

## **Enseñanza por Investigación en Física en la Escuela Secundaria: Nociones básicas de Relatividad Especial.**

Dra. María Rita Otero; Dr. Marcelo Arlego; Mg. Edwin Muñoz Guzmán

[rotero@exa.unicen.edu.ar](mailto:rotero@exa.unicen.edu.ar) , [marlego@exa.unicen.edu.ar](mailto:marlego@exa.unicen.edu.ar), [ediwnm@gmail.com](mailto:ediwnm@gmail.com)

Se propone analizar y discutir una secuencia Didáctica para enseñar nociones básicas de la Teoría especial de la Relatividad (TER) en los últimos años de la escuela secundaria y/o en los cursos introductorios de la universidad (Otero, M. R., Arlego, M. y Prodanoff, F., 2016, 2015; Otero, M. R., Arlego, M. y Ponce, E., 2016). La secuencia y sus versiones sucesivas, han sido implementadas en Argentina y en Colombia. Inicialmente discutiremos una posible Estructura Conceptual de Referencia (ECR), que cumple con una condición que podríamos llamar autopoiética, es decir, que existe en el mismo proceso que se desarrolla, se adapta y cambia. Se analiza el campo conceptual de la TER (Vergnaud, 2013, Otero et. al, 2013) y se explicita una posible organización conceptual, que considera tanto el conocimiento producido por la comunidad científica y la génesis histórica y social de dicho conocimiento, como la institución en la cual se pretende enseñarlo, esta estructura fundamenta el desarrollo de dispositivos didácticos, es decir, utilizados para enseñar un campo conceptual.

Luego se propone la secuencia cuyas tres fases representan a grandes pasos, una evolución de las ideas relativistas en Física desde Galileo hasta Einstein. La primera se refiere a la cinemática clásica (pre-relativista) y al principio de relatividad de Galileo. Se analiza el movimiento de objetos desde distintos sistemas de referencia, introduciendo la relatividad del movimiento desde el inicio. Se usa el concepto de velocidad relativa en situaciones familiares para los estudiantes: por ejemplo, un auto que viene en la ruta por el carril contrario se nos aproxima a mayor velocidad que la que indica su velocímetro. Esta clase de situaciones convocan al uso de la ley de adición de velocidades de Galileo. La etapa finaliza con situaciones que utilizan el principio de inercia y la relatividad Galileana: los estudiantes experimentan con un péndulo en su mano, en reposo y con movimiento uniforme (respecto al piso), y también al frenar, acelerar o moverse en círculo. Se busca evidenciar la indistinguibilidad entre reposo y traslación uniforme -base del principio de relatividad-, para usarlo en una situación donde hay que decidir el estado de movimiento de un vagón -idealmente aislado- sólo con la ayuda de un péndulo que cuelga del techo. La segunda etapa consiste en una transición hacia la TER, donde se retoma y generaliza el principio de relatividad y se formula la invariancia de la velocidad de la luz ( $c$ ). Ambos postulados se usan para analizar y modelar situaciones relativas a la simultaneidad o no-simultaneidad de eventos observados desde sistemas de referencia diferentes con proyectiles y con luz. La tercera etapa considera los aspectos cinemáticos de la TER propiamente dicha. Utilizando el principio de relatividad y la invariancia de  $c$ , se obtiene la dilatación del tiempo, la contracción de las longitudes y la adición relativista de velocidades. Luego se retoma el problema de los proyectiles en un contexto completamente relativista, otorgando al fenómeno de pérdida de simultaneidad un carácter general. Se presentan resultados obtenidos en las implementaciones realizadas.

### **Referencias**

Otero, M. R., Arlego, M. y Prodanoff, F. (2016) Teaching the basic concepts of the Special Relativity in the secondary school in the framework of the Theory of Conceptual Fields of Vergnaud. *Il nuovo cimento C*, Issue 3, May-June. DOI: 10.1393/ncc/i2015-15108-0.

Otero, M. R., Arlego, M. y Prodanoff, F. (2015b) Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the Special Theory of Relativity in high school. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 3, 3401. (2015) DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173731891>.

Otero, M. R., Fanaro, M. Sureda, P., Llanos, V. C., Arlego, M. (2014) *La Teoría de los Campos Conceptuales en el Aula de Matemática y Física*, Editorial Dunken, Buenos Aires.

Vergnaud, G. (2013) Pourquoi la théorie des champs conceptuels? *Infancia y Aprendizaje* V. 36.2, 131-161.