

# As Mulheres Descobridoras de Elementos Químicos



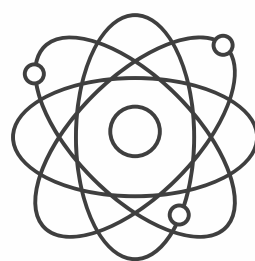
Juliana Magalhães Charamba de Souza



# As Mulheres Descobridoras de Elementos Químicos

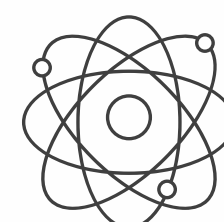


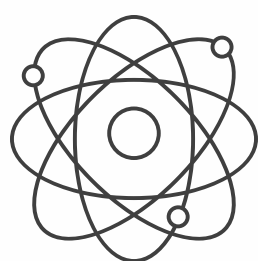
Juliana Magalhães Charamba de Souza



# Sumário

Introdução.....	4
Tabela Periódica dos elementos químicos descobertos por mulheres.....	6
Marie Curie .....	7
Polônio.....	9
Rádio.....	10
Lise Meitner.....	11
Protactínio.....	13
Ida Noddak.....	14
Rênio.....	16
Yvette Cauchois.....	17
Astato.....	19
Marguerite Perey.....	20
Frâncio.....	22
Pirkko Eskola.....	23
Dúbnio.....	24
Rutherfórdio.....	24
Carol Alonso.....	25
Seabórgio.....	26
Dawn Shaughnessy.....	27
Nancy Stoyer.....	27
Julie Ezold.....	27
Jacqueline Kenneally.....	27
Clarice Phelps .....	27
Rose Boll .....	27
Shelley Vancleve .....	27
Fleróvio.....	29
Livermório.....	29
Oganessônio.....	29
Moscóvio.....	29
Tenesso.....	29
Considerações Finais.....	30
Orientações Didático - Metodológicas para o uso do e-Book .....	31
Referências Bibliográficas.....	34





# Introdução

A tabela periódica moderna é formada por elementos químicos conhecidos desde a pré-história e descobertos até o século XXI. No entanto essas descobertas são atribuídas quase sempre a personagens masculinos que compõem a História da Ciência tradicional, tais como: Antoine Lavoisier (oxigênio), William Ramsay (gases nobres), Humphry Davy (metais alcalinos e alcalino terrosos), entre outros. No entanto, as mulheres contribuíram diretamente a indiretamente para a descoberta de diversos elementos químicos e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da tabela periódica.

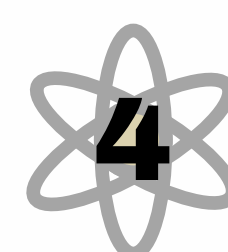
Além de descobridoras, as mulheres contribuíram identificando as propriedades físicas e químicas, criando técnicas de separação entre elementos semelhantes, sintetizando isótopos, investigando os efeitos ambientais e construindo equipamentos para a identificação de elementos químicos.

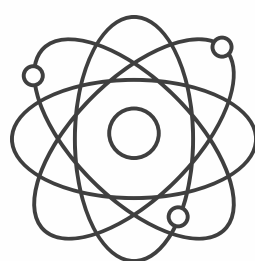
Apesar dessas relevantes contribuições, as mulheres alquimistas, filósofas naturais e cientistas foram praticamente invisibilizadas pelos historiadores da ciência e quase não aparecem em materiais didáticos. Esse processo histórico de invisibilização pode sugerir que elas não existiram.

Soma-se aos fatores históricos, aspectos relacionados à própria Ciência moderna, que desde a sua fundação, privou o acesso, desestimulou a permanência e não ofereceu condições básicas para que as mulheres pudessem estudar, pesquisar e participar, da mesma forma que os homens, da vida científica. Por muito tempo, as contribuições científicas das mulheres foram diminuídas, apagadas e atribuídas a homens próximos, tais como: colegas de pesquisa, cônjuges e orientadores. Nos últimos anos isso têm mudado, mas ainda falta muito até atingirmos a equidade.

O objetivo deste e-book é apresentar as mulheres que contribuíram para a descoberta de elementos químicos na condição de descobridoras ou codescobridoras.

De acordo com a pesquisa realizada, 15 mulheres contribuíram para a descoberta de 14 elementos químicos. Quem foram/são elas? Quais elementos químicos elas descobriram? Como ocorreram essas descobertas? Essas são algumas das questões que pretendemos responder nas próximas páginas.





As contribuições das mulheres devem ser investigadas por historiadores da ciência, inseridas nos livros e discutidas pelos professores. Sem esse movimento de pesquisa, divulgação e discussão no ensino, as contribuições científicas das mulheres permanecerão apagadas. Esse apagamento pode sugerir que essas contribuições não existem. Por muito tempo, as contribuições científicas das mulheres foram diminuídas, apagadas e atribuídas a homens próximos, tais como: colegas de pesquisa, cônjuges e orientadores (MCGRAYNE, 1998; SCHIEBINGER, 2001; TRINDADE; BELTRAN; TONETTO, 2017). Divulgar as contribuições científicas das mulheres é importante. Contudo é necessário abandonar a visão romântica, que apenas exalta suas contribuições, e destacar os obstáculos que lhes foram impostos apenas por serem mulheres em busca de oportunidades em uma atividade historicamente masculina (SCHIEBINGER, 2001).

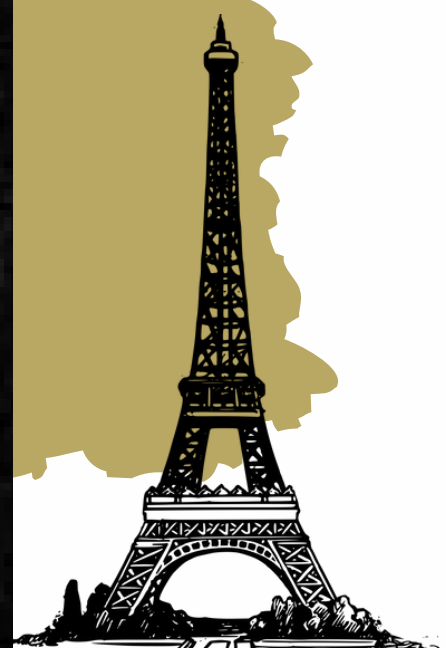
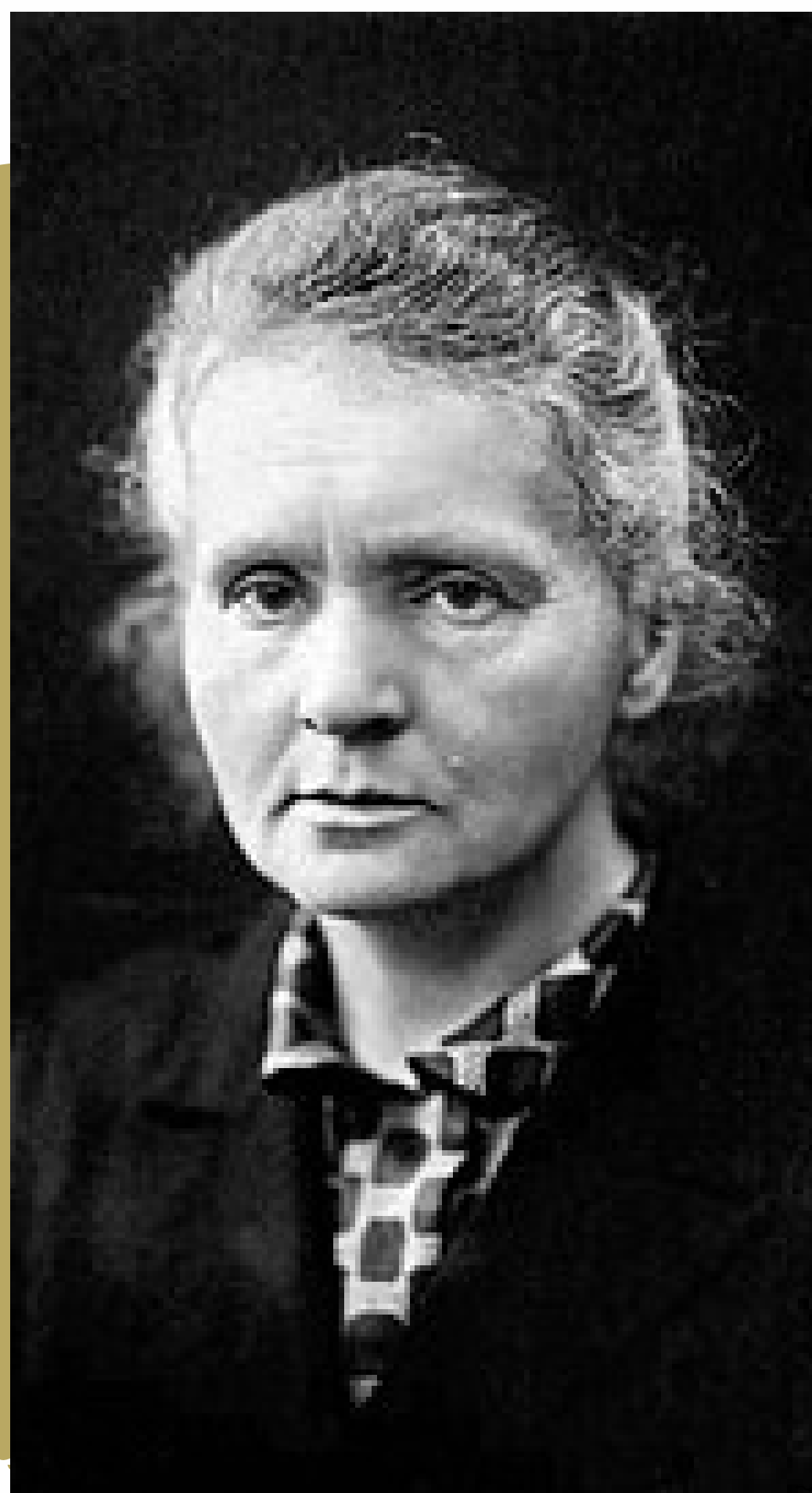
Nesse sentido o objetivo dessa cartilha é resgatar e divulgar as contribuições das mulheres para a descoberta de elementos químicos, serão discutidas neste trabalho as contribuições das cientistas que foram creditadas como descobridoras e codescobridoras de elementos químicos. Na História da Ciência as mulheres contribuíram para a descoberta de um grande número de elementos químicos, mas seus nomes e contribuições foram esquecidos, de forma intencional ou não, nos livros de História da Ciência/Química e didáticos. Essa omissão apenas corrobora com a ausência de discussões das contribuições femininas para a Ciência em sala de aula (TRINDADE; BELTRAN; TONETTO, 2017). Se faz necessário então, divulgar essas narrativas em sala de aula para que os estudantes se apropriem dessas informações.



# Marie Skłodowska Curie

Em 1891, com o apoio da família, Maria Salomea Skłodowska (1867-1934) deixou a Polônia, seu país de origem, e foi para a França estudar Ciências Físicas e Matemática em Paris. Ao final da graduação, ela conheceu Pierre Curie (1859-1906), um professor de Física, com quem se casou em 1895 (Curie, 2011). A jovem senhora, naturalizada francesa, agora chamada Marie Curie, ingressou no doutorado em 1897, com o objetivo de investigar os até então chamados 'raios Becquerel', emissões de origem desconhecida observadas, pela primeira vez, em sais de urânio pelo físico francês Antoine-Henri Becquerel (1852-1906).

Inicialmente, Marie Curie detectou a emissão de raios Becquerel por outras substâncias, além do urânio, e chamou esse fenômeno de radioatividade. Marie Curie percebeu que alguns minerais contendo urânio eram mais radioativos do que o próprio metal. Essa observação levantou à hipótese de que esses minerais poderiam conter EQs desconhecidos mais radioativos que o urânio (Curie, 2011). Ao perceber o pioneirismo da pesquisa e a magnitude do trabalho necessário para tentar isolar os supostos novos EQs, Pierre Curie juntou-se à Marie Curie nessa empreitada.

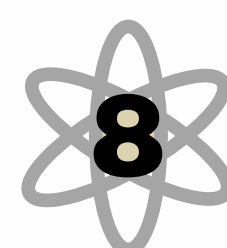


Para testar a hipótese, o casal Curie analisou a pechblenda ( $U_3O_8$ ), minério de urânio mais radioativo. A análise química produziu duas frações radioativas, uma contendo bismuto e outra contendo bário. Ao investigar a primeira, foi possível obter uma mistura de bismuto cerca de quatrocentas vezes mais emissora de raios Becquerel que o urânio (Roqué, 2019a). Considerando que os EQs radioativos conhecidos já haviam sido removidos e que a fração continuava fortemente radioativa, eles concluíram que havia na amostra um novo EQ radioativo e o denominaram polônio (Po), em homenagem à terra natal de Marie Curie.

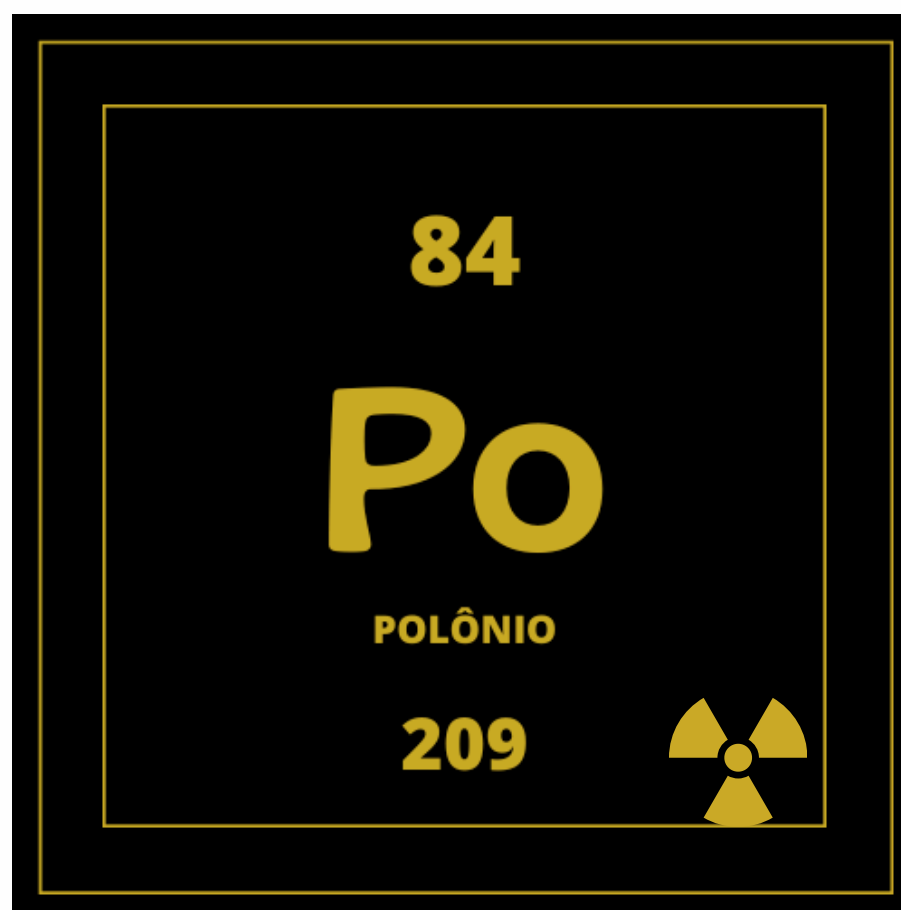
Em 1910, Marie Curie e o químico francês André Debierne (1874-1949) obtiveram o espectro de emissão do polônio. Posteriormente, a física francesa Yvette Cauchois (1908-1999) e a radioquímica polonesa Sonia Cotelle (1896-1945) ajudaram a determinar o número atômico do polônio ( $Z = 84$ ) por meio da espectroscopia de raios-x (Egdell e Bruton, 2020).

A outra fração contendo bário era cerca de 900 vezes mais radioativa que o urânio e a partir dela foi possível identificar, no final de 1898, mais um EQ, chamado de rádio (Ra), por causa da intensa emissão de raios. O espectro de emissão da amostra EQ químico conhecido (Roqué, 2019a). Em 1907, Marie Curie determinou o seu peso atômico (226,2u) e em 1910 isolou o rádio ( $Z=88$ ) em sua forma metálica (Curie, 2011).

Por suas pesquisas pioneiras sobre radioatividade, Marie Curie compartilhou o prêmio Nobel de Física, em 1903, com Pierre Curie e Henri Becquerel. Em 1911, ela foi laureada individualmente com o Nobel de Química "Em reconhecimento de seus serviços para o avanço da Química pela descoberta dos elementos Rádio e Polônio, pelo isolamento do Rádio e pelo estudo da natureza e dos compostos desse elemento notável" (Nobel Foundation, 2024, online, tradução da autora). Em 1945, ela e Pierre Curie foram eternizados na TP através do nome do EQ 96, o cúrio (Cm).







O polônio foi descoberto em amostras de um mineral de urânio, a pechblenada. O decaimento radioativo do urânio-238 produz o radioisótopo mais estável, o polônio-210.

Esse elemento químico foi nomeado em homenagem ao país de nascimento de sua descobridora, Marie Curie, a Polônia.

O polônio-210, descoberto por Curie, emite intensamente partículas alfa. Essa propriedade tem sido explorada para estudar essas partículas e utilizá-las para eliminar a eletricidade estática de equipamentos industriais.

O polônio ainda tem sido utilizado como veneno. Em 2006, o ex-agente do serviço secreto da Rússia, Alexander Litvinenko morreu após ingerir um sushi envenenado com polônio-210 em Londres.

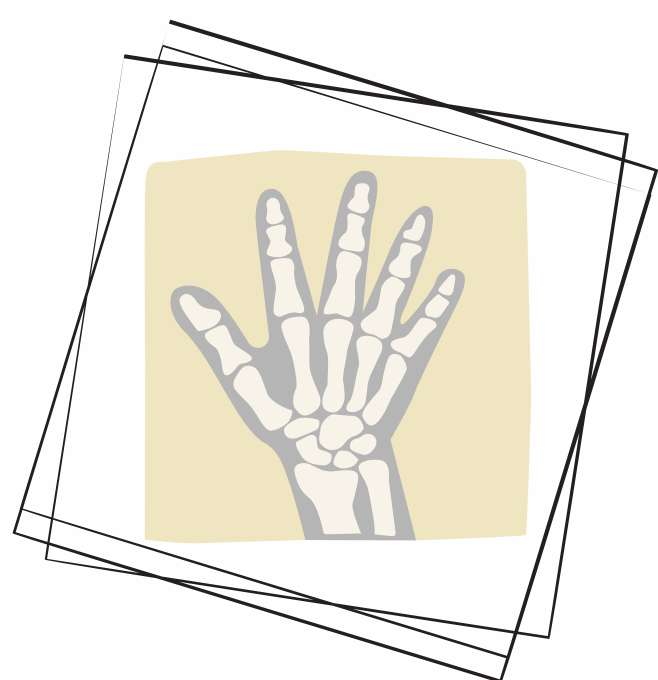




O rádio foi descoberto após análises químicas da pechblenda. O isótopo rádio-226, o mais estável, é produzido pelo decaimento radioativo do urânio-238.

Rádio deriva da palavra grega que significa raio. Esse nome foi escolhido por esse elemento químico parecer mais radioativo que os demais na época. Assim que foi isolado, o rádio foi intensamente empregado na formulação de alimentos, medicamentos, cosméticos, tintas, etc. Só depois que as suas propriedades tóxicas foram identificadas, o rádio foi tirado da composição de itens comerciais.

No entanto, o rádio apresenta uma nobre aplicação: a radioterapia, que recebeu esse nome por causa desse elemento químico. Especificamente um tipo de radioterapia, denominada braquiterapia, utiliza o radioisótopo rádio-226 para tratar alguns tipos de câncer.



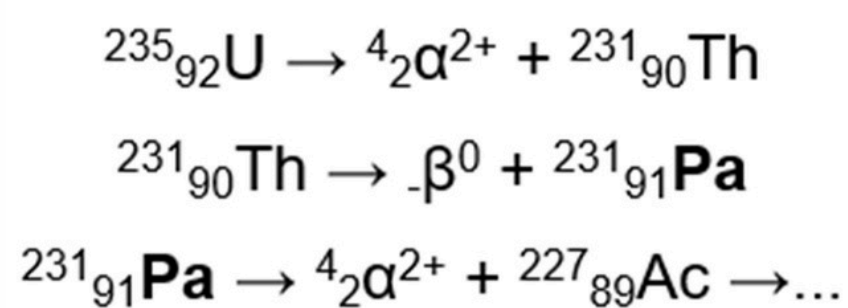
# Lise Meitner



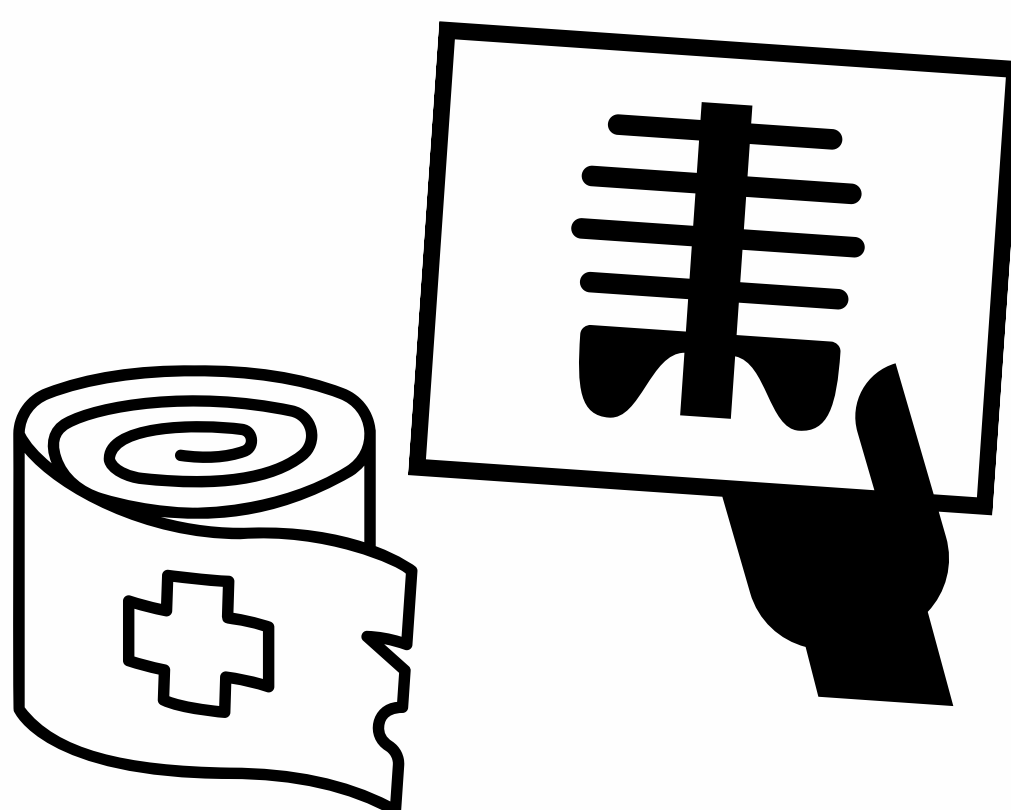
Após concluir o doutorado na Universidade de Viena, a física austríaca Lise Meitner (1878-1968) foi para a Alemanha em busca de uma oportunidade de trabalho (Sime, 1997). Em 1913, trabalhando no Instituto de Química Kaiser Wilhelm, em Berlim, ela e o químico alemão Otto Hahn (1879-1968) iniciaram uma pesquisa com o objetivo de identificar a espécie química cuja desintegração radioativa espontânea gerava actínio ( $Z=89$ ).

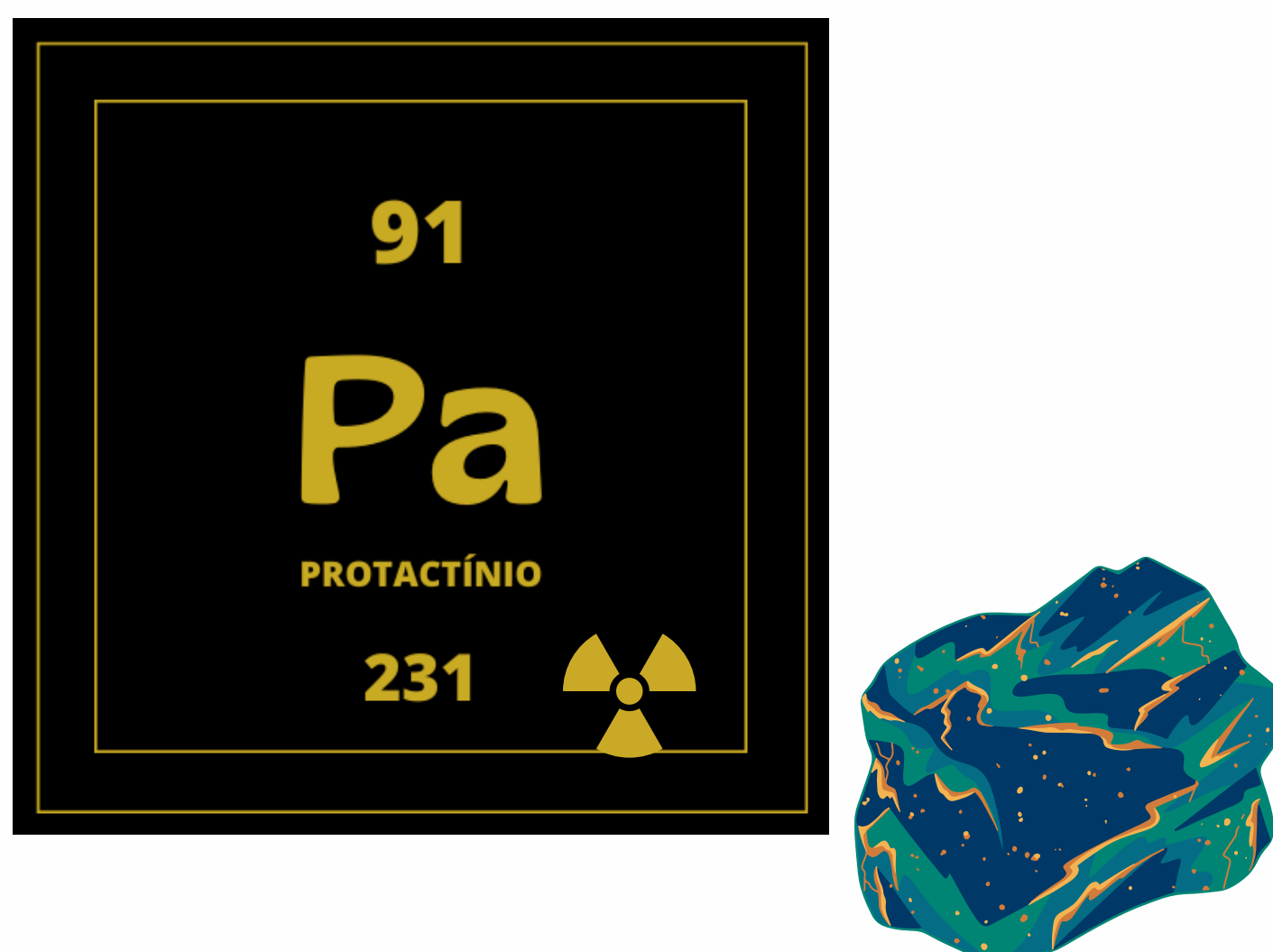
Nessa época, acreditava-se que o actínio seria produzido pela emissão de uma partícula  $\alpha$  por um radioisótopo do EQ de número atômico 91, até então desconhecido (Roqué, 2019b). Na busca por este novo EQ, Meitner e Hahn analisaram sais derivados da pechblenda. Após cinco anos de trabalho, em 1918, eles anunciaram a descoberta desse EQ, chamado de protactínio ( $Z=91$ ).

Meitner e Hahn detectaram a emissão de partículas  $\alpha$  pelo EQ 91 e acompanharam a produção de actínio. O protactínio é um dos radioisótopos produzidos ao longo da série de decaimento espontâneo do urânio-235:



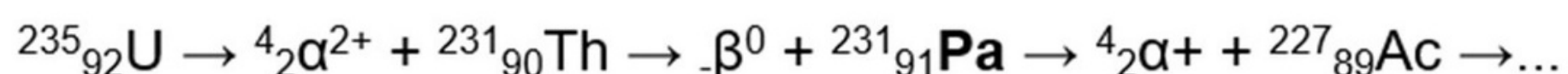
Meitner não foi laureada com o prêmio Nobel, apesar das 19 nomeações em Química e das 30 nomeações em Física (Nobel Foundation, 2024). Em 1997, ela foi homenageada com o nome do elemento químico 109, o meitnério (Mt).





O nome desse elemento químico vem do grego 'protos' que significa gerador. O restante do nome vem do elemento químico actínio, produzido espontaneamente através de decaimento radioativo.

Meitner e Hahn buscavam isolar o elemento químico que produzia o elemento radioativo actínio. Eles analisaram o mineral pechblenda e evidenciaram que o actínio ( $Z = 89$ ) era produzido pelo decaimento radioativo do elemento químico de número atômico 91. A seguir encontra-se o trecho da série de decaimento do urânio-235, que gera protactínio, que por sua vez produz actínio:

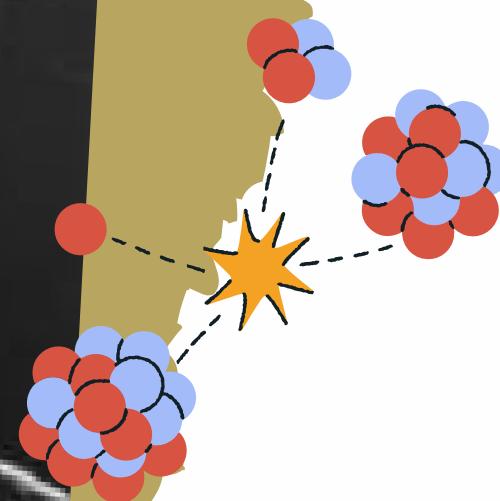


Em 1913, outros cientistas haviam anunciado a descoberta de um radioisótopo do protactínio-234, ao qual atribuíram o nome de 'brevium' (Bv), por se desintegrar em pouco mais de um minuto. Como Meitner e Hahn evidenciaram a descoberta de um radioisótopo mais estável, o protactínio-231, a descoberta do elemento químico 91 foi atribuída a eles.

O protactínio é um metal cinzento, semelhante ao urânio. O protactínio ainda não apresenta aplicações devido à dificuldade de obtenção, custo e toxicidade. Estudos científicos sobre esse elemento químico são realizados por poucos laboratórios.

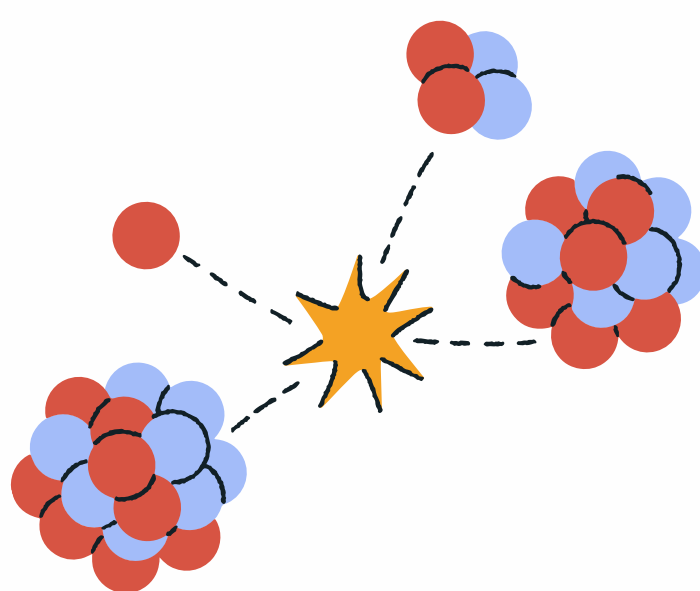
# Ida Noddack

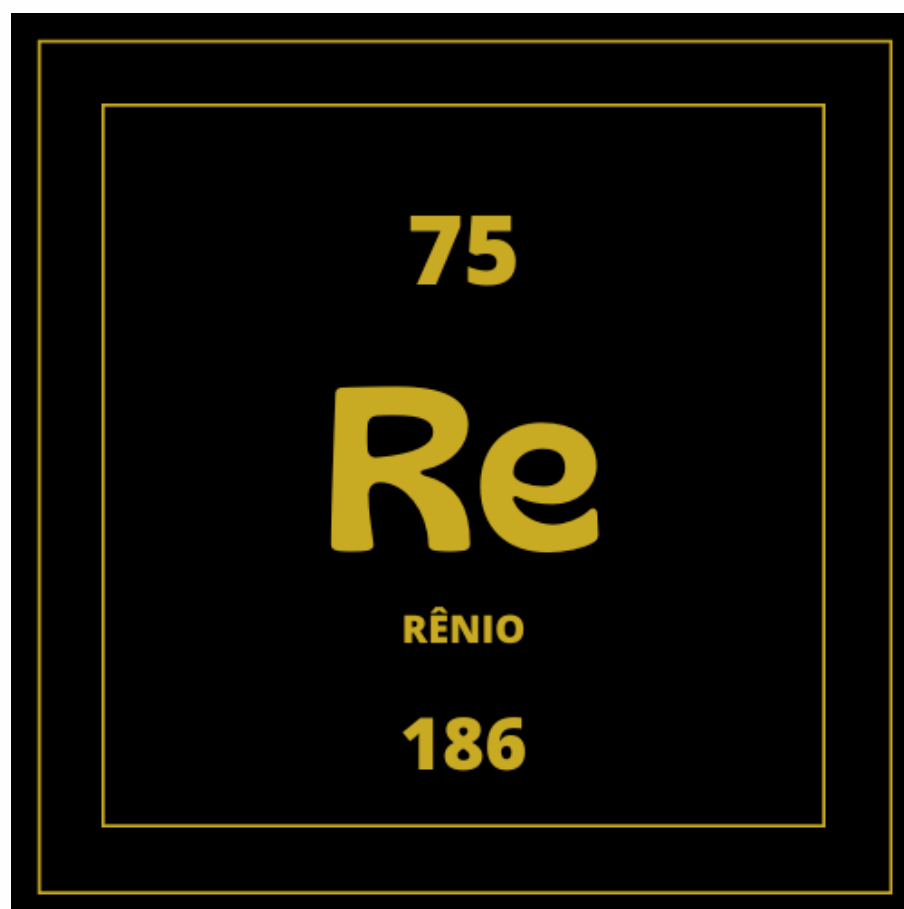
Ida Eva Tacke (1896-1978) nasceu em Lackhausen, Alemanha. Estudou engenharia metalúrgica e doutorou-se em Química Orgânica em 1921 (Marshall, 2018). Após casar-se, em 1926, com o químico alemão Walter Noddack (1893-1960) ela adotou o sobrenome do marido. Em 1925, o casal, juntamente com o químico alemão Otto Berg (1873-1939), anunciaram a descoberta de dois EQs: rênio (Re) e masúrio (Ma) (atualmente chamado de tecnécio).



O rênio ( $Z=75$ ) foi encontrado após a realização de análises químicas em amostras dos minerais columbita  $[(Fe,Mn)Nb_2O_6]$ , tantalita  $[(Fe,Mn)Ta_2O_6]$  e wolframita  $[(Fe,Mn)WO_4]$ . Seu nome homenageia o rio Reno, principal curso de água da região em que a sua codescobridora nasceu. Além de caracterizar o rênio por meio da espectroscopia de raios-x, os Noddack isolaram 1g desse EQ em 1929 e determinaram as propriedades físicas e químicas, o que afastou qualquer contestação sobre a descoberta (Marshall, 2018).

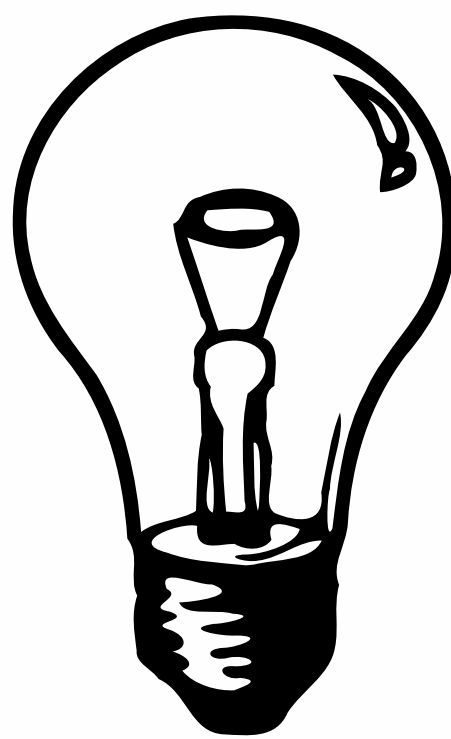
Por essas contribuições, Ida Noddack foi nomeada ao Nobel em Química em três oportunidades (1933, 1935 e 1937), mas não foi laureada. A descoberta do masúrio é alvo de discussões, pois há evidências de que o casal Noddack teria detectado esse EQ em minerais contendo urânio (Fernandes, 2022). Contudo, questionamentos sobre os dados do espectro de raios-x e a incapacidade de isolar o masúrio minaram a credibilidade dessa descoberta.





O Após inúmeras análises químicas, em 1925, o casal Noddack afirmou ter encontrado o elemento químico de número atômico 75, denominado rênio (Re), em amostras dos minerais columbita  $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6]$ , tantalita  $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6]$  e wolframita  $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4]$ . O nome desse elemento químico foi uma homenagem ao rio Reno, principal curso de água da região onde Ida Noddack nasceu.

O rênio é um metal prateado encontrado em pequena quantidade em minerais. Ligas de rênio e tungstênio ou molibdênio são utilizadas em filamentos de lâmpadas.





# Yvette Cauchois

A química francesa Yvette Cauchois (1908-1999) e o físico romeno Horia Hulubei (1896-1972) detectaram o EQ de número atômico 85 ao investigarem a desintegração de amostras radioativas de radônio:



Durante o doutorado, Cauchois desenvolveu um espectrômetro de raios-x de alta resolução que tornou possível detectar linhas de emissão de raios-x de baixa intensidade, típicas de terras raras, gases nobres e EQ pesados (Van Tiggelen, 2019). Em 1939, utilizando esse equipamento, conhecido como espectrógrafo de Cauchois, ela e Hulubei detectaram o frâncio entre os produtos da desintegração do radioisótopo  ${}^{222}\text{Rn}$ .

Apesar dessas evidências, a descoberta não foi reconhecida por todos os membros da comunidade científica, pois, entre outras exigências, havia a necessidade de isolar e caracterizar o novo EQ. No ano seguinte, um grupo de cientistas estadunidenses sintetizaram o EQ de número atômico 85 artificialmente, caracterizaram e sugeriram seu nome definitivo: astato, que deriva da palavra grega 'astatos', instável.

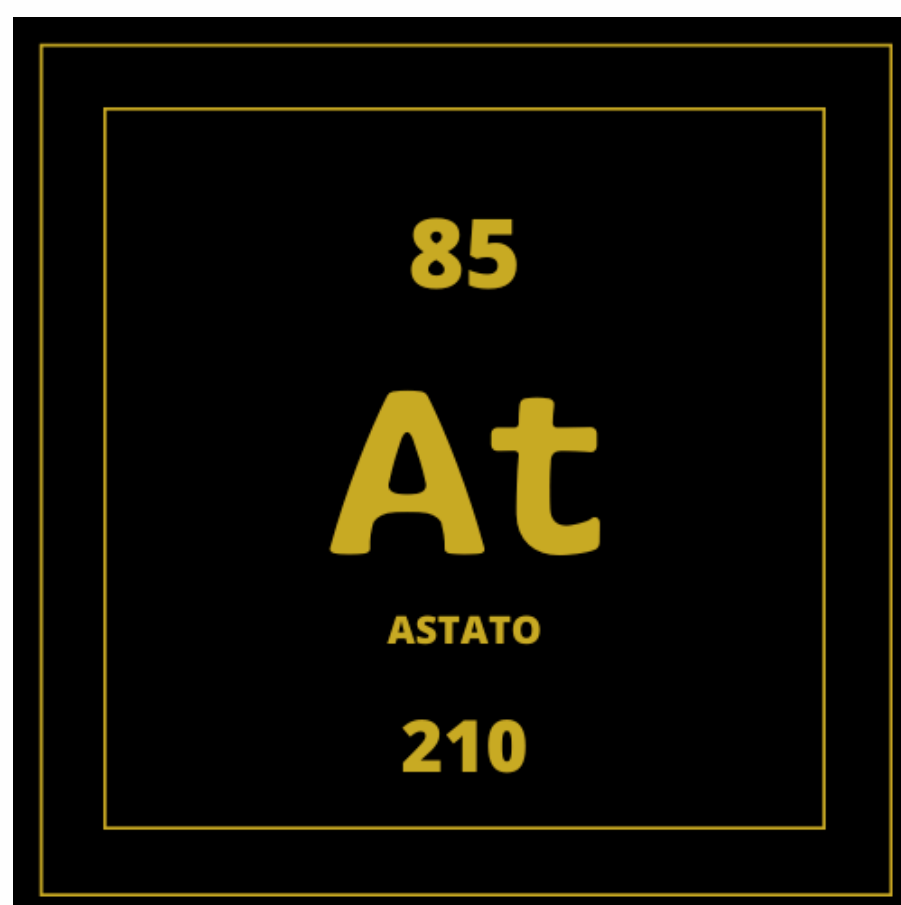


A partir de 1942, por meio de uma série de publicações, as cientistas da Universidade de Viena Berta Karlik (1904-1990) e Traude Bernert (1915-1998) evidenciaram que o frâncio poderia ser encontrado em produtos da desintegração radioativa do radônio. As cientistas austríacas observaram a emissão de partículas  $\alpha$  por produtos de desintegração dos radioisótopos  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  e  $^{219}\text{Rn}$ . As pesquisas realizadas por elas corroboravam com os resultados obtidos por Hulubei e Cauchois (Thornton; Burdette, 2010).

Em 1941, o cientista português Manuel Valadares (1904-1982), realizou estudos sobre o espectro de raios-x do radioisótopo  $^{222}\text{Rn}$  na Universidade de Lisboa. Nesses estudos, assim como Hulubei e Cauchois, Valadares encontrou linhas espectrais que poderiam ser atribuídas ao EQ de número atômico 85. Devido às precárias condições das comunicações científicas durante a 2ª Guerra Mundial, Hulubei teve contato com o trabalho de Valadares quando visitou Portugal em 1942 (Thornton; Burdette, 2010).

Segundo Thornton e Burdette (2010), Hulubei e Cauchois tinham amostras de frâncio, contudo há dúvidas se o espectrômetro de raios-x que eles dispunham seria capaz de detectá-lo. Além disso, o critério para a descoberta de novos EQs mudou com o tempo. Na década de 1920, quando a espectroscopia de raios-x era suficiente para a descoberta de um EQ, a reivindicação de Hulubei e Cauchois seria aceita sem maiores questionamentos (Thornton; Burdette, 2010). Segundo KostECKA (2020), os motivos para o descrédito da descoberta de Hulubei e Cauchois envolvem: (i)- pequeno tamanho da amostra de átomos do EQ de número atômico 85; (ii)- possíveis interferências de outros EQs no espectro; (iii)- outras reivindicações de descoberta desse Eq haviam sido refutadas; (iv)- comunicação científica precária durante a 2ª Guerra Mundial; (v)- Hulubei havia alegado erroneamente a descoberta do frâncio anteriormente.

A esses motivos, Thornton e Burdette (2010) acrescentam que as línguas nas quais os trabalhos de Hulubei e Cauchois (Francês), Karlik e Bernert (Alemão) e Valadares (Italiano) foram publicados afastaram os leitores de língua inglesa e as traduções incorretas desses estudos levaram a conclusões errôneas sobre a descoberta do frâncio. Além disso, motivações pessoais do químico austríaco Friedrich Adolph Paneth (1887-1958), líder do comitê de nomenclatura da IUPAC, podem ter pesado a favor da reivindicação dos cientistas estadunidenses (Thornton; Burdette, 2010).



A descoberta do astato é uma controvérsia científica em aberto na História da Química, pois não há um consenso entre os historiadores. Dessa forma, existem diferentes relatos para essa descoberta:

Na maioria das fontes modernas de língua inglesa Corson, Segrè e MacKenzie<sup>34</sup> são creditados exclusivamente como os descobridores do astato. Os textos em língua alemã tendem a creditar ao grupo LBL<sup>35</sup> a descoberta e a menção que Karlik encontrou astato em fontes naturais em 1942. Autores da França e da Europa Oriental reconhecem frequentemente a contribuições de Hulubei e Cauchois para a descoberta do elemento 85 (Thornton; Burdette, 2010, p. 94, tradução da autora).

Os critérios para a descoberta de um EQ foram definidos após muitos deles terem sido descobertos. Além disso, esses critérios mudaram com o tempo. Em relação à descoberta do astato, as evidências sugerem que: (i)- Hulubei e Cauchois o detectaram pela primeira vez em amostras de radioisótopos de radônio a partir da espectroscopia de raios-x em 1939; (ii)- cientistas do Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) o sintetizaram e mensuraram algumas das suas propriedades físicas e químicas pela primeira vez em 1940; (iii)- Karlik e Bernert o detectaram em amostras de radioisótopos de radônio a partir da emissão de partículas  $\alpha$  por radionuclídeos de astato em 1942. Segundo Thornton e Burdette (2010), qualquer um desses grupos de cientistas poderia ser considerado descobridor do astato.

# Marguerite Perey

A química francesa Marguerite Perey (1909-1975) iniciou sua carreira como assistente de pesquisa de Marie Curie no Instituto do Rádio em 1929. Dez anos depois, enquanto pesquisava o decaimento do actínio, ela observou a presença de um radioisótopo que apresentava meia-vida de 20 minutos e que se precipitava em soluções de perclorato de cézio (Adloff; Kauffman, 2005). A partir dessas evidências, ela concluiu que se tratava do EQ de número atômico 87, formado a partir da emissão de uma partícula  $\alpha$  por núcleos de actínio:



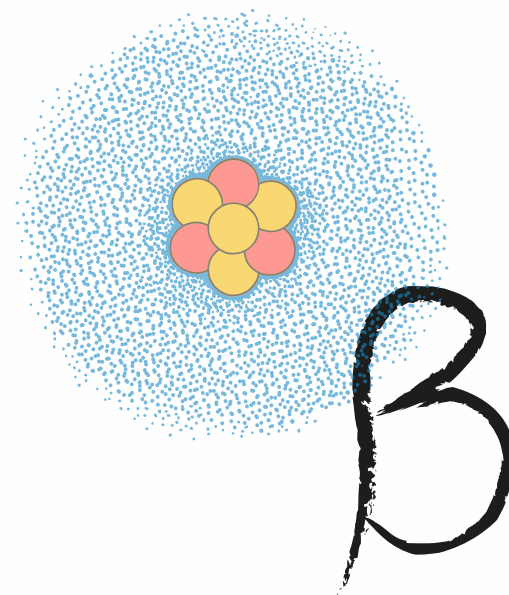
Considerando suas propriedades típicas de um metal alcalino, o novo EQ foi posicionado abaixo do cézio na tabela periódica e o nome escolhido foi frâncio (Fr), em homenagem ao país natal de Perey.



A descoberta do frâncio motivou Marguerite Perey a fazer uma pós-graduação. Em 1946 ela recebeu o título de doutorado pela Universidade de Paris. A sua tese abordou a descoberta do frâncio e suas propriedades.

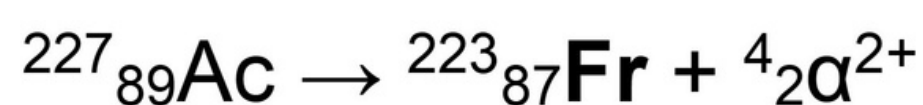
Em 1949, ela foi nomeada professora na Universidade de Estrasburgo. No ano de 1962, Marguerite Perey foi eleita como membro Correspondente da Academia Francesa de Ciências. Ela foi a primeira mulher a ocupar essa posição, que havia sido pleiteada sem sucesso por Marie Curie e Irène Curie.

Entre outros prêmios, Perey recebeu o Comando da Ordem Nacional do Mérito em 1974. Ela faleceu em 13 de maio de 1975, após sofrer durante anos com doenças causadas pela exposição à radiação.



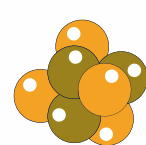


Perey descobriu que o frâncio era formado a partir da emissão de uma partícula alfa por núcleos de actínio:

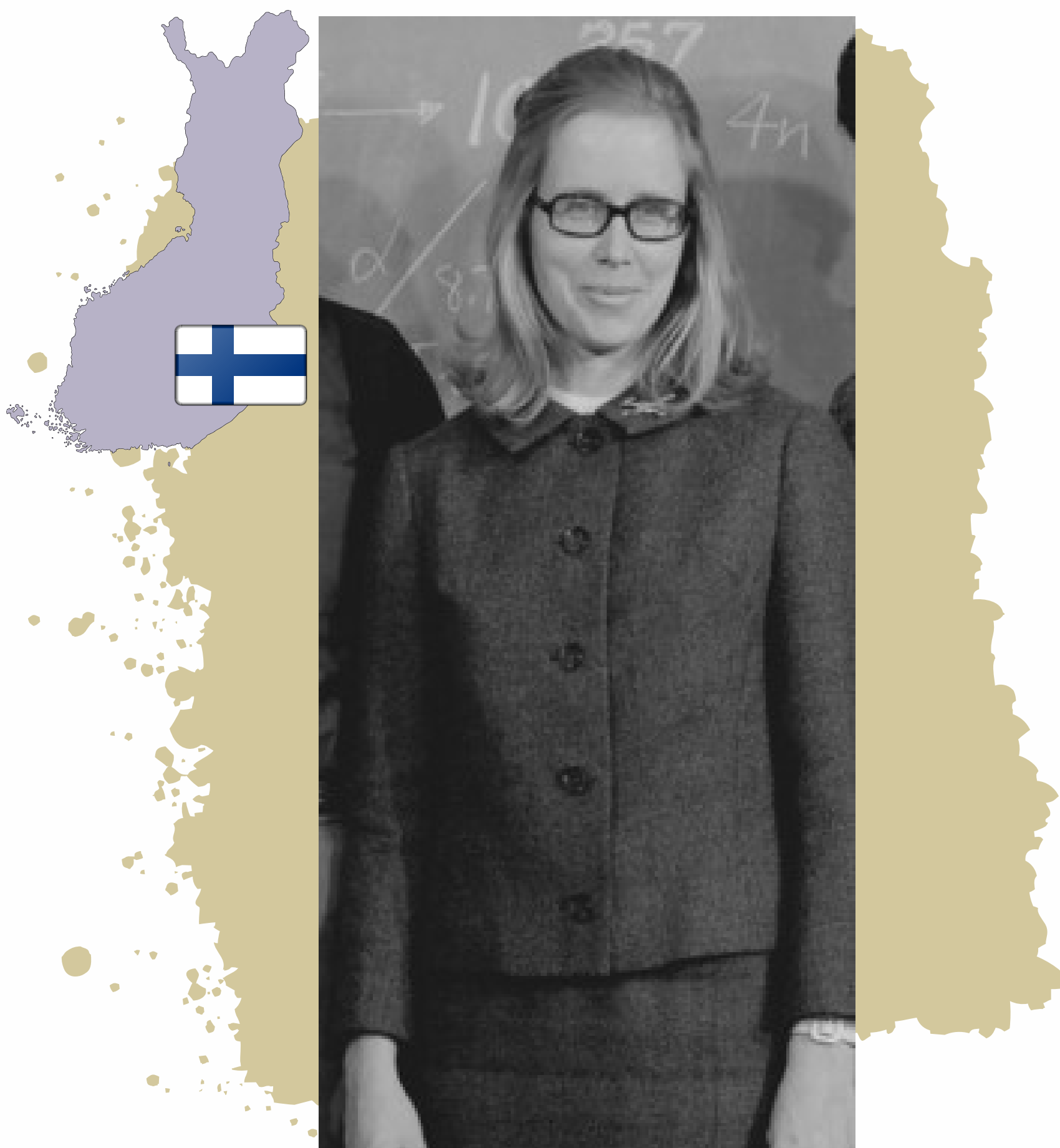


Considerando suas propriedades típicas de um metal alcalino, o novo elemento químico foi posicionado abaixo do céscio na tabela periódica e o nome escolhido foi frâncio (Fr), em homenagem ao país natal de Perey.

O frâncio foi o último elemento a ser descoberto a partir de amostras naturais. Todos os isótopos de frâncio são instáveis. O radioisótopo de meia-vida mais longa, frâncio-223, existe por apenas 22,1 minutos. Por causa da instabilidade, não existem aplicações para esse elemento químico atualmente.

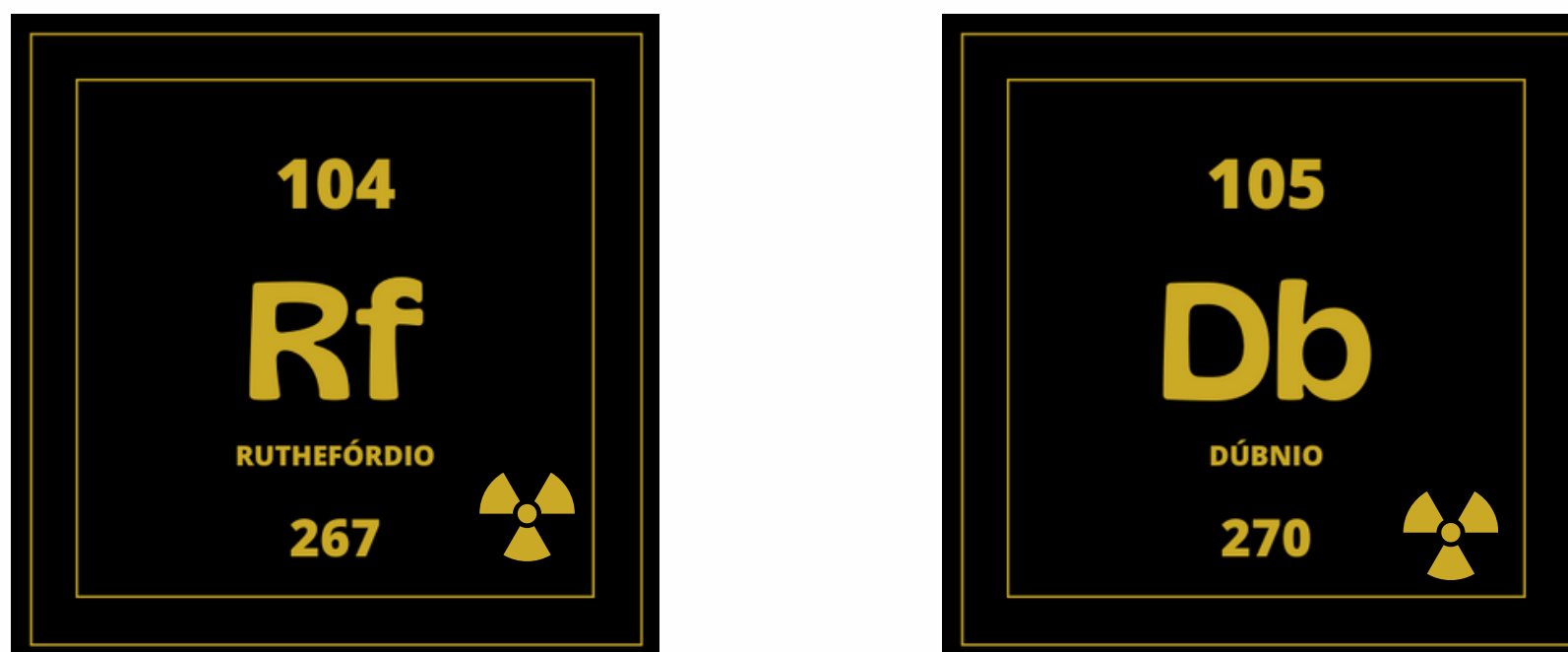


# Pirkko Eskola

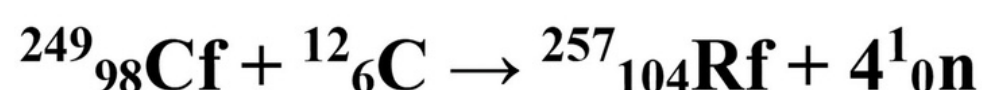


Pirkko Eskola, física finlandesa, fez parte da equipe do LBNL que descobriu os EQs rutherfordio (Rf) e dúbnio (Db) (Hoffman et al., 2001). Nesse período, ela estava fazendo intercâmbio em Berkeley, coletando dados para sua tese de doutorado. Enquanto seus colegas executavam a parte experimental no reator nuclear, Eskola estudava os dados armazenados no computador, procurando assinaturas da existência dos novos EQs (Frederick-Frost, 2021).

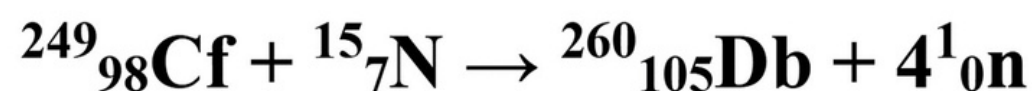
Pirkko Eskola, na época uma jovem loura, era uma figura incomum em laboratórios de pesquisas Nucleares nos Estados Unidos na década de 1970. Segundo Chapman (2019), quando ela telefonava para outros laboratórios para tratar de assuntos científicos, as pessoas perguntavam se ela era a secretária. O sexismo na Ciência é uma barreira a ser derrubada (González; Sedeño, 2002).



O rutherfordório ( $Z=104$ ) foi sintetizado, em 1969, em um reator nuclear por meio da reação a seguir:



Por sua vez, o dúbnio ( $Z=105$ ) foi sintetizado pela mesma equipe de cientistas, em 1970, utilizando a mesma técnica:

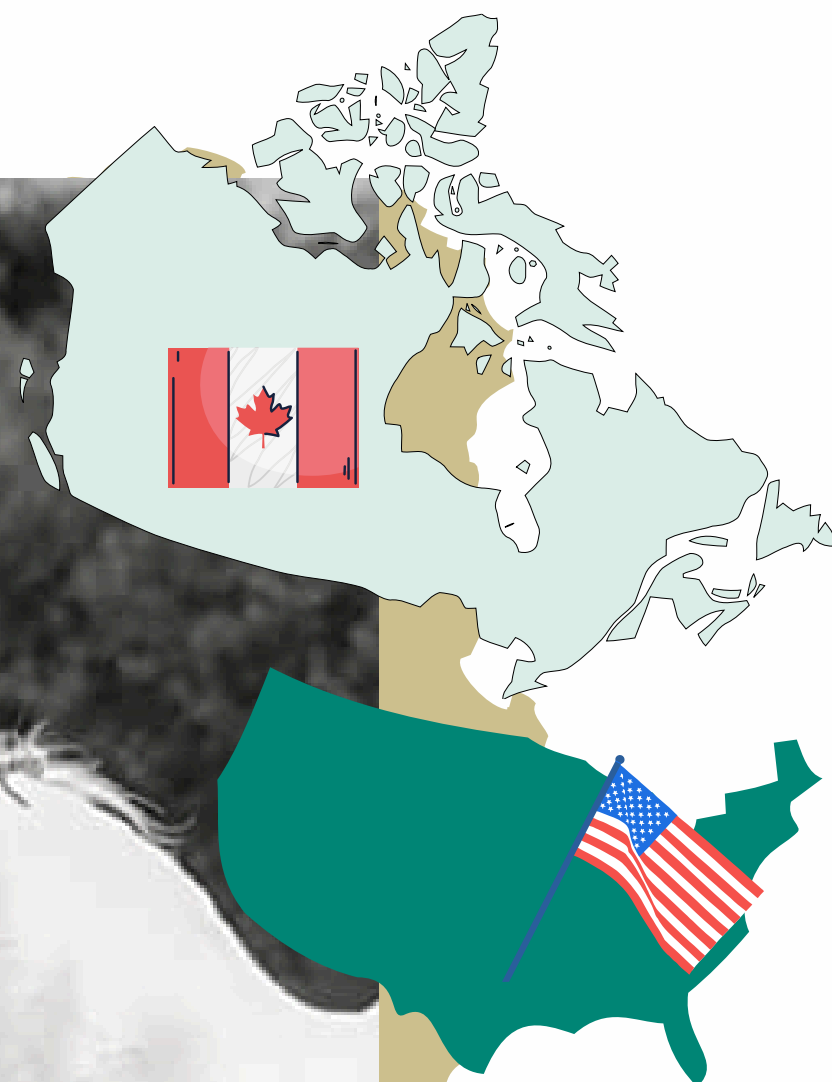


Os cientistas do LBNL compartilham a descoberta do dúbnio com a equipe de cientistas soviéticos do Joint Institute for Nuclear Research (JINR) que sintetizaram o dúbnio, em 1968 (Hoffman et al., 2001).

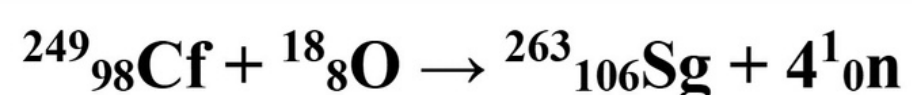
A denominação rutherfordório homenageia o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), um dos cientistas que mais contribuiu para a compreensão da estrutura do átomo e da radioatividade. A designação dúbnio é uma referência à Dubná, cidade soviética (atual Rússia) onde localiza-se o JINR.



# Carol Alonso



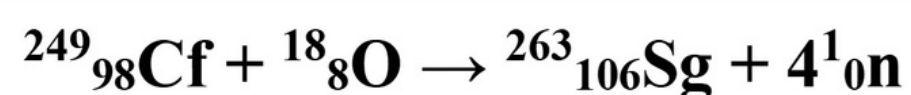
Carol Travis Alonso (1941-presente) é uma física nuclear canadense-americana. Ela fez parte da equipe de cientistas que descobriu o EQ de número atômico 106, em 1974, por meio da reação química a seguir:



O nome desse EQ, seabórgio, é uma homenagem ao químico nuclear estadunidense Glenn T. Seaborg (1912-1999), descobridor de diversos EQs transurânicos.



O seabórgio foi sintetizado, em 1974, a partir do bombardeamento de núcleos de califórnio (Cf; Z=98) com núcleos de oxigênio (O; Z=8).



O nome desse elemento químico homenageia o químico nuclear estadunidense Glenn T. Seaborg (1912-1999) descobridor de diversos elementos químicos transurânicos.

O seabórgio é um metal radioativo e instável. Por esse motivo, não existem aplicações científicas ou tecnológicas para esse elemento químico. As poucas pesquisas sobre o seabórgio apontam que suas propriedades químicas são semelhantes às do molibdênio (Mo) e do tungstênio (W).



Glenn T. Seaborg

*Dawn Shaughnessy / Nancy Stoyer / Jacqueline Kenneally/  
Julie Ezold / Clarice Phelps / Rose Boll / Shelley VanCleve*



**Dawn Shaughnessy**



**Nancy Stoyer**



**Julie Ezold**



**Jacqueline Kenneally**



**Clarice Phelps**



**Rose Boll**

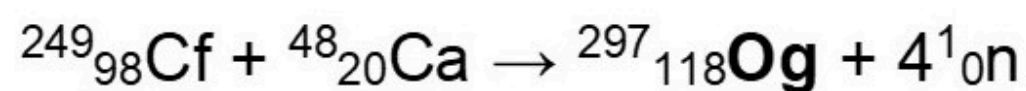
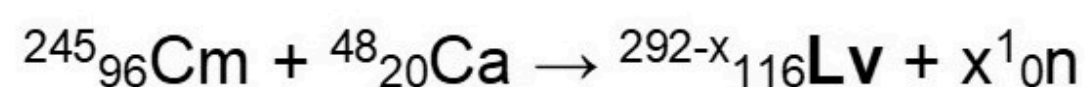
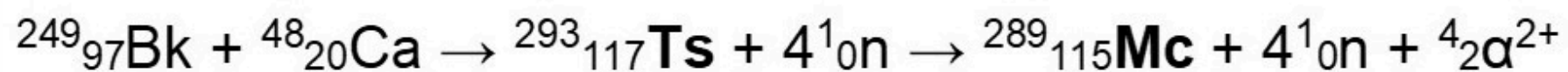
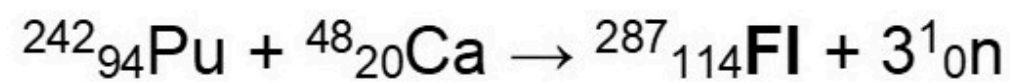


**Shelley VanCleve**

Dawn Shaughnessy e Nancy Stoyer, são cientistas nucleares estadunidenses que participaram da descoberta de cinco EQs transurânicos: fleróvio, moscóvio, livermório, tennesso e oganessônio. Stoyer deixou o LLNL 2008, enquanto Shaughnessy tornou-se a líder do grupo de pesquisa sobre EQs superpesados. Por sua vez, Jacqueline Kenneally faz parte do LLNL desde 1991 e participou da descoberta dos EQs fleróvio, livermório e oganessônio. Julie Ezold, Clarice Phelps, Rose Boll e Shelley Van Cleve são cientistas nucleares estadunidenses filiadas ao Oak Ridge National Laboratory (ORNL) e fizeram parte da equipe que produziu o radioisótopo  $^{249}_{97}\text{Bk}$  utilizado na síntese do tennesso (Ts) (Ezold, 2019).

Ezold liderou a equipe que produziu  $^{249}_{97}\text{Bk}$ , enquanto que Phelps, Boll e Van Cleve o purificaram (Chapman, 2019). Clarice Phelps é considerada a única mulher negra reconhecidamente envolvida na descoberta de um EQ.

Os EQs que apresentam número atômico entre 114 a 118 foram sintetizados por meio das seguintes reações a seguir:

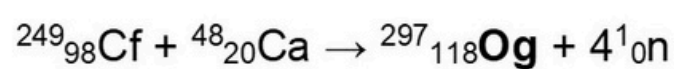
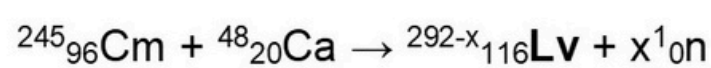
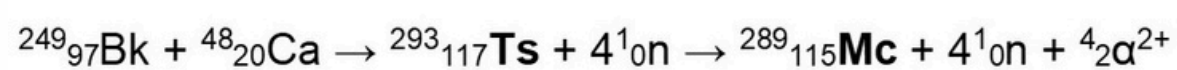
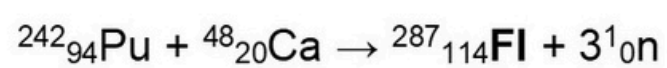


O EQ de número atômico 114 recebeu o nome fleróvio em homenagem ao pioneiro da física nuclear russa Georgy N. Flerov (1913-1990). Por sua vez, o EQ de número atômico 115, moscóvio, homenageia a cidade de Moscou, capital da Rússia, país sede do JINR, onde esses elementos químicos foram sintetizados. Em relação ao EQ de número atômico 118, oganessônio, seu nome homenageia o físico nuclear russo Yuri T. Oganessian (1933 – presente), em reconhecimento as suas contribuições pioneiras para as pesquisas sobre EQs transactinídeos.

O nome do EQ de número atômico 116, livermório, homenageia um dos laboratórios responsáveis pela sua síntese, o Lawrence Livermore National Laboratory. Por sua vez, o nome do EQ de número atômico 117, tennesso, é uma referência ao estado norte-americano do Tennessee, onde localiza-se alguns dos laboratórios e universidades que contribuíram para a descoberta desse EQ.



A descoberta desses elementos químicos envolveu pesquisadores vinculados a laboratórios dos Estados Unidos e da Rússia. Os elementos químicos que apresentam número atômico entre 114 a 118 foram sintetizados em reatores nucleares através das seguintes reações:



Esses elementos químicos foram sintetizados por meio de uma técnica que consiste na fusão entre núcleos de transurânicos ( $Z > 92$ ) e do radioisótopo cálcio-48.

O elemento químico de número atômico 114 recebeu o nome fleróvio em homenagem ao pioneiro da física nuclear russa Georgy Flerov (1913-1990). Por sua vez, o elemento químico de número atômico 115 homenageia a cidade de Moscou, capital da Rússia. Em relação ao elemento químico de número atômico 118, oganessônio, seu nome homenageia o físico nuclear russo Yuri Oganessian (1933 – presente), em reconhecimento as suas contribuições pioneiras para as pesquisas sobre elementos químicos transurânicos. Os nomes desses elementos refletem a vontade dos cientistas russos de estabelecerem nomes e símbolos nacionais na tabela periódica.

O nome do elemento químico de número atômico 116, Livermório, homenageia um dos laboratórios responsáveis pela sua síntese, o LLNL. Por outro lado, o elemento químico 117 faz homenagem ao estado norte-americano do Tennessee, onde localiza-se alguns dos laboratórios e universidades que contribuíram para a descoberta desse elemento químico. Como os russos, os estadunidenses também deixaram nomes e símbolos nacionais na tabela periódica.

Não existem aplicações científicas ou tecnológicas para esses elementos químicos, pois seus isótopos são instáveis e apresentam períodos de meia-vida de no máximo alguns segundos.

## Considerações Finais

Pelo visto nas páginas anteriores as mulheres atuaram em diversas frentes durante as pesquisas que levaram à descoberta de novos elementos químicos. As pesquisas sobre radioatividade levaram à descoberta de elementos químicos detectados em função da radiação (gama) e das partículas (alfa ou beta) emitidas por seus núcleos. Marie Curie foi a primeira mulher a utilizar essa propriedade atômica para descobrir novos elementos químicos.

Nos anos seguintes, Lise Meitner, Yvette Cauchois e Marguerite Perey seguiram o mesmo caminho. A descoberta do rênio por Ida Noddack não se relaciona com os estudos sobre radioatividade. O método da geoquímica alemã era analítico. As demais mulheres apresentadas neste e-book utilizaram reações nucleares para sintetizar e métodos matemáticos e computacionais para detectar novos elementos químicos.

A maioria dos elementos químicos descobertos por mulheres não apresentam atualmente aplicações científicas ou tecnológicas. Apesar disso, a busca por eles produziu tecnologia de ponta que pode ser utilizada em outras áreas e contribuiu para o conhecimento científico das reações nucleares. Nesse caso, é significativo citar o exemplo do elemento químico amerício (Am), sintetizado pela primeira vez em 1944. Na época, não havia qualquer aplicação. Contudo, hoje esse elemento é imprescindível para a fabricação de detectores de fumaça utilizado em residências, aviões, etc.

Espera-se que este material contribua para atrair mais pessoas para a Ciência, principalmente mulheres. A diversidade de étnica, cultural, social e de gênero entre cientistas poderá transformar a realidade ao pesquisar temas negligenciados e invisíveis por quem não os conhece.

# *Orientações Didático - metodológicas para o uso do e-Book*

O e-Book "As Mulheres Descobridoras de Elementos Químicos" oferece uma oportunidade rica para integrar o estudo da química com a história e o papel das mulheres no desenvolvimento científico. Seu uso em sala de aula pode estimular discussões sobre igualdade de gênero, ciência e o impacto das descobertas feitas por mulheres ao longo da história. Aqui estão algumas orientações didáticas para explorar este material com seus alunos:

## 1. Objetivos de Aprendizagem

- Compreender a contribuição de mulheres na descoberta de elementos químicos.
- Refletir sobre os desafios históricos enfrentados pelas mulheres na ciência.
- Estimular o pensamento crítico sobre a participação feminina no campo científico.
- Relacionar as descobertas científicas com aplicações no mundo contemporâneo.

## 2. Estratégias de Leitura

**Leitura em Etapas:** Divida a leitura do eBook em partes, cada uma dedicada a uma cientista ou a um elemento químico. Isso permite aos alunos focar em cada descoberta e entender seu contexto de forma mais aprofundada.

**Leitura Colaborativa:** Crie grupos de alunos para ler e discutir seções específicas do eBook, incentivando debates sobre os desafios enfrentados por cada cientista.

**Leitura Crítica:** Proponha que os alunos reflitam sobre o impacto social e científico das descobertas apresentadas, considerando a falta de reconhecimento feminino em diversas áreas do conhecimento.

## 3. Atividades Complementares

**Pesquisa Biográfica:** Solicite que cada aluno ou grupo escolha uma cientista mencionada no eBook para realizar uma pesquisa biográfica, com foco na sua trajetória, descobertas e os obstáculos enfrentados.

**Linha do Tempo das Descobertas:** Proponha a criação de uma linha do tempo das descobertas dos elementos químicos feitas por mulheres, conectando os eventos científicos a outros acontecimentos históricos relevantes.

**Mapeamento de Contribuições Científicas:** Realize um exercício em que os alunos mapeiem quais elementos descobertos por mulheres estão presentes em tecnologias modernas ou processos industriais, mostrando a aplicação prática das descobertas.

#### 4. Debates e Reflexões

**Desigualdade de Gênero na Ciência:** Após a leitura de seções específicas, promova debates sobre como o contexto histórico influenciou o reconhecimento (ou falta dele) das contribuições femininas. Questione como essa desigualdade pode persistir nos dias de hoje.

**Impacto Científico e Social:** Estimule reflexões sobre como as descobertas das mulheres descritas no e-Book ajudaram a moldar a ciência moderna e seus impactos sociais. Discuta também como essas contribuições poderiam ter sido mais amplamente reconhecidas.

#### 5. Projetos Interdisciplinares

**História e Ciências:** Combine o estudo do eBook com aulas de história, mostrando o desenvolvimento da ciência ao longo dos séculos e como as barreiras de gênero influenciaram a participação feminina.

**Filosofia e Ética Científica:** Aborde questões éticas relacionadas ao reconhecimento de cientistas, invisibilidade das mulheres na história e a importância da representatividade no campo científico.

#### 6. Atividades Práticas

**Experimentos Relacionados aos Elementos Descobertos:** Organize atividades de laboratório relacionadas aos elementos químicos descobertos pelas cientistas mencionadas no e-Book, destacando suas propriedades e aplicações.

**Criação de Apresentações ou Seminários:** Peça aos alunos que desenvolvam apresentações ou seminários sobre as cientistas e seus elementos, explicando o contexto histórico e científico da descoberta e o impacto atual do elemento.

#### 7. Avaliação

**Participação em Discussões:** Avalie a participação dos alunos em discussões e debates durante as aulas, observando sua capacidade de analisar criticamente os temas.

**Projetos e Pesquisas:** Trabalhos em grupo ou individuais sobre as cientistas mencionadas no e-Book podem ser utilizados como forma de avaliação, permitindo que os alunos aprofundem seus conhecimentos.

**Produção de Texto:** Incentive a produção de textos reflexivos sobre a trajetória das mulheres na ciência e a importância de valorizar suas descobertas no campo da química.



## 8. Recursos Multimídia

**Documentários e Vídeos:** Utilize documentários sobre as mulheres cientistas ou vídeos que expliquem os elementos químicos descobertos por elas. Isso pode ajudar a ilustrar visualmente o impacto de suas contribuições.

**Museus Virtuais:** Explore visitas virtuais a museus de ciências ou de história, como o Museu Curie (<https://musee.curie.fr/decouvrir/exposition-permanente/visite-virtuelle>), permitindo que os alunos vejam os instrumentos e laboratórios usados por algumas dessas cientistas.

Ao final do trabalho com o e-Book, é importante realizar uma reflexão coletiva sobre o impacto das descobertas feitas por essas mulheres e o valor da inclusão de diferentes vozes no desenvolvimento científico. Incentive os alunos a pensar em formas de promover mais igualdade e diversidade na ciência, garantindo que futuras gerações de cientistas, independente de gênero, tenham oportunidades iguais para contribuir com seus conhecimentos.



# Referências Bibliográficas

ALDERSEY-WILLIAMS, HUGH. Histórias periódicas: a curiosa vida dos elementos; [tradução Maria Cristina Torquillo Cavalcanti]. - 1 ed. - Rio de Janeiro: Record, 2013.

HARGITTAI, M. Women Scientists: reflections, challenges, and breaking boundaries. New York: Oxford University Press, 2015.

HOFFMAN, D. C.; GHIORSO, A.; SEABORG, G. T. The Transuranium People: the inside history. London: Imperial College Press, 2001.

LYKKNES, A.; VAN TIGGELEN, B. Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system. Singapore: World Scientific, 2019.

MCGRAYNE, S. B. Mulheres que Ganham o Prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas. São Paulo: Marco Zero, 1994.

PHILIP, CLAIRE. 101 mulheres incríveis que transformaram a ciência/Claire Philip; ilustrações de Isabel Muñoz; tradução de Aline Coelho. - Brasil: Pé da Letra, 2020.

RAYNER-CANHAM, M. F.; RAYNER-CANHAM, G. W. Devotion to their Science: pioneer women of radioactivity. 1. ed. Quebec: McGill-Queen's University Press, 1997.

RAYNER-CANHAM, M. F.; RAYNER-CANHAM, G. W. Women in Chemistry: their changing roles from alchemical times to the mid-twentieth century. Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, 1998.

REZENDE, R. S.; NOGUEIRA, K. S. C. Mulheres e a Tabela Periódica: caminhos que se cruzam. São Paulo: Livraria da Física, 2023.

TRINDADE, L. S. P.; BELTRAN, M. H. R.; TONETTO, S. R. Prática e estratégias femininas: história de mulheres nas ciências da matéria. Editora Livraria da Física, 2016.

Women in Their Element - Selected Women's Contributions to the Periodic System edited by Annette Lykknes and Brigitte Van Tiggelen, 2019, World Scientific Publishing Co., Singapore, ISBN 978-981-120-630-6 (ebook)