

# Calor e Temperatura

## Que noção têm os alunos universitários destes conceitos? (\*)

MARIA HELENA CALDEIRA e DÉCIO R. MARTINS

Departamento de Física, Universidade de Coimbra

### 1. Introdução

É do conhecimento geral a existência de ideias intuitivas nos alunos, bem como a sua persistência após o ensino formal. Deste dado hoje adquirido, nem sempre estão conscientes os docentes quer do ensino secundário quer do ensino superior. Os alunos chegam, consequentemente, à Universidade, na posse de concepções alternativas, provenientes da mistura mais ou menos caótica das suas ideias preexistentes (que o ensino formal não logrou desmontar) com o resultado do ensino que lhe foi ministrado.

Embora esteja já hoje largamente aceite que subestimar este aspecto do conhecimento conduz a falta de eficácia no ensino, nem sempre o docente universitário reconhece esta situação. Assim, em geral, a este nível, o ensino, ainda que cientificamente correcto peca por pressupor o estágio ideal da estrutura cognitiva do aluno. Notemos que certas afirmações e terminologia, se não forem previamente clarificadas, podem induzir conhecimentos incorrectos quando dirigidas a quem segue «modelos» diferentes.

Neste contexto, tentámos descortinar as ideias que os alunos universitários possuem acerca dos conceitos *calor e temperatura*.

### 2. Breve sistematização dos conceitos

A Termodinâmica roda em torno da noção de energia; a ideia de que a energia é sempre conservada é o ponto de partida fundamental e a base de qualquer análise quantitativa. Assim, o estudo dos conceitos calor e temperatura reside, principalmente, na forma como a energia

de um sistema não isolado pode ser alterada e quais as consequências desta alteração nas suas propriedades termodinâmicas. Este estudo pode ser feito sob os pontos de vista macroscópico, a partir das propriedades médias observáveis (temperatura, pressão, volume, etc.), e microscópico, em que, 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.

Historicamente, a Termodinâmica, a Mecânica Estatística e a Teoria Cinética da Matéria desenvolveram-se separadamente a partir de motivações distintas. No entanto, e porque a natureza última da matéria é microscópica, o nosso entendimento das teorias macroscópicas pode ser melhorado consideravelmente se, paralelamente ao seu estudo, reflectirmos sobre os conceitos microscópicos.

De acordo com o princípio da conservação da energia, traduzido pela 1.<sup>a</sup> Lei da Termodinâmica, à variação da energia interna de um sistema corresponde uma variação simétrica da energia das respectivas vizinhanças (se pudermos considerar este conjunto um sistema isolado).

Notemos que, sob o ponto de vista da Termodinâmica macroscópica, apenas podemos concluir (através da constatação de que esta variação é independente do processo pelo qual é obtida) que a grandeza física energia interna

---

(\*) Deste trabalho foi feita uma comunicação em forma de cartaz à VI Conferência Nacional de Física, Física 88, realizada em Aveiro de 26 a 29 de Setembro de 1988.

é uma característica do sistema, uma função de estado. Como facilmente se depreende, se nos debruçarmos sobre a definição de energia interna no contexto microscópico (soma das energias cinética e potencial individuais das partículas constituintes do sistema), 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.<sup>a</sup> Lei. O cálculo destas variações é um dos problemas centrais da Termodinâmica.

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

1. Realização de trabalho.
2. Transferência de energia *não observável como trabalho macroscópico*.

É a esta transferência de energia, que, no contexto macroscópico, se chama calor. Na abordagem microscópica, o conceito de calor não tem significado.

Outro conceito básico da Termodinâmica é a temperatura. Esta propriedade da matéria está relacionada com as percepções sensoriais de frio ou quente. A matéria é mais energética a temperaturas elevadas 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 e a energia transferida chama-se calor.

Sistematizando, poderemos dizer:

A temperatura é a propriedade que indica o sentido do fluxo de energia entre dois corpos postos em contacto. Ou, como Zemanski (1970), «a temperatura de um sistema é a propriedade que determina se o sistema está ou não em equilíbrio térmico com outros».

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.

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.

Alguns autores adoptam ainda uma chamada definição termodinâmica de calor: energia transferida por meios não mecânicos devida à diferença de temperaturas entre o sistema e as suas vizinhanças.

Os conhecimentos actuais, nomeadamente no que diz respeito à Teoria da Radiação, levam-nos a considerar pouco aconselhável esta definição. Justifica-se facilmente esta afirmação se se reflectir um pouco sobre os chamados mecanismos de transferência de calor. Se na condução e na convecção, *calor* tem contrapartida explicativa imediata sob o ponto de vista microscópico, já o mesmo não será tão evidente no que diz respeito à emissão e absorção de radiação. Assim, nos dois primeiros casos, embora por vias diferentes, a alteração da energia interna dos sistemas em jogo, deve-se a interacção entre as partículas constituintes (colisões atómicas, etc.); quanto ao terceiro, uma vez que a energia transportada pela radiação electromagnética não é *calor*, que lugar haverá para esta designação neste processo? No contexto microscópico (em que tal termo não tem fundamento de existência) é óbvia a causa da variação de energia interna de um corpo que, por exemplo, absorva radiação electromagnética. Para manter a coerência com a referida

definição, é comum aceitar como *calor*, o resultado do balanço energético de todo o processo, isto é, a diferença entre a energia electromagnética total absorvida e a emitida, pois paralelamente à absorção decorre sempre emissão. Claro que, se existe equilíbrio térmico entre os sistemas emissor e receptor, a taxa de emissão é igual à de absorção, dizendo-se então que não há transferência de calor. Mas se pensarmos no exemplo simples de um corpo colocado num espaço em que foi feito o vácuo e que, por algum processo recebe energia electromagnética? Embora haja sempre, em última análise, diferença de temperatura entre a fonte emissora de radiação e o corpo que a recebe, parece-nos muito forçado chamar à causa do aumento de energia interna do corpo, por este processo, *calor* no sentido calorimétrico ou no sentido da definição designada por termodinâmica. Daí que pugnemos pela definição «mais lata» de calor, que expusemos de início e que, além disso, advoguemos preferencialmente a designação *mecanismos de transferência de energia*, num contexto mais alargado em que os processos de realização de trabalho macroscópico também sejam incluídos.

### 3. Evolução do conceito de calor

Está razoavelmente bem divulgada a história da evolução do conceito de calor.

O modelo do calórico que dominou no século XVIII, a experiência de perfuração dos canhões de Benjamin Thompson, Conde de Runford, conducente ao descrédito desta teoria, as tentativas engenhosas de determinação do «equivalente mecânico do calor», feita por Joule, são marcos referenciados em quase todas as obras sobre Termodinâmica.

A Biblioteca de Física da Universidade de Coimbra possui uma boa colecção de manuais de Física bem como de revistas científicas adquiridas pelo então Gabinete de Física de Coimbra, desde a sua fundação em 1772. A História da evolução do conceito de calor, estudada através dos textos dos séculos XVIII e XIX, revela-se apaixonante e, no seu porme-

nor, particularmente útil no reconhecimento e compreensão das concepções alternativas dos alunos, bem como no fornecimento de pistas metodológicas para a sua desmontagem.

Não é nosso intuito fazer aqui esse estudo, que, pela sua especificidade, poderá vir a ser tema de outro trabalho. No entanto, dada a notória semelhança entre afirmações feitas pelos alunos e os modelos apresentados nos referidos textos, faremos uma breve resenha dos aspectos mais salientes.

Na nossa pesquisa encontramos:

—o calor definido como *uma qualidade que faz quente ao corpo em que está*. As transformações físicas observadas num corpo fazem-se por *acção dos corpúsculos quentes do calor*.

Padre Noel Regnault (Companhia de Jesus), 1753

—...o calor consiste no *movimento trémulo das partes insensíveis* do corpo: uma pouca de água, quando se está aquecendo, treme visivelmente, principalmente quando o calor é forte, que chega a ferver; quanto mais se aumenta ou diminui o tremor, tanto se aumenta ou diminui *o calor da água*.

—...o frio consiste na *quietasão das mesmas partes*, de sorte que se uma pedra tiver todas as suas partes quietas, sem movimento algum, fica fria;

—...quietasão, ou são os corpos que roubam as partículas de fogo aos corpos cálidos, ou são partículas estranhas que fixam e prendem as partes insensíveis do corpo que se esfria... porque todos sabem que *o frio é o oposto ao calor*.

Teodoro de Almeida, 1758

—A matéria ígnea possui uma tendência para se distribuir uniformemente e de se manter em equilíbrio em todos os corpos. Um corpo mais quente em contraste com outro mais frio, *perde o seu calor* na proporção em que o comunica ao que se encontra mais frio. O primeiro arrefece e o segundo aquece na mesma proporção até que atinjam a mesma temperatura, para depois arrefecerem conjunta e uniformemente, supondo que são colocados um e outro, em contacto com um terceiro a uma temperatura «mais fria», *através da comunicação do calor*.

M. Sigaud de La Fond (professor de Física Experimental e membro da Societé Royale des Sciences de Montpellier), 1781

—o calor é uma sensação de tacto bem conhecida excitada pela matéria do fogo ou da luz. Cada corpo

tem o seu calor específico e não pode perder nem ganhar mais senão por novas combinações com outros corpos; mas voltando ao seu antigo estado tornará a ter o mesmo calor específico que tinha antes de entrar nas ditas combinações. O calor tem a propriedade de tornar fluidos e aeriformes todos os corpos, sendo aplicado em grau necessário.

Vicente Coelho Seabra, 1788

—...a este fluido real ou apenas hipotético, infinitamente subtil, dá-se o nome *calórico*. É necessário distinguir o calórico do calor, que estão um para o outro como a causa e o efeito. *O calor não é mais do que o efeito produzido sobre os nossos órgãos pela passagem do calórico.*

A. Libes (Professor de Física nas Écoles Centrales de Paris), 1801

—o calor é uma influência capaz de afectar os nossos nervos, em geral uma peculiar sensação que recebe o seu nome.

Thomas Young, 1807

—...é óbvio que a força dispendida ao pôr um corpo em movimento é transportada pelo próprio corpo e existe com ele e nele, durante todo o movimento. Esta força possuída pelos corpos em movimento é chamada pelos filósofos mecânicos *vis viva*, ou *força viva*.

—...sempre que a força viva é aparentemente destruída, é produzido um equivalente que, no decorrer do tempo pode ser reconvertido em força viva. Este equivalente é *calor*... Nestas conversões nada é perdido. A mesma quantidade de calor será sempre convertida na mesma quantidade de força viva.

—...Calor tem de, consequentemente, consistir em força viva ou em força de atracção através do espaço. No primeiro caso podemos imaginar que as partículas constituintes dos corpos aquecidos estão, no todo ou em parte, num estado de movimento. No segundo caso, podemos supor as partículas a ser removidas pelo processo de aquecimento, de modo a exercer atracção através de maior espaço.

J. P. Joule, «On Matter, Living Force and Heat», 1874

—O calor atravessa os espaços vazios de toda a matéria ponderável; toda a gente o diz: porque o calor do Sol não chega à Terra senão depois de ter atravessado o vazio dos espaços planetários ...o calor que se propaga assim à distância chama-se *calor radiante*.

—...o calor como a luz

- i) move-se em linha recta e com uma velocidade da mesma grandeza

- ii) reflecte-se segundo as mesmas leis
- iii) refracta-se e divide-se em raios de diversas espécies
- iv) transmite-se através dos corpos e dá nascimento a fenómenos da mesma ordem que os apresentados por ela

—...para um mesmo raio incidente, formado de luz simples, as qualidades reflectidas variam, quando se modificam as circunstâncias da reflexão: seja no estudo do calor ou no estudo da luz deste raio simples, as variações são identicamente as mesmas.

A. Boutan e C. H. D'Almeida, 1863

—...cada luz simples é acompanhada na sua refacção por um calor correspondente; ...a formação de um espectro calorífico demonstra por essa razão que o feixe calorífico solar é composto dum infinidade de calores diversos que se separam uns dos outros (por um prisma) porque são desigualmente refrangíveis.

—...para continuar a analogia que os factos nos revelam entre os calores e as luzes, diremos que aqueles possuem *cores* diferentes, e do mesmo modo chamaremos *calores vermelhos, amarelos*, etc., aos que acompanham no espectro as cores do mesmo nome.

M. J. Jamin, 1869

—A primeira noção de calor é-nos dada por uma sensação de natureza particular, produzida pelos corpos em que tocamos ou que se encontram perto de nós... Estas sensações chamam-se de *quente* e de *frio*.

—O calor é uma *forma de energia* e, consequentemente é equivalente a um certo trabalho.

—O calor (ou energia calorífica) é a *energia cinética ou de movimento das moléculas e dos átomos* que constituem os corpos.

—O calor não é uma substância; é determinado pelo *movimento dos elementos últimos* dos corpos.

—O grau de *aquecimento* de um corpo chama-se *temperatura*.

O. D. Chwolson (Professor da Universidade de S. Petersburgo), 1909

#### 4. As ideias dos estudantes

A um conjunto de 213 alunos das Licenciaturas em Física, Engenharia Química e Engenharia Mecânica, durante a frequência da disciplina de Termodinâmica e Elementos de Mecânica Estatística do 2.º ano dos respectivos planos de estudo, foi pedido que desenvolvessem o tema

## DISTINÇÃO ENTRE CALOR E TEMPERATURA

Algumas respostas dos alunos:

— Quando o nosso tacto nos diz que um corpo está quente ou frio, estamos a referir o *calor que o corpo tem*.

— Calor é uma *sensação dos nossos sentidos*.

— O calor é *aquilo que se transmite* de uma superfície para outras ou *pelo sol*.

— O calor *movimenta-se*.

— Calor é *energia*. A temperatura *quantifica-a*, de modo à sua utilização standartizada.

— Calor é uma *forma de energia que se sente* pelos sentidos humanos.

— O calor está relacionado com *os movimentos moleculares* de um dado sistema.

— Calor é a *agitação dos átomos* no material. Temperatura é uma variável termodinâmica que *traduz numericamente* essa agitação.

— Calor é a quantidade de *energia térmica* que o corpo possui.

— Calor pode ser definido como *energia interna* de um sistema; a temperatura depende do *calor do sistema*.

— O calor define-nos a quantidade de *energia dos corpos*. Se um corpo tem mais energia que outro, *ele tem mais calor* que o outro.

— Calor é uma *propriedade* inerente dos corpos, enquanto que a temperatura é precisamente a *medida dessa propriedade* através duma convenção inicial.

— Calor é a *temperatura fornecida* quando se aquece um corpo.

— Temperatura é a *quantidade de calor que a superfície tem* depois de aquecida.

— Temperatura é a *medida* relativa do calor, isto é, a temperatura mede o *calor de uma substância* relativamente a outra.

— Temperatura é uma *medida* absoluta das *variações de calor*.

— Temperatura é uma característica dos corpos perceptível pelos nossos sentidos (*sentimos calor ou frio*).

— Temperatura está relacionada com as percepções sensoriais do *calor e do frio*.

— Temperatura é *energia interna* do sistema.

Apresentamos nos Quadros 1 e 2 uma análise possível, por cursos, dos diferentes tipos de respostas obtidas. Aceitámos como correcta a definição calorimétrica de calor por ser a única que os estudantes, à data do inquérito, eventualmente teriam aprendido.

Numa primeira leitura, é flagrante a confusão entre os dois conceitos em jogo. Além disso, parece-nos verdadeiramente espantoso que alunos neste nível de ensino tenham a ideia de que a «temperatura é a medida do calor do corpo» (independentemente do significado que atribuem à palavra calor). É frequente lerem-se justificações que afirmam que «um corpo possui calor até que se faça uso do termómetro; depois, passa a ter temperatura».

Também é evidente a tendência natural para a materialização do conceito de calor. Em alunos deste escalão etário já não se deveria verificar esta situação, embora convenha notar que muito pouco conhecemos acerca do nível cognitivo dos estudantes, no que diz respeito à capacidade de abstracção. Raciocinarão eles, na sua maioria, ainda a nível concreto? Muito há, de facto, ainda a fazer, neste campo, em Portugal.

É igualmente perceptível o resultado da tentativa de memorização sem o necessário entendimento. Este facto é típico em qualquer nível de ensino: a falta da estrutura conceptual necessária à total compreensão conduz ao recurso a estratégias alternativas, das quais a mais frequente é a memorização.

É sobretudo notório o fraco resultado do ensino formal na auto-reconstrução das concepções, dada a mistura e sobreposição de ideias bem patente nas respostas.

Não nos parece possível fazer uma análise válida das respostas relativas aos cursos, pela complexidade de parâmetros envolvidos, embora em casos pontuais nos pareça nítida a influência de diferente terminologia e método usados em outras cadeiras (nomeadamente de Engenharia) em que se versam assuntos de Termodinâmica.

## 5. Estudo comparativo do estágio de evolução do pensamento do aluno e da evolução histórica dos conceitos

Tal como afirmámos anteriormente, parece-nos haver alguns pontos comuns entre as respostas dadas pelos alunos e os modelos propostos por diversos autores nos últimos dois séculos da História da Física.

Embora não seja afirmado categoricamente pelos alunos o carácter material do calor, tal como é assumido por alguns autores dos finais do século XVIII, defensores do modelo do calórico, queremos chamar a atenção para algumas afirmações que revelam uma forma subjacente de entender o calor, análoga à daqueles autores.

Por outro lado, é possível detectar uma identidade de pensamento entre autores como *Vicente Coelho Seabra*, *A. Libes* e *Thomas Young* e alguns estudantes, dada a forte semelhança no modo de descrever estes conceitos.

À medida que nos abeiramos do século XX, sente-se uma maior aproximação aos pontos de

vista aceites pela comunidade científica de hoje. A então chamada Teoria Mecânica do Calor constituiu um grande avanço, embora seja evidente, nos primeiros tempos, a confusão *calor-energia calorífica-energia interna*, também tão frequente nas respostas dos nossos alunos.

Mesmo assim, é ainda visível em alguns autores a dificuldade de distinção dos efeitos da radiação como se constata nos estudos do conceito de calor em analogia com a luz. Desenvolveram-se até, tal como para o estudo experimental da Óptica, experiências cuja finalidade era a observação dos efeitos de reflexão e refração do calor! Não encontramos nas respostas dadas pelos alunos, qualquer indício desta forma de entendimento do conceito. Mas há alguns que consideram que *calor é o que se transmite pelo Sol*; daí à aceitação da sua decomposição ou à possibilidade de reflexão por uma superfície polida, não será grande o percurso... Lembremo-nos da frequência com que, no dia a dia, se ouvem afirmações como *o calor reflectido* ou *o calor que incide*.

QUADRO 1 — Respostas dos alunos relativas ao conceito de calor.

CALOR	Física (43 alunos) (%)	Eng. Física (30 alunos) (%)	Eng. Química (61 alunos) (%)	Eng. Mecânica (79 alunos) (%)	Total (213 alunos) (%)
Forma de energia	21.9	31	33.9	32.0	30.3
Energia interna do sistema	4.9	6.9	8.9	9.3	8.0
Sensação de mais ou menos frio	14.6	3.5	1.8	8.0	7.0
Algo que flui, aumenta, diminui, etc.	26.9	20.7	37.5	20.1	26.4
Movimento molecular	9.7			1.3	2.5
Noção correcta	4.9	27.6	5.4	5.3	8.4
Não responde	17.1	10.3	12.5	24.0	17.4

QUADRO 2 — Respostas dos alunos relativas ao conceito de temperatura.

TEMPERATURA	Física (%)	Eng. Física (%)	Eng. Química (%)	Eng. Mecânica (%)	Total (%)
Percepção sensorial	7.3	13.3	5.3	4.0	6.4
Medida da energia cinc. média molecular	2.4	13.3	5.3	4.0	6.4
Medida da energia interna		6.7	5.3		2.5
Propriedade não especificada dos sistemas	31.7	20.0	33.3	25.3	28.1
Função de estado			7.0	2.7	3.0
Medida da quantidade de calor	19.6	3.3	22.8	22.7	19.2
Propriedade mensurável com um termómetro	2.4	6.7	5.3	8.0	5.9
Noção correcta	12.2	26.3	3.5	8.0	10.3
Não responde	24.4	10.0	12.2	25.3	19.2

A conclusão que cabe neste momento tirar é que «a ciência é um sistema lógico que se foi construindo ao longo da História e que se define pelo método que usa para explicar a realidade circundante, na convicção de que a mesma é humanamente compreensível», tal como afirma *Sebastião Formosinho* no seu trabalho, «*Uma perspectiva heurística para o ensino da Química*».

Está aqui bem patente o facto hoje reconhecido de que as ideias provenientes do senso comum sobre os fenómenos do dia a dia (e, naturalmente, as pré-concepções que nelas se alicerçam) têm uma grande semelhança com concepções historicamente datadas, coincidindo a evolução individual com a evolução histórica dos conceitos.

Uma das críticas que, neste contexto se pode fazer ao ensino formal é que o caminho da ciência não é uma via única, pré-determinada e evidente, como geralmente é induzível da maior parte dos manuais escolares de ciências, em que quase tudo é apresentado de forma definitiva e completa. Desta forma parece-nos que seria aconselhável que um bom conhecimento dos múltiplos aspectos da evolução do pensamento científico fosse do domínio dos docentes, no sentido de melhor poderem reconhecer o estágio de desenvolvimento dos seus alunos.

## 6. Causas prováveis

Está provado que, sempre que o ensino-aprendizagem não é bem sucedido, os alunos regressam aos conceitos alternativos algum tempo após este se ter concluído. Não nos debruçaremos pois sobre este aspecto; tentaremos apenas encontrar razões para a grande confusão existente no que concerne a estas noções.

### 6.1. Linguagem do dia a dia

A linguagem do dia a dia é um dos primeiros factores a dificultar a apreensão do conhecimento científico. Ao reflectir o senso comum, o conhecimento vulgar, na maior parte das vezes milita contra o estudante, pela sua

forte implantação e desfazamento da realidade cientificamente aceite. Urge pois provocar a sua ruptura, construindo sobre ela o conhecimento científico racional e válido.

Sendo a Termodinâmica um dos terrenos mais propícios para sofrer a sua influência, atrevemo-nos a sugerir que, nos primeiros contactos do aluno com este estudo, se promova a mais ampla discussão sobre os termos que irão ser usados. Só assim se obterá a desejada interiorização das diferenças entre significados da mesma palavra, nos dois contextos.

A linguagem corrente revela-se consistente com o modelo do calórico, talvez por ser este o de mais fácil conceptualização. Não seria, portanto, aconselhável:

- O aproveitamento de expressões como *está calor, tenho calor, entrar calor, conservar calor, onde o calor bate, o preto absorve o calor, o branco reflecte o calor,...* para, numa análise cuidada, levar o aluno à completa desmontagem deste modelo?
- Lembrar que o contrário de *frio* é *quente* e não *calor*? (Recordemo-nos que a definição de temperatura dada por muitos alunos corresponde à que se encontra em alguns dicionários—*temperatura—grau de frio ou de calor de um corpo*).
- Esclarecer bem o significado de palavras como «aquecer» e «esfriar»?

### 6.2. Influência da bibliografia

Têm sido por demais salientadas as várias incorrecções contidas em livros de Termodinâmica, quer elementares, quer especializados. No entanto, quisemos fazer uma leitura crítica de diversos livros a que os estudantes poderiam ter tido acesso, independentemente da bibliografia utilizada no curso, bem como de alguns manuais normalmente adoptados no 9.º ano do Ensino Secundário e livros de Química, de modo a tentar descobrir justificação para certas afirmações feitas.

Destacamos as incorrecções mais frequentes:

- Confusão de calor com energia interna e uso de uma linguagem que sugere e, para o leitor incauto, corrobora a teoria do calórico.

- Nunca se debruçando sobre o significado do conceito de calor; utilização de designações como:

*quantidade de calor absorvida ou cedida, fluxo de calor, transferência de calor, reservatório de calor*

que se tornam muito perigosas face às ideias incorrectas que os leitores eventualmente possuam <sup>(1)</sup>.

- Ambiguidade associada à designação *energia térmica*:
  - i) Para alguns autores é energia cinética interna; para outros é calor; para outros ainda é simplesmente energia interna...
  - ii) Existem casos em que é definida como energia cinética interna, mas quando é feita a análise de exemplos concretos, é confundida com calor.
- Definição de temperatura como medida da energia cinética interna:

Dizer que a temperatura mede a energia cinética média das moléculas constituintes do sistema é um erro que deve ser evitado. Esta afirmação só faz sentido para gases ideais. Certamente que, quanto mais elevada for a temperatura de um corpo, mais energia as suas moléculas possuirão, mas devemos ter em conta que duas substâncias com a mesma energia média (total ou cinética), por molécula, em geral não se encontrarão à mesma temperatura.

Pese embora a forte correlação existente entre energia cinética interna e temperatura, pensamos como Ogborn (1976), ser incorrecto fazer afirmações que os alunos aprenderão mais tarde não serem totalmente verdadeiras.

- Clarificação pouco cuidadosa do significado da linguagem corrente e uso inapropriado do vocábulo «aquecer». Note-se o uso corrente, já salientado por Zemanski (1972), de frases como «após o aquecimento do sistema, a temperatura deste aumenta». Para além da

redundância (uma vez que aquecer é tornar mais quente), duas questões se põem:

- i) usa-se *aquecimento* com o significado de fornecimento de energia sob a forma de calor o que é manifestamente incorrecto;
- ii) não se tem em conta as transições de fase.

- A própria definição de calor como *energia em trânsito*, quando deficientemente analisada poderá agravar uma apreensão incorrecta do conceito de energia ou até induzir à sua materialização.
- Ausência, em alguns manuais, de qualquer referência aos efeitos resultantes do fornecimento de energia a um corpo (dilatação, transições de fase, etc.) e ao aspecto, quanto a nós básico, do equilíbrio térmico. Não se faz também qualquer ligação com outras variáveis termodinâmicas (pressão, volume).
- Demasiada abstracção na definição de sistema termodinâmico (a nível elementar) e apresentação de poucos exemplos experimentais.

## 7. Considerações finais

Trabalho e calor são conceitos fundamentais em Física com significado científico perfeitamente definido, que devem ser ensinados com clareza.

Se, por um lado, existe uma grande preocupação, no ensino secundário, relativamente ao primeiro destes conceitos (lembramos a habitual insistência na distinção entre *trabalho* e *esforço*), já o mesmo não acontece em relação ao ensino de *calor* e *temperatura*.

É sempre aconselhável, qualquer que seja o objectivo, promover uma ampla discussão nas aulas, proporcionando aos alunos situações em que as suas ideias entrem em contradição, de modo a serem eles próprios a construir o conceito correcto. Reconhecemos que esta abordagem construtivista é, nas condições existentes nas nossas escolas, difícil de concretizar em

<sup>(1)</sup> Não pretendemos com isto a abolição desta terminologia, outrossim a clarificação prévia do seu significado.

toda a sua plenitude. Mesmo assim, será preferível desenvolver este tipo de atitude, ainda que na aproximação possível, do que continuar a seguir as estratégias do ensino formal.

O ponto de partida fundamental para a motivação do diálogo preconizado, deve ser a realização do maior número possível de experiências ou exemplos práticos. A Termodinâmica deve ser de longe o campo em que é mais fácil, com um pouco de imaginação, a partir do dia a dia, improvisar material para este fim. Não está no nosso espírito a realização de experiências executadas com grande rigor, nem sempre fáceis de concretizar; antes o recurso a material acessível de modo a poder estudar efeitos que levem à distinção clara entre os dois conceitos. Observação de causas de aquecimento, dos respectivos efeitos em substâncias diferentes, determinação de temperaturas durante transições de fase, obtenção do equilíbrio térmico são apenas algumas sugestões. Notemos que o recurso quase exclusivo a demonstrações com água não permite necessariamente a total desmontagem dos pré-conceitos. Experiências de ensino já realizadas mostram que as crianças raciocinam de modo diferente consoante os corpos em estudo. Assim, e apenas como exemplo:

— Quanto à temperatura de corpos em determinado ambiente, são capazes de concluir, que só a água fica à temperatura ambiente, enquanto qualquer metal fica mais frio e a lã fica mais quente.

— Em situações de aquecimento, concluem que o modo como a temperatura sobe depende apenas da substância. Postas perante o aquecimento de vários corpos num forno a 60°C, dizem que a farinha fica menos quente porque «é um material que não aquece», que os espetos ficam à temperatura do forno, «porque são de ferro» e que a água fica a uma temperatura superior porque «a água é um material que aquece muito». Esta justificação «aquece muito» pretende muitas vezes significar «aquece rapidamente».

— Relativamente à temperatura de transição de fase, acham que esta é a mais elevada que

a substância pode atingir. Pensam que depende das condições de aquecimento e da massa do corpo.

— Ainda em relação a transições de fase, pensam que é possível liquefazer o ouro, mas nunca o alumínio, porque este é usado nos utensílios de cozinha.

Dever-se-á ter especial cuidado na análise dos exemplos apresentados. É fácil estabelecer confusões entre os diferentes conceitos, quando se estudam casos concretos. Por exemplo, é frequente a confusão entre energia interna e calor, no estudo do que se passa quando um corpo em queda atinge o solo ou quando dois corpos colidem ficando em repouso. É vulgar encontrar explicações em que se refere que a energia se perdeu ou então que se dissipou em calor...

A explicação detalhada do significado científico da linguagem comum deverá merecer grande atenção da parte do professor. Se o aluno perceber correctamente o que significa *entrar frio pela janela* terá dado um passo em frente no estudo da Termodinâmica...

Face ao que foi referido na análise dos manuais escolares, desejaríamos ver abolida a designação *energia térmica* (ou *calorífica*). Como afirma Warren (1970), «só acarreta mais confusão na já por demais existente».

A designação *energia interna* (esclarecido bem o conceito) parece-nos suficiente e não acarreta qualquer ambiguidade. Este nosso desejo insere-se também no contexto mais geral do estudo das transformações de energia e no recurso exagerado e, por vezes tão incorrecto, a classificações «obrigatórias» das diferentes formas de energia.

Perante tudo o que foi dito, parece-nos pertinente uma última reflexão:

O modelo adoptado pela Teoria Cinética é capaz de interpretar os fenómenos físicos de uma forma mais ampla e mais profunda. Facilita a compreensão dos assuntos envolvendo calor, inteiramente em termos dos princípios da Mecânica.

Porque não fazer incidir o mais possível a explicação no contexto microscópico?

No nível em que, no ensino secundário se introduzem, pela primeira vez estes conceitos (9.º ano) parece-nos isto perfeitamente possível, dado o conhecimento que os alunos já possuem da estrutura da matéria. Os novos planos curriculares, se se mantiver o projecto em curso, poderão facilitar a concretização deste objectivo.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. T. — «Recreação Filosófica» (terceira impressão). Oficina de Miguel Rodrigues, MDCCLVIII.
- ARCHENOLD, W. F. — *Phys. Educ.*, **18**, 149 (1983).
- BOUTAN, A. e D'ALMEIDA, J. C. H. — «Cours Élémentaire de Physique». Dunod, Editeur, Paris, MDCCCLXII.
- CHWOLSON, O. D. — «Traité de Physique». Librairie Scientifique A. Hermann et Fils, 1909.
- LA FOND, M. S. — «Dictionnaire de Physique». A Paris, rue et Hôtel Serpente, MDCCLXXXI.
- FORMOSINHO, S. — Conferência proferida no «X Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química», 1987.
- JAMIN, M. J. — «Cours de Physique». Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire, Paris, 1869.
- JOULE, J. P. — Manchester Courier Newspaper, 5 e 12 de Maio de 1847.
- KRANS, R. L. — *Phys. Educ.*, **7**, 58 (1972).
- LIBES, A. — «Traité Élémentaire de Physique». De l'imprimerie de Crapelet. A Paris, 1801.
- OGBORN, J. — *Phys. Educ.*, **6**, 272 (1976).
- REGNAULT, P. N. — «Origem Antiga da Física Moderna». Officina de Miguel Manescal da Costa, MDCCCLIII. Traduzido por João Carlos da Silva.
- REYNOLDS, W. S. — «Thermodynamics», McGraw-Hill, 1968.
- SEABRA, V. C. — «Elementos de Química», Real Officina da Universidade, Coimbra, MDCCLXXXVII.
- SOLOMON, J. — *Phys. Educ.*, **18**, 155 (1983).
- TIBERGHEN, A. — «Learning and Teaching at Middle School Level of Concepts and Phenomena in Physics—The Case of Temperature» (preprint).
- WARREN J. W. — *Phys. Educ.*, **7**, 41 (1972).
- YOUNG, T. — «A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts». Printed for Joseph Johson, St. Paul's Church Yard, by William Savage, Bedford Bury, 1807.
- ZEMANSKY, M. W. — *The Phys. Teach.*, **8**, 294 (1970).
- ZEMANSKY, M. W. — «Calor e Termodinâmica», Ed. Guanabara Dois S. A., 1978.

#### ÓRGÃOS REGIONAIS DA SPF (Triénio 1990/92)

Reuniram-se em Janeiro as Assembleias Gerais Regionais da SPF para apreciação dos relatórios de actividade e eleição dos novos órgãos directivos, cuja constituição passou a ser a seguinte:

##### Delegação de Lisboa

###### Direcção

*Presidente* — Maria Fernanda Cristóvão da Silva, Investigadora Principal (LNETI).

*Secretário* — António Moreira Gonçalves, Professor Associado (FC,—UL).

*Tesoureiro* — Sérgio Costa Ramos, Professor Auxiliar (IST—UTL).

*Vogais* — Ana Maria Silva Freire, Professora Efectiva Ens. Sec., Assistente Convidada (FC—UL).

— Teresa Santos Faria, Professora Electiva do Ensino Secundário.

##### Mesa da Assembleia Geral Regional

*Presidente* — Luís Fraser Monteiro, Professor Catedrático (FCT—UNL).

*1.º Secretário* — António de Almeida Melo, Professor Associado (FC—UL).

*2.º Secretário* — Vera Craveiro Reis, Professora Efectiva do Ensino Secundário.

##### Delegação de Coimbra

###### Direcção

*Presidente* — Adriano Pedroso de Lima, Professor Associado (FCT—UC).

*Secretário* — Manuel Baptista Fiolhais, Professor Auxiliar (FCT—UC).

*Tesoureiro* — Lourdes Rodrigues Andrade, Professora Auxiliar (FCT—UC).

*Vogais* — Maria Margarida Costa, Professora Efectiva Esc. Sec. Avelar Brotero.

— Maria Helena Dias da Silva, Professora Efectiva Esc. Sec. D. Dinis.

##### Mesa da Assembleia Geral Regional

*Presidente* — Fernando Sampaio dos Aidos, Professor Auxiliar (FCT—UC).

*1.º Secretário* — Ana Maria Alte da Veiga, Investigadora Auxiliar (FCT—UC).

*2.º Secretário* — Liliana Pires Ferreira, Assistente (FCT—UC).

##### Delegação do Porto

###### Direcção

*Presidente* — José Manuel Monteiro Moreira, Professor Auxiliar (FC—UP).

*Secretário* — Luís Miguel Bernardo, Professor Auxiliar (FC—UP).

*Tesoureiro* — Dietmar Appelt, Assistente Convidado (FC—UP) e responsável pelo sector de Novas Actividades da EFACEC.

*Vogais* — Adriano Sampaio e Sousa, Professor Efectivo do Ensino Secundário.

— José Luís Oliveira Santos, Assistente (FC—UP).

##### Mesa da Assembleia Geral Regional

*Presidente* — Maria Renata Arala Chaves, Professora Catedrática (FC—UP).

*1.º Secretário* — Maria do Céu Morais Marques, Professora Auxiliar (FC—UP).

*2.º Secretário* — Maria Manuela Costa Amado, Professora Auxiliar (FC—UP).