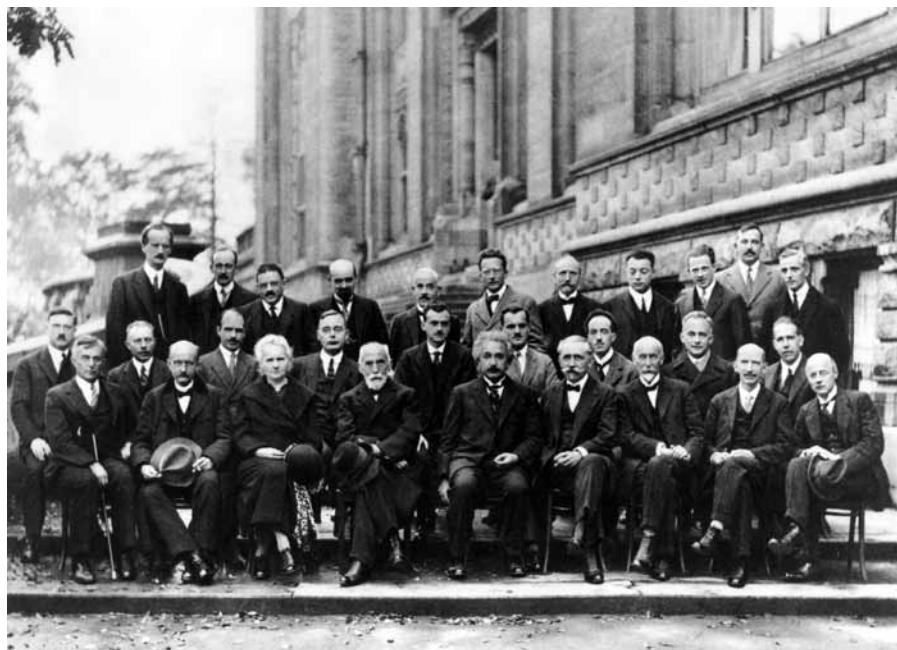
głosów zabrakło jej do tego, aby stała się jednym z czterdziestu członków Académie française i jedynym płci żeńskiej. Według niektórych ocen zadziałała ksenofobiczna postawa wobec cudzoziemców. Warto tu wspomnieć, że pięćdziesiąt jeden lat później pierwszą członkinią Akademii Francuskiej została Marguerite Perey, była doktorantka Polki.

1.5. Skandal z Paulem Langevinem

Wkrótce po porażce w Akademii ujawniony został romans Marii Skłodowskiej-Curie z fizykiem francuskim Pau-



Dyplom Nagrody Nobla dla Marii Skłodowska-Curie (1911). Domena publiczna.



Konferencja Solvay w 1927 roku. Zdjęcie wykonane przez Benjamin Coupré. Domena publiczna.

lem Langevinem, który trwał około roku, w latach 1910–1911. Langevin był żonaty i porzucił swoją rodzinę. Maria Skłodowska-Curie w oczach prasy, zwłaszcza brukowej, była osobą rozbijającą rodzinę Langevinów, w dodatku była od Paula o 4 lata starsza, a poza tym była cudzoziemką.

Jako że była zdeklarowaną ateistką i pochodziła z Polski, która dla większości Francuzów była utożsamiana z bliżej nieokreślonym terytorium pod berłem rosyjskiego cara, gdzie znaczny procent ludności stanowili Żydzi – snuto przypuszczenia, że jest Żydówką⁷, pomimo że w rzeczywistości pochodziła ze szlacheckiego polskiego rodu Dołęga-Skłodowskich, a w dzieciń-

stwie została ochrzczona w wierze katolickiej. Domniemania paryskich brukowców oparte były na tym, że Maria Skłodowska-Curie nosiła po babce drugie imię Salomea, które w Polsce było popularnym imieniem chrześcijańskim, zaś we Francji kojarzyło się z Salomé, używanym przez Żydówki.

Michel Langevin, wnuk Paula, ożenił się wiele lat później z Héléne Joliot (ur. 1927), wnuczką Marii Skłodowskiej-Curie. Oboje byli, podobnie jak ich rodzice i dziadkowie, naukowcami (w ich przypadku – fizykami nuklearnymi). Héléne Langevin-Joliot jest obecnie emerytowaną dyrektorką badań w *Centre national de la recherche scientifique* w Paryżu.

⁷ W tamtych czasach w ksenofobicznych kręgach Francji było to uważane za mocno podejrzane. Nie uchylły bowiem jeszcze resentymenty, które kilkanaście lat wcześniej doprowadziły do sprawy Dreyfusa.



Niedatowane zdjęcie Marii w laboratorium. Domena publiczna.

1.6. Instytut Radowy

Pod koniec 1911 roku Maria Skłodowska-Curie otrzymała drugą Nagrodę Nobla, dzięki której przekonała rząd Francji do przeznaczenia środków na budowę prywatnego Instytutu Radowego – Institut du radium (obecnie *Institut Curie*), który został wzniesiony w 1914 roku i w którym prowadzono badania z zakresu chemii, fizyki i medycyny. Instytut ten stał się kuźnią noblistów – wyszło z niego jeszcze czterech laureatów nagrody Nobla, w tym córka Marii Skłodowskiej-Curie, Irène, i zięć Frédéric Joliot-Curie.

1.7. I wojna światowa

W czasie I wojny światowej Maria Skłodowska-Curie została szefem wojskowej komórki medycznej zajmującej



Zdjęcie Marii Skłodowskiej-Curie z 1934. Domena publiczna.

się organizowaniem polowych stacji rentgenograficznych, które w sumie obsłużyły ponad trzy miliony przypadków urazów wśród francuskich żołnierzy.

1.8. Czasy powojenne

Po wojnie uczona nadal prowadziła Instytut Radowy w Paryżu i jednocześnie jeździła po świecie, gdzie pomagała poprzez swoją fundację zakładać medyczne instytuty leczenia chorób nowotworowych. W 1932 roku z pomocą Prezydenta RP Ignacego Mościckiego został założony w Warszawie jeden z pierwszych takich instytutów (obecnie Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie). Jego pierwszym dyrektorem została siostra Marii Skłodowskiej-Curie, Bronisława. Maria



Mural na ścianie Biblioteki Publicznej przy ul. Lipowej w Warszawie przedstawiający Marię Skłodowską-Curie autorstwa artystów z Good Looking Studio. Napis głosi: "Urodziłam się w Warszawie. Maria Skłodowska-Curie. Warszawianka, rocznik 1867. Wystąpienia publiczne zaczynała od słów: "Urodziłam się w Warszawie...". Jedyna w historii podwójna noblistka. Odkryła pierwiastki rad i polon, za co 100 lat temu – w 1911 roku – uhonorowano ją Nagrodą Nobla." Fot. Patryk Korzeniecki (2011). CC BY-3.0

ofiarowała nowej placówce gram radu, będący jej własnością. Był on podstawą rozpoczęcia działalności Instytutu.

Maria Skłodowska-Curie zmarła 4 lipca 1934 roku w alpejskiej klinice Sancellemoz, w Passy na białaczkę spowodowaną najprawdopodobniej wysokimi dawkami promieniowania pochłoniętymi podczas badań nad promieniotwórczością.

2. Wyróżnienia i nagrody

Maria Skłodowska-Curie odznaczona została Legią Honorową. Uhonorowana została również tytułami doctora honoris causa Politechniki Lwowskiej (1912), Uniwersytetu Poznańskiego (1922), Uniwersytetu Jagiellońskiego (1924) oraz Politechniki Warszawskiej (1926).

W 1995 roku Maria Skłodowska-Curie została pierwszą kobietą pochowaną pod kopułą paryskiego Panteonu w uznaniu jej zasług.

3. Maria Skłodowska-Curie w kulturze

Dotychczas powstało kilka filmów biograficznych o Marii Skłodowskiej-Curie:

- *Curie-Skłodowska* (ang. *Madame Curie*) – amerykański film z 1943 roku w reżyserii Mervyna LeRoya. W rolę Marii Skłodowskiej wcieliła się Greer Garson⁸. Obraz powstał na podstawie książki Ève Curie „Maria Curie”
- *Maria Skłodowska-Curie: w stulecie wielkiej uczonej* – film biograficzny w reżyserii Stanisława Grabowskiego z 1977 roku⁹.

8 Curie-Skłodowska, <http://www.imdb.com/title/tt0036126/> (dostęp: 2011-04-10).

9 Maria Skłodowska-Curie, <http://www.filmpolski.pl/fp/index.php/426872> (dostęp: 2011-04-10).

- *Marie Curie* – miniserial telewizyjny w reżyserii Johna Glenistera z 1977 roku. Rolę Marii Curie odegrała Jane Lapotaire¹⁰.
- *Marie Curie. Une femme honorable* – biograficzny miniserial telewizyjny z 1990 roku w reżyserii Michela Boisronda. Rolę Marii Curie odegrała Marie Christine Barrault¹¹.
- *Maria* – film biograficzny w reżyserii Krzysztofa Szmagiera z 1998 roku. Powstał on z inicjatywy Komitetu Obchodów 100-lecia Odkrycia Polonu i Radu¹².
- *Maria Skłodowska-Curie* – film biograficzny w reżyserii Bohdana Rączkowskiego z 2004 roku¹³.

Wizerunek uczoneyj został również zamieszczony na banknocie o nominale

20000 zł, wprowadzonym do obiegu w 1989 roku¹⁴.

4. Bibliografia

- Ève Curie: *Maria Curie*. Warszawa: Wydaw. Naukowe PWN, 1997. ISBN 83-01-12302-8.
- Françoise Giroud: *Maria Skłodowska-Curie*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1987. ISBN 83-06-01328-X. (cykl: Biografie Sławnych Ludzi).
- Helena Bobińska: *Maria Skłodowska-Curie*. Czytelnik, Warszawa 1965.
- Denis Brian: *Rodzina Curie*. Warszawa: „Amber”, 2006. ISBN 83-241-2450-0.
- Susan Quinn: *Życie Marii Curie*. Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997. ISBN 83-7180-003-7.
- Barbara Goldsmith: *Geniusz i obsesja : wewnętrzny świat Marii Curie*. Wrocław: Wydawnictwo Dolnośląskie, 2006. ISBN 83-7384-573-9.

¹⁰ Marie Curie, <http://www.imdb.com/title/tt0075534/> (dostęp: 2011-04-10).

¹¹ Marie Curie. Une femme honorable, [filmpolski.pl](http://www.filmpolski.pl/fp/index.php/127083), <http://www.filmpolski.pl/fp/index.php/127083> (dostęp: 2011-04-10).

¹² Maria, <http://www.filmpolski.pl/fp/index.php/429831> (dostęp: 2011-04-10).

¹³ Maria Skłodowska-Curie, <http://www.filmpolski.pl/fp/index.php/4220094> (dostęp: 2011-04-10).

¹⁴ Maria Skłodowska-Curie na banknocie 20 000 zł z 1989 roku, <http://www.sklodowska.wortale.net/64-Maria-Sklodowska-Curie-na-banknocie-20-000-zl-z-1989-roku.html> (dostęp: 2011-04-10).

PIERRE CURIE

Pierre Curie (ur. 15 maja 1859 w Paryżu, zm. 19 kwietnia 1906 tamże) – francuski fizyk, brat fizyka i mineraloga Jacquesa Curie, mąż Marii Skłodowskiej - Curie.



Zdjęcie Pierre'a Curie. Domena publiczna.

Zajmował się badaniem kryształów i promieniotwórczości. W roku 1880 odkrył zjawisko piezoelektryczności. Wraz z żoną Marią Skłodowską-Curie w roku 1898 odkrył pierwiastki rad i polon. W roku 1903 otrzymał wraz z żoną Nagrodę Nobla z fizyki¹⁵.

Zginął śmiercią tragiczną, przejechał przez konny wóz ciężarowy, w czasie



Pierre i Maria Curie w laboratorium (przed 1907). Zdjęcie w domenie publicznej.

gdy usiłował przebiec przez ulicę Dauphine w Paryżu.

Miał dwie córki Ève Curie i Irène (Irène Joliot-Curie). Irène odkryła wraz z mężem Frédérikiem Joliot-Curie sztuczną promieniotwórczość, za co dostała Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii w 1935 roku.

¹⁵ Pierre Curie - Biography, nobelprize.org, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/pierre-curie.html (dostęp: 2011-04-10).

POLON

Polon (Po, łac. *polonium*) – pierwiastek chemiczny z grupy metaloidów bloku p w układzie okresowym. Nazwa pochodzi od łacińskiej nazwy Polski.

1. Historia odkrycia

Pierwiastek ten został odkryty w 1898 roku przez Marię Skłodowską-Curie i Piotra Curie – w tym samym roku co rad. Curie nadała mu nazwę na cześć Polski, która była wówczas pod zaborami, licząc na to, iż odkrycie nagłośni ten fakt na arenie międzynarodowej. Został on w ten sposób prawdopodobnie pierwszym pierwiastkiem, którego nazwa nosi w sobie wążkę polityczny¹⁶.

2. Właściwości radioaktywne

Polon właściwy jest silnie radioaktywnym, srebrzystoszarym metalem. Jego własności fizyczne i chemiczne zbliżone są do selenu.

Polon jest silnym emiterym promieniowania alfa – miligram polonu-210 emituje tyle samo cząstek alfa, co 4,5 gra-

ma radu-226. Próbką polonu emanuje niebieską poświatą – jest to efekt wzbudzenia otaczającego ją powietrza. Jeden gram polonu wydziela 140 watów mocy, ogrzewając się przy tym do ponad 500°C. Z tego względu był on niegdyś używany jako lekkie źródło ciepła w satelitach i pojazdach kosmicznych, np. w radzieckich łunochodach do ogrzewania podzespołów podczas zimnych nocy księżycowych. Obecnie jest jeszcze czasami stosowany jako wygodne, wysokowydajne źródło cząstek alfa¹⁷.

3. Izotopy

Posiada 33 izotopy z przedziału mas 188–220. Nie posiada trwałych izotopów. Względnie najtrwalszy jest izotop 209 (okres połowicznego rozpadu – 103 lata), paradoksalnie nie występuje on jednak naturalnie, lecz został otrzymany w wyniku sztucznej syntezy jądrowej poprzez bombardowanie bizmutu neutronami. Najtrwalszym, naturalnie występującym izotopem jest izotop 210. Okres połowicznego rozpadu tego izotopu to 138,3 dni. Produktem

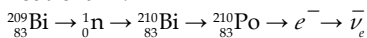
16 K. Kabzińska, Chemical and Polish Aspects of Polonium and Radium Discovery, "Przemysł chemiczny (The Chemical Industry)" 1998, nr 77, s. 104.

17 RSC Chemistry World Q&A: Polonium-210, <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2006/November/27110601.asp> 2006-11-27 (dostęp: 2011-04-10).

tego rozpadu jest stabilny izotop ołowiu ^{206}Pb .

4. Występowanie

Polon występuje w skorupie ziemskiej w śladowych ilościach w rudach uranu oraz jako tlenek. Jego stężenie w tych rudach jest jednak tak małe, że przemysłowo oplaca się go otrzymywać na drodze wcześniej wspomnianego bombardowania bizmutu neutronami:



Jego światowa produkcja wynosi ok. 100 gramów rocznie. Ilość polonu w skorupie ziemskiej jest na tyle mała, że nie podaje się żadnych, nawet szacunkowych danych na ten temat¹⁸.

5. Związki chemiczne

Znanych jest kilkanaście związków chemicznych polonu: tlenki PoO_2 i PoO_3 , wodorek PoH_2 , wodorotlenek Po(OH)_2 , halogenki, np. PoCl_2 , PoBr_4 , siarczek PoS i związki metaloorganiczne. Związki te nie mają jednak żadnego praktycznego zastosowania ze względu na gigantyczny koszt produkcji samego polonu. PoF_6 był używany w latach 60. XX w. W ZSRR

jako aktywator lakierów luminescencyjnych stosowanych w lampach, obecnie został już jednak zastąpiony tańszymi zamiennikami.

6. Oddziaływanie na organizmy żywe

Polon wprowadzony do organizmu jest silnie toksyczny. LD_{50} (dawka śmiertelna) dla polonu wynosi ok. 1 mikrograma, co czyni go ok. 250 000 razy bardziej trującym niż cyjanowodór. Emitowane cząstki alfa z łatwością niszczą strukturę tkanek ludzkiego organizmu, jeśli tylko dostanie się on tam poprzez inhalację, połknięcie lub absorpcję. Polon nie przenika przez skórę, toteż znajdując się na zewnątrz ciała nie stanowi tak wielkiego zagrożenia. Izotopy polonu ^{214}Po i ^{218}Po , jako produkty rozpadu radonu w śladowych ilościach znajdują się w powietrzu wewnątrz pomieszczeń. Dodatkowe zagrożenie stwarza palenie tytoniu, do którego liści przenika polon obecny w nawozach fosforowych. Duże stężenie polonu-210 stwierdzono w organizmie Aleksandra Litwinienki, otrutego w listopadzie 2006 roku w Londynie¹⁹.

¹⁸ *Ibidem*.

¹⁹ Borys Korczak-Sielicki, Czy Aleksandr Walterowicz Litwinienko musiał umrzeć?, www.racionalista.pl, <http://www.racionalista.pl/kk.php/s,5265>, 2007-02-11 (dostęp: 2011-04-10); Olivier Reiser, Polonium-210 - In tödlicher Mission, www.chemie-im-alltag.de, <http://www.chemie-im-alltag.de/articles/0089/index.html> (dostęp: 2011-04-10).

RAD

Rad (**Ra**, łac. *radium*) – pierwiastek chemiczny z grupy metali ziem alkalicznych w układzie okresowym. Nazwa pochodzi od łacińskiego słowa *radius* oznaczającego promień.

1. Charakterystyka

W formie czystej rad jest srebrzystym, lśniącem i miękkim metalem. Posiada silne własności promieniotwórcze. Jego własności chemiczne są zbliżone do baru. Reaguje stosunkowo powoli z tlenem atmosferycznym tworząc tlenek RaO i dość gwałtownie z wodą tworząc wodorotlenek $\text{Ra}(\text{OH})_2$. Kationy Ra^{2+} należą do IV grupy analitycznej. Sole radu barwią płomień na kolor karmazynowy²⁰.

2. Występowanie

Rad występuje naturalnie w rudach uranu, w formie tlenku RaO i wodorotlenku $\text{Ra}(\text{OH})_2$. W skorupie ziemskiej wystę-

puje w ilości ok. 6×10^{-7} ppm (parts per million).

3. Izotopy i radioaktywność

Rad posiada 33 izotopy. Wszystkie jego izotopy są niestabilne. Najtrwalszy z nich jest izotop 226, który ma czas połowicznego rozpadu 1599 lat. ^{226}Ra rozpada się trojako; energia promieniowania promieniowania α (alfa), β (beta) i γ (gamma) wynosi odpowiednio 4,8, 0,0036 i 0,0067 MeV (elektronowoltów)²¹.

Izotopy radu występujące w szeregu promieniotwórczym aktynu i toru noszą nazwy zwyczajowe:

- ^{223}Ra : *aktyn X*, AcX (powstaje z ^{227}Ac po rozpadzie α i β ; szereg uranowo-aktynowy)
- ^{224}Ra : *tor X*, ThX (powstaje z ^{228}Th po rozpadzie α ; szereg torowy)
- ^{228}Ra : *mezotor 1*, MsThI lub MsTh₁ (powstaje z ^{232}Th po rozpadzie α ; szereg torowy)²².

20 Jerzy Minczewski, Zygmunt Marczenko *Chemia analityczna - 1 podstawy teoretyczne i analiza jakościowa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001. ISBN 83-01-13499-2.

21 *Układ Okresowy Pierwiastków*, Wydawnictwo Adamantan, Wyd. X; Witold Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2004. ISBN 83-7350-040-5; Argonne National Laboratory, EVS Human Health Fact Sheet, August 2005.

22 Włodzimierz Trzebiatowski, *Chemia nieorganiczna*, Wydawnictwo PWN, wyd. VIII, s. 402 i 614.

4. Odkrycie

Rad został odkryty przez Marię Skłodowską-Curie i jej męża Piotra Curie. Za datę tego odkrycia, zgodnie z zeszytem laboratoryjnym Marii, przyjmuje się rok 1898.

5. Zastosowanie

Najważniejsze związki radu to sole Ra^{2+} (chlorek i węglan) które były używane w terapii nowotworowej i do produkcji farb luminescencyjnych. Obecnie rad nie jest już stosowany, ze względu na dużą radioaktywność, powodującą białaczkę u osób uczestniczących w produkcji soli radu.

6. Znaczenie biologiczne

Rad pośrednio zwiększa szybkość mutagenезы organizmów, szczególnie żyjących w jaskiniach. Średnia zawartość radu w kościach i tkankach ludzkich wynosi ok. 2×10^{-9} ppm. Działanie mutacyjne radu w środowisku jaskiniowym spotęgowane jest przez radon, który powstaje z radu i przenika do izolowanej atmosfery jaskini. Obecność radu w dzisiejszym środowisku naturalnym człowieka jest związana m.in. Z kopalinami wchodzącymi w skład betonu. Rad dostający się do organizmu drogą oddechową jest 10 razy bardziej rakotwórczy niż spożyty²³.

²³ Argonne National Laboratory, EVS Human Health Fact Sheet, August 2005.

IRÈNE JOLIOT-CURIE

Irène Joliot-Curie (ur. 12 września 1897 w Paryżu, zm. 17 marca 1956 tamże) – francuska fizykochemiczka, laureatka Nagrody Nobla w dziedzinie chemii.

Córka Marii Skłodowskiej-Curie i Piotra Curie. W 1934 wraz z mężem, Frédérikiem Joliot-Curie, wykonała zdjęcie komory mgłowej.



Pierre, Irène i Maria Curie (przed 1906). Zdjęcie w domenie publicznej.

wej, na którym uwieczniła zjawisko tworzenia się par elektronowo-pozytonowych z fotonów²⁴.

W 1935 roku otrzymała wraz z mężem Nagrodę Nobla z chemii w uznaniu za odkrycie sztucznej promieniotwórczości – syntezynowych nuklidów promieniotwórczych²⁵. W 1950 roku Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie²⁶, a w 1951 roku Uniwersytet Jagielloński przyznał jej i jej mężowi tytuły doktora honoris causa.

Była socjalistką, wraz z mężem wstąpiła w 1934 roku do francuskiej Partii Socjalistycznej. Jako jedna z trzech kobiet uczestniczyła w utworzonym w roku 1936 koalicyjnym rządzie Frontu Ludowego, w którym była sekretarzem stanu ds. badań naukowych²⁷.

Zmarła na białaczkę. Osierociła córkę Héléne (Héléne Langevin-Joliot) oraz syna Piotra (Pierre Joliot-Curie).



Zdjęcie Ireny Joliot-Curie z 1935. Domena publiczna.

²⁴ Andrzej Kajetan Wróblewski, *Historia fizyki*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2009, ISBN 978-83-01-14635-1, s. 499.

²⁵ The Nobel Prize in Chemistry 1935: Frédéric Joliot, Irène Joliot-Curie, nobelprize.org, http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/ (dostęp: 2011-04-10).

²⁶ Doktorzy honoris causa UMCS, <http://www.umcs.lublin.pl/articles.php?acid=14&mid=1&mref=10> (dostęp: 2011-04-10).

²⁷ Britannica's guide to the Nobel Prizes, www.britannica.com (dostęp: 2011-04-10).

ÈVE CURIE

Ève Curie Labouisse (ur. 6 grudnia 1904 w Paryżu, zm. 22 października 2007 w Nowym Jorku) – francusko-amerykańska pisarka, dziennikarka, pianistka i polityk. Córka Marii Curie-Skłodowskiej i Pierre'a Curie, młodsza siostra Irène Joliot-Curie, szwagierka Frédérika Joliot-Curie. Autorka biografii swojej matki *Maria Curie* i reportażu wojennego *Podróż wśród wojowników*. Od lat 60. czynnie zaangażowana w pracę organizacji pomocy na rzecz dzieci UNICEF.

1. Dzieciństwo

Ève Curie urodziła się 6 grudnia 1904 w Paryżu. Była młodszą córką Marii Skłodowskiej-Curie i Pierre'a Curie, którzy mieli jeszcze córkę Irène (urodzoną w 1897). Ève praktycznie nie знаła ojca, który tragicznie zginął w wypadku (przejechany przez powóz konny), kiedy miała zaledwie dwa lata. Po wypadku, który był bardzo traumatycznym przeżyciem dla matki Ève, Marię Skłodowską-Curie i jej córki przez pewien czas wspierał jej teść Eugène Curie, zmarł on jednak wkrótce potem w 1910. W tej sytuacji Maria Skłodowska-Curie była zmuszona wychowywać

córki sama i przy pomocy guwernantek. Chociaż Ève później wyznała, że jako dziecko odczuwała brak dostatecznej uwagi ze strony matki i że dopiero w wieku młodzieńczym nawiązała z nią silną więź emocjonalną, Maria od początku dbała o staranne wykształcenie i rozwijanie zainteresowań córek. Podczas gdy Irène poszła w ślady matki i stała się znanym naukowcem (w 1935 razem z mężem Frédérikiem Joliot-Curie otrzymała Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii), młodsza Ève wykazywała zainteresowania bardziej artystyczne i literackie; już jako dziecko zdradzała talent zwłaszcza w dziedzinie muzyki²⁸.

Maria Skłodowska-Curie dbała również o rozwój fizyczny dziewczynynek. Niezależnie od pogody chodziły one na długie spacerunki, jeździły na rowerach, latem pływały, a w ogrodzie ich domu w Sceaux (Hauts-de-Seine) Maria zainstalowała urządzenia gimnastyczne. Ève i Irène uczyły się też szycia, ogrodnictwa i gotowania.

Obie córki Marii, mimo że były obywatelkami francuskimi (Ève później przyjęła obywatelstwo amerykańskie) i że ich pierwszym językiem był francuski, zachowały też świadomość polskiego pochodze-

²⁸ Margalit Fox, *Eve Curie Labouisse, Mother's Biographer, Dies at 102*, New York Times, 2007-10-25, <http://www.nytimes.com/2007/10/25/arts/25labouisse.html?partner=rssnyt&emc=rss> (dostęp: 2011-04-10).

nia i znały język polski. W 1911 razem z matką odwiedziły Polskę. Głównym celem wizyty było spotkanie z siostrą Marii Skłodowskiej-Curie, Bronisławą, która przebywała wtedy w sanatorium. Podczas pobytu w Polsce jeździły też konno i odbywały kilkudniowe wędrówki po górach²⁹.

2. Młodość

W 1921 szesnastoletnia Ève odbyła pierwszą podróż za ocean: wiosną tego roku razem z siostrą i matką popłynęły statkiem RMS „Olympic” do Nowego



Ève Curie w 1921. Zdjęcie w domenie publicznej.

Jorku. Maria Skłodowska-Curie jako dwukrotna laureatka Nagrody Nobla, odkrywczyni radu i polonu, była tam przyjmowana z wielkimi honorami. Dużym powodzeniem w towarzystwie cieszyły się też jej córki. Brylującą w towarzystwie i pełną radości życia Ève prasa nazwała wtedy nawet „dziewczyną o radowych oczach” (the girl with radium eyes). Podczas podróży Ève i Irène pełniły jednocześnie rolę „strażniczek przybocznych” matki — skupiona zwykle na pracy naukowej i preferująca proste życie Maria nie zawsze czuła się komfortowo, odbierając składane jej hołdy. Podczas wizyty w Stanach Zjednoczonych Maria, Irène i Ève spotkały się w Waszylng-

tonie z prezydentem Warrenem Hardingiem, zwiedziły wodospad Niagara, po czym pociągiem pojechały zobaczyć Wielki Kanion Kolorado, gdzie odbyły też przejażdżkę na mulach. Do Paryża powróciły w czerwcu 1921³⁰.

Ève, podobnie jak wcześniej jej siostra Irène, ukończyła studia na Collège Sévigné w Paryżu, gdzie w 1925 uzyskała tytuł licencjata zarówno z nauk przyrodniczych, jak i filozofii. Cały czas kształciła się też w pianistycie, dając swój pierwszy koncert w Paryżu w 1925. Później wielokrotnie koncertowała w stolicy Francji, na prowincji i w Belgii.

Po wyjściu za mąż Irène za Frédérika Joliot w 1926, Ève nadal mieszkała z matką w Paryżu, opiekując się nią, a także towarzysząc jej w podróżach po Francji, do Włoch, Belgii, Szwajcarii. W 1932 razem z ówczesnym prezydentem Czechosłowacji Tomášem Masarykiem odbyły też podróż do Hiszpanii.

Ève, aczkolwiek bardzo kochała swoją matkę, miała od niej (a także od swojej siostry Irène) całkiem inną osobowość. Nie interesowały jej nauki przyrodnicze i ścisłe, z zainteresowań była humanistką. W przeciwieństwie do matki zawsze też pociągało ją światowe życie. Podczas gdy Maria z reguły nosiła czarne, proste suknie, Ève, wyróżniająca się atrakcyjną powierzchownością, zawsze dbała o eleganckie stroje, nosiła buty na wysokich obcasach i makiżaj, uwielbiała brylować na salonach. Zarówno Ève, jak i Irène opiekowały się matką aż do jej śmierci — Maria, chora na białaczkę, wywołaną prawdopodobnie

²⁹ Biografia Ève Curie, [www.answers.com](http://www.answers.com/topic/ve-curie), <http://www.answers.com/topic/ve-curie> (dostęp: 2011-04-10).

³⁰ Eve Curie: *Journalist and humanitarian who wrote a celebrated biography of her mother Marie Curie*, The Sunday Times, 2007-10-26, <http://www.timesonline.co.uk/tol/comment/obituaries/article2740123.ece> (dostęp: 2011-04-10).

³¹ Biografia Ève Curie, *op.cit.*

przez długoletni kontakt z radem, zmarła 4 lipca 1934³¹.

3. Biografia matki

Po śmierci Marii Skłodowskiej-Curie Ève postanowiła dać wyraz swojej miłości do matki, pisząc jej biografię. W tym celu tymczasowo wycofała się z życia towarzyskiego i zamieszkała w małym mieszkaniu w Auteuil (Yvelines), gdzie gromadziła i porządkowała dokumenty i listy pozostawione przez Marię. Jesienią 1935 odwiedziła też rodzinę w Polsce, poszukując informacji o dzieciństwie i młodości swojej matki. Owocem tej pracy stała się biografia *Madame Curie*, wydana w 1937 jednocześnie we Francji, Wielkiej Brytanii, Włoszech, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych i innych krajach. W Polsce praca ta została po raz pierwszy opublikowana w 1938 pod tytułem *Maria Curie*, a już rok wcześniej (w 1937) prezydent RP Ignacy Mościcki w uznaniu jej zasług dla rozślawienia imienia Polski odznaczył Ève Krzyżem Oficerskim Polonia Restituta.

Biografia matki Ève już w momencie wydania zyskała duże uznanie w kręgach czytelniczych, w wielu krajach (w tym w USA) była bestsellerem. W 1937 książce przyznano amerykańską nagrodę National Book Award w kategorii literatury faktu, a w 1943 została sfilmowana przez hollywoodzką wytwórnię Metro-Goldwyn-Mayer (odtwórczynią głównej roli początkowo miała być Greta Garbo, ostatecznie Marię Skłodowską-Curie zagrała Greer Garson).

Z drugiej strony, zwłaszcza w późniejszych czasach, biografia Marii Skłodowskiej była często obiektem krytyki ze strony historyków nauki. Ève zarzucano, że

przedstawiła swoją matkę w hagiograficznym świetle i że przemilczała na przykład romans Marii z Paulem Langevinem, byłym uczniem jej męża, mężczyzną żonatym i mającym czworo dzieci, z którym związała się po śmierci Pierre'a, co wywołało ogromny skandal w ówczesnej Francji. Autorce zarzucano też, że nie przedstawiła kłopotów i szykan, z jakim Maria spotykała się ze strony francuskiego środowiska naukowego i prasy brukowej. Ève angażowała się coraz bardziej w działalność literacką i dziennikarską. Oprócz biografii matki, przez wiele lat publikowała też pod pseudonimem recenzje muzyczne w tygodniku *Candide*, jak również artykuły o teatrze, muzyce i filmie do innych paryskich czasopism³².

4. Okres II wojny światowej

Po wybuchu II wojny światowej w 1939 Ève Curie została mianowana przez powieściopisarza i dramaturga Jeana Giraudoux, który w tym samym roku został francuskim komisarzem ds. informacji, kierownikiem oddziału kobiecego tegoż komisariatu. Po ataku Niemiec na Francję Ève 11 czerwca 1940 opuściła Paryż, a po kapitulacji Francji przedostała się wraz z innymi uciekinierami na pokładzie przepelnionego i ostrzeliwanego przez niemieckie samoloty statku do Anglii. Tam opowiedziała się za gen. Charles'em de Gaulle'em i siłami Wolnej Francji, aktywnie walcząc z nazizmem, na skutek czego rząd Vichy w maju 1941 odebrał jej obywatelstwo, skonfiskowano też jej majątek pozostawiony w kraju.

Większość czasu wojny Ève Curie spędziła w Wielkiej Brytanii (poznała m.in. Winstona Churchilla, odwiedziła też polskich

32 *Ibidem*.

żołnierzy w Szkocji) i Stanach Zjednoczonych, gdzie wygłaszała odczyty i pisała do amerykańskich gazet, między innymi „New York Herald Tribune” (obecnie „International Herald Tribune”). Już w 1940 została przyjęta w Białym Domu przez ówczesną „pierwszą damę” Ameryki Eleanor Roosevelt. Pod wpływem tej wizyty wygłosiła później serię odczytów pod tytułem „Francuskie kobiety i wojna” (*French Women and the War*), w maju 1940 miesięcznik „The Atlantic Monthly” opublikował jej esej pod tym samym tytułem.

W okresie od listopada 1941 do kwietnia 1942 Ève Curie odbyła podróż w charakte-



Ève Curie na okładce magazynu *Time* z 1940. Zdjęcie w domenie publicznej.

rze korespondentki wojennej do Afryki, Związku Radzieckiego i Azji, podczas której była świadkiem między innymi ofensywy brytyjskiej w Egipcie i Libii w grudniu 1941 oraz ofensywy radzieckiej pod Moskwą w styczniu 1942. Podczas tej kilkumiesięcznej podróży, w czasie której pokonała ponad 60 000 km, wielokrotnie miała okazję spotkać się z polskimi żołnierzami walczącymi na Bliskim Wschodzie i zgłaszającymi się do właśnie tworzonej Armii Polskiej w ZSRR generała Władysława Andersa; spotkała się też z szachem Iranu Mohammadem Rezą Pahlawim, przywódcą walczących z Japończykami Chin, generalissimusem Czang Kaj-szekem, i Mahatmą Gandhim. Relacje z tej podróży na bieżąco publikowała w amerykańskich gazetach, a w 1943 zebrała je

w książce *Podróż wśród wojowników* (*Journey Among Warriors*), która w 1944 była nominowana do Nagrody Pulitzera (ostatecznie nagrody nie zdobyła, przyznano ją Ernestowi Taylorowi Pyle, również za tom reportaży wojennych). Pomimo walearów literackich i licznych akcentów polskich reportaży *Podróż wśród wojowników* do dzisiaj nie został wydany w Polsce. Po powrocie do Europy Ève Curie służyła jako ochotniczka w kobiecym korpusie medycznym Wolnych Francuzów podczas kampanii włoskiej, awansując do stopnia porucznika na etacie majora w 1 Dywizji Wolnych Francuzów, a w sierpniu 1944 razem ze swoimi oddziałami brała udział w lądowaniu w Prowansji na południu Francji. Za zasługi w 1944 została odznaczona Krzyżem Wojennym³³.

5. Po wojnie

Po wyzwoleniu Francji Ève Curie w latach 1944–1949 była współwydawcą dziennika „Paris-Presse”, aktywnie działając też na niwie politycznej. Między innymi w rządzie Charles'a de Gaulle'a zajmowała się sprawami kobiet. W 1948 wraz z gro-nem innych wybitnych intelektualistów europejskich poparła powstanie państwa Izrael, apelując w tej sprawie do ONZ. W latach 1952–1954 była specjalnym doradcą Sekretarza Generalnego NATO, którym był wtedy Hastings Lionel Ismay. 19 listopada 1954 poślubiła amerykańskiego polityka i dyplomata Henry'ego Richardsona Labouisse'a Juniora, który w latach 1962–1965 był ambasadorem USA w Grecji. Henry Labouisse ożenił się z Ève 9 lat po śmierci swojej pierwszej żony - Elizabeth Scriven Clark (zm. 29 czerwca 1935 r.). Zarówno on, jak i Ève urodzili się w tym

33 *Ibidem*.

samym roku - 1904, on w lutym, a ona w grudniu. Cztery lata po zawarciu małżeństwa Ève Curie Labouisse uzyskała obywatelstwo amerykańskie.

6. Praca w organizacji UNICEF

W 1965 mąż Ève zrezygnował z pracy w administracji USA, kiedy Sekretarz Generalny Organizacji Narodów Zjednoczonych u Thant zaproponował mu objęcie stanowiska dyrektora organizacji UNICEF, zajmującej się pomocą dla dzieci. Funkcję tę Labouisse pełnił do 1979. Czynnie wspierała go w tym żona, również pracująca w tej organizacji, często nazywana „Pierwszą Damą UNICEF-u”. Razem odwiedzili ponad 100 krajów, przeważnie Trzeciego Świata, które były beneficjentami pomocy UNICEF-u. W 1965 Labouisse, w towarzystwie żony, odebrał też Pokojową Nagrodę Nobla, która została przyznana jego organizacji. W czasie swoich podróży Ève po wojnie dwukrotnie odwiedziła też Polskę – w 1967 z okazji otwarcia Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie i później w 1999³⁴.

7. Ostatnie lata życia

Po śmierci męża w 1987 Ève zamieszkała w Nowym Jorku. Z małżeństwa z Henrym Labouissem nie miała dzieci. Odwiedzała ją Anne Peretz, jedyna córka Labouisse'a z jego pierwszego małżeństwa.

W grudniu 2004 uroczyste obchodowano setną rocznicę urodzin Ève Curie. Z okazji tej w jej nowojorskim mieszkaniu odwiedził ją sekretarz generalny ONZ Kofi Annan, życzenia składali też prezydenci: USA – George W. Bush i Francji – Jacques Chirac. List gratulacyjny wystosował również Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, nie było natomiast odzewu ze strony polskich władz państwowych³⁵.

Dopiero w następnym roku (2005) córka polskiej noblistki otrzymała od polskiego prezydenta Aleksandra Kwaśniewskiego Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski. Order wręczył jego następca Lech Kaczyński podczas wizyty w Stanach Zjednoczonych w dniach 17 – 19 września 2006 roku, podkreślając wielkie zasługi dla Polski całej wybitnej rodziny noblistów.

W lipcu 2005 Ève Curie Labouisse za działalność w organizacji UNICEF została odznaczona francuskim odznaczeniem – Legią Honorową. Za odznaczenie podziękowała słowami:

Czuję się zaszczycona i dumna. Jestem odrobinę zakłopotana, ponieważ nie sądzę, żebym zasłużyła na wszystkie te wspaniałe komplementy, więc nie do końca wiem, jak powinnam się zachować. Jednak jest to dla mnie naprawdę wspaniałą dzień i zapamiętam go na długi czas³⁶.

Wcześniej żartobliwie o sobie mawiała, że przyniosła „wstyd rodzinie”. „W mojej rodzinie było pięć Nagród Nobla” – żartowała. „Dwie dla matki, jedna dla ojca, jedna dla siostry i szwagra oraz jedna dla męża. Tylko mnie się nie udało...”.

³⁴ Eric Pace, *Henry R. Labouisse dies; Former Chief of UNICEF*, New York Times, 1987-03-27 (dostęp: 2011-04-10).

³⁵ Córka Patronki nie żyje, www.umcs.edu.pl (dostęp: 2011-04-10).

³⁶ Marta Godzwon, UNICEF gospodarzem ceremonii wręczenia nagrody dla Ewy Labouisse - córki Marie Curie Skłodowskiej, www.unicef.pl, 2005-07-14 (dostęp: 2011-04-10).

Ève Curie zmarła we śnie 22 października 2007 w swojej rezydencji na Sutton Place na Manhattanie, przeżywszy 102 lata³⁷.

Ann Veneman, dyrektor wykonawczy UNICEF-u, powiedziała po jej śmierci:

Pani Labouisse była utalentowaną, posiadającą wysokie kwalifikacje kobietą, która korzystała z wielu swoich umiejętności dla

promowania pokoju i rozwoju. Kiedy jej mąż przewodniczył organizacji UNICEF, odgrywała bardzo aktywną rolę w organizacji; podróżując z nim, aby ujmować się za dziećmi oraz dawać wsparcie i otuchę pracownikom UNICEF-u w wielu odległych i trudnych miejscach. Jej energia i jej zaangażowanie na rzecz poprawy świata powinny być dla nas wszystkich inspiracją³⁸.

³⁷ *Eve Curie: Journalist and humanitarian who wrote a celebrated biography of her mother Marie Curie*, The Sunday Times, 2007-10-26 (dostęp: 2011-04-10); *Obituaries: Eve Curie*, The Telegraph, 2007-11-08 (dostęp: 2011-04-10); Margalit Fox, *op.cit.*

³⁸ UNICEF mourns the death of Eve Curie Labouisse, www.unicef.org, 2007-10-25 (dostęp: 2011-04-10).

INSTYTUT RADOWY W WARSZAWIE

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie – warszawska placówka onkologiczna, wywodząca się z Instytutu Radowego, założonego z inicjatywy Marii Skłodowskiej-Curie w 1932 roku.

1. Informacje ogólne

Centrala instytutu znajduje się w Warszawie przy ulicy Roentgena, a klinika przy ulicy Wawelskiej³⁹.

2. Historia

Instytut został założony 29 maja 1932 roku z inicjatywy i na prośbę Marii Skłodowskiej-Curie jako *Instytut Radowy* przy ulicy Wawelskiej.

W 1951 roku na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów połączono *Instytut Radowy* w Warszawie z *Instytutem Onkologii* w Krakowie oraz z istniejącym od 1947 roku *Państwowym Instytutem Przeciwrakowym w Gliwicach* w *Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie* z centralą w Warszawie oraz oddziałami w Krakowie i Gliwicach.

Dzięki staraniom nestora polskiej onkologii profesora Tadeusza Koszarowskie-



Mural na dawnym budynku Instytutu Radowego przy ulicy Wawelskiej w Warszawie autorstwa Pawła Rupińskiego i Jerzego Mierzwiaka. Tekst głosi: „Mojem najgorętszym życzeniem jest powstanie Instytutu Radowego w Warszawie. Marja Skłodowska-Curie”. Fot. Marcin Białek (2007). CC BY-SA 3.0

³⁹ Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie, www.coi.pl (dostęp: 2011-04-10).

go na warszawskim Ursynowie zrealizowano potężną inwestycję, której pierwsze pomieszczenia oddano do użytku w 1984 roku. W tym też roku *Institutowi Onkologii* nadano nową nazwę: *Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie*. Cen-

trum jest wiodącą placówką onkologiczną w Polsce.

3. Literatura

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie 1932-2002, red. E. Towpik, ISBN 83-88681-15-X.

*A scientist in his laboratory is not only a technician: he
is also a child placed before natural phenomena which
impress him like a fairy tale.*

As quoted in *Madame Curie : A Biography* (1937) by Eve Curie Labouisse,
as translated by Vincent Sheean

MARIE CURIE

Marie Skłodowska-Curie (7 November 1867 – 4 July 1934) was a Polish-born French physicist and chemist famous for her work on radioactivity. She was a pioneer in the field of radioactivity and the first person honored with two Nobel Prizes⁴⁰ – in physics and chemistry. She was also the first female professor at the University of Paris.

Maria Skłodowska was born in Warsaw (in Vistula Land, Russian Empire by then; now in Poland) and lived there until she was twenty-four. In 1891 she followed her older sister Bronisława to study in Paris, where she obtained her higher degrees and conducted her subsequent scientific work. She founded the Curie Institutes in Paris and Warsaw. Her husband Pierre Curie shared her Nobel prize in physics. Her daughter Irène Joliot-Curie and son-in-law, Frédéric Joliot-Curie, also shared a Nobel prize. She was the sole winner of the 1911 Nobel Prize for Chemistry. Curie was the first woman to win a Nobel

Prize, and she is the only woman to win the award in two different fields and only person to win the award in multiple sciences.

Her achievements include the creation of a theory of *radioactivity* (a term she coined⁴¹), techniques for isolating radioactive isotopes, and the discovery of two new elements, polonium and radium. Under her direction, the world's first studies were conducted into the treatment of neoplasms – including cancers – using radioactive isotopes.

While an actively loyal French citizen, she never lost her sense of Polish identity. She named the first new chemical element that she discovered polonium (1898) for her native country,⁴² and in 1932 she founded



Maria Skłodowska-Curie (1911). In public domain.

⁴⁰ "Nobel Laureate Facts", http://nobelprize.org/nobel_prizes/nobelprize_facts.html, retrieved 26 November 2008.

⁴¹ Robert Reid, *Marie Curie*, New York, New American Library, 1974, p. 184.

⁴² Poland had been partitioned in the 18th century among Russia, Prussia and Austria, and it was Skłodowska-Curie's hope that naming the element after her native country would bring world attention to its lack of independence. Polonium may have been the first chemical element named to highlight a political question. K. Kabzinska, "Chemical and Polish Aspects of Polonium and Radium Discovery", *Przemysł chemiczny* (The Chemical Industry), 77:104-7, 1998.

a Radium Institute (now the Maria Skłodowska–Curie Institute of Oncology)



Marie Skłodowska's birthplace in Warsaw. Now a museum of Marie Curie. Photo: Memorino (2009). CC BY-3.0

in her home town, Warsaw, headed by her sister Bronisława - physician.

1. Early life

Marie Skłodowska was born as the fifth and youngest child of well-known teachers Bronisława and Władysław Skłodowski. Maria's older siblings were Zofia (born

1862), Józef (1863), Bronisława (1865), and Helena (1866).

Maria's grandfather Józef Skłodowski had been a respected teacher in Lublin. Her father Władysław Skłodowski taught mathematics and physics, subjects that Maria was to pursue, and he also was director of two Warsaw *gymnasia*⁴³ for boys, in addition to lodging boys in the family home. Her mother, Bronisława, operated a prestigious Warsaw boarding school for girls. She suffered from tuberculosis and died when Maria was twelve.

Maria's father was an atheist and her mother a devout Catholic.⁴⁴ Two years earlier, Maria's oldest sibling, Zofia, had died of typhus. The deaths of her mother and sister, according to Robert William Reid, caused Maria to give up Catholicism and become agnostic.⁴⁵

When she was ten years old, Maria began attending the boarding school that her mother had operated while she was well; next Maria attended a *gymnasium* for girls, from which she graduated on 12 June 1883. She spent the following year in the countryside with her father's relatives, and the next with her father in Warsaw, where she did some tutoring.

On both the paternal and maternal sides, the family had lost their property and fortunes through patriotic involvements in Polish national uprisings. This condemned each subsequent generation, including that of Maria, her elder sisters, and brother to a difficult struggle to get ahead in life.⁴⁶

⁴³ *Gymnasium* refers here to a type of school providing secondary education, comparable to grammar schools in England.

⁴⁴ Eve Curie, *Marie Curie: A Biography*, translated by Vincent Sheean, Da Capo Press, 2001.

⁴⁵ Robert William Reid, *Marie Curie*. London: Collins. p. 19. "Unusually at such an early age, she became what T.H. Huxley had just invented a word for: agnostic."

⁴⁶ Wojciech A. Wierzewski, "Mazowieckie korzenie Marii" ("Maria's Mazowsze Roots"), *Gwiazda Polarna* (The Pole Star), a Polish-American biweekly, no. 13, 21 June 2008, pp. 16–17.



Skłodowski Family: Władysław Skłodowski and his daughters Maria, Bronisława and Helena (1890). In public domain.

Maria made an agreement with her sister, Bronisława, that she would give her financial assistance during Bronisława's medical studies in Paris, in exchange for similar assistance two years later.⁴⁷ In connection with this, Maria took a position as governess: first with a lawyer's family in Kraków; then for two years in Ciechanów with a landed family, the Żórawskis, who were relatives of her father. While working for the latter family, she fell in love with their son, Kazimierz Żórawski, which was reciprocated by this future eminent mathematician. His parents, however, rejected the idea of his marrying the penniless relative, and Kazimierz was unable to oppose them. Maria lost her position as governess.⁴⁸ She found another with the Fuchs family in



Marie Skłodowska in her 16th year of life (1883). In public domain.

Sopot, on the Baltic Sea coast, where she spent the next year, all the while financially assisting her sister.

At the beginning of 1890, Bronisława, a few months after she married Kazimierz Dłuski, invited Maria to join them in Paris. Maria declined because she could not afford the university tuition and was still counting on marrying Kazimierz Żórawski. She returned home to her father in Warsaw, where she remained till the fall of 1891. She tutored, studied at the clandestine Floating University, and began her practical scientific training in a laboratory

⁴⁷ Marie Curie, *Autobiography*.

⁴⁸ Susan Quinn, *Marie Curie: a Life*, New York, Simon and Schuster, 1995.

at the Museum of Industry and Agriculture at *Krakowskie Przedmieście 66*, near Warsaw's Old Town. The laboratory was run by her cousin Józef Boguski, who had been assistant in St. Petersburg to the great Russian chemist Dmitri Mendeleev.⁴⁹

In October 1891, at her sister's insistence and after receiving a letter from Żórawski, in which he definitively broke up his relationship with her, she decided to go to France after all.⁵⁰

The loss of the relationship was tragic for both: Maria Skłodowska and Kazimierz Żórawski. He soon earned a doctorate and pursued an academic career as a mathematician, becoming a professor and rector of Kraków University and president of the Warsaw Society of Learning. Still, as an old man and a mathematics professor at the Warsaw Polytechnic, he would sit contemplatively before the statue of Maria Skłodowska which had been erected in 1935 before the Radium Institute that she had founded in 1932.⁵¹

In Paris, Maria briefly found shelter with her sister and brother-in-law before renting a primitive garret⁵² and proceeding with her studies of physics, chemistry, and mathematics at the Sorbonne (the University of Paris).

2. Sorbonne

In 1891 Skłodowska - as the first woman in history - got accepted on the physics and chemistry department at the Sorbonne. She has studied during the day and tutored in

evenings, barely earning her keep. In 1893, she was awarded a degree in physics and began work at Lippman's industrial laboratory. Meanwhile she continued studying at the Sorbonne, and in 1894, earned a degree in mathematics.

That same year she had met Pierre Curie. He was an instructor at the School of Physics and Chemistry, the *École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris* (ESPCI). Skłodowska had begun her scientific career in Paris with an investigation of the magnetic properties of various steels; it was their mutual interest in magnetism that drew Skłodowska and Curie together.⁵³

Her departure for the summer to Warsaw only enhanced their mutual feelings for each other. She still was laboring under the illusion that she would be able to return to Poland and work in her chosen field of study. When she was denied a post in Kraków at Jagiellonian University merely because she was a woman,⁵⁴ she decided to return to Paris. Almost a year later, in July 1895, she and Pierre Curie married, and thereafter the two physicists hardly ever left their laboratory. They shared two hobbies, long bicycle trips and journeys abroad, which brought them even closer. Maria had found a new love, a partner, and scientific collaborator upon whom she could depend.⁵⁵

3. New elements

In 1896, Henri Becquerel discovered that uranium salts emitted rays that resembled

49 Another of Skłodowska's teachers at the Museum, Napoleon Milicer, had been a pupil of Robert Bunsen. Robert Reid, *op.cit.*, pp. 23-24.

50 Eve Curie, *op.cit.*

51 Robert Reid, *op.cit.*, p. 24.

52 Robert Reid, *op.cit.*, p. 32.

53 L. Pearce Williams, "Curie, Pierre and Marie", *Encyclopedia Americana*, vol. 8, p. 331.

54 Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 17.

55 *Ibidem*.

X-rays in their penetrating power. He demonstrated that this radiation, unlike phosphorescence, did not depend on an external source of energy, but seemed to arise spontaneously from uranium itself. Becquerel had, in fact, discovered radioactivity.

Skłodowska-Curie decided to look into uranium rays as a possible field of research for a thesis. She used a clever technique to investigate samples. Fifteen years earlier, her husband and his brother had invented the electrometer, a sensitive device for measuring electrical charge. Using electrometer, she discovered that uranium rays caused the air around a sample to conduct electricity.⁵⁶ Using this technique, her first result was the finding that the activity of the uranium compounds depended only on the quantity of uranium present. She had shown that the radiation was not the outcome of some interaction of molecules, but must come from the atom itself. In scientific terms, this was the most important single piece of work that she conducted.⁵⁷

Skłodowska-Curie's systematic studies had included two uranium minerals, pitchblende and torbernite (also known as chalcocite). Her electrometer showed that pitchblende was four times as active as uranium itself, and chalcocite twice as active. She concluded that, if her earlier results relating the quantity of uranium to its activity were correct, then these two minerals must contain small quantities of some other substance that was far more active than uranium itself.⁵⁸

The idea [writes Reid] was her own; no one helped her formulate it, and although

she took it to her husband for his opinion she clearly established her ownership of it. She later recorded the fact twice in her biography of her husband to ensure there was no chance whatever of any ambiguity. It [is] likely that already at this early stage of her career [she] realized that... many scientists would find it difficult to believe that a woman could be capable of the original work in which she was involved.⁵⁹

In her systematic search for other substances beside uranium salts that emitted radiation, Skłodowska-Curie had found that the element thorium likewise, was radioactive.

She was acutely aware of the importance of promptly publishing her discoveries and thus establishing her priority. Had not Becquerel, two years earlier, presented his discovery to the *Académie des Sciences* the day after he made it, credit for the discovery of radioactivity, and even a Nobel Prize, would have gone to Silvanus Thompson instead. Skłodowska-Curie chose the same rapid means of publication. Her paper, giving a brief and simple account of her work, was presented for her to the *Académie* on 12 April 1898 by her former professor, Gabriel Lippmann.⁶⁰

Even so, just as Thompson had been beaten by Becquerel, so Skłodowska-Curie was beaten in the race to tell of her discovery that thorium gives off rays in the same way as uranium. Two months earlier, Gerhard Schmidt had published his own finding in Berlin.⁶¹

⁵⁶ "Marie Curie and the Science of Radioactivity", <http://www.aip.org/history/curie/resbr1.htm>.

⁵⁷ Robert Reid, *op.cit.*, pp. 61-63.

⁵⁸ *Ibidem*, pp. 63-64.

⁵⁹ *Ibidem*, p. 64.

⁶⁰ *Ibidem*, pp. 64-65.

⁶¹ *Ibidem*, p. 65. In fact, such multiple, independent discoveries appear to be the rule in science and technology; see List of independent discoveries.

At that time, however, no one else in the world of physics had noticed what



Marie Skłodowska-Curie (ca. 1898). In public domain.

an element which is much more active than uranium." She later would recall how she felt "a passionate desire to verify this hypothesis as rapidly as possible."⁶²

Pierre Curie was sure that what she had discovered was not a spurious effect. He was so intrigued that he decided to drop his work on crystals temporarily and to join her. On April 14, 1898, they optimistically weighed out a 100-gram sample of pitchblende and ground it with a pestle and mortar. They did not realize at the time that what they were searching for was present in such minute quantities that they eventually would have to process tonnes of the ore.⁶³

As they were unaware of the deleterious effects of radiation exposure attendant on their chronic unprotected work with radioactive substances, Skłodowska-Curie and her husband had no idea what price they would pay for the effect of their research upon their health.⁶⁴

Skłodowska-Curie recorded in a sentence of her paper, describing how much greater were the activities of pitchblende and chalcocite compared to uranium itself: "The fact is very remarkable, and leads to the belief that these minerals may contain

In July 1898, Skłodowska-Curie and her husband published a paper together, announcing the existence of an element which they named "polonium", in honor of her native Poland, which would for another twenty years remain partitioned among three empires. On December 26, 1898, the Curies announced the existence of a second element, which they named "radium" for its intense *radioactivity* – a word that they coined.

Pitchblende is a complex mineral. The chemical separation of its constituents was an arduous task. The discovery of polonium had been relatively easy; chemically it resembles the element bismuth, and polonium was the only bismuth-like substance in the ore. Radium, however, was more elusive. It is closely related, chemically, to barium, and pitchblende contains *both* elements. By 1898, the Curies had obtained traces of radium, but appreciable quantities, uncontaminated with barium, still were beyond reach.⁶⁵

The Curies undertook the arduous task of separating out radium salt by differential crystallization. From a ton of pitchblende, one-tenth of a gram of radium chloride was separated in 1902. By 1910, Skłodowska-Curie, working on without her husband, who had been killed accidentally by a horse drawn vehicle⁶⁶ in 1906, had isolated the pure radium metal.⁶⁷

In an unusual decision, Marie Skłodowska-Curie intentionally refrained from patenting the radium-isolation pro-

⁶² *Ibidem*, p. 65.

⁶³ *Ibidem*, p. 65.

⁶⁴ Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 17.

⁶⁵ L. Pearce Williams, *op.cit.*, pp. 331–32.

⁶⁶ "Prof. Curie killed in a Paris street", *The New York Times*, April 20, 1906, retrieved February 8, 2011.

⁶⁷ L. Pearce Williams, *op.cit.*, p. 332.

cess, so that the scientific community could do research unhindered.⁶⁸

In 1903, under the supervision of Henri Becquerel,⁶⁹ Marie was awarded her DSC from the University of Paris.

4. Nobel Prizes

In 1903, the Royal Swedish Academy of Sciences awarded Pierre Curie, Marie Curie and Henri Becquerel the Nobel Prize in Physics, "in recognition of the extraordinary services they have rendered by their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel".

Skłodowska-Curie and her husband were unable to go to Stockholm to receive the prize in person, but they shared its financial proceeds with needy acquaintances, including students.⁷⁰

On receiving the Nobel Prize, Marie and Pierre Curie suddenly became very famous. The Sorbonne gave Pierre a professorship and permitted him to establish his own laboratory, in which Skłodowska-Curie became the director of research.

In 1897 and 1904, respectively, Skłodowska-Curie gave birth to their daughters, Irène and Eve Curie. She later hired Polish governesses to teach her daughters her native language, and sent or took them on visits to Poland.⁷¹

Skłodowska-Curie was the first woman to be awarded a Nobel Prize. Eight years later, she would receive the 1911 Nobel Prize in

Chemistry, "in recognition of her services to the advancement of chemistry by the discovery of the elements radium and polonium, by the isolation of radium and the study of the nature and compounds of this remarkable element".

A month after accepting her 1911 Nobel Prize, she was hospitalized with depression and a kidney ailment.

Skłodowska-Curie was the first person to win or share two Nobel Prizes. She is one of only two people who have been awarded a Nobel Prize in two different fields, the other person being Linus Pauling (for chemistry and for peace). Nevertheless, in 1911 the French Academy of Sciences re-



Caricature of Marie and Pierre Curie (1904). In public domain.

refused to abandon its prejudice against women, and she failed by two votes to be elected a member. Elected instead was Édouard Branly, an inventor who had helped Guglielmo Marconi develop the wireless telegraph.⁷² It would be a doctoral student of Skłodowska-Curie, Marguerite Perey, who would

become the first woman elected to membership in the Academy — over half a century later, in 1962.

⁶⁸ Robert Reid, *op.cit.*, p. 265.

⁶⁹ R. F. Mould, (1998). "The discovery of radium in 1898 by Maria Skłodowska-Curie (1867-1934) and Pierre Curie (1859-1906) with commentary on their life and times". *The British Journal of Radiology* **71** (852): 1229-1254. Retrieved 31 July 2008.

⁷⁰ Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 17.

⁷¹ Barbara Goldsmith, *Obsessive Genius : The Inner World of Marie Curie*, New York, W.W. Norton, 2005, p. 149.

⁷² Barbara Goldsmith, *op.cit.*, pp. 170-71.

5. Pierre's death

On 19 April 1906, Pierre was killed in a street accident. Walking across the Rue



Marie Skłodowska-Curie Nobel Prize Diploma (1911). In public domain.

Dauphine in heavy rain, he was struck by a horse-drawn vehicle and fell under its wheels, his skull was fractured.⁷³ While it has been speculated that previously he may have been weakened by prolonged radiation exposure, there are no indications that this contributed to the accident.

Skłodowska-Curie was devastated by the death of her husband. She noted that, as of that moment she suddenly had become "an incurably and wretchedly lonely person". On 13 May 1906, the Sorbonne physics department decided to retain the chair that had been created for Pierre Curie and they entrusted it to Skłodowska-Curie together with full authority over the laboratory. This allowed her to emerge from Pierre's shadow. She became the first woman to become a professor at the Sorbonne, and in her exhausting work regime she sought a meaning for her life.

Recognition for her work grew to new heights, and in 1911 the Royal Swedish

Academy of Sciences awarded her a second Nobel Prize, this time for Chemistry. A delegation of celebrated Polish men of learning, headed by world-famous novelist, Henryk Sienkiewicz, encouraged her to return to Poland and continue her research in her native country.⁷⁴

In 1911, it was revealed that during 1910–11 Skłodowska-Curie had conducted an affair of about a year's duration with physicist Paul Langevin, a former student of Pierre Curie.⁷⁵ He was a married man who was estranged from his wife. This resulted in a press scandal that was exploited by her academic opponents. Despite her fame as a scientist working for France, the public's attitude tended toward xenophobia – the same that had led to the

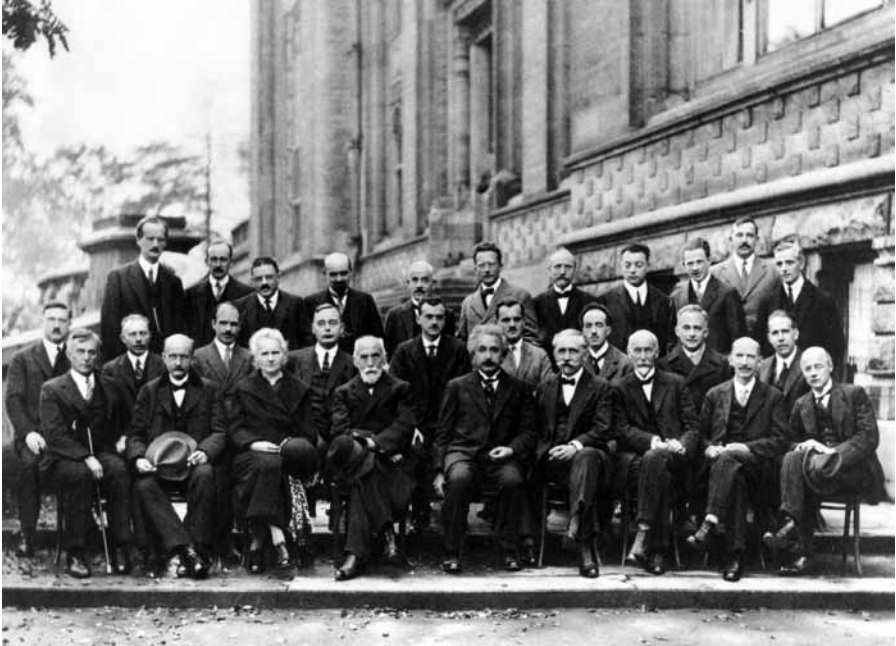


Marie Curie in the laboratory. In public domain.

⁷³ "Prof. Curie killed in a Paris street", *The New York Times*, April 20, 1906, retrieved February 8, 2011.

⁷⁴ Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 17.

⁷⁵ Robert Reid, *op.cit.*, pp. 44, 90.



Solvay Conference in 1927. Photo: Benjamin Couprie. In public domain.

Dreyfus Affair – which also fueled false speculation that Skłodowska-Curie was Jewish. She was five years older than Langevin and was portrayed in the tabloids as a home-wrecker.⁷⁶ Later, Skłodowska-Curie's granddaughter, Hélène Joliot, married Langevin's grandson, Michel Langevin.

Skłodowska-Curie's second Nobel Prize, in 1911, enabled her to talk the French government into funding the building of a private Radium Institute (*Institut du radium*, now the *Institut Curie*), which was built in 1914 and at which research was conducted in chemistry, physics, and medicine. The Institute became a crucible of Nobel Prize winners, producing four more, including her daughter

Irène Joliot-Curie and her son-in-law, Frédéric Joliot-Curie.

6. World War I

During World War I, Skłodowska-Curie pushed for the use of mobile radiography units, which came to be popularly known as *petites Curies* ("Little Curies"), for the treatment of wounded soldiers. These units were powered using tubes of *radium emanation*, a colorless, radioactive gas given off by radium, later identified as radon. Skłodowska-Curie provided the tubes of radium, derived from the material she purified. Also, promptly after the war started, she donated the gold Nobel Prize medals she

⁷⁶ Barbara Goldsmith, *op.cit.*, pp. 165–76.

and her husband had been awarded, to the war effort.

7. Post-war years

In 1921, Skłodowska-Curie was welcomed triumphantly when she toured the United States to raise funds for research on



Marie Skłodowska-Curie (1934). In public domain.

radium. These distractions from her scientific labors and the attendant publicity caused her much discomfort but provided resources needed for her work. Her second American tour in 1929 succeeded in equipping the Warsaw Radium Institute, founded in 1925 with her sister, Bronisława, as director.

In her later years, Skłodowska-Curie headed the Pasteur Institute and a radioactivity laboratory created for her by the University of Paris.

8. Death

Skłodowska-Curie visited Poland for the last time in the spring of 1934.⁷⁷ Only a few months later, on July 4, 1934, Skłodowska-Curie died at the Sancellemoz Sanatorium in Passy, in Haute-Savoie, eastern France, from aplastic anemia contracted from exposure to radiation.⁷⁸ The damaging effects of ionizing radiation were not then known, and much of her work had been carried out in a shed, without proper safety measures. She had carried test tubes containing radioactive isotopes in her pocket and stored them in her desk drawer, remarking on the pretty blue-green light that the substances gave off in the dark.⁷⁹

She was interred at the cemetery in Sceaux, alongside her husband Pierre. Sixty years later, in 1995, in honor of their achievements, the remains of both were transferred to the Paris Panthéon. She became the first — and so far the only — woman to be honored with interment in the Panthéon on her own merits.

Her laboratory is preserved at the Musée Curie.

Because of their levels of radioactivity, her papers from the 1890s are considered too dangerous to handle. Even her cookbook is highly radioactive. They are kept in lead-lined boxes, and those who wish to consult them must wear protective clothing.⁸⁰

⁷⁷ Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 17.

⁷⁸ Carl Rollyson (2004). *Marie Curie: Honesty In Science*. iUniverse, prologue, x. ISBN 0595340598.

⁷⁹ Philipp Blom (2008). *The Vertigo Years: Europe, 1900-1914*. Basic Books, p. 76. Retrieved December 8, 2010. "The glowing tubes looked like faint, fairy lights."

⁸⁰ Bill Bryson, *A Short History of Nearly Everything*, p. 148.

9. Legacy

The physical and societal aspects of the work of the Curies contributed substantially to shaping the world of the twentieth and twenty-first centuries. Cornell University professor L. Pearce Williams observes:

*The result of the Curies' work was epoch-making. Radium's radioactivity was so great that it could not be ignored. It seemed to contradict the principle of the conservation of energy and therefore forced a reconsideration of the foundations of physics. On the experimental level the discovery of radium provided men like Ernest Rutherford with sources of radioactivity with which they could probe the structure of the atom. As a result of Rutherford's experiments with alpha radiation, the nuclear atom was first postulated. In medicine, the radioactivity of radium appeared to offer a means by which cancer could be successfully attacked.*⁸¹

If the work of Maria Skłodowska-Curie helped overturn established ideas in physics and chemistry, it has had an equally profound effect in the societal sphere. To attain her scientific achievements, she had to overcome barriers that were placed in her way because she was a woman, in both her native and her adoptive country. This aspect of her life and career is highlighted in Françoise Giroud's *Marie Curie: a Life*, which emphasizes Skłodowska's role as a feminist precursor. She was ahead of her time, emancipated, independent, and in addition uncorrupted. Albert Einstein is reported to have remarked that she was probably the only

person who was not corrupted by the fame that she had won.⁸²

10. Awards

- Nobel Prize in Physics (1903)
- Davy Medal (1903)
- Matteucci Medal (1904)
- Elliott Cresson Medal (1909)
- Nobel Prize in Chemistry (1911)

Marie Skłodowska-Curie is the first person to win two Nobel Prizes, and first woman among all receivers.

11. Honors

Madame Curie was decorated with the French Legion of Honor. In Poland, she had received honorary doctorates from the Lwów Polytechnic (1912), Poznań University (1922), Kraków's Jagiellonian University (1924), and the Warsaw Polytechnic (1926).

Their elder daughter, Irène Joliot-Curie, won a Nobel Prize for Chemistry in 1935 for discovering that aluminum could be made radioactive and emit neutrons when bombarded with alpha rays. Their younger daughter, Ève Curie, later wrote a biography of her mother.

Michalina Mościcka, wife of Polish President Ignacy Mościcki, unveiled a 1935 statue of Marie Curie before Warsaw's Radium Institute, which had been founded by Marie Curie. Within a decade, during the 1944 Warsaw Uprising, the monument suffered damage from gunfire. After the war, when maintenance was done, it was decided to leave the bullet-inflicted scars on the statue.⁸³

⁸¹ L. Pearce Williams, *op.cit.*, p. 332.

⁸² Wojciech A. Wierzewski, *op.cit.*, p. 16.

⁸³ *Ibidem*, p. 17.



Mural at the Public Library at Lipowa Street in Warsaw showing Marie Curie. The inscription reads: "I was born in Warsaw. Marie Skłodowska-Curie. The inhabitant of Warsaw, born in 1867. Public speeches began with the words: "I was born in Warsaw...". The only one female double Nobel Prize winner in history. She found the elements radium and polonium, for which she was awarded the Nobel Prize 100 years ago, in 1911. Autor: artists from Good Looking Studio. Photo: Patryk Korzeniecki (2011). CC BY-3.0

In 1967, a museum devoted to Skłodowska-Curie was established in Warsaw's "New Town", in her birthplace on *ulica Freta* (Freta Street).⁸⁴

The year 2011 has been declared the Year of Marie Curie by France and Poland.

12. Tributes

As one of the most famous female scientists to date, Marie Curie has been an icon in the scientific world and has inspired many tributes and recognitions. In 1995, she was the first woman laid to rest under the famous dome of the Paris Panthéon, alongside her husband, Pierre Curie.

The curie (symbol Ci), a unit of radioactivity, is named in honour of her and Pierre,⁸⁵ as is the element with atomic

number 96 — curium. Three radioactive minerals are also named after the Curies: curite, sklodowskite, and cuprosklodowskite.

Polish institutions named after Maria Skłodowska-Curie include:

- Maria Curie-Skłodowska University, in Lublin, founded in 1944;
- Maria Skłodowska-Curie Institute of Oncology, in Warsaw.

French institutions named after Maria Skłodowska-Curie include:

- Pierre and Marie Curie University, the largest science, technology, and medicine university in France, and the successor institution to the faculty of science at the University of Paris, where she taught; it is named in honor of her and Pierre. The university is home to the laboratory where they discovered radium.

⁸⁴ *Ibidem*.

⁸⁵ "curie — Britannica Online Encyclopedia", Britannica.com, <http://www.britannica.com/eb/article-9028251/curie#245574.hook>, 15 April 2006, retrieved 26 September 2009; Paul W. Frame, "How the Curie Came to Be", <http://www.orau.org/ptp/articlessstories/thecurie.htm>, retrieved 30 April 2008.

- The Curie Institute and Curie Museum, in Paris.

Also in 2007, the Pierre Curie Paris Métro station was renamed the "Pierre et Marie Curie" station.

A KLM McDonnell Douglas MD-11 (registration PH-KCC) is named in her honor.⁸⁶

Skłodowska-Curie's likeness appeared on the Polish late-1980s inflationary 20,000-*złoty* banknote. Her likeness also has appeared on stamps and coins, as well as on the last French 500-franc note, before the franc was replaced by the euro.

Marie Curie was voted the "Most inspirational woman in science" in a 2009 poll carried out by *New Scientist* magazine on behalf of the L'Oréal UNESCO 'For Women In Science' programme. Curie received 25.1 per cent of all the votes cast, nearly twice as many as second-place Rosalind Franklin (14.2 per cent).⁸⁷

Greer Garson and Walter Pidgeon starred in the 1943 U.S. Oscar-nominated film, *Madame Curie*, based on her life. "Marie Curie" also is the name of a character in a 1988 comedy, *Young Einstein*, by Yahoo Serious.

More recently, in 1997, a French film about Pierre and Marie Curie was released, *Les Palmes de M. Schutz*. It was adapted from a play of the same name. In the film, Marie Curie was played by Isabelle Huppert. Unlike the 1943 drama, *Les Palmes de M. Schutz* is a light comedy.

13. References

Robert Reid, *Marie Curie*, New York, New American Library, 1974.

Teresa Kaczorowska, *Córka mazowieckich równin, czyli Maria Skłodowska-Curie z Mazowsza* (Daughter of the Mazovian Plains: Maria Skłodowska-Curie of Mazowsze), Ciechanów, 2007.

Wojciech A. Wierzewski, "Mazowieckie korzenie Marii" ("Maria's Mazowsze Roots"), *Gwiazda Polarna* (The Pole Star), a Polish-American biweekly, no. 13, 21 June 2008, pp. 16-17.

L. Pearce Williams, "Curie, Pierre and Marie", *Encyclopedia Americana*, Danbury, Connecticut, Grolier, Inc., 1986, vol. 8, pp. 331-32.

Barbara Goldsmith, *Obsessive Genius: The Inner World of Marie Curie*, New York, W.W. Norton, 2005, ISBN 0-393-05137-4.

Naomi Pasachoff, *Marie Curie and the Science of Radioactivity*, New York, Oxford University Press, 1996, ISBN 0195092147.

Eve Curie, *Madame Curie: a Biography*, translated by Vincent Sheean, Da Capo Press, 2001, ISBN 0306810387.

Susan Quinn, *Marie Curie: a Life*, New York, Simon and Schuster, 1995, ISBN 0-671-67542-7.

Françoise Giroud, *Marie Curie: a Life*, translated by Lydia Davis, Holmes & Meier, 1986, ISBN 0-84-1909-776.

Redniss, Lauren, *Radioactive, Marie & Pierre Curie: a Tale of Love and Fallout*, New York, Harper Collins, 2010, ISBN 9780061351327.

14. Fiction

Olov Enquist, Per (2006). *The Book about Blanche and Marie*. New York: Overlook. ISBN 1-58567-668-3 a 2004 novel by Per Olov Enquist featuring Maria Skłodowska-Curie, neurologist Jean-Martin Charcot, and his *Salpêtrière* patient "Blanche" (Marie Wittman). The English translation was published in 2006.

⁸⁶ <http://www.airliners.net/open.file/1207719/L/>. Thierry Deutsch. Retrieved 20 December 2007.

⁸⁷ Most inspirational woman scientist revealed" <http://www.newscientist.com/article/mg20327156.600-most-inspirational-woman-scientist-revealed.html>; "Marie Curie voted greatest female scientist". London: www.telegraph.co.uk, <http://www.telegraph.co.uk/scienceandtechnology/science/sciencenews/5715220/Marie-Curie-voted-greatest-female-scientist.html>. Retrieved 10 April 2010: "Marie Curie, the Nobel Prize-winning nuclear physicist has been voted the greatest woman scientist of all time."

PIERRE CURIE

Pierre Curie (15 May 1859 – 19 April 1906) was a French physicist, a pioneer in crystallography, magnetism, piezoelectricity and radioactivity, and Nobel laureate. He was the son of Dr. Eugène Curie (*August 28, 1827 – February 25, 1910*) and Sophie-Claire



Pierre Curie. In public domain.

Depouilly Curie (*January 15, 1832 – September 27, 1897*). In 1903 he received the Nobel Prize in Physics with his wife, Maria Salomea Skłodowska-Curie, and Henri Becquerel, "in recognition of the extraordinary services they have rendered by their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel".

1. Early years

Born in Paris, France, Pierre was educated by his father, Eugène (*August 28, 1827 – February 25, 1910*), and in his early teens showed a strong aptitude for mathematics and geometry. By the age of 18 he

had completed the equivalent of a higher degree, but did not proceed immediately to a doctorate due to lack of money. Instead he worked as a laboratory instructor.

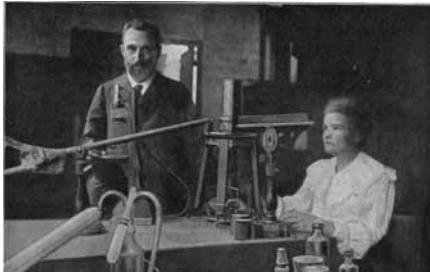
In 1880, Pierre and his older brother Jacques (*1856–1941*) demonstrated that an electric potential was generated when crystals were compressed, i.e. piezoelectricity. Shortly afterwards, in 1881, they demonstrated the reverse effect: that crystals could be made to deform when subject to an electric field. Almost all digital electronic circuits now rely on this phenomenon in the form of crystal oscillators.

2. Research

Prior to his famous doctoral studies on magnetism, he designed and perfected an extremely sensitive torsion balance for measuring magnetic coefficients. Variations on this equipment were commonly used by future workers in that area. Pierre Curie studied ferromagnetism, paramagnetism, and diamagnetism for his doctoral thesis, and discovered the effect of temperature on paramagnetism which is now known as Curie's law. The material constant in Curie's law is known as the Curie constant. He also discovered that ferromagnetic substances exhibited a critical

temperature transition, above which the substances lost their ferromagnetic behavior. This is now known as the Curie point.

Pierre formulated what is now known as the *Curie Dissymmetry Principle*: a physical effect cannot have a dissymmetry absent from its efficient cause. For example, a random mixture of sand in zero gravity has no dissymmetry (it is isotropic). Introduce a gravitational field, then there is a dissymmetry because of the direction of the field. Then the sand grains can 'self-sort' with the density increasing with depth. But this new arrangement, with the



Pierre and Marie Curie in the laboratory. In public domain.

directional arrangement of sand grains, actually reflects the dissymmetry of the gravitational field that causes the separation.

Pierre worked with his wife Marie Curie in isolating polonium and radium. They were the first to use the term "radioactivity", and were pioneers in its study. Their work, including Marie's celebrated doctoral work, made use of a sensitive piezoelectric electrometer constructed by Pierre and his brother Jacques.

Pierre and one of his students made the first discovery of nuclear energy, by identi-

fying the continuous emission of heat from radium particles. He also investigated the radiation emissions of radioactive substances, and through the use of magnetic fields was able to show that some of the emissions were positively charged, some were negative and some were neutral. These correspond to alpha, beta and gamma radiation.

The curie is a unit of radioactivity (3.7×10^{10} decays per second or 37 gigabecquerels) originally named in honor of Curie by the Radiology Congress in 1910, after his death. Subsequently, there has been some controversy over whether the naming was in honor of Pierre, Marie, or both.⁸⁸

3. Personal life

Pierre and Marie Curie's daughter Irène Joliot-Curie and their son-in-law Frédéric Joliot-Curie were also physicists involved in the study of radioactivity. They also were awarded a Nobel prize for their work.

The Curies' other daughter, Ève, wrote a noted biography of her mother.

Their granddaughter Héléne Langevin-Joliot is a professor of nuclear physics at the University of Paris, and their grandson Pierre Joliot, who was named after Pierre Curie, is a noted biochemist.

Pierre died in Paris on 19 April 1906. He tried to run across the street while it was raining, but he slipped, and then was hit and run over by a horse drawn vehicle. His skull was badly fractured.⁸⁹

In April 1995 Pierre and Marie were enshrined in the crypt of the Panthéon in Paris.

⁸⁸ Paul W. Frame, "How the Curie Came to Be", <http://www.ora.u.org/ptp/articlesstories/thecurie.htm>, retrieved 2008-04-30.

⁸⁹ "Prof. Curie killed in a Paris street", The New York Times, April 20, 1906.

4. Awards

- Nobel Prize in Physics (1903)
- Davy Medal (1903)
- Matteucci Medal (1904)
- Elliott Cresson Medal (1909) awarded posthumously during Marie Curie's award ceremony

POLONIUM

Polonium is a chemical element with the symbol **Po** and atomic number 84, discovered in 1898 by Marie Skłodowska-Curie and Pierre Curie. A rare and highly radioactive element, polonium is chemically similar to bismuth⁹⁰ and tellurium, and it occurs in uranium ores. Polonium has been studied for possible use in heating spacecraft. As it is unstable, all isotopes of polonium are radioactive. There is disagreement as to whether polonium is a post-transition metal or metalloid.⁹¹

1. Characteristics

1.1 Isotopes

Polonium has 33 known isotopes, all of which are radioactive. They have atomic masses that range from 188 to 220 u. ²¹⁰Po (half-life 138.376 days) is the most widely available. ²⁰⁹Po (half-life 103 years) and ²⁰⁸Po

(half-life 2.9 years) can be made through the alpha, proton, or deuteron bombardment of lead or bismuth in a cyclotron.

²¹⁰Po is an alpha emitter that has a half-life of 138.376 days; it decays directly to its stable daughter isotope, ²⁰⁶Pb. A milligram of ²¹⁰Po emits about as many alpha particles per second as 4.5 grams of ²²⁶Ra. A few curies (1 curie equals 37 gigabecquerels, 1 Ci = 37 GBq) of ²¹⁰Po emit a blue glow which is caused by excitation of surrounding air. A single gram of ²¹⁰Po generates 140 watts of power.⁹² Because it emits many alpha particles, which are stopped within a very short distance in dense media and release their energy, ²¹⁰Po has been used as a lightweight heat source to power thermoelectric cells in artificial satellites; for instance, ²¹⁰Po heat source was also used in each of the Lunokhod rovers deployed on the surface of the Moon, to keep their internal components warm during the lunar nights.⁹³ Some anti-static brushes

90 "Polonium", <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pertab/Po.html> , retrieved 2009-05-05.

91 "Polonium and Astatine Are Not Semimetals - Journal of Chemical Education (ACS Publications and Division of Chemical Education)", <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed100308w>, retrieved 2011-01-18; "Chemical Elements.com - Metalloids", <http://www.chemicalelements.com/groups/metalloids.html>, retrieved 2009-05-05.

92 "Polonium", Argonne National Laboratory, <http://www.ead.anl.gov/pub/doc/polonium.pdf>, retrieved 2009-05-05.

93 Andrew Wilson (1987). *Solar System Log*. London: Jane's Publishing Company Ltd. p. 64. ISBN 0710604440.

contain up to 500 microcuries (20 MBq) of ^{210}Po as a source of charged particles for neutralizing static electricity in materials like photographic film.⁹⁴

About one in 100,000 alpha emissions causes an excitation in the nucleus which then results in the emission of a gamma ray.⁹⁵ Because of its relatively high rate of alpha emissions, only about 1 in 100,000 result in releasing a gamma ray. But it is the alpha particles, not the side effect of an occasional gamma ray, that results in ^{210}Po decay. Low gamma output renders gamma detection nearly impossible, with any emitted gamma nearly indistinguishable from background radiation. At 4.001 u, the alpha particle is too massive to penetrate most barriers, including intact human epidermis. If the skin is broken however, or the alpha emitter is ingested or inhaled, the high charge on the alpha particle will result in severe cellular damage. The high alpha decay of polonium renders alpha detection as the preferred method of quantifying this isotope in the laboratory.

1.2 Solid state form

Polonium is a radioactive element that exists in two metallic allotropes. The alpha

form has a simple cubic crystal structure with an edge length of 335.2 picometres; the beta form is rhombohedral.⁹⁶ The structure of polonium has been characterized by X-ray diffraction⁹⁷ and electron diffraction.⁹⁸

^{210}Po (in common with ^{238}Pu) has the ability to become airborne with ease: if a sample is heated in air to 55 °C (131 °F), 50% of it is vaporized in 45 hours, even though the melting point of polonium is 254 °C (489 °F) and its boiling point is 962 °C (1763 °F).⁹⁹ More than one hypothesis exists for how polonium does this; one suggestion is that small clusters of polonium atoms are spalled off by the alpha decay.

1.3 Chemistry

The chemistry of polonium is similar to that of tellurium and bismuth. Polonium dissolves readily in dilute acids, but is only slightly soluble in alkalis. The hydrogen compound PoH_2 is liquid at room temperature (melting point -36.1°C , boiling point 35.3°C). Halides of the structure PoX_2 , PoX_4 and PoX_6 are known. The two oxides PoO_2 and PoO_3 are the products of oxidation of polonium.¹⁰⁰

94 "Staticmaster Ionizing Brushes", AMSTAT Industries, <http://www.amstat.com/solutions/staticmaster.html>, retrieved 2009-05-05.

95 "210PO a decay", <http://atom.kaeri.re.kr/cgi-bin/decay?Po-210%20A>, retrieved 2009-05-05.

96 Gary L. Miessler; Donald A. Tarr (2004). *Inorganic Chemistry* (3). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall. pp. 285. ISBN 0-13-120198-0; "The beta Po (A_i) Structure", http://cst-www.nrl.navy.mil/lattice/struk/a_i.html, retrieved 2009-05-05.

97 Lange, R. C.; Desando, R. J. (1966). "The structures of polonium and its compounds—I α and β polonium metal". *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry* **28** (9): 1837. doi:10.1016/0022-1902(66)80270-1; Maxwell, C. R.; Beamer, W. H. (1946). "The Crystal Structure of Polonium". *Journal of Chemical Physics* **14** (9): 569. doi:10.1063/1.1724201.

98 Hendricks, S. B.; Maxwell, L. R.; Rollier, M. A. (1936). "The Crystal Structure of Polonium by Electron Diffraction". *Journal of Chemical Physics* **4** (10): 648. doi:10.1063/1.1749762.

99 Bogdan Wąs, Ryszard Misiak, Mirosław Bartyzel, Barbara Petelenz (2006). "Thermochromatographic Separation of $^{206,208}\text{Po}$ from a Bismuth Target Bombarded with Protons". *Nukleonika* **51** (Suppl. 2): s3-s5; Lide, D. R., ed. (2005), *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (86th ed.), Boca Raton (FL): CRC Press, ISBN 0-8493-0486-5.

100 Holleman, A. F.; Wiberg, E. (2001). *Inorganic Chemistry*. San Diego: Academic Press. ISBN 0-12-352651-5.

It has been reported that some microbes can methylate polonium by the action of methylcobalamin.¹⁰¹ This is similar to the way in which mercury, selenium and tellurium are methylated in living things to create organometallic compounds. As a result when considering the biochemistry of polonium one should consider the possibility that the polonium will follow the same biochemical pathways as selenium and tellurium.

2. Compounds

Polonium has no common compounds, only synthetically created ones.

Oxides

- PoO_2
- PoO_3

Hydrides

- PoH_2

Halogen Compounds

- PoX_2 e.g. polonium dichloride, PoCl_2
- PoX_4
- PoX_6

3. History

Also tentatively called "Radium F", polonium was discovered by Marie Skłodowska-Curie and her husband Pierre Curie in 1898¹⁰²

and was later named after Marie Curie's native land of Poland (Latin: *Polonia*).¹⁰³ Poland at the time was under Russian, Prussian, and Austrian partition, and did not exist as an independent country. It was Curie's hope that naming the element after her native land would publicize its lack of independence. Polonium may be the first element named to highlight a political controversy.¹⁰⁴

This element was the first one discovered by the Curies while they were investigating the cause of pitchblende radioactivity. The pitchblende, after removal of the radioactive elements uranium and thorium, was more radioactive than both the uranium and thorium put together. This spurred the Curies on to find additional radioactive elements. The Curies first separated out polonium from the pitchblende, and then within a few years, also isolated radium.

Because of the small quantities present in nature, isolation of polonium from natural sources is complicated. The largest ever isolated batch from 37 tonnes of residues from radium production yielded only 40 Ci of polonium-210.¹⁰⁵

4. Detection

4.1 Gamma counting

By means of radiometric methods such as gamma spectroscopy (or a method using

101 Momoshima N., Song L.X., Osaki S., Maeda Y. (2001). "Formation and emission of volatile polonium compound by microbial activity and polonium methylation with methylcobalamin". *Environ Sci Technol* **35** (15): 2956–2960. doi:10.1021/es001730; Momoshima N., Song L.X., Osaki S., Maeda Y. (2002). "Biologically induced Po emission from fresh water". *J Environ Radioact.* **63** (2): 187. doi:10.1016/S0265-931X(02)00028-0.

102 Curie P., Curie M. (1898). "Radiations from Compounds of Uranium and of Thorium". *Comptes Rendus* **126**: 1101.

103 Pfützner M. (1999). "Borders of the Nuclear World – 100 Years After Discovery of Polonium". *Acta Physica Polonica B* **30**: 1197. Bibcode 1999AcPPB.30.1197P; Adloff J. p. (2003). "The centennial of the 1903 Nobel Prize for physics". *Radichimica Acta* **91** (12-2003): 681. doi:10.1524/ract.91.12.681.23428.

104 Kabzinska K. (1998). "Chemical and Polish aspects of polonium and radium discovery". *Przemysł Chemiczny* **77** (3): 104–107.

105 Adloff, J.P (1996). *One hundred years after the discovery of radioactivity*. ISBN 9783486642520.

a chemical separation followed by an activity measurement with a non-energy-dispersive counter), it is possible to measure the concentrations of radioisotopes and to distinguish one from another. In practice, background noise would be present and depending on the detector, the line width would be larger which would make it harder to identify and measure the isotope. In biological/medical work it is common to use the natural ^{40}K present in all tissues/body fluids as a check of the equipment and as an internal standard.

4.2 Alpha counting

The best way to test for (and measure) many alpha emitters is to use alpha-particle spectroscopy as it is common to place a drop of the test solution on a metal disk which is then dried out to give a uniform coating on the disk. This is then used as the test sample. If the thickness of the layer formed on the disk is too thick then the lines of the spectrum are broadened, this is because some of the energy of the alpha particles is lost during their movement through the layer of active material. An alternative method is to use internal liquid scintillation where the sample is mixed with a scintillation cocktail. When the light emitted is then counted, some machines will record the amount of light energy per radioactive decay event. Due to the imperfections of the liquid scintillation method (such as a failure for all the photons to be detected, cloudy or coloured samples can be difficult to count) and the fact that random quenching can reduce the number of photons generated per radioac-

tive decay it is possible to get a broadening of the alpha spectra obtained through liquid scintillation. It is likely that these liquid scintillation spectra will be subject to a Gaussian broadening rather than the distortion exhibited when the layer of active material on a disk is too thick.

A third energy dispersive method for counting alpha particles is to use a semiconductor detector.

From left to right the peaks are due to ^{209}Po , ^{210}Po , ^{239}Pu and ^{241}Am . The fact that isotopes such as ^{239}Pu and ^{241}Am have more than one alpha line indicates that the nucleus has the ability to be in different discrete energy levels (like a molecule can).

5. Occurrence and production

Polonium is a very rare element in nature because of the short half-life of all its isotopes. It is found in uranium ores at about 100 micrograms per metric ton (1 part in 10^{10}), which is approximately 0.2% of the abundance of radium. The amounts in the Earth's crust are not harmful. Polonium has been found in tobacco smoke from tobacco leaves grown with phosphate fertilizers.¹⁰⁶

5.1 Neutron capture

Synthesis by (n,γ) reaction

In 1934 an experiment showed that when natural ^{209}Bi is bombarded with neutrons, ^{210}Bi is created, which then decays to ^{210}Po via β decay. The final purification is done pyrochemically followed by liquid-liquid extraction techniques.¹⁰⁷ Polonium

106 Kiltbau, Gustave F (1996). "Cancer risk in relation to radioactivity in tobacco". *Radiologic Technology* 67 (3): 217-222. Retrieved 27 March 2011; "Alpha Radioactivity (210 Polonium) and Tobacco Smoke", <http://kidslink.bo.cnr.it/besta/fumo/epolonio.html>, retrieved 2009-05-05; Monique E. Muggli et al. (2008). "Waking a Sleeping Giant: The Tobacco Industry's Response to the Polonium-210 Issue". *American Journal of Public Health* 98 (9): 1643. doi:10.2105/AJPH.2007.130963.

107 Schiefelbein, Gary F.; Bruns, Lester E.; Schulz, Wallace W. (1969). "Pyrochemical Extraction of Polonium from Irradiated Bismuth Metal". *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.* 8 (4): 508. doi:10.1021/i260032a013.

may now be made in milligram amounts in this procedure which uses high neutron fluxes found in nuclear reactors. Only about 100 grams are produced each year, practically all of it in Russia, making polonium exceedingly rare.¹⁰⁸

5.2 Proton capture

Synthesis by (p,n) and (p,2n) reactions

It has been found that the longer-lived isotopes of polonium can be formed by proton bombardment of bismuth using a cyclotron. Other more neutron rich isotopes can be formed by the irradiation of platinum with carbon nuclei.¹⁰⁹

6. Applications

When it is mixed or alloyed with beryllium, polonium can be a neutron source: beryllium releases a neutron upon absorption of an alpha particle that is supplied by ²¹⁰Po. It has been used in this capacity as a neutron trigger or initiator for nuclear weapons.¹¹⁰ However, a license is needed to own and operate this form of neutron source. Other uses include the following:

- Devices that eliminate static charges in textile mills and other places.¹¹¹ However,

beta particle sources are more commonly used and are less dangerous. A non-radioactive alternative is to use a high-voltage DC power supply to ionise air positively or negatively as required.¹¹²

- ²¹⁰Po can be used as an atomic heat source to power radioisotope thermoelectric generators via thermoelectric materials.¹¹³
- Because of its very high toxicity, polonium can be used as a poison (for example Alexander Litvinenko poisoning in 2006).
- Polonium is also used to eliminate dust on film.¹¹⁴

7. Toxicity

7.1 Overview

By mass, polonium-210 is around 250,000 times more toxic than hydrogen cyanide (the actual LD₅₀ for ²¹⁰Po is about 1 microgram for an 80 kg person (see below) compared with about 250 milligrams for hydrogen cyanide¹¹⁵). The main hazard is its intense radioactivity (as an alpha emitter), which makes it very difficult to handle safely: one gram of Po will self-heat to a temperature of around 500 °C (932 °F).¹¹⁶

108 "Q&A: Polonium-210", RSC Chemistry World, 2006-11-27, <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2006/November/27110601.asp>, retrieved 2009-01-12; "Most Polonium Made Near the Volga River", The St. Petersburg Times - News, 2001-01-23.

109 Atterling, H., Forsling, W. (1959). "Light Polonium Isotopes from Carbon Ion Bombardments of Platinum". *Arkiv for Fysik* **15** (1): 81-88.

110 Rhodes, Richard (2002). *Dark Sun: The Making of the Hydrogen Bomb*. New York: Walker & Company. pp. 187-188. ISBN 068480400X.

111 "BBC News : College breaches radioactive regulations", <http://news.bbc.co.uk/1/hi/england/1868414.stm>. Retrieved 2009-05-05.

112 "Static Control for Electronic Balance Systems", http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Articles/articlesFile_16929.pdf, retrieved 2009-05-05.

113 Hanslmeier, Arnold (2002). *The sun and space weather*. Springer. p. 183. ISBN 1402006845.

114 Emsley, John (2001). *Nature's Building Blocks*. New York: Oxford University Press. p. 331. ISBN 0198503415.

115 "Hydrogen cyanide msds", http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/HY/hydrogen_cyanide.html.

116 "Polonium", Argonne National Laboratory, <http://www.ead.anl.gov/pub/doc/polonium.pdf>, retrieved 2009-05-05.

Even in microgram amounts, handling ^{210}Po is extremely dangerous, requiring specialized equipment and strict handling procedures. Alpha particles emitted by polonium will damage organic tissue easily if polonium is ingested, inhaled, or absorbed, although they do not penetrate the epidermis and hence are not hazardous if the polonium is outside the body.

7.2 Acute effects

The median lethal dose (LD_{50}) for acute radiation exposure is generally about 4.5 Sv.¹¹⁷ The committed effective dose equivalent ^{210}Po is 0.51 $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ if ingested, and 2.5 $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ if inhaled.¹¹⁸ Since ^{210}Po has an activity of 166 TBq per gram (4,500 Ci/g)¹¹⁹ (1 gram produces 166×10^{12} decays per second), a fatal 4.5 Sv (J/kg) dose can be caused by ingesting 8.8 MBq (238 microcuries, μCi), about 50 nanograms (ng), or inhaling 1.8 MBq (48 μCi), about 10 ng. One gram of ^{210}Po could thus in theory poison 20 million people of whom 10 million would die. The actual toxicity of ^{210}Po is lower than these estimates, because radiation exposure that is

spread out over several weeks (the biological half-life of polonium in humans is 30 to 50 days¹²⁰) is somewhat less damaging than an instantaneous dose. It has been estimated that a median lethal dose of ^{210}Po is 0.015 GBq (0.4 mCi), or 0.089 micrograms, still an extremely small amount.¹²¹

7.3 Long term (chronic) effects

In addition to the acute effects, radiation exposure (both internal and external) carries a long-term risk of death from cancer of 5–10% per Sv.¹²² The general population is exposed to small amounts of polonium as a radon daughter in indoor air; the isotopes ^{214}Po and ^{218}Po are thought to cause the majority¹²³ of the estimated 15,000–22,000 lung cancer deaths in the US every year that have been attributed to indoor radon.¹²⁴ Tobacco smoking causes additional exposure to polonium.¹²⁵

7.4 Regulatory exposure limits

The maximum allowable body burden for ingested ^{210}Po is only 1.1 kBq (30 nCi), which is equivalent to a particle massing

117 "Health Impacts from Acute Radiation Exposure", http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-14424.pdf, retrieved 2009-05-05.

118 "Nuclide Safety Data Sheet: Polonium-210", <http://hpschapters.org/northcarolina/NSD-S/210PoPDF.pdf>, retrieved 2009-05-05.

119 *Ibidem*.

120 "Effective half-life of polonium in the human", http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=7162390, retrieved 2009-05-05.

121 "Polonium Poisoning", <http://nuclearweaponarchive.org/News/PoloniumPoison.html>, retrieved 2009-05-05; Harrison J *et al.* (2007). "Polonium-210 as a poison". *J. Radiol. Prot.* **27** (1): 17. doi:10.1088/0952-4746/27/1/001. "The conclusion is reached that 0.1–0.3 GBq or more absorbed to blood of an adult male is likely to be fatal within 1 month. This corresponds to ingestion of 1–3 GBq or more, assuming 10% absorption to blood".

122 "Health Impacts from Acute Radiation Exposure", http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-14424.pdf, retrieved 2009-05-05.

123 "National Academy of Sciences 1988 report: Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters: BEIR IV, page 5", http://fermat.nap.edu/openbook.php?record_id=1026&page=5, retrieved 2009-05-05.

124 "National Academy of Sciences 1999 report: Health Effects Of Exposure To Indoor Radon", <http://newton.nap.edu/html/beir6/>, retrieved 2009-05-05.

125 "The Straight Dope: Does smoking organically grown tobacco lower the chance of lung cancer?", <http://www.straightdope.com/columns/070928.html>, retrieved 2009-05-05.

only 6.8 picograms. The maximum permissible workplace concentration of airborne ^{210}Po is about 10 Bq/m³ (3×10^{-10} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$).¹²⁶ The target organs for polonium in humans are the spleen and liver.¹²⁷ As the spleen (150 g) and the liver (1.3 to 3 kg) are much smaller than the rest of the body, if the polonium is concentrated in these vital organs, it is a greater threat to life than the dose which would be suffered (on average) by the whole body if it were spread evenly throughout the body, in the same way as caesium or tritium (as T_2O).

^{210}Po is widely used in industry, and readily available with little regulation or restriction. In the US, a tracking system run by the Nuclear Regulatory Commission will be implemented in 2007 to register purchases of more than 16 curies (590 GBq) of polonium 210 (enough to make up 5,000 lethal doses). The IAEA "is said to be considering tighter regulations... There is talk that it might tighten the polonium reporting requirement by a factor of 10, to 1.6 curies (59 GBq)."¹²⁸

7.5 Famous poisoning cases

Notably, the murder of Alexander Litvinenko, a Russian dissident, in 2006 was announced as due to ^{210}Po poisoning.¹²⁹ According to Prof. Nick Priest of

Middlesex University, an environmental toxicologist and radiation expert, speaking on Sky News on December 2, Litvinenko was probably the first person ever to die of the acute α -radiation effects of ^{210}Po .¹³⁰

It has also been suggested that Irène Joliot-Curie was the first person ever to die from the radiation effects of polonium (due to a single intake) in 1956.¹³¹ She was accidentally exposed to polonium in 1946 when a sealed capsule of the element exploded on her laboratory bench. A decade later, on 17 March 1956, she died in Paris from leukemia which may have been caused by that exposure.

According to the book *The Bomb in the Basement*, several death cases in Israel during 1957-1969 were caused by ^{210}Po .¹³² A leak was discovered at a Weizmann Institute laboratory in 1957. Traces of ^{210}Po were found on the hands of professor Dror Sadeh, a physicist who researched radioactive materials. Medical tests indicated no harm, but the tests did not include bone marrow. Sadeh died from cancer. One of his students died of leukemia, and two colleagues died after a few years, both from cancer. The issue was investigated secretly, and there was never any formal admission that a connection

126 "Nuclear Regulatory Commission limits for ^{210}Po ", U.S. NRC, 2008-12-12, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/appb/Polonium-210.html>, retrieved 2009-01-12.

127 "PilgrimWatch - Pilgrim Nuclear - Health Impact", <http://www.pilgrimwatch.org/health1.html>, retrieved 2009-05-05.

128 Peter D. Zimmerman (2006-12-19). "The Smoky Bomb Threat". *The New York Times*. Retrieved 2006-12-19.

129 "The mystery of Litvinenko's death". *BBC News*, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/6180432.stm>; "UK requests Lugovoi extradition". *BBC News*, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/6698545.stm>. Retrieved 2009-05-05.

130 Watson, Roland. "Focus: Cracking the code of the nuclear assassin". *The Times*, http://www.timeonline.co.uk/article/0,,2087-2484295_1,00.html. Retrieved 2010-05-22.

131 Manier, Jeremy (December 4, 2006). "Innocent chemical a killer". *The Daily Telegraph* (Australia). Retrieved 2009-05-05.

132 Karpin, Michael (2006). *The bomb in the basement: How Israel went nuclear and what that means for the world*. Simon and Schuster. ISBN 0743265947.

between the leak and the deaths had existed.¹³³

7.6 Treatment

It has been suggested that chelation agents such as British Anti-Lewisite (dimercaprol) can be used to decontaminate humans.¹³⁴ In one experiment, rats were given a fatal dose of 1.45 MBq/kg (8.7 ng/kg) of ²¹⁰Po; all untreated rats were dead after 44 days, but 90% of the rats treated with the chelation agent HOEtTTC remained alive after 5 months.¹³⁵

8. Commercial products containing polonium

Potentially lethal amounts of polonium are present in anti-static brushes sold to photographers.¹³⁶ Static eliminator modules with 500 μ Ci (20 MBq) of polonium are available.¹³⁷ In USA, the devices with no more than 500 μ Ci of (sealed) ²¹⁰Po per unit can be bought in any amount under a "general license",¹³⁸ which means that a buyer need not be registered by any authorities.

Tiny amounts of such radioisotopes are sometimes used in the laboratory and for teaching purposes—typically of the order of 4–40 kBq (0.1–1.0 μ Ci), in the form of sealed sources, with the polonium deposited on a substrate or in a resin or polymer matrix—are often exempt from licensing by the NRC and similar authorities as they are not considered hazardous. Small amounts of ²¹⁰Po are manufactured for sale to the public in the United States as 'needle sources' for laboratory experimentation, and are retailed by scientific supply companies. The actual polonium is a layer of plating which in turn is plated with a material such as gold. This allows the alpha radiation (used in experiments such as cloud chambers) while preventing the polonium from being released and presenting a toxic hazard. According to United Nuclear, they typically sell between four and eight sources per year.¹³⁹

8.1 Tobacco

The presence of polonium in tobacco smoke has been known since the early 1960s.¹⁴⁰ Some of the world's biggest to-

133 Karen Kaplan; Maugh, Thomas (2007-01-01). "A restless killer radiates intrigue". *Los Angeles Times*. Retrieved 2008-09-17.

134 "Guidance for Industry. Internal Radioactive Contamination – Development of Decorporation Agents" <http://www.fda.gov/downloads/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances/ucm071944.pdf>, retrieved 2009-07-07.

135 Rencová J., Svoboda V., Holuša R., Volf V., Jones M. M., Singh p. K. (1997). "Reduction of subacute lethal radiotoxicity of polonium-210 in rats by chelating agents". *International Journal of Radiation Biology* **72** (3): 247. doi:10.1080/095530097143338.

136 "Solutions to Static Problems", Amstat Industries, <http://www.amstat.com/solutions/staticmaster.html>, retrieved 2006-12-01.

137 "Static Eliminator", GE Osmonics' Labstore, <http://www.osmolabstore.com/OsmoLabPage.dll?BuildPage&1&1&1005>, retrieved 2010-05-15.

138 "General domestic licenses for byproduct material", <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part031/full-text.html>, retrieved 2009-05-05.

139 Singleton, Don, "The Availability of polonium-210", November 28, 2006, <http://donsingleton.blogspot.com/2006/11/polonium-210.html>, retrieved 2006-11-29; "United Nuclear Isotopes for sale over the Internet", <http://www.unitednuclear.com/isotopes.htm>, retrieved 2007-03-19.

140 Radford EP Jr, Hunt VR (1964). "Polonium 210: a volatile radioelement in cigarettes". *Science* **143** (3603): 247. doi:10.1126/science.143.3603.247; Kelley TF (1965). "Polonium 210 content of mainstream cigarette smoke". *Science* **149** (3683): 537. doi:10.1126/science.149.3683.537.

bacco firms researched ways to remove the substance—to no avail—over a 40-year period but never published the results.¹⁴¹

Radioactive polonium-210 contained in phosphate fertilizers is absorbed by the roots of plants (such as tobacco) and stored in its tissues.¹⁴² Tobacco plants fertilized by

rock phosphates contain polonium-210, which emits alpha radiation estimated to cause about 11,700 lung cancer deaths annually worldwide.¹⁴³

8.2 Food

Polonium is also found in the food chain, especially in seafood.¹⁴⁴

141 Monique E. Muggli *et al.* (2008). "Waking a Sleeping Giant: The Tobacco Industry's Response to the Polonium-210 Issue". *American Journal of Public Health* **98** (9): 1643. doi:10.2105/AJPH.2007.130963.

142 Hussein EM (1994). "Radioactivity of phosphate ore, superphosphate, and phosphogypsum in Abu-zaabal phosphate". *Health Physics* **67** (3): 280. doi:10.1097/00004032-199409000-00010; Barisic D, Lulic S, Miletic P (1992). "Radium and uranium in phosphate fertilizers and their impact on the radioactivity of waters". *Water Research* **26** (5): 607. doi:10.1016/0043-1354(92)90234-U; Scholten LC, Timmermans CWM (1992). "Natural radioactivity in phosphate fertilizers". *Nutrient cycling in agroecosystems* **43** (1-3): 103. doi:10.1007/BF00747688.

143 Monique E. Muggli *et al.* (2008). "Waking a Sleeping Giant: The Tobacco Industry's Response to the Polonium-210 Issue". *American Journal of Public Health* **98** (9): 1643. doi:10.2105/AJPH.2007.130963; Tidd J (2008). "The big idea: polonium, radon and cigarettes". *Journal of the Royal Society of Medicine* **101** (3): 156. doi:10.1258/jrsm.2007.070021.; William Birnbauer (September 7, 2008). "Big Tobacco covered up radiation danger". *The Age, Melbourne, Australia*, <http://www.theage.com.au/national/big-tobacco-covered-up-radiation-danger-20080906-4b54.html?page=-1>.

144 Tomoko OTA, Tetsuya SANADA, Yoko KASHIWARA, Takao MORIMOTO and Kaneaki SATO (2009). "Evaluation for Committed Effective Dose Due to Dietary Foods by the Intake for Japanese Adults". *Japanese Journal of Health Physics* **44**; Smith-Briggs JL, Bradley EJ (1984). "Measurement of natural radionuclides in U.K. diet". *Science of the Total Environment* **35**.

RADIUM

Radium is a chemical element with atomic number 88, represented by symbol **Ra**. It is an almost pure white alkaline earth metal, but it readily oxidizes on exposure to air, becoming black in color. All isotopes of radium are highly radioactive, with the most stable isotope of radium-226, which has a half-life of 1601 years and decays into radon gas. Due to such instability, radium is luminescent; it gives off a faint blue color.

Radium, in the form of radium chloride, was discovered by Marie Skłodowska-Curie and Pierre Curie in 1898. They extracted the radium compound from uraninite and published the discovery at the French Academy of Sciences five days later. Radium was isolated in its metallic state by Curie and André-Louis Debierne through the electrolysis of radium chloride in 1910. Since its discovery, it has given names like radium a and radium C₂ to several isotopes of other elements that are decay products of radium-226.

In nature, radium is found in uranium ores in trace amounts as small as a seventh of a gram per tonne of uraninite. Radium is not necessary for living organisms and adverse health effects are likely when it is incorporated into biochemical processes because of its radioactivity and chemical reactivity.

1. Characteristics

1.1 Physical characteristics

Although radium is not as well studied as its stable lighter homologue barium, the two elements have very similar properties. Their first two ionization energies are very similar: 509.3 and 979.0 kJ mol⁻¹ for radium and 502.9 and 965.2 kJ mol⁻¹ for barium. Such low figures yield both elements' high reactivity and the formation of the very stable Ra²⁺ ion and similar Ba²⁺.

Pure radium is a white silvery solid metal, melting at 700 °C (1292 °F), and boiling at 1737 °C (3159 °F), also very close to those of barium. Radium has density of 5.5 g•cm⁻³; radium–barium density ratio is comparable to radium–barium atomic mass ratio, as these elements have very similar body-centered cubic structures.

1.2 Chemical characteristics and compounds

Radium is the heaviest alkaline earth metal; its chemical properties mostly resemble those of barium. When exposed to air, radium reacts violently with it, forming radium nitride,¹⁴⁵ which causes blackening of this white metal. It exhibits only +2 oxidation state in solution. Radium ions do not form

complexes easily, due to highly basic character of ions. Most radium compounds coprecipitate with all barium, most strontium and most lead compounds, and are ionic salts. Radium ion is colorless, making radium salts white when freshly prepared, turning yellow and ultimately dark with age owing to self-decomposition from the alpha radiation. Compounds of radium flame red-purple and give a characteristic spectrum. Like other alkaline earth metals, radium reacts violently with water and oil to form radium hydroxide and is slightly more volatile than barium, which leads to lesser solubility of radium compounds compared to those of corresponding barium ones. Due to its geologically short half-life and intense radioactivity, radium compounds are quite rare, occurring almost exclusively in uranium ores.

Radium chloride, radium bromide, radium hydroxide and radium nitrate are soluble in water, with solubility of slightly lower than that of barium analog for bromide and chloride and higher for nitrate. Radium hydroxide is the more soluble than hydroxide of other alkaline earth metals, actinium and thorium and more basic than barium hydroxide. It can be separated from these elements by their precipitation with ammonia.¹⁴⁵ Out of insoluble radium compounds, radium sulfate, radium chromate, radium iodate, radium carbonate and radium tetrafluoroberyllate are characterized.¹⁴⁷ Radium oxide, however, remains uncharacterized, despite that other alkaline earth metals oxides are common compounds for corresponding metals.

1.3 Isotopes

Radium (Ra) has 25 different known isotopes, four of which are found in nature, with ²²⁶Ra being the most common. ²²³Ra, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra and ²²⁸Ra are all generated naturally in the decay of either Uranium (U) or Thorium (Th). ²²⁶Ra is a product of ²³⁸U decay, and is the longest-lived isotope of radium with a half-life of 1601 years; next longest is ²²⁸Ra, a product of ²³²Th breakdown, with a half-life of 5.75 years.¹⁴⁸

Radium has no stable isotopes; however, four isotopes of radium are present in decay chains, having atomic masses of 223, 224, 226 and 228, all of which present in trace amounts. The most abundant and the longest-living one is radium-226, with half-life of 1601 years. To date, 33 isotopes of radium have been synthesized, ranging in mass number from 202 to 234.

To date, at least 12 nuclear isomers have been reported; the most stable of them is radium-205m, with half-life of between 130 and 230 milliseconds. All ground states of isotopes from radium-205 to radium-214 and from radium-221 to radium-234 have longer ones.

Three other natural radio isotopes have received historical names in early twentieth century: radium-223 was known as *actinium X*, radium-224 as *thorium X* and radium-228 as *mesothorium I*. Radium-226 has given historical names to its decay products after the whole element, such as *radium a* for polonium-218.

145 U.S. Atomic Energy Commission (1964), "NUCLEAR SCIENCE SERIES", The Radiochemistry of Radium, <http://library.lanl.gov/cgi-bin/getfile?rc000041.pdf>, retrieved 2011-01-26.

146 *Ibidem*.

147 *Ibidem*.

148 "Chart Nuclides by the National Nuclear Data Center (NNDC)", <http://www.nndc.bnl.gov/chart/reZoom.jsp?newZoom=3>, retrieved 2009-08-01.

1.4 Radioactivity

Radium is over one million times more radioactive than the same mass of uranium. Its decay occurs in at least seven stages; the successive main products have been studied and were called radium emanation or exradio (now identified as radon), radium a (polonium), radium B (lead), radium C (bismuth), etc. Radon is a heavy gas and the later products are solids. These products are themselves radioactive elements, each with an atomic weight a little lower than its predecessor.

Radium loses about 1% of its activity in 25 years, being transformed into elements of lower atomic weight with lead being the final product of disintegration.

The SI unit of radioactivity is the becquerel (Bq), equal to one disintegration per second. The Curie is a non-SI unit defined as that amount of radioactivity which has the same disintegration rate as 1 gram of Ra-226 (3.7×10^{10} disintegrations per second, or 37 GBq).

Radium metal maintains itself at a higher temperature than its surroundings because of the radiation it emits - alpha particles, beta particles, and gamma rays. More specifically, the alpha particles are produced by the radium decay, whereas the beta particles and gamma rays are produced by relatively short half-life elements further down the decay chain.

1.5 Occurrence

Radium is a decay product of uranium and is therefore found in all uranium-bearing ores. (One ton of pitchblende typically yields about one seventh of a gram of radium).¹⁴⁹ Radium was originally acquired from pitchblende ore from Joachimsthal,

Bohemia, in the Czech Republic. Carnotite sands in Colorado provide some of the element, but richer ores are found in the Democratic Republic of the Congo and the Great Lakes area of Canada, and can also be extracted from uranium processing waste. Large radium-containing uranium deposits are located in Canada (Ontario), the United States (New Mexico, Utah, and Virginia), Australia, and in other places.

2. Production

All radium occurring today is produced by decay of heavier elements, being present in decay chains. Due to such short half-lives of isotopes, radium is not primordial but trace. It cannot occur in big quantities due to both isotopes of radium have short half-lives and parents nuclides have very long ones. Radium is found in tiny quantities in the uranium ore uraninite, and various other uranium minerals and in even tinier quantities in thorium ones.

3. History

Summary of radium decay products that used to have 'radium' word in their historical names:

Historic name	Symbol, present name
Radium emanation	²²² Rn, radon-222
Radium a	²¹⁸ Po, polonium-218
Radium C	²¹⁴ Bi, bismuth-214
Radium C ₁	²¹⁴ Po, polonium-214
Radium C ₂	²¹⁰ Tl, thallium-210
Radium D	²¹⁰ Pb, lead-210
Radium E	²¹⁰ Bi, bismuth-210
Radium F	²¹⁰ Po, polonium-210

¹⁴⁹ "Radium", Los Alamos National Laboratory, <http://periodic.lanl.gov/elements/88.html>. Retrieved on 2009-08-05.

Radium (Latin *radius*, ray) was discovered by Marie Skłodowska-Curie and her husband Pierre on December 21, 1898 in uraninite sample. While studying the mineral, the Curies removed uranium from it and found that the remaining material was still radioactive. They then separated out a radioactive mixture consisting mostly of barium which gave a brilliant green flame color and crimson carmine spectral lines which had never been documented before. The Curies announced their discovery to the French Academy of Sciences on December 26, 1898.¹⁵⁰ The naming of Radium dates to circa 1899, from French 'Radium', formed in Modern Latin from *radius* 'ray', called for its power of emitting energy in the form of rays.¹⁵¹ In 1910, radium was isolated as a pure metal by Curie and André-Louis Debierne through the electrolysis of a pure radium chloride solution by using a mercury cathode and distilling in an atmosphere of hydrogen gas.¹⁵² New Curies' element was first industrially produced at the beginning of the 20th century by Biraco, a subsidiary company of Union Minière du Haut Katanga (UMHK) in its Olen plant in Belgium. UMHK offered to Marie Curie her first gramme of radium. It gave historical names the decay products of radium, such as radium A, B, C, etc, now known to be isotopes of other elements.

On February 4, 1936 radium E (bismuth-210) became the first radioactive element to be made synthetically in the United States. Dr. John Jacob Livingood at the

radiation lab at University of California, Berkeley was bombarding several elements with 5-MEV deuterons. He noted that irradiated bismuth emits fast electrons with a 5-day half-life, which matched the behavior of radium E.¹⁵³

The common historical unit for radioactivity, curie, is based on the radioactivity of ²²⁶Ra.

4. Applications

Some of the few practical uses of radium are derived from its radioactive properties. More recently discovered radioisotopes, such as ⁶⁰Co and ¹³⁷Cs, are replacing radium in even these limited uses because several of these isotopes are more powerful emitters, safer to handle, and available in more concentrated form.

When mixed with beryllium, it is a neutron source for physics experiments.

4.1 Historical uses

Radium was formerly used in self-luminous paints for watches, nuclear panels, aircraft switches, clocks, and instrument dials. In the mid-1920s, a lawsuit was filed by five dying "Radium Girl" dial painters who had painted radium-based luminous paints on the dials of watches and clocks. The dial painters' exposure to radium caused serious health effects which included sores, anemia and bone cancer. This is because radium is treated as calcium by the body, and deposit-

150 Pierre Curie, Madame Pierre Curie, and Gustave Bémont (1898). "Sur une nouvelle substance fortement radio-active, contenue dans la pechblende (On a new, strongly radioactive substance contained in pitchblende)". *Comptes Rendus* **127**: 1215-1217. Retrieved 2009-08-01.

151 <http://www.etymonline.com/index.php?term=radium>.

152 Marie Curie and André Debierne (1910). "Sur le radium métallique" (On metallic radium)" (French). *Comptes Rendus* **151**: 523-525. Retrieved 2009-08-01.

153 Livingood, b. 1903, collaborated with Glenn T. Seaborg for five years, including 1936-8 at U.C. Berkeley. See: <http://acs.lbl.gov/ImgLib/COLLECTIONS/BERKELEY-LAB/index/97401414.html>, <http://jnm.snmjournals.org/cgi/reprint/39/6/16N.pdf>; "Science: Radium E". *Time Magazine*. Retrieved 4 Feb 2010; J. J. Livingood (1936). "Deuteron-Induced Radioactivities". *Phys Rev* **50** (5): 425-434. doi:10.1103/PhysRev.50.425.

ed in the bones, where radioactivity degrades marrow and can mutate bone cells.

During the litigation, it was determined that company scientists and management had taken considerable precautions to protect themselves from the effects of radiation, yet had not seen fit to protect their employees. Worse, for several years, the companies had attempted to cover up the effects and avoid liability by insisting that the Radium Girls were instead suffering from syphilis. This complete disregard for employee welfare had a significant impact on the formulation of occupational disease labor law.¹⁵⁴

As a result of the lawsuit, the adverse effects of radioactivity became widely known, and radium dial painters were instructed in proper safety precautions and provided with protective gear. In particular, dial painters no longer shaped paint brushes by lip. Radium was still used in dials as late as the 1960s, but there were no further injuries to dial painters. This further highlighted that the plight of the Radium Girls was completely preventable.

After the 1960s, radium paint was first replaced with promethium paint, and later by tritium bottles which continue to be used today. Although the beta radiation from tritium is potentially dangerous if ingested, it has replaced radium in these applications.

Radium was once an additive in products like toothpaste, hair creams, and even food items due to its supposed curative powers.¹⁵⁵ Such products soon fell out of

vogue and were prohibited by authorities in many countries, after it was discovered they could have serious adverse health effects. (See for instance *Radithor* or *Revigator* types of "Radium water" or "Standard Radium Solution for Drinking") Spas featuring radium-rich water are still occasionally touted as beneficial, such as those in Misasa, Tottori, Japan. In the U.S., nasal radium irradiation was also administered to children to prevent middle ear problems or enlarged tonsils from the late 1940s through early 1970s.¹⁵⁶

In 1909, the famous Rutherford experiment used radium as an alpha source to probe the atomic structure of gold. This experiment led to the Rutherford model of the atom and revolutionized the field of nuclear physics.

Radium (usually in the form of radium chloride) was used in medicine to produce radon gas which in turn is used as a cancer treatment, for example several of these radon sources were used in Canada in the 1920s and 1930s.¹⁵⁷ The isotope ²²³Ra is currently under investigation for use in medicine as cancer treatment of bone metastasis.

5. Precautions

Radium is highly radioactive and its decay product, radon gas, is also radioactive. Since radium is chemically similar to calcium, it has the potential to cause great harm by replacing calcium in bones. Exposure to radium can cause cancer and other

154 "Mass Media & Environmental Conflict - Radium Girls", <http://www.radford.edu/~wkovarik/envhist/radium.html>, retrieved 2009-08-01.

155 "French Web site featuring products (medicines, mineral water, even underwear) containing radium", <http://www.dissident-media.org/infonucleaire/radieux.html>, retrieved 2009-08-01.

156 Cherbonnier, Alice (1997-10-01). "Nasal Radium Irradiation of Children Has Health Fallout". *Baltimore Chronicle*. Retrieved 2009-08-01.

157 Hayter, Charles (2005). *An Element of Hope: Radium and the Response to Cancer in Canada, 1900-1940*. McGill-Queen's Press. ISBN 9780773528697.

disorders, because radium and its decay product radon emit alpha particles upon their decay, which kill and mutate cells. The effects of radiation at the time of radium's discovery were not well characterized, however, and thus some scientists carried vials of radium in their pockets, only to find that they had chemical burns at the place where they put their vials the next day.¹⁵⁸ Handling of radium has also been blamed for Marie Curie's death due to aplastic anemia. Therefore, stored radium should be ventilated to prevent accumulation of radon.

Emitted energy from the decay of radium also ionizes gases, affects photographic plates, and produces many other detrimental effects - to the extent that at the time of the Manhattan Project in 1944, the "tolerance dose" for workers was set at 0.1 microgram of ingested radium.¹⁵⁹

¹⁵⁸ "Radium Video - The Periodic Table of Videos - University of Nottingham", <http://www.periodicvideos.com/videos/088.htm>, retrieved 2011-03-03.

¹⁵⁹ Weisgall, Jonathan, *Operation Crossroads*, 1994, Naval Institute Press, Annapolis, p 238.

6. Further reading

- Macklis, R. M. (1993). "The great radium scandal". *Scientific American* **269** (2): 94–99. doi:10.1038/scientificamerican0893-94.
- Clark, Claudia (1987). *Radium Girls: Women and Industrial Health Reform, 1910–1935*. University of North Carolina Press. ISBN 0-8078-4640-6

7. References

- Albert Stwertka (1998). *Guide to the Elements - Revised Edition*. Oxford University Press. ISBN 0-19-508083-1
- Denise Grady (October 6, 1998). "A Glow in the Dark, and a Lesson in Scientific Peril". *The New York Times*. Retrieved 2007-12-25.
- Nanny Fröman, "Marie and Pierre Curie and the Discovery of Polonium and Radium", Nobel Foundation, 1 December 1996, retrieved 2007-12-25

IRÈNE JOLIOT-CURIE

Irène Joliot-Curie (12 September 1897 – 17 March 1956) was a French scientist, the daughter of Marie Skłodowska-Curie and Pierre Curie and the wife of Frédéric Joliot-Curie. Jointly with her husband, Joliot-Curie was awarded the Nobel Prize for chemistry in 1935 for their discovery of artificial radioactivity. This made the Curies the family with most Nobel laureates to date.¹⁶⁰ Both children of the Joliot-Curies, Hélène and Pierre, are also esteemed scientists.¹⁶¹

1. Biography

1.1 Early years

Curie was born in Paris. After a year of traditional education, which began when she was 6 years old, her parents realized her obvious mathematical talent and decided that Irène's academic abilities needed a more challenging environment. Marie joined forces with a number of eminent French scholars, including the prominent French physicist Paul Langevin to form "The Cooperative," a private gathering of

some of the most distinguished academics in France. Each contributed to educating one another's children in their respective homes. The curriculum of The Cooperative was varied and included not only the principles of science and scientific research but such diverse subjects as Chinese and sculp-



Pierre, Irène and Marie Curie. In public domain.

ture and with great emphasis placed on self expression and play.

This arrangement lasted for two years after which Curie re-entered a more orthodox learning environment at the Collège Sévigné in central Paris from 1912 to 1914

¹⁶⁰ "Nobel Laureates Facts: Family Nobel Laureates", Nobel Foundation, http://nobelprize.org/nobel_prizes/nobelprize_facts.html, retrieved 2008-09-04.

¹⁶¹ Williams, Gary A.; Byers, Nina (2006). *Out of the Shadows: Contributions of Twentieth-Century Women to Physics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN 0521821975.

and then onto the Faculty of Science at the Sorbonne, to complete her Baccalaureat. Her studies at the Faculty of Science were interrupted by World War I.

1.2 World War I

Initially, Curie was taken by her mother to Brittany, but a year later when she turned 18 she was re-united with her mother, running the 20 mobile field hospitals that Marie had established. The hospitals were equipped with primitive X-ray equipment made possible by the Curies' radiochemical research. This technology greatly assisted doctors to locate shrapnel in wounded soldiers, but it was crude and led to both Marie and Irène, who were serving as nurse radiographers, to suffer large doses of radiation exposure.

After the War, Curie returned to Paris to study at The Radium Institute, which had been built by her parents. The institute was completed in 1914 but remained empty during the war. Her doctoral thesis was concerned with the alpha rays of polonium, the second element discovered by her parents and named after Marie's country of birth, Poland. Curie became Doctor of Science in 1925.

1.3 Research

As she neared the end of her doctorate in 1924 she was asked to teach the precise laboratory techniques required for radiochemical research to the young chemical engineer Frédéric Joliot whom she would later come to wed.

From 1928 Joliot-Curie and husband Frédéric combined their research interests on the study of atomic nuclei. Though their experiments identified both the positron and the neutron, they failed to interpret the significance of the results and the discoveries were later claimed by C.D. Anderson and James Chadwick respectively. These discoveries would have secured greatness indeed, as together with J. J. Thomson's discovery of the electron in 1897, they finally replaced Dalton's theory of atoms being solid spherical particles.

Finally, in 1934 they made the discovery that sealed their place in scientific history. Building on the work of Marie and Pierre, who had isolated naturally occurring radioactive elements, Joliot-Curies realised the alchemist's dream of turning one element into another, creating radioactive nitrogen from boron and then radioactive isotopes of phosphorus from aluminium and silicon from magnesium. For example, irradiating the main natural and stable isotope of aluminum with alpha particles (i.e. helium nuclei) results in an unstable isotope of phosphorus: $^{27}\text{Al} + ^4\text{He} > ^{30}\text{P} + ^1_0\text{n}$.¹⁶² By now the application of radioactive materials for use in medicine was growing and this discovery led to an ability to create radioactive materials quickly, cheaply and plentifully. The Nobel Prize for chemistry in 1935 brought with it fame and recognition from the scientific community and Joliot-Curie was awarded a professorship at the Faculty of Science.

Irène's group pioneered research into radium nuclei that led a separate group of

162 Irène Joliot-Curie, "Nobel Lecture: Artificial Production of Radioactive Elements", http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/joliot-curie-lecture.html, December 12, 1935; Frédéric Joliot, "Chemical Evidence of the Transmutation of Elements", http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/joliot-fred-lecture.pdf, December 12, 1935; Byers, Moszkowski, Chadwick (via 1956 Nature obituary), "Irène Joliot-Curie Contributions and Bibliography", Contributions of 20th Century Women to Physics, http://cwp.library.ucla.edu/Phase2/Joliot-Curie,_Irene@841891460.html.

German physicists to discover nuclear fission; the splitting of the nucleus itself and the vast amounts of energy emitted as a result.

The years of working so closely with such deadly materials finally caught up with Joliot-Curie

and she was diagnosed with leukaemia. She had been accidentally exposed to polonium when a sealed capsule of the element exploded on her laboratory bench in 1946. Treatment with antibiotics and a series of operations did relieve her suffering temporarily but her condition continued to deteriorate. Despite this Joliot-Curie continued to work and in 1955 drew up plans for new physics laboratories at the Université d'Orsay, South of Paris.



Irène Curie (1935). In public domain.

1.4 Political views

The Joliot-Curies had become increasingly aware of the growth of the fascist movement. They opposed its ideals and joined the Socialist Party in 1934, the *Comité de Vigilance des Intellectuels Antifascistes* a year later, and in 1936 actively supported the Republicans in the Spanish Civil War. In the same year, Joliot-Curie was appointed Undersecretary of State for Scientific Research for the French government where she helped in founding the Centre National de la Recherche Scientifique.

The Joliot-Curies had continued Pierre and Marie's policy of publishing all of their work for the benefit of the global scientific community, but afraid of the danger that

might result should it be developed for military use, they stopped. On 30 October 1939 they placed all of their documentation on nuclear fission in the vaults of the Académie des Sciences where it remained until 1949.

Joliot-Curie's political career continued after the war and she became a commissioner in the Commissariat à l'énergie Atomique. However, she still found time for scientific work and in 1946 became director of her mother's Institut du Radium, Radium Institute.

Joliot-Curie became actively involved in promoting women's education, serving on the National Committee of the Union of French Women (Comité National de l'Union des Femmes Françaises) and the World Peace Council. Joliot-Curies were given memberships to the French Légion d'honneur; Irène as an officer and Frédéric as a commissioner, recognising his earlier work for the resistance.

1.5 Personal life

Irène and Frédéric hyphenated their surnames to Joliot-Curie after they married in 1926. Eleven months later, their daughter Hélène was born, who would also become a noted physicist. Their son, Pierre, a biologist, was born in 1932.

During World War II Joliot-Curie contracted tuberculosis and was forced to spend several years convalescing in Switzerland. Concern for her own health together with the anguish of leaving her husband and children in occupied France was hard to bear and she did make several dangerous visits back to France, enduring detention by German troops at the Swiss border on more than one occasion. Finally, in 1944 Joliot-Curie judged it too dangerous for her family to remain in France and she took her children back to Switzerland.

In 1956, after a final convalescent period in the French Alps, Joliot-Curie was admitted to the Curie hospital in Paris where she died on 17 March at the age of 58 from leukemia.¹⁶³

Joliot-Curie's daughter, Hélène Langevin-Joliot, is a nuclear physicist and professor at the University of Paris; her son, Pierre Joliot, is a biochemist at Centre National de la Recherche Scientifique.

¹⁶³ "Q&A: Polonium-210", Chemistry World, Royal Society of Chemistry, 27 November 2006, <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2006/November/27110601.asp>, retrieved 2008-09-04.

ÈVE CURIE

Ève Denise Curie Labouisse (December 6, 1904 – October 22, 2007) was a French-American writer, journalist and pianist. Ève Curie was the younger daughter of Marie Curie and Pierre Curie. Her sister was Irène Joliot-Curie and her brother-in-law Frédéric Joliot-Curie. Ève was the only member of her family who did not choose a career as a scientist and did not win a Nobel Prize, although her husband Henry Richardson Labouisse, Jr. did collect the Nobel Peace Prize in 1965 on behalf of UNICEF. She worked as a journalist and authored her mother's biography *Madame Curie* and a book of war reportage, *Journey Among Warriors*. From the 1960s she committed herself to work for UNICEF, providing help to children and mothers in developing countries.

1. Childhood

Ève Denise Curie was born in Paris, France on December 6, 1904. She was the younger daughter of the scientists Marie and Pierre Curie, who also had another daughter Irène (born 1897). Ève virtually did not know her father, who died tragically in 1906 in an

accident, run over by a horse cart. After this accident, Marie Curie and her daughters were supported for some time by their paternal grandfather Dr. Eugène Curie. When he died in 1910, Marie Curie was forced to bring up her daughters herself with the help of governesses. Even though Ève confessed later that as a child she had suffered from a lack of sufficient attention of her mother and that only later, in her teens, she developed a stronger emotional bond to her,¹⁶⁴ Marie took great care for the education and development of interests of both her daughters. Whereas Irène followed in her mother's footsteps and became an eminent scientist (she was awarded the Nobel Prize in Chemistry with her husband Frédéric Joliot-Curie in 1935), Ève showed more artistic and literary interests. Even as a child she displayed a particular talent for music.

Marie Curie also took care of the physical development of the girls. Whatever the weather, they went on long walks and rode on bikes. They went swimming in summer, and Marie had gymnastics equipment installed in the garden of their house in Sceaux, Hauts-de-Seine. Ève and Irène also learned sewing, gardening and cooking.

¹⁶⁴ Fox, Margalit (October 25, 2007). "Ève Curie's obituary in New York Times". The New York Times. Retrieved March 7, 2010.

Although the girls were French nationals (Ève became later an American citizen), and their first language was French, they were familiar with their Polish origin and spoke Polish. In 1911 they visited Poland, which was then under Russian rule. The main purpose of the visit was to visit with Bronisława Skłodowska, Marie's sister, who was staying in a sanatorium at the time. During their visit to Poland, they also rode horses and hiked in the mountains.¹⁶⁵

2. Youth

In 1921, 16-year-old Ève set off on her first journey across the Atlantic Ocean: that spring, she sailed with her sister and mother on board the ship RMS Olympic to New York City. Marie Curie, as a two-time laureate of the Nobel Prize, the discoverer of radium and polonium, was welcomed there with all due ceremony; her daughters were also very popular with American high society. Radiant at parties and joyous, Ève was dubbed by the press "the girl with radium eyes".¹⁶⁶ During the trip Ève and Irène also acted as their mother's "bodyguards" – Marie, usually focused on research work and preferring a simple life, did not always feel comfortable facing the homage paid to her. While in the United States, Marie, Irène and Ève met President Warren G. Harding



Ève Curie (1921). In public domain.

in Washington, D.C., saw the Niagara Falls and went by train to see the Grand Canyon. They returned to Paris in June 1921.

Ève, like her sister Irène, graduated from the Collège Sévigné in Paris, where she obtained two bachelor's degrees, in Science and Philosophy, in 1925. Meanwhile, she also improved her piano skills and gave her first concert in Paris in 1925. Later, she performed on stage many times, giving concerts in the French capital, in the provinces and in Belgium.

After Irène married Frédéric Joliot in 1926, Ève stayed with her mother in Paris, taking care of her and accompanying her on trips throughout France, Italy, Belgium, and Switzerland. In 1932, they also accompanied President of Czechoslovakia Tomáš Masaryk on his trip to Spain.

Although she loved her mother, Ève had a quite different personality from her (and from her sister Irène). She was not interested in science, preferring the humanities. Unlike her mother, she was always attracted by refined life. Whereas Marie usually wore simple, black dresses, Ève, with an attractive appearance, always cared about smart clothes, wore high-heeled shoes and make-up, and loved shining at parties. However, both Ève and Irène nursed her mother with devotion until her death. Marie, ill with aplastic anemia, probably caused by her long-term exposure to radium, died on July 4, 1934.¹⁶⁷

3. Mother's biography

After Marie Curie's death, Ève decided to give voice to her love for her by writing her biography. To this end, she temporarily

¹⁶⁵ "Ève Curie's biography", <http://www.answers.com/topic/ve-curie>, retrieved March 7, 2010.

¹⁶⁶ "Ève Curie's obituary in The Times". <http://www.timesonline.co.uk/tol/comment/obituaries/article2740123.ece>. Retrieved March 7, 2010.

¹⁶⁷ "Ève Curie's biography", <http://www.answers.com/topic/ve-curie>, retrieved March 7, 2010.

withdrew from social life and moved to a small flat in Auteuil, Yvelines, where she gathered and sorted out documents and letters left by Marie. In autumn 1935, she also visited her family in Poland, looking for information about her mother's childhood and youth. The fruit of this work was the biography *Madame Curie*, simultaneously published in France, Britain, Italy, Spain, the United States and other countries in 1937.

The biography became highly popular instantly upon its publication; in many countries (including the United States) it was a bestseller. The book won the 1937 National Book Award for Fiction, and was adapted for the silver screen in 1943 by Metro-Goldwyn-Mayer, with Greer Garson in the title role.

In later years, however, Marie Curie's biography often met with criticism of science historians, who accused Ève of presenting her mother in an over-sentimental way and failing to mention, for example, Marie's love affair with Paul Langevin, her husband's former student. Langevin was a married man and a father of four; their relationship, established after Pierre Curie's death, caused a great scandal in early twentieth century France. Ève was also accused of not presenting all the troubles and insults her mother had to suffer from French scientific circles and the gutter press.

Ève became more and more engaged in literary and journalistic work. Apart from her mother's biography, she published musical reviews in the *Candide* weekly and articles on theatre, music and film in other Paris newspapers.¹⁶⁸

4. Second World War

After the outbreak of the Second World War in 1939, the novelist and playwright

Jean Giraudoux, who had become the French Information Commissioner (*Commissaire général à l'information*) in the same year, appointed Ève Curie head of the feminine division in his office. After Germany invaded France, Ève left Paris on June 11, 1940, and after the surrender of France she fled with other refugees on board an overcrowded ship to England, which was strafed by German aircraft. There she joined the Free French Forces of General Charles de Gaulle and started her active fight against Nazism, which resulted in the Vichy government's depriving her of French nationality and confiscating her property in 1941.

Ève Curie spent most of the war years in Britain, where she met Winston Church-



Ève Curie on Time magazine cover (1940). In public domain.

ill, and the United States, where she gave lectures and wrote articles to American newspapers (mostly the *New York Herald Tribune*). In 1940 she met Eleanor Roosevelt at the White House. Inspired by this visit, she later gave a series of lectures on *French Women and the War*; in May 1940 *The Atlantic Monthly* published her essay under the same title.

From November 1941 to April 1942, Ève Curie traveled as a war correspondent to Africa, the Soviet Union and Asia, where she witnessed the British offensive in Egypt and Libya in December 1941 and the Soviet counter-offensive at Moscow in January 1942. During this journey she met the Shah

¹⁶⁸ *Ibidem*.

of Iran, Mohammad Reza Pahlavi, the leader of Free China, Chiang Kai-shek, fighting the Japanese, and Mahatma Gandhi. Several times, she also had the opportunity to meet her half-compatriots, Polish soldiers, who fought on the side of the British or organized the Polish Army in the Soviet Union. Curie's reports from this journey were published in American newspapers, and in 1943 they were gathered in the book *Journey Among Warriors*, which was nominated for the Pulitzer Prize for Correspondence in 1944 (eventually losing to Ernest Taylor Pyle).¹⁶⁹

After her return to Europe, Ève Curie served as a volunteer in the women's medical corps of the Free French during the Italian Campaign, where she was promoted to the rank of lieutenant in the 1st Armored Division. In August 1944 she took part in landing with her troops in Provence in southern France. She was decorated with the Croix de guerre for her services.

5. After the war

After the liberation of France, Ève Curie first worked as a co-editor of the daily newspaper *Paris-Presse* from 1944 to 1949, but was also active in the political sphere. For example, she was responsible for women's affairs in de Gaulle's government, and in 1948 along with other prominent European intellectuals, she appealed to the United Nations for recognition of the state of Israel. In the years 1952-1954, she was a special advisor to Hastings Lionel Ismay, the first Secretary General of NATO. On 19 November 1954 she married the American politician and diplomat Henry Richardson

Labouisse, Jr., who served as the United States Ambassador to Greece from 1962 to 1965. Ève Curie became an American citizen in 1958.

6. Work for UNICEF

In 1965, Ève's husband gave up his job in the U.S. government when the Secretary General of the United Nations U Thant offered him the position of the Executive Director of the United Nations Children's Fund UNICEF. Labouisse held this office till 1979, actively supported by his wife, who also worked for the organization and was often called "the First Lady of UNICEF". Together, they visited more than 100 countries, mostly in the Third World, which were beneficiaries of UNICEF's help. In 1965, Labouisse, accompanied by his wife, accepted the Nobel Peace Prize, which was awarded to his organization.¹⁷⁰

7. Last years of life

After her husband's death in 1987, Ève lived in New York City. She had no children from her marriage to Henry Labouisse, and was only visited by her stepdaughter, Anne Peretz (Labouisse's only daughter, born of his first marriage).

In December 2004, Ève Curie's celebrated her one-hundredth birthday. On this occasion, she was visited in her New York flat by the Secretary General of the United Nations Kofi Annan. She also received congratulatory letters from the presidents of the United States – George W. Bush – and France – Jacques Chirac.

¹⁶⁹ *Ibidem*.

¹⁷⁰ Pace, Eric (March 27, 1987). "Henry Labouisse's obituary in New York Times". *The New York Times*. <http://www.nytimes.com/1987/03/27/obituaries/henry-r-labouisse-dies-former-chief-of-unicef.html?pagewanted=1>. Retrieved March 7, 2010.

In July 2005, Ève Curie Labouisse was promoted for her work in UNICEF to the rank of 'Officier de la Légion d'Honneur' of the Republic of France — the country's highest decoration. She expressed thanks for the decoration, saying:

*I feel honoured, i feel proud. I'm a little embarrassed because i don't think i deserve all those wonderful compliments, so i just don't quite know how to behave. But it's a really wonderful day for me and i will remember it for a very long time.*¹⁷¹

She sometimes joked that she brought shame on her family. "There were five Nobel Prizes in my family," she joked, "two for my mother, one for my father, one for [my] sister and brother-in-law and one for my husband. Only i was not successful..."¹⁷²

Ève Curie died in her sleep on 22 October 2007 in her residence on Sutton Place in Manhattan, aged 102.

Ann Veneman, the Executive Director of UNICEF, said after her death:

*Mrs. Labouisse was a talented professional woman who used her many skills to promote peace and development. While her husband headed UNICEF, she played a very active role in the organization, traveling with him to advocate for children and to provide support and encouragement to UNICEF staff in remote and difficult locations. Her energy and her commitment to the betterment of the world should serve as an inspiration to us all.*¹⁷³

171 "UNICEF hosts award ceremony in honour of Madame Eve Labouisse", http://www.unicef.org/people/people_27647.html, retrieved March 7, 2010.

172 "Ève Curie's obituary (Polish)", http://www.wiadomosci24.pl/artukul/zmarla_ewa_curie_labouisse_8211_corka_polskiej_noblistki_48369.html, retrieved March 7, 2010.

173 "UNICEF mourns the death of Ève Curie Labouisse", http://www.unicef.org/media/media_41393.html, retrieved March 7, 2010.

CURIE INSTITUTE, WARSAW

The **Maria Skłodowska-Curie Institute of Oncology** (Polish: *Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie*) in Warsaw was founded in 1932 as the Radium Institute by Maria Skłodowska-Curie in collaboration with the Polish Government, especially President Ignacy Mościcki.

After World War II, the Institute changed its name to "Maria Skłodowska-Curie Institute of Oncology".

Today it is a specialized health institute of the Polish Ministry of Health. It also has regional branches in Gliwice and Kraków.

It is the leading and most specialized cancer research and treatment center in Poland.

One of the Institute's brick walls bears the inscription, "**MARIJ SKŁODOWSKIEJ CURIE, W HOŁDZIE**" [In homage to Maria Skłodowska-Curie].



Mural on former building of Radium Institute at Wawelska Street in Warsaw. Text states "My ardent desire is the creation of Radium Institute in Warsaw. Marie Skłodowska-Curie". Authors: Paweł Rupiński and Jerzy Mierziak. Photo: Marcin Białek (2007). CC BY-SA 3.0

Dans la vie, rien n'est à craindre, tout est à comprendre.

Marie Skłodowska-Curie

*Mme Curie est, de tous les êtres célèbres, le seul que la
gloire n'ait pas corrompu.*

Albert Einstein, source : Ève Curie, *Madame Curie*

MARIE CURIE

Marie Curie (née **Maria Skłodowska** le 7 novembre 1867 à Varsovie, Pologne – décédée le 4 juillet 1934 à Sancellemoz, France) est une physicienne polonaise naturalisée française.

Marie et son époux Pierre Curie partagent le prix Nobel de physique de 1903 avec Henri Becquerel, pour leurs recherches sur les radiations¹⁷⁴. En 1911, Marie obtient le prix Nobel de chimie pour ses travaux sur le polonium et le radium¹⁷⁵. Elle est la seule femme à avoir reçu deux prix Nobel¹⁷⁶. Elle est également la première femme lauréate en 1903, avec son mari, de la Médaille Davy pour ses travaux sur le radium¹⁷⁷.

1. Biographie

1.1 Enfance

Maria Salomea Skłodowska naît à Varsovie, alors dans l'Empire russe, d'un père professeur de mathématiques et de physique et d'une mère institutrice. En l'espace de deux ans, elle perd sa sœur Sofia, du typhus en jan-

vier 1876, et sa mère, de la tuberculose, le 9 mai 1878. Elle se réfugie alors dans les études où elle excelle dans toutes les matières, où la note maximale lui est accordée. Elle obtient ainsi son diplôme de fin d'études secondaires avec la médaille d'or en 1883. Elle adhère à la doctrine positiviste d'Auguste Comte, et participe à l'éducation clandestine des masses en réaction à la russification de la société par l'Empire russe. Marie Skłodowska rejoint l'Université Volante, illégale.



Marie Curie (1911). Dans le domaine public.

1.2 Étudiante à la Faculté des sciences de Paris

En novembre 1891, elle part pour Paris, où elle a été acceptée pour y suivre des études en sciences physiques et en

¹⁷⁴ http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ The Nobel Prize in Physics.

¹⁷⁵ http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/ The Nobel Prize in Chemistry 1911.

¹⁷⁶ http://nobelprize.org/nobel_prizes/nobelprize_facts.html Nobel Laureates Facts.

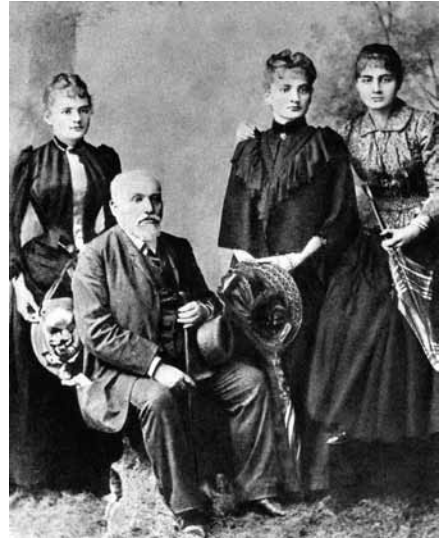
¹⁷⁷ <http://royalsociety.org/page.asp?id=1756> Davy archive winners 1989 - 1900.



Maison natale de Marie Skłodowska à Varsovie. Aujourd'hui le Musée Marie Curie.. Photo: Memorino (2009). CC BY-3.0

mathématiques à la Faculté des sciences de Paris. Elle suit les cours des mathématiciens Paul Painlevé, Paul Appell et des physiciens Léon Brillouin et Gabriel Lippmann. Deux ans plus tard, en juillet 1893, elle obtient sa licence ès-sciences physiques, en étant première de sa promotion, et un an plus tard sa licence ès-sciences mathématiques, en étant seconde. Elle rejoint ensuite le Laboratoire des recherches physiques de Gabriel Lippmann.

Au printemps 1894, elle rencontre Pierre Curie, qu'elle épouse à Sceaux (Hauts-de-Seine), le 26 juillet 1895. En 1896, elle est reçue première à l'agrégation de physique. Le 12 septembre 1897,



Famille Skłodowski: Władysław Skłodowski et ses filles: Marie, Bronisława et Helena (1890). Dans le domaine public.

elle donne naissance à sa première fille, Irène.

1.3 Doctorat à l'École de physique et de chimie

En décembre 1897, elle commence à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris des travaux de thèse sur l'étude des rayonnements produits par l'uranium, découverts par Henri Becquerel et à ce moment-là encore appelés rayons uraniques car on les croyait spécifiques à cet élément¹⁷⁸. En utilisant les techniques mises au point par son mari, elle analyse les rayonnements d'un minerai riche en uranium, la pitchblende.

En 1898, Pierre laisse de côté ses travaux sur la piézoélectricité pour rejoindre

¹⁷⁸ http://mariecurie.science.gouv.fr/dico/notion2.php?noti=rayon_u La radioactivité naturelle - Les rayons uraniques.



Marie Skłodowska à l'âge de 16 (1883). Dans le domaine public.

sa femme sur son étude de la radioactivité. Il obtient l'autorisation du directeur de l'École de physique et de chimie d'utiliser un atelier au rez-de-chaussée. Les traitements chimiques sont réalisés dans un hangar, qui se trouve à côté de l'atelier, séparé uniquement par une cour.

Dans ce laboratoire de fortune où ils étudient la pechblende, ils découvrent deux nouveaux éléments. Le 18 juillet 1898, Marie Curie annonce la découverte du polonium, nommé ainsi en référence à son pays d'origine. Le 26 décembre, avec Gustave Bémont, elle annonce la découverte du radium ; il aura fallu traiter plusieurs

tonnes de pechblende pour obtenir moins d'un gramme de cet élément. Ces extractions, faites à partir de tonnes de minerai, sont effectuées dans des conditions difficiles, dans des locaux dépourvus de tout confort. Le



Marie Curie (circa 1898). Dans le domaine public.

chimiste allemand Wilhelm Ostwald, visitant le lieu de travail de Pierre et Marie Curie, déclare : « Ce laboratoire tenait à la fois de l'étable et du hangar à pommes de terre. Si je n'y avais pas vu des appareils de chimie, j'aurais cru que l'on se moquait de moi ».

Le 26 octobre 1900, elle devient professeur à l'École normale supérieure de jeunes filles de Sèvres. Durant l'année 1903, elle soutient le 25 juin sa thèse sur les substances radioactives.

Le 10 décembre 1903, Marie Curie reçoit avec son mari et Henri Becquerel, le prix Nobel de physique « en reconnaissance de leurs services rendus, par leur recherche commune sur le phénomène des radiations découvert par le professeur Henri Becquerel »¹⁷⁹. Elle est la première femme à recevoir un prix Nobel. Cette même année,



Caricature de Marie et Pierre Curie (1904). Auteur: Julius Mendes Price. Dans le domaine public.

179 http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ The Nobel Prize in Physics.

elle est la première femme lauréate de la Médaille Davy.

L'année suivante, elle reçoit la médaille Matteucci¹⁸⁰ et donne naissance le 6 décembre à sa deuxième fille, Ève.



Le diplôme accompagnant le prix Nobel de Marie Curie (1911). Dans le domaine public.

1.4 Professeur à la Sorbonne

Le 19 avril 1906, Pierre meurt, renversé accidentellement par une voiture à cheval. En novembre, elle le remplace à son poste de professeur à la Sorbonne. Elle devient ainsi la première femme à enseigner dans cette université. En 1909, elle est nommée professeur titulaire dans sa chaire de physique générale, puis de physique générale et radioactivité.

Le 10 décembre 1911, elle reçoit son second Prix Nobel « en reconnaissance des services pour l'avancement de la chimie par la découverte de nouveaux éléments : le radium et le polonium, par l'étude de leur nature et de leurs composés »¹⁸¹. D'abord encouragée par le lauréat du prix Nobel de chimie Svante Arrhenius, celui-ci change d'avis lors de l'« affaire Langevin » (sa liaison avec Paul Langevin, révélée par la presse)¹⁸². Elle est la première personne à

obtenir deux prix Nobel pour ses travaux scientifiques. La deuxième est Linus Pauling, qui a reçu le premier pour ses travaux scientifiques en chimie en 1954 et le second pour son action en faveur de la paix en 1962.

Elle participe au premier Congrès Solvay en 1911, qui réunit de nombreux physiciens, tels que Max Planck, Albert Einstein et Ernest Rutherford, qui vont changer notre façon de percevoir le monde. Elle est la seule femme de ce congrès, organisé et financé par le chimiste et industriel belge Ernest Solvay.

1.5 L'Institut du Radium

Fin 1909, le professeur Émile Roux, directeur de l'Institut Pasteur, propose la

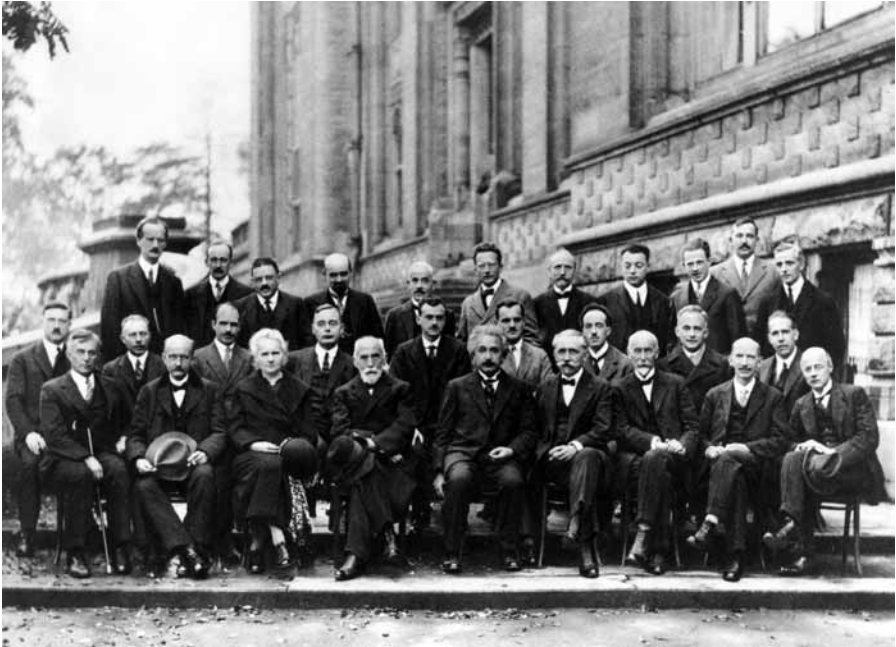


Marie Curie dans laboratoire. Dans le domaine public

¹⁸⁰ http://www.academixl.it/finalita_prscientifici_med_matteucci_eng.php Académie des sciences italiennes.

¹⁸¹ http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/ The Nobel Prize in Chemistry 1911.

¹⁸² http://mariecurie.science.gouv.fr/portrait/portrait4_2.php Marie, directrice de laboratoire, *Le prix Nobel de chimie*; <http://www.aip.org/history/curie/scandal2.htm> Scandal and Recovery (1910 - 1913).



Congrès Solvay en 1927. Auteur: Benjamin Couprie. Dans le domaine public.

création d'un Institut du Radium, dédié à la recherche médicale contre le cancer et à son traitement par radiothérapie. Malgré la notoriété de Marie Curie et de son prix Nobel, il faut attendre 1911 pour que commencent les travaux, subventionnés par Daniel Osiris. L'Institut, situé rue d'Ulm, est achevé en 1914, juste avant la Première Guerre mondiale. Il réunit deux laboratoires aux compétences complémentaires : le laboratoire de physique et de chimie, dirigé par Marie Curie, et le laboratoire Pasteur, axé sur la radiothérapie, dirigé par Claudius Regaud.

1.6 Les « Petites Curies »

Lorsque la guerre éclate, Marie Curie est mobilisée, tout comme les autres membres de l'Institut du Radium, qui fer-

mera temporairement durant la guerre. Aux côtés d'Antoine Béchère, directeur du service radiologique des armées, elle participe à la conception de dix-huit unités chirurgicales mobiles surnommées les « Petites Curies » ayant la particularité de pouvoir se rendre très près des champs de bataille et ainsi de limiter les déplacements des blessés. Elles permettent aussi de prendre des radiographies des malades, opération très utile pour situer plus précisément l'emplacement des obus de balles et faciliter les chirurgies. À l'Institut du Radium, elle forme des aide-radiologistes.

En 1916, elle obtient son permis de conduire et part régulièrement sur le front réaliser des radiographies. Irène, âgée de seulement de dix-huit ans, fait de même

dans plusieurs hôpitaux de campagne durant toute la guerre.

En 1918, à la fin de la guerre, elle peut enfin occuper son poste à l'Institut du Radium. Sa fille Irène devient son assistante. L'Institut du radium deviendra plus tard l'Institut Curie aujourd'hui très connu.



Marie Curie (1934). Dans le domaine public.

1.7 Un symbole du féminisme

Le 20 mai 1921, lors de son premier voyage aux États-Unis, elle peut acheter un gramme de radium à l'usine du radium de Pittsburgh, suite à une collecte de 100 000 dollars américains (environ 1 million de francs or) auprès des femmes américaines, organisée par la journaliste Marie Mattingly Meloney. En 1929, tou-

jours grâce aux femmes américaines, elle reçoit un nouveau gramme de radium, dont elle fait don à l'Université de Varsovie.

1.8 Maladie

Suite à une trop grande exposition aux éléments radioactifs, elle est atteinte d'une leucémie. Malgré sa faiblesse, elle continue d'assurer la direction de la section de physique et chimie de l'Institut du Radium. Elle se rend au sanatorium de Sancellemoz en Haute-Savoie en 1934 où elle décède le 4 juillet.

2. Travaux

2.1 Découverte du radium et du polonium

Marie Curie est embauchée par Henri Becquerel pour étudier les rayons uraniques, elle travailla d'abord sur l'uranium puis sur la pechblende, dont le rayonnement bien plus intense venait d'être remarqué. Elle mit en place une méthode radiochimique afin de déterminer l'origine précise du rayonnement de la pechblende : diviser, puis purifier, puis précipiter. Cette méthode était censée permettre d'isoler les éléments responsables de rayonnement plus intense.

En 1898, furent ainsi mesurées l'activité d'un atome de radium, puis celle du polonium. Pour ces travaux, Henri Becquerel et Pierre et Marie Curie obtinrent le prix Nobel en 1903¹⁸³. Ce fut la première démonstration de l'existence des atomes de radium et de polonium, qui existent mais sont instables. Cette découverte remit en cause la conception grecque antique qui stipulait que la matière était in-

183 http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ The Nobel Prize in Physics.

sécable et éternelle, et qu'il existait donc un nombre fini d'atomes stables.

2.2 Détermination du poids atomique du radium

Pour déterminer le poids atomique du radium, Marie Curie a dissout du chlorure de radium de masse connue, puis fait précipiter les ions chlorure par ajout de nitrate d'argent. En déterminant la masse du chlorure d'argent précipité, connaissant les poids atomiques du chlore et de l'argent, elle pouvait déduire le poids du chlore dans le chlorure de radium initial, et déterminer ainsi par simple soustraction le poids atomique du radium.

3. Hommages

L'année 2011 a été proclamée *Année Marie Curie*¹⁸⁴.

3.1 Au Panthéon

D'abord inhumée à Sceaux dans le caveau de la famille Curie, ses cendres sont transférés avec celles de son mari Pierre Curie au Panthéon à Paris le 20 avril 1995, sur décision du président François Mitterrand et en présence du président polonais Lech Wałęsa. Elle est aujourd'hui encore la seule femme honorée au Panthéon pour son mérite propre.

3.2 Musée Curie

Au sein de l'Institut Curie à Paris, un Musée Curie a été édifié dans les locaux mêmes où la savante travailla jusqu'à sa mort. Entièrement gratuit, il propose au public de découvrir un riche patrimoine scientifique et retrace, à travers les par-

cours personnel et professionnel de la famille aux cinq prix Nobel, les grandes étapes de l'histoire de la radioactivité et de la lutte contre le cancer.

3.3 D'autres hommages célèbrent sa mémoire

3.3.1 Élément

L'élément atomique numéro 96, découvert en 1944, a été baptisé curium en l'honneur de Pierre et Marie Curie.

3.3.2 Universités, enseignement

- L'institut central national polonais de cancerologie nommé Centrum Onkologii-Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie à Varsovie (Centre d'Oncologie-Institut Marie Skłodowska-Curie, adresse: ul. Roentgena 5, 02-781 Warszawa, Pologne).
- L'Université Paris 6, en France, porte le nom d'*Université Pierre et Marie Curie*.
- L'université publique de Lublin, en Pologne, porte le nom d'*Université Maria Curie-Skłodowska*.
- À Poitiers, une cité universitaire porte son nom, près d'une rue qui porte également son nom.
- La *Marie Curie Fellowship Association*¹⁸⁵ est un programme d'aide à la mobilité géographique pour les jeunes chercheurs européens.
- Des lycées français portent le nom de Marie Curie à Échirolles, Marseille, Nogent-sur-Oise, Sceaux, Strasbourg (qui a créé *Schulradio « Marie Curie »*), Tarbes et Versailles.
- Des collèges français portent le nom de Marie Curie notamment à Bernay, à Désertines (Allier), à Étampes, à

184 <http://www.ptchem.pl/iyc-2011-i-msc-100>.

185 <http://www.mariecurie.org/> Site de l'association *Marie Curie Fellowship Association*.

Fontoy (Moselle), à La Seyne-sur-Mer, aux Lilas (Seine-Saint-Denis), à Lunel (Hérault), à Paris 18, à Pignan (Hérault), à Provins, à Rion-des-Landes, à Saint-Amand-les-Eaux, à Saint-Laurent-Nouan (Loir-et-Cher), à Tourcoing, à Tournon-sur-Rhône (Ardèche), à Troyes, etc.

- Des lycées polonais portent le nom de Marie Curie (Liceum ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej-Curie) notamment à Varsovie (XXIII Liceum ogólnokształcące), à Katowice (VIII Liceum ogólnokształcące), à Gorzów Wielkopolski (II Liceum ogólnokształcące), à Czechowice-Dziedzice (seul lycée), Andrychów (seul lycée), etc.
- Le collège français de Montréal a nommé un de ses bâtiments Pavillon Marie-Curie¹⁸⁶ plus précisément le pavillon des sciences.
- L'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon fusionne en novembre 2009 ses deux principales bibliothèques sous le nom *Bibliothèque Marie Curie*, inaugurée en avril 2010¹⁸⁷.
- La promotion 2011-2012 de l'École nationale d'administration (ENA) porte le nom de Marie Curie¹⁸⁸.

3.3.3 Émissions monétaires

- Un billet de 500 francs français a été fait à l'effigie de Marie et Pierre Curie.
- Un billet de 20000 zlotys polonais a été fait à l'effigie de Marie Curie.
- En 1984 trois pièces (frappe monnaie) de 100 francs à son effigie, en argent BU, argent BE et or BE, frappées à l'occasion du cinquantième de sa mort.

- En 1997 deux pièces (frappe monnaie) à l'effigie de Marie et Pierre Curie : 100 francs argent BE et 500 francs or BE
- En 2006 deux pièces (frappe médaille) de 20 euros à son effigie, en argent BE et en or BE.

3.3.4 Rues, station de métro ...

- Rue Pierre-et-Marie-Curie à Paris, Rue Marie Curie à Poitiers, Dijon, Annemasse...
- Le 8 mars 2007, la station de métro parisienne (située à Ivry-sur-Seine) *Pierre Curie* a été rebaptisée *Pierre et Marie Curie*.
- Une salle Marie Curie au quatrième étage du Palais de la culture et de la science de Varsovie.

3.3.5 Musées

- Musée à Varsovie (ulica Freta 16) (Pologne)
- Musée Curie à Paris (11 rue Pierre & Marie Curie, Paris 5e)

3.3.6 Monuments

- Monument à Lublin (Université Marie Curie-Skłodowska) (Pologne)
- Monument à Police (Pologne) (à Vieille ville de Police)

4. Au théâtre et au cinéma

En 1989, la vie et le travail de Pierre et Marie Curie inspirent une pièce de théâtre, *Les Palmes de Monsieur Schutz*, créée par Jean-Noël Fenwick au Théâtre des Mathurins. Cette pièce reçoit quatre Molières en 1990, dont ceux du meilleur metteur en scène et du meilleur auteur.

186 http://www.collegefrancais.ca/secondaire_mtl/info_acces.html.

187 <http://scd.docinsa.insa-lyon.fr/bibliotheque-marie-curie> site de l'INSA.

188 <http://www.ena.fr/index.php?/fr/actualites/Promotion-2011-2012-Marie-Curie> vote fait par les élèves.



Peinture murale sur le fronton de la Bibliothèque publique, rue Lipowa à Varsovie représentant Marie Curie. Inscription : « Je suis née à Varsovie. Maria Skłodowska-Curie. Varsoviennne, née en 1867. » Marie Curie commençait ses discours publics par ces mots : « Je suis née à Varsovie ... ». De plus seule double lauréate du prix Nobel, pour ses découvertes du radium et du polonium, - elle reçut le Prix Nobel en 1911, il y a 100ans. » Auteur : les artistes de Good Looking Studio. Photo : Patryk Korzeniowski (2011) CC BY-3.0

La vie de Marie Curie a inspiré plusieurs cinéastes. Le rôle de Marie Curie a été joué par :

- Greer Garson dans *Madame Curie*, film américain de Mervyn LeRoy sorti en 1943 ;
- Nicole Stéphane dans *Monsieur et Madame Curie*, film français de Georges Franju sorti en 1953;
- Olga Gobzeva dans *Mysli o radiatsii* (Pensées à la radiation), film soviétique d'Elmira Chormanova sorti en 1980 ;
- Marie-Christine Barrault dans *Marie Curie, une femme honorable*, réalisation de Michel Boisrond, 1990 ;
- Isabelle Huppert dans *Les Palmes de M. Schutz*, film français de Claude Pinoteau sorti en 1997 ;
- dans la série Le Théâtre de la jeunesse en 1965 : *Marie Curie - Une certaine jeune fille*, téléfilm de Pierre Badel en deux

parties avec notamment Jacques Higelin.

5. Biographies

- Ève Curie, *Madame Curie*, Paris, Gallimard 1938
- Marie Curie, Irène Joliot-Curie et Gillette G. Ziegler, *Correspondance*
- Marie Curie et Irène Joliot-Curie, *Prace Marii Skłodowskiej-Curie*
- Françoise Giroud, *Une femme honorable*, 1981
- Susan Quinn, *Marie Curie* Ed. Odile Jacob, 1996
- Per Olov Enquist, *Blanche et Marie*, roman, 2004
- Xavier Laurent-Petit, *Marie Curie*, 2005
- Barbara Goldsmith, *Marie Curie, portrait intime d'une femme d'exception*, 2006

- Brigitte Labbé et Michel Puech, *Marie Curie*, 2006
- Henry Gidel, *Marie Curie*, Flammarion, 2008 ISBN 9782081211599

PIERRE CURIE

Pierre Curie (15 mai 1859 à Paris - 19 avril 1906 à Paris) est un physicien français. Il est principalement connu pour ses travaux en radioactivité, en magnétisme et en piézoélectricité. Lui et son épouse, Marie Curie, pionniers de l'étude des radiations, reçurent une moitié du prix Nobel de physique de 1903 (l'autre moitié a été remise à Henri Becquerel) « en reconnaissance des services extraordinaires qu'ils ont rendus par leur effort conjoint de recherches sur les phénomènes des radiations découvertes par le professeur Henri Becquerel »¹⁸⁹.

1. Biographie

1.1 Enfance

Pierre Curie est le fils d'un médecin protestant, Eugène Curie (1827-1910) et de Sophie-Claire Depouilly (1832-1897). Il a un frère aîné, Jacques Curie (1856-1941), avec qui il découvre la piézoélectricité. Le grand-père de Pierre Curie, Paul Curie, docteur en médecine, est un humaniste malthusien engagé et marié à Augustine Hofer, fille de Jean Hofer et arrière-petite-fille de Jean-Henri Dollfus, grands industriels mulhousiens de la seconde moitié

du XVIIIe siècle et de la première partie du XIXe siècle.

Pierre Curie ne fréquente ni l'école, ni le lycée, l'enseignement ne devenant obligatoire en France qu'à partir de 1881 (lois Ferry). Son instruction est dès lors assurée par ses parents, puis par un ami de la famille, M. Bazille, qui lui enseigne les mathématiques élémentaires et spéciales, ce qui développe les capacités mentales de Pierre, qui a clairement un intérêt pour cette science. À 16 ans, en novembre 1875, il passe son baccalauréat en sciences.

1.2 Préparateur de la Faculté des sciences de Paris

Il s'inscrit à la Faculté des sciences de Paris et en novembre 1877 à 18 ans, il passe brillamment sa licence ès sciences physiques. Il prend ensuite en janvier 1878 le poste de préparateur-adjoint au laboratoire d'enseignement de la physique de Paul Desains, l'un des deux professeurs du cours de physique à la faculté. Il est nommé préparateur deux ans plus tard et mène une des premières études de rayonnement du corps noir.

Dans le laboratoire de Charles Friedel, Pierre Curie étudie, en collaboration avec

189 http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ The Nobel Prize in Physics.

son frère aîné Jacques, les propriétés des cristaux. En 1880, ils mettent en évidence l'effet piézoélectrique et étudient ses caractéristiques.

1.3 Professeur de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris

En 1882, il est nommé chef de travaux dans la nouvelle École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville



Pierre Curie. Dans le domaine public.

de Paris. Il étudie l'effet piézoélectrique inverse et conçoit le dynamomètre piézoélectrique. Il entreprend une étude théorique de la symétrie en cristallographie et en physique. Dans sa thèse soutenue en 1895 sur les propriétés magnétiques des

corps à diverses températures, il énonce la loi de Curie et définit le point de Curie, température au-delà de laquelle certains matériaux perdent leurs propriétés magnétiques.

En 1895, Pierre Curie est nommé professeur d'électricité, de magnétisme et du cours de physique théorique à l'École de physique et de chimie industrielle de la Ville de Paris. Pierre Curie est responsable du laboratoire de physique de l'école de 1882 à sa mort et en charge de l'organisation de l'enseignement de la physique. En tant que professeur, il forme de nombreux physiciens (dont André-Louis Debierne, Georges Urbain, Paul Delorme ou Paul Langevin) avec lesquels il collabore au

cours de ses recherches. Il se lie d'amitié avec le physicien suisse Charles Édouard Guillaume et avec Georges Sagnac, Paul Langevin, Jean Perrin et André-Louis Debierne qui deviennent des intimes de la famille Curie.

En 1895, Pierre Curie épouse une jeune polonaise, Marie Skłodowska, venue poursuivre ses études scientifiques à la Sorbonne en 1892. Elle s'intéresse de près aux découvertes de Wilhelm Röntgen sur les rayons X et ceux d'Henri Becquerel, qui a découvert la radioactivité en 1896. Pierre Curie abandonne dès lors ses recherches sur le magnétisme et travaille avec sa femme sur l'uranium. En 1898, ils publient leurs premiers résultats et annoncent la découverte de deux nouveaux radio-éléments : le polonium et le radium. Ils utilisent pour la première fois le terme de « radioactivité ». Leur travail, y compris le fameux mémoire de doctorat de Marie, s'appuie sur un électromètre piézoélectrique précis construit par Pierre et son frère Jacques.

Pierre et André-Louis Debierne font la première découverte de l'énergie nucléaire, en identifiant l'émission continue de chaleur par des particules de radium. Il étudie également les émissions de substances radioactives par radiation et, en utilisant des champs magnétiques, il montre que certaines émissions sont chargées positivement (radiations alpha, bêta+), d'autres négativement (bêta-), et d'autres neutres (radiations gamma).

Jusqu'en 1902, Pierre et Marie tentent d'extraire une quantité suffisante de radium pour en déterminer la masse atomique, tentative réussie en 1902. Suite aux résultats de cette recherche, Pierre et Marie reçoivent conjointement la moitié du prix Nobel de physique en 1903 « en reconnaissance des extraordinaires ser-

vices qu'ils ont rendus par leurs recherches communes sur les phénomènes de radiation découverts par le Professeur Henri Becquerel »¹⁹⁰. Cette même année, ils sont tous deux lauréats de la Médaille Davy.

1.4 Professeur de la Faculté des sciences de Paris

On lui crée en 1904 une chaire de physique générale à la Faculté des sciences de Paris. Il est élu membre de l'Académie des sciences en 1905.

Il meurt à Paris, renversé accidentelle-ment par une voiture à cheval, 19 avril 1906.

Pierre Curie eut deux filles avec Marie Curie :

- Irène Joliot-Curie, qui recevra, comme ses parents, le Prix Nobel de chimie avec son époux, Frédéric Joliot-Curie pour leurs travaux sur la radioactivité artificielle,
- Ève Curie, qui écrira une biographie mondialement connue de sa mère, et qui épousera Henry Labouisse qui, en sa qualité de directeur exécutif de l'UNICEF, recevra le prix Nobel de la paix attribué à cette organisation.

Le 21 avril 1995 ses cendres et celles de sa femme sont transférées du cimetière familial de Sceaux (Hauts-de-Seine) au Panthéon de Paris.

2. Travaux

2.1 Longueur d'onde calorifique

Pierre Curie étudie le rayonnement du corps noir en mesurant la longueur d'onde

émise par des corps couverts de fumées portés à différentes températures dans le laboratoire du professeur Paul Desains¹⁹¹. Ces travaux initient l'étude empirique de Friedrich Paschen et les travaux de Wilhelm Wien qui lui vaudra le prix Nobel de physique en 1911.

2.2 L'effet piézoélectrique

Dès l'année 1880, Pierre et son frère Jacques Curie découvrent le phénomène piézoélectrique de certains cristaux comme le quartz, la tourmaline ou la pechblende¹⁹². Ils établissent les conditions de symétrie nécessaire à sa production dans les cristaux et déterminent les caractéristiques du dégagement électrique¹⁹³. Ils expliquent le phénomène ainsi que la pyroélectricité étudiée par Charles Friedel en devinant l'existence d'une polarisation électrique primordiale des molécules. Suite à un article de Gabriel



Pierre et Marie dans leur laboratoire. Dans le domaine public.

Lippman paru en 1881, les deux frères démontrent l'effet piézoélectrique inverse en augmentant les petits déplacements des cristaux soumis à un champ

190 http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ The Nobel Prize in Physics.

191 P. Curie, P. Desains. *Recherche sur la chaleur rayonnante*. Compte rendus de l'Académie des Sciences. 28 juin 1980.

192 P. Curie, J. Curie. *Bulletin de minéralogie*, t. III, 1880, p. 90.

193 P. Curie, J. Curie. *Journal de physique*, t. I, 1882, p. 245.

électrique au moyen d'un levier amplificateur observé au microscope¹⁹⁴. Il conçoit le dynamomètre piézoélectrique pour mesurer de faibles masses ou déterminer de très petite quantité d'électricité statique.

2.3 Étude théorique sur la symétrie

Pierre Curie transpose les outils théoriques développés en cristallographie par Auguste Bravais et Arthur Moritz Schönflies à l'étude de la physique. Il introduit les notions de plans de symétries rotatoires et de translation. Il complète les définitions introduites par Woldemar Voigt de vecteurs polaires (pour décrire le champ électrique) ou axiaux (pour décrire le champ magnétique) et de tenseurs (pour décrire les tensions mécaniques élastiques sur un corps solide)¹⁹⁵. Il énonce un grand nombre de théorèmes généraux pour étudier les symétries en physique théorique dont le principe de Curie¹⁹⁶.

2.4 Propriétés magnétiques des corps

Durant sa thèse, Pierre Curie étudie les propriétés magnétiques des corps ferromagnétiques et diamagnétiques à différentes températures. Il remarque que la susceptibilité magnétique d'un matériau parama-

gnétique est inversement proportionnelle à la température et mesure la température de Curie de transition de phase entre son état ferromagnétique et son état paramagnétique de plusieurs matériaux¹⁹⁷. La loi de Curie est expliquée théoriquement grâce à des concepts de physique statistique par Paul Langevin, qui fut l'élève de Pierre Curie à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris.

2.5 Radioactivité

Après la découverte de la radioactivité naturelle par Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie étudient les propriétés de rayonnement des corps radioactifs comme l'uranium et parviennent à séparer deux métaux très radioactifs, le polonium¹⁹⁸ puis le radium en collaboration avec Gustave Bémont. Avec André-Louis Debierne puis Jacques Danne, il découvre la radioactivité induite¹⁹⁹ et mesure la charge électrique du rayonnement émis par les corps radioactifs²⁰⁰.

2.6 Instrumentation scientifique

Pierre Curie a une importante activité de conception d'instruments scientifiques. Il met au point le quartz piézoélectrique, conçoit des électromètres performants (électromètre apériodique et à bilame de

194 P. Curie et J. Curie, « Contractions et dilatations produites par des tensions électriques dans les cristaux hémihédres à faces inclinées », dans Comptes rendus de l'Académie des Sciences, vol. XCIII, séance du 26 décembre 1881, p. 1137.

195 P. Curie. *Sur les répétitions et la symétrie*. Compte rendus de l'Académie des Sciences, p. 1393. (1885).

196 P. Curie, *Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique*. Journal de physique, tome III (1894).

197 Pierre Curie. Journal de physique, tome IV, p.197 et 263 (1895).

198 P. Curie, M. Curie, G. Bémont. *Sur une nouvelle substance fortement radio-active contenue dans la pechblende* Compte rendus de l'Académie des Sciences, (1898) 1215-1217 (http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Curie/Curie_pdf/Curie_1898lm.pdf Manuscrit de la note).

199 P. Curie, A. Debierne. *Sur la radio-activité induite provoquée par des sels de radium*, Compte rendus de l'Académie des Sciences, (1901) 931-934.

200 *Sur la charge électrique des rayons déviables du radium*, Compte rendus de l'Académie des Sciences, (1900) 647-650.

quartz²⁰¹) et une balance de précision apériodique capable de mesure le centième de milligramme²⁰².

3. Distinctions

- Lauréat avec Jacques Curie du Prix Planté de l'Académie des sciences en 1895²⁰³
- Lauréat du Prix La Caze de l'Académie des sciences en 1901²⁰⁴
- Lauréat avec Marie Curie du Prix de la fondation Debrouse de l'Académie des sciences en 1902
- Lauréat avec Marie Curie et Henri Becquerel du prix Nobel de physique en 1903²⁰⁵
- Lauréat avec Marie Curie de la médaille Davy de la *Royal Society* en 1903²⁰⁶
- Membre de l'Académie des sciences élu le 3 juillet 1905²⁰⁷

4. Hommage

Le 20 avril 1995, sur décision du président François Mitterrand, ses cendres et

celles de sa femme Marie sont transférées au Panthéon de Paris²⁰⁸.

- Le curie est une unité de radioactivité ($3,7 \times 10^{10}$ désintégrations par seconde) dont le nom est un hommage rendu à Pierre Curie par le Congrès de radiologie de 1910.
- Le point de Curie est le degré où un corps perd ses propriétés magnétiques.
- L'Université Paris VI se nomme Université Pierre et Marie Curie.
- L'élément atomique no 96, découvert en 1944, a été baptisé curium en l'honneur de Pierre et Marie Curie.

5. Bibliographie

Marie Curie, *Pierre Curie*, Payot, Paris, 1924 (lire en ligne <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k68124d>)

Pierre Curie, *Œuvres de Pierre Curie*, Édition des Archives Contemporaines, Paris, 1984 (1908) (lire en ligne <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2282p>)

201 P. Curie. *Sur un électromètre à bilame de quartz*. Compte rendus de l'Académie des Sciences, (1888) 1287-1289.

202 P. Curie. *Sur une balance de précision apériodique et à lecture directe des derniers poids*. Compte rendus de l'Académie des Sciences, (1889) 663-666.

203 http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Curie/Curie_pdf/Curie_Plante_CRT121.pdf Prix Planté de l'Académie des sciences.

204 http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Curie/Curie_pdf/Curie_Lacaze_CRT133.pdf Prix La Caze de l'Académie des sciences.

205 http://nobelprize.org/nobel_prizes/ Prix Nobel de Physique.

206 <http://royalsociety.org/page.asp?id=1756> Médaille Davy de la Royal Society

207 http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Curie/Curie_oeuvre.htm Hommage de l'Académie des sciences à Pierre Curie.

208 Décret du 8 mars 1995 autorisant le transfert au Panthéon des cendres de Pierre et de Marie Curie. JORF n°62 du 14 mars 1995 page 3945.

POLONIUM

Le **polonium** est un élément chimique de symbole **Po** et de numéro atomique **84**. C'est un métalloïde dont l'isotope ^{210}Po est présent naturellement à l'état de traces dans les minerais d'uranium.

1. Histoire

C'est le premier élément découvert par Pierre et Marie Curie en 1898 dans leurs recherches sur la radioactivité de la pechblende. Ce n'est que plus tard qu'ils découvrirent le radium. Le mot polonium a été ainsi choisi en hommage aux origines polonaises de Marie Skłodowska-Curie.

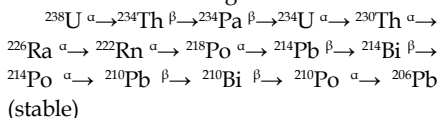
2. Propriétés physiques

Le polonium est un métalloïde à température de fusion basse et relativement volatil : à 50 °C, un échantillon de polonium perd la moitié de sa masse en 45 heures, et finirait par se sublimer entièrement même à température ambiante.

C'est un émetteur de rayonnement alpha. Le ^{210}Po a une période radioactive de 138 jours et 9 heures.

Il est généré par la suite de désintégrations qui, partant de l'uranium 238 et passant, entre autres, par le radium 226, le radon 222 et le plomb 210, aboutissent au polonium 210 puis se terminent par le plomb 206 stable.

Chaîne de désintégration :



Il se désintègre en émettant des particules alpha dont l'énergie typique est de 5,3 MeV. Pour comparaison, l'énergie transportée par les rayons du soleil (domaine visible) n'est que de l'ordre de quelques électrons volts (eV). Ces particules alpha sont des rayonnements ionisants de forte énergie capables de générer des dégâts importants lors de leurs interactions avec la matière vivante (cellules, ADN). L'exposition aux rayonnements ionisants augmente les risques de cancer, d'anomalies génétiques, et pourrait avoir de nombreuses conséquences sanitaires autres que les cancers. Le polonium 210 présente une très forte activité spécifique, de 166 TBq/g²⁰⁹. Un seul gramme de ^{210}Po pur est donc le siège de $1,66 \times 10^{14}$ désinté-

209 <http://www-prositon.cea.fr/qui-sommes-nous/dossiers/fiches-de-synthese-radionucleides/polonium> CEA – Direction des sciences du vivant Polonium.

grations par seconde, et émet donc autant de particules α que 4,5 grammes de radium 226 ou 13,5 tonnes d'uranium 238.

Élément radioactif naturellement présent dans l'environnement et la chaîne alimentaire, le polonium 210 est présent en quantité infinitésimale (en masse) dans l'écorce terrestre. Mais compte tenu de sa très forte radioactivité, les résultats exprimés en becquerels par kilogramme de sol ne sont pas négligeables.

La radioactivité du polonium 210 est tellement élevée qu'il dégage une importante chaleur (140 watts par gramme). Ainsi, selon l'Argonne National Laboratory aux USA, la température d'une capsule contenant environ un demi-gramme de polonium 210 peut dépasser 500 °C. Cette propriété a été utilisée pour développer des générateurs thermo-électriques légers utilisés par exemple dans le domaine spatial comme source d'énergie pour les satellites.

3. Utilisations

- Source alpha,
- Source de neutrons, en mélange avec le béryllium : ce dernier émet un neutron lors de l'absorption d'une particule alpha, produite par le ^{210}Po . Ce système est utilisé comme source primaire au démarrage des réacteurs nucléaires, comme détonateur dans les premières bombes nucléaires²¹⁰ ou dans le domaine spatial comme source d'énergie pour les satellites.
- Poison : c'est avec cette substance qu'aurait été empoisonné l'ancien espion russe, Alexandre Litvinenko. Le coût de

la dose de polonium-210 qui l'aurait tué est estimé à 25 millions de dollars US (Berliner Zeitung). La quantité de polonium 210 qui lui aurait été « administrée » était probablement très élevée - puisqu'elle a conduit à son décès en 3 semaines. En utilisant des données toxicologiques sur les animaux de laboratoire, on peut imaginer qu'il s'agissait de quelques microgrammes de polonium 210.

L'activité d'un microgramme est d'environ 166 millions de becquerels. Dans ces conditions, la moindre sécrétion corporelle (salive sur un verre, transpiration sur un objet touché, un siège où il s'est assis, etc.) a pu conduire au dépôt sur ces objets d'une quantité non négligeable de polonium 210 (plusieurs centaines de becquerels, voire bien plus).

4. Précautions

Le polonium est un élément hautement radioactif et toxique. Même pour de faibles quantités (quelques microgrammes), la manipulation de ^{210}Po est très dangereuse et nécessite un équipement spécial et des procédures strictes. Absorbé dans les tissus, il provoque des dommages directs par émission de particules alpha. L'absorption de 1 à 10 microgrammes est suffisante pour provoquer la mort.

L'activité maximale admissible pour du polonium ingéré est seulement de 1 100 becquerel, soit l'équivalent à $6,6 \times 10^{-12}$ gramme. À masse identique, le polonium est environ 10^6 fois plus toxique que le cyanure de sodium ou le cyanure de potassium.

²¹⁰ http://liberalisme-democraties-debat-public.com/article.php3?id_article=73 Affaire Litvinenko : l'hypothèse du terrorisme nucléaire, article de http://liberalisme-democraties-debat-public.com/article.php3?id_article=5 Claude Rainaudi sur le site maniprop.com dont il est co-responsable avec Jean-Léon Beauvois.

5. Présence dans le tabac

Du fait de l'utilisation d'engrais à base d'apatites, le tabac contient du ^{210}Po . La fumée inhalée par les fumeurs contient une proportion infime (de l'ordre de moins d'un micro Sv) mais déjà dangereuse de polonium²¹¹. On estime qu'1% des cancers du poumon aux États-Unis sont causés par le polonium-210²¹². A la suite de la découverte du polonium dans la fumée de cigarettes au début des années 1960²¹³ les grands fabricants américains se sont penchés sur des méthodes susceptibles de réduire les quantités présentes, allant dans le cas de Philip Morris jusqu'à développer le premier laboratoire capable de mesurer de façon fiable les doses libérées. En dépit de résultats internes favorables indiquant que la présence de polonium était deux à trois fois inférieure aux premières estimations²¹⁴

la décision fut prise par les avocats de la compagnie de ne pas publier cette information, le risque en termes de relations publiques et de procès étant perçu comme très supérieur aux bénéfices d'une telle annonce²¹⁵. En outre, les diverses tentatives menées par les compagnies pour diminuer la présence du polonium dans les plants se révélaient insatisfaisantes²¹⁶. Communiquer sur ce sujet risquait, selon ces responsables, de "réveiller un géant endormi" en générant une nouvelle controverse²¹⁷.

6. Sources et bibliographie

Bruno Chareyron, Note CRIIRAD N°06-92 / Polonium 210 / Affaire Litvinenko, CRIIRAD, Valence, décembre 2006. (<http://www.criirad.org/actualites/dossiers2006/polonium/notecriiradpolonium.pdf>)

211 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/80/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=3003925&dopt=Abstract J. Marmonstein, Lung cancer: is the increasing incidence due to radioactive polonium in cigarettes?, 1986.

212 Radford E., "Radioactivity in cigarette smoke [letter to the editor]", *N Engl J Med* (1982), 307(23):1449-1450.

213 Radford EP Jr, Hunt VR, "Polonium 210: a volatile radioelement in cigarettes", *Science* (1964) Jan 17;143:247-9; Kelley TF, "Polonium 210 content of mainstream cigarette smoke", *Science* (1965) Jul 30;149:537-8.

214 Martell E., "Radioactivity of tobacco trichomes and insoluble cigarette smoke particles", *Nature* (1974) 249:215-217.

215 Seligman R., Philip Morris. January 18, 1990. Bates no. 100372 5602. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/rrs87e00>.

216 <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/emk84e00> Philip Morris, Radiochemistry polonium, 15 avril 1977.

217 <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/evp08e00> P. Eichorn, note manuscrite, 2 juin 1978.

RADIUM

Le **radium** est un élément chimique de symbole **Ra** et de numéro atomique 88. Il est d'un aspect parfaitement blanc mais il noircit lors de son exposition à l'air libre. Le radium est un métal alcalino-terreux que l'on peut trouver en très faible quantité dans les minerais d'uranium. Il est extrêmement radioactif, la demi-vie de son isotope le plus stable (^{226}Ra) étant de 1602 ans. Il fournit du radon comme produit de désintégration.

1. Caractéristiques

Le radium est le plus dense des métaux alcalino-terreux, il est intensément radioactif et ressemble chimiquement au baryum. On le trouve en très faible quantité, sous forme combinée, dans la pechblende, un minerai d'uranium, ainsi que dans d'autres minéraux d'uranium. Les préparations de radium ont la propriété de rester à une température plus élevée que celle du milieu ambiant. Leur rayonnement radioactif est de trois types : alpha, bêta et gamma. Le radium peut aussi produire des neutrons lorsqu'il est mélangé à du béryllium.

Lorsqu'il est fraîchement préparé, le radium pur est d'une couleur blanche brillante, mais il noircit lorsqu'il est exposé à l'air (probablement par formation de ni-

trite). Le radium est luminescent (il émet une faible couleur bleue), il se décompose dans l'eau par formation d'hydroxyde de radium, et il est un peu plus volatil que le baryum.

2. Applications

Les rares applications du radium proviennent toutes de ses propriétés radioactives. Il a été utilisé dans les aiguilles des montres jusqu'aux années 1950, pour ses propriétés de luminescence. Il a également été utilisé dans des paratonnerres afin d'accroître l'effet de pointe de ceux-ci. Cet effet n'est pas démontré et ce système n'est plus commercialisé. Certains pays (Belgique et Luxembourg notamment) imposent un démontage de ces paratonnerres. D'autres utilisations ont consisté à utiliser des sources de radium en curiethérapie.

3. Histoire

Le radium (dont le nom est forgé à partir du latin *radius* -rayon- en même temps que radioactivité) fut découvert par Marie Curie et son mari Pierre en 1898 par extraction de la pechblende, un minerai d'uranium.

4. Séquelles industrielles

D'anciens sites de production ou d'utilisation de radium ont laissé des séquelles de pollution. Il faut par exemple, dépolluer l'ancien site de production de radium de la SATCHI (Société Anonyme des Traitements Chimiques)²¹⁸ qui a produit du radium entre 1913 et 1928, en Seine-Saint-Denis. L'IRSN a confirmé²¹⁹ et caractérisé la pollution radioactive²²⁰. Le débit de dose en surface (mesuré à 50 cm du sol) démontre une pollution sur environ 1/4 du site ; avec une radioactivité « jusqu'à 110 fois la valeur du bruit de fond (8 $\mu\text{Sv/h}$) ». Autour du site, 5 zones sont polluées en surface selon l'IRSN (localisées sur le site Unibéton, avec environ 10 fois le bruit de fond), sur le site Partena (2 à 6 fois le bruit de fond), sur la berge Est de la Seine (25 fois le bruit de fond) et sur la berge Ouest (6 à 15 fois le bruit de fond)²²¹. Le sol est également pollué en profondeur, avec sur le site de la SATCHI, et au delà, une activité massique variant de 750 à 10 000 fois le bruit de fond naturel régional²²². Sur les sites périphériques étudiés, on dépasse de 10 à 245 fois le bruit de fond naturel régional²²³. L'IRSN a estimé à 15 000 et 20 000 m³ (estimation majorante) le volume de terres polluées. La nappe aquifère s'est aussi montrée polluée essentiellement par les isotopes 234 et 238 de l'uranium en aval hydrau-

lique du site de la SATCHI (avec dépassement de la norme eau potable pour le rayonnement alfa (0,1 Bq/l). Une émission anormale de radon est détectée dans les bâtiments du site de la SATCHI (2 à 5 fois le niveau moyen de Seine-Saint-Denis qui est de 34 Bq/m³). Sur le site de Partena, on a atteint lors des mesures 2 300 Bq/m³ dans certaines pièces et 26 000 Bq/m³ dans une cave²²⁴.

5. La réhabilitation des sites pollués au radium

Depuis la fin des années 90, l'État a construit progressivement le dispositif de prise en charge des sites pollués par des substances radioactives en France. La plupart des sites sont liés à des activités du passé, datant de l'entre-deux-guerres et qui ne relevaient pas de l'industrie nucléaire. C'est notamment le cas des sites pollués artificiellement par du radium.

Avec le « fonds radium », des mécanismes financiers et des solutions techniques ont pu être mis en œuvre pour gérer des situations de pollutions radioactives avérées. Au début des années 2000, l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) a réalisé, sur demande du ministère de la Santé, des contrôles sur les sites potentiellement pollués que cet organisme connaissait. De plus, un guide mé-

218 23 Quai du Châtelier à l'Île-Saint-Denis (93), actuellement (en 2010) propriété des établissements Charvet SA.

219 Des études antérieures (1997-1998) et sur des terrains attenants avaient montré une radioactivité anormale, provenant a priori des activités de la SATCHI (source : rapport IRSN).

220 http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/NI-IRSN-Site-Charvet-Ile-Saint-Denis_30032010.pdf Note d'information pollution radioactive provoquée par l'ancien site de production de radium de l'Île-Saint-Denis (93) : Synthèses des études menées par l'IRSN (IRSN, 30 mars 2010).

221 *Ibidem*.

222 *Ibidem*.

223 *Ibidem*.

224 *Ibidem*.

thodologique sur la gestion des sites industriels potentiellement pollués par des substances radioactives a été élaboré en 2001²²⁵. Enfin, depuis 2006, la loi confère à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) la mission d'intérêt général de gestion des déchets radioactifs et la remise en état de sites pollués par des substances radioactives, à la demande du propriétaire ou des pouvoirs publics en cas de responsable défaillant. Ce dispositif a été complété avec la création en 2007 de la Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (Cnar)²²⁶.

6. Les différents cas de figure de sites pollués au radium

Quatre cas de figure liés au radium ont été identifiés par les pouvoirs publics : les sites ayant abrité des activités de recherche sur le radium ; les sites ayant abrité une activité industrielle d'extraction de radium ; les sites ayant utilisé du radium à des fins médicales ou artisanales ; les particuliers qui possèdent des objets contenant du radium (réveils, montres, fontaines au radium).

L'État a traité prioritairement des sites dont la pollution était avérée et significative. Pour les deux premières catégories de sites,

des opérations de réhabilitation ont lieu depuis plus de 15 ans (Institut du radium à Arcueil, sites de L'Île-Saint-Denis, Gif-sur-Yvette, Nogent-sur-Marne, Saint-Nicolas-d'Aliermont, etc.). Ces sites sont aujourd'hui dépollués ou en cours de dépollution. Concernant les objets détenus par les particuliers, une démarche nationale de reprise à titre gratuit a été lancée par les pouvoirs publics ; chaque année, une centaine d'objets est récupérée par l'Andra, toutefois la question du devenir de ces déchets reste entière.

7. Les sites ayant utilisé du radium à des fins médicales ou artisanales

Le travail de recensement des sites ayant abrité une activité utilisant du radium s'est terminé en 2009. Ces sites ont accueilli dans le passé des activités médicales et artisanales (fabrication horlogère) utilisant cet élément en faibles quantités. Ces activités, exercées il y a plusieurs décennies, ont pu laisser des traces de radium sur les lieux de leur utilisation. Ces sites nécessitent un diagnostic consistant à rechercher, par des mesures, la présence éventuelle de traces de radium ou d'en confirmer l'absence.

225 http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/librairie/Documents/publications_pour_les_professionnels/IRSN_guide_ssp_mai_2008.pdf Guide méthodologique.

226 <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Dossiers/Les-sites-pollues-au-radium-et-par-d-autres-substances-radioactives/La-commission-nationale-des-aides-dans-le-domaine-radioactif-Cnar> La commission nationale des aides dans le domaine radioactif.

IRÈNE JOLIOT-CURIE

Irène Joliot-Curie (12 septembre 1897 à Paris - 17 mars 1956 à Paris) est une chimiste, physicienne et femme politique française. Elle est la fille de Pierre et Marie Curie. Épouse de Frédéric Joliot, elle a obtenu avec lui le prix Nobel de chimie en 1935 pour la découverte de la radioactivité artificielle²²⁷. Elle a aussi été sous-secrétaire d'État sous le Front populaire en 1936.

1. Biographie

Irène Curie naît à Paris le 12 septembre 1897. Elle est la fille de Pierre et Marie Curie. À 17 ans, elle accompagne sa mère sur le front, pour pratiquer des radiographies des blessés de guerre à l'aide de voitures équipées à cet effet, les « petites Curie ».

En 1918, détenant un baccalauréat, elle rejoint sa mère à l'Institut du Radium de Paris, où elle devient son assistante. Durant cette période, elle rencontre Frédéric Joliot, lui aussi devenu l'assistant de Marie Curie grâce à la recommandation de Paul Langevin dont il a été l'élève. Elle l'épouse en 1926. Ils ont deux enfants : Hélène Langevin-Joliot née en 1927 et Pierre Joliot-Curie né en 1932.

Ils passent leurs étés en Bretagne à Sorbonne-Plage ; Irène faisant à l'occasion du collectage de chants traditionnels²²⁸.

Ils travaillent ensemble sur la radioactivité naturelle et découvrent la radioactivité artificielle, phénomène qui consiste à transformer un élément stable en élément radioactif. Leurs recherches sur l'action des neutrons sur les éléments lourds sont un pas important vers la découverte de la fission nucléaire.



Pierre, Irène et Marie Curie. Dans le domaine public.

En 1934, sa mère Marie décède d'une leucémie, une maladie habituelle à l'époque pour les gens travaillant à proximité d'éléments radioactifs.

²²⁷ http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/ The Nobel Prize in Chemistry 1935.

²²⁸ *Ouest-France* du mercredi 19 mars 2008, dernière page, avec une photo qui les montre avec Ève chez Jean Perrin en été 1930, avec Nine Choucroun, Georges Gricourof, Charles Seignobos.

En 1935, Frédéric et Irène Joliot-Curie partagent le prix Nobel de chimie « en reconnaissance de leur synthèse de nouveaux éléments radioactifs²²⁹ ».

Ils travaillaient dès 1939 sur le projet d'une bombe atomique française (pour laquelle ils déposèrent un brevet²³⁰).

Le programme nucléaire militaire français est le plus avancé de l'avant-guerre. Mais ce sont les Américains, avec le projet Manhattan, qui aboutissent le 16 juillet 1945 à l'explosion de la première bombe atomique dans le désert du Nouveau-Mexique.

En 1936, Irène Joliot-Curie est membre du gouvernement du Front populaire en tant que sous-secrétaire d'État à la Recherche scientifique : avec Suzanne Lacore et Cécile Brunschvicg, elle fait ainsi partie du groupe des trois premières femmes à siéger dans un gouvernement français. Mais affaiblie par des problèmes de santé, elle démissionne au bout de trois mois, laissant le poste à Jean Perrin.



Irène Joliot-Curie (1935).
Dans le domaine public.

En 1937, elle devient maître de conférence, en remplacement de son mari nommé au Collège de France, puis professeur sans chaire à la Faculté des sciences de Paris.

En 1939, elle reçoit le titre honorifique d'officier de la Légion d'honneur.

En 1946, elle devient directrice de l'Institut du Radium, succédant à André Debierne. Elle participe à la création du Commissariat à l'énergie atomique, où elle occupe la fonction de commissaire durant six ans. Elle obtient la chaire de physique générale et radioactivité précédemment occupée par sa mère.

Elle obtient le prix international de la paix du Conseil mondial de la paix en 1950.

En 1951 elle reçoit en même temps que son mari le titre de docteur honoris causa de l'Université Jagellon de Cracovie²³¹.

Irène Joliot-Curie meurt le 17 mars 1956 à Paris d'une leucémie résultant d'une surexposition aux rayonnements radioactifs au cours de son travail. Son mari, malade du foie, mourra en août 1958.

2. Bibliographie

Marianne Chouchan, Irène Joliot-Curie ou La science au cœur, Le Livre de Poche Jeunesse, 1998. ISBN 2-01-321510-X

²²⁹ http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/ The Nobel Prize in Chemistry 1935.

²³⁰ <http://v3.espacenet.com/origdoc?CY=fr&LG=fr&DB=EPODOC&IDX=FR971324&DOC=cda64df49b4202c07832eba66e15bc8c33> Perfectionnements aux charges explosives, 4 mai 1939.

²³¹ <http://www.uj.edu.pl/dispatch.jsp?item=uniwersytet/wyroznienia/honoris.jsp> Uniwersytet Jagielloński w Krakowie - Wyróżnienia - Godność doktora honoris causa.

ÈVE CURIE

Denise-Ève Curie, née le 6 décembre 1904 à Paris, décédée le 22 octobre 2007 (à 102 ans) à New York (États-Unis), est une pianiste, femme de lettres, journaliste, conférencière et diplomate française.

1. Biographie

Fille de Pierre et Marie Curie, née Skłodowska, sœur cadette de Irène Joliot-Curie, elle étudie au collège Sévigné, où elle obtient son baccalauréat en 1925.

Comme elle aime à le rappeler, elle est la seule de la famille à n'avoir pas choisi une carrière scientifique, comme l'ont fait ses parents, sa sœur, ses neveux, son oncle et cousins. Encouragée par sa mère, elle préfère les études littéraires et artistiques. Elle commence sa carrière en tant que pianiste et se produit pour la première fois à Paris en 1925.

Après le décès de sa mère en 1934, elle écrit la biographie de celle-ci, *Madame Curie*, qui devient un succès de librairie mondial (1938), adapté au cinéma, également sous le titre de *Madame Curie*, par la MGM

en 1943, avec Greer Garson dans le rôle-titre et Walter Pidgeon dans celui de son époux.

En mars 1932 ou avril 1932, elle rencontre Henri Bernstein, directeur du théâtre du gymnase, pour lequel elle écrit *145, Wall Street*, adaptation de *Spread Eagle* de George S. Brooks et Walter B. Lister, créée le 25 octobre suivant. De 1932 à 1940, elle entretient une liaison avec Henri Bernstein²³².

Elle devient chevalier de la Légion d'honneur et de l'Ordre Polonia Restituta en 1939²³³.

En juin 1940, après la défaite française, elle embarque à Bordeaux à bord du cargo britannique *Madura*, qui la conduit, parmi 1300 réfugiés où l'on retrouve Henri Bernstein, Pierre Cot, Štefan Osuský, membre du Comité national tchécoslovaque, le ministre belge Marcel-Henri



Ève Curie (1921). Dans le domaine public.

²³² Georges Bernstein Gruber, Gilbert Maurin, *Bernstein, le magnifique: cinquante ans de théâtre, de passions et de vie parisienne*, J.-C. Lattès, 1988, 485 pages, p. 293.

²³³ Thomson Gale, Anne Commire, Donna Olendorf, *Something about the Author*, Gale, 1986, vol. 1, 317 pages, p. 73 ISBN 0810300508.

Jaspar ou Hugh Carleton Greene, correspondant du *Daily Telegraph* et frère de Graham Greene, et arrive à Falmouth le 21 juin²³⁴. En Angleterre, déterminée à continuer la lutte, elle s'engage dans la France libre et en faveur des Alliés, jusqu'à la fin de la Guerre. Elle propose sa plume et sa voix dans la presse, à la radio, dans des conférences et intervient à deux reprises à Radio Londres²³⁵. En réaction, le gouvernement de Vichy lui retire par décret, au début de mai 1941, la nationalité française en même temps qu'Henri Bernstein, René Cassin et Georges Thierry d'Argenlieu²³⁶. Elle rejoint les États-Unis pour y assurer la propagande de la France Libre et est engagée en novembre 1941 comme correspondante de guerre par l'*Herald Tribune Syndicate* de New York, ainsi que dans l'*Allied Newspaper* de Londres, elle se rend sur les fronts de Libye, de Russie, de Birmanie et de Chine.

Le 28 mars 1942, elle s'entretient avec Gandhi²³⁷. En 1943, elle publie *Journey among warriors* (*Voyage parmi les guerriers*, 1946), une chronique de ses voyages sur les fronts de la Seconde Guerre mondiale. Revenue en Angleterre, elle s'engage dans le corps des volontaires féminines

de la France combattante et devient ambulancière sur le front d'Italie. En 1943, le général Diego Brosset l'engage avec le grade de Lieutenant à l'état major de la 1re division française libre. Débarquée avec les troupes françaises en Provence en août 1944, elle participe à la jonction de cette unité avec la 2e division blindée le 12 septembre. Le général de Gaulle lui rend hommage dans le discours qu'il prononce le 30 octobre 1943 à Alger et le 23 novembre suivant, lui écrit :



Ève Curie sur la couverture de TIME en 1940. Dans le domaine public.

discours qu'il prononce le 30 octobre 1943 à Alger et le 23 novembre suivant, lui écrit :

Je n'oublie pas combien votre attitude, dès le début, a été courageuse et je vous félicite de ce que vous continuez à faire en ce moment.

Le 13 novembre 1944, elle fonde avec Philippe Barrès le quotidien *Paris-Presse*, qu'elle co-dirige jusqu'en 1949²³⁸.

Elle obtient la croix de guerre en 1944²³⁹.

234 Voir Georges Bernstein Gruber, Gilbert Maurin, *Bernstein, le magnifique: cinquante ans de théâtre, de passions et de vie parisienne*, Jean-Claude Lattès, 1988, p. 379; George de Lovinfosse, *Au service de Leurs Majestés: histoire secrète des Belges à Londres*, Byblos, 1974, 278 pages, p. 49; Geoffrey Cox, *Countdown to war: a personal memoir of Europe, 1938-40*, W. Kimber, 1988, 229 pages, p. 216 ISBN 0718306740; Alexander Werth, *The last days of Paris: a journalist's diary*, H. Hamilton, 1940, 274 pages, p. 205; Ève Curie, *Journey among Warriors*, 1943, p. 40; Robert Belot, *La Résistance sans de Gaulle*, Fayard, 2006, indique à tort, p. 25-26, le 17 juin et la présence de Philippe Barrès, qui indique lui-même dans son *Charles de Gaulle*, paru en 1941, avoir quitté la France après la signature des armistices franco-allemand et franco-italien, p. 162.

235 Appel au bon sens » (6 août 1940) et « la deuxième réélection de Roosevelt » (6 novembre 1940), dans Jean-Louis Crémieux-Brilhac (dir.), *Les Voix de la liberté: Ici Londres, 1940-1944*, tome 1, La Documentation française, 1975, p. 40 et 138.

236 Georges Bernstein Gruber, Gilbert Maurin, *op. cit.*, p. 393.

237 Ananda M. Pandiri, *a Comprehensive, Annotated Bibliography on Mahatma Gandhi: Biographies, works by Gandhi, and bibliographical sources*, Greenwood Publishing Group, 1995, 401 pages, p. 30 ISBN 0313253374.

238 Claude Bellanger, *Histoire générale de la presse française*, universitaires de France, 1969, t. IV, p. 286.

239 Thomson Gale, Anne Commire, Donna Olendorf, *Something about the Author*, Gale, 1986, vol. 1, 317 pages, p. 73 ISBN 0810300508.

En 1952, elle devient conseillère spéciale du Secrétaire général de l'OTAN. Deux ans plus tard, en 1954, elle épouse Henry Labouisse, ambassadeur des États-Unis en Grèce qui fut pendant quinze ans directeur exécutif de l'Unicef. Dans le cadre de leurs fonctions, Ève et son époux voyageront dans plus d'une centaine de pays.

Ève Curie est administratrice de la Fondation Curie²⁴⁰ de 1957 à 1967, au titre de représentant de Marie Curie, fondatrice de la fondation.

Devenue citoyenne américaine en 1958, elle est promue le 13 juillet 2005 au rang d'officier de la Légion d'honneur, au cours d'une cérémonie dans les locaux de l'Unicef, pour avoir énormément contribué à la cause humanitaire. Veuve depuis 1987, elle s'éteint le 22 octobre 2007, à l'âge de 102 ans.

Elle était docteur honoris causa du Mills College, du Russell Sage College et de l'Université de Rochester²⁴¹.

2. Œuvres

2.1 Essai

- *Madame Curie*, Paris, Gallimard, 1938, 315 pages (nombreuses rééditions et traductions).
- *They speak for a nation, letters from France* (édité avec une introduction d'Ève Curie, Philippe Barrès, Raoul de Roussy de Sales, traduit par Drake et Denise Dekay), New York, Doubleday, Doran, 1941, 238 pages.
- *Journey among warriors*, Londres & Toronto, W. Heinemann, 1943, 522 pages.
- *Voyage parmi les guerriers* (traduction de l'anglais revu par l'auteur), Paris, Flammarion, 1946, 504 pages.

2.2 Théâtre

- *145, Wall Street*, pièce en 3 actes et 5 tableaux, *Spread Eagle* de George S. Brooks et Walter B. Lister, Paris, *l'Illustration*, 1933, 40 pages.

²⁴⁰ http://mariecurie.science.gouv.fr/portrait/portrait4_4.pdf Historique de la Fondation Curie.

²⁴¹ *Dictionnaire biographique français contemporain*, Pharos, 1950, vol. 2, p. 196.

INSTITUT DU RADIUM DE VARSOVIE

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie (Centre d'Oncologie-Institut Marie Skłodowska-Curie) - institut d'oncologie à Varsovie anciennement l'Institut du Radium, fondée à l'initiative de Marie Curie en 1932.

L'Institut du Radium (Instytut Radowy) a été fondé le 29 mai 1932 à Varsovie sur l'initiative et à la demande de Marie Curie née Skłodowska.

En 1951, l'Institut du Radium de Varsovie a fusionné avec l'Institut d'oncologie de Cracovie, fondé en 1947, et l'Institut national anti-cancer de Gliwice, constituant ainsi l'Institut oncologique Marie Skłodowska-Curie, dont le siège est situé à Varsovie et deux succursales l'une à Cracovie et l'autre à Gliwice.

En 1984, à Varsovie, dans le quartier résidentiel d'Ursynów, grâce aux efforts du grand professeur polonais d'oncologie, le professeur Tadeusz Koszarowski, et à d'importants apports de fonds les premières salles de l'Institut d'oncologie rebaptisé à cette occasion : Centre d'Oncologie-Institut Marie Skłodowska-Curie, sont ouvertes.

Peinture murale sur l'ancien bâtiment de l'Institut du Radium à Varsovie, rue Wawelska. Le texte se lit : «Mon plus ardent désir est la création d'un Institut du Radium à Varsovie. Marie Skłodowska-Curie». Auteur : Paweł Rupiński i Jerzy Mierzwiak. Photo: Marcin Białek (2007). CC BY-SA 3.0

Ce Centre est l'institution d'oncologie la plus importante de Pologne.

1. Sources

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie 1932-2002, (dir.) E. Towpik, ISBN 83-88681-15-X



*Wir dürfen nicht hoffen, eine bessere Welt zu erbauen,
ehe nicht die Individuen besser werden. In diesem Sinn
soll jeder von uns an seiner eigenen Vervollkommnung
arbeiten, indem er auf sich nimmt, was ihm
im Lebensganzen der Menschheit an Verantwortlichkeit
zukommt, und sich seiner Pflicht bewusst bleibt,
denen zu helfen, denen er am ehesten nützlich sein kann.*

"Marie Curie - mit Selbstzeugnissen und Bilddokumenten",

von Peter Ksoll und Fritz Vögtle (1988), S. 20

MARIE SKŁODOWSKA-CURIE

Marie Skłodowska-Curie (* 7. November 1867 in Warschau; † 4. Juli 1934 in Passy; geborene *Maria Salomea Skłodowska*) - polnische Physikerin, die in Frankreich wirkte. Sie untersuchte die 1896 von Antoine Henri Becquerel beobachtete Strahlung von Uranverbindungen und prägte für diese das Wort "radioaktiv". Im Rahmen ihrer Forschungen, für die ihr 1903 ein anteiliger Nobelpreis für Physik und 1911 der Nobelpreis für Chemie zugesprochen wurde, entdeckte sie gemeinsam mit ihrem Ehemann Pierre Curie die chemischen Elemente Polonium und Radium. Marie Curie ist bisher die einzige Frau unter den vier Mehrfach-Nobelpreisträgern und neben Linus Pauling die einzige Person, die Nobelpreise auf zwei unterschiedlichen Gebieten erhalten hat.²⁴²

Marie Curie wuchs im damals zu Russland gehörigen Teil Polens ("Weichselland") auf. Da Frauen in ihrem Heimatland nicht zum Studium zugelassen wurden, zog sie nach Paris und begann Ende 1891 ein Studium an der Sorbonne, das sie mit Lizenziaten in Physik und Mathematik beendete. Im Dezember 1897 begann sie die Erforschung radioaktiver Substanzen, die seitdem den

Schwerpunkt ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit bildeten.

Nach dem Unfalltod Pierre Curies wurden ihr 1906 zunächst seine Lehrverpflichtungen übertragen. Zwei Jahre später wurde sie schließlich auf den für ihn geschaffenen Lehrstuhl für Allgemeine Physik berufen. Sie war die erste Frau und die erste Professorin, die an der Sorbonne lehrte. Als sich Marie Curie 1911 um einen Sitz



Marie Skłodowska-Curie (1911). Gemeinfreiheit.

in der *Académie des sciences* bewarb und im selben Jahr ihr Verhältnis mit Paul Langevin bekannt wurde, erschienen in der Boulevardpresse Artikel, in denen sie persönlich angegriffen wurde.

Während des Ersten Weltkrieges widmete sich Marie Curie als Radiologin der Behandlung verwundeter Soldaten. Sie entwickelte einen Röntgenwagen, der es ermöglichte, radiologische Untersuchungen in unmittelbarer Nähe der Front vorzunehmen, und beteiligte sich an der

Qualifizierung der notwendigen Techniker und Krankenschwestern. Nach dem Krieg engagierte sie sich in der *Internationalen Kommission für Geistige Zusammenarbeit* des Völkerbundes für bessere Arbeitsbedingungen von Wissenschaftlern. An dem von ihr geleiteten Pariser Radium-Institut setzte sie sich für die Förderung von weiblichen und ausländischen Studierenden ein.

1. Leben und Wirken

1.1 Kindheit und Jugend in Polen

Maria Skłodowska war das jüngste von fünf Kindern des Lehrerehepaares Bronisława und Władysław Skłodowski, die beide dem niederen polnischen Landadel, der Szlachta, entstammten und zur polnischen Intelligenzija zählten. Ihr Vater Władysław studierte an der Universität Sankt Petersburg und unterrichtete als Lehrer für Mathematik und Physik an verschiedenen staatlichen und privaten Schulen. Ihre Mutter Bronisława wurde am Mädchenpensionat in der Fretastraße (*Ulica Freta*), der einzigen privaten Mädchenschule in Warschau, ausgebildet, wo sie anschließend erst als Lehrerin und später als Schulleiterin tätig war und wo die Familie zum Zeitpunkt von Marias Geburt wohnte. 1868 wurde ihr Vater zum stellvertretenden Direktor einer öffentlichen Schule befördert, woraufhin die Familie in die mit der Stellung verbundene größere Dienstwohnung in der Nowolipkistraße (*Ulica Nowolipki*) zog. Etwa zu dieser Zeit erkrankte Marias Mutter an Tuberkulose und musste ihren Posten aufgeben. Als ihr Vater 1873 aus dem Schuldienst entlassen wurde, war die Familie aus finanziellen

Gründen gezwungen, ein Pensionat zu eröffnen, das anfangs zwei und später bis zu zehn Schüler beherbergte.²⁴³



Marie Skłodowskas Geburtshaus in Warschau. Heute ein Museum für Marie Curie. Foto: Memorino (2009). CC BY-3.0

Maria wurde mit sechs Jahren eingeschult und besuchte zunächst die von ihrer Mutter geleitete Mädchenschule in der Fretastraße. Zwei Jahre später wechselte sie auf die näher gelegene Privatschule von Jadwiga Sikorska. Nach dem gescheiterten Januaraufstand von 1863 wurde im russisch kontrollierten Teil Polens eine zunehmende Russifizierung betrieben. Unterricht durfte nur in russischer Sprache erteilt, polnische Geschichte und Kultur konnte nur heimlich unterrichtet werden, was gleichermaßen eine Herausforderung

²⁴³ Françoise Giroud, "Die Menschheit braucht auch Träumer". *Marie Curie*, Econ & List Taschenbuchverlag, München 1999, S. 22.

für Lehrer wie Schüler war. Im Herbst 1878 wechselte Maria an das öffentliche Gymnasium Nr. 3. Kurz zuvor war ihre Mutter an den Folgen ihrer Erkrankung gestorben. 1883 bestand Maria im Alter von 15 Jahren ihr Abitur als Klassenbeste. Das darauf folgende Jahr verbrachte sie bei Verwandten auf dem Lande, da sie Anzeichen von Erschöpfung zeigte.²⁴⁴

In Polen durfte Maria nicht studieren, weil Frauen an Universitäten nicht zugelassen waren. Die finanzielle Situation ihres Vaters ließ eine Unterstützung während eines Auslandsstudiums nicht zu. Im Spätsommer 1884 begann Maria in der Wohnung ihres Vaters Privatunterricht zu erteilen. Während dieser Zeit nahm sie gemeinsam mit ihrer Schwester Bronia an Kursen der von Jadwiga Szczawińska-Dawidowa heimlich organisierten "Fliegenden Universität" (*Uniwersytet Latający*) teil, die eine akademische Bildung ermöglichte.²⁴⁵

Ab September 1885 arbeitete Maria kurze Zeit als Hauslehrerin bei einer Anwaltsfamilie. Ende 1885 übernahm sie für dreieinhalb Jahre eine Stelle als Hauslehrerin auf dem Land in Szczuki bei Przasnysz mit der Aufgabe, die beiden ältesten Töchter der Familie Żorawski zu unterrichten. An ihren freien Abenden las sie Bücher über Physik, Soziologie, Anatomie und Physiologie, um ihre Neigungen auszuloten und sich auf das Studium vorzubereiten.

Mit dem Einverständnis des Hausherrn und mit Unterstützung von dessen ältester Tochter gab Maria täglich einem Dutzend Bauernkindern Unterricht im Lesen und Schreiben. Als im Sommer des ersten Jahres ihres Aufenthaltes der älteste



Marie Skłodowska im Alter von 16 Jahren (1883). Gemeinfreiheit.

Sohn der Familie Kazimierz Żorawski von der Universität nach Hause zurückkehrte, verliebten sich beide ineinander. Ihre Heiratspläne scheiterten jedoch am Widerstand von Kazimierz Familie. Im Frühjahr 1889 endete Marias Tätigkeit bei den Żorawskis. Sie fand eine weitere Hauslehrerinnenstelle in einem Badeort an der Ostseeküste. Um seine Töchter besser finanziell unterstützen zu können, hatte ihr Vater im April 1888 nach seiner Pensionierung für zwei Jahre die Leitung einer landwirtschaftlichen Erziehungsanstalt in Studzieniec in der Nähe von Warschau übernommen.

244 Marie Skłodowska Curie, *Selbstbiographie*, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1962, S. 15.

245 Susan Quinn, *Marie Curie. Eine Biographie*, Insel-Verlag, Frankfurt/M 1999, S. 71.

Seit 1890 wohnte Maria wieder mit ihrem Vater in Warschau zusammen. Ihrem Cousin Józef Boguski, einem ehemaligen Assistenten von Dmitri Mendelejew, wurde die Leitung des Warschauer Industrie- und Landwirtschaftsmuseums (*Muzeum Przemysłu i Rolnictwa*) übertragen. In den Räumlichkeiten des Museums, das über ein eigenes Laboratorium verfügte, bekam Maria zum ersten Mal die Gelegenheit, eigene chemische und



Władysław Skłodowski mit seinen drei Töchtern Marie, Bronisława und Helena (1890). Gemeinfreiheit.

physikalische Experimente durchzuführen, die ihre "Neigung zur experimentellen Forschung auf dem Gebiet der Physik und Chemie" festigte und sie in ihrem Wunsch, ein naturwissenschaftliches Studium in Paris aufzunehmen, bestärkte.²⁴⁶

1.2 Erste Jahre in Paris

1891 reiste Maria Skłodowska nach Paris, wo sie anfangs bei ihrer Schwester Bronia und deren Mann Kazimierz Dłuski in der *Rue d'Allemagne* unweit des Gare du Nord wohnte. Am 3. November schrieb sie sich als Marie Skłodowska für ein Studium der Physik an der Sorbonne ein. Unter den 9000 Studenten der Universität in diesem Jahr befanden sich 210 Frauen. Von den mehr als 1825 Studenten der *Faculté des sciences* waren 23 weiblich. Ihre wenigen Mitstudentinnen kamen meist aus dem Ausland, da an den französischen Mädchenschulen die zur Baccalauréat-Prüfung notwendigen Fächer Physik, Biologie, Latein und Griechisch nicht gelehrt wurden. Marie hatte schlechtere Vorkenntnisse als ihre französischen Kommilitonen und die sprachlichen Probleme bildeten eine zusätzliche Herausforderung. Im Winter 1891/92 spielte sie bei einem von Exilpolen inszenierten russlandfeindlichen Theaterstück mit, was ihren Vater sehr verärgerte.²⁴⁷

Im März 1892 zog Marie Skłodowska in ein kleines möbliertes Zimmer in der *Rue Flatters* im Quartier Latin um, da sie mehr Ruhe für ihr Studium benötigte und näher bei den Einrichtungen der Universität wohnen wollte. In ihrem ersten Studienjahr gehörten unter anderem der Mathematiker Paul Appell und die Physiker Gabriel Lippmann und Edmond Bouty zu ihren Lehrern. Die Prüfungen für das Lizentiat der Physik (*licence des sciences physiques*) schloss sie im Juli 1893 als Beste ab. Im Sommer wurde ihr das "Alexandrowitsch-Stipendium" in Höhe von 600 Ru-

²⁴⁶ Marie Skłodowska Curie, *op.cit.*, S. 18.

²⁴⁷ Barbara Czarniawska, Guje Sevón, *The Thin End of the Wedge: Foreign Women Professors as Double Strangers in Academia*, [in:] *Gender, Work & Organization*, Band 15, Nr. 3, 2008, S. 170; Susan Quinn, *op.cit.*, S. 109; Peter Ksoll, Fritz Vögtle, *Marie Curie*, Rowohlt 1988, S. 37.

beln zugesprochen, das es ihr ermöglichte, ihr Studium in Paris fortzusetzen. Den Abschluss für das Lizenziat in Mathematik (*licence des sciences mathématiques*) machte sie im Juli 1894 als Zweitbeste.²⁴⁸

Die Gesellschaft zur Förderung der Nationalindustrie (*Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*) beauftragte Marie Skłodowska Anfang 1894, eine Studie über die magnetischen Eigenschaften verschiedener Stahlsorten durchzuführen. Sie arbeitete unter sehr beengten Verhältnissen im Labor ihres Lehrers Gabriel Lippmann und war auf der Suche nach einem geeigneteren Platz für ihre Experimente, worüber sie dem Physiker Józef Kowalski, Professor an der Universität Freiburg, berichtete. Kowalski machte sie im Frühjahr mit Pierre Curie bekannt, der an der *École municipale de physique et de chimie industrielles (École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris - ES-PCI)* unterrichtete und das dortige Laboratorium leitete.

Im Sommer 1894 suchte Marie in Polen nach einer interessanten Forschungstätigkeit. Da sie kein geeignetes Angebot erhielt, beschloss sie, für ein weiteres Jahr nach Paris zurückzukehren. Dort entwickelte sich aus der beruflichen Zusammenarbeit mit Pierre Curie eine gegenseitige Zuneigung. Am 26. Juli 1895 heiratete Marie Skłodowska im Rathaus von Sceaux Pierre Curie. Das Paar zog in eine Dreizimmerwohnung in der *Rue de la Glacière*.²⁴⁹

In ihrem ersten Ehejahr bereitete sich Marie Curie auf die *Agrégation* vor, die sie berechnigte, an einer höheren Mädchenschule zu unterrichten und ihr ein eigenes

Einkommen verschaffen würde. Die Prüfungen im Sommer 1896 bestand sie erneut als Beste ihres Kurses. Nebenher setzte Marie Curie ihre physikalischen Studien fort. Sie besuchte unter anderem Vorlesungen von Marcel Brillouin und dokumentierte ihre Untersuchungen über die Magnetisierung von gehärtetem Stahl, was ihre erste wissenschaftliche Veröffentlichung war. Am 12. September 1897 brachte sie ihre erste Tochter Irène (Irène Joliot-Curie) zu Welt.

1.3 Wissenschaftliche Erfolge

1.3.1 Neue Elemente

Die Entdeckung der Röntgenstrahlung Ende 1895 erregte weltweit Aufsehen und löste zahlreiche Forschungsaktivitäten aus. Die im Frühjahr 1896 von Antoine Henri Becquerel zufällig entdeckte Fähigkeit von Urankaliumsulfat, eine fotografische Platte zu schwärzen, blieb hingegen nahezu unbeachtet. Marie Curie, die auf der Suche nach einem Thema für ihre Doktorarbeit war, beschloss, sich den "Becquerel-Strahlen" zuzuwenden.²⁵⁰

Zunächst beabsichtigte sie, die Ionisationsfähigkeit der von Uransalzen ausgehenden Strahlung zu quantifizieren und knüpfte mit ihren Versuchen an die Ende 1897 im Labor von Lord William Thomson Kelvin durchgeführten Messungen an. In den ersten Wochen ihrer am 16. Dezember 1897 begonnenen Experimente entwickelte sie gemeinsam mit ihrem Mann Pierre ein Verfahren, das auf einem von Pierre entwickelten piezoelektrischen Elektrometer beruhte und mit dem sie die von den Strahlen verursachte Änderung der elektrischen

²⁴⁸ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 116.

²⁴⁹ Peter Ksoll, Fritz Vögtle, *op.cit.*, S. 48.

²⁵⁰ Milorad Mladenović, *The History of Early Nuclear Physics (1896–1931)*, World Scientific, 1992, S. 4.

Leitfähigkeit der Luft sehr genau messen konnte.²⁵¹

Auf diese Weise untersuchte Marie Curie zahlreiche uranhaltige Metalle, Salze, Oxide und Mineralien, die ihr von Henri Moissan, Alexandre Léon Étard, Antoine Lacroix und Eugène-Anatole Demarçay zur Verfügung gestellt wurden. Sie stellte dabei fest, dass Pechblende viermal aktiver und natürliches Chalcolit doppelt so aktiv wie Uran ist. Die gemessene Aktivität der uranhaltigen Stoffe erwies sich als unabhängig von ihrem Aggregatzustand und war proportional zu ihrem Urananteil. Eine Kontrollmessung an künstlich hergestellten Chalcolit, das sie mit Hilfe des Debray-Verfahrens aus Urannitrat, Kupferphosphat und Phosphorsäure gewonnen hatte, bestätigte diese Erkenntnis. Marie Curie schlussfolgerte daraus, dass die "Becquerel-Strahlung" eine Eigenschaft der Atome und keine chemische Eigenschaft ist.

Ihre Forschungsergebnisse wurden am 12. April 1898 von Gabriel Lippmann vor der *Académie des sciences* in Paris vorgetragen, da Marie Curie kein Mitglied der Akademie war. Ihre während dieser ersten Untersuchungen gemachte Beobachtung, dass Thorium ähnlich wie Uran strahlt, war bereits Anfang Februar 1898 unabhängig von ihr durch Gerhard Carl Nathaniel Schmidt entdeckt und bei einem Treffen der *Physikalischen Gesellschaft zu Berlin* publiziert worden.²⁵²

Marie Curie und ihr Mann gingen davon aus, dass die hohe Aktivität der Pech-

blende von einem unbekanntem chemischen Element verursacht wird. In den folgenden Wochen versuchten sie, dieses Element mit chemischen Verfahren zu isolieren. Bald hatten sie Zwischenprodukte erzeugt, die viel aktiver als Pechblende waren, und gelangten zu dem Schluss, dass es sich nicht nur um ein neues Element handeln müsse, sondern um zwei verschiedene, von denen eines chemisch Bismut und das andere Barium ähneln müsse. Der spektroskopische Nachweis des ersten neuen Elementes, das sie am 13. Juni 1898 zu Ehren von Marie Curies Heimat Polonium getauft hatten, misslang jedoch. Dennoch ließen sie fünf Tage später Henri Becquerel ihre Ergebnisse vor der *Académie des sciences* präsentieren. In der Überschrift des Berichtes wurde erstmalig das Wort "radioaktiv" verwendet. Im Juli wurde Marie Curie für ihre Arbeiten über die magnetischen Eigenschaften von Stahl und die Radioaktivität der mit 3800 Francs dotierte Prix Gagner der *Académie des sciences* zuerkannt.²⁵³

Im Herbst 1898 litt Marie Curie an Entzündungen der Fingerspitzen, welches die ersten bekannten Symptome der Strahlenkrankheit waren, an der sie später litt. Nach einem ausgedehnten Sommerurlaub in der Auvergne nahm das Paar am 11. November die Suche nach dem zweiten unbekanntem Element wieder auf. Mit der Hilfe von Gustave Bémont gelang es ihnen schnell, eine Probe herzustellen, die 900-mal stärker als Uran strahlte. Am 20. De-

251 Lord Kelvin, John Carruthers Beattie, Marian Smoluchowski de Smolan, *Electrification of Air by Röntgen Rays*, [in:] "Nature", Band 55, S. 199; John Carruthers Beattie, *On the Electrification of Air by Uranium and Its Compounds*, [in:] *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, Band 21, Edinburgh 1897, s. 466; Susan Quinn, *op.cit.*, S. 166.

252 Gerhard Carl Schmidt, *Über die von den Thorverbindungen und einigen anderen Substanzen ausgehende Strahlung*, [in:] "Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge" 1898, Band 65, Nr. 5, S. 141; Gerhard Carl Schmidt, *Sur les radiations émises par le thorium et ses composés*, [in:] *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* 1898, Band 126, S. 1264.

253 Susan Quinn, *op.cit.*, S. 174; Eve Curie, *Madame Curie*, William Heinemann Ltd, London-Toronto 1947, S. 375.

zember erhielt das neue Element im Laborbuch der Curies den Namen Radium. Diesmal ergab die von Eugène-Anatole Demarçay an der Probe vorgenommene spektroskopische Untersuchung eine Spektrallinie, die sich keinem bisher bekannten Element zuordnen ließ. Am 26. Dezember 1898 war es erneut Becquerel, der vor der Akademie von den Forschungsergebnissen der Curies berichtete.²⁵⁴

1.3.2 Nobelpreis für Physik

Anfang 1899 verlagerte das Forscherpaar seine Arbeitsschwerpunkte. Gemeinsam mit Georges Sagnac und André-Louis Debierne beschäftigte sich Pierre Curie mit den physikalischen Wirkungen der Radioaktivität. Marie Curie konzentrierte sich vollständig auf die chemische Isolierung des Radiums. Dafür benötigte sie große Mengen Pechblende. Durch die Vermittlung von Eduard Suess, dem amtierenden Präsidenten der Österreichische Akademie der Wissenschaften in Wien, erhielt sie eine Tonne Pechblendenabfälle aus Sankt Joachimsthal (Jáchymov), für die sie nur die Transportkosten übernehmen musste. Vom Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) bekam sie die Erlaubnis, einen zugigen Schuppen, der vorher als Sezierraum diente, für ihre langwierige und physisch anstrengende Arbeit zu benutzen.



Marie Skłodowska-Curie (ca. 1898). Gemeinfreiheit.

Im März 1900 zogen Marie und Pierre Curie in eine Wohnung am *Boulevard Kellermann*. Im selben Jahr wurde Marie als erste Frau an die *École normale supérieure* in Sèvres berufen, die als Frankreichs renommierteste Ausbildungsstätte für zukünftige Lehrerinnen galt, um dort Physik zu lehren. Auf einem Physikerkongress anlässlich der Pariser Weltausstellung stellten die Curies ihre Forschungsergebnisse über Radioaktivität zahlreichen ausländischen Physikern vor und verfassten aus diesem Anlass ihre bis dahin umfangreichste Abhandlung mit dem Titel *Die neuen radioaktiven Substanzen und die von ihnen emittierten Strahlen*.²⁵⁵

Die *Académie des sciences* unterstützte Maries Curies Arbeit finanziell. Noch zweimal, 1900 und 1902, wurde ihr der *Prix Gëgner* verliehen. 1903 erhielt sie den mit 10.000 Francs dotierten *Prix La Caze*. Die Fortsetzung ihrer Radium-Forschung sicherte die Akademie im März 1902 mit einem Kredit über 20.000 Francs. Im Juli 1902 hatte Marie Curie ein Dezigramm Radiumchlorid gewonnen und konnte damit die Atommasse des Radium sehr genau bestimmen.²⁵⁶

Sie wandte sich anschließend ihrer Dissertation mit dem Titel *Recherches sur les substances radioactives* (deutsch: *Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen*) zu. Die von Dekan Paul Appell am 11. Mai 1903 zugelassene Doktorarbeit verteidigte sie am 25. Juni vor Gabriel Lippmann, Henri Moissan und Edmond Bouty. Die Dissertation wurde innerhalb eines Jahres in fünf Sprachen übersetzt und 17-mal abgedruckt, darunter in den von William Crookes herausgegebenen *Chemical News* und den *Annales de physique et chimie*.²⁵⁷

²⁵⁴ Peter Ksoll, Fritz Vögtle, *op.cit.*, S. 61; Susan Quinn, *op.cit.*, S. 176.

²⁵⁵ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 208.

²⁵⁶ *Ibidem*, S. 205.

²⁵⁷ Sara Rockwell, *The Life and Legacy of Marie Curie*, "Yale Journal of Biology and Medicine" 2003, Band 76, S. 174.

Anfang 1903 traten bei Marie und Pierre Curie erste gesundheitliche Probleme auf, die sie jedoch auf Überarbeitung zurückführten. Marie Curie hatte im August 1903 eine Fehlgeburt, die sie gesundheitlich weiter schwächte. Als die Royal Society dem Ehepaar am 5. November 1903 die *Davy-Medaille* zusprach, die jährlich für die wichtigste Entdeckung auf dem Gebiet der Chemie vergeben wird, musste Pierre Curie allein nach London reisen, um den Preis entgegenzunehmen.²⁵⁸

Mitte November erhielten die Curies einen Brief von der Schwedischen Akademie



Marie und Pierre Curie
Karikatur (1904) Author:
Julius Mendes Price. Gemeinfreiheit.

der Wissenschaften, in dem ihnen mitgeteilt wurde, dass sie "in Anerkennung der außerordentlichen Leistungen, die sie sich durch ihre gemeinsame Forschung über die von Professor Henri Becquerel entdeckten Strahlungsphänomene erworben haben" gemeinsam mit Henri Becquerel den Nobelpreis für Physik erhalten sollten. Die Einladung zum offiziellen Festakt im Dezember 1903 nahmen sie unter Hinweis auf ihre Unterrichtsverpflichtungen und Maries schlechte Gesundheit nicht wahr. Die Reise nach Stockholm, während der Pierre Curie einen Nobel-Vortrag über radioaktive Substanzen und speziell Radium hielt, traten sie erst im Juni 1905 an.²⁵⁹

1.3.3 Professorin an der Sorbonne

Nach der Zuerkennung des Nobelpreises gerieten Marie und Pierre Curie in die Schlagzeilen der französischen Presse. So schrieb beispielsweise *Les Dimanches*: "Der Fall von Monsieur und Madame Curie, die auf dem Gebiet der Wissenschaft zusammenarbeiten, ist gewiss nicht das Übliche. Eine Idylle im Physiklabor, das hat die Welt noch nicht gesehen". Marie Curies Rolle bei der Erforschung des Radiums wurde wechselweise unterschätzt oder übertrieben und ihre polnische Herkunft gern übersehen. Durch das Eindringen der Reporter in ihre Privatsphäre fühlten sich die Curies mehr und mehr bedrängt.²⁶⁰

Anfang Dezember 1904 wurde ihre zweite Tochter Ève geboren. Am 1. Oktober 1904 trat Pierre Curie seine Professur auf dem eigens für ihn geschaffenen Lehrstuhl für allgemeine Physik an der Sorbonne an, und Marie Curie wurde die Leitung der wissenschaftlichen Arbeiten (*chef des travaux*) des Laboratoriums übertragen.

Am 19. April 1906 geriet Pierre Curie unter die Räder eines Lastfuhrwerkes und starb noch am Unfallort. Marie Curie traf der Verlust schwer, hatte sie doch sowohl ihren geliebten Lebenspartner als auch ihren wissenschaftlichen Mitstreiter verloren. In den folgenden Jahren waren Pierres Vater Eugène Curie und sein Bruder Jacques Curie ihr und ihren Kindern eine große Unterstützung. Im Frühjahr 1907 zog sie in die *Rue Chemin de fer* in Sceaux, um näher an Pierres Grab zu sein.²⁶¹

²⁵⁸ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 210.

²⁵⁹ nobelprize.org, "The Official Web Site of the Nobel Prize".

²⁶⁰ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 226 und 229.

²⁶¹ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 274 und 293.

Die naturwissenschaftliche Fakultät der Universität musste entscheiden, wer Pierre Curies Lehrstuhl übernehmen sollte. Da Marie Curie die geeignetste Kandidatin war, um seine Vorlesungen fortzusetzen, schlug eine Kommission am 3. Mai vor, ihr die Kursverantwortung (*chargé de cours*) und die Leitung des Laboratoriums zu übertragen, den Lehrstuhl jedoch unbesetzt zu lassen. Marie Curie gab ihre Lehrtätigkeit an der Mädchenschule in Sèvres auf und hielt unter großer öffentlicher Aufmerksamkeit am 5. November 1906 ihre erste Vorlesung. Sie war die erste Frau, die an der Sorbonne lehrte. Die ordentliche Professur für Physik wurde ihr erst zwei Jahre später übertragen, am 16. November 1908.²⁶²

1.3.4 Der internationale Radiumstandard

Über die Schaffung eines internationalen Radiumstandards verständigten sich Marie Curie und Ernest Rutherford erstmals im Frühjahr 1910. Insbesondere der vermehrte Einsatz des Radiums in der Medizin erforderte genaue und vergleichbare Messwerte. Auf dem im Herbst in Brüssel tagenden *Kongress für Radiologie und Elektrizität* wurde die zehnköpfige *Internationale Radium-Standard-Kommission* gebildet, der auch Marie Curie angehörte.²⁶³

Die Kommission legte fest, dass die Maßeinheit für die Aktivität "Curie" genannt werden sollte und beauftragte Marie Curie mit der Herstellung einer Milligramm schweren Radium-Probe aus kristallwasserfreiem Radiumchlorid, die als Standard dienen sollte. Weitere Proben

sollten am von Stefan Meyer geleiteten *Wiener Radiuminstitut* hergestellt werden. Der Vergleich der Proben sollte mittels aktinometrischer Messung der von den Präparaten ausgesandten Gammastrahlung erfolgen.²⁶⁴

Im August 1911 hatte Marie Curies Labor eine 22 Milligramm schwere Probe aus Radiumchlorid fertiggestellt, die bei einem Treffen der Radiumstandard-Kommission Ende März 1912 in Paris offiziell zum internationalen Standard erklärt wurde. Gemeinsam mit André-Louis Debierne hinterlegte sie das Glasröhrchen mit dem Radium-Standard am 21. Februar 1913 beim *Bureau International des Poids et Mesures (Internationales Büro für Maß und Gewicht)* in Sèvres.

1.4 Öffentliche Wahrnehmung 1910/1911

1.4.1 Gescheiterte Aufnahme in die Académie des sciences

Bei einer Abstimmung über die Besetzung eines freien Platzes in der *Académie des sciences* unterlag Curie im Januar 1911 knapp dem Physiker Édouard Branly. Der Platz war am 31. Oktober 1910 durch den Tod des Chemikers und Physikers Désiré Gernez frei geworden. Schon bald danach spekulierte die französische Presse über eine Kandidatur Curies. Sie war bereits Mitglied der Schwedischen (1910), Tschechischen (1909) und Polnischen Akademie (1909), der Amerikanischen Philosophischen Gesellschaft (1910) und der Kaiserlichen Akademie in St. Petersburg (1908) sowie Ehrenmitglied zahlreicher weiterer wissenschaftlicher Vereinigungen. In ei-

²⁶² Susan Quinn, *op.cit.*, S. 289.

²⁶³ Bertram B. Boltwood, *The International Congress of Radiology and Electricity, Brussels, September 13-15, 1910*, "Science" 1910, Band 32, Nr. 831, S. 788, 1910.

²⁶⁴ Ernest Rutherford, *Radium standards and nomenclature*, "Nature" 1910, Band 84, S. 430.

nem umfangreichen Artikel in der Zeitung "Le Temps", der am 31. Dezember 1910 erschien, setzte sich Jean Gaston Darboux, der Sekretär der Akademie, öffentlich für eine Kandidatur von Marie Curie ein.²⁶⁵

Am 4. Januar 1911 kamen zur planmäßigen Plenarsitzung des Institut de France im *Palais Mazarin* doppelt so viele Mitglieder wie üblich, um unter der Leitung von Arthur Chuquet über die Kandidatur Marie Curies zu diskutieren. Nach kontroverser Diskussion erhielt ein Antrag, an den Traditionen des Institutes festzuhalten und keine weiblichen Mitglieder zuzulassen, eine Mehrheit von 85 zu 60 Stimmen. Fünf Tage nach dieser Entscheidung trat ein Komitee der *Académie des sciences* in einer geheimen Sitzung zusammen, um die Nominierungen für den vakanten Sitz vorzunehmen. Entgegen dem Beschluss des Institutes wurde Marie Curie an die erste Stelle der Nominierungsliste gesetzt, die am 17. Januar offiziell bekanntgegeben wurde. Ihr schärfster Konkurrent unter den sechs weiteren Nominierten war der Physiker Édouard Branly, mit dem sie 1903 gemeinsam den *Prix Osiris* erhalten hatte. Am 24. Januar 1911 fand die endgültige Abstimmung statt. Für die Wahl in die Akademie war die absolute Stimmenmehrheit der anwesenden 58 Mitglieder notwendig, also 30 Stimmen. Bei der ersten Abstimmung erhielt Édouard Branly 29 Stimmen, Marie Curie 28 Stimmen und Marcel Brillouin eine Stimme. Im zweiten Wahlgang entfielen 30 Stimmen auf Branly und 28 Stimmen auf Marie Curie, die damit die Wahl verloren hatte.²⁶⁶

An der begleitenden Pressedebatte beteiligte sich das gesamte politische Spektrum der Pariser Tagesblätter. Die sozialistische Zeitung "L'Humanité" verspottete das *Institut de France* als "frauenfeindliches Institut". "Le Figaro" schrieb dagegen: "man solle nicht versuchen ... die Frau dem Manne gleich zu machen!" Die schärfsten Angriffe kamen von den rechtsgerichteten Tageszeitungen "Action française" von Léon Daudet und "L'Intransigeant".²⁶⁷

Marie Curie bewarb sich nie wieder um einen Platz in der Akademie. Erst 51 Jahre nach ihrem vergeblichen Versuch wählte die *Académie des sciences* mit der Entdeckerin des Franciums, Marguerite Perey, eine Frau in ihre Reihen.²⁶⁸

1.4.2 Die "Langevin-Affäre"

Ende 1911 beschäftigte sich die französische Presse mit Curies Beziehung zu Paul Langevin. Paul Langevin war ein Schüler von Pierre Curie. Die Familien waren miteinander befreundet und verbrachten gelegentlich den Sommerurlaub miteinander. Wohl spätestens seit Mitte Juli 1910 hatten Marie Curie und Paul Langevin eine Liebesbeziehung. Sie trafen sich in einer gemeinsam angemieteten Wohnung, in der sie auch ihren Briefwechsel aufbewahrten.

Langevins Frau wurde bald auf die Verdruthheit der beiden aufmerksam und drohte Marie Curie mit Mord. Um Ostern 1911 wurden die Briefe, die sich Marie Curie und Paul Langevin geschrieben hatten, aus ihrer gemeinsamen Wohnung entwendet. Im August 1911 reichte Langevins Frau die Scheidung ein und verklagte ihren Ehemann

²⁶⁵ Une *Académicienne?*, "Le Figaro". 16. November 1910, S. 2, Sp. 6; Jean Gaston Darboux, *Mme. Curie et l'académie des sciences*. "Le Temps" 31. Dezember 1910, S. 2.

²⁶⁶ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 341.

²⁶⁷ *L'Institut misogyne a Mme. Curie*, "L'Humanité". 5. Januar 1911, S. 1; Gérard d'Houville, *La Travestie vert*, "Le Figaro". 21. Januar 1911, S. 1.

²⁶⁸ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 486.

wegen "Verkehrs mit einer Konkubine in der ehelichen Wohnung". Um für die öffentliche Gerichtsverhandlung und die drohende Veröffentlichung der Briefe gewappnet zu sein, versicherte sich Marie Curie der Hilfe des Anwalts Alexandre Millerand, der später eine Zeit lang französischer Staatspräsident war.²⁶⁹

Einen Tag nach dem Ende der ersten Solvay-Konferenz, die vom 30. Oktober bis zum 3. November 1911 stattfand und an der Curie als einzige Frau teilnahm, veröffentlichte Fernand Hauser in der Zeitschrift "Le Journal" einen Artikel mit der Schlagzeile *Eine Liebesgeschichte. Madame Curie und Professor Langevin*. Die Zeitung "Le Petit Journal" folgte am darauf folgenden Tag mit der gleichen Geschichte und drohte am 6. November mit der Veröffentlichung von Liebesbriefen. Vier Tage nach den ersten Vorwürfen veröffentlichte "Le Temps" eine Gegendarstellung Curies, in der sie die Anschuldigungen energisch bestritt. Linke Zeitschriften und Zeitungen wie "Gil Blas" oder "L'Humanité" verteidigten Curie, während die gemäßigte Presse schwieg. Wissenschaftler wie Perrin, Poincaré, Borel, Einstein und Pierres Bruder Jacques unterstützten sie.²⁷⁰

Ab dem 18. November 1911 griff Maurice Pujo, Mitgründer der Zeitschrift "L'Action française", in einer Artikelserie mit dem Titel *Pour une mère* (deutsch: *Für eine Mutter*) Marie Curie fast täglich an. "L'Action française" und "L'Intransigeant" drohten mit einer Veröffentlichung ihres Briefwechsels mit Paul Langevin. Fünf Tage später veröffentlichte Gustave Téry in

"L'Œuvre" einen zehnteiligen Auszug aus der Korrespondenz vom Sommer 1910. Téry bezeichnete sie als "eine Fremde, eine Intellektuelle, eine Emanze" und als eine Ausländerin, die ein französisches Heim zerstöre. In der Folge kam es zu fünf Duellen, darunter am 26. November eines zwischen Paul Langevin und Gustave Téry. Bei diesem Pistolenduell kam es jedoch zu keinem Schusswechsel.²⁷¹

Die Anfeindungen erreichten ihren Höhepunkt, als die Zeitung "L'Œuvre" Marie Curies zweiten Vornamen *Salomea* "entdeckte" und in ihrer Ausgabe vom 20. Dezember 1911 fragte: *Ist Madame Curie Jüdin?* und behauptete: "Ihr Vater ist in der Tat ein konvertierter Jude". Nachdem sich Paul Langevin und seine Frau außergerichtlich geeinigt hatten, ebnete die Angriffe schließlich ab. Die während der „Langevin-Affäre“ erhobenen Vorwürfe und der damit verbundene *Makel* begleiteten Marie Curie für den Rest ihres Lebens.²⁷²

1.5 Nobelpreis für Chemie und weitere Forschungen

Die Veröffentlichungen über die "Langevin-Affäre" in der französischen Presse beeinflussten auch Curies Nominierung für den Nobelpreis für Chemie. Das über die Berichte besorgte Nobelkomitee beauftragte August Gyldenstolpe, den Botschafter Schwedens in Frankreich, Curie und Langevin zu den Vorwürfen zu befragen. Als beide glaubhaft machen konnten, dass die Beschuldigungen unzutreffend seien, fällte Christopher Aurivillius in Schweden die

²⁶⁹ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 312, 317, 352, 374.

²⁷⁰ *Un roman dans un laboratoire: l'aventure de Madame Curie et de Monsieur Langevin*, "Le Petit Journal". 5. November 1911, S. 1; *Mme. Curie et le professeur Langevin*, "Le Petit Journal". 6. November 1911, S. 1; "Le Temps". 8. November 1911, S. 4; *L'Affaire Curie-Langevin renvoyée*, "L'Humanité". 9. Dezember 1911.

²⁷¹ Gustave Téry, *La vérité sur le scandale Curie. Pour une Mère*, "L'Œuvre" 23. November 1911, S. 1; Susan Quinn, *Marie Curie. Eine Biographie*, S. 380; *Le Duel D'Hier*, "Le Petit Journal", 26. November 1911, S. 2.

²⁷² Susan Quinn, *op.cit.*, S. 393 - 395.

Entscheidung zugunsten Marie Curies. Die französischen Medien berichteten über ihre Nobelpreisnominierung, die am 7. November 1911 bekannt gegeben wurde, nur spärlich.

Die Veröffentlichung des Briefwechsels und das Duell Langevins beunruhigte erneut das schwedische Nobelkomitee. Svante Arrhenius, ein Unterstützer von Marie Curies zweiter Nominierung, schrieb ihr kurz darauf einen Brief, in dem er versuchte, sie von einer Reise nach Stockholm abzubringen. Allen Widerständen zum Trotz reiste Marie Curie gemeinsam mit ihrer Schwester Bronia und ihrer Tochter Irène zur am 10. und 11. Dezember stattfindenden



Nobelpreis-Diplom für Marie Skłodowska-Curie (1911). Gemeinfreiheit.

Nobelpreis-Zeremonie, bei der sie "in Anerkennung ihrer Verdienste um den Fortschritt der Chemie durch die Entdeckung der Elemente Radium und Polonium, durch Isolierung des Radiums und die Untersuchung der Natur und der Verbindungen dieses bemerkenswerten Elementes" den Nobelpreis für Chemie erhielt. Besonders hervorgehoben wurde die ihr gemeinsam mit André-Louis Debierne gelungene Herstellung von metallischem Radium.²⁷³

Nach der Rückkehr aus Stockholm verschlechterte sich ihr Gesundheitszustand. Sie litt an einer Nierenbeckenentzündung, die operativ behandelt werden musste. Sie zog von ihrem Haus in Sceaux, wo sie von Nachbarn beschimpft wurde, in den vierten Stock eines Apartmenthauses am *Quai de Béthune* auf der Île Saint-Louis um. 1912 und 1913 reiste sie meist unter falschem Namen und bat Freunde und Verwandte, keine Auskunft über ihren Aufenthaltsort zu geben. Im Juli 1912 hielt sie sich in England bei Hertha Marks Ayrton, der Frau von William Edward Ayrton, auf, die sich vergeblich um eine Aufnahme in die *Royal Society* bemüht hatte und die ihr eine wichtige Freundin wurde. Elf Jahre lang veröffentlichte sie ihre Artikel nicht mehr in den "Comptes rendus", dem Publikationsorgan der Akademie der Wissenschaften, sondern bevorzugte stattdessen Zeitschriften wie "Le Radium" und das "Journal d'physique".²⁷⁴

Im Verlauf des Jahres 1913 besserte sich ihr Gesundheitszustand, und sie konnte gemeinsam mit Heike Kamerlingh Onnes die Eigenschaften der Radiumstrahlung bei tiefen Temperaturen untersuchen. Im März 1913 erhielt sie Besuch von Albert Einstein, mit dem sie einen Sommerausflug in das Schweizer Engadin unternahm.

1.6 Radiologin im Ersten Weltkrieg

Bereits in der zweiten Kriegswoche des Ersten Weltkrieges fand Marie Curie in der Radiologie ein neues Betätigungsfeld. Vom Radiologen Henri Béclère, einem Cousin von Antoine Béclère, erlernte sie die Grundlagen der Strahlenbehandlung und vermittelte das Wissen umgehend an Freiwillige weiter.²⁷⁵

²⁷³ nobelprize.org, "The Official Web Site of the Nobel Prize".

²⁷⁴ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 399.

²⁷⁵ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 431.

In den Krankenhäusern, in denen sie arbeitete, herrschte ein akuter Mangel an Personal sowie an geeigneten Röntgenapparaten und es gab nur eine unzureichende Stromversorgung. Diese Umstände brachten sie auf die Idee, eine mobile Röntgeneinrichtung zu schaffen, mit der verwundete Soldaten in unmittelbare Nähe der Front untersucht werden könnten. Mit der Unterstützung der Französischen Frauenunion (*Union des femmes de France*) gelang es Marie Curie, einen ersten Röntgenwagen auszustatten. Für einen Einsatz an der Front benötigte sie die Genehmigung des Militärgesundheitsdienstes Service de Santé. Dort fand sich jedoch niemand, der bereit war, ihren Antrag zu bearbeiten, bis er schließlich an den Kriegsmminister Alexandre Millerand gelangte, ihren ehemaligen Anwalt in der "Langevin-Affäre". Er leitete ihren Antrag an General Joseph Joffre weiter, den Kommandierenden an der Front, der Marie Curies Antrag schließlich genehmigte.

In Begleitung ihrer Tochter Irène und eines Mechanikers fuhr sie am 1. November 1914 zum ersten Mal mit ihrem Röntgenwagen zu einem Lazarett der Zweiten Armee in Creil, das sich 30 Kilometer hinter der Frontlinie befand. Während des Krieges rüstete Marie Curie insgesamt 20 radiologische Fahrzeuge aus. Im Juli 1916 machte sie den Führerschein, um die Fahrzeuge selbst steuern zu können.²⁷⁶

Mit Hilfe privater Spenden und der Unterstützung des Komitees *Le Patronage National des Blessés* entstanden unter Mitwirkung Marie Curies etwa 200 neue oder verbesserte radiologische Zentren. Gemeinsam mit ihrer achtzehnjährigen Tochter Irène gab sie ab Oktober 1916 sechswö-

chige Intensivkurse am neuen, nach der von den Deutschen hingerichteten britischen Krankenschwester Edith Cavell benannten Ausbildungskrankenhaus, bei denen Frauen zu Röntgentechnikern (*manipulatrices*) ausgebildet wurden. Bis Kriegsende schlossen etwa 150 Frauen diese Kurse erfolgreich ab. Die während des Krieges mit dem Einsatz von radiologischen Methoden gemachten Erfahrungen beschrieb Marie Curie in ihrem Buch *La Radiologie et la Guerre*, das 1921 veröffentlicht wurde.²⁷⁷

1.7 Aufenthalt in Amerika

Im Mai 1920 gewährte Marie Curie Marie Melony, der Herausgeberin des amerikanischen Frauenmagazins "The Delineator", ein Interview. Das Auftreten Marie Curies und die Bedingungen am *Institute du Radium*, unter denen sie arbeitete, beeindruckten Melony. Im Verlauf des Gesprächs erfuhr sie, dass es Curies dringlichster Wunsch war, ein Gramm Radium für die Fortsetzung ihrer Forschungsarbeiten zu erhalten. Die Vorräte des Institutes waren infolge der Therapiebehandlungen im Ersten Weltkrieg stark zurückgegangen und der Handelspreis für ein Gramm Radium betrug zu dieser Zeit für das Institut unerschwingliche 100.000 Dollar.²⁷⁸

Nach ihrer Rückkehr gründete Melony in den Vereinigten Staaten das "Marie Curie Radium Fund Committee" mit dem Ziel, 100.000 Dollar für die Beschaffung von einem Gramm Radium zu sammeln. Am 3. Mai 1921 vergab das Komitee, das bis dahin 82.000 Dollar gesammelt hatte, den Auftrag für die Herstellung des gewünschten Radiums an die Standard Chemical Company in Pittsburgh, die seit 1911

²⁷⁶ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 436.

²⁷⁷ Marie Skłodowska Curie, *op.cit.*, S. 56; Lawrence Badash, *Marie Curie: In the Laboratory and on the Battlefield*, "Physics Today" 2003, Nr. 7, S. 37.

²⁷⁸ Ann M. Lewicki, *Marie Skłodowska Curie in America*, S. 299.

Radium in größeren Mengen produzierte. Melony überzeugte Marie Curie von der Notwendigkeit einer längeren Amerikareise. Sie bereitete diese unter anderem mit der fast ausschließlich Marie Curie gewidmeten Ausgabe des "Delineators" im April 1921 vor.²⁷⁹

Am 4. Mai 1921 ging Marie Curie gemeinsam mit ihren beiden Töchtern und in Begleitung von Marie Melony an Bord der RMS Olympic. Sieben Tage später traf sie in New York City ein, wo sie von einer großen Menschenmenge begrüßt wurde. Über ihre Ankunft berichtete die "The New York Times" auf ihrer Titelseite unter der Schlagzeile "Madame Curie hat vor, dem Krebs ein Ende zu bereiten". Curies Entgegnung, dass "Radium kein Heilmittel gegen jede Art von Krebs" sei, brachte die "New York Times" hingegen erst auf Seite 22. Während ihres Aufenthaltes wurde ihre Rolle als Wissenschaftlerin in den Hintergrund gerückt und sie vornehmlich als "weibliche Heilende" dargestellt. Marie Curie besuchte zunächst verschiedene Frauencolleges, die für sie im Rahmen von Melonys Kampagne gespendet hatten. Höhepunkt war eine am 18. Mai von der *American Association of University Women* organisierte Veranstaltung, bei der sie vor 3500 Frauen sprach.²⁸⁰

Nachdem ihr am 20. Mai durch Präsident Warren G. Harding im Blauen Zim-

mer des Weißen Hauses symbolisch das für sie gesammelte Gramm Radium übergeben worden war, begann Curie eine Rundreise durch die Vereinigten Staaten. Ihre Ziele waren das Labor von Bertram Boltwood, die Fabriken der Standard Chemical Company in Oakland und Cansonsburg, aber auch die Niagarafälle und der Grand Canyon. Die zahlreichen öffentlichen Auftritte erschöpften sie und sie ließ sich immer öfter durch ihre Töchter vertreten.²⁸¹

Während ihres Aufenthaltes wurden ihr neun Ehrendokorate verliehen. Der Bereich Physik der Harvard University verweigerte ihr diese Ehrenbezeugung jedoch mit der Begründung, "sie habe seit 1906 nichts Wichtiges geleistet". Vor ihrer Rückreise am 25. Juni an Bord der *R.M.S. Olympic* entschuldigte sich Curie für ihre gesundheitliche Schwäche: "Meine Arbeit mit dem Radium ... vor allem während des Krieges hat meine Gesundheit so sehr geschädigt, dass es mir nicht möglich ist, alle Laboratorien und Colleges zu sehen, für die ich ein tiefes Interesse hege."²⁸²

Im Oktober 1929 reiste Marie Curie ein zweites Mal nach Amerika. Während dieses zweiten Aufenthaltes überreichte Präsident Herbert C. Hoover ihr einen Scheck über 50.000 Dollar, der für den Ankauf von Radi-

279 Ann M. Lewicki, *op.cit.*, S. 299; Joel O. Lubenau, *A Brief History of Standard Chemical Company*.

280 MME. CURIE SAILS TO RECEIVE RADIUM GIFT; *Papers Glad She Is Accompanied Because of Forgetfulness in Ordinary Affairs*, "The New York Times". 4. Mai 1921, S. 14; MME. CURIE PLANS TO END ALL CANCERS; *Says Radium Is Sure Cure, Even in Deep-Rooted Cases, if Properly Treated. GETS TRIBUTE ON ARRIVAL Motherly Looking Scientist in Plain Black Frock Gives Thanks to Americans. Wanted to Come Here. Poles Great Scientist*, "The New York Times". 21. Mai 1921, S. 1; RADIUM NOT a CURE FOR EVERY CANCER; *But Mme. Curie Holds That Substance Is a Specific for Many Forms. GUEST OF MRS. CARNEGIE Vassar, Smith, American Chemical Society and Academy of Sciences Plan Reception*, "The New York Times". 13. Mai 1921, S. 22; Susan Quinn, *op.cit.*, S. 472.

281 RADIUM PRESENTED TO MADAME CURIE; *Vial Containing Gram, Given by American Women, Is Handed to Her by President. NOTABLE GROUP ATTENDS Harding in White House Ceremony Pays Tribute to Her as the World's Foremost Scientist*, "The New York Times". 21. Mai 1921, S. 12; *Mme. Curie's Brain Fagged By 'Small Talk' of Americans*, "The New York Times". 28. Mai 1921, S. 1.

282 Eve Curie, *op.cit.*, S. 379; Susan Quinn, *op.cit.*, S. 476; MME. CURIE FINDS AMERICA a MARVEL; *Generosity, Care for the Young and for People's Pleasures Impress Her in New York. PRAISES OUR INSTITUTIONS ON Eve of Departure the Scientist Tells What She Thinks of Various Cities*, "The New York Times". 25. Juni 1921, S. 11.

um für das Radium-Institut in Warschau gedacht war.²⁸³

1.8 Wirken für den Völkerbund

Auf Empfehlung des Präsidenten des Völkerbundes, Léon Victor Bourgeois, forderte die Versammlung des Völkerbundes den Rat am 21. September 1921 auf, eine Kommission zu ernennen, die die Zusammenarbeit fördern sollte. Die Bildung der Internationalen Kommission für Geistige Zusammenarbeit (*Commission Internationale de Coopération Intellectuelle*) wurde am 14. Januar 1922 vom Völkerbundsrat offiziell beschlossen. Ihr sollten zwölf vom Rat ernannte Mitglieder angehören, die aufgrund ihres wissenschaftlichen Rufes und ohne Rücksicht auf die Staatszugehörigkeit gewählt wurden. Unter den aus einer Liste von 60 Kandidaten ausgewählten Wissenschaftlern, deren Nominierung am 15. Mai 1922 bekanntgegeben wurde, befand sich auch Marie Curie.²⁸⁴

Während ihrer zwölfjährigen Tätigkeit für die Kommission – eine Zeit lang war sie deren Vizepräsidentin – setzte sie sich für die Gründung einer internationalen Bibliografie wissenschaftlicher Publikationen ein, bemühte sich um die Ausarbeitung von Richtlinien für eine länderübergreifende Vergabe von Forschungsstipendien und versuchte einen einheitlichen Urheberrechtsschutz für Wissenschaftler und deren Erfindungen zu etablieren.²⁸⁵

1.9 Das Radium-Institut Paris

Die Gründung des "Institut du Radium" in der *Rue des Nourrices* (der heutigen *Rue Curie*) ging auf eine Idee von Émile Roux,

dem Leiter des "Institut Pasteur", im Jahr 1909 zurück. Gemeinsam mit dem Vizerektor der Universität, Louis Liard, erarbeitete er einen Plan für zwei separate Laboratorien. Eines sollte die Physik und Chemie radioaktiver Elemente erforschen und von Marie Curie geleitet werden, das andere hatte die Aufgabe, unter der Leitung von Claude Regaud die medizinischen Anwendungsmöglichkeiten der Radioaktivität zu studieren. Die Bauarbeiten nach den Plänen des Architekten Henri-Paul Nénot begannen 1912.²⁸⁶



Marie Curie in ihrem Laboratorium. Gemeinfreiheit.

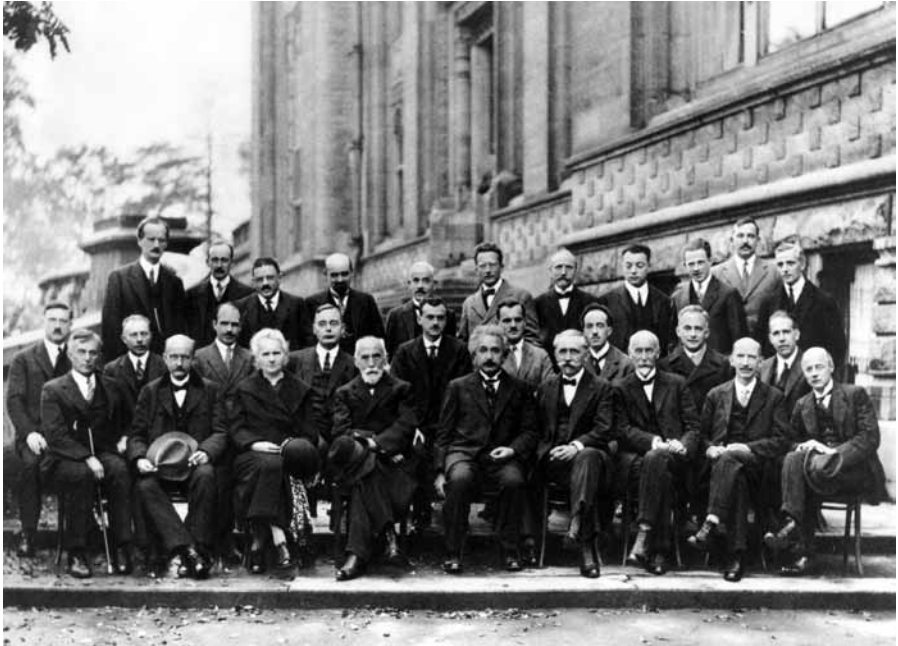
1914 wurde Marie Curie zur Leiterin des Radium-Instituts ernannt. Beim Ausbruch des Ersten Weltkrieges blieb sie in Paris, um über den Radiumvorrat des Institu-

²⁸³ Françoise Giroud, *op.cit.*, S. 322.

²⁸⁴ Eberhardt Gering, *Die Tätigkeit von Albert Einstein in Zusammenarbeit mit Hugo Andres Krüß in der Völkerbundkommission für Geistige Zusammenarbeit*, 2006.

²⁸⁵ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 457.

²⁸⁶ *Ibidem*, S. 484.



Solvay Konferenz 1927. Foto: Benjamin Couprie. Gemeinfreiheit.

tes zu wachen. Das im Auftrag der französischen Regierung aus Sicherheitserwägungen am 3. September 1914 nach Bordeaux in Bleibehältern ausgelagerte Radium kehrte 1915 an das Institut zurück. In diesem Jahr vollzog sie schrittweise den Umzug aus ihrem alten Laboratorium in das neue Gebäude.²⁷⁸

1916 wurde auf ihren Vorschlag hin am Institut die Abteilung „Emanation“ geschaffen. Die für die sogenannte „Radiumtherapie“ hergestellten Radium- und Radonampullen wurden für die Behandlung verwundeter Soldaten benutzt. Henri James de Rothschild gründete 1920 die *Curie-Stiftung*, um die wissenschaftliche und medizinische Arbeit am Institut zu

unterstützen. Die *Académie nationale de Médecine* nahm Marie Curie am 7. Februar 1922 "in Anerkennung ihrer Verdienste bei der Entdeckung des Radiums und einer neuen Methode zur Krebsbehandlung, der Curie-Therapie" als freies Mitglied in ihre Reihen auf.²⁸⁸

Im Frühjahr 1919 begannen die ersten Lehrveranstaltungen am Institut. Mitarbeiter des Radium-Institutes veröffentlichten von 1919 bis 1934 insgesamt 438 wissenschaftliche Artikel, darunter 34 Dissertationen. 31 Artikel stammten von Marie Curie. Bedeutende Arbeiten stammten beispielsweise von Salomon Aminyu Rosenblum, der die Feinstruktur der Alphastrahlung nachwies, und von

²⁸⁷ Marie Skłodowska Curie, *op.cit.*, S. 61–62.

²⁸⁸ Susan Quinn, *op.cit.*, S. 484; Françoise Giroud, *op.cit.*, S. 318.

Irène Joliot-Curie und Frédéric Joliot-Curie, denen es erstmals gelang, ein Radionuklid künstlich herzustellen. Marie Curie förderte bewusst Frauen und aus dem Ausland stammende Studierende. 1931 waren zwölf von 37 Forschern am Institut Frauen, darunter Ellen Gleditsch, Eva Ramstedt und Marguerite Perey, die bedeutende Beiträge zur Erforschung der Radioaktivität leisteten.²⁸⁹

Die Auszeichnung ihrer Tochter Irène mit dem Nobelpreis für Chemie, den diese 1935 gemeinsam mit ihrem Ehemann "in Anerkennung ihrer Synthese neuer radioaktiver Elemente" erhielt, erlebte Marie Curie nicht mehr. Sie starb am 4. Juli 1934 im Sanatorium Sancellemoz bei Passy (Hochsavoyen) an einer "aplastischen perniziösen Anämie", die vermutlich auf ihren langjährigen Umgang mit radioaktiven Elementen zurückzuführen ist. Dieser Auffassung war Claude Regaud, Professor am Radium-Institut Paris, der schrieb, dass man sie zu den Opfern des Radiums zählen könne.²⁹⁰

2. Würdigung und Rezeption

Marie Curies wissenschaftliche Arbeit wurde mit zahlreichen Wissenschaftspreisen und -medaillen gewürdigt. Darunter befanden sich der *Actonian Prize* der Royal Institution of Great Britain (1907), der *Ellen Richards Prize* der American Association to Aid Scientific Research by Woman (1921), der *Grand Prix du Marquis d'Argenteuil* der Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1923) und der *Cameron Prize* der Universität Edinburgh (1931). Sie ist bislang die einzige Frau, der zwei Nobelpreise

verliehen wurden. Sie war Mitglied und Ehrenmitglied einer Vielzahl von wissenschaftlichen Gesellschaften und erhielt Ehrendoktorate von Universitäten auf der ganzen Welt, deren Auflistung in Ève Curies 1937 veröffentlichten Biografie über ihre Mutter fünf Seiten umfasst.²⁹¹



Marie Skłodowska-Curie (1934). Gemeinfreiheit.

Zu Ehren von Marie und Pierre Curie sind die Bezeichnungen des chemischen Elements Curium und der Einheit Curie gewählt worden, das Curie ist eine Maßeinheit für die Aktivität eines radioaktiven Stoffes. Die Universität Pierre und Marie Curie in Paris, die Maria-Curie-Skłodowska-Universität in Lublin und die

²⁸⁹ Ève Curie, *op.cit.*, S. 354 und 486.

²⁹⁰ *Ibidem*, S. 372.

²⁹¹ Nanny Fröman, *Marie and Pierre Curie and the Discovery of Polonium and Radium*. Artikel bei nobelprize.org; Eve Curie, *Madame Curie*, S. 376–381.

Curie Metropolitan High School in Chicago sowie etliche Schulen, beispielsweise in Deutschland, tragen Marie Curies Namen. Unter der Bezeichnung "Marie-Curie-Programm" (seit 2007 „Marie Curie Actions“) fördert die Europäische Union in mehreren Forschungsausbildungs- und Mobilitätsprogrammen Nachwuchswissenschaftler.²⁹²

Das *Radium-Institut Paris* und die *Curie-Stiftung* schlossen sich 1970 zum *Institut Curie* zusammen, das sich im Sinne Marie Curies der Forschung, Lehre und Krebsbehandlung verschrieben hat. 1992 wurde das ehemalige Labor Marie Curies als *Curie Museum* der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Es dient zugleich als Archiv. Die *Association Curie et Joliot-Curie* pflegt den Nachlass der Curie-Familie. Anlässlich des 75. Jahrestages der Gründung der *Curie-Stiftung* wurden 1995 die sterblichen Überreste von Marie und Pierre Curie in das Pariser Panthéon überführt.²⁹³

Aufgrund ihrer Biografie wurde Marie Curie noch zu ihren Lebzeiten von der polnischen Frauenbewegung für deren Ziele vereinnahmt. Marie Curie engagierte sich jedoch nicht für diese Bewegung und setzte sich nicht für deren Ziele ein.²⁹⁴

Marie Curies Bild in der Öffentlichkeit wurde lange Zeit maßgeblich durch die von ihrer Tochter Eve verfasste überhöhte biografische Darstellung bestimmt. Eve Curie stellte eine Frau dar, die sich ganz der Wissenschaft gewidmet hatte und der persönliche Niederlagen nichts

anhaben konnten. Die Ablehnung der Aufnahme Marie Curies in die französische Akademie der Wissenschaften und die „Langevin-Affäre“ wurden beispielsweise nur beiläufig erwähnt. Die in der Französischen Nationalbibliothek (*Bibliothèque nationale de France*) aufbewahrten Tagebücher, die Marie Curie nach dem Tod ihres Mannes begonnen hatte, wurden der Forschung erst 1990 zugänglich. Susan Quinn konnte bei ihren siebenjährigen Recherchen für ihr Buch *Marie Curie. Eine Biographie* bisher unzugängliche Dokumente über die „Langevin-Affäre“ auswerten und so ein sehr differenziertes Bild der Persönlichkeit Marie Curies zeichnen.²⁹⁵

Die Universität Hamburg zog 1985 in ihrem Begleitheft zur Ausstellung *Frauen in den Naturwissenschaften* das folgende Fazit: "Marie Curie ist wegen der von ihr erhaltenen Nobelpreise in Physik (1903, gemeinsam mit Pierre Curie und Becquerel) und Chemie (1911) die wohl bekannteste Physikerin. Weniger bekannt pflegen die Schwierigkeiten zu sein, auf die sie stieß: sie wurde nicht zum Studium an der Warschauer Universität zugelassen, verdiente das Geld für ihre ersten Forschungen als Mädchenschullehrerin, und noch 1911 (!) wurde ihr die Aufnahme in die französische Akademie der Wissenschaften verweigert. Ähnlich unbekannt scheint auch ihr Engagement beim Völkerbund zu sein: Von 1922 bis 1934 war sie Vizepräsidentin der internationalen Kommission für geistige Zusammenarbeit beim Völkerbund. Auch die Möglichkeiten einer medizinischen Nut-

292 www.kowi.de, Koordinierungsstelle EG der Wissenschaftsorganisationen Marie Curie.

293 www.curie.fr, *History of the Institut Curie*.

294 Natalie Stegmann, *Marie Curie: Eine Naturwissenschaftlerin im Dickicht historischer Möglichkeiten*, [in:] Bea Lundt, Bärbel Völkel (Hrsg.), *Outfit und Coming-out: Geschlechterwelten zwischen Mode, Labor und Strich*, LIT Verlag, Berlin-Hamburg-Münster 2007, S. 37, ISBN 3-8258-0491-7.

295 Susan Quinn, *op.cit.*, S. 9; Natalie Stegmann, *op.cit.*, S. 37.



Wandmalerei an der Wand der Öffentlichen Bibliothek auf der Lipowa Strasse in Warschau, die Maria Skłodowska - Curie schaut. Der Text lautet: "Ich bin in Warschau geboren. Maria Skłodowska - Curie. Warschauerin, Jahr 1867. Öffentliche Auftreten begann sie mit Worten: "Ich bin in Warschau geboren..." Die einzige dopelte Nobelpreisträgerin. Sie entdeckte Radium und Polonium, davon sie vor 100 Jahren - 1911 - Nobelpres bekam. Author: Künstler aus Good Looking Studio. Foto: Patryk Korzeniecki (2011). Lizenz: CC BY-3.0

zung ihrer Entdeckungen interessierten sie stark".²⁹⁶

3. Schriften (Auswahl)

3.1 Bücher

Recherches sur les substances radioactives, Gauthier-Villars, Paris 1903, online (deutsche Ausgabe: *Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen*, Vieweg und Sohn, Braunschweig 1903, übersetzt von Walter Kaufmann online).

Traité de Radioactivité, 2 Bände, Gauthier-Villars, Paris 1910 (deutsche Ausgabe: *Die Radioaktivität*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1911-1912, übersetzt von B. Finkelstein).

La Radiologie et la Guerre, Félix Alcan, Paris 1921, online.

Pierre Curie, ins Englische übersetzt von Charlotte und Vernon Kellogg, Macmillan Co.,

New York 1923, Französische Ausgabe online.

L'Isotopie et les éléments isotopes, Albert Blanchard, Paris 1924.

Les rayons α , β , γ des corps radioactifs en relation avec la structure nucléaire, Hermann & Cie, Paris 1933; online.

Radioactivité, Hermann & Cie, Paris 1935.

Iréne Joliot-Curie (Hrsg.), *Prace Marii Skłodowskiej-Curie*, PWN, Warschau 1954 (Werke in Polnisch und Französisch).

Autobiografia, PWN, Warschau 1959 (deutsche Ausgabe: *Selbstbiographie*, B. G. Teubner, Leipzig, 1962).

3.2 Zeitschriftenaufsätze

Propriétés magnétiques des aciers trempés, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1897, Band 125, S. 1165, online.

Propriétés magnétiques des aciers trempés, "Bulletin de la Societe d'Encouragement pour

²⁹⁶ Frauen in den Naturwissenschaften, Hamburg 1985, PDF-Online.

- l'Industrie Nationale", Januar 1898, 5th Series, Vol. 3, S. 36.
- Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1898, Band 126, S. 1101, online.
- Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1898, Band 127, S. 175, online – mit Pierre Curie über Entdeckung von Polonium.
- Sur une nouvelle substance fortement radio-active contenue dans la pechblende*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1898, Band 127, S. 1215, online – mit Pierre Curie und Gustave Bémont, vorgetragen von Henri Becquerel über Entdeckung von Radium.
- Sur la radio-activité provoquée par les rayons de Becquerel*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1899, Band 129, S. 714, online.
- Effets chimiques produits par les rayons de Becquerel*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1899, Band 129, S. 823, online.
- Sur la charge électrique des rayons déviables du radium*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1900, Band 130, S. 647, online.
- Les nouvelles substances radioactives et les rayons qu'elles émettent*, [in:] *Rapports présentés au congrès International de Physique réuni à Paris en 1900 sous les auspices de La Société Française de Physique*, Band 3, Gauthier-Villars, Paris 1900, S. 79 – mit Pierre Curie.
- Sur les corps radioactifs*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1902, Band 134, S. 85, online.
- Sur le poids atomique du radium*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1902, Band 135, S. 161, online – vorgetragen von Eleuthère Mascart (über Atomgewicht von Radium 225 +/- 1).
- Sur la diminution de la radioactivité du polonium avec le temps*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1906, Band 142, S. 273, online – vorgetragen von Pierre Curie (über Halbwertszeit von Polonium).
- Sur le poids atomique du radium*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1907, Band 145, S. 422, online (über Atomgewicht von Radium 226,45).
- Action de la pesanteur sur le dépôt de la radioactivité induite*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1907, Band 145, S. 477, online.
- Action de l'émanation du radium sur les solutions de sels de cuivre*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1908, Band 147, S. 345 online – mit Ellen Gleditsch.
- Sur le radium métallique*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1910, Band 151, S. 523, online – mit André-Louis Debierne über metallisches Radium.
- The radiation of radium at the temperature of liquid hydrogen*, [in:] *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Band 15 II, S. 1406, Amsterdam 1913, online – mit Heike Kamerlingh Onnes.
- Sur la vie moyenne de l'ionium*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1930, Band 190, S. 1289, online – mit Sonia Cotelte.
- Sur une relation entre la constante de désintégration des radioéléments émettant des rayons et leur capacité de filiation*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1930, Band 191, S. 326, online – mit Georges Fournier.
- Sur la relation entre l'émission de rayons de long parcours et de rayons*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1930, Band 191, S. 1055, online.
- Spectre magnétique des rayons du dépôt actif de l'actinon*, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sci-

ences" 1931, Band 193, S. 33, online – mit Salomon Aminyu Rosenblum.

Sur la structure fine du spectre magnétique des rayons du radioactinium, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1932, Band 194, S. 1232, online – mit Salomon Aminyu Rosenblum.

Sur la structure fine du spectre magnétique des rayons du radioactinium et de ses dérivés, "Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences" 1933, Band 196, S. 1598, online – mit Salomon Aminyu Rosenblum.

4. Literatur

- Adloff P., Lieser K., Stöcklin G. (Hrsg.), *100 Years after the Discovery of Radiochemistry*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 1996, ISBN 3-486-64252-9.
- Christophe Charle, Eva Telkes, *Les professeurs de la faculté des sciences de Paris. Dictionnaire biographique 1901–1939*, INRP, Paris 1989, ISBN 2-222-04336-0.
- Curie Eve, *Madame Curie*, William Heine-
mann Ltd, London-Toronto 1947 online.
- Curie-Skłodowska Marie, *Selbstbiographie*, Nachdruck der ersten Auflage, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1962.
- Czarniawska Barbara, Sevón Guje, *The Thin End of the Wedge: Foreign Women Professors as Double Strangers in Academia*, [in:] *Gender, Work & Organization*, Band 15, Nr. 3, S. 235, 2008, online PDF.
- Giroud Françoise, „Die Menschheit braucht auch Träumer“ Marie Curie, Econ & List Taschenbuchverlag, München 1999, ISBN 3-612-26602-0.
- Ksoll Peter, Vögtle Fritz, *Marie Curie*, Rowohlt 1988.
- Hittmair Otto, *Ernest Rutherford und das Wiener Radiuminstitut: Ein Kommentar zu einem Briefwechsel, wesentlich Marie Curie betreffend, mit dem Institutsdirektor Stefan Meyer*, [in:] *Sitzungsberichte und Anzeiger der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, Abteilung II: Mathematische, Physikalische und Technische Wissenschaften*, Band 211, 2002, S. 175, online.
- Lewicki Ann M., *Marie Skłodowska Curie in America*, "Radiology" 2002, Band 223, S. 299, online.
- Mladenović Milorad, *The History of Early Nuclear Physics (1896–1931)*, World Scientific, 1992, ISBN 981-02-0807-3.
- Quinn Susan, *Marie Curie. Eine Biographie*, Insel-Verlag, Frankfurt/M 1999, ISBN 3-458-16942-3.
- Rockwell Sara, *The Life and Legacy of Marie Curie*, "Yale Journal of Biology and Medicine" 2003, Band 76, S. 167, Online PDF.
- Stegmann Natalie, *Marie Curie: Eine Naturwissenschaftlerin im Dickicht historischer Möglichkeiten*, [in:] Bea Lundt, Bärbel Völkel (Hrsg.), *Outfit und Coming-out: Geschlechterwelten zwischen Mode, Labor und Strich*, LIT Verlag, Berlin-Hamburg-Münster 2007, S. 37, ISBN 3-8258-0491-7.
- Ziegler Gilette (Hrsg.), *Correspondance: Choix de lettres (1905–1934)*, Éditeurs français réunis, Paris 1974.

PIERRE CURIE

Pierre Curie (* 15. Mai 1859 in Paris; † 19. April 1906 ebenda) - französischer Physiker und Nobelpreisträger.

1. Leben

Pierre Curie wurde als zweiter Sohn des Arztes Eugène Curie und der Fabrikantentochter Sophie-Claire Depouilly in



Pierre Curie. Gemeinfreiheit.

Paris geboren. Er wurde durch Privatlehrer unterrichtet, legte bereits mit 16 Jahren das Abitur ab. Mit 19 Jahren erwarb er einen Universitätsabschluss in Physik. In der Folge wurde Curie zum Lehrer an der Schule für Physik und Chemie in Paris berufen, deren Leitung er 1882 übernahm. Er schloss 1895 seine Promotion ab und wurde zum Professor ernannt. 1900 wurde Curie Repetitor an der École polytechnique.

Am 26. Juli 1895 heiratete er die polnische Physikerin Maria Curie - Skłodowska, mit der er zwei Töchter hatte: Irène Joliot-Curie und Ève Curie. Er starb am 19. April 1906 in Paris bei einem Verkehrsunfall, als unter eine Droschke geriet.

2. Leistungen

In seinen frühen Studien über die Kristallographie, die er mit seinem älteren Bruder Jacques Curie durchführte, entdeckte er 1880 die Piezoelektrizität. Weitere Arbeiten zur Symmetrie richteten seine Aufmerksamkeit auf Gebiet des Magnetismus und Entdeckungen der nach ihm benannten Curie-Temperatur, Curie-Gesetz und Curie-Konstante.²⁹⁷

Zusammen mit seiner Frau Marie entdeckte er 1898 das Radium und das Polonium als Spaltprodukte der Pechblende. Im Jahre 1903 erhielt er gemeinsam mit seiner Frau Marie Curie eine Hälfte des Nobelpreises für Physik *als Anerkennung des außerordentlichen Verdienstes, das sie sich durch ihre gemeinsamen Arbeiten über die von H. Becquerel entdeckten Strahlungsphänomene erworben haben*, die zweite Hälfte des Preises ging an Henri Becquerel.



Pierre und Marie Curie in ihrem Laboratorium Gemeinfreiheit.

3. Schriften (Auswahl)

- Marie und Pierre Curie, *Die neuen radioaktiven Substanzen und ihre Strahlung*, 1900.
- Marie und Pierre Curie, *Über die radioaktiven Körper*, 1901.
- Pierre Curie und Henri Becquerel, *Physiologische Wirkungen der Radiumstrahlen*, 1901.

- Pierre Curie, *Über das absolute Zeitmaß*, 1902.
- *Oeuvres de Pierre Curie*, 1908 online.

4. Auszeichnungen

- Davy-Medaille, Royal Society, 1903.
- Nobelpreis für Physik, 1903.
- Wahl in die Akademie der Wissenschaften, 1905.
- Das chemische Element mit der Ordnungszahl 96 wurde ihm zu Ehren Curium genannt.
- 1995 wurden die sterblichen Überreste von Pierre und Marie Curie ins Panthéon überführt.

5. Literatur

- Curie Eve, *Madame Curie*, Wien 1937, ISBN 3-596-22243-5.
- Jacobi Manfred, *Pierre Curie - ein Leben für die Forschung*, "Physik in unserer Zeit" 2006, 37 (3), ISSN 0031-9252.

POLONIUM

Polonium - ein radioaktives chemisches Element mit dem Elementsymbol "Po" und der Ordnungszahl 84. Im Periodensystem steht es in der 6. Hauptgruppe, wird also den Chalkogenen zugeordnet.²⁹⁸

1. Geschichte

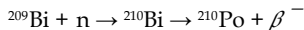
Polonium wurde 1898 vom Ehepaar Pierre und Marie Curie entdeckt. Zu Ehren von Marie Curies Heimat Polen nannten sie es Polonium (vom lateinischen Wort „Polonia“). Marie Curie verzichtete auf die Patentierung des Gewinnungsverfahrens, damit die Erforschung dieses Elements ungehindert weitergehen konnte. Für die Entdeckung und Beschreibung von Polonium (zusammen mit Radium) erhielt Marie Curie 1911 den Nobelpreis für Chemie.

2006 starb der ehemalige KGB-Agent und spätere Putin-Kritiker Alexander Walterowitsch Litwinenko an den Folgen einer durch Polonium-210 verursachten Strahlenkrankheit. Das Polonium war ihm vermutlich über kontaminierten Tee verabreicht worden.²⁹⁹

2. Gewinnung und Herstellung

Poloniumisotope sind Zwischenprodukte der Thorium-Reihe und der Uran-Radium-Reihe, wobei letztere das häufigste Isotop ^{210}Po produziert. Polonium kann daher bei der Aufarbeitung von Pechblende gewonnen werden (1000 Tonnen Uranpechblende enthalten etwa 0,03 Gramm Polonium. Dabei reichert es sich zusammen mit Bismut an. Von diesem Element kann man es anschließend mittels fraktionierter Fällung der Sulfide (Poloniumsulfid ist schwerer löslich als Bismutsulfid) trennen.³⁰⁰

Heutzutage erfolgt die Herstellung von Polonium jedoch im Kernreaktor durch Neutronenbeschuss von Bismut:



Die Halbwertszeit $t_{1/2}$ für den Betazerfall von ^{210}Bi liegt bei 5,01 Tagen. Durch Destillation werden die beiden Elemente anschließend getrennt (Siedepunkt von Polonium: 962 °C; Siedepunkt von Bismut: 1564 °C). Eine andere Methode ist die Extraktion mit Hydroxidschmelzen bei Temperaturen um 400 °C.

²⁹⁸ www.lenntech.de, *Periodensystem der Elemente*.

²⁹⁹ Olivier Reiser, *Polonium-210 - In tödlicher Mission*, www.chemie-im-alltag.de.

³⁰⁰ Arnold F. Holleman, Nils Wiberg, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 102. Auflage, de Gruyter, Berlin 2007, ISBN 978-3-11-017770-1, S. 617.

Die Weltjahresproduktion beträgt ca. 100 g.³⁰¹

3. Eigenschaften

Polonium ist ein silberweiß glänzendes Metall. Als einziges Metall weist die α -Modifikation eine kubisch-primitive Kristallstruktur auf. Dabei sind nur die Ecken eines Würfels mit Polonium-Atomen besetzt. Diese Kristallstruktur findet man sonst nur noch bei den Hochdruckmodifikationen von Phosphor und Antimon.

Die chemischen Eigenschaften sind vergleichbar mit denen seines linken Perioden-Nachbarn Bismut. Es ist metallisch leitend und steht bezüglich seiner Redox-Edelheit zwischen Rhodium und Silber.

Polonium löst sich in Säuren wie Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure unter Bildung des rosaroten Po^{2+} -Ions. Po^{2+} -Ionen in wässrigen Lösungen werden langsam zu gelben Po^{4+} -Ionen oxidiert, da durch die Alphastrahlung des Poloniums im Wasser oxidierende Verbindungen gebildet werden.³⁰²

4. Isotope

Bekannt sind die Polonium-Isotope ^{190}Po bis $^{218}\text{Po}^{303}$, welche ausnahmslos radioaktiv sind. Die Halbwertszeiten sind recht unterschiedlich und reichen von etwa $3 \cdot 10^{-7}$ Sekunden für ^{212}Po bis zu 103 Jahren für ^{209}Po .

Das wichtigste, natürlich vorkommende Isotop ^{210}Po hat eine Halbwertszeit von 138 Tagen und zerfällt unter Aussendung

von Alpha-Strahlung in das Blei-Isotop ^{206}Pb . Wegen dieser geringen Halbwertszeit erfolgt aber die Gewinnung des industriell genutzten ^{210}Po überwiegend in Kernkraftwerken.

5. Radiotoxikologische Bedeutung

Die größte Gefährdung stellt Polonium als Zerfallsprodukt des radioaktiven Edelgases Radon dar. Radon in der Atemluft erhöht das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Die eigentliche Ursache ist nicht Radon, sondern die Inhalation der kurzelebigen Radonzerfallsprodukte, die sich im Gegensatz zum gasförmigen Radon im Atemtrakt anreichern. Die unter den Zerfallsprodukten befindlichen Poloniumisotope ^{210}Po , ^{212}Po , ^{214}Po , ^{216}Po und ^{218}Po haben die größte radiologische Wirkung, weil sie Alphateilchen aussenden.

Während Alpha-Strahlung etwa bei äußerer Einwirkung bereits von der obersten Hautschicht aus abgestorbenen Zellen abgeschirmt wird, wirkt sie auf den Menschen stark schädigend, wenn Alphastrahler in den Körper gelangen.

Über den Blutstrom verteilt sich das Polonium im Körpergewebe. Die zerstörerische Wirkung macht sich als Strahlenkrankheit zunächst an Zellen bemerkbar, die sich häufig teilen (z.B. Darmepithelien, Knochenmark). Zu den typischen Symptomen gehören neben Alopezie und allgemeiner Schwäche auch Diarrhö, Anämie sowie Blutungen

301 www.osti.gov, *Information Bridge: DOE Scientific and Technical Information*; www.freepatentsonline.com, *Apparatus for extraction of polonium*; Q&A: Polonium 210. www.rsc.org.

302 Arnold F. Holleman, Nils Wiberg, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, Berlin 2007, S. 620.

303 <http://atom.kaeri.re.kr/cgi-bin/nuclide?nuc=Po> Polonium Daten bei KAERI (Einem koreanischen Kernforschungsinstitut).

aus Nase, Mund, Zahnfleisch und Rektum.

Polonium wird vom menschlichen Körper mit einer biologischen Halbwertszeit von ca. 50 Tagen ausgeschieden, so dass alle wichtigen Isotope vollständig oder zu einem signifikanten Anteil im menschlichen Körper zerfallen. Darüber hinaus sind Inkorporationen von außen nur schwer zu entdecken und eine Diagnose schwierig, da kaum Gammastrahlung emittiert wird. Reste und Zerfallsprodukte finden sich größtenteils im Kot sowie zu rund 10% im Urin.³⁰⁴

Einer speziellen Polonium-Exposition sind Raucher ausgesetzt. Als mögliche Quellen kommen sowohl die im Tabakanbau eingesetzten Phosphatdüngemittel als auch eine Adsorption atmosphärischer Einträge durch die Tabakpflanzen in Frage. Die Anteile der Teer-Kanzerogene und der radioaktiven Exposition am Prozess der Krebsentstehung werden kontrovers diskutiert.³⁰⁵

6. Verwendung

Polonium wird in Verbindung mit Beryllium in transportablen Neutronenquellen benutzt. Dabei wird die Kernreaktion ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$ zur Erzeugung freier Neutronen genutzt.³⁰⁶

In manchen industriellen Ionisatoren wird ${}^{210}\text{Po}$ eingesetzt, z. B. in Anlagen, in denen Papier, Textil oder synthetische Materialien gerollt werden, oder wenn optische Linsen von statischen Aufladungen befreit werden sollen.

Die Zündstifte der Firestone-Zündkerzen enthielten um 1940 in den USA das radioaktive Schwermetall. Es sollte die Luft ionisieren und damit die Dauer des Zündfunken verlängern.

${}^{210}\text{Po}$ entwickelt 140 Watt Wärme pro Gramm, weshalb es historisch auch in kurzlebigen Radionuklidbatterien eingesetzt wurde, wie z. B. in frühen Satelliten. Die Wärmeleistung genügt, um einen Poloniumkörper zum Schmelzen zu bringen. Heute kommen i. A. nur noch langlebigere Isotope anderer Elemente zum Einsatz.³⁰⁷

Auch in Kernwaffen wurde Polonium als Neutronenquelle eingesetzt. So wurden zum Beispiel in den amerikanischen Atombomben *Little Boy* und *Fat Man*, die auf Hiroshima und Nagasaki abgeworfen wurden, Initiatoren aus Polonium und Beryllium zum Start der Kettenreaktion verwendet.

7. Verbindungen

7.1 Sauerstoffverbindungen

Poloniumdioxid, $(\text{PoO}_2)_x$, ist wie das Oxid des Gruppennachbarn Tellur (Tellurdioxid, $(\text{TeO}_2)_x$) eine ionische Verbindung, die in einer gelben und einer roten Modifikation auftritt. Weiterhin kennt man Poloniumtrioxid (PoO_3) .

7.2 Sulfide

Schwarzes Poloniumsulfid (PoS) erhält man durch Fällung von in Säure gelöstem Polonium mit Schwefelwasserstoff.

³⁰⁴ hpschapters.org, *Gefahrenhinweise zu Polonium 210*, PDF online.

³⁰⁵ *Warum Tabak radioaktiv ist Ein Rauch wie 250 Röntgenaufnahmen – pro Jahr*-Panorama-sueddeutsche.de; web.archive.org, *Rauchen und Umwelt*.

³⁰⁶ www.welt.de, *Wie tödliches Polonium im Reaktor entsteht* 28.11.2006.

³⁰⁷ www.spiegel.de, *Polonium der strahlende Killer*; www.ohio.doe.gov, *Ausführlicher Bericht über Gewinnung und frühe Verwendung von Polonium (und anderen Elementen)*, PDF online; Petrijanow-Sokolow (Hrsg.), *Bausteine der Erde*, Bd. 4, Verlag Mir Moskau, Urania Verlag Leipzig 1977, S. 15.

7.3 Wasserstoffverbindungen

Poloniumwasserstoff (H_2Po) ist eine bei Raumtemperatur flüssige Wasserstoff-Verbindung, von der sich zahlreiche Polonide ableiten lassen.

7.4 Halogenide

Poloniumhalogenide kennt man mit den Summenformeln PoX_2 , PoX_4 und PoX_6 . Zu nennen sind Poloniumdifluorid, Poloniumdichlorid (rubinrot), Poloniumdibromid (purpurbraun) und Poloniumtetrafluorid, hellgelbes Poloniumtetra-

chlorid, rotes Poloniumtetrabromid, schwarzes Poloniumtetraiodid sowie das weiße, leicht flüchtige Poloniumhexafluorid.

8. Literatur

Binder Harry H., *Lexikon der chemischen Elemente*, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1999, ISBN 3-7776-0736-3.

Chamberlin Adam C. u.a., *Consistent van der Waals Radii for the Whole Main Group*, "The Journal of Physical Chemistry A" 2009, Nr. 113, s. 5806.

RADIUM

Radium (lat. *radius* - ‚Strahl‘, wegen seiner Radioaktivität, wie auch Radon) - ein chemisches Element mit dem Elementsymbol "Ra" und der Ordnungszahl 88. Im Periodensystem steht es in der 2. Hauptgruppe und zählt damit zu den Erdalkalimetallen.

1. Geschichte

Radium wurde am 21. Dezember 1898 in Frankreich von der polnischen Physikerin Marie Curie und ihrem Ehemann, dem französischen Physiker Pierre Curie, in der Joachimsthaler Pechblende entdeckt. Wegweisend war dabei der Befund, dass gereinigtes Uran (als Metallsalz) nur einen geringen Bruchteil der Radioaktivität des ursprünglichen Uranerzes aufwies. Stattdessen fand sich der größte Teil der Radioaktivität des Erzes in der Bariumsulfat-Fällung wieder. Für das abgetrennte Element wurde dann die ausgeprägte Strahlungseigenschaft zur Namensgebung herangezogen.

2. Gefährlichkeit von Radium für Menschen

Radiumverbindungen galten zunächst als relativ harmlos oder gar gesundheitsför-

dernd und wurden in den Vereinigten Staaten und Europa als Medikament gegen eine Vielzahl von Leiden beworben (z. B. als Krebsmittel) oder als Zusatz in Produkten verarbeitet, die im Dunkeln leuchteten. Die Verarbeitung geschah ohne jegliche Schutzvorkehrungen. Noch bis Mitte der 1930er Jahre wurden Kosmetika und Genussmittel beworben, die Radium enthielten.³⁰⁸

Nach der Gründung des Radiumbades Sankt Joachimsthal in Böhmen 1906 kam es unmittelbar vor dem Ersten Weltkrieg aufgrund einer vermuteten Heilwirkung von Radium zu einem Aufblühen der Radiumbäder in Deutschland. Während bereits vor dem Krieg Bad Kreuznach damit warb, stärkstes Radiumsolbad zu sein, waren es nach dem Krieg neben St. Joachimsthal, Oberschlema (Bad Schlema) vor allem Bad Brambach. Letztere beiden Orte behaupteten von sich, stärkstes Radium- bzw. Radiummineralbad der Welt zu sein. Wobei zu beachten ist, dass in den Heilquellen vor allem Radon, Radium hingegen nur in geringen Spuren vorkam. Korrekterweise hätten sich diese Bäder „Radonbad“ nennen müssen.

In den 1920er Jahren erkannte man jedoch die gesundheitsschädliche Wirkung von Radium, als sehr viele der als "Radium

308 www.dissident-media.org, Les "pouvoirs miraculeux" de la radioactivité.

Girls" bezeichneten Zifferblattmalerinnen in Orange (New Jersey) durch die radioaktive Strahlung der selbstleuchtenden Zifferblatt-Farbe Krebsstumoren an Zunge und Lippen entwickelten, mit denen sie ihre Pinsel befeuchteten.³⁰⁹

Erstmals wurde die Gefährlichkeit von Radium für Menschen 1924 vom New Yorker Zahnarzt Theodor Blum beschrieben. Er veröffentlichte einen Artikel über das Krankheitsbild des sogenannten Radiumkiefers (engl. *radium jaw*). Er beobachtete diese Krankheit bei Patientinnen, die als Zifferblattmalerinnen mit Leuchtfarbe in Kontakt kamen. Er schrieb die Erkrankung zunächst der Giftigkeit des Phosphors zu. Harrison Martland, Pathologe in New Jersey, war es schließlich, der 1925 eine Studie begann, in deren Ergebnis die Ursache richtigerweise dem Radium zugeschrieben wurde.³¹⁰

1928 wurde mit Radium versetztes Wasser namens Radithor in kleinen Flaschen zum Trinken verkauft. Spätestens mit dem Tod des Stahlmagnaten Eben Byers im Jahre 1932, der von 1928 bis 1930 täglich zwei Flaschen *Radithor* zu sich nahm, stand unumstritten fest, dass Radium schwerste Gesundheitsschäden hervorrufen kann.

3. Vorkommen

Radium ist eines der seltensten natürlichen Elemente. Sein Anteil an der Erdkruste

beträgt etwa $7 \cdot 10^{-12}$ %. Es steht in einem natürlichen Zerfallsgleichgewicht mit Uran. Damit ist der Radiumgehalt des jeweiligen Gesteines proportional zu dessen Urangehalt (unter der Voraussetzung des Nicht-Stafffindens von Transportprozessen). Der Faktor (massebezogen) beträgt etwa $1/3.000.000$ (ca. $0,3$ g/t Schwermetall). Im radioaktiven Zerfall, dem es selbst unterliegt, ist es das Mutternuklid des Radons-222.

4. Eigenschaften

Als Metall ist es ein typisches Erdalkalimetall. Es ist weich und silberglänzend. Radium ist dem leichteren Gruppenhomologen Barium sehr ähnlich, jedoch noch unedler als dieses. Bei Kontakt mit Sauerstoff oxidiert es sehr rasch und reagiert heftig mit Wasser.

In wässriger Lösung liegt es stets positiv zweiwertig vor. Das zweiwertige Kation ist farblos. Wie Barium bildet es einige schwerlösliche Salze, so das Carbonat, Sulfat und Chromat. Andere Salze wie die Halogenide (das Fluorid ist nur mäßig löslich), Nitrat und Acetat sind leicht löslich. Die Salze geben der Bunsenflamme eine karminrote Färbung.

5. Isotope

Die Massenzahlen seiner Isotope reichen von 213 bis 230, ihre Halbwertszeiten liegen

³⁰⁹ B. Lambert, *Radiation: early warnings; late effects*. [in:] Harremoës, Poul u.a. (Hrsg.), *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, European Environment Agency, Kopenhagen 2001, S. 31.

³¹⁰ Zur ausführlichen Darstellung der Gefährlichkeit von Radium für Menschen vgl. die Darstellung von Rowland, R. E., *Radium in Humans – a Review of U. S. Studies*, Argonne (Illinois): Argonne National Laboratory, September 1994, S. 23; T. Blum, *Osteomyelitis of the Mandible and Maxilla*, "Journal of the American Dental Association" 1924, Band 11, S. 802; Erste größere Veröffentlichung des Forscherteams: H. S. Martland, *Some Unrecognized Dangers in the Use and Handling of Radioactive Substances*, "Proceedings of the New York Pathological Society" 1925, Band 25, S. 88; H. S. Martland und R. E. Humphries, *Osteogenic sarcoma in dial painters using luminous paint*, "Archives of Pathology" 1929, Band 7, S. 406; K. G. Hering u.a., *Das Strahlenrisiko bei Röntgenuntersuchungen des Thorax* Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK), "Pneumologie" 2001, Band 55 (2), S. 57.

zwischen etwa 182 Nanosekunden für ^{216}Ra und 1602 Jahren für ^{226}Ra . Da das Radium-Isotop ^{226}Ra in wägbaren Mengen gewonnen werden kann, ist es möglich, seine chemischen Eigenschaften recht gut zu studieren.

6. Verwendung

6.1 Radium in der Radio-Onkologie

Die Anwendung von geschlossenen Radiumkapseln war eine frühe Form der Bestrahlungstherapie bei Krebserkrankungen, z. B. des Gebärmutterhalses.

6.2 Radium und Uranbergbau

Da Radium über das Zerfallsgleichgewicht an das Uran gekoppelt ist, begleitet es dieses zwangsläufig in seinen Erzen, und wird bei den bergbaulichen Aktivitäten mit umgewälzt (aus dem geologischen Einschluss herausgelöst). Bei der Erzaufbereitung ist im Wesentlichen nur das Uran von Interesse (Yellowcake). Das Radium wird zum Bestandteil der Rückstandsfraktion und wird deponiert. Damit ist nicht im „verkauften“ Uran der größte Teil der Radioaktivität des ursprünglich geförderten Uranerzes enthalten, sondern in den Schlammdeponien der Erzaufbereitung.

Eine Beeinflussung der belebten Erdoberfläche („Umwelt“) ist gegeben einerseits über die vom Radium selbst ausgehende Strahlung (insbesondere Alphastrahlung), andererseits über seine Wirkung als Radonquelle. Auswirkungen dieser Art einzudämmen ist das Ziel von Sanierungsanstrengungen in Bergbaufolgelandschaften. In ehemaliger DDR wird Wismut GmbH in der Rekulti-

vierung der ehemaligen Bergbaulandschaften tätig.

6.3 Radium und stoffumwandelnde Industrien

Überall, wo große Mengen natürlicher heterogen zusammengesetzter Stoffgemische umgesetzt werden, wird über deren Spurengehalt von Uran und Radium auch „natürliche“ Radioaktivität mit verfrachtet. Dies trifft insbesondere für die Kohlen-Verfeuerung in Kraftwerken zu (Kohlelagerstätten als hydrogeologische Uran-Senken). Nicht zurückgehaltene Stäube verfrachten das Radium der Kohle anteilsweise in die Atmosphäre. Bei greifenden Rauchgasreinigungsmaßnahmen erscheint das Radium dann auch in den festen Rückständen, die zum Teil marktfähig sind. So ist wahrscheinlich in REA-Gipsen tendenziell mit höheren Radioaktivitäten zu rechnen als in Natur-Gipsen.

6.4 Radium und Physikunterricht

Zur Darstellung der Alphastrahlung sind Radiumpräparate im Handel, die unter Wahrung der Sicherheitsvorschriften in Nebelkammern eingesetzt werden können. Es stehen zwei Intensitäten (3,7 kBq und 60 kBq) zur Verfügung.

7. Sicherheitshinweise

Einstufungen nach der Gefahrstoffverordnung liegen nicht vor, weil diese nur die chemische Gefährlichkeit umfassen und eine völlig untergeordnete Rolle gegenüber den auf der Radioaktivität beruhenden Gefahren spielen. Auch Letzteres gilt nur, wenn es sich um eine dafür relevante Stoffmenge handelt.

8. Sonstiges

- In dem Film *Die Feuerzangenbowle* (1944) besteht einer der Streiche des Protagonisten darin, die benachbarten Schülerinnen zu einer angeblichen Vorführung von Radium einzuladen. Hierzu muss der Raum verdunkelt werden. In der Vorführung werden dann aber offenbar schlichte Wunderkerzen abgebrannt.
- In Wipperfürth gibt es die 1904 gegründete und heute noch bestehende Firma „Radium Lampenwerk GmbH“. Die

Gesellschaft ist seit 1988 eine 100-prozentige Tochter der OSRAM GmbH und damit Teil der Siemens AG.³¹¹

9. Literatur

- Binder Harry H., *Lexikon der chemischen Elemente*, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1999, ISBN 3-7776-0736-3.
- Chamberlin Adam C. u.a., *Consistent van der Waals Radii for the Whole Main Group*, "The Journal of Physical Chemistry A" 2009, Nr. 113, s. 5806.
- Earnshaw A., Greenwood N.N., *Chemie der Elemente*, 1. Aufl., 1988, S. 136, ISBN 3-527-26169-9.

311 Registergericht Köln HRB 37474.

IRÈNE JOLIOT-CURIE

Irène Joliot-Curie (* 12. September 1897 in Paris; † 17. März 1956 ebenda) - französische Physik- und Chemikerin polnischer Herkunft, die gemeinsam mit ihrem Ehemann Frédéric Joliot-Curie 1935 den Chemienobelpreis für die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität



Pierre, Irène und Marie Curie. Gemeinfreiheit.

erhielt. Sie war die Tochter von Marie Curie-Sklodowska und Pierre Curie, Schwester der Schriftstellerin Ève Curie, Mutter der Kernphysikerin Hélène Langevin-Joliot und des Biochemikers Pierre Joliot.

1. Leben

Irène Curie war die ältere Tochter der Nobelpreisträger Marie und Pierre Curie.

Als sie acht Jahre alt war, starb ihr Vater. Sie wuchs deswegen unter der Obhut ihres Großvaters Eugène Curie auf, der vor allem ihre politischen Ansichten beeinflusste. Ihre Mutter Marie Curie organisierte zunächst zusammen mit befreundeten Wissenschaftlern eine Lernkooperative, in der sie ihre Kinder selbst unterrichteten. Unter anderem führte Marie Curie physikalische Experimente vor, und Paul Langevin lehrte Mathematik. Später besuchte Irène das Collège Sévigné.

Im Ersten Weltkrieg organisierte Marie Curie einen mobilen Röntgendienst für die Front. Zunächst half die damals 17-jährige Irène als Assistentin ihrer Mutter, bald leitete sie jedoch selbständig eine Röntgenstation im Militärkrankenhaus von Amiens. Daneben studierte sie Mathematik und Physik an der Universität von Paris und schloss 1920 beide Fächer mit Lizenziat ab. Nach dem Krieg wurde sie zunächst unbezahlte wissenschaftliche Mitarbeiterin im Radium-Institut ihrer Mutter, später erhielt sie dort einen Unterassistenten-Posten. Am Institut lernte sie auch einen Chemie-Laboranten namens Frédéric Joliot kennen, den sie anleiten sollte. Die beiden heirateten am 9. Oktober 1926. Frédéric holte sein Abitur nach, das er wegen des Krieges nicht hatte abschließen können, machte sein Lizenziat

und wurde 1930 promoviert. 1927 wurde als erstes Kind Hélène geboren, 1932 der Sohn Pierre.

Irène Joliot-Curie engagierte sich stark in der Politik. 1934 beteiligte sie sich erstmals zusammen mit ihrem Mann an einem Aktionskomitee antifaschistischer Intellektueller. Im Frühjahr 1936 gewann die Volksfront unter Léon Blum die Wahlen. Die Nobelpreisträgerin trat als Staatssekretärin für Wissenschaft und Forschung in die Regierung ein und gehörte damit zur ersten Gruppe von drei Frauen, die überhaupt jemals in Frankreich ins Kabinett berufen wurden – damals hatten Frauen in Frankreich noch nicht einmal das Wahlrecht. Irène Joliot-Curie blieb nur drei Monate auf dem Posten; es war ihr darum gegangen, ein Zeichen für die Frauenbewegung zu setzen.

1937 wurde sie auf eine Dozentenstelle an der Sorbonne berufen. Nach der Besetzung von Paris durch deutsche Truppen flüchtete das Ehepaar im Juni 1940 nach Clermont-Ferrand, kehrte aber wieder in die Hauptstadt zurück. In Paris spielte ihr Mann eine riskante Doppelrolle als Forscher am Collège de France und als Résistance-Kämpfer. Die Nobelpreisträgerin war bereits 1935 an Tuberkulose erkrankt; am 6. Juni 1944 reiste sie mit ihren Kindern in die Schweiz, um einen neuen Anfall von Tuberkulose behandeln zu lassen.

Am 18. Oktober 1945 wurde in Frankreich ein Kommissariat für Atomenergie (Commissariat à l'énergie atomique) gegründet, als dessen Hochkommissar Frédéric Joliot-Curie berufen wurde. Seine Frau wurde eine von drei Kommissaren. Weil sie sich weiterhin auch politisch in den Kommunisten nahestehenden Organisationen engagierte, wurde ihre Amtszeit

jedoch nicht verlängert. Zwischen 1951 und 1954 bewarb sie sich viermal um einen Sitz in der Akademie der Wissenschaften, um die frauenfeindliche Tradition dieser Institution anzuprangern. Sie wurde jedes Mal abgelehnt.

Irène Joliot-Curie starb 1956 an einer Leukämie, wahrscheinlich eine Folge ihres Umgangs mit großen Mengen Polonium und ihrer Arbeit im Röntgendienst während des Ersten Weltkriegs. Die Regierung ordnete ein Staatsbegräbnis an.³¹²

2. Werk

In ihrer Doktorarbeit am Radium-Institut (*Institut du Radium*) in Paris untersuchte Irène Curie die von Polonium emittierten Alphastrahlen; dieses radioaktive Element hatte ihre Mutter Marie Curie 1898 entdeckt (1903 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet). Dazu musste Irène Curie das Polonium aus zerstampften Radon-Ampullen, die zur Krebstherapie verwendet worden waren, herauslösen. Es gelang ihr, präzise die Ausgangsgeschwindigkeit der Alphateilchen zu vermessen, wozu sie unter anderem ein selbst entworfenes Gerät benutzte. 1925 wurde sie promoviert.

Seit 1928 experimentierten Irène und Frédéric Joliot-Curie gemeinsam. Dabei wiederholten sie 1931 ein Experiment, das zuerst Walther Bothe und Herbert Becker ausgeführt hatten: Mit Alpha-Teilchen aus einer starken Polonium-Quelle bestrahlten sie dünne Schichten verschiedener Materialien. Sofern diese Materialien Wasserstoff enthielten, entstand dabei eine neue Strahlung, die die beiden als herausgeschossene Wasserstoffkerne, also als Protonen, interpretierten – sie hatten knapp die Entdeckung des Neutrons verpasst. Das gelang erst dem engli-

312 www.fembio.org, Irène Joliot-Curie.

schen Physiker James Chadwick, als er die Experimente wiederholte. Er erhielt dafür 1935 den Physiknobelpreis.

1932 beobachtete das Forscherehepaar in einer Nebelkammer positiv geladene Elektronen, konnten dieses Ergebnis jedoch nicht einordnen und deutete es als Artefakt. Ihnen war nicht bekannt, dass der englische Physiker Paul Dirac bereits 1931 das Positron als Antiteilchen des negativ geladenen Elektrons vorhergesagt hatte – was viel über das damalige Verhältnis von Theoretikern und Experimentalphysikern sagt. 1933 revidierten sie die Interpretation ihres Experiments, aber da war ihnen bereits der US-Amerikaner Carl David Anderson zugekommen.

Ab 1933 gelang Irène und Frédéric Joliot-Curie die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität, für die sie 1935 mit dem Chemienobelpreis ausgezeichnet wurden. Von allen chemischen Elementen gibt es verschiedene Versionen – sogenannte Isotope – die sich nur in Masse des Atomkerns unterscheiden. Im Alltag sind die meisten chemischen Elemente stabil, weil die Halbwertszeiten ihrer radioaktiven Isotope so kurz sind, dass sie schon längst zerfallen sind. Marie Curie hatte die ersten beiden radioaktiven Elemente Polonium und Radium entdeckt. Irène und Frédéric Joliot-Curie fanden nun in mehreren Etappen heraus, dass sich radioaktive Isotope von chemischen Elementen auch künstlich herstellen lassen. Sie bestrahlten dazu Aluminiumfolie mit Alphateilchen, wobei sich ein stabiles Silizium-Isotop bildete. Sonderbarerweise wurde bei diesem Vorgang aber anscheinend gleichzeitig ein Neutron sowie ein Positron emittiert. Frédéric Joliot-Curie gelang am 11. Januar 1934 das entscheidende Experiment, mit dem er zeigen

konnte, dass in Wirklichkeit zwei Reaktionen schnell hintereinander abliefen: Zunächst wandelte sich Aluminium-27 unter



Irène Joliot-Curie (1935).
Gemeinfreiheit.

dem Beschuss mit Alphateilchen in das radioaktive Phosphor-30 um; dabei wurde ein Neutron emittiert. Unmittelbar danach zerfiel Phosphor-30 in Silizium-30 und stieß ein Positron aus (außerdem entsteht bei dieser Reaktion ein Neutrino, das bereits von Wolfgang Pauli vorhergesagt

worden war, aber erst 1956 beobachtet wurde).

Diesmal erfassten Frédéric und Irène Joliot-Curie sofort die Tragweite ihrer Entdeckung. Über das Wochenende erzeugten sie noch künstlich ein radioaktives Stickstoff-Isotop aus Bor sowie ein radioaktives Aluminium-Isotop aus Magnesium. Am 15. Januar 1934 präsentierten sie ihre Ergebnisse in der Akademie der Wissenschaften (*Académie des sciences*).

Die Bedeutung ihrer Entdeckung lässt sich kaum überbewerten: In Biologie werden radioaktive Isotope verwendet, um Stoffwechselwege aufzuklären; bereits 1935 untersuchten Otto Chiewitz und George von Hevesy den Phosphorstoffwechsel von Ratten mit Phosphor-32. In der Medizin dienen radioaktive Isotope zur Diagnose und Therapie, zum Beispiel verschiedene Iod-Isotope bei Schilddrüsenüberfunktion. In seiner Nobelpreisrede sagte Frédéric Joliot-Curie sogar schon „Transmutationen explosiver Art“ voraus, vielleicht eine erste Ahnung der

Kernspaltung. Der Chemienobelpreis von 1935 war bereits der dritte Nobelpreis in der Familie (1903 Physiknobelpreis an Pierre und Marie Curie, 1911 Chemienobelpreis an Marie Curie).³¹³

1937 hätte Irène Joliot-Curie in einem weiteren Experiment beinahe die Kernspaltung entdeckt. Zusammen mit dem serbischen Physiker Pavle Savić bestrahlte sie Uran mit Neutronen und registrierte ein neuartiges, radioaktives Element mit einer Halbwertszeit von dreieinhalb Stunden. Sie interpretierte es schließlich als Lanthan-Isotop und veröffentlichte ihre Beobachtungen im Juli 1938. Eine Berliner Arbeitsgruppe um Otto Hahn wollte das Ergebnis nicht glauben, weil sie das Isotop selbst nicht finden konnte. Hahn und sein junger Assistent Fritz Strassmann nahmen den Artikel jedoch ernst, wiederholten das Experiment und entdeckten in Folge dessen die Kernspaltung.

Irène Joliot-Curies Arbeit wurde durch den Zweiten Weltkrieg und eine Tuberkulose-Erkrankung unterbrochen. Nach dem Krieg sorgte sie noch dafür, dass der erste französische Beschleuniger, ein Synchrozyklotron für Protonen, in Orsay, 25 Kilometer südlich von Paris, gebaut wurde. 1950 wurde sie gemeinsam mit ihrem Ehemann korrespondierendes Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (*Akademie der Wissenschaften der DDR*).³¹⁴

3. Literatur

- Radvanyi Pierre, *Die Curies: eine Dynastie von Nobelpreisträgern*, Spektrum der Wissenschaft, Weinheim 2003, ISBN 3-936278-49-0.
- Seifert Sabine, *Ein Element des Erfolges, egal in welchem Beruf, ist die Lust am Handwerk*, [in:] Charlotte Kerner, *Nicht nur Madame Curie - Frauen, die den Nobelpreis bekamen*, Beltz Verlag, Weinheim und Basel 1999, ISBN 3-407-80862-3.

³¹³ nobelprize.org, "The Official Web Site of the Nobel Prize".

³¹⁴ Werner Hartkopf, *Die Berliner Akademie der Wissenschaften: ihre Mitglieder und Preisträger 1700 - 1990*, Akademie Verlag, Berlin 1992.

ÈVE CURIE

Ève Denise Curie Labouisse (* 6. Dezember 1904 in Paris; † 22. Oktober 2007 in New York City) - französische Schriftstellerin und Beraterin des Generalsekretärs der NATO.

1. Leben und Wirken

Ève Curie war die Tochter der Physiker Marie Curie und Pierre Curie und die Schwester von Irène Joliot-Curie. Nach dem Tod ihrer Mutter verfasste sie deren Biografie, in der sie Marie Curies Werdegang beschreibt. Das Buch wurde nach seinem Erscheinen im Herbst 1937 in zahlreiche Sprachen übersetzt und 1943 in Hollywood



Ève Curie (1921). Gemeinfreiheit.

als Madame Curie mit Greer Garson verfilmt. Ève Curie heiratete 1954 den amerikanischen Diplomaten Henry R. Labouisse, der langjähriger Exekutivdirektor des UN-Kinderhilfswerks UNICEF war. Sie starb am 22. Oktober 2007 in New York im Alter von 102 Jahren.³¹⁵



Ève Curie auf dem *Time*-Umschlag (1940). Gemeinfreiheit.

2. Veröffentlichungen

- *Madame Curie*, Gallimard, Paris 1938.
- *Madame Curie*, deutsche Übersetzung von Maria Giustiniani, Bermann-Fischer, Wien 1937.
- *Madame Curie, eine Biographie*, 24. Aufl., Fischer-Taschenbuch-Verlag, Frankfurt am Main 1999.

³¹⁵ Margalit Fox, *Eve Curie Labouisse, Mother's Biographer, Dies at 102*, "New York Times" 2007.10.25; www.wic.org, *Eve Curie Labouisse*.

RADIUM-INSTITUT WARSCHAU

Das Zentrum für Onkologie – Maria-Skłodowska-Curie-Institut Warschau ist ein onkologisches Institut mit Sitz in Warschau und eine Nachfolgeeinrichtung des auf Initiative von Maria Skłodowska-Curie im Jahre 1932 gegründeten Radium-Institutes in Warschau.

1. Allgemeine Informationen

Der Hauptsitz des Zentrums befindet sich in Warschau an der Roentgen-Straße und die Klinik in der Wawelska-Straße.³¹⁶

2. Geschichte

Das Institut wurde am 29. Mai 1932 auf die Initiative von Maria Skłodowska-Curie als Radium-Institut an der Wawelska-Straße in Warschau gegründet.

1951 wurde das Radium-Institut in Warschau (poln. *Institut Radowy w Warszawie*) auf die Verordnung des Ministerates mit dem Onkologie-Institut in Krakau (*Institut Onkologii w Krakowie*) und dem – seit 1947 bestehendem – Staatlichem Institut für Krebsbehandlung in Gliwice (*Państwowy Instytut Przeciwrakowy w Gliwicach*) in das Maria-

Skłodowska-Curie-Onkologie-Institut mit Hauptsitz in Warschau und Abtei-



Wandmalerei auf altem Radium-Institut Gebäude in Warschau in der Wawelskastrasse. Text lautet: "Meine herzlichste Wünsche ist Radium-Institut Warschau zu gegründet. Marie Skłodowska-Curie". Foto: Marcin Białek (2007). CC BY-SA 3.0

³¹⁶ www.coi.pl, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie.

lungen in Krakau und Gliwice zusammengeschlossen.

Dank Bemühungen des Nestors der polnischen Onkologie Professor Tadeusz Koszarowski wurde im Warschauer Stadtbezirk Ursynów eine große Neubauinvestition realisiert. Die ersten Räumlichkeiten wurden 1984 für die Benutzung freigegeben. Im denselben Jahr wurde das Onkologie-Institut in das Zentrum für Onkologie - Maria-

Skłodowska-Curie-Institut Warschau (poln. *Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie*) umbenannt.

Das Zentrum ist eine führende Institution der Onkologie in Polen.

3. Literatur

E. Towpik (Hrsg.), *Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie 1932–2002*. ISBN 83-88681-15-X.

Учёный в своей лаборатории не просто техник: он также ребёнок перед лицом явлений природы, воздействующих на него, как волшебная сказка.

Мария Склодовская-Кюри; Переведено по
Madame Curie: A Biography (1937) Евы Кюри-Лабуасс

СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ, МАРИЯ

Мария Склодовская-Кюри (фр. *Marie Curie*, польск. *Maria Skłodowska-Curie*; 7 ноября 1867, Варшава – 4 июля 1934, возле Сансельмоза) – французский учёный-экспериментатор (физик, химик), педагог,



Место рождения Марии Склодовской в Варшаве. Сейчас – музей Марии Кюри. фото: Memorino (2009). СС BY-3.0

общественный деятель польского происхождения. Дважды лауреат Нобелевской премии: по физике (1903) и химии (1911). Основала институты Кюри в Париже и в Варшаве. Жена Пьера Кюри, вместе с ним занималась исследованием радиоактивности.



Мария Склодовская-Кюри (1911). в общественном достоянии. Совместно с мужем открыла элементы радий (от лат. *radiāre* «излучать») и полоний (от латинского названия Польши *Polōnia*, – дань уважения родине Марии Склодовской).

1. Биография и научные достижения

Мария Склодовская родилась в Варшаве. Её детские годы были омрачены ранней потерей одной из сестёр и вскоре – матери. Ещё школьницей она отличалась необычайным прилежанием и трудолюбием. Мария стремилась вы-



Владислав Склодовский и его дочери Мария, Бронислава и Елена (1890). в общественном достоянии.

полнить работу самым тщательным образом, не допуская неточностей, часто за счёт сна и регулярного питания. Она занималась настолько интенсивно, что, окончив школу, вынуждена была сделать перерыв для поправки здоровья.

Мария стремилась продолжить образование, однако в Российской империи, в состав которой в то время входила Польша, возможности женщин получить высшее научное образование были ограничены. Сестры Склодовские — Мария и Бронислава договорились по очереди отработать несколько лет гувернантками, чтобы по очереди получить образование. Мария проработала несколько лет воспитателем-гувернанткой в то время, пока Бронислава училась в медицинском институте в Париже. Затем Мария



Мария Склодовская в свои 16 лет (1883). в общественном достоянии.

в возрасте 24 лет смогла поехать в Сорбонну, в Париж, где изучала химию и физику в то время, как Бронислава зарабатывала средства для обучения сестры.

Мария Склодовская стала первой в истории Сорбонны женщиной-преподавателем. в 1894 г. в доме одного польского физика-эмигранта Мария Склодовская встретила Пьера Кюри. Пьер был руководителем лаборатории при Муниципальной школе промышленной физики и химии. К тому времени он провёл важные исследования по физике кристаллов и зависимости магнитных свойств веществ от темпе-

ратуры. Мария занималась исследованием намагниченности стали, и её польский друг надеялся, что Пьер сможет предоставить Марии возможность поработать в своей лаборатории.



Мария Склодовская-Кюри (1898). в общественном достоянии.

Вместе они занялись исследованием аномальных лучей (рентгеновских), которые испускали соли урана. Не имея никакой лаборатории и работая в сарае на улице Ломон в Париже, с 1898 по 1902 годы они переработали 8 тонн руды урана и выделили одну сотую грамма нового вещества — радия. Позже был открыт полоний — элемент, названный в честь родины Марии Кюри. в 1903 году Мария и Пьер Кюри получили Нобелевскую премию по физике «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиации».



Карикатура на Марию и Пьера Кюри (1904 год). Автор: Julius Mendes Price. в общественном достоянии.

Будучи на церемонии награждения, супруги задумываются создать собственную лабораторию и даже институт радиоактивности. Их затея была воплощена в жизнь, но гораздо позже.

После трагической смерти мужа Пьера Кюри в 1906 году Мария Склодовская-Кюри

унаследовала его кафедру в Парижском университете.

В 1910 г. ей удалось в сотрудничестве с Андре Дебьерном выделить чистый металлический радий, а не его соединения, как бывало прежде. Таким образом, был завершён 12-летний цикл исследований, в результате которого было доказано, что радий является самостоятельным химическим элементом.

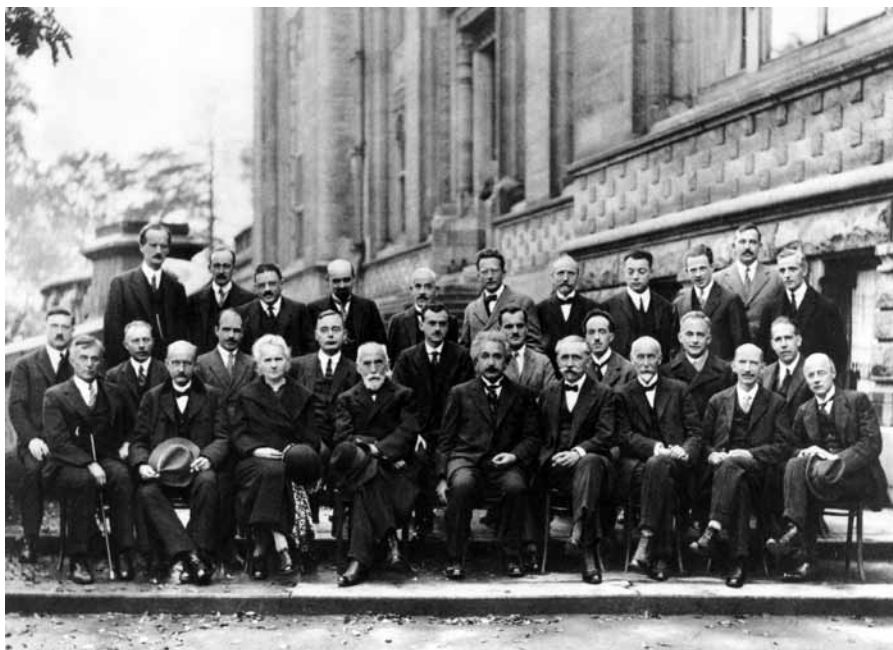
В конце 1910 г. кандидатура Склодовской-Кюри по настоянию ряда французских ученых была выдвинута на выборах во Французскую Академию Наук. До этого ни одна женщина не



Диплом Нобелевской премии Марии Склодовской-Кюри (1911 год). в общественном достоянии.

была избрана во Французскую Академию Наук, потому выдвижение сразу же привело к жестокой полемике между сторонниками и противниками её членства в этой консервативной организации. в результате нескольких месяцев оскорбительной полемики кандидатура Склодовской-Кюри была отвергнута на выборах с перевесом всего в 1 голос.

В 1911 г. Склодовская-Кюри получила Нобелевскую премию по химии «за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы



Сольвеевский конгресс 1927 года. фотоЕ. Benjamin Couprie. Биография и научные достижения.

и соединений этого замечательного элемента». Склодовская-Кюри стала первым (и на сегодняшний день единственной женщиной в мире) дважды лауреатом Нобелевской премии.

Незадолго до начала Первой мировой войны Парижский университет и Пастеровский институт учредили Радиевый институт для исследований радиоактивности. Склодовская-Кюри была назначена директором отделения фундаментальных исследований и медицинского применения радиоактивности. Сразу после начала активных боевых действий на фронтах Первой мировой войны Мария Склодовская-Кюри стала закупать на личные средства, оставшиеся от Нобелевской премии, рентгеновские переносные аппараты для просвечивания раненых. Пере-

движные рентгеновские пункты, приво-
дившиеся в действие динамо-машиной,
присоединенной к автомобильному мо-
тору, объезжали госпитали, помогая хи-
рургам проводить операции. На фронте
эти пункты прозвали «маленькими
Кюри». Во время войны она обучала во-
енных медиков применению радиологи-
гии, например, обнаружению с помо-
щью рентгеновских лучей шрапнели
в теле раненого. в прифронтовой зоне
Кюри помогала создавать радиологиче-
ские установки, снабжать пункты пер-
вой помощи переносными рентгенов-
скими аппаратами. Накопленный опыт
она обобщила в монографии «Радиоло-
гия и война» в 1920 г.

В последние годы своей жизни она
продолжала преподавать в Радиевом



Мария Кюри в лаборатории. в общественном достоянии.

институте, где руководила работами студентов и активно способствовала применению радиологии в медицине. Она написала биографию Пьера Кюри, которая была опубликована в 1923 г. Периодически Склодовская-Кюри совершала поездки в Польшу, которая в конце войны обрела независимость. Там она консультировала польских исследователей. в 1921 г. вместе с дочерью Склодовская-Кюри посетила США, чтобы принять в дар 1 г радия для продолжения опытов. Во время своего второго визита в США (1929) она получила пожертвование, на которое приобрела ещё грамм радия для терапевтического использования в одном из варшавских госпиталей. Но вследствие многолетней работы с радием её здоровье стало заметно ухудшаться.

Мария Склодовская-Кюри скончалась в 1934 г. от лейкемии. Её смерть является трагическим уроком — работая с радиоактивными веществами, она не предпринимала никаких мер предосторожности и даже носила на груди ампулу с радием как талисман. Похоронена рядом с Пьером Кюри в парижском Пантеоне.

Помимо двух Нобелевских премий, Склодовская-Кюри была удостоена:

- медали Бертелло Французской академии наук (1902),
- медали Дэви Лондонского королевского общества (1903)
- медали Эллиота Крессона Франклинского института (1909).

Она была членом 85 научных обществ всего мира, в том числе Француз-



Мария Склодовская-Кюри (1934). в общественном достоянии.



На фреске Публичной библиотеки на Липова-стрит в Варшаве изображена Мария Кюри. Надпись гласит: «Я родилась в Варшаве. Мария Склодовская-Кюри. Жительница Варшавы, родилась в 1867 году. Публичные выступления начинала со слов: „Я родилась в Варшаве...“. Единственная женщина в истории, дважды ставшая лауреатом Нобелевской премии. Она открыла элементы радия и полония, за что и была удостоена Нобелевской премии 100 лет назад, в 1911 году. Автор: художники из Good Looking Studio». фото: Patryk Korzeniecki (2011). CC BY-3.0

ской медицинской академии, получила 20 почётных степеней. с 1911 г. и до смерти Склодовская-Кюри принимала участие в престижных Сольвеевских конгрессах по физике, в течение 12 лет была сотрудником Международной комиссии по интеллектуальному сотрудничеству Лиги Наций.

2. Литература

Кюри Е. Мария Кюри. М., «Молодая гвардия», 1959.

Коттон Э. Семья Кюри и радиоактивность. М., 1964.

Иоффе А. Ф. Мария Склодовская-Кюри // О физике и физиках. — Л.: «Наука», 1977.

Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия. Пер. с англ.- М.: Прогресс, 1992.

Склодовская-Кюри (ru) // Т.В.Розе Энциклопедия необходимых знаний. Книга 3 : энциклопедия. — ОЛМА-ПРЕСС, 2002. — С. 429. — ISBN 5-224-03604-6.

Жолио-Кюри, Ирен (ru) // Кто есть кто в мире: 1500 имён : библиографический справочник. — Москва: ОЛМА-ПРЕСС, 2003. — С. 543-546. — ISBN 5-94849-441-1.

КЮРИ, ПЬЕР

Пьер Кюри (фр. *Pierre Curie*; 1859–1906) — французский учёный-физик, один из первых исследователей радиоактивности, член Французской Академии наук, лауреат Нобелевской премии по физике за 1903 год.

1. Биография

Пьер Кюри родился 15 мая 1859 г. в Париже, в семье врача. Получил до-



Пьер Кюри. в общественном достоянии.

машнее образование. в возрасте 16 лет получил ученую степень бакалавра Парижского университета, а спустя еще два года стал лицензиатом физических наук. с 1878 работал вместе со старшим братом Жаком в минералогической лаборатории Сорбонны. Вдвоём они открыли пьезоэлектрический эффект. в 1895 г. Кюри женился на Марии Склодовской, студентке из Польши.

Начиная с 1897 г. они исследовали явление радиоактивности.

В 1903 г. Шведская королевская академия наук присудила Пьеру и Марии Кюри Нобелевскую премию по физике за 1903 год. Пьер и Мария Кюри получили половину награды «*в знак признания ... их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем*». в октябре 1904 г. был назначен профессором физики Сорбонны. в 1905 г. был избран академиком во Французскую академию наук. Специально для него в Парижском университете была образована кафедра общей физики и радиоактивности.

19 апреля 1906 г. Кюри, переходя в дождливый день улицу в Париже, поскользнулся и попал под экипаж. Колесо телеги раздавило ему голову, смерть наступила мгновенно.

В 1995 г. его прах вместе с прахом жены был перезахоронен в Пантеоне.

2. Научная деятельность

Пьер Кюри сформулировал ряд идей симметрии. Он утверждал, что нельзя рассматривать симметрию како-

го-либо тела, не учитывая симметрию окружающей среды³¹⁷.



Пьер и Мария Кюри в лаборатории. В общественном достоянии.

3. Научные достижения

- Открытие пьезоэлектрического эффекта

- Открытие полония
- Открытие радия

4. Сочинения

Oeuvres, P., 1908; в рус. пер.: Избр. труды, М. — Л., 1966 (сер. Классики науки).

5. Библиография

Кюри М., Пьер Кюри..., пер. с франц., М., 1968;

Шпольский Э. В., Жизнь и деятельность Пьера Кюри, «Успехи физических наук», 1956, т. 58, в. 4;

Старосельская-Никитина О. А., Жизнь и творчество Пьера Кюри, «Тр. института истории естествознания и техники», 1957, т. 19.

317 <http://n-t.ru/tp/iz/zs.htm> Золотое сечение. Статьи. Наука и техника.

ПОЛОНИЙ

Полоний (лат. **Polonium**; обозначается символом Po) — химический элемент с атомным номером 84 в периодической системе, радиоактивный полуметалл серебристо-белого цвета. Не имеет стабильных изотопов.

1. История и происхождение названия

Элемент открыт в 1898 году супругами Пьером Кюри и Марией Склодовской-Кюри в смоляной обманке³¹⁸. Элемент был назван в честь родины Марии Склодовской-Кюри — Польши (лат. *Polonia*).

В 1902 году немецкий учёный Вильгельм Марквальд, открыл новый элемент. Он назвал его **Радиотеллур**. Кюри, прочтя заметку об открытии, сообщила, что это элемент полоний, открытый ими 4-мя годами ранее. Марквальд не согласился с такой оценкой, заявив, что полоний и радиотеллур разные элементы. После ряда экспериментов с элементом, супруги Кюри доказали, что полоний и радио-

теллур обладают одним и тем же периодом полураспада. Марквальд был вынужден отступить.

Первый образец полония, содержащий 0,1 мг этого элемента, был выделен в 1910 г.

2. Нахождение в природе

Радионуклиды полония входят в состав естественных радиоактивных рядов:

^{210}Po ($T_{1/2} = 138,376$ суток), ^{218}Po ($T_{1/2} = 3,10$ мин) и ^{214}Po ($T_{1/2} = 1,643 \times 10^{-4}$ с) — в ряд ^{238}U ;

^{216}Po ($T_{1/2} = 0,145$ с) и ^{212}Po ($T_{1/2} = 2,99 \times 10^{-7}$ с) — в ряд Th;

^{215}Po ($T_{1/2} = 1,781 \times 10^{-3}$ с) и ^{211}Po ($T_{1/2} = 0,516$ с) — в ряд ^{235}U .

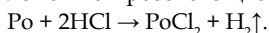
Поэтому полоний всегда присутствует в урановых и ториевых минералах. Равновесное содержание полония в земной коре $2 \times 10^{-14}\%$ по массе.

3. Свойства

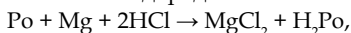
Полоний — мягкий серебристо-белый радиоактивный металл.

Металлический полоний быстро окисляется на воздухе. Известны диок-

сид полония $(\text{PoO}_2)_x$ и монооксид полония PoO . с галогенами образует тетрагалогениды. При действии кислот переходит в раствор с образованием катионов Po^{2+} розового цвета:



При растворении полония в соляной кислоте в присутствии магния образуется полонород:



который при комнатной температуре находится в жидком состоянии (от $-36,1$ до $35,3$ °С)

В индикаторных количествах получены кислотный триоксид полония PoO_3 и соли полониевой кислоты, не существующей в свободном состоянии — полонаты K_2PoO_4 . Известен также диоксид полония PoO_2 . Образует галогениды состава PoX_2 , PoX_4 и PoX_6 . Подобно теллуру полоний способен с рядом металлов образовывать химические соединения — полониды.

Полоний является единственным химическим элементом, который при низкой температуре образует одноатомную простую кубическую кристаллическую решётку³¹⁹.

4. Изотопы

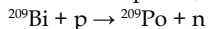
На начало 2006 года известны 33 изотопа полония в диапазоне массовых чисел от 188 до 220. Кроме того, известны 10 метастабильных возбуждённых состояний изотопов полония.

Стабильных изотопов не имеет³²⁰. Наиболее долгоживущие изотопы, ^{209}Po и ^{208}Po имеют периоды полураспада 102 и 2,9 года соответственно. Некоторые изотопы полония, входящие в радиоактивные ряды урана и тория, имеют собственные наименования, которые сейчас в основном рассматриваются как устаревшие:

Изотоп	Название	Обозначение	Радиоактивный ряд
^{210}Po	Радий F	RaF	^{238}U
^{211}Po	Актиний С'	AcC'	^{235}U
^{212}Po	Торий С'	ThC'	^{232}Th
^{214}Po	Радий С'	RaC'	^{238}U
^{215}Po	Актиний А	AcA	^{235}U
^{216}Po	Торий А	ThA	^{232}Th
^{218}Po	Радий А	RaA	^{238}U

5. Получение

На практике в граммовых количествах нуклид полония ^{210}Po синтезируют искусственно, облучая металлический ^{209}Bi нейтронами в ядерных реакторах. Получившийся ^{210}Bi за счет β -распада превращается в ^{210}Po . При облучении того же изотопа висмута протонами по реакции



образуется самый долгоживущий изотоп полония ^{209}Po .

Микроколичества полония извлекают из отходов переработки урановых руд. Выделяют полоний экстракцией,

³¹⁹ Игорь Иванов. Разгадана загадка полония (ru) 1 (12.07.07). <http://elementy.ru/news/430560> — «Вычисления, проведенные чешскими исследователями, дали ответ на вопрос, давно мучивший физиков: почему полоний предпочитает кубическую кристаллическую решетку?» Проверено 4 мая 2010.

³²⁰ Глав. ред.: Н.С. Зефиров Химическая энциклопедия / Н.С. Зефиров. — Москва: Большая Российская Энциклопедия, 1995. — Т. 4. — С. 53. — 639 с. — (5 томов). — 20 000 экз. — ISBN 5852700924.

ионным обменом, хроматографией и возгонкой.

Металлический Po получают термическим разложением в вакууме сульфида PoS или диоксида (PoO₂)_x при 500 °С.

6. Применение

Полоний-210 в сплавах с бериллием и бором применяется для изготовления компактных и очень мощных нейтронных источников, практически не создающих γ -излучения (но, к сожалению, короткоживущих, ввиду малого времени жизни ²¹⁰Po: $T_{1/2} = 138,376$ суток). Альфа-частицы полония-210 рождают нейтроны на ядрах бериллия или бора в (α, n)-реакции. Это герметичные металлические ампулы, в которые заключена покрытая полонием-210 керамическая таблетка из карбида бора или карбида бериллия. Такие нейтронные источники легки и портативны, совершенно безопасны в работе и очень надежны. Например, латунная ампула диаметром два и высотой четыре сантиметра ежесекундно дает до 90 миллионов нейтронов.

Полоний часто применялся раньше (иногда и в настоящее время) для ионизации газов (в частности воздуха). в первую очередь ионизация воздуха необходима для борьбы со статическим электричеством (на производстве, при обращении с особо чувствительной аппаратурой)³²¹. Например, для прецизионной оптики изготавли-

ваются кисточки удаления пыли³²². Другое применение эффекта ионизации газа — в электродных сплавах автомобильных свечей зажигания для уменьшения напряжения возникновения искры³²³.

Важной областью применения полония является его использование в виде сплавов со свинцом, иттрием или самостоятельно для производства мощных и весьма компактных источников тепла для автономных установок, например космических. Один кубический сантиметр полония-210 выделяет около 1320 Вт тепла. Эта мощность весьма велика, она легко приводит полоний в расплавленное состояние, поэтому его сплавляют, например, со свинцом. Хотя эти сплавы имеют заметно меньшую энергоплотность (150 Вт/см³), тем не менее они более удобны к применению и безопасны, так как полоний-210 испускает альфа-частицы, проникающая способность и длина пробега которых минимальны. Например, у советского лунохода для обогрева приборного отсека применялся полониевый обогреватель³²⁴.

Полоний-210 может послужить в сплаве с легким изотопом лития (⁶Li) веществом, которое способно существенно снизить критическую массу ядерного заряда и послужить своего рода ядерным детонатором. Поэтому полоний является стратегическим металлом, должен очень строго учитываться, и его хранение должно быть

321 <http://forca.ru/knigi/arhiv/ustroystva-elektrobezopasnosti-18.html> Ионизаторы воздуха.

322 <http://www.2spi.com/catalog/photo/statmaster.shtml> Антистатическая кисточка.

323 J. H. Dillon. Polonium Alloy for Spark Plug Electrodes. J. Appl. Phys. 11, 291 (1940).

324 <http://npc.sarov.ru/issues/sarovbook/section3p11.html>. Публикации | Книга «Ядерный Центр России — Саров».

под контролем государства ввиду угрозы ядерного терроризма.

7. Биологическая роль

Полоний-210 высокотоксичен, имеет период полураспада 138 дней и 9 часов. Его удельная активность (166 ТБк/г) настолько велика, что, хотя он излучает только альфа-частицы, брать его руками нельзя, результатом будет лучевое поражение кожи и, возможно, всего организма: полоний довольно легко проникает внутрь сквозь кожные покровы. Он опасен и на расстоянии, превышающем длину пробега альфа-частиц, так как его соединения самонагреваются и переходят в аэрозольное состояние. ПДК в водоёмах и в воздухе рабочих помещений $11,1 \times 10^{-3}$ Бк/л и $7,41 \times 10^{-3}$ Бк/м³. Поэтому работают с полонием-210 лишь в герметичных боксах.

Полоний-210 в небольших количествах находится в природе, и накапливается табаком, вследствие чего является одним из заметных факторов, который наносит вред здоровью курильщика. Другие природные изотопы полония распадаются очень быстро, поэтому не успевают накапливаться в табаке³²⁵. «Производители табака обнаружили этот элемент более 40 лет назад, попытки изъять его были безуспешны» — говорится в статье, исследователей из американского Стэнфордского университета и клиники Майо в Рочестере³²⁶.

Точных сведений о воздействии радиационного отравления полонием на человека не существуют, так как опыты на человеке не проводились (проводились, однако, измерения кинетики малых доз полония в организме человека, а также наблюдения нескольких известных случаев острого или хронического отравления полонием). По оценке специалистов, опубликованной³²⁷ в научном журнале *Journal of Radiological Protection* и основанной на математической модели радиационного отравления, разработанной на основе данных по опытам над животными, летальная доза полония-210 для взрослого человека оценивается в пределах от 0,1-0,3 ГБк (0,6-2 мкг) при попадании изотопа в организм через лёгкие, до 1-3 ГБк (6-18 мкг) при попадании в организм через пищеварительный тракт.

Более долгоживущие полоний-208 (период полураспада 2,898 года) и полоний-209 (период полураспада 103 года) обладают несколько меньшей радиотоксичностью на единицу веса, обратно пропорционально периоду полураспада. Сведений о радиотоксичности других, короткоживущих изотопов полония, мало. в организме человека полоний ведет себя подобно своим химическим гомологам, селену и теллуру, концентрируется в печени, почках, селезёнке и костном мозге. Период полувыведения из организма — от 30 до 50 дней, выделяется в основном через почки. Есть сообщения об успешном

325 <http://www.ponscig.com/ru/novosti.shtml?id=482> Полоний-210 в табачном дыме.

326 <http://www.rian.ru/science/20080829/150786552.html> РИА Новости: Табак содержит радиоактивный полоний-210

327 <http://www.iop.org/EJ/abstract/0952-4746/27/1/001> Polonium-210 as a poison

328 Тамара Девятова За какими корабельными реакторами будущее? (В. В. Наумов, контр-адмирал в отставке) // *Атомная стратегия* : Журнал. — ноябрь 2006. — В. 26.

использовании 2,3-димеркаптопропанола для выведения полония из организма крыс – 90 % животных, которым внутривенно вводилась смертельная доза полония-210 (9 нг/кг веса), выжили, тогда как в контрольной группе все крысы погибли в течение полутора месяцев.

8. Случаи отравления Полонием-210, получившие широкое освещение

Облучение экипажа подводной лодки К-27, в результате которой в течение нескольких дней погибло восемь человек.

РАДИЙ

Радий — элемент главной подгруппы второй группы седьмого периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 88. Обозначается символом **Ra** (лат. *Radium*). Простое вещество **радий** (CAS-номер: 7440-14-4) — блестящий щёлочноземельный металл серебристо-белого цвета, быстро тускнеющий на воздухе. Обладает высокой химической активностью. Радиоактивен; наиболее устойчив нуклид ^{226}Ra (период полураспада около 1600 лет).

1. История

Французские учёные Пьер и Мария Кюри обнаружили, что отходы, остающиеся после выделения урана из урановой руды (урановая смолка, добывавшаяся в городе Иоachimсталль, Чехия), более радиоактивны, чем чистый уран. Из этих отходов супруги Кюри после нескольких лет интенсивной работы выделили два сильно радиоактивных элемента: полоний и радий. Первое сообщение об открытии радия (в виде смеси с барием) Кюри сделали 26 декабря 1898 года во Французской Академии наук. в 1910

Кюри и Андре Дебьерн выделили чистый радий путём электролиза хлорида радия на ртутном катоде и последующей дистилляции в водороде. Выделенный элемент представлял собой, как сейчас известно, изотоп радий-226, продукт распада урана-238. За открытие радия и полония супруги Кюри получили Нобелевскую премию. Радий образуется через многие промежуточные стадии при радиоактивном распаде изотопа урана-238 и поэтому находится в небольших количествах в урановой руде.

В России радий впервые был получен в экспериментах известного советского радиохимика В. Г. Хлопина.

В 1918 году на базе Государственного рентгеновского института было организовано Радиевое отделение. Это отделение в 1922 году получило статус отдельного научного института. Одной из задач Радиевого института были исследования радиоактивных элементов, в первую очередь — радия. Директором нового института стал В. И. Вернадский, его заместителем — В. Г. Хлопин, физический отдел института возглавил Л. В. Мысовский³²⁹.

Многие радионуклиды, возникающие при радиоактивном распаде ра-

329 Мещеряков М. Г., Перфилов, Николай Александрович Памяти Льва Владимировича Мысовского (К семидесятипятилетию со дня рождения) // Выпуск УФН : Сборник УФН. — М.: 1963. — В. Ноябрь.

дия, до того, как была выполнена их химическая идентификация, получили наименования вида радий А, радий В, радий С и т. д. Хотя сейчас известно, что они представляют собой изотопы других химических элементов, их исторически сложившиеся названия по традиции иногда используются:

	Изотоп
Эманация радия	^{222}Rn
Радий а	^{218}Po
Радий В	^{214}Pb
Радий С	^{214}Bi
Радий С1	^{214}Po
Радий С2	^{210}Tl
Радий D	^{210}Pb
Радий E	^{210}Bi
Радий F	^{210}Po

Названная в честь Кюри внесистемная единица радиоактивности кюри основана на активности 1 г радия-226: $3,7 \times 10^{10}$ распадов в секунду, или 37 Гбк.

2. Происхождение названия

Название «радий» связано с излучением ядер атомов Ra (лат. radius — луч).

3. Нахождение в природе

Радий довольно редок. За прошедшее с момента его открытия время — более столетия — во всём мире удалось добыть всего только 1,5 кг чистого радия. Одна тонна урановой смолки, из которой супруги Кюри получили радий, содержит лишь около 0,0001 г радия-226. Весь природный радий является радиоактивным — возникает при распаде урана-238, урана-235 или тория-232; из четы-

рёх найденных в природе наиболее распространённым и долгоживущим изотопом (период полураспада 1602 года) является радий-226, входящий в радиоактивный ряд урана-238. в равновесии отношение содержания урана-238 и радия-226 в руде равно отношению их периодов полураспада: $(4,468 \times 10^9 \text{ лет}) / (1602 \text{ года}) = 2,789 \times 10^6$. Таким образом, на каждые три миллиона атомов урана в природе приходится лишь один атом радия или 1,02 мкг/т (кларк в земной коре).

Все природные изотопы радия сведены в таблицу:

Изотоп	Историческое название	Семейство	Период полураспада	Тип распада	Дочерний изотоп (историческое название)
Радий-223	актиний X (AcX)	ряд урана-235	11,435 дня	α	радон-219 (актинон, An)
Радий-224	торий X (ThX)	ряд тория-232	3,66 дня	α	радон-220 (торон, Tn)
Радий-226	радий (Ra)	ряд урана-238	1602 года	α	радон-222 (радон, Rn)
Радий-228	мезоторий I (MsTh ₁)	ряд тория-232	5,75 года	β	актиний-228 (мезоторий II, MsTh ₂)

Геохимия радия во многом определяется особенностями миграции и концентрации урана, а также химическими свойствами самого радия — активного щелочноземельного металла. Среди процессов, способствующих концентрации радия, следует указать в первую очередь на формирование на небольших глубинах геохимических барьеров, в которых концентрируется радий. Такими барьерами могут быть, например, суль-

фатные барьеры в зоне окисления. Поднимающиеся снизу хлоридные сероводородные радийсодержащие воды в зоне окисления становятся сульфатными, радий осаждается с BaSO_4 и CaSO_4 , где он становится практически нерастворимым постоянным источником радона. Из-за высокой миграционной способности урана и способности его к концентрированию, формируются многие типы урановых рудообразований в гидротермах, углях, битумах, углистых сланцах, песчаниках, торфяниках, фосфоритах, бурых железняках, глинах с костными остатками рыб (литофациями). При сжигании углей зола и шлаки обогащаются ^{226}Ra . Также содержание радия повышено в фосфатных породах.

В результате распада урана и тория и выщелачивания из вмещающих пород в нефти постоянно образуются радионуклиды радия. в статическом состоянии нефть находится в природных ловушках, обмена радием между нефтью и подпирающими ее водами нет (кроме зоны контакта вода-нефть) и в результате имеется избыток радия в нефти. При разработке месторождения пластовые и закачиваемые воды интенсивно поступают в нефтяные пласты, поверхность раздела вода-нефть резко увеличивается и в результате радий уходит в поток фильтрующихся вод. При повышенном содержании сульфат-ионов растворенные в воде радий и барий осаждаются в виде радиобарита $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$, который выпадает на поверхности труб, арматуры, резервуаров. Типичная объёмная активность поступающей на поверхность водонефтяной смеси по ^{226}Ra и ^{228}Ra может быть порядка 10 Бк/л (соответствует жидким радиоактивным отходам).

Основная масса радия находится в рассеянном состоянии в горных породах. Радий — химический аналог щелочных и щёлочноземельных порообразующих элементов, из которых состоят полевые шпаты, составляющие половину массы земной коры. Калиевые полевые шпаты — главные порообразующие минералы кислых магматических пород — гранитов, сиенитов, гранодиоритов и др. Известно, что граниты обладают природной радиоактивностью несколько выше фоновой из-за содержащегося в них урана. Хотя кларк урана не превышает 3 г/т, но в гранитах его содержание составляет уже 25 г/т. Но если гораздо более распространённый химический аналог радия барий входит в состав довольно редких калий-бариевых полевых шпатов (гиалофанов), а «чистый» бариевый полевой шпат, минерал цельзиан $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ очень редок, то накопления радия с образованием радиевых полевых шпатов и минералов вообще не происходит из-за короткого периода полураспада радия. Радий распадается на радон, уносящийся по порам и микротрещинкам и вымывающийся с грунтовыми водами. в природе иногда встречаются молодые радиевые минералы, не содержащие уран, например радиобарит и радиокальцит, при кристаллизации которых из растворов, обогащённых радием (в непосредственной близости от легко растворимых вторичных урановых минералов), радий сокращается с барием и кальцием благодаря изоморфизму.

4. Получение

Получить чистый радий в начале XX в. стоило огромного труда. Мария Кюри трудилась 12 лет, чтобы получить кру-

пинку чистого радия. Чтобы получить всего 1 г чистого радия, нужно было несколько вагонов урановой руды, 100 вагонов угля, 100 цистерн воды и 5 вагонов разных химических веществ. Поэтому на начало XX в. в мире не было более дорогого металла. За 1 г радия нужно было заплатить больше 200 кг золота.

5. Физические и химические свойства

Радий при нормальных условиях представляет собой блестящий белый металл, на воздухе темнеет (вероятно, вследствие образования нитрида радия). Реагирует с водой. Ведёт себя подобно барию и стронцию, но более химически активен. Обычная степень окисления — +2. Гидроксид радия $\text{Ra}(\text{OH})_2$ — сильное, коррозионное основание.

6. Применение

В настоящее время радий иногда используют в компактных источниках нейтронов, для этого небольшие его количества сплавляются с бериллием. Под действием альфа-излучения (ядер гелия-4) из бериллия выбиваются нейтроны: ${}^9\text{Be} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \text{n}$.

В медицине радий используют как источник радона для приготовления радоновых ванн (хотя в настоящее время их полезность оспаривается). Кроме того, радий применяют для кратковременного облучения при лечении злокачественных заболеваний кожи, слизистой оболочки носа, мочевого тракта.

Однако в настоящее время существует множество более подходящих для этих целей радионуклидов с нужными свойствами, которые получают на ускорителях или в ядерных реакторах, например, ${}^{60}\text{Co}$ ($T_{1/2} = 5,3$ года), ${}^{137}\text{Cs}$ ($T_{1/2} = 30,2$ года), ${}^{182}\text{Ta}$ ($T_{1/2} = 115$ сут.), ${}^{192}\text{Ir}$ ($T_{1/2} = 74$ сут.), ${}^{198}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 2,7$ сут.) и т. д.

До 70-х годов XX века радий часто использовался для изготовления светящихся красок постоянного свечения (для разметки циферблатов авиационных и морских приборов, специальных часов и других приборов), однако сейчас его обычно заменяют менее опасными изотопами: тритием ($T_{1/2} = 12,3$ года) или ${}^{147}\text{Pm}$ ($T_{1/2} = 2,6$ года). Опасность таких приборов состоит в том, что они не содержали предупреждающей маркировки, выявить их можно только дозиметрами.

7. Биологическая роль

Радий чрезвычайно радиотоксичен. в организме он ведёт себя подобно кальцию — около 80 % поступившего в организм радия накапливается в костной ткани. Большие концентрации радия вызывают остеопороз, самопроизвольные переломы костей и злокачественные опухоли костей и кроветворной ткани. Опасность представляет также радон — газообразный радиоактивный продукт распада радия.

Преждевременная смерть Марии Кюри произошла вследствие хронического отравления радием, так как в то время опасность облучения ещё не была осознана.

8. ИЗОТОПЫ

Известны 25 изотопов радия. Изотопы ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra встречаются в природе, являясь членами радиоактивных рядов. Остальные изотопы могут быть получены искусственным путём. Радиоактивные свойства некоторых изотопов радия³³⁰:

Массовое число	Период полураспада	Тип распада
213	2,74(6) мин.	α
219	10(3) мс	α
220	17,9(14) мс	α (99%)
221	28(2) с	α
222	38,0(5) с	α
223 (AcX)	11,43(5) дня	α
224 (ThX)	3,6319(23) дня	α
225	14,9(2) дня	β
226	1602(7) лет	α
227	42,2(5) мин.	β
228 (MsTh ₁)	5,75(3) года	β
230	93(2) мин.	β

³³⁰ Audi, Bersillon, Blachot, Wapstra. The Nubase2003 evaluation of nuclear and decay properties, Nuc. Phys. A 729, pp. 3-128 (2003).

Жолио-Кюри, Ирен

Ирен Жолио-Кюри (фр. *Irène Joliot-Curie*, девичья фамилия — Кюри; имя читается как «Ирэн», прим.; 12 сентября 1897, Париж — 17 марта 1956, там же) — французский физик, лауреат Нобелевской премии по химии, совместно с Фредериком Жолио (1935 г.), старшая дочь Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри, жена Фредерика Жолио-Кюри.

1. Детство

В ранние годы Ирен воспитывал дед по линии отца — врач Эжен Кюри, — так как Мария Склодовская-Кюри открыла радий, когда Ирен был один год, и не могла заниматься её воспитанием из-за интенсивной научной работы. Воспитание деда сформировало у Ирен глубоко антиклерикальные политические взгляды.

В возрасте 10 лет Ирен начала заниматься в кооперативной школе, организованной матерью и несколькими её коллегами, в том числе физиками Полем Ланжевром и Жаном Перреном, которые также преподавали в этой школе. Два года спустя она поступила в колледж Севине (*Collège Sévigné*),

окончив его накануне первой мировой войны.

2. Начало карьеры

Ирен продолжила своё образование в Парижском университете (Сорбонне). Однако она на несколько месяцев прервала свою учёбу, так как работала меди-



Пьер, Ирен и Мария Кюри. в общественном достоянии.

цинской сестрой в военном госпитале, помогая матери делать рентгенограммы.

По окончании войны Ирен К. стала работать ассистентом-исследователем в Институте радия, который возглавляла её мать, а с 1921 г. начала проводить самостоятельные исследования. Её пер-

вые опыты были связаны с изучением радиоактивного полония — элемента, открытого её родителями более чем 20 годами ранее. Поскольку явление радиации было связано с расщеплением атома, его изучение давало надежду пролить свет на структуру атома. Ирен К. изучала флуктуацию, наблюдаемую в ряде альфа-частиц, выбрасываемых, как правило, с чрезвычайно высокой скоростью во время распада атомов полония. На альфа-частицы, которые состоят из 2 протонов и 2 нейтронов и, следовательно, представляют собой ядра гелия, как на материал для изучения атомной структуры впервые указал английский физик Эрнест Резерфорд. в 1925 г. за исследование этих частиц Ирен К. была присуждена докторская степень.

3. Брак с Фредериком Жолио и их совместная работа

Самое значительное из проведённых ею исследований началось несколькими годами позже, после того как в 1926 г. она вышла замуж за своего коллегу, ассистента Института радия Фредерика Жолио. в 1930 г. немецкий физик Вальтер Боте обнаружил, что некоторые лёгкие элементы (среди них бериллий и бор) испускают мощную радиацию при бомбардировке их альфа-частицами. Заинтересовавшись проблемами, которые возникли в результате этого открытия, супруги Жолио-Кюри (как они себя называли) приготовили особенно мощный источник полония для получения альфа-частиц и применили сконструированную Жолио чувствительную конденсационную камеру, с тем чтобы

фиксировать проникающую радиацию, которая возникала таким образом.

Они обнаружили, что когда между бериллием или бором и детектором помещается пластинка водородсодержащего вещества, то наблюдаемый уровень радиации увеличивается почти вдвое. Супруги Жолио-Кюри объяснили возникновение этого эффекта тем, что проникающая радиация выбивает отдельные атомы водорода, придавая им огромную скорость. Несмотря на то, что ни Ирен, ни Фредерик, не поняли сути этого процесса, проведённые ими тщательные измерения проложили путь для открытия в 1932 г. Джеймсом Чедвиком нейтрона — электрически нейтральной составной части большинства атомных ядер.

Продолжая исследования, супруги Жолио-Кюри пришли к своему самому значительному открытию. Подвергая бомбардировке альфа-частицами бор и алюминий, они изучали выход позитронов (положительно заряженных частиц, которые во всех остальных отношениях напоминают отрицательно заряженные электроны), впервые открытых в 1932 г. американским физиком Карлом Д. Андерсоном. Закрыв отверстие детектора тонким слоем алюминиевой фольги, они облучили образцы алюминия и бора альфа-частицами. К их удивлению, выход позитронов продолжался в течение нескольких минут после того, как был удалён полониевый источник альфа-частиц. Позднее Жолио-Кюри пришли к убеждению, что часть алюминия и бора в подвергнутых анализу образцах превратилась в новые химические элементы. Более того, эти новые элементы были радиоактивными: поглощая 2 протона и 2 нейтрона альфа-частиц, алюминий превратился в радиоактивный фосфор, а бор

– в радиоактивный изотоп азота. в течение непродолжительного времени Жолио-Кюри получили много новых радиоактивных элементов.

4. Нобелевская премия и последующие годы

В 1935 г. Ирен Ж.-К. и Фредерику Жолио совместно была присуждена Нобелевская премия по химии «за выполненный синтез новых радиоактивных элементов». Во вступительной речи от имени Шведской королевской академии наук К. В. Пальмайер напомнил Ж.-К. о том, как 24 года назад она присутствовала на подобной церемонии, когда Нобелевскую премию по химии получила её мать. «В сотрудничестве с вашим мужем, – сказал Пальмайер, – вы достойно продолжаете эту блестящую традицию».

Через год после получения Нобелевской премии Ж.-К. стала полным профессором Сорбонны, где читала лекции начиная с 1932 г. Она также сохранила за собой должность в Институте радия и продолжала заниматься исследованиями радиоактивности. в конце 1930-х гг. Ж.-К., работая с ураном, сделала несколько важных открытий и вплотную подошла к обнаружению того, что при бомбардировке нейтронами происходит распад (расщепление) атома урана. Повторив те же самые опыты, немецкий физик Отто Ган и его коллеги Фриц Штрассман и Лиза Мейтнер в 1938 г. добились расщепления атома урана.

Между тем Ж.-К. начала все большее внимание уделять политической деятельности и в 1936 г. в течение четырёх месяцев работала помощником

статс-секретаря по научно-исследовательским делам в правительстве Леона Блюма. Несмотря на германскую оккупацию Франции в 1940 г., Ж.-К. и её муж остались в Париже, где Жолио участвовал в движении Сопротивления. в 1944 г. У гестапо появились подозрения в отношении его деятельности, и, когда он в том же году ушёл в подполье, Ж.-К. с двумя



Ирен Жолио-Кюри (1935). в общественном достоянии.

детьми бежала в Швейцарию, где они оставались до освобождения Франции.

В 1946 г. Ж.-К. была назначена директором Института радия. Кроме того, с 1946 по 1950 гг. она работала в Комиссариате по атомной энергии Франции. Всегда глубоко озабоченная проблемами социального и интеллектуального прогресса женщин, она входила в Национальный комитет Союза французских женщин и работала во Всемирном Совете Мира. К началу 1950-х гг. её здоровье стало ухудшаться, вероятно, в результате полученной дозы радиации. Ж.-К. умерла в Париже 17 марта 1956 г. от острой лейкемии.

Помимо Нобелевской премии, она была удостоена почётных степеней многих университетов и состояла во многих научных обществах. в 1940 г. ей была вручена золотая медаль Барнарда за выдающиеся научные заслуги, присуждённая Колумбийским университетом. Ж.-К. была кавалером ордена Почётного легиона Франции.

КЮРИ, ЕВА ДЕНИЗА

Ева Дениза Кюри-Лабуасс (6 декабря 1904 — 22 октября 2007) — французская и американская писательница и общественный деятель.

1. Биография

Ева Кюри была второй дочерью Марии и Пьера Кюри.

В 1937 году она написала биографический очерк о жизни своей матери, получивший Американскую Национальную литературную премию; на основе этой книги в том же году был снят фильм с Грир Гарсон в главной роли. Кроме того, Ева Кюри писала о музыке, театре и кино.

После оккупации Франции в 1940 году она эвакуировалась в Англию. в 1943 году она издала хроники своих поездок по фронтам Второй мировой войны. Ева Кюри была активной участницей движения Сопротивления.



Ева Дениза Кюри (1921). в общественном достоянии.

Она возвратилась в Париж после войны и стала соиздателем ежедневной вечерней газеты (1945–1949 годы).

В 1952 году она была назначена специальным советником Генерального секретаря НАТО и работала на этой должности до

1954 года, когда она познакомилась с Генри Ричардсоном Лабуассом-младшим — американским послом в Греции, за которого вскоре вышла замуж.

В течение 15 лет Лабуасс был руководителем Детского Фонда ООН (ЮНИСЕФ), а в 1965 он принял Нобелевскую премию мира, которую присудили ЮНИСЕФ за активную роль в укреплении братства между народами и мира.

Ева же с 1962 по 1965 годы возглавляла ЮНИСЕФ в Греции. в 1958 году она получила гражданство США и жила в Нью-Йорке.

Ева Кюри умерла 22 октября 2007 года в возрасте 102 лет.



Ева Кюри на обложке журнала «Тайм» в 1940 году. в общественном достоянии.

ЦЕНТР ОНКОЛОГИИ — ИНСТИТУТ ИМЕНИ МАРИИ СКЛО- ДОВСКОЙ-КЮРИ В ВАРШАВЕ

Центр онкологии — институт имени Марии Склодовской-Кюри в Варшаве (польск. *Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie*) — онкологический институт в Варшаве, основанный Марией Склодовской-Кюри совместно с польским правительством (в частности, с президентом Игнацием Мосцицким) 29 мая 1932 года как «Институт Радия» (польск. *Instytut Radowy*). Текущее название получил после Второй мировой войны.

Сейчас это специализированный институт в ведомстве Министерства здравоохранения Польши. Существуют филиалы института в Гливице и Кракове. Главное здание института стоит на улице Рентгена.

На одной из стен института расположена надпись «MARIJ SKŁODOWSKIEJ CURIE, W HOŁDZIE» («в дань Марии Склодовской-Кюри»).



Надпись на бывшем здании Радиевого института на улице Вавельска в Варшаве. Текст гласит: «Моё страстное желание заключается в создании Радиевого института в Варшаве. Мария Склодовская-Кюри». Автор: Paweł Rupiński, Jerzy Mierzwiak. фото : Marcin Białek (2007). CC BY-SA 3.0

1. Источники

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie 1932-2002 / E. Towpik. – ISBN 83-88681-15-X
Официальный сайт: <http://www.coi.pl/> (польск.)

*Я з тих, хто вірить,
що Наука є чимсь дуже прекрасним.*

Марія Склодовська-Кюрі

МАРІЯ СКЛОДОВСЬКА-КЮРІ

Марія Скłodовська-Кюрі (французьке ім'я — Марі Кюрі, фр. *Marie Curie*, уроджена Марія Скłodовська, пол. *Maria Skłodowska*, * 7 листопада 1867 — † 4 липня 1934) — французький фізик, хімік, педагог, громадська діячка польського походження.

1898 року оголосила про можливість існування нового, сильно радіоактивного елемента в руді уранової смолки. Її чоловік П'єр (1859–1906) відмовився від власних досліджень, щоб допомагати Марії, і в тому ж році вони оголосили про існування двох радіоактивних елементів: полонію і радію. 1902 року ними одержано один з цих елементів — радій. Обоє вчених відмовилися взяти патент на своє відкриття; разом їх було нагороджено медаллю Деві (1903) і відзначено Нобелівською премією з фізики (1903) разом з Антуаном Беккерелем. Марія Кюрі написала «Трактат про радіоактивність» (1910) і була нагороджена Нобелівською премією з хімії 1911 року.

1. Біографія

Марія Скłodовська народилася 7 листопада 1867 року у Варшаві. Вона була молодшою з п'яти дітей у сім'ї Владисла-

ва і Броніслави Скłodовських. Марія виховувалася в сім'ї, де наукова робота була у пошані. Її батько викладав фізику в гімназії, а мати, поки не захворіла на туберкульоз, була директором гімназії. Мати Марії померла, коли дівчинці було одинадцять років.

Марія блискуче вчилася і в початковій, і в середній школі. Ще в юному віці вона відчула привабливу силу науки і працювала лаборантом у хімічній лабораторії свого двоюрідного брата. Великий російський хімік Дмитро Менделєєв був другом її батька. Марія росла під час російського правління у Польщі, і брала активну участь у русі молодих інтелектуалів та антиклерикальних польських націоналістів.



Марія Скłodовська-Кюрі (1911), в суспільному надбанні.

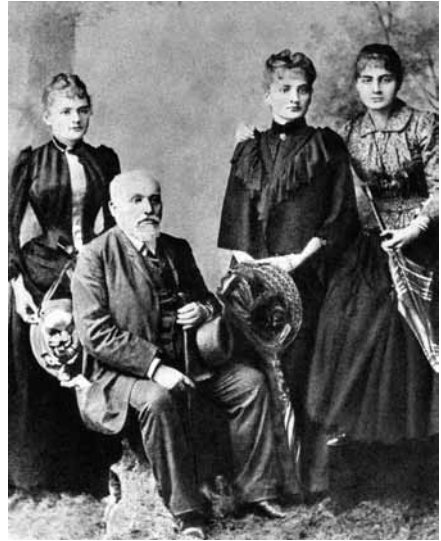
1.1 Переїзд до Франції

На шляху до здійснення мрії Марії Скłodовської про вищу освіту стояли дві



Дім у Варшаві, в якому народилася Марія Склодовська. Зараз музей Марії Кюрі. світлина: Memorino (2009). CC BY-3.0

перепони: бідність сім'ї і заборона на вступ жінок до Варшавського університету. Зі своєю сестрою Бронею вони розробили план: Марія протягом п'яти років працюватиме гувернанткою, щоб дати можливість сестрі закінчити медичний інститут, після чого Броня візьме на себе витрати на вищу освіту сестри. Броня здобула медичну освіту в Парижі і, ставши лікарем, запросила сестру до себе. У віці 24 років залишивши Польщу (1891), Марія вступила до факультету природничих наук Паризького університету (Сорбонні). 1893 року, закінчивши курс першою, Марія отримала ступінь ліценціата з фізики Сорбонні (еквівалентну ступеню магістра). За рік потому вона стала ліценціатом з математики. Але цього разу Марія була другою на своєму курсі.



Родина Склодовських: Владислав Склодовський з доньками Марією, Броніславою і Геленою (1890). в суспільному надбанні.

1.2 Одруження

1894 року в будинку одного польського фізика-емігранта Марія Склодовська зустріла П'єра Кюрі. П'єр був керівником лабораторії у Муніципальній школі промислової фізики і хімії. На той час він здійснив важливі дослідження з фізики кристалів і залежності магнітних властивостей речовин від температури. Марія досліджувала намагніченість сталі, і її польський друг сподівався, що П'єр надасть Марії можливість попрацювати в своїй лабораторії. Познайомившись на ґрунті захоплення фізикою, Марія і П'єр через рік одружилися. Це відбулося незабаром після того, як П'єр захистив докторську дисертацію — 25 липня 1895 року.

Сама Марія згадує:

«Наше перше житло – невелика, дуже скромна квартира з трьох кімнат була



Марія Склодовська в 16 років (1883).
в суспільному надбанні.

на вулиці Гласьєр, неподалік Школи фізики. Основною її перевагою був вид на величезний сад. Меблі, – найнеобхідніші, – склалися з речей, що належали нашим батькам. Прислуга нам була не по кишені. На мене майже цілком лягли турботи про домашнє господарство, але я і так вже звикла до цього за час студентського життя.

Оклад професора П'єра Кюрі складав шість тисяч франків на рік, і ми не хотіли, щоб він, принаймні попервах, брав додаткову роботу. Що ж до мене, я почала готуватися до конкурсного іспиту, необхідного, щоб посісти місце в жіночій школі, і домоглася цього 1896 року.

Наше життя було повністю присвячене науковій роботі, і наші дні минали в лабораторії, де Шютценберже дозволив мені працювати разом з чоловіком...

Ми жили дуже дружно, наші інтереси у всьому збігалися: теоретична робота, дослідження в лабораторії, підготовка до лекцій або до іспитів. За одинадцять років нашого спільного життя ми майже ніколи не розлучилися, і тому наше листування за ці роки складає лише декілька рядків. Дні відпочинку і канікули присвячувалися прогулянкам пішки або на велосипедах, в селі в околицях Парижу, або на узбережжі моря, чи в горах».

Перша їхня дочка Ірен народилася у вересні 1897 року. За три місяці Кюрі завершила своє дослідження з магнетизму і почала шукати тему для дисертації.

1.3 Дослідження радіоактивності

1896 року Анрі Беккерель виявив, що уранові сполуки випромінюють глибоко проникливе випромінювання. На відміну від рентгєнівського, відкритого 1895 року Вільгельмом Рєнтгєном, випромінювання Бєккерєля було не результатом збудження від зовнішнього джерела енергії, наприклад від світла, а внутрішньою властивістю самого урану. Зачарована цим загадковим явищем і перспективною зачаткуванням нової галузі досліджень, Марія вирішила розпочати вивчення цього випромінювання. Ставши до роботи на початку 1898 року, вона, перш за все, спробувала встановити, чи існують інші речовини, окрім сполук урану, які випромінюють відкриті Бєккерєлем промені. Оскільки Бєккерєль помітив, що у присутності сполук урану повітря стає електропровідним, Марія Кюрі вимірювала електропровідність поблизу зразків інших речовин, використовуючи

декілька точних приладів, розроблених і побудованих П'єром Кюрі і його братом Жаком.

Пізніше Кюрі писала:

«Мої досліді довели, що випромінювання сполук урану можна точно вимірювати в певних умовах і що це випромінювання є властивістю атомного елементу урану; його інтенсивність пропорційна кількості урану, що міститься в тій чи іншій сполуці, і не залежить ні від особливостей хімічної сполуки, ні від зовнішніх умов, наприклад, від освітлення чи температури.

Після цього я почала шукати, чи існують інші елементи, що мають такі ж властивості. Для цього я перевірила всі відомі у той час елементи, в чистому вигляді або у вигляді сполук. Я виявила, що серед цих речовин тільки сполуки торію мали випромінювання, подібне до урану. Випромінювання торію має інтенсивність такого ж порядку, що і випромінювання урану, і теж є властивістю атомів цього елементу.

Довелося шукати новий термін, щоб позначити цю нову властивість елементів урану і торію. Я запропонувала назву радіоактивність, і відтоді вона стала загальноприйнятною; радіоактивні елементи отримали назву радіоелементів».

Незабаром Марія Кюрі зробила багатого важливіше відкриття: уранова руда, відома під назвою уранової смоляної обманки, випускає сильніше випромінювання Беккереля, ніж сполуки урану і торію, і, принаймні, в чотири рази сильніше, ніж чистий уран. Кюрі висловила припущення, що в урановій смоляній обманці міститься ще не відкритий і сильно радіоактивний елемент. Навесні 1898 року вона повідомила про свою гіпо-

тезу і про результати експериментів Французької академії наук.

Потім подружжя Кюрі спробувало виділити новий елемент. П'єр відклав свої власні дослідження з фізики кристалів, щоб допомогти Марії. У липні і грудні 1898 року Марія і П'єр Кюрі оголосили про відкриття двох нових елементів, які були названі ними полонієм (на честь Польщі — батьківщини Марії) і радієм. Оскільки Кюрі не виділили жоден з цих елементів, вони не могли надати хімікам вирішального доказу їхнього існування. І подружжя Кюрі взялося до вельми нелегкого завдання — екстрагування двох нових елементів з уранової смоляної обманки. Щоб екстрагувати їх у вимірних кількостях, дослідникам необхідно було переробити величезні кількості руди. Протягом подальших чотирьох років Кюрі працювали в примітивних і шкідливих для здоров'я умовах.



Марія Скłodовська-Кюрі (1898), в суспільному надбанні.

У цей важкий, але захопливий період платні П'єра не вистачало, щоб утримувати сім'ю. Незважаючи на те, що інтенсивні дослідження і маленька дитина займали майже весь її час, Марія Кюрі в 1900 році почала викладати фізику в Севрі, у навчальному закладі, що готував вчителів середньої школи. Овдовілий батько П'єра переїхав до Кюрі і допомагав наглядати за Ірен.

У вересні 1902 року Кюрі оголосили про те, що їм вдалося виділити одну де-

сяту грама хлориду радію з декількох тонн уранової смоляної обманки. Виділити полоній їм не вдалося, оскільки той виявився продуктом розпаду радію. Аналізуючи сполуку, Марія встановила, що атомна маса радію дорівнює 225. Сіль радію випромінювала блакитне світло і тепло. Ця фантастична речовина привернула увагу всього світу. Визнання і нагороди за його відкриття прийшли до подружжя Кюрі майже одразу.

Завершивши дослідження, Марія Кюрі написала свою докторську дисертацію. Робота називалася «Дослідження радіоактивних речовин» і була представлена в Сорбонні в червні 1903 року. На думку комітету, що присудив Кюрі науковий ступінь, її робота була найбільшим внеском, коли-небудь внесеним до науки докторською дисертацією.

1.4 Перша жертва радіоактивності

Робота з радіоактивними речовинами відчутно позначилася на здоров'я Марії Кюрі. Спочатку вона перенесла важку операцію на нирках, потім у неї різко погіршився зір, з'явилися проблеми зі слухом. У 1920 році в листі до сестри вона писала:

«Мій зір дуже ослаб, і цьому, ймовірно, мало чим зарадиш. Що стосується слуху, то мене переслідує постійний шум у вухах, іноді дуже сильний».

У період з 1923 по 1930 роки Марії було зроблено чотири операції на очах, які в підсумку відновили їй зір. Померла Склодовська-Кюрі 4 липня 1934 від гострої злоякісної анемії, що була викликана переродженням кісткового мозку. У медичному висновку професор Рего написав:

«Мадам Кюрі може вважатися однією з жертв тривалого поводження з радіо-

активними речовинами, які відкрили її чоловік і вона сама».

Ховали Марію Кюрі з особливою обережністю. Дерев'яну труну помістили у свинцеву, а ту у свою чергу в ще одну дерев'яну. Коли в 1995 році останки видатного науковця перенесли в Пантеон, заміри рівня радіації внутрішньої труни показали, що він у 30 разів перевищує фонові показники.

1.5 Нобелівська премія з фізики. Визнання

У грудні 1903 року Шведська королівська академія наук присудила Нобелівську премію з фізики Беккерелю і подружжю Кюрі. Марія і П'єр Кюрі отримали половину нагороди «на знак визнання ... їхніх спільних досліджень явищ радіації, відкритих професором Анрі Беккерелем». Кюрі стала першою жінкою, удостоєною Нобелівської премії. І Марія, і П'єр Кюрі хворіли і не змогли поїхати до Стокгольму на церемонію вручення премії. Вони отримали її влітку наступного року.

«Нагородження Нобелівською премією, – писала Кюрі, – було для нас важливою подією зважаючи на престиж, пов'язаний з цими преміями, установленими на ті часи ще зовсім недавно (1901). З матеріального погляду, половина цієї премії була значною сумою. Відтепер П'єр Кюрі міг передати викладання в Школі фізики Полю Ланжевену, своєму колишньому учневі, фізикові з великою ерудицією. Крім того, він запросив препаратора особисто для своєї роботи».

Разом з тим популярність, яку принесла ця щаслива подія, виявилася важким тягарем для людини, не підготовленої і незвичної до неї. Це була лавина візитів,

листів, прохань про лекції і про статті – постійних причин втрати часу, хвилювання і втоми».

Ще до того, як подружжя Кюрі завершили свої дослідження, їх роботи спонукали інших фізиків до вивчення радіоактивності. 1903 року Ернест Резерфорд і Фредерік Содді висунули теорію, за якою радіоактивні випромінювання виникають під час розпаду атомних ядер. Під час розпаду (випромінювання якихось частинок, що утворюють ядро) радіоактивні ядра



Карикатура Марії і П'єра Кюрі (1904). Автор: Julius Mendes Price. в суспільному надбанні.

зазнають трансмутації — перетворення на ядра інших елементів. Кюрі не без коливань прийняла цю теорію, оскільки розпад урану, торію і радію відбувається настільки поволі, що в своїх експериментах їй не доводилося його спостерігати. Щоправда, були дані про розпад полонію, але поведінку цього елемента Кюрі вважала нетиповою. Все ж таки 1906 року вона погодилася прийняти теорію Резерфорда-Содді як найбільш правдоподібне пояснення радіоактивності. Саме Марія започаткувала терміни розпад і трансмутація.

Подружжя Кюрі відзначило дію радію на людський організм (як і Анрі Беккерель, вони отримали опіки, перш ніж зрозуміли небезпеку поводження з радіоактивними речовинами) і висловили припущення, що радій може бути вико-

ристаний для лікування пухлин. Терапевтичне значення радію було визнано майже відразу, і ціни на радієві джерела різко піднялися. Проте Кюрі відмовилися патентувати процес екстракції і використовувати результати своїх досліджень в будь-яких комерційних цілях. На їх думку отримання комерційної вигоди не відповідало духу науки, ідеї вільного доступу до знань. Незважаючи на це, фінансовий стан подружжя Кюрі поліпшився, оскільки Нобелівська премія та інші нагороди принесли їм певний достаток. У жовтні 1904 року П'єр був призначений професором фізики в Сорбонні, а місяць по тому Марія стала офіційно іменуватися завідувачкою його лабораторії. У грудні у них народилася друга дочка, Ев, яка згодом стала концертною піаністкою та біографом своєї матері.

Марія Кюрі черпала сили у визнанні її наукових досягнень, улюбленій роботі, любові і підтримці П'єра. Як вона сама зізнавалася: «Я знайшла в шлюбі все, про що могла мріяти у момент укладення нашого союзу, і навіть більше того». Але в квітні 1906 року П'єр загинув у вуличній катастрофі. Втративши найближчого друга і товариша по роботі, Марія замкнулася у собі. Проте вона знайшла сили продовжувати роботу. У травні, після того, як Марія відмовилася від пенсії, призначеної міністерством суспільної освіти, факультетська рада Сорбонни призначила її на кафедру фізики, яку раніше очолював її чоловік. Коли через шість місяців Кюрі прочитала свою першу лекцію, вона стала першою жінкою-викладачем Сорбонни.

Після смерті чоловіка Марія залишалася ніжною і люблячою матір'ю для

двох своїх дочок. Одна з них, Ірен, що стала відомим фізиком, згадує:

«Моя мати дуже любила проводити вільний час у прогулянках за містом або працювати в саду, а під час відпустки вона надавала перевагу горам чи морю. Марія Кюрі захоплювалася фізичними справами і завжди знаходила привід, щоб зайнятися ними і примусити нас з сестрою ними зайнятися. Вона любила природу і вміла насолоджуватися нею, але тільки не споглядаючи. У саду вона поралася з квітами; у горах любила ходити, зупиняючись, звичайно, іноді, щоб відпочити і помилуватися пейзажем... Марія Кюрі не вела світського життя. Вона була тільки в будинках небагатьох друзів, і до того ж досить рідко. Коли їй доводилося бути присутнім на якихось прийомах або офіційних урочистостях, це завжди було для неї втомно й нудно. Але вона знайшла спосіб використовувати цей час найкращим чином, розмовляючи зі своїми сусідами за столом про їхню спеціальність. Розвиваючи цю тему, будь-хто з них майже завжди міг розповісти щось цікаве.

Той факт, що мати не шукала ані світських зв'язків, ані зв'язків з людьми впливовими, іноді вважають свідченням її скромності. Я вважаю, що це скоріше якраз навпаки: вона дуже вірно оцінювала своє значення і їй аніскільки не лестили зустрічі з титулованими особами або з міністрами. Мені здається, вона була дуже задоволена, коли їй довелося познайомитися з письменником Джо-зефом Редьярдом Кіплінгом, а те, що її представили королеві Румунії, не справило на неї ніякого враження».

У лабораторії Марія Кюрі зосередила свої зусилля на виділенні чистого металевого радію, а не його сполук. У 1910

році їй вдалося в співпраці з Андре Дебїрном отримати цю речовину і тим самим завершити цикл досліджень, початий 12 років тому. Вона переконливо довела, що радій є хімічним елементом. Кюрі розробила метод вимірювання радіоактивної еманції і приготувала для Міжнародного бюро мір і ваг перший міжнародний еталон радію – чистий зразок хлориду радію, з яким належало порівнювати решту всіх джерел.

У кінці 1910 року за наполяганням багатьох учених кандидатуру Марії Кюрі було висунуто на виборах до одного з найпрестижніших наукових товариств – Французької академії наук. П'єр Кюрі був обраний до неї лише за рік до своєї смерті. До того протягом усієї історії Французької академії науко жодна жінка не була її членом, тому висунення кандидатури Кюрі призвело до жорсткої сутички між прихильниками і супротивниками цього кроку. Після кількох місяців образливої полеміки в січні 1911 року кандидатура Марії Кюрі була відхилена на виборах більшістю в один голос.

1.6 Нобелівська премія з хімії

За кілька місяців Шведська королівська академія наук присудила Марії Кюрі Нобелівську премію з хімії «за видатні заслуги в розвитку хімії: відкриття елементів радію і полонію, виділення радію і вивчення природи і з'єднань цього чудового елементу». Кюрі стала першим двічі лауреатом Нобелівської премії. Представляючи нового лауреата, Е. В. Дальгрєн відзначив, що «дослідження радію привело останніми роками до народження нової області науки – радіології, що вже має власні інститути та журнали».

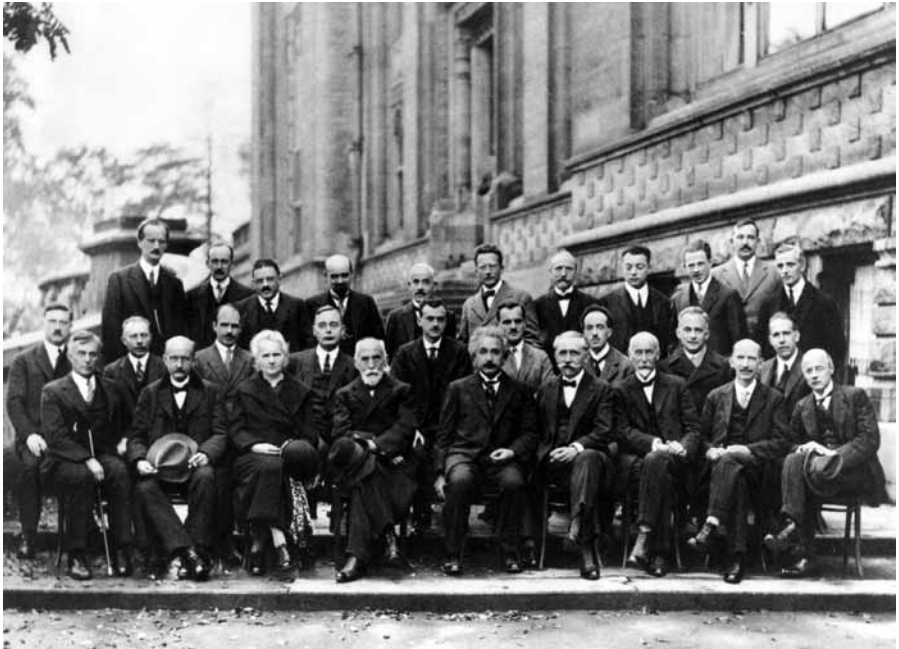


Диплом Нобелівської премії Марії Склодовської-Кюрі (1911), в суспільному надбанні.

Марія Кюрі доклала немало праці, щоб домогтися гідної лабораторії для розвитку нової науки про радіоактивність. Незадовго до початку Першої світової війни Паризький університет і Пастерівський інститут заснували Радієвий інститут для досліджень радіоак-

тивності. Кюрі була призначена директором відділення фундаментальних досліджень і медичного застосування радіоактивності. Під час війни вона навчала військових медиків застосуванню радіології, наприклад, виявленню за допомогою рентгенівських променів шрапнелі в тілі пораненого. У прифронтовій зоні Кюрі допомагала створювати радіологічні установки, забезпечувати пункти першої допомоги переносними рентгенівськими апаратами. Накопичений досвід вона узагальнила в монографії «Радіологія і війна» 1920 року.

Після війни Кюрі повернулася до Радієвого інституту. Останніми роками життя вона керувала роботами студентів і активно сприяла застосуванню радіо-



Сольвейвська конференція 1927 року. Світлина: Benjamin Courpie, в суспільному надбанні.



Марія Кюрі в лабораторії. в суспільному надбанні.

ології в медицині. Нею написано біографію П'єра Кюрі, яку було опубліковано 1923 року. Періодично Кюрі здійснювала поїздки до Польщі, яка наприкінці війни здобула незалежність. Там вона консультувала польських дослідників. 1921 року разом з дочками Кюрі відвідала Сполучені Штати, щоб прийняти в дарунок один грам радію для продовження дослідів. Під час свого другого візиту до США (1929) вона отримала пожертвування, на яке придбала ще грам радію для терапевтичного використання в одному з варшавських госпіталів. Але внаслідок багаторічної роботи з радієм її здоров'я стало помітно погіршуватися.

Марія Кюрі померла 4 липня 1934 року від лейкемії в невеликій лікарні



Марія Склодовська-Кюрі (1934). в суспільному надбанні.

містечка Санселлемоз у французьких Альпах.

2. Марія Склодовська-Кюрі і Польща

Хоча велику частину свого життя Марія мешкала у Франції, вона назажди зберегла відданість справі боротьби за польську незалежність. Незважаючи на напружену творчу діяльність, Склодовська-Кюрі завжди пам'ятала про свою історичну батьківщину — Польщу. Так, після відкриття Радієвого інституту в Парижі аналогічний інститут був відкритий у Варшаві.

Склодовська-Кюрі подарувала Львову, місту, що між світовими війнами входило до складу Польщі, 80 мг радію (у 1920 лабораторія вченої володіла лише трохи більше, ніж 1 г, радію). Так вперше у Львові зародився невеликий радіологічний відділ, що сприяв, зокрема, лікуванню онкологічно хворих³³¹.

3. Марія Склодовська-Кюрі у Львівській політехніці

Діяльність Марії Склодовської-Кюрі кілька разів дотикалася до Львівської політехніки. У липні 1912 року Склодовська-Кюрі відвідала Львівську політехнічну школу (тодішня назва Національного університету «Львівська політехніка»). Тут нею 10 липня було прочитано лекцію. Вчена Рада Політехніки того ж дня удостоїла її звання почесного доктора технічних наук. Її ім'я увіковічено на дошці почесних докторів *honoris causa* Львівської політехніки.

В листі, датованому 1922 роком, Склодовська-Кюрі повідомляє про можливість сприяння через Лігу Націй надання фінансової допомоги Політехніці.

Всесвітньо відомий фізик Мар'ян Смуловський згадував про те, що вона допомагала в організації стажувань перспективних учених Львова у провідних європейських наукових установах.

4. Нагороди та наукові визнання

Марія Склодовська-Кюрі стала першою жінкою, що здобула Нобелівську премію, і першим двічі лауреатом цієї нагороди.

- Нобелівська премія з фізики (1903)
- Медаль Деві (1903)
- Медаль Маттеуччі (1904)
- Нобелівська премія з хімії (1911)

Мадам Кюрі була нагороджена французьким орденом Почесного легіону. Її старша дочка, Ірен Жоліо-Кюрі, отримала Нобелівську премію з хімії 1935 року. Молодша дочка, Єва Кюрі, пізніше написала біографію своєї матері.

У Польщі вона отримала звання почесного доктора Львівської політехніки – 1912 року, Познанського університету – 1922 року, Краківського Ягеллонського університету – 1924 року та Варшавської політехніки – 1926 року.

1967 року у Варшаві було створено музей Склодовської-Кюрі.

5. Вшанування пам'яті Марії Кюрі

Марія Склодовська-Кюрі є єдиною жінкою, котра двічі отримала Нобелівську премію, а також єдиним науковцем у історії, відзначеним цією нагородою у двох різних галузях природничих наук. У 2009 журнал «New Scientist» визнав Марію Склодовську-Кюрі найвидатнішою жінкою-науковцем всіх часів³³².

- 1995 року вона стала першою жінкою, похованою серед найвідоміших французів під куполом Пантеону

³³¹ Українська Наукова Інтернет-Спільнота / Марія Склодовська-Кюрі у Львівській політехніці, <http://www.nauka-online.org/content/mariya-sklodovska-kyuri-lvivskiy-politekhnitsi>.

³³² http://www.wiadomosci24.pl/artukul/rok_2011_rokiem_marii_sklodowskiej_curie_175816.html Rok 2011 - Rokiem Marii Skłodowskiej-Curie – Wiadomości24, 01.01.2011 (пол.).

Парижа, поряд із її чоловіком, П'єром Кюрі.

- Одиницю виміру радіоактивності – кюрі («Ки») – названо на честь подружжя Кюрі³³³, як і елемент з атомним номером 96 – Кюрій.
- Три радіоактивні мінерали названо на честь Кюрі: кюрит (*curite*)³³⁴, склодовськіт (*sklodowskite*)³³⁵ і купро-склодовськіт (*cuprosklodowskite*)³³⁶.
- Портрет Склодовської-Кюрі було зображено на польській грошовій банкноті номіналом 20 000 злотих наприкінці 1980-х (інфляційних) років. Її портрет зображували на поштових марках і монетах, а також на останніх французьких банкнотах – 500 франків, незадовго до заміни франка на євро³³⁷.
- Польські наукові та навчальні заклади імені Марії Склодовської-Кюрі:
 - Університет Марії Кюрі-Склодовської в Любліні (пол. *Uniwersytet Marii Curie-Sklodowskiej*), засновано 1944 року;
 - Інститут імені Марії Склодовської-Кюрі у Варшаві.
- Французькі наукові та навчальні заклади імені Марії Склодовської-Кюрі:

– Університет імені П'єра і Марії Кюрі – найбільший науково-технічний та медичний університет у Франції; спочатку це був Інститут природничих наук Паризького університету де вона викладала, а тепер його названо на честь подружжя Кюрі. в університеті збережено дім-лабораторію, де вони відкрили радій.

- Інститут Кюрі (фр. *Institut Curie*) і Музей Кюрі (фр. *Musée Curie*) в Парижі.
- 2007 року станцію «П'єра Кюрі» Паризького метрополітену було перейменовано на станцію «П'єра та Марії Кюрі».
- Одну з вулиць Дніпропетровська названо ім'ям Марії Кюрі.
- Сейм Польщі в грудні 2010 прийняв ухвалу присвятити 2011 рік – пам'яті Марії Склодовської-Кюрі³³⁸.
- У Польщі напередодні Міжнародного жіночого дня 2011 року оголосили ім'я польки всіх часів. На думку сучасників, найвеличнішою жінкою в історії країни є Марія Склодовська-Кюрі. Підсумки голосування, яке тривало кілька тижнів у січні і лютому 2011 року, були оголошені у Варшаві³³⁹.

333 <http://www.britannica.com/eb/article-9028251/curie#245574.hook> «curie – Britannica Online Encyclopedia» (англ.). – Britannica.com. 15 квітня 2006. Прочитовано 27 березня 2011; <http://www.ora.u.org/ptp/articlesstories/thecurie.htm> Paul W. Frame «How the Curie Came to Be» (англ.) = «Як було відкрито Кюрій». Прочитовано 30 квітня 2008.

334 <http://www.uraniumminerals.com/UTH/Curite.htm>.

335 <http://www.uraniumminerals.com/UTH/Sklodowskite.htm>.

336 <http://www.uraniumminerals.com/UTH/Cuprosklodowskite.htm>.

337 <http://www-personal.umich.edu/~jbourj/money1.htm> Марія Кюрі на банкнотах 500 франків та 20000 злотих. (англ.).

338 http://www.wiadomosci24.pl/artukul/rok_2011_rokiem_marii_sklodowskiej_curie_175816.html Rok 2011 - Rokiem Marii Sklodowskiej-Curie – Wiadomości24, 01.01.2011 (пол.).

339 <http://newsru.ua/world/08mar2011/polka.html> у Польщі назвали найвидатнішу жінку усіх часів – NEWSru.ua, 08.03.2011.

340 <http://library.lp.edu.ua/node/257> Марія Склодовська-Кюрі у Львівській політехніці – Науково-технічна бібліотека Національного університету «Львівська політехніка».



"Стінний розпис на Публічній бібліотеці по вул. Ліпова у Варшаві, що зображує Марію Кюрі. Надпис справа: «„Я народилася у Варшаві“». Марія-Скłodовська Кюрі. Варшав'янка, 1867 року народження. Публічні виступи починала словами: „Я народилася у Варшаві...“. Єдина подвійна нобелівська лауреатка. Відкрила хімічні елементи радій та полоній, за що 100 років тому – у 1911 році – її було нагороджено Нобелівською премією». Автор: митці з Good Looking Studio", свілина: Patryk Korzeniecki (2011). CC BY-3.0

- В 2011 наукова бібліотека Львівської політехніки підготувала віртуальну виставку, присвячену пам'яті вченої³⁴⁰.

6. в театрі й кіно

У 1989 році, життя і творчість П'єра та Марі Кюрі надихнула на створення вистави «Ле Пальм де мосьє Шютц» (фр. *Les Palmes de Monsieur Schutz*), зрежисована Жаном-Ноелем Фенвіком в театрі Матюрен (фр. *Mathurins*). Ця постановка отримала чотири премії Мольєра в 1990 році, зокрема за кращу режисуру та кращого автора.

Життя Марії Кюрі надихнуло багатьох кінематографістів. Роль Марії Кюрі зіграли:

- Гріп Гарсон (англ. *Greer Garson*) і Вальтер Піджон (англ. *Walter Pidgeon*)

знялися в США у фільмі Мервіна Лейроя «Мадам Кюрі» – ця кінострічка в 1943 році була удостоєна премії «Оскар» (сюжет фільму на основі її життя).

- Ніколь Стефан (фр. *Nicole Stéphane*) у «Мосьє і мадам Кюрі» (фр. *Monsieur et Madame Curie*), фільмі французького режисера Жоржа Франжо, випущеного в 1953 році;
- Ольга Гобзева в радянській стрічці «Думки про радіацію» (рос. *Мысли о радиации*) режисера Ельміри Чорманової, випущений в 1980 році;
- Марі-Крістін Барро (фр. *Marie-Christine Barrault*) в фільмі «Марі Кюрі – поважна жінка» (фр. *Marie Curie, une femme honorable*) Мішеля Буарона (фр. *Michel Boisrond*) в 1990 році;

- Ізабель Юппер (*Isabelle Huppert*) у фільмі «Ле Пальм де мосьє Шютц» (фр. *Les Palmes de Monsieur Schutz*), французького режисера Клода Піното (фр. *Claude Pinoteau*), випущеного 1997 року.

7. Бібліографія

- Черрато Симона. *Радіоактивність у родині: Невигадане життя Марії та Ірен Кюрі / Пер. з італ. — К.: «К. І. С.», 2006. — 104 с.: іл. — (Жінки в науці).*
- Robert Reid, *Marie Curie*, New York, New American Library, 1974.
- Teresa Kaczorowska, *Córka mazowieckich równin, czyli Maria Skłodowska-Curie z Mazowsza* (Daughter of the Mazovian Plains: Maria Skłodowska-Curie of Mazowsze), Ciechanów, 2007.
- Wojciech A. Wierzewski, «Mazowieckie korzenie Marii» («Maria's Mazowsze Roots»), *Gwiazda Polarna* (The Pole Star), a Polish-American biweekly, no. 13, 21 June 2008, pp. 16-17.
- L. Pearce Williams, "Curie, Pierre and Marie," *Encyclopedia Americana*, Danbury, Connecticut, Grolier, Inc., 1986, vol. 8, pp. 331-32.
- Barbara Goldsmith, *Obsessive Genius: The Inner World of Marie Curie*, New York, W.W. Norton, 2005, ISBN 0-393-05137-4.
- Naomi Pasachoff, *Marie Curie and the Science of Radioactivity*, New York, Oxford University Press, 1996, ISBN 0-19-509214-7.
- Eve Curie, *Madame Curie: a Biography*, translated by Vincent Sheean, Da Capo Press, 2001, ISBN 0-306-81038-7.
- Susan Quinn, *Marie Curie: a Life*, New York, Simon and Schuster, 1995, ISBN 0-671-67542-7.
- Françoise Giroud, *Marie Curie: a Life*, translated by Lydia Davis, Holmes & Meier, 1986, ASIN B000TOOU7Q.
- Ève Curie: *Marie Curie*. Warszawa: Wydaw. Naukowe PWN, 1997. ISBN 83-01-12302-8.
- Françoise Giroud: *Maria Skłodowska-Curie*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1987. ISBN 83-06-01328-X. (cykl: Biografie Sławnych Ludzi)
- Helena Bobińska, *Maria Skłodowska-Curie*, Czytelnik, Warszawa 1965
- Denis Brian: *Rodzina Curie*. Warszawa: «Amber», 2006. ISBN 83-241-2450-0.
- Susan Quinn: *Życie Marii Curie*. Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997. ISBN 83-7180-003-7.
- Barbara Goldsmith: *Geniusz i obsesja : wewnętrzny świat Marii Curie*. Wrocław: Wydawnictwo Dolnośląskie, 2006. ISBN 83-7384-573-9.
- Marie Curie, Irène Joliot-Curie et Gillette G. Ziegler, *Correspondance*
- Marie Curie et Irène Joliot-Curie, *Prace Marii Skłodowskiej-Curie*
- Françoise Giroud, *Une femme honorable*, 1981
- Per Olov Enquist, *Blanche et Marie*, roman, 2004
- Xavier Laurent-Petit, *Marie Curie*, 2005
- Barbara Goldsmith, *Marie Curie, portrait intime d'une femme d'exception*, 2006
- Brigitte Labbé et Michel Puech, *Marie Curie*, 2006
- Henry Gidel, *Marie Curie*, Flammarion, 2008 (ISBN 978-2-08-121159-9)

П'ЕР КЮРІ

П'ер Кюрі (фр. *Pierre Curie*; * 15 травня 1859 — † 19 квітня 1906) — французький фізик, один з перших дослідників радіоактивності, член Французької академії наук, лауреат Нобелівської премії з фізики в 1903 році. Чоловік Марії Склодовської-Кюрі.

1. Біографія

П'ер Кюрі народився в Парижі. Він був молодшим з двох синів лікаря Ежена Кюрі і Софі-Клер (Депулії) Кюрі. Батько вирішив дати своєму незалежному і самозаглибленому синові домашню освіту. Хлопчик виявився таким стараним учнем, що в 1876 році, шістнадцяти років від народження, отримав вчений ступінь бакалавра Паризького університету (Сорбонні). Два роки по тому він отримав ступінь ліценціата (еквівалентну ступеню магістра) фізичних наук.

1.1 Дослідження кристалів і п'єзоєфекту

У 1878 році Кюрі почав працювати у фізичній лабораторії Сорбонні, де зайнявся дослідженням природи кристалів. Разом зі своїм старшим братом Жаком, що працював в мінералогічній

лабораторії університету, П'ер протягом чотирьох років проводив інтенсивні експериментальні роботи в цій області. Брати Кюрі відкрили п'єзоелектрику — появу під дією прикладеної ззовні сили на поверхні деяких кристалів електричних зарядів. Ними був відкритий і зворотний ефект: ті ж кристали під дією електричного поля відчувають стиснення. Якщо прикласти до таких кристалів змінний струм, то їх можна примусити здійснювати коливання з ультрависокими частотами, при яких кристали випускатимуть звукові хвилі за межами сприйняття людського слуху.

Такі кристали стали дуже важливими компонентами такої радіоапаратури, як мікрофони, підсилювачі і стереосистеми. Брати Кюрі розробили і побудували такий лабораторний прилад, як п'єзоелектричний кварцовий балансир, який створює електричний заряд, пропорційний прикладеній силі. Його можна вважати попередником основних вузлів



П'ер Кюрі. в суспільному надбанні.

і модулів сучасного кварцового годинника і радіопередавачів. У 1882 році за рекомендацією англійського фізика Вільяма Томсона П'єра Кюрі було призначено керівником лабораторії нової Муниципальної школи промислової фізики і хімії. Хоча платня в школі була більш ніж скромною, Кюрі залишався головувати лабораторією протягом двадцяти двох років. Через рік після призначення Кюрі керівником лабораторії співпраця братів припинилася, оскільки Жак залишив Париж, щоб стати професором мінералогії університету Монпельє.

У період з 1883 по 1895 роки Кюрі виконав велику серію робіт, в основному з фізики кристалів. Його статті з геометричної симетрії кристалів і досі не втратили свого значення для кристалографів. З 1890 по 1895 роки Кюрі займався вивченням магнітних властивостей речовин при різних температурах. На підставі великого числа експериментальних даних в його докторській дисертації була встановлена залежність між температурою і намагніченістю, що згодом отримала назву «закона Кюрі».

1.2 Дружина Марія і спільна робота з радіоактивністю

Працюючи над дисертацією, Кюрі у 1894 році зустрівся з Марією Склодовською, молододо польською студенткою фізичного факультету Сорбонни. Вони одружилися в липні 1895 року, за декілька місяців після того, як Кюрі захистив докторську дисертацію. У 1897 році, незабаром після народження першої дитини, Марія Кюрі приступилася до досліджень радіоактивності, які незабаром поглинули увагу П'єра до кінця його життя.

У 1896 році Анрі Беккерель відкрив, що уранові з'єднання постійно випускають випромінювання, здатне засвічувати фотографічну пластинку. Вибравши це явище темою своєї докторської дисертації, Марія стала з'ясувати, чи не випромінюють інші з'єднання «промені Беккереля». Оскільки Беккерель виявив, що випромінювання, яке випускається ураном, підвищує електропровідність повітря поблизу препаратів, вона використовувала для вимірювання електропровідності п'єзоелектричний кварцовий балансир братів Кюрі. Незабаром Марія Кюрі прийшла до висновку, що тільки уран, торій і з'єднання цих двох елементів випускають випромінювання Беккереля, яке вона пізніше назвала радіоактивністю. Марія на самому початку своїх досліджень зробила важливе відкриття: уранова смоляна обманка (уранова руда) електризує навколишнє повітря набагато сильніше, ніж сполуки урану і торію, що містяться в ній, і навіть ніж чистий уран. З цього спостереження вона зробила висновок про існування в урановій смолянній обманці ще невідомого сильно радіоактивного елементу. У 1898 році Марія Кюрі повідомила про результати своїх експериментів Французьку академію наук. Переконалий в тому, що гіпотеза його дружини не тільки вірна, але і дуже важлива, Кюрі залишив свої власні дослідження, щоб допомогти Марії виділити невловимий елемент. З того часу інтереси подружжя Кюрі як дослідників злилися настільки повно, що навіть в своїх лабораторних записах вони завжди вживали займенник «ми».

Кюрі поставили перед собою завдання розділити уранову смоляну обманку на хімічні компоненти. Після трудомістких операцій вони отримали невелику

кількість речовини, що мала найбільшу радіоактивність. Виявилося, що виділена порція містить не один, а два невідомі радіоактивні елементи. У липні 1898 року Кюрі опублікували статтю «Про радіоактивну речовину, що міститься в урановій смолянній обманці» («*Sur une substance radioactive contenue dans la pecelende*»), в якій повідомляли про відкриття одного з елементів, названого полонієм на честь батьківщини Марії Склодовської. У грудні вони оголосили про відкриття другого елемента, який назвали радієм. Обидва нові елементи були у багато разів радіоактивніші, ніж уран чи торій, і складали одну мільйонну частину уранової смоляної обманки. Щоб виділити з руди радій в достатній для визначення його атомної ваги кількості, Кюрі в подальші чотири роки переробили декілька тонн уранової смоляної обманки. Працюючи в примітивних і шкідливих умовах, вони проводили операції хімічного розділення у величезних чанах, встановлених в дірявому сараї, а всі аналізи — в крихітній, бідно оснащеній лабораторії Муніципальної школи.

У вересні 1902 року подружжя Кюрі повідомило про те, що їм вдалося виділити одну десяту грама хлориду радію і визначити атомну масу радію, яка виявилася рівною 225. (Виділити полоній Кюрі не вдалося, оскільки він виявився продуктом розпаду радію.) Сіль радію світиться блакитнявим сяйвом і виділяє тепло. Ця речовина фантастичного вигляду привернула до себе увагу всього світу. Визнання і нагороди за її відкриття прийшли без угайки.

Кюрі опублікували величезну кількість інформації про радіоактивність, зібрану ними за час досліджень: з 1898 по

1904 роки вони опублікували тридцять шість робіт. Ще до завершення своїх досліджень Кюрі спонукали інших фізиків також зайнятися вивченням радіоактивності. У 1903 році Ернест Резерфорд і Фредерік Содді висловили припущення про те, що радіоактивні випромінювання пов'язані з розпадом атомних ядер. Під час розпаду (втрачаючи якісь із складових частинок), радіоактивні ядра зазнають трансмутацію в інші елементи. Кюрі одними з перших зрозуміли, що радій може застосовуватися і в медичних цілях. Відзначивши дію випромінювання на живі тканини, вони висловили припущення, що препарати радію можуть виявитися корисними при лікуванні пухлинних захворювань.

1.3 Нобелівська премія. Визнання

Шведська королівська академія наук присудила подружжю Кюрі половину Нобелівської премії з фізики 1903 року «на знак визнання ... їх сумісних досліджень явищ радіації, відкритих професором Анрі Беккерелем», з яким вони розділили премію. Кюрі саме хворіли і не змогли бути присутнім на церемонії вручення премій. У своїй Нобелівській лекції, прочитаній два роки по тому, Кюрі вказав на потенційну небезпеку, яку являють радіоактивні речовини, потрап вони до недобромисних рук, і додав, що він «належить до тих, хто разом із Нобелем вважає, що нові відкриття принесуть людству більше бід, ніж добра».

Радій — елемент, що зустрічається в природі украй рідко, і ціни на нього, з урахуванням його медичного значення, швидко зросли. Кюрі жили бідно, і брак коштів не міг не позначатися на їх дослідженнях. Разом з тим вони рішуче від-

мовилися від патенту на свій метод екстракції, так само як і від перспектив комерційного використання радію. На їх переконання, це суперечило б духу



П'єр і Марія Кюрі в лабораторії. в суспільному надбанні.

науки — вільному обміну знаннями. Не зважаючи на те, що така відмова позбавила їх чималого прибутку, фінансове положення Кюрі покращало після отримання Нобелівської премії і інших нагород.

Крім Нобелівської премії, П'єр Кюрі був удостоєний ще декількох нагород і почесних звань, зокрема медалі Деві Лондонського королівського товариства (1903) і золотої медалі Маттеуччі Національної Академії наук Італії (1904). Він був обраний до Французької академії наук (1905).

1.4 Раптова смерть

У жовтні 1904 року П'єр Кюрі був призначений професором фізики Сорбонни, а Марія Кюрі — завідувачкою лабораторії, якою раніше керував її чоловік. У грудні того ж року у Кюрі

народилася друга дочка. Збільшені доходи, покращене фінансування досліджень, плани створення нової лабораторії, захоплення і визнання світової наукової спільноти мали зробити подальші роки подружжя Кюрі плідними. Але, як і Беккерель, П'єр Кюрі пішов з життя дуже рано, не встигнувши насолодитися тріумфом і здійснити задумане. У дощовий день 19 квітня 1906 року, перетинаючи вулицю в Парижі, він підковзнувся і впав. Голова його потрапила під колесо проїжджого кінного екіпажа. Смерть настала миттєво.

1.5 Родина Кюрі

Марія Кюрі успадкувала його кафедру у Сорбонні, де продовжила свої дослідження радію. У 1910 році їй вдалося виділити чистий металевий радій, а у 1911 році вона була удостоєна Нобелівської премії з хімії. У 1923 році Марія опублікувала біографію чоловіка. Старша дочка Кюрі, Ірен, розділила зі своїм чоловіком Нобелівську премію з хімії 1935 року; молодша, Ев, стала концертуючою піаністкою і біографом своєї матері.

Серйозний, стриманий, цілком зосереджений на своїй роботі, П'єр Кюрі був разом з тим доброю і чуйною людиною. Він користувався досить широкою популярністю як натураліст-любитель. Однією з улюблених його розваг були піші або велосипедні прогулянки. Не зважаючи на зайнятість в лабораторії і сімейні турботи, Кюрі знаходили час для спільних прогулянок.

ПОЛОНИЙ

Полоній (Po) — радіоактивний хімічний елемент з атомним номером 84, перший елемент, відкритий за своїми радіоактивними властивостями П'єром Кюрі і Марією Склодовською-Кюрі у 1898 році при дослідженні уранової руди. Елемент названий на честь Польщі (лат. *Polonia*) — батьківщини Марії Склодовської-Кюрі.

Полоній — м'який, сріблясто-білий метал. Його густина $9,36 \text{ г/см}^3$. За хімічними властивостями Полоній найближчий до Телуру. На повітрі Полоній окиснюється. Середній вміст (кларк) Полонію в земній корі $2 \cdot 10^{-14} \%$ мас.

1. Історія

Відкритий П'єром та Марією Кюрі у 1898 році в урановій смолянній обманці³⁴¹. Елемент був названий на честь батьківщини Марії Склодовської-Кюрі — Польщі (лат. *Polonia*).

У 1902 році німецький вчений Вільгельм Марквальд відкрив новий елемент. Він назвав його радіотелуром. Кюрі, прочитавши нотатку про від-

криття, повідомила, що це елемент полоній, відкритий ними чотирма роками раніше. Марквальд не погодився з такою оцінкою, заявивши, що полоній і радіотелур різні елементи. Після ряду експериментів з елементом, подружжя Кюрі довели, що полоній і радіотелур мають один і той же період напіврозпаду. Марквальд був змушений відступити.

Перший зразок полонію, вагою 0,1 мг, був виділений у 1910 році.

2. Присутність у природі

Радіонукліди полонію входять до складу природних радіоактивних рядів:

^{210}Po ($T_{1/2} = 138,376$ діб), ^{218}Po ($T_{1/2} = 3,10$ хв) і ^{214}Po ($T_{1/2} = 1,643 \times 10^{-4}$ с) — до ряду ^{238}U ;

^{216}Po ($T_{1/2} = 0,145$ с) і ^{212}Po ($T_{1/2} = 2,99 \times 10^{-7}$ с) — до ряду Th;

^{215}Po ($T_{1/2} = 1,781 \times 10^{-3}$ с) і ^{211}Po ($T_{1/2} = 0,516$ с) — до ряду ^{235}U .

Тому полоній завжди присутній в уранових і торієвих мінералах. Рівноважний вміст полонію в земній корі $2 \times 10^{-14} \%$ по масі.

341 E. Rutherford Radioactive Substances and Their Radiations. — Лондон : Forgotten Books. — С. 20. — 699 с. — ISBN 1451001983, 9781451001983.

3. Ізотопи

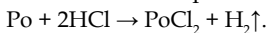
Станом на початок 2006 року відомі 33 ізотопи полонію в діапазоні масових чисел від 188 до 220. Крім того, відомі 10 метастабільних збуджених станів ізотопів полонію. Стабільних ізотопів не виявлено. Найтриваліші ізотопи, ^{209}Po і ^{208}Po мають періоди напіврозпаду 102 і 2,9 роки відповідно. Деякі ізотопи полонію, що входять до радіоактивних рядів урану і торію, мають власні назви, які зараз переважно розглядаються як застарілі:

Ізотоп	Назва	Позначення	Радіоактивний ряд
^{210}Po	Радій F	RaF	^{238}U
^{211}Po	Активний С'	AcC'	^{235}U
^{212}Po	Торій С'	ThC'	^{232}Th
^{214}Po	Радій С'	RaC'	^{238}U
^{215}Po	Активний А	AcA	^{235}U
^{216}Po	Торій А	ThA	^{232}Th
^{218}Po	Радій А	RaA	^{238}U

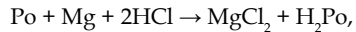
4. Властивості

Полоній — м'який сріблясто-білий радіоактивний метал.

Металевий полоній швидко окиснюється на повітрі. Відомі діоксид полонію (PoO_2) і монооксид полонію PoO . З галогенами утворює тетрагалогеніди. При дії кислот переходить у розчин з утворенням катіонів Po^{2+} рожевого кольору:



При розчиненні полонію в соляній кислоті в присутності магнію утворюється полонородень:



який при кімнатній температурі знаходиться в рідкому стані (від $-36,1$ до $35,3$ °С)

У індикаторних кількостях отримані кислотний триоксид полонію PoO_3 та солі полонієвої кислоти, що не існує у вільному стані — полонати K_2PoO_4 . Відомий також діоксид полонію PoO_2 . Утворює галогеніди PoX_2 , PoX_4 і PoX_6 . Подібно до телуру полоній здатний утворювати хімічні сполуки з рядом металів — полоніди.

Полоній є єдиним хімічним елементом, який за низької температури утворює одноатомну просту кубічну кристалічну решітку³⁴².

5. Отримання

Полоній виділяють, використовуючи методи осадження, екстракції, хроматографії, електрохімії.

6. Застосування

Полоній-210 в сплавах з берилієм і бором застосовується для виготовлення компактних і дуже потужних нейтронних джерел, що практично не створюють γ -випромінювання (та, на жаль, вони мають малий час напівжиття ^{210}Po : $T_{1/2} = 138,376$ діб). Альфа-частинки полонію-210 народжують нейтрони на ядрах берилію або бору в (α, n)-реакції. Джерела нейтронів мають вигляд герметичних металевих ампул, в які вкладена керамічна таблетка з карбїду бору або карбїду берилію, вкрита полонієм-210. Такі нейтронні

342 Игорь Иванов. «Разгадана загадка полония» (рос.) = «Розгадано загадку полонію». 12.07.07. ст. 1. <http://elementy.ru/news/430560> Прочитовано 2010-05-04. «Обчислення, проведені чеськими дослідниками дали відповідь на запитання, яке давно мучило фізиків: чому полоній надає перевагу кубічній кристалічній ґратці?».

джерела легкі і портативні, абсолютно безпечні в роботі і дуже надійні. Наприклад, латунна ампула діаметром два і заввишки чотири сантиметри щосекунди дає до 90 мільйонів нейтронів.

Полоній часто застосовувався раніше (іноді й зараз) для іонізації газів (зокрема повітря). У першу чергу іонізація повітря необхідна для боротьби із статичною електрикою (на виробництві, при роботі з особливо чутливою апаратурою)³⁴³. Наприклад, для прецизійної оптики виготовляються пензлики видалення пилу³⁴⁴. Інше застосування ефекту іонізації газу – велетродних сплавах автомобільних свічок запалювання для зменшення напруги виникнення іскри³⁴⁵.

Важливою сферою застосування полонію є його використання у вигляді сплавів зі свинцем, ітрієм або самостійно для виробництва потужних і дуже компактних джерел тепла для автономних установок, які використовуються, наприклад, в космічній галузі. Один кубічний сантиметр полонію-210 виділяє близько 1320 Вт тепла. Ця потужність досить велика, вона легко приводить полоній в розплавлений стан, саме тому його сплавляють зі свинцем. Хоча ці сплави мають помітно меншу енергогустину (150 Вт/см³), однак вони зручніші до застосування і безпечні, оскільки полоній-210 випускає альфа-частинки, проникна здатність і довжина пробігу яких мінімальні. Наприклад, у радянському місяцеході для обігріву приладового відсіку застосовувався полонієвий обігрівач³⁴⁶.

Полоній-210 може послужити в сплаві з легким ізотопом літію (⁶Li) у якості речовини, яка здатна істотно знизити критичну масу ядерного заряду і працювати свого роду ядерним детонатором. Тому полоній є стратегічним металом.

7. Біологічна роль

Полоній – надзвичайно токсичний метал. Має період напіврозпаду 138 днів і 9 годин. Його питома активність (166 ТБк/г) настільки велика, що, хоча він випромінює тільки альфа-частинки, брати його руками не можна, результатом буде променеве ураження шкіри і, можливо, всього організму: полоній досить легко проникає всередину крізь шкірні покриви. Він небезпечний і на відстані, що перевищує довжину пробігу альфа-частинок, оскільки його сполуки саморозігріваються і переходять в аерозольний стан. Гранично допустима концентрація у водоймах і в повітрі робочих приміщень – $11,1 \times 10^{-3}$ Бк/л і $7,41 \times 10^{-3}$ Бк/м³ відповідно. Саме тому з полонієм-210 працюють лише в герметичних боксах.

Полоній-210 в невеликих кількостях знаходиться в природі і накопичується тютюном, внаслідок чого є одним з помітних факторів, який завдає шкоду здоров'ю курця. Інші природні ізотопи полонію розпадаються дуже швидко, тому не встигають накопичуватися в тютюні³⁴⁷. «Виробники тютюну виявили цей елемент більш як 40 років тому, спроби вилучити його були безуспіш-

343 <http://forca.ru/knigi/arhiv/ustroystva-elektrobezopasnosti-18.html> Іонізатори повітря.

344 <http://www.2spi.com/catalog/photo/statmaster.shtml> Антистатичний пензлик.

345 J. H. Dillon. Polonium Alloy for Spark Plug Electrodes. J. Appl. Phys. 11, 291 (1940).

346 <http://npc.sarov.ru/issues/sarovbook/section3p11.html> «Ядерний Центр Росії – Саров».

347 <http://www.ponscig.com/ru/novosti.shtml?id=482> Полоній-210 в тютюновому диму.

ними», – йдеться в статті дослідників з американського Стенфордського університету й клініки Майо в Рочестері³⁴⁸.

Точних відомостей про вплив радіаційного отруєння полонієм на людину не існують, оскільки досліді на людині не проводилися (проводилися лише вимірювання кінетики малих доз полонію в організмі людини, а також спостереження декількох відомих випадків гострого або хронічного отруєння полонієм). За оцінкою фахівців, що була опублікована³⁴⁹ у науковому журналі *Journal of Radiological Protection*, яка базується на математичній моделі радіаційного отруєння, летальна доза полонію-210 для дорослої людини оцінюється в межах від 0,1-0,3 ГБк (0,6-2 мкг), при потраплянні ізотопу в організм через легені, до 1-3 ГБк (6-18 мкг), при потраплянні в організм через травний тракт.

Триваліші полоній-208 (період напіврозпаду 2,898 роки) і полоній-209 (період напіврозпаду 103 роки) мають

дещо меншу радіотоксичність на одиницю маси, що обернено пропорційна періоду напіврозпаду. Відомостей про радіотоксичність інших, недовговічних ізотопів полонію мало. в організмі людини полоній поводитьсь подібно до своїх хімічних гомологів селену і телуру: концентрується в печінці, нирках, селезінці і кістковому мозку. Період напіввиведення з організму – від 30 до 50 діб, виділяється в основному через нирки. Є повідомлення про успішне використання 2,3-димеркаптопропанолу для виведення полонію з організму щурів – 90% тварин, яким у вену вводилася смертельна доза полонію-210 (9 нг/кг ваги), вижили, тоді як в контрольній групі всі щури загинули протягом півтора місяці.

8. Література

Мала гірнича енциклопедія. в 3-х т. / За ред. В. С. Білецького. – Донецьк: «Донбас», 2004. – ISBN 966-7804-14-3.

348 <http://www.rian.ru/science/> «РІА Новини: Тютюн містить радіоактивний полоній-210». (рос.) 20080829/150786552.html.

349 <http://www.iop.org/EJ/abstract/0952-4746/27/1/001> Polonium-210 as a poison.

РАДІЙ

Радій (англ. *radium*, нім. *Radium*, рос. *радий*) — радіоактивний хімічний елемент. Символ Ra, атомний номер 88. Відкритий у 1898 році П'єром Кюрі і Марією Склодовською-Кюрі.

1. Історія

Відкритий П'єром та Марією Кюрі з допомогою їх помічника Густава Бемона³⁵⁰ (за іншими джерелами — Жака Бемона³⁵¹ у 1898 році.

Французькі вчені П'єр і Марія Кюрі виявили, що відходи, які залишаються після виділення урану з уранової руди (уранова смола, що видобувається в місті Яхимів, Чехія) радіоактивніші за чистий уран. З цих відходів подружжя Кюрі після кількох років інтенсивної роботи виділили два сильно радіоактивних елементи: полоній і радій. Перше повідомлення про відкриття радію (у вигляді суміші з барієм) Кюрі зробили 26 грудня 1898 у Французькій академії наук. У 1902 Кюрі і Андре Деб'єрн виділили чистий радій шляхом електролізу хлориду радію на ртутному ка-

тоді і подальшої дистиляції у водні. Виділений елемент був, як зараз відомо, ізотоп радій-226, продукт розпаду урану-238. За відкриття радію та полонію подружжя Кюрі отримали Нобелівську премію. Радій утворюється через багато проміжних стадій при радіоактивному розпаді ізотопу урану-238 і тому знаходиться в невеликих кількостях в урановій руді. Багато радіонуклідів, що виникають при радіоактивному розпаді радію, до того, як була виконана їх хімічна ідентифікація, отримали найменування типу радій А, радій В, С радій і т. д. Хоча зараз відомо, що вони являють собою ізотопи інших хімічних елементів, їх історично сформовані назви за традицією іноді використовуються.

2. Походження назви

Назва «радій» пов'язана з випромінюванням атомів Ra: лат. *radius* — промінь.

3. Властивості

Атомна маса для найстійкішого ізотопу ²²⁶Ra (період напіврозпаду бл. 1620

³⁵⁰ І. А. Леенсон. Полоний: что нового? — Химия и жизнь, №2, 2007. (рос.).

³⁵¹ Дмитрий Самин. Радиоактивность // 100 великих научных открытий. — Москва: «Вече 2000», 2002. (рос.).

років) – 226,0254. Сріблясто-білий метал, на повітрі набуває чорного кольору через утворення нітриду Ra_3N_2 . При спалюванні надає червоного відтінку полум'я³⁵². Густина 5500 кг/м^3 ; $t_{\text{плав}}$ $969 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{\text{кип}}$ бл. $1500 \text{ }^\circ\text{C}$.

Реагує з водою з утворенням сильного луку $Ra(OH)_2$. На повітрі легко окиснюється з утворенням RaO , сполучаючись з N, дає нітрид Ra_3N_2 .

Радій випромінює α , β , та γ промені, при змішуванні з берилієм емітує нейтрони³⁵³.

Середній вміст у земній корі $10^{-10}\%$ маси. Як член родини ^{238}U , ^{220}Ra є в усіх рудах урану (бл. $0,3 \text{ г/т}$). Внаслідок вимивання з уранових руд радій знаходиться в розчиненому стані у воді і входить до складу вторинних мінералів. У геології ізотопи радію ^{228}Ra і ін. застосовують для визначення віку океанічних осадових порід і мінералів.

Радій у мільйон разів радіоактивніший від урану з тією ж масою³⁵⁴.

4. Ізотопи

Відомо 25 ізотопів радію. Ізотопи ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra зустрічаються в природі і входять до складу радіоактивних рядів. Решта ізотопів були отримані штучно. Нижче наведені властивості деяких ізотопів радію³⁵⁵.

5. Отримання

Радій виділяють з уранових руд хімічним методом³⁵⁶. Металевий радій отримують

електролізом розчину $RaCl_2$ на ртутному катоді.

Масове число	Період напіврозпаду	Тип розпаду
213	2,74(6) хв.	α
219	10(3) мс	α
220	17,9(14) мс	α (99%)
221	28(2) с	α
222	38,0(5) с	α
223 (AcX)	11,43(5) дні	α
224 (ThX)	3,6319(23) дні	α
225	14,9(2) дні	β
226	1602(7) років	α
227	42,2(5) хв.	β
228 (MsTh ₁)	5,75(3) роки	β
230	93(2) хв.	β

6. Поширення в природі

Радій досить рідкісний. За час з моменту його відкриття – понад століття – у всьому світі вдалося добути всього лише $1,5 \text{ кг}$ чистого радію. Одна тонна уранової смолки, з якої подружжя Кюрі отримали радій, містить лише близько $0,0001 \text{ г}$ радію-226. Весь природний радій є радіогенним – виникає при розпаді урану-238, урану-235 або торію-232; з чотирьох знайдених в природі найпоширенішим і найтривалішим ізотопом (період напіврозпаду – 1602 роки) є радій-226, що входить до радіоактивного ряду урану-238. У рівновазі, відношення вмісту урану-238 і радію-226 в руді дорівнює відношенню їх

352 <http://www.webelements.com/radium/> Про радій на сайті Webelements (англ.).

353 <http://www.webelements.com/radium/> Про радій на сайті Webelements (англ.).

354 <http://www.webelements.com/radium/> Про радій на сайті Webelements (англ.).

355 Audi, Bersillon, Blachot, Wapstra. The Nubase2003 evaluation of nuclear and decay properties, Nuc. Phys. A 729, pp. 3-128 (2003).

356 И. А. Леенсон. Полоний: что нового? – Химия и жизнь, №2, 2007. (рос.).

періодів напіврозпаду: $(4,468 \times 10^9 \text{ років}) / (1602 \text{ роки}) = 2,789 \times 10^6$. Таким чином, на кожні три мільйони атомів урану в природі можна знайти лише один атом радію або 1,02 мкг/т (кларк у земній корі).

Всі природні ізотопи радію зведено у таблиці:

Ізотоп	Історична назва	Родина	Період напіврозпаду	Тип розпаду	Дочірній ізотоп (історична назва)
Радій-223	актиній X (AcX)	ряд урану-235	11,435 дні	α	радон-219 (актинон, An)
Радій-224	торій X (ThX)	ряд торію-232	3,66 дні	α	радон-220 (торон, Tn)
Радій-226	радій (Ra)	ряд урану-238	1602 роки	α	радон-222 (радон, Rn)
Радій-228	мезоторій I (MsTh _I)	ряд торію-232	5,75 роки	β	актиній-228 (мезоторій II, MsTh _{II})

Геохімія радію багато в чому визначається особливостями міграції та концентрації урану, а також хімічними властивостями самого радію — активного лужноземельного металу. Серед процесів, що сприяють концентруванню радію, слід вказати насамперед на формування на невеликих глибинах геохімічних бар'єрів, в яких концентрується радій. Такими бар'єрами можуть бути, наприклад, сульфатні бар'єри в зоні окиснення. Хлоридні сірководневі радієвмісні води в зоні окиснення стають сульфатними, радій осаджується з BaSO_4 та CaSO_4 , де він стає практично нерозчинним постійним джерелом радону. Через високу міграційну здатність урану і здатності його до кон-

центрування, формуються багато типів уранових рудоутворень в гідротермах, вулгілі, бітумах, вуглистих сланцях, пісковиках, торфовищах, фосфоритах, бурих залізняках, глинах з кістковими залишками риб (літофації). При спалюванні вугілля попіл і шлаки збагачуються ^{226}Ra . Також зміст радію підвищений в фосфатних породах.

У результаті розпаду урану і торію, та вилугування із порід нафти, що містять нафту, постійно утворюються радіонукліди радію. У статичному стані нафта знаходиться в природних пастках, обміну радієм між нафтою і водами, що її підпирають, немає (окрім зони контакту вода-нафта) і внаслідок цього є надлишок радію в нафті. При розробці родовища пластові та закачані води інтенсивно надходять у нафтові пласти, поверхня поділу вода-нафта різко збільшується і в результаті радій йде у потік вод, що фільтруються. За підвищеного вмісту сульфат-іонів розчинені у воді радій і барій осідають у вигляді радіобариту $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$, який випадає на поверхні труб, арматури, резервуарів. Типова об'ємна активність викачуваної водонафтової суміші за ^{226}Ra і ^{228}Ra сягає 10 Бк/л, що відповідає рідким радіоактивним відходам.

Основна маса радію знаходиться в розсіяному стані в гірських породах. Радій — хімічний аналог лужних і лужноземельних породоутворюючих елементів, що утворюють польові шпати, які складають половину маси земної кори. Калієві польові шпати — головні породоутворюючі мінерали кислих магматичних порід — гранітів, сієнітів, гранодіоритів та інших. Відомо, що граніти мають природну радіоактивність, яка трохи вища за фонову через домішки урану. Хоча кларк ура-

ну не перевищує 3 г/т, але в гранітах його вміст становить вже 25 г/т. Але якщо багато поширеніший хімічний аналог радію — барій — входить до складу досить рідкісних калій-барієвих польових шпатів (гіалофанів), а «чистий» барієвий польовий шпат, мінерал цельзіан $BaAl_2Si_2O_8$ дуже рідкісний, то накопичення радію з утворенням радієвих польових шпатів і мінералів взагалі не відбувається через короткий період напіврозпаду радію. Радій розпадається на інертний радон, що вивільняється порами і мікротріщинами і вимивається з ґрунтовими водами. У природі іноді зустрічаються молоді радієві мінерали, що не містять уран, наприклад радіобарит і радіокальцит, при кристалізації яких з розчинів, збагачених радієм (у безпосередній близькості від легкокорозійних вторинних уранових мінералів), радій кристалізується разом з барієм і кальцієм завдяки ізоморфізму.

7. Застосування

Радій застосовується як джерело α -частинок для приготування Ra-Be джерел нейтронів, для виготовлення світних фарб, у медицині — для радіо-

терапії та дефектоскопії, в техніці — для отримання радійберилієвих джерел нейтронів, як джерело гамма-випромінювання. Радій також використовується в геохімії як індикатор змішування і циркуляції вод океанів.

8. Біологічна роль

Радій надзвичайно радіотоксичний. в організмі він поводить себе подібно до кальцію — близько 80% радію, що потрапляє в організм, накопичується в кістковій тканині. Великі концентрації радію викликають остеопороз, самовільні переломи і злоякісні пухлини кісток та кровотворної тканини. Небезпеку несе також радон — газоподібний радіоактивний продукт розпаду радію.

Передчасна смерть Марії Кюрі сталася внаслідок хронічного отруєння радієм, тому що в той час ще не було усвідомлено небезпеку опромінення.

9. Література

Мала гірнича енциклопедія. в 3-х т. / За ред. В. С. Білецького. — Донецьк: «Донбас», 2004. — ISBN 966-7804-14-3.

ІРЕН ЖОЛІО-КЮРІ

Ірен Жоліо-Кюрі (фр. *Irène Joliot-Curie*, дівоче прізвище — **Кюрі**; * 12 вересня 1897, Париж — † 17 березня 1956, Париж) — французький фізик, лауреат Нобелівської премії з хімії 1935 року (спільно з Фредеріком Жоліо), старша дочка Марії Склодовської-Кюрі та П'єра Кюрі, дружина Фредеріка Жоліо-Кюрі.

1. Біографія

Ірен Жоліо-Кюрі народилася в Парижі. Вона була старшою з двох дочок П'єра Кюрі і Марі (Склодовської) Кюрі. Марі Кюрі вперше отримала радій, коли Ірен було всього рік. Приблизно в цей же час дід Ірен по лінії батька, Ежен Кюрі, переїхав жити в їхню сім'ю. За професією Ежен Кюрі був лікарем. Він добровільно запропонував свої послуги повсталим під час революції 1848 року і допомагав Паризькій комуні 1871 року. Ежен Кюрі складав компанію своїй внучці, поки її мати працювала в лабораторії. Його ліберальні соціалістичні переконання, як і властивий йому антиклерикалізм, вплинули на формування політичних поглядів Ірен.

У віці 10 років, за рік до смерті батька, Ірен Кюрі почала навчатися в кооперативній школі, організованій матір'ю і

кількома її колегами, зокрема фізиками Полем Ланжевенном і Жаном Перреном, які також викладали в цій школі. Два роки по тому вона вступила до Коледжу Севіньє (фр. *Collège Sévigné*), закінчивши



П'єр, Ірен і Марія Кюрі. в суспільному надбанні.

його напередодні першої світової війни. Ірен продовжила свою освіту в Паризькому університеті (Сорбонні). Проте на декілька місяців перервала своє навчання, оскільки працювала медичною сестрою у військовому госпіталі, допомагаючи матері робити рентгенограми.

Після закінчення війни Ірен Кюрі стала працювати асистентом-дослідником в Інституті радію, який очолювала її мати, а з 1921 року почала проводити самостійні дослідження. Її перші досліди

були пов'язані з вивченням радіоактивного полонію — елемента, відкритого її батьками понад 20 років тому. Оскільки явище радіації було пов'язане з розпадом атома, його вивчення давало надію пролити світло на структуру атома. Ірен Кюрі вивчала флуктуації, що спостерігалися у потоках альфа-частинок, які викидалися із надзвичайною швидкістю під час розпаду атомів полонію. На альфа-частинки, які складаються з 2 протонів і 2 нейтронів і, отже, є ядрами гелію, як на матеріал для вивчення атомної структури вперше вказав англійський фізик Ернест Резерфорд. 1925 року за дослідження цих частинок Ірен Кюрі здобула докторський ступінь.

Найвизначніші зі здійснених нею досліджень розпочалися кількома роками пізніше, після того, як 1926 року вона вийшла заміж за свого колегу, асистента Інституту радію Фредеріка Жоліо. 1930 року німецький фізик Вальтер Боте виявив, що деякі легкі елементи (серед них берилій і бор) випромінюють потужну радіацію при бомбардуванні їх альфа-частинками. Зацікавившись проблемами, які виникли в результаті цього відкриття, подружжя Жоліо-Кюрі (як вони себе називали) приготувало особливо потужне джерело полонію для отримання альфа-частинок і застосувало сконструйовану Жоліо чутливу конденсаційну камеру, для того щоб фіксувати проникливу радіацію, яка виникала таким чином.

Вони виявили, що коли між берилієм чи бором і детектором вміщується пластинка речовини з високим вмістом водню, то спостерігається майже вдвічі вищий рівень радіації. Подружжя Жоліо-Кюрі пояснило виникнення цього ефекту тим, що прониклива радіація ви-

биває окремі атоми водню, надаючи їм величезну швидкість. Незважаючи на те що ні Ірен, ні Фредерік, не зрозуміли суті цього процесу, проведені ними ретельні вимірювання проклали шлях для відкриття 1932 року Джеймсом Чедвіком нейтрона — електрично нейтральної складової більшості атомних ядер.

Продовжуючи дослідження, подружжя Жоліо-Кюрі прийшло до свого найзначнішого відкриття. Бомбардуючи альфа-частинками бор і алюміній, вони вивчали вихід позитронів (позитивно заряджених частинок, які за всіма іншими властивостями нагадують електрони), вперше відкритих 1932 року американським фізиком Карлом Д. Андерсоном. Закривши отвір детектора тонким шаром алюмінієвої фольги, вони опромінили зразки алюмінію і бору альфа-частинками. На їх здивування, вихід позитронів продовжувався протягом кількох хвилин після того, як було усунено полонієве джерело альфа-частинок. Пізніше Жоліо-Кюрі дійшли висновку, що частина атомів алюмінію та бору перетворилася на нові хімічні елементи. Більш того, ці нові елементи були радіоактивними: поглинаючи 2 протони і 2 нейтрони альфа-частинок, алюміній перетворився на радіоактивний фосфор, а бор — на радіоактивний ізотоп азоту. Протягом короткого часу Жоліо-Кюрі отримали багато нових радіоактивних елементів.

1935 року спільно Ірен Жоліо-Кюрі та Фредеріку Жоліо було присуджено Нобелівську премію з хімії «за виконаний синтез нових радіоактивних елементів». у вступній промові від імені Шведської королівської академії наук К. В. Пальмер нагадав Жоліо-Кюрі про те, як 24 роки тому вона була присутня на подібній церемонії, коли Нобелівську премію з хімії

отримувала її мати. «У співпраці з вашим чоловіком, — сказав Пальмаєр, — ви гідно продовжуєте цю блискучу традицію».

Через рік після отримання Нобелівської премії Жоліо-Кюрі стала повним професором Сорбонни, де читала лекції починаючи з 1932 року. Вона також зберегла за собою посаду в Інституті радію і продовжувала досліджувати радіоактивність. Наприкінці 1930-х років Жоліо-Кюрі, працюючи з ураном, зробила декілька важливих відкриттів і впритул підійшла до виявлення того, що під час бомбардування нейтронами відбувається поділ (розщеплення) ядра урану. Повторивши ті ж досліди, німецький фізик Отто Ган і його колеги Фріц Штрассман і Ліза Мейтнер 1938 року виявили вимушений поділ ядер урану.

Тим часом Жоліо-Кюрі почала все більшу увагу приділяти політичній діяльності і 1936 року протягом чотирьох місяців працювала помічником статс-секретаря у науково-дослідницьких справах в уряді Леона Блюма. Незважаючи на німецьку окупацію Франції 1940 року, Ірен та її чоловік залишилися в Парижі, де Жоліо брав участь в русі Опору. 1944 року у гестапо з'явилися підозри щодо його діяльності, і, коли він того ж року пішов у підпілля, Жоліо-Кюрі з двома дітьми втекла до Швейцарії, де вони залишалися до звільнення Франції.

1946 року Жоліо-Кюрі було призначено директором Інституту радію. Крім того, з 1946 по 1950 роки вона працювала в Комісаріаті з атомної енергії Франції. Завжди глибоко стурбована проблемами соціального і інтелектуального прогресу жінок, вона входила до складу Національного комітету Союзу французьких жінок і працювала у Всесвітній Раді Миру.

Роки праці з радіоактивними елементами завдали великої шкоди здоров'ю Ірен, і, як і її матір, вона захворіла на невиліковну тоді хворобу — лейкемію. Частково це могло бути спричинено випадковим опроміненням отриманим Ірен після вибуху полонієвої капсули на її лабораторному столі у 1946 році. Проте слід зазначити, що в 1940-ві роки на техніку безпеки ніхто не звертав особливої уваги, і досить часто радіоактивні матеріали брали просто руками. Можна сказа-

ти, що, як і на морі, «безпечне плавання» базується на тяжкому життєвому досвіді багатьох померлих моряків та вчених. До початку 1950-х років її здоров'я стало погіршуватися, ймовірно, внаслідок отриманої нею дози радіоактивності. Жоліо-Кюрі померла в Парижі 17 березня 1956 року від гострої лейкемії.

Висока худенька жінка, що прославилася своїм терпінням і рівним характером, Жоліо-Кюрі дуже любила плавати, ходити на лижах і здійснювати гірські прогулянки.



Ірен Жоліо-Кюрі (1935).
в суспільному надбанні.

2. Вшанування пам'яті

Крім Нобелівської премії, Ірен Жоліо-Кюрі була удостоєна почесних ступенів багатьох університетів і була членом багатьох наукових товариств. 1940 року їй було вручено золоту медаль Барнарда за видатні наукові заслуги, присуджену Колумбійським університетом. Жоліо-

Кюрі була кавалером ордена Почесного легіону Франції.

На її честь названо вулиці Одеси та Рівного (вул. Жоліо-Кюрі). Загалом на честь сім'ї Кюрі названо щонайменше чотири вулиці в Україні. Окрім Одеси та Рівного в Дніпропетровську є вулиця Марії Кюрі, а в Кривому Розі – вулиця Кюрі.

3. Бібліогрфія

- Черрато Симона. *Радіоактивність у родині: Невигадане життя Марії та Ірен Кюрі* / Пер. з італ. – К.: «К.І.С.», 2006. – 104 с.: іл. – (Жінки в науці).
- Marianne Chouchan, *Irène Joliot-Curie ou La science au cœur, Le Livre de Poche Jeunesse*, 1998, ISBN 2-01-321510-X

ЕВ КЮРІ

Е в Кюрі (фр. *Ève Curie Labouisse*, також поширений варіант **Єва Кюрі**; * 6 грудня 1904, Париж — † 22 жовтня 2007, Нью-Йорк) — французько-американська письменниця, журналістка, піаністка і політична діячка польського походження. Дочка Марії і П'єра Кюрі, молодша сестра Ірен Жоліо-Кюрі, невістка Фредеріка Жоліо. Авторка біографії своєї матері, Марії Кюрі, і воєнного репортажу «Подорож серед воїнів». З 1960-х років — активна учасниця програм з допомоги дітям під егідою UNICEF.

1. ДИТИНСТВО

Ев Кюрі народилася 6 грудня 1904 року в Парижі. Вона була молодшою дочкою Марії Склодовської-Кюрі і П'єра Кюрі, які мали ще дочку Ірен (н. 1897). Ев не знала свого батька, який трагічно загинув внаслідок нещасного випадку (потрапив під кінний екіпаж), коли їй було всього два роки. Після аварії Марії з донькою допомагав тесть — Юджин Кюрі, але він невдовзі помер (у 1910 році). Таким чи-

ном, Марія сама виховувала дітей, інколи з допомогою гувернанток. Пізніше Ев зізналася, що їй бракувало уваги з боку матері, і лише в підлітковому віці вона відчувала сильний емоційний зв'язок з матір'ю³⁵⁷.

Обидві доньки Марії, хоча й були громадянками Франції (Ев пізніше прийняла громадянство США) і їх першою мовою була французька, також зберегли усвідомлення свого польського походження і знали польську мову. У 1911 році разом з матір'ю відвідали Польщу, основною метою їх візиту була зустріч із сестрою Марії Склодовської-Кюрі, Броніславою, що перебувала тоді в санаторії. У Польщі вони здійснювали кінні прогулянки й кількадевні походи в гори³⁵⁸.

2. Молодість

В 1921 16-річна Ев здійснила першу подорож за океан: на катері «Олумпріс» разом з сестрою і матір'ю вони попливли до Нью-Йорка. Марію Склодовську-Кюрі, як дворазову лауреатку Нобелівської премії, зустрічали там з почестями, а її

³⁵⁷ <http://www.nytimes.com/2007/10/25/arts/25labouisse.html?partner=rssnyt&emc=rss> «Nekrolog Ève Curie». — New York Times. Процитовано 8 лютого 2010.

³⁵⁸ <http://www.answers.com/topic/ve-curie> «Biografia Ève Curie». — Answers.com. Процитовано 8 лютого 2010.

доньки одночасно виконували функцію «тілохранительок» — звикла до наукової зосередженості, Марія не відчувала себе комфортно будучи об'єктом пошестей. Еву місцеві газети описали як «дівчину з радієвими очима» (англ. *the girl with radium eyes*)³⁵⁹.

По поверненню в Париж Ев, як і її сестра Ірен, навчалася в Коледжі Севіньє (фр. *Collège Sévigné*) у Парижі, який закінчила 1925 року зі ступенем бакалавра природничих наук і філософії. Паралельно навчалась гри на фортепіано і перший свій концерт дала в Парижі 1925 року. Пізніше багаторазово концертувала в Парижі та передмістях, а також у Бельгії.

Після того, як Ірен вийшла заміж за Фредеріка Жоліо в 1926 році, Ев продовжувала жити з матір'ю в Парижі, супроводжуючи її у подорожах по країні, а також до Італії, Бельгії, Швейцарії, а в 1932 — разом з тодішнім президентом Чехословаччини Томашем Масариком — до Іспанії. Втім, на відміну від матері, Еву не приваблювали природничі і точні науки, натомість приваблювали гуманітарні науки і світське життя.

3. Біографія матері

Після смерті матері 1934 року, Ев вирішила написати її біографію, усамітнівшись для цього у невеличкому французькому містечку Отей, впорядковуючи документи й листи, залишені матір'ю. Восени 1935 відвідала Польщу в пошуках інформації про дитинство Марії. Плодом цієї роботи стала біографія «Мадам Кюрі» (*Madame Curie*), випущена в 1937

році у Франції, Великобританії, Італії, Іспанії, США та інших країнах. У Польщі ця робота була вперше опублікована в 1938 році під назвою «Марія Кюрі» (*Maria Curie*).

Книга здобула величезну популярність у багатьох країнах, вже 1937 року



Ев Кюрі (1921). в суспільному надбанні.

вона була відзначена нагородою National Book Award, а 1943 була екранізована компанією *Metro-Goldwyn-Mayer*. Щоправда, пізніше цю книгу історики науки критикували за агіографічний підхід, наприклад чималий

скандал викликали заяви про не опісаний у біографії роман Марії Кюрі по смерті чоловіка з його колишнім студентом, а згодом видним фізиком — Полем Ланжевенном.

Окрім біографії матері, Ев протягом багатьох років публікувала під псевдонімом музичні рецензії у щотижневнику *Candide*, а також статті про театр, музику і кіно в інших паризьких часописах³⁶⁰.

4. Роки війни

Після початку Другої світової війни в 1939 році Ев Кюрі була призначена керівником жіночого відділу французького комісаріату з інформації (фр. *Commissaire général à*

359 <http://www.timesonline.co.uk/tol/comment/obituaries/article2740123.ece> «Nekrolog Ève Curie». — The Times. Прочитовано 8 лютого 2010.

360 <http://www.answers.com/topic/ve-curie> «Biografia Ève Curie». — Answers.com. Прочитовано 8 лютого 2010.

l'information), який щойно очолив драматург Жан Жіроду. Після нападу Німеччини на Францію Ев 11 червня 1940 виїхала з Парижа, і після капітуляції Франції втекла, разом з іншими біженцями, на борту переповненого й обстрілюваного німецькими літаками корабля до Англії. Там вона приєдналася до руху Вільна Франція, очолюваного Шарлем де Голлем, за що Режим Віші позбавив Еву французького громадянства і конфіскував майно.

Більшу частину воєнного часу Ев Кюрі провела у Великобританії, де вона зустрілася з Вінстоном Черчиллем, а також відвідала польські війська в Шотландії, і Сполучених Штатах, де читала лекції і писала для американських газет, у тому числі «New York Herald Tribune» (сучасна «International Herald Tribune»). У 1940 була прийнята в Білому домі тогочасною «першою леді» США Елеонорою Рузвельт. Під впливом цього візиту здійснила кілька виступів під назвою «Французькі жінки і війна» (англ. *French Women and the War*), у травні 1940 щомісячник «The Atlantic Monthly» опублікував тексти цих виступів.

У період з листопада 1941 по квітень 1942 Ев Кюрі працювала військовим кореспондентом в Африці, Радянському Союзі та Азії, в цей період вона стала свідком, зокрема, британського наступу в Єгипті і Лівії у грудні 1941 року, а також наступу радянських військ під Москвою в січні 1942 року. Під час цієї кількомісячної поїздки, протягом якої вона здолала понад 60 000 км, Ев неодноразово мала можливість зустрітись з польськими солдата-

ми, що воювали на Близькому Сході і долучались до щойно створеної Польської Армії в СРСР генерала Владислава Андерса; зустрічалась з шахом Ірану Мохаммедом Реза Пахлаві, генералісиму-сом Чан Кайші і Магатмою Ганді. Звіти з подорожі публікувалися в американських газетах, а в 1943 були зібрані у книзі «Подорож серед військових» (англ. *Journey Among Warriors*), що в 1944 була номінована на Пулітцерівську премію (щоправда премії не здобула, тоді премія дісталася Ернесту Тейлору Пайлу)³⁶¹.

5. Повоєнні роки

Після визволення Франції в 1944–1949 Ев працювала в часописі «Paris-Presse», також активно діяла у сфері політики. Зокрема, в уряді Шарля де Голля займалася справами жінок; в 1948 разом з групою інших відомих європейських інтелектуалів підтри-



мує створення держави Ізраїль. в 1952–1954 роках працювала спеціальним радником Генерального секретаря НАТО, яким на той час був Гастінгс Лайонел Ісмей. 19 листопада 1954 вийшла заміж за американського політика й дипломата Генрі Річардсона Лабуасса, який в 1962–1965 був послом США в Греції. в 1958 отримала громадянство США.

³⁶¹ <http://www.answers.com/topic/ve-curie> «Biografia Ève Curie». – Answers.com. Прочитовано 8 лютого 2010.

6. Робота в UNICEF

В 1965 Евин чоловік залишив роботу в адміністрації США, а секретар ООН у Тан запропонував йому посаду директора організації UNICEF, що займається допомогою дітям. Цю функцію Лабуасс виконував до 1979 року; активно підтримувала його і дружина, яку часом називали «Першою леді UNICEF». Разом вони відвідали понад 100 країн, переважно третього світу, які були одержувачами допомоги UNICEF; в 1965 Лабуасс з дружиною прийняли Нобелівську премію миру, що була вручена організації UNICEF³⁶². Двічі після війни Ев відвідувала Польщу – в 1967 році з нагоди від-

криття Музею Марії Склодовської-Кюрі в Варшаві, а потім – в 1999 році.

7. Останні роки життя

Після смерті чоловіка в 1987 році Ев жила в Нью-Йорку. Вони з чоловіком не мали дітей, її відвідувала Енн Перець, єдина донька Лабуасса від першого шлюбу. У грудні 2004 року Ев Кюрі відзначала сторіччя, її особисто відвідав генеральний секретар ООН Кофі Аннан, привітальні листи надіслали президенти США (Джордж Буш) і Франції (Жак Ширак). 2005 була нагороджена Ордемом Почесного легіону. Померла в своїй резиденції у Манхетені у віці 102 років.

³⁶² <http://www.nytimes.com/1987/03/27/obituaries/henry-r-labouisse-dies-former-chief-of-unicef.html?pagewanted=1> «Nekrolog Henry'ego Labouisse'a». – New York Times. Прочитовано 8 лютого 2010.

ІНСТИТУТ ІМЕНІ МАРІЇ СКЛОДОВСЬКОЇ-КЮРІ У ВАРШАВІ

Центр онкології – інститут імені Марії Склодовської-Кюрі у Варшаві – центр онкології, що був заснований як «Інститут Радіо» з ініціативи Марії Склодовської-Кюрі (за сприяння президента Ігнація Мосцицького) 29 травня 1932 року.

1. Розташування

Головне приміщення інституту знаходиться у Варшаві на вулиці Рентгена, а клініка – на вулиці Вавельській.

2. Історія

Інститут був заснований 29 травня 1932 році за ініціативою та на прохання Марії Склодовської-Кюрі як Інститут радіо на вулиці Вавельській.

У 1951 році на підставі розпорядження Ради Міністрів об'єдано Інститут Радіо, що у Варшаві, Інститут онкології, що у Кракові (існує з 1947 року), та Національний інститут боротьби з раком, що у Глівіце, у Інститут онкології ім. Склодовської-Кюрі, який розмістився у Варшаві. Було створено філії у Кракові та Глівіце.

Завдяки зусиллям батька польської онкології професора Тадеуша Козаровського у варшавському районі Урсинуві



Стінопис на колишньому будинку Інституту Радіо по вулиці Вавельській у Варшаві. Текст звучить "Моїм найпалкішим бажанням є створення Інституту Радіо в Варшаві. Марія Склодовська-Кюрі". Світлина: Marcin Bialek (2007). CC BY-SA 3.0

втілено великі інвестиції, завдяки яким в 1984 році сюди було перенесено головне приміщення інституту. У тому ж році Інституту онкології, було дано нову назву: *Центр онкології – інститут імені Марії Склодовської-Кюрі*.

Центр є провідною установою з онкології в Польщі.

На одній зі стін інституту є напис пол. «*Marii Skłodowskiej Curie, w hołdzie*» («На честь Марії-Склодовської Кюрі»).

3. Джерела

Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie 1932–2002, red. E. Towpik, ISBN 83-88681-15-X

AUTORZY | AUTHORS LES AUTEURS | DIE AUTOREN АВТОРЫ | АВТОРИ

Poniższa lista obejmuje tylko zarejestrowanych wikipedystów, którzy edytowali hasła poświęcone Marii Skłodowskiej-Curie. Pozostali autorzy są uwzględnieni na stronach historii zmian artykułów w poszczególnych wersjach językowych.

The following list includes only logged in wikipedians who edited the articles about Marie Curie. Other contributors are recorded in the histories of changes of the articles in particular language versions.

La liste ci-dessous ne contient que les utilisateurs enregistrés qui ont modifié les articles portant sur Marie Curie. Les autres auteurs sont présentés sur les pages d'histoire de modifications des articles dans les versions linguistiques respectives.

Dieses Verzeichnis enthält nur registrierte Wikipedia-Autoren, die Artikel über Marie Curie bearbeitet haben. Übrige Autoren sind in der Versionsgeschichte einzelner Artikel zu finden.

Нижеприведённый список содержит исключительно зарегистрированных википедистов, редактировавших статьи, посвящённые Марии Склодовской-Кюри. Прочие авторы перечислены на страницах истории правок статей в соответствующих языковых разделах.

Наведений нижче список включає лише зареєстрованих вікіпедистів, котрі редагували статті присвячені Марії Склодовській-Кюрі. Інші автори перелічені в історіях зміни статей у відповідних мовних версіях.

JĘZYK POLSKI

Maria Skłodowska-Curie

http://pl.wikipedia.org/wiki/Maria_Skłodowska-Curie

Abronikowski, Adam.Kurowski, Adam1993, Adamt, Adziura, Agnosiewicz, Airwolf, Alan ffm, Alexbot, Alfons6669, AlleborgoBot, Ampersand, Andros64, Ankry, Antares, Antyczna, Arcanuss, Arkad, ArthurBot, Astromp, Avathar, Awersowy, Azymut, Bacus15, Balcer, BaQu, Bartek090, Bartłomiej Tomczak, BartłomiejB, Beau, Beau.bot, Beno, Berasategui, BetBot, Blotowij, Bocianski, Bonio, BOTarate, BotMultichill, Bugbot, Bukaj, Byczek1, C4, CarsracBot, Chepry, Chobot, Ciacho5, ClueBot, CommonsDelinker, D'ohBot, Dagny, Derbeth, Dij Schdzjarvk, DonnerJack.bot, Drozdp, Ella14, Energo, Enzo^, Erwin-Bot, Escarbot, Eskimbot, Faxebot, Filip em, Fizykaa, FlaBot, Gbylski, Gdarin, GhalyBot, Gophi, Grotesque, Grzegorz Dąbrowski, Gladka, Happa, Hekatomba, Hulek, Idioma-bot, Ignasiak, Isaacsvogtffried, JaGr, Jakubhal, JAnDbot, Jersz, Joi, Jordi Polo, Jozef-k, Julo, Jwitos, Kalium, Kamil9243, Karol Dąbrowski, Karpov, Kaszkawal, Kałaznikow, Kggucwa, Kinar, Klejas, Klima, Kocio, Kowalmistrz, Kpjas, Krzemian, Krzysiek-007, La Noirceur, LA2-bot, Lampak, Leinad, Lew zawodowiec, Littha.PL, Lord Ag.Ent, Louve, Lowdown, Luca Masters, Luckas-bot, Ludek, Ludwik, Luk-krasnal, Lukas3, LukKot, Lzur, ŁukaszWu, Magalia, Maglocunus, Maikking, Maire, Malarz pl, MalarzBOT, Marek013, Margoz, Markiel, Martixx, Masti, MastiBot, Masur, Mathiasrex, Matti1990, Matusz, McMonster, MelancholieBot, Merdis, MesserWoland, Meteor2017, Michal Rosa, Michal Sobkowski, Mix321, Mjbmrbot, Monopol, Mpfiz, Mulat, Mzopw, Nameless, Nathaniel Damned, Nihil novi, Nowicjusz, Nowis, NoychoH, Nutaj, OdderBot, Odoaker, Olafbot, Olusia2426, Oola11,

Paelius, Patryk91, PawełMM, Pawmak, Pawski, Pelnawiedzy, Piastu, Picus viridis, Pimke, Piotrek54321, Piotrg, PipepBot, Pitak, Pl2241, PMG, Polimerek, Przykuta, Pumex, Qazz, Rafalwit, Rechta, Refycul, Renaud, RibotBOT, RJB1, Robbot, Robert Borkowski, RoboServien, Romanm, Romuald Wróblewski, Ron whisky, Roo72, Sacud, SashatoBot, Sed3, Selena von Eichendorf, SETI3, Sidriel.13, SieBot, SirRoch, Sobi3ch, Sp5uhe, Stako, Staszek99, Stepa, Stiepan Pietrov, Stok, Stv, Stv.bot, Synthebot, Szczureq, Taw, Tawbot, Teddy beer maniac, The boss, TheAdam0s, Thijs!bot, Tik, Tilia, Timpul, TobeBot, ToBot, Tomzuk, Topory, TOR, ToSter, Towarzystwomscwholdzie, Towarzysz88, TR, Tsca, Tsca.bot, Tsmkows, TXiKiBoT, Vearthly, Viatoro, VolkovBot, Wbartoszy, Webkid, Wikipiek, WikitanvirBot, Wiktoryn, Wimmer, Witold1977, Wpedzich, WTM, Xabi, Xqbot, Youandme, YurikBot, Zorro2212, .anacondabot i 267 pozostałych autorów

Pierre Curie

http://pl.wikipedia.org/wiki/Pierre_Curie

Adam1993, Adziura, Akir, Alan ffm, Alexbot, Alfons6669, AlleborgoBot, AlohaBOT, Arekf, BetBot, BroviPL, CommonsDelinker, Derbeth, Dij Schdzjarvk, DodekBot, Erwin-Bot, Eskimbot, FlaBot, G.bot, Gerakibot, Gyurika, Ignasiak, Ilmatar, Incuś, Jersz, Jordi Polo, Jwitos, KamStak23, Karol Dąbrowski, KFM, Kilinkie, Konrad.h, Leopold, Loveless, Luckas-bot, LukKot, Lzur, MalarzBOT, Margoz, Mathiasrex, MelancholieBot, Mix321, Mpn, Mulat, Nameless, OdderBot, Olafbot, Organista1992, Pjahr, PMG, Polimerek, Rad-slaw, Rechta, Rei-bot, RibotBOT, Robbot, SashatoBot, Selena von Eichendorf, SieBot, Sobi3ch, Sp5uhe, Stv.bot, Tawbot, TheMyBrak, Thijs!bot, Tik, Tsca.bot, TXiKiBoT, VolkovBot, Wames, Wiggles007, Wikti,

Wimmer, Xqbot, YurikBot, Zero, Zwobot i 22 pozostałych autorów

Polon

<http://pl.wikipedia.org/wiki/Polon>

A-nobel-S, AlleborgoBot, AlohaBOT, ArthurBot, Awersowy, Azureus, Beno, BetBot, Dartanian, Delimata, DumZiBoT, EmausBot, Escarbot, Eskimbot, FlaBot, Fluxus, Gblyski, GrouchoBot, Grubel, Hannibal, Idioma-bot, Jacek FH, JDavid, KamikazeBot, Karol Dąbrowski, MalarzBOT, Masti, MastiBot, Masur, MateuszK, MatiOmlet, Matusz, McMonster, MelancholieBot, Michał Sobkowski, Mike132, NickyBot, Olafbot, Pe7er, PG, Piotr Parda, PixelBot, Pjahr, Polimerek, Ptbotgourou, Qblik, RibotBOT, Robbot, RomanXNS, RooBot, SashatoBot, SieBot, SpBot, Start8, Stv.bot, Suisui, Swordsman, Szaman22, Tawbot, Thijs!bot, TobeBot, Trang Oul, Tsca.bot, Tweenk, TXiKiBoT, VolkovBot, WikitanvirBot, Winiar, WM4034, Wortes, Wostr, Wpedzich, Xqbot, YonaBot, YurikBot, .anacondabot i 13 pozostałych autorów

Rad

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Rad_\(pierwiastek\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Rad_(pierwiastek))

A-nobel-S, AdSR, AlleborgoBot, AlohaBOT, ArthurBot, Beno, BenzolBot, BotMultichill, Buldożer, CarsracBot, Chemik10, Chobot, Chrumps, ChuispastonBot, CiaPan, DragonBot, Escarbot, Eskimbot, FlaBot, Gblyski, GhalyBot, Hannibal, Hulek, Idioma-bot, JAnDbot, KocjoBot, Louve, Loveless, Luckas-bot, Lzur, MalarzBOT, Masti, MastiBot, Matusz, MelancholieBot, Michał Sobkowski, Mpfiz, NickyBot, Nimeck, Odder, Olafbot, Patrol110, PawelJan, PG, PipepBot, Pjahr, Polimerek, Qblik, Raymundo, RibotBOT, Robbot, RooBot, SashatoBot, Sfu,

SieBot, Sloba, Stok, Swordsman, Tawbot, Tescobar, Thijs!bot, Tsca.bot, TXiKiBoT, VolkovBot, WikitanvirBot, Winiar, Wpedzich, Xqbot, YarL, YonaBot, YurikBot, Zwobot i 14 pozostałych autorów

Irène Joliot-Curie

http://pl.wikipedia.org/wiki/Irène_Joliot-Curie

ABach, Adziura, Alexbot, AlleborgoBot, ArthurBot, Beno, Berasategui, BetBot, BotMultichill, Bugbot, Chaplin2222, Chobot, Chrumps, CommonsDelinker, Courier, Cristoforo, Dij Schdzjarvk, DonnerJack.bot, Erwin-Bot, Eskimbot, FlaBot, G.bot, Gladka, Ilmatar, Irek0712, JAnDbot, Kazimierz drobicki, Kggucwa, LeonardoRob0t, Litawor, Lzur, Maire, Maksim-bot, MalarzBOT, Margoz, MastiBot, Michał Sobkowski, Nelya, Patern, Patrol110, PawelJan, PMG, SashatoBot, SieBot, SilvonenBot, Staszek99, Tawbot, Thijs!bot, TobeBot, Tsca.bot, Wames, Wikipiek, YonaBot, YurikBot, Zorro2212 i 7 pozostałych autorów

Ève Curie

http://pl.wikipedia.org/wiki/Ève_Curie

Adamt, Adi, Adziura, Airwolf, Alessia, AlleborgoBot, Andros64, Andrzej Matras, Arvedui89, Beno, Berasategui, Bogmis, Bot-Schafter, BotMultichill, CiaPan, Dixi, EgonBOT, Erwin-Bot, Escarbot, Grubel, Hortensja Bukietowa, Jarorox, Jonasz, Karol Dąbrowski, Kkic, Kowalmistrz, Lord Ag.Ent, Luckas-bot, Ludmiła Pilecka, Margos, Margoz, MastiBot, Mathel, Mathiasrex, Matma Rex, MatmaBot, Mkosmul, Mzieliński, Omerzu, PaGa, Patrol110, Picus viridis, Plushy, Romanc19s, Roo72, Rubinbot, SieBot, Slawojar, Stv.bot, Tawbot, Thijs!bot, Togo, Tsca.bot, TXiKiBoT, VolkovBot, WikitanvirBot,

YomanNH, YurikBot, Zorro2212 i 10 pozostałych autorów

Centrum Onkologii - Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie

http://pl.wikipedia.org/wiki/Centrum_Onkologii_-_Instytut_im._Marii_Sk%C5%82odowskiej-Curie_w_Warszawie

Adamt, Alan ffm, Botev, Elfhelm, EmausBot, Gbylski, Herr Kriss, Hiuppo, Kauczuk, Kpjas, Luckas-bot, Lukasz2, Magalia, Maikking, MalarzBOT, MastiBot, MatmaBot, Micga, Michał Sobkowski, Mikulczyk, Mrug, Netsurfer, RedBot, Remedios44, Robert Weemeyer, Roo72, Sed3, Sfu, ToBot, TR, Xqbot, Zu i 7 pozostałych autorów

ENGLISH LANGUAGE

Marie Curie

http://en.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie

A More Perfect Onion, Aaker, Acdx, AceofdataBase, Adashiel, Adept Ukraine, Aeluwas, Aenid, Ahoerstemeier, Ahuiztotl, Aiphistory, Airplaneman, Aitias, Ajh1492, Alansohn, Ale jrb, Alex13Parker, Alexbot, Alfalo, Alison, All Hallow's Wraith, AlleborgoBot, Allen234, AllyUnion, AlnoktaBOT, Amcwis, Ancheta Wis, Andre Engels, Andris, Angelfirenze, Anmnd, Antandrus, AntiSpamBot, AntiVandalBot, Applesseed, Arakunem, Arch dude, ArielGold, Aris Katsaris, Arizonast2, Aruton, Astrochemist, Atomic theorist, Atticted, Atwardow, Austin.g.meyer, Ava77, Avathar, B, Babylone, Balcer, Barliner, Barneywikipediaeditor, Bartosz, Bartoszbr, Basawala, Bcrowell, Beaumont, Bedbug11, Beinglethanded, BenFrantzDale, BenoniBot, BernardH, BetBot, BGManoffID, BillFlis, Blackeagle00, Blacketerh,

Bluap, Bluejay Young, Bmdavll, Bobo192, Bonhummm, Bota47, BotMultichill, Bryan Derksen, Bterwill, Bunzil, Byrial, Bytebear, C93bry, Cactus.man, CactusWriter, Calypso, Cambion, CambridgeBayWeather, Canadian Scouter, Canadian-Bacon, CanadianLinuxUser, Canthusus, Capecodeph, Capricorn42, Card, Carnildo, Catman1, Cbrown1023, Celerystick009, CharlotteWebb, Charmii, Cheese443, ChemGardener, Chicheley, Chobot, Choff723, Chris 73, Chrisbaird.ma, Chrislk02, ChrisRuvolo, Christian Historybuff, Christine1107, Citation, CJ MACA, Clarityfiend, Clemwang, ClueBot, Codik, Colonies Chris, Commander Keane, CommonsDelinker, Condem, Conrad Falk, Conversion script (anon), CoolKid1993, Coosbane, Coyets, Crankelwitz, Creidieki, Cremepuff222, CrZTgR, Curps, Curpsbot-unicodify, Cydebot, D'ohBot, D6, Da monster under your bed, Dabby, Daderot, DagosNavy, Damicatz, Daniel Case, Danski14, Darkfred, Darry2385, Dave souza, Davewild, David.Monniaux, DavidCane, DavidWBrooks, Davshul, Dcker, Dekimasu, Der Eberswalder, DerHexer, Desmay, Devonword, Dfbflynn, DHN, DHN-bot, Dhp1080, Dicklyon, Digwuren, Dina, Dirac66, Discospinster, Djordjes, Dlohcierekim, DMacks, Docu, Dominus, Donfbreed, Dovecholate987, Download, Dr. Dan, DragonBot, Dthomsen8, Dubbaj20, DumbBOT, DumZiBoT, DVD R W, DVdm, EBL, Edinborgarstefan, Efbrab, Ej, Eje211, Electron9, Ellywa, Emax, Emerson7, Epbr123, Escarbot, Etacar11, EugeneZelenko, Evercat, Everyking, Ewlyahoocom, Excirial, EyeSerene, Faiellie, Fang Aili, Fastfission, FF2010, Fibonacci, Figaro-ahp, Finell, Firefly322, Fixer88, FlaBot, Flyer22, Fnielsen, Frecklefoot, Frhoo, Friginator, Furryblobs, Fxmastermind, Gary King, Gazpacho, Gbleem, GcSwRhIc, GDonato, Gene

Nygaard, General Wesc, Genie,
 GeorgeStepanek, Geraki, Getler, GhalyBot,
 Ghirlandajo, Giftlite, Gilliam, Godfrey Daniel,
 Good Olfactory, Goudzovski, Gracenotes,
 Gtg204y, Guest9999, Gugilymugily, Gustav
 Korwin-Szwedowski, Gustavo Szwedowski de
 Korwin, Gwernol, Hadal, Haemo, Haham
 hanuka, Hashar, Hayabusa future, Headbomb,
 HeikoEvermann, HenryLarsen, HereToHelp,
 HistoryHero, HJV, Hmains, Hmwith,
 HomieGangstas, Hqb, Htown23, Huscarle91,
 Husond, Hut , Hydrargyrum, Hébus, James,
 Icairms, Ikiroid, Illinois208, ImageRemovalBot,
 Imjustmatthew, Ingolfson, IngSoc BigBrother,
 Ioliver, Iridescent, IRP, Ishboyfay, Ixfd64, J.
 delaney, Jackol, Jake Wartenberg,
 Jamaicanchick23, JAnDbot, Jaraalbe,
 JavaWoman, Jclemens, JdH, Jeff G., Jennavecia,
 JessBr, Jfc12, Jfredrickson, Jhinman, JhsBot,
 Jimp, Jleveque, Jmlk17, Joanjoc, Joaopenha,
 Joehines, John, John of Lancaster, John.n-irl,
 John254, JohnathanChan, Johnello,
 Johnpacklambert, Jojit fb, Jonemerson, Jose77,
 Joy, Joyous!, Jpbowen, Jpeob, Jreferee, JRWalko,
 Juggler821, Jung dalGLISH, JWPowell, Jóna
 Þórunn, Kaihsu, Kaldari, Kalmonacid, Karol
 Langner, Katieh5584, Katimawan2005,
 Kbdank71, Kchishol1970, KDLarsen, Keegan,
 Kelly Martin, Keno, Kerotan, Kingpin13,
 Kingturtle, Kirachinmoku, Kkm010, Knarf-bz,
 Knutux, Koavf, Kosmad, Kowalmistrz, Kram9,
 Ksnow, Kungfuadam, Kuru, Kusma, Lagalag,
 Lambiam, Lampsalot, Leandrod, LeaveSlaves,
 Lectoran, Legobot II, Lemeza Kosugi, LibLord,
 LiDaobing, Life, Liberty, Property, Liftarn, Lii,
 Listowy, Lithoderm, Llewelyn MT, LMB,
 Logologist, Lommer, Lord Emsworth,
 LordAnubisBOT, Lost tourist, LovesMacs, Luca
 Borghi, Lucasfbrbot, Luckas-bot, Luk, Luke96,
 Luna Santin, Luthinya, Lygophile, Lysy, M.

Gray, M0RD00R, MackSalmon, Macropode,
 Magioladitis, MagneticFlux, Mais oui!,
 MajorVariola, Makemi, Makomk, Malcolm
 Farmer, Malycytenar, MangaLuvr1r34,
 Manushand, Marc-André Aßbrock, MarcoTolo,
 Marixist101, MarkTwainOnIce, Martim33,
 Martin451, MartinBot, Masterpiece2000,
 Mathiasrex, Matt.T, Matthead, Matthew Fennell,
 Matticus78, Matusz, Mauri96, Mav, Maximus
 Rex, Maxis ftw, Mayoorean, McSly, Mdd4696,
 Mechante Anemone, Mehrdadd, Melaen,
 Melsaran, Member, Mentifisto, MER-C, Mfejazz,
 Mic, Micga, Michael Devore, Michael J,
 MikeJ9919, MikeVitale, Milkbreath, Mindmatrix,
 Miniyazz, Misiekuk, Miskin, Mjbmrbot, MMich,
 Molobo, Monegasque, Montrealais,
 MOSforever, Moyogo, Mr Mulliner, Mrand,
 MrSampson, MTSbot, Muke, MWaller,
 Mygerardromance, MyMoloboaccount,
 Mynameinc, MZMcBride, N1RK4UDSK714,
 Nagytibi, NAHID, Naohiro19, NawlinWiki,
 NBeale, Nedim Ardoğa, Nehrams2020, Nick C,
 Nick Graves, NickBush24, NickW557, Nihil
 novi, Nihiltres, Nikkimaria, Nivix, Nlu,
 Noirblood, Nomadtales, Nopetro, Norum,
 Numbo3-bot, Obli, Old Moonraker, Olivier,
 Omphaloscope, Orestek, Oxymoron83, Palica,
 Parable1991, Patchen, Pathoschild, PDH, Pdn,
 Per Honor et Gloria, Persian Poet Gal, PeterisP,
 Pgg, Philip Trueman, Piotrus, PipepBot, Pitan,
 Pizza1512, Plazak, PolishPoliticians,
 ProtectionTaggingBot, Prsephone1674,
 Pschemp, PuzzletChung, Pyroclastic,
 Quantpole, QWerk, Qxz, R. fiend, Ragesoss,
 Rakara, Rama, Random user 39849958, RattBoy,
 RedHillian, Redtigerxyz, Regibox, Rejedef,
 Reliablewikipediaeditor, Resurgent insurgent,
 Retiono Virginian, RexNL, Reywas92,
 Rhiannoneva, Rholton, Riana, RibotBOT, Rich
 Farmbrough, Richardlorie, Rising*From*Ashes,

RJaguar3, Rjwilmsi, Rlove, Roadrunner, Robaato, Robbot, RobotG, Robwingfield, Rodrigia, Romanm, Roo72, RoyBoy, Rrostrom, RS1900, Rshu, Rumping, RussBot, S trinitrotoluene, S2000magician, Sabbut, Salix alba, Sam Hocevar, Samsmasam, Sango123, Saruha, SashatoBot, Satori Son, Savant13, SchfiftyThree, Schumi555, Schzmo, Science History, Sciurinae, Scubazim, Scuttlebu345, Sean D Martin, Sean Whitton, SeanO, Sevenseseasofrhye, Shadowgirl17, Shanes, Shanew2, Shoshonna, SieBot, SilverStar, Simfish, Sintaku, SiobhanHansa, Sjakalle, SkyWalker, Slyguy, SmackBot, SmartBagel, Smeira, Smiemily, Snowwolf, Soliloquial, Solipsist, Someone else, Sopranosmob781, Soturo, Soup77, SourSW, SoxBot III, Space Cadet, Spamhunt, Spangs, Spartan-James, Spencer195, Spittlespat, SpLoT, Springnuts, Sprout333, Srleffler, Staeiou, Starnold, Starry.dreams, Starwarsbuffycg, Stay cool, StealthCopyEditor, Stephenb, Stephenchou0722, Stevenscollege, STGM, Stone, Storysmithsusanmarie, Sturm55, Sub1234567, SundarBot, SuperGirl, Supreme Bananas, Svemir, Swd, Symane, Synchronism, Synthebot, SystemBuilder, Szopen, TamponNoJutsu, Tannin, Tawkerbot2, Tawkerbot4, Tea with toast, Techman224, TedE, Tennispro45, Terri G, ThaddeusB, The Anomebot, The sock that should not be, The Thing That Should Not Be, TheKMan, TheMadBaron, Thingg, Threeafterthree, Tiddly Tom, TigerShark, TimBentley, Time3000, Timex987, TimurFriedman, Tiptoety, Tjmayerinsf, Tnxman307, TobeBot, Tom, TomasBat, TomTheHand, Torchiest, TpbBradbury, Trevor Marron, Trialsanderrors, Triggers13, Troy 07, Tualine, Tulkolahten, TXiKiBoT, Ukexpat, Ultratomio, UnicornTapestry, Unschool, Unsuspected, Utcursch, Uttermutter,

Valentinian, Vanjagenije, Vardion, Vary, VASANTH S.N., Vcelloho, Veesticle, Vegalabs, Veronika29, Versus22, Vicarious, Violetriga, Viriditas, VoABot II, Voidvector, VolkovBot, Vsmith, Vssun, WadeSimMiser, Wasagabeans, Westermarck, Wet flame20, Where, Whobot, Wi-king, Wiki alf, Wiki Roxor, Wikiikiw, WikitanvirBot, WikiusersNI, William Ackerman, Willking1979, Wimt, Witkacy, WlaKom, WLIor, Wmahan, Woijtek, Woohookitty, WriterListener, Ww2censor, Wyklety, X1a4muse, Xojackieiox, Xqbot, Yelyos, Yobot, Yonatan, Yopeople, Yossiea, YurikBot, Z.E.R.O., Zanimum, Zarniwoot, Ze miguel, Zebra7, ZICO, Ziggurat, Zippanova, Zorkerz, Æthelwold, Сама Стефановић, .:Ajvol.:, 0x6D667061, 1549bcp, 1jasper10, 83d40m and 815 other contributors

Pierre Curie

http://en.wikipedia.org/wiki/Pierre_Curie

A8UDI, Akayser2133, Alexbot, AlnoktaBOT, Alvestrand, Alyoshka, Andre Engels, AntiVandalBot, Antonio Lopez, Aris Katsaris, Arjun01, Bdwick12, BetBot, Bkonrad, Bluap, Bluejay Young, Bmicomp, Bobo192, Bota47, BotKung, Bped1985, Brandon5485, Bunzil, Calypso, Carlsotr, Carmichael95, Chlewbot, Chobot, Chuyelchulo, Clreland, ClueBot, ClueBot NG, CommonsDelinker, Connelly, CoolKid1993, Copysan, Coyets, Curps, Curpsbot-unicodify, Cydebot, D6, DancingPenguin, David.Monniaux, Davshul, Deineka, Delox, Dicklyon, Donreed, DragonBot, Duncharris, Edgar181, Edward, Elborgo, Elm-39, Emerson7, EmxBot, Epbr123, Evil Monkey, Excirial, Favonian, Fibonacci, FlaBot, Flyer22, FrescoBot, GcSwRhIc, Gene Nygaard, Gerakibot, Giftlite, Goudzovski, Grim23, Gyurika, Gökhan, Haiviet, HappyInGeneral, HasharBot, Hayabusa future, Headbomb,

Hemmingsen, Hotdiggydog, Hqb, Humanist, Icairns, Inverbriggs, InvisibleSun, Iridescent, Isnow, J.delanoy, Jaraalbe, Jauhienij, JdH, Jed S, JEm123, Jennavecia, JhsBot, Jimmyeatskids, Jmlptzlp, JoeBot, JoeSmack, John, JohnCD, Johnpacklambert, JorisvS, Josh3580, Jumbuck, JustynaCarr, Koavf, KocjoBot, Kraxler, Ksnow, Lareine, Legend, Lemeza Kosugi, Leuko, Lightmouse, Lindmere, Logologist, Looxix, Loyh, Luca Borghi, Luckas-bot, Lugnuts, Luna Whistler, Mandarax, Marc-André Aßbrock, Markornikov, MartinBot, Masterpiece2000, Mastrchf91, Mathiasrex, Mattbr, Mav, Maximus Rex, Maxis ftw, Mic, Michael Hardy, Mihai, MikeVitale, MiLo28, Minkythecat, Misortie, Monegasque, MOSforever, Murtasa, MWaller, Nappyrootslistener, Nedim Ardoğa, Neoflame, Netkinetic, Netsnipe, Nick, Nihil novi, Obafgkm, ObsidianOrder, Olivier, Oracleofottawa, Paine Ellsworth, PDH, Philg88, Philip Trueman, Pieter Kuiper, PiiL, Pil56, Pizza1512, Pjacobi, PuzzletChung, Pyroclastic, Quuxplusone, Ranveig, Resurgent insurgent, RibotBOT, RjwilmsiBot, Robbot, RobotG, Roger abner, RussBot, Ruzewski, Ryan Postlethwaite, SashatoBot, Seaphoto, Shabbycat, Shsilver, SieBot, Sionus, Siroxo, Slon02, SmackBot, Smartgirl22, Somercet, Srleffler, Stephenb, Stroppolo, Suffusion of Yellow, SuperGirl, T-borg, T-W, TaBOT-zerem, Tawkerbot2, The Anomebot, The Thing That Should Not Be, TheParanoidOne, Thijs!bot, Tom, Treisijs, Twthmoses, TXiKiBoT, UltimaRatio, Valentinian, Vanka5, VASANTH S.N., Veescle, VI, Vicki Rosenzweig, Vitecek, VoABot II, VolkovBot, Vsmith, Weareqpr, WestA, Whobot, Wiki alf, Wikisidd, WikiuserNI, Xqbot, Yamamoto Ichiro, Yssoon, YurikBot, Zarniwoot, Zazpot, Ze miguel and 190 other contributors

Polonium

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polonium>

A bit iffy, Abune, Acroterion, AdamFunk, Aesopos, Ahoerstemeier, Alanevans, Alanjones25, Alansohn, Alexd17, Alexmcfire, Algocu, Ali@gwc.org.uk, AlimanRuna, AlleborgoBot, Alpha Quadrant, Alphachimp, Alsandro, Anclation, Anna Britten, AnomieBOT, AntiVandalBot, Arkuat, ArthurBot, Astatine-210, Aste, AThing, Athipedia, Athomic69, AtomicFire, AussieBoy, Awesomebitch, AySz88, AzaToth, Baccyak4H, Badseed, Barnas, Baronnet, Baynardo7, Beetstra, Bender235, Benjah-bmm27, BerserkerBen, Bewildebeast, BillFlis, BirdValiant, Bladeofgrass, BlueEarth, Blueraspberry, Bobo192, Bocianski, Borislav Dopudja, Bota47, Brandon, Bryan Derksen, Bubbles34 11, Bucky242, By97aa, Cadmium, Can't sleep, clown will eat me, Canadian-Bacon, Captain Video, Carmichael95, Carnildo, CarsracBot, Cekli829, Cgingold, Chameleon, ChandlerMapBot, Chaser, ChazYork, ChemNerd, ChirpingPenguin, Chivista, Chnv, Chobot, Chris 73, Chrislk02, Chuckwatson, Ciphergoth, Citation bot, Citation bot 1, Cjpuffin, ClueBot, ClueBot NG, CmdrObot, Cmprince, Coemgenus, Coredesat, Corti, CP\M, CrazyChemGuy, Crywalt, CWilly09, CWY2190, Cybercobra, CYD, DalekThay, Damnreds, Dan100, Dancraggs, Dangfrick, Daniel Olsen, Darkl0rd182, Darth Panda, David Haslam, David Latapie, Davidruben, DB 8870, Deflective, Deglr6328, DeltaF508, DeusMP, Dfrg.msc, DGJM, DHN-bot, Dina, Diomidis Spinellis, Dirac66, Discospinster, DMacks, DocWatson42, DOI bot, Donreed, Dowcet, Downward machine, DragonflySixtyseven, Drbug, Dreish, Dricherby, Dulciana, DumZiBoT, Duncan.france, Dwchin, Dysepsion, Dysprosia, Dzubint, East of

Borschov, Ed Fitzgerald, Ed4linda, Edgar181,
 Editor at Large, El C, Eleuther, Elmarco,
 EmausBot, Emc2, Emmiep, Emperorbma,
 Epbr123, Eridani, Erik Zachte, Erth64net, ESKog,
 Esoltas, Essent, Faiellie, FairuseBot, Feline1,
 Femto, Ferkelparade, FF2010, Fibonacci, FlaBot,
 Floaterfluss, Fodio, Freticat, Fungible,
 Fvasconcellos, Fys, Gabi S., Gaius Cornelius,
 Gareth.randall, Garion96, Gdavidp, GDonato,
 Gene Nygaard, Giftlite, Gloop,
 Gogetinaditchyouhobo, Goldfinch, Goudzovski,
 GracieLizzie, Graham87, Grahamers,
 Grammarbot, GrinBot, Gritzko, GrouchoBot,
 Grunkhead, Gugilymugily, Gurch, Gypsypkd,
 H Padleckas, Hankwang, HappyCamper,
 HazyM, Headbomb, Headybrew, Hektor,
 Herkdrvr, HMGriffin, Hodja Nasreddin, HPaul,
 Hqb, Humanist, Icairns, IcarusWingsOfWax,
 Ideyal, IForgotToEatBreakFast, Imjustmatthew,
 Itai, IW.HG, J.delanoy, Jackbonneruk, JAnDbot,
 Janke, Jao, Jaraalbe, Jauerback, Jeepday, Jeepien,
 Jeff G., Jellyfisho, Jeltz, JForget, Jimp, Jinma, Jj
 the survivor, Jkl, Joanjoc, Joegee, John, John of
 Reading, Joseph 2166, Jotterbot, Juansmith,
 Julesd, Jumbuck, Jurand, Jusdafax, Justicio, K,
 Karn, Kay Dekker, Kernel.package, Kerowren,
 Kev-o1102, Kghusker, Khalid hassani, Khukri,
 Kirils, Kman90, Kpalion, Kpjas, KudzuVine,
 Kwamikagami, Kwertii, Larryisgood, Lawpuh,
 LeaveSleaves, Lennylim, LibLord, LilHelpa,
 Lincmad, Lklundin, Logicgate00, LokiiT,
 Lolitaona, Lord Anubis, LorenzoB, Lost tourist,
 Lradrama, Lt-wiki-bot, LukeSurl, Madder, Man
 with two legs, Marc Venot, Marielle24, Markco1,
 MarkSutton, Martin451, MartinBot,
 Materialschemist, Mathiasrex, Mattgirling,
 Maurice Carbonaro, Mausy5043, Mav,
 MaxEspinho, McSly, Mdf, Meertn, Mglg, Miecui
 K, Mifter, MightyWarrior, Mikespedia,
 Minesweeper, Mistercow, Misza13, Mondebleu,
 Morwen, Moshe Constantine Hassan
 Al-Silverburg, Muttonking, MWS, Mycroft.
 Holmes, Mylon, Mysterychopper3027,
 Nabokov, Nate Biggs, NawlinWiki, NcSchu,
 Nergaal, Nick, Nick Y., NickBush24, Niffux,
 Nihiltres, Nivagh, Nrcprm2026, NSH001,
 Numbo3-bot, Nyq, Nyttend, Opirt, Origamikid,
 Oxymoron83, Paraballo, Pasachoff, Patrick,
 Patstuart, Paul simmons1987, PBIPhotobug,
 Pernambuco, PeterJeremy, Petri Krohn, Pgg,
 PGWG, Philip Trueman, Physchim62, Piano non
 troppo, Pilotguy, Pingveno, PixelBot, Pkoppben,
 PL290, Plasticup, PlatinumX, Pleonic, Pol098,
 Polonium, Poolkris, Popo le Chien, Pqrstuv,
 Rameshngbot, Rcnct, Remember, Rich
 Farmbrough, Rifleman 82, Right angle, Ripchip
 Bot, Rjwilmsi, RjwilmsiBot, Robbot, RobotE,
 Roentgenium111, Rolypolyman, Romanm,
 Rory096, Royalbroil, Rrburke, Rubicon,
 Rundquist, Ryan Reich, Rydra Wong, Sanchom,
 Saperaud, SashatoBot, Schneelocke, Sengkang,
 SH84, Shanes, Shinkolobwe, Shultzc, SieBot,
 Sisu99, Sl, Sladen, Slogby, Slon02, SmackBot,
 Sofakingon, Sotakeit, Spiel496, Srleffler,
 Srock-rocks, StealthFox, Steel, Stephen B
 Streater, Stephenb, StepHP, Stifynsemons, Stone,
 Stui, SunadirE, Svante, SWAdair, SweetNeo85,
 Swid, Symon, SynergyBlades, T-borg, Talon
 Artaine, Tapir Terrific, Tdoublenineone,
 Tetracube, The Cunctator, The Font, The
 Rambling Man, The Thing That Should Not Be,
 Thefool12367, Theo Pardilla, Thijs!bot, Thingg,
 Thumperward, Tide rolls, Timothylord,
 TimVickers, Tinsman, TinucherianBot II,
 Tjmayerinsf, TobeBot, Trumpet marietta 45750,
 Tsp110, TXiKiBoT, V1adisIav, Versus22,
 Vgranucci, VoABot II, VolkovBot, Vsmith,
 VTNC, Wanted, Watch37264, Wd930, Welsh,
 Weyandt, What!?Why?Who?, WhiteCurse15,
 Wikifier, Wikikids07, Willie xD, WinBot,

Witkacy, Wtmitchell, Wtwjgc, Xaje, Xqbot, Yaf, YBeayf, Yekrats, Yerpo, Yobot, YonaBot, YurikBot, Yyy, ZayZayEM, Zfr, Zoporific, Zowie, Zzuuzz, كاشف عقول, .anacondabot, 007bond05, 28bytes and 411 other contributors

Radium

<http://en.wikipedia.org/wiki/Radium>

A Brave New World, A.Ou, Achaemenes, Adambro, Adashiel, AdjustShift, Ahoerstemeier, Aitias, Ajraddatz, AkhtaBot, Alansohn, AlimanRuna, AlleborgoBot, Aloysius, Ampix0, Anaxial, Anclation, Andre Engels, Andrewa, Andrewrp, Andy120290, Angrysockhop, Anonymous Dissident, Antandrus, AntiVandalBot, AOC25, Arcendet, Arkuat, ArthurBot, Bart133, Beetstra, Benbest, Bentogoa, Bermicourt, Bfigura's puppy, Big Brother 1984, Bkell, Bkonrad, Blainster, Blanchardb, Bluebot, BlueEarth, Bobo192, Bobwp, Brianhe, Bryan Derksen, Bubbachuck, BVBede, Can't sleep, clown will eat me, CanadianLinuxUser, CanisRufus, Capecodeph, Capricorn42, Carsrac, CarsracBot, Cbrown1023, Chobot, Chris 73, Christoph Scholz, ChuispastonBot, Citation bot, Citation bot 1, Clay66, ClueBot, ClueBot NG, Crazycomputers, Cryptic C62, Cureden, Cwksmail, Cybercobra, Cyclonenim, CYD, D, Danny, Dannyc77, Dantegao, DariusMazeika, DarkAudit, Darrien, Darth Panda, Dave6, David Latapie, David spector, David.Monniaux, Dcb1995, DcoetzeeBot, Deadlord114, Deflective, Dennis Brown, DennyColt, Dephillips21, Derek Ross, DerHexer, Discospinster, Djma12, Dr Zak, Dr.alf, DragonBot, DrBob, Dreamyshade, Drilnoth, Dryman, Dsfhsdkfjshdfkjsdh, DumZiBoT, DVD R W, E9, Edgar181, Eeekster, El, El C, Emperorbma, EmxBot, Eprbr123, Eric119, Erik Zachte, Escarbot, Evo584, Faiellie, Fasettle, Favonian, Femto, Fibonacci, Finalius,

FlaBot, Flowerpotman, Fluri, Flyer22, Fonzy, Frankenpuppy, Freywa, Gene Nygaard, GhalyBot, Gilgamesh he, Gillyweed, Gioto, Glenn, Gogo Dodo, Goldenchocolate, Graham87, Greatpatton, GrinBot, Grumpyoldgeek, Gypsykd, Hak-kâ-ngin, Hayabusa future, HazyM, Hdt83, Headbomb, HowardMorland, Hqb, Humanist, I dream of horses, Icairns, Ideyal, Idioma-bot, IForgotToEatBreakFast, Imjustmatthew, Iridescent, J.delanoy, JaGa, JAnDbot, Jaraalbe, Javert, JDSpeeder1, Jeronimo, JForget, JimVC3, Jluros, Jmrwacko, Joanjoc, John, John C PI, JonathanH13, Joshtynan, Joyous!, Julian Mendez, Jumbuck, JunCTionS, Junglectat, Jurand, Kafka Liz, Kaiba, Kalamkaar, Karl-Henner, Karn, Kateshortforbob, KeithD, Kerotan, Kesho, KGasso, Kilo-Lima, King of Hearts, Kpalion, Kukini, Kwamikagami, L Kensington, Lanthanum-138, LarryMorseDCOhio, Law, Leafyplant, Lightmouse, Likethesunshine, Luckas-bot, Lugnuts, Luk, Magister Mathematicae, Malbi, Marc Venot, Martin451, MartinBot, Marudubshinki, Materialscientist, Math Champion, Mav, Mayoorean, McSly, Mdf, Mike2379, Miranche, Misarus.von, Mkweise, Moreschi, MPerel, Muncadunc, Mwanner, Nakon, NawlinWiki, NeonGas, Nergaal, Neverquick, Nihiltres, Noctibus, NotALizard, Nsaa, Numbo3-bot, Oatmeal batman, Obli, Palica, Pallab1234, Paul1953h, Pernambuko, Pharaoh of the Wizards, Philip Trueman, Piano non troppo, Piperh, Polyamorph, Polyparadigm, Poolkris, Poor Yorick, Postdlf, Prashanthns, Primate, Pstudier, Quantumor, R, R8R Gtrs, Rameshngbot, Ranveig, Razorflame, Rboatrigh, Remember, RexNL, RibotBOT, Rich Farmbrough, Richard Arthur Norton (1958-), Rifleman 82, Rjd0060, Rjwilmsi, Robbot, Robin

Patterson, Ronhjones, Rory096, Roudhound123, Rsm99833, Rursus, Sahanaholla, Sam8, Saperaud, SashatoBot, Schneelocke, Science Focus, Scorebord, Scottmsg, Seng kang, Shawn in Montreal, Shinkolobwe, Shoeofdeath, Shotwell, Shuheziang, SieBot, SimonP, Sjö, Sl, SmackBot, Smokefoot, Soliloquial, Soosed, SoWhy, SoxBot III, SpookyMulder, Squiddy, Stack, Staffelde, Stifynsemons, Stipotjeguy, Stone, Svante, SvenskaJohannes, Synchronism, T-Bone, Tadiew, Tagishsimon, Tawkerbot2, Tawkerbot4, TenOfAllTrades, Tetracube, The Thing That Should Not Be, Thebeast11, Thedjatclubrock, TheInsaneMonkey123, Thijs!bot, Thom.fynn, Thumperward, Tide rolls, Tim Starling, Tobias Hoevekamp, Travis. Thurston, Travist, Triskaideka, Trovatore, Trumpet marietta 45750, Trusilver, Tsca.bot, Twang, TXiKiBoT, Urbster1, Useight, Vanished user 39948282, Vargenau, Vina-iwbot, Viriditas, VoABot II, VolkovBot, Vsmith, Watch37264, Wayne Slam, West.andrew.g, Whosasking, Wikipeddio, Wikipelli, WikitanvirBot, Wikivendett, William Avery, Xenon128, Xiahou, XJamRastafire, XLinkBot, XoxoEmily, Xp54321, Xqbot, XRiamux, Yamla, Yekrats, Yggdræsil, Yobot, Yortzec, YurikBot, Yyy, Zaxgs, Zyxtcba, Zzorse, Zzyzx11, 1toughnuke, 7 and 398 other contributors

Irène Joliot-Curie

http://en.wikipedia.org/wiki/Irène_Joliot-Curie

A8UDI, Acather96, Adept Ukraine, Adziura, Alansohn, Alex.muller, Alexbot, Alison, Alma Pater, AlnoktaBOT, Alphaboi867, Andre Engels, Angela, Bduke, Benplowman, BertSen, BetBot, BillFlis, Bladeofgrass, Bota47, Broadbot, Caltas, Cgingold, Charlene.fic, Chobot, Choihei, ChrisGriswold, Christine1107, ClueBot, ClueBot NG, CommonsDelinker, CoolKid1993, Coyets,

Curps, Cydebot, D6, Danger, David.Monniaux, Davshul, Deineka, DHN-bot, Dirac66, Dj Capricorn, Elephantus, Ellywa, Emerson7, Epbr123, F. Delpierre, Fibonacci, FlaBot, FlyingToaster, Funnyfarmofdoom, Gcm, George Church, GFHund, Glane23, Good Olfactory, Guanabot, Gwernol, Hugo999, Iamvee, Icairns, Inverbriggs, Itcamerons, Jacek Kendysz, JAnDbot, Joey80, John, Johnpacklambert, Joseph Solis in Australia, JSprung, Jumbuck, Jwissick, Kbdank71, Keilana, Koavf, Kowalmistrz, Krushdiva, Kukini, LarRan, Madhero88, Marek69, Mathiasrex, Mav, Maximus Rex, MikeLynch, Militaryboy, MiLo28, MWaller, NERIUM, Nihil novi, Okedem, Omcnew, P M Yonge, Per Honor et Gloria, Phe, Pizza1512, Prsephone1674, Pruneau, Pschemp, RayAYang, Rdchambers, RebelRobot, Resurgent insurgent, Rjwilmsi, RjwilmsiBot, Robbot, RobotE, RobotG, Ronja Addams-Moring, Rorro, Rubinbot, Screwcap, Seaphoto, SieBot, SmackBot, Soliloquial, Spencer195, Tarquin, Theleftorium, Thijs!bot, Tiddly Tom, TimBentley, Tjmayerinsf, TobeBot, Trialsanderrors, Tsf, Unyoyega, Veesicle, VictorianMutant, WaltBusterkeys, Wapcaplet, WestA, White Shadows, Willie xD, Wobble, Yekrats, Yobot, YurikBot, 5 albert square, ^demonBot2 and 108 other contributors

Ève Curie

http://en.wikipedia.org/wiki/Ève_Curie

AEMoreira042281, Alansohn, All Hallow's Wraith, AlleborgoBot, Altone, Andplus, Andrzej Matras, AnnaKucsma, Anne97432, Bdwick12, Bot-Schafter, BotMultichill, Caerwine, Calsicol, Canadian Paul, Cha003, Cydebot, D6, David the Aspie, Delldot, DiegoGirl, Dinamik-bot, Docu, Dontdoit, DShimon, Escarbot, Everyking, Fibonacci, FlaBot, Fleebo, Frochtrup, Fuelbottle, Full-date unlinking bot, Gareth E Kegg, Gaudio,

Gene Nygaard, Gored82, Hxhbot, ImageRemovalBot, Inglis, J JMesserly, Jasiek96, Jetman, Jtoomim, Karen Spain, Kbdank71, Komusou, Kowalmistrz, Kumioko, Leeearnest, Leszek Jańczuk, Lightmouse, Luckas-bot, Mack2, Maelgwnbot, MightyWarrior, Monegasque, Moyerjax, Nancy, Neofelis Nebulosa, Nick Number, Nihil novi, Noclador, Ohconfucius, OldakQuill, Omerzu, OrphanBot, Owen, Piccadilly, Piotrus, Pruneau, Pbotgourou, RainbowOfLight, RandomOrca2, RayAYang, RedWolf, Riad.Bot, Rick Block, Ripchip Bot, Rjwilmsi, RjwilmsiBot, Romanc19s, Rune X2, RussBlau, RussBot, Santosga, Shinji nishizono, SieBot, SmackBot, Starry.dreams, Sz-iwbot, Tabletop, Thijs!bot, Tjmayerinsf, Topdown bottomup, Tsf, Twh66, TXiKiBoT, Unschool, Vanjagenije, VoABot II, VolkovBot, Watsimous, Wencer, Winhunter, Yobot, YurikBot, Zepheus, !! and 62 other contributors

Curie Institute, Warsaw

http://en.wikipedia.org/wiki/Curie_Institute,_Warsaw
ClueBot, Colonies Chris, D6, EmausBot, Halibutt, Insanity Incarnate, Jpbowen, Kerowyn, LizardWizard, Luckas-bot, MastiBot, Micga, Necrothesp, Neferkare, Nihil novi, Ohconfucius, Philip.t.day, Piotrus, RedBot, Robert Weemeyer, The Anome, Tikiwont, Tommy2010, Tregoweth, Whodunit, Witkacy and 13 other contributors

LE FRANÇAIS

Marie Curie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie
AEIOU, Aeleftherios, All, Alain Schneider, Alchemica, Alocs.bot, Alexboom, Alexbot, Alibaba, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, Alphos, AmaraBot, Amoceann, Ancalagon, AndonicO, Apropos, Archibald Tuttle, Arglanir, Arrakis,

Aurélien M, Azerty72, Badmood, Bayo, Bbullo, Bel Adone, Ben D, Benjism89, BenoniBot, BetBot, Bicounet, Bob08, Boism, Bot de Sept Lieues, Bot-Schafter, BotMultichill, Bouba, Calame, Cantons-de-l'Est, CaptainHaddock, Carlo denis, CarsracBot, Celette, Chobot, ChrisJ, CommonsDelinker, CoullRaoul, Coyau, Coyote du 86, Cphil, CR, Curry, Céréales Killer, D'ohBot, D4m1en, Daniel*D, DanRoz, Darkangel79, David Berardan, Dj greg30, DocteurCosmos, DodekBot, DragonBot, Dragonspell2752, DSisyphBot, DumZiBoT, Démocrite, Eden2004, Erabot, Escarbot, Esprit Fugace, Eybot, Fafnir, Filth, FlaBot, Flfl10, Florival fr, Fm790, Fonceur1991, Frakir, Fsilve, Gabdd, GaMip, Garandel, Gene.arboit, Gilbertus, GillesC, Goku, Greatpatton, Gribeco, Grimlock, Grook Da Oger, Guicantelande, Guillom, Guérin Nicolas, Gz260, Gérald Garitan, GôTô, HandigeHarry, Harmonia Amanda, HasharBot, Hemmer, Hercule, HerculeBot, Hesoneofus, Hevydevy81, Huster, Hégésippe Cormier, IALex, Imz, Inisheer, Inocybe, Jacqueline52, JacquesD, JAnDbot, Jaymz Height-Field, Jean-claude.utard, Jef-Infojef, JLM, Jloriaux, Jotterbot, Jules78120, Kelson, Kertraon, Koyuki, Kropotkine 113, Kuxu, LapinDeLaForet, Laurent75005, Le Pied-bot, Letartean, Levochik, LeYaYa, Lilian, Lilyu, LinkFA-Bot, Liquid-aim-bot, Listowy, Logarithme, Lolopolo666, Looxix, Loranxp, Louperibot, LPLT, Luca Masters, Luckas-bot, Ludo29, M0tty, Maloq, Manchot, Marcel.c, Marcv7, Marmotte de bistrot, Mathiasrex, Maurilbert, Maxence62280, Med, MedBot, MelancholieBot, Mica, Mikayé, Mister Cola, Mith, Mjbmrbot, Momoyama Panda, Montessquieu, Moyogo, Mu, Méfélirre Poftien, Neuceu, Nicop81, NicoV, Noddy, Nok, NoychoH, Oblic, OKBot, Olevy, Orlodrim, Orthogaffe, Ortix, P-e, Pabix, PetitDej,

Phe, Picus viridis, PieRRoMaN, PipepBot, Pk-Undying, Pld, Ploum's, Pok148, Poleta33, Polmars, Poppy, Poulos, Probot, Pseudomoi, Ptbotgourou, Pucky, Pwet-pwet, R, Remike, Reuillois, Reviens Léon !, Rhadamante, RibotBOT, Rinjin, RM77, Robbot, RoboServien, RobotE, RobotQuistnix, Roby, Romanm, Romary, Sainte-Rose, Salebot, SalomonCeb, Sammyday, Sanao, SashatoBot, Scoopfinder, Sebjarod, Seherr, Semnoz, Sequajectrof, Serein, Serged, SieBot, Stanlekub, Starus, Steff, Surréalatino, Sxb, Synthebot, Talabot, TBTB, THA-Zp, Thedreamstree, Theoliane, Thesupermat, Thijs!bot, Tibauk, Tieum512, Titi Sitria, Tizeff, TobeBot, Tomates Mozzarella, Toto Azéro, Trassiorf, TXiKiBoT, Universalia92, VIGNERON, Vinz1789, Vlaam, VolkovBot, VonTasha, Webkid, WikiCleanerBot, Wikig, WikitanvirBot, Wiz, Xavier Combelle, Xofc, Xqbot, Yelkrokoyade, YolanCbot, YurikBot, Zelda, ZeroJanvier, Zetud, Ziron, Zywxvut-Bot, 307sw136 et 288 d'autres auteurs

Pierre Curie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Pierre_Curie

Abracadabra, Aeleftherios, Alexbot, Alphas, Archibald Tuttle, Asabengurtza, Azerty29, Azerty72, Badmood, Ben D, Bessie, BetBot, Bjung, Bob08, Boism, Bot de Sept Lieues, BOT-Superzerocol, BotMultichill, Calcineur, Cantons-de-l'Est, Ccmpg, Cdiot, Chabcedr, Chlewbob, Chobot, Chouchoupette, ChrisJ, Clem23, Cléo64, CommonsDelinker, Coyau, Cricic, Daniel*D, Darkangel79, David Berardan, DocteurCosmos, DragonBot, Drtissot, Edhral, Erabot, Esprit Fugace, Etemenanki, Fafnir, Fattaccioli, Ffx, Filou345, FlaBot, Galdrad, Gdgourou, Gerakibot, GillesC, Goku, Gpvosbot, Greatpatton, Greudin, Grimlock, Gyurika, Gz260, Hans Dunkelberg, Hercule, Howard Drake,

Hégésippe Cormier, Ico, Jacqueline52, Jean4, Jef-Infojef, Jerome66, JKHST65RE23, JLM, Jospe, Jpw1, K-o-x, Keats, Kilom691, Koyuki, Kropotkine 113, Kyro, Langladure, Lavau, Le Pied-bot, Leag, Levochik, Looxix, LPLT, Luckas-bot, Maniak, Manuel Trujillo Berges, Marc Mongenet, Martin, Maxhi, MedBot, MelancholieBot, Micbot, Mougine, nicolas, Moumousse13, Mu, MultiCorrecteurBot, Murailles, Ménéfirre Pofitien, Nok, Oblic, Orthogaffe, P-e, Padawane, Pantoine, Perditax, PieRRoMaN, Pieter Kuiper, Pld, Polmars, Pwet-pwet, RaphAstronome, Rei-bot, RibotBOT, RobotE, RobotQuistnix, Romanc19s, Romary, Sainte-Rose, Salebot, SalomonCeb, SashatoBot, Sebjarod, Semnoz, Sherbrooke, SieBot, SmokaZ, Spooky, Starus, Steff, Talabot, THA-Zp, Thecyberman, Thijs!bot, Tizeff, Trassiorf, Trente7cinq, TXiKiBoT, VolkovBot, Xiglofre, Xqbot, YolanCbot, YurikBot, Zdelelelex, ZeroJanvier, Zetud, Zorrobot, ZéroBot, 307sw136 et 63 d'autres auteurs

Polonium

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Polonium>

A2, Ahbon?, Alecs.bot, Alexlecool, AlleborgoBot, Alno, AlnoktaBOT, Altor, ArséniureDeGallium, ArthurBot, BadGoliath42, Barnett, Baronnet, BdeBreuil, BetBot, Bob Saint Clar, Cagou007, Chobot, Claude Rubio, Clemux, Colporteur, CommonsDelinker, Duckysmokton, DumZiBoT, EmausBot, Endy, Epop, Escarbot, Esprit Fugace, Eybot, FaitAuQc, Federix, FlaBot, FvdP, Goliadkine, Greatpatton, Grimlock, Grondin, GrouchoBot, GôTô, Hashar, HasharBot, Herr Satz, Hilrach, Hydrel, Iafss, IALex, Idioma-bot, JB, Jean-Christophe BENOIST, Jef-Infojef, Jibeem, Jotterbot, K!roman, Korrigan, Koyuki, Lamiot, LE ROI, LE-CONSPIRATEUR, Looxix, Lozère, Lpele, Lt-wiki-bot, Ludo29, LUDOVIC, Maloq, Marc Mongenet, Med, MedBot, MelancholieBot,

Mica, Mikayé, Nono64, Orthogaffe, Pascal Boulerie, Paul76, Phe, Phidippides, Pinailleur, PixelBot, Pixeltoo, Popo le Chien, Ptbotgourou, Puill, Pymouss, Rcouderc, Remike, RibotBOT, Ripchip Bot, RobotE, RobotQuistnix, Rom 185, Sam Hocevar, SashatoBot, SieBot, Takkeo, Thijs!bot, TobeBot, Tpa2067, Trassiorf, Turb, TXiKiBoT, Utilisateur 65872, Vargenau, Vincen, Vito Corleone, VolkovBot, WikitanvirBot, Xqbot, YonaBot, YurikBot, ZetudBot, .anacondabot et 70 d'autres auteurs

Radium

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Radium>

A2, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, ArthurBot, Badmood, Baronnet, BenzolBot, Bibi Saint-Pol, BlueGinkgo, Bob Saint Clar, CarsracBot, Chobot, ChuispastonBot, Cochardg, Darkdadaah, David Berardan, Dhatier, DragonBot, Epop, Escarbot, Eybot, Fafnir, FlaBot, Frakir, GhalyBot, Graouilly, Greatpatton, GôTô, Hashar, HasharBot, HB, Herman, IALex, Idioma-bot, IRSN, Klroman, Kilom691, Korrigan, Koyuki, Lamiot, Laurent Nguyen, Lomita, Looxix, Louperibot, Loveless, Lozère, Lt-wiki-bot, Luckas-bot, Maloq, Malta, Marc Mongenet, Maurilbert, MedBot, Medium69, MelancholieBot, Moez, OKBot, Orthogaffe, Phe, Pixeltoo, Pld, Remi, RibotBOT, RobotE, RobotQuistnix, Romanc19s, Rominandreu, Rouletabille, Salebot, Sam Hocevar, SashatoBot, Shakki, SieBot, Sisqi, Spack, Stanlekub, Steff, Syntex, Thijs!bot, Tpa2067, TXiKiBoT, Urhixidur, Vanrechem, Vargenau, VolkovBot, WikitanvirBot, Xofc, Xqbot, YonaBot, YurikBot et 44 d'autres auteurs

Irène Joliot-Curie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Irène_Joliot-Curie

Aimelaime, Alecs.bot, Alexboom, Alexbot, AlnoktaBOT, AmaraBot, Arrakis, ArthurBot,

Badmood, Benoit.thiery, BenoniBot, BetBot, Bjung, Bob08, Broadbot, Broune, Cantons-de-l'Est, Celette, Chlewbot, Chobot, Chris93, CommonsDelinker, CR, Cyrilb1881, David Berardan, David.leloup, DSisyphBot, Ellywa, FlaBot, GFHund, GLec, Greatpatton, GrouchoBot, Guillom, Hans Dunkelberg, Hercule, Highlander, Hypperbone, Hégésippe Cormier, Jacqueline52, JAnDbot, Keats, Kilom691, Koyuki, Le Pied-bot, LeonardoRob0t, Linguiste, Liquid-aim-bot, Looxix, Louperibot, LPLT, Maurilbert, Mchouch, MedBot, Mikayé, Mike old, Méfélirre Poftien, Nok, Orthogaffe, Pld, Ploum's, Poleta33, Priper, Pruneau, Pseudomoi, Pwet-pwet, Pylambert, RebelRobot, Rhadamante, RobotQuistnix, Romary, Rubinbot, Salebot, Sanao, SashatoBot, Sebjarod, Seherr, Sherbrooke, SieBot, Skblzz1, Steff, Talabot, THA-Zp, Thijs!bot, TigH, Titi Sitria, TobeBot, Traeb, TwoWings, Wiz, YoLeArno, YonaBot, Ytrezap, YurikBot, ZeroJanvier et 17 d'autres auteurs

Ève Curie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Ève_Curie

AlleborgoBot, Attis, Ayrtonsennajr, Biem, BotMultichill, Broadbot, Chouchoupette, Elisemarion, Escarbot, Etemenanki, Gaudio, H2O, HandigeHarry, HerculeBot, Huster, Isaac Sanolnacov, Jarfe, Jef-Infojef, Jpw1, Keats, Kilom691, Kyle the bot, Le Pied-bot, Leparç, Louperibot, Loveless, Luckas-bot, Ludo29, Mandariine, Marc-Antoine Monsieur 1992, Nono le petit robot, Omerzu, P-e, Paris75000, Paul76, Pierregil83, Ptbotgourou, Qvirri, Riad. Bot, Rinjin, Ripchip Bot, Romanc19s, Rosarinagazo, Ryo, SieBot, TheUndertaker67410, Thijs!bot, TXiKiBoT, Vlad09, VolkovBot, William Jexpire, YurikBot, Zetud et 12 d'autres auteurs

Institut Curie de Varsovie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Institut_Curie_de_Varsovie
Christine Rageul, LPLT, Patern, RedBot

DIE DEUTSCHE SPRACHE

Marie Curie

http://de.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie

A.Savin, Aka, Aktionsbot, Alain Schneider, Alan ffm, Alexandra lb, Alexbot, AlexR, Alkab, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, Amkx3, Andoria, Andrea1984, Andreas Werle, Andrsvoss, Anima, Anna Berg, Aongus, APPERbot, Apus dulcamara, ArthurBot, Atwardow, Avoided, Axel1963, Badlydrawnboy22, Bdk, Beelzebubs Grandson, Benedikt von Stauffenberg, BetBot, Bezzerwizzer, Binninger, Blah, Blootwoosch, Boobarkee, Bota47, BotMultichill, Botteler, BS Thurner Hof, Btr, Byrial, Bücherhexe, Cactus26, CarsracBot, Casteldelmonte, CEP, Chemiewikibm, Chk, Chobot, Cholo Aleman, ChrisHamburg, ChristophDemmer, Cinemental, Claude J, CommonsDelinker, Complex, Corny84, Corrigo, Cuchullain, Cwiki, D'ohBot, Daniel Markovics, DasBee, David Wintzer, Delabarquera, Density, DerBart, DerHexer, DHN-bot, Diba, Djordjes, DodekBot, Dogbert66, Dr. Manuel, DragonBot, Dundak, Eckhart Wörner, EisfeeNRW, EL, Emkaer, Engie, Entlinkt, Ephem, Ephraim33, Ercas, Eric79, ErikDusing, Eryakaas, Escarbot, Eschenmoser, Eskimbot, Euku, Euphoriceyes, Exil, Fdmedia, Fecchi, Felidae28, Felistoria, Fgb, FlaBot, Furfur, Gamma, Gaudio, Georg Slickers, Georg-Johann, Geraki, Gerbil, Giftmischer23, Gleiberg, Graefalexander, Graphikus, Grey Geezer, Guandalug, HaeB, HAL Neuntausend, Hansbaer, Hausmaus, Head, Hedwig Storch, Holger1974, Howwi, Hubertl, Idler, Igelball, Iggy22, InterEsp, Interpretix, Iwoelbern,

Jackalope, JagielloXXwieku, JAnDbot, Jed, Jergen, Jivee Blau, Joerg Zschimmer, John, Jotterbot, Juesch, JWBE, KaHe, KaiMartin, Kam Solusar, Karl-Henner, Katharina, Katimpe, Klapper, Kobako, Kohl, Kolja21, Kopernikus, Krawi, Kuebi, Kurt Jansson, Lateralus, Leon, Liberal Freemason, LKD, Lorenz Steinke, Louis Bafrance, Luca Masters, Lucarelli, Luckas-bot, Luha, Lyzzy, Mac, Magnummandel, Magnus Manske, Mannngnet, Marc-André Aßbrock, MarioF, Martin-vogel, Mathias Schindler, Mathiasrex, Matthead, Matthias Bock, Matthäus Wander, Memorino, MEWRS, Michael Kühntopf, Michael Reschke, Michail, Mik81, Mion, Mjbmrbot, Mkleine, MorbZ-Bot, Mr. B.B.C., MsChaos, NamenloseIP, Nb, Nd, Nellisch, Nepenthes, Nepomucki, Neu1, Nichtbesserwisser, Nicolas G., Nightflyer, Nihil novi, Nikkis, NiTenChiRyu, Nokde, Nolispanmo, Nuedel, Numbo3-bot, Oenie, OKBot, Onkelkoeln, Ot, Paddy, Paramecium, Peacy, Perrak, Peter200, Peterwuttke, Philipendula, PipepBot, Pittimann, Pjacob, Plk, Polarlys, Primus von Quack, Querverplänkler, Quirin, Radschläger, Rameshngbot, Randy1976, Ratatosk, Re probst, RedBot, Regi51, Reinhard Kraasch, Reykholt, Ri st, RibotBOT, Rjh, Robbot, RoboServien, RobotE, RobotQuistnix, Rolf Maria Rexhausen, Romanm, Roo1812, Rr2000, Rufus46, RWalle, Rybak, S.Lukas, S3r0, Saehrimnir, Saginet55, Saho, Sansculotte, Sargoth, SashatoBot, Schewek, Schlesinger, Schnuffi72, Schusch, Sebbot, Septembermorgen, Sicherlich, SieBot, Sinn, Skraemer, Slartibartfass, Southpark, Speaker, Spuk968, Spurzem, Srbauer, Stadtschrat, Stahlkocher, STBR, Stefan, Stefan Kühn, Stefan64, SteMicha, StYxXx, Succu, Suirenn, Sven-Oliver, Synthebot, Tafkas, Tekko, Thalan, Thgoiter, Thijs!bot, Thomas Schultz, Tiago, Tischbeinahe, Tkarcher, TobeBot,

Tobias1983, TomK32, TomSFox, Toter Alter Mann, Travus, Triebtäter, Tubas, Tullius, TXiKiBoT, Tönjes, Ulsimitsuki, Unukorno, USt, UW, Vertigo-1, VMH, Vodimivado, VolkovBot, Vux, W like wiki, WAH, Wanzo, Wdwd, Webkid, Wegwerfsöckchen, Westiandi, Wiegels, WikitanvirBot, Wipape, Wst, WWSS1, Xqbot, YourEyesOnly, YurikBot, Zebra, Zeno Gantner, Zickzack, Zipferlak, Zotty28, Zwobot, 08-15, 132-180 und 278 andere Autoren

Pierre Curie

http://de.wikipedia.org/wiki/Pierre_Curie
 Aka, AkaBot, Alexbot, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, Andre Engels, APPER, APPERbot, Asdert, Baird's Tapir, Ben-Zin, BetBot, BKSlink, Botteler, Bücherwürmlein, Chk, Chlewbob, Complex, Conny, Daniel 1992, Deadhead, DodekBot, Dr. Manuel, DragonBot, Dundak, Eckhart Wörner, EisfeeNRW, Engie, Ephraim33, Eschweiler, FlaBot, Fristu, Gerakibot, Giftmischer23, Gnu1742, Gpvos, Gyurika, Harrobot, HenHei, Henriette Fiebig, Jivee Blau, Jnpeters, Juesch, Karl-Henner, Kolja21, Kuebi, Kurt Jansson, L&K-Bot, Lohan, Lucas-bot, Mac, Madcat, Madgreg, Magnummandel, Magnus Manske, Marc-André Aßbrock, Martin-vogel, Massimo Macconi, Matthias Bock, Matzematik, Media lib, Mion, MlaWU, Mnh, Mr. B.B.C., NiTenIchiRyu, Numbo3-bot, Orwlska, Ot, Pjacobi, Plk, RibotBOT, RobotQuistnix, Rybak, Sansculotte, SashatoBot, Schusch, Semper, SieBot, Srbauer, Stefan Kühn, Succu, Superzerocool, Thijs!bot, Ticketautomat, Tobias1983, ToKo, TXiKiBoT, Unukorno, VolkovBot, Wissen, Wnme, Wolfgang H., WWSS1, Xqbot, YurikBot, Zebra, Zollernalb, Zwobot, 08-15 und 49 andere Autoren

Polonium

<http://de.wikipedia.org/wiki/Polonium>
 A.Savin, Achim1999, Agathenon, Ahellwig, AHZ, Aka, AkaBot, Alchemist-hp, Alecs.bot, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, Amtiss, Andrvoss, Anhi, Antonsusi, ApeBot, Armin P., ArthurBot, Asthma, Augiasstallputzer, Ayacop, Bashir001, Ben-Zin, Bernd vdB, BOTarate, Botteler, Buehnele23, C-M, Captaingrog, Cepheiden, Cestoda, CHK, ChristianGrün, CMEW, Complex, Crux, Cuchullain, Cvf-ps, CyroBot, D, DHN-bot, Diba, Dirwo, DL5MDA, Dr.cueppers, Drdoht, Dufo, DumZiBoT, EdisonCarter, Eins, El, ElRaki, EmausBot, Eric Zeppenfeld, ErikDunsing, Escarbot, Eskimbot, Fadef, Fedi, Felistoria, FlaBot, Gardini, Glukosa, Graphikus, Gurt, Hans J. Castorp, Hardy42, Hokanomono, Howwi, HPaul, Hubertl, Idioma-bot, IIXII78, Inkowik, Iwoelbern, JamesCook22, Jka, Jodocus, Johnny Yen, Joise, Jotterbot, Juba29, JWBE, Kam Solusar, Karl-Henner, Kju, Konqi, Kpjas, Kricket, Kubi, LA2-bot, Le petit prince, Leixoletti, Leyo, Liberal Freemason, LinkFA-Bot, Lisette143, M104, MAK, Mario ruckelshausen, Mark Haase, Martin1978, Matthias Schneider, MelancholieBot, Mf112, Mfb, Michael Sch., Miiich, Mikue, Mjh, Mr.Sniper, MsChaos, Multi-AC, NEUROtiker, Nicolas G., Nockel12, Numbo3-bot, Oceancetaceen, Odo, Orci, Paddy, Pendulin, Peter200, Pfalzfrank, Pittimann, PixelBot, PolarBot, PortalBot, ProfessorFether, Ptbotgourou, Quaz, Regenspaziergang, Revolus, Rhododendronbusch, RibotBOT, Rigus, Ripchip Bot, RKBot, Robb, Roberta F., RobertLechner, RobotE, RobotQuistnix, Roland.chem, Saehrimnir, Sansculotte, Saperaud, SashatoBot, Schmidttchen, Schusch, Schwalbe, Septembermorgen, SieBot, Sig11, Simeon Stojanov, Sinn, Slartibartfass, Spuk968, Steffen Löwe Gera, Sti, Succu, Suirenn, Tammor, Tango8,

TAXman, TheWolf, Thiesi, Thijs!bot, Thomas, Tim, TobeBot, Twiss, TXiKiBoT, UdoWLBecK, Ulm, Uwe Gille, Uwe W., Uwinho, Voevoda, VolkovBot, Vulture, WAH, WeepingElf, WIKImaniac, Wikisax, WikitanvirBot, Wing, WiseWoman, Wolfgangw, Xqbot, Xqt, YonaBot, YourEyesOnly, YurikBot, Zinnmann, Zwobot, ³²P, .anacondabot, 08-15 und 139 andere Autoren

Radium

<http://de.wikipedia.org/wiki/Radium>

Aka, AkaBot, Alchemist-hp, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, Andante, Andibrunt, Andrsvoss, Andy king50, Antonsusi, Archiliuto, ArthurBot, Augiasstallputzer, Ben-Zin, BenzolBot, Blackbird13, BLueFiSH.as, Bota47, Botteler, CarsracBot, Chobot, Cholo Aleman, ChuispastonBot, Complex, Corrigo, Crux, Cvf-ps, CyroBot, Cäsium137, D, Daniel 1992, Der Wolf im Wald, Diba, Dr.cueppers, DragonBot, Drahreg01, Drdoht, EberBot, El, Entlinkt, Escarbot, Eskimbot, Fedi, Fighter 96, Fish-guts, FlaBot, Floffm, Florian Adler, Flothi, Forbfruit, Fullhouse, Gardini, GDK, Gerhard wien, Gerhard51, Gerrys, GhalyBot, Halbarath, Head, Hejkal, Hemeier, Hokanomono, HolgerK, Howwi, Idioma-bot, Inkowik, Jcr, JCS, Jivee Blau, Jka, John, JWBE, Jü, Kallewirsch, Kam Solusar, Karl-Henner, Katharina, Kubi, Kubrick, Kuebi, Leinwand, Letdemsay, Leyo, LinkFA-Bot, Louperibot, Loveless, Luckas-bot, Manu, Markus Schweiß, Martin-vogel, Matgoth, Matthäus Wander, Mccrossen, MelancholieBot, Mettness, Minutemen, Mjh, Moguntiner, Namoo, Neun-x, NEUROtiker, Nina, Numbo3-bot, OKBot, Orci, Paddy, PortalBot, Regi51, Reinhard Kraasch, RhodoBot, RibotBOT, Robb, RobotE, RobotQuistnix, Roo1812, Rotkaeppchen68, Saperaud, SashatoBot, SchirmerPower, Schuppi, Schusch, Semper,

SieBot, Sinn, Slartibartfass, Small Axe, Snahlemmuh, Solid State, STBR, SteMicha, Taadma, Tammor, Tango8, Thiesi, Thijs!bot, Thomas, Tobi B., Tobias1983, Travus, Tsca.bot, Twiss, TXiKiBoT, Tönjes, Ulm, Ulz, Uwe W., VolkovBot, Vulture, White rotten rabbit, Wikinaut, WikitanvirBot, Xqbot, YonaBot, YourEyesOnly, YurikBot, Zaibatsu, Zinnmann, Zwobot, ³²P und 96 andere Autoren

Irène Joliot-Curie

http://de.wikipedia.org/wiki/Irène_Joliot-Curie

Aka, Akkarin, Alexbot, AlleborgoBot, AlnoktaBOT, APPERBot, ArthurBot, Asdert, Awk17, Ayacop, BetBot, Bierdimpfl, Blaufisch, Bota47, BotMultichill, Broadbot, BS Thurner Hof, Chlewbot, Chobot, Claude J, Collector1805, CommonsDelinker, Complex, Der Bischof mit der E-Gitarre, DHN-bot, Dirkgeo, Drahreg01, Dtuk, Ellywa, Ephraim33, FlaBot, FrankF, Gavriolo, GDK, Gerbil, GFHund, GrouchoBot, Hausmaus, Hawei, Head, Hei ber, JAnDbot, Jesi, Jonathan Groß, Jpetersen, Kai11, Karl-Henner, Kuebi, Kühlseggen, Leonhard Ochs, Magnus, Mathias Schindler, Matthias Bock, Mion, Nb, Onkelkoeln, Optomist, Orci, Paddy, Pelz, Plk, PolarBot, Prolineserver, RebelRobot, Rita2008, RobotQuistnix, Rubinbot, Sansculotte, SashatoBot, Saum, Sd5, SieBot, Sitic, Th1979, Thijs!bot, TobeBot, Tsca.bot, Ups, Voyager, WIKImaniac, WWSS1, YonaBot, YourEyesOnly, Zebra, Zwobot, 08-15 und 19 andere Autoren

Ève Curie

http://de.wikipedia.org/wiki/Ève_Curie

A.Savin, AHZ, AlleborgoBot, APPERBot, Asthma, Bonzo*, Bot-Schafte, BotMultichill, Broadbot, ChristophDemmer, CommonsDelinker, Der Bischof mit der

E-Gitarre, DodekBot, Escarbot, FlaBot, Frochtrup, Hey Teacher, JFKCom, Jonathan Groß, Laibwächter, Lektor, Loveless, Luckas-bot, Omerzu, Peter200, Ptbotgourou, RedBot, Riad.Bot, Ribereth, Ripchip Bot, Romanc19s, RTH, Rybak, Sebbot, SeptemberWoman, SieBot, Sk-Bot, Succu, Thijs!bot, ThoR, TXiKiBoT, VolkovBot, Xquenda, YurikBot, Zebra und 9 andere Autoren

Radium-Institut Warschau

Alan ffm, Karolus

РУССКИЙ ЯЗЫК

Складовская-Кюри, Мария

http://ru.wikipedia.org/wiki/Складовская-Кюри,_Мария
 A.I., Alex Smotrov, Alexbot, AlleborgoBot, Arruabarrena, Artem Korzhimanov, ArthurBot, Ashik, Badger M., Bepa, Bes island, BetBot, Bocianski, BotMultichill, ButkoBot, Cantor, CarsracBot, Cartwheel, Chandler Bing, CodeMonkBot, Cysneavox, D'ohBot, Deevrod, Dragon24, DragonBot, Ekamaloff, EmausBot, Escarbot, EugeneZelenko, Exlex, Fox89, Fuxx, GAndy, GennadyL, Ghirlandajo, Gln0fate, Grenadine, Hashar, HedgeBot, Ibee, Idioma-bot, Igorivanov, INSAR, Ivanvlasov, JAnDbot, JaroslavleffBot, KaysBot, Keinelust sfi, Kintup, KR, LA2-bot, LimeHat, Lirik, Lt-wiki-bot, Lubir, Ludvig14, Lvova, Maestro, Maks Stirlitz, Mathiasrex, MaxSem, MelancholieBot, Mitrius, Mjbmrbot, Mor, Moscvitch, Mr. Bot, OckhamTheFox, OKBot, Ole Førsten, Pahan, PipepBot, RamzesIII, Rave, RB, Rei-bot, Ricercar, Ring0, Robbot, Rubinbot, Santär, Sasha I, Secretary, Serebr, Shakko, SieBot, Sk741, SteamCat, Synthebot, Tatata, Thijs!bot, TobeBot, TXiKiBoT, VanHelsing.16, Vaslav, Vinograd19,

VolkovBot, VVVBot, WikitanvirBot, Wolliger Mensch, Xqbot, Yaser1, Yurik, YurikBot, Александр Мотин, Александр Сигачёв, Вовочка059, Григорий Ганзбург, Дмитрий Бартенеv, РобоСтася, Чръный человек, Яна Сухих и 35 других авторов

Кюри, Пьер

http://ru.wikipedia.org/wiki/Кюри,_Пьер
 Al Silonov, Alexbot, AlleborgoBot, Alma Pater, APTEM, Artem Korzhimanov, Avenger911, Badger M., BetBot, Cartwheel, CommonsDelinker, DragonBot, Ekamaloff, Escarbot, Fuxx, GAndy, Gerakibot, Gilien, Gyurika, HORD, Ibee, ID burn, KR, LankLinkBot, Loveless, Luckas-bot, MelancholieBot, Mitrius, Mslm, Nallimbot, Pahan, Pasteurizer, Pauk, Pieter Kuiper, Ptbotgourou, Rave, RB, Rei-bot, Ricercar, Samond, Schekinov Alexey Victorovich, Secretary, Serebr, SieBot, Sk741, Stassats69, Structor, Thijs!bot, TXiKiBoT, Vald, VolkovBot, Xqbot, Yaser1, YurikBot, Валерий Пасько, ИкИлевац, Сдобников Андрей, ТЖА0 и 16 других авторов

Полоний

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Полоний>
 Al Silonov, Alecs.bot, Alecv, AlleborgoBot, Altes, Amarghil, AndreyA, Anton n, ArthurBot, ASDFS, Begemotv2718, BetBot, Blod, ButkoBot, Chemist, Cherttod, ChVA, CommonsDelinker, Dark NirK, DarkCherry, Denisebaltin, Dimedrol, Dionys, DragonBot, Dstary, ED-tech, Egor, EmausBot, Escarbot, EvgenyGenkin, Grain, Greenvert, Gruzd, Gruznov, H2Bot, HarDNox, HedgeBot, Idioma-bot, Иля78, IX-Ander, Kays666, KaysBot, Kimircen, KokoBot, LA2-bot, LankLinkBot, Lawpuh, Liillil, Linkasme, Lockal, Loveless, Lt-wiki-bot, MelancholieBot, Michaello, Mr. Bot, Nyq, Obersachsebot, OneLittleMouse, PixelBot,

Ptbotgourou, Quadro, RedAndr, Ripchip Bot, Rokur, Santär, SieBot, Solon, SpadeBot, Thijs!bot, TobeBot, Trance Light, TXiKiBoT, V1adisIav, Vanadium, VAP+VYK, Vermont's candle, VolkovBot, WikitanvirBot, Xqbot, YonaBot, Yurik, YurikBot, Yuriybrisk, ZsergheiBot, Александр Мотин, ГорныйСинийАплах, Димитрий, Камалян001, Канопус Кия, Михајло Анбелковић, Морган, Не А, Павел Шехтман, Чръный человек, ЯЗП, 333 и 47 других авторов

Радий

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Радий>

Aeverandi, Alex Smotrov, AlleborgoBot, Alwa, AndreyA, ArthurBot, ASDFS, Begemotv2718, BLaDimir N., CarsracBot, Chemist, ChuispastonBot, ChVA, Daphne, DarkCherry, Denisbaltin, Divine Moments Of Truth, DragonBot, Egor, Escarbot, FlankerFF, GhalyBot, Habilis, HarDNox, Hashar, HedgeBot, Idioma-bot, ILdarKOrotkov, JAnDbot, Kays666, KaysBot, LA2-bot, LankLinkBot, Lockal, Loveless, Lt-wiki-bot, Lucas-bot, Ludvig14, Maxxicum, MelancholieBot, Mor, Mr. Bot, OKBot, Rei-bot, Santär, SieBot, Solon, SpadeBot, Synthebot, Thijs!bot, Trance Light, TXiKiBoT, V1adisIav, Vermont's candle, VolkovBot, WikitanvirBot, Xqbot, YonaBot, YurikBot, Zwobot, Димитрий, Камалян001, Мичмань, Романвер и 23 других авторов

Жолио-Кюри, Ирен

http://ru.wikipedia.org/wiki/Жолио-Кюри,_Ирен

Alexbot, AlleborgoBot, Alma Pater, Arrnik, Artem Korzhimanov, ArthurBot, Baratur, BetBot, Bilderling, Breeder, Calciatori, Chobot, CommonsDelinker, Deevrod, Deineka, Ekamaloff, Erzas70, Evgen2, Gaujmalnieks, H-moll, JAnDbot, JukoFF, Kays666, KR, Maksim-bot, MystBot, Obersachsebot, PolarBot, Rave, RB, Redmond

Barry, Roboto de Ajvol, Rokur, Rubinbot, Secretary, SieBot, Stassats, Tatata, Thijs!bot, TobeBot, Urutseg, V1adisIav, Victor-435, YonaBot, YurikBot, Евгений Адаев, Имран, Михаил Круглов и 6 других авторов

Кюри, Ева Дениза

http://ru.wikipedia.org/wiki/Кюри,_Ева_Дениза

Arruabarrena, LatitudeBot, LLady-cat, Luckas-bot, Rartat, Ripchip Bot, SieBot, TXiKiBoT, Zhoe, Алексей Дорогов, Дмитрий Бартеньев, Николаев-Нидвораев, Четыре тильды

Центр онкологии – институт имени Марии Склодовской-Кюри в Варшаве

http://ru.wikipedia.org/wiki/Центр_онкологии_–_институт_имени_Марии_Склодовской-Кюри_в_Варшаве

Lvova

УКРАЇНСЬКА МОВА

Марія Склодовська-Кюрі

http://uk.wikipedia.org/wiki/Марія_Склодовська-Кюрі

Adept, Albedo, Alex Blokha, Alexbot, AlleborgoBot, Amakuha, ArthurBot, Bastian, Begemot-Bot, BOTarate, CarsracBot, D'ohBot, Deineka, DixonD, EmausBot, Escarbot, Friend, Further (bot), Gutsul, Holigor, Idioma-bot, IgorTurzh, Ilya, Ilyaroz, Indri, JAnDbot, Kostja, Krystofer, LA2-bot, Luckas-bot, MelancholieBot, Mjbmrbot, Moonlight, Movses, Mr.Rosewater, Olvin, P.S., Perohanych, PipepBot, Robbot, Romanbibwiss, SieBot, Sigors, Silin2005, Synthebot, Temporary, Texnik, Thijs!bot, TobeBot, TXiKiBoT, U-Bot, Vaslav, VolkovBot, VVVBot, VWoland, WikitanvirBot, Xqbot, Yakudza, YurikBot, Володимир Ф, Григорій Ганзбург, Дядько Ігор, Когутяк Зенко, Терепищій Сергій, Шульга Євген та 5 інших авторів

П'єр Кюрі

http://uk.wikipedia.org/wiki/П'єр_Кюрі

Alex Blokha, Alexbot, AlleborgoBot, Amakuha, ArthurBot, Begemot-Bot, CommonsDelinker, Deineka, Indri, Krystofer, Luckas-bot, MelancholieBot, Movses-bot, Nallimbot, P.S., Pieter Kuiper, Ptbotgourou, Rausch, Romanbibwiss, SieBot, Technik, TobeBot, ТХіКіBoT, VolkovBot, Xqbot, Білецький В.С., Терепищий Сергій та 1 інших авторів

Полоній

<http://uk.wikipedia.org/wiki/Полоній>

A1, Alocs.bot, Alex Blokha, AlleborgoBot, Amakuha, AndriyK, ArthurBot, BOTarate, ButkoBot, DixonDBot, EmausBot, Escarbot, Idioma-bot, Krystofer, LA2-bot, LeonBot, Loveless, MelancholieBot, Moonlight, P.S., Perohanych, PixelBot, PostFactum, Ptbotgourou, SieBot, SpBot, Thijs!bot, TobeBot, ТХіКіBoT, U-Bot, VictorAnyakin, VolkovBot, WikitanvirBot, Xqbot, YurikBot, Білецький В.С., Дядько Ігор та 2 інших авторів

Радій

<http://uk.wikipedia.org/wiki/Радій>

Alex Blokha, AlleborgoBot, Amakuha, AndriyK, ArthurBot, Babizhet, BotMultichill, CarsracBot, ChuispastonBot, DixonDBot, DragonBot, Escarbot, GhalyBot, Idioma-bot, JAnDbot, Krystofer, LA2-bot, LeonBot, Loveless, Luckas-bot, MastiBot, MelancholieBot, Moonlight, P.S., PipepBot, Shostak, SieBot, Synthebot, Thijs!bot, ТХіКіBoT, U-Bot, Vml, VolkovBot, WikitanvirBot, Xqbot, Yakiv Gluck, YurikBot, Zwobot, Білецький В.С., Секіші

Ірен Жоліо-Кюрі

http://uk.wikipedia.org/wiki/Ірен_Жоліо-Кюрі

Adept, Alex Blokha, Alexbot, Amakuha, ArthurBot, Begemot-Bot, CommonsDelinker, Deineka, GFHund, Krystofer, Movses, Olvin, P.S., Pavlo Chemist, Romanbibwiss, SieBot, Sigors, Silin2005, TammYM, TobeBot, VolkovBot, Білецький В.С., Дядько Ігор та 3 інших авторів

Ев Кюрі

http://uk.wikipedia.org/wiki/Ев_Кюрі

A1, Amakuha, Krystofer, P.S., Perohanych, WikitanvirBot

Інститут імені Марії

Скłodовської-Кюрі у Варшаві

http://uk.wikipedia.org/wiki/Інститут_імені_Марії_Скłodовської-Кюрі_у_Варшаві

Alex Blokha, Amakuha, EmausBot, Krystofer, Perohanych, RedBot, Володимир Ф



Stowarzyszenie Wikimedia Polska (WMPL) – stowarzyszenie, którego celem jest reprezentowanie i wspieranie projektów Fundacji Wikimedia, a także działanie na rzecz rozwoju społeczności skupionej wokół tych projektów.

Stowarzyszenie Wikimedia Polska zostało zarejestrowane 15 listopada 2005 roku w Łodzi. Do celów Stowarzyszenia należy rozwój powszechnego dostępu do wiedzy, propagowanie wolnych licencji oraz wspieranie rozwoju Fundacji Wikimedia, zapewniającej dostęp do Wikipedii, wolnej encyklopedii, a także innych projektów Wikimedia.

Zapraszamy na naszą stronę: <http://pl.wikimedia.org>

Stowarzyszenie Wikimedia Polska wspiera szereg projektów, których celem jest nie tylko gromadzenie wiedzy; ich celem jest robienie tego nieodpłatnie.

Możesz przeznaczyć 1% swojego podatku dochodowego jako darowiznę dla Stowarzyszenia Wikimedia Polska posiadającego status Organizacji pożytku publicznego (OPP).



Stowarzyszenie Wikimedia Polska
KRS: 0000244732

Więcej informacji na stronie: <http://opp.wikimedia.pl>

