

LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD: SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE PARA EL NIVEL DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

ARRIASSECQ BALVERDE, I. (1) y GRECA ILEANA, M. (2)

(1) Departamento de Formación Docente. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, ARGENTINA irenearr@exa.unicen.edu.ar

(2) Universidad de Burgos. ilegreca@hotmail.com

Resumen

Resumen

Se analiza el desarrollo, la implementación y la evaluación de una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de tópicos de la Teoría Especial de la Relatividad (TER)– sustentada en un marco de referencia que integra aspectos epistemológicos, psicológicos y didácticos – que contempló, además, la elaboración de un material escrito para ser utilizado por docentes y alumnos que contempla las carencias – entendidas como tales desde la perspectiva del marco teórico adoptado– encontradas en los libros de texto usuales. Dicho material incluye, fundamentalmente, el desarrollo de tópicos específicos de la TER, la selección de artículos originales para su lectura y discusión crítica y la propuesta de diversos tipos de actividades (resolución de problemas, ejercicios, etc.; incluso algunas no convencionales como la elaboración de cuentos e historietas)

Objetivos

Este trabajo de investigación tuvo como objetivos diseñar, implementar y evaluar una propuesta didáctica para enseñar y aprender tópicos de Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el nivel secundario, desde una perspectiva histórica y epistemológicamente contextualizada.

Marco teórico

Nuestro trabajo se fundamenta en un enfoque que otorga al uso de la Historia de la Ciencia y la Epistemología, en el diseño de propuestas concretas de aula, un rol tan importante como el que tiene el marco psicológico y el didáctico. Este abordaje contextualizado incluye un fuerte énfasis conceptual de los temas, indispensable para que las discusiones histórico-epistemológicas adquieran sentido para los estudiantes (Arriasecq & Greca, 2007).

En el *eje epistemológico*, adoptamos elementos de Bachelard, que permitieron desarrollar un análisis epistemológico del contenido de la TER, delimitándose así los conceptos centrales que los alumnos deberían aprender significativamente: *espacio*, *tiempo* y las nociones asociadas de *sistema de referencia*, *observador*, *simultaneidad* y *medición*, necesarias para la comprensión relativista del espacio-tiempo.

El *eje psicológico* fue elaborado a partir de una síntesis de diversas perspectivas sobre la formación de conceptos –específicamente algunos aspectos de las teorías de Vergnaud, Ausubel y Vygotsky, tomados como marcos teóricos complementarios (Arriasecq, 2008)– que posibilitan interpretar cómo los alumnos logran conceptualizar un contenido concreto en situación de aula. Con la teoría de Vergnaud, fueron analizadas, en un estudio previo, las representaciones (invariantes operatorios) de los alumnos sobre los conceptos emergentes del análisis epistemológico.

En el *eje didáctico* se tomó la concepción de *objetivo-obstáculo* de Martinand, quien propone la existencia de una relación dialéctica entre los objetivos de la enseñanza y los obstáculos que se interponen en la concreción de los mismos. Los resultados del estudio de las representaciones de los alumnos permitió determinar los objetivos-obstáculos que deberían ser superados por los mismos para un aprendizaje significativo del campo conceptual de la TER.

Metodología

La elaboración y posterior implementación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje estuvo precedida por las siguientes etapas:

- Análisis epistemológico de cuestiones relevantes dentro de la TER (Arriasecq & Greca, 2007).
- Indagación de las dificultades de los docentes para afrontar la tarea de abordar la TER en el nivel de enseñanza secundaria, en situación concreta de aula (Arriasecq y Greca, 2004).
- Análisis de los libros de texto que tanto docentes como alumnos adoptan como recurso didáctico (Arriasecq y Greca, 2007).
- Análisis de las dificultades de los estudiantes para conceptualizar los aspectos más relevantes de la TER, cuando es enseñada de forma tradicional (Arriasecq, y Greca, 2006).
- Implementación de una propuesta didáctica (Arriasecq, 2008) específicamente diseñada, que aborda cuestiones de índole histórico-epistemológica referidas a la ciencia, revisa conceptos de Mecánica Clásica necesarios para interpretar la TER, así como los de Electromagnetismo que entran en conflicto con la Mecánica Clásica, discute los aspectos fundamentales de la TER, partiendo del artículo original de 1905, y presenta algunos aspectos de la vida de Einstein como hombre, trascendiendo al "mito" (Arriasecq y Adúriz-Bravo, 2007).

Cada tópico fue redactado a partir de la selección de contenidos realizada desde el marco teórico, en correspondencia con los objetivos a ser alcanzados con la propuesta didáctica. El mismo rol tuvo el marco teórico para diseñar, secuenciar y evaluar cada una de las actividades. Así, los conceptos centrales de la TER son reintroducidos en diferentes partes de la propuesta, usando una variedad de representaciones, algebraicas y gráficas, y las diversas actividades parten de situaciones-problemas en donde los obstáculos son presentados. Las actividades requieren el uso de diferentes herramientas por parte de los alumnos: expresión oral y escrita, mapas conceptuales, representaciones gráficas, cálculos, diseño de historietas.

Los resultados que relatamos corresponden a la implementación de la propuesta en un curso de 5to año de la ESO, realizada por una docente sin preparación previa especial (ni disciplinar ni didáctica) sobre el tema.

La evaluación de esta implementación se realizó a través de un estudio cualitativo, con la participación intensiva y por largos períodos del investigador en el escenario estudiado. Se trabajó con documentos personales –actividades y evaluaciones (antes y después de la implementación de la secuencia didáctica) realizadas por alumnas y docente–, grabaciones del trabajo grupal en diversas clases y notas de campo. Este material fue analizado usando procedimientos narrativos, con una interacción permanente entre observación e interpretación y datos recogidos y análisis.

Según este análisis las alumnas:

- 1- Habrían logrado modificar algunos invariantes operatorios a los que recurrían para abordar situaciones de la Mecánica Clásica que no eran correctos desde el punto de vista científico y que, de mantenerlos, no les permitirían un aprendizaje significativo de tópicos de la TER.
- 2- Parecería que han superado el obstáculo de asumir al concepto de tiempo en Física como en la vida cotidiana o de reducirlo sólo a sus unidades de medida.
- 3- Consiguieron identificar la *relatividad tanto del espacio como del tiempo* con respecto al sistema de referencia adoptado.
- 4- En cuanto a los conceptos *sistema de referencia, observador y medición*, habrían logrado generar nuevos teoremas-en-acción. Por ejemplo: “el observador que pretende describir un fenómeno físico debe adoptar un sistema de referencia y utilizar instrumentos adecuados para cada tipo de medición”; “si un observador debe registrar tiempos requiere de instrumentos sincronizados con los de otro observador para comparar resultados”.
- 5- No parece que hubieran modificado el concepto de *simultaneidad*, inicialmente entendido como “dos sucesos son simultáneos cuando ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar”.
- 6- Son capaces de reconocer, en problemas concretos, la *contracción de las longitudes*.
- 7- Interpretan que la TER no es una mera especulación teórica, sino que ha sido aceptada por la comunidad científica con suficiente comprobación experimental.
- 8- Manifestaron gran interés por el tema así como por la forma de trabajo –análisis con énfasis en lo conceptual– que no era la habitual.

Estos resultados nos permiten afirmar que, a pesar de diversas dificultades e imprevistos durante el proceso de enseñanza, los resultados logrados por el grupo con el que se trabajó, en términos de aprendizajes de conceptos centrales de la TER, parecen ser bastante mejores que los obtenidos cuando la TER es abordada de una forma que podría denominarse “tradicional”, con el libro de texto como principal recurso didáctico.

Conclusiones

El texto elaborado profundiza en un tópico que, a pesar de su importancia, no ha sido suficientemente investigado en el área de la Enseñanza de la Física en Argentina y, además, desde un marco teórico

innovador que integra elementos epistemológicos, psicológicos y didácticos en la elaboración del material escrito.

A partir de los resultados obtenidos, consideramos que es posible introducir en el nivel secundario elementos de la TER con el material que hemos elaborado, a pesar de la falta de formación de los profesores en el tema y del escaso tiempo disponible. En ese sentido, el resultado global obtenido es relevante.

Referencias bibliográficas

ARRIASSECQ, I. y GRECA, I. (2004). Enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad en el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, (2), en <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

ARRIASSECQ, I. y GRECA, I. (2006). Introducción de la Teoría de la Relatividad Especial en el nivel medio /polimodal de enseñanza: identificación de Teoremas-en-Acto y determinación de objetivos-obstáculo. *Revista Investigações em Ensino de Ciências* (<http://www.if.ufrgs.br/ienci>), 11, (2).

ARRIASSECQ, I. & GRECA, I. (2007). Approaches to the Teaching of Special Relativity Theory in High School and University Textbooks of Argentina. *Science & Education*, 16 (1), pp. 65-86.

ARRIASSECQ, I. y ADURIZ-BRAVO, A. (2007). "Albert Einstein: El hombre más allá del mito". En Gallarreta, S. y Stipcich, S. comp.: Las actividades de enseñanza y aprendizaje en las Ciencias de la Naturaleza. (CD).

ARRIASSECQ, I. (2008). La Enseñanza y el Aprendizaje de la Teoría Especial de la Relatividad en el nivel medio/polimodal. Tesis de doctorado. En prensa (Universidad de Burgos, España).

CITACIÓN

ARRIASSECQ, I. y GRECA, M. (2009). La teoría especial de la relatividad: secuencia de enseñanza y aprendizaje para el nivel de enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2107-2111
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2107-2111.pdf>