

Redakcja naukowa
Tomasz Pospieszny i Ewelina Wajs-Baryła

A black and white portrait of Marie Skłodowska-Curie, shown from the chest up. She is looking slightly to the right of the camera with a thoughtful expression, her hand resting on her chin. She is wearing a dark, patterned dress.

WYKŁADY

Marii Skłodowskiej-Curie
WYBÓR

 SOPHIA
WYDAWNICTWO

WYKŁADY

Marii Skłodowskiej-Curie

WYBÓR

*Wszystkim tym, którzy jak Maria Skłodowska-Curie wierzą,
„iż Nauka jest czymś bardzo pięknym.
Uczony jest w swojej pracowni nie tylko technikiem,
lecz również dzieckiem wpatrzonym w zjawiska przyrody,
wzruszające jak baśń czarodziejska”.
Niech czar trwa i nigdy nie gaśnie...*

T.P. & E.W.B.



M. Skłodowska Curie

WYKŁADY

Marii Skłodowskiej-Curie

WYBÓR

Pod redakcją naukową i z komentarzem krytycznym
Tomasza Pospiesznego
i Eweliny Wajs-Baryły



Wydawnictwo Sophia
Warszawa 2026

© by Tomasz Pospieszny & Ewelina Wajs-Baryła 2026

© by Wydawnictwo Sophia 2026

Redakcja naukowa

Tomasz Pospieszny

Komentarz krytyczny

Tomasz Pospieszny i Ewelina Wajs-Baryła

Tłumaczenie z języka francuskiego

Agata Tomaszewska

Tłumaczenie z języka angielskiego

Anna Supeł-Więckowska

Korekta

Julia Nieciecka i Zuzanna Pasikowska (Lingventa)

Projekt okładki

Ewelina Wajs-Baryła

Przygotowanie do druku

Wydawnictwo Sophia

ISBN 978-83-968831-7-9



<https://bit.ly/SophiaKsiazki>

ul. Polnej Róży 2/4 lok. 46

02-798 Warszawa

tel. 884 302 470

kontakt@wydawnictwosophia.pl

Zdjęcie Marii Skłodowskiej-Curie na okładce, wykonane w Warszawie około 1913 roku przez Jana Rysia, pochodzi z Archiwum Piotra Chrzóstowskiego.

Na wyklejkach wykorzystano ilustracje z grawerunku Louisa Poyeta (1846–1919), opublikowane w czasopiśmie „La Nature” w 1904 roku, przedstawiające wnętrze laboratorium małżonków Curie w szopie przy ulicy Lhomond 42 z kolekcji Eweliny Wajs-Baryły.

Zdjęcie Marii Skłodowskiej-Curie na stronie trzeciej pochodzi ze zbiorów Musée Curie w Paryżu.

Książka powstała przy wsparciu Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych



ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA
ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
O wykładach Marii Skłodowskiej-Curie	13
Nota edytorska	33
1. <i>Promieniowanie emitowane przez związki uranu i toru</i>	41
2. <i>O nowym ciele promieniotwórczym zawartym w smółce uranowej</i> ...	49
3. <i>O nowej silnie radioaktywnej substancji zawartej w blendzie smolistej</i> ...	55
4. <i>Poszukiwanie nowego metalu w pechblendzie</i>	61
5. <i>Substancje radioaktywne, w szczególności rad</i>	75
6. <i>Nowoczesne teorie dotyczące elektryczności i materii</i>	89
7. <i>Rad i nowe koncepcje w chemii</i>	111
8. <i>Główne tory współczesnych badań nad promieniotwórczością</i>	129
9. <i>Organizacja i działalność Instytutu Radowego w Paryżu</i>	155
10. <i>Stan obecny chemii polonu</i>	179
11. <i>Sztuczne wytwarzanie pierwiastków promieniotwórczych</i>	193
12. <i>Chemiczne dowody transmutacji pierwiastków</i>	199
Spis prac Marii Skłodowskiej-Curie w układzie chronologicznym	209
Aneks	221





Maria Skłodowska-Curie w Birmingham, 1912.
Domena publiczna

PRZEDMOWA

Jestem z tych, którzy wierzą, że Nauka jest czymś bardzo pięknym.

Maria Skłodowska-Curie



W DŁONIACH CZYTELNIKA SPOCZYWA WYJĄTKOWA KSIĄŻKA – wybór prac i wykładów Marii Skłodowskiej-Curie, znakomicie opracowany przez Profesora Tomasza Pospieszego i Ewelinę Wajs-Baryłę, wydany przez Wydawnictwo Sophia w roku 2026. Ten zbiór tekstów jest świadectwem niezwykłej drogi naukowej jednej z najwybitniejszych postaci w historii światowej nauki — Marii Skłodowskiej-Curie. Wybrane wykłady i prace, zarówno autorstwa samej Uczzonej, jak i uzupełniających je wystąpień Pierre’a Curie oraz Irène i Frédérica Joliot-Curie, powstałe na przestrzeni kilku dekad, ukazują ewolucję myśli Uczzonej, Jej ponadczasowy geniusz, konsekwencję oraz odwagę w stawianiu hipotez, które zmieniały oblicze chemii i fizyki.

Zawarte teksty dokumentują zarówno przebieg badań, jak i refleksje Badaczki, umożliwiając pogłębione poznanie Jej dorobku. Publikacja stanowi istotny punkt odniesienia do historii nauki przełomu XIX i XX wieku oraz nad rozwojem radiochemii jako nowej dyscypliny.

Książka obejmuje głównie prace naukowe, ale również wystąpienia o charakterze popularyzatorskim i organizacyjnym. Od pierwszych komunikatów przez wykłady noblowskie, aż po refleksje nad działalnością Instytutu Radowego – wszystko to jest świadectwem nie tylko odkryć, lecz także pasji i odpowiedzialności wobec nauki.

Pięknie opracowany tekst ukazuje momenty przełomowe: od pierwszych badań nad promieniowaniem uranu i toru, poprzez odkrycie polonu i radu, aż po refleksje nad transmutacją pierwiastków. Każdy rozdział jest jak kamień milowy – dowodem pasji, odwagi i wytrwałości. W Warszawie w 1925 roku Maria Skłodowska-Curie mówiła o przyszłości badań nad promieniotwórczością, a Jej słowa brzmiały jak wezwanie do kolejnych pokoleń: „Trzeba mieć wytrwałość i wiarę w siebie. Trzeba wierzyć, że człowiek jest do czegoś zdolny i osiągnąć to za wszelką cenę.”

Komentarze krytyczne i opracowanie redakcyjne nadają całości kontekst historyczny i metodologiczny. Dzięki nim współczesny czytelnik – zarówno badacz, student, jak i miłośnik historii nauki – może lepiej zrozumieć wagę i nowatorstwo myśli Laureatki Narody Nobla. Bardzo wartościowe jest uporządkowanie tekstów w układzie chronologicznym, pozwalającym na prześledzenie ewolucji koncepcji naukowych i badań związanych z promieniotwórczością, a całość uzupełniają zamieszczone fotografie z czasu ich pierwszej publikacji. Wśród kart książki znalazły się również rzadkie wizerunki Marii Skłodowskiej-Curie (głównie z kolekcji prof. Tomasza Pospiesznego), uchwycone podczas Jej wykładów – obrazy, które pozwalają poczuć atmosferę tamtych chwil. W opracowaniu umieszczony jest pełny wykaz książek i artykułów, wraz z najważniejszymi tłumaczeniami, autorstwa lub współautorstwa Madame Curie. To bardzo istotny katalog Jej dorobku, świadectwo ogromu pracy i zaangażowania, które wniosła w świat nauki.

Nie byłoby tego tomu bez wielkiej pasji profesora Tomasza Pospiesznego – chemika, historyka nauki, autora wielu książek poświęconych Marii Skłodowskiej-Curie i jej rodzinie. Jego publikacje, takie jak m.in. *Maria Skłodowska-Curie. Zakochana w nauce czy Nowa Alchemia, czyli historia radioaktywności*, stały się ważnymi punktami odniesienia

w polskiej literaturze naukowej. Dzięki Jego pracy i konsekwencji możemy dziś obcować z tekstami źródłowymi, które ukazują geniusz i wielkość Uczonej.

Maria Skłodowska-Curie głęboko wierzyła, że wiedza nie jest własnością jednostki, lecz dobrem wspólnym, które należy przekazywać kolejnym pokoleniom. Jej życie i działalność były świadectwem tej idei – zarówno w laboratorium, jak i na sali wykładowej. W roku 1928 wypowiedziała słowa, które do dziś brzmią jak manifest naukowej odpowiedzialności:

Rozwijać pracownie naukowe, które Pasteur nazywał świętymi przybytkami ludzkości; ułatwiać zadania tym, co pracują dla nauki; otaczać opieką młodzież pragnącą wiedzy, aby pozyskiwać pracowników przyszłości; stwarzać warunki, w których wrodzone, a cenne zdolności mogły się uświadamiać i poświęcać służbie ideału; nadto prowadzić społeczeństwo drogą potęgi – tak duchowej, jak i materialnej.

Jej wykłady były czymś więcej niż tylko przekazem wiedzy – były wydarzeniami, w których odkrycia naukowe odsłaniały piękno i tajemnicę natury, były głosem prowadzącym kolejne pokolenia ku poznaniu i odkrywaniu. Sama Uczona podkreślała: „Nauka ma wielkie piękno. Ten, kto go nie dostrzega, nie może jej zrozumieć.”

Wartość wykładów Marii Skłodowskiej-Curie polegała nie tylko na przekazywaniu faktów, lecz także na kształtowaniu postaw – prostoty, pokory wobec prawdy i odpowiedzialności za przyszłość nauki. Były one świadectwem, że wiedza, jeśli ma służyć ludzkości, musi być pielęgnowana i przekazywana dalej.

Dziewiąty tom serii „MS” – książka *Wykłady Marii Skłodowskiej-Curie. Wybór* – ukazuje tę misję w pełnym świetle. To nie tylko zbiór tekstów, lecz zapis naukowego *credo* Madame Curie mówiącego, że nauka jest służbą, aktem dzielenia się prawdą, a jej największą wartością jest możliwość kształcenia i inspirowania przyszłych pokoleń badaczy.

Dzięki tej pozycji Czytelnik może nie tylko poznać Jej dzieła, lecz także zbliżyć się do samej Marii – jednej z najwybitniejszych postaci w dziejach nauki, której blask nie gaśnie mimo upływu czasu.

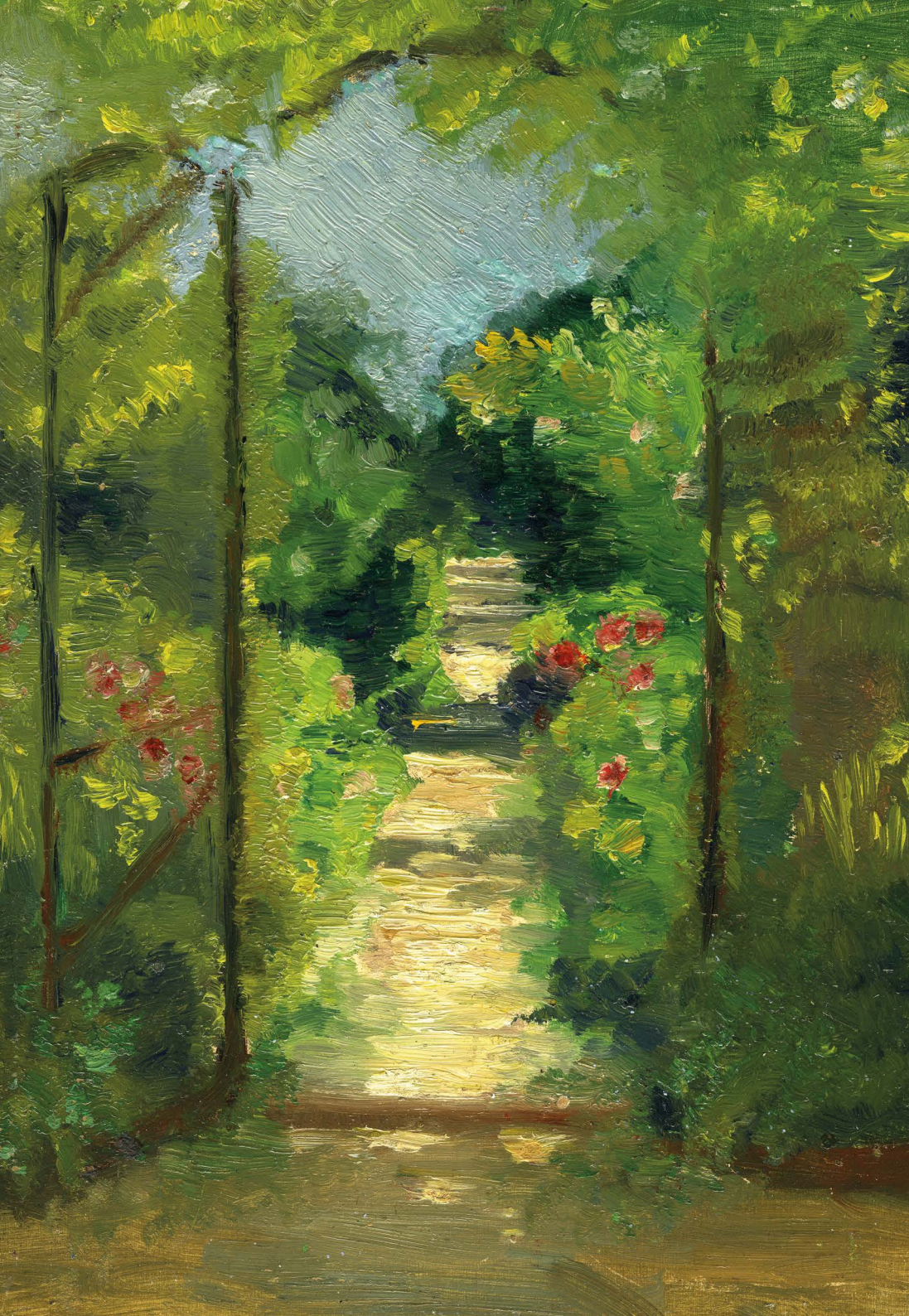
Książka *Wykłady Marii Skłodowskiej-Curie*, jest również okazją do refleksji nad tym, jak wielką siłę ma myśl naukowa, gdy łączy się z wytrwałością i pragnieniem poznania prawdy.

Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik
Dziekan Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej

Przewodnicząca Komitetu Chemii Analitycznej PAN
Łódź, w listopadzie 2025 roku

→ → →

Maria „Maniusia” ze Skłodowskich, primo voto Goetel, secundo voto Szancenbachowa,
Ogród Marii Skłodowskiej-Curie w Sceaux, olej na tekturze, Sceaux 1911.
Archiwum Chrzęstowskich



PROMIENIOWANIE EMITOWANE PRZEZ ZWIĄZKI URANU I TORU⁴¹

Komunikat Marii Skłodowskiej-Curie z 12 kwietnia 1898 roku,
przedstawiony Francuskiej Akademii Nauk przez Gabriela Lippmanna⁴²



BADAŁAM PRZEWODNICTWO POWIETRZA POD WPŁYWEM PROMIENI uranu, odkrytych przez Monsieur Becquerela, i sprawdzałam, czy ciała inne niż związki uranu są zdolne uczynić powietrze przewodnikiem elektryczności. Do tych badań użyłam kondensatora płytkowego; jedna z płytek była pokryta równą warstwą uranu lub innej drobno sproszkowanej substancji. (Średnica płytek 8 cm; odległość 3 cm). Między płytkami wytwarzano różnicę potencjałów 100 woltów. Prąd przepływający

⁴¹ **Praca ta została wykonana w Miejskiej Szkole Fizyki i Chemii Przemysłowej.**

École supérieure de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris (ESPCI) została ufundowana w 1882 roku, w dawnych budynkach Collège Rollin, jako szkoła miejska i miała status odpowiadający politechnice.

Pierre Curie powiedział pod koniec jednego z wykładów u schyłku życia: „Pragnę przypomnieć tutaj, iż wszystkie nasze badania wykonaliśmy w Szkole Fizyki i Chemii miasta Paryża. W każdym dorobku naukowym wpływ środowiska, w którym się pracuje, ma bardzo wielkie znaczenie i należy mu zawdzięczać część wyników pracy [...]. [Paul] Schützenberger, pierwszy dyrektor Szkoły, wybitnym był uczniem. Wielką mam wdzięczność dla niego za ułatwienie mi pracy, gdy byłem asystentem, a także za to że pozwolili pani Curie pracować razem ze mną. Pozwolenie takie było w owych czasach niezwykle innowacją. Schützenberger zostawiał wszystkim nam zupełną swobodę”. Zob. *Marja Skłodowska-Curie o swoim życiu i pracach. Piotr Curie*, pod redakcją naukową i z komentarzem krytycznym Tomasza Pospiesznego i Eweliny Wajs-Baryły, Wydawnictwo Sophia & Polskie Towarzystwo Chemiczne, Warszawa 2024, s. 208–209.

⁴² M. Curie, *Rayons émis par les composés l'uranium et du thorium*, „Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences”, t. CXXVI, 1898, nr 15, s. 1101–1103.

przez kondensator mierzono w wartościach bezwzględnych za pomocą elektrometru⁴³ i kwarcu piezoelektrycznego⁴⁴.

Zbadałam dużą liczbę metali, soli, tlenków i minerałów⁴⁵. Poniższa tabela podaje dla każdej substancji natężenie prądu i w amperach (rzędu wielkości 10^{-11}). Substancje, które badałam i które nie figurują w tabeli, są co najmniej 100 razy mniej aktywne niż uran.

	ampery
Uran lekko uwęglony	24×10^{-12}
Czarny tlenek uranu U_2O_5	27×10^{-12}
Zielony tlenek uranu U_3O_8	18×10^{-12}
Uraniany amonu, potasu, sodu	12×10^{-12}
Uwodniony kwas uranowy	6×10^{-12}
Azotan uranylu, siarczan uranowy, uranylowo-potasowy	7×10^{-12}
Chalkolit ⁴⁶ sztuczny (fosforan miedzi i uranylu)	9×10^{-12}
Tlenek toru, warstwa o grubości 0,25 mm	22×10^{-12}
Tlenek toru, warstwa o grubości 6 mm	53×10^{-12}
Siarczan toru	8×10^{-12}
Fluoksyntantalat potasu	2×10^{-12}
Fluoksyniobian potasu i tlenek ceru	$0,3 \times 10^{-12}$

⁴³ Elektrometr – przyrząd pomiarowy służący do pomiaru napięcia elektrycznego przy bardzo małym natężeniu prądu elektrycznego.

⁴⁴ Piezokwarc – kryształ kwarcu wykazujący właściwości piezoelektryczne. Stosowany między innymi w optoelektronice. Z kolei zjawisko piezoelektryczności polega na wytwarzaniu potencjału elektrycznego przez niektóre kryształy poddawane mechanicznemu ścisnieniu lub rozciąganiu.

⁴⁵ **Uran użyty w tych badaniach został przekazany przez Monsieur [Henri'ęgo] Moissana. Sole i tlenki były produktami czystymi, pochodzącymi z laboratorium Monsieur [Louisa] Étarda w Szkole Fizyki i Chemii. Monsieur [Auguste André Thomas] Lacroix zechciał udostępnić mi kilka próbek minerałów o znanym pochodzeniu, z kolekcji Muzeum [national d'Histoire naturelle de Paris]. Kilka rzadkich i czystych tlenków zostało przekazanych przez Monsieur [Eugène'a] Demarçay'a. Składam tym panom serdeczne podziękowania za ich uprzejmość.**

⁴⁶ Chalkolit (torbernit) – minerał uranowy składający się z uwodnionego fosforanu miedziowo-uranowego o wzorze: $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot (8-12)H_2O$.

Pechblenda ⁴⁷ z Johanngeorgenstadt	83 × 10 ⁻¹²
z Cornwallis [Kornwali]	16 × 10 ⁻¹²
z Joachimsthal [Jachymowa] i z Pzibran [Pribram] ..	67 × 10 ⁻¹²
Chalkolit naturalny	52 × 10 ⁻¹²
Autunit ⁴⁸	27 × 10 ⁻¹²
Toryty różne ⁴⁹	od 2 do 14 × 10 ⁻¹²
Orangit ⁵⁰ [Oranżyty]	20 × 10 ⁻¹²
Samarskit ⁵¹	11 × 10 ⁻¹²
Fergusonit ⁵² , monacyt ⁵³ , ksenotym ⁵⁴ , niobit ⁵⁵ , aeschynit ⁵⁶ .. od 3 do	7 × 10 ⁻¹²
Cleveit ⁵⁷	bardzo wysoka

⁴⁷ Pechblenda (blenda smolista, blenda uranowa, smółka uranowa) – minerał uranowy zawierający obok tlenku uranu(IV) domieszki toru, ołowiu, ceru etc. Jest głównym źródłem uranu i radu. Zob. T. Pospieszny, *Nowa Alchemia czyli historia radioaktywności*, Wydawnictwo Sophia, Warszawa 2022, s. 31–37.

⁴⁸ Autunit – minerał uranowy składający się z uwodnionego fosforanu wapniowo-uranowego o wzorze: $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot (10-12)\text{H}_2\text{O}$.

⁴⁹ Toryt – krzemian torowo-uranowy o wzorze $(\text{Th,U})\text{SiO}_4$. Często jest też uwodniony i zwietrzały. Należy do rzadkich minerałów. Jednocześnie jest najpowszechniejszym minerałem toru.

⁵⁰ Orangit to inna nazwa toritu.

⁵¹ Samarskit – radioaktywna seria minerałów ziem rzadkich, która obejmuje samarskit-(Y) o wzorze chemicznym $(\text{Y,Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+},\text{U,Th,Ca})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_8$ i samarskit-(Yb) o wzorze chemicznym $(\text{Yb,Fe}^{3+})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_8$.

⁵² Fergusonit – minerał z gromady tlenków, tlenek itru i niobu o wzorze chemicznym YNbO_4 . Należy do minerałów rzadkich.

⁵³ Monacyt – mieszana sól kwasu fosforowego, ceru i lantanu, neodymu, toru, itru i prazeodymu o wzorze chemicznym $(\text{Ce,La,Nd,Th,Y,Pr})[\text{PO}_4]$. Zawartość toru w monacycie sięga do 33% (cheralit), a uranu do 6%. Należy do minerałów rzadkich.

⁵⁴ Ksenotym – rzadki minerał z gromady fosforanów o wzorze YPO_4 (fosforan itru), ma bardzo zmienny skład chemiczny, w którym itr bywa często podstawiany przez tor i uran.

⁵⁵ Niobit – minerał o zmiennym składzie chemicznym, zawierający tlenek żelaza, manganu, niobu i tantalu o wzorze $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$. Czasami wykazuje niewielką promieniotwórczość, gdy występuje w nim domieszka uranu.

⁵⁶ Aeschynit – minerał o składzie chemicznym $(\text{Ce,Th,Ca})(\text{Ti,Nb,Ta})_2\text{O}_6$ (tzw. eszynit-(Ce) odkryty przez J.J. Berzeliusa w 1828 roku). Znane są także eszynit-(Y) odkryty w 1966 roku i eszynit-(Nd) odkryty w 1982 roku. Jest minerałem rzadkim.

⁵⁷ Cleveit – zanieczyszczona, radioaktywna odmiana uranitów. Głównym składnikiem jest UO_2 , przy czym około 10% uranu jest podstawione pierwiastkami ziem rzadkich.

Wszystkie badane związki uranu są aktywne i zazwyczaj tym bardziej, im więcej zawierają uranu.

Związki toru są bardzo aktywne. Tlenek toru przewyższa nawet uran metaliczny pod względem aktywności.

Warto zauważyć, że dwa najaktywniejsze pierwiastki – uran i tor – są tymi o największej masie atomowej⁵⁸.

Cer, niob i tantal wydają się być nieco aktywne⁵⁹.

Biały fosfor jest bardzo aktywny, lecz jego działanie prawdopodobnie ma inną naturę niż działanie uranu i toru. Fosfor nie jest aktywny ani w stanie fosforu czerwonego⁶⁰, ani w postaci fosforanów.

Minerały, które okazały się aktywne, zawierają wszystkie aktywne pierwiastki. Dwa minerały uranu — pechblenda (tlenek uranu) i chalkolit (fosforan miedzi i uranylu) — są znacznie bardziej aktywne niż sam uran. Fakt ten jest bardzo znamieny i skłania do przypuszczenia, że minerały te mogą zawierać pierwiastek dużo bardziej aktywny niż uran. Odtworzyłam chalkolit metodą Debraya⁶¹ z użyciem czystych produktów; ten chalkolit sztuczny nie jest bardziej aktywny niż inna sól uranu.

⁵⁸ W 1898 roku ostatnim pierwiastkiem w układzie okresowym pierwiastków był uran, który uważany był wówczas za najcięższy znany pierwiastek chemiczny.

⁵⁹ Niektóre izotopy tych pierwiastków wykazują radioaktywność.

⁶⁰ Fosfor biały i fosfor czerwony to odmiany alotropowe. Istnieje także fosfor fioletowy i czarny. Alotropia to zjawisko występowania w tym samym stanie skupienia różnych odmian tego samego pierwiastka chemicznego, różniących się właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Odmiany alotropowe pierwiastka mogą różnić się między sobą strukturą krystaliczną lub liczbą atomów w cząsteczce.

Odmianami alotropowymi węgla są diament, grafit, fuleren, grafen, nanorurki i formy polimeryczne. Natomiast tlenu w postaci gazowej: tlen atomowy, dwuatomowy i ozon; siarka występuje w formie romboidalnej, jednoskośnej i polimerycznej.

⁶¹ Chodzi o syntezę chalkolitu. Maria Curie syntetyzowała chalkolit w swoim laboratorium z azotanu(V) uranu i roztworu fosforanu miedzi(II) w kwasie fosforowym w temperaturze 50–60°C: $6 \text{U}(\text{NO}_3)_4 + \text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 + 4 \text{H}_3\text{PO}_4 + 48 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \times 12 \text{H}_2\text{O} + 24 \text{HNO}_3$. Zob. E.M. Greer, M. Tolmachovab, *Marie Curie: Pioneering Discoveries and Humanitarianism*, „*Helvetica Chimica Acta*”, 94, 2011, s. 1893–1907.

*Absorpcja*⁶² — Efekty wywoływane przez substancje aktywne rosną wraz z grubością zastosowanej warstwy. Wzrost ten jest bardzo niewielki w przypadku związków uranu; jest natomiast znaczny dla tlenku toru, który wydaje się być częściowo przezroczysty dla promieni, które emituje.

Aby badać przezroczystość różnych substancji, umieszcza się je w cienkiej płycie nad warstwą aktywną. Absorpcja jest zawsze bardzo silna. Jednak promienie przenikają przez metale, szkło, ebonit, papier przy niewielkiej grubości. Oto ułamek promieniowania przepuszczanego przez blaszkę aluminium o grubości 0,01 mm:

mm	
0,2	dla uranu, uranianu amonu, tlenku uranowego, chalkolitu sztucznego
0,33	dla pechblendy i chalkolitu naturalnego
0,4	dla tlenku toru i siarczanu toru w warstwie 0,5 mm
0,7	dla tlenku toru w warstwie 6 mm

Widać, że związki tego samego metalu emitują promienie o podobnej absorpcji. Promienie emitowane przez tor są bardziej przenikliwe niż te emitowane przez uran; wreszcie tlenek toru w grubej warstwie emituje promienie znacznie bardziej przenikliwe niż w warstwie cienkiej.

Odbitki fotograficzne. — Uzyskałam dobre odbitki fotograficzne przy użyciu uranu, tlenku uranowego, pechblendy, chalkolitu i tlenku toru. Substancje te działały na małych odległościach – czy to przez powietrze, czy przez szkło, czy przez aluminium. Siarczan toru daje słabsze odbitki, a fluoksyntalat potasu — bardzo słabe.

⁶² Absorpcja jest terminem wieloznacznym, który generalnie oznacza wchłanianie czegoś do wnętrza objętości. W fizykochemii jest to proces, w którym jedna substancja (absorbowana) przenika do wnętrza innej substancji (absorbentu) i rozprasza się równomiernie w całej jej objętości. W fizyce to pochłanianie energii fali elektromagnetycznej przez materię.

*Analogia do promieni wtórnych promieni Röntgena*⁶³. — Właściwości promieni emitowanych przez uran i tor są bardzo podobne do właściwości promieni wtórnych promieni Röntgena, badanych ostatnio przez Monsieur [Georges'a] Sagnaca⁶⁴. Stwierdziłam ponadto, że pod wpływem promieni Röntgena⁶⁵ uran, pechblenda i tlenek toru emitują promienie wtórne, które z punktu widzenia rozładowania ciał naelektryzowanych zazwyczaj wywierają większy efekt niż promienie wtórne ołowiu. Wśród metali badanych przez Monsieur Sagnaca uran i tor plasowałyby się obok, a nawet powyżej ołowiu.

Aby zinterpretować spontaniczne promieniowanie uranu i toru, można sobie wyobrazić, że cała przestrzeń jest nieustannie przenikana przez promienie analogiczne do promieni Röntgena, lecz znacznie bardziej przenikliwe i mogące być pochłaniane jedynie przez niektóre pierwiastki o dużej masie atomowej, takie jak uran i tor.

⁶³ Wtórne (fluorescencyjne) promieniowanie rentgenowskie – nadmiar energii emitowany poprzez przeskok elektronu z wyższej powłoki elektronowej na niższą w celu zapewnienia luki elektronowej spowodowanej wybiciem elektronu w wyniku oddziaływania promieniowania rentgenowskiego z materią

⁶⁴ Georges Sagnac (1869–1928) – francuski fizyk. Należał do grupy przyjaciół małżonków Curie, Paula Langevina, Jeana Perrina i matematyka Émile'a Borela. Przeprowadził eksperyment związany z odkryciem efektu Sagnaca, czyli przesunięcia fazowego obserwowanego między dwoma wiązkami światła biegnącymi w przeciwnych kierunkach po tej samej zamkniętej ścieżce wokół obracającego się obiektu. Sagnac był zagorzałym przeciwnikiem teorii względności, mimo że efekt przez niego odkryty jest z nią zgodny. Co ciekawe, przygotował on ten eksperyment, aby udowodnić istnienie eteru, który odrzuciła szczególna teoria względności Einsteina.

⁶⁵ Promieniowanie X (promieniowanie rentgenowskie) – promieniowanie elektromagnetyczne powstające w wyniku wyhamowywania elektronów o różne materiały, np. płytki metalowe lub szklane ścianki lampy. Jest wykorzystywane w celu obrazowania wewnętrznej struktury obiektów.



Irène Joliot-Curie w trakcie wizyty w Warszawie, 1936.
Narodowe Archiwum Cyfrowe

SZTUCZNA PRODUKCJA PIERWIASTKÓW RADIOAKTYWNYCH²⁰³

Wykład Irène Joliot-Curie wygłoszony 12 grudnia 1935 roku w Sztokholmie podczas ceremonii wręczenia małżonkom Joliot-Curie Nagrody Nobla²⁰⁴

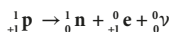


TO DLA NAS WIELKI ZASZCZYT I OGROMNA PRZYJEMNOŚĆ, że Szwedzka Akademia Nauk przyznała nam Nagrodę Nobla za nasze prace nad syntezą pierwiastków promieniotwórczych, po tym jak w 1903 roku nagrodę tę otrzymali Pierre i Maria Curie, a w 1911 roku Maria Curie za odkrycie pierwiastków promieniotwórczych.

Chciałabym tutaj przypomnieć niezwykle rozwój radioaktywności, tej nowej nauki, która powstała niecałe czterdzieści lat temu dzięki pracy Henri Becquerela oraz Pierre'a i Marii Curie.

Wiadomo, że wysiłki chemików ubiegłego wieku ustaliły jako fundamentalny fakt niezwykle trwałość struktur atomowych, które tworzą dziewięćdziesiąt dwa znane pierwiastki chemiczne. Wraz z odkryciem pierwiastków promieniotwórczych fizycy po raz pierwszy zetknęli się z dziwnymi substancjami, małymi generatorami promieniowania

²⁰³ Sztuczna radioaktywność – przemiana jądrowa wywołana bombardowaniem stabilnych izotopów pierwiastków cząstkami alfa, w wyniku czego powstają izotopy radioaktywne emitujące promieniowanie molekularne β^+ (pozytony). W wyniku tej przemiany dochodzi do przekształcenia protonu w neutron, pozyton (dodatni elektron) i neutrino elektronowe, zgodnie z równaniem:



Warto zauważyć, że małżonkowie Joliot-Curie otrzymali Nagrodę Nobla z chemii „za syntezę nowych pierwiastków promieniotwórczych”, tj. niewystępujących naturalnie w przyrodzie.

²⁰⁴ *Nobel Lectures. Chemistry 1922–1911*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam 1966, s. 366–368.

o ogromnej koncentracji energii: promieniami alfa, dodatnio naładowanymi atomami helu, promieniami beta, ujemnie naładowanymi elektronami, obydwoma posiadającymi energię kinetyczną, której nie można im przekazać za pomocą środków ludzkich i wreszcie promieniami gamma, podobnymi do bardzo przenikliwych promieni rentgenowskich. Chemicy byli nie mniej zdumieni, gdy rozpoznali w tych ciałach radioaktywnych pierwiastki, które uległy modyfikacjom struktury atomowej, uważanej dotychczas za niezmienną.

Każda emisja promieniowania alfa lub beta towarzyszy transmutacji atomu; energia przekazywana tym promieniom pochodzi z wnętrza atomu. Dopóki radioaktywne pierwiastki istnieją, mają one dobrze określone właściwości chemiczne, podobnie jak zwykłe pierwiastki. Te niestabilne atomy rozpadają się spontanicznie, niektóre bardzo szybko, inne bardzo powoli, ale zgodnie z niezmiennymi prawami, na które nigdy nie udało się wpłynąć. Czas potrzebny do zaniku połowy atomów, zwany okresem połowicznego rozpadu, jest podstawową cechą każdego pierwiastka promieniotwórczego; w zależności od substancji wartość okresu połowicznego rozpadu waha się od ułamka sekundy do milionów lat.

Odkrycie pierwiastków promieniotwórczych miało ogromny wpływ na wiedzę o strukturze materii; badaniem samych materiałów oraz badaniem silnego oddziaływania promieni emitowanych przez atomy zajmują się naukowcy z niezliczonych wielkich instytutów badawczych we wszystkich krajach.

Niemniej jednak, radioaktywność pozostawała właściwością związaną wyłącznie z około trzydziestoma substancjami występującymi naturalnie. Sztuczne wytwarzanie pierwiastków promieniotwórczych otwiera nowe pole dla nauki o radioaktywności i stanowi kontynuację prac Pierre'a i Marii Curie.

Po odkryciu spontanicznych przemian pierwiastków promieniotwórczych pierwsze sztuczne przemiany zawdzięczamy lordowi [Ernestowi] Rutherfordowi. Piętnaście lat później, bombardując promieniami alfa niektóre z lżejszych atomów, na przykład azotu i glinu²⁰⁵, lord Rutherford wykazał wyrzucanie protonów, czyli dodatnio naładowanych jąder wodoru; wodór ten pochodził z samych bombardowanych atomów: był wynikiem transmutacji. Charakter transformacji jądrowej można było jednoznacznie ustalić: na przykład atom glinu wychwytuje cząstkę alfa i po wyrzuceniu protonu przekształca się w atom krzemu. Ilość przekształconej materii nie może być zważona i same badania promieniowania doprowadziły do tych wniosków.

W ciągu ostatnich lat odkryto różne rodzaje sztucznych transmutacji; niektóre są wytwarzane przez promienie alfa, inne przez protony lub deuterony²⁰⁶, jądra wodoru o masie 1 lub 2, a jeszcze inne przez neutrony, cząstki neutralne o masie 1, o których właśnie mówił profesor [James] Chadwick²⁰⁷. Cząstki wyrzucane podczas eksplozji atomu to protony, promienie alfa lub neutrony.

Przemiany te stanowią prawdziwe reakcje chemiczne, które oddziałują na najgłębszą strukturę atomu, czyli jądro. Można je przedstawić za pomocą prostych wzorów, o czym za chwilę opowie Państwu Monsieur Joliot.

Teraz opowiem Państwu o eksperymentach, które doprowadziły nas do uzyskania nowych pierwiastków promieniotwórczych poprzez

²⁰⁵ Glin (łac. *aluminium*, ang. *aluminium*, niem. *aluminium*, fr. *aluminium*; w polskiej terminologii technicznej także *aluminium*) – pierwiastek chemiczny o symbolu Al i liczbie atomowej 13. Jest metalem z bloku p układu okresowego. Natomiast aluminium (produkt techniczny) to glin o pewnej czystości technicznej, który może zawierać różne ilości zanieczyszczeń, zależnie od metody otrzymywania. Według niektórych źródeł oraz w mowie potocznej termin „aluminium” odnosi się również do pierwiastka chemicznego glinu.

²⁰⁶ Deuter – izotop wodoru. Ma w jądrze obok protonu neutron, stąd jego masa wynosi 2 u.

²⁰⁷ James Chadwick odebrał Nagrodę Nobla w tym samym roku co małżonkowie Joliot-Curie. Otrzymał ją za odkrycie neutronu.

transmutację. Eksperymenty te zostały przeprowadzone wspólnie przez Monsieur Joliot i mnie, a sposób, w jaki podzieliliśmy między siebie ten wykład, wynika wyłącznie z wygody.

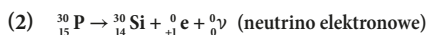
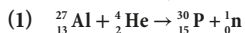
W naszych badaniach nad transmutacjami z emisją neutronów wytwarzanych w pierwiastkach lekkich napromieniowanych promieniami alfa zauważyliśmy pewne trudności w interpretacji emisji neutronów przez fluor, sód i glin. Glin może zostać przekształcony, poprzez wychwycenie cząstki alfa i emisję protonu, w stabilny atom krzemu. Z drugiej strony, jeśli emitowany jest neutron, produktem reakcji nie jest znany atom.

Później zaobserwowaliśmy, że glin i bor, po napromieniowaniu promieniami alfa, nie emitują wyłącznie protonów i neutronów, ale również dodatnie elektrony [pozytony]. W tym przypadku założyliśmy, że emisja neutronu i dodatniego elektronu następuje jednocześnie, zamiast emisji protonu; atom pozostający musi być taki sam w obu przypadkach.

Na początku 1934 roku, podczas pracy nad emisją tych dodatnich elektronów, zauważyliśmy zasadniczą różnicę między tą transmutacją a wszystkimi innymi dotychczasowymi; wszystkie reakcje chemii jądrowej były zjawiskami natychmiastowymi, eksplozjami. Jednak dodatnie elektrony wytwarzane przez glin pod działaniem źródła promieni alfa są nadal emitowane przez pewien czas po usunięciu źródła. Liczba emitowanych elektronów zmniejsza się o połowę w ciągu trzech minut²⁰⁸.

Mamy więc do czynienia z prawdziwą radioaktywnością, której dowodem jest emisja dodatnich elektronów.

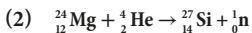
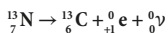
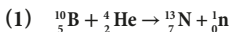
²⁰⁸ Reakcja (1) prowadząca do otrzymania radioaktywnego izotopu fosforu ($^{30}_{15}\text{P}$), który przekształca się w stabilny izotop krzemu ($^{30}_{14}\text{Si}$) (2):



Wykazaliśmy, że możliwe jest wywołanie radioaktywności charakteryzującej się emisją dodatnich lub ujemnych elektronów w borze i magnezie poprzez bombardowanie promieniami alfa. Te sztuczne pierwiastki promieniotwórcze zachowują się pod każdym względem jak pierwiastki promieniotwórcze występujące w naturze²⁰⁹.

Wracając do naszej hipotezy dotyczącej przemiany jądra glinu w jądro krzemu, założyliśmy, że zjawisko to przebiega w dwóch etapach: najpierw następuje wychwycenie cząstki alfa i natychmiastowe wyrzucenie neutronu, co powoduje powstanie radioaktywnego atomu, który jest izotopem fosforu o masie atomowej 30, podczas gdy stabilny atom fosforu ma masę atomową 31. Następnie ten niestabilny atom, nowy pierwiastek promieniotwórczy, który nazwaliśmy „radiofosforem”, rozkłada się wykładniczo z okresem połowicznego rozpadu wynoszącym trzy minuty. W ten sam sposób zinterpretowaliśmy powstawanie pierwiastków promieniotwórczych w borze i magnezie; w pierwszym przypadku powstaje niestabilny azot o okresie połowicznego rozpadu wynoszącym dwie minuty, a w drugim – niestabilne izotopy krzemu i glinu.

²⁰⁹ Reakcje otrzymywania radioaktywnych izotopów azotu (1) oraz krzemu (2):



UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW CHEMICZNYCH

liczba atomowa → 92 238,029 ← masa atomowa
 symbol → **U** ← pierwiastek radioaktywny
 nazwa → **Uran**

- niemetale
- metale ziem alkalicznych
- metale bloku p
- metale alkaliczne
- metale przejściowe
- metale szlachetne
- halogeny
- gazy szlachetne
- lantanowce
- aktynowce
- pierwiastki radioaktywne
- transuranowce 93–103
- transaktynowce 104–118

OKRES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
GRUPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H Wodor	2 He Hel	3 Li Lit	4 Be Beryl	5 B Bor	6 C Węgiel	7 N Azot	8 O Tlen	9 F Fluor	10 Ne Neon	11 Na Sód	12 Mg Magnez	13 Al Glin	14 Si Krzem	15 P Fosfor	16 S Siarka	17 Cl Chlor	18 Ar Argon
2	19 K Potas	20 Ca Wapń	21 Sc Skan	22 Ti Tytan	23 V Wanad	24 Cr Chrom	25 Mn Mangan	26 Fe Żelazo	27 Co Kobalt	28 Ni Nikiel	29 Cu Miedź	30 Zn Cynk	31 Ga Gall	32 Ge German	33 As Arsen	34 Se Selen	35 Br Brom	36 Kr Krypton
3	37 Rb Rubid	38 Sr Stront	39 Y Itr	40 Zr Cyrkon	41 Nb Niob	42 Mo Molibden	43 Tc Technet	44 Ru Ruten	45 Rh Ród	46 Pd Pallad	47 Ag Srebro	48 Cd Kadm	49 In Ind	50 Sn Cyna	51 Sb Antymon	52 Te Tellur	53 I Jod	54 Xe Ksenon
4	55 Cs Cez	56 Ba Bary	57-71 Lantanowce*	72 Hf Hafn	73 Ta Tantal	74 W Wolfram	75 Re Ren	76 Os Osm	77 Ir Iryd	78 Pt Platyna	79 Au Złoto	80 Hg Rtęć	81 Tl Tal	82 Pb Ołów	83 Bi Bismut	84 Po Polon	85 At Astat	86 Rn Radon
5	87 Fr Franc	88 Ra Rad	89-103 Aktynowce**	104 Rf Rutherford	105 Db Dubn	106 Sg Seaborg	107 Bh Bohr	108 Hs Hase	109 Mt Meitner	110 Ds Darmstadt	111 Rg Roentgen	112 Cn Kopernik	113 Nh Nihon	114 Fl Flerow	115 Mc Moskwa	116 Lv Liwermor	117 Ts Tenes	118 Og Oganesson

stan skupienia w stanie standardowym (25°C, 1000 hPa) oznaczono kolorami: ciało stałe ciecz nieznany gaz

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La Lantan	Ce Cer	Pr Prazdom	Nd Necodym	Pm Promet	Sm Samar	Eu Europ	Gd Gadol	Tb Terb	Dy Dysproz	Ho Holm	Er Erb	Tm Tul	Yb Iteerb	Lu Lutek
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac Aktyn	Th Tor	Pa Protaktyn	U Uran	Np Neptun	Pu Pluton	Am Ameryk	Cm Klur	Bk Berkel	Cf Kaliforn	Es Einstein	Fm Ferm	Md Mendelew	No Nobel	Lr Lorens

blok b

blok d

blok s

blok f

ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (ZUOP)

Odkrycie radu i polonu w 1898 roku przez Marię Skłodowską-Curie i Pierre'a Curie stało się przepustką do dalszych badań nad wykorzystaniem właściwości, jakie wykazują izotopy promieniotwórcze.

Dziś, blisko 160 lat po urodzinach polskiej uczoney, współczesna medycyna szeroko wykorzystuje promieniowanie jonizujące – od terapii onkologicznych, przez bezpieczne transfuzje krwi, po zaawansowaną diagnostykę obrazową.

Promieniotwórczość znalazła również liczne zastosowania w przemyśle – m.in. w miernikach grubości i urządzeniach służących do nieinwazyjnego wykrywania pęknięć czy nieszczelności instalacji.

W Polsce bezpieczne korzystanie z dobrodziejstw promieniotwórczości nie byłoby możliwe bez Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – jedynej instytucji w kraju specjalizującej się w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi.

Zakład znajduje się na terenie Ośrodka Jądrowego w Otwocku. Przetwarza odpady promieniotwórcze oraz zarządza jedynym w Polsce Krajowym Składowiskiem Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu.

Do ZUOP trafiają wszystkie odpady promieniotwórcze wytwarzane w Polsce – pochodzące z produkcji radiofarmaceutyków, przemysłu, badań naukowych czy eksploatacji reaktora badawczego Maria.

Odpady klasyfikuje się według stanu skupienia na stałe, ciekłe, gazowe oraz poziomu aktywności: na nisko-, średnio- i wysokoaktywne.

Do odpadów zalicza się m.in. zużyte rękawice, kombinezony ochronne, szkło laboratoryjne, elementy urządzeń medycznych czy izotopy stosowane do leczenia nowotworów i napromieniania krwi.

Klasyfikacja obejmuje także okres połowicznego rozpadu: przejściowy (kilka godzin–miesiący), krótkożyckiowy (≤ 30 lat) i długożyckiowy (> 30 lat).

PRZETWARZANIE ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Przed przetwarzaniem odpady stałe należy zakwalifikować do odpowiedniej grupy. Wyróżniamy tu odpady: nieprasowalne (np. metal, drewno, beton), wielkogabarytowe oraz prasowalne (najliczniejsze).

Przetwarzanie odpadów ciekłych

Do oczyszczania odpadów ciekłych wykorzystywane są dwie instalacje: odwróconej osmozy i wyparna. Pierwsza zapewnia wstępne oczyszczenie, druga – ostateczne zagęszczenie odpadów.

W procesie odwróconej osmozy uzyskuje się 70–80% czystej wody (permeatu) oraz 20–30% zatężonych odpadów (retentatu). Oczyszczona woda po potwierdzeniu bezpieczeństwa w akredytowanych laboratoriach trafia do kanalizacji. Retentat kierowany jest do instalacji wyparnej.

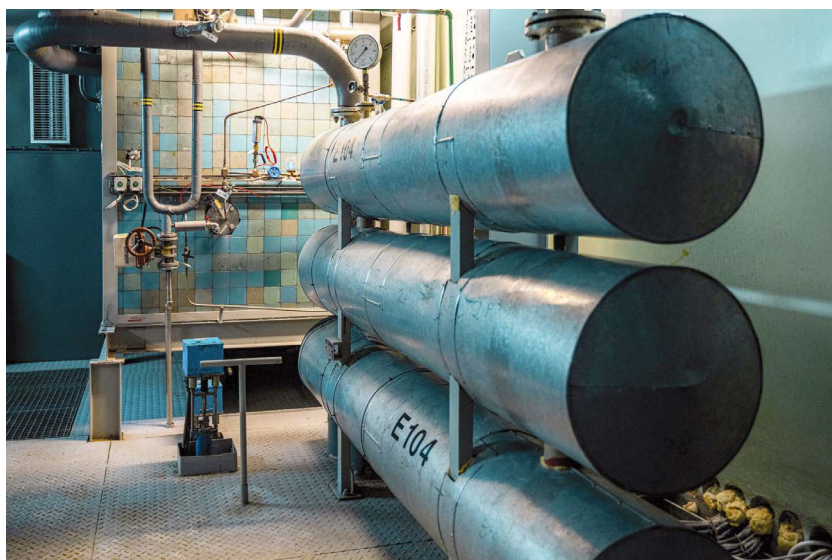
Instalacja wyparna, uruchomiona w 2003 roku, jest największym urządzeniem Zakładu. Podwyższone ciśnienie i temperatura przekraczająca 100°C umożliwiają odparowanie czystej wody i oddzielenie aktywnego koncentratu.

Koncentrat zestala się cementem w 200-litrowych bębnach, zgodnie z wymogiem składowania odpadów wyłącznie w stanie stałym. Każda partia przechodzi analizę jakości i odporności na wypłukiwanie.

Zamknięte zużyte źródła promieniotwórcze

Osobną kategorię stanowią zużyte zamknięte źródła promieniotwórcze – m.in. z urządzeń do radioterapii, kontroli spoin czy z dawnych czujek dymu. Źródła te są demontowane, zabezpieczane i kierowane do dalszego postępowania.

Po przetworzeniu zabezpieczone odpady są transportowane na Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych. Rocznie odbywa się około dziesięć takich transportów.



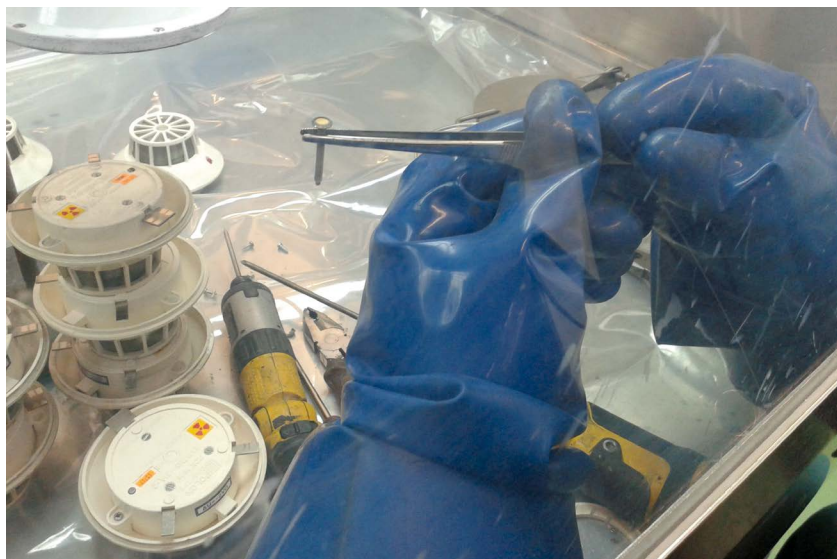
Instalacja odwróconej osmozy (u góry) i fragment instalacji wyparnej (u dołu)
w siedzibie ZUOP w Otwocku

Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP)

Jedyny w Polsce KSOP działa w Różanie od 1961 roku, na terenie dawnego carskiego fortu. Trafiają tam odpady nisko- i średnioaktywne o okresie połowicznego rozpadu krótszym niż 30 lat, a także – czasowo – odpady długożyciowe.

Odpady składa się w sektorach, warstwowo, a następnie wypełnia puste przestrzenie między bębniami betonem. Wierzch odpadów również zalewany jest zaprawą betonową.

Teren składowiska i obszar wokół podlegają restrykcyjnemu monitoringowi środowiska. W ten sposób sprawdzany jest wpływ obiektu na ludzi i środowisko naturalne. Badane są próbki wody gruntowej, wodociągowej i deszczowej, a także powietrza, gleby oraz trawy. Analizy zlecane są niezależnym, akredytowanym laboratoriom. Wyniki zbierane są w formie raportów i przekazywane do Państwowej Agencji Atomistyki,



Operator, manipulując w specjalnej komorze, usuwa element promieniotwórczy z czujki dymu

Komisji Ochrony Radiologicznej Rady Miejskiej w Różanie, a także publikowane na stronie internetowej ZUOP. Składowisko jest również regularnie kontrolowane przez instytucje krajowe i międzynarodowe, co potwierdza jego bezpieczeństwo.



Wyzwania i perspektywy

ZUOP prowadzi szeroką działalność edukacyjną i informacyjną skierowaną do różnych grup odbiorców – od uczniów i mieszkańców, przez służby mundurowe i samorządowców, po środowiska naukowe. Organizuje dni otwarte i „Tydzień Atomowy”, podczas których setki uczniów zwiedzają KSOP w Różanie i biorą udział w zajęciach popularnonaukowych oraz pokazach, prowadzi punkty edukacyjno-informacyjne podczas lokalnych wydarzeń oraz przygotowuje pokazy i ćwiczenia demonstracyjne z obsługi sprzętu dozymetrycznego. ZUOP ponadto prowadzi działalność edukacyjną za pośrednictwem strony internetowej i mediów społecznościowych.

Równolegle Zakład prowadzi szkolenia dla służb mundurowych i przedstawicieli samorządów z zakresu ochrony radiologicznej, wykrywania skażeń i dekontaminacji oraz bierze udział w międzynarodowych kursach eksperckich, co wzmacnia poziom bezpieczeństwa i gotowości lokalnych instytucji.



Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych w Różanie:
widok z lotu ptaka (u góry) i pracownik przy składowaniu bębnow
z zabezpieczonymi odpadami promieniotwórczymi (u dołu)

Dodatkowo ZUOP realizuje badania opinii publicznej na temat wiedzy o odpadach promieniotwórczych, co pozwala dostosowywać komunikację i działania edukacyjne do rzeczywistych potrzeb społecznych.

Zakład stoi dziś przed nowymi wyzwaniami wynikającymi z planów budowy elektrowni jądrowych w Polsce, co przełoży się na zwiększenie ilości odpadów. Trwa poszukiwanie lokalizacji nowego składowiska, a Zakład przygotowuje dokumentację techniczną, korzystając z doświadczeń zagranicznych.

Od ponad 20 lat ZUOP współpracuje z amerykańskim Biurem Bezpieczeństwa Radiologicznego. W efekcie powstało wiele ważnych projektów, m.in. wymiana aparatów do napromieniania krwi – do polskich placówek medycznych trafiło 18 nowoczesnych urządzeń, sfinansowanych w całości przez stronę amerykańską.

Dział komunikacji ZUOP
Otwock, w listopadzie 2025 roku



Na terenie KSOP są wyznaczone specjalne miejsca poboru próbek gleby, wody i powietrza w celu dokładnego monitorowania stanu środowiska



Sala edukacyjna ZUOP z widokiem na reaktor EWA



ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA
ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH



ul. Andrzeja Sołtana 7
05-400 Otwock



22 718 00 92



zuop@zuop.gov.pl



Druk i oprawę książki wykonała drukarnia OZGraf SA



Pięknie opracowany tekst ukazuje momenty przełomowe: od pierwszych badań nad promieniowaniem uranu i toru, poprzez odkrycie polonu i radu, aż po refleksje nad transmutacją pierwiastków. Każdy rozdział jest jak kamień milowy – dowodem pasji, odwagi i wytrwałości. W Warszawie w 1925 roku Maria Skłodowska-Curie mówiła o przyszłości badań nad promieniotwórczością, a Jej słowa brzmiały jak wezwanie do kolejnych pokoleń: „Trzeba mieć wytrwałość i wiarę w siebie. Trzeba wierzyć, że człowiek jest do czegoś zdolny i osiągnąć to za wszelką cenę.”

prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szykowska-Józwik

Dziekan Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej,
Przewodnicząca Komitetu Chemii Analitycznej PAN

Prof. Tomasz Pospieszny jest uznanym biografem Marii Skłodowskiej-Curie. Każda jego kolejna książka przynosi nowe, wyszukiwane z niezwykłą akrybią, pasjonujące odkrycia i relacje o życiu, kontaktach i badaniach naukowych najsłynniejszej Polki, i według BBC, najbardziej wpływowej kobiety w historii. Tym razem prof. Tomasz Pospieszny i Ewelina Wajs-Baryła są redaktorami książki zawierającej pięć wykładów Noblistki, jej męża Pierre'a i wykłady noblowskie córki Irène i jej męża, Frédérica Joliot-Curie. To książka nie tylko dla umysłów ścisłych, lecz dla wszystkich ciekawych świata nauki. Bo w dzisiejszym świecie pełnym nieistotności i gwaru – nauka pozostaje sferą racjonalności, inspiracji i wielkich ludzkich pasji. Najserdeczniej polecam.

dr Ewa Łabno-Fałęcka

Fundacja Rozwoju Edukacji dla Przemysłu,
inicjatorka wydania książki *Maria Skłodowska-Curie i Albert Einstein. Listy (1911–1932)*



ZAKŁAD UNIESKODLIWIANIA
ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH



UMCS
UNIWERSYTET MIKŁAJA DOBOSZOWICZA
W ŁODZI



Politechnika Łódzka
Rektor



PAN
POLSKA AKADEMIA NAUK
ARCHIWUM
W WARSZAWIE



ARCHIWUM NAUKI
PAN I PAU



MĚSTO JÁCHYMOV



LÁZNĚ
JÁCHYMOV



Muzeum
Marii Skłodowskiej-Curie
w Warszawie



Muzeum
Marii Skłodowskiej-Curie
w Warszawie



POSTĘPY
TECHNIKI
JĄDROWEJ



kobietynauki.org



PREZYDENTA STRONY NAFI
MARII SKŁODOWSKA-CURIE



ISBN 978-83-968831-7-9