

# EL REDUCCIONISMO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA VERSUS EL PENSAMIENTO DE LA COMPLEJIDAD

THE REDUCTIONISM IN PHYSICS TEACHING VERSUS THE THOUGHT OF THE COMPLEXITY

D. DE J. ALAMINO

Centro Universitario Municipal "Enrique Rodríguez-Loeches". Universidad de Matanzas, Cuba; diego.alamio@umcc.cu.

Key words: teaching methods and strategies 01.40.gb, history of science 01.65.+g, philosophy of science 01.70.+w

Las incertidumbres, la impredecibilidad, las limitaciones en el conocimiento, han acompañado al hombre desde los albores de la humanidad. Poincaré a finales del siglo XIX advirtió que el simple hecho de pasar del estudio del movimiento de dos cuerpos, por ejemplo Tierra-Luna, a considerar el sistema Sol-Tierra-Luna, hacía que las ecuaciones de Newton no tuvieran una solución exacta [1]. La Mecánica Cuántica, mostró desde dentro de la propia física, la fragilidad del determinismo mecanicista.

El mundo actual, se revela como complejo y hasta en los sistemas más reducidos que se logren delimitar para su estudio, existen partes interconectadas cuyos vínculos pueden dar lugar a emergencias no predecibles a partir del comportamiento de sus partes.

¿Estará la escuela en el camino de lograr presentar al mundo como complejo? ¿Podrá la escuela rebasar la posición positivista y cartesiana de presentar al mundo fragmentado en muchas partes separadas entre sí? Sagan, en "El mundo y sus demonios" valoró que "la enseñanza de la ciencia se hace demasiado a menudo de manera incompetente o poco inspiradora y sus practicantes... tienen poca preparación o ninguna en los temas que presentan" [2]. También se han adelantado ideas por Edgar Morin [3,4]. Valdés y colaboradores han expresado que: "con frecuencia se antepone la mera transmisión a los estudiantes de conocimientos ya preparados –a veces demasiado específicos, o desactualizados– y el desarrollo de habilidades excesivamente particulares" [5].

En el trabajo se pretende advertir acerca de manifestaciones reduccionistas que se presentan en la enseñanza de la Física, y que pueden limitar en los estudiantes el desarrollo del pensamiento de la complejidad, significando en algunos momentos lo que el tratamiento histórico filosófico de los contenidos puede contribuir a menguar esta limitación.

Reducir, constituye en el plano ontológico-epistemológico una forma simple, sencilla de concebir la diversidad y complejidad de la realidad [6]. La reducción, como procedimiento

metodológico, consiste en dar a algunos datos o tareas una forma cómoda para su análisis o solución, así como en llevar lo complejo a algo más simple. Conviene advertir que la palabra reduccionismo se usa a menudo de modo poco preciso, refiriéndose a veces a los constituyentes de la materia (ontológico), otras al método con que debemos investigar (metodológico), en ocasiones a la posibilidad de deducir una ciencia de otra de un nivel de complejidad menor (epistemológico) [7]

El estudio de la física en la escuela empieza por el movimiento mecánico, y desde la primera clase se reduce el estudio del movimiento de un cuerpo macroscópico al movimiento de una partícula "sin dimensiones", pero con masa; solo cuando hay que estudiar la rotación se tienen en cuenta las dimensiones del cuerpo, con la restricción de que ese cuerpo sea un "sólido rígido", compuesto por partículas que no cambian sus distancias mutuas. Las cuerdas que atan a los cuerpos se consideran que son inextensibles y no poseen masa. El péndulo, se presenta como un cuerpo puntual, sostenido por un hilo inextensible y sin masa, si se pone a oscilar estará en movimiento indefinidamente y no cambiará su plano de oscilación por el efecto de la rotación de la Tierra.

En Mecánica no deja de estudiarse el movimiento planetario con las leyes de Kepler, las cuales históricamente son el resultado de la observación minuciosa y el ajuste a los datos de Ticho Brahe. El movimiento de proyectiles se reduce en su estudio a dos dimensiones y se presenta desprovisto de la fricción y velocidad del viento. ¿Cuántas perturbaciones pueden afectar este movimiento? Por ejemplo cuando la instalación de los cohetes soviéticos en Cuba, durante la Crisis de Octubre en el año 1962, fue necesario "determinar la aceleración de la fuerza de gravedad y los valores de las desviaciones de la línea vertical respecto a la normal en cada punto de lanzamiento"<sup>a</sup>.

El movimiento de los fluidos en la enseñanza de la física se hace atendiendo a líquidos incompresibles, no viscosos y se llega a las ecuaciones de continuidad y Bernoulli que pueden

ser confrontadas con la práctica en demostraciones escolares con cierta precisión.

El tratamiento reduccionista se hace incuestionable cuando se estudian los fenómenos en los gases, ya sea con el enfoque macroscópico de la Termodinámica o desde el punto de vista de la Teoría Cinético Molecular, en este caso como se aborda el movimiento mecánico, se consideran a los constituyentes del gas como partículas sin dimensiones, que no interactúan a no ser cuando chocan entre sí o con las paredes del recipiente que las contenga. La ecuación que maneja la Termodinámica justifica su validez para el caso de bajas presiones.

Atendiendo a otra de las formas de movimiento de la materia, la Física en la escuela, estudia el electromagnetismo, apareciendo el concepto de "carga puntual", que carece de dimensiones, pero posee carga eléctrica y en algunos casos, como en la electrostática, se obvia la masa, dada la superior fortaleza de la interacción electrostática ante la gravitatoria.

Otros muchos casos de simplificaciones se hacen al exponer la física en la escuela y se acostumbra a entrenar a los estudiantes para que resuelvan los problemas de lápiz y papel y contesten a las preguntas, sobre la base de estas simplificaciones, sin promover el pensamiento crítico, lo cual no contribuye a preparar al estudiante para enfrentar las incertidumbres con que necesariamente habrá de encontrarse, no solo dentro de la física, sino para intentar comprender y transformar el mundo y no resultar solo fuerza calificada, destinada al mercado del trabajo [8]

Los procedimientos empleados en la enseñanza de la física están acorde a las representaciones simplificadas que tradicionalmente se han realizado con el propósito didáctico de acercar fenómenos complejos a la comprensión de los estudiantes, pero esto no debe coartar que se revelen las limitaciones de estos procedimientos, y aquí cabe considerar lo que Matthews recomienda: "la historia y la filosofía de la ciencia pueden hacer las clases más desafiantes y reflexivas y así incrementar las habilidades del pensamiento crítico; puede contribuir a la completa comprensión de la materia científica de estudio, puede además contribuir en algo a vencer el 'mar de sinsentido' [...] donde fórmulas y ecuaciones son recitadas pero pocos conocen lo que ellas significan; puede mejorar la preparación de los profesores mediante la ayuda al desarrollo de una más rica y más auténtica epistemología, lo cual significa una mayor comprensión de la estructura de la ciencia y su lugar en el esquema intelectual de cosas" [9]

La enseñanza de la física desprovista de historia y filosofía puede conducir a lamentables deslices, por ejemplo: pensar que Newton descubrió la Ley de Gravitación Universal cuando observó la caída de una manzana o en el caso de algunos

profesores de física que piensan que la primera ley de Newton es fácilmente comprendida por los estudiantes, debido a que ellos la "recitan". La historia de la ciencia revela que fueron necesarios 1800 años para la completa formulación de esta ley [10]. La fundamentación de la primera ley solo es posible por medio de la historia de la física porque en la experiencia de la vida diaria el movimiento rectilíneo y uniforme no puede ser observado.

Las teorías desarrolladas por Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileo, Newton, y otros, explicaron muchos fenómenos a través de leyes simples. Estos impresionantes logros generaron una confianza inmensa en el conocimiento objetivo y el reconocimiento de un universo gobernado por leyes simples y de gran alcance. Hoy hay pocos científicos identificados con estas ideas que pretendan comprender todas las cosas y cada una de sus partes a través de la relación lineal causa-efecto [11]. Estas posiciones, deben ser transmitidas a los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el empleo de la historia y la filosofía de la física, para evitar la tendencia al pensamiento absolutizador, tan frecuente en los jóvenes [12]. Aunque el avance de la ciencia ha hecho creer que se está muy cercano de una teoría final, nunca sabremos si realmente hemos llegado. William Thomson en 1905 declaró: "No existe nada nuevo que descubrir ahora en la física; la única cosa que queda es hacer mediciones más precisas" [13], lo que muy pronto fue negado por la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica.

El avance de la física ha destruido viejos conceptos y ha dado origen a otros. El tiempo absoluto y los sistemas inerciales de referencia han sido abandonados, por la Teoría de la Relatividad; en la Teoría Cuántica, la continuidad fue remplazada por la discontinuidad y aparecieron las leyes probabilísticas. La enseñanza de la física tiene que preparar a los estudiantes para enfrentar estos retos. El empleo de la historia y la filosofía de la física es un importante recurso didáctico para conducir a los estudiantes hacia la profunda comprensión de la física, su evolución, estructura, teorías, leyes, hechos y conceptos. Finalmente, es importante significar que hoy: el conocimiento analítico, disciplinar, lineal, no está revelando el comportamiento de la realidad objetiva, por lo que se impone el pensamiento holístico, transdisciplinar y no lineal.

---

[1] Sardar, Z. and Abrams, I. *Introducing Chaos*, Icon Books Ltd, Cambridge, UK, 1999.

[2] Hacyan, S. *Cuando la ciencia nos alcance II*, Fondo de Cultura Económica, México DF, 2002.

[3] Morin, E. "Los siete saberes necesarios a la educación del futuro", UNESCO, 1999.

[4] Morin, E. "La cabeza bien puesta: Repensar la reforma, Reformar el pensamiento", Ediciones Nueva Visión; Buenos Aires, 2002.

[5] Valdés, P, et al, *Enseñanza de la Física Elemental*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana 2002.

- [6] Guadarrama, P. "Crítica a los reduccionismos epistemológicos en las ciencias sociales" Revista de Filosofía, vol. 27, No. 62, 2009.
- [7] Fernández-Rañada, A. Reduccionismo, objetividad, paradigmas y otras cosas de la ciencia, Ciencia No. 85 enero 2004.
- [8] Betto, F. Educación crítica y protagonismo cooperativo, Conferencia Congreso Pedagogía 2015, La Habana
- [9] Matthews, M. History, Philosophy, and Science Teaching: The Present Rapprochement. Science and Education 1,11-47, 1992.
- [10] Koyré, A. Estudios de historia del pensamiento científico, Siglo XXI, Editores sa de cv, México, DF, 1988.
- [11] Markarian, R. y Gambini, R. Editores, Ediciones Trilce, Montevideo, 1997.
- [12] García, F. Presente y futuro del científico, Lección inaugural del Curso Académico 1996-1997, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, 25 de septiembre 1996.
- [13] Claro, F. A la sombra del asombro: El mundo visto por la física, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1995.