

## Perfil Acadêmico e Científico

## Lise Meitner: A Intérprete da Cisão Nuclear

Gonçalves-Maia, R.\*

*Rev. Virtual Quim.*, 2012, 4 (2), 173-192. Data de publicação na Web: 17 de maio de 2012<http://www.uff.br/rvq>

## Lise Meitner: The Interpreter of Nuclear Fission

**Abstract:** Lise Meitner was a pioneer. Born in Vienna, Austria, in 1878, of Jewish ancestry but converted to Protestantism, shy but with strong professional connections and the pleasure of teamwork, she studied physics "seriously". She overpassed the Great War and, in a first breath, she gave us protactinium and false transuranium elements. In a second breath, she gave us the interpretation of nuclear fission. She overpassed World War II. *No*, she said, *I did not design any atomic bomb*.

**Keywords:** Lise Meitner; protactinium; nuclear fission.

## Resumo

Lise Meitner foi uma pioneira. Nascida em Viena de Áustria em 1878, de ascendência judaica mas convertida ao protestantismo, tímida mas com fortes ligações profissionais e o gosto do trabalho em equipa, estudou Física "a sério". Ultrapassou a Grande Guerra e, num primeiro fôlego, doou-nos o protactínio e falsos elementos transuranianos. E, num segundo fôlego, legou-nos a interpretação da cisão nuclear. Ultrapassou a segunda guerra mundial. *Não*, afirmou ela, *não projetei nenhuma bomba atômica*.

**Palavras-chave:** Lise Meitner; protactínio; cisão nuclear.

\* Rua Fotógrafo Arcelino, 26, 2º Esq.Frt., 4705-095, Braga, Portugal. Raquel Gonçalves-Maia é professora catedrática aposentada da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

✉ [rmcgonc@gmail.com](mailto:rmcgonc@gmail.com)

DOI: [10.5935/1984-6835.20120015](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120015)

## Lise Meitner: A Intérprete da Cisão Nuclear

Raquel Gonçalves-Maia\*

Rua Fotógrafo Arcelino, 26, 2º Esq.Frt., 4705-095, Braga, Portugal. Raquel Gonçalves-Maia é professora catedrática aposentada da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

\* [rmcgonc@gmail.com](mailto:rmcgonc@gmail.com)

*Recebido em 10 de maio de 2012. Aceito para publicação em 16 de maio de 2012*

1. Introdução
2. Física, sem dúvida
3. De Viena para Berlim
4. Três décadas de criação
  - 4.1. De 1907 a 1927
  - 4.2. Os “Transurânicos”
5. A Fuga
6. A Cisão Nuclear
7. Reação em cadeia

### 1. Introdução

---

A história de Lise Meitner, desta mulher pioneira na Física Nuclear, que resumidamente se contará em seguida, é, no mínimo, dramática.<sup>1-3</sup>

Da Áustria para a Alemanha, num mundo ainda mal adaptado à chegada das mulheres à Ciência, Lise enfrenta o desafio de gênero a par da escassez de aparelhagem de laboratório e das interpretações difíceis dos resultados experimentais. Mas a colaboração com Otto Hahn é eficaz e os resultados e as publicações sucedem-se em catadupa. A Primeira Guerra Mundial deixa Lise só, mobilizados que foram o seu colega de trabalho diário e todos os jovens e menos jovens cientistas das equipas de investigação. Terminada a guerra, a normalidade regressa por pouco tempo, tempo que Lise dilata até ao extremo. Soltam-se descobertas, não sem algum conflito de raciocínio. A rivalidade com o grupo dos Joliot-Curie, em Paris, e com o de Enrico Fermi, em Roma, é algo tumultuosa.

A implantação do regime nazi não dá tréguas aos

desprotegidos e, no que respeita a Lise Meitner, vai dar origem a uma fuga da Alemanha digna de uma novela rocambolesca. No seu exílio na Suécia Lise não é feliz, exceto quando discute ciência acaloradamente com o seu sobrinho Otto Frisch ou com Niels Bohr em Copenhaga.

É a esta “little lady”,<sup>4</sup> magra, vestida de forma antiquada e sempre de preto, que se deve a contribuição fundamental para a decifração do processo de cisão nuclear. Otto Hahn recebeu o Prémio Nobel da Química; Lise Meitner não, nem da Física nem da Química, apesar de ter sido nomeada 15 vezes!

O que terá comandado as opções de Lise Meitner ao longo da sua vida? A sua grande paixão pela Física foi, sem dúvida, a chave mestra. Mas, por vezes, estranha-se a sua excessiva modéstia, uma certa forma de aceitação de desigualdades inexplicáveis que ela própria tentou combater. Lise pouco investiu num trabalho totalmente diferenciado; preferiu colmatar o preenchimento de lacunas, entre as “realidades” teórica e prática da ciência Física do átomo, entre a Universidade e o Instituto de

investigação. Interessou-se sempre e muito pelos “porquês”. O que fez com grande mestria e, nem sempre, com o devido reconhecimento.

## 2. Física, sem dúvida

Recuemos até ao último quartel do século XIX. Na capital austríaca, o casal Philipp Meitner, advogado, e Hedwig (Skovran) Meitner põe no Mundo oito

crianças. Elise, cujo nome será posteriormente encurtado para Lise, foi a terceira, sucedendo às suas irmãs Gisele e Auguste. Os ascendentes do casal eram judeus e tinham a sua origem na Morávia. Como muitos emigrantes de profissão liberal, os Meitner converteram-se ao Protestantismo embora a designação de “livres pensadores” melhor lhes assentasse. São de Hedwig as seguintes palavras de estímulo maternal: *oiçam o pai e a mãe e pensem pela vossa cabeça.*<sup>1-3</sup>



**Figura 1.** Viena de Áustria em 1878. A famosa Kärntner-Hof-Passage do arquiteto austro-húngaro Otto Thienemann<sup>5</sup>

Quando Lise nasceu, em 7 de novembro de 1878, já os “direitos constitucionais fundamentais de todos os cidadãos” tinham sido proclamados na Monarquia de Habsburgo, embora muita controvérsia existisse sobre o seu significado. E, tal como por toda a Europa, a igualdade de oportunidades de gênero nada mais era ainda do que uma miragem.

Difícil seria, pois, sonharem estes pais que, um dia, a sua filha mais velha seria médica, Lise uma física doutorada e conceituada em todo o mundo e que as duas raparigas mais novas, Carola e Frida, também se empenhariam em obter o Ph.D.. Viena de Áustria no *Rev. Virtual Quim.* |Vol 4| |No. 2| |173-192|

virar de século...

Desde muito cedo que todos os pequenos Meitner aprenderam a tocar piano, a experimentar o gosto pela leitura e a decifrar problemas de matemática. Lise lia muito, lia noite dentro, escondida a luz no quarto dos olhares atentos dos pais. E, o que começou por ser um mundo de debate de ideias apropriado a raparigas cultas, rapidamente passou a ser, na sua índole tenaz, uma decisão prática de enveredar por um estudo metodológico de Ciência. Mas, primeiro, foi preciso ganhar o apoio dos pais; teve-o. Matemática, Física... excelente aluna na escola

de ensino básico! Esperava-se que a sua aprendizagem escolar terminasse por volta dos 14 anos.

Decididamente, Lise não se enquadra no retrato social da época. A moda e os namoricos de adolescência nada têm a ver com ela. Todo o seu manancial de curiosidade pelas coisas do Mundo está dirigido para o estudo; só aí, dirá Lise, encontra respostas para a catadupa de questões que lhe invadem a mente. Adiante, seguiam-se os estudos secundários, preparatórios para a entrada na Universidade de Viena, onde as mulheres ainda não tinham lugar – mas que vai abrir as suas portas em 1900!

Lise Meitner não sabia ainda que uma jovem inglesa obtivera o Ph.D. na Alemanha, ali mesmo ao

lado, já em 1895. Mas tinha conhecimento da existência de Marie Curie e das suas investigações em radioatividade. E dos raios X de Röntgen. E que a irmã Gisela se preparava para cursar Medicina.

Estímulos, desafios... Lise quer ir longe, cursar a universidade, e são as Ciências que muito a atraem. Os pais concordam, mais uma vez; todavia, insistem em que ela tire primeiro um curso que lhe permita vir a ter independência financeira. Assim seja. Lise estuda para obter o diploma de professora de Francês, o que acontecerá em 1901; e, nos momentos livres e roubando horas ao sono, prepara-se para enfrentar a entrada na Universidade. Um professor particular muito dotado, Arthur Szarvasy, orienta-a em conjunto com outras duas raparigas.



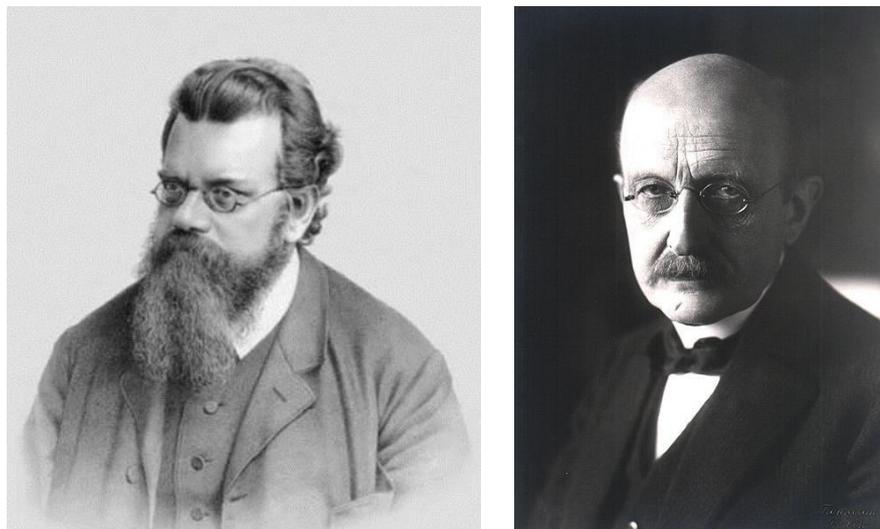
Figura 2. A Universidade de Viena em 1900<sup>6</sup>

Subir a escadaria da Universidade de Viena implica a passagem de um exame, *Reifeprüfung* ou *Matura*, e a obtenção do respectivo certificado. Em 1901, Lise e mais treze jovens mulheres submetem-se ao exame. Quatro serão bem sucedidas. Lise está entre elas. Tem 23 anos quando, lado a lado com o grupo dos rapazes, assiste a aulas de Matemática, de Física, de Botânica, de Filosofia... na Universidade! Os seus interesses especificam-se: Física, sem dúvida.

Ludwig Boltzmann, com a sua independência de pensamento e o dramatismo das suas aulas, onde “via” e dava a “ver” os átomos, exerceu uma influência determinante em Lise. Boltzmann acreditava na divisibilidade do átomo. Era tempo de abandonar os átomos filosóficos da Antiguidade Clássica, os átomos de Leucipo e de Demócrito, era mesmo tempo de abandonar o átomo de John Dalton, a unidade integral da matéria. Nos finais do século

XIX, o elétron, com J. J. Thomson era já uma realidade; mas o próton e o núcleo do átomo tinham ainda de esperar por Ernest Rutherford (1920) e o

nêutron por James Chadwick (1932). E os interesses de Lise especificam-se ainda mais: o átomo e os seus segredos, por estudos teóricos e experimentais.



**Figura 3.** Ludwig Boltzmann (1902) e Max Planck (1930), dois grandes físicos, duas grandes influências científicas no destino de Lise Meitner<sup>7,8</sup>

Após a morte de Boltzmann<sup>9</sup> – um choque enorme para Lise – terá sido dirigido um convite a Max Planck<sup>10</sup> para ocupar a vaga acadêmica por ele deixada. Planck era então um conceituado professor titular em Berlim e a sua deslocação a Viena nessa ocasião deve entender-se como uma homenagem a Boltzmann; não aceitou o cargo. Mas a sua visita teve sérias consequências sobre o futuro de Lise, como veremos. Lise Meitner foi a primeira mulher a ser admitida no Departamento de Física da Universidade de Viena. E, quando decide ir ainda mais longe e tentar o doutoramento, eis que, surpreendentemente, obtém o incentivo de vários dos seus professores.

Franz Exner<sup>11</sup> foi o seu supervisor sênior da tese que teve por título “Condutividade Térmica de Corpos Não-homogêneos”. Os *Proceedings* da Academia de Ciências de Viena publicaram-na em 1906, ano em que formalmente lhe foi atribuído o correspondente grau em Física. Lise tinha 28 anos.

### 3. De Viena para Berlim

Ter conhecido Max Planck foi para Lise Meitner um deslumbramento. Decididamente, se queria estudar

Física “a sério” Berlim era o local indicado. Em 1907, com a ajuda de uma pequena mesada suprida pelo pai, Lise, a tímida mas resoluta Lise, troca Viena por Berlim, e foi estagiar com Planck “por um semestre”. O semestre, porém, transformou-se num ano e só o anti-semitismo nazi, que irá pôr a sua vida em sério risco, a conseguirá arrancar de Berlim.

Embora Lise se tenha apercebido de imediato que, em termos científicos, a Universidade de Berlim apresentava uma atualização de conhecimentos bem superior à de Viena, em termos de progresso social dava-se o contrário. O clima era deveras conservador no que respeita às mulheres. Muitos defendiam que a Universidade não era o seu lugar “natural” e havia mesmo quem argumentasse que não se deveria desenvolver a mente feminina! Seguiam o filósofo e sociólogo Herbert Spencer, a quem Darwin “roubará” a célebre máxima “sobrevivência do mais apto”.

A primeira reação de Planck à chegada de Lise foi de espanto. Uma mulher a rondar os 30, doutorada, que mais poderia desejar? Aumentar os conhecimentos de Física, terá retorquido Lise. Não critiquemos Planck. À época, o “cartão de apresentação” de Lise era, indubitavelmente, estranho... O tempo, porém, consolidará uma admiração mútua.



**Figura 4.** Lise Meitner em Viena, na época em que defendeu a sua tese de doutoramento (1906)<sup>12</sup>

Em 1907, Lise Meitner ainda nada sabia sobre a proposta de Planck segundo a qual, quando a radiação e a matéria interatuam, a energia só pode ser absorvida ou emitida em quantidades múltiplas de uma unidade fundamental – o *quantum*, que se relaciona com uma nova constante universal  $h$  ( $h = E/v$ ;  $E =$  energia;  $v =$  frequência de radiação); e que Albert Einstein (Prêmio Nobel da Física em 1921), mais elevava o conceito do quantum de Planck aplicando-o, não às interações, mas diretamente às radiações.<sup>13</sup> O seu respeito pelo mestre cresce, tanto quanto a sua admiração pelo homem: *um caráter de grande pureza*, assim o descreverá ela. E Lise tudo aprende.

Lise quer igualmente continuar as pesquisas no domínio da radioatividade que antes iniciara. A Universidade de Berlim nada lhe oferece, mas o diretor do Departamento de Física Experimental, Heinrich Rubens, indica-lhe a possibilidade de colaboração com Otto Hahn,<sup>14</sup> um jovem investigador já com uma excelente reputação naquele domínio.

Otto Hahn doutorara-se na Universidade de Marburgo em 1901, e fizera um pós-doutoramento, primeiro com (Sir) William Ramsay, e depois, no

Canadá, com Ernest Rutherford, na Universidade McGill. Rutherford gostou do rapaz, reconheceu-lhe excelentes capacidades: *“he had nose for discovering new elements”* (*ele tem faro para descobrir novos elementos*), o que veio a comprovar-se. Posteriormente, em Berlim, trabalhava no Instituto de Química dirigido por Emil Fischer.<sup>15</sup> Otto Hahn viu com muito bons olhos a possibilidade de colaboração: o químico e a física. Fisher foi relutante à entrada de uma mulher no Instituto, mas acabou por aceitar com severas recomendações e limitações. Ainda em 1907, Meitner e Hahn iniciaram o seu trabalho conjunto de investigação: o exame de radiações alfa, beta e gama com o auxílio de eletroscópios apropriados.

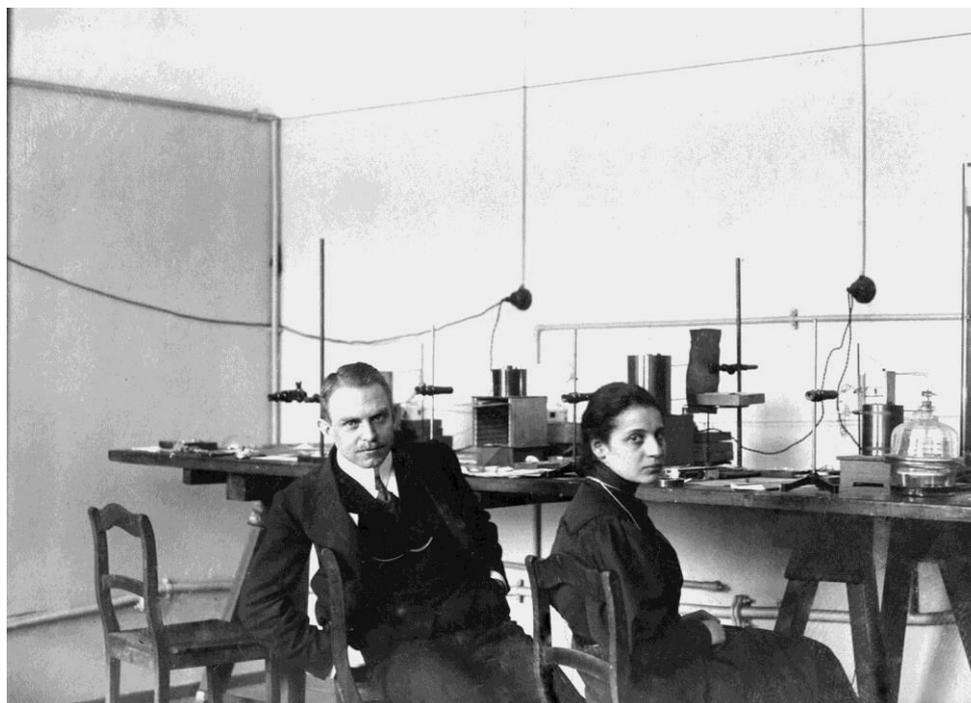
A relação entre Lise Meitner e Otto Hahn foi, sempre, uma relação de grande amizade. Nunca tomavam refeições em conjunto, para além das contidas em atos formais. Decerto que um ovo cozido, um maço de cigarros, talvez um café, refeição que Lise trazia de casa, não seriam alimento suficiente para Hahn. No entanto, muitas vezes ao longo das intermináveis e tediosas tardes de trabalho de contagem de radiações, a reservada Lise e o jovial Otto trauteavam em conjunto temas de música clássica; Beethoven, Tchaikovsky e Brahms estavam

entre os favoritos.<sup>1-3</sup>

Ao contrário do ambiente do Instituto que sempre será algo hostil a Lise, na Universidade o ambiente era... leve. Havia mesmo uma frase, lançada por um ex-aluno de doutoramento, que definia Planck: “quando ele chegava, o ar tornava-se mais leve”. Tal como Lise, Planck era geralmente reservado. Com frequência, porém, convidava para sua casa os seus colaboradores e alunos pós-graduados, grupo que Lise integrou, e abria a sua vertente expansiva e juvenil. Organizava diversões no seu jardim, gostava de brincar “à apanhada”! Foi assim que Lise contactou as duas filhas, gêmeas, de Planck que rapidamente se tornaram “as minhas melhores amigas”, dirá Lise. Foi igualmente assim que conheceu Max von Laue,<sup>16</sup> o colega que a incentivou a permanecer em Berlim, após ter expirado o prazo previsto para a sua estadia. Porquê regressar? Não era agora o círculo dos

cientistas uma extensão da sua família? Estava em casa...

Mas a vida científica continuava a não ser fácil para as mulheres.<sup>17</sup> Lise trabalhava, mas não recebia qualquer remuneração, nenhuma bolsa de investigação. Ernest Rutherford, logo após ter sido galardoado com o prêmio Nobel da Química, em 1908, visitou Berlim acompanhado da mulher. Ficou célebre a sua frase “*Oh, I thought you were a man!*” (*Oh, pensava que era um homem!*) que dirigiu a Meitner quando, a seu pedido – *Otto, gostaria de conhecer o seu colaborador...* – esta lhe foi apresentada. Até aqui nada de muito estranho. A sua posterior reação, todavia, já denota quanto o estereótipo de gênero estava nele bem vincado: a Sra. Rutherford iria fazer as compras de Natal acompanhada de Lise, enquanto ele e Hahn discutiriam ciência...



**Figura 5.** Lise Meitner e Otto Hahn no Instituto de Química dirigido por Emil Fischer em 1909. Cortesia do *Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem*

## 4. Três décadas de criação

### 4.1. De 1907 a 1927

O avanço no seu próprio conhecimento da Física moderna, obtido junto de Planck, e o trabalho em parceria com Otto Hahn deu frutos de imediato. Ainda em 1907, Lise envia dois artigos para publicação: um, sozinha, sobre a dispersão da *Rev. Virtual Quim.* |Vol 4| |No. 2| |173-192|

radiação alfa e outro, em colaboração com Hahn, sobre a absorção da radiação beta por radioelementos.<sup>18,19</sup> Em 1908, a dupla Meitner-Hahn anuncia a descoberta de um novo elemento de vida curta que designa por Actínio-C. O desenvolvimento experimental e metodológico do trabalho de investigação de Lise e Otto sofrem uma enorme inovação, o que lhes permite uma recolha de dados de muito maior precisão e em muito menos tempo. A perspectiva algo diferenciada de ambos, Radioquímica-Radiofísica, articula-se na perfeição.

Entre 1907 e 1910 inclusive, Lise publicou onze artigos, nove dos quais em colaboração com Hahn – todos sobre processos radioativos. E, entre 1912 e 1914, mais treze são dados à estampa.

Entretanto, Otto Hahn tornava-se um membro destacado do Departamento de Química da Universidade de Berlim e Lise Meitner continuava na sombra. Só em 1912 lhe é atribuída uma pequena bolsa em reconhecimento do mérito da sua investigação, em resposta a uma solicitação de Planck para que ela tomasse o lugar de sua assistente na Universidade, sucedendo a Max von Laue. Serão necessários mais dez anos para que ela venha a integrar, como membro efetivo, o Departamento de Física da mesma Universidade. Como é possível comparar as carreiras de um e de outro? Do ponto de vista da produção científica são verdadeiras almas gêmeas. Em tudo o resto a diferença de gênero arrastará a diferença de *status* profissional. E tudo isto nos parece tanto mais estranho quanto sabemos que Lise Meitner foi muito bem acolhida e respeitada cientificamente pelos cientistas mais notáveis da sua época. Planck, Nernst e Einstein, que ela veio a conhecer numa célebre conferência da Sociedade Científica Alemã que teve lugar em Salzburgo em 1909, contavam-se entre os seus amigos e diletos interlocutores. E o mesmo sucederá com os mais jovens: James Franck, Gustav Hertz, Otto Stern e Hans Geiger entre outros. O próprio Emil Fischer, assim que a educação feminina universitária foi formalmente permitida em Berlim, levantara todos os obstáculos à livre entrada de Lise nos laboratórios do Instituto de Química. E o que dizer de Niels Bohr alguns anos mais tarde?

Lise Meitner não era insensível a estas disparidades de tratamento, mas não se sentia isolada e considerava que era apenas uma questão de tempo... Afinal, deixavam-na trabalhar a sua Física, não deixavam? Podia ser criativa, não podia?

Entretanto, em Dahlem, a cerca de vinte quilômetros do centro de Berlim, num local espaçoso e sossegado, erguia-se agora o *Kaiser Wilhelm Institute* de Química (em paralelo, foram construídos Institutos para Química-Física e Bioquímica), tendo por seu primeiro diretor Ernst Beckmann. Beckmann ofereceu a Otto Hahn a direção de um departamento para investigação em radioatividade. Excelentes condições e excelente salário. Lise, atendendo ao seu currículo, entrou no Instituto como “convidada”, sem vencimento. A diferença contratual dos parceiros de pesquisa era tremenda. Muito mais tarde, ser-lhe-á oferecida a posição de “*Scientific Associate*”, uma posição de quadro bem remunerada. Lise recebera uma oferta deveras interessante: uma colocação

permanente na Universidade de Praga, o que lhe permitiu negociar a sua posição no Instituto; e mais, a secção de trabalho passa a chamar-se “Laboratório Hahn-Meitner”. Uma vitória.

A proposta de um modelo para o átomo estava em constante evolução. Niels Bohr, então um jovem cientista de Copenhaga, durante um pós-doutoramento no Reino Unido, discorda abertamente dos modelos anteriores do velho mestre Thomson e também do de Rutherford; nem “*plum-pudding*” (*puddim de ameixas*), nem sistema solar em miniatura. O átomo de Bohr tem órbitas quantizadas, a constante de Planck ganha nova projeção – muito mais do que o seu progenitor tinha conjecturado! Foram intensos os debates em Berlim, Lise e Otto estavam entusiasmados, mas resguardavam a sua opção final para após testagem experimental. Certo é que, à nova luz, os estudos que vinham empreendendo sobre o decaimento radioativo dos elementos da série do tório e do urânio, as suas radiações beta e gama, levantavam mais e mais questões.

Em 1913, Planck é nomeado Reitor da Universidade de Berlim e formalmente convidado a participar na criação de uma nova sociedade científica, a fundar pelo governo, em conexão com os Institutos: a *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* (*Sociedade Kaiser Guilherme para a Promoção da Ciência*). A ideia foi muito apoiada por cientistas e industriais. Era uma visão progressista na Alemanha, antes mais virada à Filosofia e à Poesia do que à Ciência e à Tecnologia. Planck será seu presidente até 1937.

Entretanto, morre o pai de Lise, uma perda muito sentida, o que a leva a visitar a mãe a Viena mais amiúde. Todavia, Lise tem o extraordinário lenitivo na sua Física: adora-a... nem consegue imaginar a sua vida sem ela! Mas não se pense que a Música e a Literatura a tinham abandonado.

O rebentar da Grande Guerra, em 1914, tanto a apanha a ela como a Otto de surpresa. Otto Hahn é mobilizado, serve a Infantaria. Casara alguns meses atrás com Edith Junghaus, uma bonita e talentosa estudante de Artes. Lise e Edith sofrem, cada uma a seu modo; o Instituto também. O seu pupilo de doutoramento Martin Rothenbach, é morto algures em França, ainda em 1914. Lise, assim que termina os seus deveres para com Planck, decide ir servir o exército austríaco, o que faz por dois anos na qualidade de radiologista e técnica de raios X na frente de batalha; grande semelhança com Marie Curie...

O Instituto de Química, com exceção da seção de Otto e de Lise, é literalmente invadido pela pesquisa química militar. Fritz Haber instalara-se agora no Instituto de Química e dirigia investigações sobre produtos químicos irritantes e gases venenosos para utilização sobre os exércitos inimigos.<sup>20</sup> Otto Hahn foi designado *Gas Pioneer*, isto é, um dos que, em campo, teria de conduzir operações de lançamento de cloro e de fósforo sobre tropas inimigas. Hahn ainda protestou, mas não muito.

Apesar dos tempos de guerra, apesar das ausências, Lise, de volta ao Instituto em 1916, e mesmo Otto, conseguem progredir nas suas investigações sobre emissões radioativas e formação de elementos durante as desintegrações. Não estaria por ali a cura do câncer? E, afinal, uma descoberta pode não ter a recompensa nesse mesmo dia, mas vir a tê-la no futuro... Foi assim que, durante o período da guerra, ainda publicaram oito artigos, um dos quais fundamental: a descoberta (na prática, quase totalmente devida a Meitner) de “*an exciting new substance*” (*uma excitante substância nova*), o protactínio, o elemento de número atômico 91 e símbolo Pa. Devido às deficiências de troca de informações, veio a gerar-se algum conflito com Frederick Soddy quanto à primazia da descoberta; oficialmente, Lise e Otto sagraram-se vencedores.

Um momento muito especial foi a ida de Planck a Estocolmo, em janeiro de 1919, receber o tão merecido prêmio Nobel; uma suavização para a sua profunda dor da perda de três dos seus filhos em escasso número de anos.<sup>21</sup>



**Figura 6.** Lise Meitner com Niels Bohr e outros investigadores em 1920. Da esquerda para a direita: O. Stern, W. Lenz, J. Franck, R. Ladenburg, N. Bohr, E. Wagner, von Baeyer, G. de Hevesy, L. Meitner, W. Westphal, H. Geiger, G. Hertz e P. Pringsheim. Cortesia de *AIP Emilio Segre Visual Archives*; crédito do Prof. Wilhelm Westfall<sup>22</sup>

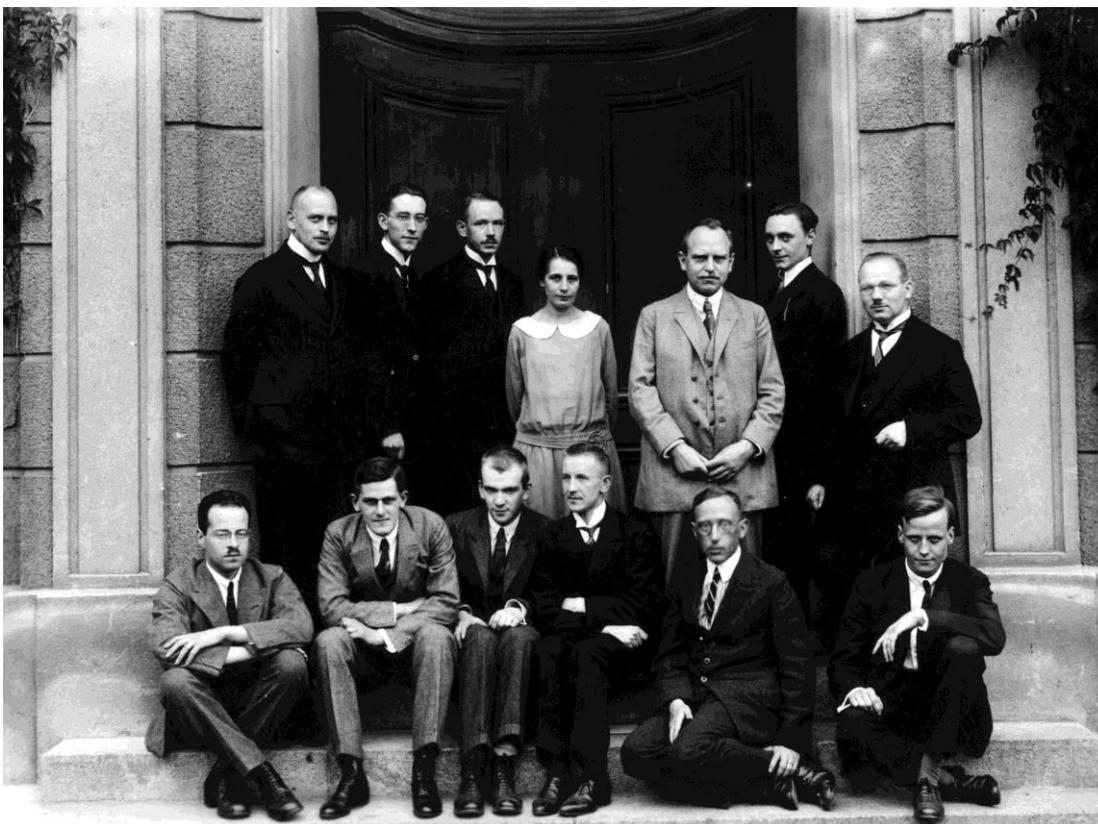
O pós-guerra na Alemanha não foi fácil. Por um lado, a emergência de nacionalismos de extrema direita, desde logo com os judeus por alvo. *Regressará a Inquisição?... podemos realmente falar de barbarismo*, escreve Lise numa carta a Hahn;<sup>1</sup> por outro, a escassez de financiamento da investigação “pura”, sem aplicação prática de imediato. Certo é, porém, que o grande centro de investigação da estrutura do átomo no *Kaiser Wilhelm Institute*, agora com a unidade inicial de investigação em radioatividade subdividida em duas, a Radiofísica, dirigida por Lise Meitner, e a Radioquímica por Otto Hahn, permanece ativo. E o mesmo sucede com Rutherford “*and his boys*”, em Inglaterra, e com Bohr “*and his family*” na Dinamarca.

Niels Bohr é convidado a visitar Berlim e a discursar na Sociedade de Física. Corre o ano 1920 e Lise Meitner integra o grupo que, durante várias horas, “bombardeia” o bem humorado cientista com questões sobre o átomo quântico. No ano seguinte, é a vez de Lise se deslocar a Copenhaga, a convite, onde apresenta o seu trabalho sobre as radiações beta e gama. Entre os debates científicos e as interligações mais pessoais ficará uma amizade para o resto da vida entre Lise, Bohr e sua família. Depois em Lund, na Suécia, Lise permanecerá um mês em trabalho experimental no grupo de Karl Manne Siegbahn, o qual receberá o Prêmio Nobel da Física em 1924. Em 1922, finalmente!, Lise é contratada pelo Departamento de Física da Universidade de Berlim. Já em 1919 lhe tinha sido conferido o título de “professor” pelo então Ministro da Ciência, mas apenas quando recebeu a chamada “*Habilitation*”, o que implicou a escrita de uma segunda tese e a sua defesa em exame oral, pôde dar aulas na Universidade. Antes, porém, de começar as aulas – era tradição da escola... – teria de fazer uma apresentação universitária inaugural pública. O tema escolhido foi o significado da radioatividade em física cósmica. Uma mulher a lecionar na Universidade era assunto de interesse jornalístico! Assim o considerou um jornal local que publicitou o tema: o significado da radioatividade em física “*cosmética*”. Enfim, erros de imprensa...

Em 1922, Niels Bohr recebe o Prêmio Nobel da Física.<sup>23-24</sup> Entretanto, jovens cientistas vão fazendo a sua entrada no domínio atômico e subatômico: Werner Heisenberg (Prêmio Nobel da Física em 1932) com o seu Princípio da Incerteza; Max Born (Prêmio Nobel da Física em 1954) com uma nova formulação da teoria quântica; Erwin Schrödinger (Prêmio Nobel da Física em 1933) com a Mecânica Ondulatória... Um modelo visualizável do átomo desmorona-se completamente. Einstein nem quer acreditar! Fala-se

em “atom power”. “Poder do átomo”, muitíssima energia contida, para que servirá isso? Rutherford não acredita: “Anyone who expects a source of power from the transformation of atoms is talking

moonshine” (qualquer um que espere que a transformação dos átomos seja uma fonte de energia está a dizer disparates).<sup>25</sup> Como se enganava!



**Figura 7.** Lise Meitner e Otto Hahn rodeados de outros investigadores no *Kaiser Wilhelm Institute* em 1924. De pé, da esquerda para a direita: Pohlmeier, Zanner, Horn, L. Meitner, O. Hahn, K. Fraitag e K. Philipp; sentados: F. Bobek, M. Heidenhain, N. Riehl, Gerschke, Tödt e A. Pütter. Cortesia do *Archiv der Max-Planck-Gesellschaft*, Berlin-Dahlem

Ao longo da década, a visibilidade de Lise Meitner cresce no espaço europeu. O estatuto da mulher evoluíra e Meitner tornara-se um modelo de perseverança para o novíssimo universo feminino de estudantes universitárias. Recebe vários prêmios, entre eles a medalha de prata do famigerado *Leibniz Prize* da Academia das Ciências de Berlim, por proposta de Max von Laue, igualmente assinada por Planck e Einstein, em 1924, e o *Lieben Prize* da Academia de Ciências de Viena, em 1925. Dois anos antes, Otto Hahn fora nomeado pela primeira vez para o Prêmio Nobel da Química (por Max Planck), sozinho...

A primeira nomeação de Lise para o Prêmio Nobel foi em Química, em 1924 e em conjunto com Otto Hahn, por Hans Goldschmidt. De novo o será em 1925, 1929 e várias vezes ao longo dos anos 30, sempre com Hahn, sempre para Química, por Planck e outros cientistas. Depois, para Física ou para Química, só, com Hahn ou com Frisch. Perfez o total de 15 nomeações. Nunca recebeu o Prêmio Nobel.<sup>26</sup>

Na segunda década do século XX publicou 28 artigos, na terceira 44 e na quarta 57, muitos deles em colaboração. Para a época, simplesmente extraordinário! Mas não se pense que Lise Meitner se quedou por aqui. Ao longo da sua vida ofereceu-nos cerca de 130!

Mas não nos precipitemos, os anos 20 foram também férteis em acontecimentos de outra natureza. Em 1922, Otto e Edith Hahn são pais de um rapaz, Hanno;<sup>27</sup> muito naturalmente, Lise será a madrinha. Em 1924 morre a sua mãe. Lise passa algum tempo em Viena e vê, não sem uma ponta de orgulho, a família reunir esforços em torno das suas irmãs mais novas em fase de doutoramento. O seu exemplo frutificara no seio da sua própria família. E não é que o seu sobrinho Otto Frisch também será físico! Em 1927, Frisch decide rumar a Berlim. O que Lise não conseguiu prever foi a importância fundamental que Frisch veio a desempenhar junto dela na decifração que ambos empreenderam da

Cisão Nuclear, muitos anos mais tarde, numa terra distante.

#### 4.2. Os “Transuranianos”

A emergente Física Quântica vive momentos de grande expansão. Surgem teorias de diferentes escolas em simultâneo e os argumentos, a favor e contra de uns e de outros, são, por vezes, mais filosóficos do que científicos. Nos finais dos anos 20, o resultado das investigações sistemáticas de Meitner sobre as propriedades das radiações dos elementos radioativos foram o mote para Wolfgang Pauli (Prêmio Nobel da Física em 1945) propor a existência de uma nova partícula, neutra – o neutrino, o que fez numa famosa carta dirigida a “*Dear Radioactive Ladies and Gentlemen*”<sup>28</sup> Nem o nêutron ainda tinha sido descoberto! Muito trabalho pela frente...

Por volta de 1930 e no decurso da década, a identificação dos produtos resultantes do bombardeamento de átomos pesados com partículas subatômicas surge de Meitner e de Hahn na Alemanha, mas também de Irène e Frédéric Joliot-Curie (Prêmio Nobel da Química em 1935)<sup>29</sup> em França, de Ernest Lawrence (Prêmio Nobel da Física em 1939)<sup>30</sup> nos EUA e de Enrico Fermi (Prêmio Nobel da Física em 1938)<sup>31</sup> em Itália, por vezes com grandes divergências de interpretação. E é de Itália que vem o primeiro alerta: teria Fermi descoberto um novo elemento, um “transurânico”<sup>32</sup> de número atômico 94 ou 95? Ou seria um isótopo do protactínio (número atômico 91), elemento que Lise e Otto tinham descoberto em 1917? Há mais de uma década

que os dois cientistas não faziam trabalho em colaboração, mas ambos consideraram que se justificava abrandar os seus trabalhos individuais e dedicar tempo à análise química e física dos produtos do bombardeamento neutrônico do urânio e do tório. O assistente de investigação Fritz Strassmann (1902-1980), que integrava o Instituto desde 1929, era o colaborador certo.<sup>33</sup>

A crise econômica e o rumo político da Alemanha deixam muitos apreensivos. Em 1933, o novo chanceler chama-se Adolf Hitler. As perseguições começam, mas não é ainda clara a dimensão do que virá a acontecer. Todos os cientistas alemães com antecedentes judeus são afastados dos seus postos de trabalho – mesmo Fritz Haber! Lise, com a sua nacionalidade austríaca e a sua religião protestante, sente-se razoavelmente segura; no entanto, ainda em 1933, é proibida de lecionar na Universidade de Berlim. O sobrinho, Otto Frisch, então com 29 anos, é mais cauteloso e, perante um convite do *Birkbeck College*, ruma à Universidade de Londres. Otto Hahn demite-se da Universidade de Berlim como forma de protesto, embora continue a dar aulas com o estatuto de “professor extracurricular”. Uma certa ambivalência sempre determinou as opções de Hahn... De Planck, como presidente da Academia Prussiana, esperava-se mais. Mas Planck está velho, cansado e triste, escreve fazendo jus aos créditos e à reputação dos cientistas visados, empreende mesmo um frente a frente com Hitler, mas com fraco alento, sem chama... Strassmann, por seu lado, recusa tornar-se membro do Partido Nazi e, por represália, colocam-no em sérias dificuldades financeiras. Lise, a verdadeira alma do Instituto, escuta os problemas pessoais dos seus membros...



Figura 8. Lise Meitner em 1931. Cortesia do *Archiv der Max-Planck-Gesellschaft*, Berlin-Dahlem

Niels Bohr, em Copenhaga é pioneiro no alerta mundial e pede aos cientistas de todo o mundo que auxiliem os colegas alemães destituídos dos cargos. Einstein, que não se coíbia de atacar publicamente a

política seguida pelo governo alemão, é considerada *persona non grata*. Encontrava-se nos EUA. Regressará mais tarde à Europa, mas nunca mais à sua Alemanha.



**Figura 9.** “Structure & properties of the atomic nucleus”, 7ª Conferência Solvay em Física, Bruxelas. Três mulheres estão presentes. Da esquerda para a direita: Irène Joliot-Curie, Marie Curie e Lise Meitner<sup>34</sup>

Lise Meitner continua a trabalhar, mas o afastamento da Universidade, das palestras, de muitas conferências internacionais isolam-na do Mundo. Ressalva seja feita para a sua participação na 7ª Conferência Solvay, em Bruxelas, que teve lugar em 1933. Os bombardeamentos com nêutrons que ela, Hahn e Strassmann realizam, fazem surgir um sem número de substâncias distintas, cada uma com o seu respectivo período de meia-vida. São necessárias separações químicas complexas, contagens radioativas sem descanso, assistentes dia e noite a verificarem resultados. E as explicações nascem como cogumelos... e desfazem-se a olhos vistos. Lise e Otto pensavam, erradamente, que se formava uma verdadeira família de transuranianos. Assim como se pensava inicialmente em Paris e em Roma. Vale a pena lembrar que a química alemã Ida Noddack, logo em 1934, ao analisar os resultados de Fermi, escrevera que “se um núcleo pesado fosse bombardeado com nêutrons, esse núcleo podia quebrar-se em vários grandes fragmentos, que seriam de fato isótopos de elementos conhecidos e não vizinhos dos elementos bombardeados”.<sup>35</sup> Ninguém lhe deu ouvidos. O passar do tempo, porém, com o seu acumular de resultados e a difícil partilha científica vai acentuar divergências e produzir aceras rivalidades. Em 1935 e 1936, Meitner, Hahn e

Strassmann publicam oito artigos sobre os “transuranianos”: o “eka-rênio”, o “eka-ósmio, o eka-irídio... e o seu decaimento radioativo. Mas os seus estranhos períodos de meia-vida não concordam com os obtidos no grupo de Fermi! E mais “transuranianos” emergem dos Joliot-Curie, Progressivamente a interpretação do fenômeno através da formação destes “novos” elementos vai perder adeptos. Lise levou muito tempo, tempo demais, a compreender o seu erro.

## 5. A Fuga

Após a anexação da Áustria pela Alemanha, ocorrida em 1938, Lise Meitner perdeu a proteção da sua nacionalidade. O trabalho no Instituto e até a sua própria vida correm sério risco. O primeiro passo foi abandonar o apartamento e instalar-se num quarto de hotel. Resignar do cargo, apercebe-se Lise, mais dificultaria as suas possibilidades de sair da Alemanha. Espera e tem esperança. Na presidência da Sociedade *Kaiser Wilhelm*, Carl Bosh (Prêmio Nobel da Química em 1931), sucedera a Planck. Grande amigo de Lise, Bosh fá-la sua assistente e tenta obter-lhe

uma autorização de saída do país para países neutros, em situações oficiais. Sem sucesso.

Da Suíça (Zurique) e dos EUA (Chicago) vêm convites formais para lecionar nas suas universidades; e também de Inglaterra. Lise fica sensibilizada, mas não domina bem o inglês, preferiria um lugar onde se falasse alemão. Mas vem também um convite do Instituto de Bohr, na Dinamarca. Lise decide-se por este. O seu passaporte austríaco, porém, caducara e o consulado dinamarquês nega-lhe o visto. Bohr insiste, agora com Siegbahn que, em Estocolmo, supervisiona a construção de um instituto de investigação, adjacente à Universidade; um tanto relutantemente, acede a incluir Lise Meitner entre os seus investigadores. Ao contrário de Bohr, nunca reconhecerá inteiramente a mestria de Lise.

A situação torna-se dramática. Apenas a fuga remanesce como solução – e quanto mais célere, melhor. Dentro da Alemanha, Peter Debye (Prêmio Nobel da Química em 1936), Max van Laue e Adriaan Fokker conjugam esforços com Otto Hahn e conspiram para a sua evasão. Contam com o apoio de Dirk Coster, então professor na Universidade de Groningen. E a fuga vai ser possível via Holanda; e os seus contornos rocambolescos.

Assim escreve Debye de Berlim para Coster, em tradução livre: *O assistente de quem falamos, que parecia ter tomado uma decisão firme (permanecer em Berlim), procurou-me de novo... Se vier a Berlim... como se recebesse um SOS, dar-me-ia a mim e à minha mulher um prazer ainda maior.* Coster entendeu bem a missiva e telegrafou: *Eu vou ver o assistente, e se ele me servir trago-o de volta comigo.*<sup>1-3,36</sup> “Assistente”, “o”, “ele”, códigos para Lise, evidentemente! Coster desloca-se de comboio a Berlim; exausto, passa a noite e o dia seguinte em casa dos Debye. Lise escreve as últimas frases de um novo artigo, despede-se do Instituto e, ajudada por Otto Hahn, arruma alguns haveres. Na manhã seguinte, sai do hotel com enorme discrição e apanha o comboio designado. Coster também o faz, mas, discretamente, segue noutra carruagem; só se lhe juntará após passarem a fronteira, sete horas

depois do embarque. É o dia 13 de julho de 1938, Lise Meitner tem 60 anos e faz muito dificilmente a sua rotura com a Alemanha.

Coster escreve a Hahn, dizendo-lhe que o “bebê” chegou; Hahn replica: *Parabéns. Como se chama a menina?* Todos os cuidados eram poucos... Nem Planck soubera da partida. Choveram cartas de reconhecimento sobre Coster, originadas na comunidade científica internacional. É particularmente interessante a enviada por Wolfgang Pauli, vinda da Suíça, onde lhe diz que ele se tornou tão famoso com o resgate de Lise Meitner, quanto com a descoberta do háfnio!

Umás semanas com os Coster em Groningen, na Holanda, mais outras com o casal Bohr em Copenhaga, alegradas por uma atmosfera familiar e carinhosa, e eis que Lise, mais otimista, parte para o seu novo posto na Suécia, no Instituto de Siegbahn. Estava desejosa de recomeçar o trabalho que deixara incompleto, o trabalho sobre os “transuranianos”. Antes, porém, escreve a Otto Hahn: *... devo esperar para ver o que o futuro traz. Também preciso de calma interior para pensar racionalmente sobre tudo isto.*<sup>37</sup>

## 6. A Cisão Nuclear

Chovem as cartas da Suécia para a Alemanha. Lise sente-se só, não domina a língua, não tem aparelhagem laboratorial adequada ao seu trabalho. Além disso, Siegbahn não se interessa por Física Nuclear e, conseqüentemente, não lhe dá o justo valor. Em Berlim, Hahn e Strassmann continuam a investigação. Convidado por Bohr, Otto Hahn desloca-se a Copenhaga. Lise também. Otto Frisch está, igualmente, em Copenhaga. Discutem amplamente os resultados dos bombardeamentos neutrônicos do urânio. As notícias seguintes vindas de Berlim ainda são mais estranhas: os “isótopos do rádio” comportam-se como bário!

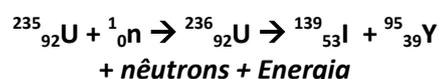
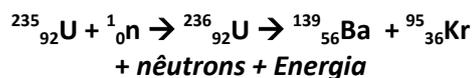
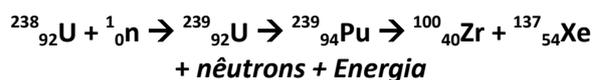


**Figura 10.** Equipamento experimental utilizado por Meitner, Hahn e Strassmann no *Kaiser Wilhelm Institute* de Química em Berlim, atualmente no Museu Alemão de Fissão Nuclear, Fotografia de J. Brew (2006)<sup>38</sup>

O que nos parece óbvio – se se comporta como bário, então é porque deve ser bário – não o era para eles. Vários anos urdindo uma teia de transuranianos tornara-os momentaneamente cegos à evidência. Em dezembro de 1938, em vésperas de Natal, Hahn envia um artigo para publicação sobre o tema; alguns dias depois, telefona para o editor e dita-lhe um parágrafo que deve ser acrescentado. O parágrafo termina assim: *A soma dos números de massa do Ba e do Ma,<sup>39</sup> isto é, 138+101, é 239!* O número de massa do urânio é 238; se lhe somarmos a massa do nêutron de embate... Pura especulação! Mas não o fora também a pirâmide de transuranianos? Depois, e só depois, escreve a Lise a descrever o acontecido... o que ela só receberá bem depois da sua interpretação conjunta com Frisch. Tudo é bem mais complicado do que a simples aritmética apresentada, mas o “ovo de Colombo” já está de pé!

Que Natal estranho! Otto Frisch juntara-se à tia em Kungälv (Suécia), elo de ligação familiar para mais com o seu pai aprisionado. No entanto, são as discussões de Física Nuclear o que mais os aproxima. *Comporta-se como bário*, como será possível? Não poderá um núcleo dividir-se em dois núcleos, tal como uma gota de líquido se pode dividir em duas, apesar da sua tensão superficial? Desembaraçado dos

esquis, Frisch discute com Lise; e concluem... pela *cisão* (ou *fissão*) nuclear. Várias cartas são então trocadas entre Lise e Otto Hahn com vista à publicação dos resultados, mas Hahn já avançara... Acontece que o urânio natural tem vários isótopos. O mais abundante (cerca de 99,3%) tem massa atômica igual a 238 e não sofre diretamente cisão quando bombardeado com nêutrons; no entanto, serve para produzir plutônio (Pu) e, esse sim, sofre cisão. O isótopo de urânio de massa atômica 235 (cerca de 0,7%), por seu turno, sofre cisão. Eis algumas das reações mais importantes que podem ocorrer:



Frisch calculou a energia que poderia ser libertada da fissão do núcleo do urânio; e, já em Copenhaga, identificou experimentalmente muitos dos produtos da cisão. A Física Teórica indicava que os núcleos formados deviam ser ligeiramente mais leves do que

o original. Essa pequeníssima diferença de massa,  $m$ , aplicando a fórmula de Einstein,  $E = mc^2$ , correspondia a uma energia  $E$  da ordem dos 200 milhões de elétrons-volt ( $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ). Simplesmente fabuloso!

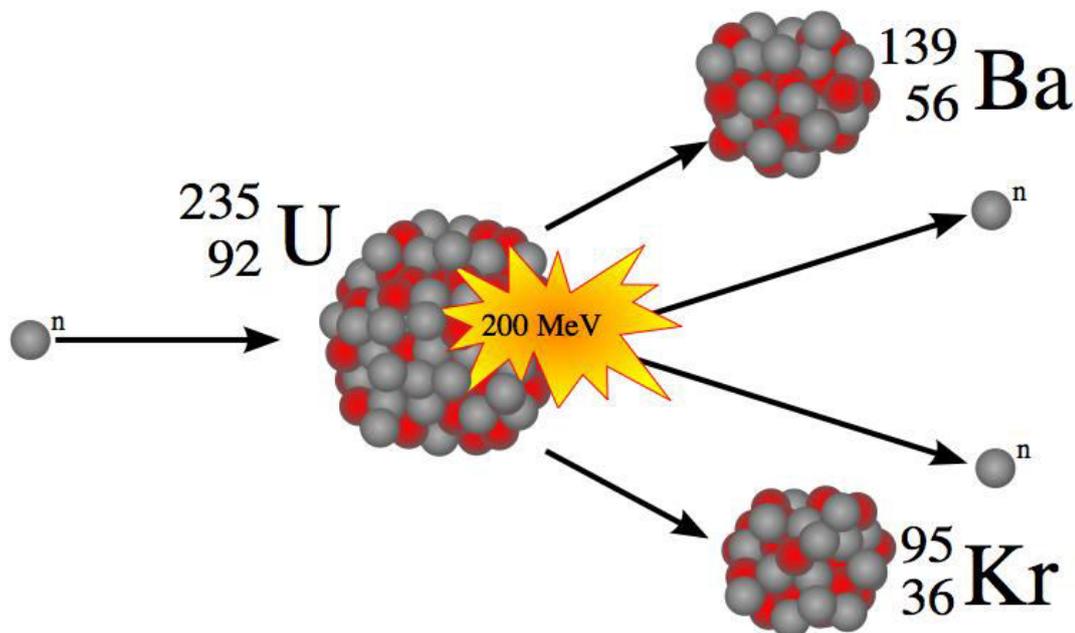


Figura 11. Reação de cisão nuclear do urânio  $^{235}_{92}\text{U}$ <sup>40</sup>

Em fevereiro de 1939, cerca de um mês e meio depois do artigo de Hahn e Strassman ter vindo a público na revista *Die Naturwissenschaften*, a muito conceituada revista *Nature* publica: “*Disintegration of Uranium by Neutrons: A New Type of Nuclear Reaction*” (*Desintegração do Urânio por Nêutrons: Um Novo Tipo de Reação Nuclear*), da autoria de L. Meitner e O. R. Frisch.<sup>41</sup> E mais dois artigos se seguem, discriminando os produtos da cisão e mostrando que outros núcleos pesados (o tório) sofreriam idêntica reação nuclear.

Foi muito difícil para Lise Meitner imaginar o seu confronto com a comunidade científica internacional, uma vez que a reinterpretação das observações eliminava a existência dos seus elaborados transurânicos. Sucedeu, todavia, que o espaçamento de várias semanas entre a publicação do artigo de Hahn e do seu, acompanhado da sua situação atual de isolamento e inferioridade, deixaram-na na sombra. Além disso, um tanto inadvertidamente, Niels Bohr em viagem nos EUA lançara as novas descobertas entre os cientistas ainda em janeiro. Otto Hahn é aplaudido por ter descoberto a cisão nuclear... Otto Hahn, integrado numa instituição cada vez mais nazificada, aceita a deferência e distancia-se de Lise.

Tem medo, medo de perder o emprego, medo de perder o prestígio alcançado.

## 7. Reação em cadeia

A descoberta da cisão do núcleo do átomo provocou uma verdadeira “reação em cadeia”. A corrida a novas experiências e a novos resultados surgiu em muitos laboratórios, em particular, nos EUA, na Alemanha, em França, no Reino Unido e na Dinamarca.<sup>42</sup> Enrico Fermi, nos EUA desde 1938, em fuga ao regime fascista italiano, é um dos mais interessados. No verão de 1939 já tinham sido publicados em revistas científicas da especialidade mais de um milhar de artigos tendo por tema a cisão nuclear e os seus produtos. Sobre o extraordinário potencial energético de tal reação já não restavam quaisquer dúvidas; para o bem ou para o mal... Entretanto, a situação de Lise Meitner pouco ou nada se alterou; Manne Siegbahn quase a ignora.

A Segunda Guerra Mundial surge em força. Ficou famosa a carta que Albert Einstein (instado pelo físico Leo Szilard) escreveu a Franklin Roosevelt, então presidente dos EUA, em agosto de 1939, alertando-o

para as potencialidades da construção de bombas que usassem o princípio da cisão nuclear... nas mãos do inimigo.<sup>43</sup> O Projeto Manhattan é posto em ação; Robert Oppenheimer dirige-o. Lise Meitner não imagina a dimensão que o seu trabalho (e de Hahn, evidentemente) toma. Também não sabe – nem pode saber, que o secretismo era a arma mais poderosa – que o próprio sobrinho, Otto Frisch, está implicado no projeto da bomba atômica pela parte britânica. Sabe, isso sim, que a decifração da cisão nuclear foi uma descoberta científica merecedora do Prêmio Nobel. Mas, nem o Prêmio Nobel da Física nem o da Química é atribuído em 1940, nem em 41, nem em 42.

Uma coincidência feliz e inesperada fez com que Hahn de pudesse deslocar a Estocolmo em 1943, onde discursou sobre cisão nuclear e pôde comemorar o sexagésimo aniversário de Lise. Três anos tinham decorrido sem se verem. Embora nem um nem outro estivesse totalmente a par da evolução dos acontecimentos, a conversa havida fez Lise tomar consciência do quanto a tecnologia tinha avançado, em equipamento e objetivos, muito mais políticos do

que científicos. A Guerra... Lise ficou seriamente deprimida.

Otto Hahn recebeu, sozinho – sem Lise Meitner, nem Fritz Strassmann – o Prêmio Nobel da Química em 1944, “for his discovery of the fission of heavy nuclei” (pela sua descoberta da fissão de núcleos pesados). A separação geográfica dos colaboradores, o exílio científico de Lise e os tempos de guerra podem ter contribuído para que o Comitê científico de atribuição dos prêmios Nobel não se tenha apercebido da real valia da contribuição de Meitner; no entanto, Manne Siegbahn pertencia ao Comitê... Nem todos assim pensaram, todavia, muitos conheciam o real valor de Lise Meitner. Lawrence Bragg, à frente dos destinos do Laboratório Cavendish, convida Meitner a trabalhar em Cambridge. Lise adia, não tem passaporte válido. Também dos EUA vieram convites – estão interessados nas suas competências. Não, decide Lise; prefere ficar mais perto de Bohr, mais perto de Berlim.



**Otto Robert Frisch (1904-1979)** nasceu em Viena, filho do advogado Justinian Frisch e da pianista clássica Auguste (Meitner) Frisch, irmã de Lise. Herdou os dotes musicais da mãe e o gosto pela Física da tia. Graduiu-se na Universidade de Viena em 1926. Desenvolveu investigação em vários laboratórios na Alemanha e, em 1933, decidiu rumar ao Reino Unido, onde ingressou no *Birkbeck College*, em Londres. Em seguida, passou cinco anos em Copenhaga com Niels Bohr, onde se especializou em Física Nuclear. Foi a sua preciosa colaboração com Lise Meitner que permitiu a decifração da “cisão” ou “fissão” nuclear, designação que lhe é devida. Naturalizado britânico, foi participante ativo do Projeto Manhattan de construção da bomba atômica, em Los Alamos, nos EUA. Teve a seu cargo a determinação do justo enriquecimento do urânio de forma a criar a “massa crítica” que provoca a explosiva detonação. De regresso a Inglaterra, lecionou por três décadas em Cambridge.<sup>45</sup>

**Figura 12.** Otto Frisch ao piano em Los Alamos. Cortesia de *Los Alamos National Laboratory Archives*<sup>44</sup>

Em 1945 a humanidade “acordou” com a terrível destruição provocada por duas bombas atômicas lançadas no Japão e a realidade irreversível da dizimação dos judeus nos campos da morte de Hitler. Foi um choque profundo para Lise Meitner. Ainda nesse ano tornou-se cidadã sueca. E, quando abordada por jornalistas sobre o seu trabalho e a bomba atômica, retorque irada que nunca tinha trabalhado em qualquer projeto que envolvesse a construção de uma bomba.

Num rasgo de independência, Lise Meitner dispõe-se a visitar os EUA, a convite da Universidade Católica Americana, onde faz palestras e leciona no

Departamento de Física em Washington; e também em Princeton, Harvard, no MIT... e em *Colleges* femininos onde, para além da cisão nuclear discorre sobre a educação científica das mulheres e a igualdade de oportunidades de gênero em todos os domínios do conhecimento. Foi recebida como uma celebridade pela imprensa americana. O reconhecimento público estava em marcha. Em 1946 é eleita “*Woman of the Year*”, pelo *Women’s National Press Club*. O presidente americano, Harry Truman, e Lise Meitner jantaram na mesma mesa, Lise envergando, como sempre, um clássico e elegante vestido preto adornado por uma gola de renda branca e um colar de pérolas. Truman cometeu um erro: So

*you're the little lady who got us into all of this!*<sup>4</sup> Não, não era...

Da Universidade de Berlim e no *Kaiser Wilhelm Institute* vem a oferta do seu antigo posto de trabalho. Recusa uma, duas, três vezes. Mas retorna à Alemanha quando, em 1949, é distinguida com a medalha Max Planck pela Sociedade Alemã de Física (juntamente com Otto Hahn). Recebe outros convites. Viaja. Recusa ir a Hollywood, mal impressionada que ficara com o filme “Madame Curie”, do realizador Mervyn LeRoy (1943), que considerou desprovido de realidade. Mas teria gostado, decerto, do documentário biográfico dirigido por R. Reed que retrata o caminho científico por ela percorrido (e por Otto Hahn) na descoberta da fissão nuclear.<sup>46</sup> Em 1963, tem 84 anos e está em Viena a comemorar os seus 50 anos de dedicação à Física. Em 1966, com Otto Hahn e Fritz Strassmann, recebeu o prestigiado

prêmio americano Enrico Fermi numa nova deslocação aos EUA – a primeira mulher. Foram várias as universidades que lhe ofereceram doutoramentos honoríficos e academias de grande prestígio que a incluíram como seu membro. Mais tarde, o elemento de número atômico 109, obtido por Peter Armbruster e Gottfried Münzenberg, foi batizado de *Meitnério*, símbolo Mt, em sua honra (1982).

Lise Meitner viveu quase até aos 90 anos de idade; faleceu no dia 27 de outubro de 1968. Após uma queda que lhe quebrou os ossos da bacia em 1960 (o que voltará a acontecer em 1967), abandonara a Suécia e fixara-se em Cambridge (Inglaterra), onde passara a residir perto de Otto Frisch e sua família.

Gravado no seu túmulo, ressaltam as palavras de Frisch:<sup>1,3</sup> “*A physicist who never lost her humanity*”.



**Figura 13.** Lise Meitner e Harry Truman no jantar da cerimônia de entrega dos prêmios *Women's National Press Club* em 1946. Cortesia do Departamento de Física da *The Catholic University of America*



**Figura 14.** Lise Meitner conversando com estudantes do Bryn College, na Pensilvânia, em 1959. Cortesia de AIP Emilio Segre Visual Archives; crédito de Heka Davis<sup>47</sup>

## Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Rife, O., *Lise Meitner and the Dawn of the Nuclear Age*, Birkhäuser Boston: Nova Iorque, 1999. ISBN 0-8176-3732-X; ISBN 3-7643-3732-X.
- <sup>2</sup> Gonçalves-Maia, R., *O Legado de Nobel – Perfis na Ciência do Século XX (1900-1959)*, Escolar Editora: Lisboa, 2008. ISBN-978-972-592-228-6.
- <sup>3</sup> Sime, R.L., *Lise Meitner: A Life in Physics*, University of California Press: Berkeley, 1996. ISBN 0-520-08905-5.
- <sup>4</sup> Foi Harry Truman, o presidente dos EUA responsável pela decisão do lançamento das bombas atômicas no Japão durante a Segunda Guerra Mundial, quem, num jantar formal e a propósito da sua decisão, dirigindo-se a Lise Meitner, exclamou: *So you're the little lady who got us into all of this! (Foi então a pequena senhora quem nos meteu nisto tudo!)*. Como veremos, a exclamação de Truman não podia ser mais infeliz por injusta. Ver referência 1 e também o sítio *Lise Meitner/Jewish Women's Archive*. Disponível em: <<http://jwa.org/encyclopedia/article/meitner-lise>>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>5</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre Viena, século XIX. Disponível em: <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wien\\_K%C3%A4rntner-Hof-Passage\\_1878.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wien_K%C3%A4rntner-Hof-Passage_1878.jpg)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>6</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre a Universidade de Viena. Disponível em: <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universitaet\\_Wien\\_1900.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universitaet_Wien_1900.jpg)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>7</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre Ludwig Boltzmann. Disponível em: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boltzmann-Ludwig.jpg>>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>8</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre Max Planck. Disponível em: <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max\\_Planck\\_%281858-1947%29.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_Planck_%281858-1947%29.jpg)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>9</sup> Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906), o extraordinário cientista austríaco que revolucionou a Termodinâmica e a Estatística, regressara a Viena em 1902 onde lecionou até à sua morte em 1906. Boltzmann suicidou-se, porventura esgotado pelas intermináveis discussões com os seus pares, com Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) em particular. Cercignani, C., *Ludwig Boltzmann: The Man Who Trusted Atoms*, Oxford University Press: Nova Iorque, 1998. ISBN 0-19-850154-4.
- <sup>10</sup> Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) recebeu o Prémio Nobel da Física em 1918 "*in recognition of the services he rendered to the advancement of Physics by his discovery of energy quanta*" (*em reconhecimento pelos serviços prestados ao avanço da Física com a sua descoberta dos quanta de energia*). Sítio do Prémio Nobel: Max Planck. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>11</sup> O físico austríaco Franz Serafin Exner (1849-1926) teve um papel relevante na formação dos seus discípulos. Foi um pioneiro na implementação do estudo universitário de novas áreas científicas, como sejam a Radioatividade, a Espectroscopia e a Electroquímica. Sítio da Wikipédia sobre Franz Exner. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Franz\\_S.\\_Exner](http://en.wikipedia.org/wiki/Franz_S._Exner)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>12</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre Lise Meitner. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lise\\_Meitner12.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lise_Meitner12.jpg)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>13</sup> Mehra, J.; Rechenberg, H.; *The Quantum Theory of Planck, Einstein, Bohr and Sommerfeld: Its Foundation and the Rise of Its Difficulties 1900-1925*, Vol. 1, Parte 1, Springer-Verlag: Nova Iorque, 2001. ISBN 0-387-95174-1.
- <sup>14</sup> Hoffmann, K.; *Otto Hahn: Achievement and Responsibility*, Springer-Verlag: Nova Iorque, 2001. ISBN 0-387-95057-5.
- <sup>15</sup> Hermann Emil Fischer (1852-1919) recebeu o Prémio Nobel da Química em 1902 "*in recognition of the extraordinary services he has rendered by his work on sugar and purine syntheses*" (*em reconhecimento dos extraordinários serviços prestados pelo seu trabalho na síntese de açúcares e de purinas*). Sítio do Prémio Nobel: Emil Fischer. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Processo\\_de\\_Fischer-Tropsch](http://pt.wikipedia.org/wiki/Processo_de_Fischer-Tropsch)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>16</sup> Max Theodor Felix von Laue (1879-1960) foi o cientista que fez incidir raios X sobre cristais e abriu a porta ao desenvolvimento da difratometria de raios X tão cara à determinação de estruturas tridimensionais de moléculas bio-orgânicas. Recebeu o Prémio Nobel da Química em 1914. Sítio do Prémio Nobel. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1914/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1914/)>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>17</sup> Rayner-Cunham, M. F.; Rayner-Cunham, G. W., *A Devotion to Their Science: Pioneer Women of*

*Radioactivity*, Chemical Heritage Foundation: Filadélfia, 2005. ISBN 0-941901-15-7.

<sup>18</sup> Meitner, L. *Phys. Z.* **1907**, *8*, 489.

<sup>19</sup> Hahn, O.; Meitner, L. *Phys. Z.* **1908**, *9*, 321.

<sup>20</sup> Fritz Haber (1868-1934), de origem judaica, foi prêmio Nobel da Química em 1918. Homem sabedor e muito valioso pelas suas ligações à indústria, chamavam-lhe "O Leão", inventou a síntese do amoníaco tão eficaz na produção de nitratos e fertilizantes. Em 1915, a mulher de Haber, Clara Immerwahr, a primeira doutorada em Química pela Universidade de Breslau, horrorizada com a intervenção do marido na guerra, cometeu suicídio. O filho de ambos, Hermann, que emigrou para os EUA durante a Segunda Guerra Mundial, suicidou-se em 1946. Haber o homem que ofereceu à Alemanha os gases venenosos da Primeira Guerra Mundial, será afastado do Instituto em 1933 devido ao nazismo anti-judaico e, apesar de ter havido uma espécie de contra-ordem, retira-se, acabrunhado. Enquanto descansa uns dias na Suíça antes de se dirigir para Rehovot na Palestina, onde provavelmente aceitaria um lugar de investigador sênior, morre subitamente de ataque cardíaco (janeiro 1934). Stoltzenberg, D., *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew*, Chemical Heritage Foundation: Filadélfia, 2004. ISBN 0-941901-24-6.

<sup>21</sup> O filho mais velho de Planck, Karl, perdeu a vida na guerra em 1916, e as duas filhas gêmeas, grandes amigas de Lise, morreram ambas de parto: Margarete, em 1917, e Emma, que entretanto cuidava do sobrinho e casara com o viúvo, em 1919. O filho mais novo, Erwin, foi preso e libertado depois de finalizar a guerra. Mais tarde, revoltado com a política de Hitler, entrou numa conspiração contra a vida do Führer, foi apanhado e fuzilado em 1944. Heilbron, J. L.; *Dilemmas of an Upright Man: Max Planck and the Fortunes of German Science*, Harvard University Press: Cambridge, 2000. ISBN 0-674-00439-6.

<sup>22</sup> Sítio AIP Emilio Segre Visual Archives. Disponível em: <<http://photos.aip.org/quickSearch.jsp?qsearch=lise+meitner&group=10&Submit=GO>>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>23</sup> Niels Bohr (1885-1962) recebeu o Prêmio Nobel da Física em 1922 "for his services in the investigation of the structure of atoms and of the radiation emanating from them" (pelos serviços prestados na investigação da estrutura dos átomos e da radiação que deles emana). Sítio do Prêmio Nobel: Niels Bohr. Disponível em:

<[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1922/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>24</sup> Pais, A.; *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity*, Oxford University Press: Oxford, 1991. ISBN 0-19-852048-4.

<sup>25</sup> Reeves, R.; *A Force of Nature: The FronYer Genius of Ernest Rutherford*, W.W. Norton & Company: Nova Iorque, 2008. ISBN 978-0-393-05750-8.

<sup>26</sup> Hargittai, I.; *The Road to Stockholm: Nobel Prizes, Science, and Scientists*, Oxford University Press: Nova Iorque, 2002. ISBN 0-19-850912-X.

<sup>27</sup> Hanno Hahn, filho único, perdeu um braço durante a Segunda Guerra Mundial; ele e sua mulher morreram num desastre de automóvel em 1960, em França. Os pais nunca recuperaram desta tragédia familiar. Sítio da Wikipédia: Hanno Hahn. Disponível em: <[http://de.wikipedia.org/wiki/Hanno\\_Hahn](http://de.wikipedia.org/wiki/Hanno_Hahn)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>28</sup> A hipótese pioneira da existência do neutrino deve-se a Wolfgang Pauli. Só foi experimentalmente confirmada cerca de 23 anos depois. A carta original datada de 4 de dezembro de 1930, traduzida para inglês, encontra-se disponível em <<http://www.symmetrymagazine.org/cms/?pid=1000450>>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>29</sup> Sítio do Prêmio Nobel: Irène e Frédéric Joliot-Curie. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>30</sup> Sítio do Prêmio Nobel: Ernest Lawrence. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>31</sup> Sítio do Prêmio Nobel: Enrico Fermi. Disponível em: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>32</sup> Consideram-se elementos transuranianos todos os elementos que apresentam número atômico superior a 92, isto é, superior ao número atômico do urânio. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Transuranium\\_element](http://en.wikipedia.org/wiki/Transuranium_element)>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>33</sup> *Otto Hahn, Lise Meitner and Fritz Strassman, Chemical Achievers – The Human Face of the Chemical Sciences*. Disponível em: <<http://www.chemheritage.org/classroom/chemach/atomic/hahn-meitner.html>>. Acesso em: 09 maio 2012.

<sup>34</sup> Sítio da Wikipédia sobre as Conferências Solvay.

- Disponível em: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solvay1933\\_Large.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solvay1933_Large.jpg). Acesso em 09 maio 2012.
- <sup>35</sup> Noddack, I. *Angew. Chem.* **1934**, *47*, 653. [CrossRef]
- <sup>36</sup> Sime, R. L. *Am. J. Phys.* **1990**, *58*, 263. [CrossRef]
- <sup>37</sup> Krafft, F. *Angew. Chem. Int. Ed. Eng.* **1978**, *17*, 826. [CrossRef]
- <sup>38</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre fissão nuclear. Disponível em: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear\\_Fission\\_Experimental\\_Apparatus\\_1938\\_-\\_Deutsches\\_Museum\\_-\\_Munich.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_Fission_Experimental_Apparatus_1938_-_Deutsches_Museum_-_Munich.jpg). Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>39</sup> Em 1925, Ida Noddack, o seu marido Walter Noddack e Otto Berg comunicaram a descoberta dos elementos de número atômico 43 e 75 obtidos a partir do urânio. Chamaram ao primeiro *masurium* (Ma), da região de Masúria na Prússia donde era originário Walter, e ao segundo *rhenium* (rênio – Re), como o nome do rio Reno. O *masurium* não mais foi detectado. Atualmente, a descoberta do elemento 43 é creditada aos italianos por nascimento Carlo Perrier e Emilio Segrè que o obtiveram, em 1937, através de um ciclotron. Tem o nome de tecnécio (Tc). Zingales, R. *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 221. [CrossRef]
- <sup>40</sup> Sítio da Wikimedia Commons sobre fissão nuclear. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kernspaltung.svg>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>41</sup> Meitner, L.; Frisch, O. R. *Nature* **1939**, *143*, 339. [CrossRef]
- <sup>42</sup> *From Nuclear Transmutation to Nuclear Fission, 1932-1939*, ed. Per F. Dahl., IOP Publishing: Bristol, 2002. ISBN 0-7503-0865-6.
- <sup>43</sup> Sítio sobre as Cartas de Einstein para Roosevelt. Disponível em: <http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml#first>. Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>44</sup> Sítio dos Arquivos de *Los Alamos National Laboratory*. Disponível em [http://www.lanl.gov/history/gallery.php?story\\_id=8&page\\_num=1&row\\_num=0&photo\\_id=84](http://www.lanl.gov/history/gallery.php?story_id=8&page_num=1&row_num=0&photo_id=84). Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>45</sup> Frish, O. R.; *What Little I Remember*, Cambridge University Press: Cambridge, 1980. ISBN 0-521-28010-9.
- <sup>46</sup> *The Path to Nuclear Fission – The Story of Lise Meitner and Otto Hahn*, dir. Reed, R., 2010. Disponível em: [http://www.amazon.com/gp/product/B004EPODZU/ref=pd\\_lpo\\_k2\\_dp\\_sr\\_2?pf\\_rd\\_p=1278548962&pf\\_rd\\_s=lpo-top-stripe-1&pf\\_rd\\_t=201&pf\\_rd\\_i=0750308656&pf\\_rd\\_m=ATVPDKIKX0DER&pf\\_rd\\_r=0ERQCFC24REOX3KG5JKQ](http://www.amazon.com/gp/product/B004EPODZU/ref=pd_lpo_k2_dp_sr_2?pf_rd_p=1278548962&pf_rd_s=lpo-top-stripe-1&pf_rd_t=201&pf_rd_i=0750308656&pf_rd_m=ATVPDKIKX0DER&pf_rd_r=0ERQCFC24REOX3KG5JKQ). Acesso em: 09 maio 2012.
- <sup>47</sup> Sítio *AIP Emilio Segre Visual Archives*. Disponível em: <http://photos.aip.org/quickSearch.jsp?qsearch=lise%20meitner&group=20>. Acesso em: 09 maio 2012.