

Gay-Lussac (1778-1850) e sua contribuição para o estudo dos gases

Adriana Bispo dos Santos Kisfaludy
Wellington Pereira Queirós

Resumo

No início do século XIX, na Europa, houve grande produção científica no que tange à química, e, dentre os diversos pesquisadores que publicaram seus estudos, nesse período, temos Gay-Lussac e Avogadro com contribuições sobre os estudos gasosos. Seus estudos tiveram grande importância para o desenvolvimento de conceitos e entendimento da estrutura molecular dos gases, o que contribuiu, posteriormente, por exemplo, para a construção do conceito de molécula. Neste sentido, apresentamos, no presente texto, uma tradução comentada do artigo publicado, no início do século XIX, de Gay-Lussac. Em suma, a análise contribui para o entendimento do processo do surgimento das bases teóricas sobre o estudo dos gases.

Palavras-chave: História da Ciência; Gay-Lussac; Gases; Moléculas; Átomos

Resumé

Au début du XXème siècle en Europe il y a eu une grande production scientifique dans ce qui concerne la chimie, entre plusieurs chercheurs qu'ont publié ses études dans cette période on a Gay-Lussac et Avogadro avec des contributions sur les études des gaz. Ainsi, les études de ces chercheurs ont eu une grande importance pour le développement de concepts e compréhension de la structure moléculaire des gazes, ce qui a par la suite contribué par exemple à la construction du concept de molécule. Dans ce sens, présente dans ce texte une traduction commentée de l'article publié au début du XIXème siècle par Gay-Lussac. Enfin, l'analyse réalisée collabore pour la compression du processus de l'émergence des bases théorique sur l'étude des gazes.

Mots Clés: História da Ciência; Gay-Lussac; Gases; Moléculas;.Atomes

INTRODUÇÃO

Alguns autores da área de História da Ciência e Ensino, Marques¹; Queirós, Nardi e Delizoicov²; Martins³ apontam que há uma grande falta de materiais didáticos de qualidade sobre a História da Ciência para serem utilizados na Educação em Ciências, que possam auxiliar, estudantes e professores, no entendimento do processo de construção do conhecimento científico. Nessa direção, entre as alternativas de recursos didáticos para inserção de História da Ciência no Ensino de Ciências é a utilização de fontes primárias, isto é, textos e materiais produzidos pelos

¹ Marques, *Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência*

² Queirós, Nardi, Delizoicov, *A produção técnico-científica de James Prescott Joule: uma leitura a partir da epistemologia de Ludwik Fleck*

³ Martins, *Introdução. A História das Ciências e seus usos na educação.*

próprios cientistas.

A vantagem do uso das fontes primárias é que elas permitem, aos leitores, e pesquisadores a extração de suas próprias interpretações e impressões. A rigor, só constitui uma fonte primária, o material original produzido pelo autor, portanto, uma tradução é uma fonte secundária⁴. Porém, fora dos estudos, estritamente, históricos e historiográficos, os autores consideram uma tradução como fonte primária, e é este o sentido de fonte primária adotada nesse trabalho.

O potencial de ensino das fontes primárias vem sendo explorado na literatura, como nos trabalhos de Assis⁵; Boss, Souza Filho, Caluzi^{6 7 8}; Bueno, Pacca⁹; França Silva¹⁰. Galdabini, Rossi¹¹; Montenegro¹², Pessoa Jr.¹³ Por outro lado, a inserção de fontes primárias exige um planejamento cauteloso, pois os estudos de campo revelam muitas vezes que alunos e acadêmicos apresentam dificuldades na leitura desses textos. Dentre as principais dificuldades semânticas, podemos citar o desconhecimento de termos arcaicos, do contexto da época e a sintaxe obsoleta:

Há algum tempo temos trabalhado com traduções de fontes primárias em sala de aula na graduação em Licenciatura em Física, tanto em disciplinas de Física Geral quanto de História da Física, utilizando-as como recurso educacional em diferentes contextos para atingir diferentes objetivos educacionais. Este trabalho mostrou-nos que tais textos não são facilmente lidos e compreendidos pelos alunos. Percebemos que, muitas vezes, os alunos só conseguiam entender determinados aspectos dos textos devido à mediação dos pesquisadores/professores em sala de aula. As evidências de que ler e entender traduções de fontes primárias é uma tarefa difícil não se limitam aos graduandos. Os próprios autores deste trabalho, por vezes, enfrentam dificuldades no processo de tradução e de estudo das fontes primárias. Não é raro nos depararmos com fontes primárias e traduções que

⁴ Eco, *Como se Faz uma Tese*.

⁵ Assis, *Newton e suas grandes obras: o Principia e o Óptica*.

⁶ Boss, Souza Filho, Caluzi, *Algumas dificuldades de leitura e de entendimento de traduções de fonte primária por licenciandos em Física*.

⁷ Boss, Souza Filho, Caluzi, *Contribuições de um texto histórico de fonte primária para a aprendizagem significativa da lei de Coulomb*.

⁸ Boss, Souza Filho, Caluzi, *Traduções de fonte primária*.

⁹ Bueno, Pacca, *Os textos originais para ensinar conceitos de mecânica*

¹⁰ França Silva, *O uso de organizadores prévios elaborados com trechos de textos históricos originais como recurso de ensino*.

¹¹ Galdabini, Rossi, *Using historical papers in ordinary physics teaching at high school*.

¹² Montenegro, *A leitura de textos originais de Faraday por alunos da terceira série do Ensino Médio*.

¹³ Pessoa Jr., *Quando a abordagem histórica deve ser utilizada no ensino de Física?*

exigem certo esforço para que possam ser compreendidas. Conclui-se, a partir deste breve relato, que é preciso buscar meios para que este tipo de material seja inteligível para os sujeitos envolvidos no processo educativo, i.e., graduandos e professores, caso contrário será inócuo em relação aos objetivos educacionais e ao potencial que a História da Ciência tem para a formação do futuro professor¹⁴.

Nesse sentido, a fonte primária por si só não é um elemento de ensino, é preciso fabricar um material que tenha potencial de aprendizagem e ajude, aos alunos e acadêmicos, a superação de suas dificuldades, tornando a leitura do texto agradável e não um obstáculo pedagógico e epistemológico. Boss, Caluzi, Assis e Souza Filho¹⁵ apresentam alguns elementos que podem ser usados na mediação da leitura.

- 1) Comentários em Forma de Notas
- 2) Figuras
- 3) Experimentos Históricos
- 4) Breve Biografia
- 5) Linha do Tempo
- 6) Informações Introdutórias

Tendo em vista essas informações, apresentamos, no presente estudo, uma tradução comentada do artigo: Memórias sobre a combinação de substâncias gasosas umas com as outras de Gay Lussac, publicado em 1809. Por fim, apresentamos algumas possibilidades de como ela pode ser utilizada no ensino de química.

CONTEXTO DA PESQUISA DE GAY-LUSSAC

Os estudos de Gay-Lussac são de grande importância para a compreensão atual de alguns conceitos químicos, como molécula gasosa e volume gasoso. Nesta perspectiva, o estudo dos textos de Gay-Lussac permite-nos obter uma visão menos obscura da formação dos conceitos gasosos. Assim, foram realizadas a leitura, a tradução e análise do artigo: “Combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres”¹⁶ de Gay-Lussac. Este artigo foi republicado em um livro intitulado

¹⁴ Boss, Caluzi, Assis, Souza Filho, *A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores*, 177-178.

¹⁵ Boss, Caluzi, Assis, Souza Filho, *A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores*

¹⁶ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres*.

“Molécules. Atomes et Notations Chimique”¹⁷; (Moléculas. Átomos e Notações Químicas)¹⁸; publicado em 1913, na França.

O Livro “Molécules Atomes et Notations Chimique” (Figura 1) traz diversos artigos do século 19, abordando os temas de “molécula, átomo e notação química”. Assim, o Livro explorado e utilizado, na presente pesquisa, traz como tema central o átomo e sua evolução no decorrer do século 19, contendo 9 artigos de diferentes pesquisadores daquele período, como:

- GAY-LUSSAC. Mémoire sur la Combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres, 1809¹⁹
- AVOGADRO. Manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons. 1811.
- AMPERE. Détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition respective des molécules dont leurs particules intégrantes sont composées. 1814.
- DUMAS. Sur quelques points de la théorie atomistique 1826,
- GAUDIN. Structure intime des corps inorganiques définis. 1833.
- DUMAS. Les notations chimiques. 1836.
- GERHARDT. Généralités sur la notation des formules. 1856.

¹⁷ Le Chatelier, *Molécules Atomes et Notations Chimiques*.

¹⁸ Tradução nossa.

¹⁹ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substaces gazeuses* (1913).

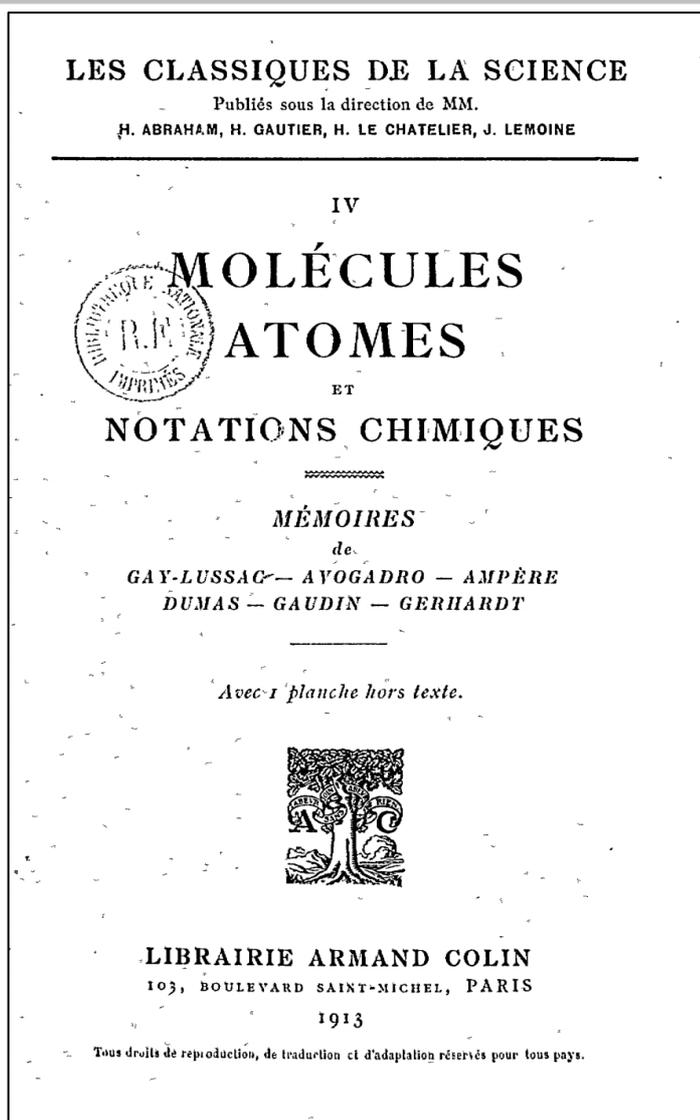


Figura 1: Capa do Livro “Moléculas. Átomos e Notações Químicas”²⁰;

Para a compreensão do tema do livro, é necessário entender o período histórico no qual os conceitos acima são abordados, principalmente, no que se refere à teoria atômica. O modelo atômico vigente naquele período histórico, início do século 19, era o de Dalton, que consiste na representação do átomo como uma esfera rígida²¹.

Além disso, no período histórico que antecede a publicação dos artigos, temos uma ebulição de estudos que visam explicar a constituição dos compostos químicos. Nesse período, temos o modelo de átomo vigente de John Dalton, que estudava a relação massa e tamanho do átomo, ou seja, era necessário diferenciá-los não apenas

²⁰ Le Chatelier, *Molécules Atomes et Notations Chimiques*.

²¹ Le Chatelier, *Molécules Atomes et Notations Chimiques*.

pelo tamanho, mas também pelo peso²². Assim, Dalton demonstrou grande interesse por gases e suas transformações e a partir das suas investigações, foi possível a formulação das leis ponderáveis: As relações entre as massas segundo as quais dois ou mais elementos se combinam são fixas e não susceptíveis de variação contínua²³

Como é possível observar, segundo Bensaude-Vincent²⁴, uma parte dos trabalhos de J. Dalton visava estabelecer as relações de massas dos elementos, o que proporcionou um modelo, em que se é possível visualizar esta relação, devido ao tamanho e a massa dos átomos. Assim, propôs um modelo, em que se põe, em evidência somente tais características, para realizar as ligações entre os elementos. É importante frisar que

Dalton não usa em sítio algum dos seus textos a palavra «molécula». Para ele, tudo são «átomos»: ele fala do átomo da água, do átomo do amoníaco, etc. A propósito do gás carbónico por exemplo, justifica assim a sua terminologia: «Agora, embora este átomo possa ser dividido, ele deixa de ser ácido carbónico, sendo decomposto em carbono e oxigénio. Não vejo assim nenhuma incoerência ao falar de átomos compostos» Nenhuma incoerência, certamente, mas confusão que a palavra «molécula», utilizada hoje, evita. Os diagramas através dos quais Dalton representa as moléculas estão baseados na sua concepção de «pesos equivalentes». Escreve HO para a água, HN para o amoníaco, etc. Dalton engana-se nos detalhes mas, como São João Baptista, abriu o caminho. Outros continuariam. Um deles, e não dos menores, foi Louis Gay-Lussac.²⁵

Assim, no início do século 19, a ciência química encontrava-se em plena estruturação teórica, principalmente, no que diz respeito à construção da teoria atômica²⁶. Naquele período histórico, a teoria que descrevia as características do átomo era a de John Dalton, químico e físico britânico, que utilizou uma imagem para descrever suas características.

O modelo de Dalton descrevia o átomo como uma esfera e para reforçar a ideia, utilizou, como imagem, a bola de bilhar carregada positivamente, cujo modelo encontra-se representado em diversos livros didáticos, atualmente. No entanto, no

²² Bensaude-Vincent, *História da Química*.

²³ Dalton, *A new system of chemical philosophy*, 212-213.

²⁴ Bensaude-Vincent, *História da Química*.

²⁵ Auffray, *O Átomo*, 27.

²⁶ Bensaude-Vincent, *História da Química*.

início do século 19, Gay-Lussac, estudioso do comportamento dos gases, utilizou o modelo de Dalton para explicar suas pesquisas. Daí a presença do modelo de Dalton, que fora utilizado para explicar, de forma simples, as ligações que ocorreram entre os átomos das diferentes substâncias.

COMENTÁRIOS DO ARTIGO DE GAY-LUSSAC: MÉMOIRE SUR LA COMBINAISON DES SUBSTANCES GAZEUSES LES UNES AVEC LES AUTRES, 1809

O artigo intitulado “Memória sobre a Combinação das substâncias Gasosas Umas com as outras” foi Publicado em 1809, em *Mémoires de la société d’Arcueil* e republicado no livro “*Molécules Atomes et Notations Chimique*”, em 1913. Neste artigo, Gay-Lussac traz suas análises sobre a composição de diversos gases, abordando, primeiramente, a força de coesão entre as substâncias gasosas, além de afirmar que elas possuem propriedades que independem dessa força.

Nas primeiras páginas do artigo, Gay-Lussac traz diversas afirmações teóricas vigentes, no período histórico, como: dilatação dos corpos, atração entre moléculas, fluidos elásticos, que é uma teoria própria do período, que o Gay-Lussac considera independente do seu objeto de estudo, no caso, os gases. O interesse maior de Gay-Lussac era o estudo e a análise do comportamento dos gases, que resultou na formulação da lei de gases de Gay-Lussac. Em seu artigo, Gay-Lussac pretende mostrar as propriedades novas dos gases:

Gostaria de mostrar propriedades dos gases, nos quais os efeitos são regulares, provando que essas substâncias se combinam entre elas em relações muito simples e que a contração do volume existente pela combinação são regidas por leis regulares.²⁷

O autor afirma que o assunto é de extrema “importância, pois agita os químicos da época, os quais gostariam de saber se as combinações se realizam em todas as proporções”²⁸. A análise do artigo mostra que Gay-Lussac se dispôs a determinar tais proporções, utilizando cálculos simples para a demonstração, que estão expostos em seu artigo.

²⁷ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres*, 210. (Tradução nossa).

²⁸ Bensaude-Vincent, *História da Química*.

Ao longo do seu artigo, Gay-Lussac procurou demonstrar matematicamente as diferentes proporções entre os gases estudados. Um fator que chamou a atenção foi não somente o tipo de cálculo utilizado, mas também como era usado para determinar as respectivas massas das diferentes substâncias estudadas. Assim como as fórmulas químicas apresentadas no texto, diferentes das utilizadas nos dias atuais.

Para tal exemplo, temos o ácido muriático apresentado no texto. Um leitor leigo, por exemplo, ou um professor de escola básica que queira utilizar o texto para compreender tais proposições teria dificuldade em analisar os compostos apresentados por Gay-Lussac. O ácido muriático apresentado no artigo é representado em uma reação de neutralização entre o amoníaco e o ácido muriático.

Diversas análises de substâncias aparecem ao longo do artigo do pesquisador e, em todos os casos, Gay-Lussac faz análises volumétricas, ou seja, seus estudos são baseados nos volumes utilizados para realizar as análises de cada gás. Dito isso, compreende-se os motivos pelos quais na atualidade, os manuais didáticos trazem sempre os estudos de Gay-Lussac nos conteúdos de gases, principalmente, de volumes.

No entanto, o artigo permite uma observação mais profunda, visto que encontramos outros conceitos abordados, porém, não de forma direta. Por exemplo, o conceito de ácido está muito presente no texto de Gay-Lussac, no entanto, o leitor do século 21 tem um conceito diferente de ácido, já que, a princípio, teríamos que ter a presença de hidrogênio para caracterizar um ácido, porém, um olhar atento ao texto do pesquisador, encontramos: ácido nítrico – NO^2 , e outros gases ácidos, que, segundo os cálculos, falta o principal que é o hidrogênio.

Isso ocorre porque, naquele período histórico, as fórmulas de ácido não continham a molécula de água, portanto, segundo os estudos de Gay-Lussac, ele utilizava substâncias anidras, sem água. No entanto, após diversas leituras, observamos que nos cálculos, o hidrogênio está presente no processo final, pois era a água fornecedora de hidrogênio presente na atmosfera.

Gay-Lussac, em seu artigo, realiza diversas comparações com outros pesquisadores da época, como Berthollet, Kirwam, Davy entre outros, pois compara suas pesquisas com os valores encontrados por eles, o que evidencia o fato de existir um contato acadêmico. No texto, Gay-Lussac traz algumas afirmações teóricas sobre os gases:

Os gases se combinam em proporções simples.

Todos os gases agindo um sobre o outro, se combinam sempre em relações mais simples possível.

Não somente os gases combinam em proporções muito simples, como vimos, mais ainda contração aparente do volume que eles evidenciam pela combinação, também tem uma relação simples com o volume dos gases.²⁹

Os postulados, acima descritos, permitiram a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases, segundo Gay-Lussac, que, conseqüentemente, facilitou a compreensão e, posteriormente, o desenvolvimento de toda uma teoria baseada no estudo dos diferentes comportamentos gasosos. Dessa forma, ampliou a visão não só de ligações entre os átomos, mas também na composição de diversas entidades que formam as moléculas.

No final do artigo, o pesquisador apresenta que:

A ação química que se exerce indefinidamente de uma maneira contínua entre moléculas dos corpos, pouco importa a quantidade e suas proporções, e que, geralmente podemos obter compostos de proporções variadas.³⁰

Gay-Lussac afirma que, no caso dos compostos químicos, é possível obter compostos diferentes com os mesmos elementos. É necessário observar que, naquele período histórico, já existia um conceito de molécula: um aglomerado de elementos químicos. É neste sentido que a palavra molécula é empregada no texto de Gay-Lussac. Isto fica bastante claro quando Gay-Lussac se refere a Dalton para afirmar que:

As combinações se fazem de átomo a átomo. Os diversos compostos que dois corpos podem formar seriam produzidos pela reunião de uma molécula de um como uma molécula de outro ou com duas ou com um grande número, mas sempre sem intermediários. MM. Thomson e Wollaston dizem, em efeito, experiências que tende a confirmar essa teoria.³¹

²⁹ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres*, 213. (Tradução nossa).

³⁰ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres*, 221. (Tradução nossa).

³¹ Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres*, 227. (Tradução nossa).

Como é possível observar, existia, nesse período, uma determinada troca de informações sobre os conceitos de átomo e molécula. Na citação acima, é notória a presença no período de Thomson, que trará, na sequência, um novo modelo atômico, já que existia um determinado interesse na compreensão da forma como os átomos formavam as suas moléculas. Enfim, os estudos de Gay-Lussac sobre os volumes gasosos permitiram, a posteriori, que Avogadro retomasse estas pesquisas e acabasse por explicar os conceitos de Gay-Lussac.

Gay-Lussac, na realidade, trouxe uma colaboração para o que chamaríamos de moléculas, visto que em seu artigo, há a evidência da união entre diferentes átomos que formam compostos diferentes, sendo que esses compostos de átomos idênticos são variados. Mesmo não definindo claramente o conceito, observamos que, neste artigo, encontram-se as bases para a construção de uma visão diferente da quantidade de moléculas, fato retomado e aprimorado por Avogadro, em seu artigo “Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos e as proporções nas quais eles entram nessas combinações”

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tradução, bem como os comentários do Artigo de Gay-Lussac, contribui para o entendimento de como ocorreram as bases do desenvolvimento das teorias gasosas, no início do século XIX. Os postulados propostos por Gay-Lussac permitiram a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases, além de ampliar a visão de ligações entre os átomos e o estudo da composição de diversas entidades, que formam as moléculas.

Assim, o estudo de Gay-Lussac trouxe uma colaboração para o entendimento do que chamaríamos atualmente de moléculas. Mesmo não definindo claramente o conceito, observamos que em seu artigo encontram-se as bases para a construção de uma visão diferente da quantidade de moléculas, fato retomado e aprimorado por Avogadro. Além disso, os estudos de Gay-Lussac contribuíram para o desenvolvimento do estudo de gases e de quantidade de matéria, o que permitiu compreender o universo das substâncias químicas.

O estudo de Gay Lussac exposto no presente trabalho, em forma de tradução, é um bom exemplo do complexo processo de construção de teorias científicas que pode ser utilizado como recurso didático no processo de ensino-

aprendizagem de química. Em geral, os recursos didáticos, como os livros didáticos exploram os aspectos formais das teorias científicas e se limitam em apresentar os principais resultados, sem mostrar o processo para obtê-los. Muitos livros fazem uma apresentação e discussão da lei de Gay-Lussac para os gases, porém quase nenhum discute como se chegou naquela relação e muito menos o processo e o contexto em que estas ideias foram desenvolvidas. Esse tipo de ensino promove a construção de uma crença científica, mas não é conhecimento científico, como observa Martins:

Há uma importante distinção entre conhecimento científico e crença científica. Ter conhecimento científico sobre um assunto significa conhecer os resultados científicos, aceitar esse conhecimento e ter o direito de aceitá-lo, conhecendo de fato (não através de invenções pseudo-históricas) como esse conhecimento é justificado e fundamentado. Crença científica, por outro lado, corresponde ao conhecimento apenas dos resultados científicos e sua aceitação baseada na crença na autoridade do professor ou do “cientista”. A fé científica é simplesmente um tipo moderno de superstição. É muito mais fácil adquiri-la que o conhecimento científico – mas não tem o mesmo valor.³²

Assim, a tradução, aqui, apresentada, contribui para o rompimento de crenças científicas acerca dos postulados de Gay Lussac disseminados em vários recursos didáticos. Neste sentido, poderá ser utilizada, como por exemplo, na construção de recursos didáticos, textos de divulgação científica e na formação de professores. No que diz respeito à formação docente, a tradução pode ser utilizada, a partir de orientações que facilitem a leitura respeitando a linguagem e o contexto histórico da época, em que Gay Lussac escreveu seu artigo.

³² Martins, *Introdução: a história das ciências e seus usos na educação*, XXX

ANEXO: TRADUÇÃO - MEMÓRIAS SOBRE AS COMBINAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS GASOSAS UMAS COM AS OUTRAS (POR GAY-LUSSAC 1809)

Nos estados sólidos, líquidos e gasosos, os corpos possuem propriedades que são independentes da força de coesão, mas têm também outras propriedades que parecem ser modificadas por essa força, cuja intensidade é muito variável, e não seguem nenhuma lei regular. A mesma compressão aplicada a todas as substâncias sólidas ou líquidas produzem uma diminuição de volume, diferente para cada uma delas, mesmo que esta pressão seja igual para todos os fluidos elásticos. Assim como o calor dilata todos os corpos, apesar de que a dilatação de líquidos e dos sólidos não oferecem, até o presente momento, nenhuma lei regular, ainda não há uma lei para fluidos elásticos, que seja a mesma e, independente da natureza de cada gás, a atração das moléculas nos sólidos e nos líquidos é logo a causa que modifica as suas propriedades particulares e aparece somente quando é inteiramente destruída, como nos gases, que o corpo se encontra em circunstâncias regulares. Por isso, eu irei mostrar as novas propriedades em gases, nos quais os efeitos são regulares e provar que estas substâncias se combinam entre elas numa relação muito simples, e que, a contração de volumes que elas sofrem pelas combinações, também, seguem uma lei regular. Espero proporcionar uma prova dos avanços proporcionados pelos químicos, mas enfatizando que não estamos talvez longe da época na qual possa submeter ao cálculo a maioria dos fenômenos químicos.

Essa é uma questão muito importante e controversa entre os químicos, de saber se as combinações ocorrem em todas as proporções. Senhor Proust, que parece ter fixado a primeira atenção sobre esse assunto, admite que os metais são suscetíveis de dois graus de oxidação, um no mínimo e um no máximo; mas levado pela história sedutora, viu-se forçado a admitir princípios contrários à física, para admitir as duas oxidações presentes no mesmo metal. O Sr. Berthollet discorda, após considerações gerais e experiências próprias, concluiu que as combinações se realizam sempre em proporções muito variáveis, pelo menos quando não são determinadas por causas particulares, tal qual a cristalização, a insolubilidade ou elasticidade. Enfim, Sr Dalton propôs a ideia de que as combinações entre dois corpos se realizam de maneira que o átomo de um se une com o átomo de outro, ou a dois, ou a três, ou a um número maior. Isso resulta em uma forma particular de ver as combinações, que se realizam em proporções constantes, sem que haja

intermediários, sobre essa relação à teoria do Sr. Dalton que se aproxima da teoria do Sr. Proust; mas O Sr. Berthollet já criticou fortemente na introdução que fez sobre a química do Sr. Thomson, e veremos que ela não é inteiramente exata, tal é o estado presente da controversa questão, e está bem longe de ser resolvida, mas espero que os fatos que vou enunciar e que tinham inteiramente escapado à atenção dos químicos, possam ser esclarecidos.

Desconfiado, depois do relatório de 100 partes de gás oxigênio por 200 partes de hidrogênio, que nós tínhamos determinados, Sr. Humboldt e eu, para a proporção da água, que os outros gases podem também se combinar em proporções simples, fiz as seguintes experiências: preparei o gás fluorbórico, muriático e carbônico. Combinei, sucessivamente, com gás amoníaco, 100 partes de gás muriático saturado, precisamente 100 partes desse gás e o sal que resulta é perfeitamente neutro, seja que coloquemos um ou outro dos dois gases em excesso. O gás fluorbórico se une ao contrário em duas proporções com o gás amoniacal. Quando colocamos o gás alcalino primeiro no tubo graduado e que fazemos passar em seguida o outro gás, encontra-se que ele se condensa um volume igual de um ou de outro e que o sal formado é neutro. Mas, se começamos por colocar o gás amoniacal no tubo, e que, em seguida, fizemos chegar bolha por bolha do gás fluorbórico, o primeiro se encontra em excesso com relação ao segundo e resulta um sal com excesso de base, composto de 100 de gás fluorbórico e 200 de gás amoníaco. Quando colocamos o carbônico com gás amoníaco fazendo passar por um tubo, tanto o primeiro quanto o segundo se forma sempre um carbonato composto de 100 partes de gás carbônico e 200 partes de gás amoníaco. Porém, podemos provar que o carbonato de amônia neutro será composto de volumes iguais de cada um dos seus componentes. Sr. Berthollet, que analisou esse sal obtido fazendo passar o gás carbônico no carbonato, encontrou que ele é composto de um peso de 73,34 partes de gás carbônico e de 26,66 partes de gás amoníaco. No entanto, se supomos que ele seja composto de um volume igual de cada um desses compostos, encontramos, na proporção de peso específico conhecido, que ele contém em partes de peso:

De ácido carbônico	71,81
De amoníaco	28,19
	100,00

proporção que difere da precedente.

Se o carbonato de amoníaco neutro pode se formar pela mistura do gás carbônico e do gás amoníaco, ele absorve logo tanto um gás quanto o outro; e como não podemos obtê-lo que por meio de água, deve-se concluir que é a afinidade desse líquido que concorre com a do amoníaco para vencer a elasticidade do ácido carbônico e que o carbonato de amoníaco neutro não pode existir na presença da água.

Assim devemos concluir que o gás muriático, fluorbórico e carbônico tomam exatamente um volume de gás amoníaco semelhante ao deles, para formar sais neutros e que os dois últimos tomam o dobro para formar os sub-sais. É muito interessante, ver ácidos assim diferentes uns dos outros neutralizar um volume de gás amoníaco igual a eles, e a partir disso é permitido supor que, se os ácidos e todos os alcalinos podem ser obtidos no estado gasoso, a neutralidade resulta da combinação de volumes iguais de ácidos e alcalinos. Não é menos estranho que, seja obter um sal neutro ou um sub-sal, seus elementos se combinam como nos limites de suas proporções. Assim, adaptando o peso específico do ácido muriático que determinamos, eu e Sr. Biot, e as do gás carbônico e amoníaco, dados por Sr^a Biot e Arago, encontramos o muriático de amoníaco seco. É composto de:

Amoníaco	100,0	38,35
Ácido muriático	160,0	61,65
		100

Proporção que está muito distante da encontrada pelo Sr Berthollet

Amoníaco	100
Ácido muriático	213

Inclusive encontramos que o sub-carbonato de amoníaco contém:

Amoníaco	100,00	43,98
Ácido carbônico	127,6	56,02

100

E para o carbonato neutro

Amoníaco	100,00	28,19
Ácido carbônico	254,6	71,81
		100

É fácil, por meio dos resultados anteriores, conhecer as relações das capacidades de ácidos fluorbórico, muriático e carbônico, pois estes três gases saturam o mesmo volume de gás amoniacal e as suas capacidades entre elas estarão em razão inversa de suas densidades, quando fazemos as correções devidas em relação à água, conhecida de ácido muriático. Podemos concluir que os gases se combinam em relações muito simples; mas darei novas provas.

Segundo as experiências do Sr. Amédée Berthollet, o amoníaco é composto em volumes de:

Gás nitrogênio	100,00
Gás hidrogênio	200,0

Eu encontrei (ver, 1º vol. da sociedade de Arcueil) que o ácido sulfúrico é composto de:

Gás sulfuroso	100,00
Gás oxigênio	50,0

Quando queimamos uma mistura de 50 partes de gás oxigênio e 100 partes de óxido de carbono, proveniente da destilação de óxido de zinco e do carvão fortemente calcinado, esses dois gases são destruídos e substituídos por 100 partes de gás carbônico. Por consequência, o ácido carbônico pode ser considerado como composto de:

Gás óxido de carbono	100,00
Gás oxigênio	50,0

Sr. Davy realizando análises de diversas combinações de nitrogênio com oxigênio, encontrou, em peso, as seguintes proporções:

	Nitrogênio	Oxigênio	
Gás óxido de nitrogênio	63,30	36,70	(N ² O)
Gás nitroso	44,05	55,95	(NO)
Ácido nítrico	29,50	70,50	(NO ²)

Reduzindo as proporções em volumes, podemos encontrar:

	Gás Nitrogênio	Gás Oxigênio	
Gás óxido de nitrogênio	100	49,5	(N ² O)
Gás nitroso	100	108,9	(NO)
Ácido nítrico	100	204,7	(NO ²)

A primeira e a última proporção se diferenciam pouco daquelas de 100 para 50 e de 100 para 200; somente a segunda que se afasta um pouco da de 100 para 100. A diferença não é muito grande, tal que podemos esperá-la em experiências semelhantes; mas assegurei-me de que ela é inteiramente nula. Queimando a nova substância combustível de potássio em 100 partes de volumes de gás nitroso, sobraram exatamente 50 de gás nitrogênio, de onde o peso retirado daquele do gás nitroso, determinado com muito cuidado pelo Sr. Bérard à Arcueil, deu por resultado que este último gás é composto em volume de partes iguais de nitrogênio e oxigênio.

Devemos admitir para as proporções em volumes das combinações de nitrogênio com o oxigênio:

	Gás Nitrogênio	Gás Oxigênio	
Gás óxido de nitrogênio	100	50	(N ² O)
Gás nitroso	100	100	(NO)

Ácido nítrico	100	200	(NO ²)
---------------	-----	-----	--------------------

Segundo minhas experiências, que diferenciam muito pouco das do Sr. Chevenix, o ácido muriático oxigenado é composto em peso de:

Gás oxigênio	22,92
Ácido Muriático	77,08

Convertendo essas quantidades em volumes, encontramos que o ácido muriático oxigenado é formado de:

Gás muriático	300,0
Gás Oxigênio	103,2

Proporção que diferencia um pouco de:

Gás muriático	300,0
Gás Oxigênio	100

Assim, parece-me evidente que todos os gases se combinam uns com os outros em relações simples; e vimos, de fato, em todos os exemplos precedentes, que a relação de combinação é de 1 para 1, de 1 para 2, ou de 1 para 5. É bem importante observar que, se considerarmos o peso, não há nenhuma relação simples e definitiva entre os elementos de uma primeira combinação: é somente quando há uma segunda combinação entre estes mesmos elementos que a nova proporção que foi adicionada é um múltiplo da primeira. Os gases, ao contrário, nestas proporções podem se combinar, dando sempre lugar a compostos onde os elementos, em volume, são múltiplos uns dos outros.

Não somente o gás se combina em proporções bem simples, como acabamos de ver, mas ainda a contração aparente de volume que eles sofrem por causa da combinação, também, segue uma relação simples entre eles.

Eu disse, que segundo Sr. Berthollet, que 100 partes de gás óxido de carbono, proveniente da destilação do óxido de zinco e do carvão fortemente

calcinado, produzem 100 partes de gás carbônico quando combinados com 50 de gás oxigênio. Isso resulta da contração aparente dos dois gases e, precisamente, de todo o volume do gás oxigênio adicionado. A densidade do gás carbônico, menos a metade do gás oxigênio: ou, inversamente, a densidade do óxido de carbono é igual ao do gás carbônico, menos a metade daquela do gás oxigênio. Segundo isso e tomando a densidade do ar como a unidade, encontramos que o gás óxido de carbono é de 0,9678, no lugar de 0,9569, que o Sr. Cruickshanks determinou por experiências. Sabemos, no entanto, que um volume dado de gás oxigênio produz um volume igual de gás carbônico; conseqüentemente, o gás oxigênio, formando com o gás óxido de carbono, dobra de volume, assim como o gás carbônico passado pelo carvão vermelho. O gás oxigênio ao produzir um volume igual de gás carbônico e o peso deste último sendo bem conhecido, torna fácil concluir a proporção de seus elementos. É assim que podemos encontrar que o gás carbônico é composto de:

27,38	Carbono
72,62	Oxigênio

e o gás óxido de carbono de:

42,99	Carbono
57,01	Oxigênio

Seguindo um raciocínio análogo, devemos encontrar um resultado semelhante: se o enxofre tem 100 partes de oxigênio para produzir o ácido sulfuroso, ele tem 150 para produzir o ácido sulfúrico. De fato, segundo as experiências da Sr^a Klaproth, Bueholz e Richter, o ácido sulfúrico é composto, em peso, de 100 de enxofre e 138 de oxigênio.

Por outro lado, o ácido sulfúrico é composto de 2 partes em volumes de gás sulfuroso e de 1 parte de gás oxigênio. Por conseqüência, o peso de uma certa quantidade de ácido sulfúrico deve ser o mesmo que 2 partes de ácido sulfuroso e de uma de gás oxigênio, isto é,

$$2 \times 2,265, + 1,10559 = 5,63559$$

que, segundo Kirwan, o gás sulfuroso pesa 2,265, a densidade do ar é tomada por unidade. Mas, segundo a proporção de 100 de enxofre, à 158 de oxigênio, esta quantidade tem 3,26653 de oxigênio, e se diminuirmos 1,10559, resta 2,16294 para o peso do oxigênio tendo 2 partes de ácido sulfuroso, ou 1,08247 para o do oxigênio em 1 parte.

Porém, como esta última quantidade difere de dois centésimos de 1,10559 que representa o peso de uma parte de gás oxigênio, precisa-se concluir que o gás oxigênio, se combinando com o gás sulfuroso, não apresenta nenhuma diminuição de volume de 1/50, e que seja, provavelmente nula, se os dados dos quais eu me servi não forem exatos. Desta última suposição, e segundo o peso específico do gás sulfuroso de Kirwan, encontramos que este ácido é composto de:

100,00	Enxofre
95,02	Oxigênio

Mas, se usarmos as proporções precedentes de ácido sulfúrico, podemos admitir, como parece provável, que 100 de gás sulfuroso contém 100 de gás oxigênio e que é necessário adicionar ainda 50 para converter em ácido sulfúrico. Assim, teremos para as proporções de ácido sulfúrico

100,00	Enxofre
92,0	Oxigênio (exatamente 99,3)

Seu peso específico calculado nessas mesmas suposições, e comparado a do ar, será de 2,30314, no lugar de 2,2650 que o Sr. Kirwan encontrou diretamente.

Vimos que 100 partes de gás nitrogênio utilizam 50 partes de gás oxigênio para formar o gás óxido de nitrogênio e 100 de gás oxigênio para formar o gás nitroso. No primeiro caso, a contração é um pouco maior que o volume do gás adicionado, pois o peso específico do gás óxido de nitrogênio, estimado nesta hipótese, é de 1,52092, enquanto que o estimado pelo Sr. Davy é de 1,61414. Mas é fácil de ver pelas experiências do Sr. Davy, que a contração aparente é precisamente de todo o volume do gás oxigênio adicionado. Fazendo passar uma faísca elétrica através da mistura de 100 partes de gás hidrogênio e 97,5 de gás óxido de nitrogênio, o gás

hidrogênio é destruído e sobram 102 partes de gás nitrogênio fechando aquele que é quase sempre misturado com o gás hidrogênio e um pouco mais desse último gás é liberado na combustão. O resíduo, todas as correções feitas, será então muito pouco igual em volume ao óxido de nitrogênio utilizado. Do mesmo, ao fazer passar uma faísca elétrica, através da mistura de 100 partes de gás hidrogênio fosforoso e 250 de gás óxido de nitrogênio, sobra exatamente 250 partes de gás nitrogênio, prova evidente ainda que a contração aparente dos elementos do gás óxido de nitrogênio e de todo o volume do gás oxigênio adicionado. Segundo essa consideração, seu peso específico comparado ao do ar deve ser de 1,52092.

Por outro lado, a contração aparente dos elementos do gás nitroso parece nula. Com efeito, se admitirmos, como eu mostrei, que ele é composto de partes iguais de gás oxigênio e de gás nitrogênio, encontramos que sua densidade, calculada na hipótese onde ele não terá nenhuma condensação, é de 1,056, enquanto a determinada diretamente é de 1,038.

Saussure encontrou que a densidade do vapor de água está para a do ar como 10 está para 14. Supondo que a contração do volume dos dois gases seja somente de todo o volume do gás oxigênio adicionado, encontramos no lugar desta relação a de 10 para 16. Essa diferença e a autoridade de um distinto físico como Saussure, podem rejeitar as suposições que acabei de fazer; mas aqui estão várias circunstâncias que a tornam muito provável: em primeiro lugar, ela tem a seu favor uma forte concordância experimental; em segundo lugar, Sr. Tralès encontrou pelas suas experiências diretas, que a relação entre a densidade e o vapor de água a do até de 10 para 14,5 no lugar de 10 para 14; em terceiro lugar, apesar de não conhecermos precisamente qual o volume que ocupa a água passando pelo estado elástico, sabemos, a partir das experiências do Sr. Watt, que uma polegada de água produz, aproximadamente, um pé cúbico de vapor, ou seja, um volume 1728 vezes maior.

Admitindo a relação de Saussure, encontramos somente um aumento de 1488 o volume que ocupa a água quando ela está no estado de vapor, e admitindo 10 para 16, teremos 1700,6. Enfim, a refração do vapor de água, calculado na hipótese da relação 10 para 14, é um pouco mais intensa que a dada pela observação; mas a calculada adotando a relação 10 para 16 coincide muito melhor os resultados teóricos e experimentais. Aqui estão, então, diversas considerações que tornam muito provável a relação de 10 para 16. O gás amoníaco é composto em volume de 3 partes

de gás hidrogênio e de 1 parte de gás nitrogênio, e sua densidade comparada com a do até de 0,596; mas se supormos que a contração aparente seja da metade do volume total, encontramos 0,594 para sua densidade. Assim, é demonstrado por esse acordo quase perfeito, que a contração aparente dos seus elementos é precisamente igual à metade do volume total ou ao dobro do nitrogênio.

Provei, anteriormente, que o gás muriático oxigenado é composto de 300 partes de gás muriático e de 100 partes de gás oxigênio. Admitindo que as contrações aparentes dos dois gases sejam a metade do volume total, encontramos pra sua densidade 2,468 e para a experiência 2,470. Assegurei-me, por diversas experiências, que as proporções desses elementos são tais que forma sais neutros com os metais. Por exemplo, se fizermos passar o gás amoníaco oxigenado sobre o cobre, forma-se muriático verde, ligeiramente ácido, e se, precipita um pouco de óxido de cobre, por que esse sal não pode ser obtido perfeitamente neutro. Segue-se que em todos os muriáticos oxigenados, o ácido reduz o volume, é triplo em oxigênio e será o mesmo dos carbonatos e os fluoratos nos ácidos, sobre volumes iguais, que tem a mesma capacidade de saturação que o ácido muriático.

Vemos que por esses diversos exemplos que a contração para dois gases combinando-se segue uma relação, aproximadamente, exata com seus volumes, ou ainda, com o de um dos dois. Existe, de fato, uma pequena diferença entre as densidades desses compostos obtidos pelos cálculos e as obtidas pelas experiências, e é provável que realizando novas experiências, veremos desaparecê-las completamente.

Relembrando a grande lei da afinidade química, que toda combinação ocorre devido a uma aproximação das moléculas elementares, é difícil conceber porque o gás óxido de carbono é mais leve que o gás oxigênio. É a principal razão, que se apoiou Sr. Berthollet para admitir a existência do hidrogênio nesse gás e explicar pela sua baixa densidade. Mas parece-me que a dificuldade existente pela suposição da aproximação das moléculas elementares é representada nesses gases pela diminuição de volume que eles sofrem ao se combinar. Esta suposição não é sempre verdadeira e poderíamos citar várias combinações gasosas, em que as moléculas constituintes seriam muito próximas, mesmo que a diminuição de volume seja nula e mesmo que tenha ocorrido assim uma dilatação. Tal é o gás nitroso considerado como formado diretamente de gás nitrogênio e de gás oxigênio, ou deste último e do gás óxido de nitrogênio. No primeiro caso, observa-se uma redução do volume, enquanto

no segundo ocorreria uma dilatação, visto que 100 partes de gás óxido de nitrogênio e 50 de gás oxigênio produzem 200 de gás nitroso. Sabemos ainda que o gás carbônico representa exatamente um volume igual de gás oxigênio, e que a afinidade que aglutina seus elementos é muito intensa. No entanto, se admitirmos que a condensação dos elementos tem uma relação imediata com a condensação de volume, concluímos, que a previsão é contrária a experiência, isto é, que ela é nula. De outra forma, é preciso supor que se o carbono estivesse no estado gasoso, ele se combinaria em volumes iguais, ou em outra proporção, com o oxigênio e que a condensação aparente seria de todo o volume do carbono gasoso. Mas se fizermos esta suposição para o ácido carbônico, podemos assim fazer para o gás óxido de carbono, admitindo, por exemplo, que 100 partes de carbono gasoso, combinando com 50 partes de gás oxigênio, produziram 100 de gás. Seja como for, estas suposições só nos levam a conceber que o gás oxigênio pode produzir um composto mais leve do que ele, combinando-se com corpos sólidos; assim, devemos admitir como verdade fundamentada sobre um grande número de observações que a condensação que sofrem as moléculas de dois corpos que se combinam, particularmente de dois gases, não tem relação imediata com a condensação de volume, uma vez que vemos sempre que enquanto uma é muito intensa, a outra é muito pequena, ou mesmo nula.

A observação de que as combinações gasosas se combinam com gás oxigênio em relações simples de 1 para 1, 1 para 2, de 1 para $\frac{1}{2}$, pode nos conduzir a determinar a densidade dos vapores dos corpos combustíveis ou, ao menos, tornar muito mais precisa esta determinação. Com efeito, se supusermos que todos os corpos combustíveis estão no estado gasoso, um volume determinado de cada um deles absorverá um volume igual de oxigênio ou o dobro ou somente a metade. E, como conhecemos a proporção de oxigênio que tem cada corpo combustível no estado sólido e líquido, só é preciso converter o oxigênio em volume para que o volume do combustível também seja convertido, por meio da condição que seu vapor seja igual ao volume do gás oxigênio, ou ao dobro, ou à metade. Por exemplo, o mercúrio tem dois graus de oxidação e podemos comparar o primeiro ao gás nitrogênio. No entanto, segundo Sr. Fourcroy e Thenard, 100 partes de mercúrio absorvem 4,16, que reduzidas em gás, ocupariam um espaço representado por 8,20. Essas 100 partes de mercúrio reduzida em vapor devem então ocupar um espaço dobrado, ou seja, 16,40. Podemos concluir disso que a densidade do vapor do

mercúrio é de 12,01 vezes mais densas que a do gás oxigênio e que o metal passando do estado líquido para o gasoso, toma um volume 961 vezes maior.

Não irei me delongar mais nessas determinações, uma vez que elas são análogas, e, portanto é fácil de multiplicá-las. Terminando essa Memória³³ examinando se as combinações se realizam em proporções constantes ou variáveis; as experiências que acabei de relatar conduziram-me à discussão dessas duas opiniões.

Segundo a ideia engenhosa do Sr. Dalton, que as combinações se realizam de átomo para átomo, os diversos compostos que dois corpos podem formar seriam produzidos pela combinação de uma molécula com uma molécula de outro, ou com dois ou com mais números, mas sempre proporcionais. Sr Thomson e Wollastn, relataram, de fato, experiências que parecem confirmar esta teoria. O primeiro encontrou que o sal de oxalato de potássio contém duas vezes mais ácido do que ele necessita para saturar o alcalino, e o segundo, que os sais de carbonato de potássio contém ao contrário, duas vezes mais alcalinidade do que é necessário para saturar o ácido.

Os numerosos resultados, que trouxe nesta Memória, são assim muito favoráveis a esta teoria. Mas o Sr. Berthollet, que pensa que as combinações se realizam de uma maneira contínua, cita como prova de sua opinião os sulfatos ácidos, o vidro, as ligas e as misturas de diversos líquidos, compostos todos muito variáveis em suas proporções, e ele insiste, principalmente, sobre a natureza da força que produz as combinações químicas e as dissoluções. Essas duas opiniões têm cada uma em seu favor um grande número de fatos; apesar de ser inteiramente opostas em aparência, que é fácil de conciliar.

É preciso, primeiramente, admitir com o Sr. Berthollet, que a ação química se exerce indefinidamente de uma maneira contínua entre as moléculas dos corpos, não importam quais sejam os números ou as relações, e que, geralmente, podemos obter compostos com proporções variadas. Mas em seguida, temos que admitir ao mesmo tempo, que a insolubilidade, a coesão e a elasticidade tendem a produzir combinações em diversas proporções fixas, portanto a ação química se exerce mais intensamente, quando os elementos têm entre eles relações simples ou em proporções múltiplas uns com os outros, e que produzem então compostos que se separam mais facilmente. Conciliamos, dessa maneira, as duas opiniões, e mantemos essa grande lei química:

³³ O termo *Memória* aqui empregado é sinônimo de *Tese* (N.T.)

que todas às vezes, em que duas substâncias estão em presença uma da outra, em sua esfera de atividade, elas interagem por inércia e formam geralmente compostos de proporções muito variáveis, a menos que estas proporções sejam determinadas por circunstâncias particulares.

CONCLUSÃO

Mostrei nesta Memória, que as combinações de substâncias gasosas, umas com as outras, realizam-se, sempre, em proporções simples e que se representarmos um dos termos pela unidade, o outro termo será representado por 1 ou 2 ou mais que 3. Estas relações de volumes não são observadas em substâncias sólidas e líquidas, ou quando consideramos o peso e são novas provas que é efetivamente no estado gasoso que os corpos se encontram nas mesmas circunstâncias e que apresentam leis regulares. É surpreendente observar que o gás amoníaco neutraliza exatamente um volume parecido de ácido gasoso, e é provável que se os ácidos e alcalinos estivessem no estado elástico eles se combinariam todos, a um volume igual, para produzir sais neutros. A capacidade de saturação dos ácidos e dos alcalinos, medida por volumes seria logo a mesma, e isso seria, talvez, a verdadeira maneira de avaliar as contrações aparentes de volume que são submetidos os gases que se combinam, que envolvam também relações simples entre os volumes de cada um deles, e que esta propriedade particular seja observada nas substâncias gasosas.

Sobre o autor:

Adriana Bispo dos Santos Kisfaludy

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

prof.adrianakisfaludy@gmail.com

Wellington Pereira Queirós

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

wellington_fis@yahoo.com.br

Artigo recebido em 03 de março de 2020
Aceito para publicação em 19 de novembro de 2020