

## TESIS DIDACTICAS

### LA INTRODUCCION DE LOS CONCEPTOS BASICOS DE FISICA MODERNA. (Tesis Doctoral)

Autor: *Jordi Solbes Matarredona*

Directores: *Daniel Gil Pérez (1) y Fernando Senent Pérez (2)*

*Presentada en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad de Valencia, el 10 de junio de 1986.*

(1) Departamento de Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas de la Universidad Autónoma de Barcelona, (2) Departamento de Física Fundamental de la Universidad de Valencia.

El desarrollo científico contemporáneo implica que los currícula de Física y Química incluyan, como es lógico a fines ya del siglo XX, temas que suponen el manejo de ideas y conceptos de Física moderna. Este manejo plantea, sin embargo, serias dificultades en lo que se refiere a la enseñanza secundaria.

Por ello, este trabajo está centrado en las siguientes cuestiones:

1. ¿Se introducen correctamente los conceptos básicos de Física moderna en la enseñanza media? ¿Hasta que punto son comprendidos por los alumnos?
2. ¿Es posible realizar un tratamiento correcto de la crisis de la Física clásica y del surgimiento de la moderna que favorezca una mejor comprensión de ambas? Dar respuesta a estas cuestiones constituye el objetivo de esta tesis. En la primera parte se realiza un análisis crítico del tratamiento habitual y en la segunda, se propone y fundamenta un tratamiento didáctico alternativo y se exponen algunos resultados comparativos.

Nuestro trabajo persigue, además, un segundo objetivo: en efecto se trata de un estudio orientado por un nuevo modelo de aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual y metodológico, a cuya validación pretende contribuir en un campo, como es el de la Física moderna, en el que los cambios conceptuales son particularmente relevantes.

### Formulación y fundamentación de la hipótesis

La investigación didáctica muestra que tanto las concepciones usuales del profesorado sobre la Ciencia —caracterizadas por un empirismo extremo y una visión acumulativa del desarrollo de los conocimientos científicos— como sus formas habituales de enseñanza —por transmisión verbal o por descubrimiento inductivo— tienen poco que ver con la forma en que realmente se desarrollan los conocimientos científicos y no tienen en cuenta las ideas previas de los alumnos con la que los nuevos conocimientos han de integrarse o, a menudo, contra las que han de construirse.

Esto nos lleva a suponer que las deficiencias en el aprendizaje de ideas clave de la Física moderna son el resultado de un tratamiento didáctico incorrecto, caracterizado por una introducción desestructurada que simplemente yuxtapone o incluso mezcla las concepciones clásicas y las modernas, perjudicando por tanto la correcta comprensión de ambas y proporcionando una imagen deformada, muy lineal, de cómo se desarrollan los conocimientos científicos.

### Diseño experimental para la contrastación de la 1ª hipótesis

Con objeto de contrastar la primera hipótesis se ha procedido a estudiar las orientaciones con que el profesorado plantea la introducción de la Física moderna y a una evaluación de las adquisiciones de los alumnos. Para ello se ha recurrido al análisis de textos y a la elaboración de cuestionarios, completados con entrevistas con alumnos y profesores que han permitido profundizar en las cuestiones y darles la forma en que aquí se presentan.

El análisis de textos consta de dos partes. La primera está destinada a comprobar si los libros sintetizan la Física clásica y explicitan la imagen del comportamiento de la materia que proporciona, hacen referencia a su crisis, señalan sus límites de validez y muestran

la Física moderna como un nuevo cuerpo de conocimientos que da una imagen diferente del comportamiento de la materia. La segunda parte se centra en el análisis de errores conceptuales en torno a las relaciones masa/energía, la dualidad onda/corpusculo, las relaciones de indeterminación y la idea de partícula elemental.

Por otra parte se ha recogido la opinión del profesorado sobre la forma de introducir la Física moderna y se ha solicitado igualmente su valoración de los temarios oficiales de Física y Química de 3º de BUP y COU a este respecto.

Por último se ha elaborado un cuestionario para contrastar la hipótesis de que los alumnos a causa de la enseñanza recibida no conocen siquiera la existencia de crisis en el desarrollo de la Física, no asocian el surgimiento de la Física moderna a la existencia de algunos problemas que no encontraron solución en el marco de la Física clásica, no pueden señalar ninguna diferencia importante entre la Física clásica y la moderna e incurrir en graves errores de interpretación de aspectos clave en la Física moderna, como la variación de la masa con la velocidad, la dualidad onda/corpusculo y la indeterminación en el comportamiento de las partículas.

En conjunto el diseño incluye múltiples contrastaciones de derivaciones operativas de la hipótesis considerada. De este modo se ha intentado proceder a un tratamiento en profundidad y reforzar la validez de los resultados obtenidos a través de la coherencia del conjunto.

### Análisis de los resultados de la 1ª hipótesis

El análisis de los textos se ha realizado con una muestra de 42 libros (14 de 2º de BUP, 15 de 3º de BUP y 13 de Física de COU). La mayoría de los textos (en porcentajes que oscilan entre el 83,3% y el 95,2%), según los aspectos considerados realizan un tratamiento incorrecto de la Física moderna, sin hacer referencia a los aspectos analizados en la 1ª parte del cuestionario, como la síntesis de la Física clásica, su crisis, etc.

Confirmando lo anterior, un gran porcentaje de dichos textos (entre el 67,9% y el 78,9%) introducen graves errores conceptuales en aspectos clave de la nueva Física, como las relaciones masa/energía, la dualidad onda/corpusculo, etc.

En cuanto a los resultados obtenidos con la cuestión abierta planteada a una muestra de 63 profesores en formación, evidencian una casi total falta de criterios para el establecimiento del currículum de Física moderna. De hecho tan sólo un 12,3% cita alguna razón justificativa o alguna observación relativa a la necesidad de mostrar la crisis de la Física clásica. Similares resultados se obtienen con la propuesta de análisis crítico de los temarios oficiales.

Finalmente, elevados porcentajes de alumnos (entre el 84,8% y el 94,1%) desconocen la existencia de crisis en el desarrollo de la Física clásica, no citan ninguno de los fenómenos que provocaron esta crisis y no mencionan ninguna diferencia entre Física clásica y moderna (N = 536; 189 de 2º de BUP, 202 de 3º y 145 de COU).

Además, porcentajes de alumnos de 3º y COU comprendidos entre el 82,7% y el 93,1% (N = 347) desconocen el carácter límite de  $c$ , la dualidad onda/corpusculo, etc.

#### Formulación y fundamentación de la 2ª hipótesis

Podemos sintetizar los resultados anteriores afirmando que las graves deficiencias que acabamos de mostrar en el aprendizaje de aspectos clave de la Física Moderna por los estudiantes de enseñanza media no responde, en nuestra opinión, a una especial dificultad de los aspectos contemplados sino, como también hemos mostrado, a una incorrecta orientación didáctica que mezcla las concepciones clásicas y las modernas y favorece los errores conceptuales.

Según esto, se podrían conseguir sensibles mejoras si se utilizan currícula diseñados de acuerdo con un modelo de enseñanza/aprendizaje como cambio conceptual y metodológico que tenga en cuenta tanto las estructuras conceptuales previas de los alumnos como sus tendencias metodológicas habituales. Esto constituye nuestra 2ª hipótesis según la cual con esta orientación didáctica es posible dar una visión clara y elemental de la Física moderna, que favorezca una mejor comprensión tanto de la Física clásica como de la moderna y evite en particular, los errores concep-

tuales detectados en la 1ª parte de la tesis.

#### Diseño experimental para la contrastación de la 2ª hipótesis

Para verificar la posibilidad de conseguir con relativa facilidad sensibles mejoras en la comprensión de los conceptos de Física moderna hemos diseñado materiales destinados a orientar la construcción de los conocimientos por los propios alumnos, de acuerdo con el modelo de aprendizaje como cambio conceptual y metodológico. Materiales que intentan dar una imagen menos lineal de Física mostrando, al menos cualitativamente, cuál es la visión del comportamiento de la materia contra la que se elaboró la Física clásica y los límites de validez de ésta que condujeron a la Física moderna.

Más en concreto, estos materiales se han impartido por el autor de la tesis a grupos de alumnos de BUP y COU. Además, se ha contado con la colaboración de otros profesores que han hecho una utilización menos detenida para constatar hasta qué punto es posible una mejora de los resultados, incluso con tratamientos breves, siempre que la orientación didáctica sea correcta.

#### Análisis de los resultados de la 2ª hipótesis

Estos materiales han sido aplicados por el autor a 107 alumnos de 2º de BUP (nivel elemental) y a 73 de 3º y COU (nivel superior) y por los otros profesores a 31 alumnos de 2º y a 38 de 3º.

En el nivel elemental los resultados obtenidos por los grupos del autor (con porcentajes de error que oscilan entre el 17,8% y el 30,8%) y por los de otros profesores que realizaron un tratamiento más laxo (comprendidos entre el 63,9% y el 48,4%), son notablemente mejores que los obtenidos en los grupos con el tratamiento habitual (entre el 91,5% y el 94,1%).

Lo mismo sucede en el nivel superior. Los porcentajes de error obtenidos por los grupos del autor (entre el 8,2% y el 41,9%) y por los de otros profesores (entre el 26,3% y el 52,6%), son notablemente mejores que los de los grupos de control (comprendidos entre el 82,7% y el 92,8%).

En todos los casos puede afirmarse que las diferencias entre los grupos experimentales y de control no sólo son estadísticamente significativas —con valores de  $\chi^2$  y de la  $t$  de Student que señalan una probabilidad de que las dife-

rencias sean debidas al azar inferior al 1%— sino muy notables, mostrando una drástica disminución de errores conceptuales.

#### Conclusiones

Los resultados de esta tesis nos permiten avanzar las siguientes conclusiones:

1. Tanto los libros de texto como los profesores transmiten una imagen deformada de la Física, ya que no hacen referencias al carácter no lineal de su desarrollo e introducen los elementos de Física moderna de una forma desestructurada, sin mostrar su novedad radical e incurriendo en errores conceptuales.

Con esto se pierde una ocasión única para dar una imagen más justa del trabajo científico y de la importancia de los cambios de paradigma.

2. Como consecuencia de esta orientación los alumnos alcanzan una escasa comprensión no sólo de la Física moderna, sino también de la clásica, al no tener claros sus límites ni las diferencias entre ambos paradigmas.

3. Es posible, con relativa facilidad, dar una imagen más correcta de la Física moderna y contribuir al necesario cambio conceptual que supone su introducción, diseñando currícula que planteen el aprendizaje como construcción de conocimientos y que tengan en cuenta que los conocimientos se articulan en teorías hasta que dificultades insuperables provocan un cambio de paradigma.

#### LA ENSEÑANZA DE LA CIRUGIA: LA ACTIVIDAD HOSPITALARIA DEL PREGRADUADO EN CIRUGIA. (Tesina de Licenciatura)

Autor: *Manuel Díez Miralles*  
 Director: *Justo Medrano Heredia*  
 Fecha de presentación: *17 septiembre de 1985*  
 Lugar de presentación: *Facultad de Medicina. Universidad de Alicante*

#### Resumen

Se pretende en este estudio valorar un método de Enseñanza-Aprendizaje de clínica quirúrgica, que se conoce como Actividad Hospitalaria del Pregraduado en Cirugía, que se desarrolla en uno de los Hospitales docentes de la Facultad de Medicina en la Universidad de Alicante. Se exponen los resultados de

una metodología de Valoración del sistema de Enseñanza-Aprendizaje que consiste en la realización de una serie de cuestiones, que siguen la mecánica de búsqueda de respuesta abierta y cerrada, dirigida a estudiantes de Medicina, pacientes del Hospital, y personal de Enfermería, y cuya conclusión más sobresaliente ha sido el acuerdo casi unánime de estas cohortes encuestadas en que la Actividad Hospitalaria es efectiva y tiene buena aceptación entre los encuestados. Se ha realizado una encuesta para averiguar la vocación básica de los estudiantes de Medicina de nuestra Facultad, y conocer la influencia que las prácticas en Cirugía pueden tener en su determinación. El resultado más sobresaliente ha sido el acuerdo de que aproximadamente el 20% de los estudiantes decide su especialidad médica en base a sus vivencias en las prácticas de Cirugía y otras especiali-

dades. Se ha realizado un estudio de tipo Evaluación, que nos ha proporcionado como resultado principal el hecho de encontrar una diferencia significativa de conocimientos entre el pretest y el postest practicado. También se han valorado una serie de tareas realizadas por los estudiantes, recogidas en unas Guías de Actividad Hospitalaria, que confirman la Hipótesis inicial, de que habitualmente se cumplen los Objetivos previstos en la misma. Un estudio de los costes del sistema de Enseñanza-Aprendizaje, completa el estudio, para confirmar la hipótesis de que es un método de Enseñanza-Aprendizaje relativamente económico, puesto que se ha invertido una cifra inferior a un millón de pesetas para conseguir los Objetivos previstos en la Actividad Hospitalaria durante dos Cursos Académicos. Todos estos resultados nos permiten afirmar que la Actividad Hospi-

laría es un método de Enseñanza-Aprendizaje útil para cumplir los Objetivos Educativos de la Enseñanza Práctica de la Cirugía.

Para obtener estas conclusiones hemos aplicado una metodología estadística consistente en test de aproximación de una distribución binomial a una normal y  $X$  para las encuestas, y test de aleatoriedad (test de las rachas), normalidad (test de Kolmogorov-Smirnoff), igualdad de varianzas (test de Kolmogorov-Smirnoff), igualdad de varianzas (tests de Snedecor y Cochran), diferencias de varias medias muestrales (Análisis de Varianza, y de esta, los métodos de LSD de Fischer y Scheefe), y el test de Mann-Whitney, cuando los resultados no cumplían condiciones de normalidad, todo ello para el resto de los parámetros mencionados.

## RESEÑAS DE CONGRESOS Y JORNADAS

### CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE «TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA»

*Universidad de Sofía, Tokio (Japón), 24-29 de Agosto de 1986*

Con la asistencia de unos quinientos congresistas, de los que más de trescientos eran japoneses, se ha celebrado del 24 al 29 de Agosto de 1986, en la Universidad de Sofía de Tokio, una conferencia sobre «Tendencias en la Enseñanza de la Física» organizada por el Comité de Enseñanza de la IUPAP (International Committee on Physics Education = ICPE), en colaboración con diversas sociedades científicas de Japón: el Consejo de Ciencias, la Sociedad de Física, la Sociedad de Química, la Sociedad de Enseñanza de las Ciencias y la Sociedad de Física Aplicada. Todas las actividades: sesiones plenas, grupos de trabajo y «posters» podríamos agruparlas, fundamentalmente, en torno a cuatro temas: «investigación sobre temas relacionados con enseñanza», «ordenadores», «motivación de los alumnos para que estudien Física» y «material a bajo costo para realizar experiencias».

Sobre el primer tema intervino en la primera sesión plenaria Rosalind Driver, de la Universidad de Leeds (Inglaterra), que después de hacer una descripción detallada de las investigaciones realizadas para intentar descubrir cómo los alumnos aprenden Física, aseguró que lo mismo los niños que los adultos en el proceso de aprendizaje no se limitan a absorber lo que se les intenta transmitir, cada uno se hace su propio esquema apoyándose en los conocimientos previos que ya posee. En este sentido la forma de pensar de un niño se parece mucho a la de un adulto, y es completamente distinta de lo que se podría entender como pensamiento científico. Por eso la forma más correcta de plantear la enseñanza de la Física, será partir de los conocimientos previos de los alumnos y conseguir cambiarlos, siempre que no sean correctos, y al mismo tiempo ampliar esos conocimientos y desarrollarlos a su capacidad. Con este fin es imprescindible que los profesores conozcan además de la materia la forma en que los alumnos aprenden esa materia, y en esos conocimientos que adquirirán mediante las correspondientes investigaciones es donde se apoyarán para planificar sus enseñanzas. No

tiene sentido que la investigación sea algo aislado y previo de lo que se parte para planificar un proyecto de enseñanza, sino que debe ser algo unido al proyecto mismo que sirve para ir mejorándolo constantemente, así, como si fuera una retroalimentación continua.

Andree Tiberghien de la Universidad 7 de París llamó la atención, en una ponencia posterior, sobre el hecho de que con frecuencia los objetivos de la enseñanza no tienen nada que ver con los objetivos de las investigaciones, y por otra parte los cuestionarios que se pasan con el fin de realizar investigaciones hacen perder mucho tiempo a los profesores y a los alumnos sin que luego sus resultados sean realmente válidos para mejorar la enseñanza, ya que para ello es necesario tener en cuenta todas las variables que intervienen en cada momento y que pueden ir desde el número de alumnos hasta las condiciones de trabajo, etc.

Kakiuchi de la Universidad Internacional Católica de Japón hizo referencia en su intervención a la frase de Einstein «*La Ciencia en su totalidad no es más que el refinamiento del pensamiento diario*». Considera que el pensamien-