

La cuántica en los libros de texto de segundo curso de bachillerato.

Quantum theory in text books of the second year of bachel- lato.

Miguel Blanco Otano

Contratado por la Universidad Autónoma de Madrid en el CERN - Centro Europeo de Investigación Nuclear - de Ginebra - Suiza.

(Fecha de recepción 08-09-2008)

(Fecha de aceptación 14-10-2008)

Resumen

Los libros de texto interpretan el currículo y continúan siendo uno de los soportes fundamentales de información y en muchas ocasiones el mediador entre el profesor, el alumno y la materia. En el artículo analizamos el tratamiento de la física cuántica en una muestra de libros de texto de 2º de Bachillerato en Extremadura, en la asignatura de Física, dentro de la modalidad de Tecnología. Las características analizadas son: antecedentes históricos; conocimientos previos; contenidos y su representación en mapas conceptuales; vinculación con la vida cotidiana; imágenes e ilustraciones; y actividades.

Palabras Clave: Libros de texto. Secundaria. Física cuántica.

Summary

Text books interpret the curriculum and continue to be one of the fundamental resources of information and are on many occasions the mediator between teacher, pupil and the subject material. In this article we analyse the treatment of quantum physics in a selection of text books of the second year of Bachillerato in Extremadura, in the subject of Physics within the Technology module. The characteristics analysed are: historical review, previous knowledge, content and conceptual maps, links to everyday life, images and illustrations and activities.

Key Words: textbooks, secondary education, Quantum physics.

1. Introducción.

No es casualidad que el siglo XX haya sido testigo de una revolución científico-técnica que ha cambiado nuestra manera de concebir el mundo, los recursos a nuestro alcance, la sociedad y la ciencia, entre otras. No es casualidad sino consecuencia, entre otros factores científicos, históricos y sociales, del desarrollo de una rama de la física que ha venido en llamarse “física moderna”, de la cual la teoría cuántica es uno de los actores principales.

Las teorías del final del siglo XIX y principios del XX supusieron toda una revolución, todo un cambio desde el punto de vista físico. Cuando Planck anunció que quería estudiar física, le dijeron que esa era una rama de la ciencia cerrada (Kragh, 2007). El estudio de la radiación térmica por Kirchhoff en la segunda mitad del siglo XIX así como los descubrimientos de los rayos X por Röntgen, de la radiactividad por Becquerel en 1896, del electrón por Thompson un año después, entre otros, dieron lugar a que esta ciencia no estuviera ni muchísimo menos cerrada, sino que hubo que proponer teorías muy distintas de las anteriores, como la relatividad o la mecánica cuántica, que en muchos casos supusieron cambios filosóficos en la concepción del universo, cuya amplitud escapa del dominio restringido de la ciencia (Einstein e Infeld, 1939).

A día de hoy mucho de lo que sucede a nuestro alrededor tiene un origen o componente cuántico: la célula fotoeléctrica de seguridad en ascensores, las placas de los ordenadores, mucha de la energía que consumimos (tanto la nucle-

ar como la fotovoltaica), las increíbles terapias de radiación usadas en medicina, los diagnósticos de rayos X, o las resonancias magnéticas.

Numerosos científicos y filósofos han investigado sobre los profundos cambios que la física del siglo XX implicaron en la filosofía occidental. La mecánica cuántica ha influido profundamente en el pensamiento humano (Jammer, 1974; en Greca y Herscovitz, 2002). La visión determinista del mundo y algunos otros axiomas se rompieron con la teoría cuántica (Bunge, 1982; Capra, 1974; Hawking, 1988).

Sin embargo el hecho de que estas teorías tengan su aplicación en ámbitos de altas energías o de lo macroscópico o microscópico, hace que sea la física clásica, que tiene su aplicación en el mesocosmos que nos es más habitual, la que siga enseñándose en las escuelas, limitándose la introducción de estos temas fundamentalmente a los Bachilleratos científicos. El no introducir la temática actual de la física tiene el riesgo de que los estudiantes piensen que la ciencia que se les imparte está desfasada y alejada de la actualidad (Millar y Hunt, 2006)

El currículo de Extremadura, contempla en uno de los bloques en 2º curso del Bachillerato, dentro de la modalidad de Tecnología, la introducción de la física moderna, (Junta de Extremadura, 2002). Entre los objetivos desarrollados se especifican algunos en los que la física moderna juega un papel especialmente relevante, como es comprender la influencia de la física en el desarrollo de la sociedad y la relación de ésta con el medio ambiente y la mejora de las condiciones de vida de la sociedad, comprender

que la física es una parte del conocimiento científico en continua evolución, o desarrollar una actitud flexible y tolerante frente a que existan contradicciones sobre los asuntos relacionados con la física.

Dentro del bloque dedicado a la física moderna, los contenidos específicos de física cuántica del Currículo son los siguientes: Fenómenos que no se explican con la física clásica; Radiación del cuerpo negro. Distribución espectral. Interpretación clásica; Teoría de Planck. Cuantización de la energía; Efecto Fotoeléctrico. Teoría de Einstein; Ondas de materia. Hipótesis de De Broglie. Comportamiento cuántico de las partículas; Principio de Incertidumbre de Heisenberg.

Al margen de las orientaciones curriculares, los libros de texto interpretan el currículo y, en muchos casos, siguen siendo el principal recurso de apoyo para la enseñanza (Jiménez, 1997). A pesar de la incorporación a la enseñanza de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y de otros materiales didácticos, los textos escolares siguen teniendo una indudable utilidad, y continúan siendo uno de los soportes fundamentales de información y en muchas ocasiones el mediador entre el profesor, el alumno y la materia.

Las opiniones sobre el libro de texto suelen moverse entre posiciones muy extremas: o seguirlos “al pie de la letra” o denostarlos como los culpables de los males de la enseñanza, asociándolos despectivamente al modelo de enseñanza tradicional-transmisivo. Coincidimos con Del Carmen y Jiménez (1997) en que es necesario buscar una posición in-

termedia, que supone bajarlos del pedestal para unos, o subirlos del pozo para otros, según la perspectiva, asignándoles un papel más modesto entre otros recursos y materiales curriculares, pero importante para facilitar el trabajo del profesorado y del alumnado.

Los libros de texto pueden cumplir diferentes funciones como recurso y material curricular. Para Blázquez (1994) los libros de texto: transmiten la información y condicionan el quehacer didáctico y de aprendizaje de los alumnos, poseen una proyección psicopedagógica; pueden ser un medio formativo; lo que significa una mayor implicación personal en las actividades de aprendizaje; y pueden servir de guía respecto del contenido y la secuencia del mismo.

Aunque el libro de texto es una herramienta más y en la actualidad existen multitud de materiales didácticos y actividades que ayudan y favorecen el aprendizaje, entre ellas las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la relevancia que siguen teniendo los libros de texto nos ha llevado a realizar un estudio exploratorio de cómo éstos abordan el tema de la física cuántica en segundo curso del Bachillerato en la asignatura de física de la modalidad de tecnología.

2. Fundamentación y antecedentes.

2.1. La enseñanza de la física cuántica.

Aunque no tenga especial relevancia en el resto de contenidos de la enseñanza secundaria (es el último bloque del último curso), sí que la tiene en la mayoría de carreras de ciencias (ingenierías, quí-

mica, física, medicina,...) que están entre las opciones al alcance de los alumnos de la modalidad de Tecnología del Bachillerato en el que se encuadra la asignatura de física.

La forma en la que ésta aparezca, cómo se conciban los cambios que esta propone y la forma en la que los alumnos la aprendan marcará la forma en la que estos alumnos puedan asimilar conceptos de sus respectivas carreras.

Según Sánchez del Río (2004; en García y Criado, 2007) es necesario abordar el tema de la física moderna desde todas sus perspectivas, y desde los niveles básicos de la educación, con el fin de que la ciudadanía se forje una opinión lo más fundamentada posible.

Hoy en día se generan noticias, debates y situaciones en las que temas de física moderna salen a relucir sin que las opiniones estén fundamentadas en conocimientos firmes o propios. Los alumnos egresados del Bachillerato deben ser capaces de manejar esa información de manera autónoma y suficiente pudiendo generar opiniones propias, enriqueciendo el debate público en temas tan complicados como la energía o la medicina nuclear o los residuos radiactivos.

Durante los años de facultad, bromeábamos en que habíamos perdido el tiempo en aprender cosas que luego habíamos demostrado que eran falsas. El hecho de que la física clásica sea válida en la mayor parte de las situaciones que podemos encontrar, hace que coexistan dos interpretaciones bien distintas de la realidad. Hasta finales del último curso de 2º de Bachillerato, los alumnos de secundaria han ido aprendiendo leyes y

teorías que en ese momento se demuestran falsas, o al menos no completas. Esto a priori puede suponer un problema, dado que lo que ellos tratan de aprender puede entrar en conflicto no sólo con su experiencia cotidiana, sino también con aquello que les enseñaron en la escuela y en ese mismo sitio donde ahora le dicen otra cosa.

En realidad, la física cuántica y la física clásica no tienen por qué solaparse ni oponerse, ya que, aunque la primera sea siempre válida, ambas suelen considerarse en entornos bien distintos, utilizándose la cuántica sólo en el mundo molecular o atómico (10^{-10} m).

Según Greca y Herscovitz (2002), los resultados de varias investigaciones señalan que la forma en que tradicionalmente son introducidos los conceptos cuánticos no logra buenos resultados en el aprendizaje de los estudiantes, probablemente en parte, porque continúan visualizándolos o intentándolos comprender desde modelos mentales “clásicos”. Ellas propusieron presentar estos conceptos como discusión conceptual a partir de fenómenos simples, intentando no establecer analogías ni ligaduras con los conceptos clásicos, obteniendo resultados exitosos.

Para Gil, Senent y Solbes (1989) las dificultades del aprendizaje de la física moderna no son de naturaleza diferente a las del aprendizaje de la física en general y planteando la enseñanza de la física moderna desde el punto de vista constructivista, como un cambio conceptual y metodológico se produce una sensible mejora del aprendizaje, tanto de la física clásica como de la moderna. Exponen que existe desde la enseñanza habitual

un tratamiento lineal y desestructurado en la introducción de conceptos, mezclando concepciones clásicas y modernas, si bien esto se basa en análisis realizados por ellos mismos en años anteriores a 1989, pudiendo haber cambiado notablemente en los nuevos textos.

Es de especial atención señalar que apenas existen preconcepciones originadas por la experiencia diaria, como pueda suceder en la mecánica clásica o la termodinámica, dado lo lejos que este tema está de la experiencia cotidiana. Sí que pueden existir algunas ideas, sentimientos o afecciones generados por la cantidad de noticias entorno a la energía o el armamento nuclear, pudiéndose estudiar la influencia de los medios de comunicación en este tema en otro trabajo. Styer (1996) señala 15 errores comunes en el aprendizaje de la mecánica cuántica, clasificándolos según atiendan a la idea de estado cuántico, a la idea de medida, al tema de partículas indistinguibles, y otras derivadas de densidades de probabilidad y otros conceptos nuevos. Es interesante tener claros estos posibles errores antes de planificar esta unidad didáctica, evitando que los materiales o las explicaciones favorezcan o no eviten la aparición estas ideas.

Solbes et al. (1988) afirman que muchos alumnos tienen errores conceptuales cuyo origen se encuentra en los textos y en las explicaciones de los profesores. Muchos de estos errores se producen en las simplificaciones que se introducen para explicar sistemas complejos.

2.2. El libro de texto en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias

En las aulas de ciencias de todos los niveles educativos los libros de texto y en general los materiales escritos, siguen siendo importantes materiales de apoyo para la enseñanza: “La importancia que el profesor les asigna es muy grande, y puede decirse que una de las decisiones más importantes que toman muchas personas cada curso, o cada vez que cambia el plan de estudios, es la de escoger un determinado libro de texto” (Jiménez, 1997, 5).

Sánchez y Valcárcel (1999) indican que el 92% de los profesores de ciencias de secundaria utiliza el libro de texto como principal referencia en la planificación de unidades didácticas, disminuyendo la utilización exclusiva cuando los profesores han realizado cursos de actualización didáctica de larga duración (Rodrigo et al, 2000). La dependencia del libro de texto es aun mayor entre profesores en formación y principiantes (Blanco, 1991).

En otras investigaciones con profesores de ciencias se ha observado que los profesores de secundaria al iniciarse en la enseñanza toman el libro de texto como una referencia fundamental para organizar el contenido científico (Pavón, 1996) y que la dependencia es mayor cuanto más bajos sean sus conocimientos de ciencias (Harlen y Holroyd, 1997; Hashweh, 1987; Lee y Porter, 1993). No obstante algunos de estos estudios están hechos antes de la aparición de las nuevas tecnologías. Existen ya bastantes estudios sobre el uso de las TIC en las clases de física (Grupo Lentiscal, 2006; Ca-

ñizares y Pro, 2006; Vázquez y Jiménez, 2006), pero harían falta más investigaciones que aportaran datos sobre la relación entre ellas y la utilización de los libros de texto.

Pro, Sánchez y Valcárcel (2008) realizan una amplia revisión de investigaciones sobre los libros de ciencias de secundaria y analizan la adaptación de los textos españoles a la LOGSE cuando ésta estaba vigente. Sus resultados muestran que ninguna de las editoriales se adecuó a las exigencias curriculares de la LOGSE. Las editoriales continuaron elaborando textos sin tener en cuenta los planteamientos de las reformas educativas. En un estudio con libros de texto de Química de secundaria en México, Alvarado (2007) señala que la mayoría de los textos no son mediadores del aprendizaje ni promueven el aprendizaje activo por parte de los alumnos, sino que únicamente actúan como proveedores de información.

En algunos aspectos disponemos de estudios que avalan una mejoría en los libros de texto. Así en el tema de la resolución de problemas, Perales (2000) revisa algunas investigaciones anteriores (Gil, Martínez y Senet, 1988; Perales y Martos, 1997) utilizando una serie de variables específicas, y señala una notable mejoría general en los textos adaptados a la LOGSE que en los anteriores, aunque existen todavía algunos casos en que el enunciado de un problema se realiza de forma similar a textos de mediados del siglo XIX, quizá una prueba más de lo persistentes que son ciertas concepciones y los obstáculos que encuentran las nuevas orientaciones para llegar al aula.

A pesar de la mejora general de los li-

bro de texto, se ha detectado que algunos libros de texto pueden reforzar ideas alternativas de los estudiantes y contribuir a causar dificultades de aprendizaje. Algunos estudios comparan las ideas alternativas de los estudiantes en diversos temas de ciencias con las que se encuentran en los libros de texto, buscando una vinculación entre ellas (Bañas et al., 2004; Welti, 2002).

Realizar un análisis completo de cualquier libro de texto sería una labor ardua muy superior a las pretensiones de este trabajo. Además, una revisión de algunos trabajos nos muestra que este análisis puede hacerse desde muy distintas perspectivas. Blázquez (1994) señala distintas características que debería tener un buen libro de texto, lo cual permite tener elementos para su análisis posterior. Monterrubio (2007) establece más de 200 indicadores a analizar.

Santelices (1990) y Macías et al. (1999) estudian algunas variables que inciden en la comprensión lectora de los textos de ciencias naturales. En el primer caso se incide en el conocimiento previo del lector, el vocabulario, la sintaxis y las relaciones lógicas del contenido, y en el segundo se analiza la función del profesor y la del alumno en el proceso de comprensión lectora. Izquierdo y Rivera (1997) analizan las distintas estructuras presentes en los textos de ciencias y las funciones que deben cumplir. Señalan que debe ser estructurado de acuerdo con su finalidad, debe progresar sin perder la conexión con sus referentes externos y debe ser coherente. En otro trabajo (Rivera e Izquierdo (1996) estos autores centran su atención en la tipología y la función de los experimentos del libro y

de las referencias a la realidad. Establecen ciertas categorías que son analizadas en los distintos libros revisados.

Se han analizado también los ejercicios propuestos en los libros de texto, como en el trabajo de Tamir y García (1992), en el que inciden en los ejercicios de prácticas de laboratorio y proponen instrumentos de análisis según el nivel de indagación de los alumnos.

Ogan-Bekiroglu (2007) propone un instrumento de análisis muy elaborado en el que organiza 131 criterios en los siguientes bloques: Características físicas, Contenidos, Explicación y lenguaje, Actividades, Apoyo didáctico, Organización, e Ilustraciones

Sobre este último aspecto de las ilustraciones se centra el trabajo de Jiménez y Perales (2002) en el que destacan el uso inadecuado de las ilustraciones en libros de texto de Física y Química de Educación Secundaria Obligatoria.

Las pautas de razonamiento empleadas por diversos textos de ciencias de secundaria son analizadas por Álvarez (1997), centrándose en los argumentos empleados, el nivel de complejidad y la manera en la que se concibe la materia que pretende enseñarse.

En un reciente trabajo Guisasola (2008) señala que los libros de texto de ciencias de Bachillerato no suelen incorporar los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias, sino que dan una visión de la ciencia y del trabajo científico como algo acabado sin mostrar los argumentos que han hecho posibles estos conocimientos. El enfoque de los textos suele ser excesivamente formal en forma de leyes y teorías, con po-

cas conexiones con la vida cotidiana de los alumnos y dando pocas oportunidades para el debate, la argumentación y la discusión sobre las ideas alternativas de los estudiantes. También Guisasola et al. (2005), Furió et al. (2005) y García y Criado (2008) señalan el escaso enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad de los textos.

Niaz y Fernández (2008) analizan el tratamiento que hacen de la mecánica cuántica los libros de texto de química general. Aunque los criterios de evaluación que establecen son específicos para los números cuánticos y la configuración electrónica, el trabajo supone un importante antecedente internacional del análisis de la cuántica en los textos.

Un aspecto a tener en cuenta en un curso como 2º de Bachillerato es la presión que sobre estudiantes y profesores ejercen las Pruebas de Acceso a la Universidad. Como señala Guisasola (2008) esta prueba condiciona tanto la extensión y el enfoque de los libros de texto como de la enseñanza.

3. Planteamiento del problema

El artículo se enmarca un trabajo más amplio (Blanco, 2007) en el que analizamos el tratamiento de la física cuántica en los libros de texto de 2º de Bachillerato en Extremadura, en la asignatura de Física, dentro de la modalidad de Tecnología.

Como hemos visto existen numerosos criterios para analizar los libros de texto. Para nuestro estudio hemos tenido en cuenta las orientaciones para el aprendizaje constructivista de la física cuántica enfocadas hacia el cambio conceptual

y metodológico (Gil, Senent y Solbes, 1989; Greca y Herscovitz, 2002). Con esto, consideraremos adecuada aquella manera que permita que un libro de texto sea una herramienta útil en el marco de un aprendizaje constructivista, como una herramienta de trabajo más a utilizar en un aula. Los objetivos finales de nuestro trabajo son analizar si los libros de texto favorecen un aprendizaje constructivista y determinar si éstos integran las herramientas que se demuestran útiles en este tipo de aprendizaje.

En el presente artículo abordamos unos objetivos más específicos, en el análisis para los libros de texto de Física 2º de Bachillerato de la modalidad de Tecnología:

1. Analizar si tienen en cuenta los antecedentes históricos, como parte esencial en el aprendizaje constructivista, y como hilo conductor de los fenómenos y descubrimientos que se enseñan.

2. Buscar la existencia de herramientas de demostrada utilidad en el aprendizaje constructivista, como son la especificación de los conocimientos previos.

3. Examinar los contenidos que se tratan de cuántica, así como su presentación en forma de mapa conceptual.

4. Estudiar la vinculación con la vida cotidiana de los contenidos propuestos en los libros de texto.

5. Examinar las ilustraciones, bajo las premisas de cantidad, tipología y adecuación a los contenidos y objetivos de la unidad didáctica.

6. Considerar que tipo de actividades son propuestas, y en qué medida desarrolladas.

Estos objetivos específicos van a condicionar los indicadores utilizados en la investigación, que serán desarrollados en la metodología, en el siguiente apartado.

4. Metodología

4.1. Criterios y fórmula de análisis

En nuestro trabajo hemos utilizado el análisis de contenido que nos permite describir la naturaleza del discurso producido y los principales elementos que lo caracterizan.

Cada característica analizada se presentará con un cuadro resumen en el que se expondrá de manera esquemática el tratamiento general que de esa característica hace cada libro. En ese esquema se usarán los siguientes valores:

- No incluido (NI): En caso de que ese apartado no sea considerado.
- Mencionado (ME): Si aparece, pero la importancia que recibe es mínima.
- Desarrollado (DE): Si está integrado dentro del desarrollo del tema, o goza de un apartado específico y está considerado de manera importante.

Estos valores están sujetos a una interpretación subjetiva para diferenciar lo que está mencionado y lo que está desarrollado, en cualquier caso esas diferencias estarán aclaradas en las explicaciones narrativas de que gozará cada apartado analizado. En ellos se expondrá de manera desarrollada las diferencias entre los materiales estudiados y los tratamientos encontrados en ellos.

En los casos de actividades, imágenes e ilustraciones y bibliografía, usaremos expresiones más comunes debido a

los requerimientos de estos apartados, siendo estos valores comprensibles en todo caso, tratándose de “sí”, “no”, “abundante” y expresiones similares.

4.2. Características analizadas

De acuerdo con los objetivos propuestos, en el artículo analizamos las siguientes variables: Antecedentes históricos; Conocimientos previos; Contenidos y representación por mapas conceptuales; Vinculación con la vida cotidiana; Imágenes e ilustraciones; Actividades.

Antecedentes históricos

La incursión de la física cuántica supuso un shock a todas las ideas ya formadas a finales del siglo XIX. La publicación de algunos descubrimientos que no eran posibles de explicar bajo la ciencia conocida forzó el cambio conceptual. Obligó a los físicos de la época a propuestas tan atrevidas como la de Niels Bohr introduciendo “fuerzas en la naturaleza de un tipo completamente distinto de la clase mecánica usual” (Kragh, 2007) para explicar su teoría cuántica para la estructura atómica, o la explicación del efecto fotoeléctrico de Albert Einstein en 1905, mediante el choque elástico fotón-electrón.

Es importante conocer que hubo que dar un salto, un cambio, romper con ciertas ideas que parecían definitivas, y estos antecedentes históricos han de ser un punto importante a analizar en nuestro caso concreto.

Veremos si se trata esta situación contextual, así como aspectos históricos de los protagonistas de esta ciencia. Habrá de señalarse si se incluyen como apoyo en la introducción de la unidad

didáctica, como apéndices (bibliografías, curiosidades,...), en los contenidos, o bien integrados dentro del desarrollo del tema.

Conocimientos previos

Desde que Ausubel señalara la importancia para el aprendizaje de averiguar lo que sabe el alumno, el estudio de las ideas de los alumnos, bajo el marco teórico constructivista, ha supuesto quizá la más importante línea de investigación en Didáctica de las Ciencias en los últimos treinta años (Posada, 2000). Sólo se logra que el aprendizaje sea significativo si se parte del conocimiento que poseen los estudiantes para construir nuevos esquemas conceptuales (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). Bajo esta premisa del aprendizaje constructivista, habremos de valorar positivamente el hecho de que se incluyan, mencionen o aclaren qué conocimientos previos deben tener los alumnos, o cuáles se les supone al comienzo de la unidad.

Habremos de fijarnos también en el resto del libro, si estos conocimientos previos incluidos han sido tratados convenientemente en los temas anteriores, o si al menos se hace un breve repaso de los conocimientos necesarios.

Contenidos y representación por mapas conceptuales

Los contenidos tratados en el libro han de ser coherentes con los establecidos por el curriculum oficial en Extremadura (Junta de Extremadura, 2002). En concreto, los relacionados con la cuántica son los siguientes:

- Fenómenos que no se explican por la física clásica.

- Radiación del cuerpo negro. Distribución espectral. Interpretación clásica.

- Teoría de Planck. Cuantización de la energía.

- Efecto fotoeléctrico. Teoría de Einstein.

- Ondas de materia. Hipótesis de De Broglie. Comportamiento cuántico de las partículas.

- Principio de incertidumbre de Heisenberg.

- Analizaremos si son tratados y si tienen suficiente dedicación y desarrollo.

En cuanto a su representación, los mapas conceptuales han demostrado ser una excelente herramienta para representar de forma gráfica los conceptos científicos (Mellado et al., 2002; Novak, 1998). Analizaremos la organización de los contenidos y si éstos están representados en forma de mapas conceptuales.

Vinculación con la vida cotidiana

Lo aprendido en estos temas es de importancia en la vida cotidiana, pueden mencionarse algunos ejemplos como el microscopio por efecto túnel o las células fotoeléctricas de los ascensores de multitud de detectores de movimientos, radares, etc. El hecho de que los alumnos asuman que lo que aprenden está en contacto con la realidad de la calle, les motiva, hace que presten interés y que tengan mayor capacidad para relacionar conceptos.

Analizaremos si estos vínculos aparecen, y si en caso de hacerlo están integrados en el desarrollo del tema, bien conectados con los contenidos, o si son sólo apariciones marginales como complemento.

Imágenes e ilustraciones

La vista es un sentido muy importante en el ser humano, y toda la información que sea transmitida por ella tendrá especial importancia. Las imágenes y las ilustraciones cobran especial relevancia en los libros de texto, por la cantidad de información que sintetizan y porque determinados contenidos no pueden ser expresados de otra manera (Jiménez y Perales, 2002).

Monterrubio (2007) propone en su tesis doctoral algunos aspectos que deben valorarse en relación al uso de las ilustraciones en los libros de texto. De ellos nosotros habremos de considerar importantes sólo la cantidad de ellas, la tipología y la adecuación a los objetivos y contenidos de la unidad didáctica, viendo si estas apoyan el contenido tratado o si son usadas para añadir curiosidades o contenidos secundarios.

Actividades

“Escucho y olvido, veo y recuerdo, hago y comprendo.” Esta conocida frase sintetiza y justifica lo evidente de este punto. Las actividades se muestran esenciales en cualquier material o actividad didáctica.

Dentro de las actividades incluidas en el texto habremos de señalar distintos apartados, que se describen a continuación.

- De clase: Adecuadas a los contenidos, la cantidad, si están secuenciadas en el nivel y si existen ejemplos resueltos.
- De laboratorio: Trabajo por rincones. Experimentos.
- Actividades complementarias: Pro-

puestas para fuera de clase. Contenidos de ampliación. Incitación a la investigación.

- De evaluación.

De ellos buscaremos si se incluyen o no además de ver si se adecuan a los alumnos y los objetivos. Analizaremos la existencia o no de los distintos tipos de actividades, y en las actividades de clase las características descritas.

4.3. Libros de texto analizados

En Extremadura existe gran variedad de libros de texto, la selección de los mismos ha sido realizada en base a aquellos que suelen usarse de manera más frecuente en las aulas de los institutos extremeños.

Los libros analizados serán citados por su editorial, refiriéndonos a ellos de la siguiente manera:

Suero, M.I., Pérez, A. L., Montanero, M., Gil, J, Díaz, M.F. y Pardo, P.J. (Grupo Orión de Didáctica de la Física) (2003). Física 2º Bachillerato. Madrid. Santillana.

Hernández, J. L. y Gisbert, M. (2003). Física 2º Bachillerato. Madrid. Bruño.

Lowy, E. y Robles, J. L. (2002). Física 2º Bachillerato. Madrid. Ediciones Akal.

Puente, J.; Lara, C., y Romo, N. (2003). Física 2º Bachillerato. Madrid. SM.

Satoca, J.; Tejerina, F., y Dalmau, F. (1998). Física 2º Bachillerato. Madrid. ANAYA.

5. Resultados

Los resultados los expondremos para cada uno de los aspectos analizados, mostrando un cuadro en el que indicaremos para cada texto si no está incluido (NI), si aparece, pero la importancia que recibe es mínima (ME), o si está Desarrollado de manera importante (DE).

5.1. Antecedentes históricos

Cuadro 1. Antecedentes históricos.

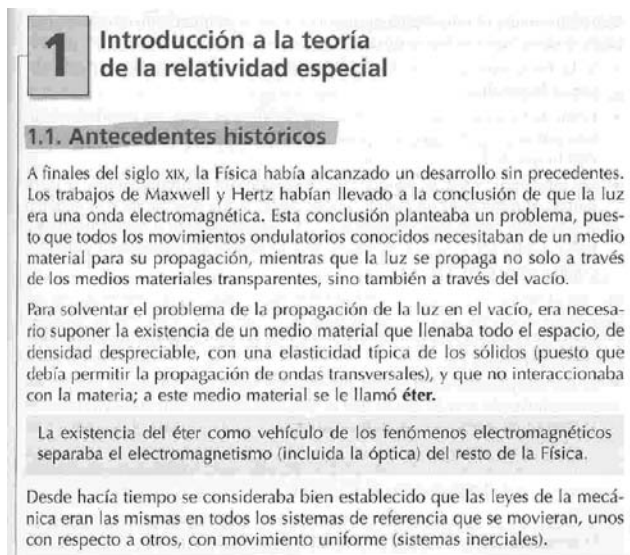
	Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
Antecedentes históricos	DE	DE	DE	ME	ME

Todas las editoriales mencionan los aspectos históricos (Cuadro 1), y tres de ellas: Santillana, Bruño y Akal les dedican más atención.

Santillana integra estos antecedentes

en la explicación y el desarrollo de la teoría del tema, acorde a la evolución de estos descubrimientos, incidiendo sobre los protagonistas, fechas y razones de algunos descubrimientos.

Figura 1. Un apartado dedicado exclusivamente a los antecedentes. Bruño.



SM y Anaya usan un estilo similar, pero limitándose a situar los descubrimientos en el tiempo y con sus protagonistas. SM añade anotaciones al margen sobre físicos famosos (figura 2).

Bruño y Akal, por su parte, además de integrar estos antecedentes en la na-

rración, dedican un capítulo a los antecedentes históricos (ver figura 2), explicando ampliamente la situación a finales del siglo XIX. Cabe decir que Akal hace una introducción histórica muy suave y sin profundizar en los problemas de la física, dando sólo pinceladas sobre la situación de la ciencia en aquel momento.

Figura 2. Fotos de físicos destacados son comunes en los márgenes. SM



Louis de Broglie ganó el premio Nobel de física en 1929 por sus descubrimientos sobre la naturaleza ondulatoria de los electrones.

5.2. Conocimientos previos

Cuadro 2. Conocimientos previos.

	Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
Conocimientos previos	DE	NI	NI	NI	NI

Este aspecto está muy poco tratado en los textos. Santillana dedica la primera página a aclarar cuáles son los conocimientos previos necesarios (figura 3), sin hacer repaso de ellos, dado que se suponen ya aprendidos o incluidos en otras

partes anteriores del libro. En realidad más que analizar las posibles ideas previas de los alumnos desde un planteamiento constructivista, lo que hace es tratar el conocimiento base necesario para comprender el tema.

Figura 3. Conocimientos previos en Santillana.

Contenidos

1. Radiación del cuerpo negro. Teoría de Planck.
2. Efecto fotoeléctrico.
3. Modelos atómicos. Espectros discontinuos.
4. Ondas de materia. Hipótesis de De Broglie.
5. Principio de Incertidumbre de Heisenberg.

Conocimientos previos

Para comprobar si recuerdas ciertos conocimientos que se van a aplicar en esta unidad:

Recuerda qué es:

- Escala absoluta de temperatura.
- Características de las ondas armónicas: amplitud, longitud de onda, frecuencia.
- Energía y potencia.
- Potencial eléctrico.
- Momento lineal.
- Integral definida.

Para comprobar las ideas que has elaborado espontáneamente sobre esta unidad:

1. Cuando inciden fotones sobre algunos metales, éstos pueden emitir electrones. Suponiendo que la energía del fotón incidente es muy elevada:

a) No arrancará electrones.	b) Arrancará muchos electrones.
c) Arrancará un solo electrón.	d) No lo sé.
2. Si dispusiéramos de aparatos de medida de precisión absoluta, ¿sería posible medir perfectamente la posición y la velocidad de una partícula?

Los otros materiales no aclaran este punto, aunque sean acordes en la evolución de conocimientos respetando las zonas de desarrollo próximas en los contenidos.

5.3. Contenidos

En el cuadro 3 se expone el tratamiento de los textos analizadas para los seis contenidos considerados en el currículo.

Cuadro 3. Contenidos.

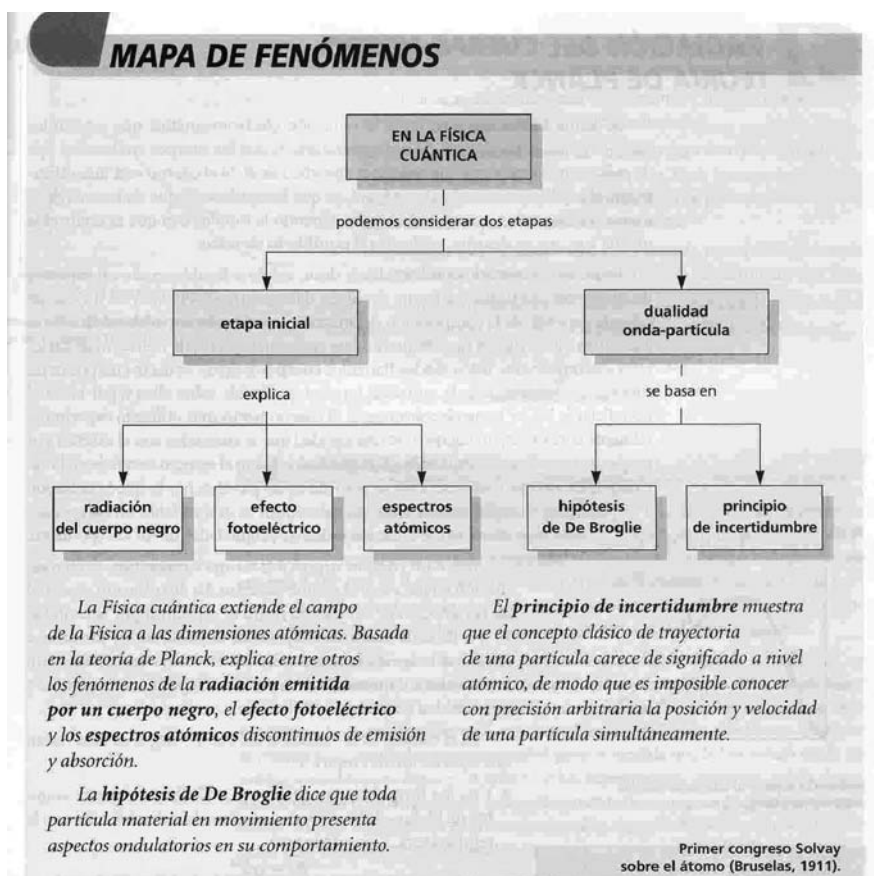
	Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
Fenómenos que no se explican con la física clásica.	ME	DE	NI	DE	DE
Radiación del cuerpo negro. Distribución espectral. Interpretación clásica.	DE	ME	NI	DE	DE
Teoría de Planck. Cuantización de la energía	DE	DE	DE	ME	DE
Efecto Fotoeléctrico. Teoría de Einstein.	DE	DE	DE	DE	DE
Ondas de materia. Hipótesis de De Broglie. Comportamiento cuántico de las partículas.	DE	DE	DE	DE	DE
Principio de Incertidumbre de Heisenberg.	DE	DE	DE	DE	DE

En los dos primeros es donde se observan las mayores diferencias, ya que los cuatro últimos están desarrollados en todos los textos.

En cuanto a la representación gráfica de los contenidos, Santillana es la única

que establece un mapa conceptual de fenómenos en el que sitúa algunos de los contenidos a desarrollar, sin embargo no están relacionados entre sí tanto como cabría esperar.

Figura 4. Mapa conceptual de fenómenos en Santillana



5.4. Vinculación con la vida cotidiana

Cuadro 4. Vinculación con la vida cotidiana

	Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
Vinculación con la vida cotidiana	DE	ME	NI	DE	ME

Santillana menciona dos ejemplos en los márgenes sobre el efecto fotoeléctrico o una imagen de unos paneles solares, sin entrar a más explicaciones. Al final del bloque dedica unas páginas a lecturas complementarias que pueden ser interesantes, aunque un tanto desconectadas del tema.

Aunque con ejemplos mejor desarrollados y más conectados con lo cotidiano, Bruño no deja de situar ejemplos al margen sobre células fotoeléctricas y el espectro lumínico (ver figura 5).

SM, además de incluir los ejemplos de Santillana y Bruño, propone una sección fija en cada capítulo llamada “Ciencia, Tecnología y Sociedad” en la que desarrolla dos ejemplos de las aplicaciones de los contenidos aprendidos.

Anaya incluye un artículo en que habla de las paradojas cuánticas, pero no hay una verdadera relación accesible para el alumnado entre los conceptos tratados y la vida cotidiana.

Figura 5. Un ejemplo muy repetido es el de las células fotoeléctricas en los ascensores. Imagen de Bruño.



Fig. 10.14

Célula fotoeléctrica. Se utiliza a menudo como sensor en dispositivos de seguridad, así como de cierre y apertura de puertas. Si se interrumpe el haz de luz que incide en la célula, se activa un relé que acciona el correspondiente mecanismo. También se emplea para contar piezas en las cadenas de fabricación, aunque progresivamente va siendo sustituida por otros sistemas.

5.5. Imágenes e ilustraciones

Cuadro 5. Imágenes e ilustraciones.

	Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
Cantidad (escasa, apropiada, abundante)	Abundante	Apropiada	Escasa	Abundante	Abundante
Tipología (fotografía, esquemas, dibujos)	Fotografías, esquemas y dibujos	Dibujos y algunas fotografías	Dibujos	Fotografías y dibujos	Fotografías y dibujos
Adecuación a los objetivos y contenidos	Sobre los contenidos e información complementaria	Integradas en los contenidos	Adecuadas a los contenidos	Integradas en los contenidos y con información complementaria	Sobre los contenidos e información complementarias

En el cuadro 5 indicamos de una manera más explícita que en los anteriores el tratamiento de las imágenes e ilustraciones. Las imágenes, en general, han de considerarse abundantes, salvando el caso de Akal, en que se estima escasa.

Cabe destacarse la variedad, contándose entre ellas fotografías y dibujos en

casi todos los libros, y el caso de Santillana incluyendo además esquemas.

En la mayoría de los casos se encuentran al margen, sólo en los libros de Santillana y SM puede decirse que estén integradas en los contenidos, aunque también las sitúen en el margen de la página (figura 6).

Figura 6. Las imágenes al margen también pueden hacer referencia a fenómenos que se estén tratando. Caso de SM.



5.6. Actividades

Cuadro 6. Actividades

		Santillana	Bruño	Akal	SM	Anaya
De clase	Adecuadas a los contenidos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Cantidad	Escasa	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
	Secuenciadas en el nivel	No	Sí	No	Sí	No
	Ejemplos resueltos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sólo uno
De laboratorio		No	No	Sí	Sí	No
Actividades complementarias		No	Sí	Sí	Sí	Sí
De evaluación		No	Sí	No	No	No

Las actividades convencionales, ejercicios de lápiz y papel, son comunes a todos los textos (Cuadro 6), considerándolas abundantes en casi todos los casos.

Se incluyen tanto actividades propuestas al final del tema como ejemplos entre los contenidos teóricos (figuras 7 y 8). Incluso son abundantes las actividades complementarias.

Figuras 7 y 8: Ejemplos y actividades del libro de SM.

Ejercicios resueltos

4. Calcula la longitud de onda asociada de De Broglie, en los siguientes casos:

- Una persona de 70 kg moviéndose a 2 m/s.
- Un electrón de $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg de masa moviéndose a 1 000 m/s.

Solución

- Para la persona: $\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} / (70 \cdot 2) = 4,7 \cdot 10^{-36}$ m, que no es detectable por ningún experimento de difracción.
- Para el electrón: $\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} / (9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1000) = 7,3 \cdot 10^{-7}$ m, unas 13 000 veces mayor que el radio de la primera órbita de Bohr.

Ejercicios propuestos

4. Un neutrón posee una velocidad $v = 10$ m/s y una masa de $1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg. Calcula su longitud de onda asociada de De Broglie.

296

ESPECTROS ATÓMICOS

27. Calcula la longitud de onda de la línea menos energética de la serie de Lyman y de la línea más energética de la serie de Balmer.
Dato: $R_H = 1,09 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

28. Calcula la diferencia energética entre dos niveles de energía de la corteza del átomo de hidrógeno, sabiendo que la transición de un electrón desde el nivel superior al nivel inferior produce un fotón correspondiente a la segunda raya de Lyman. Expresa el resultado en J y eV.

29. Calcula la longitud de onda de las siguientes rayas espectro de emisión del hidrógeno:

- La primera raya de la serie de Balmer.
- La segunda raya de la serie de Lyman.
- La tercera raya de la serie de Paschen.


30. Calcula la longitud de onda que corresponde al β de la serie de Lyman del espectro de emisión del átomo de hidrógeno.

PROPIEDADES ONDULATORIAS DE LAS PARTÍCULAS

31. ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie asociada a un virus de 10^{-18} g de masa que se mueva por la sangre a una velocidad de 0,2 m/s?

32. Indica el motivo por el que se utilizan cristales para obtener difracción de electrones.

33. En las figuras siguientes se muestra el resultado del impacto de un haz de electrones sobre una placa fotográfica, después de pasar dos orificios diferentes.



Indica qué puede decirse sobre el tamaño de dichos orificios.

34. Halla la longitud de onda asociada de De Broglie correspondiente a una persona de 60 kg de masa que desplace con una velocidad de 2 m/s. Razona la importancia de los efectos cuánticos en la persona.

35. Un protón tiene una energía de 10 eV. Si su masa es $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, calcula la longitud de onda de De Broglie asociada al mismo, suponiendo que toda la energía es cinética.

36. Las partículas β emitidas por determinado material radiactivo poseen una energía cinética de 8,5 J. Calcula la longitud de onda de De Broglie asociada a las mismas.
Dato: masa de la partícula β , $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

37. Un microscopio electrónico utiliza electrones azules a través de una diferencia de potencial de 400 V. Determina su poder de resolución suponiendo que es igual a la longitud de onda de De Broglie de los electrones.

302

De la misma manera es conveniente señalar que actividades de evaluación o de laboratorio no son consideradas de la misma manera, echándose en falta en muchos de los textos.

6. Conclusiones e implicaciones

6.1. Conclusiones

Los resultados muestran una mejora

en la presentación de los textos aunque, coincidiendo con otras investigaciones, la mayoría de las editoriales continúan elaborando textos sin tener en cuenta los planteamientos de las reformas educativas. Un aspecto tan decisivo como el de las ideas previas apenas se trata y cuando se trata no se hace desde un planteamiento constructivista del aprendizaje. A continuación presentamos las conclusiones según las distintas secciones tratadas.

Antecedentes históricos

La física cuántica surge en un momento muy determinado de la historia y gracias a que ciertos hechos no eran explicables con la física clásica. Este hecho hace que los antecedentes históricos cobren importancia, como así se demuestra en el análisis, ya que todos los libros los toman en consideración. Se hacen muchas referencias a sus protagonistas, a las relaciones entre ellos, a la secuenciación de los descubrimientos, a sus fechas, y en algunas ocasiones de manera integrada en el desarrollo de los contenidos. Cabría decir que es un factor muy tenido en cuenta en los libros de texto.

Conocimientos previos

No es un factor tenido en cuenta por los libros de texto en absoluto. Es una carencia grave dado que es imposible construir aprendizaje significativo si no se tiene en cuenta lo que ya se sabe. Es uno de tantos otros factores que nos llevan a pensar que el alumno es menos protagonista de su propia educación de lo que debiera ser.

Vinculación con la vida cotidiana

Muchos de los contenidos de este tema parecen lejanos de la vida cotidiana, sin embargo no lo son tanto. Se mencionan de manera tímida y aislada ejemplos como las placas de energía fotovoltaica, el efecto fotoeléctrico y sus consecuencias a nivel doméstico o algunas otras consecuencias filosóficas. Sí es cierto que se incluyen algunas lecturas complementarias, que pasarán desapercibidas para la inmensa mayoría de los alumnos.

Imágenes e ilustraciones

La calidad de las últimas impresiones se demuestra en los materiales a todo color, lo que aporta gran calidad a los libros de texto. Estas son abundantes en casi todos los casos, incluyendo todo tipo de imágenes e ilustraciones, desde esquemas a dibujos aclarativos de los fenómenos explicados. Abundan las fotografías de los protagonistas de estos avances. Son usadas en muchas ocasiones para anexos e información complementaria, aunque también están integradas en los contenidos principales.

Actividades

En todos los casos las actividades de clase se adecuan a los contenidos, siendo abundantes, por no decir excesivas. En algunos casos están secuenciadas en nivel, lo que permite una inmersión progresiva en el tema, acción que está ayudada en muchas ocasiones por los ejemplos, presentes en casi todos los textos. Las actividades de laboratorio están poco presentes, dado quizás la complejidad del tema, aunque los pocos ejemplos demuestran que pueden encontrarse actividades de laboratorio apropiadas. Las actividades complementarias en la mayoría de los casos se limitan a lecturas complementarias, o ejercicios de selectividad, si estos pueden considerarse complementarios. Sólo en algún caso aislado se proponen actividades de evaluación. En el resto de los casos han de servir las actividades normales del tema.

6.2. Implicaciones

Cabe decir que los libros están bien organizados y completos, sobre todo en

cuanto a contenidos y actividades. Sin embargo, se echan en falta algunos factores que favorecerían un aprendizaje constructivista, como es el caso de los conocimientos previos o los mapas conceptuales. Es necesario devolver el protagonismo al alumno y arrebatárselo a los contenidos y al libro donde se esconden. El hecho de que no haya apenas actividades de evaluación es una buena prueba de ello.

Existen en el Currículo, además, otros objetivos generales que van a ser difíciles de cumplir, dada la dinámica de trabajo que propone el libro. Será necesario incluir actividades y propuestas fuera del libro de texto a desarrollar en el aula para su consecución, cosa que, como ya se explicó con anterioridad, no sucede muy a menudo.

Sí cabe decir que el libro se presenta como una herramienta de mucha utilidad para los profesores de corte “tradicional” en el que su método es proponer los contenidos con una continuidad intercalados con actividades. Quizás esta sea la razón de que las cinco editoriales estudiadas tengan un estilo muy similar, siendo difícil proponer materiales que se salgan de este canon establecido.

Sería conveniente, que cada profesor reflexionara e investigara sobre su acción docente a la hora de plantear los materiales elegidos para el aula, eligiendo un método adecuado y sobre él los materiales, en lugar de dejar esa decisión a merced del libro elegido. De la misma manera, sería adecuado que las editoriales apostaran por ofrecer materiales diversos, evitando que el libro de texto monopolice las tareas seguidas en el aula.

Referencias bibliográficas.

- ALVARADO, C.R.M. *Los libros de texto de química de secundaria ¿mediadores para el aprendizaje del tema de acidez y basicidad?* Trabajo de Investigación inédito para obtener el DEA. Universidad de Extremadura. 2007.
- ÁLVAREZ, V.M. Argumentación y razonamiento en los textos de física en secundaria. *Alambique*, 1997, n 11, p. 65-74.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J., y HANESIAN, H. *Psicología cognitiva. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. 1983.
- BAÑAS, C., MELLADO, V., y RUIZ, C. Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, 2004, n 21(3), p. 296-312.
- BLANCO, L.J. *Conocimiento y acción en la enseñanza de las matemáticas de profesores de EGB y estudiantes para profesores*. Cáceres: Servicio de publicaciones de la Universidad de Extremadura. 1991.
- BLANCO, M. *La cuántica en los libros de texto de 2º de Bachillerato*. Trabajo final de Master. Universidad de Extremadura. 2007.
- BLÁZQUEZ, F. Elementos para la valoración de libros de texto. *Actas del IV Encuentro Interna-*

- cional sobre el libro escolar y documento didáctico en educación primaria y secundaria*, 1994, p. 241-258.
- BUNGE, M. *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel.1982.
- CAÑIZARES, M., y PRO, A. de. El uso de simulaciones en la enseñanza de la física. *Alambique*, 2006, n 50, p. 66-75.
- CAPRA, F. *El tao de la física*. Madrid. Editorial Sirio.1974.
- DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ, M. P. Los libros de texto. Un recurso flexible. *Alambique*, 1997, n 11, p. 7-14.
- EINSTEIN, A. e INFELD, L. *La física aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Losada. 1939.
- FURIÓ, C., CALATAYUD, M. L., GUIASOLA, J., y FURIÓ-GÓMEZ, C. How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 2005, n 27(11), p. 1337-1358.
- GARCÍA, A., y CRIADO, A.M. La energía atómica en la Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Española de Física*, 2007, n 21(1), p. 50-54.
- GARCÍA, A., y CRIADO, A. M. Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 2008, n 26(1), p. 107-124.
- GIL, D., MARTÍNEZ, J., SENENT, F. El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 1988, n 6 (2), p. 131-146.
- GIL, D., SENENT, F., y SOLBES, J. Física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados. *Revista Española de Física*, 1989, n 3(1), p. 53-58.
- GRUPO LENTISCAL. El uso del ordenador en la enseñanza de la física y química. *Alambique*, 2006, n 50, p. 76-83.
- GUIASOLA, J. La física en el Bachillerato LOE: acatar pero no cumplir. *Alambique*, 2008, N 56, P. 11-19.
- GUIASOLA, J., ALMUNÍ, J. M., y FURIÓ, C. The nature of science and its implications for Physics textbooks. *Science & Education*, 2005, n 14(3-5), p. 321-338.
- GRECA, I. M., HERSCOVITZ, V. E. Construyendo significados en mecánica cuántica: Fundamentación y resultados de una propuesta innovadora para su introducción en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 2002, n 20(2), p. 327-338.
- HARLEN, W. y HOLROYD, C. Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 1997, n19(1), p. 93-105.
- HASHWEH, M.Z. Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 1987, n 3(2), p. 109-120.
- HAWKING, S.W. *Historia del tiempo*. Barcelona: Crítica.1988.
- HERNÁNDEZ, J. L. y GISBERT, M. *Física 2º Bachillerato*. Madrid. Bruño. 2003.

- IZQUIERDO, M. y RIVERA, L. La estructura y la comprensión en los textos de ciencias. *Alambique*, 1997, n 11, p. 24-33.
- JAMMER, M. *The philosophy of quantum mechanics*. New York: John Wiley.1974.
- JIMÉNEZ, M. P. ¡Viva la diferencia! En: *ACES: Aprendiendo ciencias en la Enseñanza Secundaria. Materiales para el alumno* 1997, p. 245-278). Santiago: S. de P. e Intercambio científico de la Universidad de Santiago.
- JIMÉNEZ, J. D. y PERALES, F. J. La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2002, n 1(2).
- JUNTA DE EXTREMADURA *Bachillerato. Currículo para Extremadura*. Mérida: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología. 2002.
- KRAGH, H. *Generaciones cuánticas. Una historia de la física en el siglo XX*. Madrid. Ed. Akal. 2007.
- LEE, O., y PORTER, A. C. A teacher's bounded rationality in middle school science. *Teaching and Teacher Education*, 1993, n 9(4), p. 397-409.
- LOWY, E y ROBLES, J. L. *Física 2º Bachillerato*. Madrid. Ediciones Akal. 2002.
- MACÍAS, A. CASTRO, J. I. y MATURANO, C. I. Estudio de algunas variables que afectan a la comprensión de textos de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, n 17(3), p. 431-440.
- MELLADO, V., PEME-ARANEGA, C., REDONDO, C., y BERMEJO, M. L. Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado. *Campo Abierto*, 2002, n 22, p. 37-58.
- MILLAR, R., y HUNT, A. La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencia. *Alambique*, 2006, n 49, p. 20-29.
- MONTERRUBIO, M.C. *Modelos de valoración de manuales escolares de matemáticas*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Valladolid. 2007.
- NIAZ, M. y FERNÁNDEZ, R. Understanding quantum numbers in general chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 2008, n 30(7), p. 869-901.
- NOVAK, J.D. *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Ed. 1998.
- OGAN-BEKIROGLU, F. To what degree do the currently used physics textbooks meet the expectations? *Journal of Science Teacher Education*, 2007, n 18(4), p. 599-628.
- PAVÓN, F. *Conocimiento profesional de los profesores de Física y Química de Bachillerato principiantes y con experiencia en la provincia de Cádiz*. Tesis Doctoral Inédita. Universidad de Sevilla.1996.
- PERALES, F.J. *Resolución de problemas*. Síntesis Educación. Madrid. 2000.
- PERALES, F. J. y MARTOS, F. Problemas tradicionales-problemas LOGSE: ¿Algún cambio sustancial? En R. Jiménez y A. Wamba (eds.): *Avances en la didáctica de las ciencias experimentales* 1997, p. 511-518. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- POSADA, J.M. El estudio didáctico de las ideas previas. En F.J. Perales y P. Cañal (eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales* 2000, p. 363-388. Alcoy: Marfil.

- PRO, A. de SÁNCHEZ, G y VARCÁRCEL, M. V. Análisis de los libros de texto de física y química en el contexto de la reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 2008, n 26(2), p. 193-210.
- PUENTE, J., LARA, C. y ROMO, N. *Física 2º Bachillerato*. Madrid. SM. 2003.
- RIVERA, L. e IZQUIERDO, M. Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique*, 1996, n 7, p. 117-122.
- RODRIGO, M., MARTÍN, R. *et al.* Un estudio sobre el profesor de ciencias en educación secundaria y unas propuestas para mejorar su formación. *Revista de Educación*, 2000, n 321, p. 291-314.
- SÁNCHEZ DEL RÍO, C. La aversión a la energía nuclear. *Boletín Informativo del Instituto de España*, 2004, n 1, p. 7-8.
- SÁNCHEZ, G. y VARCÁRCEL, M. V. Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 1999, n 36(4), p. 493-513.
- SANTALICES, L. La comprensión de lectura en textos de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 1990, n 8(1), p. 59-64.
- SOTOCA, J., TEJERINA, F. y DALMAU, F. *Física 2º Bachillerato*. Madrid. ANAYA. 1998.
- SOLBES, J., BERNABEU, J., NAVARRO, J., y VENTO, V. Dificultades en la enseñanza/aprendizaje de la Física cuántica. *Revista Española de Física*, 1988, n 2(1), p. 22-27.
- SUERO, M. I., PÉREZ, A. L., MONTANERO, M., GIL, J., DÍAZ, M. F. y PARDO, P. J. (Grupo Orión de Didáctica de la Física). *Física 2º Bachillerato*. Madrid. Santillana.2003.
- STYER, D.F. Common misconceptions regarding quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 1996, n 64(1), p. 31-34.
- TAMIR, P. y GARCÍA, M. P. Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 1992, n 10(1), p. 3-12.
- VÁZQUEZ, B. y JIMÉNEZ, R. Las NTIC y la resolución de problemas escolares. Una aproximación a través de las WebQuest. *Alambique*, 50, 2006, n. 50, p. 56-65.
- WELTI, R. Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas. *Enseñanza de las Ciencias*, 2002, N 20 (2), P. 261-270.