
ALGUNAS IDEAS DE LOS JÓVENES SOBRE LA RELATIVIDAD Y EL UNIVERSO⁽¹⁾.

BEATRIZ FOLLARI⁽¹⁾; ELENA GUTIÉRREZ⁽¹⁾; MARÍA PERROTTA⁽¹⁾;
ANA MARÍA DE LA FUENTE⁽¹⁾; VICENTE CAPUANO⁽²⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Uruguay 151. CP 6300. Santa Rosa. La Pampa. Fax: (+)54-02954-43 2679. E-mail: fexactas@unlpam.edu.ar

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria. CP 5000. Córdoba. Fax: (+)54-0351-433 4139. E-mail: vcapuano@com.uncor.edu

RESUMEN

A través de una encuesta realizada a alumnos de 4° y 5° año de la actual escuela media de todo el país, se indagó sobre sus ideas acerca de conceptos relacionados con el Universo y la Relatividad. Del análisis de los resultados obtenidos se concluye, entre otras cosas, que conocen la ecuación $E=mc^2$ aunque no interpretan su significado; que creen que no puede superarse la velocidad de la luz ni volver al pasado y que el Universo comenzó hace mucho tiempo y no tiene límites. Estas ideas han sido adquiridas, en su mayor parte, del contexto social y deben ser tenidas en cuenta para el diseño de acciones educativas.

ABSTRACT

On the basis of an inquiry been to young students of the 4th and 5th year of the present high school of the whole argentinean country, it was inquired about their basic ideas related to the Universe and Relativity. Analyzing the results obtained it can be concluded, among others, that students know the equation $E=mc^2$ but not its meaning; they believe that they can't exceed the speed of light nor travel to the past and that the Universe began a long time ago and has no limits. Most of these ideas have been acquired on a social context and must be considered for educational planning.

1. INTRODUCCIÓN.

Se hace evidente que la Física en general y, en particular la Física Moderna (entendiendo por tal la Física desarrollada durante este siglo), es parte integrante del conocimiento necesario en la sociedad moderna, científica y tecnológica. En muchas situaciones de su vida diaria, el hombre enfrenta problemas relacionados con lo que se estudia en Física (Jardón y otros, 1994).

En un marco de referencia constructivista, la enseñanza en general y la enseñanza de la Física en particular requiere para que se realice un

aprendizaje significativo, que el nuevo conocimiento se relacione intencionalmente con las ideas previas existentes en la estructura cognitiva del alumno (Brincones, 1994). En consecuencia no alcanza con una, si se quiere excelente, distribución o transmisión de información, sino que es necesario que el alumno relacione los conceptos de Física con sus propios conceptos, acciones y experiencias previas.

A partir de la investigación en educación en Física también ha quedado demostrado que al

⁽¹⁾ Este trabajo es parte de un proyecto de investigación aprobado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, denominado "Análisis y estudio de temas de física moderna, innovaciones para su transferencia al aula". La Dirección de este proyecto está a cargo del Ing. Vicente C. Capuano, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

llegar al aula, los estudiantes poseen concepciones que por lo general no coinciden con aquéllas científicamente aceptadas (Osborne y Wittrock, 1983) y son altamente resistentes al cambio. Algunas de estas concepciones guardan cierta relación con las mantenidas por la comunidad científica a lo largo de la historia. Tienen, también, cierto grado de universalidad, característica importante para las investigaciones sobre las ideas de los estudiantes, porque permite anticipar las maneras en las que un grupo de alumnos de determinada edad van a conceptualizar un determinado problema (Nussbaum y otros, 1976; Driver, 1985; Pintó y otros, 1996). Además puede existir más de una idea sobre un mismo fenómeno (Maloney y Siegler, 1993). En algunos casos hay una progresiva evolución de las concepciones de los estudiantes a lo largo de los años escolares dentro de un campo específico de conocimiento (Osborne y Freyberg, 1991).

En la mayoría de los trabajos se recomienda que para facilitar un aprendizaje significativo deben elaborarse propuestas didácticas que tengan en cuenta dichas concepciones, ya que las mismas forman parte del marco referencial con el que los alumnos interpretan los conceptos y las actividades que se les proponen (Mc Dermott, 1983; Langford, 1990; Moreira, 1994; Rowe y otros, 1997; Pesa y otros, 1997).

Desde el punto de vista de la psicología educativa de Ausubel, la tarea del docente podría reducirse al siguiente principio: "averiguar lo que el alumno sabe y enseñar en consecuencia" (Ausubel y otros, 1996).

Las ideas previas han sido estudiadas ampliamente en muchas áreas de la Física, pero en lo que respecta a temas de Física Moderna se encuentra en la bibliografía un número reducido de trabajos (Pfundt y Duit, 1994). En algunos de estos trabajos los temas analizados fueron: concepciones acerca de la materia y su transformación (Anderson, 1990), radiactividad (De Posada Aparicio y otros, 1990), Teoría de la Relatividad (Lahera y Forteza, 1989; Toledo y otros, 1997), y universo (Alfonso López y Bazo González, 1995).

En el trabajo de Toledo se considera como concepción previa para el abordaje de los conceptos de la Relatividad Especial a los conceptos de la Física Clásica. Indaga en la coexistencia de ambas concepciones analizando el modo como evolucionan mientras el alumno adquiere profundidad en el conocimiento de la nueva concepción brindada por la instrucción. Si ésta

tiene éxito, los conceptos de la Física Clásica y los de la Relatividad Especial se complementarán y definirán con claridad los campos de aplicación.

Otra postura acerca de este tema es la de Arnedo y otros (1989) quienes proponen que el aprendizaje de la Física Moderna debería orientarse hacia el cambio conceptual y metodológico, es decir, planteando una ruptura con la Física Clásica, incluyendo actividades de explicitación de ideas previas hasta actividades de desarrollo para el tratamiento de distintos conceptos de temas como Relatividad y Física Cuántica.

Según Alfonso López y Bazo González (ob. cit.), las concepciones sobre el Universo en los estudiantes de distintos niveles han evolucionado en forma similar a las teorías científicas.

En un trabajo anterior (Capuano y otros, 1997), se indagó sobre las preferencias de los alumnos en diversos tópicos de Física, abarcando tanto la Física Clásica como la Moderna. Se encontró que en el orden de preferencia los temas que aparecen en primer término son Relatividad, superconductores, origen del universo, etc. Como hasta ahora estos temas no han formado parte de la curricula de la enseñanza formal, las expectativas y necesidades de los alumnos no son satisfechas. Esto también fue detectado por Mc Dermott (1993), quien plantea la necesidad de llevar a cabo investigaciones de enseñanza-aprendizaje en tópicos de Física Moderna.

El objetivo de este trabajo consiste en indagar las ideas de los alumnos sobre algunos de los conceptos implicados en la Teoría de la Relatividad Especial y sobre el Universo (edad y límites). Estas ideas se corresponderán con las estructuras cognitivas que los estudiantes han elaborado para su vida diaria (Pozo y otros, 1991; Perrotta y otros, 1998) influidas por el contexto social en general y por material extraescolar en particular (revistas de divulgación científica, programas televisivos sobre ciencia, películas de ciencia-ficción, etc.), en razón de la ausencia de la enseñanza de la Física Moderna en la escuela media (Capuano, ob. cit.).

El conocimiento del modo de pensar de los alumnos sobre estos temas, nos servirá como punto de partida para establecer qué estrategias didácticas de transferencia al aula son necesarias para lograr un aprendizaje significativo de los mismos.

2. METODOLOGÍA.

Con el fin de indagar los preconceptos en Relatividad y edad y límites del Universo se realizaron 409 encuestas para recabar información durante el año 1997. Se realizó un muestreo estratificado, dividiendo el país en cinco zonas geográficas: Noroeste (NO), Noreste (NE), Centro este (CE), Centro oeste (CO) y Sur(S).

Las encuestas se realizaron a alumnos de cuarto y quinto año de la escuela secundaria de tres ciudades distintas en cada zona. Debe tenerse en cuenta que estos alumnos cursaron con planes de estudio anteriores a la implementación de la Reforma Educativa.

Con el propósito de ajustar la encuesta hacia un enfoque más claro y directo del tema en cuestión, antes de su elaboración definitiva se realizaron encuestas exploratorias con alumnos de perfil similar al propuesto.

Dado que se trata de una investigación de tipo exploratorio, no se han planteado hipótesis respecto de las posibles respuestas de los alumnos a cada una de las cuestiones formuladas en la encuesta; sólo se parte del supuesto de que los preconceptos existen en la estructura cognitiva de los alumnos y es nuestro interés conocerlos.

3. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN Y RESULTADOS.

La encuesta consta de cinco preguntas. Las tres primeras se refieren a temas de Relatividad: la relación entre masa y energía, la velocidad de la luz como velocidad límite y la posibilidad de volver al pasado. Las preguntas cuatro y cinco indagan sobre las ideas que los alumnos tienen respecto de la edad y límites del Universo.

Cada una de las cuestiones planteadas tiene varias opciones para que los alumnos elijan una o más de una. La suma de los porcentajes de los ítems elegidos puede dar más del cien por cien en el caso de que los alumnos seleccionaran más de una opción no contradictoria entre sí. Las respuestas contradictorias fueron contabilizadas una sola vez separadamente.

Con el propósito de establecer un intervalo de confianza asociado a cada uno de los porcentajes obtenidos para cada opción, se tomó una confiabilidad del 95% ($\alpha=0,05$) (Walpole y Myers, 1992).

A continuación presentamos el instrumento utilizado para detectar lo que piensan los alumnos sobre los temas elegidos, con el siguiente agregado: al final de cada una de las opciones se agrega un porcentaje que indica el grado de preferencia obtenido por la opción.

Encuesta.

Las siguientes cuestiones son temas de Física Moderna: marca con una cruz la/s opción/es que consideres correcta/s:

1.- Con cierta frecuencia cuando se hace referencia a la Física (o a la Ciencia) se ilustra con la ecuación $E=mc^2$, donde: E es la energía, m es la masa y c la velocidad de la luz. ¿Qué crees que significa?

- a) Que la masa se puede convertir en energía. **18%**
 - b) Que es la energía de una partícula de masa m moviéndose a la velocidad de la luz. **54%**
 - c) Que es la energía máxima que puede tener una partícula. **10%**
 - d) Que es la energía de una partícula de masa m en reposo. **4%**
 - e) No sé. **11%**
- No contesta. **0,5%**
Contradictorias. **3%**

2.- Los cuerpos sobre los que actúa una fuerza son acelerados, variando su velocidad a medida que transcurre el tiempo. ¿Crees que acelerando un cuerpo se puede incrementar su velocidad hasta superar la velocidad de la luz?

- a) Sí, en el caso en que la fuerza sea suficientemente grande. **12%**
 - b) Sí, en el caso en que la masa del cuerpo sea suficientemente pequeña (una partícula). **13%**
 - c) No, pues ningún cuerpo, cualquiera sea su masa o la fuerza aplicada, se puede mover a velocidad superior a la de la luz. **69%**
 - d) No sé. **7%**
- No contesta. **0,5%**
Contradictorias. **0,5%**

3.- ¿Se puede idear una máquina para viajar al pasado, es decir, que hoy te subas a la máquina, se cierren sus puertas, aprietes un botón y cuando sus puertas se abran te encuentres, por ejemplo en 1810? (No importa que a la máquina no puedas describirla y que no exista el desarrollo tecnológico para

fabricarla).

- a) Sí. **23%**
- b) No. **61%**
- c) No sé. **16%**
- No contesta. **0,2%**
- Contradictorias. **0,2%**

4.- ¿Cuántos años, aproximadamente, tiene el universo desde su creación?

- a) 1997 años. **0,5%**
- b) 10.000 años. **1%**
- c) Cientos de miles de años. **3%**
- d) Millones de años. **15%**
- e) Miles de millones de años. **23%**
- f) Millones de millones (billones) de años. **18%**
- g) Más todavía. **27%**
- h) No sé. **10%**
- No contesta. **2%**
- Contradictorias. **0,7%**

5.- El universo puede ser pensado como un espacio en el cual existen galaxias, estrellas, planetas, etc.

- a) Dicho espacio tiene límites y éstos son fijos. **4%**
- b) Dicho espacio tiene límites y éstos se mueven de modo que el universo se agranda. **12%**
- c) Igual, de modo que el universo se achica. **0,5%**
- d) Dicho espacio no tiene límites. **77%**
- e) No sé. **5%**
- No contesta. **1%**
- Contradictorias. **0,7%**

4. ANÁLISIS DE DATOS.

Un análisis global interpretativo de las respuestas de los alumnos nos permite expresar que:

Cuestión 1: La respuesta más elegida por los alumnos (54 ± 5)% es la b, que expresa que $E=mc^2$ es la energía de una partícula de masa m moviéndose a la velocidad de la luz. Tal vez, esto responde al concepto de energía cinética aprendido en la escuela. También puede pensarse que, como en la opción aparecen las magnitudes (masa, velocidad de la luz, energía) que están presentes en la fórmula $E=mc^2$, los alumnos la seleccionan. Las respuestas que coinciden con lo científicamente aceptado (opciones a y d), que sólo expresan parcialmente el signifi-

do de la ecuación, suman (22 ± 4)%.

Cuestión 2: En esta pregunta se pretendía saber si los alumnos tenían conocimiento de que la velocidad máxima posible que puede alcanzar un cuerpo es la de la luz. La mayoría (69 ± 4)% responde la opción c, que es la científicamente aceptada. Muy pocos contestan que sí, aplicando acriticamente la Segunda Ley de Newton (25 ± 4)%, opciones a y b.

Cuestión 3: En esta cuestión se indagó si los alumnos creían posible viajar al pasado. A pesar de la divulgación que se lleva a cabo de viajes a través del tiempo en las películas "Volver al futuro", "Volver al futuro II", "Volver al futuro III", "Exterminador I", "Exterminador II", y en variadas obras literarias de Ciencia Ficción, mayoritariamente (61 ± 5)% los alumnos dicen que no se puede volver al pasado, eligiendo la opción b.

Cuestión 4: La mayoría de los alumnos entiende que el Universo fue creado hace mucho tiempo, ya que las respuestas a los incisos e, f y g, suman (68 ± 5)%, pero no son capaces de precisar cuánto. Posiblemente, los estudiantes eligieron una de las opciones e, f o g como expresión de "muchos millones de años" y eligieron al azar alguna de estas opciones. Para decidir si fue efectivamente así se aplicó un test de hipótesis cuya hipótesis nula es "La elección de los alumnos a las opciones e, f o g es al azar". El cálculo arrojó como resultado que no existen diferencias significativas entre los porcentajes obtenidos y los que se hubieran logrado si las respuestas hubieran sido elegidas al azar. Como conclusión, se puede pensar que, si bien tienen la idea de que la respuesta es "mucho tiempo" no pueden aprehender cifras tan grandes.

Cuestión 5: Un alto porcentaje (77 ± 7)% piensa que el Universo no tiene límites, opción d. Sólo un (12 ± 3)% cree que tiene límites y que éstos se mueven de modo que el Universo se agranda, lo que indica un desconocimiento de los modelos cosmológicos vigentes.

Con el fin de visualizar los resultados y realizar una comparación entre las zonas geográficas ya definidas, se muestran éstos en la siguiente tabla y gráfico, para las cinco preguntas de la encuesta y para la tendencia global mayoritaria: 1-b, 2-c, 3-b, 4-(e+f+g), 5-d. En el caso de la pregunta 4 se toma como respuesta mayoritaria la suma de las preguntas e, f y g, por lo expuesto al analizar las respuestas a dicha cuestión.

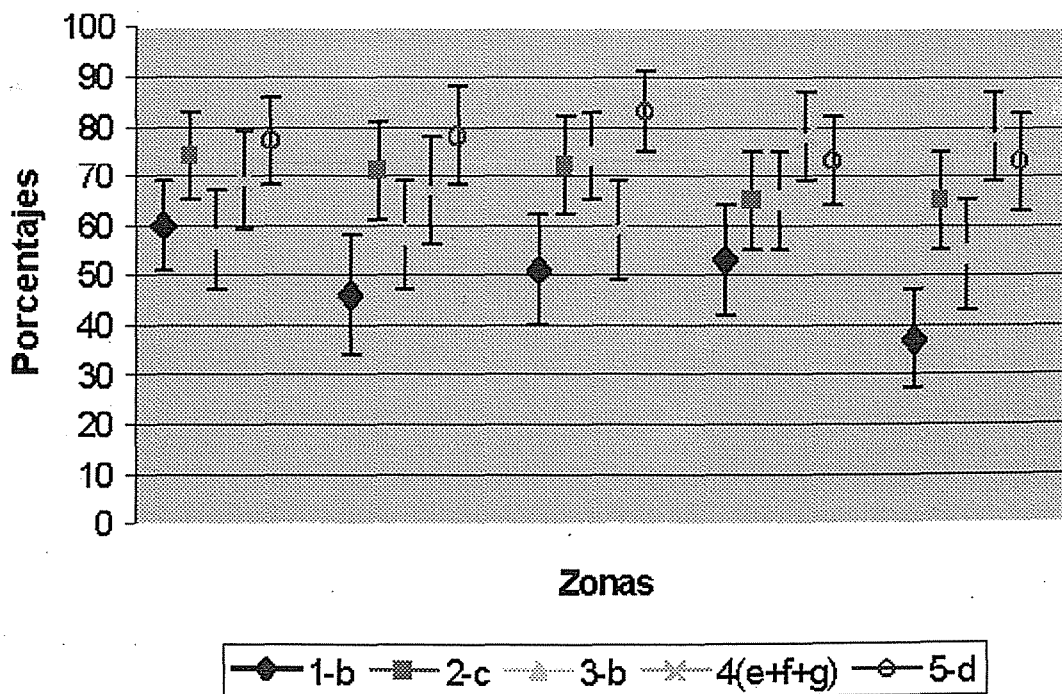
	NO	NE	CE	CO	S
1-b	60±9	46±12	51±11	53±11	37±10
2-c	74±9	71±10	72±10	65±10	65±10
3-b	57±10	58±11	74±9	65±10	54±11
4-(e+f+g)	69±10	67±11	59±10	78±9	78±9
5-d	77±9	78±10	83±8	73±9	73±10

Tabla 1: Valores % con su intervalo de confianza al 95% para las tendencias globales mayoritarias.

El gráfico muestra los porcentajes con su intervalo de confianza correspondiente, para la tendencia mayoritaria de cada pregunta, y por zona.

Con el objeto de decidir si existen diferencias significativas entre las respuestas dadas por los estudiantes de las distintas zonas, se realizó un test de hipótesis con una confiabilidad del 95% ($\alpha=0,05$) (Walpole y Myers, ob. cit.). Compa-

rados los resultados obtenidos para el conjunto de zonas, se encontró que para las preguntas 2-c, 3-b, 4-(e+f+g) y 5-d, no existen diferencias significativas entre las zonas lo cual justifica un análisis global como el que se ha hecho. Esto se visualiza, además, en la representación gráfica, donde se advierte un solapamiento entre las barras de error de las preguntas mencionadas, cuando se comparan los resultados en las distintas zonas.



Aplicando el mismo criterio a la pregunta 1-b resulta que la zona Sur muestra una diferencia significativa respecto de las demás. Una comparación entre las respuestas a la cuestión 1 de la zona Sur con el resto del país muestra que

los alumnos de esta zona responden con una mayor frecuencia que la masa se puede convertir en energía (1-a). Para esta opción el porcentaje global fue 18% mientras que el de la zona Sur es del 24%.

5. CONCLUSIONES.

La respuesta a la cuestión 1 muestra que los alumnos conocen esta expresión matemática, tal vez la más famosa de la Física, ya que sólo un (10±3)% contestan no sé. Sin embargo por las opciones seleccionadas se advierte que desconocen su significado.

Los jóvenes piensan mayoritariamente que no puede superarse la velocidad de la luz y que no puede volverse al pasado. Sin embargo, creemos que no tenemos evidencias suficientes para decir cómo relacionan estas ideas con los postulados de la Relatividad y con la idea relativista del tiempo. Para profundizar y rastrear el pensamiento que se esconde detrás de "no se puede retroceder en el tiempo" sería necesario realizar entrevistas.

En cuanto al Universo, parece claro que los estudiantes creen que su comienzo ocurrió hace mucho tiempo y además que es infinito.

Otro aspecto a considerar es aquel que se relaciona con la respuesta "No sé". Entre las cinco cuestiones, el "No sé" obtiene sólo el 10%, el resto (90%) "cree saber" sobre los temas indagados. Este resultado puede interpretarse como que a esta edad los jóvenes tienen necesidad de conocer sobre ciertos temas (Capuano, ob. cit.), y de algún modo han logrado e internalizado información sobre ellos, o que el contexto social se antepone a la instrucción en la escuela, incorporando conceptos en la estructura cognitiva de los jóvenes.

Atento a los resultados expresados en el párrafo anterior, y dado que los temas investigados no estaban contemplados en la curricula de los niveles primario y secundario (antes de la reforma educativa), se evidencia la necesidad de comenzar la enseñanza de algunos temas de Física Moderna a edad temprana en la escuela secundaria (Tercer Ciclo de la Educación General Básica y Educación Polimodal) y tal vez algunas consideraciones puedan comenzar a realizarse en la escuela primaria (Primer y Segundo Ciclo de la Educación General Básica), naturalmente adecuando los modelos de enseñanza al estadio evolutivo de los alumnos.

Para finalizar podemos expresar que los resultados también indican que es necesario escuchar a los alumnos para adecuar los modelos de enseñanza (Mc Dermott, 1993) y que también en temas de Física Moderna los

jóvenes tienen ideas que no coinciden con las científicamente aceptadas (Osborne y Wittrock, ob. cit.).

6. AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a los profesores de Física de todo el país que colaboraron en la realización de las encuestas y a la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA) que a través de sus actividades nos permitió conocerlos. Sin los profesores, la Asociación que los cobija, y porqué no los alumnos, este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo.

BIBLIOGRAFÍA.

ALFONSO LÓPEZ, R. y BAZO GONZÁLEZ, C., 1995, Una aproximación de las representaciones del alumnado sobre Universo, Enseñanza de las Ciencias, 13 (3), pp. 327-335.

ANDERSON, B., 1990, Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16), Studies in Science Education, 18, pp. 53-85.

ARNEDO, M., CATALÁN, O., DE SANTA ANA, E., MARTÍNEZ, F. y NAVARRO, P., 1989, La crisis de la Física Clásica y los orígenes de la Física Moderna: una propuesta de trabajo para EE.MM., Enseñanza de las Ciencias, N^o extra, tomo 2, pp. 136-139.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H., 1996, Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. 9a. ed. traducida al español, Editorial Trilla, México, 623 p.

BRINCONES, I., 1994, La construcción del conocimiento. Aplicaciones para la Enseñanza de la Física, Cuaderno del ICE, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

CAPUANO, V., GUTIÉRREZ, E., PERROTTA, M., DE LA FUENTE, A. y FOLLARI, B., 1997, Física Moderna: ausente en la escuela media (Tercer ciclo EGB y Nivel polimodal), Memorias REF X, Tomo 2, 2c-03, Mar del Plata, Argentina.

DE POSADA APARICIO, J.M. y PRIETO RUZ, T., 1990, Exploraciones gráficas de ideas extraescolares de los alumnos sobre radiactividad, Enseñanza de las Ciencias, 8(2), pp. 127-130.

- DRIVER, R., 1985, Cognitive psychology and pupil's frameworks in mechanics. En Lijnse (ed) "The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics", Utrech: GIREP/SVO/UNESCO.
- JARDÓN, A., UTGES, G. y FERNÁNDEZ, P., 1994, La tecnología de la vida cotidiana y la enseñanza de la Física, Memorias del SIEF II, Buenos Aires, Argentina, p. 128.
- LAHERA, J. y FORTEZA, A., 1989, Ideas previas de los alumnos sobre Relatividad y resultados de un proceso de aprendizaje, Enseñanza de las Ciencias, N^o extra, tomo I, pp. 227-228.
- LANGFORD, P., 1990, El desarrollo del pensamiento conceptual en la escuela secundaria, Traducido al español, Ed. Paidós Ibérica S.A., 189 p.
- MALONEY, D. y SIEGLER, R., 1993, Conceptual competition in physics learning, International Journal of Science Education, 15 (3), pp. 283-295.
- MC DERMOTT, L., 1983, Critical review of research investigation in the domain of Mechanics, Research on Physic Education, Proceedings of the first international workshop, La Londe les Maures, pp. 139-182.
- MC DERMOTT, L., 1993, Como enseñamos y como aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste?, Primera parte, Enseñanza de la Física, pp. 19-32.
- MOREIRA, M., 1994, Aprendizaje significativo y cambio conceptual, Memorias SIEF II, Buenos Aires, Argentina, pp. 87-88.
- NUSSBAUM, J., NOVAK, J., 1976, Children's conception of the Earth as a cosmic body: across-age study, Science Education, 63(1), pp. 83-93.
- OSBORNE, R., FREYBERG, P., 1991, El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos, Ed. Narcea, Madrid, 301 p.
- OSBORNE, R., WITTRICK, M., 1983, Learning science: A generative process, Science Education, 67(4), pp. 479-508.
- PERROTTA, M., DE LA FUENTE, A., FOLLARI, B., GUTIÉRREZ, E. y CAPUANO, V., 1998, ¿Qué piensan los jóvenes sobre la luz y el láser?, Aceptado para su publicación en las Memorias del SIEF IV, APFA, Argentina.
- PESA, M. y CUDMANI, L., 1997, Sistematización de los resultados alcanzados en las investigaciones sobre concepciones alternativas, Memorias de REF X, Vol. II, pp. 2a-06.
- PFUNDT, H. y DUIT, R., 1994, Bibliography. Students' alternative frame works and Science Education, 4th-Edition/4, Institute for Science Education, Germany, 288 p.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R., 1996, Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas, Enseñanza de las Ciencias, 14(2), pp. 221-232.
- POZO, J., SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M. Y LIMÓN, M., 1991, Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la Psicología Cognitiva, Enseñanza de las Ciencias, 9(1), pp.83-94.
- ROWE, M., TESO, P., 1997, Diseño y desarrollo de una guía de trabajo sobre la construcción de la noción de fuerza en adolescentes, Memorias de REF X. Vol. I, pp. 1c-02.
- TOLEDO, B., ARRIASSECQ, I. y SANTOS, G., 1997, Análisis de la transición de la Física Clásica a la Relativista desde la perspectiva del Cambio Conceptual, Enseñanza de las Ciencias, 15 (1), pp. 79-90.
- WALPOLE, R. y MYERS, R., 1992, Probabilidad y Estadística, 4a Edición, Editorial Mc Graw Hill, 797 p.

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA NÚMEROS ATRASADOS

El Proyecto 3 de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina, informa a los lectores que se encuentran disponibles para la venta los siguientes números atrasados:

Volúmenes Ordinarios (\$8.- el ejemplar)

Volumen 1 - Nro. 1
Volumen 2 - Nro. 1
Volumen 3 - Nro. 1
Volumen 4 - Nro. 1
Volumen 5 - Nro. 1
Volumen 6 - Nro. 1
Volumen 7 - Nro. 1
Volumen 8 - Nro. 1
Volumen 9 - Nro. 1
Volumen 10 - Nro. 1

Volumen 1 - Nro. 2
Volumen 2 - Nro. 2

Volumen 5 - Nro. 2
Volumen 6 - Nro. 2
Volumen 7 - Nro. 2
Volumen 8 - Nro. 2
Volumen 9 - Nro. 2
Volumen 10 - Nro. 2

Volúmenes Extraordinarios (\$10.- el ejemplar)

Número Extraordinario Nro. 1: incluye los principales resultados de la V REUNION LATINOAMERICANA SOBRE EDUCACION EN LA FISICA (V RELAEF), realizada en la ciudad de Gramado, en agosto de 1992.

Número Extraordinario Nro. 2: Tesis Doctoral (versión abreviada) LAS PRÁCTICAS DE FISICA BASICA EN LABORATORIOS UNIVERSITARIOS, de la Dra. Julia Salinas (U.N. de Tucumán).

*Revista de
Enseñanza
de la Física*

**Colecciones
Completas
\$100.-**