



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS - CCENT  
LICENCIATURA EM FÍSICA

# **Hedwig Kohn e o pioneirismo feminino na Física**

ANA BEATRIZ MONTEIRO DOS SANTOS

Imperatriz - MA  
2023

ANA BEATRIZ MONTEIRO DOS SANTOS

# Hedwig Kohn e o pioneirismo feminino na Física

Monografia apresentada ao curso Licenciatura em Física do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Física

Orientadora      Profa. Dra. Gisele Bosso de Freitas

Fevereiro de 2023

S237h

Santos, Ana Beatriz Monteiro dos

Hedwig Kohn e o pioneirismo feminino na Física / Ana Beatriz Monteiro dos Santos – Imperatriz, MA, 2023.

33 f.; il.

Monografia (Curso de Licenciatura em Física) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2023.

1. Física. 2. Feminismo na física. 3. Hedwig Kohn. I. Título.

CDU 53

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Raniere Nunes da Silva CRB13/729**

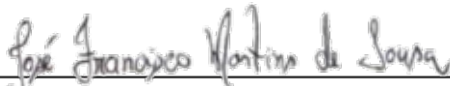
CCENT - Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física intitulado **Hedwig Kohn e o pioneirismo feminino na Física** de autoria de Ana Beatriz Monteiro dos Santos, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



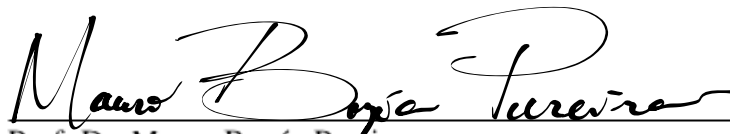
---

Profa. Dra. Gisele Bosso de Freitas  
Orientadora



---

Profº Me. José Francisco Martins de Sousa  
Instituto Federal do Maranhão - Campus Pedreiras



---

Prof. Dr. Mauro Bogéa Pereira  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-  
Campus 1 - Imperatriz

# AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida. Agradeço à minha família, em especial a minha mãe, Rizonete, minha avó, Maria das Graças e as minhas irmãs, Geovanna e Jhennifer, por todo incentivo e apoio durante esses anos. Sem vocês certamente eu não teria chegado até aqui. Agradeço meu avô Agenor (in memoriam), meu maior incentivador na busca do conhecimento, pelo o cuidado e amor dado a mim, durante sua passagem aqui na Terra. Agradeço ao meu namorado, Joás, pelo suporte e por ser tão companheiro e paciente. Obrigada por acreditar em mim, mesmo nos momentos que nem eu acreditei.

Um agradecimento especial a minha professora orientadora, Gisele, que me inspira a ser uma mulher cientista. Que durante esse tempo de graduação nos mostrou o mundo incrível da Física. Meus agradecimento também ao professor Mauro, pelos seus ensinamentos e contribuições para minha formação. Não poderia deixar de agradecer também o professor Clóvis, infelizmente não tive a honra de ser sua aluna em sala de aula, porém, tive a oportunidade de aprender fora dela. Sou imensamente grata por ter sido aluna de pessoas e profissionais maravilhosos.

Agradeço aos meus amigos de graduação Liliana, Gabriel, Andressa, Bianca, Thiago, Matheus, Erick, por toda ajuda nessa caminhada tão árdua, que é o curso de Física, obrigada por todas as risadas e momentos incríveis, minha experiência na universidade, sem dúvida, foi a melhor por causa de vocês. Agradeço à todos os meus amigos por participarem dos melhores momentos da minha vida. Também quero agradecer à Universidade da Região Tocantina do Maranhão, pelo apoio financeiro parcial.

Agradeço à todas as mulheres cientistas que fizeram e que fazem parte do desenvolvimento das ciências.

“A vida não precisa ser fácil; o que importa é que não seja vazia. E este desejo me foi concedido.” (Lise Meitner)

## RESUMO

No presente trabalho foi desenvolvido um estudo para retratar mulheres que foram importantes para o desenvolvimento da pesquisa nas ciências exatas e que por muitas vezes não foram valorizadas e nem reconhecidas, para isso vamos relatar sobre a vida e a obra de Hedwig Kohn (1887-1964), umas das primeiras mulheres a obter habilitação em Física na Alemanha, colaborou para o desenvolvimento da pesquisa sobre espectroscopia. Além disso, vamos fazer um breve resgate da participação das mulheres na Física, refletindo sobre os motivos para o baixo envolvimento de meninas nas ciências exatas. Para esse estudo, foi realizada uma revisão qualitativa da literatura utilizando artigos, livros e dissertações, a maioria em língua estrangeira, para pesquisar a cerca de gênero e ciência. Este estudo possibilitou o resgate histórico da vida e obra de uma mulher cientista, pouco citada na história da Física Moderna e cuja tradução para a língua portuguesa que poderá influenciar várias outras meninas a seguirem carreira nas ciências exatas, em particular, na Física.

**Palavras-chave:** <Gênero>, <Mulheres nas ciências>, <Feminista>,<Mulheres na física>.

## ABSTRACT

In the present work, a study was developed to portray women who were important for the development of research in the exact sciences and who were often not valued or recognized, for this we will report on the life and work of Hedwig Kohn (1887-1964) , one of the first women to obtain a degree in Physics in Germany, collaborated for the development of research on spectroscopy. In addition, we will make a brief review of women's participation in Physics, reflecting on the reasons for the low involvement of girls in the exact sciences. For this study, a qualitative review of the literature was carried out using articles, books and dissertations, mostly in a foreign language, to research about gender and science. This study enabled the historical rescue of the life and work of a female scientist, little mentioned in the history of Modern Physics and whose translation into Portuguese could influence several other girls to pursue a career in the exact sciences, in particular, in Physics.

**Key-words:** <Genre>, <Women in science>, <Feminist>, <Women in physics>.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Efeito tesoura: Bolsas de Iniciação científica júnior (ICj), iniciação científica (IC), mestrado (M), doutorado (D) e produtividade em pesquisa (PQ). Mulheres representadas pela cor laranja e os homens pela cor lilás . . . . .	18
Figura 2.2 – Conferência de Solvay de 1911. . . . .	19
Figura 2.3 – Conferência de Solvay de 1933. . . . .	19
Figura 2.4 – Conferência de Solvay de 2017. . . . .	20
Figura 3.1 – Hedwig Kohn no Instituto de Física da Universidade de Breslau. . . . .	22
Figura 3.2 – Hedwig Kohn e sua família . . . . .	24
Figura 3.3 – Hedwig Kohn na Alemanha em 1929. . . . .	24
Figura 3.4 – Hedwig Kohn em Durham, Carolina do Norte. . . . .	24
Figura 3.5 – Esquema de um espectrômetro de absorção atômica com chamas . . . . .	26
Figura 3.6 – Partes do artigo. . . . .	28
Figura 3.7 – Esquema do queimador de chama . . . . .	28



# 1 INTRODUÇÃO

A presença das mulheres no meio acadêmico sempre foi minoria, desde o seu ingresso no ensino básico até sua chegada no ensino superior. A participação das meninas nas escolas em meados do século XVIII, no Brasil, era baseada apenas na formação doméstica, enquanto os meninos eram incentivados a explorar problemas lógicos e científicos (BARBOSA; LIMA, 2013).

A inclusão das mulheres no mercado de trabalho foi marcada pela exploração, condições insalubres de trabalho e baixa remuneração. Além disso, continuava sendo a principal responsável dos afazeres domésticos. De acordo com Moraes (2012): “o estereótipo da mulher submissa foi substituído, em grande medida, pelo da mulher múltipla”. Nos dias de hoje não é diferente, ainda vemos a discrepância entre a qualidade de trabalho entre homem e mulheres, vemos mulheres exercendo os mesmos trabalhos, com as mesmas qualificações que os homens, porém, recebendo bem menos (ROCHA, 2019). Em 2022, foi estabelecido o Programa Emprega + Mulheres, consolidada pela lei Nº 14.457, conforme o Art.30º:

“Às mulheres empregadas é garantido igual salário em relação aos empregados que exerçam idêntica função prestada ao mesmo empregador, nos termos dos arts. 373-A e 461 da Consolidação das Leis do Trabalho, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943.”(BRASIL, 2022)

A lei garante a igualdade salarial entre homens e mulheres, e estimula as mulheres a exercerem cargos onde a baixa participação feminina não é evidente, uma vez que, para exercer uma determinada função devem ser considerados as habilidades do indivíduo, em ser criativo, comunicativo, inovador, entre outros atributos que não são definidos pela características biológica. (ADICHIE, 2015).

Com isso, é notável que a sociedade realiza uma divisão sexual de trabalho, em que, designam trabalhos que são feitos para homens e trabalhos feitos para mulheres. Para muitos, o estudo de ciências é para homens e as mulheres devem seguir áreas distintas, realizar trabalhos ditos como femininas (CARTAXO, 2012). Por conta disso, as mulheres pioneiras na área das ciências, sobretudo na Física, enfrentaram muitos desafios e até mesmo foram apagadas da história.

Neste trabalho será desenvolvido um estudo da vida e da obra de Hedwig Kohn (1887-1964) e mostrar sua importância para o desenvolvimento da pesquisa sobre espectroscopia. Além disso, apresentaremos mulheres que contribuíram para o desenvolvimento nas ciências exatas e que não foram valorizadas por serem consideradas intelectualmente inferiores (CARTAXO, 2012).

Sendo umas das primeiras mulheres a receber o título de graduação em física, na Alemanha, Hedwig Kohn, viveu em um período marcado pela primeira e segunda guerras mundiais, que foram acontecimentos importantes em sua carreira científica, visto que, durante a primeira guerra, ela tornou-se assistente substituta, onde lecionou e orientou alunos do doutorado, pois, seus colegas foram convocados para as pesquisas de guerra. (WINNEWISSER, 2003). Na Segunda Guerra Mundial, Kohn sofreu perseguição do regime nazista devido sua origem judaica e foi dispensada das suas atividades na Universidade, obtendo ajuda de alguns amigos conseguiu refúgio nos Estados Unidos, onde ela pôde dar continuidade na sua pesquisa e viver seus últimos anos de vida (WINNEWISSER, 1999).

Durante a Segunda Guerra Mundial, as mulheres eram condicionadas a exercer apenas atividades domésticas e cuidados dos filhos. Muitas mulheres cientistas foram proibidas de lecionar nas Universidades, como Hedwig Kohn (1887-1964) e Lise Meitner (1878-1968). Meitner, assim como Kohn, foi umas das primeiras mulheres a possuir formação em Física na Alemanha. Lise Meitner (1878-1968) foi pioneira nos estudos sobre fissão nuclear, no entanto, sua contribuição não foi reconhecida em um trabalho publicado pelo químico Otto Hahn (1879-1968), pois, Hahn teve receio de incluir uma mulher judia como colaboradora (MIZRAHI, 2005).

A presença das mulheres no meio acadêmico vêm crescendo no decorrer dos séculos, grande parte dos discentes no ensino superior é formado pelo público feminino. Entretanto, quando olhamos para as áreas de STEM, abreviação do termo inglês Science, Technology, Engineering and Mathematics, as mulheres ainda são minoria. E essa diminuição é ainda mais perceptível quando analisamos a participação feminina no mestrado e/ou doutorado. Um dos motivos para essa baixa presença feminina decorre pelo impasse entre escolher ser mãe ou realizar pesquisa. E que dificilmente os homens pensam ou fazem esse tipo de escolha (UNESCO, 2018).

De acordo com um documento publicado pela UNESCO, parte da Agenda Global da Educação 2030, intitulado “Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática”(Mulheres em STEM), aproximadamente 32% das mulheres cientistas estão na área de Ciências Exatas e são colocados os fatores individual, familiar, de pares, escolar e social como influenciadores para a participação, o avanço e o desempenho de meninas e mulheres na educação em STEM (UNESCO, 2018).

As mulheres enfrentam diversas dificuldades por seguirem a carreira de pesquisa na área de ciências exatas, pois acreditam que esse ambiente é majoritariamente masculino. Os meninos são educados desde de criança a construir, pesquisar e explorar; por uma razão histórico-cultural as meninas “são educadas para o cuidado”(BARBOSA; LIMA, 2013).

Na história, houve diversas mulheres cientistas que tiveram dificuldades ao longo das suas carreiras e uma das mais comuns entre elas, sem dúvida, foi a falta de reconhecimento. Há muitas cientistas que não receberam o seu verdadeiro reconhecimento, dentre elas podemos citar

a física Lise Meitner (1878-1968), pioneira no estudo da fissão nuclear, que ao longo da sua carreira foi desencorajada a continuar suas pesquisas. Formada em Física pela Universidade de Viena, Meitner, desde sua juventude demonstrou interesse pelos estudos em ciência. Tornou-se doutora em 1905, entretanto, a participação das mulheres como docentes nas universidades não era permitido, com isso, decidiu mudar-se para Berlim, para trabalhar e desenvolver suas pesquisas na área de radioatividade, contudo ela não era bem recebida, mesmo oferecendo apoio como voluntária nos laboratórios, ela foi rejeitada. Com indicações do físico Heinrich Rubens (1865-1922), conheceu o químico Otto Hahn (1879-1968) e com ele desenvolveu pesquisas colaborativas, principalmente no estudo de fissão nuclear. Hahn foi laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1944, pela descoberta da fissão, porém, Meitner foi excluída do trabalho e do prêmio (LIMA, 2019).

E a matemática alemã Emmy Noether (1882-1935), que contribuiu na área de física teórica e álgebra abstrata. Noether dava aulas de francês e inglês na escola para meninas da Baviera, porém, seus interesses eram os estudos em matemática. Sendo assim, ela começou a participar das aulas mesmo sem expectativa de receber titulação, pois em 1900 a participação formal das mulheres nas universidades alemãs não era permitida. Apesar das dificuldades, Emmy defendeu sua dissertação em 1907. Foi convidada por colegas para contribuir nos estudos sobre relatividade geral, desenvolvendo o primeiro Teorema de Noether. Emmy Noether dedicou sua vida à pesquisa sem receber salário por alguns anos (PATRAO, 2015); entre outras grandes mulheres cientistas, como a própria Kohn, que teve seu nome excluído das contribuições em espectroscopia de chama.

Diante desse contexto, pretende-se motivar meninas a serem futuras cientistas, em particular, na Física. Apresentando o trabalho pioneiro e de grande importância para o desenvolvimento da ciência. Além disso, desmistificar o estereótipo de que cientista é apenas homem, branco, velho e de aparência desleixada.

Este trabalho propõem-se a investigar e compilar informações sobre a vida e a obra de Hedwig Kohn e os desdobramentos de suas contribuições para a Física. Trazendo para a língua portuguesa um exemplo de cientista que contribuiu para as bases da ciência moderna como forma de exemplificar e incentivar a carreira científica para as meninas brasileiras.

Para a realização deste trabalho, fizemos um estudo de revisão bibliográfica da literatura, acerca dos conhecimentos nos estudos sobre gênero e ciência, que nos possibilitaram analisar sobre a participação de mulheres nas ciências exatas, quais as maiores dificuldades para seguir carreira e realizar pesquisa na academia. Além disso, realizamos uma investigação acerca da vida e trajetória científica da física Hedwig Kohn (1887-1964), para registrar a sua importância e contribuições para o desenvolvimento da Física Moderna. Para isso, pesquisamos em artigos, livros, dissertações, entre outros trabalhos científicos, que tratam sobre os temas: gênero e ciência, mulheres na física e da história da vida e da obra de Hedwig Kohn. Utilizando os descritores relacionados à temática, nas bases de dados do Google Acadêmico e Scielo, além do

repositório da Niels Bohr Library.

Em seguida, efetuamos a seleção dos materiais, para analisarmos os trabalhos acadêmicos relevantes e que contribuíssem para o nosso estudo. Esta análise foi feita por meio da leitura e revisão dos materiais, com a intenção de avaliarmos e definirmos a importância de cada trabalho. Finalmente, selecionamos os materiais utilizados neste estudo.

## 2 PAPEL DA MULHER NA SOCIEDADE

O sistema social em que o homem, de modo predominante, ocupa maior espaço no poder político, na liderança, que exerce autoridade sobre sua família é definido como patriarcado (LERNER, 2019). Um sistema cultural injusto, no qual, define o papel do indivíduo na sociedade de acordo com o gênero. As mulheres são as mais afetadas por esse sistema desigual, mesmo que na constituição de 1988 Art.5º garanta que “Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza.”(BRASIL, 1988). Entretanto, as mulheres ainda sofrem discriminação e violência, sendo elas física, moral, patrimonial, sexual e psicológica (PENHA, 2023). De acordo com o Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2022, houve 8.376 registros de violência contra a mulher em 2020, já em 2021 foram registrados 7.271, no estado do Maranhão (FBSP, 2022). Mesmo com a diminuição nos números, ainda temos um alto índice de registro de violência contra a mulher, consequência de uma sociedade marcada pelo patriarcado.

As mulheres não possuíam nenhum direito, viviam às sombras dos pais ou maridos, cumprindo apenas os seus deveres domésticos, desde crianças sendo ensinadas a cuidar do lar, serem boas esposas e serem cuidadosas com sua aparência, sempre buscando um bom casamento. As mulheres eram tidas como propriedade de seus maridos. Com o tempo, as mulheres começaram a criar movimentos, que proporcionaram o direito delas de serem indivíduos participantes na sociedade. (MORAES, 2012).

Ouve-se muito sobre o movimento feminista e sua importância para a liberdade e igualdade do direito da mulher, pelo voto, pela educação, ingresso ao mercado de trabalho. No século XIX, iniciou-se a chamada primeira onda do feminismo, onde houve grandes mulheres que lutaram e deram até suas vidas pelo movimento feminista (PINTO, 2010, p.15) e até hoje ainda se tem um longo caminho para percorrer para a liberdade e igualdade de mulheres, que gerou a segunda e terceira onda do movimento com novas vertentes. É importante ressaltar que:

O feminismo aparece como um movimento libertário, que não quer só espaço para a mulher – no trabalho, na vida pública, na educação –, mas que luta, sim, por uma nova forma de relacionamento entre homens e mulheres, em que esta última tenha liberdade e autonomia para decidir sobre sua vida e seu corpo (PINTO, 2010)

Devemos tratar as mulheres como seres pensantes, capazes de tomar suas próprias decisões sobre sua vida e que são qualificadas para exercer suas escolhas profissionais. Temos que incentivar nossas meninas a almejem a sua liberdade e desejo para a equidade de gênero. Os trabalhos e atividades não podem estar relacionados com a forma que esse indivíduo se identifica, mas sim, pela sua competência e suas habilidades (MORAES, 2012).

A participação das mulheres nas ciências por muito tempo, foi apagada, entretanto, hoje,

temos vários estudos direcionados ao resgate histórico das mulheres na ciência (LIMA, 2019; SAITOVITCH et al., 2015; FILHO; SILVA, 2019; PATRAO, 2015), que tratam sobre gênero e ciência, as dificuldades enfrentadas por essas mulheres e suas contribuições científicas, que por muito tempo foram desprezadas. Grande parte dessas pesquisas são feitas por outras mulheres, porque, sabem da importância da representatividade nessas áreas da STEM.

## **2.1 A PARTICIPAÇÃO FEMININA NA FÍSICA**

Por muito tempo, meninas não frequentavam a escola, não tinham acesso a educação formal, eram educadas e ensinadas para cuidarem do lar, do futuro marido e dos filhos. Dedicavam-se apenas às atividades domésticas, enquanto os meninos frequentavam escolas, para obter conhecimentos lógicos, e se tornarem futuros médicos e advogados e cientistas. Desde então, foram sendo definidas atividades ditas como femininas e masculinas, as quais, todos tinham que seguir de acordo com seu gênero e seu lugar na sociedade. (BARBOSA; LIMA, 2013).

Com o passar do tempo, houveram diversas mudanças relacionadas à educação das mulheres, para que, meninas pudessem frequentar a escola. No Brasil, o ingresso de meninas nas escolas dá-se em meados do século XVI e XVII, no qual as moças eram ensinadas a ler e escrever, porém, suas atividades eram direcionadas ainda para as atividades domésticas. Entretanto, ocorram transformações neste cenário, havendo a possibilidade de novas oportunidades na educação de meninas. Após os movimentos feministas, às mulheres tiveram seu direito ao acesso ao ensino superior concedida. (BARBOSA; LIMA, 2013)

De acordo com Almeida e Zanello (2022) a universidade é um lugar amplo de desenvolvimento do conhecimento, pesquisa e inovação, capaz de formar notáveis profissionais, contudo, ainda permeia a desigualdade de gênero, tornando-se um ambiente sexista, impossibilitando às mulheres ocuparem lugares de prestígio na academia. Mesmo com o aumento de mulheres nas universidades, ainda temos um espaço predominantemente masculino, com barreiras que sustentam o estereótipo que a mulher é um indivíduo inferior.

Medicina e Direito, eram os cursos mais escolhidos pelas mulheres, por serem uma área mais social e humana, que muitos denotavam ser apropriados às mulheres (BARBOSA; LIMA, 2013), assim como o magistério, pois, afirmavam que por causa da sua natureza delicada e pelo seu instinto de cuidado, elas eram adequadas para este tipo de trabalho (YANNOULAS, 2013). Diferentemente nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática - STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics, em inglês), era considerada inadequada para as mulheres. A primeira mulher a obter o título de graduação em Física no Brasil, em 1937, foi Yolande Monteux (1910-1998) que formou-se em física pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP, atuando principalmente como pesquisadora na área de Raios Cósmicos

(YANNOULAS, 2013).

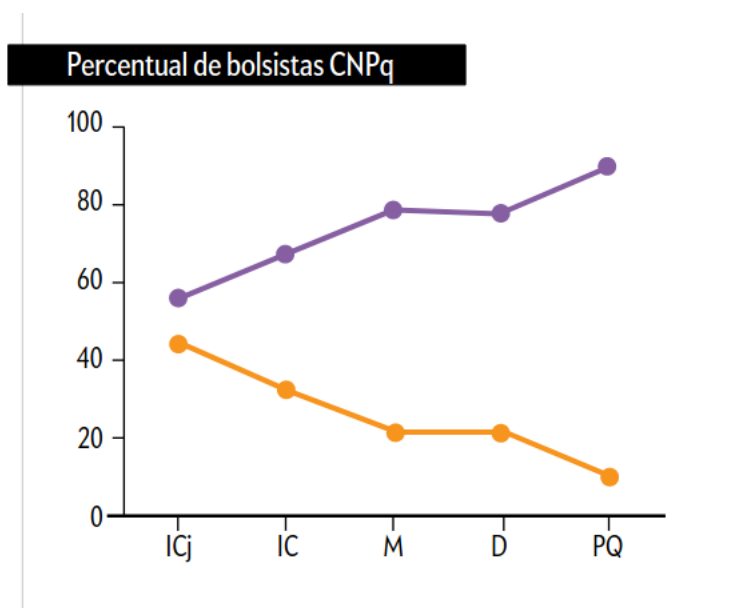
Apesar do direito, concedido às mulheres, ao acesso no ensino superior, elas ainda são desencorajadas a seguir carreira nas áreas de STEM, como é o caso da física brasileira Sonia Guimarães, primeira mulher negra doutora em física no Brasil. Sonia foi uma aluna que destacava-se nas disciplinas de exatas, seu sonho era cursar engenharia, porém, foi orientada por um professor a buscar um curso menos concorrido, então sua escolha foi a Física. Sendo uma das poucas mulheres da sua turma, sofreu discriminação por sua cor e gênero. Em meio as dificuldades, ela se tornou doutora pela *The University Of Manchester Institute Of Science And Technology*, Inglaterra. Em 1993 tornou-se a primeira professora negra do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Atua na área de Física aplicada com propriedades eletrônicas de ligas semicondutoras (SANZ, 2017; ARCHIVE, 2014)

Se compararmos com o ingresso das mulheres no ensino superior nas áreas de humanas e sociais, podemos observar que a participação de mulheres na física e ciência em geral foi tardia. Por esse motivo, a física foi se tornando um ambiente cada vez mais masculino. Em razão disso muitas jovens mulheres foram desencorajadas a seguir carreira nas ciências, porque, por muito tempo se acreditava que as mulheres era incapazes de desenvolver pensamentos críticos e de raciocínio lógico (LIMA, 2019). Há diversas dificuldades que impedem as mulheres continuarem seguindo carreira, uma delas é a dificuldade de conciliar a vida pessoal com a profissional. É importante salientar que a participação das mulheres diminui conforme aumenta sua qualificação (SAITOVITCH et al., 2015), esse fenômeno é conhecido como efeito tesoura e como exemplo, apresentamos a figura 2.1 com os dados de bolsistas do CNPq, que mostra que à medida que a mulheres aumentam sua titulação, menor se torna a sua participação na pesquisa no Brasil. (MENEZES; BRITO, 2017).

Como forma de incentivar e promover as mulheres nas ciências, há diversas instituições que concedem prêmios às mulheres que destacaram-se ao longo do ano. Iniciativas como, L'Oréal-ABC-Unesco (L'OREAL, 1998) e *Nature Inspiring Women in Science* (AWARDS, 2023) são prêmios oferecidos para mulheres que possuem o doutorado e que contribuíram para o desenvolvimento científico. Há também o Prêmio Carolina Bori Ciência & Mulher, oferecido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que é voltado para meninas e mulheres que tiveram destaque nos seus desempenhos. (SBPC, 2019)

No geral, os pesquisadores em física têm sido estereotipados ao longo do tempo nas mídias, como homem, velho, branco, que não liga para sua aparência e que vive solitário em um laboratório, imagem, esta, que não atrai a maioria das meninas que não se veem fazendo parte de tal realidade, porque não mostram-lhes mulheres cientistas e suas contribuições para que haja representatividade. Na história da física houve mulheres que fizeram parte do desenvolvimento da física e que foram pioneiras em suas áreas, porém, sofreram discriminações por serem mulheres e não receberam o devido reconhecimento, como é o caso da física alemã, Lise Meitner (1878-1968), que apesar da sua participação e contribuições nos estudos de fissão nuclear, não

**Figura 2.1** – Efeito tesoura: Bolsas de Iniciação científica júnior (ICj), iniciação científica (IC), mestrado (M), doutorado (D) e produtividade em pesquisa (PQ). Mulheres representadas pela cor laranja e os homens pela cor lilás



Fonte: Menezes, 2017

foi laureada com o Prêmio Nobel em Física (LIMA, 2019). Podemos notar ainda, na história recente, a exclusão das mulheres na física nos grandes congressos, nos quais, sua participação era mínima ou até mesmo nenhuma, como por exemplo, na Conferências de Solvay.

Realizada pela primeira vez em 1911, a Conferência de Solvay reúne grandes cientistas da física e da química de três em três anos, para realizarem contribuições entre si, sobre os temas de cada ano. Participam apenas aqueles que são convidados, sendo reuniões reservadas para os mais consagrados pesquisadores da época (INSTITUTES, 2022). Nas seis primeiras edições da conferência apenas uma mulher participou. Marie Curie (1867-1934), foi a única mulher a ser convidada para participar das primeiras edições do congresso, como pode ser visto na figura 2.2, Curie, única mulher cientista participando da Conferência de Solvay, em 1911. Analisando a participação das mulheres na edição de 1933, o último com a presença da Curie, e a edição de 2017, a mais recente. Podemos notar na figura 2.3, na Conferência de 1933, a participação de três mulheres cientistas. Em 2017, oito mulheres participaram da Conferência de Solvay, na figura 2.4, percebemos um pequeno aumento na participação de mulheres na conferência.



**Figura 2.4** – Conferência de Solvay de 2017.



S. Ramanathan, M. Mahadevan, M. Desai, J. Skotheim, R. Neher, A. Aulehla, C. Brangwynne, S. Grill, D. Needleman  
M. Elowitz, G. Süel, U. Alon, S. Quake, F. Jülicher, H. Levine, M. Satyajit, C. Marchetti, N. Patel  
R. Phillips, A. Goldbeter, A. Perelson, E. Koonin, E. Siggia, B. Simons, M. Vergassola, T. Hwa, T. Gregor, A. Chakraborty, P. Rainey, S. Eaton  
N. Wingreen, I. Gardina, R. Dijkgraaf, B. Halperin, H. Goodson, J. Lippincott, P. Zoller, A. Walczak, P. Ramond, O. Leysset, R. Blandford, N. King, J. Howard, I. Gordo  
A. Sevin, W. Bialek, A. Hyman, E. Wieschaus, M. Henneaux, K. von Klitzing, B. Shraiman, D. Gross, S. Chu, K. Wüthrich, D. Fisher, T. Lecuit, A. Murray, L. Brink

**Fonte:** International Solvay Institutes

## 3 A VIDA E A OBRA DE HEDWIG KOHN

### 3.1 VIDA

Em 1887 nascia no dia 05 de abril, Hedwig Kohn, vinda de uma família judia, era a segunda filha de Georg Kohn (1850–1932), um comerciante de tecidos, Helene Hancke (1859–1926) era de uma família rica de Breslau, e seu irmão mais velho Kurt Kohn (1885-1941), era juiz (WINNEWISSER, 1999). Kohn nasceu em Breslau, às margens do Rio Oder, cidade que fazia parte do antigo Império Alemão. Em 1945 tornou-se parte da Polônia, resultado das mudanças territoriais, após a Segunda Guerra, onde agora é chamada de Wrocław ou Breslávia.

Nos anos de 1907 não era permitido o ingresso de mulheres nas universidades alemãs, tampouco, permissão para lecionar. Entretanto neste mesmo ano Kohn matriculou-se como aluna convidada na Universidade de Breslau, que hoje é conhecida como Universidade de Wrocław, e quando chegou no departamento de física, tinha apenas uma mulher, tornando-se a segunda mulher a ingressar no departamento (KOHN, 1962). Kohn como aluna convidada da universidade, não poderia receber o diploma, por ser mulher, porém, isso não a impediu de continuar seus estudos, tornando-se doutora em 1913 (KOHN, 1913).

Hedwig não poderia receber a licença para lecionar em universidade, pois, naquela época a habilitação era dada apenas aos homens, diante disso, Kohn iniciou suas pesquisas como estagiária do físico alemão Otto Lummer (1860-1925). Neste tempo ela auxiliou diversos alunos do doutorado e contribuiu para a pesquisa de Lummer. No entanto, somente obteve sua habilitação em 1930. Sendo assim, a segunda mulher a adquirir a qualificação para o ensino universitário na Alemanha, antes da Segunda Guerra. (WINNEWISSER, 1999).

Recebendo sua habilitação, ela iniciou sua carreira como *Privatdozent*, termo em alemão para o título dado àqueles que não recebiam remuneração pelo governo, na Universidade de Breslau. Na figura 3.1 podemos ver Kohn no laboratório do Instituto de Física da Universidade de Breslau, em 1912. Entretanto, nos anos de 1930, houve uma expansão no regime totalitário nazista na Alemanha, dando início ao maior conflito da humanidade, marcado pela crueldade do Holocausto. Os judeus foram um dos vários grupos perseguidos pelos nazistas, sendo proibidos de trabalhar para o governo. Por essa razão, Kohn foi demitida do seu cargo em 1933, em virtude da sua origem judaica, abrigou-se nos fundos do Instituto de Física, na Universidade de Breslau, e lá permaneceu até os anos de 1935. Neste mesmo ano, ela recebeu um financiamento dos Estados Unidos, para trabalhar na Suíça, realizando medições da “intensidade da luz ultravioleta do Sol”(WINNEWISSER, 1999) no Observatório Licht-Klimatisches em Arosa que não durou muito tempo, logo, foi para uma indústria de iluminação para realizar pesquisa.

A cada dia que se passava, Kohn se viu em uma situação preocupante, a vida para uma

**Figura 3.1** – Hedwig Kohn no Instituto de Física da Universidade de Breslau.



**Fonte:** AIP Emilio Segrè Visual Archives

mulher judia estava ficando cada vez mais difícil. Em 1938, ela se encontrava mais uma vez desempregada e sendo deportada para a Polônia com medo de ser levada para os campos de concentração. A única forma para fugir da Alemanha nazista era conseguindo um visto de trabalho (HANDWIKI, 2022). Ela tentou ir para os Estados Unidos, no entanto, os EUA estavam se recuperando da maior crise financeira, causada pela liberação de crédito facilitado que gerou aumento na compra de ações na bolsa de valores, por consequência disto, a quebra da bolsa, e sucedendo o colapso financeiro conhecida como a Grande Depressão (ou Crise de 1929) (NEVES, 2020). Por esses motivos, as universidades não tinham vagas para professores. No caso da Kohn, a situação se agravava porque ela era alemã, judia, mulher e por não ser tão nova dificultava ainda mais a concessão do visto.

Com a ajuda de colegas e amigos cientistas, como Rudolf Ladenburg, Max Born, Lise Meitner e Hertha Sponer, Hedwig conseguiu sua imigração para os EUA em 1939. Entretanto, com o início da Segunda Guerra todos os vistos dados a alemães foram cancelados, incluindo o da Kohn. Foi então que, Max Born conseguiu que Lise Meitner levasse Kohn para a Suécia, até conseguir sua autorização para entrar nos EUA (SIME, 1996).

Como Lise não estava com boas condições financeiras, escreveu diversas cartas para instituições judaicas e de mulheres pedindo ajuda para sua colega. Em carta para Lise, Kohn relata toda sua aflição em continuar vivendo na Alemanha nazista:

Desde a última vez que escrevi para você e meus ajudantes nos Estados Unidos as condições aqui tornaram-se tais que não é mais uma questão de meu desejo

de ser empregada como física novamente, mas uma necessidade urgente que exige a maior pressa. Se no início de junho eu não souber definitivamente onde posso ir, a ajuda pode ser tarde demais. (SIME, 1996, p. 286, tradução nossa)

Hedwig consegue finalmente viajar para a Estocolmo, na Suécia. Até que em 1940 os Estados Unidos liberaram o seu visto, começando sua jornada rumo ao território estado-unidense. Para chegar ao seu destino final, Kohn teve que navegar durante seis meses, cruzando a Rússia, passando pela cidade Leningrado, atualmente chamada de São Petersburgo, até Vladivostok, cidade banhada pelo mar japonês, sua parada para aguardar o seu visto de trânsito japonês. Em seguida navegou até São Francisco (EUA) (SIME, 1996). Por conta das adversidades da viagem ela chegou bastante debilitada e foi cuidada por James Franck (1882-1964) um físico alemão laureado com o Prêmio Nobel de Física, por suas contribuições na determinação de energias de excitação dos átomos. (SIME, 1996).

Após a sua recuperação, ela iniciou sua carreira como docente nos Estados Unidos, lecionando nas universidades femininas, como a Women's College da Universidade da Carolina do Norte, no Sweet Briar College na Virgínia e no Wellesley College em Massachussetts (DOODLE, 2019). Construindo o seu legado e tornando-se uma professora conceituada e bem estabelecida, além de participar como membro de algumas instituições como: American Physical Society, a American Association of Physics Teachers e a Sigma Xi The Scientific Research Honor Society (HANDWIKI, 2022). Kohn criou um laboratório de espectroscopia de chama no Wellesley College, no qual ela orientou diversas estudantes e trabalhou até a sua aposentadoria em 1952.

Mesmo aposentada, Hedwig continuou realizando pesquisa e ministrando colóquios, sendo convidada pela Duke University, na cidade de Durham na Carolina do Norte, para o cargo de professora associada, realizando medições de “características de absorção e concentrações de espécies principalmente atômicas em chamas.”(WINNEWISSER, 1999, tradução nossa), com os alunos de pós-graduação. Hedwig Kohn, adoeceu repentinamente, e faleceu em Durham no dia 26 de novembro de 1964, aos 77 anos, trabalhando com o que mais gostava (WINNEWISSER, 2003).

Podemos ver na figura 3.2 Kohn e sua família no Natal do ano de 1910, visto na sequência da esquerda para a direita, fila de trás, destacamos Hedwig Kohn, a segunda da fila, logo atrás temos seu irmão Kurt Kohn, e o último da fila seu pai Georg Kohn, sua mãe, Helene Kohn, se encontra sentada na segunda fila, da direita para a esquerda. Na figura 3.3 mostra Kohn ao ar livre na Alemanha em 1929. E a figura 3.4, temos ela caminhando pela cidade de Durham, na Carolina do Norte.

**Figura 3.2 – Hedwig Kohn e sua família**



Fonte: AIP Emilio Segrè Visual Archives

**Figura 3.3 – Hedwig Kohn na Alemanha em 1929.**



Fonte: AIP Emilio Segrè Visual Archives

**Figura 3.4 – Hedwig Kohn em Durham, Carolina do Norte.**



Fonte: AIP Emilio Segrè Visual Archives

## 3.2 OBRA

Em sua carreira orientou cerca de 13 alunos, sendo 11 doutorandos e 2 pós-doutorandos, além de contribuir para os estudos de futuros físicos alemães, escrevendo três capítulos do livro “Mueller-Pouillet's Lehrbuch der Physik”, publicou 20 artigos, entre eles a obra com título “Medições de remediações reversas em linhas espectrais para determinar a absorção total e os números de ocupação de estados atômicos excitados”. (WINNEWISSER, 2003, p.53).

Após fugir para os Estados Unidos, Kohn trabalhou em diversas universidades, o que possibilitou seu visto de permanência, tendo uma vida exitosa. Deu contribuições para compreensão moderna da espectroscopia e os seus métodos, que até hoje são importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias presentes, por exemplo, nas análises clínicas, ambientais, metalúrgicas, e outras áreas (JEFFERY; HUTCHISON, 1981; WHITE et al., 2021; LI et al., 2019).

### 3.2.1 Espectroscopia de absorção atômica

Após observar linhas escuras no espectro da luz solar, o físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826), decidiu estudar sobre este fenômeno e constatou que tratava-se de uma absorção da luz solar (FRAUNHOFER, 1817). Em 1860, Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), estabeleceu uma relação entre absorção e emissão da radiação (KIRCHHOFF, 1860), porém não despertou interesse de outros cientistas (SCHRENK, 1986). Otto Lummer (1860-1925), realizou estudos com espectro do corpo negro, contribuindo para a formulação da lei da teoria quântica (WIEN; LUMMER, 1895). Até que em 1900, Max Planck (1858-1947), definiu que a absorção da radiação ocorria apenas para alguns comprimentos de ondas (PLANCK, 1900). Abrindo as portas para novos estudiosos como Alan Walsh (1916-1998) que desenvolveu o método de absorção atômica, utilizando os princípios de Kirchhoff e Planck. (KRUG; NOBREGA; OLIVEIRA, 2004).

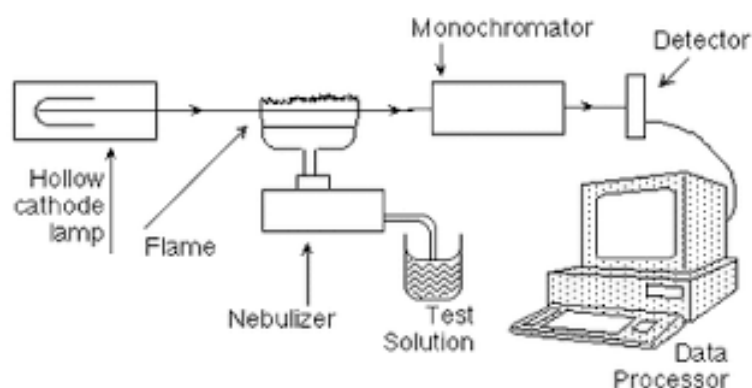
Podemos notar que na história da espectroscopia de absorção atômica, não encontramos facilmente menções sobre Hedwig Kohn, mesmo sendo uma das pioneiras nesta área de pesquisa. É notável o seu apagamento na história, pois os livros e artigos não citam sua importância; neles encontramos apenas homens sendo citados como responsáveis pelas investigações a cerca da pesquisa de espectroscopia atômica.

#### 3.2.1.1 Espectrômetro de absorção atômica

O espectrômetro de absorção atômica é um equipamento composto por uma fonte de radiação, um sistema de atomização, um monocromador, um detector e um processador, que realizará medições quantitativas de soluções de elementos metálicos. A figura 3.5, ilustra a

esquemática de um espectrômetro. A fonte de radiação utilizada é a lâmpada de cátodo oco, uma lâmpada de descarga gaseosa específica para cada metal, ela estimula a ionização do gás nobre que está em seu recipiente, sendo usado o argônio (Ar) ou neônio (Ne), por causa da diferença de potencial entre os eletrodos (cátodo e ânodo). Os átomos colidem com os íons do gás ( $\text{Ar}^+$  ou  $\text{Ne}^+$ ) sendo excitados, ou seja, recebem energia suficiente para alterar o seu nível eletrônico. O monocromador é um prisma ou uma rede de difração que decompõe o feixe de radiação separando as linhas espectrais que serão estudadas. A detecção é feita pelas válvulas fotomultiplicadoras, que deslocam os elétrons, gerando uma corrente. O processador é o responsável pelo registro dos dados de absorção (KRUG; NOBREGA; OLIVEIRA, 2004).

**Figura 3.5** – Esquema de um espectrômetro de absorção atômica com chamas



Fonte: Flame AAS - Chemical Instrumentation

A atomização pode ser realizada através de chama ou com um forno de grafite (KRUG; NOBREGA; OLIVEIRA, 2007), mas para o estudo aqui mencionado, falaremos do atomizador por chamas, técnica utilizada pela Kohn. A espectrometria de absorção atômica com chamas - FAAS (Sigla em inglês de Flame Atomic Absorption Spectrometry) é o método utilizado para medir a intensidade da luz emitida pela matéria quando exposta a uma chama, pois é possível identificar elementos com estados de baixa excitação. (OKUMURA; CARVALHO; NOBREGA, 2004).

### 3.2.1.2 Contribuições de Hedwig Kohn para a espectroscopia de chama

Hedwig Kohn passou grande parte da sua vida dedicada ao estudo de espectroscopia de chamas, que hoje é conhecido como espectrometria de absorção atômica - AAS (Sigla em inglês de Atomic Absorption Spectrometry), utilizando o método de atomização por chama. (WINNEWISSER, 1999). Realizando medições quantitativas e qualitativas do espectro.

Analisaremos um de seus primeiros artigos, escrito em parceria com Einar Hinnov, publicado em 1957, pelo Journal Of The Optical Society of America, tendo como título: *Optical Cross Sections from Intensity-Density Measurements* (Seções transversais ópticas de medições de intensidade-densidade).

Este trabalho é uma pesquisa experimental feita por Kohn e Hinnov, ara determinar seções transversais óptico, e realizar medições da intensidade total da linha espectral das amostras de estudos. O contorno da linha espectral é dada pela interação através das colisões entre os átomos emissores e outras moléculas (HINNOV; HEDWIGKOHN, 1957). Na figura 3.6 mostra as primeiras páginas do artigo citado.

A intensidade da linha depende do número de átomos emitidos pela chama, utilizando a técnica de absorção atômica com chamas, ou seja, o método de atomização por chamas. A figura 3.7 mostra um esquema de queimador de ar, como antes era chamado o espectrômetro de absorção atômica com chama. Todo processo experimental é igualmente realizado ao espectrômetro com técnica de atomização por chama. Porém, o monocromador utilizado é composto por um espelho esférico, com superfície laminada, com uma distância focal de  $72\text{cm}$ , e uma grelha, que determina as dimensões do feixe de luz. Também é utilizado uma lente plano-convexa de quartzo, posicionado atrás da fenda, para formar uma imagem ampliada. Para cada amostra foi selecionado a largura da fenda. (HINNOV; HEDWIGKOHN, 1957).

Dentre as medições realizadas, foi obtido as probabilidades de alargamento de colisões entre os átomos excitados, ou seja, foi determinado as seções transversais óptico utilizando o parâmetro de absorção. Entre as observações, notou-se que para o mesmo átomo a seção transversal depende do estado de excitação, pois, se temos uma linha com estado de maior excitação a sua seção transversal também será maior, sendo assim, observado que os elétrons na camada de valência tem maior facilidade de serem perturbados. Além disso, verificou-se que a relação não é simples entre a energia de excitação da linha espectral, de um metal alcalino. Visto que, ao realizar comparações dos dados experimentais de outros dois diferentes trabalhos, é notável a diferença entre os valores obtidos de cada um deles. (HINNOV; HEDWIGKOHN, 1957).

Figura 3.6 – Partes do artigo.

(a) Primeira página.

(b) Segunda página.

JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA      VOLUME 47, NUMBER 2      FEBRUARY, 1957

**Optical Cross Sections from Intensity-Density Measurements\***

ENAR HINNOV† and HAROLD KOONS  
Department of Physics, Duke University, Durham, North Carolina  
(Received August 2, 1956)

Optical cross sections corresponding to spectral lines of Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Ti, Cu, Ag, Cr, Mn, Fe, Co, and Ni, emitted by an acetylene-air flame, have been determined. The evaluation of the cross section is based on intensity-density graphs, constructed from photometric measurements of the total line intensities as a function of the density of the emitting atoms in the flame.

When the cross section corresponding to the line has been determined, the measured intensity-density curves yield the absolute values of the product,  $Nf$ , of the number of atoms in the flame capable of absorbing the line, and the oscillator strength for the line. If the  $f$  value for the line is known, the degree of dissociation of the element in the flame can be found. If the  $f$  value for the line is not known, the product,  $Nf$ , allows, in some cases, the evaluation of the absolute  $f$  value for the line; in other cases only a lower limit of the absolute  $f$  value can be obtained. The results are compared with those of previous investigators.

**INTRODUCTION**

ONE of the important factors determining the contours of a spectral line, and consequently the self-absorption in the source, is the interaction through collisions of the emitting atoms with foreign molecules. The cross section for this type of interaction, resulting in the broadening of the emitted line, is called the optical cross section. The variation of the emitted line intensity with the density of the emitting atoms is determined by the self-absorption in the source, and therefore depends on the optical cross section corresponding to the line.

In this investigation, the optical cross sections are experimentally determined for various elements in an acetylene-air flame. The method of evaluation of the cross sections, described in detail elsewhere,<sup>1</sup> is based on measurements of the total line intensity. For a given source the total line intensity is proportional to the total absorption or "equivalent width" of the line  $A(\nu, \sigma)$ . The variable  $\nu$  is proportional to the optical density  $Nf/l$  of the source,

$$\frac{2\sigma Nf}{\pi} = \frac{Nf \nu^2}{mc \Delta\nu} \quad (1)$$

and the absorption parameter  $\sigma$  is the ratio of the collision width and the Doppler width of the line:

$$\sigma = \frac{\Delta\nu_c}{\Delta\nu_D} = \frac{Nf \nu^2}{(8RT/M)^{1/2} \nu^2/c} \quad (2)$$

If  $\sigma$  is experimentally determined for a given spectral line, the optical cross section corresponding to this line can be calculated from (2). The notation used in (1) and (2) is summarized as follows:

\* This work was supported by the Office of Naval Research under contracts N6on-107, T.O.I. and Non-1181(05) with Duke University.  
† Present address: Department of Physics, University of Maryland, College Park, Maryland.  
‡ Enar Hinnov, *J. Opt. Soc. Am.* 47, 151 (1957).

$\epsilon$  = the charge and mass of the electron  
 $c$  = velocity of light  
 $N$  = number of atoms per cm<sup>3</sup> capable of absorbing the line under consideration  
 $f$  = the oscillator strength for the line  
 $\Delta\nu$  = collision width of the line  
 $\Delta\nu_D$  = Doppler width of the line  
 $N^*$  = number of perturbing particles per cm<sup>3</sup>  
 $v$  = mean speed of the perturbing particles relative to the emitting atom  
 $R$  = gas constant  
 $M$  = atomic weight of the emitting atoms  
 $T$  = absolute temperature of the source  
 $\nu$  = frequency at the center of the line  
 $\sigma$  = the optical cross section

The relative total line intensities are measured as a function of the number of the emitting atoms in the flame. As an illustration of the procedure, Fig. 1 shows the resulting logarithmic intensity-density graphs for the resonance lines of potassium (K7665) and copper (Cu3274). The relative (experimental) scales for the two graphs are shown at the top and the right-hand side of the figure. In the experimental setup, a tungsten ribbon lamp is mounted behind the flame, and a lens forms an image of the ribbon at the center of the flame. The optical system is so designed that the bundle of rays admitted to the monochromator is the same for the radiation from the flame and from the background source. Two measurements are made of the background intensity concurrently with the line intensity measurements: one with, and one without the flame in the path of the rays. The relative intensities corresponding to the line, the background radiation, and the combined line and background radiation will be designated by  $R$ ,  $B$ , and  $RB$ , respectively. The last two measurements must be made at a rather high density of the emitting atoms in the flame, in order to have an appreciable difference between  $B$  and  $RB$ .

It has been shown that the total absorption is given in terms of the measured quantities by<sup>1</sup>

$$A = \frac{c D(\lambda) R}{\lambda^2 n B} \quad (3)$$

February 1957 OPTICAL CROSS SECTIONS FROM INTENSITY-DENSITY 157

Fig. 1. The intensity-density graphs for the K7665 and the Cu3274 lines showing both the absolute and the relative (experimental) scales. The plotted quantities refer to the copper line.  $C$  (or  $C'$ ) is the concentration of the metal salt solution sprayed into the flame, in  $M/l$ , and  $B$  (or  $B'$ ) is the relative total line intensity in arbitrary units.  $\log C_0$  (or  $\log C'_0$ ) marks the abscissa of the point of intersection of the asymptotes in the experimental scale. The absolute ordinates for the points of intersection are also shown. The value of the ordinate of the point of intersection is equal to  $\log 2a$  for the line in question.

where

$$n = R/(B - RB + R) \quad (3a)$$

Here  $\lambda$  is the wavelength of the line, and  $D(\lambda)$  the effective wavelength range (in cm) of the radiation from the background source, given as the product of the entrance slit width and the linear dispersion of the monochromator at the wavelength  $\lambda$ . It can be seen that the quantity  $n$  is the ratio of the black radiation intensities at the temperature of the flame and the brightness temperature of the background source at the wavelength  $\lambda$ .

The total absorption  $A$  obtained from (3) for any one of the experimental points in the intensity-density graph enables the calculation of the absolute ordinate  $\log A(n, 2)/\Delta\nu$  for this point and consequently fixes the absolute ordinates for the graph. The absolute ordinate for the point of intersection of the asymptotes, drawn to the experimental curve at very low and very high densities, has been shown to be equal to  $\log 2a$  for the curve.<sup>1</sup> This point therefore yields the  $a$  value for the intensity-density curve, and also serves to establish the absolute abscissas for the graph, as will be described in the last section of this paper. In Fig. 1 the ordinate for the point of intersection of the asymptotes is 0.728 for the potassium line and -0.033 for the copper line, yielding  $a = 2.7$  and  $a = 0.46$ , respectively. The optical cross sections are obtained from the  $a$  values according to (2).

The choice of the location of the asymptotes to the experimental curves is somewhat arbitrary, but usually within quite narrow limits. The error limit of the experimentally determined  $a$  values is estimated to be not more than  $\pm 10\%$  for the following lines:

! See also reference 1.

Fig. 2. Schematic diagram of the acetylene-air burner.

Li6708, Na5890, K7665, Ca4227, Sr4606, Cu3274, Ag3281-3383; not more than  $\pm 20\%$  for all other lines reported in this paper. This estimate is based on trials with other possible locations of the asymptotes to the experimental curves.

The experimental results are discussed in the last two sections after a brief description of the apparatus used. The results are compared with those of other investigators, whenever available.

**EXPERIMENTAL**

A short description of the experimental setup has been given in a previous paper<sup>1</sup>; this section is devoted to supplement the information presented there.

A schematic diagram of the modified Lundegren-type burner,<sup>2</sup> together with a more detailed drawing of the burner, is shown in Fig. 2. The element under investigation is introduced in the form of an aqueous salt solution. Air compressed to about three atmospheres is blown through the narrow nozzle  $B$ , which has a diameter of 0.5 mm. The solution is sucked into the atomizer through the opening  $D$ , and is shattered by the air current into a fine spray which moves through  $C$  back into the solution flask. The larger droplets, hitting the rounded end of the solution flask, condense and return to the solution, while the smaller ones are carried with the air stream into the burner.

Before entering the flame, the air is mixed with acetylene which is admitted through a narrow nozzle of 0.6-mm diameter at a steady pressure of 55 cm of water. The mixture thus obtained is slightly richer

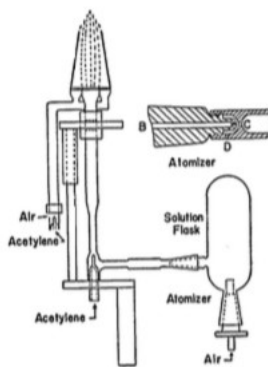
<sup>1</sup> Part of the experimental material and a more detailed discussion are given in the Ph.D. dissertation of Enar Hinnov, Duke University, 1956.

<sup>2</sup> Tables in which the experimental intensity-density values and the conversion factors for all the spectral lines of this investigation are listed will be included in the Technical Report No. 11 on work done under contracts N6on-107, T.O.I. and Non-1181(05).

<sup>3</sup> For a description of the Lundegren burner see, for example, N. H. Nachtrieb, *Quantometrical Analysis* (McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950), p. 286.

Fonte: Hinnov, 1956

Figura 3.7 – Esquema do queimador de chama



Fonte: Hinnov, 1956

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mulheres foram impossibilitadas de frequentarem as escolas, de votarem, de exercer cargos políticos e proibidas de realizarem várias outras atividades, por serem consideradas incapazes de pensar. Porém, com os movimentos feministas, as poucas às mulheres foram adquirindo seus direitos e lugar na sociedade.

Mesmo com tantas dificuldades as mulheres conseguiram ingressar no ensino superior e cursar graduações na área de ciências exatas, como a Física. Notamos mulheres como Hedwig Kohn e Lise Meitner, que realizaram pesquisas e foram pioneiras nas suas áreas, porém, muitas delas não receberam o devido reconhecimento ou foram simplesmente apagadas da história da física. Essas mulheres passaram por diversas dificuldades ao longo das suas carreiras. E até hoje mulheres cientistas sofrem com preconceitos e falta de reconhecimento, causando a diminuição de meninas na física. Como é o caso da Sonia Guimarães, primeira mulher negra a obter título de doutora no Brasil, que tem sua carreira marcada pelo machismo e racismo.

Uma forma de incentivar as meninas a seguir carreira científica é apresentar as mulheres que fizeram parte do desenvolvimento da física, apesar das dificuldades, promovendo a representatividade e identidade. Resgatar a história de cientistas como a Hedwig Kohn, que foi uma das primeiras mulheres a obter sua habilitação em Física na Alemanha nazista, realizando grandes feitos mesmo se enquadrando em vários tipos de minorias perseguidas em um cenário de guerra, fomenta reflexões acerca das contribuições femininas nas ciências e na sociedade em geral e conduz ao pensamento de reconhecimento e respeito às mulheres na sociedade atual.

Conhecendo a história das mulheres nas ciências percebemos que para o progresso na carreira seja mais igualitária, é preciso que incentivemos as meninas a participar da comunidade científica, promovendo equidade de oportunidades às pessoas, sem discriminar por gênero, raça ou classe social.

## REFERÊNCIAS

- ADICHIE, C. N. *Sejamos todos feministas*. 1. ed. São Paulo: Companhia Das Letras, 2015. Citado na página 11.
- ALMEIDA, T. M. C. de; ZANELLO, V. *Panoramas da violência contra mulheres nas universidades brasileiras e latino-americanas*. Brasília: OAB Editora, 2022. 509 p. Citado na página 16.
- ARCHIVE, I. *Sonia Guimarães: first black Brazilian woman with a Ph.D in Physics*. 2014. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20180719054600/https://blackwomenofbrazil.co/2012/01/30/sonia-guimaraes-first-black-brazilian-woman-with-a-ph-d-in-physics/>>. Acesso em: 30 jan. 2023. Citado na página 17.
- AWARDS, N. *Inspiring Women in Science*. 2023. Disponível em: <<https://www.nature.com/immersive/inspiringwomeninscience/index.html#group-section-About-dtbEraOSyj>>. Acesso em: 30 jan. 2023. Citado na página 17.
- BARBOSA, M. C.; LIMA, B. S. Mulheres na física do brasil: Por que tão poucas? e por que tão devagar? In: YANNOULAS, S. C. (Ed.). *Trabalhadoras - Análise da Feminização das Profissões e Ocupações*. Brasília: Editorial Abaré, 2013. p. 69–86. Citado 3 vezes nas páginas 11, 12 e 16.
- BRASIL. Constituição da república federativa do brasil de 1988. *Presidente da República*, Brasília, DF, 1988. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 15.
- BRASIL. Lei nº 14.457, de 21 de setembro de 2022. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2022. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Lei/L14457.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Lei/L14457.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2023. Citado na página 11.
- CARTAXO, S. M. C. Gênero e ciência: um estudo sobre as mulheres na física. UNICAMP, Campinas, p. 126, 2012. Citado na página 11.
- DOODLE, G. *132º aniversário de Hedwig Kohn*. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/doodles/hedwig-kohns-132nd-birthday>>. Acesso em: 17 nov. 2022. Citado na página 23.
- FBSP. Anuário brasileiro de segurança pública. *FBSP*, 2022. Disponível em: <<https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2022/06/anuario-2022.pdf?v=5>>. Acesso em: 20 jan. 2023. Citado na página 15.
- FILHO, A. M. M.; SILVA, I. L. A trajetória de chien shiung wu e a sua contribuição à física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 36, n. 1, p. 135–157, 2019. Citado na página 16.
- FRAUNHOFER, J. von. Bestimmung des brechungs- und des farbenzerstreungs-vermögens verschiedener glasarten, in bezug auf die vervollkommnung achromatischer fernröhre. *Annalen Der Physik*, p. 264–313, 1817. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.18170560706>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 25.

HANDWIKI. *Hedwig Kohn. Enciclopédia*. 2022. Disponível em: <<https://encyclopedia.pub/entry/35020>>. Acesso em: 26 dez. 2022. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

HINNOV, E.; HEDWIGKOHN. Optical cross sections from intensity-density measurements. *JOSA*, Optica Publishing Group, v. 47, n. 2, p. 156–162, 1957. Citado na página 27.

INSTITUTES, I. S. *Solvay Conferences*. 2022. Disponível em: <<http://www.solvayinstitutes.be/html/solvayconference.html>>. Acesso em: 29 dez. 2022. Citado na página 18.

JEFFERY, P. G.; HUTCHISON, D. Chapter 5 - the alkali metals (lithium, sodium, potassium, rubidium, caesium). In: JEFFERY, P. G.; HUTCHISON, D. (Ed.). *Chemical Methods of Rock Analysis (Third Edition)*. Third edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1981, (Pergamon Series in Analytical Chemistry). p. 59–69. ISBN 978-0-08-023806-7. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080238067500105>>. Citado na página 25.

KIRCHHOFF, G. R. *Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht*. Zenodo, 1860. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/andp.18601850205>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 25.

KOHN, H. Über das wesen der emission der in flammen leuchtenden metalledämpfe. *Annalen der Physik*, 1913. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/andp.19143491304>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 21.

KOHN, H. *Interview of Hedwig Kohn*. Entrevista concedida a] Thomas S. Kuhn: Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD USA, 1962. Disponível em: <[www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4512](http://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4512)>. Acesso em: 27 dez. 2022. Citado na página 21.

KRUG, F. J.; NOBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. de. Espectrometria de absorção atômica: Parte 1. fundamentos e atomização com chama. UFJF, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.

KRUG, F. J.; NOBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. de. Espectrometria de absorção atômica parte 2. atomização eletrotérmica em forno de grafite. USP, 2007. Citado na página 26.

LERNER, G. *A criação do patriarcado: história da opressão das mulheres pelos homens*. São Paulo: Editora Cultrix, 2019. Citado na página 15.

LI, S. et al. Antibody-functionalized gold nanoparticles as tumor-targeting radiosensitizers for proton therapy. *Nanomedicine*, v. 14, n. 3, p. 317–333, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.2217/nnm-2018-0161>>. Acesso em: 19 jan. 2023. Citado na página 25.

LIMA, I. P. C. de. *Lise Meitner e a Fissão Nuclear: caminhos para uma narrativa feminista*. Tese (Doutorado) — Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 13, 16, 17 e 18.

L'OREAL. *For Women in Science*. 1998. Disponível em: <<https://www.forwomeninscience.com/>>. Acesso em: 30 jan. 2023. Citado na página 17.

MENEZES, D.; BRITO, C. A. C. Efeito tesoura: No brasil, o número de mulheres envolvidas com a física decresce à medida que a carreira progride. *Scientific American Brasi*, 2017. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/cbrito/publicacoesGenero/artigoTesoura\\_SAm\\_Brito.pdf](https://www.if.ufrgs.br/cbrito/publicacoesGenero/artigoTesoura_SAm_Brito.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2023. Citado na página 17.

MIZRAHI, S. S. Mulheres na física: Lise meitner. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 27, p. 491–493, 2005. Citado na página 12.

MORAES, E. de. Ser mulher na atualidade: a representação discursiva da identidade feminina em quadros humorísticos de maitena. In: TASSO, I.; NAVARRO, P. (Ed.). *Produção de identidades e processos de subjetivação em práticas discursivas [online]*. Maringá: EDUEM, 2012. p. 259–285. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/hzj5q>>. Acesso em: 06 jan. 2023. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 15.

NEVES, F. P. A grande depressão americana: Exposição dos discursos divergentes sobre a crise que abalou o século xx. *Mundo Livre: Revista Multidisciplinar*, v. 6, n. 2, p. 184–201, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/mundolive/article/view/40063>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 22.

OKUMURA, F.; CARVALHO, E. T.; NOBREGA, J. A. Experimentos simples usando fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica. *Química Nova*, SciELO Brasil, v. 27, p. 832–836, 2004. Citado na página 26.

PATRAO, M. Uma pequena biografia de emmy noether. *Cadernos de Linguagem e Sociedade*, v. 4, n. 3, p. 1–3, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.

PENHA instituto Maria da. *instituto Maria da Penha*. 2023. Disponível em: <<https://www.institutomariadapenha.org.br/lei-11340/tipos-de-violencia.html>>. Acesso em: 20 jan. 2023. Citado na página 15.

PINTO, C. R. J. J. Feminismo, história e poder. *Revista de Sociologia e Política*, v. 18, n. 36, p. 15–23, 2010. Citado na página 15.

PLANCK, M. *Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum*. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 1900. Disponível em: <<https://archive.org/detail/verhandlungende01goog/page/n24/mode/2up?view=theater>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 25.

ROCHA, R. M. C. Proteção ao trabalho da mulher sob a ótica da equiparação salarial. Faculdade Facmais, 2019. Citado na página 11.

SAITOVITCH, E. et al. Mulheres na física: casos históricos, panorama e perspectivas. *São Paulo: Livraria da Física*, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

SANZ, B. *Quem são as cientistas negras brasileiras?* EL PAÍS, 2017. Disponível em: <[https://brasil.elpais.com/brasil/2017/02/24/ciencia/1487948035\\_323512.html?rel=mas](https://brasil.elpais.com/brasil/2017/02/24/ciencia/1487948035_323512.html?rel=mas)>. Acesso em: 30 jan. 2023. Citado na página 17.

SBPC. *Prêmio Carolina Bori Ciência&Mulher*. 2019. Disponível em: <<http://portal.sbpcnet.org.br/premio-carolina-bori-cienciamulher/>>. Acesso em: 30 jan. 2023. Citado na página 17.

SCHRENK, W. Historical development of flame excitation sources for analytical spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 40, n. 1, p. xix–xxviii, 1986. Citado na página 25.

SIME, R. L. *Lise Meitner A Life in Physics*. Berkeley: University of California Press, 1996. 540 p. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

UNESCO. *Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)*. Brasília: UNESCO, 2018. 83 p. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000264691>>. Acesso em: 25 ago. 2022. Citado na página 12.

WHITE, J. et al. Guided-inquiry experiment for teaching the calibration method of standard addition in the analysis of lead with graphite furnace atomic absorption spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 2, p. 620–625, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00433>>. Acesso em: 19 jan. 2023. Citado na página 25.

WIEN, W.; LUMMER, O. Methode zur prüfung des strahlungsgesetzes absolut schwarzer körper. *Annalen der Physik*, 1895. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.18952921103>>. Acesso em: 18 jan. 2023. Citado na página 25.

WINNEWISSER, B. P. *The Shalvi/Hyman Encyclopedia of Jewish Women: Hedwig Kohn*. 1999. Disponível em: <<https://jwa.org/encyclopedia/article/kohn-hedwig>>. Acesso em: 24 ago. 2022. Citado 4 vezes nas páginas 12, 21, 23 e 26.

WINNEWISSER, B. P. Schwerpunkt-hedwig kohn–eine physikerin des zwanzigsten jahrhunderts. *Physik Journal*, Weinheim: Wiley-VCH,[2002-, v. 2, n. 11, p. 51–55, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 12, 23 e 25.

YANNOULAS, S. C. Trabalhadoras: análise da feminização das profissões e ocupações. Editorial Abaré, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.