

A história do estilo de pensamento para o modelo atômico: uma análise fleckiana de Dalton a Bohr.

Ehrick E. M. Melzer^{1*} (PQ); Joanez A. Aires² (PQ). *ehrickmelzer@yahoo.com.br

1. Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, Rua Jaguariaíva, 512, Caiobá, Matinhos, Paraná, CEP: 83260-000.

2. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Química, Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, CP: 19081, CEP: 81531-990.

Palavras-Chave: Modelo Atômico, Ludwik Fleck, Estilos de Pensamento.

Resumo: este artigo apresenta uma síntese da história do desenvolvimento das Teorias Atômicas no período anterior e posterior a construção do laboratório de Cavendish, na Universidade de Cambridge na Inglaterra. Nosso objetivo é mostrar como o referencial teórico de Fleck é profícuo para uma abordagem externalista da ciência, uma vez que na construção dessas teorias, predominou o estilo de pensamento dos pesquisadores que tiveram seus estudos ligados de alguma forma àquele laboratório. Conclui-se argumentando sobre o quanto o conhecimento deste recorte pode contribuir para o entendimento a respeito da influência que os fatores externos exercem na construção da ciência.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a utilização da abordagem Histórico-filosófica da Ciência (HFC) vem sendo amplamente defendida na área de ensino de ciências, por se considerar que esta é capaz de contribuir para uma melhor compreensão da ciência e da atividade científica como uma construção humana, bem como, dos fatores que influenciam sua construção (PEDUZZI, 2001; QUINTANILHA et al, 2008; MARQUES, 2010). Martorano e Marcondes (2012) também argumentam que um ensino com essa abordagem possibilita uma compreensão sobre:

(...) o processo de construção das teorias científicas pelos cientistas, o papel da comunidade científica na aceitação ou rejeição destas teorias e o processo da troca de uma teoria por outra (MARTORANO E MARCONDES, 2012, p. 30).

Muitos destes aspectos estão diretamente relacionados aos fatores externalistas da ciência, que são aqueles que correspondem às influências do contexto de construção da Ciência. De acordo com Martins (2000) o estudo do contexto social em que a ciência se desenvolveu é fundamental para desmistificar alguns mitos acerca dos cientistas e de seu trabalho. Todavia, há falta de abordagem desses fatores nos livros didáticos. Nesse sentido, Loguercio e Del Pino (2006) argumentam que nas abordagens voltadas para o ensino de química, há uma escassez de recursos históricos e, quando estes aparecem, dão ênfase aos fatores internos, que são aqueles intrínsecos à própria ciência. Nesses casos, apresentam comumente alguns fatos isolados da vida de determinados cientistas, aliados de uma discussão mais ampla, reforçando visões distorcidas sobre a ciência e o fazer científico.

Tendo em vista esta lacuna, e com o objetivo de demonstrar que ao longo da construção das diferentes teorias atômicas, predominou um determinado estilo de

pensamento, apresentamos a abordagem desses dados históricos a partir do referencial teórico epistemológico de Fleck (2010). Possibilitando uma compreensão da ciência que contempla fatores externalistas como o contexto e as relações entre esses cientistas que contribuíram para a edificação de um *Estilo de Pensamento* daquele coletivo. Sangiogo e Marques (2012) corroboram esta percepção quando argumentam que na abordagem fleckiana “o conhecimento não pertence a um indivíduo, mas a um coletivo; trata-se de um produto social que na historicidade evolui” (p. 9).

Sendo assim, considerando a abordagem HFC, o presente artigo busca apresentar uma leitura da história do desenvolvimento da teoria atômica, tendo por base a compreensão de Fleck para explicar a influência do *Estilo de Pensamento* de determinada comunidade científica na construção da teoria atômica, ao longo do recorte histórico de Dalton a Bohr.

Ludwik Fleck como proposta epistemológica para uma abordagem HFC no ensino de química.

Fleck na sua construção teórica, “O desenvolvimento de um fato científico” (FLECK, 2010), aborda como as teorias médicas surgiram a partir de fatos não científicos e se estabeleceram como ciência médica.

Na sua exposição, Fleck (2010), destaca algumas categorias da sua abordagem da ciência, tais como: Protoideias, Fato, Estilos de Pensamento, Harmonia de Ilusões, Coletivos de Pensamento e Tráfego de Pensamentos. As Protoideias, na epistemologia fleckinana, são o conjunto de proposições (ideias) que não tem base científica comprovada. O Fato é a etapa limítrofe entre a transformação de uma Protoideia em um Estilo de Pensamento. Segundo Fleck, a Protoideia é o que dá base à estruturação de um Estilo de Pensamento.

O Estilo de Pensamento é a teoria em que a comunidade científica se encontra em consenso, estruturada e aprofundada. Para Fleck (2010), é uma categoria complexa que pode se transformar através de novos fatos ou pode ser completamente substituído por outro Estilo de Pensamento mais completo. A Harmonia de Ilusões é uma categoria que mostra o poder de coerção coletiva dos pesquisadores dentro de um Estilo de Pensamento. Dessa forma, o seguinte essa estrutura conceitual de criação de um Estilo de Pensamento pode ser interpretada:

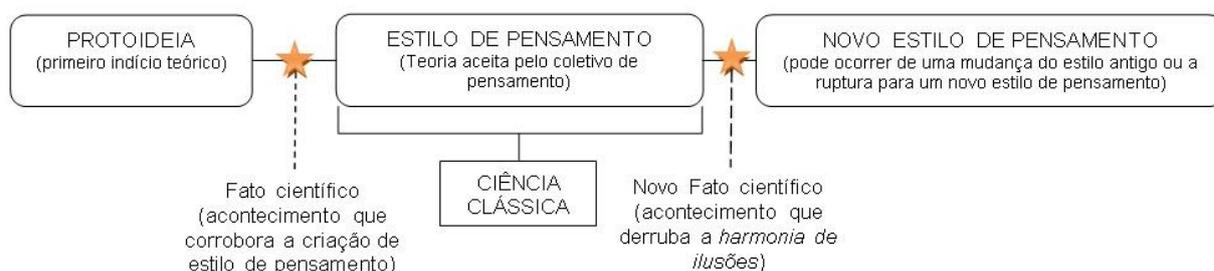


Figura 1: Sistematização do Estilo de Pensamento e suas etapas conforme abordado em Fleck (2010).

Assim, para Fleck (2010) o coletivo de pensamento, a partir de uma Protoideia, com o surgimento de um Fato Científico estrutura um Estilo de Pensamento. Com o Estilo de Pensamento estrutura se inicia a fase de Ciência Clássica, a qual impera uma Harmonia de Ilusões. Esta só é rompida e abre a possibilidade de revisão do Estilo de Pensamento, somente, quando há a ocorrência de um novo Fato Científico que o Estilo não dá conta de responder. E dessa forma, o Estilo de Pensamento pode ser reestruturado ou substituído por outro mais moderno e completo.

O Coletivo de Pensamento é que define e estrutura os Estilos de Pensamento. É formado por duas estruturas: exotérica e esotérica. Dentro do Coletivo de Pensamento a estrutura exotérica, mais periférica, recebe os Estilos de Pensamento pensados e estruturados pela estrutura mais interna (esotérica).

No que se refere ao Tráfego Intercoletivo e Intracoletivo de pensamentos, Fleck argumenta serem as comunicações externas e internas de um determinado Coletivo de Pensamento. Além desse Tráfego de Pensamentos Fleck (2010) define que há categorias de ciências que permeiam toda a nossa sociedade, são elas: Ciência Especializada, Ciência Popular, Ciência dos Livros Didáticos.

A **Ciência Especializada** é formada por duas subcategorias de ciência: Ciência dos Manuais e Ciência dos Periódicos. A primeira (Ciência dos Manuais) é apresentada para pesquisadores em formação de nível superior, quando, segundo o autor, o estudante de graduação é iniciado na profissão, são estudos, textos e livros voltados para a formação inicial do profissional. Já a segunda (Ciência dos Periódicos) é voltada para a comunicação dentro do círculo esotérico do Coletivo de Pensamento. Compõe os periódicos no quais os pesquisadores pertencentes ao coletivo publicam os resultados primeiros de suas pesquisas e lançam questionamento ou aprofundamentos em torno do Estilo de Pensamento, trabalhos que estão no bojo da pesquisa e do desenvolvimento científico.

A **Ciência Popular** na cosmovisão de Fleck (2010) é a ciência das camadas mais esotéricas da sociedade, ou seja, é a ciência do povo. É a ciência como é comunidade para a população em geral e que, geralmente, está cheia de incoerências e equívocos conceituais ou está desatualizada em relação à Ciência Especializada. Uma característica marcante para Fleck (2010) é que essa ciência influencia toda a sociedade desde o mais leigo até o cientista que está no bojo da produção científica.

E a **Ciência dos Livros Didáticos** pode ser compreendida como a forma que a ciência é divulgada na instituição Escolar. Para Fleck (2010) é a ciência responsável pela iniciação científica do estudante. Porém, lembra também que essa categoria de ciência é relativamente autônoma no sentido de produzir um sentido próprio de ciência e de atividade científica que pode entrar em conflito com a Ciência Especializada.

Destarte, Fleck (2010) faz mais do que apreender um aporte teórico para entender o desenvolvimento científico pela história da medicina. Apresenta uma forma de entender como a ciência desenvolve teorias e como essas podem ser veiculadas a diferentes nichos sociais, dando indícios de uma teoria da divulgação da ciência na sociedade ou como compreendido por inúmeros autores, a sociogênese do conhecimento dentro da atividade científica humana.

O desenvolvimento da teoria atômica na perspectiva fleckiana: a gênese e desenvolvimento do modelo atômico de Dalton a Bohr.

A história da teoria atômica pode ser compreendida como a trajetória do desenvolvimento de um Estilo de Pensamento dentro de um Coletivo de Pensamento formado por pesquisadores da Universidade de Cambridge localizado em Manchester na Inglaterra, que é fortemente influenciado pela base teórica de Isaac Newton.

Dalton, pesquisador nas áreas de matemática e meteorologia, desenvolveu uma proposta de modelo atômico baseada no Tráfego Intercoletivo entre o Coletivo de Pensamento inglês e o francês, levando em conta os pressupostos de Bertholet. Vale lembrar que o fator social que levou Dalton a estudar química foi a necessidade de explicar fatores meteorológicos e o trabalho como professor no *Trinity College*, vital para o seu contato com os escritos de química, os quais, de acordo com Viana (2000) e Lobato (2007), influenciaram fortemente a sua visão sobre os eventos de nível atômico.

Além de Newton e Bertholet, Dalton, também, foi influenciado pelos escritos de Ritchen, Lavoisier e Cavendish.

Para chegar à construção de seu modelo atômico Dalton retomou alguns escritos de Newton, utilizando as questões 26 (*Principia*) e 31 (*Óptica*), buscando integrar estas ideias mecanicistas com o Estilo de Pensamento francês da afinidade química, culminando na sua proposta final publicada em 1810 (LOBATO, 2007; VIANA, 2000). Dalton (1810) propôs experimentos que compreendiam a pesagem dos elementos e o cálculo relativo do diâmetro do átomo e a quantidade de átomos em determinados volumes, a figura 2 representa esse trabalho experimental de John Dalton:

Tables of the elements of elastic fluids; at a mean temperature and pressure.
 (TABLE 1.)

Names of the gases.	Wt. of an atom	Wt. of 100 cubic inch. gra.	Specific gravity.	Diameter of an atom	No. of atoms in a given volume.
Atmospheric air	—	31	1,00	—	—
Hydrogen	1	2.5	.08	1,000	1000
Oxygen	7	34	1.10	.794	2000
Azote	5	30.2	.97	.747	2400
Muriatic acid	22	39.5	1.24	1.12	700
Ammonia	6	18.6	.60	.909	1330
Oxymur. acid	29	76	2.46	.981	1060
Nitrous gas	12	32.2	1.04	.980	1060
Nitrous oxide	17	50	1.60	.947	1180
Carbonic oxide	12.4	29	.94	1,020	940
Carbonic acid	19.4	47	1.52	1,00	1000
Sulphurous acid	27	71	2.30	.95	1170
Olefiant gas	6.4	29.5	.95	.81	1890
Carburetted hyd.	7.4	18.6	.60	1,00	1000
Sulphuretted hyd.	14	36	1.16	1,00	1000
Phosphur. hyd.	10	26	.84	1,00	1000
Superflu. of silex	75	130	4.20	1.15	653

Figura 2: Tabela dos elementos fluidos elásticos a temperaturas e pressões médias.
 Fonte: Dalton (1810).

Dalton (1810) já dava o indício de uma organização periódica dos elementos e acrescentava a teoria atômica um rigor científico com base nos dados oriundos dos experimentos de volume, massa e cálculo do diâmetro do átomo mediante a contração e expansão dos átomos diante a mudança de temperatura e pressão. Vale lembrar, que posteriormente muitos de seus dados foram corrigidos, devido ao fato que a tecnologia disponível na época não o permitia “ver” com clareza os fenômenos atômicos e muitos de seus cálculos baseavam-se na introdução de ferramentas matemáticas e previsões através de modelagem matemática. Aqui vemos uma outra característica que Fleck (2010) atribui ao desenvolvimento tecnológico, o qual nos permite ver novos e modificar Estilos de Pensamento.

Dessa forma, o modelo atômico de Dalton seria um corpúsculo de massa uniforme rodeado por uma camada de energia denominada de calor (*heat*). Para Dalton (1808) é essa camada de calor que define o estado de atração (afinidade) ou repulsão dentro de um arranjo molecular. A analogia que Dalton (1808) usa para o átomo é que este seria como o planeta Terra; denso, indivisível e esférico rodeado de uma atmosfera de calor, representou o seu modelo como apresenta-se na figura 3:

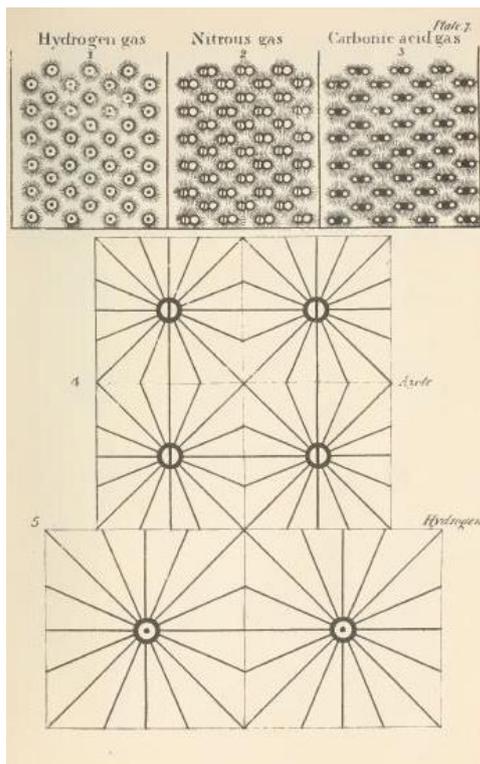


Figura 3: Representações de Dalton para o átomo. Fonte: Dalton (1810).

Aqui podemos compreender que Dalton, na elucidação de sua proposta de átomo, buscou com a tecnologia presente na época, desenvolver uma teoria atômica que juntou dois Estilos de Pensamento distintos para explicar os fenômenos de mudança de estados físicos na meteorologia. Essa junção levou à transformação do Estilo de Pensamento sobre o átomo. Anteriormente, dentro da proposta Newtoniana, o modelo atômico era compreendido somente como um corpúsculo que interagira com outros para formar todos os compostos presentes na natureza (leitura mecanicista).

Dalton (1810) inova ao trazer para essa discussão alguns elementos da teoria da afinidade química, como o calor (*heat*) de atração e repulsão desses corpúsculos. Assim, o átomo de Dalton (1810) é uma transformação do Estilo de Pensamento Inglês, onde há um corpúsculo indivisível que é regido por energias de atração e repulsão.

Na linha histórica do Estilo de Pensamento sobre a teoria atômica, um fator externalista de vital importância para a consolidação do Coletivo de Pensamento Inglês, reside nos investimentos da Universidade de Cambridge no estudo da física experimental. Estes resultaram na construção do Laboratório Cavendish (FITZPARTRICK e WHETHAM, 1910) que naquela época era o laboratório mais moderno, completo e com os melhores pesquisadores.

A construção deste laboratório, bem como sua reputação no meio científico, foi fator preponderante para o triunfo do Coletivo de Pensamento inglês sobre outras escolas de pensamento da época.

Em 1870 um pesquisador chamado Joseph John Thomson inicia seus estudos de engenharia no *Owens College*. Para Lopes (2009), as reflexões de Thomson sobre a teoria atômica, partem dos estudos de Lord Kelvin com girostatos e dos escritos de Dalton. Tais estudos lhe renderam uma indicação para integrar a cátedra de física experimental do laboratório Cavendish. Debruçando-se sobre os estudos em torno da eletricidade, o que não era explicado pelo modelo atômico proposto por Dalton.

Com os recursos do Laboratório de Cavendish, Thomson avança em suas pesquisas publicando o artigo “*On the cathode rays*” em 1897. Neste artigo, dois fatores demonstram a força que o Coletivo de Pensamento inglês exercia na época. Na introdução, Thomson (1897) fundamenta seus estudos no embate teórico entre o Coletivo de Pensamento inglês com outros Coletivos de Pensamento, mostrando com dados experimentais que as teorias mecanicistas explicavam melhor os fenômenos elétricos, como apresentado no extrato:

A teoria da partícula eletrificada tem por propósito de pesquisa uma grande vantagem sobre a teoria do éter, uma vez que é definida e suas consequências podem ser preditas; com a teoria do éter é impossível de prever o que vai acontecer sob quaisquer circunstâncias, com esta teoria que estamos lidando até agora não temos fenômenos observados no éter, de cujas leis somos ignorantes. Os experimentos a seguir foram feitos para testar somente as consequências da teoria da partícula eletrificada (THOMSON, 1897, p. 25-26, tradução nossa).

Outra questão que deixa claro o poder econômico de Cavendish foi a possibilidade de Thomson reproduzir experimentos com raios catódicos de Crooks, Perrin e Hertz¹, como representado em seu artigo:

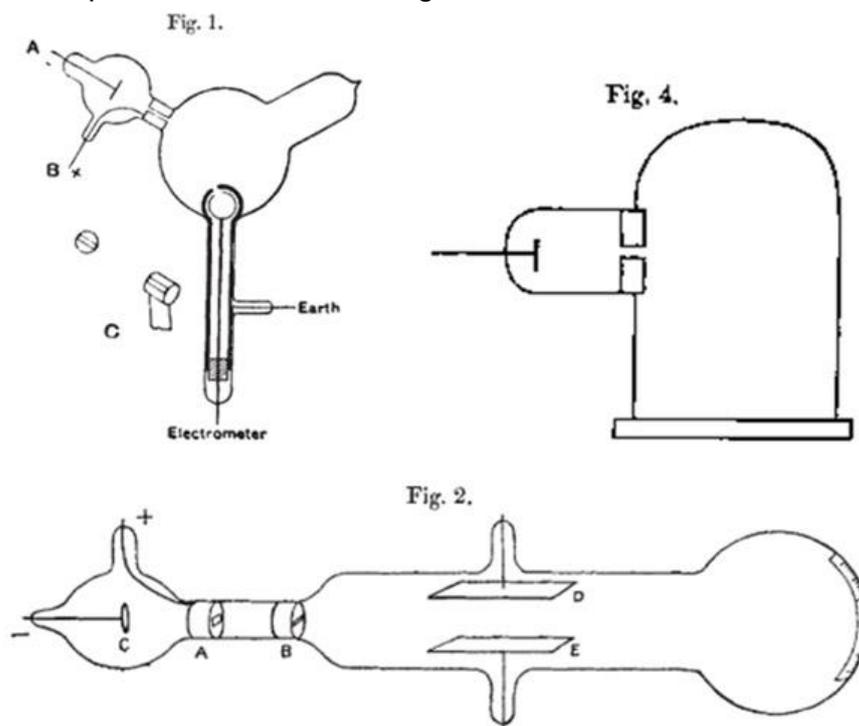


Figura 2: Representações dos experimentos com raios catódicos feitos por Thomson. Fonte: Thomson (1897).

Em 1904, Thomson publica outro artigo apresentando a sua proposta para o átomo. A proposta atômica de Thomson (1904) corresponde a uma transformação do *Estilo de Pensamento* vigente, tendo em vista a inserção de duas novas características: a divisibilidade e uma elucidação para a natureza elétrica. Para Thomson (1904) o átomo seria formado por um corpúsculo que abriga anéis coplanares com corpúsculos menores carregados eletricamente. Vale ressaltar, que ao final do artigo de 1904,

¹ Aqui podemos compreender o poder econômico de Cavendish, pois, na época o laboratório contava com uma equipe de técnicos a disposição dos pesquisadores para desenvolver aparatos científicos e vidrarias específicos.

busca-se desenvolver uma explicação para fenômenos da radioatividade. Este fenômeno era explicado como a desestabilização dos corpúsculos carregados no interior da estrutura atômica o que faria com que estes fossem ejetados em alta velocidade para fora do átomo.

Este momento da história do desenvolvimento da teoria atômica, com base na epistemologia de Fleck (2010), é marcado por duas características primordiais. A primeira reside no fato de que os estudos em torno da eletricidade em confluência com os trabalhos de Thomson (1904) estabeleceram um estado de ciência clássica para o modelo atômico. O segundo fator reside no fato da resistência do Coletivo de Pensamento inglês em receber pesquisadores estrangeiros ao círculo esotérico deste grupo.

Um dado que corrobora essa interpretação, é a recepção dos pesquisadores de Cambridge ao trabalho de Hantaro Nagaoka. De acordo com Conn e Turner (1965), Hantaro Nagaoka é um físico japonês que viaja pela Europa com o apoio do governo japonês para buscar conhecimento teórico que favoreça o desenvolvimento do Japão, que algumas décadas antes havia se aberto para o mundo. Em contato com trabalhos científicos de física ocidental, Nagaoka propõe um modelo atômico baseado no artigo de Maxwell sobre os anéis de Saturno.

A proposta de Nagaoka era que o átomo teria um núcleo denso, grande e carregado positivamente, enquanto teoriam anéis de cargas negativas orbitando ao seu redor, analogicamente, como os anéis de Saturno (CONN e TURNER, 1965).

Podemos observar que neste momento Nagaoka faz um tráfego intercoletivo de pensamentos usando uma base teórica macro para analisar eventos de ordem micro, este modelo atômico ficou conhecido como o Modelo Saturniano. De acordo com Lopes (2009), seria o primeiro modelo atômico a levar em conta que o átomo teria um núcleo e seria rodeado por corpúsculos carregados.

Porém, esta proposta foi fortemente combatida pelos físicos de Cambridge, especialmente por George Adolphus Schott, apresentando as fragilidades de estabilidade através de cálculos das velocidades de orbitas das cargas, mostrando a inconsistência teórica desta proposta frente ao modelo atômico proposto por Thomson. A base da crítica de Schott se fazia em dois pontos: primeiro no tamanho do núcleo do átomo e segundo pelo fato que um núcleo grande conferiria uma velocidade angular alta para os corpos negativos carregados que orbitam, tornando-se instável matematicamente.

Posteriormente, chega a Cavendish o pesquisador Neozelandês Ernest Rutherford, que começa seus estudos sobre a radioatividade em Cambridge, orientado por Thomson. Em 1898, Rutherford, decide migrar para a Universidade de McGill no Canadá, devido ao financiamento de grandes empresas nos estudos sobre radioatividade. Esta mudança e a parceria com Zimerman rendeu à equipe dois prêmios Nobel pelos estudos em radioatividade (LOPES, 2009).

Com o apoio de Thomson, Rutherford retorna a Cambridge desenvolvendo estudos sobre a natureza radioativa das partículas alfa, beta e gama orientando uma equipe formada pelos pesquisadores: Marsden, Geiger, Darwin, Royds, Crowther e Bohr. Durante os trabalhos experimentais da equipe, Rutherford, através dos ângulos de deflexão de partículas radioativas em elementos² variados verificou que o modelo

² A equipe de Rutherford testou inúmeros elementos em forma de laminas para verificar os desvios das partículas alfa, beta e gama. O ouro foi eleito o material preferido pela equipe depois de um exaustivo processo experimental no qual se observou que os desvios ocasionados por este metal eram mais claros e conseqüentemente melhores de serem estudados. Além, de que o Ouro possui mais facilidade para ser moldado em laminas finas nas quais o erro experimental era minimizado.

atômico de Thomson não dava conta de explicar certos eventos relativos ao campo da radioatividade, sugerindo uma transformação no *Estilo de Pensamento*, uma vez que o átomo de Thomson seria dotado de um núcleo denso e carregado (RUTHERFORD, 1911), exatamente como Hantaro Nagaoka havia previsto anos antes. A figura xx mostra os cálculos apresentados por Rutherford e sua equipe para os desvios das partículas sugerindo a existência do núcleo atômico:

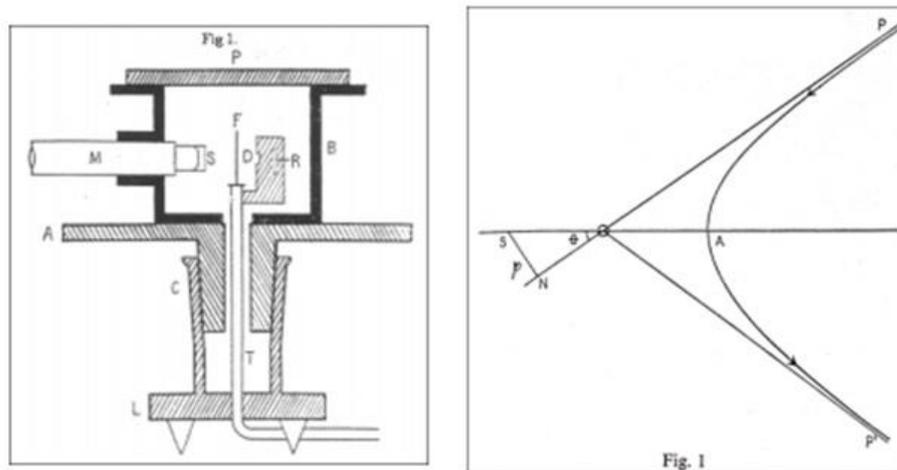


Figura 3: Representação do experimento de desvios de partículas radioativas (esquerda) e cálculo gráfico apresentado pela equipe de Rutherford para explicar a possibilidade de existência de núcleo (direita). Fonte: Geiger e Marsden (1913) e Rutherford (1911).

No entanto, estes dados foram completamente desconsiderados pelo coletivo de Cavendish e a teoria de Thomson continuou vigente para explicação dos fenômenos de ordem atômica.

Neste episódio temos um exemplo da ação da coerção coletiva no pensamento do pesquisador, causado pelo que Fleck (2010) compreende como Harmonia de Ilusões. Esta harmonia “cegou” o coletivo para a possibilidade de o átomo ser dotado de um núcleo.

Após este episódio histórico outro pesquisador advindo da Astrofísica propõe um modelo para o átomo que destoava da proposta teórica do átomo de Thomson. Esse pesquisador era Nicholson que propôs um modelo atômico para explicar espectros luminosos gerados por estrelas.

Através dos dados colhidos por espectroscopia luminosa, Nicholson propõe um modelo atômico baseado em categorias de átomos primordiais que na sua relação de união formariam todos os elementos químicos presentes na natureza e nas estrelas.

De acordo com Conn e Turner (1965) o átomo de Nicholson seria formado por quatro átomos primordiais chamados: Coronium, Nebulium e Protofluorine. Cada um desses átomos teria um peso atômico e uma estrutura atômica pré-definidas (NICHOLSON, 1911a, 1911b, 1911c).

Porém, vale ressaltar que a mesma Harmonia de Ilusões que “cegou” o Coletivo de Pensamento para a proposta de Rutherford fez os pesquisadores de Cavendish a desconsiderar o trabalho de Nicholson, mesmo com os inúmeros feitos experimentais desse modelo como a predição de novos elementos químicos que viriam a ser verificados posteriormente pelo trabalho experimental de outros pesquisadores.

Outra questão que deve-se abordar é que Niels Bohr usa os trabalhos de Nicholson para pensar sua proposta de movimentação eletrônica dos elétrons na eletrosfera. Isso se verifica na análise do referencial teórico do artigo publicado em 1913 o qual consta a menção a alguns trabalhos de Nicholson, porém, na sequência da

trilogia a referência não mais aparece sugerindo um rompimento das ideias de Bohr com Nicholson.

De acordo com Lopes (2009), somente em 1913 o Coletivo de Pensamento inglês aceita a proposição de um núcleo carregado e denso para o átomo, a partir da trilogia de artigos publicado por Bohr (1913a, 1913b e 1913c)³. Enunciando postulados para explicar os movimentos eletrônicos na eletrosfera:

1. Que a energia radiada não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua admitida pela eletrodinâmica clássica, por apenas durante a passagem dos sistemas de um estado “estacionário” para outro diferente.
2. Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis da mecânica clássica, não se verificando estas leis nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários.
3. Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um sistema de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência ν e a quantidade total de energia emitida é dada por $E=h\nu$, sendo h a constante de Planck.
4. Que os diferentes estados estacionários de um sistema simples constituído por um elétron que roda em volta de um núcleo positivo são determinados pela condição de ser igual a um múltiplo inteiro de $h/2$ a razão entre a energia total emitida durante a formação da configuração e a frequência de revolução do elétron. Admitindo que a órbita do elétron é circular, esta hipótese equivale a supor que o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de $h/2\pi$.
5. Que o estado “permanente” de um sistema atômico – isto é, o estado no qual a energia emitida é máxima – é determinado pela condição de ser igual a $h/2\pi$ o momento angular de cada elétron em torno do centro de sua órbita (BOHR, 1913c, p. 196, grifos nossos, tradução nossa).

Lembrando que o trabalho de Bohr rompeu com a Harmonia de Ilusões que estava posta ao coletivo de físicos da época abrindo a possibilidade de uma mudança no Estilo de Pensamento gerando uma ruptura da física clássica para a física quântica.

Considerações Finais

Neste artigo tivemos por objetivo mostrar como o referencial teórico de Fleck é profícuo para uma abordagem externalista da ciência, que neste caso consistiu na influência de determinado estilo de pensamento na construção das teorias atômicas.

Dessa forma, corroboramos nossa argumentação inicial, quando consideramos que a abordagem HFC é capaz de contribuir para uma melhor compreensão desta e da atividade científica, sendo, portanto, um importante instrumento teórico metodológico para as aulas de ciências. Nesse sentido, confirmamos a argumentação de Martorano e Marcondes (2012) sobre a necessidade do desenvolvimento de cursos de formação inicial e continuada de professores de ciências/química com elementos históricos e para estudo de diferentes abordagens epistemológicas da ciência, dentre as quais destacamos neste artigo a abordagem de Fleck (2010).

Referências Bibliográficas

³ Lopes (2009) destaca que outro pesquisador esquecido no desenvolvimento da teoria atômica é o Nicholson que desenvolveu uma teoria atômica embasada na Astrofísica. Bohr (1913a) cita Nicholson na sua proposição para o átomo. Porém, a comunidade desconsidera a proposta atômica pelo mesmo fator que Hantaro Nagaoka foi desconsiderado devido ao não pertencimento ao círculo esotérico do *Coletivo de Pensamento* inglês.

BOHR, N. I. On the constitution of atoms and molecules. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 26, n. 151, p. 2 – 25, Jul, 1913a.

BOHR, N. Part II. – Systems containing only a single nucleus. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 26, p. 476 – 502, Set, 1913b.

BOHR, N. Part III. – Systems containing a multiples nucleus. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 26, p. 171 – 197, Nov, 1913c.

CONN, G. K. T. TURNER, H. D. **The evolution of the nuclear atom**. Londres: Iliffe Books. 1965.

FITZPARTRICK, T. C. WHETHAM, W. C. D. The building of the laboratory. In: THOMSON, J. J. (Org.). **A History of Cavendish Laboratory (1871 – 1910)**. Londres: LONGMANS, GREEN.1910.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

GEIGER, H. MARSDEN, E. LXI. The laws of deflexion of α particles through large angles. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 25, n. 48, p. 604 – 624, Abr, 1913.

LOBATO, C. de B. **Misturas e combinações químicas: estudos e explicações atômicas de John Dalton (1766 – 1844)**. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica a introdução a física quântica**. Tese (Doutorado em História da Ciência) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

LOPES, C. V. M. MARTINS, R. de A. Uma lacuna na história dos modelos atômicos em livros didáticos: John William Nicholson e a astroquímica. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências, 6., Florianópolis, **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências**, Florianópolis: VI ENPEC, 2007, p. 1-11.

LOGUERCIO, R. DEL PINO, J. C. Contribuições da história e filosofia das ciências para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **ACTASCIENTIAE**, Canoas, v. 8, n. 1, p. 67 – 77, jan/jul, 2006.

MARQUES, D. M. **Dificuldades e possibilidades da utilização da história da ciência no ensino de química: um estudo de caso com professores em formação inicial**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2010.

MARTINS, R. A. Que tipo de História da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme**, Porto Alegre, n. 10, p. 39-56, jan/jun, 2000.

MARTORANO, S. A. de A. MARCONDES, M. E. R. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química. **História Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 6, p. 16-31, 2012.

MATTHEWS, M. R. Historia, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

Nicholson, J. W. The Spectrum of Nebulium. **Royal Astronomical Society**, Londres, v.72, n.1, p.49-64, nov. 1911a.

Nicholson, J. W. Constitution of Solar Corona. I.: Protofluorine. **Royal Astronomical Society**, Londres, v.72, n.2, p.139-150, dez. 1911b.

Nicholson, J. W. A Structural Theory of the Chemical Elements. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v.22, p.864-889, 1911c.

Nicholson, J. W. Constitution of solar corona. II. **Royal Astronomical Society**, Londres, v.72, n.8, p. 677-692, jun. 1912.

Nicholson, J. W. Hydrogen and the Primary Constituents of Nebulae. **Royal Astronomical Society**, Londres, v.74, n.3, p.204-214, jan, 1914a.

Nicholson, J. W. The Constitution of Nebulae. **Royal Astronomical Society**, v.74, n.6, p. 486-506, abr, 1914b.

Nicholson, J. W. The Nature of the Coronium Atom. **Royal Astronomical Society**, Londres, v.76, n.5, p. 415-418, mar, 1916.

Nicholson, J. W. The Atomic Weights of the Elements in Nebulae. **Royal Astronomical Society**, v.78, n.5, p. 349-362, mar, 1918.

PEDUZZI, L. O. de Q. O uso da História da Ciência no ensino: considerações e críticas. In: PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, cap.7, p.151-170, 2001.

QUINTANILLA, M. CUÉLLAR, L. CAMACHO, J. La historia del átomo en los libros de texto didáctica de una propuesta de innovación construida desde una visión naturalizada de la ciencia. **Nova Época**, Barcelona, V. 1 (2), p. 97 – 107, 2008.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 21, n. 125, p. 669 – 688, Fev, 1911.

SANGIOGO, F. A. MARQUES, C. A. Potencialidades da abordagem psico-sócio-histórico-cultural da epistemologia de Fleck aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 16., Salvador, **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador: XVI ENEQ, 2012, p. 1-12.

THOMSON, J. J. Cathode rays. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 5, p. 25 – 29, Out, 1897.

THOMSON, J. J. XXIV. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscilation of a number of corpuscles arraged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **Philosophical Magazine**, Manchester, s. 6, v. 7, n. 39, p. 238 – 265, Mar, 1904.

VIANA, H. E. B. **A Construção Atômica da Teoria de Dalton como Estudo de Caso – e algumas reflexões para o ensino de química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.