

CARTA AL EDITOR: RESPUESTA AL COMENTARIO DE F. HERRMANN

LETTER TO THE EDITOR: REPOSENSE TO F. HERRMANN'S COMMENT

A. GONZÁLEZ ARIAS Y F. A. HORTA RANGEL

(Recibido 22/10/2014 ; Aceptado 25/10/2014)

Estimado editor de la Revista Cubana de Física:

Somos de la opinión de que ya es hora de que la Pedagogía asuma el papel de Ciencia que usualmente se le atribuye. La ciencia no es cuestión de criterios y opiniones, sino de demostraciones basadas en la evidencia. Si es mediante el experimento controlado, mejor.

El Dr. Herrmann menciona un proyecto que afirma lleva 40 años de existencia, plasmado en un curso, libros y publicaciones (posiblemente de su creación o como profesor principal) con resultados positivos. Desafortunadamente, no cita o menciona estadísticas que muestren que este enfoque resulta mejor para el estudiante que el tradicional (o, por ejemplo, resultados de evaluaciones realizadas por profesores independientes).

En su comentario el Dr. Herrmann tampoco toma en cuenta que el aprendizaje depende de forma muy importante de la historia o preparación previa del estudiante. Está fuera de discusión que no se obtendrán los mismos resultados cuando aplique su método a estudiantes alemanes o a estudiantes de Haití o de Sierra Leona. Aparentemente, en su opinión, su método es igualmente eficiente para todos.

Otro aspecto a mencionar es que en repetidas ocasiones hemos visto que el afán por simplificar la física en la enseñanza media conduce a serios errores conceptuales. Se le imparten al estudiante conceptos más simples de comprender, pero erróneos, que obviamente serán muy difíciles de corregir en el futuro.

El Dr. Herrmann malinterpreta nuestros comentarios sobre la entropía cuando afirma que nosotros proponemos que se *introduzca* el concepto mediante una ecuación compleja, para después criticar lo que no hemos dicho. Lo que se dice allí es precisamente lo contrario: que la entropía es una magnitud compleja (y para eso se muestra como ejemplo la ecuación citada) y que no parece adecuado comenzar el estudio de la Termodinámica a partir de la entropía, justamente por la complejidad del concepto.

No deseamos repetir los argumentos que aparecen en la página 65 de nuestro artículo, que reafirmamos. Guste o no, la entropía es una *función de estado del sistema*. Eso hay que decirlo de alguna manera para no incurrir en la impartición de conceptos incorrectos al estudiante. Y, desde luego, no es la única función de estado. Si no se muestra de antemano *por qué* es una función de estado, no quedará más remedio que dibujar alguna ecuación y decirle al estudiante que *eso* es una función de estado, cayendo de lleno en la desactualización de la enseñanza de la física, tema principal del artículo.

Por otro lado, el Dr. Herrmann no comparte la visión moderna de conceptos como calor (transferencia de energía en forma microscópica y desordenada) pues critica el concepto *clásico* del calor, no el moderno, ya que incluso no menciona este último en su libro *Conceptos obsoletos en Física*, Colección Tierra y Vida, Ed. UD, Colombia, 2011 (p.93) o el de "función de estado del sistema", que denomina "magnitud de estado" (p.77). Solamente recomienda *eliminarlas* por no ser necesarias (lo cual equivale, en nuestra opinión, a negar el primer principio y la visión microscópica del universo). Al analizar la medición de la entropía, aparentemente no le preocupan aspectos tales como la entropía de mezcla o la ecuación de Planck-Boltzmann. Podríamos decir que, calentando agua con una resistencia resuelve el problema del cálculo de la entropía (p. 83).

La entropía tampoco es un fluido que se transmite de un sistema a otro -criterio que lamentablemente aún se maneja en algunos lugares, en forma figurada al parecer- sino algo más complejo, imposible de comprender mediante un ejemplo muy particular, que creemos tiende a oscurecer la riqueza y complejidad del concepto. En la ciencia la inmensa mayoría de las veces (y especialmente en la Termodinámica) el experimento viene primero; la teoría, después. Según el Dr. Herrmann, la ecuación más importante del curso es la que relaciona la entropía con otras magnitudes es $P = T \cdot I_s$. Los abajo firmantes seguimos creyendo que la ley cero, la 1ra, 2da y 3ra leyes conducen a las ecuaciones más importantes en un curso de Termodinámica, junto a la imposibilidad de crear móviles perpetuos: estas ecuaciones no han pasado de moda,

y es crucial transmitir las a las nuevas generaciones. Por otra parte ¿las leyes no surgieron por un proceso de inducción?

La entropía tiene tres acepciones diferentes, cada una con sus especificidades y descripción matemática cuya relación no es evidente, ni mucho menos:

1. Es una medida de la pérdida de capacidad de un sistema para convertir su energía en trabajo útil (degradación de la energía).
2. Es una medida del 'grado de orden' de un sistema.
3. Es una medida de la espontaneidad de un proceso y del estado de equilibrio de un sistema.

Reducir todo esto a un criterio de flujo, tratando de imitar los conceptos alegóricos de la termodinámica de los procesos irreversibles, nos parece poco feliz como elemento educativo. En todo caso, quien propone el enfoque novedoso es quien debería demostrar su validez.

Reconocemos que es probable que los alumnos memoricen mejor los 'nuevos' conceptos propuestos y que algunos profesores se sientan muy a gusto con los resultados, pero pensamos que también es seguro que al final del curso los estudiantes sabrán mucho menos física que los que reciben los cursos tradicionales. A nuestro modo de ver, no hace falta realizar experimentos controlados para llegar a esta conclusión.