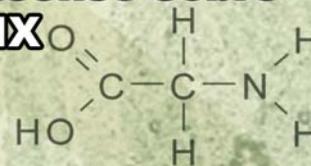


## O Congresso de Karlsruhe e a Busca de Consenso sobre a Realidade Atômica no Século XIX



### Maria da Conceição Marinho Oki

No século XIX, a comunidade dos químicos enfrentou muitas divergências no campo teórico a respeito de questões fundamentais para o avanço da Química como debates sobre o atomismo. Na busca de consenso sobre tais questões, bem como de regras para o seu adequado funcionamento, os cientistas reuniram-se em muitos congressos científicos, sendo o mais importante deles o Congresso de Karlsruhe; o primeiro Congresso Internacional que aconteceu em 1860, discutindo definições de átomos, moléculas e equivalentes e buscando trazer coerência para as disputas nesse campo.

► História da Química, atomismo, Congresso de Karlsruhe ◀

Recebido em 10/7/06; aceito em 14/5/07

Uma das mais importantes atividades dos cientistas consiste em se reunir em congressos para discutir e divulgar seus trabalhos, além de debater problemas teóricos ou metodológicos relativos a seu campo de pesquisa. Os químicos não fogem a essa regra e estão entre os pioneiros na realização de um evento de convergência internacional: o Congresso de Karlsruhe, considerado o primeiro grande encontro da comunidade química na História da Ciência. Esse evento deu visibilidade à Química, que buscava a definição de regras para o seu adequado funcionamento.

### A organização do encontro

O Congresso de Karlsruhe teve uma duração de três dias e aconteceu no mês de setembro de 1860, na

**O Congresso de Karlsruhe, primeiro grande encontro da comunidade química na História da Ciência, tinha por objetivo encontrar uma posição consensual em relação à linguagem e às representações utilizadas pelos químicos**

cidade de mesmo nome, Alemanha. A idéia do encontro partiu do importante químico alemão August Kekulé Von Stradonitz (1829-1896), que planejou trazer para o debate importantes aspectos da Química daquele período. Para ajudá-lo na organização do evento, ele contou com a colaboração do químico francês Charles Adolphe Wurtz (1817-1884) e do alemão Karl Weltzien (1813-1870), professor da Escola Politécnica de Karlsruhe.

Para esse encontro, foram convidados 140 importantes químicos dos diferentes continentes, tendo o evento envolvido representantes de doze países. O principal objetivo dos congressistas era encontrar uma posição consensual, de uma comunidade científica em expansão, em relação à linguagem e às representações utili-

zadas pelos químicos.

Na circular que foi enviada aos participantes, foram delineados os principais objetivos do encontro:

*O grande desenvolvimento que teve a Química nesses últimos anos e as divergências manifestadas nas opiniões teóricas tornaram oportuno e útil a realização de um congresso, tendo como objetivo a discussão de algumas questões importantes do ponto de vista dos progressos futuros da Ciência. [...] Tal assembléia não poderia tomar resoluções ou deliberações obrigatórias para todos, mas, através de uma discussão livre e aprofundada, ela poderia acabar com certos mal-entendidos e facilitar um entendimento comum, a respeito de alguns dos seguintes pontos:*

- Definição de noções químicas importantes, como as que são exprimidas pelas palavras: átomo, molécula, equivalente, atômico, básico.

- Exame da questão dos

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

equivalentes e das fórmulas químicas.

• *Estabelecimento de uma notação e de uma nomenclatura uniforme.* (Nye, 1984, p. 633-634)

Percebe-se no conteúdo dessa circular que os problemas teóricos da Química no século XIX eram significativos: dúvidas sobre a diferença entre os conceitos de átomo e molécula, divergências sobre a nomenclatura química mais adequada para ser usada por essa comunidade, entre outros. Entretanto, uma questão fundamental estava subentendida nas preocupações explicitadas: a utilização dos conceitos de peso atômico ou equivalente químico. Essa última questão foi conseqüência da dificuldade enfrentada pela teoria atômica daltoniana para se fazer aceita naquele século.

### As dificuldades para a consolidação do atomismo no século XIX

Embora livros e artigos tenham sido escritos por historiadores abordando e discutindo vários aspectos relacionados com as controvérsias acontecidas no século XIX entre atomistas e anti-atomistas, esse é um tema desconhecido de grande parte dos estudantes e professores das Ciências Naturais. Uma evidência para essa afirmação pode ser encontrada na ausência dessa questão na maior parte dos livros didáticos de Química Geral, nos quais o atomismo daltoniano é apresentado.

A abordagem da História da Ciência na educação científica tradicional tem ocorrido geralmente de modo dogmático, existindo pouco espaço para que controvérsias científicas sejam apresentadas ou discutidas. As controvérsias sobre o atomismo no século XIX desempenharam um importante papel na consolidação do conceito de átomo na Física e Química do século XX. A teoria atômica de John Dalton (1766-1844) teve momentos de grande reconhecimento, entretanto, outras vezes foi muito questionada. A oposição à teoria atômica naquele período não estava relacionada apenas à interpretação

dos fatos ou à ausência de evidências para a existência de átomos, mas envolvia múltiplos aspectos: ontológicos, metodológicos e epistemológicos que estavam subjacentes aos debates:

*O que muitas vezes tem sido omitido nas análises sobre os áspetros debates (sobre o atomismo) é que a crise na comunidade científica do século passado não dizia respeito apenas à evidência e a interpretação, mas também, a metodologia científica e a epistemologia. Em questão não estava apenas a teoria atômica, mas o objetivo e a estrutura da teoria física.* (Nye, 1976, p. 246)

Durante o século XIX, a idéia de átomo foi considerada por grande parte da comunidade científica como uma hipótese fundamental para a interpretação de resultados da química quantitativa. As dúvidas e especulações sobre a realidade dos átomos eram, em parte, de natureza filosófica e não envolviam aspectos científicos da questão, justificando a alternância entre o ceticismo e a confiança na hipótese atômica.

Muitas dúvidas eram compartilhadas por químicos conceituados e influentes como o francês Jean Baptiste André Dumas (1800-1884), que teve um comportamento controvertido em relação à teoria atômica. Inicialmente ele aceitou as idéias de Dalton, mas posteriormente passou a desconfiar da sua validade em função das dificuldades para utilizá-las na interpretação de seus resultados empíricos. No trecho a seguir, ele manifestou o seu ponto de vista sobre essa teoria:

*O que nos resta da excursão ambiciosa que nos permitimos na região dos átomos? Nada ou pelo menos nada de necessário. O que nos resta é a con-*

*vicção de que a Química se perdeu aí, como sempre quando abandonando a experiência, quis caminhar sem guia através das trevas. Com a experiência à mão encontrareis os equivalentes de Wenzel, os equivalentes de Mitscherlich, mas procurareis em vão os átomos tal como a vossa imaginação os sonhou [...]. Se eu fosse o mestre, apagaria a palavra átomo da Ciência, persuadido que ele vai mais longe que a experiência; e na Química nunca devemos ir mais longe que a experiência.* (Dumas apud Bensaude-Vincent; Stengers, 1992, p. 176)

Entre 1808 e 1860, os químicos utilizavam indiferentemente os termos *átomos*, *equivalentes* e *proporções*; a basicidade e o conceito de radical eram alguns dos assuntos discutidos, além de questões metafísicas relativas à divisibilidade da matéria. Os debates envolvendo atomistas e equivalentistas estiveram presentes em muitos países da Europa. Esse período é chamado por alguns historiadores da Química, a exemplo de Papp e Prelat (1950), de "intervalo equivalentista", caracterizado pelo uso do peso equivalente como suporte na

interpretação quantitativa das reações químicas e na menor valorização dos pesos atômicos. Segundo Bensaude-Vincent e Stengers (1992), "o retrocesso sobre os equivalentes foi acompanhado de uma desconfiância em relação aos métodos físicos e de

um abandono categórico das pretensões realistas na Química" (p. 164).

As divergências entre atomistas e equivalentistas se agravaram com o crescimento das investigações em Química Orgânica. As teorias usadas para explicar a formação de compostos orgânicos admitiam uma arquitetura molecular fixa e a possibilidade de troca de um átomo por outro ou

**Embora muito tenha sido escrito por historiadores discutindo vários aspectos relacionados com as controvérsias acontecidas no século XIX entre atomistas e anti-atomistas, esse é um tema desconhecido de grande parte dos estudantes e professores**

por um grupo de átomos (radical). Apesar das dúvidas sobre a realidade atômica, alguns químicos orgânicos tentavam fazer representações dos compostos, conferindo-lhes uma dimensão espacial e sugerindo sua realidade.

Naquele período, parte da comunidade dos químicos, em especial os orgânicos, já utilizava a notação baseada na hipótese de Avogadro, que admitia a possibilidade de existirem moléculas formadas por átomos iguais. Essa possibilidade estava em desacordo com a teoria dualista desenvolvida por Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), que só considerava a existência de combinações químicas entre átomos ou grupos de átomos de cargas opostas. Nesse caso, os constituintes atômicos eram mantidos juntos por forças de natureza elétrica, portanto, átomos idênticos não poderiam se combinar para formar moléculas.

As divergências teóricas também foram acompanhadas do uso de diferentes valores de pesos atômicos<sup>1</sup> e equivalentes químicos. As discrepâncias nos valores propostos eram acompanhadas de divergências nas notações utilizadas para as fórmulas químicas e nas definições discordantes de vários termos da linguagem química. Um mesmo composto, como o ácido acético, podia ser escrito utilizando-se dezenove fórmulas químicas diferentes, o que não era surpreendente no contexto da época (Rocke, 1978).

No século XIX, a oposição da comunidade química à hipótese atômica esteve também relacionada com a dificuldade de diferenciar adequadamente conceitos como o de átomo e molécula, inclusive pelo próprio Dalton. Duas questões fundamentais foram programadas para serem debatidas no Congresso de Karlsruhe: a diferença entre os conceitos de átomo e molécula, uma vez que o entendimento dessa questão poderia esclarecer a possibilidade de as moléculas se dividirem em reações químicas e a

necessidade de buscar uma convergência entre o atomismo químico e o físico.

Embora a Química e a Física sejam hoje campos de conhecimento

**No encontro de Karlsruhe, predominaram rivalidades entre os congressistas de diferentes nacionalidades, dificultando o entendimento na busca de soluções para os problemas**

muito próximos, no século XIX, os interesses dessas duas ciências eram, de certa forma, distintos e mais específicos. Essas diferenças podem ser identificadas, por exemplo, pelo modo como a teoria atômica clássica era usada naquele período pelos físicos e químicos. A concepção de átomo que vigorava nas duas comunidades científicas não era única.

Na Química, a idéia de átomo estava relacionada com a existência de elementos químicos, formados de partículas indivisíveis. Edificada sobre bases empíricas (métodos químicos, analogias químicas, lei dos calores específicos, isomorfismo), a teoria atômica tinha aceitação entre os químicos devido à sua utilidade operacional na determinação de fórmulas moleculares, possibilitando a representação e quantificação das transformações químicas. O átomo era concebido como a unidade mínima de combinação da matéria. Entretanto, na Física, a idéia de átomo decorreu inicialmente da teoria dinâmica do calor, retomada e muito debatida na primeira metade do século XIX. Os átomos eram imaginados como partículas inelásticas ou pontos inerciais, submetidos a forças atrativas e repulsivas. O atomismo era considerado uma hipótese que despertava grande oposição em virtude de se apoiar em suposições mecânicas sobre a natureza íntima das substâncias (Nye, 1996).

### **A influência de fatores sociais e políticos nos rumos da Ciência**

Na França, químicos influentes como Marcelin Pierre Eugène Berthelot (1827-1907), um dos primeiros grandes especialistas em síntese orgânica, com investigações que alcançaram a Termoquímica, combateu o atomismo, participando de de-

bates com outros químicos defensores dessa teoria, a exemplo de Wurtz. A interferência de fatores políticos e sociais nos rumos da Ciência é evidente nesse episódio. Berthelot se destacou também como político, tendo ocupado importantes cargos públicos como senador da República, presidente da Academia de Ciências e ministro da Instrução Pública. A presença no governo possibilitou sua ação no sentido de afastar atomistas que ocupavam postos de destaque no meio governamental e a adoção da notação equivalentista na França, mesmo quando os físicos já se ocupavam com a caracterização do elétron (Pigeard, 1997).

Em 1869, nas publicações da revista *Le Bulletin*, da Sociedade Química de Paris, registravam-se 25 estrangeiros e 23 franceses que utilizavam a notação equivalentista contra 191 estrangeiros e 22 franceses partidários da notação atomista, dos quais, a metade deles era constituída de alunos de Wurtz (Pigeard, 1997).

No encontro de Karlsruhe, predominaram rivalidades entre os congressistas de diferentes nacionalidades, dificultando o entendimento na busca de soluções para os problemas. Os químicos franceses adotaram uma atitude conservadora em defesa do equivalentismo, enquanto que os alemães mostraram-se mais abertos e progressistas. Bensaude-Vincent (1997) considera que o Congresso de Karlsruhe marcou a "bifurcação" da Química alemã e da francesa, que optaram por percursos teóricos diferenciados. A opção dos alemães pelo atomismo facilitou o desenvolvimento da Química Estrutural e estudos de Estereoquímica, fundamentais para uma expansão industrial apoiada na exploração da arquitetura molecular dos compostos orgânicos.

A participação do químico italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) no encontro de Karlsruhe foi decisiva para a superação de antigas dúvidas. Ao final do Congresso, distribuiu-se entre os participantes um artigo de sua autoria: *Sunto di um Corso di Filosofia Chimica*. Esse artigo trazia esclarecimentos sobre a diferença entre os conceitos de átomo e molécula,

retomando idéias de Avogadro necessárias para que essa distinção acontecesse. Duas outras questões contempladas foram a defesa da importância do peso atômico como propriedade fundamental para os cálculos estequiométricos e o uso do sistema de pesos atômicos de Charles Frederic Gerhardt (1816-1856).

Após o congresso, aconteceram várias tentativas para se chegar a um consenso sobre valores dos pesos atômicos e a sua notação, embora discussões ainda continuassem ocorrendo. Mesmo diante de evidências em favor da hipótese atômica, anti-atomistas como Berthelot continuaram fazendo uso de fórmulas obtidas com base nos pesos equivalentes. Essa grande resistência foi responsável pela notação atomista ter encontrado dificuldades em ser aceita na França e incorporada ao Ensino de Química naquele país.

De acordo com Pigéard (1997), os átomos foram incorporados aos manuais escolares franceses a partir de 1894. Entretanto, até 1930, eles ainda usavam a designação *hipótese atômica* e não *teoria atômica*. Muitos livros apresentavam o átomo como um termo “cômodo”, que possibilitava uma linguagem útil para exprimir diversos resultados experimentais, mas a existência dos átomos não era consensualmente reconhecida (Chagas, 2003).

O atomismo continuou sendo uma importante questão que mobilizou outros importantes encontros, envolvendo as comunidades de químicos e físicos, como o da Chemical Society de Londres em 1869, o da Academie des Sciences de Paris em 1889, o de Gênève em 1892 e a Conferência de Luebeck em 1895 (Bensaude-Vincent, 1997; Nye, 1976).

### Algumas conseqüências do Congresso de Karlsruhe

Uma importante conseqüência do encontro de Karlsruhe foi a ascensão da teoria da valência, que levou a uma

transformação no conceito de equivalente químico. A descoberta de que os átomos tinham definidas e limitadas capacidades de combinação sugeria que o poder de combinação estava de algum modo localizado em partes do átomo. Essa hipótese originou especulações sobre a possibilidade de uma estrutura interna contendo regiões onde se localizavam o poder e a força do átomo. A hipótese de átomos contendo agregações de

**Os químicos franceses adotaram uma atitude conservadora em defesa do equivalentismo, enquanto que os alemães mostraram-se mais abertos e progressistas**

subátomos possibilitou uma maior compreensão dos conceitos de valência e equivalente. A valência seria o número de subátomos em um átomo, sua atomicidade; e o equivalente seria o peso de um

subátomo (Rocke, 1984). A definição de equivalente passou a ser “o peso atômico dividido pela valência”, forma que os livros didáticos utilizaram para apresentar essa definição até as últimas décadas.

Outra importante conseqüência do Congresso de Karlsruhe (1860) foi a lei periódica dos elementos químicos. O próprio Dimitr Ivanovich Mendeleev (1834-1907) reconheceu que as definições de átomo e molécula, “votadas” no primeiro dia do Congresso, foram as principais mensagens do encontro que possibilitou a sua inovadora proposta de tabela periódica (Bensaude-Vincent, 1997).

Em Karlsruhe, não se observou um enfrentamento entre equivalentistas - que tinham uma postura mais idealista ou mais positivista - e os atomistas - que admitiam a realidade atômica. Os congressistas não tinham a intenção de se pronunciar sobre a existência de átomos ou moléculas de imediato. Aceitava-se consensualmente que os átomos e as moléculas eram necessários à Química, mesmo os considerando como hipotéticos. Nessa ocasião, o objetivo dos químicos era defender o seu ponto de vista, que era diferente dos físicos. A reação contra o realismo ingênuo de modelos mecânicos de átomo, uma atitude nitidamente ‘anti-realista’, passou a ser percebida pos-

teriormente (Bensaude-Vincent, 1997).

O posicionamento de Kekulé sobre essa questão reflete o ponto de vista de grande parte dos químicos naquele período:

*Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na existência real de átomos, tomando a palavra no seu significado literal de partículas indivisíveis de matéria. Eu prefiro esperar que nós possamos algum dia encontrar, para o que nós agora chamamos átomos, uma explicação mecânico-matemática para o peso atômico, a atomicidade e numerosas outras propriedades dos chamados átomos. Como químico, porém, eu recomendo a suposição de átomos, não apenas como recomendável, mas como absolutamente necessária à Química. Eu irei até mais longe, e declaro minha crença de que átomos químicos existem, de modo que o termo seja compreendido para denotar aquelas partículas da matéria que não possam ser submetidas a divisões posteriores em metamorfoses químicas. Deverá o progresso da Ciência levar a uma teoria da constituição de átomos químicos, importante tal como um conhecimento poderia ser para a filosofia geral da matéria, isto seria apenas uma pequena alteração na própria Química. O átomo químico permanecerá sempre a unidade química. (Kekulé apud Mierzecki, 1991, p. 129)*

### Considerações finais

A recepção da teoria atômica daltoniana entre os cientistas do século XIX foi bastante heterogênea. A maior parte deles aceitava o seu valor heurístico e utilitário, entretanto, duvidava da existência real dos átomos. No decorrer daquele século, a Química foi adquirindo uma identidade que a distinguia de outros campos experimentais, em parte devido à influência da teoria atômica de Dalton sobre as

investigações e da maior atenção dada à Química Orgânica e seus compostos. Conceitos químicos específicos, que se diferenciavam de conceitos usados em outras ciências da natureza, foram formulados.

Os praticantes da Química e membros dessa comunidade científica foram submetidos a uma iniciação profissional e a uma educação comum, absorvendo a mesma literatura técnica e retirando dela muito conhecimento. Entretanto, esse episódio histórico ilustra a heterogeneidade dos componentes dessa comunidade, capazes de abordar um mesmo objeto científico a partir de pontos de vista incompatíveis. Embora muitos 'instrumentos' fundamentais para essa comunidade, a exemplo das leis de combinações químicas, tenham sido assimilados em função da teoria atômica de Dalton, foi possível aos químicos fundamentar seus trabalhos nesses instrumentos e discordar, algumas vezes de forma contundente, da existência de átomos (Kuhn, 1996).

Nos debates acontecidos no século XIX, é possível perceber-se a preocupação com a natureza e os objetivos de uma investigação científica, incluindo a necessidade de articulação de critérios empíricos, bem

como de outra natureza, inclusive metafísicos, no processo de construção do conhecimento científico. A contundente aceitação da hipótese no decorrer do século XX revela uma posição de consenso entre os cientistas em relação à sua continuidade na Ciência.

As evidências sobre a possível realidade atômica foram lentamente se acumulando. No início do século XX, mesmo sobre forte influência das escolas positivistas, os cientistas se curvaram ao atomismo. O avanço nas pesquisas com a utilização de novas técnicas e novos instrumentos de análise possibilitaram a identificação de propriedades que apontavam para uma subestrutura eletrificada do átomo, direcionando físicos e químicos para uma nova teoria atômica. A velha hipótese atômica foi revigorada por meio do resgate da sua credibilidade e representação mediante um único modelo aceito por físicos e químicos.

A maior aproximação entre a Ciência e técnica e a sofisticação de instrumentos tecnológicos possibilitou o desenvolvimento de três importantes técnicas de microscopia capazes de fornecer resolução em escala atômica: a Microscopia Iônica de Campo, a Microscopia Eletrônica de Alta Resolução e a Microscopia de Tunela-

mento e Varredura. As imagens obtidas por meio dessas técnicas evidenciam a presença de átomos individualmente, legitimando a frase que é hoje comumente formulada, no meio científico ou jornalístico especializado, de que "é possível 'ver' os átomos" (Castilho, 2003).

As profundas modificações introduzidas na Física influenciaram decisivamente os rumos do atomismo no século XX. Os novos conhecimentos gerados pelo desenvolvimento da teoria cinética dos gases e pela nova Física Quântica foram fundamentais nesse processo e na consolidação dessa teoria. Nessa fase, novas teorias formuladas com sólida fundamentação matemática e empírica possibilitaram a ampla aceitação do atomismo.

### Nota

<sup>1</sup>No século XIX, o peso atômico era a expressão usada para o que hoje se denomina massa atômica relativa.

**Maria da Conceição Marinho Oki** (marinhoc@ufba.br), engenheira química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Química Inorgânica pelo IQ/UFBA e doutora em Educação pela FACED/UFBA, é docente do Departamento de Química Geral e Inorgânica da UFBA - campus de Ondina.

### Referências bibliográficas

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Piaget, 1992, p. 176-177.

BENSAUDE-VINCENT, B. Trois jours pour statuer sur les atomes. *Les Cahiers de Science & Vie: Révolutions Scientifiques*, n. 42, p. 38-47, 1997.

CASTILHO, C.M.C. Quando e como o homem começou a "ver" os átomos! *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 364-373, 2003.

CHAGAS, A.P. Os noventa anos de Les Atomes. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 36-38, 2003.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 4ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.

MIERZECKI, R. *The historical development of chemical concepts*. Varsóvia; Dordrecht: Polish Scientific Publishers; Kluwer Academic Publishers, 1991.

NYE, M.J. *Before big science: the pursuit of modern chemistry and physics, 1800-1940*. Cambridge: Harvard University Press, 1996.

\_\_\_\_\_. *The history of modern physics 1800-1950: the question of the atom*. 2ª ed. Los Angeles: Tomash Publishers, 1984.

\_\_\_\_\_. The nineteenth-century atomic debates and the dilemma of an "indifferent hypothesis". *Studies History Philosophy Science*, v. 7, n. 3, p. 245-269, 1976.

PAPP, D.; PRELAT, C.E. *História de los principios fundamentales de la Química*. Buenos Aires: Espasa Calpe, p. 154-159, 1950.

PIGEARD, N. Question de langage, dites-vous? *Les Cahiers de Science & Vie: Révolutions Scientifiques*, n. 42, p. 56-65, 1997.

ROCKE, A.J. Atoms and equivalents: the early development of the chemical atomic theory. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 9, p. 225-263, 1978.

\_\_\_\_\_. *Chemical atomism in the nineteenth century*. Columbus: Ohio State University Press, 1984.

### Para saber mais

CHASSOT, A. *A Ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 2005.

FILGUEIRAS, C.A.L. 200 anos de Teoria Atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 38-44, 2004.

**Abstract:** *The Karlsruhe Congress and the effort to reach consensus on the atomic issue in the XIX century.* In the nineteenth-century the scientific community of chemistry faced many controversies on fundamental theoretical questions related to the chemistry science and its development. One important debate was regarding to atomism. The Karlsruhe Congress in 1860 was the first international scientific meeting that tried to reach a consensual base on this matter. Discussions at the meeting focused on the definitions of atoms, molecules and equivalents, in an attempt to bring coherence and consistency into chemical disputes.

**Keywords:** History of Chemistry, atomism, The Karlsruhe Congress