

Calor e Temperatura... mais uma vez

Maria Helena Caldeira ^a



Maria Helena Caldeira

Professora Associada da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, desde 1984.

Licenciada em Física, pela FCTUC em 1971.

Obteve o grau de Mestre em Física Teórica em 1981.

Doutorou-se em Física Teórica na Universidade de Coimbra, em 1982.

Presidente do Conselho Pedagógico da FCTUC em 1984-1985.

Presidente da Mesa da Assembleia de Representantes da FCTUC em 1982-1983.

É membro do Centro de Física Teórica (INIC), exercendo a sua actividade de investigação nos domínios da Física Nuclear Teórica e de Fundamentos de Mecânica Quântica. Possui vários trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais.

Recentemente, tomou parte activa na criação de uma linha de investigação em Educação em Física, no Centro de Física Teórica, em que também colabora.

Integra também uma linha do INIC, cujo projecto consiste na Criação de Centros de Iniciação Científica.

Tem participado em vários congressos nacionais e internacionais. É Coordenadora, por parte da Física, do Mestrado em Ensino da Física e da Química.

Foi nomeada pelo Ministério da Educação e pela Sociedade Portuguesa de Física, consultora para a Reforma Educativa na área de Física. Neste âmbito, para além do trabalho de análise dos programas propostos, elaboração dos pareceres respectivos e participação em reuniões, orientou acções de formação de Professores formadores sobre os temas «Dificuldades Conceptuais no Ensino da Termodinâmica» e «Leis de Conservação».

Tem vindo a realizar vários cursos de actualização de Professores do Ensino Secundário, bem como palestras de divulgação de diversos temas de Física em Escolas Secundárias.

Quando uso uma palavra, ela quer dizer exactamente o que a ela atribuo - nem mais nem menos.

(Lewis Carrol, *Alice do outro lado do espelho*)

Introdução

A Termodinâmica é um dos ramos da Ciência que mais está presente nas nossas vidas. Desde o momento em que acordamos e pensamos como irá estar o dia (muito frio, necessitarei de um agasalho?), passando pela hora das refeições (que magnífico «laboratório» de Termodinâmica não constitui uma cozinha?), a cada momento deparamos com questões cuja explicação física se enquadra neste campo. Se até para iniciar uma conversa, quando o assunto escasseia ou é pouca a inspiração, surge sempre a fatídica frase «Está muito calor, não acha?»...

Por outro lado, e talvez devido a essa tão grande participação nas nossas vidas, a Termodinâmica é, com certeza, o campo em que o senso comum, traduzido na linguagem do dia-a-dia, exerce maior influência nas ideias intuitivas dos alunos. Calor e temperatura são, pois, palavras para as quais o estudante já possui um significado muito antes de iniciar o seu estudo em Termodinâmica. Estas ideias pré-adquiridas no quotidiano dificultam, como é natural, a aprendizagem dos conceitos científicos actualmente aceites e constituem uma constante barreira aos esforços do professor.

A complexidade do ensino da Termodinâmica levou à proliferação de artigos e discussões sobre este assunto. As opiniões divergem por vezes, quer no modo como se devem definir os conceitos, quer nas estratégias didácticas a adotar. Com este trabalho, pretendemos contribuir para o aprofundamento dos conceitos de calor e temperatura, tentando estabelecer um quadro coerente, à luz das Leis da Termodinâmica.

Lei Zero e noção de temperatura

O que é temperatura?

A resposta provável do cidadão comum a esta questão será talvez: «é o que se lê no termómetro», «é calor». A Mãe que embala carinhosamente o seu bebé lembrará o estado, nem

^a Departamento de Física, Universidade de Coimbra.

muito frio, nem muito quente, da água com que lhe dá banho, a cozinheira dirá que é o que lhe mostra se o forno está suficientemente quente para os seus assados.

Todas estas ideias têm um ponto em comum: a temperatura como propriedade termodinâmica, relacionada com as percepções sensoriais de frio e quente.

Se, por outro lado, a mesma pergunta for feita a um químico, decerto que ele nos falará de imediato da energia cinética das moléculas; enquanto que a resposta de um astrónomo será, porventura, relacionada com a medida da energia radiante emitida pelas estrelas. Para além do mesmo ponto comum, evidente nas respostas anteriores - a temperatura como variável termodinâmica - esta interpretação aponta para um outro factor importante no significado deste conceito: a energia ou a tendência para energia ser transferida. Todos, no entanto, reconhecerão unanimemente que, se colocarem um corpo quente em contacto com um corpo frio, este deixará de estar tão frio e o primeiro arrefecerá, ficando ambos num estado de aquecimento intermédio.

De facto, parece ter sido reconhecido desde cedo que, quando corpos a diferentes temperaturas são postos em contacto e quando todas as mudanças daí decorrentes cessam, termómetros colocados em cada um dos corpos fornecem a mesma leitura. A verificação deste processo está intimamente ligada ao reconhecimento da necessidade de construção de termómetros. São bem conhecidos os primeiros, os «termómetros» florentinos (séc. XVI) que funcionavam com álcool, bem como o termómetro criado por Galileu. Fahrenheit (1686-1736) criou o primeiro termómetro reproduzível com precisão, o que tornou possível um estudo quantitativo sistemático de temperatura e calor.

Apesar de tudo, só muito mais tarde viria a ser formulada a Lei que generaliza tão importantes resultados experimentais: a Lei Zero da Termodinâmica, que poderemos expressar da seguinte forma:

«Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si».

A utilização de um termómetro tem, pois, como fundamento a aceitação desta Lei.

Lembremos que a designação de Zero (para alguns, Antepreimeira) se deve ao facto de a sua formulação e aceitação com esse estatuto apenas se ter verificado muito tempo depois de a primeira e a segunda terem sido formuladas. Este atraso no reconhecimento da sua importância e universalidade é bem revelador da dificuldade de compreensão do significado de equilíbrio térmico. Efectivamente, o processo de alcance do equilíbrio térmico (ao tempo chamado *equilíbrio de calor*) foi objecto de muita discussão e confusão às quais se presume não ser alheia a distinção ainda tão mal compreendida entre calor e temperatura.

É de toda a justiça lembrar aqui Joseph Black (1728-1799) pelo contributo prestado à clarificação deste problema, e, simultaneamente, à distinção entre *quantidade* e *intensidade de calor*, conforme se designavam na época. Temperatura ou *intensidade de calor* seria então a propriedade termodinâmica que traduzia de uma forma quantificada se um corpo está frio ou quente, o que, em linguagem dos sécs. XVIII e XIX e mesmo até da primeira metade do séc. XX, significaria medir o «calor do corpo», ou a tendência que este tem de receber ou ceder calor quando em contacto com outro.

Como explicamos hoje estes factos experimentais?

A matéria é mais energética a temperatura elevada que a baixa temperatura e o facto mais saliente é a tendência para se igualarem as temperaturas de dois sistemas postos em contacto térmico: passagem de energia do corpo «mais quente» para o corpo «mais frio», até que o equilíbrio térmico seja atingido. Diz-se então que o primeiro sistema estava a temperatura mais elevada que o segundo.

Assim sendo, temperatura é a propriedade que indica o sentido do fluxo de energia entre dois corpos postos em contacto térmico. Ou, como Zemanski [11], «a temperatura de um sistema é a propriedade que determina se o sistema está ou não em equilíbrio térmico com outros».

1.ª Lei da Termodinâmica. Calor e energia interna

Ao tentarmos explicar o conceito de temperatura e de equilíbrio térmico, necessitamos imediatamente do conceito de energia interna. Quando afirmamos que um corpo é mais energético a temperatura elevada, o que pretendemos dizer?

Sabemos que os fenómenos termodinâmicos se podem estudar sob os pontos de vista macroscópico, a partir das propriedades médias observáveis (temperatura, pressão, volume, etc.), e microscópico, no qual, à luz da Teoria Cinética da Matéria, se consideram os sistemas constituídos por partículas possuidoras de energia cinética devido aos diferentes tipos de movimento que executam, bem como de energia potencial decorrente das diferentes interações a que estão sujeitas. Então, porque não recorrer à análise microscópica sempre que esta ajude a esclarecer o significado mais profundo dos objectos do nosso estudo? Isto é possível, mesmo a nível do ensino básico, atendendo aos conhecimentos que os alunos vão adquirindo na disciplina de Química.

Não defendemos um estudo profundo, mas apenas uma abordagem simples, sempre que esta venha ajudar a esclarecer o significado do conceito em causa. Um exemplo é o caso do conceito de energia interna. Que apreenderá o aluno a este nível, se lhe for dito apenas, como é habitual em Termodinâmica, que a energia interna é uma função de estado (por muito bem que a noção de função de estado lhes seja ensinada), dada pelo trabalho realizado sobre o sistema num processo adiabático? Esta definição operacional de energia interna, claramente importante no contexto da 1.ª Lei, embora enalteça, e bem, a energia interna como característica própria do sistema, não esclarece quanto a nós minimamente o significado do conceito.

A descrição microscópica revela-se um óptimo auxiliar na tentativa da sua compreensão: conforme o nome indica, energia interna é a soma das energias cinética e potencial individuais das partículas constituintes do sistema.

Como facilmente se depreende, se nos debruçarmos sobre a definição microscópica de energia interna, esta grandeza física não pode ser medida directamente. Apenas diferenças entre dois estados podem ser inferidas a partir das variações das propriedades termodinâmicas, ou usando a 1.ª Lei. O cálculo destas variações é um dos problemas centrais da Termodinâmica.

Mas que diz, afinal, a 1.ª Lei? Traduzindo o princípio da conservação da energia, esta Lei afirma que a qualquer variação da energia interna de um sistema corresponde uma

variação simétrica da energia das respectivas vizinhanças, se pudermos considerar este conjunto um sistema isolado.

A energia interna de um sistema pode variar, essencialmente, por dois tipos de processos:

- Realização de trabalho.
- Transferência de energia não observável como trabalho macroscópico.

É a energia transferida sob a forma de trabalho microscópico que se chama calor.

Na abordagem microscópica, o conceito de calor não tem significado. Se reflectirmos um pouco e atendermos aos conhecimentos actuais, chegaremos à conclusão de que a palavra *calor* não se revela estritamente necessária, sendo mesmo frequentemente origem de muitas ideias erradas e grandes confusões. A menção de *passagem de calor*, *fluxo de calor*, *quantidade de calor* levam o aluno incauto à materialização de um conceito cujo significado profundo é algo de essencialmente diferente - o resultado de colisões atómicas e moleculares, enfim, de interacção electromagnética.

Mas esta designação existe, quer no contexto científico actual da Termodinâmica macroscópica, quer na linguagem corrente. É, pois, de todo o interesse esclarecer bem o seu significado e a pertinência do seu uso.

O calor (tal como o trabalho) é energia num processo de transferência. Daí as habituais definições «forma de energia» ou «energia em trânsito».

Convém notar que, quando o processo de transferência de energia cessa, deixa de existir razão para o uso dos termos «calor» ou «trabalho». Estas designações passam a não ter qualquer utilidade ou mesmo significado. É tão incorrecta a referência a «calor de um corpo» como «trabalho num corpo». O resultado de um processo de transferência de energia sob qualquer das formas referidas é apenas o aumento, decréscimo ou conservação da energia interna e não é possível detectar por qual das formas foi obtido.

Querendo chamar a atenção para o facto de que as variações de energia, hipoteticamente sofridas por um sistema, se devem exclusivamente à realização de trabalho macroscópico ou microscópico, frequentemente se refere que calor e trabalho são *processos* de transferência de energia. Porém, parecem-nos muito mais correcta a designação de *energia transferida* por diferentes processos, com ênfase para o conceito *energia*, pois tanto *trabalho* como *calor* são *energia* e não *modos* de a transferir. Um processo, tanto quanto é do nosso conhecimento, não se quantifica em Joule...

Chama-se frequentemente calor à energia transferida de um sistema para outro somente em virtude de uma diferença de temperaturas. Esta definição, dita calorimétrica, é algo restritiva, pelo que, hoje em dia, se adopta o conceito mais lato descrito acima: energia que é transferida como trabalho à escala microscópica e que não pode ser contabilizada como trabalho macroscópico.

Quanto a nós, a 1.^a Lei da Termodinâmica deve ser ensinada no contexto da Lei Geral da Conservação da Energia, pelo maior enriquecimento que daí advém na compreensão desta, como sabemos, é tão difícil de «evidenciar». Lembremos que é o entendimento do próprio conceito de energia que está em jogo. Até à primeira metade do séc. XIX, energia (que se chamava «vis viva» por essa altura) restringia-se apenas ao trabalho mecânico. A sua conservação parecia falhar devido

às *perdas por atrito*. Foi o alargamento do conceito, pela inclusão de *calor* (fosse qual fosse o seu significado na altura) demonstrado por Benjamin Thompson, Conde Rumford (1753-1814), que levou Robert Mayer a fazer fé na conservação e enunciar pela primeira vez a Lei de Conservação da Energia, em 1842. Esta viria a ser confirmada, anos mais tarde, pelos resultados experimentais de Joule - a famosa determinação do equivalente mecânico do *calor* - e por Helmholtz que a testou em numerosas experiências no âmbito da Física, da Química e da Fisiologia.

Algumas Reflexões

... Àcerca de Temperatura

A definição de Temperatura que propusemos satisfaz todos os casos do primeiro grupo de exemplos apresentados, mas poderá causar alguma insatisfação ao analisarmos aqueles que envolvam o mundo microscópico. Estabeleceu-se recentemente um debate sobre esta questão [1]. Baierlein defende que a função da temperatura não é falar-nos da quantidade de energia de um sistema físico, mas sim da sua tendência para transferir energia como calor. Numa tentativa de estabelecer uma ideia qualitativa de temperatura, distinta da de energia interna média, que servisse os interesses do ensino deste conceito a um nível elementar, propõe a definição:

«Temperatura é a medida do estado de aquecimento numa escala definida.»

Esta posição foi contestada por alguns autores que advogam definições de acordo com equações tradutoras de certos fenómenos físicos, usando modelos adequados, pois consideram absolutamente correcta a afirmação:

«Temperatura é uma medida de energia média (não necessariamente cinética) das moléculas ou átomos numa substância»,

Apenas a título de exemplo ilustrativo, podemos citar:

- se o sistema fosse um gás ideal, a temperatura poderia ser obtida pela bem conhecida expressão

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

- mas se o gás em questão exigisse um modelo mais complicado ou mesmo correcções quânticas, a expressão já seria outra, certamente mais complexa;

- a temperatura do interior de um forno seria estudada através da relação que estabelece que a densidade de energia irradiada é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta. Baierlein contrapõe que nenhuma das equações capta o significado essencial da temperatura e faz notar o nível da população a quem se pretende dirigir, ao escolher essa definição. Para alunos universitários prefere definir temperatura em termos de entropia. Na generalidade, concordamos com as opiniões expressas por Baierlein atendendo ao nível dos alunos a quem a estratégia proposta se pretende dirigir. A temperatura é uma variável termodinâmica e, consequentemente, pode ser relacionada com outras grandezas físicas (através da equação de estado). Daí poder dizer-se como se relaciona analiticamente com elas, para cada sistema em causa, e também, claro, com a energia. Essas expressões matemáticas dão a visão de como o fenómeno decorre, a

medida da influência das diferentes variáveis no processo e como se interligam, mas não revelam o significado dos conceitos envolvidos.

Por outro lado, dizer que a temperatura mede a energia cinética média das moléculas constituintes do sistema é, em nossa opinião, um erro a evitar. Esta afirmação só faz sentido para gases ideais, pois apenas neste caso se pode desprezar a energia potencial de interação e fazer a aproximação de a energia interna ser função unicamente da temperatura. Pese embora a forte correlação existente entre energia cinética interna e temperatura, convém salientar o seguinte: sendo verdade que quanto mais elevada for a temperatura de um corpo, mais energia as suas moléculas possuem em média, não devemos deixar de ter em conta que duas substâncias com a mesma energia média (total ou cinética), por molécula, não se encontrarão, em geral, à mesma temperatura.

A relação qualitativa entre energia interna e temperatura é mais um exemplo de como o recurso à explicação no contexto microscópico ajuda à dos processos, pois a interpretação «cinética» de energia interna permite explicar as transferências de energia em termos bem conhecidos da mecânica.

Apesar de tudo isto, achamos demasiado pobre a definição adoptada por Baierlein. Tendo em conta as ideias sobre calor e temperatura por nós detectada em alunos universitários [2], afigura-se-nos até perigosa. De facto, uma grande percentagem dos estudantes inquiridos nesse trabalho, referia que «a temperatura quantifica o calor do corpo de uma forma standardizada». A definição preferida deste autor pode assim, eventualmente, reforçar estas concepções.

Defendemos, pois, a definição por nós proposta, devendo a explicação do conceito de temperatura ser integrada num esquema coerente que envolva a noção de energia interna e a compreensão da Lei Zero e da 1.ª Lei.

Poder-se-á contrapor que esta definição de temperatura não contempla, na totalidade, os possíveis casos que se podem estudar, mas concordamos com Baierlein que não só satisfaz plenamente na generalidade dos casos, como é a mais indicada pela simplicidade de que se reveste devido à sua «derivação» directa dos resultados da observação experimental e quotidiana.

O estudo do conceito de temperatura feito também em conjugação com a 2.ª Lei e, consequentemente, com a noção de entropia, ajuda a ter dele uma visão mais ampla. No ensino superior, o significado de temperatura deve, pois, ser complementado deste modo, até porque os alunos já deverão possuir preparação matemática compatível. Alguns autores defendem que o conceito de entropia deve ser o primeiro a ser ensinado e que daí decorre facilmente a aprendizagem relativa a temperatura. Dada a reconhecida dificuldade de compreensão do significado de entropia, temos dúvidas se esta será a melhor opção.

... A propósito de Calor

Apesar da evidência experimental, não foi fácil aos físicos libertarem-se do modelo do calórico. Numa época em que se afirmava inconcebível a propagação de qualquer perturbação sem a existência de um meio, como explicar a chegada à Terra do *calor do Sol*? Foi este mesmo um dos argumentos mais convincentes contra a teoria de Rumford. Se o calor

podia atravessar o vazio, então não podia ser *um modo de movimento da matéria*, como este defendia. Teria de ser, antes, uma substância bem diferente. Uma vez que a energia radiante exibia todas as propriedades da luz, deveria ser, qualitativamente, o mesmo fenómeno que esta. Inúmeras experiências foram realizadas nas primeiras décadas do século XIX, mas, apesar do progresso registado no estudo dos fenómenos electromagnéticos, encontram-se textos que mostram claramente a confusão ainda existente entre luz e calor na segunda metade deste século e no início do nosso. Max Planck, escreve, em 1912, no seu tratado sobre Teoria da Radiação [6]:

... no que diz respeito às propriedades físicas, os raios de calor são idênticos aos raios de luz do mesmo comprimento de onda... Qualquer raio de luz é simultaneamente um raio de calor. Aplicaremos à radiação de calor todas as bem conhecidas da óptica experimental, especialmente as da reflexão e refração, bem como as que se relacionam com a propagação da luz.

Não é, pois, de admirar que ainda hoje muitos educadores, plenamente conscientes do erro que significa a referência ao *calor do corpo*, não se sintam à primeira vista muito chocados quando os alunos referem o *calor do Sol*.

Uma vez que radiação electromagnética não é *calor*, qual o significado da expressão *calor do Sol* e do mecanismo de *transferência de calor* por radiação?

Façamos uma breve resenha acerca deste mecanismo, para melhor nos situarmos:

Qualquer corpo a uma temperatura acima do zero absoluto emite radiação electromagnética. A intensidade da radiação emitida depende em grande parte da sua temperatura, mas existem outros factores, como a natureza, ou o tipo de superfície exposta, que exercem influência no processo de emissão. Notemos que um corpo a 1000 °C emite a mesma quantidade de energia radiante, quer esteja na presença de outro a 100 °C ou a 0 °C.

Por seu lado, o processo de propagação de radiação não depende da temperatura do meio através do qual se está a propagar. Planck refere como exemplo o facto de que é possível concentrar os raios solares num foco, fazendo-os passar através de uma lente convergente de gelo, permanecendo esta à temperatura de 0 °C e incendiando um corpo inflamável.

Quando a radiação emitida atinge outro corpo, parte dela pode ser reflectida, parte pode ser transmitida através dele e a restante é absorvida, alterando a sua energia interna.

Se dois corpos, um a temperatura mais elevada que outro, são colocados a uma certa distância e de modo a que apenas possam efectuar trocas de radiação electromagnética, verifica-se uma troca contínua de energia entre si. O corpo mais quente emite maior quantidade de energia do que a que absorve, passando-se a situação inversa com o corpo a temperatura inferior. O equilíbrio térmico é estabelecido quando a taxa de energia absorvida por qualquer dos dois corpos é igual à taxa de energia emitida, mas o processo continua, cada corpo emitindo e absorvendo energia.

Da síntese apresentada é evidente que aqui dificilmente existe lugar para o termo *calor*. Querendo conservar a

designação *calor*, está terá de derivar de forma coerente da definição que se tiver adoptado.

Alguns autores, como Zemanski, apresentam uma explicação consistente, adoptando uma chamada definição termodinâmica de calor: «energia transferida por meios não mecânicos devido à diferença de temperaturas entre o sistema e as suas vizinhanças».

Para manter uma ligação lógica com a referida definição, aceitam como *calor* o resultado do balanço energético de todo o processo, isto é, a diferença entre a energia electromagnética total absorvida e a emitida. Pensamos que ressalta, de maneira bem evidente, neste exemplo o artificialismo que resulta da obrigatoriedade de se usar o termo *calor*.

Não deixa de ser verdade que o referido balanço energético depende da diferença entre as temperaturas dos dois corpos que efectuem entre si trocas de energia através de radiação electromagnética, mas não é devido a essa diferença que existe emissão ou absorção.

Pensemos no simples exemplo de um corpo aquecido pelo Sol. É óbvio que existe uma enorme diferença entre a temperatura do corpo e a da fonte emissora. Mas será que esta é determinante no processo?

O Sol prossegue a emissão independentemente do que se passa na Terra. Uma larga multiplicidade de factos se sucedem desde a emissão de energia à absorção pelo corpo de uma ínfima parte dela. Basta comparar a situação de um dia com núvens com outro de céu limpo. Também é verdade que um corpo mais frio demorará mais tempo a atingir determinada temperatura quando exposto ao Sol que outro à partida a uma temperatura mais elevada que o primeiro.

Apesar de tudo isto, o que nos parece essencial neste mecanismo é a variação de energia interna sofrida pelo corpo devida à interacção da radiação electromagnética com a matéria que o constitui. Essa interacção existe independentemente das temperaturas a que se encontram os corpos. Daí que pensemos ser muito forçado chamar à causa do aumento de energia interna do corpo por este processo *calor*, tanto no sentido calorimétrico como no sentido da definição designada por termodinâmica. Pensamos ser preferível optar pela definição «mais lata» de calor que expusemos de início. Além disso, cremos ser mais adequado usar a designação *mecanismos de transferência de energia*, num contexto mais alargado em que os processos de realização de trabalho macroscópico também sejam incluídos.

Poder-se-á perguntar a que é que se chamaria, neste caso, *calor*. Se não tivéssemos coragem para abolir o termo, ou necessitássemos de o explicar esclarecendo o significado da linguagem do dia-a-dia (*o calor do Sol*), diríamos que *calor* é a energia transportada pela radiação no acto de passagem para o corpo (energia a ser transferida para o corpo por um processo de trabalho microscópico). Mas não seria preferível acima de tudo não utilizar o termo *calor* neste contexto?

Tudo nos leva a crer que mais tarde ou mais cedo, haverá a coragem de abolir da linguagem científica a palavra *calor*. Afinal, como afirma Levy-Leblond [4] outras não menos importantes como «ímpeto» e «força viva», não obstante os nobres serviços prestados à causa da Mecânica Clássica, descansam hoje em paz no reino da História da Ciência...

Considerações finais

É muito comum em Ciência falar de conceitos abstractos como se de entidades materiais se tratasse. Diz-se, por exemplo, que um corpo possui quantidade de movimento ou que contém carga, o que, numa situação de ensino, inevitavelmente aumenta a grande dificuldade que o jovem estudante encontra no acto de abstracção.

A senso comum interpreta o significado de calor como algo de material, de certo modo remanescente do modelo do calórico, talvez por ser esta a forma mais fácil de o conceptualizar.

O professor tem, pois, que concentrar a sua atenção em desvendar as ideias que os alunos trazem para a sala de aula, levando-os a construir concepções cientificamente correctas. Assim, deverá ter o máximo cuidado com a sua forma de expressão. Que concluirá o aluno que, mesmo que inconscientemente, ainda «sente» o calor como se de um fluido se tratasse, quando ouve o professor falar da *quantidade de calor absorvido*, de *reservatório de calor*, etc., sem a prévia clarificação do significado dessas expressões?

Ainda neste contexto, nunca é demais lembrar o frequente uso incorrecto do verbo «aquecer», com o significado de fornecer energia sob a forma de *calor*. Aquecer significa tornar mais quente, e isso também se pode obter por meio de trabalho mecânico. E então, quando se está a *fornecer calor* a um corpo e este, em consequência, sofre uma transição de fase?

Outro ponto merecedor de atenção é a forma como se deve processar o ensino experimental. O recurso a experiências diversificadas com diferentes materiais proporciona um caminho em que o diálogo entre o professor e o aluno ajuda a esclarecer as ideias ainda deficientemente adquiridas. Nas experiências planificadas vulgarmente nas escolas de ensino básico e secundário, utiliza-se quase exclusivamente água, facto que se explicará provavelmente pela facilidade da sua obtenção. Está, porém, demonstrado [8] que estas se revelam demasiado restritivas, deixando encobertas muitas questões que se levantariam se fossem utilizados outros materiais. Porque não imaginar experiências simples sobre o tema «A Termodinâmica na Cozinha» ou então «A Termodinâmica num dia das nossas vidas»? Quão numerosos e ricos exemplos não encontraremos para explorar?

Um ponto importante a não esquecer são os efeitos provocados pelo aquecimento dos corpos, bem como a influência nas e das outras variáveis termodinâmicas (pressão, volume).

Nas experiências de obtenção do equilíbrio térmico, para além da análise do processo no sentido de uma clara distinção entre calor e temperatura, terá um efeito formativo relevante a chamada de atenção para o facto de que o fenómeno nunca se processa no sentido inverso: um corpo só por si não consegue elevar a sua temperatura, terá que ser outro a temperatura mais elevada a contribuir para esse fim. Se, pelo contrário, queremos arrefecer um corpo, necessitaremos de outro mais frio, pois a energia não passa espontaneamente do corpo mais frio para o mais quente. É por esta razão que colocamos o saco da água quente na cama, no Inverno, e os cubos de gelo no copo de sumos, no Verão...

Mas se quisermos aquecer ou arrefecer e não tivermos facilidade de arranjar o tal corpo mais quente ou, na situação

inversa, o mais frio, recorreremos ao auxílio de máquinas, por exemplo eléctricas: um aquecedor ou um frigorífico... Como funcionam estas máquinas? Onde vão buscar energia? Estaremos assim a preparar já o terreno para o que se seguirá: a 2.^a Lei, o uso de máquinas térmicas e o aspecto, fundamental, da irreversibilidade de certos processos.

Acima de tudo, porém, dever-se-á, nesta fase inicial, aproveitar o ensino deste tema para concorrer para o bom entendimento do conceito que, afinal, está subjacente a toda a natureza e que é, sem dúvida alguma, o mais difícil de apreender - a energia.

Referências

- [1] Baierlein, R., *The Meaning of Temperature*, The Phys. Teach. Fevereiro 1990, 94; Alonso, M. e Munley, F., *On The Meaning of the Temperature*, The Phys. Teach. Outubro 1990, 441.
- [2] Caldeira, M. H. e Martins, D. R., *Calor e Temperatura - Que noção têm os alunos universitários destes conceitos?*, Gazeta de Física, 13, 2 (1990) 85.
- [3] Holton, G. e Brush, S. G., *Concepts and Theories in Physical Science*, Addison-Wesley Pub. Comp., 1973.
- [4] Levy-Leblond, J. M., *Quantum Physics and Language*, Physica B 151 (1988) 314.
- [5] Ogborn, J., *Dialogues concerning two old sciences*, Phys. Educ. 6 (1976) 272.
- [6] Planck, M., *The Theory of Heat Radiation*, Dover Pub., Inc., 1912.
- [7] Reynolds, W. S., *Thermodynamics*, McGraw-Hill, 1968.
- [8] Tiberghien, A., *Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in Physics - The case of Temperature* (preprint).
- [9] Warren, J. W., *The Teaching of the Concept of Heat*, Phys. Educ. 7 (1972) 41.
- [10] Zemansky, M. W., *The Use and Misuse of the World «Heat» in Physics Teaching*, The Phys. Teach. 8 (1970) 295.
- [11] Zemansky, M. W., «Calor e Termodinâmica», Ed. Guanabara Dois S. A. 1978.



Espelhos côncavos, em latão polido, existentes no Museu do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, utilizados na experiência dos espelhos conjugados, em que se verificava, como refere M. J. Jamin (*Cours de Physique*, vol. II. Paris 1868) que o calor, ao reflectir-se, segue o mesmo caminho que a luz.

LANCASTER
UNIVERSITY



**International
Conference
on**

**Organic Substances
in Soil and Water**

September 14-17, 1992

Secretariat

Miss C. Martin
Centre for Research on Environment Systems
Institute of Environmental and Biological Sciences
University of Lancaster
Bailrigg
Lancaster
LA1 4YQ
United Kingdom

Tel.: 0524 65201 x
Fax: UK (0524) 843854
International (+44 524) 843854



II Colóquio Internacional

Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de Origem Latina

(ESQLIOL II)

*«Os Químicos de Expressão Latina perante o desafio
do Ensino da Química no Futuro»*

22 - 24 Setembro 1992

Málaga (Espanha)

O Segundo Colóquio Internacional sobre «**Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de Origem Latina**» (ESQLIOL II), tal como foi acordado no I Colóquio realizado em Lisboa, realizar-se-á em Málaga (Espanha) de 22 a 24 de Setembro de 1992, subordinado ao Tema Geral «Os Químicos de Expressão Latina perante o Desafio do Ensino da Química no Futuro».

Entre os objectivos formulados para este Segundo Colóquio destacam-se o arranque de diversos projectos cooperativos, o intercâmbio de professores e de programas educativos dos diferentes países participantes, e preparação de meios para a difusão dos trabalhos realizados no campo da Didáctica e da Tecnologia Educativa e, como objectivo fundamental, aumentar a colaboração com os Países da África, América e Ásia onde as línguas de origem latina tenham difusão e reconhecimento oficial. O Colóquio é dedicado sobretudo a Professores do Ensino Superior e do final do Ensino Secundário e a Formadores de Professores.

Constará de Sessões Plenárias, Comunicações em cartaz, Seminários, Oficinas de Trabalho e Mesas Redondas. As línguas do Colóquio serão o Espanhol, o Francês, o Italiano e o Português.

Temas do II Colóquio

- 1 Projectos cooperativos
- 2 Problemas do Ensino da Química nas diferentes línguas de origem latina
- 3 Abordagem didáctica dos conceitos de Química e relação com a psicologia de aprendizagem
- 4 Tecnologia Educativa aplicada à Química
- 5 Ensino experimental da Química
- 6 Ensino à distância
- 7 Conceitos básicos que os estudantes devem conhecer quando ingressam na Universidade
- 8 Insucesso escolar nos estudos universitários de Química. Causas e formas de o diminuir
- 9 Relações entre a Química, as Artes e as novas descobertas
- 10 O ensino da Química aplicada a outras ciências e actividades
- 11 A didáctica da Química nas suas aplicações a problemas da indústria
- 12 Formação e aperfeiçoamento dos professores de Química a nível universitário.

**Real Sociedad Española de Química
Facultad de Ciencias – Universidad Complutense
Ciudad Universitaria
28040 Madrid (Espanha)**

