

ACADEMIA ROMÂNĂ
Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii
– Divizia de Istoria Științei –

STUDII ŞI COMUNICĂRI/DIS

Vol. XIX/2026

MEGA

STUDII ŞI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XIX / 2026

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

– publicație fondată de acad. Gleb Drăgan –

REDACȚIA:

Director: Acad. Dumitru MURARIU

Redactor-şef: Acad. Mihail-Viorel BĂDESCU

Redactor-şef adjunct: dr. Tiberiu TĂNASE

Secretar de redacție: C.Ş. Mirela-Adriana ANGHELACHE

Colegiul de redacție: Viorela-Valentina DIMA, Edith-Mihaela DOBRESCU, Emilian M. DOBRESCU, Dan GÎJU, Emil HEDEȘIU, Marian MOŞNEAGU, Alba-Iulia-Catrinel POPESCU, Nicolae ROTAR, Narcis ZĂRNESCU.

Responsabilitatea asupra conținutului materialelor revine autorilor

Adresa redacției:
Calea Victoriei, nr. 125, camera 31, sectorul 1 Bucureşti, cod 010071

Adresa web: http://www.studii.crifst.ro

Administrator pagină web: Nicolae Sfetcu, Mirela-Adriana Anghelache

ACADEMIA ROMÂNĂ
Comitetul Român de Istoria şi Filosofia Științei şi Tehnicii
– Divizia de Istoria Ştiinței –

STUDII ŞI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XIX / 2026

MEGA
Cluj-Napoca, 2026

Revista este inclusă în baza de date internațională CEEOL

Revista este inclusă în baza de date internațională
ICI Journals Master List

© Autorii, 2026

Responsabilitatea conţinutului, interpretărilor şi părerilor exprimate în paginile revistei revine exclusiv autorilor.

ISSN 1844 – 9220
ISSN-L 1844 – 9220

Editura MEGA
Cluj-Napoca
e-mail: mega@edituramega.ro
www.edituramega.ro

CUPRINS

ANIVERSĂRI, COMEMORĂRI

George M. CROITORU
135 de ani de la nașterea academicianului Aurel A. Beleș, personalitate de referință a ingineriei civile din România 13

Dumitru CURCĂ
Viața și opera fiziologului academician (m.c.) prof. univ. dr. Ioan Athanasiu (1868-1926). Comemorare la 100 ani de la moartea savantului 35

George M. CROITORU
65 de ani de la construcția pavilionului Expoziției Realizărilor Economiei Naționale din București 87

STUDII ȘI COMUNICĂRI

Adriana VÂLCU, Șerban GHINOIU
Istoria Serviciului central de măsuri și greutăți din Romania 101

Mirela-Adriana ANGHELACHE
Revoluția invizibilului: Femeile de știință care au descifrat misterele atomului. Contribuții feminine la cercetarea radioactivității 125

Daniela Georgiana GOLEA, Lucian Ștefan COZMA
Oameni de știință și inventatori români, precursori ai tehnologiilor de intervenție asupra factorilor de mediu 155

PERSONALITĂȚI

Filofteia REPEZ
Elena Văcărescu – Contribuții la dezvoltarea culturii și diplomației 187

Magda STAVINSCHI
Ștefan C. Hepites şi Spiru Haret – Doi ctitori ai astronomiei româneşti 205

EVOCĂRI

Mircea Victor RUSU
Amintiri cu profesorul Horia Hulubei 223

VARIA

Alin M. OLĂRESCU
Aspecte tehnico-administrative ale întovărăşirii agro-zootehnice „30 Decembrie Drumul Belşugului" din Stroeşti-Argeş 251

SEMNAL EDITORIAL, RECENZII

George M. CROITORU
Nicolae Șt. Noica: Palatul înaltei curți de conturi şi ctitorul său, George I. Lahovary – 125 de ani 277

Mirela-Adriana ANGHELACHE
Filofteia Repez, Laurențiu Bădiciou: Alexandru Antemireanu. Pagini de duioasă amintire 283

IN MEMORIAM

Dan OTTIGER DUMITRESCU, Ada-Maria MARQUARDT
Gabriela Andrei (1946–2025). Modestie, distincție, pasiune pentru cercetarea ştiințifică 289

NOTA REDACȚIEI

Divizia de Istoria Științei la Congresul Național al Istoricilor Români. București, 9–12 septembrie 2026 309

CONTENTS

ANNIVERSARIES, COMMEMORATIONS

George M. CROITORU
135 years since the birth of academician Aurel A. Beleș, a major personality of civil engineering in Romania 13

Dumitru CURCĂ
Life and work of the academician physiologist (cor. mem.) PhD prof. Ioan Athanasiu (1868-1926): Commemoration of 100th years since the scientist's death 35

George M. CROITORU
65 years since the construction of the National Exhibition Pavilion in Bucharest 87

STUDIES AND COMMUNICATIONS

Adriana VÂLCU, Șerban GHINOIU
The history of the Central Service of Measures and Weights of Romania 101

Mirela-Adriana ANGHELACHE
The revolution of the invisible: The women scientists who revealed the secrets of the atom. Women's contributions to the study of radioactivity 125

Daniela Georgiana GOLEA, Lucian Ștefan COZMA
Romanian scientists and inventors, forerunners of environmental intervention technologies 155

PERSONALITIES

Filofteia REPEZ
Contributions to the development of culture and diplomacy 187

Magda STAVINSCHI
Ștefan C. Hepites and Spiru Haret – Two founders of Romanian astronomy 205

RECOLLECTIONS

Mircea Victor RUSU
Remembering professor Horia Hulubei.....223

VARIA

Alin M. OLĂRESCU
Technical and administrative aspects of the "December 30, the Road to Abundance" agricultural and livestock cooperative in Stroeşti, Argeş.....251

EDITORIAL SIGNAL, REVIEWS

George M. CROITORU
Nicolae Șt. Noica: the Palace of the Romanian Court of Audit and its founder, George I. Lahovary – 125 years.....277

Mirela-Adriana ANGHELACHE
Filofteia Repez, Laurențiu Bădiciu: Alexandru Antemireanu. Pages of tender remembrance.....283

IN MEMORIAM

Dan OTTIGER DUMITRESCU, Ada-Maria MARQUARDT
Gabriela Andrei (1946–2025). Modesty, distinction, passion for scientific research.....289

EDITOR'S NOTE

Division of History of Science at the National Congress of Romanian Historians Bucharest, September 9–12, 2026.....313

REVOLUȚIA INVIZIBILULUI: FEMEILE DE ȘTIINȚĂ CARE AU DESCIFRAT MISTERELE ATOMULUI. CONTRIBUȚII FEMININE LA CERCETAREA RADIOACTIVITĂȚII

Mirela-Adriana ANGHELACHE[1]
mirelaadrianaa@yahoo.com

ABSTRACT: This article examines the foundational role of early women scientists in shaping nuclear physics and radiochemistry. Several women scientists are worth remembering, like: Marie Curie (definition of radioactivity), Irène Joliot- Curie (the discovery of artificial radioactivity), Lise Meitner (the theoretical interpretation of nuclear fission), Harriet Brooks (the characterization of nuclear recoil and decay processes), Ellen Gleditsch (the standardization of radioactive halflives), Chien-Shiung Wu (the experimental demonstration of parity violation), and many other women researchers who established the conceptual and methodological framework of modern nuclear science. The work of women scientist from the first half of 20th century remains embedded in contemporary applications ranging from medical imaging and radiotherapy to reactor technology and particle physics. The article highlights the enduring relevance of their discoveries and underscores the cumulative nature of scientific progress in the exploration of atomic and subatomic phenomena. The legacy of the pioneers of the nuclear era reflects both the progress made and the challenges that persisted for women in science. The article also brings out the impact of early 20thcentury social norms on women's roles in radioactivity research.

KEYWORDS: radioactivity pioneers, nuclear physics foundations, radioisotope development, parity violation, scientific legacy.

[1] Cercetător ştiinţific la Institutul de Geodinamică „Sabba S. Ştefănescu" al Academiei Române; membru titular al Diviziei de Istoria Ştiinţei (DIS) / Comitetul Român de Istoria şi Filosofia Ştiinţei şi Tehnicii (CRIFST) al Academiei Române.

Introducere

La sfârşitul secolului al XIX-lea, studiul fenomenelor electromagnetice şi al fluorescenței a condus la descoperirea radioactivității (H. Becquerel, 1896). Fenomen invizibil, imprevizibil şi profund misterios pentru epocă, radioactivitatea a deschis porțile unei noi ramuri a cunoaşterii, în care legile clasice ale fizicii păreau să se destrame, iar realitatea atomică îşi dezvăluia treptat complexitatea. Această descoperire a generat o nouă ramură a fizicii – fizica nucleară – caracterizată prin analiza transformărilor spontane ale nucleelor atomice, emisia de particule α, β, γ şi modificarea identității elementelor chimice. În primele decenii ale secolului XX, un număr semnificativ de cercetătoare au contribuit la definirea conceptelor fundamentale ale radioactivității, la izolarea elementelor noi şi la dezvoltarea metodelor experimentale de măsurare a radiațiilor. Deşi contextul social şi academic al vremii era profund restrictiv, aceste cercetătoare au reuşit să depăşească barierele impuse de instituții, prejudecăți şi norme culturale. Ele nu au fost doar participante la revoluția radioactivității, ci chiar arhitectele ei: Marie Curie a definit conceptul de radioactivitate şi a descoperit elemente noi; Irène Joliot- Curie a obținut radioactivitatea artificială, deschizând drumul medicinii nucleare; Lise Meitner a explicat fiziunea nucleară, schimbând cursul fizicii moderne; Harriet Brooks, Ellen Gleditsch, Ida Noddack şi alte savante au consolidat fundamentele teoretice şi experimentale ale domeniului. Prin cercetările lor, acestea au transformat „invizibilul" într-o realitate măsurabilă, controlabilă şi aplicabilă. Această lucrare îşi propune să exploreze contribuțiile femeilor savant din domeniul fizicii nucleare, respectiv, radioactivității, evidențiind rolul lor în dezvoltarea ştiințelor nucleare, modul în care munca lor a influențat atât progresul ştiințific, cât şi percepția publicului asupra participării feminine în cercetare. Printr-o scrutare atentă asupra contextului istoric, descoperirilor şi moştenirii lor ştiințifice, articolul urmăreşte să restituie acestor savante locul meritat în istoria ştiinței şi să arate cum, în ciuda obstacolelor, ele au reuşit să lumineze un domeniu care, la propriu şi la figurat, părea inaccesibil privirii umane.

1. Marie Curie (1867–1934): Femeia care a deschis poarta invizibilului

Marie Curie a deschis poarta invizibilului nu doar pentru ea, ci pentru o cohortă de femei savant care aveau să-i urmeze, o generație de femei care au înțeles că ştiința nu este un teritoriu interzis, ci un teritoriu care se

deschide în fața celor care au curajul să întrebe. Marie Curie a fost prima care a înțeles că radiațiile observate de Becquerel nu erau un efect secundar al luminii sau al razelor X, ci un proces fundamental al materiei. A introdus termenul *radioactivitate*, definind astfel un concept care nu exista până atunci şi a numit *radioelemente*, substanțele capabile să emită spontan aceste radiații. Cercetările realizate împreună cu soțul ei, Pierre Curie, au fost extrem de dificile, desfăşurate în condiții modeste, într-un laborator cât o cămăruță, dar cu aparatură construită chiar de Pierre. Folosind o cameră de ionizare şi un electrometru foarte sensibil, Marie a măsurat cu precizie radiațiile emise de către substanțe diferite şi a reuşit să demonstreze că intensitatea radiațiilor depinde în mod direct de cantitatea materialului radioactiv prezent. Unul dintre cele mai importante rezultate ale muncii sale a fost descoperirea faptului că mineralul pehblenda este mult mai radioactiv decât uraniul pur. Această observație a condus-o la concluzia că în mineral trebuia să existe elemente necunoscute. În anul 1898, soții Curie au anunțat identificarea a două noi elemente: poloniul şi radiul, ambele mult mai radioactive decât uraniul. Marie a calculat masa atomică a poloniului şi, după ani de muncă epuizantă, a reuşit să obțină câteva decigrame de clorură de radiu, stabilind şi greutatea atomică a radiului. Radiul s-a dovedit ulterior extrem de valoros în medicină, descoperirea acestui element chimic a dus la dezvoltarea radioterapiei. Pierre Curie a fost cel care a sugerat utilizarea radiului în tratamentul cancerului, iar studiile pe care Marie Curie le-a realizat împreună cu medicii vremii au pus bazele *Curieterapiei*, o metodă care avea să salveze numeroase vieți. Promovând folosirea razelor X pentru identificarea tumorilor, ea a contribuit decisiv la introducerea radioizotopilor în terapia cancerului. Pentru a susține aceste direcții de cercetare, Marie Curie a pus bazele a două instituții dedicate studiului radiațiilor, respectiv a studiului radiațiilor în tratamentul cancerului: Institutul Radiului din Paris şi Institutul Radiului din Varşovia, ambele devenind centre de referință în dezvoltarea radioterapiei moderne. În timpul Primului Război Mondial, Marie Curie a creat primele unități mobile de radiologie, camionete dotate cu echipament de radiologie şi a lucrat efectiv pe unul dintre acestea, pe linia frontului, împreună cu fiica ei, Irène[2].

[2] [2], p. 48.



Fig. nr. 1 – Portretul lui Marie Curie şi al fiicei ei, Irene.[3]

Marie Curie rămâne o figură unică în istoria ştiinței ca prima femeie laureată a Premiului Nobel, şi mai mult decât atât, luareată de două ori în domenii diferite ale ştiinței. În anul 1903, ea a primit Premiul Nobel pentru Fizică, alături de Pierre Curie şi Henri Becquerel, pentru cercetările fundamentale asupra radioactivității. Ulterior, în 1911, a primit al doilea Premiu Nobel, de această dată pentru Chimie, în semn de recunoaştere pentru izolarea radiului şi studiul proprietăților acestuia. Marie Curie a fost nu doar o savantă, ci un simbol, un reper al perseverenței intelectuale, al curiozității epistemice şi al libertății interioare remarcabile. Ea a depăşit constrângerile ideologice şi sociale ale epocii prin rigoarea, curajul şi devotamentul necondiționat față de cercetarea ştiințifică, refuzând să fie limitată de normele restrictive ale societății contemporane ei: în ciuda Premiilor Nobel primite, presa şi o parte din comunitatea academică au atribuit succesul ei soțului Pierre Curie, sugerând că el era „adevăratul

[3] Sursa: Wellcome Collection, United Kingdom – CC BY, accesat pe 25.06.2026.

geniu". După moartea lui Pierre, mulți au pus la îndoială capacitatea ei de a continua cercetarea singură, iar viața ei personală a fost permanent supusă scrutinului public, astfel a fost atacată în presă pentru originea ei poloneză şi pentru faptul că era femeie, iar scandalul Curie–Langevin[4] (fabricat de presă) a fost folosit pentru a-i submina reputația ştiințifică, ca şi cum moralitatea personală ar invalida munca ei. În ciuda acestor obstacole ea a reuşit să se impună ca una dintre cele mai remarcabile personalități ale ştiinței din toate timpurile şi deschizând poarta invizibilului a permis altor femei remarcabile să păşească dincolo de ea. Una dintre acestea a fost chiar fiica ei cea mare, Irène Joliot- Curie.

2. *Irène Joliot – Curie (1897–1956): Continuatoarea revoluției atomice*

Dacă Marie Curie a fost începutul revoluției invizibilului, Irène a fost dovada că această revoluție poate fi dusă mai departe, rafinată, transformată. Irène Joliot- Curie, fiica ei, avea să continue drumul, descoperind radioactivitatea artificială – un gest aproape demiurgic, prin care omul învăța să modeleze atomul. Această descoperire a deschis poarta către producerea izotopilor folosiți în medicină şi cercetare. Irène Joliot- Curie, fiica lui Marie şi Pierre Curie, a devenit o cercetătoare remarcabilă în propriul drept, a câştigat Premiul Nobel pentru Chimie în 1935 alături de soțul ei, Frédéric Joliot- Curie, pentru descoperirea radioactivității artificiale. În perioada 1933–1934, Irène şi Frédéric Joliot- Curie au început să bombar deze o foaie de aluminiu cu particule alfa provenite din poloniu. Rezultatul a fost surprinzător: au detectat pozitroni[5], semn că în material avusese loc o transformare nucleară. Continuând experimentele, ei au obținut fosfor–30 – primul izotop radioactiv produs artificial. Acesta marca trecerea de la radioactivitatea naturală la un domeniu nou în fizica şi chimia nucleară: crearea controlată a radioelementelor. Radioactivitatea artificială a permis producerea de izotopi pentru medicină (diagnostic şi tratament), studierea reacțiilor nucleare întrun mod controlat şi dezvoltarea ulterioară a fiziunii nucleare. Irène Joliot-Curie a formulat clar importanța descoperirii

---

4 Scandalul Curie–Langevin a constat în dezvăluirea unei relații extraconjugale între Marie Curie şi fizicianul Paul Langevin, folosită de presă pentru a-i discredita reputația. Controversa a generat atacuri publice intense şi a afectat modul în care era percepută ca om de ştiință. [2], p. 43.

5 Pozitron = antiparticulă a electronului, având aceeaşi masă, dar sarcină electrică pozitivă, denumiți electroni pozitivi de către Irène Joliot- Curie.

în discursul pentru Premiul Nobel: „Crearea artificială a radioelementelor deschide un nou domeniu al ştiinţei radioactivităţii”[6]. În anii care au urmat, Irène a devenit una dintre figurile centrale ale cercetării nucleare europene: a condus laboratoare, a condus Institutul de Radiu la aproximativ 12 ani după moartea mamei ei[7], a format generaţii de tineri fizicieni, a militat pentru accesul femeilor la educaţie şi pentru responsabilitatea etică a ştiinţei. Într-o epocă în care lumea se pregătea, fără să ştie, pentru tragediile celui de-al Doilea Război Mondial, Irène avertiza asupra pericolelor utilizării militare a energiei nucleare. Ea vedea în atom nu o armă, ci o promisiune: promisiunea medicinii moderne, a tratamentelor cu izotopi, contribuind la dezvoltarea medicinii nucleare. Viaţa ei a fost marcată de presiunea moştenirii familiei Curie şi s-a achitat cu brio de sarcina de a duce mai departe această moştenire. Dacă mama ei, Marie Curie, a deschis drumul radioactivităţii, Irène la extins spre aplicaţii care au schimbat medicina şi tehnologia secolului al XX-lea.

3. Lise Meitner (1878–1968): Mintea care a înţeles ruptura atomului



Fig. nr. 2 – Portretul lui Lise Meitner.[8]

[6] [6], accesat pe 25.06.2026.
[7] Idem, accesat pe 25.06.2026.
[8] de Eschen, Fritz (Herstellung) (Fotograf) – *Deutsche Fotothek, Germany – In Copyright – Educational Use Permitted.*

Munca lui Irène Joliot- Curie a creat cadrul conceptual care a permis saltul teoretic al lui Lise Meitner. Dacă Irène Joliot-Curie a produs izotopi radioactivi artificiali, Meitner a studiat reacțiile nucleare ale elementelor grele. Aceste două direcții se completează: Irène a arătat că atomii pot fi transformați artificial, iar Lise a arătat cum un nucleu greu se poate rupe în două (fisiune). Lise Meitner a fost una dintre cele mai importante fiziciene ale secolului XX, specializată în fizică nucleară. Ea a fost prima femeie profesor de fizică din Germania (1926) şi a fost îndruată de savanți renumiți, precum Ludwig Boltzmann şi Max Planck. Meitner şi a început studiile de fizică teoretică sub îndrumarea lui Boltzmann la Universitatea din Viena, iar după doctorat a mers la Berlin pentru a studia cu Max Planck, unul dintre puținii profesori care acceptau femei la cursurile lor. De asemenea, colaborarea ei de peste trei decenii cu Otto Hahn a avut un rol formativ esențial în dezvoltarea carierei sale[9]. Contribuțiile ei majore au constat în: descoperirea protactiniului[10] (1917–1918) împreună cu Otto Hahn, un element radioactiv rar şi foarte important în seria actinidelor; descoperirea independentă a efectului Auger[11] (1922), un fenomen esențial în fizica atomică; interpretarea fisiunii nucleare[12] (1938–1939) – cea mai importantă contribuție a ei. După ce Hahn şi Strassmann au detectat bariu în urma bombardării uraniului cu neutroni, Meitner şi-a dat seama că nucleul de uraniu se rupe în două fragmente mari, eliberând energie conform formulei lui Einstein, $E = mc^2$. Ea a fost savanta care a numit fenomenul „fisiune nucleară" într-o lucrare ştiințifică, realizată împreună cu nepotul ei Otto Frisch. Lisei Meitner i s-a făcut una cele mai mari nedreptăți din istoria Premiilor Nobel. În 1944, Premiul Nobel pentru Chimie a fost acordat doar lui Otto Hahn pentru descoperirea fisiunii nucleare, deşi Lise a lucrat ani de zile în laborator, „cot la cot", cu acesta. Deşi a fost cea care a interpretat, explicat mecanismul şi numit fisiunea, ea a fost complet ignorată. Sursele arată că Hahn a depins de interpretarea ei pentru a înțelege propriile rezultate experimentale. Scrisorile dintre Meitner şi Hahn arată că acesta

[9] [7], accesat pe 26.06.2026.

[10] „Protactiniu înseamnă «înaintea actiniului», deoarece actiniul se formează prin dezintegrarea radioactivă a protactiniului." [7], accesat pe 26.06.2026.

[11] Efectul Auger este un fenomen fizic prin care un atom emite un electron din stratul său exterior ca urmare a umplerii unui loc liber de pe un strat interior. Fenomenul a fost descoperit independent de Lise Meitner în 1922 şi apoi redescoperit în 1925 de fizicianul francez Pierre Auger. [8], accesat pe 26.06.2026.

[12] Centralele şi bombele nucleare folosesc fisiunea nucleară.

a evitat să o menționeze pentru a nu intra în conflict cu regimul nazist, deoarece Meitner era evreică. Când Hahn a primit premiul, nu i-a menționat numele nici măcar o dată în discursul de acceptare. Ulterior, meritele ei au fost recunoscute prin alte premii: Premiul Enrico Fermi[13], Max Planck Medal. Istoricii consideră cazul ei un exemplu clasic de invisibilizare a femeilor în ştiință. Tot Lise Meitner a fost numită „mama bombei atomice", dar nimic nu poate fi mai departe de adevăr. Ea a fost, de fapt, vocea care a spus „nu", refuzând să lucreze la bomba atomică, deşi era cea care avea cele mai multe cunoştințe despre fisiunea nucleară. Ea a promovat responsabilitatea etică în ştiință, un mesaj important pentru femeile cercetătoare pe care le-a mentorat. Lise Meitner a fost nu doar o cercetătoare excepțională, ci şi o susținătoare activă a femeilor în ştiință. După ce a fugit din Germania în Suedia din cauza nazismului, a devenit un model şi mentor pentru femeile tinere din fizică. Lisa a sprijinit activ femeile în ştiință „pentru tot restul carierei ei"[14], conform EPA[15]. În anul 1946, a primit titlul de Woman of the Year[16], de la *Women's National Press Club*[17], ca recunoaştere pentru contribuțiile ei şi pentru rolul ei inspirațional. În anul 1997, în semn de omagiu pentru întreaga sa activitate prodigioasă în fizica nucleară, „elementul chimic 109, Meitnerium, a fost numit după Dr. Meitner, fiind unul dintre cele doar două elemente chimice denumite după femei"[18].

Astăzi, numele ei este rostit cu respectul pe care îl merită – în manuale, în laboratoare, în istoria fizicii, Lise Meitner este recunoscută ca mintea care a înțeles ruptura atomului, în povestea radioactivității, ea este o revelație.

---

[13] Premiul Enrico Fermi este unul dintre cele mai vechi şi mai prestigioase onoruri în domeniul ştiinței şi tehnologiei acordate de guvernul federal.[9], accesat pe 26.06.2026.

[14] „După ce a depăşit atâtea obstacole în viață, dr. Meitner a sprijinit activ femeile în ştiință pentru tot restul carierei ei."

[15] *Environmental Protection Agency* – Agenția pentru Protecția Mediului din Statele Unite.

[16] Femeia Anului.

[17] Clubul Național al Presei pentru Femei.

[18] [7], accesat pe 26.06.2026.

4. Harriet Brooks (1876–1933): Ecoul tăcut al transformărilor radioactive



Fig. nr. 3 – Harriet Brooks.[19]

În istoria radioactivității există figuri care strălucesc cu intensitatea unui far, precum Marie Curie, şi figuri care luminează discret, asemenea unei flăcări protejate în palme. Harriet Brooks aparține celei de-a doua categorii: o cercetătoare discretă, a cărei muncă a avut consecințe importante pentru înțelegerea radioactivității. Dacă revoluția invizibilului a avut arhitecți celebri, Harriet Brooks a fost arhitecta nevăzută, cea care a consolidat fundațiile înainte ca lumea să înțeleagă cât de importante sunt.

Harriet Brooks s-a născut în Canada într-o perioadă în care femeile aveau acces limitat la educație şi erau rareori acceptate în laboratoare. În ciuda acestor bariere, ea a intrat în ştiință cu o modestie care ascundea o inteligență remarcabilă şi a devenit una dintre primele femei din America de Nord care au studiat fizica la nivel avansat. La McGill University, unde a obținut primul master în fizică acordat unei femei, a fost remarcată de

[19] Harriet Brooks, Montreal, QC, 1898, (Courtesy of McCord Museum/II–123880). [12], accesat pe 26.06.2026; Al doilea element este Curium (Cm, 96), denumit după Marie Curie. „Marie Curie şi Lise Meitner au fost femei chimiste pionier şi singurele două femei care au elemente chimice numite în onoarea lor." [10], accesat pe 26.06.2026.

Ernest Rutherford[20, 21], care a considerat-o comparabilă ca talent cu Marie Curie. De asemenea, a fost prima femeie din Canada care a obținut diploma de Master în Electromagnetism.

În laboratorul lui Rutherford, Brooks a adus contribuții fundamentale în fizica nucleară. A descoperit *reculul atomic*[22] atunci când a observat că nucleul unui atom are o mişcare de recul când emite o particulă radioactivă – descoperire care a schimbat modul în care era înțeleasă dezintegrarea radioactivă şi dinamica internă a atomului. Tot ea a fost prima persoană care a caracterizat radonul, demonstrând că „emanarea" din toriu este un gaz distinct, ceea ce a deschis drumul către înțelegerea transmutării elementelor prin dezintegrare radioactivă. Contribuțiile ei au stat la baza unor lucrări majore ale lui Rutherford şi Frederick Soddy[23] şi au influențat dezvoltarea ulterioară a fizicii nucleare.

Deşi era considerată una dintre cele mai promițătoare fiziciene ale generației sale, Harriet sa confruntat cu discriminare sistemică. La Barnard College, filiala din New York a Colegiului pentru Femei al Universității Columbia, i s-a cerut să renunțe la cercetare dacă dorea să se căsătorească – o regulă care reflecta presiunea socială exercitată asupra femeilor de a alege între viața profesională şi cea personală. Deşi a protestat cu demnitate, instituția nu a cedat, iar Harriet Brooks a fost nevoită să părăsească mediul academic, întrerupând o carieră care ar fi putut deveni excepțională[24].

---

[20] Ernest Rutherford (1871–1937), fizician britanic considerat fondatorul fizicii nucleare, este cunoscut în special pentru descoperirea nucleului atomic şi formularea modelului nuclear al atomului. [11], accesat pe 26.06.2026.

[21] „Ernest Rutherford a descris-o drept «cea mai proeminentă femeie fizician din domeniul radioactivității», după laureata Premiului Nobel Marie Curie, fiziciană şi chimistă." [12], accesat pe 26.06.2026.

[22] „Deşi radiația este frecvent asociată cu energia nucleară, majoritatea expunerii umane provine din surse naturale precum aerul şi apa. Radiația reprezintă eliberarea spontană de particule cu sarcină electrică dintr-un atom, iar particulele emise sunt proiectate cu suficient impuls pentru a fi ejectate din materialul radioactiv şi a se depune pe alte suprafețe. Fenomenul, cunoscut drept *recul atomic*, a fost identificat pentru prima dată de Harriet Brooks." Ibidem.

[23] Frederick Soddy (1877–1956), chimist britanic şi laureat al Premiului Nobel pentru Chimie (1921), este cunoscut pentru descoperirea izotopilor şi pentru explicarea transmutării elementelor în procesele de radioactivitate. [13], accesat pe 26.06.2026.

[24] În 1904, scria cu demnitate decanului de la Barnard College, care o presa să demisioneze: „Este o datorie pe care o datorez profesiei mele şi sexului meu să arăt că o femeie are dreptul de a-şi practica profesia şi nu poate fi condamnată să o abandoneze doar pentru că se căsătoreşte." Deşi nu s-a căsătorit cu logodnicul ei de atunci, Brooks şi-a părăsit totuşi postul de la Barnard peste puțin timp. Se va căsători

Moştenirea ei ştiinţifică, însă, a rămas. Contribuțiile ei majore în fizică – de la fundamentele dezintegrării atomice, reculul atomic şi studiul radiației, până la înțelegerea proprietăților fundamentale ale radonului – au deschis drumul către întregul domeniu modern al fizicii şi chimiei nucleare, precum şi către aplicațiile medicale contemporane ale medicinii nucleare, inclusiv numeroase terapii oncologice[25]. Deşi numele ei este rostit mai rar decât ar merita, ecoul contribuțiilor sale persistă în fiecare descriere a mişcării nucleului după dezintegrare şi în fiecare analiză a lanțurilor radioactive. Harriet Brooks nu a avut o carieră lungă, dar a avut una luminoasă: o scânteie care a aprins idei ce aveau să modeleze înțelegerea atomului.

5. *Ellen Gleditsch (1879 – 1968): Precizia care a dat timp radioactivității*



Fig. nr. 4 – Ellen Gleditsch, fotografia de la absolvire.[26]

Ellen Gleditsch a fost una dintre acele minți rare care par să aducă ordine acolo unde lumea încă nu ştie că trăieşte în haos. O chimistă

totuşi trei ani mai târziu în Anglia, se va întoarce în Montreal, unde va părăsi definitiv mediul academic, va avea trei copii, dintre care doi vor muri în adolescență. [12], accesat pe 26.06.2026.

[25] Ibidem, accesat pe 26.06.2026.

[26] Credit foto: T. Kronnen și A.C. Pappas, în *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity.*[4], accesat pe 26.06.2026.

norvegiană cu o minte limpede şi o răbdare aproape matematică, ea a transformat radioactivitatea dintr-un fenomen misterios într-un domeniu în care precizia putea fi atinsă, măsurată, replicată. Dacă Harriet Brooks a fost ecoul tăcut al transformărilor radioactive, Ellen Gleditsch a fost metronomul lor. Într-o epocă în care atomul era încă o poveste fragmentată – particule, radiații, ipoteze care se ciocneau fără formă – Ellen a adus metodă, a adus ordine, a adus timp. Drumul ei nu a fost nici simplu, nici drept. În Norvegia începutului de secol XX, femeile aveau puține uşi deschise, dar ea a ales să nu se lase oprită. Ea a plecat la Paris, acolo unde lumina ştiinței era mai puternică în domeniul radioactivității, şi a intrat în laboratorul lui Marie Curie. Printre aparate improvizate şi o disciplină intelectuală aproape ascetică, Ellen a învățat rigoarea, perseverența, simplitatea. Marie Curie a văzut în ea o minte capabilă să ducă mai departe ceea ce începuse şi nu s-a înşelat. Ellen Gleditsch a devenit una dintre cele mai importante specialiste în radiochimie ale epocii, iar contribuția ei decisivă a fost determinarea timpului de înjumătățire al radiului – o sarcină care cerea nu doar inteligență, ci şi o răbdare dusă până la extrem. Într-un laborator norvegian modest, Ellen a măsurat, a recalculat, a repetat experimentele până când a obținut o valoare stabilă, precisă, incontestabilă.

În cartea *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*, autorii[27] notează că:

„Gleditsch a determinat timpul de înjumătățire al radiului ca fiind de 1686 de ani, o valoare larg acceptată de comunitatea ştiințifică şi ajustată mult mai târziu la valoarea actuală de 1620 de ani." Această frază este, în sine, un monument. Nu doar o cifră, ci dovada că radioactivitatea putea fi înțeleasă, ordonată, cuantificată. Precizia evaluării radioactivității a devenit fundația pe care s-au construit fizica nucleară, medicina modernă şi chimia secolului XX.

Dar Ellen Gleditsch nu a fost doar cercetătoare, ci şi profesoară – prima femeie profesor în chimie din Norvegia[28] – o formatoare de generații, o deschizătoare de drumuri pentru tinerele cercetătoare. Ea a militat pentru educație, pentru egalitate, pentru recunoaşterea meritelor femeilor în cercetarea ştiințifică, într-o lume care încă ezita să le accepte. A devenit un simbol al accesului femeilor la ştiință în Scandinavia, o voce care spunea că valoarea cercetării nu are gen. Una dintre studentele ei, Bergljot

[27] [5], p. 57.
[28] Idem, p.75.

Qviller Werenskiold, amintindu-şi depre ea, nota în 1984 că *Ellen avea o energie incredibilă. Nu era dependentă de muncă (workaholică[29]), dar era mereu ocupată cu ceva. Feministă? Da şi nu. Nu era feministă în sensul de astăzi. Dar era foarte clară într-un punct: femeile trebuiau să aibă acelaşi acces la educație ca bărbații.*[30]

Astăzi, numele ei nu este rostit la fel de des ca al altor pionieri ai radioactivității. Dar în fiecare tabel de izotopi, în fiecare ecuație a dezintegrării radioactive, în fiecare manual care explică timpul de înjumătățire, moştenirea ei este prezentă. Precizia ei trăieşte în cifrele pe care le folosim, în standardele pe care le considerăm fireşti, în ordinea pe care o luăm de bună. Ea a transformat radioactivitatea din mister în metodă. Ellen Gleditsch nu a fost doar o voce în istoria ştiinței, a fost ritmul ei.

6. Ștefania Mărăcineanu (1882–1944): Savanta care a atins frontiera radioactivității artificiale



Fig. nr. 5 – Ștefania Mărăcineanu în sala de fizică de la primul etaj al laboratorului Curie.[31]

Un capitol aparte îl rezervăm compatrioatei noastre, Ștefania Mărăcineanu, care a fost una dintre primele cercetătoare române care

[29] În textul original.
[30] Idem, p. 69.
[31] Albert Harlingue – [14], accesat pe 28.05.2026.

s-au remarcat în domeniul radioactivității. Activitatea sa se va desfăşura într-un context în care România se afla la periferia marilor centre ştiințifice europene, iar accesul la infrastructură de cercetare avansată era limitat. Cu toate acestea, Mărăcineanu a reuşit să pătrundă în mediul academic parizian, unul dintre cele mai dinamice spații de studiu ale radioactivității din prima jumătate a secolului XX.

Absolventă a Universității din Bucureşti, a frecventat în anul 1919 cursurile despre radioactivitate ținute de Marie Curie la Sorbona, iar începând din anul 1922 a lucrat la Institutul Radiului din Paris, instituție centrală pentru cercetările asupra elementelor radioactive. În laboratorul condus de Marie Curie, Mărăcineanu şi-a orientat investigațiile către poloniu, analizând comportamentul radioactiv al acestuia şi interacțiunea sa cu diferite materiale metalice. Rezultatele sale, publicate în *Bulletin de la Société Chimique de France* (1924), au evidențiat faptul că timpul de înjumătățire al poloniului varia în funcție de metalul suport, contrazicând presupunerile standard ale epocii privind stabilitatea proprietăților radioactive.

Pornind de la aceste observații, Mărăcineanu a formulat ipoteza conform căreia particulele alfa emise de poloniu pot induce radioactivitate în materialul pe care sunt depuse, transformând atomii metalului în izotopi radioactivi[32]. Interpretarea sa, publicată în *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (1924), reprezintă una dintre primele încercări de a descrie un proces de radioactivitate indusă. Această direcție conceptuală anticipa descoperirea radioactivității artificiale, demonstrată experimental câțiva ani mai târziu de Irène şi Frédéric Joliot-Curie, pentru care aceştia, aşa cum am menționat anterior, au primit Premiului Nobel pentru Chimie în 1935.

În paralel, Mărăcineanu a dezvoltat metode electrometrice de mare sensibilitate pentru măsurarea intensității emitenților alfa, contribuind la perfecționarea tehnicilor experimentale utilizate în studiul radiațiilor. Aceste rezultate au fost publicate în *Comptes Rendus* şi *Annales de Physique* în perioada 1924–1930, confirmând rigoarea metodologică a cercetărilor sale.

După revenirea în România, Mărăcineanu a înființat la Universitatea din Bucureşti primul laborator de radioactivitate din țară, fapt consemnat în arhiva Facultății de Științe (1924–1935). A continuat investigațiile

[32] [3], p. 87.

asupra poloniului, radonului şi radioactivității atmosferice, extinzându-şi cercetările către efectele radiației solare asupra plumbului. În *Annales de Physique* (1930), ea a raportat scintilații – mici impulsuri luminoase produse de interacțiunea radiațiilor cu materialul – şi activitate radioactivă persistentă în probele expuse la soare, observații care au generat dezbateri internaționale. Corespondențele publicate în *Nature* între 1930 şi 1932 arată că o parte a cercetătorilor a confirmat urme de activitate în plumbul expus la radiația solară, în timp ce alți cercetători au atribuit fenomenul contaminării, radioactivității naturale sau efectelor cosmice. În schimb, ipotezele formulate de Mărăcineanu privind producerea radiumului D (Pb–210) şi apariția unor elemente precum mercurul, aurul sau heliul în probele expuse au fost respinse de majoritatea fizicienilor contemporani, fiind considerate rezultatul contaminării probelor, al erorilor de măsurare sau al interpretării greşite a fenomenelor de recul atomic, descris anterior de Harriet Brook. În anii următori, Mărăcineanu a extins cercetările către radioactivitatea atmosferică şi fenomenele meteorologice. Experimentele efectuate în Algeria, publicate în *Comptes Rendus* (1935) şi *Revue de Physique* (1936), au vizat posibile corelații între radiații, precipitații şi perturbațiile electrice atmosferice. În cadrul acestor studii, ea a formulat şi o ipoteză privind legătura dintre activitatea seismică şi variațiile radioactivității atmosferice, sugerând că acumulările radioactive din atmosferă ar putea genera perturbații electrice asociate cu anumite fenomene seismice. Deşi această ipoteză nu a fost confirmată de comunitatea geofizică, ea reflectă interesul cercetătoarei pentru interacțiunile complexe dintre procesele fizice ale atmosferei şi dinamica scoarței terestre.

Activitatea Ștefaniei Mărăcineanu s-a desfăşurat într-o perioadă în care femeile întâmpinau obstacole semnificative în mediul academic. În ciuda acestor dificultăți, ea a reuşit să contribuie la dezvoltarea fizicii nucleare prin observații originale, prin metode experimentale riguroase şi prin participarea la dezbaterile care au modelat înțelegerea radioactivității în perioada interbelică.

Astăzi, Ștefania Mărăcineanu este recunoscută drept pioniera română a cercetării radioactivității, iar numele ei rămâne asociat cu începuturile studiului radiațiilor în România şi cu istoria femeilor în ştiință. Contribuțiile sale, deşi uneori controversate, au stimulat discuții esențiale în comunitatea ştiințifică şi au anticipat direcții de cercetare care aveau să devină fundamentale pentru fizica nucleară modernă.

7. Ida Noddack (1896–1978): Femeia care a intuit ruptura înainte ca lumea să o creadă



Fig. nr. 6 – Issa Nodack.[33]

Chimista şi geochimista germană, Ida Noddack, a avut în 1934 o intuiție remarcabilă: atomul de uraniu nu trebuia neapărat să formeze elemente mai grele, ci putea să se rupă în fragmente mai mici, anticipând astfel conceptul de fisiune nucleară. Ea a sugerat că experimentele lui Fermi, în care uraniul era bombardat cu neutroni, puteau fi explicate nu prin formarea unor elemente mai grele, ci prin ruperea nucleului de uraniu în fragmente mai uşoare[34,35]. Ideea sa a fost întâmpinată cu scepticism şi a trecut aproape neobservată la vremea respectivă, deşi avea să fie confirmată experimental câțiva ani mai târziu.

Importanța observației sale este surprinsă chiar de Otto Hahn, care avea să scrie ulterior în autobiografia sa: „Propunerea ei era atât de îndepărtată de concepțiile acceptate atunci despre nucleul atomic, încât nu a fost niciodată discutată serios."[36]

---

33 Ida Noddack-Tacke, portret, 1956. Sursa: Stadtarchiv Bamberg, D 1046 + 12806–7.
34 [15], accesat pe 28.05.2026.
35 [16], accesat pe 28.05.2026.
36 [1], pp. 217 – 225.

Noddack rămâne în istoria ştiinței drept cercetătoarea care a intuit ruptura nucleului înainte ca lumea ştiințifică să fie pregătită să o accepte şi căreia Lise Meitner avea să-i dezvăluie, câțiva ani mai târziu, mecanismul şi semnificația. Una a întrezărit posibilitatea, cealaltă a explicat-o — două momente diferite ale aceleiaşi revoluții ştiințifice.

Ea este cunoscută şi pentru co-descoperitoarea reniului (ultimul element natural identificat), împreună cu Otto Berg şi soțul ei, Walter Noddack. Pentru aceasta, ei au folosit spectroscopia de raze X.

Deşi nu s-a bucurat de prestigiul marilor laboratoare ale epocii, Noddack a demonstrat o claritate şi o îndrăzneală intelectuală deosebite. Intuiția sa a precedat cu câțiva ani confirmarea experimentală a fisiunii, iar astăzi numele ei rămâne legat de acea observație vizionară: femeia care a intuit ruptura nucleului înainte ca lumea ştiințifică să o accepte.

8. Alte prezențe feminine care au luminat începuturile erei nucleare

Roluri decisive în fizica şi chimia nucleară la început de secol XX le-au jucat şi alte savante care au avut de înfruntat obstacole ale societății care le-au pus în umbră contribuțiile. În continuare, prezentăm câteva dintre acestea.

– **Stefanie Horovitz** (1887–1942) este chimista poloneză care a descoperit existența izotopilor, demonstrând că elementele pot exista în forme diferite, cu aceleaşi proprietăți chimice, dar mase atomice distincte. Din păcate, ea a fost ucisă de naziști în Varşovia, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial. Contribuțiile ei au fost adesea eclipsate de colaboratorii bărbați, iar numele ei a rămas mult timp în nota de subsol a istoriei.

– În Viena, **Marietta Blau** (1894–1970) a descoperit „stelele" razelor cosmice folosind emulsii fotografice şi a pus bazele fizicii experimentale a particulelor elementare[37]. Atunci când o particulă încărcată trecea prin emulsia fotografică (un strat de gelatină cu cristale de halogenură de argint), ea producea o mică „explozie" de granule de argint după developare. Aceste grupări radiale semănau cu nişte „stele"[38] pe placa fotografică. Blau şi colaboratoarea ei, Hertha Wambacher, au numit aceste structuri

[37] Disciplină a fizicii care creează, detectează şi măsoară particule fundamentale pentru a înțelege structura profundă a materiei şi legile care guvernează Universul.

[38] Pe placa fotografică apăreau ca figuri stelare: un punct central de impact, din care porneau multiple „raze" – urmele fragmentelor nucleare produse când o particulă cosmică lovea un nucleu din emulsie.

„stele de dezintegrare nucleară" (*disintegration stars*)[39]. În anul 1937, în Obervatorul de lângă Innsbruck, ele au văzut prima evidență vizuală a interacțiunilor dintre particulele cu energie înaltă, semnând certificatul de naştere a fizicii experimentale a particulelor. Dar destinul ei a fost marcat de fuga din Europa ocupată de naziști, iar munca nu ia fost pe deplin recunoscută în timpul vieții, rămânând în umbra marilor laboratoare pe care nu lea mai putut revendica.

– Mai spre est, **Elizabeth Rona** (1890–1981), chimistă maghiară, supranumită „Femeia Poloniului", realiza semnificative în chimia elementelor radioactive, în special a poloniului. Ea a perfecționat tehnici de radiochimie şi a colaborat cu savanți din întreaga lume. Totuşi, persecuțiile antisemite şi instabilitatea politică au forțat-o să părăsească Ungaria, purtând cu ea nu doar instrumentele ştiinței, ci şi povara exilului.

– În Franța, **Catherine Chamie** (1888–1950), născută în Rusia, studia solubilitatea şi dispersia substanțelor radioactive[40], formulând ceea ce avea să fie cunoscut drept „efectul Chamié". Efectul Chamié constă în expunerea unei pelicule fotografice la soluția reactivă pentru a determina dacă cantitatea foarte mică de compus radioactiv utilizată este solubilă sau insolubilă în solvent[41]. Această metodă era crucială în perioada în care instrumentele de măsurare erau limitate, oferind o modalitate sensibilă de a analiza comportamentul compuşilor radioactivi în soluție.

Catherine Chamié a condus Serviciul de Măsurători al Institutului de Radiu, asigurând ordinea şi siguranța întrun laborator aflat în plină efervescență, asistând-o pe Marie Curie în activitatea ei de cercetare între 1920 şi 1934 şi contribuind la proiectele majore derulate în cadrul Institutului de Radiu. Astfel, în colaborare cu Irène Joliot-Curie, a realizat prima determinare a timpului de înjumătățire al radonului[42], stabilind experimental o valoare esențială pentru studiul seriilor radioactive.

Dar viața ei profesională a fost marcată de statutul de refugiată şi de instabilitatea Europei de început de secol, care i-au fragmentat parcursul.

---

39 [17], accesat pe 28.06.2026.

40 Chaterine Chamié a studiat modul în care atomii radioactivi lasă urme pe o peliculă fotografică. Dacă o substanță radioactivă este solubilă, urmele sunt uniform distribuite. Dacă este insolubilă, apar agregări – mici „grupări" de atomi – vizibile pe filmul fotografic. [18], accesat pe 28.05.2026.

41 Ibidem

42 Ibidem.

Dincolo de Atlantic, în Statele Unite ale Americii, cercetătoarele făceau parte din echipe care lucrau la Proiectul Manhattan***[43, 44].

– **Leona Woods Marshall Libby (1919–1986)** a fost singura femeie din echipa care a construit Chicago Pile 1, în cadrul Proiectului Manhattan, primul reactor nuclear funcțional. Expertă în fizica neutronilor, a lucrat într-un mediu dominat de bărbați, unde prezența ei era adesea privită cu suspiciune. Cu toate acestea, a rămas fermă, contribuind decisiv la momentul care a inaugurat epoca reactoarelor nucleare. Ea a monitorizat prima reacție nucleară autosusținută din istorie şi, ulterior, a contribuit la rezolvarea problemelor tehnice ale reactoarelor de plutoniu de la Hanford[45]. După încheierea războiului, Leona a activat în cadrul mai multor instituții de cercetare şi universități, ocupând ulterior poziții de profesor la New York University şi la University of Colorado. Domeniile sale de activitate au inclus fizica, astrofizica şi cosmologia, cu accent pe procese nucleare şi fenomene energetice la scară cosmică. În a doua parte a carierei, a abordat problematici ecologice şi de mediu, devenind un promotor ferm al iradierii alimentelor ca metodă eficientă de eliminare a bacteriilor patogene[46].

– **Katharine Way (1902–1995)** a devenit una dintre cele mai importante fiziciene în domeniul datelor nucleare, punând bazele sistemelor moderne de colectare şi organizare a informațiilor despre reacțiile atomice. Ea a lucrat în Proiectul Manhattan, nu ca o rotiță anonimă, ci ca o minte care calcula, ordona şi analiza date esențiale pentru înțelegerea fisiunii. Întro perioadă în care fizica nucleară se transforma rapid, Way a depăşit dificultățile unui domeniu în care femeile erau rareori acceptate ca autorități, fiind una dintre arhitectele invizibile ale ordinii din spatele cifrelor şi reacțiilor atomice. Katharine Way a lucrat în cadrul laboratorului SAM (Substitute Alloy Materials) la studii privind separarea izotopilor de uraniu şi a fost una dintre fondatoarele bibliotecilor moderne de date nucleare – acele colecții de informații fără de care reactoarele, acceleratoarele şi cercetarea fundamentală nu ar putea funcționa. Sistemele de date nucleare pe care le-a creat au devenit standard internațional.

– **Maria Goeppert–Mayer (1906–1972)**, fiziciană teoreticiană născută în Germania şi stabilită ulterior în Statele Unite, este considerată

---

43 Manhattan Project.

44 Cronologia acestui proiect poate fi consultată aici: [19], accesat pe 28.06.2026.

45 [20], accesat pe 28.06.2028.

46 Ibidem.

una dintre cele mai importante fiziciene ale secolului XX. În cercetările ei timpurii, a formulat teoria absorbției simultane a doi fotoni[47], fenomen confirmat experimental abia după apariția laserului. Această teorie stă astăzi la baza microscopiei cu doi fotoni, utilizată pe scară largă în patologia clinică[48].

În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, Goeppert-Mayer a lucrat în cadrul Proiectului Manhattan la Universitatea Columbia, în Laboratorul Substitute Alloy Materials (SAM), unde a participat la experimente de separare a izotopilor de uraniu, contribuind la înțelegerea proprietăților nucleare ale materialelor fisionabile.

După război, Goeppert- Mayer s-a concentrat asupra fizicii nucleare, domeniu în care a realizat contribuția sa majoră. Plecând de la teoria „numerelor magice”[49] formulată de fizicianul americanoungur Eugene Wigner, ea a căutat să explice stabilitatea neobişnuită a nucleelor cu 2, 8, 20, 28, 50, 82 sau 126 protoni ori neutroni. În 1948, inspirată de o sugestie a lui Enrico Fermi[50], Goeppert-Mayer a dezvoltat teoria cuplării spin–orbit, care arată că nucleonii au energii diferite în funcție de orientarea rotației lor în raport cu mişcarea orbitală în jurul centrului nucleului. Această idee a permis formularea modelului nuclear în straturi, conform căruia protonii şi neutronii sunt organizați în niveluri energetice discrete, analog cu straturile electronice din atom. Modelul explică stabilitatea crescută a anumitor nuclee şi a devenit fundamentul fizicii nucleare moderne.

Pentru aceste contribuții, Goeppert- Mayer a primit Premiul Nobel pentru Fizică în 1963[51], devenind a doua femeie laureată în domeniu, după Marie Curie, şi prima recompensată pentru fizică teoretică. A fost, de asemenea, a treia femeie laureată Nobel în ştiințe, în ansamblu. Perseverența

---

47 Susținută în teza ei de doctorat din 1930.

48 [21], accesat pe 28.06.2028.

49 Atomi cu nucleoni (protoni sau neutroni) în număr de 2, 8, 20, 28, 50, 82 sau 126, care au o stabilitate neobişnuită. [22], accesat pe 28.06.2026.

50 Laureat al Premiului Nobel pentru Fizică în 1938, pentru demonstrarea existenței unor noi elemente radioactive produse prin iradierea cu neutroni şi pentru descoperirea reacțiilor nucleare provocate de neutroni lenți, [23], accesat pe 30.06.2026.

51 Premiul Nobel pentru Fizică din 1963 a fost împărțit: jumătate acordată lui Eugene Paul Wigner «pentru contribuțiile sale la teoria nucleului atomic şi a particulelor elementare, în special prin descoperirea şi aplicarea principiilor fundamentale ale simetriei», iar cealaltă jumătate, în comun, Mariei Goeppert Mayer şi lui J. Hans D. Jensen «pentru descoperirile lor privind structura în straturi a nucleului». [24], accesat pe 30.06.2026.

ei întrun domeniu dominat de bărbați, în ciuda barierelor impuse femeilor[52], a transformat-o întrun exemplu pentru cercetătoarele din ştiință.

– **Carolyn Parker (1917–1966)** a fost o fiziciană americană, prima femeie afro- americană care a obținut un grad postuniversitar în fizică[53]. A lucrat în timpul celui de-al Doilea Război Mondial în cadrul Proiectului Dayton[54], parte a Proiectului Manhattan, unde a manipulat şi a purificat poloniu–210, material folosit ca inițiator în bombele atomice. Oamenii de ştiință afro- americani, inclusiv Carolyn Parker, au lucrat în cadrul Proiectului Manhattan întrun climat profund marcat de rasism, în care competențele lor erau frecvent minimalizate de colegii albi. La sediul *Monsanto Chemical Company*, cercetătorii de culoare erau adesea confundați cu personalul de întreținere şi, din cauza prejudecăților, ajungeau să îndeplinească sarcini suplimentare în laboratoare. În 1944, echipa lui Parker a obținut rezultate remarcabile în separarea poloniului–210 prin metode de extracție acidă. Eficiența procesului a crescut atât de mult încât extinderea producției a impus mutarea operațiunilor în facilități mai mari, marcând o etapă esențială în activitatea proiectului Dayton[55].

***

Proiectul Manhattan a fost programul secret prin care Statele Unite au construit prima bombă atomică, desfăşurat între anii 1942 şi 1946. Dar dincolo de date, cifre şi laboratoare ascunse, a fost şi o poveste profund umană: mii de oameni lucrând sub presiune, în tăcere, fără să ştie întotdeauna ce creează – iar printre ei, femei extraordinare ale căror contribuții au fost mult timp invizibile. În mod paradoxal, proiectul a reprezentat atât un vârf al ingeniozității umane, cât şi începutul unei epoci marcate de frică nucleară. Deşi războiul era aproape încheiat, Statele Unite au ales să folosească bomba nu doar ca instrument militar, ci şi ca demonstrație de forță, un gest menit să arate lumii, respectiv Uniunii Sovietice, că dețin o putere fără precedent.

În acest context tensionat, cercetătoare precum Katharine Way, Leona Marshall Libby, Carolyn Parker şi Maria Goeppert Mayer au lucrat cu o

---

52 A devenit profesoară titulară abia la 58 de ani, din cauza regulilor de nepotism care au împiedicat angajarea ei plătită timp de decenii. [25], accesat pe 30.06.2026.

53 [26], accesat pe 30.06.2026.

54 *Dayton Project.*

55 [27], accesat pe 30.06.2026.

dedicare care contrastează puternic cu finalitatea devastatoare a proiectului. Ele au adus rigoare, inteligență şi curaj într-un domeniu dominat de bărbați, într-o perioadă în care contribuțiile femeilor erau rareori recunoscute.

Astfel, Proiectul Manhattan rămâne o lecție dublă: o demonstrație a capacității umane de a înțelege şi transforma natura la nivel fundamental, dar şi un avertisment despre responsabilitatea morală care însoțeşte orice descoperire ştiințifică. Iar în această poveste, femeile de ştiință merită să fie văzute nu doar ca participante, ci ca figuri esențiale ale unei istorii complexe, în care lumina cunoaşterii a fost umbrită de consecințele ei.

9. *Chien – Shiung Wu (1912–1997): Femeia care a răsturnat simetria universului*



Fig. nr. 5 – Chien-Shiung Wu.[56]

Spre mijlocul secolului trecut o întâlnim pe Chien-Shiung Wu, o prezență sobră, elegantă, cu o privire pătrunzătoare şi o minte care nu

[56] [28], accesat pe 20.06.2026.

accepta jumătăți de adevăr, savanta care a îndrăznit să întrebe dacă universul este cu adevărat simetric. Și, spre uimirea tuturor, răspunsul a fost „nu". Născută în China, într-o epocă în care fetele erau crescute pentru tăcere, în niciun caz pentru ştiință, Wu a crescut într-o familie care a sfidat tradiția. Tatăl ei a fondat una dintre primele şcoli pentru fete din țară, iar tânăra ChienShiung a învățat de mică să privească lumea cu o curiozitate neîmblânzită. Ea a plecat la 24 de ani în Statele Unite, într-o călătorie care avea să o transforme într-una dintre cele mai mari fiziciene ale secolului.

În laboratoarele americane, Wu nu era doar o cercetătoare, era o forță. O femeie care lucra cu o precizie aproape muzicală, care îşi nota observațiile cu o disciplină de caligraf, care îşi conducea experimentele cu o rigoare ce inspira respect chiar şi în rândul celor mai exigenți fizicieni. Era, cum aveau să o numească unii, „Prima Doamnă a Fizicii".

Dar momentul care avea să o aşeze definitiv în istorie a venit în anii '50, când doi teoreticieni, Tsung-Dao Lee şi Chen-Ning Yang, au îndrăznit să pună sub semnul întrebării un principiu considerat sacru: conservarea parității. Ideea că natura tratează stânga şi dreapta în mod egal părea de necontestat, era o axiomă, o simetrie fundamentală, care reflecta ordinea cosmică.

Wu a fost singura care a avut curajul – şi geniul experimental – să testeze această ipoteză. A lucrat luni întregi, în condiții extreme, la temperaturi apropiate de zero absolut, manipulând nuclee de cobalt–60 cu o delicatețe care sfida limitele tehnicii. Rezultatul a fost un şoc: universul nu este simetric! În dezintegrarea beta, natura preferă o direcție. Paritatea este încălcată. O lege considerată imuabilă se prăbuşea în fața unui experiment condus de o femeie care nu accepta răspunsuri convenabile.

Descoperirea a zguduit fizica din temelii: a schimbat modul în care înțelegem interacțiunile fundamentale, a deschis drumuri noi în fizica particulelor. A demonstrat că universul este mai ciudat, mai asimetric, mai viu decât ne imaginam.

Lee şi Yang au primit Premiul Nobel[57] pentru această revoluție teoretică. Wu, cea care a demonstrat-o, nu. A fost o nedreptate istorică, una dintre multele nedreptăți care au însoțit femeile din știință. Dar Wu nu s-a oprit niciodată asupra acestui fapt. Ea continua să lucreze, să predea, să inspire. Pentru ea, adevărul era mai important decât premiile.

---

[57] Laureați ai Premiului Nobel pentru Fizică, în 1957.

În prelegerile sale, vorbea despre fizică cu o claritate care transforma abstracția în poezie: „Dezintegrarea beta a fost... asemenea unui vechi şi drag prieten. Va exista întotdeauna un loc special în inima mea, rezervat în mod deosebit pentru ea."[58], spunea ea într-o prezentare la o Conferință internațională.

Astăzi, numele ei este rostit cu admirație în laboratoarele de fizică din întreaga lume. Experimentul Wu este un reper. O piatră de hotar. O dovadă că uneori, pentru a înțelege universul, este nevoie de cineva care să îndrăznească să întrebe ceea ce nimeni nu întreabă.

Chien-Shiung Wu este savanta care a răsturnat „o simetrie" şi, odată cu ea, o parte din felul în care privim realitatea.

Impactul normelor sociale din începutul secolului XX asupra rolului femeilor în cercetarea radioactivității

Am parcurs un mozaic de contribuții ale femeilor savant care au schimbat lumea, descoperirile lor au pus bazele fizicii şi chimiei nucleare moderne şi ale aplicațiilor medicale ale radioactivității. În ciuda obstacolelor, toate femeile amintite în această lucrare au devenit mentori, modele şi repere pentru generațiile viitoare de cercetătoare. Revoluția invizibilului nu ar fi fost posibilă fără aceste femei. Ele sunt dovada că istoria ştiinței nu este doar despre cei care au primit premii, ci şi despre cei care au văzut ceea ce alții nu vedeau, care au îndrăznit să întrebe, să măsoare, să intuiască.

Înainte de a conchide dorim să facem o trecere în revistă a obstacolelor pe care femeile savant le-au avut de înfruntat în munca lor de cercetare. Normele sociale ale începutului de secol XX au limitat şi au modelat rolurile femeilor în cercetarea radioactivității. Deşi unele cercetătoare au depăşit bariere semnificative şi au realizat contribuții durabile în ştiință, carierele lor au fost adesea constrânse de aşteptările legate de gen, căsătorie şi avansare profesională. Mentorii şi rețelele de sprijin au ajutat unele femei să reuşească, dar discriminarea sistemică şi profesionalizarea[59] ştiinței au marginalizat multe cercetătoare talentate.

Moştenirea acestor pionere evidențiază atât progresul realizat, cât şi

---

[58] Sursă: prezentare la *International Conference on the History of Original Ideas and Basic Discoveries in Particle Physics*, Erice, Sicily, (27 Jul–4 Aug 1994), 'Parity Violation' collected in Harvey B. Newman, Thomas Ypsilantis *History of Original Ideas and Basic Discoveries in Particle Physics (1996),* 390–391.[29], accesat pe 30.06.2026.

[59] Știința devine o ocupație instituționalizată şi o carieră.

provocările persistente pentru femeile din ştiință, unele dintre cele mai importante sunt sumarizate în continuare.

1. Bariere de acces şi avansare care au constat în:

– Acces limitat la educație: La începutul secolului XX, universitățile abia începeau să admită femei, iar multe programe academice şi societăți profesionale le excludeau. De exemplu, Ellen Gleditsch nu a putut susține examenul de admitere în Norvegia deoarece acesta era rezervat băieților, iar femeile erau adesea refuzate la înscrierea în societăți ştiințifice (Societatea de Chimie din Marea Britanie nu a admis femei până în 1920).

– Tavanul de sticlă[60]: Chiar şi atunci când femeile obțineau diplome şi contribuiau semnificativ la cercetare, era aproape imposibil să ajungă în poziții academice superioare sau să obțină autoritate, prestigiu ori finanțare. Tavanul de sticlă presupunea: i) imposibilitatea de a obține posturi superioare – femeile puteau lucra în laboratoare, dar rareori ajungeau profesoare, directoare de institute sau conducătoare de proiecte; ii) acces limitat la finanțare şi resurse – granturile, echipamentele şi spațiile de laborator erau acordate aproape exclusiv bărbaților; iii) lipsa recunoaşterii oficiale – contribuțiile lor erau adesea trecute sub numele mentorilor bărbați, premiile şi distincțiile le ocoleau; iv) excluderea din societăți ştiințifice – fără apartenență la aceste organizații, nu puteau publica, prezenta sau influența direcțiile de cercetare; v) promovări blocate indiferent de performanță – chiar şi cu rezultate excepționale, femeile rămâneau asistente sau colaboratoare, nu lideri de laborator.

Un exemplu este acela al Harrietei Brooks, căreia, La Barnard College, i s-a cerut să demisioneze când s-a logodit, deoarece se considera că o femeie căsătorită nu poate fi cercetătoare — un exemplu clar de tavan de sticlă şi discriminare instituțională. Deşi a continuat să lupte pentru dreptul femeilor de a combina cariera cu familia, presiunile sociale şi oportunitățile limitate au împins-o în afara cercetării.

– Efectul Matilda[61]: Este o formă de discriminare în ştiință care constă în: i) omiterea numelui femeilor din publicații sau includerea lor doar ca

[60] Metafora «tavanului de sticlă» a fost atribuită lui Marilyn Loden, care a folosit expresia în 1978 pentru a descrie barierele invizibile ce împiedicau femeile să avanseze profesional. *Marilyn Loden, pe atunci manager la New York Telephone, este creditată cu folosirea expresiei în 1978, la un eveniment despre femei şi locul lor de muncă. Ea a descris problema ca pe o barieră invizibilă care împiedica femeile să avanseze.* [30], accesat pe 30.06.2026.

[61] Efectul Matilda este o formă de discriminare istorică în ştiință, prin care

asistente, deşi au realizat o parte esențială din cercetare; ii) atribuirea descoperirilor lor colegilor bărbați, fie mentori, fie colaboratori; iii) premii şi recunoaştere acordate bărbaților, în timp ce femeile rămân în umbră (ex. Lise Meitner[62]); iv) rescrierea istoriei ştiinței astfel încât rolul femeilor să fie redus sau eliminat; v) percepția socială că femeile nu pot fi „genii ştiințifice", ceea ce duce la subevaluarea sistematică a muncii lor (ex. Marie Curie[63]).

Efectul Matilda se vede clar în istoria radioactivității: contribuțiile femeilor erau minimizate sau trecute sub numele colegilor bărbați. Descoperiri importante erau atribuite altora, chiar dacă femeile făcuseră munca esențială. Recunoaşterea oficială – premii, funcții, citări – le-a ocolit sistematic. În manuale şi relatări istorice, rolul lor era rescris sau redus.

De exemplu, munca Ștefaniei Mărăcineanu a fost adesea privită cu suspiciune sau ignorată, în parte pentru că era femeie, în parte pentru că venea dintr-o țară periferică ştiinței occidentale. Ea a observat fenomene care puteau fi interpretate ca radioactivitate artificială înainte de cuplul Joliot-Curie şi, deşi Irene Joliot-Curie a recunoscut public că Mărăcineanu anunțase prima ideea[64], acest lucru nu a schimbat faptul că meritul oficial a fost atribuit exclusiv cuplului Joliot-Curie.

2. Aşteptări sociale şi roluri de gen puneau cercetătoarele în situații neplăcute care constau în:

– alege între căsătorie sau carieră: Normele sociale impuneau ca femeile să prioritizeze căsătoria şi familia în detrimentul ambițiilor profesionale. Multe cercetătoare au rămas necăsătorite sau au părăsit cercetarea după căsătorie (de exemplu, Carolyn Parker, Harriet Brooks). Un decan de la Radcliffe College observa că societatea se aştepta ca femeile savante să rămână celibatare – un standard care nu era aplicat bărbaților.

– ținteşte doar la cariere modeste: Din cauza sentimentelor persistente

---

contribuțiile femeilor sunt minimizate, ignorate sau atribuite bărbaților, chiar şi atunci când dovezile arată clar că femeile au realizat descoperirea.

62 Contribuția ei teoretică a fost ignorată în mod sistematic în documentele oficiale ale Comitetului Nobel.

63 Marie Curie, deşi a fost una dintre cele mai mari figuri ale ştiinței, presa şi o parte din comunitatea academică au atribuit succesul ei soțului Pierre Curie, sugerând că el era „adevăratul geniu".

64 Irène Joliot-Curie mărturisea într-un articol din „Neues Wiener Journal" (5 iunie 1934): „Ne amintim că savanta română, domnişoara Mărăcineanu, a anunțat public în 1924 descoperirea radioactivității artificiale".[32], accesat pe 30.06.2026.

de autodepreciere, femeile se îndoiau de propriile capacități intelectuale şi îşi minimizau adesea propriile realizări, atribuind succesul mentorilor sau colegilor bărbați. Această internalizare a normelor sociale ducea la lipsa rivalității şi la percepția că contribuțiile lor erau minore, diminuându-le vizibilitatea.

3. Natura domeniului şi diviziunea muncii au făcut ca femeile să opteze pentru munca de laborator:

– Atractivitatea muncii repetitive: Domenii precum radioactivitatea, astronomia şi cristalografia atrăgeau mai mult femeile, parțial pentru că munca era considerată repetitivă, laborioasă şi necesitând răbdare – calități stereotipic atribuite femeilor – iar bărbații evitau adesea astfel de sarcini, lăsând loc femeilor să exceleze.

– Rolul de asistente: Femeile erau adesea angajate ca asistente de cercetare, realizând muncă esențială, dar necreditată. Rolurile lor erau descrise uneori în termeni mecanici, accentuând capacitatea de a efectua sarcini de rutină, nu roluri creative sau de conducere.

4. Rețelele de sprijin şi mentorat au avut o importanță majoră în pregătirea ştiințifică a femeilor savant:

– Importanța mentorilor: Prezența unor mentori precum Ernest Rutherford, Marie Curie era crucială. Aceştia ofereau încurajare, oportunități şi un mediu colaborativ – destul de rar în acea perioadă. Totuşi, chiar şi unii mentori binevoitori manifestau uneori atitudini paternaliste sau nu susțineau avansarea femeilor.

– „Colegiile invizibile": Femeile de ştiință erau nevoite să formeze rețele informale, mai ales prin schimburi de scrisori. Prin aceste rețele ele colaborau la cercetări şi se sprijineau reciproc pe plan profesional şi personal. Ellen Gleditsch, de exemplu, a fost o figură centrală care conecta diverse grupuri de cercetare şi oferea sprijin colegelor persecutate.

5. Discriminarea şi ostilitatea s-au manifestat în aspectele vieții lor sociale:

– Discriminare instituțională şi socială: Femeile se confruntau cu discriminare explicită, precum interdicția de a participa la evenimente profesionale (de exemplu, „Cina misoginistă" a Societății Americane de Chimie[65]) sau excluderea din laboratoare (Lise Meitner a fost inițial împie-

[65] *The Misogynist Dinner of the American Chemical Society*, Boston, 27 august 1880, ed. Henry Morton, Russell Brothers, 1880, Science History Institute Digital Collections. Documentul consemnează excluderea femeilor de la banchet, inclusiv a

dicată să lucreze în laboratoarele principale din Berlin pentru că era femeie şi evreică).

– Subminarea realizărilor: Scandaluri şi zvonuri (precum afacerea Curie–Langevin) erau folosite pentru a pune la îndoială capacitățile ştiințifice şi moralitatea femeilor, întărind stereotipul că acestea puteau reuşi doar sub îndrumarea bărbaților.

6. Transformarea domeniului de cercetare

– Deschidere inițială, excludere ulterioară: Primii ani ai cercetării radioactivității au fost relativ deschişi pentru femei, deoarece domeniul era nou şi fără ierarhii consolidate. Pe măsură ce disciplina s-a profesionalizat şi a devenit prestigioasă, participarea femeilor a scăzut, iar mediul a devenit mai competitiv şi mai exclusivist.

Totuşi, în ciuda acestor contexte potrivnice, femeile au reuşit să se afirme prin excelența ştiințifică incontestabilă a cercetărilor lor. Ele au compensat prin perseverență, acceptând adesea condiții de lucru mult mai dificile decât cele ale colegilor bărbați.

Concluzie

La începutul acestei călătorii ştiințifice, radioactivitatea părea un mister tăcut, o vibrație abia perceptibilă în adâncul materiei. La finalul ei, înțelegem că adevărata revoluție nu a fost doar ştiințifică, ci şi profund umană. A fost o revoluție purtată de femei care au îndrăznit să păşească într-un teritoriu în care nu erau aşteptate, dar pe care l-au transformat prin curaj, inteligență şi o tenacitate care sfidează timpul.

Această „revoluție a invizibilului" nu aparține doar trecutului, ea continuă să modeleze ştiința contemporană. Prin contribuțiile lor la studiul radioactivității şi al nucleului atomic, femeile de ştiință au pus bazele unor domenii care astăzi se regăsesc în medicină, fizica particulelor şi tehnologiile care definesc contemporaneitatea.

Moştenirea lor depăşeşte însă descoperirile ştiințifice: aceasta vorbeşte despre perseverență, despre curajul de a înfrunta prejudecățile vremurilor, despre puterea de muncă, creativitate şi capacitatea de a transforma necunoscutul în cunoaştere. Revoluția începută în urmă cu mai bine de un secol continuă în laboratoarele de astăzi, demonstrând că

soțiilor unor membri ai societății, precum şi discursurile, toasturile şi cântecele cu caracter misogin.[31], accesat pe 30.06.2026.

ceea ce este invizibil poate fi explorat, înțeles şi transformat într-o forță care schimbă lumea.

Poate cea mai importantă moştenire a acestor pionere este lecția că invizibilul poate fi luminat, că necunoscutul poate fi deschis şi că, uneori, cele mai mari transformări ale lumii încep cu o femeie care îndrăzneşte să privească acolo unde nimeni nu priveşte şi să păşească cu mult curaj şi perseverență spre un tărâm al ştiinței încă neexplorat.

Moştenirea lor este în cele din urmă o invitație: să privim dincolo de aparențe, să întrebăm fără teamă, să explorăm fără limite.

Bibliografie:

[1] Habashi Fathi. *Ida Tacke Noddack: Proposer of Nuclear Fission*, în Rayner-Canham, M. F., & Rayner-Canham, G. W. (1997). *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*. McGill-Queen's University Press, pp. 217–225. https://www.jstor.org/stable/j.ctt809w2.30

[2] Ham Denise (2003). *Marie Sklodowska Curie: The Woman Who Opened The Nuclear Age.* 21st Century. Winter 2002–2003. https://21sci-tech.com/articles/wint02-03/Marie_Curie.pdf

[3] Popescu Miruna, Marelene F. Rayner-Canham, Geoffrey Rayner-Canham. *Stefania Maracineanu – Ignored Romanian Scientist*, în Rayner-Canham, M. F., & Rayner-Canham, G. W. (1997). *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*. McGill-Queen's University Press, pp. 87–91. http://www.jstor.org/stable/j.ctt809w2.14

[4] Rayner-Canham, M. F., & Rayner-Vanham, G. W. (1997). *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*.

McGill-Queen's University Press, 320 p. http://www.jstor.org/stable/j.ctt809w2

[5] Weidler Kubanek Anne-Marie and Crete P. Grzegorek, *Ellen Gleditsch, Professor and Humanist,* în Rayner-Canham, M. F., & Rayner-Canham, G. W. (1997). *Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*. McGill-Queen's University Press, pp. 51–75. http://www.jstor.org/stable/j.ctt809w2.11

Surse internet:

[6] *The artificial creation of radio-elements opens a new field to the science of radioactivity and so provides an extension of the work of Pierre and Marie Curie* (Nobel Lecture, December 12, 1935).https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1935/joliot-curie/lecture/ https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1935/joliot-curie/biographical/

[7] EPA – *Women in Radiation History: Lise Meitner*. https://www.epa.gov/radtown/women-radiation-history-lise-meitner

[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Auger_effect
[9] https://science.osti.gov/fermi
[10] https://www.rnz.co.nz/programmes/elemental/story/2018693292/curium-and-meitnerium-in-honour-of-two-pioneering-women
[11] *Nobel Prize Organization.* https://www.britannica.com/topic/Nobel-Prize/The-prizes
[12] https://thecanadianencyclopedia.ca/en/article/harriet-brooks
[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Soddy
[14] https://artsandculture.google.com/asset/stefania-maracineanu-in-the-first-floor-physics-room-of-the-curie-laboratory-albert-harlingue-source-mus%C3%A9e-curie-coll-acjc/cQEidlmG6K8eIQ
[15] https://www.aps.org/apsnews/2007/12/december-1938-discovery-nuclear-fission
[16] *1934 – Noddack responds to Fermi on element 93*, https://www.chemteam.info/Chem- History/Noddack–1934.html
[17] https://voxmeditantis.com/2025/08/09/marietta-blau-on-making-the-invisible-visible-a-conversation-with-the-pioneering-particle-physicist-who-discovered-nuclear-disintegration-stars/
[18] https://rinconeducativo.org/en/recursos-educativos/catherine-chamie-measured-half-life-radon-first-time/
[19] https://www.energy.gov/timeline-womens-contributions-manhattan-project
[20] https://www.energy.gov/lm/articles/lm-celebrates-womens-history-month
[21] https://link.springer.com/chapter/10.1007/978–3-031–92559–7_6
[22] https://www.ebsco.com/research-starters/biography/maria-goeppert-mayer
[23] https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1938/fermi/facts/
[24] https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1963/summary/
[25] https://www.nobelprize.org/stories/women-who-changed-science/maria-goeppert-mayer
[26] https://www.winus.org/the-winning-edge/women-in-nuclear-history-25-carolyn-parker
[27] https://ahf.nuclearmuseum.org/ahf/profile/carolyn-beatrice-parker/
[28] www.chemicalslearning.com
[29] https://todayinsci.com/W/Wu_ChienShiung/WuChienShiung-Quotations.html
[30] https://www.washingtonpost.com/gender-identity/how-the-term-glass-ceiling-became-popularized/
[31] https://digital.sciencehistory.org/works/6q9i1vh
[32] https://www.dmg-lib.org/dmglib/main/portal.jsp?mainNaviState=browsen.biogr.viewer&id=17274004