

A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS RELACIONADAS AOS FENÔMENOS TÉRMICOS E À ELETRICIDADE: ALGUMAS SIMILARIDADES

José Lourenço Cindra *

jlcindra@uol.com.br

Odete Pacubi Baiarl Teixeira *

opbt@feg.unesp.br

* Departamento de Física e Química

Universidade Estadual Paulista

campus de Guaratinguetá

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, parece não haver mais dúvida de que a História da Ciência é uma ferramenta, que pode e deve ser utilizada como um recurso bastante enriquecedor numa situação de ensino. Por intermédio de um enfoque histórico pode-se, numa situação de sala de aula, levantar questões que não se manifestariam por meio de outros enfoques e que são capazes de revelar lacunas no domínio conceitual construído pelos alunos. Estas questões acabam provocando desequilíbrios, podendo tornar-se elementos importantes para o entendimento dos conceitos, na medida em que levam em consideração causas, motivos, coerências e incongruências.

Alguns trabalhos, como os realizados por GAGLIARDI e GIORDAN (1986), GAGLIARDI (1988), SALTIEL e VIENNOT (1985), ROSMORDUC (1987) e LACOMBE (1987), fazem uma abordagem neste sentido. Ainda que não desconhecendo que existe uma diferenciação entre a construção do conhecimento realizada pelos sujeitos e aquela realizada pelos cientistas, podemos estabelecer alguns paralelos entre ambas as construções (PIAGET e GARCIA, 1987).

Um dos motivos por que não pode haver um paralelismo estrito entre as concepções espontâneas dos alunos e as concepções dos cientistas em épocas pretéritas das ciências, deve-se, em parte, à seguinte consideração:

“Talvez o mais importante a compreender é o fato de que em cada momento [histórico] os cientistas eram coerentes, quer dizer, não pensavam em “termos atuais”, senão que utilizavam as ferramentas lógicas de seu meio e de sua época” (GAGLIARDI E GIORDAN, 1986, p. 257).

Se aceitarmos que a Ciência se move no sentido da passagem de generalizações de natureza qualitativa para uma abordagem quantitativa mais rigorosa, podemos compreender porque, por exemplo, o conceito científico de temperatura só pôde surgir em um estágio ulterior do conhecimento científico. Segundo o esquema conceitual de HALBWACHS (1977), a História da Ciência - e a da Física, em particular - é vista como uma sucessão de paradigmas explicativos, em que o modo de entender a eficácia da categoria de causalidade é alterado ao longo da História, acarretando no surgimento de novos modelos explicativos.

Nesse sentido, é natural que quando analisamos o processo de construção histórica de determinados conceitos observamos que ao longo da história alguns paradigmas apresentam certas similaridades. Por outro lado, as analogias podem desempenhar um papel importante na construção dos modelos científicos.

Especificamente, nesse trabalho nos restringiremos a analisar determinadas analogias existentes entre a termologia e a eletricidade.

Por intermédio do contexto histórico procuraremos inicialmente realizar um breve relato sobre as mudanças de paradigmas dos cientistas, bem como as possíveis causas que levaram às alterações de suas concepções e, de que maneira ocorreram estes avanços com relação ao calor e a eletricidade. A seguir analisaremos de que forma as analogias presentes nestes dois campos de conhecimento podem contribuir para um refinamento das concepções dos alunos, e em que medida a elaboração de textos dentro de um contexto histórico poderia servir como atividades mediadoras entre a concepção do cientista e a concepção do aluno.

2. UM BREVE HISTÓRICO SOBRE AS IDÉIAS RELACIONADAS AOS FENÔMENOS TÉRMICOS

Pelo fato de ter um caráter social imbricado as noções relacionadas ao calor acabam sendo inatas ao *homo erectus* (há aproximadamente 700.000 anos), quando tem início o domínio do fogo como fonte de calor.

Anteriormente as formulações da teoria mecânica do calor, proliferaram diversas hipóteses no tocante à natureza do calor, tais como, o fogo como o produtor de calor (HOPPE, 1928, p. 276-7) e o calor como a causa da evolução do universo (BERNAL, 1976). Somente com Heráclito de Éfeso (535-470 a.C.), o fogo foi considerado como elemento responsável pelas transformações. Por outro lado, Platão (427-347 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) se apresentam como defensores da hipótese de que em geral o movimento produz o calor. A partir desse período, nota-se uma preocupação com a procura de uma diferenciação entre o calor e o fogo, tendo em vista que o calor passa a ser visto como efeito do movimento das partículas da matéria.

Somente no século XIII, Roger Bacon (1214-1294) considerou o movimento interno das partículas do corpo como sendo a causa do calor, na medida em que: "*os esforços contrários das partículas constituem o calor*" (HOPPE, op. cit., p. 278), ainda que não estivesse muito claro em suas palavras se é o calor que é movimento ou se o movimento é que produz o calor.

Johannes Kepler (1571-1630) e Galileu Galilei (1564-1642), apesar de viverem na mesma época, tinham posições contrárias quanto à idéia de calor. Kepler compartilha das idéias de Bacon, afirmando que o calor era um movimento das partes dos corpos. Galileu, a exemplo de Telesius (1504-1588), considerava o calor como uma espécie de fluido. Por outro lado, Pierre Gassendi (1592-1655) concebia duas matérias térmicas distintas: uma produzindo calor, outra frio. Idéias semelhantes haviam sido expressas muito antes por Lucrécio (95-55 a.C.), identificando na sua obra *De Rerum Natura* duas substâncias distintas: o calor que está no Sol e o frio que está nos rios.

Francis Bacon (1561-1626) considerava o calor não como um movimento em expansão, mas como um movimento vibratório das partículas de um corpo; idéia esta também compartilhada por Robert Boyle (1627-1691) que entendia o calor como um estado de movimento das moléculas (HOPPE, 1928, p. 278). Daniel Bernoulli (1700-1782), também compartilha a mesma postura, bem como

Leonhard Euler (1707-1783). Contrariamente, Isaac Newton (1642-1727) considerava o calor como sendo uma oscilação do éter, que partiria dos corpos celestes e penetraria nos corpos.

Para Herman Boerhaave (1668-1738) e Pieter van Musschenbroeck (1632-1761), em equilíbrio térmico, o calor se distribuía uniformemente entre os corpos. Antoine Lavoisier (1743-1794) e Pierre Laplace (1749-1827), em fins do século XVIII chegaram a afirmar que os estudiosos divergem quanto à natureza do calor: alguns o tomam como um fluido, outros consideram o calor como um movimento invisível das moléculas dos corpos.

Para os adeptos da teoria substancialista do calor, o calórico podia ser descrito por meio de cinco postulados básicos, descritos por Roller (1950): o calórico é um fluido elástico e auto-repulsivo; as partículas do calórico são atraídas pelas partículas da matéria comum; o calórico é indestrutível e não pode ser criado; o calórico pode ser sensível ou latente; e, o calórico não tem peso apreciável.

Benjamin Thompson (1753-1814), também conhecido como Conde Rumford, tentando elucidar a natureza do calor, chegou à conclusão de que o calor seria um movimento. Humphry Davy (1778-1829), conclui que o calor seria uma espécie de movimento repulsivo (MAGIE, 1935, p. 168). Por outro lado, FOX (1971, p.4) afirma que nos anos de 1820 não ocorreu um rompimento brusco da teoria do calórico, apesar das experiências espetaculares de Rumford e de Davy. A teoria do calórico somente foi abandonada por volta de 1850.

Nos séculos XVI, XVII e XVIII com o refinamento na técnica de construção de termômetros, um grande avanço é observado, principalmente quanto ao entendimento de vários aspectos relacionados às propriedades térmicas dos materiais e a constatação da dilatação praticamente regular dos gases. Partindo do princípio de que havia uma linearidade entre o calor fornecido ao corpo e a variação do grau de calor, que era traduzido pela variação da coluna termométrica, poderia parecer à primeira vista que graus de calor (temperatura) e calor propriamente fossem pelo menos proporcionais entre si.

Somente em meados do século XVIII, com o desenvolvimento da calorimetria, utilizando a condição de equilíbrio térmico para diferentes corpos, comparados com um corpo de prova, que seria um termômetro, foi possível superar concepções incorretas, no tocante à capacidade calorífica dos corpos, mais precisamente, àquelas relacionadas à noção de calor específico e capacidade térmica de um corpo. Aceitava-se, nesta época, que as quantidades de calor requeridas, para aumentar o calor de diferentes corpos em um mesmo número de graus, deveriam ser diretamente proporcionais à quantidade de matéria nesses corpos, isto é, à sua densidade e volume. Posteriormente, Boerhaave e Musschenbroek, fazendo algumas experiências caloríficas, concluíram indevidamente que o calor se distribuía uniformemente entre os corpos em equilíbrio térmico. Nessa concepção, o calor recebido por um corpo era simplesmente proporcional ao seu volume.

Embora o conceito de temperatura já tivesse sido introduzido por Samuel Klingestjerna (168-1765), que em 1729 formulou a hipótese que havia diferença entre grau e quantidade de calor (HOPPE, 1928, p. 246), esta questão parece que só foi resolvida satisfatoriamente por Joseph Black (1728-1799), por volta de 1760, que por meio de experiências cuidadosas, elaborou três importantes conclusões: o calor não se distribui sobre diferentes corpos de modo proporcional às suas respectivas densidades; o calor não se distribuía uniformemente em todo o volume ocupado por diferentes corpos; e, no equilíbrio térmico, a grandeza comum a todos os pontos ocupados por diferentes corpos é a temperatura. Black também introduz: o conceito de calor latente (em 1756); o conceito de capacidade térmica (em 1760); e, o conceito de calor latente de fusão (em 1761). O conceito de calor específico foi introduzido por Johan Carl Wilcke (1732-1796), em 1772.

Por volta de 1783, Lavoisier e Laplace constroem o primeiro calorímetro de gelo e com isso conseguem medir o calor específico de vários materiais. Eles inclusive mostraram que os calores específicos de cada substância não eram constantes, já que variavam com a temperatura.

O fato do funcionamento da máquina a vapor poder ser explicado pela teoria substancialista do calor fez com que esta teoria se tornasse muito poderosa e com grande poder explicativo, perdurando por muito tempo. Sadi Carnot (1796-1832) procurou dar uma explicação teórica adequada para o funcionamento da máquina a vapor. Afirmando a necessidade de se empregar uma fonte quente e uma fonte fria, pois a potência motriz máxima da máquina depende exclusivamente das temperaturas das fontes. Na concepção de Carnot, a realização de trabalho na máquina a vapor era análoga ao funcionamento de uma roda d'água, ou seja, o calórico ao passar de uma fonte quente para uma fonte fria realizava trabalho, da mesma forma que a água ao cair de um nível mais alto para um nível mais baixo fazia mover uma roda hidráulica, logo, não havia consumo de calor. O calor era algo que se conservava. No final de sua vida, Carnot apresenta a idéia da proporcionalidade entre calor e trabalho, transformado um no outro. No trabalho de Carnot de 1824 já estava implícito o princípio de aumento de entropia. Entretanto, somente Clausius (1822 – 1888) conseguiu enunciá-lo sob forma mais geral e matemática em 1865.

Ainda que a teoria substancialista do calor tivesse grande aceitação para muitos cientistas até por volta de meados do século XIX, alguns defendiam a teoria do calor-movimento. Rumford, supervisionando a fabricação de canhões, observou que os resíduos de ferro, que eram produzidos no processo de perfuração do metal, alcançavam temperaturas muito altas, e o calor obtido por esse processo parecia não se esgotar nunca. Isso o levava a acreditar que o calor não poderia ser uma substância, mas sim *movimento*.

Sir Humphry Davy (1778-1829), discípulo de Rumford, também realiza experimentos envolvendo a fricção. Utiliza blocos de gelo a zero grau centígrado e ao friccioná-los, verifica que o atrito não diminui a capacidade dos corpos para o calor. A fricção pode induzir algumas mudanças nos corpos, possibilitando-os então atrair o calor dos corpos em contato, ou seja, a causa do surgimento do calor pode ser definida como um movimento peculiar, provavelmente uma vibração das partículas dos corpos tendendo separá-las. Este movimento pode ser chamado de um movimento repulsivo (MAGIE, 1935, p. 165).

Apesar de ser adepto da teoria do calórico, Gay Lussac (1778-1850), em 1802, realizou estudos sobre a expansão dos gases, concluindo que todos os gases e vapor se expandem igualmente (HOPPE, 1928, p. 283). Esses estudos tiveram um papel decisivo para Julius Robert Mayer (1814-1878), pois foi das experiências de Gay-Lussac sobre expansão e compressão adiabáticas dos gases que Mayer conclui que o princípio da conservação das forças-vivas deveria englobar também os fenômenos térmicos, e não apenas os mecânicos, como até então era aceito (GIBERT, 1982, p. 233).

Também foram importantes as contribuições de Dulong (1785-1838) e Petit (1791-1820) que concluíram que o produto do calor específico de cada sólido pelo seu peso atômico é constante.

Em 1829, o trabalho de Dulong sobre os calores específicos molares a pressão constante e a volume constante, foi também de utilidade para Mayer. Este publica em 1842 um artigo, inicialmente, de pouca repercussão, por apresentar um tratamento muito qualitativo, que, no entanto, fazia referência a um cálculo do *equivalente mecânico do calor*. Posteriormente, foi verificada a importância desse mesmo trabalho, sendo então republicado, em 1862, no qual Mayer aparentemente elaborou o seguinte raciocínio: a variação de energia interna do gás sob compressão é igual ao trabalho realizado para comprimi-lo. Quanto à afirmação realizada sobre a relação entre a queda de um corpo da altura de 365m e o aquecimento de um peso igual de água de 0 a 1 °C, parece tratar-se de uma inferência com base

num raciocínio analógico, na medida em que havia uma certa convicção de que a variação da energia potencial devia necessariamente se manifestar no aquecimento da água.

3. UM BREVE HISTÓRICO SOBRE AS IDÉIAS RELACIONADAS À ELETRICIDADE

As descrições sobre a eletricidade parecem ter início na época da Grécia Antiga. Um dos precursores foi Tales de Mileto (640-546 a.C.) ao constatar que o âmbar ao ser friccionado adquiria uma propriedade específica que era a de atrair corpos leves. Da mesma forma, Teofrasto observa que diferentes minérios possuíam a mesma propriedade do âmbar. Cardano (1501-1576). Os fenômenos elétricos e magnéticos foram durante séculos tratados separadamente. Nem mesmo se suspeitava que houvesse qualquer relação entre eles. O fenômeno de eletrização de certos corpos por meio da fricção parece ter sido descoberto por Tales de Mileto. Tales também teria notado a atração do ferro pelo ímã.

ROSMORDUC (1988, p. 87) diz que parece ter sido Jean Philoponus quem pela primeira vez reconheceu que o mesmo ímã possui a propriedade de atrair e repelir o ferro.

Muitos séculos se passaram, até que em 1600 William Gilbert (1540-1603), médico da rainha da Inglaterra, Elisabeth I, publicava o tratado “Do Ímã, dos corpos magnéticos e do grande ímã: a Terra”. O trabalho de Gilbert deu origem ao enfoque científico dos fenômenos magnéticos em geral e do magnetismo terrestre em particular.

Ao longo de dois mil anos, o poder atrativo do âmbar foi considerado uma virtude peculiar àquela substância, ou de poucas outras. Gilbert notou que este ponto de vista estava errado. Ele mostrou que o mesmo efeito podia ser observado por meio da fricção de toda uma classe de corpos. Outra contribuição de Gilbert foi ter introduzido o vocábulo “elétrico” na ciência. Depois de Gilbert, o estudo dos fenômenos elétricos começava a se desenvolver, embora muito devagar. Basta dizer que somente em 1672, Otto von Guericke, fazendo girar rapidamente uma esfera de enxofre friccionada por um retalho de lã, descobria o princípio de funcionamento das “máquinas eletrostáticas”. Em 1729, Stephen Gray (1666-1736) comunicava haver descoberto o fenômeno da condutividade elétrica. Ele verificou que a eletricidade, ou o poder elétrico, como se dizia na época, podia passar de um corpo para outro. Foi também constatado que apenas uma pequena classe de substâncias, entre as quais se encontravam os metais, tinha a propriedade de agir como uma espécie de canal para o transporte do “poder elétrico”.

Depois da morte de Gray, esses experimentos foram continuados por Jean Théopille Desaguliers (1683-1744). As substâncias capazes de transportar a virtude elétrica Desaguliers, em 1736, deu o nome de não elétricos ou condutores (WHITTAKER, 1989, p. 42). Uma questão importante era saber até que ponto o chamado fluido elétrico era um elemento *sui generis* ou, como alguns suspeitavam, era outra manifestação do fenômeno do calor. De fato, parecia haver semelhanças entre os fenômenos relacionados com o calor e os da eletricidade. Por outro lado, verificou-se que a eletrificação de um corpo não causava aumento apreciável de sua temperatura. Além disso, Stephen Gray, eletrizando do mesmo modo um cubo maciço de carvalho e um cubo oco do mesmo material, observou que o efeito elétrico era o mesmo, concluindo assim que, ao contrário do calor que se distribui por todo o volume do corpo, a eletricidade parecia ser um fenômeno de superfície.

Charles-François du Fay (1698-730), químico, que era também superintendente dos jardins do rei da França, verificou experimentalmente que uma folha de ouro eletrizada por contato com

o vidro, quando posta próxima a uma resina atritada, eram mutuamente atraídas. Du Fay já havia observado que uma folha de ouro, colocada próxima a um vidro eletrizado se repelia. Destas experiências, Du Fay concluiu que devem existir duas espécies de eletricidade, dando a elas o nome de eletricidade “vítrea” e eletricidade “resinosa”, dando a origem histórica da hipótese de dois fluidos elétricos.

Por volta de 1745, o Abade Jean-Antoine Nollet (1700-1770) passou a atribuir a origem dos fenômenos elétricos ao movimento em sentidos opostos de duas correntes de fluidos “muito sutis e inflamáveis”. Nollet supôs que estes fluidos estivessem presentes em todos os corpos, sob todas as circunstâncias. Quando um material dielétrico era excitado por fricção, parte do fluido escapa de seus poros, formando uma emanção ou um eflúvio. Com isso ele deu uma explicação pelo fato de que alguns corpos são atraídos outros repelidos por um corpo previamente eletrizado.

Nesse período foi encontrado um dispositivo adequado para armazenar a eletricidade, a chamada garrafa de Leyden. Também Benjamin Franklin (1706-1790), por meio de uma série de experiências, pôde concluir que a carga total em qualquer sistema isolado é invariável. À eletricidade vítrea de Du Fay Franklin deu o nome de positiva e a eletricidade resinosa ele chamou de negativa. Discutindo o funcionamento de uma garrafa de Leyden, Franklin constatou que o fenômeno seria explicado se se compreender que, neste caso, a deficiência de eletricidade em uma das paredes da garrafa coexiste com seu excesso do outro lado, sendo o vidro mesmo impermeável à eletricidade. Estava assim descoberto o fenômeno da “polarização dos dielétricos”.

A teoria da impermeabilidade do vidro foi generalizada por Franz Urrich Theodor Aepinus (1724 – 1802) e Carl Wilcke (1732 – 1796) sob a lei de que todos os não-condutores são impermeáveis ao fluido elétrico. Tanto Aepinus quanto Franklin eram adeptos da teoria de um único fluido elétrico.

Por esta época, o estudo da eletricidade já havia desenvolvido bastante, mas ainda não se dispunha de uma lei matemática para a eletricidade. Esta lei começou a ser delineada por diversos pesquisadores. Joseph Priestley (1733-1804), o descobridor do oxigênio, concluiu que a eletricidade deve satisfazer uma lei análoga à lei do inverso do quadrado de Newton para a gravitação. Henry Cavendish, adepto da hipótese de um único fluido, esteve próximo à descoberta da lei do inverso do quadrado para a eletricidade. Como é do conhecimento de todos, a lei do inverso do quadrado veio finalmente ser estabelecida por Charles Augustin Coulomb (1736-1806), em trabalhos publicados entre 1785 e 1789. Coulomb não aceitava a teoria de um único fluido. Ele preferiu uma hipótese de dois fluidos, ou seja, uma concepção próxima à de Du Fay.

Em 1780, Luigi Galvani (1737-1798) acidentalmente observou um efeito semelhante a uma corrente elétrica, quando dissecava uma rã. Na tentativa de explicar a descoberta de Galvani, Alessandro Volta (1745-1827) descobre sua pilha elétrica em 1799. Volta percebeu algumas semelhanças, mas também notou diferenças apreciáveis, existentes entre a pilha elétrica e a garrafa de Leyden.

No início do século XIX, a eletricidade e o magnetismo ainda continuavam a se desenvolver separadamente. Em 1819, Oersted descobre um fenômeno curioso, relacionando a corrente elétrica e o magnetismo. André-Marie Ampère (1775-1836) entre 1820 e 1826 faz um estudo exaustivo do eletromagnetismo. O termo eletrodinâmica foi introduzido no vocabulário científico por Ampère.

Imediatamente após os trabalhos de Ampère, Georg S. Ohm (1787-1854) comparou o fluxo de eletricidade nos condutores com o fluxo de calor e pensou em introduzir uma grandeza cujo comportamento nos fenômenos elétricos deveria lembrar a temperatura na teoria do calor. Esta grandeza

seria o que hoje se conhece como potencial elétrico. A diferença de potencial nos condutores de eletricidade é análoga ao gradiente de temperatura nos condutores de calor. Esta analogia de Ohm teve como protótipo a teoria de Fourie sobre a transmissão de calor.

Outro fato digno de menção é que Ohm reconheceu que as correntes elétricas não estão confinadas à superfície dos condutores, mas sim que penetram em seu interior, o mesmo que faz o calor. No caso do fenômeno analisado por Ohm, a procura de analogia entre o calor e a eletricidade mostrou ser um procedimento eficaz. Neste aspecto, nota-se uma profunda diferença entre o comportamento da eletricidade estática e o da corrente.

Foi mais ou menos neste mesmo período que Poisson e Green desenvolveram a teoria dos potenciais, que viria a ser tornar muito importante para o estudo mais avançado da eletricidade.

Em 1839, Gauss expôs o teorema fundamental da eletrostática, o conhecido teorema de Gauss, relacionando integral de fluxo do campo elétrico e as cargas no interior da superfície fechada por onde se efetua a integração.

4. UMA TENTATIVA DE ESTABELECIMENTO DE UM PARALELISMO ENTRE A CONSTRUÇÃO DAS IDÉIAS RELACIONADAS AOS FENÔMENOS TÉRMICOS E À DA ELETRICIDADE

Podemos verificar por intermédio da evolução das idéias referentes ao calor e à eletricidade, descritas anteriormente, que algumas analogias podem ser estabelecidas entre elas. Iremos nos restringir, neste momento, a analisar as similaridades entre os fenômenos relacionados ao calor e à eletricidade no tocante à fricção e à condução bem como entre o potencial elétrico e a temperatura.

Desde a Grécia Antiga se sabia que a fricção podia produzir calor e também produzir eletricidade estática em alguns corpos. Por outro lado, por volta do início XVIII, era de conhecimento geral de que a eletrização de um corpo não produzia aumento apreciável de sua temperatura.

Nesta época não se tinha ainda a certeza se os fenômenos relacionados com o calor e os relacionados com a eletricidade eram distintos, ou se a eletricidade era simplesmente uma manifestação dos fenômenos do calor.

Gray, em 1729, teve então a idéia de verificar se não havia uma analogia ainda maior entre a eletricidade e o calor. Para isso, ele tomou dois cubos de carvalho, um maciço e outro oco. Atritando-os de modo semelhante, ele verificou que, no tocante à manifestação da eletricidade, ambos os corpos apresentavam o mesmo comportamento. Com isso ele inferiu que, ao contrário do calor que se dissemina em toda a massa de um corpo, a eletricidade não tinha esta propriedade. Em outras palavras, parecia que a eletricidade era um fenômeno de superfície, ou que talvez fosse um efeito que envolvia o corpo, mas que não deveria penetrar em seu interior. Deste modo, os pesquisadores foram percebendo que, embora houvesse analogias marcantes entre os fenômenos do calor e da eletricidade, estas analogias não deveriam ser levadas muito longe.

Em 1729 Stephen Gray descobria o fenômeno da condutividade elétrica. Em seguida foi constatado que os bons condutores de calor também eram bons condutores de eletricidade.

Mas o que se entendia por eletricidade nessa época?

Alguns pesquisadores eram adeptos da teoria de um único fluido elétrico, outros defendiam a hipótese da existência de dois fluidos elétricos. No tocante ao calor, era geralmente aceita a teoria da existência de um fluido calórico. Portanto, mais uma analogia era estabelecida entre calor e eletricidade. Uma analogia parcial, pois no que diz respeito ao calor, nesta época não havia teoria de dois fluidos. Devido a esta recorrência aos fluidos para explicar os mais diversos efeitos e fenômenos físicos, o século XVIII, segundo Schenberg, (1984, p. 69), ficou conhecido como a época dos fluidos.

Um exemplo em que a analogia entre fenômenos térmicos e elétricos desempenhou um grande papel foi no estabelecimento da lei de Ohm. Segundo WHITTAKER (1989), Ohm, para o estabelecimento da lei que leva seu nome, procurou encontrar uma analogia entre a teoria de Fourier sobre condutividade de calor num sólido e corrente elétrica em um condutor. Notou que a corrente era análoga ao calor transmitido, a condutividade elétrica análoga à condutividade térmica. Faltava uma grandeza análoga ao gradiente de temperatura. Esta grandeza foi logo encontrada por ele: a tensão ou diferença de potencial.

Parece também haver uma analogia entre temperatura e potencial elétrico, no sentido de que a grandeza que no equilíbrio eletrostático tem um valor comum ao longo de uma dada superfície é o potencial eletrostático, enquanto no equilíbrio térmico é a temperatura.

Exemplo: Tomemos duas esferas carregadas a um potencial V_1 e V_2 , respectivamente. Quando estas esferas são postas em comunicação por meio de um condutor, cargas irão fluir da esfera de potencial mais alto para a de potencial mais baixo, até que ambas as esferas atinjam o mesmo potencial. No fim deste processo, não podemos afirmar que ambas as esferas têm a mesma carga elétrica. Vejamos agora, um fenômeno análogo referente ao calor e temperatura. Tomemos duas esferas à temperatura inicial T_1 e T_2 , respectivamente. Se estas duas esferas são postas em contato, o calor irá passar de uma esfera para outra, até que elas adquiram a mesma temperatura final. No fim deste processo, não podemos afirmar que a energia interna destas esferas seja a mesma, mas podemos afirmar que a temperatura é a mesma.

Portanto, deve haver uma analogia entre calor (energia interna) e carga elétrica, assim como há uma analogia entre potencial eletrostático e temperatura.

Em calorimetria temos a relação $Q = C\Delta T$, onde C é a capacidade calorífica do corpo, ΔT a variação de temperatura e Q a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo. Na eletrostática, temos a relação $q = C\Delta V$, onde C é a capacitância do sistema, ΔV a diferença de potencial e q a carga recebida ou perdida pelo sistema. Neste exemplo, existe uma analogia muito acentuada entre as duas classes de fenômenos.

BIBLIOGRAFIA

BERNAL, J.D. *Ciência na História*. Lisboa: Livros Horizonte, 1976.

FOX, R. *The Caloric Theory of Gases from Lavoisier to Regnault*, Oxford: Clarendon Press, 1971.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 3, 291-296, 1988

GAGLIARDI, R, e GIORDAN A . La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4 (3), p. 253-258, 1986.

GALILEU, GALILEI. *O Ensaaiador*. São Paulo: ed. Abril, 1623/1987 (coleção Os Pensadores).

HALBWACHS, F., Historia de la explicación en las Ciencias, in: *La explicación en las ciencias*, Jean Piaget, cap. IV, Ed. Martinez Roca, Barcelona, 1977.

HOPPE, E. *Histoire de la Physique*. Paris: Payot, 1928.

LACOMBE, G. Pour la introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement du second cycle, *Aster Recherches em Didatique des Sciences Experimentales*, 5, 87-115, 1987

MAGIE, W.F. *A Source Book in Physics*. New York: McGraw-Hill Book, 1935.

PIAGET, J.; GARCIA, R. *Psicogênese e História das Ciências*, Lisboa: Dom Quixote, 1987

ROSMORDUC, J. L'histoire de la physique peut-elle eclaires les obstacles épistémologiques? *Aster- Recherches em didatique des Sciences Experimentales*, 5, 117-141, 1987.

ROSMORDUC, J. *Uma História da Física e da Química de Tales a Einstein*, Jorge Zahar ed., Rio de Janeiro, 1988.

SALTIEL, E. e VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, p.137-144, 1985.

WHITTAKER, E. *A History of Theories of Aether & Electricity*, Dover Publications, Inc., New York, 1989.

ZEMANSKY, M. W. The use and misuse of the word "heat" in physics teaching. *The Physics Teacher*, p. 295-300, 1970.