



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação Em Ensino De Ciências  
Mestrado profissional em Ensino de Ciências



***Proposta de Utilização de Tradução dos Artigos  
Originais de Gay Lussac e Avogadro para a Formação  
de Professores de Química***

Mestranda: Profa. Adriana Bispo dos Santos Kisfaludy  
Orientador: Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós

Campo Grande - MS, 2019

## **Lista de Figuras**

<i>Figura 1 Obstáculos Substancialista.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 Relações entre os Obstáculos Epistemológicos, .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3 capa do Livro Química Marta Reis.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 Exemplo de conhecimento geral. ....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5 Capa do Livro Ser Protagonista .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6 Exemplo de Conhecimento Geral .....</i>	<i>17</i>

## Sumário

Introdução .....	1
O Papel do uso de artigos originais no Ensino-Aprendizagem de Ciências .....	1
A teoria dos Obstáculos Epistemológicos de Gaston Bachelard .....	4
Experiência Primeira .....	5
Conhecimento Geral .....	6
Obstáculo Verbal.....	7
Conhecimento Unitário .....	7
Obstáculo Substancialista.....	8
Obstáculo Animista.....	11
Conhecimento Quantitativo.....	12
Considerações Iniciais: .....	14
Contribuição dos Obstáculos Epistemológicos de Gaston Bachelard para a Análise das Traduções dos Artigos de Gay Lussac e Amadeo Avogadro .....	14
Sínteses .....	21
Quadro 1: Síntese do Conteúdo do artigo de gay Lussac .....	22
Quadro 2: Síntese do conteúdo do Artigo de Avogadro .....	24
Voltando a Experiência Primeira: .....	25
REFERÊNCIAS .....	26
<b>APÊNDICES</b> .....	I
Apêndice I .....	II
Tradução de Gay Lussac .....	II
Apêndice 2 .....	XVIII
Tradução de Avogadro .....	XVIII

# ***PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE TEXTOS ORIGINAIS DE GAY LUSSAC E AVOGADRO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA***

## **INTRODUÇÃO**

O estudo de textos históricos por professores com o intuito de utilizar esse conhecimento em sala de aula, não é uma atividade fácil. Interpretá-los para transmitir aos alunos apresenta um difícil tarefa, visto que como comprova (BELTRAN e TRINDADE, 2017), (MARTINS, 2005) e outros, existe uma deficiência em formação inicial em história da ciência na formação inicial de professores.

Visando apresentar uma colaboração para os professores que apresentem interesse em trabalhar com história da ciência é o motivo pelo qual o presente trabalho é elaborado. O objetivo é mostrar como as traduções dos originais de Gay Lussac e Avogadro pode proporcionar ao professor utilizá-las no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de gases.

## **O PAPEL DO USO DE ARTIGOS ORIGINAIS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS**

As pesquisas na área de ensino de ciências revelam que o uso da história da ciência (HC) como ferramenta pedagógica tem mostrado grande potencial para aprendizagem significativa, Matthews (1995, p. 172-173) destaca sete contribuições da HC para o ensino de ciências:

A tradição contextualista assevera que a História da Ciência contribui para o seu ensino por quê: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na História da Ciência – A Revolução Científica, o darwinismo etc.; (5) demonstra que a Ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformação que (6) se impõe a ideologia cientificista; e, finalmente (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente.

Martins (2006) reforça sobre as contribuições do uso da história da ciência em sala de aula, mas alerta que deve-se fazer uma distinção sobre a verdadeira história (diacrônica) das ciências, aquela como produto dos historiadores e outros

pesquisadores a partir de métodos historiográficos e as pseudo-histórias (história whig), as narrativas anacrônicas e falsas, muitas vezes difundidas por livros de popularização de ciência. Martins (2006) enfatiza que somente a história diacrônica contribui para a disseminação coerente da ciência:

Para se levar a história da ciência aos alunos, é necessário estudá-la em boas fontes. Os livros de divulgação científica e as biografias dos “grandes gênios” não são boas referências; as informações históricas dos livros didáticos geralmente estão equivocadas; e na Internet pode ser encontrado algum material sério e bem escrito, mas isso é a exceção e não a regra. A Wikipedia em inglês é bastante boa, mas a versão em português nem tanto. Não procure introduzir um grande número de informações históricas em aulas de ciências. É preferível discutir um ou dois episódios históricos em cada semestre, de uma forma cuidadosa, do que encher as aulas de conteúdo superficial e duvidoso. Você precisa saber – e seus alunos também – que há versões erradas e outras mais corretas de cada história e que é preciso tomar cuidado com as fontes de informação. Estimule seus estudantes a compararem várias versões de cada episódio, desafie-os a determinar qual a melhor versão, e por quê. Ao estudar e preparar suas aulas, concentre-se na “moral da história” e não se perca em nomes, datas e detalhes semelhantes. Também não cobre de seus alunos, em trabalhos e provas, coisas que exijam grande capacidade de memorização – e apenas isso. Explore comparações, relações, sequências de fatos, e não fatos isolados. Nos trabalhos e provas, estimule seus estudantes a responderem a perguntas do tipo: “Até que ponto (e em que sentido) se pode afirmar que Fulano fez X, Y, Z?”. Não se contente com afirmações simplistas como “Fulano provou que...”, “Fulano descobriu...”, “Fulano refutou...”. Provou mesmo? Como? Não era possível ter dúvidas ou defender alternativas? (MARTINS, 2010, p. 26).

Entre as alternativas de inserção de História da Ciência para o Ensino de Ciências consiste na utilização de fontes primárias, i. e, textos e materiais produzidos pelos próprios cientistas. A vantagem do uso das fontes primárias é que elas permitem que os leitores extraíam suas próprias interpretações e possam elucidar suas impressões, sem depender do filtro do historiador ou intermediário. À rigor, só constitui uma fonte primária o material original produzido pelo autor, isso significa que uma tradução é uma fonte secundária (ECO, 2008). Porém, fora dos estudos estritamente históricos e historiográficos, os autores consideram uma tradução literal como fonte primária, ressaltamos que é esse o sentido de fonte primária adotada nesse trabalho. O potencial de ensino das fontes primárias vem sendo explorado na literatura, como pode ser vista nos trabalhos de (LANGEVIN, 1992, p. 8-11; GALDABINI; ROSSI, 1993; PESSOA JR., 1996; ZANETIC, 1998; ASSIS, 1998;

MONTENEGRO, 2005b; MONTENEGRO, 2005a; COLONESE, 2009; BOSS, 2009; BUENO, 2009; BUENO; PACCA, 2009; FRANÇA SILVA, 2010; BOSS; SOUZA FILHO; CALUZI, 2010a, 2010b, 2010c, 2011).

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. Entre as principais dificuldades semânticas podemos citar o desconhecimento de termos arcaicos, desconhecimento 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 (BOSS, 2009). 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 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 professor (BOSS, CALUZI, ASSIS, SOUZA FILHO 2016, p. 177-178).

Portanto a fonte primária por si só não é um elemento de ensino, é preciso fabricar sobre ela um material que tenha potencial de aprendizagem e ajudem aos alunos e acadêmicos superarem suas dificuldades, tornando a leitura do texto agradável e não um obstáculo epistemológico. Boss, Caluzi, Assis e Souza Filho (2016) 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, realizamos a tradução de dois artigos originais: 1) Memórias sobre a combinação de substâncias gasosas umas com as outras de Gay Lussac publicado em 1808; 2) Tentativa de uma maneira de determinar as massas relativas de moléculas elementares dos corpos, e as proporções segundo as quais elas entram nas combinações de Amadeo Avogadro publicado em 1811. A proposta é utilizar essas duas traduções para se abordar o ensino de química por meio de fontes primárias em cursos universitários. Assim, apresentamos orientações de como utilizar esses textos no processo de ensino-aprendizagem de química. Essas orientações serão norteadas por sínteses e pela teoria de obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard (1967).

### **A TEORIA DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE GASTON BACHELARD**

Gaston Bachelard nasceu em Paris, em 1884 e faleceu em 1962 com 78 anos. Fez estudos em engenharia civil até que a primeira guerra mundial explodiu, mas depois estudou filosofia, disciplina que o tornou professor da faculdade de Dijon e de Sorbonne na França. Além disso, Bachelard fez seus primeiros estudos na área de Física sobre Propagação térmica dos sólidos para produzir diversas obras na área de didática, entre elas A Formação do Espírito Científico (1938), Intuições Atômica (1933), O Novo Espírito Científico (1934) e a filosofia do não (1940) entre outras. A teoria de conhecimento proposta por Bachelard traz o que ele nomeia de obstáculos epistemológicos definidos na obra a Formação do espírito científico (1938), ou seja, entraves que tendem a dificultar o entendimento da natureza do conhecimento e da aprendizagem, devido ao fato de não compreender a origem de determinado termo e/ou teoria.

O estudo realizado na obra, já citada, permite-nos analisar os obstáculos abordados por Bachelard, que são um total de oito obstáculos à aprendizagem e a aquisição do conhecimento científico, que são:

- 1º. A primeira experiência,
- 2º. O conhecimento geral.
- 3º. Obstáculo Verbal.

- 4º. O conhecimento unitário.
- 5º. Obstáculo substancialista.
- 6º. Obstáculo animista.
- 7º. Conhecimento quantitativo.

Podemos observar que esses obstáculos levantados pelo autor, são barreiras na aprendizagem profunda de um determinado conceito. Bachelard afirma que

*"Um obstáculo epistemológico se incrusta sobre o conhecimento não questionado. Hábitos intelectuais que foram úteis e sãs podem com o tempo ser um entrave a pesquisa." (BACHELARD, 1967, p.18)*

Logo, é imprescindível ter o conhecimento dos obstáculos que podem vir a interferir em nosso aprendizado, que é prejudicial na apropriação definitiva de um determinado saber.

A análise dos obstáculos epistemológicos apresentados por Bachelard permite a observação dos empecilhos, que vem interferir na aprendizagem dos diversos conhecimentos. Portanto, um estudo destes obstáculos é necessário para uma real compreensão de tópicos que envolvem História da Ciência.

### ***Experiência Primeira***

A experiência primeira é baseada nas primeiras observações feitas pelo indivíduo, que é considerada um obstáculo epistemológico, pois essa primeira observação sobre um fato, fenômeno, teoria, etc., muitas vezes impede o indivíduo de observar além do que as aparências iniciais mostram. É, segundo Bachelard, o primeiro obstáculo na aquisição de um conhecimento científico.

Esse obstáculo é apresentado, segundo Bachelard, da seguinte forma: "Ela é pitoresca, concreta, natural e fácil. Só é necessário descrever e observar as maravilhas" (BACHELARD, 1967, p.23). Desta forma, é possível observar que, na maior parte das observações, o esplendor assegura a primeira análise, o que impede ao observador de ir além da aparência, preferindo sempre aceitar o que as suas observações mostram, logo, reforça um obstáculo ao aprendizado de um conhecimento.

Bachelard afirma que, nesse caso, "existe uma ruptura entre a observação e a experiência." (BACHELARD, 1967, p.23). Este fato impede-lhe a observação além



do primeiro aspecto do fenômeno, causando uma ruptura entre o que realmente descreve uma teoria, do que, realmente aparenta. Neste caso, em particular, observa-se que, o que, efetivamente, interage com o aprendizado do observador são as características inicialmente observadas.

Para que ocorra uma superação desse obstáculo, é preciso que se deixe de lado, o que Bachelard chama de empirismo imediato e tome o fenômeno de um novo ângulo, a fim de realizar uma análise mais profunda dos acontecimentos.

### ***Conhecimento Geral***

O Conhecimento Geral ou a generalização de um determinado conhecimento vem a ser um obstáculo epistemológico na Teoria de Bachelard, uma vez que o mesmo não permite ao indivíduo aprofundar em determinados conceitos, que fica estagnado sempre na superfície e não analisa o conceito na sua raiz.

Sobre esse conceito Bachelard diz: "Nada torna o progresso do conhecimento científico mais lento que a falsa doutrina do geral." (BACHELARD, 1967, p.64). De fato, a generalização vem a ser algo que não tende a contribuir para a apropriação de um conhecimento científico, visto que, ao não aprofundar um conhecimento, o indivíduo passa a ter uma abordagem limitada deste conhecimento.

Esse tipo de obstáculo torna o conhecimento superficial, o que deriva a falta de evolução conceitual de determinados assuntos e conceitos. Para o teórico, este tipo de conhecimento é perigoso, pois a imobilidade de resumos impede o pleno desenvolvimento intelectual.

Para que ocorra uma evolução conceitual e, conseqüentemente, uma quebra dos obstáculos causados pela generalização de conceitos, o teórico propõe que ocorram perturbações nos problemas, pois, por este viés, será possível uma superação do obstáculo. Temos que:

*Para englobar as novas provas conceituais, é necessário deformar os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e sobretudo incorporar as condições de aplicação de um conceito no sentido de conceito. É nesta última necessidade que habita, para nós, o caráter dominante do novo racionalismo, correspondente a uma união de experiência e da razão. (BACHELARD, 1967, p.71)*

Constata-se que para reformular um novo conhecimento, é necessária uma

desconstrução do antigo conhecimento, para que seja possível alicerçar um novo.

### ***Obstáculo Verbal***

Para Bachelard: "O Obstáculo verbal é a falsa explicação obtida com ajuda de uma palavra explicativa, por essa estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento analisando um conceito no lugar de colocar um conceito particular numa síntese racional" (BACHELARD, 1967, p.25).

Percebe-se que nesse obstáculo, a utilização de palavras para realizar uma determinada explicação, na maioria das vezes, impede que se realize uma exploração profunda do fenômeno. Segundo o autor, a "falsa explicação", muitas vezes, aparece em casos, onde a utilização de adjetivos e sinônimos visa explicar um fenômeno, mas talvez fosse necessária uma verificação mais profunda do que realmente ocorre.

A utilização de palavras, como cita Bachelard, visa exemplificar diversos fenômenos por meio de uma só palavra, e, este tipo de análise não permite a um espírito científico aprofundar um determinado conhecimento, pois, neste caso, a palavra ou imagem utilizada, tende a ser autoexplicativa.

Essa forma de explicação causadora do obstáculo verbal é muito utilizada como palavras presentes no cotidiano, sempre com o intuito de explicar, exemplificar algo ou uma teoria que exige por vezes uma exploração mais intensa.

### ***Conhecimento Unitário***

Esse obstáculo põe em evidência a natureza unitária dos conceitos. Dentro do conhecimento unitário, Bachelard afirma que todo pesquisador é animado pelo desejo de valorizar o sujeito que ele escolheu. Dito isso, observa-se que na realidade, o estudioso de um determinado tema precisa valorizá-lo, já que o mesmo permite uma abordagem, que vai além do conhecimento superficial.

Na realidade, essa valorização passa também por uma apropriação teórica do conceito estudado. Bachelard afirma que isto torna o pensamento empírico e por consequência filosófica, pois, toda a análise que deve ser feita em cima de um determinado conhecimento de uma determinada teoria passa pelo raciocínio lógico do pesquisador, pela apropriação deste conceito de forma filosófica empírica. Visto que, toda pesquisa começa, empiricamente, e isso Bachelard deixa bem claro, como

sendo uma das características do conhecimento unitário.

Segundo Bachelard, um dos obstáculos epistemológicos existentes com relação a unidade é o poder atribuído a essa unidade que na realidade não existe. Como ele afirma: “o coeficiente da realidade que existe no espírito pré-científico tem por consequência atribuir um poder a determinados conceitos partindo da natureza desse conceito”. Ao analisar todos os problemas que possam vir a atrapalhar o aprofundamento existente no conceito, tende a causar mais obstáculos ao aprendizado deste conceito.

Para Bachelard o conhecimento unitário tende a generalização de um conceito, o que causa uma dificuldade ao aprendizado, visto que uma vez que ele é generalizado, não poderá ser estudado no seu mais profundo sentido. Desta forma, provoca no aprendiz uma deficiência de compreensão que pode, em longo prazo, causar uma confusão epistemológica no indivíduo, de tal forma que o mesmo não consiga fazer as correlações existentes entre os diversos assuntos e sujeitos relacionados.

O problema existente no caso do conhecimento unitário, segundo Bachelard, é a necessidade de que alguns estudiosos e teóricos têm de generalizar a extremo, determinados conceitos. Esta é a palavra utilizada por Bachelard, ou seja: a generalização ao extremo é quando se tem um conceito e quer trabalhar com ele, mas diminui a uma palavra.

Os conceitos que, por muitas vezes, tendem a ser complexos e necessitam de uma definição mais ampla para a boa compreensão são limitados, o que dificulta o desenvolvimento de um raciocínio que permita a compreensão desses conceitos na sua forma mais pura.

Bachelard trata este obstáculo como um entrave para um aprendizado mais eficiente e eficaz por vezes até mais amplo, dado que, uma vez que se conhece ou tem-se o conhecimento na sua amplitude, a valorização de cada detalhe fica mais clara e mais nítida para poder ter uma explicação lógica dos fatos e fenômenos ocorridos.

### ***Obstáculo Substancialista.***

O obstáculo substancialista apresentado por Bachelard mostra uma preponderância em transformar o conhecimento em objeto, fornecendo-lhe

propriedades relacionadas à acumulação de adjetivos, que tornam o objeto (o conhecimento) explicável de forma a ter vida.

Nos exemplos utilizados no decorrer do texto, Bachelard mostra que na história das diversas ciências, como biologia, química, medicina, entre outros, muitos dos termos tomam formas nas palavras utilizadas. O autor levanta a tese de que excesso de qualidades atrapalha a aprendizagem de um determinado conceito, o que nos leva a concluir que mesmo a utilização de metáforas e imagens, se não trabalhadas numa construção do conceito, leva a um obstáculo epistemológico.

A definição fornecida para o substancialismo, segundo Bachelard, seria o polimorfismo, proporcionando ao objeto de aprendizagem diferentes qualidades, pois "Ele une diretamente a substância das qualidades diversas, assim como uma qualidade superficial e uma qualidade profunda, assim como uma qualidade manifesta e uma qualidade oculta." (BACHELARD, 1967, p.112)

Essas qualidades que são fornecidas ao objeto permitem uma explicação sobre aspectos diversos meios científicos e apresentam divisões ao obstáculo substancialista que são representados na figura abaixo:

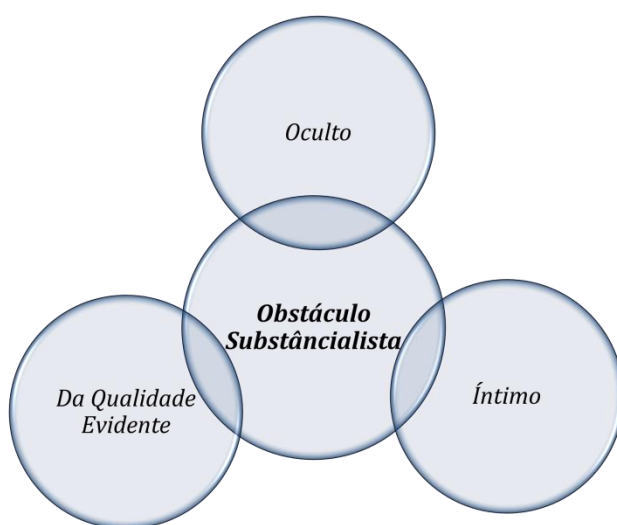


Figura 1 Obstáculos Substancialista  
Fonte própria

### **Substancialismo oculto:**

Para exemplificar essa proposição, Bachelard dialoga sobre o mito do interior, ou seja, as qualidades do objeto de aprendizagem possuem uma característica interior que explicariam sua natureza, favorecendo assim uma

explicação do conceito. "É necessário que alguma coisa seja fechada pelo simples conteúdo, que a qualidade profunda seja fechada" (BACHELARD, 1967, p.114). Desta forma que é apresentado, o substancialismo oculto, algo que se encontra fechado no interior desse ou daquele conhecimento, é quase intocável, por consequência dificilmente atingida, como por exemplo, o conceito de molécula como partícula de forma individualizada, sem conexão entre os conceitos.

### **Substancialismo íntimo**

Segundo Bachelard, "se a substância tem um interior, devemos procurar e analisar o mais profundamente." (BACHELARD, 1967, p.116). Nesta perspectiva não se deve observar somente o superficial de uma teoria, mas observar toda a sua amplitude, principalmente, a que se encontra na mais profunda visão do termo estudado. Consequentemente, toda teoria deve ser analisada de forma filosófica, visando obter todos os seus aspectos escondidos, como, por exemplo, o conceito de partículas e substâncias, onde existe uma correlação entre ambas, que dificilmente é abordada de forma a permitir um raciocínio lógico de aprendizado.

### **Substancialismo da qualidade evidente.**

Sobre este obstáculo Bachelard afirma que:

*"a substancialização de uma qualidade imediata tomada em uma intuição direta não atrapalha o progresso ulterior do pensamento científico que a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, visto que tal substancialização dá lugar a uma explicação tão breve que pressuposta. Falta um desvio teórico que obriga o espírito científico criticar a sensação". (BACHELARD, 1967, p.118)*

Nessa afirmação, é possível observar que a substancialização não impede que ocorra um progresso de uma determinada teoria, no entanto, pode desfavorecer o seu desenvolvimento. Para que isso não ocorra é necessário que o raciocínio seja levado além do que aparentemente pode se analisar numa análise primeira.

O obstáculo substancialista, na observação de Bachelard, interfere na

evolução de um determinado aprendizado, no momento em que a resposta substancialista impede todas as possíveis respostas de serem formadas.

Uma observação do substancialismo presente nas utilizações de metáforas e imagens, muito utilizadas para abordar teorias científicas, implica que, não se deve descrever uma definição por meios diversos, visto que: "se pensa como se vê, se pensa como o que se vê." (BACHELARD, 1967, p.119). Assim sendo, é necessário desenvolver o mais profundamente possível um determinado conceito.

### ***Obstáculo Animista.***

O conhecimento animista, como o próprio nome diz, é o fato de dar vida a algo inanimado. Bachelard, em seu livro, *A Formação do Espírito Científico* traz, no capítulo VIII que fala do obstáculo animista, aborda diversos exemplos de estudos realizados por físicos biólogos e botânicos entre outros, no qual toda e qualquer teoria é dada a sentimentos humanos. Esta relação é dívida com a Biologia, visto que é fornecido sensibilidade a objetos inanimados, sempre tendo aquela relação entre animado e não animado, no qual os pesquisadores buscam nestas definições dar um sentido a qualquer explicação.

Isso é para Bachelard, um obstáculo porque nem tudo tem vida animal, um ser inanimado não possui necessariamente adjetivos utilizados, por exemplo, para os seres humanos. Bachelard faz uma revisão literária de diversos artigos anteriores ao século 20, analisando documentos do século 17 e 18 e coloca em evidência diversos artigos, onde os pesquisadores utilizavam sentimentos, expressões e sensibilidades que são próprias do ser humano, para poder explicar alguns fenômenos da natureza.

Logo, para Bachelard, o simples fato de dar sentimentos ou dar ações a certas teorias, a certos conceitos e a determinadas definições constitui-se em um obstáculo ao aprendizado, uma vez que não se deve relacionar a existência de sentimentos a determinado conceito, fornecendo uma imagem falsa do verdadeiro conceito.

Nesse sentido, quando se utiliza uma animação para um determinado fenômeno é um obstáculo animista, porque um fenômeno ou conceito científico não possui tais características, nem qualidades. Consequentemente, o fato de interpretar um fenômeno sempre pelas suas características anímicas, constitui-se em um obstáculo a aprendizagem, que deve ser pura, de tal forma que se olhe para o objeto

ou fenômeno estudado e tenha clareza dos seus conceitos principais.

### ***Conhecimento Quantitativo.***

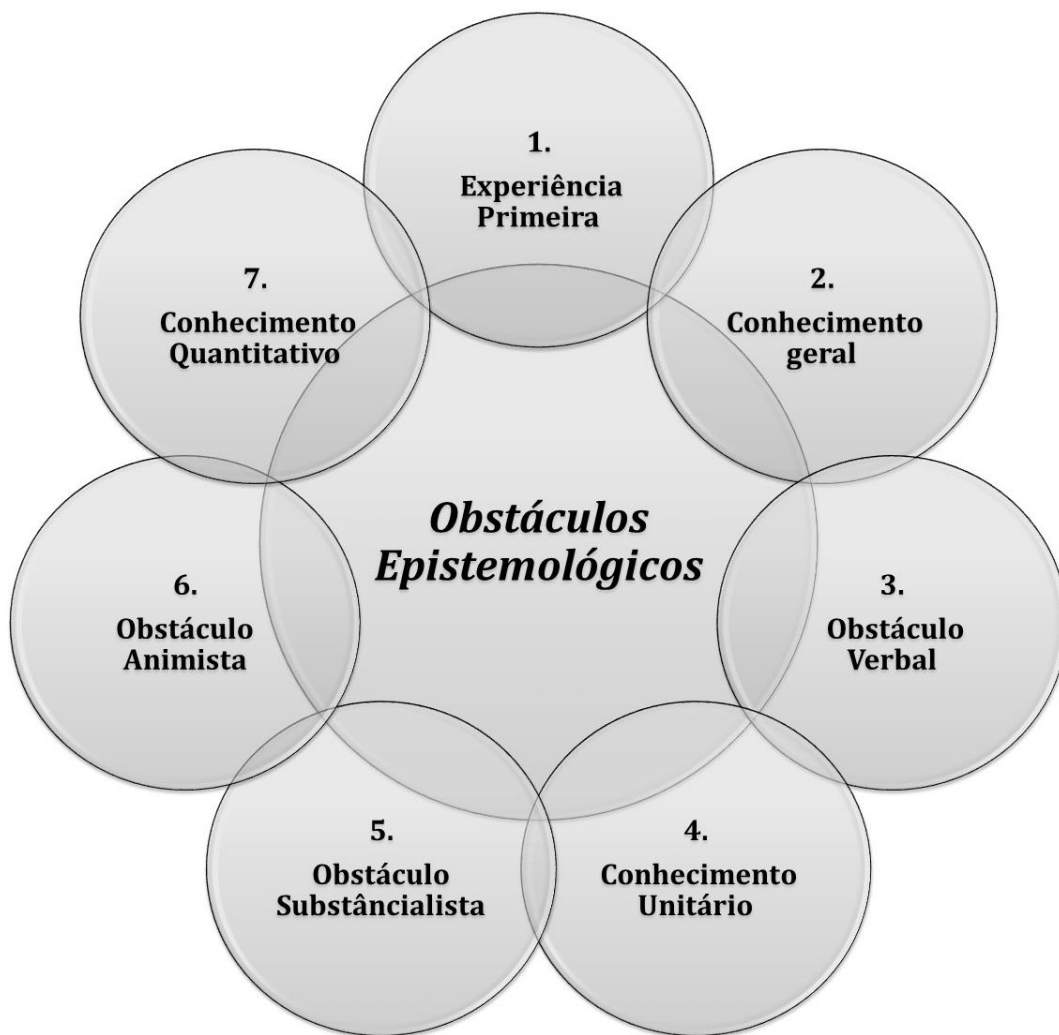
O conhecimento quantitativo para Bachelard parte do princípio de quantidade, ou seja, é um conhecimento no qual não se considera as características de qualidade do conceito estudado e sim sua relação à grandeza.

Para Bachelard, não é algo automático, não é um princípio de conhecimento, levando-se em consideração que a grandeza pode ser alterada. É preciso levar em consideração que a grandeza é exata, muito exata, e para Bachelard, isto não é algo totalmente confiável como um conhecimento adquirido, e que mesmo a matemática deve ser, digamos, questionada.

Bachelard questiona a necessidade de uma matemática, no caso, muito vaga ou muito precisa, e, que tudo que é muito preciso ou que não tenha meio termo de análise, levando todos os parâmetros em consideração, é algo a questionar; e tudo que é quantitativamente preciso é algo que pode atrapalhar o aprendizado.

Um olhar para o que é conhecimento, permite observar que na realidade não é possível ter uma medida definitiva do conhecimento. Ele varia de indivíduo para indivíduo, o que um observa como vago, para o outro é de extrema lógica. Olhando por este ângulo, do ponto de vista de Bachelard, em relação ao conhecimento quantitativo, o fato de poder ser medido com exatidão é questionável, visto que o conhecimento em si não é exato, pois é construído, a todo o momento, a todo instante. Na realidade o indivíduo constrói seu conhecimento baseado em diversos fatores, que não são necessariamente exatos e precisos.

Os obstáculos epistemológicos interagem entre si de tal forma que é possível encontrar mais de um obstáculo em determinadas análises. Essa interação pode ser observada na figura abaixo.



*Figura 2 Relações entre os Obstáculos Epistemológicos,  
Fonte Própria*



## **CONSIDERAÇÕES INICIAIS:**

A utilização dos textos traduzidos expostos nessa proposta poderá ser utilizada em cursos de formação inicial e continuada de professores de química. A seguir faremos algumas orientações a partir dos obstáculos epistemológicos de Bachelard de como o professor Universitário poderá utilizar esses artigos originais de Gay Lussac e Avogadro em sua prática de ensino em cursos de graduação em Química e Pós-Graduação na área de Ensino de Química

## **CONTRIBUIÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE GASTON BACHELARD PARA A ANÁLISE DAS TRADUÇÕES DOS ARTIGOS DE GAY LUSSAC E AMADEO AVOGADRO**

### **Experiência primeira:**

Nesse primeiro momento o professor formador deverá levar em consideração que os estudantes já possuem a experiência primeira adquirida durante a vida escolar, por meio dos livros didáticos, materiais de divulgação científica, exposições científicas etc. Assim, é importante o professor trazer questionamentos para gerar discussões iniciais, tais como:

- 1) O que é um gás?
- 2) A elaboração da teoria dos gases foi individual, ou, coletiva?
- 3) A teoria dos gases foi desenvolvida por meio de experimentos?
- 4) Os estudos dos gases possibilitaram o desenvolvimento de outros conceitos, ou, teorias químicas?

Esses questionamentos são apenas sugestões, no entanto, o professor poderá propor outras questões de seu interesse, inclusive desmembrar outras discussões a partir dessas questões. Um exemplo, seria na primeira questão, se o estudante responder que o gás é uma molécula que está no estado gasoso. Nesse caso, é interessante o professor perguntar sobre a origem do conceito de molécula, pois essa definição está diretamente relacionada ao desenvolvimento da teoria dos gases. Outros desdobramentos são possíveis de serem feitos de acordo com a conveniência das discussões na atividade didática.

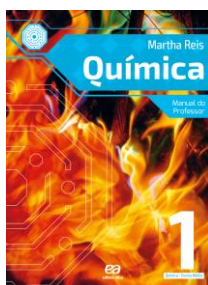
Como Bachelard comenta que os livros didáticos fazem parte da experiência primeira, então uma atividade interessante a se propor é que os professores em formação possam analisar o conteúdo de gases presente nos livros didáticos de química que podem ser, ou, que são de sua prática pedagógica. Uma sugestão interessante é os estudantes buscarem a resposta das quatro questões iniciais em livros didáticos, ou, materiais de divulgação científica. Essas respostas devem ser guardadas em um arquivo individual, ou, em grupo a critério do professor formador, para depois que discutir os textos traduzidos fazerem uma comparação sob a mediação do professor formador.

### **Conhecimento Geral:**

Ao abordar as traduções é importante o professor formador alertar os estudantes de que o conhecimento exposto nos artigos originais de Gay Lussac e Avogadro não dão sustentação para uma generalização da lei dos gases. No entanto, enfatizar aos professores em formação que os estudos expostos nesses artigos contribuíram posteriormente para a construção da teoria dos gases

Assim, é importante aqui o professor voltar a atividade da experiência primeira e pedir para que os estudantes identifiquem fragmentos de generalização da teoria dos gases. Uma observação importante é que os autores do presente trabalho já detectaram essas generalizações simplistas nos livros didáticos de química, pois não mencionam o complexo processo que levou a essas sínteses teóricas sobre os gases. Vejamos alguns exemplos de edições de livros didáticos de química que apresentam essas generalizações que são obstáculos a aprendizagem da química:

- 1) Química, Marta Reis, PNLD 2018 p. 108. Abordando a teoria de Avogadro, a autora não apresenta ligações com a pesquisa de Gay Lussac.



*Figura 3 capa do Livro Química Marta Reis*



As bexigas que estão flutuando foram preenchidas com gás hélio, de densidade menor que a do ar atmosférico. Já as bexigas que estão penduradas foram preenchidas com gás carbônico, mais denso que o ar atmosférico.

## 5 Massa molecular e massa atômica

Vimos que, ao balancear uma equação química, encontramos a proporção em número de moléculas de substâncias que reagem e que são produzidas, mas **as moléculas são só modelos** e não podem ser vistas nem tocadas, ou seja, na prática não podemos trabalhar diretamente com moléculas. Precisamos de dados mensuráveis, como a proporção em massa das substâncias, por exemplo.

Como os cientistas fizeram para transpor os dados teóricos obtidos com um modelo (a molécula) para dados mensuráveis como a massa?

Como não é possível medir diretamente as massas das moléculas, os cientistas resolveram estabelecer uma relação entre as massas das moléculas de diferentes substâncias com base nas **densidades absolutas** dos gases que já eram conhecidos na época na hipótese de Avogadro.

Vimos no Capítulo 1 (página 17) que a densidade de um material (independentemente de seu estado de agregação) é a relação entre sua massa e o volume que ele ocupa.

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Pela hipótese de Avogadro: “**Volumes iguais** de gases diferentes nas mesmas condições de temperatura e pressão **contêm o mesmo número de moléculas**”.

Se fizermos o quociente entre a densidade de dois gases conhecidos, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, o volume desses gases será o mesmo e poderá ser eliminado da expressão; assim obteremos uma relação de massas de um mesmo número de moléculas de dois gases diferentes.

Considere, por exemplo, o quociente entre a densidade de dois gases genéricos A e B nas mesmas condições de temperatura e pressão.

$$\frac{\text{densidade do gás A}}{\text{densidade do gás B}} = \frac{\frac{\text{massa do gás A}}{\text{volume do gás A}}}{\frac{\text{massa do gás B}}{\text{volume do gás B}}}$$

Como: **volume do gás A = volume do gás B**, temos:

$$\frac{\text{densidade do gás A}}{\text{densidade do gás B}} = \frac{\frac{\text{massa do gás A}}{\text{volume do gás A}}}{\frac{\text{massa do gás B}}{\text{volume do gás B}}} \Rightarrow \frac{\text{densidade do gás A}}{\text{densidade do gás B}} = \frac{\text{massa do gás A}}{\text{massa do gás B}}$$

Pela hipótese de Avogadro podemos afirmar que **a massa do gás A contém o mesmo número de moléculas que a massa do gás B**.

A massa de um gás pode ser calculada pelo produto entre o número de moléculas desse gás e a massa de cada molécula individualmente:

$$\text{Massa de um gás } (m) = \text{número de moléculas do gás } (n) \cdot \text{massa de cada molécula desse gás } (M)$$

- 2) Ser Protagonista, PNLD 2018 p. 170. O livro apresenta um contexto histórico, no entanto não realiza as ligações da pesquisa de Gay Lussac com outros cientistas.



Figura 5 Capa do Livro Ser Protagonista

#### QUÍMICA TEM HISTÓRIA

##### Joseph Louis Gay-Lussac

Químico e físico francês, Joseph Louis Gay-Lussac nasceu em [...] 6 de dezembro de 1778, e faleceu em Paris a 9 de maio de 1850. Estudou na École Polytechnique, onde foi discípulo de Berthollet. Em 1809 assumiu a cadeira de Química da École Polytechnique e a de Física da Sorbonne.

Em 1804, designado pelo governo francês, fez duas ascensões em balão, com o objetivo de estudar as regiões elevadas da atmosfera. Suas investigações científicas foram coroadas de êxito, havendo, entre outros importantes resultados, averiguado a invariabilidade da composição do ar [...].

Em 1802, procedendo a investigações sobre o fenômeno da expansão dos gases [...] demonstrou que, "sob

pressão constante, o volume de um gás perfeito varia na razão direta da temperatura". A *lei de Gay-Lussac*, também conhecida por *lei de Charles*, ou *lei de Charles e Gay-Lussac*, é simples corolário\* do princípio estabelecido, em 1787, pelo físico francês Jacques Charles: "em volume constante, a pressão de um gás perfeito varia na razão direta da temperatura". [...]

Esse princípio, conhecido como *lei das combinações simples* ou *lei de Gay-Lussac*, contribuiu decisivamente para o estabelecimento da hipótese de Avogadro.

ROCHA, M. Teoria atômico-molecular. *AllChem*. Disponível em: <<http://allchemy.iq.usp.br/metabolizando/beta/01/gay.htm>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

\* Corolário significa "dedução".

Depois desse processo, o professor deve alertar os estudantes de que as generalizações são um obstáculo para o complexo entendimento da construção da teoria dos gases, haja vista as contribuições iniciais dadas nos artigos originais de Gay Lussac e Avogadro.

#### **Obstáculo verbal:**

O professor formador deverá alertar os estudantes sobre o obstáculo para o entendimento de um conceito de uma mesma palavra ser utilizada para exemplificar, ou, caracterizar um mesmo, objeto, conceito etc.

Nesse sentido, nas traduções o professor deverá orientar os estudantes sobre possíveis termos que podem causar distorções conceituais e historiográficas tais como: molécula, cujo o conceito não tinha uma definição clara na época, e no artigo de Avogadro o termo molécula apresenta vários significados se comparados com os atuais, exemplo: molécula como elemento químico. Entretanto, o professor deve salientar que isso não é um erro, para que não cometa um equívoco historiográfico, como o anacronismo. Outros exemplos que podem provocar obstáculo verbal são as nomenclaturas de algumas substâncias que diferenciam das atuais, como exemplo: ácido muriático, conhecido atualmente como ácido clorídrico. Os demais termos que podem provocar obstáculo verbal estão destacados nas traduções nos apêndices 1 e 2.

#### **Conhecimento unitário**

Esse obstáculo ocorre quando não se relaciona o conceito e ou teoria estudada, abordando como se fosse individualizado, sem relação com outras teorias existentes. De fato, não é possível isolar um determinado conhecimento dentro de uma abordagem histórica, pois todos os estudos e pesquisas realizadas são retomados por outros pesquisadores, com o intuito de dar continuidade ao estudo seguinte.

Essa atenção deve ser tomada pelo professor aos estudantes. Isso implica mudança de posicionamento mental, de não trabalhar uma teoria como se fosse separada de outra, visto que existe um elo que as relacionam entre si. No caso do artigo de Gay Lussac, quando o mesmo vai explicar sobre os gases, ele cita os

trabalhos de outros cientistas da época: Berthollet, Dalton, Prost, Thomson, Humboldt, Biot, Arago, David entre outros citados no artigo; enquanto no trabalho de Avogadro: Gay Lussac, Dalton, David, Thomson, Kirwan, Thénard, Biot, Arago e Berthollet. As formas de conhecimento Unitário estão destacadas nas traduções nos Apêndices 1 e 2. Salientamos que os fragmentos em destaque contribuem para não ocorrer o obstáculo de conhecimento unitário.

Além disso, nos textos aqui traduzidos, temos um anterior ao outro, em que Avogadro retomou os estudos de Gay Lussac para dar suporte ao seu. Uma relação possível também na época, é relacionar o modelo atômico vigente. O professor deverá sempre que abordar conceitos históricos, procurar as relações existentes entre outros conceitos, mesmo que a distância das pesquisas seja de, por exemplo, 100 anos.

#### **Obstáculo substancialista:**

Nessa categoria é interessante abordar dois aspectos que mostram o antagonismo entre historiografia e os obstáculos epistemológicos. Entretanto, é interessante o professor utilizar-se desse antagonismo para ensinar conceitos de historiografia e diferenciá-los de obstáculo epistemológico e mostrar como evitar o obstáculo substancialista. Vejamos como o professor formador poderá fazer tal abordagem:

No caso da abordagem de molécula nos vários momentos do artigo do Avogadro (Apêndice 2), acaba ocorrendo o que Bachelard, define como polimorfismo, proporcionando ao objeto de aprendizagem diferentes qualidades "Ele une diretamente a substância das qualidades diversas, assim como uma qualidade superficial e uma qualidade profunda, assim como uma qualidade manifesta e uma qualidade oculta." (BACHELARD, 1967, p.112). Assim, é importante o professor comentar com os estudantes que Avogadro utiliza a ideia de molécula como sendo o mesmo conceito de substância, elemento químico etc. Isso no olhar de hoje seria um "erro", mas daí cabe o professor fazer o seguinte questionamento para os estudantes: Será que Avogadro definiu implicitamente o conceito de molécula como, substância, ou, elemento químico incorretamente?

Esse questionamento é proposital, justamente para que o professor

problematize a questão historiográfica que envolve a história do conceito de molécula, mesmo que seja reduzida a tradução do trabalho de Avogadro. Depois de ouvir a opinião dos estudantes, o professor deverá mencionar a questão de historiografia, ou seja, enfatizar que Avogadro não comete erro. Dizer que Avogadro errou é reforçar uma História da Ciência Anacrônica na sala de aula.

Assim, respeitando o contexto histórico de Avogadro, entendemos que o mesmo possuía os conhecimentos necessários que satisfaziam do ponto de vista histórico a discussão lógica do conhecimento que ele estava abordando. Todavia, esse exemplo nos ajuda a entender como evitar o substancialismo oculto.

### **Obstáculo animista:**

Esse é um dos obstáculos mais difundidos, pois consiste em dar vida ao conceito, vemos isso em livros didáticos de química antigos, onde, por exemplo, o átomo é representado por bonequinhos e as características individuais passam a serem características de personalidade. O obstáculo animista, para ser evitado, primeiramente não pode comparar conceitos como se fossem vivos. Ou seja, o professor não deve dar vida a conceitos que não fazem parte do mundo vivo,

No caso da abordagem histórica da construção de um conceito, não é recomendável que o professor, nem que seja para exemplificar, use características animadas para o objeto de estudo. No caso aqui das traduções dos originais de Gay Lussac e Avogadro, não encontramos nenhum fragmento de texto que favoreça o animismo. Além disso, em uma leitura flutuante dos livros didáticos aprovados PNL D 2018, estes não apresentam animismo no tocante ao conteúdo de gases e moléculas relativos aos trabalhos de Gay Lussac e Avogadro.

### **Conhecimento quantitativo**

De acordo com Bachelard, nem todo conhecimento teórico é quantizado, e não necessita de um valor numérico. Querer quantificar tudo causa um obstáculo ao conhecimento científico. Nesse caso é importante o professor Salientar que nos trabalhos de Gay Lussac e Avogadro, adotam concepções teóricas de outros cientistas para realizar o trabalho deles.

É também importante o professor frisar com os estudantes que o trabalho de

Avogadro serve como base teórica para posteriormente determinar a constante de Avogadro, cálculo do número de mols, molaridade, molalidade, fração molar e estequiometria.

## **SÍNTESES**

Por fim, o professor deverá propor sínteses do conteúdo das duas traduções: 1) Memórias sobre a combinação de substâncias gasosas umas com as outras de Gay Lussac publicado em 1808; 2) Tentativa de uma maneira de determinar as massas relativas de moléculas elementares dos corpos, e as proporções segundo as quais elas entram nas combinações de Amadeo Avogadro publicado em 1811. Um exemplo de como fazer tal atividade está exposto nos quadros sínteses (quadros 1 e 2) abaixo:



**Quadro 1: Síntese do Conteúdo do artigo de Gay Lussac:** Memórias sobre a combinação de substâncias gasosas umas com as outras de Gay Lussac publicado em 1808;

### **Contribuição de Gay Lussac.**

No início do século 19 ocorreu na Europa diversos estudos que proporcionaram o desenvolvimento da ciência química. Vários pesquisadores contribuíram para o avanço tecnológico dessa ciência, entre esses destacamos Gay Lussac e Avogadro, que com suas pesquisas trouxeram a luz teorias como as dos gases, relações atômicas e moleculares.

Gay Lussac apresentou um estudo sobre os gases em 1809, intitulado **“Combinação das substâncias Gasosas Umas com as outras”** no qual expõem suas concepções teóricas e observações sobre o comportamento dos gases e suas relações com a densidade. Essa construção feita por Gay Lussac permitiu posteriormente o desenvolvimento da teoria dos gases e inclusive nas conclusões de seu artigo de 1809 de sua famosa lei:

**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 as contrações do volume existente pela combinação são regidas por leis regulares. (Lussac 1809)<sup>1</sup>**

De fato, o pesquisador ao longo do texto original demonstra esses efeitos e suas relações, chegando as seguintes conclusões:

- ❖ **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. (Lussac 1809, Apêndice 1 - p.14)**

<sup>1</sup> Tradução própria.

*Esses postulados propostos por Gay Lussac permitiram a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases o que contribuiu posteriormente no estudo dos diferentes comportamentos gasosos. Além disso, ampliou 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 de moléculas. Mesmo não definindo claramente o conceito, observamos que no seu artigo encontram-se as bases para a construção de uma visão diferente da quantidade de moléculas, fato esse 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”.*

**Quadro 2: Síntese do conteúdo do Artigo de Avogadro:** Tentativa de uma maneira de determinar as massas relativas de moléculas elementares dos corpos, e as proporções segundo as quais elas entram nas combinações de Amadeo Avogadro publicado em 1811

### **Contribuição de Avogadro**

Em 1811, Amadeo Avogadro publica um artigo intitulado: «tentativa de uma maneira de determinar as massas relativas de moléculas elementares dos corpos, e as proporções segundo as quais elas entram nas combinações», no qual o estudo discute sobre as formações moleculares suas relações com massa molecular e densidades.

Avogadro traz em seu artigo, um resumo dos estudos de Gay Lussac. Além disso, o pesquisador aborda o modelo atômico vigente que era o de John Dalton, utilizando para descrever suas observações.

De fato, observa-se que Avogadro desenvolve um determinado raciocínio, a partir da teoria de Gay Lussac, quando o mesmo afirma:

**“a hipótese que se apresenta a esta relação e que pode ser a única admissível, é supor que o número de moléculas integrantes nos gases quaisquer é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional ao volume.”**

Logo ele apresenta nesta passagem uma visão de molécula, relacionando com o volume gasoso. No entanto, Avogadro não define molécula, ele apresenta uma teoria que será relacionada com moléculas, nesta passagem existe a afirmação que relaciona volume com quantidade de moléculas.

Avogadro, em seu artigo, apresenta uma hipótese sobre os corpos compostos: **“parece que uma molécula composta por duas ou mais moléculas elementares, devem ter suas massas iguais às somas das massas dessas moléculas”**. Neste caso, o pesquisador apresenta uma análise relacionando as massas moleculares de determinados compostos com o quantitativo de moléculas presentes na substância, fato esse que nos permite observar o desenvolvimento de definições novas para a compreensão dos conceitos de massa dos compostos químicos e a quantidade de moléculas presentes.

Assim, o seu trabalho contribuiu para a quantificação das moléculas que compõem uma substância, o que culminou mais tarde para a determinação da

*famosa constante de Avogadro. Isso foi determinante para química contemporânea para os cálculos do número de mol, molaridade, molalidade, fração molar e diversos outros cálculos que necessitam dessa constante.*

### ***Voltando a Experiência Primeira:***

Por fim, o professor formador depois de toda a discussão realizada com os obstáculos epistemológicos na tradução dos textos, e as informações contidas nos quadros 1 e 2 é interessante propor aos estudantes para responderem novamente o questionário inicial sobre suas opiniões e também analisar novamente os livros didáticos. Após isso, pedir para cada estudante, ou, grupo que apresentem a comparação do que foi respondido durante a experiência primeira, com a análise feita depois da discussão das traduções. Vejamos nos quadros 1 e 2 e no quadro 3 abaixo alguns pontos de destaque que podem ser discutidos nesse momento:

#### **Quadro 3: Sugestão de discussão**

Em livros didáticos atuais o resumo da pesquisa desse cientista encontra-se da seguinte forma:

***"Gases nas mesmas condições de pressão e temperatura, seu volume mantém-se em proporções fixas."***

É evidente que Gay Lussac trouxe afirmações diferentes do que é atualmente divulgado em livros de química. O cientista relaciona formação de moléculas de gases (mesmo que não utilize a palavra molécula) e as proporções existentes para cada uma individualmente. Introduz levemente o conceito de ligações químicas, que se desenvolve no decorrer século XIX, chegando a uma teoria de ligações químicas efetiva no século XX. Relaciona também o comportamento de contração gasosa e volume efetivo dos gases.

Afirma também no mesmo artigo que as combinações ocorrem de átomo á átomo proporcionando um vislumbre da formação de substâncias que serão chamadas de moléculas.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, A. K. T. Newton e suas grandes obras: o Principia e o Óptica. In: ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. (Org.). Linguagens, leituras e ensino da ciência. Campinas/SP: Mercado de Letras/Associação de Leitura do Brasil, 1998. p. 33-45.

ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Montreal: Apeiron, 2010. ISBN: 9780986492617.

AVOGADRO, A. D'une manière de déterminer as massas relativas des molécules elementaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons. In: ABRAHAM, A., et al. **Molécules atomes et notations chimiques**. Paris: Librairie Armand Colin, 1811. p. 15-29.

BELTRAN, M. H. R.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência e Ensino: Abordagens Interdisciplinares**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. A análise face aos átomos. In: \_\_\_\_ **História da Química**. Paris: Éditions La Découverte, 1992. Cap. 17, p. 163-179.

BOSS, S. L. B. Tradução comentada de artigos de Stephen Gray (1666-1736) e reprodução de experimentos históricos com materiais acessíveis - subsídios para o ensino de eletricidade. 349 p. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

BOSS, S. L. B. Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP, 2009.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007.

BOSS, S. L. B. CALUZI, J. J. ASSIS, A. K. T. SOUZA FILHO, M. P. A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores: breves considerações sobre dificuldades de leitura e entendimento. In: Sandra Regina Teodoro Gatti; Roberto Nardi. (Org.). *A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica*. 1ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2016, v. , p. 171-197

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Fontes primárias e aprendizagem significativa: aquisição de subsunçores para a aprendizagem do conceito de carga elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII., 2009, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. História da ciência e aprendizagem significativa: o experimento de Coulomb. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII., 2009, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Textos históricos de fonte primária - contribuições para a aquisição de subsunçores pelos estudantes para a formação do conceito de carga elétrica. In: CALDEIRA, A. M. A. (Org.). Ensino de ciências e matemática II: temas sobre a formação de conceitos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Algumas dificuldades de leitura e de entendimento de traduções de fonte primária por licenciandos em Física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XII., 2010, Águas de Lindóia/SP. Anais eletrônicos... Águas de Lindóia/SP: Sociedade Brasileira de Física, 2010.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Traduções de fonte primária - algumas dificuldades quanto à leitura e ao entendimento. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII., 2011, Campinas/SP. Anais eletrônicos... Campinas/SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Contribuições de um texto histórico de fonte primária para a aprendizagem significativa da lei de Coulomb. In: BASTOS, F. (Org.). Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p. 193-217.

BOSS, S. L. B. et al. História da ciência e aprendizagem significativa: o conceito de carga elétrica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., 2008, Curitiba. Anais eletrônicos... Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.

BOSS, S. L. B.; ASSIS, A. K. T.; CALUZI, J. J. Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes: tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais experimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 464 p. BOSS, S. L. B. Considerações sobre a produção e o uso de material histórico em sala de aula: dificuldades de leitura e entendimento de traduções de fontes primárias. [No Prelo].

BUENO, M. C. F. Os textos originais para ensinar conceitos de mecânica. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo - Instituto de Física, São Paulo, 2009.

BUENO, M. C. F.; PACCA, J. L. A. Os textos originais para ensinar conceitos de mecânica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII., 2009, Vitória. Anais eletrônicos... Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009.

CALUZI, J. J.; SOUZA FILHO, M. P.; BOSS, S. L. B. A história hipotética na Física: distorções da História da Ciência nos livros didáticos sobre o experimento de Oersted. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VI., 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos... Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

ECO, U. Como se faz uma tese São Paulo: Perspectiva, 2008. 21ª Edição.

FRANÇA SILVA, T. O uso de organizadores prévios elaborados com trechos de textos históricos originais como recurso de ensino. 109 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília - Faculdade de Educação, Brasília, 2010.

FERNANDEZ, B. Les deux hypothèses d'Avogadro en 1811. **bibnum**, février 2009. Disponível em: <[http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/FERNANDEZ\\_HYPOTHESES\\_AVOGADRO.pdf](http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/FERNANDEZ_HYPOTHESES_AVOGADRO.pdf)>. Acesso em: 17 outubro 2017.

FUMIKAZU, S. História da Ciência: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **História da Ciência e Ensino Construindo Interfaces**, 1, 2010. 1-6. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/3069/2028>>. Acesso em: 12 abr 2013.

GALDABINI, S.; ROSSI, O. Using historical papers in ordinary physics teaching at high school. *Science & Education*, v. 2, n. 3, p. 239–242, 1993.

LANGEVIN, P. O valor educativo da História das Ciências. In: GAMA, R. (Org.). *Ciência e técnica: antologia de textos históricos*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992. p. 8-29.

LE CHATELIER, H. **Molécules Atomes et Notations Chimiques**. Paris: Librairie Armand Colin, 1913.

LUSSAC, G. Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres. In: ABRAHAM, A., et al. **Molécules Atomes e notations chimiques**. Tradução de Adriana Bispo Kisfaludy. Paris: Librairie Armand Colin, 1809. p. 116.

MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência. **História da Ciência e Ensino Construindo interfaces**, São Paulo, v. 11, p. 1-17, 2015. ISSN 2178-2911.

MARTINS, L. A.-C. P. HISTÓRIA DA CIÊNCIA: OBJETOS, MÉTODOS E PROBLEMAS. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 11, n. 2, 2005. ISSN 1980-850X.

MARTINS, R. A. Introdução: a História das Ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. XVII–XXX.

MARTINS, Roberto de Andrade. O mito de Galileu desconstruído. *Revista de História da Biblioteca Nacional*, 5 (número especial de História da Ciência 1): 24-27, outubro de 2010 (ISSN 1808-4001)

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164–214, 1995.

MONTENEGRO, A. G. P. M. A leitura de textos originais de Faraday por alunos da terceira série do Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVI, 2005, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

MONTENEGRO, A. G. P. M. A leitura de textos originais de Faraday por alunos do Ensino Fundamental e Médio. 98 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Educação, Campinas/SP, 2005.

PESSOA JR., O. Quando a abordagem histórica deve ser utilizada no ensino de Física? *Ciência e Ensino*, v. 1, p. 4-6, 1996.

ZANETIC, J. Literatura e cultura científica. In: ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. (Org.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas/SP: Mercado de Letras/Associação de Leitura do Brasil, 1998. p. 11-31



# APÊNDICES

## APÊNDICE I

### *Tradução de Gay Lussac*

#### **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 modificadas por essa força, muito variável na sua intensidade, e não seguem nenhuma lei regular. A mesma compreensão aplicada a todas as substâncias sólidas ou líquidas produzem uma diminuição de volume diferente para cada uma delas, mesmo que ela seja igual para todos os *fluidos elásticos*. Do mesmo, o calor dilata todos os corpos, mas a dilatação dos líquidos e dos sólidos não oferecem até o presente momento nenhuma lei regular, e não têm ainda aquelas dos fluidos elásticos, que sejam iguais e independentes 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 ela é inteiramente destruída, como nos gases, que o corpo se encontra em circunstâncias regulares. *Eu vou, pelo menos, mostrar as novas propriedades no gás, os quais os efeitos sejam regulares, e provando que essas substâncias se combinam entre elas numa relação muito simples, e que a contração de volumes que*

*Obstáculo quantitativo: O texto em destaque evita o obstáculo quantitativo, pois mostra que Gay Lussac parte de uma hipótese do que ele quer mostrar*

*O fragmento destacado possibilita evitar a ideia de que o Conhecimento é unitário, pois mostra que Gay Lussac baseou-se nos trabalhos de outros cientistas como Proust, Berthollet, Dalton etc*

*elas sofrem pelas combinações são também uma lei regular. Espero proporcionar uma prova do que avançou os químicos, mas distinguidos, 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 agitada entre os químicos, de saber se as*

combinações ocorrem em todas as proporções. Senhor Proust, que parece ter fixado a primeira atenção sobre esse objeto, 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 levar a dois óxidos os dois presentes no mesmo metal. O Sr. Berthollet pensa ao contrário, após considerações gerais e experiências que pertencem a ele, que as combinações se realizam sempre em proporções muito variáveis, pelo menos se elas não sejam 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 número maior. Isso resulta uma maneira de ver as combinações, que se realizam em proporções constantes, sem que haja intermediários, e sobre essa relação à teoria do Sr. Dalton se aproxima da teoria do Sr. Proust; mas O Sr. Berthollet já combateu fortemente na introdução que ele fez a química do Sr. Thomson, e veremos que ela não é inteiramente exata, tal é o estado da questão agora agitada, 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.

*Evita parcialmente o obstáculo do Conhecimento quantitativo, pois há um relato de uma relação não exata e que Gay Lussac parte da concepção de outro cientista, constituindo um elemento teórico do desenvolvimento do seu trabalho*

**Obstáculo verbal**, o fragmento em destaque apresenta obstáculo verbal que o professor deve alertar os estudantes quanto a nomenclatura da época com o que se considera na atualidade, exemplos: gás fluorbórico, gás muriático etc. Além disso, alertar o estudante que do ponto de vista historiográfico não é um erro tais nomenclaturas

*Desconfiando, depois do relatório de 100 de gás oxigênio a 200 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 façamos chegar bolha por bolha do gás fluorbórico, o primeiro se encontra então 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 de gás carbônico e de 26,66 de gás amoníaco. No entanto, se supomos que ele seja composto de um volume igual de cada um desses compostos, encontramos, segundo os seus pesos específico conhecido, que ele contém em peso:*

71,81	De ácido carbônico
28,19	De amoníaco
<hr/>	
100,00	

Proporção de difere do 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 liquido que concorre com a do amoníaco para vencer a elasticidade do ácido carbônico, e que o carbonato de amoníaco neutro não pode existir que 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 de ver ácidos assim diferentes uns dos outros neutralizar um volume de gás amoníaco igual a eles, e disso é permitido de*

**Obstáculo verbal: Idem comentário anterior**

*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 incrível que, seja obter um sal neutro ou um sub-sal, seus elementos se combinam como nos limites de suas proporções.* Disso, adaptando o peso específico do ácido muriático, que determinamos eu e Sr. Biot, e as do gás carbônico e amoníaco, dados por Sr<sup>a</sup> Biot e Arago, encontramos que o muriático de amoníaco seco. É composto de:

Amoníaco	100,00		38,35
Ácido		Ou	
muriático	160,7		61,65
			100,00

Proporção que está muito distante da encontrada pelo Sr Berthollet

100 de amoníaco
213 de ácido.

Encontramos que o sub-carbonato de amoníaco contém

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

E o carbonato neutro

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

É fácil, segundo os resultados anteriores, conhecer as relações de capacidades de ácidos fluorbórico, muriático e carbônico, pois esses três gases saturam o mesmo volume de gás amoniacal, e suas capacidades serão entre elas em razão inversa de suas densidades, quando fizermos correções devidas em relação à água conhecidas

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:

100 de gás nitrogênio
300 de gás hidrogênio

Encontrei (no 1º vol. Da sociedade de Arcueil) que o ácido sulfúrico é composto de:

100 gás sulfuroso
50 gás oxigênio

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:

100 gás óxido de carbono
50 gás oxigênio

**Conhecimento unitário**

*Fragmento evita o obstáculo do conhecimento unitário por Gay Lussac citar os nomes de outros cientistas, como Arago, Amédée Berthollet etc. Por outro lado, favorece o conhecimento unitário por não relacionar com a lei da conservação de massa de Lavoisier*

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
Gás nitroso	44,05	55,95
Ácido nítrico	29,50	70,50

Reduzindo as proporções em volumes, podemos encontrar:

	Gás Nitrogênio	Gás Oxigênio
--	----------------	--------------

Gás óxido de nitrogênio	100	49,5
Gás nitroso	100	108,9
Ácido nítrico	100	204,7

A primeira e a última proporção se diferenciam pouco das de 100 a 50 e de 100 a 200; somente a segunda que se afasta um pouco da de 100 a 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
Gás nitroso	100	100
Ácido nítrico	100	200

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

Oxigênio	22,92
Ácido muriático	77,08

Transformando 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 à 1, de 1 à 2, ou de 1 à 5. É bem importante observar que, quando consideramos o peso, não tem nenhuma relação simples e final entre os elementos de uma primeira combinação: é somente quando há uma segunda combinação entre esses mesmos elementos que a nova proporção deste que foi adicionado 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, a também uma relação simples com um deles.

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 combinado 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 à do gás carbônico, menos a metade daquela do gás oxigênio. Segundo isso, e tomando a densidade do ar por unidade, encontramos que a do gás oxido 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, do mesmo que o gás carbônico passado pelo *carvão vermelho*. O gás oxigênio produzindo um volume igual de gás carbônico, e o peso deste último sendo bem conhecido, é fácil de concluir a proporção de seus elementos. É assim que podemos encontrar que o gás carbônico é composto de

***Obstáculo verbal.***

*Para evitar o obstáculo verbal, o professor deve alertar os estudantes que o carvão vermelho seria o carvão em alta temperatura, mas ao mesmo tempo comentar que não é um erro do cientista*



27,38	Carbono
72,62	Oxigênio

E o gás óxido de carbono de

42,99	Carbono
57,01	Oxigênio

Seguindo um raciocínio análogo, encontramos o mesmo que, 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<sup>a</sup> Klaproth, Bueholz e Richter, o ácido sulfúrico é composto, em peso, de 100 de enxofre e 138 de oxigênio.

De outro lado, o ácido sulfúrico é composto de 2 partes em volumes de gás sulfuroso e de 1 parte de gás oxigênio. Por consequência, 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,  $2 \times 2,265 + 1,10559 = 5,63559$ ; esperado 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 sejam 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 saindo das proporções precedentes de ácido sulfúrico, podemos admitir como parece provável, que 100 de gás sulfuroso contem 100 de gás oxigênio, e que é necessário adicionar ainda 50 para converter em ácido sulfúrico, teremos para as proporções de ácido sulfúrico

100,00	Enxofre
92,0	Oxigênio

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.

O fósforo tem a maior relação com o enxofre, e espera que eles tenham aproximadamente o mesmo peso específico. Por consequência, o fósforo deve ter duas vezes mais de oxigênio para poder ser ácido fosforoso que para passar deste estado para o ácido fosfórico. E como esse último é composto segundo Rose de

100,00	Fósforo
114,0	Oxigênio

Segue que o ácido fosforoso deve conter

100,00	Enxofre
76,0	Oxigênio

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 mais forte que o volume do gás adicionado, pois o peso específico do gás óxido de nitrogênio, calculado nesta hipótese, é de 1,52092, enquanto que a dada 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 de mais um pouco desse último gás liberado na combustão. O resíduo, todas as correções feitas, será então muito pouco igual em volume ao óxido de nitrogênio utilizado. Do mesmo fazendo 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

**Obstáculo verbal:** Alerta em relação a nomenclatura, do hidrogênio fosforoso, que atualmente é ácido fosforoso. No entanto, alertar que é uma forma de nomenclatura da época e que não constitui um erro

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.

A contração aparente dos elementos do gás nitroso parece ao contrário nula. Se admitirmos, de fato, 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 à de 10 para 16. Essa diferença e a autoridade de um físico distinto que Saussure, podem rejeitar as suposições que acabei de fazer; mas aqui tem várias circunstâncias que a tornam muito provável, ela tem primeiramente a seu favor uma forte analogia; em segundo lugar, Sr. Tralès encontrou pelas suas experiências diretas, que a relação entre a densidade e o vapor de água é de até de 10 para 14,5 no lugar de 10 para 14, em terceiro lugar, apesar de não conhecermos muito exatamente 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, quer dizer um volume 1728 vezes maior. Admitindo a relação de Saussure, encontramos somente 1488 para 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 forte que a dada pela observação; mas a calculada adotando a relação 10 para 16 coincide muito melhor os resultados teóricos e práticos. 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 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 da 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 para 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 do muriático verde ligeiramente ácido, e se precipita um pouco de óxido de cobre, pois 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, será o mesmo dos carbonatos e os fluoratos nos ácidos, sobre volumes iguais, tem a mesma capacidade de saturação que o ácido muriático.

Vemos que por esses diversos exemplos a contração que tem 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, é provável, que realizando novas experiências, veremos desaparecer completamente. Relembrando a grande lei da afinidade química, que toda combinação realiza por uma aproximação de moléculas elementares, é difícil conceber porque o gás óxido de carbono é mais leve que o gás oxigênio. É a principal razão a qual se apoiou Sr. Berthollet para admitir a existência do hidrogênio nesse gás e explicar pela sua fraca densidade. Mas parece-me que a dificuldade existente do que podemos supor que a 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 nas quais as moléculas constituintes seriam muito próximas, mesmo que a diminuição de volume seja nula, e que tenha tido mesmo assim 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, existe um ponto de diminuição de volume, e no segundo caso teria o contrário à 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 reúne seus elementos é muito forte. No entanto, se admitirmos que a condensação dos elementos tem uma relação imediata com a condensação de volume, concluímos, a verdade contra a experiência, 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 essa 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. Apesar do que sejam dessas suposições, que só podem servir a fazer conceber que o gás oxigênio pode produzir um composto mais leve do que ele, combinando-se com corpos sólidos, devemos admitir como verdade fundamentada sobre um grande número de observações que a condensação que sofrem 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 forte, a outra é muito fraca, ou mesmo nula.

A observação 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 a aproximar e muito essa determinação. Se supor, de fato, todos os corpos combustíveis 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 de converter também o combustível, segundo a condição que seu vapor seja igual ao volume do gás oxigênio, ou ao dobro, ou a 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 densa que a do gás oxigênio, e que o metal passando do estado líquido para o gasoso, toma um volume 961 vezes maior.

Não ficarei mais muito tempo nessas determinações, uma vez que elas são fundadas *em analogia*, e portanto, é fácil de multiplica-las. Termino essa Memória 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 e realizam de átomo para átomo, os diversos compostos que dois corpos podem formar seriam produzidos pela reunião da molécula de um com a molécula de outro, ou com dois ou com mais números, mas sempre intermediário. *Sr Thomson e Wollastn, relataram,*

**Conhecimento unitário**

*O professor deve salientar que o fragmento possibilita evitar o obstáculo do conhecimento unitário aos estudantes, pois Gay Lussac ao citar esses vários personagens Thomson, Wallastn, reforça uma visão de recorrência a outros conhecimentos estabelecidos e a construção coletiva da ciência.*

*de fato, experiências que parecem confirmar esta teoria. O primeiro encontrou que o sur-oxalato de potássio contém duas vezes mais de ácido do que ele necessita para saturar o alcalino, e o segundo, que o sous-carbonato de potássio contem ao contrário, duas vezes mais de alcalino do que ele necessita 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 continua, cita por 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 identidade da força que produza combinações químicas e as dissoluções.

Essas duas opiniões têm cada uma em seu favor um grande número de fatos; apesar de ser inteiramente opostos em aparência, é fácil de conciliar.

É preciso, primeiramente, admitir com o Sr. Berthollet, que a ação química se exerce indefinidamente de uma maneira continua entre as moléculas dos corpos, não impor 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 outra a insolubilidade, a coesão e a elasticidade que tendem a produzir combinações em diversas proporções fixas, a ação química se exerce mais fortemente, 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 mantém essa grande lei química: que todas as vezes que duas substâncias estão em presença uma da outra, em sua esfera de atividade, elas agem pelas suas massas, e formam geralmente compostos a proporções muito variáveis, a menos que essas proporções sejam determinadas por circunstâncias particulares.

### Conclusão.

Mostrei nesta Memória que as combinações de substancias gasosas, umas com as outras, realizam-se, sempre, em proporções simples, e que tal representa um dos termos por unidade, a outra e 1 ou 2 ou mais que 3. Essas relações de volumes não são observadas em substancias sólidas e liquidas, 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 eles apresentam leis regulares. É incrível de ver 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, medidas por volumes seria logo as mesmas, e isso seria talvez a verdadeira maneira de avaliar as contrações aparentes de volume que é submetido os gases que se combinam, tem também as relações simples com o volume de um deles, e essa propriedade é ainda particular as substancias gasosas.

### Tabelas.

<i>Densidades de diversas substancias gasosas, simples ou compostas</i>				
<i>Substancia</i>	<i>Densidade determinada pela experiência</i>		<i>Densidade calculada a partir da proporção dos elementos e da contração de volume.</i>	
<i>Ar atmosférico</i>	<i>1,00000</i>	<i>Biot E Arago</i>	<i>0,59438</i>	<i>Supondo que a contração dos elementos seja a metade do volume total</i>
<i>Gás oxigênio</i>	<i>1,10359</i>			
<i>Gás nitrogênio</i>	<i>0,96913</i>			
<i>Gás hidrogênio</i>	<i>0,07321</i>			
<i>Gás ácido carbônico</i>	<i>1,5196</i>			
<i>Gás amoníaco</i>	<i>0,59669</i>			
<i>Gás muríatico</i>	<i>1,278</i>	<i>Biot e Gay Lussac</i>		
<i>Gás óxido de nitrogênio</i>	<i>1,61414</i>	<i>Davy e Bethollet</i>	<i>1,52092</i>	<i>Supondo que a contração dos elementos de todo volume de gás oxigênio.</i>
	<i>1,36293</i>			
<i>Gás nitroso</i>	<i>1,0388</i>	<i>Bérard. `a Arcueil</i>	<i>1,03636</i>	<i>Supondo que a contração dos elementos seja a metade do volume total</i>

<i>Gás sulfuroso</i>	2,265	<i>Kirwan</i>		
<i>Gás óxido de carbono</i>	0,9569	<i>Cruickshanks</i>	0,96782	<i>Supondo que 100 de ácido carbônico produzem 100 de gás carbônico, perdendo 50 de oxigênio.</i>
<i>Vapor de água</i>	0,6896	<i>Tralès</i>	0,625	<i>Supondo que a contração de 2 de todo volume de oxigênio.</i>
<i>Gás muriático oxigenado</i>	2,470	<i>Thenard e Gay Lussac</i>	2,468	<i>Supondo que a condensação seja metade do volume total</i>

<b><i>Proporção de vários compostos dos quais os elementos são gasosos.</i></b>				
<b><i>Substancia</i></b>	<b><i>Proporção em volume</i></b>		<b><i>Proporção em peso</i></b>	
<i>Muriático de amônia</i>	<i>100 de gás amoniacal</i>	<i>100 de gás muriático</i>	<i>Amoníaco 38,35</i>	<i>Ácido muriático 61,65</i>
<i>Carbonato de amônia neutro</i>	<i>100 idem</i>	<i>100 de gás carbônico</i>	<i>Idem 28,19</i>	<i>Ácido carbônico 71,81</i>
<i>Sus-carbonato de amoníaco</i>	<i>100 idem</i>	<i>50 idem</i>	<i>Idem 43,98</i>	<i>Idem 56,02</i>
<i>Fluorborato de amoníaco</i>	<i>100 idem</i>	<i>100 de gás fluoborato</i>	<i>*****</i>	<i>*****</i>
<i>Sous-Fluorborato de amoníaco</i>	<i>100 idem</i>	<i>50 idem</i>	<i>*****</i>	<i>*****</i>
<i>Água</i>	<i>100 de gás hidrogênio</i>	<i>50 de gás oxigênio</i>	<i>Oxigênio 86,733</i>	<i>Hidrogênio 13,267</i>
<i>Gás oxido de nitrogênio</i>	<i>100 de nitrogênio</i>	<i>50 de oxigênio</i>	<i>Nitrogênio 63,72</i>	<i>Oxigênio 36,28</i>
<i>Gás nitroso</i>	<i>100 idem</i>	<i>100 idem</i>	<i>Idem 46,757</i>	<i>Idem 53,243</i>
<i>Ácido nítrico</i>	<i>100 idem</i>	<i>200 idem</i>	<i>Idem 30,512</i>	<i>Idem 69,488</i>
<i>Ácido nítrico</i>	<i>200 de gás nitroso</i>	<i>100 gás oxigênio</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
<i>Gás ácido nitroso</i>	<i>300 idem</i>	<i>100 idem</i>	<i>Nitrogênio 34,507</i>	<i>Idem 65,493</i>



<i>Amoníaco</i>	<i>100 de nitrogênio</i>	<i>300 de hidrogênio</i>	<i>Idem 81,524</i>	<i>Hidrogênio 18,475</i>
<i>Ácido sulfúrico</i>	<i>100 de sulfuroso</i>	<i>50 gás oxigênio</i>	<i>Enxofre 42,016</i>	<i>Oxigênio 57,984</i>
<i>Ácido sulfuroso</i>	<i>*****</i>	<i>*****</i>	<i>Idem 52,083</i>	<i>Idem 47,917</i>
<i>Ácido muriático oxigenado</i>	<i>300 de gás muriático</i>	<i>100 oxigênio</i>	<i>Ácido muriático 77,65</i>	<i>Oxigênio 22,35</i>
<i>100 de gás carbônico</i>	<i>100 de oxido de carbono</i>	<i>50 gás oxigênio</i>	<i>Carbono 27,376</i>	<i>Oxigênio 72,624</i>
<i>100 de gás carbônico</i>	<i>*****</i>	<i>100 oxigênio</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
<i>100 de gás óxido de carbono</i>	<i>50 de gás oxigênio</i>	<i>*****</i>	<i>Carbono 42,99</i>	<i>Oxigênio 57,01</i>

*Tradução de Avogadro**Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos, e as proporções nas quais eles entram nessas combinações**Por A. Avogadro.*

## I

O senhor Gay-lussac mostrou na sua memória Interessante (memorias da sociedade d'Arcueil, tome II) que as combinações dos gases se fazem sempre de acordo a relações muito simples em volume, e, que quando o resultado da combinação é gasosa, seu volume é também em relação muito simples com os dos compostos. Mas as relações de quantidades de substâncias nas combinações demonstram não depender do número relativo de moléculas que se combinam, e das moléculas compostas que se resulta. É preciso admitir que existam também relações muito simples entre os volumes das substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que se formam. A primeira hipótese que se apresenta a esse sujeito, e que parece mesmo a única admissível, é de supor que o número de moléculas integrantes em quaisquer gases é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes. De fato, se supomos que o número de moléculas contidas num volume dado é diferente para gases diferentes, não será possível de aceitar que a lei que preside a distância das moléculas, pode dar, em todo caso, relações assim simples que as que viemos de citar, obrigam-nos a admitir entre volume e o número de moléculas. Ao contrário, aceitamos muito bem que as moléculas nos gases estão a uma distância tal que suas respectivas atrações podem se exercer entre si, suas atrações diferentes por calóricos possam se limitar a condensar uma quantidade maior ou menor envolta delas, sem que a atmosfera formada pelo fluido seja mais espaçosa por algumas que por outras, e conseqüentemente, sem que a distância entre as moléculas verdadeiras, ou, em outros termos, sem que o número de moléculas contidas num dado volume seja ele mesmo diferente. Sr. Dalton, na verdade, propôs uma hipótese diretamente contraria a esse respeito, a saber, que a quantidade de calórico seja sempre a mesma para as moléculas de um corpo qualquer no estado gasoso, e que a atração maior ou

menor para o calórico, não faça que condensar mais ou menos esta quantidade de calórico em volta da molécula, e variar assim a distância entre as moléculas; mas na obscuridade onde estamos sobre a matéria, onde está atração de moléculas sobre o calórico é exercida, nada podemos determinar a priori, para uma dessas hipóteses ou pela outra, e somos mais aptos a adotar uma hipótese mista, que fará variar a distância das moléculas e a quantidade de calórico segundo leis desconhecidas se as que viemos propor não forem apoiadas sobre esta simplicidade de relação entre volumes nas combinações dos gases que parece não poder ser explicado de outra forma.

Saindo desta hipótese, vemos que temos o meio de determinar muito tranquilamente as massas relativas das moléculas dos corpos que podemos ter no estado gasoso, e o número relativo dessas moléculas nas combinações; pois as relações de massas das moléculas são, então, as mesmas que as de densidades de diferentes gases, a pressão e temperaturas iguais, e o número relativo de moléculas em uma combinação é dado imediatamente pela relação dos volumes de gases que a formam. Por exemplo, os números 1,1035 e 0,07321 exprimem as densidades de dois gases gás oxigênio e gás hidrogênio, quando tomamos o ar atmosférico como unidade, e a relação entre os dois números representam por consequência o número que existe entre as massas de dois volumes iguais desses dois gases, essa mesma relação exprime a hipótese proposta, a relação de massas dessas moléculas. Assim a massa da molécula de oxigênio será aproximadamente 15 vezes a da molécula de hidrogênio, ou mais exatamente, ela será a esta conhecida como 15,074 a 1 H<sub>2</sub>. Do mesmo modo, a massa de uma molécula de nitrogênio será a do hidrogênio como 0,96913 à 0,07321, quer dizer como 13, ou mais exatamente 13,238 à I. De outro lado, como sabemos que a relação dos volumes de hidrogênio ao do oxigênio na formação de água é de 2 para 1, segue-se que a água resulta da união de cada molécula de oxigênio com duas de hidrogênio. Do mesmo segundo as proporções em volumes, estabelecidas pelo Sr. Gay-Lussac nos elementos do amoníaco, dos gases óxidos de nitrogênio, o gás nitroso numa molécula de nitrogênio com uma de oxigênio, e ácido nítrico de uma de nitrogênio com duas de oxigênio.

## II.

Uma reflexão parece inicialmente se opor a admissão de nossa hipótese em relação dos corpos compostos. *Parece que uma molécula composta de dois ou mais moléculas elementares devem ter suas massas iguais a soma das massas dessas moléculas, e que particularmente, se na combinação uma molécula de um corpo se junta a uma ou mais moléculas de outro corpo, o número de moléculas compostas deverá continuar a mesma que as das moléculas do primeiro corpo.* Segundo esse fato, na nossa hipótese, quando um gás se combina com dois ou mais vezes seu volume de outro gás, o composto que resulta, se ele é gasoso, não poderá ter que um volume igual ao primeiro desses gases. Logo, isso não acontece de forma geral nos fatos. Por exemplo, o volume da água suposta gasosa é, como o Sr. Gay-Lussac mostrou, *dobro o do gás oxigênio que entre, ou, volta ao mesmo, igual ao do hidrogênio, ao invés de ser igual ao do oxigênio.* Mas ele se apresenta naturalmente para explicar os fatos desse gênero conforme a sua hipótese: é possível supor que as moléculas constituintes de um gás simples qualquer, ou seja, as que ficam a uma distância tal a não poder exercer suas ações mútuas, não são formadas de uma só molécula elementar, mas resulta de certo número dessas moléculas reunidas em uma só por atração, e que quando as moléculas de uma substância devem se juntar a essas para formar moléculas compostas, a molécula integrante que deve resultar divide-se em duas ou mais partes ou moléculas integrantes compostas da metade, de um quarto, etc. do número de moléculas elementares que era formada a molécula constituinte da primeira substância, combinada com a metade, com um quarto, etc. do número de moléculas constituintes de outra substância, que devem combinar-se com a molécula total, ou, o que vem a ser o mesmo, com um número igual a esta de meia moléculas, de quartos de moléculas, etc. desta substância; de tal forma que o número de moléculas integrantes do composto venha a ser o dobro, quádruplo, etc. do que deveria ser sem o compartilhamento, e de tal forma que seja preciso para satisfazer ao volume do gás que resulta.

**Conhecimento unitário**

*O professor pode enfatizar que Avogadro recorre aos conhecimentos de Lavoisier evitando assim a visão do conhecimento isolado e individualizado.*

Procurando os diferentes compostos gasosos mais conhecidos, eu não encontrei exemplos de dobro do volume relativamente ao volume dos seus compostos, que se adiciona uma ou mais vezes seu volume de outro: já vimos para a

água. Do mesmo, o volume do gás amoníaco é, como sabemos, o dobro do nitrogênio que é presente. Sr. Gay-Lussac fez ver também que o volume do gás óxido de nitrogênio é igual ao do nitrogênio que faz parte, e conseqüentemente o dobro do oxigênio. Enfim, o gás nitroso que contem volumes iguais de nitrogênio e de oxigênio a um volume igual a soma dos dois gases compostos, ou seja, ao dobro do volume de cada um deles. Assim, em todos os casos deve haver uma divisão das moléculas em duas; mas é possível que em outros casos a divisão se faça em um quarto, em oito, etc. A possibilidade dessa divisão das moléculas poderia ter uma conjunção, mesmo *à priori*; porque sem essas moléculas integrantes dos corpos compostos de várias substâncias com os números relativos de moléculas, um pouco consideráveis, venham a ser de uma massa excessiva em comparação das moléculas de corpos simples. Podemos, então, pensar que a natureza tem algum meio de fazer entrar nas ordens desses últimos, e, os fatos indicaram-nos a existência desse meio. Aliás, outra consideração parece obrigar-nos a admitir, em alguns casos, a partilha que vem ao caso, pois, como podemos conceber sem ela uma variável combinação entre dois corpos gasosos que se reúnem a volumes iguais, sem que eles sejam condensados, assim que esta tem vez na formação do gás nitroso? As moléculas ficam a mesma distância daquelas em que as atrações mútuas das moléculas de cada um dos gases não podem exercer, ou não podem supor que uma nova atração possa acontecer entre as moléculas de um ou as dos outros, mas na hipótese da partilha, vemos bem que a combinação reduz realmente duas moléculas diferentes a uma só, e que haverá contração de todo volume de um dos gases, se cada molécula composta não se dividisse em duas moléculas de mesma natureza. Sr. Gay-Lussac bem viu que segundo os fatos de diminuição de volume nas combinações de gases não podem representar a aproximação de suas moléculas elementares. A partilha das moléculas nas combinações nos explica como essas duas coisas podem ser apresentadas independentes umas das outras.

### III.

*O Sr. Dalton, segundo suposições arbitrárias, que lhes pareceram as mais naturais em relação ao número relativo de moléculas nas combinações tentou estabelecer relações entre as massas das moléculas dos corpos simples. Nossa hipótese*

**Conhecimento unitário:** Evita o conhecimento unitário, pois cita obra de outros cientistas como Dalton e Gay Lussac

nos coloca num estado, supondo-a fundamentada, de confirmar ou de corrigir seus resultados por dados precisos, e sobretudo, designar o tamanho das moléculas compostas segundo os volumes dos compostos gasosos dependentes em parte da divisão das moléculas que este Físico não tem nenhuma ideia.

*Assim Dalton supôs<sup>2</sup> que a água se forma pela união do hidrogênio e do oxigênio, molécula por molécula. Isto resulta, segundo relações de peso desses dois componentes, que a massa da molécula de oxigênio será a do hidrogênio aproximadamente  $7\frac{1}{2}$  para 1, ou segundo as avaliações de Dalton, como 6 para 1. Segundo a nossa hipótese, esta relação é o dobro, a saber, 15 para 1, como vimos. Quanto à molécula de água, ela deve ter sua massa expressada por  $15+2 = 17$  aproximadamente, tomando por unidade a do hidrogênio, se não existir divisão da molécula em dois, mas por causa dessa divisão ela se reduz de metade  $8\frac{1}{2}$  ou mais exatamente 8,537, como podemos encontrar imediatamente dividindo a densidade de vapor aquoso 0,625, segundo Sr. Gay-Lussac pela densidade do hidrogênio 0,0732. Essa massa não é diferente de 7, que Dalton tinha designado, que pela diferença nas avaliações da composição da água; de tal forma que a este olhar o resultado de Dalton é mais ou menos justo pela combinação de dois erros que se compensam sobre a massa da molécula de oxigênio e a de não poder ter divisão.*

*Dalton supôs que no gás nitroso a combinação de nitrogênio e do oxigênio se faz de molécula a molécula. Vimos que este fato é efetivamente desta forma, segundo nossa hipótese. Assim, Dalton encontrou a mesma massa de moléculas que nós para o nitrogênio, tomando sempre por unidade a do hidrogênio, se ele não tivesse partido de uma avaliação diferente da do oxigênio, e se ele tivesse seguido precisamente a mesma avaliação das quantidades dos elementos do gás nitroso em peso. Mas supondo a molécula de oxigênio menor que a metade da nossa, ele deve ter feito também a do nitrogênio menos da metade da que aviamos designado, a saber, 5 no lugar de 13. Quanto a molécula de gás nitroso mesmo, o defeito da consideração da divisão aproxima-se ainda o resultado de Dalton do nosso; ele fez  $6+5 = 11$ , enquanto segundo nós ela é  $\frac{15+13}{2} = 14$  aproximadamente, ou exatamente  $\frac{15,074+13,238}{2} = 14,156$ , como encontramos também dividindo 1,03636, densidade do gás nitroso, segundo Gay-*

---

<sup>2</sup> No que segue, eu me servirei da exposição de ideias de Dalton; que Thomson nos deu no seu *Sistema de Química*.

Lussac, por 0,07321. Dalton ainda estabeleceu da mesma maneira. Os fatos deu-nos o número o número relativo de moléculas na composição do óxido de nitrogênio e do ácido nítrico, e a mesma circunstância corrigiu o resultado da espessura de uma molécula em relação à primeira; ele fez

*Avogadro realiza uma relação entre sua pesquisa as realizadas por Dalton e Gay Lussac, evitando segundo a teoria de Bachelard, o obstáculo do conhecimento unitário*

$6+2.5 + 16$  enquanto que para nós ela deve ser .....  $\frac{15,074 + 2 \cdot 13,238}{2} = 20,775$ , número que encontramos da mesma forma dividindo 1,52092, densidade do gás óxido de nitrogênio, segundo Gay-Lussac, pelo do gás hidrogênio.

Quanto ao amoníaco, a suposição de Dalton, sobre o número relativo das moléculas na composição, seria inteiramente faltosa segundo nossa hipótese. Ele supôs que o nitrogênio e o hidrogênio unidos, molécula a molécula, enquanto que vimos que uma molécula de nitrogênio se adiciona três moléculas de hidrogênio. Segundo ele, a molécula de amoníaco seria  $5+1 = 6$ ; para nós deve ser  $\frac{13+5}{2}=8$ , ou aproximadamente, 8,119, como isso pode ser deduzido também imediatamente da densidade do gás amoníaco. A divisão da molécula que Dalton não fez entrar no seu cálculo corrigido, ainda aqui, em parte o erro resultaria de suas suposições.

Todas as combinações que viemos a percorrer resultam da união de uma molécula de um dos componentes com uma ou várias moléculas da outra. O ácido nitroso nos apresenta outra combinação dessas duas substâncias que falamos na qual os dois termos da relação entre o número de moléculas os dois diferentes da unidade. De fato, resulta das experiências de Gay-Lussac a esse sujeito (mesmo volume da *Sociedade d'Argueil* já citado), que este ácido formado de uma parte em volume de oxigênio e três do gás nitroso, ou, o que acaba sendo o mesmo, de três partes de nitrogênio e cinco de oxigênio; de onde ele seguiria, segundo nossa hipótese, que sua molécula, abstração feita de toda a divisão que possa ter, seria composta de 3 moléculas de nitrogênio e 5 de oxigênio. Mas podemos levar desta maneira de composição a forma mais simples dos precedentes, considerando como resultado da união de uma molécula de oxigênio com três de gás nitroso, quer dizer, com três moléculas compostas cada uma de metade da molécula de oxigênio e uma metade de molécula de nitrogênio. O que fecha a partilha de algumas moléculas de oxigênio que entra na do ácido nitroso. Supondo outra partilha, a massa desta última

molécula será 57,542, a do hidrogênio sendo tomada por unidade, e a densidade do gás ácido nitroso, será de 4,21267, a densidade do ar sendo tomada por unidade, mas é possível que seja feito ao menos uma outra partilha em dois, e por consequência, uma redução da densidade à metade. É preciso esperar que tenhamos determinado esta densidade por experiência.

#### IV

Percorremos ainda algumas outras combinações que possam nos dar, segundo nossa hipótese, conhecimentos ao menos conjunturais sobre as massas relativas das moléculas, e sobre seus números de combinações, e comparemos com a suposição de Dalton.

Sr. Gay-Lussac mostrou que supondo que o ácido sulfúrico seco é composto de 100 de enxofre e 138 de oxigênio em peso, assim que os últimos trabalhos de química estabeleceram, e que a densidade do gás ácido sulfuroso é de 2,265, a do ar sendo tomada por unidade, como Kirwan determinou e admitindo que o ácido sulfúrico seja composto de duas partes de, em volume de ácido sulfuroso e uma de gás oxigênio, de forma que resulta das experiências de Gay-Lussac, o volume do ácido sulfuroso é aproximadamente o mesmo que do gás oxigênio que entra na relação. Esta igualdade se torna exata se as bases nas quais foram estabelecidas o cálculo fossem as mesmas. Se supormos a determinação de Kirwan exata, e que rejeitemos o erro sobre a análise do ácido sulfúrico, nós encontraremos no ácido sulfuroso que 100 de enxofre em peso tomam 95,02 de oxigênio, e por consequência no ácido sulfúrico  $95,02 \frac{95,02}{2} = 142,53$  no lugar de 138. Se, ao contrário, supormos a análise do ácido sulfúrico exato vai seguir que o ácido sulfuroso contém 92 de oxigênio por 100 de enxofre, e seu peso específico deverá ser de 2,30341 no lugar de 2,265.

Uma reflexão parece nos levar a tomar o primeiro partido, até que a densidade do gás sulfuroso seja confirmada ou corrigida por novas experiências; o que deve ter havido na determinação da nova composição do ácido sulfúrico, uma causa de erro tendendo a aumentar a quantidade do radical, ou, o vem ao mesmo, à diminuição do oxigênio. Esta determinação foi feita pela quantidade de ácido sulfúrico seco produzido. Mas parece aproximadamente certo que o enxofre ordinário contém do hidrogênio; adicionamos então ao peso verdadeiro do radical, o do hidrogênio que se converteu em água nesta operação. Suponho então o ácido



sulfuroso composto de 92,02 de oxigênio para 100 de enxofre, melhor de radical sulfúrico, no lugar de 92<sup>3</sup>.

Para determinar agora a massa da molécula do radical sulfúrico necessita saber qual é a proporção em volume deste radical suposto gasoso, em relação ao oxigênio na formação do ácido sulfuroso. A analogia tirada de outras combinações que nós falamos, onde existe geralmente o dobro do volume, ou a divisão de uma molécula em dois, leva-nos a supor que o mesmo daquela que se trata, quer dizer, que o volume do gás enxofre é a metade do ácido sulfuroso, e por consequência também do gás oxigênio que entra. Nesta suposição, a densidade do gás de enxofre será a do oxigênio como 100 para  $\frac{95,01}{2}$ , ou 47,51; o que dá 2,323 para essa metade de gás de enxofre tomando por unidade a do ar. As massas de moléculas sendo, segundo nossa hipótese, na mesma as densidades dos gases que elas pertencem, a massa da molécula do radical sulfúrico será a do hidrogênio como 2,323 à 0,07321, ou como 31,73 à 1. Uma dessas moléculas combinadas, segundo o que tínhamos dito, com dois de oxigênio formara o ácido sulfuroso (abstração feita com relação a divisão), e combinado ainda com uma molécula de oxigênio a mais, formara o ácido sulfúrico. Segundo isso, o ácido sulfuroso será análogo, para um número relativo de moléculas desses compostos, ao ácido nítrico, e ácido sulfúrico não haverá de analogia relativamente ao nitrogênio. A molécula do ácido sulfuroso, em relação à divisão será igual à  $\frac{31,73+2.15,074}{2}$  ou 30,94, como obtemos imediatamente dividindo a densidade 2,265 do gás ácido sulfuroso, pela do gás hidrogênio. Quanto à do ácido sulfúrico, podemos determinar, por que não sei se tem ainda divisão ulterior, ou não, da molécula na sua formação<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Isto foi escrito antes que eu possa ver a Memória do Sr. Davy sobre o ácido oxi-muriático que contem também novas experiências sobre o enxofre e o fósforo. Ele determina a densidade do gás ácido sulfuroso, e encontra que 2,0967, o que dá uma nova força as reflexões que fiz aqui.

Si admitirmos essa densidade, encontramos que no ácido sulfuroso 100 de enxofre utilizam 111 de oxigênio em peso, e no ácido sulfúrico 167 no lugar de 138; mas talvez essa densidade do gás sulfuroso, segundo Davy, peca por defeito. TOME LXXIII, julho de 1811

<sup>4</sup> Sr. Davy, na Memória citada, fez as mesmas suposições sobre o número relativo das moléculas de oxigênio e do radical no ácido sulfuroso e sulfúrico. Partindo da determinação da densidade do gás ácido sulfuroso, encontramos que a densidade do radical sulfúrico seria de 1,9862, e sua molécula tomando por unidade a do hidrogênio 27,13. Davy por um cálculo análogo fixou a metade aproximadamente, a saber, 13, 7, porque ele supôs segundo a hipótese de Dalton sobre a água, a molécula de oxigênio igual a metade aproximadamente da nossa.

Ele encontrou a mesma massa aproximada, a saber, 13,4 partindo da densidade do gás hidrogênio sulfuroso que é, segundo experiências, 1,0645, resultado um pouco diferente de Kirwan, e supondo que esse gás (que contém, como sabemos, um volume igual ao seu do gás hidrogênio unido ao enxofre) é composto de uma molécula de enxofre e uma de hidrogênio. Como nós supomos a molécula do enxofre

Dalton tinha suposto que o ácido sulfúrico era composto de duas moléculas de oxigênio sobre um radical, e o ácido sulfurosos de uma molécula de oxigênio e de um de enxofre. Essas duas suposições são incompatíveis entre elas, segundo os resultados de Gay Lussac, os quais as quantidades de oxigênio nesses dois ácidos, por uma quantidade dada de radical, são representadas por 1 e  $\frac{1}{4}$ . Ele partiu para a determinação da molécula, de uma falsa avaliação da composição do ácido sulfúrico, e não foi um acidente que a massa 45, que lhe pertence, se encontra ter com a massa do oxigênio, segundo ele, uma relação aproximada das massas das duas substâncias apresentam segundo nossa hipótese.

Vejamos agora qual conjuntura nós podemos formar sobre a massa da molécula de uma substância que joga na natureza um maior papel que o enxofre, ou seja, a do carbono. Como é certo que o volume do ácido carbônico é igual à do gás oxigênio que entra, se admitirmos que o volume do carbono que forma outro elemento, suposto gasoso, dobra-se para dividir as moléculas dos dois, como em diversas combinações desse tipo, é necessário supor que o volume é a metade do gás oxigênio com a qual ele se combina, e por consequência o ácido carbônico resulta da união de uma molécula de carbono e duas de oxigênio, e é também análogo aos ácidos sulfurosos e nítrico ( $\text{NO}_2$ ) segundo nossas suposições anteriores. Neste caso encontramos, baseado na proporção em peso entre o oxigênio e o carbono, que a densidade do gás carbono seria 0,832, tomando por unidade a do ar, e a massa da sua molécula 11,3667, tomando por unidade a do hidrogênio. Esta suposição tem, no entanto, uma dificuldade contra ela é de dar a molécula de carbono uma massa menor que a do nitrogênio e do oxigênio, enquanto tenderíamos a atribuir a solidez da sua agregação em temperaturas mais elevadas a uma massa mais considerável

---

tem aproximadamente o dobro, nós devemos admitir que o gás resulta da união de uma molécula deste radical com pelo menos dois de hidrogênio, e que seu o volume é o dobro do radical suposto gasoso, como em outros tantos casos, Eu disse: au menos com duas moléculas de hidrogênio, pois já tinha hidrogênio no enxofre ordinário, como as experiências conhecidas desta substância indicam, é necessário adicionar esta quantidade. Se, por exemplo, o enxofre ordinário fosse composto de uma molécula de radical de sulfúrico e de hidrogênio, o hidrogênio sulfúrico será de três moléculas de hidrogênio sobre um radical. Isso poderia se decidir por uma comparação do peso específico do gás hidrogênio sulfúrico com a do gás ácido sulfuroso, se conhecemos todos os dois exatamente. Por exemplo, supondo exato a do gás hidrogênio sulfúrico. Segundo Davy a molécula do radical sulfúrico nesta suposição de duas moléculas de hidrogênio será somente 27,08, tomando a do hidrogênio pela metade, mas nesta suposição de três moléculas de hidrogênio, 27,08 seria ainda a soma de uma molécula de radical com a do hidrogênio, e a primeira se reduziria consequentemente a 26,08. Se a densidade do gás ácido sulfuroso exato confirme um ou outro desses resultados, confirmaria deste modo uma e outra dessas hipóteses; mas não somos ainda totalmente de acordo sobre essas densidades para poder tirar alguma conclusão, a este respeito, das determinações que adicionamos até aqui.

de moléculas, assim que isto se observa nos radicais sulfúricos e fosfóricos. Chegamos a um resultado que está ao abrigo desta dificuldade supondo na formação do ácido carbônico uma divisão da molécula em quatro ou mesmo oito; pois teríamos desta forma a molécula do carbono dobrado ou quaduplicado desta que vamos estabelecer; mas esta composição não seria análoga a nenhum dos outros ácidos; e por outro lado a forma gasosa ou não, de acordo a outros exemplos que não nos parece depender unicamente do tamanho da molécula, mas também de qualquer outra propriedade desconhecida das substâncias. Assim no vemos o ácido sulfurosos sob a forma de gás a pressão e temperatura habitual de atmosfera com uma molécula muito considerável, e aproximadamente igual à do radical sulfúrico que é sólido. O gás ácido muriático oxigenado tem uma densidade, e consequentemente uma massa de molécula ainda mais considerável. O mercúrio que, como veremos a seguir, deve ter uma molécula extremamente grossa, é, no entanto, gasosa a temperatura infinitamente inferior à que torna tal o ferro em sua molécula é menos considerável. Assim nada impede que olhemos o ácido carbônico como composto de maneira indicada acima e por analogia aos ácidos nítrico e sulfuroso, e a molécula do carbono como tendo uma massa determinada por 11,36.

Dalton fez a mesma suposição que nós sobre a composição do ácido carbônico e foi conduzido por isso a atribuir ao carbono uma molécula 4,4 que é a do gás oxigênio, na opinião dele, mais ou menos na mesma relação que 11,36 é a 15, massa a molécula de oxigênio na nossa opinião.

Supondo a massa e a densidade indicada à molécula do carbono e ao gás desta substância, o gás óxido de carbono será formado, baseado nas experiências do Sr. Gay-Lussac que partes iguais em volume de gás de carbono e do gás oxigênio, seu volume será igual a soma dos volumes de seus componentes; consequentemente será formado uma relação do carbono e do oxigênio unidos molécula com molécula com divisão entre os dois; tudo em uma perfeita analogia com o gás nitroso (NO).

A massa da molécula de ácido carbônico será:

$$\frac{11,36 + 2. 15,074}{2} = 20,75 = \frac{1,5196}{0,07321}$$

E do gás óxido de carbono será:

$$\frac{11,36 + 15,074}{2} = 13,22 = \frac{0,96782}{0,07321}$$

Entre as substâncias simples não metálicas, existe uma que nos falta falar, que, sendo naturalmente gasosa, não pode deixar dúvidas, baseados nos princípios, sobre a massa de sua molécula, mas sobre a qual as últimas experiências do Sr. Davy, e as anteriores ao Sr. Gay Lussac e Thénard nos forçam a nos distanciar das ideias recebidas até aqui, apesar que esses dois últimos químicos fossem ainda tentar explicar segundo suas ideias. Vemos bem que se trata da substância conhecida até aqui sobre o nome de ácido muriático de oxigênio, ou ácido oxi-muriático. Podemos efetivamente, no estado atual de nosso conhecimento olhar esta substância que como ainda sem decomposição, e o ácido muriático que como um composto desta substância do hidrogênio. É então após esta teoria que aplicamos a essas duas substâncias nosso princípio sobre as combinações.

A densidade do ácido óxi-muriático, de acordo com Sr. Gay Lussac e Thénard é de 2,470, a do ar atmosférico sendo tomada por unidade; isso dá para a molécula, tomando por unidade a do hidrogênio 33,74, partindo da densidade do gás hidrogênio determinado por Sr. Biot e Arago. Segundo Davy 100 polegadas cúbicas inglesa de gás oxi-muriático pesa 74,5 grãos, enquanto que, de acordo com o mesmo, um igual volume de gás hidrogênio pesa 2,27. Isto daria para a molécula desta substância  $\frac{74,5}{2,27} = 32,82$ . Essas duas avaliações diferem muito pouco da massa que Sr. Davy determinou para essa substância depois de outras considerações, a saber 32,9. Decorre dessas experiências de Gay Lussac e Thénard que as de Davy que o gás ácido muriático é formado da combinação de volumes iguais de oxi-muriático e hidrogênio, e que seu volume é igual a sua soma; quer dizer, de acordo com nossa hipótese, que o ácido muriático se forma dessas duas substâncias unidas molécula à molécula com divisão da molécula em duas, como nós já vimos tantos exemplos. Com base nisso, a densidade do gás ácido muriático, partindo do gás oxi-muriático marcado acima, deveria ser 1,272; e é 1,278 a partir das experiências do Sr. Biot e Gay Lussac. Se supomos esta última determinação exata, a densidade do gás oxi-muriático deverá ser de 2,483, e a massa de sua molécula 33,91. Se queremos adotar de preferência esta avaliação, a massa da molécula do ácido muriático será  $\frac{34,91}{2} = 17,45 = \frac{1,278}{0,07321}$ . A determinação do peso específico do gás ácido muriático por Davy,

à partir do qual 100 polegadas cúbicas desse gás pesa 39 grãos, daria números um pouco deferentes, a saber 33,36 para a massa da molécula de ácido oxi-muriático e 17,18 para a do ácido muriático.

## VI

Lendo esta memória, poderemos remarcar, em geral, que existe muitos pontos de acordo entre os resultados particulares e os de Dalton, embora tenhamos partido de um princípio geral e que Dalton não tenha resolvido que sobre considerações particulares. Este acordo depositado em favor de nossa hipótese, que não é no fundo que o sistema de Dalton, munido de um novo meio de precisão pela ligação estabelecida pelo Sr. Gay Lussac. Este sistema supõe que as combinações se fazem geralmente em proporções fixas, e é este que a experiência faz ver em relação as combinações mais estáveis e mais interessantes para os químicos. São somente eles que podem ter lugar, ao que parece, entre os gases, por causa do tamanho das moléculas que resultaram das relações expressadas pelo maior número de moléculas que é provavelmente formado de estreito limites. Percebemos que a aproximação das moléculas em um corpo sólido e líquido, não deixam mais ainda as moléculas integrantes que das distâncias de mesma ordem que as das moléculas elementares, pode dar lugar a relações mais complicada se mesmo a combinações em todas as proporções; mas essas combinações serão por assim dizer de um outro gênero que as que nos ocupamos, e esta distinção tende a servir para conciliar as ideias do Sr. Berthollet sobre as combinações com a teoria das proporções fixas.