

Histórias Cruzadas de Mulheres nas Ciências: Descobertas e Obstáculos em Busca de Novos Elementos Químicos da Tabela Periódica

Májorie Carla dos Santos Macedo Dantas

Indianara Lima Silva

Resumo

O presente trabalho discute as contribuições de Lise Meitner (1878-1968), Ida Noddack (1896-1978), Berta Karlik (1904-1990) e Marguerite Perey (1909-1975) para a construção da tabela periódica. A partir do cruzamento de suas histórias, foi possível aprender sobre os seus legados científicos, as suas trajetórias acadêmicas, e os obstáculos enfrentados para se tornarem cientistas e/ou se manterem na comunidade científica. Identificamos, assim, similaridades e diferenças em termos da natureza das opressões e, como consequência, localizamos as questões de gênero em seu tempo e espaço para cada personagem, bem como em termos da química empregada para a descoberta de novos elementos da tabela periódica.

Palavras-chave: tabela periódica dos elementos químicos, história das mulheres na ciência, gênero e ciência.

Abstract

This paper discusses the contributions of Lise Meitner (1878-1968), Ida Noddack (1896-1978), Berta Karlik (1904-1990), and Marguerite Perey (1909-1975) to the construction of the periodic table. By crossing their stories, we learned about their scientific legacies, academic careers, and obstacles to becoming scientists and staying in the scientific community. We thus identified similarities and differences in terms of the nature of the oppressions and, consequently, located the gender issues in their time and space for each character and the chemistry employed for discovering new elements in the periodic table.

Keywords: periodic table of chemical elements, history of women in science, gender and science.

INTRODUÇÃO

A historiografia já estudou a história da tabela periódica a partir das descobertas de elementos, controvérsias e disputas entre cientistas homens¹. Com o passar dos anos, contudo, historiadoras da química tentaram resgatar e investigar as contribuições das mulheres para as descobertas e estudo das propriedades dos elementos químicos, o desenvolvimento de técnicas e equipamentos científicos².

Foi na área da radioatividade que as mulheres desempenharam um papel de destaque nas descobertas de elementos químicos. Como é bem documentado pela literatura, Marie Curie (1867-1934) foi um dos grandes nomes que descobriu a radioatividade e os elementos químicos rádio e polônio³. Com o

¹ Scerri, Eric R. *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. Oxford University Press, New York, 2007.; Filho, Paulo. C. de Sousa.; Galaço, Ayla. R. B. S.; Serra, Osvaldo. A. "Terras Raras: Tabela 71 Periódica, Descobrimento, Exploração no Brasil e Aplicações". *Química Nova*, vol. 42, nº 10, 2019, p. 1208-1224.; Leite, Bruno S. "O Ano Internacional da Tabela Periódica e o Ensino de Química: das Cartas ao Digital". *Química Nova*, Vol. XY, Nº. 00, 2019, p. 1-9.; Toma, Henrique. E. "Aitp 2019 - Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos". *Química Nova*, Vol. 42, n. 4, 2019, p. 468-472.

² Tiggelen, Brigitte Van.; Lykknes, Annette. "The Women Behind the Periodic Table". *Nature*, V. 565, 2019, p. 559-651. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00287-7>.

³ Mcgrayne, Sharon Bertsch. *Mulheres Que Ganharam o Prêmio Nobel em Ciências: Suas Vidas, Lutas e Notáveis Descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.; Goldsmith, Barbara. *Gênio Obsessivo: O Mundo Interior de Marie Curie*. Companhia das Letras, São Paulo, 2006.; Pugliese, Gabriel. "Um Sobrevôo no

seu prestígio e reconhecimento pela comunidade científica, ela acabou influenciando outras mulheres a buscarem uma carreira científica, até mesmo no campo da radioatividade.

O grande número de mulheres na radioatividade não foi uma coincidência histórica, mas, sim, um caminho estratégico para o ingresso de mulheres na ciência no início do século XX. Por ser uma área nova, despertou inicialmente pouco interesse em cientistas homens^{4,5}. Esse fenômeno é classificado por Rossiter (1978, 1980)⁶ como segregação territorial, segundo o qual os campos de atuação de homens e mulheres são definidos, ou seja, as mulheres se agrupam em áreas menos concorridas e de baixo interesse dos homens. Além da radioatividade, Rayner-Canham e Rayner-Canham (1997)⁷ destacaram que a astronomia, a cristalografia e a ciência atômica eram os três campos das ciências físicas que atraíram um número considerável de mulheres cientistas durante o final do século XIX e início do século XX, e consequentemente, eram áreas com menor número de homens. Ademais, essas cientistas dificilmente alcançavam cargos de maior relevância. Para caracterizar esse fenômeno, Rossiter (1980) cunhou os termos *segregação hierárquica* e *segregação institucional*, que designam dinâmicas nas quais, quanto maior a escala de poder e prestígio de um cargo científico, menor é a presença de mulheres.

Por ser a radioatividade uma área interdisciplinar, Rentetzi (2004)⁸ afirmou que as cientistas conseguiram escolher diferentes perspectivas para suas pesquisas na fronteira entre a física, a química, a biologia e a medicina. Foi possível, portanto, desenvolver pesquisas em hospitais, laboratórios médicos e empresas técnicas. Houve a formação de grupos de pesquisa em radioatividade, entre 1880 e 1995, com diferentes estilos científicos: a escola francesa liderada por Marie Curie e Pierre Curie (1859-1906), a escola britânica por Ernest Rutherford (1871-1937), e a escola austro-alemã por Stefan Meyer (1872-1949), as quais disputavam prestíjos e descobertas científicas.

Para além dos muros dos grupos de pesquisa, as mulheres que trabalhavam com radioatividade durante as duas primeiras décadas do século XX construíram o invisible college/colégio invisível, termo cunhado por Rayner-Canham e Rayner-Canham (1997)⁹ para a rede de mulheres que, de forma estratégica,

"Caso Marie Curie": um Experimento de Antropologia, Gênero e Ciência". Revista de antropologia, São Paulo, USP, v. 50, nº 1, 2007.; Trindade, Lais Dos Santos Pinto; Beltran, Maria Helena Roxo.; Tonetto, Sonia Regina. *Práticas e Estratégias Femininas: História de Mulheres nas Ciências da matéria*. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2016.

⁴ Mcgrayne, 1994.; Rayner-Canham, Marelene F.; Rayner-Canham, Geoffrey. W. *A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*. McGill-Queen's University Press, Canada, 1997.; Rentetzi, Maria. "Gender, Politics, and Radioactivity Research in Interwar Vienna". The History of Science Society. Isis, 95:359–393, 2004.; Goldsmith, Barbara. *Gênio Obsessivo: O Mundo Interior de Marie Curie*. Companhia das letras, São Paulo, 2006.

⁵ Goldsmith, Barbara. *Gênio Obsessivo: O Mundo Interior de Marie Curie*. Companhia das letras, São Paulo, 2006.; Mcgrayne, 1994.; Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.; Rentetzi, 2004.

⁶ Rossiter, Margaret W. "Sexual Segregation in The Sciences: Some Data and a Model". Signs, vol. 4, no. 1, University of Chicago Press, 1978, p. 146–51. <http://www.jstor.org/stable/3173331>; Rossiter, Margaret W. "Women's Work" In: *Science, 1880-1910*", Isis, v. 71, 1980, p. 381-398. <https://www.jstor.org/stable/230118>.

⁷ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.

⁸ Rentetzi, Maria. "Gender, Politics, and Radioactivity Research in Interwar Vienna". The History of Science Society. Isis, 2004, 95:359–393.

⁹ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.

compartilhavam informações sobre suas pesquisas, ou até mesmo, se reuniram socialmente. Por exemplo, as cientistas Marie Curie, Iréne Joliot-Curie (1897-1956), Ellen Gleditsch (1879-1968), Harriet Brooks (1876-1933), Fanny Cook Gates (1872-1931), Jadwiga Szmidt (1889-1940), Lise Meitner, Stefanie Horovitz (1887-1942), e Marietta Blau (1894-1970), fizeram parte do colégio invisível¹⁰.

Para contribuir com a historiografia das mulheres na ciência, investigamos as contribuições da física austríaca Lise Meitner, que, juntamente com o químico Otto Hahn (1879-1968), descobriu um isótopo do elemento 91, o protactínio; da engenheira química alemã Ida Noddack, que, em colaboração com seu marido Walter Noddack (1893-1960), descobriu o elemento 75, o rênio; da física austríaca Berta Karlik, que, em parceria com sua assistente Traude Bernet, descobriu os isótopos 215, 216 e 218 do elemento 85, astato; e da física e química francesa Marguerite Perey, que descobriu o elemento 87, o frâncio. Essas cientistas foram escolhidas devido ao fato de serem consideradas pioneiras na área da radioatividade e por conta das suas descobertas de elementos químicos, estudo das suas propriedades químicas e aplicabilidade. A partir de um entrecruzamento das trajetórias de nossas quatro cientistas, e usando as categorias de Rossiter (1978, 1980, 1982, 1993)¹¹a saber: Efeito Matilda; Segregação Territorial; Segregação Hierárquica; Segregação Institucional, identificamos os desafios e obstáculos enfrentados por elas, bem como as suas contribuições para a tabela periódica.

Investigamos, desse modo, um conjunto de questões como nascimento e morte, casamento e família, origens sociais, educação, experiências em cargos, descobertas e outras informações que são justapostas, combinadas e analisadas em busca de variáveis significativas. Essas variáveis são examinadas com o objetivo de encontrar correlações internas ou outras formas de comportamento e ação¹². As histórias cruzadas estão, portanto, estruturadas pela metáfora do cruzamento que permite apreender sobre fenômenos a partir da análise de diversos fatores, como relações de sincronias e diacronias¹³. Nessa perspectiva, agrupamos alguns aspectos que ocorreram na vida dessas mulheres, os quais estão ligados a questões políticas, de raça, gênero e classe, nacionalidade, descoberta, prêmios, casamento e maternidade, conforme a Quadro 1.

O artigo está organizando em três seções. Na seção II, apresentamos episódios que estão ligadas às suas formações e carreiras; na seção III, analisamos os caminhos percorridos por cada cientista até a descoberta de um novo elemento químico; na seção IV, refletimos sobre a importância das políticas de gênero para o acesso e permanência de mulheres na ciência. Enfim, a partir das histórias cruzadas das nossas cientistas, passamos a compreender o percurso trilhado até a descoberta de novos elementos químicos, bem como identificamos opressões que envolveram raça, gênero e classe sofridas pelas nossas cientistas.

Quadro 1 - Histórias cruzadas das nossas personagens.

¹⁰ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997

¹¹ Rossiter, Margaret W. "Women's Work" In *Science, 1880-1910*", *Isis*, v. 71, 1980, p. 381-398. <https://www.jstor.org/stable/230118.>; Rossiter, Margaret W. "Sexual Segregation in The Sciences: Some Data and a Model". *Signs*, vol. 4, no. 1, University of Chicago Press, 1978, p. 146-151. <http://www.jstor.org/stable/3173331.>; Rossiter, Margaret W. "The Matthew Matilda Effect in Science". *Social Studies of Science* (SAGE, London, Newbury Park na New Delhj), v. 23, 1993, p. 325-341.; Rossiter, Margaret W. *Women scientists in America: struggles and strategies to 1940*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1982.

¹² Stone, Lawrence. "Prosopografia". *Revista de Sociologia e Política*, vol.19, nº 39, 2011, p.115-135.

¹³ Werner, Michael; Zimmermann, Bénédicte. "Pensar a História Cruzada: entre empiria e reflexividade". *Textos de História*, vol. 11, nº1/2, 2003, p. 89-127.

	NACIONALIDADE	DESCOBERTA	RAÇA	GÊNERO	CLASSE	INDICAÇÕES AO PRÊMIO NOBEL	CASAMENTO	FILHOS
Lise Meitner (1878-1968)	Austríaca	Descoberta do protactínio e fissão nuclear	Discriminação racial devido à sua origem judaica	Efeito Matilda; Segregação Territorial; Segregação Hierárquica; Segregação Institucional.	Classe média	Indicada 49 vezes ao Prêmio Nobel. (30 vezes na área de Física e 19 em Química). Não foi laureada.	Não	Não
Ida Noddack (1896-1978)	Alemã	Descoberta do rênio e propor a ideia de fissão nuclear	-	Segregação Territorial; Segregação Hierárquica; Segregação Institucional; Atingida por leis que, durante o regime nazista, proibiam mulheres casadas de trabalhar e receber salário.	Classe média	4 indicações ao Prêmio Nobel de Química. Não foi laureada.	Sim	Não
Berta Karlik (1904-1990)	Austríaca	Descoberta de isótopos do astato	-	Segregação Territorial.	Classe média alta	Não foi indicada ao Prêmio Nobel.	Não	Não
Marguerite Perey (1909-1975)	Francesa	Descoberta do frâncio	-	Segregação Territorial; Segregação Hierárquica; Segregação Institucional.	Classe média	Indicada 5 vezes ao Prêmio Nobel de Química. Não foi laureada.	Não	Não

Fonte: As autoras, 2022.

FORMAÇÃO E CARREIRA

Lise Meitner nasceu em Viena, no dia 7 de novembro de 1878, Áustria. Após a sua graduação em física, ela tornou-se, em 1905, a segunda mulher a receber o doutorado em Física pela Universidade de

Viena, e, como tinha a intenção de expandir seus conhecimentos, buscou novas oportunidades de estudo em outras instituições. Enquanto foi rejeitada por Marie Curie porque, segundo Sime (1998)¹⁴, não havia um cargo disponível para ela no laboratório de Paris, Meitner foi aceita por Max Planck (1858-1947) na Universidade de Berlim em 1907. Essa universidade apenas aceitava a presença de mulheres nas aulas como ouvintes, o que mudaria em 1908 quando elas passaram a ser aceitas nas universidades prussianas¹⁵. Em seus primeiros anos em Berlim, Meitner trabalhou sem remuneração em parceria com o químico Otto Hahn, no porão do Instituto de Química de Berlim, quando ele estava à procura de uma colaboradora em física.

Durante os 31 anos em que Meitner viveu em Berlim, ela trabalhou com radioatividade e relatou a boa convivência com a equipe e entre os departamentos do Instituto Kaiser Wilhelm até os anos de 1933. De acordo com Meitner (1964)¹⁶, durante esse período, os cientistas, funcionários e estudantes aprenderam juntos e desenvolveram diversos equipamentos. Apesar de possuírem pontos de vista políticos diferentes, existia um clima de solidariedade entre a comunidade do instituto, fazendo com que ela permanecesse lá até a sua partida da Alemanha devido à ascensão do Nazismo.

Além da corrida em busca de uma grande descoberta na física moderna, a qual culminou na descoberta da fissão nuclear, Lise ainda corria contra o tempo devido à ascensão do nazismo e das leis antisemitas. Para fugir da perseguição nazista, no dia 13 de julho de 1938, ela deixou Berlim com destino à Holanda, de onde, posteriormente, partiu para a Dinamarca, local em que recebeu um cargo no Instituto de Copenhague a convite de Niels Bohr (1885-1962). Por fim, exilou-se na Suécia e trabalhou no Instituto de Pesquisa de Física, em Estocolmo, a convite do físico sueco Karl Manne Georg Siegbahn (1886-1978).

O primeiro trabalho remunerado de Meitner ocorreu em 1912 no Instituto Kaiser Wilhelm, atual Instituto Max Planck. Planck ofereceu a ela um cargo de assistente; ela recebia um pequeno salário para organizar os seminários e corrigir os trabalhos dos estudantes de Planck. Em 1913, Meitner se tornou professora associada e recebeu um salário melhor, mas ainda inferior ao de Otto Hahn, seu colaborador, por exemplo, mesmo desenvolvendo trabalhos equivalentes. Apenas em 1926, com 48 anos, ela se tornou a primeira professora titular de física do Instituto Kaiser Wilhelm¹⁷.

Meitner recebeu várias homenagens pelos trabalhos desenvolvidos como, por exemplo, os bustos que existem nas instituições da Alemanha e da Áustria, o elemento químico de número atômico 109, o meitnério (Mt), e um asteroide que leva o seu nome. Foi a primeira mulher a receber o Prêmio Enrico Fermi (1901-1954), em 1966, devido aos trabalhos realizados em parceria com Hahn e Fritz Strassmann (1902-

¹⁴ Sime, Ruth Lewin. "Lise Meitner and The Discovery of Nuclear Fission". *Scientific American*, Vol. 278, nº 1, p. 80-85, 1998.

¹⁵ Mcgrayne, 1994.

¹⁶ Meitner, Lise. "Looking Back". *Bulletin of The Atomic Scientists*, 1964, p. 2-7.

¹⁷ Lima, Isabelle Priscila Carneiro de. *Lise Meitner e a Fissão Nuclear: caminhos para uma narrativa feminista*. 2019. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, Salvador.; Marques, Alfredo. "Lise Meitner". In *Mulheres na Física: Casos Históricos, Panorama e Perspectivas*, org. Saitovitch, Elisa Maria Baggio, p. 49-72. Editora Livraria da Física, 1^a Edição, 2015.; Mcgrayne, 1994.

1980). Ela foi indicada ao Prêmio Nobel 49 vezes, sendo indicada 30 vezes ao Nobel de Física e 19 vezes ao Nobel de Química¹⁸. E nunca foi laureada¹⁹.

Meitner faleceu em 27 de outubro de 1968, em Cambridge, Inglaterra. Diferentemente de outros cientistas que trabalhavam com elementos radioativos, ela não teve nenhuma complicaçāo de saúde relacionada com a exposição à radiação.

Também em Viena nasceu Berta Karlik em 24 de janeiro 1904. Oriunda de uma família da alta sociedade vienense, recebeu educação primária em casa e foi incentivada a aprender a tocar piano, pintar e falar diversas línguas. Aos 19 anos, formou-se com distinção unânime na Reform-und Realgymnasium, escola apenas para mulheres. No mesmo ano em que concluiu o gymnasium, nível mais avançado de ensino da educação escolar, Karlik se matriculou em 1923 na Faculdade de Filosofia da Universidade de Viena. Em 10 de outubro de 1927, defendeu sua dissertação sobre a dependência da cintilação e a natureza do sulfeto de zinco e a natureza do processo de cintilação.

Em 1928, recebeu seu doutorado em Filosofia pela Universidade de Viena, e, no mesmo ano, foi aprovada no exame para formação de professores de matemática e física para escolas secundárias. Entre o período de 1929 e 1930, além de ser professora na escola secundária para meninas, iniciou as pesquisas científicas no Institut für Radiumforschung, em Viena. Durante os anos de 1930 e 1931, Karlik foi contemplada pela International Federation of University Women com a Crosby-Hall Scholarship para desenvolver pesquisas científicas sobre raios-X de estruturas cristalinas em Londres na Royal Institution of Great Britain, sob orientação do físico e químico britânico, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1915, William Henry Bragg²⁰.

Durante o ano em que esteve no exterior, ela visitou e colaborou com diversas instituições científicas da Inglaterra, em especial o Laboratório de Cavendish, localizado em Cambridge, laboratório de referência, na época, nos estudos do rádio e fissão nuclear, liderado por Ernest Rutherford. Além disso, Karlik também visitou o Instituto Curie na França e conheceu pessoalmente Marie Curie.

Após se dedicar aos estudos sobre luminescência no Instituto de Pesquisa do Rádio de Viena, Karlik foi nomeada assistente de pesquisa em 1933. Por conta desses estudos, nesse mesmo ano, dividiu com a química nuclear húngara Elisabeth Róna (1890-1981) o prêmio Haitinger, concedido pela Academia Austríaca de Ciências. Ao longo da sua trajetória acadêmica, ela recebeu diversas bolsas de estudo, como a bolsa concedida pela Comissão Sueca para Pesquisa Marinha. Na Suécia, ela determinou a concentração de urânio e rádio na água do mar.

Em 1942, tornou-se professora remunerada da Universidade de Viena; em 1946, recebeu o título de professora associada; em 1950 foi nomeada professora extraordinária; e, em 1956, foi a primeira mulher na Áustria a ser promovida a professora titular de Física Nuclear Experimental da Universidade de Viena.

¹⁸ Meitner foi indicada ao Prêmio Nobel de Física nos anos de 1937, 1940, 1941, 1943, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1954, 1955, 1956, 1959, 1961, 1964, 1965 e 1967. Ao Nobel de Química ela foi indicada nos anos de 1924, 1925, 1929, 1930, 1933, 1934, 1936, 1937, 1939, 1941, 1942, 1946, 1947 e 1948.

¹⁹ As informações a respeito das indicações de Meitner ao Prêmio Nobel. https://www.nobelprize.org/nomination/archive/show_people.php?id=6097 (acesso em 26 de junho de 2022).

²⁰ Informações sobre o Prêmio Nobel de Física de 1915. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1915/summary/> (acesso em 05 de maio de 2022).

Para Kniefacz; Meisel (2021)²¹, Ingrisch (2022)²² e Kniefacz (2022)²³, o fato de a primeira professora catedrática só ter sido nomeada quase meio século depois da primeira mulher ter sido qualificada como professora da Universidade de Viena tem relações diretas com o regime nazista que interrompeu o desenvolvimento das pesquisas e carreiras das mulheres pioneras da ciência vienense.

Karlik também recebeu diversas honrarias. Apenas para citar algumas: em 1951 recebeu a Medalha de Honra da cidade de Viena, a Medalha Wilhelm Exner da Associação Comercial Austríaca e o Commendeur Cross da Ordre des Palmes Académiques (do primeiro-ministro da França); em 1967 recebeu o Prêmio Erwin Schrödinger, devido às notáveis realizações na área da radioatividade e física nuclear; e em 1973 tornou-se a segunda mulher, depois de Meitner, membra da Academia Austríaca de Ciências.

Karlik faleceu em 4 de fevereiro de 1990, com 84 anos, idade considerada avançada quando comparada às cientistas da sua época que trabalharam com elementos radioativos. Após a sua morte, ela recebeu algumas homenagens. Em 1998, um dos portões da memória da Universidade de Viena recebeu o seu nome²⁴; em 2016, o artista Thomas Baumann construiu um monumento à sua pessoa, que foi instalado no pátio da Universidade de Viena; e, em 2011, a Universidade de Viena criou três cátedras por meio do Programa Berta Karlik, que tem como objetivo promover o trabalho desenvolvido por mulheres cientistas, bem como contribuir para a igualdade de gênero na ciência²⁵.

Ainda na Europa Central, em 25 de fevereiro de 1896 em Lackhausen, Alemanha, nascia Ida Eva Tacke. Ela concluiu o gymnasium em 1915, ingressou na Technische Hochschule, atualmente Technische Universität, em Charlottenburg, também germânica. Em 1918, obteve o título de Engenharia Química, e, em 1921, o de doutorado em Engenharia na área de química orgânica, estudando sobre os anidridos de ácidos graxos de alto peso molecular²⁶.

Após obter o diploma de doutorado em 1921, aos 25 anos, Tacke trabalhou na Allgemeine Elektrizität Gesellschaft de 1921 a 1923, e depois na Siemens-Halske de 1924 a 1925. Em 1925, Tacke foi nomeada cientista visitante e iniciou os trabalhos no Physikalisch-Technische Reichsanstal, laboratório de química da Universidade de Berlim chefiado pelo químico alemão Walter Noddack. Juntos, Tacke e Noddack iniciaram os estudos para a busca de elementos ausentes da tabela periódica.

²¹ Kniefacz, Katharine; Maisel, Thomas. "Berta Karlik, o. Univ.-Prof. De. Phil". Universität Wien, 2021. <https://geschichte.univie.ac.at/de/berta-karlik> (acesso em 10 de maio de 2022).

²² Ingrisch, D. Frauen in der Wissenschaft. Universität Wien, 2018. Disponível: <https://geschichte.univie.ac.at/de/artikel/frauen-der-wissenschaft> (acesso em 10 de maio de 2022).

²³ Kniefacz, K. Frauen an der Universität Wien 1878–2015. Universität Wien, 2022. Disponível: <https://geschichte.univie.ac.at/de/themen/frauen-der-universitat-wien> (acesso em 10 de maio de 2022).

²⁴ Informações sobre a nomeação dos portões da Universidade de Viena. <https://geschichte.univie.ac.at/de/artikel/tore-der-erinnerung> (acesso em 12 de maio de 2022).

²⁵ Informações sobre o Programa Berta Karlik. https://fsp-faq.univie.ac.at/aktuellesveranstaltungen/einzelansicht/news/650-jahr-jubilaeum-universitaet-wien-programmschwerpunkt-geschlechtergerechtigkeit-2/?cHash=56429dab2e6cd28f6169ab5cf3ae3db9&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News (acesso em 12 de maio de 2022).

²⁶ Offereins, Mariane. "Ida Noddack-Tacke (1896–1978)". In *European Women in Chemistry*, org. Apotheker Jan; Sarkadi, Livia Simon. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2011.; Tiggelen, Brigitte Van.; Lykknes, Annette. "Ida and Walter Noddack Through Better and Worse: an Arbeitsgemeinschaft in Chemistry". In *For Better or For Worse? Collaborative Couples in The Sciences*, org. Lykknes, Annette; Opitz, Donald. L.; Tiggelen, Brigitte Van. Series: Science networks historical studies, v. 44, Publisher: Springer, 2012.

Ida Tacke e Walter Noddack se casaram em 1926. Durante os anos de casamento, Ida Noddack ocupou apenas cargos de pesquisa e, na maioria das vezes, não remunerados, bem como realizou suas investigações utilizando equipamentos ultrapassados e emprestados por Walter Noddack e colaboradores²⁷.

À medida que Walter Noddack se deslocava para trabalhar em outras universidades, Ida o acompanhava e desenvolvia pesquisas no laboratório do marido enquanto colaboradora não remunerada. Em 1935, Walter foi nomeado professor titular de físico-química na Universidade de Freiburg, localizada em Berlim. Em 1941, o casal se muda para Strassburg, local em que Walter exerceu, até 1944, a função de professor e diretor do Instituto de Físico-Química e diretor do Instituto de Fotoquímica Reich Universität que era considerada uma universidade nazista. Isso levou a uma suposta associação do casal Noddack com o regime nazista. Além disso, mesmo existindo, nessa época, uma rejeição ao emprego de mulheres, foi nessa universidade que Ida recebeu uma posição remunerada enquanto pesquisadora²⁸.

Mesmo depois de ter sido comprovado o não envolvimento com o nazismo, ao final da Segunda Guerra Mundial, Walter encontrou dificuldade para encontrar outro posto de trabalho. No entanto, de 1946 até a sua morte em 1960, Walter foi o presidente de química da Philosophisch-Theologische Hochschule em Bamberg e criou um Instituto de Geoquímica, um instituto privado no qual desenvolveu pesquisas em geoquímica e fotoquímica. Nesse período, Ida foi contratada, de maneira não remunerada, no Instituto de Geoquímica. Como ela estava cuidando de um problema de saúde, o progresso de suas pesquisas e sua carreira foi impedido. Durante muitos anos, ela sofreu com pedra nos rins; por conta dessa enfermidade criou, juntamente com Walter, o campo de estudo em Fisiologia Química²⁹.

Após a morte de Walter, Ida continuou trabalhando no Instituto de Geoquímica. Em 1968, ela se aposentou e se mudou para Bad Neuenahr, Alemanha, local onde faleceu dez anos depois. Os Noddacks não tiveram filhos; essa escolha pode ter contribuído para a produtividade científica do casal³⁰.

A nossa última personagem, Marguerite Catharine Perey, nasceu em 19 de outubro de 1909 em Villemomble, Paris, pertencendo a uma família protestante da classe média francesa. Após a morte do seu pai em 1914, sua família teve dificuldade financeira para se manter e financiar os estudos universitários de erey e seus irmãos. Por conta disso, Perey estudou química na École d'Enseignement Technique Féminine, escola na qual se formou como técnica de química em 1929³¹.

27 Tiggelen; Lykknes, 2012.

28 Habashi, Fathi. "Ida Noddack: Proposer of Nuclear Fission". In *A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity*, org. Rayner-Canham, Marelene, F.; Rayner-Canham, Geoffrey, W. McGill-Queen's University Press, Canada, 1997, p. 217- 225.; Offereins, Mariane. "Ida Noddack-Tacke (1896-1978)". In *European Women in Chemistry*, org. Apotheker Jan; Sarkadi, Livia Simon. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2011.; Tiggelen; Lykknes, 2012.; SANTOS, Gildo Magalhães. "A Tale Of Oblivion: Ida Noddack And The 'Universal Abundance' Of Matter". Notes Rec. 68, 373-389, 2014. [doi:10.1098/rsnr.2014.0009](https://doi.org/10.1098/rsnr.2014.0009); Brazil, Rachel. "Ida Noddack and The Trouble With Element 43". Chemistry World, 2021. <https://www.chemistryworld.com/culture/ida-noddack-and-the-trouble-with-element-43/4013548.article> (acesso em 27 de setembro de 2021).

29 Lykknes; Tiggelen, 2012.; Tiggelen; Lykknes, 2019.

30 Lykknes; Tiggelen, 2012.

31 Adloff, Jean Pierre.; Kauffman, Georg B. "Triumph over Prejudice: The Election of Radiochemist Marguerite Perey (1909-1975) to the French Académie des Sciences". The Chemical Educator, Vol. 10, Nº 5, 2005, p. 378-399.; Adloff, Jean Pierre; Kauffman, George B. "Francium (Atomic Number 87), the Last Discovered Natural Element". The Chemical Educator, Vol. 10, Nº 5, 2005, p. 387-394.; Adloff, Jean Pierre; Kauffman, George B. "Marguerite Perey (1909-1975): A Personal Retrospective Tribute on the 30th Anniversary of Her Death". The Chemical Educator, Vol. 10, Nº 5, 2005, p. 378-386.; Adloff, Jean Pierre. "Marguerite Catherine Perey (1909-1975)." In *European Women in Chemistry*, org. Jan Apotheker and Livia Simon Sarkadi. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2011, p. 181-185. ISBN: 978-3-527-32956-4.; Rayner-Canham, G. F.; Rayner-Canham, M.

Por meio de uma bolsa de estudo da União Mineira de Haut-Katanga, empresa que explorou jazidas de minério de urânio e colaborou com o Laboratório Curie, em 1929, Perey foi contratada como técnica em química do Instituto do Rádio de Paris para exercer a função de assistente pessoal de Marie Curie e trabalhar nas pesquisas sobre a série radioativa do actínio³². Perey iniciou suas atividades no instituto a partir da purificação do actínio (227Ac) e concentração por meio das técnicas de cristalização, evaporação e precipitação fracionada³³.

Marie Curie tinha o hábito de contratar as estudantes recém-formadas da mesma escola técnica de Perey, as quais se destacaram com os melhores desempenhos³⁴. Ao abrir o seu laboratório para as mulheres, Curie acabou incentivando as mulheres em ocupar um lugar na ciência e medicina. Nesse sentido, não levava em consideração a nacionalidade, religião ou histórico familiar das cientistas, usando como critérios de seleção apenas a seriedade e competência³⁵. De fato, nos anos de 1906 a 1934, elas representavam cerca de 25% a 30% dos profissionais do Instituto do Rádio de Paris³⁶.

Como Perey não tinha um título de nível superior, ela foi incentivada por seus supervisores, Debierne e Irène Joliot-Curie, a dar continuidade aos seus estudos acadêmicos durante a Segunda Guerra Mundial. A ausência da titulação de nível superior se tornou um grande obstáculo na trajetória de Perey, pois alguns membros da comunidade acadêmica não aceitavam o fato de que uma jovem técnica em química ter realizado a descoberta do elemento de número atômico 87. Em 21 de março de 1946, ela obteve o doutorado pela Universidade de Paris, pelas pesquisas que culminaram na descoberta do frâncio³⁷.

Com a formação superior em Ciências, Perey se tornou pesquisadora independente qualificada no Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), no qual trabalhou durante o período de três anos, de 1946 a 1949. Ao deixar o CNRS, ela foi nomeada presidente de Química Nuclear da Universidade de Estrasburgo, cargo criado exclusivamente para ela. Nessa instituição, ela deu continuidade às pesquisas sobre o potencial do frâncio no combate ao câncer. Em 1957, tornou-se diretora do Departamento de Química Nuclear do Centro de Pesquisa Nuclear da Universidade de Estrasburgo³⁸.

Devido à exposição a elementos radioativos, assim como ocorreu com outros membros do Instituto Rádio em Paris, ela sofreu durante muitos anos com o câncer. Em 13 de maio de 1975, aos 65 anos, em Louveciennes, França, ela faleceu. Perey não teve filhos e nunca se casou, dedicando-se integralmente às suas atividades científicas.

"Marguerite Perey: The Discoverer of Francium". In *Women in Their Element: Selected Women's Contributions to The Periodic System* org. Tiggelen, Brigitte Van; Lykknes, Annette. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2019, p. 428-438.

32 Informações sobre as mulheres do Laboratório Curie. <https://musee.curie.fr/nous/nos-publications/les-femmes-du-laboratoire-de-marie-curie> (acesso em 15 de maio de 2022).

33 Adloff; Kauffman, 2005.; Adloff, 2011.; Rayner- Canham; Rayner- Canham, 2019.

34 Rayner-Canham e Rayner-Canham, 2019.

35 Retrato de mulheres do laboratório de Marie Curie. <https://musee.curie.fr/decouvrir/expositions-temporaires/exposition-2014/quelques-portraits-de-l-exposition> (acesso em 15 de maio de 2022).

36 RENTETZI, Maria. "Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices: Radium Research in Early 20th Century Vienna". Columbia University, 2007. www.gutenberg-e.org/rentetzi (acesso em 15 de maio 2022).

37 Adloff; Kauffman, 2005.; Yount, Lissa. Perey, "Marguerite Catherine (1909–1975) French chemist, physicist". In *A to Z of Women in Science and Math* org. Rayner-Canham; Rayner-Canham, Facts On File, 2008, 2019, p. 240-241.

38 Adloff; Kauffman, 2005.; Yount, 2008.; Swaby, Rachel. "Marguerite Perey (1909-1975) Chemistry French". In *Headstrong 52 Women who Changed Science - and the World*, org. Swaby, Rachel. B\ D\ W\ Y - Broadway Brooks, New York, 2015, p. 141-143.

DESCOBERTA DE ELEMENTOS QUÍMICOS

Meitner iniciou em 1913 a sua corrida pela descoberta da “substância mãe do actínio”, o protactínio. Esse trabalho foi realizado em colaboração com o seu colega químico alemão Otto Hahn. Nessa época, existiam poucos estudos sobre as propriedades do actínio – a relação entre o actínio e o decaimento radioativo do urânio não era conhecida³⁹.

Com o recrutamento de Hahn pelo exército no início da Primeira Guerra, Meitner realizou a maior parte do trabalho sozinha, desde as etapas de separações químicas até a análise com uso do eletroscópio, mas sempre compartilhava seus achados com Hahn através de correspondências⁴⁰.

Foi uma época angustiante e cansativa para Meitner, pois ela trabalhava muitas horas por dia no laboratório com equipamentos inadequados e lidava com muitos soldados poloneses feridos. Ela se ofereceu em 1915 para trabalhar como enfermeira de raios-X nos hospitais do exército austríaco, dividindo seu tempo entre os experimentos do laboratório e os hospitais, voltando para Berlim apenas em 1916. Também foi um período de dificuldades para a realização de pesquisa pelos altos preços para obter os materiais necessários para os experimentos até a escassez de equipamentos e de material humano (estudantes, assistentes e técnicos estavam em serviços militares)⁴¹.

Durante suas folgas, Meitner voltava para Berlim para dar continuidade às medições das substâncias radioativas, sendo que, em alguns momentos, Hahn conseguia encontrá-la quando as suas folgas coincidiam. Apesar dos obstáculos do tempo de guerra, Frisch (1970)⁴² apontou que as pausas na pesquisa, devido ao período em que Meitner e Hahn estiveram na linha de frente da guerra, contribuíram para a descoberta do precursor do actínio, pois, no estudo de substâncias radioativas, as medições em intervalos longos permitiam observar se as atividades radioativas aumentam ou decaem. Porém, a derrota da Alemanha na guerra dificultou ainda mais as pesquisas sobre as propriedades do protactínio.

Com a intenção de isolar elementos radioativos da decomposição do urânio com base nos estudos realizados por Enrico Fermi, Meitner e Hahn uniram forças para encontrar elementos transurânicos, ou seja, elementos de número atômico maior que 92. Eles então utilizaram diversas técnicas da química analítica, como a precipitação do irradiado e solução de sal de urânio acidificado com sulfeto de hidrogênio de todos os elementos entre o polônio e urânio. Por meio dessas soluções, Meitner e Hahn observaram que em seus precipitados continham apenas transurânicos para serem isolados⁴³.

Para iniciar a busca pelo precursor do actínio, Meitner e Hahn investigaram os sais de urânio e a pechblenda, um minério de urânio. Com isso, ela e ele perceberam que a pechblenda continha maior quantidade da substância mãe e desenvolveram um método capaz de minimizar a contaminação radioativa, conseguindo separar o tântalo da pechblenda. Meitner e Hahn acreditavam que a substância mãe era quimicamente semelhante a esse elemento. Como os níveis de radiação beta do actínio eram difíceis de detectar, Meitner e Hahn, decidiram monitorar os produtos do decaimento da radiação alfa que incluíam a emanação de actínio (^{219}Rn), AcA (^{215}Po) e AcC (^{211}Bi)⁴⁴.

³⁹ Sime, Ruth Lewin. "The Discovery of Protactinium". *Jornal of Chemical Education*. Vol. 63, nº 8, 1986, p. 653- 657.; FRISCH, Otto Robert. "Lise Meitner (1878-1968)". *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, Vol. 16, 1970, p. 405-420.

⁴⁰ Sime, 1986.; Frisch, 1970.

⁴¹ Sime, 1986.

⁴² Frisch, 1970.

⁴³ Sime, Ruth Lewin. "Lise Meitner and The Discovery of Nuclear Fission". *Scientific American*, Vol. 278, nº 1, 1998, p. 80-85.; SIME, 1986.; SIME, Ruth Lewin. *Lise Meitner A Life in Physics*. University of California Press Berkeley · Los Angeles · Oxford ©, 1997.

⁴⁴ Sime, 1986; 1997; 1998.

Em 1914 Meitner e Hahn desenvolveram um método de separação mais eficiente, eles descobriram que o tratamento da pechblenda com ácido nítrico deixava um resíduo insolúvel que era composto de dióxido de silício e substâncias semelhantes ao tântalo. Após três anos, eles observaram, por meio do eletroscópio, que os resíduos de sílica, das primeiras amostras de pechblenda, estava emitindo uma quantidade pequena de emanação de actínio. Apesar dos bons resultados alcançados após uma série de análises, ainda não era possível provar de fato a presença do precursor do actínio e seus produtos de decaimento, pois as preparações de Meitner e Hahn eram muito fracas para separar os produtos de decaimento do actínio e medi-los diretamente⁴⁵.

No início de 1917, a dupla precisava de mais amostras de pechblenda para dar continuidade aos experimentos. Devido aos embargos iniciados pela Alemanha durante a Primeira Guerra Mundial, que proibiam a compra da pechblenda, Meitner entrou em contato com seu amigo, Stefan Meyer, do Instituto do Rádio em Viena, e solicitou algumas amostras do mineral. Meyer conseguiu enviá-la apenas 1 kg do resíduo de urânio que continha rádio e possivelmente tântalo⁴⁶.

Para o desenvolvimento dos experimentos, a cientista ainda precisava de mais amostras de pechblenda. Por conta disso, entrou em contato com um produtor alemão de rádio, o químico industrial Friedrich Oskar Giesel (1852-1927) da Buchler & Co., e conseguiu mais 100g do “resíduo duplo” que não continha urânio e rádio. Como a composição do “resíduo duplo” era diferente das amostras enviadas por Meyer, o método utilizado no experimento não funcionou⁴⁷.

Ao monitorarem as amostras antigas e novas, Meitner e Hahn observaram que a curva para atividade beta do actínio tinha aumentado linearmente há seis meses. Por conta disso, não restavam dúvidas da existência do actínio e seu precursor. Meitner e Hahn ainda precisavam determinar a meia vida da substância mãe a partir da medida do alcance de suas partículas alfa e decaimento dos produtos formados. Para isso, seria necessário amostras de pechblenda muito mais fortes⁴⁸.

A terceira etapa da investigação, a fim de isolar o protactínio, teve início no final de 1917. Para que alcançassem êxito nessa etapa, Meitner e Hahn utilizaram novas amostras de resíduos de rádio produzidas por Giesel e obtiveram um produto de tântalo fortemente radioativo e puro. A partir desses estudos, Meitner e Hahn publicaram, em março de 1918, um artigo na *Physikalische Zeitschrift* intitulado *The Mother Substance of Actinium, a New Radioactive Element of Long Half-Life* (A substância-mãe do actínio, um novo elemento radioativo de meia-vida longa). No artigo, ela e ele descreveram a descoberta de um novo elemento químico radioativo, o protactínio. Em junho de 1918, Meitner e Hahn foram reconhecidos pela descoberta do isótopo de protactínio-231 que possui um tempo de meia vida de 32.500 anos⁴⁹. Meitner e Hahn desenvolveram pesquisas sobre a radioatividade até o final das suas vidas. Durante alguns anos eles trabalharam em parceria, mas em outros momentos desenvolveram suas atividades individualmente. De acordo com McGrawe (1994)⁵⁰, dois anos após a Primeira Guerra Mundial, Meitner e Hahn encerraram a parceria científica e ficaram 12 anos separados, pois já tinham realizado a descoberta do protactínio e podiam prosseguir em suas carreiras de forma independente. O retorno da parceria ocorreu em 1934 uma

⁴⁵ Sime, 1986; 1997; 1998.

⁴⁶ Sime, 1986; 1997; 1998.

⁴⁷ Sime, 1986; 1997; 1998.

⁴⁸ Sime, 1986; 1997; 1998.

⁴⁹ Sime, 1986; 1997; 1998.

⁵⁰ McGrawe, 1994.

vez que Meitner precisava de um químico para iniciar os estudos que culminariam na descoberta da fissão nuclear⁵¹.

A equipe formada para as investigações do bombardeamento do urânio com nêutrons era composta por cinco pessoas: Meitner, Hahn, o químico alemão Fritz Strassmann, a química norte-americana Clara Lieber (1902-1950) e a técnica Irmgard Bohne⁵². Essa equipe de trabalho se tornou uma das mais experientes no assunto. Além disso, eles competiam com equipes rivais lideradas por Enrico Fermi, Ernest Rutherford e Irène Joliot-Curie⁵³.

Ida Noddack já começou a sua busca por novos elementos com uma crítica a Meitner e Hahn em relação à afirmação de que nos precipitados da dupla continham apenas transurânicos. Para Noddack, a existência de elementos transurânicos só poderia ser constatada após a confirmação da sua identidade, ou seja, exclusão da existência de qualquer elemento entre hidrogênio e urânio. Essa contestação foi publicada em uma revista de pequeno impacto entre os cientistas e, por esse motivo, suas ideias foram desprezadas por mero pedantismo daqueles que leram sua publicação⁵⁴.

Mas, ela também almejava encontrar os elementos ausentes da tabela periódica com números atômicos 43 e 75 por estarem no mesmo grupo. Na busca por esses elementos, Ida realizou, em tempo integral e sem remuneração, uma extensa revisão de literatura, enquanto Noddack realizava pesquisa no laboratório.

Após as pesquisas realizadas, Ida e Noddack perceberam que, apesar de ocorrer uma mudança gradual com relação às propriedades dos elementos do mesmo grupo e os demais metais de transição, muitas vezes, os elementos não tinham propriedades semelhantes às do primeiro elemento do grupo. Essa observação explicou o motivo pelo qual os pesquisadores da época não conseguiram descobrir os elementos ausentes, pois eles utilizavam minérios de manganês para a descoberta dos novos elementos, na crença de que os elementos ausentes tivessem propriedades químicas semelhantes às do manganês⁵⁵.

Entre as poucas lacunas ainda existentes no sistema periódico dos elementos químicos, os mais interessantes são os abaixo do manganês. Na verdade, aqui faltam dois elementos: o eka-manganês com número atômico 43 e o dwi-imanganês com número atômico 75⁵⁶.

A partir das pesquisas realizadas, Tacke e Noddack previram que os elementos de número atômico 43 (eka-manganês) e 75 (dwi-manganês) tinham propriedades semelhantes aos seus vizinhos de forma horizontal, ou seja, tinham semelhança aos elementos: Z= 42, molibdênio; Z= 44, rutênio; Z= 74, tungstênio;

⁵¹ Nesse trabalho não iremos aprofundar nossa narrativa sobre a descoberta da fissão nuclear. Porém, é importante destacar que o episódio histórico que envolve Meitner e Hahn e a descoberta da fissão nuclear é amplamente conhecido como um exemplo do apagamento das contribuições realizadas por mulheres cientistas, visto que, foi Hahn que recebeu todo o prestígio da pesquisa realizada em conjunto com Meitner. Para este fenômeno Rossiter (1993) deu o nome de Efeito Matilda.

⁵² Não foram encontradas maiores informações a respeito da técnica Irmgard Bohne. Esse fato pode estar relacionado com o apagamento histórico que as mulheres sofrem na ciência.

⁵³ McGrayne, 1994.

⁵⁴ Frisch, 1970.

⁵⁵ Lykknes; Tiggelen, 2012.

⁵⁶ Noddack, Walter; Tacke Ida; Berg, Otto. "Die Ekamangane. The Ekamanganese elements". Studiecentrum voor Kernenergie. 1925, p. 3.

$Z=76$, ósmio; $Z=24$, crômio⁵⁷. Por conta disso, concentraram os estudos em minérios contendo esses metais, e produziram centenas de amostras para análise dos comprimentos de onda das linhas de emissão de raios-X.

No ano de 1925, Tacke, Noddack e Otto Berg (1873-1939), químico alemão que trabalhava na Siemens-Halske, por meio do minério columbita, identificaram o dvi-manganês e deram o nome rênio para o novo elemento, em homenagem ao rio Reno. Na história do rênio da tabela periódica proposta pela Royal Society of Chemistry, há a informação de que, em 1905, o químico japonês Masataka Ogawa (1865-1930) erroneamente afirmou que tinha encontrado o tecnécio; porém, ao serem reanalisados os espectros fotográficos de Ogawa, foi constatado que ele tinha encontrado o rênio⁵⁸.

Apesar de terem encontrado o rênio teoricamente, foi apenas em 1929 que eles conseguiram isolar a primeira grama do rênio e publicar diversos artigos sobre suas propriedades químicas. Devido a essa descoberta, Tacke e Noddack foram indicados ao Prêmio Nobel de Química em conjunto nos anos de 1933, 1935 e 1937. Walter foi indicado ao Nobel de Química nove vezes, nos anos de 1932, 1933, 1934, 1935 e 1937, sendo que nos anos de 1932 e 1934 foi indicado individualmente⁵⁹. Ida foi indicada quatro vezes ao Nobel de Química, nos anos de 1933, 1935 e 1937, todas as vezes em conjunto com seu marido. Apesar de terem sido indicados ao Nobel, eles não foram laureados. Ida Noddack foi a terceira mulher a ser indicada ao Prêmio Nobel. As duas primeiras foram as cientistas Marie Curie e Lise Meitner⁶⁰.

No mesmo período em que afirmaram ter encontrado o dwi-manganês, Tacke e Noddack asseguraram que também tinham identificado linhas espectrais do eka-manganês. A esse elemento deram o nome de masúrio, em homenagem à Masúria, atualmente uma região localizada na Polônia. No entanto, como outros cientistas não conseguiram reproduzir os experimentos de Tacke e Noddack e identificar traços do masúrio, passaram a afirmar que eles estavam equivocados. Este erro custou a reputação de Tacke e Noddack perante os seus pares⁶¹.

Em 1937, o químico italiano Carlo Perrier (1886-1948) e o físico italiano Emilio Segrè (1959-1922) foram creditados pela descoberta do elemento $Z=43$, atualmente chamado de tecnécio, que é derivado do grego e significa artificial. Porém, a história do tecnécio da Royal Society of Chemistry destaca que uma

⁵⁷ Os prefixos “eka” e “dwi” significam “primeiro” e “segundo” em sânscrito. Mendeleev utilizou esses prefixos para indicar as lacunas existentes na tabela periódica, ou seja, “eka” e “dvi” foram utilizados para indicar a ausência de uma ou duas lacunas do elemento que vem depois do prefixo.

⁵⁸ Informações históricas sobre o rênio. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/75/rhenium> (acesso em 10 de abril de 2022).

⁵⁹ Indicações ao Prêmio Nobel. Nomination Archive. NobelPrize.org. <https://www.nobelprize.org/nomination/archive/list.php?prize=2&year=1932> (acesso em 06 de maio de 2022).

⁶⁰ Mcgrayne, 1994.; Tiggelen; Lykknes, 2012.; Tiggelen, Brigitte Van. “Ida Noddack, the Eka-Manganese and Nuclear Fission”. In *Women in Their Element: Selected Women’s Contributions to The Periodic System*, org. Tiggelen, Brigitte Van; Lykknes, Annette. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2019, p. 271-288.

⁶¹ Habashi, 1997, 2009.; Offereins, Mariane. “Ida Noddack-Tacke (1896–1978)”. In *European Women in Chemistry*, org. Apotheker Jan; Sarkadi, Livia Simon. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2011.; Santos, Gildo Magalhães. “A Tale Of Oblivion: Ida Noddack And The ‘Universal Abundance’ Of Matter”. Notes Rec. 68, 373–389, 2014. [doi:10.1098/rsnr.2014.0009](https://doi.org/10.1098/rsnr.2014.0009); Brazil, Rachel. “Ida Noddack and The Trouble With Element 43”. Chemistry World, 2021. <https://www.chemistryworld.com/culture/ida-noddack-and-the-trouble-with-element-43/4013548.article> (acesso em 27 de setembro de 2021).

possível descoberta desse elemento na década de 1920 não pode ser descartada, ou seja, a descoberta do elemento Z= 43 pode ter sido realizada por Tack e Noddak⁶².

Com o intuito de reivindicar a descoberta do elemento Z= 43 aos cientistas Tecke, Noddack e Berg, o físico belga Pieter Van Assche publicou, em 1988, um artigo na Nuclear Physics intitulado The ignored discovery of the element Z= 43. Após reanalizar os resultados experimentais da equipe, Assche (1988)⁶³ afirmou que não há razão para questionar a credibilidade das evidências experimentais. No entanto, ao realizar um levantamento histórico (que abrangeu 63 anos, desde 1925) sobre o elemento 43, o químico Kuroda (1989)⁶⁴ revela que não há razão para se creditar ao casal Noddack e Berg a descoberta do elemento 43, e critica os argumentos apresentados no artigo publicado por Assche em 1988, ao afirmar que os Noddacks não conseguiram produzir evidências relevantes da existência do elemento 43, eles justificaram que a razão para isso era a falta de matéria prima. Sendo assim, atualmente, apenas a descoberta do rênio é creditada aos Noddacks e Berg.

Já a nossa Karlk e a sua assistente Trude Cless-Bernert (1915-1998) aventurem-se na descoberta dos isótopos do elemento 85, o astato, durante a Segunda Guerra Mundial. Por conta desse trabalho, ela recebeu o Haitinger de Química de 1947. Em um artigo publicado em 1946 na revista Naturwissenschaften, intitulado Zur Entstehung des Isotops 85²¹⁸ (Sobre a formação do isótopo 85²¹⁸), elas relataram os processos analíticos utilizados na descoberta dos isótopos do astato, como, por exemplo, a precipitação da solução com hidróxidos e com sulfetos, filtração, evaporação e análise da radiação em uma câmara de ionização conectada a um amplificador proporcional de quatro estágios com um oscilógrafo de loop⁶⁵.

Apesar de, em 1939, dois grupos terem chegado perto da descoberta do astato – o primeiro grupo francês composto pelo físico nuclear romeno por Horia Hulubei (1896-1972), e pela física francesa Yvette Cauchois (1908- 1999), e o segundo grupo liderado pelo químico suíço por Walter Minder (1905-1992), a Royal Society of Chemistry creditou aos cientistas Dale R. Corson (1914-2012), Kenneth Ross MacKenzie (1912- 2002) e Emilio Segrè a descoberta, em 1940, do elemento 85 a partir do bombardeamento do bismuto com partículas alfa⁶⁶. Embora seja um elemento existente na natureza, somente é possível obtê-lo artificialmente⁶⁷.

No artigo intitulado Unsere heutigen Kenntnisse über das Element 85 (Ekajod) (Nosso conhecimento atual do elemento 85 (Ekajod)), publicado na Monatshefte für Chemie em 1947, Karlk citou as tentativas malsucedidas da descoberta do elemento 85 realizadas por Hulubei, Cauchois e Minder em 1939 e fez uma revisão geral dos resultados dos testes experimentais disponíveis até o momento. Karlk (1947)⁶⁸, reafirmou que os isótopos 85²¹⁸, 85²¹⁶ e 85²¹⁵ foram encontrados em Viena, e continuou investigando as possíveis

⁶² Informações históricas sobre o tecnécio - Royal Society of Chemistry. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/43/technetium> (acesso em 10 de abril de 2022).

⁶³ Assche, Pieter H. M. Van. "The Ignored Discovery of The Element Z=43". Nuclear Physics, North-Holland, Amsterdam, 1988, p. 205-214.

⁶⁴ Kuroda, Paul Kazuo. "A Note on The Discovery of Technetium". Nuclear Physics, North-Holland, Amsterdam, 1989, p. 178-182.

⁶⁵ Karlk, Berta; Cless-Bernert, Trude. "Traude. Zur Entstehung des Isotops 85²¹⁸". Naturwissenschaften, 33, 1946, p. 23.

⁶⁶ Informações históricas sobre o astato. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/85/astatine> (acesso em 10 de maio de 2022).

⁶⁷ Afonso, Júlio Carlos. "Astato". Química Nova na Escola. Vol. 33, N° 4, 2011, p. 252.

⁶⁸ Karlk, Berta. "Unsere heutigen Kenntnisse über das Element 85 (Ekajod)". Monatshefte für Chemie, 77, 1947, p. 348-351.

reações do decaimento radioativo do rádio e radônio que originam o elemento 85²¹⁸. Além disso, Karlik apresentou uma tabela com informações relevantes dos isótopos conhecidos até o momento⁶⁹.

Apesar de ter tido a oportunidade de deixar o país durante o regime nazista, Karlik decidiu permanecer em Viena, pois acreditava que a sua permanência contribuiria para melhorias ao país. Essa afirmação pode ser constatada por meio de uma carta escrita por Karlik em 11 de setembro de 1938 para a radioquímica norueguesa Ellen Gleditsch⁷⁰. Após a guerra, Karlik tornou-se ativa na Associação Austríaca de Mulheres Universitárias, sendo membro fundadora da Sociedade Austríaca de Física. Por ser politicamente consciente, apoiou seus colegas judeus que foram perseguidos durante o período nazista.

Ao ser finalizado o processo de desnazificação das universidades austríacas, Karlik assumiu provisoriamente a liderança do Instituto do Rádio para depois assumir novamente a direção. Após a aposentadoria de Stefan Meyer em 1947, Karlik foi nomeada diretora do Instituto de Pesquisa do Rádio, cargo que exerceu até sua aposentadoria em 1974. No entanto, mesmo após sua aposentadoria, Karlik continuou trabalhando no instituto até a sua morte⁷¹.

Diferentemente das demais buscadoras de elementos químicos, Perey realizou uma descoberta inesperada, pois tinha apenas a pretensão de investigar as propriedades do actínio. No entanto, ao investigar o tempo de meia vida do ²²⁷Ac, ela identificou que havia uma radiação beta (β) que ainda não tinha sido identificada, com meia vida de 21 minutos, e que possivelmente seria um novo elemento, nomeado primeiramente como actínio K (AcK). Em 1938, após inúmeras análises químicas, ela chegou à conclusão de que se tratava de um metal alcalino, o eka-Cs, elemento ainda desconhecido da tabela periódica.

Como é sabido, no início do século XX, foram descobertos os elementos 84 (polônio), 86 (radônio), 88 (rádio) e 89 (actínio), restando apenas o elemento 85, atualmente chamado de astato, e o elemento 87, o frâncio. O frâncio foi o último elemento a ser identificado, completando finalmente as lacunas da tabela periódica proposta por Mendeleev, o qual previu em 1870 a existência do elemento de número atômico 87, localizado abaixo do césio, denominando-o eka-césio⁷². De acordo com a Royal Society of Chemistry, durante as décadas de 1920 e 1930, houve algumas alegações de cientistas que afirmaram ter encontrado o elemento 87 com base na observação de novas linhas em seus espectros de raios-X⁷³. Porém, essas alegações não foram aceitas por não serem capazes de comprovar a evidência desse elemento⁷⁴.

Então, em 1938, mesmo após a purificação de amostras de actínio de todas as impurezas radioativas, Perey ainda observou a presença de outro elemento e anunciou que se tratava da existência de

⁶⁹ Karlik, 1947.

⁷⁰ Rentetzi, 2007.; Rentetzi, Maria. "Berta Karlik (1904–1990)". In *European Women in Chemistry*, org. Apotheker, Jan; Sarkadi, Livia Simon. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2011, p. 161-164. ISBN 978-3-527-32956-4.

⁷¹ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.; Rentetzi, 2007, 2011.; Forstner, Christian. "Berta Karlik and Traude Bernert: The Natural Occurring Astatine Isotopes 215, 216, and 218". In *Women in Their Element: Selected Women's Contributions to The Periodic System* org. Tiggelen, Brigitte Van; Lykknes, Annette. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2019, p. 439-448.; Tiggelen; Lykknes, 2019.

⁷² Para saber mais sobre a história de Mendeleev, ver: A tabela periódica de Mendeleev. <https://edu.rsc.org/feature/the-periodic-tables-of-mendeleev/2020258.article> (acesso em 07 de março de 2022).

⁷³ Informações históricas sobre o frâncio. <https://www.rsc.org/periodic-table/element/87/francium> (acesso em 10 de maio de 2022).

⁷⁴ Adloff; Kauffman, 2005.; Rayner-Canham; Rayner-Canham, 2019.; Chapman, Kit. "Marguerite Perey and The Last Element in Nature". Chemistry World, 2020. <https://www.chemistryworld.com/culture/marguerite-perey-and-the-last-element-in-nature/4012198.article> (acesso em 27 de setembro de 2021).

um novo elemento, o elemento 87. Todavia, outros cientistas contestaram seus resultados; por isso, apenas em 1946 ela foi aceita como a descobridora do frâncio⁷⁵.

O primeiro cientista que alegou erroneamente ter encontrado o elemento 87 foi, em 1925, o químico russo D. K. Dobroserdov (1876-1936), propondo a ele o nome rússio, em homenagem ao seu país. Em 1927, o físico romeno Horia Hulubei e a física francesa Yvette Cauchois pensaram ter encontrado o elemento 87, e propuseram o nome moldávio, em homenagem à Moldávia, região da Romênia. Em 9 de janeiro de 1938, o físico francês Jean Perrin (1870-1942) apresentou os resultados de Perey na Academia de Ciências Francesa. Porém, após a apresentação da descoberta do elemento 87, o próprio Perrin criticou os resultados e afirmou que se tratava de um isótopo do Moldávio⁷⁶.

Por ter descoberto o elemento 87, Perey tinha o direito de escolher um nome para ele, optando por frâncio, em homenagem à França. Rayner-Canham e Rayner-Canham (2019)⁷⁷ relatam que, em um primeiro momento, Perey escolheu o nome catium, mas Irène Joliot-Curie sugeriu uma homenagem à França, ideia que acabou sendo acatada. Após a descoberta do frâncio, Perey se dedicou aos estudos das propriedades do frâncio e suas aplicabilidades médicas.

No artigo intitulado *L'élément 87: AcK, dérivé de l'actinium* (Elemento 87: AcK, derivado de actínio), publicado em 1939 no *Journal de Physique*, Perey mostrou as propriedades, técnicas e equipamentos utilizados no processo de descoberta do novo elemento radioativo. Ela também relatou que, a partir dos experimentos realizados, ela conseguiu destacar uma radiação α de 3,5 cm de curso, atribuível ao próprio actínio, dando, após essa desintegração, um novo corpo radioativo natural, o qual chamou de actínio K, cujo período era de 21 minutos. Esse novo elemento possuía propriedades alcalinas e deveria ser colocado na caixa 87 da tabela Mendeleev (1834-1907). Ademais, Perey (1939)⁷⁸ apresentou a cadeia radioativa de desintegração do actínio e o processo experimental para encontrar o novo elemento, além de questionar os resultados das pesquisas realizadas por Hulubei.

Após a descoberta do frâncio, Perey deu continuidade aos estudos sobre as propriedades e aplicabilidades do elemento. Mas, a dificuldade em preparar e isolar o frâncio, bem como de obter amostras suficientes de actínio, devido ao fato de o Instituto Curie manter a maior parte das amostras desse elemento, acabou inviabilizando a continuidade dos estudos sobre a utilização do frâncio no tratamento do câncer⁷⁹.

HISTÓRIAS CRUZADAS: GÊNERO, CIÊNCIA E POLÍTICA

A partir da nossa análise, é possível perceber que as trajetórias acadêmicas das cientistas Lise Meitner, Ida Noddack, Berta Karlik e Marguerite Catherine Perey foram atravessadas por diversas opressões, principalmente a de gênero. Devido a essas opressões, nossas protagonistas enfrentaram e superaram inúmeros obstáculos até alcançarem, mesmo que tardivamente, reconhecimento acadêmico por conta das suas descobertas e contribuições para a ciência.

Por meio das histórias cruzadas das quatro cientistas, percebemos que é possível entender o cenário em busca por novos elementos para a tabela periódica no contexto do século XX e se familiarizar com os métodos e equipamentos utilizados em cada descoberta. Também foi possível expandir a

⁷⁵ Adloff; Kauffman, 2005.; Chapman, 2020.

⁷⁶ Adloff; Kauffman, 2005.; AfonsoO, Júlio Carlos. "Frâncio". Química Nova na Escola, Vol. 34, N° 1, p. 43-44, 2012.

⁷⁷ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 2019.

⁷⁸ PEREY, Marguerite. "L'élément 87: AcK, dérivé de l'actinium". *J. Phys. Radium*, 1939, 10 (10), p.435-438.

⁷⁹ Adloff; Kauffman, 2005.; Yount, 2008.; Adloff, 2011; Swaby, 2015..

compreensão acerca dos fatos históricos dos países e laboratórios em que as cientistas trabalharam, pois cada uma delas desenvolveu suas pesquisas em países e/ou contextos distintos.

O fato de as mulheres se formarem em Ciências naquela época, final do século XIX e início do século XX, pode ser considerado uma grande conquista. Nesse período, a ideia de uma educação avançada para mulheres era questionada. É importante salientar que a maioria das mulheres que receberam educação superior nessa época pertenciam às famílias de classe média alta, bem como grande parte delas não se casaram, sendo que as que se casaram optaram por matrimônios com seus colegas cientistas.

Ao olharmos para as carreiras das nossas protagonistas, percebemos que todas fizeram parte da classe média, justificando, assim (com exceção de Perey, que iniciou sua carreira como técnica em química), o acesso à universidade durante os primeiros anos em que essas instituições abriram as portas para as mulheres. Schiebinger (2001)⁸⁰ pontua que, do século XII até o século XIX, as universidades excluíam mulheres do espaço acadêmico (em alguns casos, até mesmo no século XX). Porém, há relatos de mulheres que estudaram e lecionaram em universidades a partir do século XIII. Além disso, elas não progrediam em áreas como física e matemática. Segundo a autora, as mulheres que almejavam prosseguir na carreira científica se submetiam ao posto de assistentes “invisíveis” dos seus maridos, irmãos ou colegas de trabalho, ou pleiteavam junto aos professores universitários vagas como estudantes ouvintes. McGrayne (1994)⁸¹ destaca que a maioria das mulheres cientistas dessa época tiveram apoio dos pais ou parentes que eram profissionais ou acadêmicos.

Rayner-Canham e Rayner-Canham (1997)⁸² ressaltam que muitas mulheres cientistas dependiam do aceite de supervisores, mentores e colegas para o desenvolvimento de seus trabalhos. No caso das nossas personagens, o papel do supervisor e mentor foi fundamental para o acesso a uma formação em radioatividade, pois muitos cientistas notáveis da área, como Ernest Rutherford, Marie Curie, Joseph J. Thomson (1856-1940) e Frederick Soddy (1877-1956), passaram a aceitar mulheres em seus laboratórios e institutos. De fato, os institutos liderados por Marie Curie em Paris e Frederick Soddy em Viena eram os institutos com maior número de mulheres que desenvolviam pesquisas atômicas no início do século XX. O Instituto do Rádio em Viena e o Instituto de Marie Curie em Paris mantiveram uma boa relação, ao ponto de o governo austríaco realizar uma doação de toneladas de resíduos da pechblenda para fins científicos ao casal Marie Curie e Pierre Curie⁸³.

Com relação aos primeiros anos em Viena, Meitner (1964)⁸⁴ relatou que não se recordava se seus professores se posicionavam a favor da educação para mulheres no nível superior, visto que essa novidade ainda era muito recente e algumas pessoas eram contra a presença de mulheres nesses espaços. Além disso, ela afirmou que, como não tinha certeza de que se tornaria uma cientista, manteve em aberto a possibilidade de ensinar em uma escola para meninas. Essa incerteza pode ser reflexo de papéis de gênero impostos pela comunidade científica, segundo a qual, a ciência não era um lugar para as mulheres. Outro aspecto relevante da trajetória de Meitner foi a mudança de área de interesse. Apesar da pretensão de

⁸⁰ Schienbinger, Londa. *O Feminismo Mudou A Ciência?* Londa Schiebinger; tradução de Raul Fiker. Bauru, SP: EDUSC, 384 p.: il.; 21cm. (Coleção Mulher), 2001.

⁸¹ McGrayne, Sharon Bertsch. *Mulheres Que Ganharam o Prêmio Nobel em Ciências: Suas Vidas, Lutas e Notáveis Descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.

⁸² Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.

⁸³ Goldsmith, 2006.; Pugliese, Gabriel. “Um Sobrevôo no “Caso Marie Curie”: um Experimento de Antropologia, Gênero e Ciência”. *Revista de antropologia*, São Paulo, USP, v. 50, nº 1, 2007.; Rentetzi, 2007.

⁸⁴ Meitner, 1964.

seguir a carreira na área da física teórica, ela ingressou, por influência do físico Stefan Meyer, no novo campo da física – a radioatividade⁸⁵.

Com relação a Berlim, Meitner (1964)⁸⁶ afirmou que, apesar de ter sido recebida gentilmente por Planck, durante uma conversa com o físico alemão, ela percebeu que ele não tinha uma boa visão a respeito de estudantes mulheres, pelo menos naquele momento. Porém, ela ressaltou que, posteriormente, Planck contribuiu de maneira significativa para seu desenvolvimento como pessoa e cientista.

"Mas você já é uma doutora! O que mais você quer?" Quando eu respondi que gostaria de ganhar algum dinheiro com a compreensão da física, ele apenas disse algumas palavras e não prosseguiu com o assunto⁸⁷.

Meitner se tornou uma representante na luta pela emancipação das mulheres, e pela igualdade educacional e profissional, principalmente no que diz respeito ao acesso de mulheres em carreiras científicas, espaços reconhecidos como masculinos por grande parte da sociedade da época. Sendo assim, Meitner (1960)⁸⁸ apontou os principais problemas enfrentados por mulheres na academia, sendo alguns desses vivenciados por ela, como, por exemplo, o preconceito e opressões de gênero. Porém, antes do relato de sua vivência, a cientista fez uma breve contextualização histórica das lutas das mulheres, principalmente as feministas, para viabilizar o acesso feminino à educação.

No que diz respeito às lutas das mulheres e feministas da época, Meitner (1960)⁸⁹ destacou que, para buscar igualdade profissional e jurídica das mulheres, foi necessário romper com diversos costumes então aceitos pela sociedade, e isso só se tornou possível mediante a luta pela emancipação das mulheres. Nesse sentido, a cientista afirmou que os movimentos feministas tiveram grande importância nas discussões em torno das demandas por igualdade entre homens e mulheres. Nesse contexto, a luta pela formação universitária e profissional das mulheres enfrentou grandes desafios, haja vista que a oposição, devido a velhos hábitos e tradições machistas e sexistas, não defendia a educação e profissionalização das mulheres, pois afirmava que, se isso ocorresse, a família seria destruída⁹⁰.

Apesar das diversas conquistas das mulheres acadêmicas, Meitner (1960)⁹¹ reconheceu que exemplos como Marie Curie, Irène Joliot-Curie e até mesmo dela não representam as condições gerais das mulheres acadêmicas, afinal de contas, o preconceito e opressão de gênero ainda persistiam, fazendo com que muitas mulheres ainda enfrentassem dificuldades para alcançar cargos de liderança, e até mesmo, chegar a altos níveis do sistema educacional.

O cenário político vienense contribuiu para uma atmosfera mais inclusiva em relação a mulheres cientistas, como os casos de Meitner e Karlik. Ao realizar estudos sobre a política e cultura imaterial da Viena Vermelha, época em que o Partido Social-Democrata se manteve no poder de 1919 a 1934 e foram feitas diversas reformas sociais (entre elas as que passaram a admitir mulheres nas instituições

⁸⁵ Meitner, 1964.

⁸⁶ Meitner, 1964.

⁸⁷ Meitner, Lise. "Looking Back". Bulletin of The Atomic Scientists, 1964. p. 4.

⁸⁸ Meitner, Lise. "The Status of Women in The Professions". Physics Today, 13(8), 1960, p. 16–21.

⁸⁹ Meitner, 1960.

⁹⁰ Meitner, 1960.

⁹¹ Meitner, 1960.

acadêmicas), Rentetzi (2004)⁹² explora a participação das mulheres em pesquisas sobre radioatividade e o contexto político e ideológico da época e mostra o modo pelo qual as políticas de gênero encorajaram mulheres a ingressarem no Instituto do Rádio. Essas cientistas não eram apenas técnicas ou assistentes invisíveis de laboratórios de seus colegas do sexo masculino; elas formaram seus próprios grupos de pesquisa e realizaram experimentos a fim de compreender os fenômenos químicos, físicos e biológicos de substâncias radioativas, bem como realizaram publicações na mesma proporção que seus colegas homens.

Com relação às políticas de gênero, Rentetz (2004)⁹³ afirma que, em 1919, os sociais-democratas em Viena tinham o objetivo de transformar a cultura da classe trabalhadora e a educação, apoiando os direitos das mulheres. Assim, as mulheres passaram a ter direito ao voto, ao ensino superior e a salários iguais aos dos homens. Com isso, devido aos movimentos trabalhistas e feministas da época, elevou-se o número de mulheres matriculadas nas universidades de Viena. No entanto, essas conquistas para as mulheres fizeram com que muitas delas, principalmente as acadêmicas, sacrificassem a maternidade e se submetessem a uma carga horária de trabalho excessiva, afetando diretamente suas vidas pessoais.

Rentezi (2004; 2007)⁹⁴ afirma que, devido a questões políticas e sociais entre 1920 e 1930, o Instituto do Rádio continha um grande número de mulheres desenvolvendo pesquisas na área de radioatividade. Porém, durante a ascensão do nazismo, o Instituto do Rádio de Viena sofreu diversas alterações, como a demissão de cerca de um quarto dos pesquisadores devido às sanções antisemitas e a diminuição do número de funcionárias.

Na época em que viveram nossas protagonistas era muito difícil uma mulher alcançar os altos cargos da academia, ganhar uma bolsa de estudo e conquistar prestígio e notoriedade a ponto de construir uma carreira profissional com vínculo empregatício. Karlik foi uma exceção: beneficiou-se das políticas de gênero de Viena e, ao longo da sua trajetória, obteve diversas bolsas de estudos, liderou e desenvolveu suas próprias pesquisas, tornou-se professora remunerada da Universidade de Viena em 1942 e foi eleita diretora do Instituto de Pesquisa do Rádio de Viena em 1974. Não foi possível, porém, observar as mesmas oportunidades nas carreiras das outras cientistas aqui analisadas. Meitner, Noddack e Perey, por outro lado, esperaram muito tempo para ocupar cargos de prestígio e liderança na vida profissional. Essa dinâmica foi caracterizada como fenômeno de segregação hierárquica e institucional por Rossiter em 1980.

Com relação ao colégio invisível, rede de apoio que favoreceu a predominância de mulheres na radioatividade, Rayner-Canham e Rayner-Canham (1997)⁹⁵ e Rentetzi (2007)⁹⁶ trazem relatos da amizade entre Meitner e Karlik, com troca de informações a respeito de suas pesquisas em radioatividade e de suas vidas pessoais. Não há relatos de que Ida Noddack e Perey tenham feito parte do colégio invisível. Rayner-Canham e Rayner-Canham (1997)⁹⁷ também observaram que a maioria das cientistas que desenvolviam pesquisas no campo da radioatividade eram viajantes, em busca de países e laboratórios que proporcionassem refúgio científico ou refúgio da perseguição nazista. Por conta disso, uma conexão que podemos observar entre as trajetórias acadêmicas de Lise Meitner, Berta Karlik e Ida Noddack é o declínio

⁹² Rentetzi, Maria. "Gender, Politics, and Radioactivity Research in Interwar Vienna". *The History of Science Society. Isis*, 2004, 95:359–393.

⁹³ Rentetzi, 2004.

⁹⁴ Rentetzi, 2004.; Rentetzi, Maria. "Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices: Radium Research in Early 20th Century Vienna". Columbia University, 2007. www.gutenberg-e.org/rentetzi (acesso em 15 de maio de 2022).

⁹⁵ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.

⁹⁶ Rentetzi, 2007.

⁹⁷ Rayner-Canham; Rayner-Canham, 1997.

das suas pesquisas devido à ascensão do nazismo. Lise Meitner, por ser judia, interrompeu suas pesquisas e se exilou na Suécia; Berta Karlik reduziu o andamento das suas investigações por conta da guerra, mas continuou no Instituto do Rádio em Viena, devido ao seu desinteresse político e discrição; já Ida Noddack, por ser mulher, foi impedida de desenvolver suas atividades no laboratório, fazendo com que ela abrisse mão da sua pesquisa para auxiliar seu marido Walter Noddack na busca de novos elementos químicos para a tabela periódica.

Em trabalhos colaborativos, devido aos estereótipos de gênero impostos pela sociedade, era comum para as mulheres cientistas realizarem trabalhos experimentais enquanto os homens empreendiam o trabalho teórico. Já que os trabalhos experimentais exigiam longos e exaustivos períodos no laboratório desenvolvendo trabalhos manuais, os homens, na maioria das vezes, rejeitavam esse posto. Além disso, ao analisarmos a divisão do trabalho de acordo com o gênero, é possível perceber a subvalorização das contribuições das mulheres, visto que, na maioria das vezes, são os seus parceiros que recebem um maior reconhecimento e prestígio profissional a partir do trabalho realizado em conjunto⁹⁸.

Os papéis desenvolvidos pelos Noddacks durante as pesquisas científicas fogem dos padrões de gêneros impostos para um casal colaborativo. Tiggelen e Lykknes (2012)⁹⁹ perceberam que, na maioria das vezes, foi Ida quem tomou atitudes mais arriscadas em suas pesquisas, ao passo que Walter tinha uma atitude mais conservadora. Além disso, outra inversão do padrão comum das mulheres cientistas está relacionada com o fato de que, quando necessário, Ida foi a responsável pelo desenvolvimento teórico e Walter o responsável experimental. Logo, o modelo de colaboração marido/professor e esposa/assistente não se enquadra para os Noddacks, visto que eles desenvolveram projetos em comum nos quais o papel de liderança foi alternado ao longo dos anos. Além das publicações com Walter, Ida realizou diversas publicações individuais e com outros colaboradores. Devido a esse motivo, a parceria científica dos Noddacks foi classificada por Ida Noddack como uma espécie de unidade de trabalho ou grupo de trabalho. Até onde temos conhecimento, a relação dos Noddacks no campo científico foi mais equânime e colaborativa.

Apesar de existirem relatos de que Meitner liderou a equipe durante os trabalhos desenvolvidos com Hahn, ela passou anos da sua carreira sem um cargo, atravessando longos períodos sem receber remuneração pelos trabalhos desenvolvidos. Apenas em 1926, Meitner se tornaria professora titular do Instituto Max Planck, e, ainda assim, com salário inferior ao de Hahn. Ida Noddack seguiu praticamente toda a sua carreira científica como pesquisadora não remunerada; apenas entre o período de 1941 e 1944, ela exerceu uma posição de pesquisadora remunerada na Reich Universität. Mesmo após o seu doutorado em Ciências na Universidade de Paris em 1946, Perey só obteve um cargo de liderança na Universidade de Estrasburgo em 1949, instituição em que exerceu a função de presidente de Química Nuclear, cargo criado especificamente para ela, tornando-se, em 1957, diretora do Departamento de Química Nuclear daquela instituição.

O Efeito Matilda, outro fenômeno observado por Rossiter (1993)¹⁰⁰, refere-se ao ato de menosprezar, invisibilizar e não reconhecer as contribuições de pesquisas desenvolvidas por mulheres cientistas ou atribuir as suas descobertas a seus colegas homens. Ao observar as trajetórias das nossas

⁹⁸ Scott, Joan. "GÊNERO: Uma Categoria Útil de Análise Histórica". *Educação & Realidade*, v. 20, n. 2, 1995, p. 71-99.; Schienbinger, 2001.

⁹⁹ Tiggelen e Lykknes, 2012.

¹⁰⁰ Rossiter, Margaret W. "The Matthew Matilda Effect in Science". *Social Studies of Science* (SAGE, London, Newbury Park na New Delhj), v. 23, 1993, p. 325-341.

protagonistas, apenas Meitner sofreu o Efeito Matilda, no tocante à sua parceria científica com o químico Otto Hahn.

Devido à cultura androcêntrica, o casamento e os filhos podem ter sido dilemas presentes na vida de mulheres cientistas. Ao escolher ser mãe, esposa e cientista, as suas carreiras poderiam sofrer alterações em relação ao tempo destinado a pesquisas, ou ao rendimento de suas pesquisas (podendo até ocorrer o abandono total para se dedicarem à família em tempo integral), ou ao risco de se tornarem assistentes invisíveis de seus maridos¹⁰¹. No nosso contexto, apenas Noddack optou pelo casamento, e nenhuma das cientistas abordadas tiveram filhos ou filhas.

Apesar de todas as cientistas aqui citadas trabalharem em uma época em que não se tinha muito conhecimento a respeito dos riscos da exposição a elementos radioativos e dos cuidados que deveriam ser tomados no ambiente de trabalho durante a realização de experimentos, tal comportamento foi sendo alterado com o passar dos anos. Meitner, por exemplo, foi bastante cuidadosa para não se contaminar e manter o seu local e colegas de trabalho livres da radiação. Das nossas protagonistas, apenas Perey (assim como Marie Curie e outros cientistas do Instituto do Rádio em Paris) foi acometida por doenças relacionadas à exposição a fontes radioativas.

Diante das histórias cruzadas, e utilizando o gênero como categoria de análise, observamos opressões padronizadas que ocorreram ao longo das trajetórias científicas das nossas quatro cientistas. Essas opressões estavam ligadas diretamente ao gênero, à raça e à classe. É importante destacar a relevância de um contexto mais progressista para políticas públicas de acesso de mulheres à formação acadêmica, bem como a luta e políticas afirmativas para o acesso e permanência de mulheres em carreiras científicas pelas próprias cientistas. Concordamos com McGrawne (1994), ao afirmar que, durante o século XX, muitas mulheres sobreviveram na ciência porque eram determinadas e apaixonadas pelo que faziam – apesar dos diversos obstáculos enfrentados, elas persistiram e estiveram envolvidas em importantes descobertas científicas. Portanto, as suas trajetórias acadêmicas devem ser mais investigadas e divulgadas para que compreendermos as discriminações e opressões que atravessaram as suas carreiras profissionais, bem como os fatores sociais e históricos que as dificultaram para assim sonharmos com um futuro mais equânime e plural para a ciência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da história das nossas quatro mulheres cientistas e as contribuições para a construção da tabela periódica, analisamos como se deu a busca e descoberta de novos elementos químicos em diferentes contextos e suas relações com a descoberta da radioatividade e dos elementos radioativos. Além disso, ao partirmos das histórias das cientistas que contribuíram com a construção da tabela periódica, observamos opressões que envolveram os demarcadores de raça, gênero e classe. Por exemplo, a dificuldade de receberem os créditos individualmente por suas descobertas, a necessidade de trabalharem como colaboradoras de cientistas homens para desenvolverem suas pesquisas e a busca de linhas de pesquisa menos concorridas por homens, como foi o caso da radioatividade e elementos radioativos.

Não há dúvidas de que o pioneirismo e a relevância das descobertas realizadas por Marie Curie influenciaram e abriram as portas da academia para outras mulheres cientistas da sua época, como foi o caso de nossas protagonistas. Por conta disso, há uma vasta literatura secundária sobre a vida da polonesa que descobriu o rádio e polônio. No entanto, a trajetória acadêmica e as descobertas de outras cientistas

¹⁰¹ Keller, Evelyn Fox. "Reflexiones Sobre Género y Ciência". Asparkia Investigació Feminista, nº. 12, p. 149-153, 2001.; Keller, Evelyn Fox. "Qual Foi o Impacto do Feminismo na Ciência?" Cadernos Pagu, (27), 2006, p.13-34.; Schienbinger, 2001; Tiggelen; Lykknes, 2012.

ainda são pouco exploradas pela história da ciência. Acreditamos, assim, que o nosso trabalho possa contribuir para preencher parte dessa lacuna no que diz respeito a narrativas históricas que abordam as contribuições das mulheres para a ciência e, mais especificamente, para a construção da tabela periódica. Dar visibilidade à história de mulheres na ciência, além de motivar outras mulheres a ingressarem nas áreas de ciências e tecnologia, pode contribuir para discussões e reflexões acerca de questões políticas, sociais e de gênero da época em que viveram as cientistas, gerando também reflexões sobre os desafios encontrados por mulheres cientistas na atualidade.

Esperamos, assim, que esse trabalho ofereça mais visibilidade às mulheres que contribuíram para a construção da tabela periódica. Ademais, almejamos que, a partir das histórias cruzadas de Lise Meitner, Ida Noddack, Berta Karlik e Marguerite Perey, surjam novas narrativas históricas que abordem as descobertas de outras mulheres com diversidade demográfica para a ciência.

Sobre as autoras

Májorie Carla dos Santos Macedo Dantas

Universidade Federal da Bahia

marjoriecarla@gmail.com

Indianara Lima Silva

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

isilva@uefs.br

Artigo recebido em 06 de julho de 2025

Aceito para publicação em 05 de dezembro de 2025



Todo conteúdo desta revista está licenciado em Creative Commons CC By 4.0.