

ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA DIDACTICA DEL CALOR

VAZQUEZ DIAZ, J.

Cátedra de Física y Química. Escuela de Magisterio de Vitoria (Alava)

SUMMARY

The analysis of spontaneous and scientific concepts of heat, the contrastation of both and a critical revision of the conceptual treatment that heat receives in different text books suggest that some aspects should be considered in the didactic treatment of scientific concept of heat.

1. INTRODUCCION

La importancia de las experiencias cotidianas previas en la formación de los conceptos científicos es especialmente importante en materias que, como la Física, toman términos del lenguaje ordinario para nombrar los conceptos que construye (Fleshner 1963).

Los estudiantes, cuando les son propuestos determinados conceptos científicos, están ya en posesión de sus propios esquemas conceptuales al respecto, elaborados en un intento de explicación racional de sus experiencias cotidianas previas. Aunque estos conceptos espontáneos sean inferiores a sus correspondientes científicos en cuanto a grados de contrastación intersubjetiva, elaboración e interconexión con otros conceptos, resultan ser muy semejantes para un gran número de estudiantes y aparecen, para cada individuo, organizados en estructuras más o menos complejas y con suficiente grado de coherencia interna como para que, en muchos casos, resulten extraordinariamente resistentes al cambio (Viennot 1985), (Driver 1986).

En la actualidad es ampliamente aceptado que el proceso de enseñanza-aprendizaje consiste esencialmente en la modificación intencional de estos conceptos espontáneos hacia sus correspondientes conceptos científicos, de ahí la importancia del conocimiento de ambos para los encargados de diseñar las estrategias didácticas concernientes al tratamiento de dichos conceptos científicos.

Es notorio, como constatamos año tras año en los alumnos que cursan la asignatura de Física en nuestra Escuela, que en gran número de estudiantes que ter-

minan el bachillerato persisten las concepciones espontáneas acerca del calor a pesar de ser éste uno de los tópicos contemplados en el programa de 2º de B.U.P. Esto nos da pie a sospechar que las estrategias utilizadas en el tratamiento de dicho concepto en el citado curso no son todo lo efectivas que debieran.

Buscando las causas de esta sospechada falta de efectividad en el tratamiento didáctico del calor, comenzaremos haciendo un análisis del concepto científico de calor para determinar las posibles causas de dificultad inherentes al mismo.

A continuación, inspirándonos en la técnica de «contrastación de conceptos», se comparan las concepciones espontánea y científica del calor y se determinan los elementos conceptuales en conflicto entre ambas concepciones a fin de ser tenidos en cuenta en el tratamiento didáctico del concepto (Fleshner 1963).

Aunque no tenemos constancia de los enfoques conceptuales con que el calor es presentado en las aulas de 2º de B.U.P., no es aventurado suponer que, en la mayoría de los casos, estarán inspirados en los libros de texto destinados a ese curso y en los de referencia y consulta que los correspondientes profesores recomiendan y citan. Una revisión crítica del tratamiento que el calor recibe en algunos de los más prestigiosos de estos libros, junto con los previamente citados análisis del concepto, nos sugieren algunos aspectos a considerar en el diseño de una estrategia didáctica efectiva destinada a la enseñanza del concepto de calor.

2. CONCEPCIONES ESPONTANEAS ACERCA DEL CALOR

Las concepciones espontáneas de los estudiantes acerca del calor han sido ampliamente estudiadas en los últimos años. De estos estudios parece concluirse que, a las edades de los alumnos de 2º de B.U.P., las concepciones que poseen son bastante semejantes entre sí y muy en la línea de las de los científicos del siglo XVIII (Macedo de Burghi y Soussan 1985) (García Hourcade y Rodríguez de Avila 1985) (Vicarioli 1985).

Podríamos señalar como características más comunes en estas concepciones espontáneas las siguientes:

- a) El calor, o no tiene magnitud física que le sirva de referente, o tal magnitud es la temperatura.
- b) El calor está contenido en los cuerpos (sistemas).
- c) No están claramente diferenciados los conceptos de calor y temperatura.
- d) El frío es lo contrario (también la ausencia) de calor.

A partir de estas características podemos sintetizar una definición para la concepción espontánea de calor:

«Calor es algo contenido en un cuerpo (sistema) en tanta más cantidad cuanto más caliente está».

Aunque esta definición no sea universalmente aceptada, no cabe duda de que sería suscrita por un gran número de estudiantes. En ella se han subrayado sus elementos más significativos.

3. CONCEPTO CIENTIFICO DE CALOR

«Cuando dos sistemas macroscópicos a diferente temperatura son puestos en interacción térmica (exclusivamente), se denomina calor a la energía neta que se transfiere del sistema inicialmente a más alta temperatura al inicialmente a más baja temperatura».

Esta definición, inspirada en Reif (1969), no es general, en el sentido de que con más de dos sistemas y/o con otras interacciones presentes además de la térmica también surge el calor. Pero esta falta de generalidad no elimina ninguno de los elementos necesarios para la presencia del calor y facilita el análisis.

Resaltemos algunos aspectos de la definición:

- a) La aparición de calor implica la presencia de dos sistemas (por lo menos).
- b) Los sistemas deben estar a diferente temperatura.
- c) Han de asegurarse las condiciones de interacción térmica.
- d) Existe un claro referente para el calor que es la energía.
- e) Destaca la situación de transferencia de la energía. Aparecen pues implicados los conceptos de tempera-

tura, energía, transferencia de energía e interacción térmica. Veamos hasta qué punto.

En primer lugar la temperatura debería de ser conocida como la magnitud que relativiza los conceptos de «frío» y «caliente», conceptos que presentan cierto carácter dicotómico en la concepción espontánea. Es pues necesario el concepto macroscópico de temperatura, construido a partir de nuestras sensaciones, para establecer el nivel térmico de un sistema y apreciar diferencias de temperatura.

La transferencia de energía entre sistemas por interacción térmica implica por su parte el concepto de energía interna, el cual implica a su vez el conocimiento de la constitución molecular de la materia, el concepto microscópico (estadístico) de temperatura y el conocimiento de varias formas de energía asociadas a las moléculas y a los átomos o iones que las componen. Estas formas de energía asociadas a las partículas atómicas son además necesarias para justificar los modos elementales de transferencia de energía en las interacciones térmicas, es decir, la transferencia por interacción mecánica microscópica y la transferencia por interacción electromagnética.

En resumen: el concepto científico de calor exige como prerequisites el concepto de temperatura en sus dos aspectos macroscópico y microscópico, y los de energía, sus formas y sus modos fundamentales de transferencia.

No entraremos aquí en consideraciones sobre la dificultad de los prerequisites señalados pero sí sobre su cantidad. A la vista de ésta queda claro que el concepto de calor es muy complejo debiendo esperarse por tanto que su aprendizaje resulte bastante difícil. «El calor es sin duda uno de los tópicos conceptualmente más difíciles de todo el currículum de ciencias en la escuela secundaria» (Summers 1983).

Sin embargo, el concepto de calor resulta muy natural cuando se conocen los mecanismos microscópicos de transferencia de energía en los procesos de interacción térmica. Estos mecanismos admiten ser representados por un modelo causal y los modelos causales son los más fáciles de asimilar y los más satisfactorios para los niños y adolescentes (Halbwachs 1975) por lo que la presentación del fenómeno de interacción térmica por uno de tales modelos debería favorecer el aprendizaje del concepto.

4. CONTRASTACION DE LAS CONCEPCIONES ESPONTANEA Y CIENTIFICA

De la comparación de las definiciones «espontánea» y científica del calor se deduce inmediatamente la existencia de algunos elementos conceptuales en conflicto entre ambas:

<p>espontánea</p> <p>algo/temperatura contenido un sistema</p>	<p>científica</p> <p>energía en transferencia dos sistemas</p>
---	---

Estos elementos en conflicto entre ambas concepciones habrán de ser tenidos muy en cuenta en las propuestas didácticas si pretendemos modificar el concepto de su versión espontánea a la científica.

5. EL CONCEPTO DE CALOR EN LOS LIBROS

Desde luego parece realmente difícil llegar al concepto de calor a partir de los libros.

Un examen de los temas dedicados al calor en diferentes libros de texto y consulta revela, en primer lugar, la utilización por sus autores de expresiones como «energía calórica», «energía calorífica», «energía térmica», cuyos matrices diferenciales entre sí o con respecto al calor y la energía interna son, si existen, imposibles de detectar. Pero es que además los conceptos que tales expresiones pudieran denotar son superfluos por cuanto que, en los contextos en que son utilizados, son suficientes los ya conocidos y universalmente aceptados de calor y energía interna.

En cuanto al significado preciso del término calor no parece existir un acuerdo entre los diferentes autores, a decir por las definiciones y asertos que al mismo dedican unos y otros. Como recientemente ha insinuado Fernández Uría (1986), la duda surge entre tres opciones que conciben respectivamente el calor como:

- a) Un proceso de transferencia de energía.
- b) La forma en que la energía se manifiesta en tal proceso.
- c) La cantidad de energía transferida en ese proceso.

Para terminar de ilustrar este caos lingüístico sólo señalar que, salvo honrosas excepciones, el término calor no es utilizado en un sentido unívoco, coqueteando cada autor entre dos, o aún las tres, posibilidades recién apuntadas. (Véase Tabla 1).

En lo que se refiere al tratamiento de los prerrequisitos hay un apartado digno de comentario. Aunque todos los autores dedican amplio espacio al tratamiento de las transformaciones energéticas en un sistema, sólo en uno de los libros estudiados se trata explícitamente de la transferencia de energía entre sistemas (P.S.S.C.). En la mayoría de los restantes ni siquiera los modos fundamentales de transferencia de energía entre sistemas se señalan, ni previamente ni durante el estudio del calor.

En cuanto al énfasis que los diferentes autores ponen en los elementos en conflicto entre las concepciones espontánea y científica del calor, señalados en el punto 4 de este escrito, es muy variable y depende por supuesto de a cuál de las tres opciones apuntadas más arriba se adscriban.

Tabla I

Autores	Opción		
	a)	b)	c)
Beltrán y alg. 1982. ANAYA			X
Proyecto C.I.B. 1980.	X	X	X
Fidalgo-Sánchez 1984. EVEREST		X	X
Lasheras-Carretero 1985. VICENS VIVES		X	X
Martínez Lorenze 1978. BRUÑO		X	X
Nagore-Miralles 1981. ECIR			X
Prats del Amo 1983. AKAL		X	X
Pujol-Bozal 1976. TEIDE		X	X
Pérez Botella 1982. MARFIL		X	X
Santos Romero y alg. 1976. SILLOS		X	X
Soler y alg. 1976. S.M.		X	X
<hr/>			
Aarons, A.B. 1970		X	X
Alonso, M. y Finn, S.J. 1976	X		X
Feynman, R.P. y alg. 1971		X	X
Halliday, D. y Resnick, R. 1982		X	X
Holton, G. 1981		X	X
P.S.S.C. 1970		X	X
Rubio Royo, F. 1980	X		X
Sears, F.W. 1967		X	X
Tipler, P.A. 1978		X	X

Refiriéndonos al tercero de los elementos en conflicto —es decir, a la necesidad de al menos dos sistemas para la presencia de calor—, vemos que es bastante frecuente presentar el calor sobre interacciones entre un sistema y su medio ambiente. Aunque científicamente intachable, esta forma de presentación establece una asimetría lingüística entre dos sistemas: el llamado sistema y el llamado medio ambiente. Esta asimetría enmascara de algún modo la necesidad de dos o más sistemas por lo que creemos que tal modo de presentación debería ser postergado en pro de enfatizar la comentada necesidad.

6. LA DEFINICION DE CALOR

Se ha dicho más arriba que no existe un consenso entre los autores estudiados acerca de lo que es el calor. Dado que en el punto 3 de este escrito se ha propuesto una definición para el calor de acuerdo con la opción c) de 5, es obligado justificarla.

Parece que desde Kant (1952) el carácter objetivo del conocimiento científico ha ser interpretado en el sentido de que ha de ser susceptible de ser contrastado y comprendido por cualquier persona en uso de razón. Esto exige que los enunciados científicos se expresen en un lenguaje preciso. «La ambigüedad, la vaguedad y la oscuridad de los términos deben ser mínimas para asegurar la interpretabilidad teórica y la aplicabilidad empírica» (Bunge 1972).

Por tanto el término calor no debería de ser usado con tres, ni aún con dos, significados distintos. Ahora bien: todos los autores que tratan el calor están de acuerdo en simbolizarlo por Q, y en que debe ser medido en julios. Todos los autores que tratan el 1º Principio de la Termodinámica dicen de él que es la forma de escribir el principio de conservación de la energía para un sistema y lo formulan:

$$Q + W = \Delta U$$

y dicen que Q representa la energía ganada por el sistema en forma de calor. Lo de *forma* no ha de interpretarse como «forma de energía ganada» sino como «forma en que es ganada esa energía». Es decir Q es la energía ganada por interacción térmica, o sea, por transferencia de energía mecánica microscópica y por transferencia de energía electromagnética simultáneamente (en el caso más general).

Así es que, de hecho, todos los autores aceptan la opción c) de S, independientemente de lo que del calor puedan decir en otro lugar. Y siendo esto así, el término calor queda invalidado para ser utilizado con otro significado que no sea el de cantidad neta de energía transferida en un proceso de interacción térmica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BUNGE, M., 1972, *Teoría y Realidad*. (Ariel: Barcelona), p. 147.
 DRIVER, R., 1986, Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales en los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, pp. 3-15.
 FERNANDEZ URIA, E., 1986, Reflexiones acerca del concepto de calor. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, pp. 91-92.
 FLESHNER, E.A., 1963, El dominio por parte del niño de algunos conceptos de física. En Stones, E., *Psicología de la Educación. Aprendizaje y Enseñanza. Textos básicos*. (Morata: Madrid), Vol. 1, pp. 291-305.
 GARCIA HOURCADE, J.L. y RODRIGUEZ DE AVILA, C., 1985, Preconcepciones sobre el calor en 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, pp. 188-193.
 HALBWACHS, F., 1975, La física del profesor entre la física del físico y la física del alumno. En Coll, C. 1983, *Psicología genética y aprendizajes escolares*. (Siglo XXI: Madrid) pp. 149-166.

7. CONCLUSIONES

De todo lo dicho podemos concluir que, en todo diseño didáctico destinado a la enseñanza del concepto científico de calor, debería ser tenido en cuenta que:

1. El término calor sólo puede ser utilizado para designar la cantidad neta de energía transferida en los procesos de interacción térmica entre sistemas.
2. Deberían ser eliminadas del lenguaje académico expresiones imprecisas y superfluas como «energía calorífica», «energía calorífica» o «energía térmica».
3. Convendría asegurarse de que los sujetos del aprendizaje están en posesión de los prerequisites conceptuales correspondientes, en particular de los de temperatura (en sus dos aspectos macroscópico y microscópico) y energía (sus formas y modos fundamentales de transferencia).
4. Habrá de ponerse especial énfasis en los elementos conceptuales en conflicto entre las concepciones espontánea y científica del calor, es decir:
 - el calor es energía y nada tiene que ver con la temperatura.
 - es energía en transferencia y no puede ser asignado a un sistema único.
 - son necesarios al menos dos sistemas para que pueda surgir calor.
5. La presentación de un modelo causal de los procesos de interacción térmica facilitará la comprensión del concepto científico de calor.

KANT, E., 1952, *Crítica de la razón pura*. (Sopena: Buenos Aires) Vol. 2 p. 192.
 MACEDO DE BURGHI, B. y SOUSSAN, G. 1985. Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 3, pp. 83-90.
 REIF, F., 1969, *Física Estadística*. (Reverté: Barcelona), pp. 36-37.
 SUMMERS, M.K., 1983, Teaching heat - an analysis of misconceptions. *School Science Review*. Vol. 64, pp. 670-676.
 VICARIOLI, G., 1985, Sociogénesis y Psicogénesis de conceptos físicos. Comunicación presentada al *1er. Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas*. Barcelona, septiembre 1985.
 VIENNOT, L., 1985, Analysing students' reasoning in science: A pragmatic view of theoretical problems. *European Journal of Science Education*. Vol. 7, pp. 151-162.