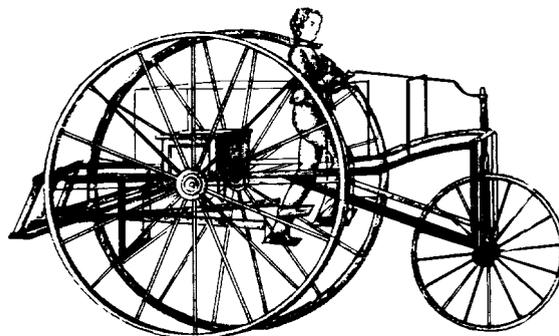


TESIS DIDÁCTICAS



Enseñanza de la Mecánica Cuántica en la escuela media

Tesis doctoral

Autor: Fanaro Cavalli, María de los Ángeles.

Directores: Marco Antonio Moreira y María Rita Otero.

Lugar: Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Burgos.

Programa: Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UBU-UFRGS.

Fecha: 24 de julio de 2009.

Resumen

Esta tesis aborda el problema de la enseñanza de conceptos fundamentales de Mecánica Cuántica en la escuela media. Se elabora una estructura conceptual de referencia relacionada con el enfoque de la Mecánica Cuántica de Feynman «*Path Integrals*» o «camino múltiple», que es alternativo y complementario al enfoque canónico. Su potencial reside en que permite prescindir del desarrollo estrictamente histórico y tradicional, que se adopta usualmente en la enseñanza. Se parte de la física clásica –cuyos conceptos son familiares a los estudiantes– y se analiza y fundamenta la transición entre la mecánica cuántica y la clásica. Así, se estudia cómo enseñar el concepto de sistema cuántico y los principios de superposición y de correspondencia. La formulación matemática de la integral de

camino se adapta al conocimiento matemático de los estudiantes empleando un marco geométrico-vectorial. La técnica se aplica para explicar los resultados que se obtienen en la experiencia de la doble rendija (EDR). La elección de este ejemplar permite la emergencia de las ideas de los estudiantes –electrones como «pequeñísimas bolillas»– y muestra cómo el concepto de sistema cuántico asociado a la técnica de *Path Integrals* explica la distribución de probabilidad de los electrones, que no puede derivarse desde las ideas clásicas de los estudiantes. El estudio didáctico previo conduce a la elección del caso del electrón libre como un ejemplar que reúne las características de los sistemas cuánticos y permite aplicar la técnica a la disposición experimental de la EDR de manera relativamente sencilla. Se logra modelizar la curva de probabilidades obtenida en la simulación de la experiencia y explicar el patrón de interferencia. El diseño de la propuesta requiere la generación de situaciones que emplean *software* de simulación y la generación de nuevas simulaciones con *Modelus™*. Se realiza un análisis didáctico a priori para anticipar la mayor cantidad de posibles acciones de los estudiantes y del profesor, considerando aspectos cognitivos y afectivos. Se adoptan los lineamientos didácticos propuestos en Otero (2006; 2007) que integran la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud, 1990), la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1963, 1968; Novak, 1982; Gowin, 1981; Novak y Gowin, 1984); la teoría del aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2000) y las ideas sobre emociones, conocimien-

to y lenguaje de Maturana (1995). Uno de los resultados de este trabajo es la generación de un producto didáctico para enseñar nociones cuánticas fundamentales en la escuela media. El producto se implementó en un curso de física del último año y se analizaron los resultados registrando la totalidad de las clases en formato de audio y recogiendo todas las producciones escritas de los estudiantes. Se estudió la conceptualización utilizando la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1990). Se analizaron los aspectos afectivos, los estudiantes aceptaron la forma de trabajo propuesta –muy distinta a la habitual–, aceptaron las situaciones sin sentirse superados por ellas, afrontaron los desafíos y fueron capaces de realizar el esfuerzo cognitivo y afectivo necesario. Un grupo amplio de estudiantes aceptó las explicaciones relativas al electrón como sistema cuántico, y los principios de superposición y de correspondencia entre la Mecánica Cuántica y la mecánica clásica. La secuencia fue nuevamente implementada y adaptada a contextos diferentes. Se concluye que la secuencia es viable y adaptable en el último año de la enseñanza media, y se reconoce la necesidad de avanzar en el estado del conocimiento actual acerca del tratamiento escolar de aspectos cuánticos que complementan los aquí tratados, como la cuantización de energía y el comportamiento de los fotones. Finalmente, se realizan algunas consideraciones acerca del tratamiento escolar de la mecánica clásica, que podría modificarse para colaborar con la introducción de conceptos cuánticos hacia el final de la escolaridad.

El Taller de Enseñanza de Física de la UNLP como innovación: diseño, desarrollo y evaluación.

Tesis doctoral

Autor: Diego Petrucci.

Directores: Francisco Javier Perales Palacios y María Celia Dibar.

Lugar: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada.

Programa: Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Fecha: 14 de septiembre de 2009.

Nota: Sobresaliente «cum laude» por unanimidad.

Resumen

Esta tesis presenta una descripción curricular sistemática y un análisis detallado de un curso universitario de física básica. Desde 1986 hasta la fecha de presentación de la tesis, los estudiantes de Biología y de Geología de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) podían elegir cursar Física General según una modalidad convencional o según una modalidad taller, llamada el Taller de Enseñanza de Física (TEF).

El TEF representa un modelo de enseñanza de la física compatible con las recomendaciones de especialistas en Didáctica de las Ciencias, subsistiendo más de 25 años, a pesar de encontrarse en contexto desfavorable, con una infraestructura deficiente y sin haber recibido nunca subsidios. A lo largo de su existencia ha contribuido a la formación de más de 2.000 estudiantes y 50 docentes.

Se estudia la creación, evolución y características del TEF que, según se desprende de las conclusiones, representa un ejemplo de buena enseñanza, coherente con el constructivismo. Resulta por tanto de interés conocer sus características particulares, ya que, si bien existen infinidad de ejemplos de cómo no se debe enseñar física, las prácticas concretas de buena enseñanza son menos habituales. Por otra parte, se aborda la cuestión de la enseñanza de física a estudiantes de Ciencias Naturales, habitualmente dificultosa.

La experiencia del TEF se estudia en diversos aspectos:

– Descripciones del contexto institucional, del contexto social y del curso antes de la creación del TEF. Relato del proceso de surgimiento y evolución del TEF.

– Descripciones de las innovaciones didácticas desarrolladas en el currículo. Análisis de los problemas, las actividades, las estrategias y el sistema de evaluación.

– Evaluación del currículo. Se elaboró la noción de innovación sistemática como un modelo de desarrollo de innovaciones didácticas.

– Se estudió si el enfoque metodológico del TEF afecta a la forma en que los estudiantes conciben la naturaleza de la ciencia.

Entre los resultados se destacan:

– Los docentes que iniciaron las innovaciones se centraron en aquello que podían modificar. Cambiaron su concepción de alumno, habitualmente definido por sus carencias, por la de un estudiante interesado en su carrera. Se permitió a los estudiantes participar de la tarea docente, ocupando los espacios que les fueron abiertos. De este modo aportaron su vivencia, enriqueciendo los análisis docentes sobre la marcha del curso. Además se les brindó la posibilidad de elaborar y llevar a cabo sus ideas. Todo ello se dio en un contexto social y político de renovación y cambio.

– Se priorizaron criterios de selección, secuenciación y jerarquización de contenidos de tipo pedagógico y disciplinar. Los contenidos fueron orientados hacia la formación en Ciencias Naturales. Se explicitaron aspectos metodológicos que definen una visión de la física como descripción de los estados que asume un objeto de estudio. Se jerarquizaron los conceptos físicos considerados centrales.

– Se modificaron las estrategias de enseñanza, integrando teoría y práctica. Se evidenció una enseñanza centrada en el estudiante y preocupación por el aprendizaje. En este proceso se han generado numerosos recursos didácticos valiosos.

– Se favoreció que los estudiantes utilicen mecanismos de autorregulación de su aprendizaje. El sistema de evaluación tiende a generar compromiso. Al decidir la acreditación por consenso entre docentes y estudiante, el poder queda repartido, lo que explica el cambio de actitud que se manifiesta tras la primera evaluación, que se profundiza cuando encuentran espacio para llevar a cabo iniciativas propias como la elaboración de trabajos de investigación, de aplicación, de extensión o su incorporación al equipo docente.

– Las clases eran más pautadas que las tradicionales, con los docentes como coordinadores. Se planificaba la organización espacial, ubicando a los estudiantes en el centro de la escena y se partía de un lenguaje común. Estas modificaciones tienen por objeto democratizar el poder. Se valoraban los consensos tanto en el trabajo disciplinar como en el didáctico, en un marco de respeto por la diversidad y dándole prioridad a la argumentación sobre la autoridad.

– Los estudiantes aprenden una gran cantidad de aspectos metodológicos y actitudinales de los que no se ocupan los cursos convencionales.

– El conocimiento declarativo sobre aspectos generales de la naturaleza de la ciencia no parece modificarse durante un ciclo lectivo, aun cursando según diferentes modalidades de enseñanza. Como conclusión, se sugiere que un abordaje constructivista del proceso de enseñanza no necesariamente produce en los estudiantes una visión constructivista de la ciencia.

– El TEF pudo perdurar porque su propuesta resulta exitosa. Es un ejemplo de que es posible trabajar en cursos numerosos con una modalidad constructivista mediante grupos.

– Las características del TEF exceden al aula, ya que ha sido un generador constante de propuestas innovadoras, dentro y fuera de la universidad, algunas de las cuales se han desarrollado autónomamente. Muchos docentes que se formaron allí han participado de propuestas de docencia, investigación, extensión y otras actividades conformando equipos que reproducían características y mecanismos propios del curso.

FE DE ERRATAS

Revista 28(1) marzo 2010

En el artículo «**PARTICIPACIÓN DE LOS ALUMNOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MATERIAL DIDÁCTICO: SUS CONCEPCIONES SOBRE EL TEMA *EL AGUA Y LA SALUD* COMO BASE PARA LA PREPARACIÓN DE LAS ACTIVIDADES**», de Cristiane Pereira Ferreira y Rosane Moreira Silva de Meirelles, en la página 61 la ordenación de sus nombres es incorrecta y debería ser «Pereira Ferreira, Cristiane y Meirelles, Rosane Moreira Silva de».

En el índice, no salen reflejados todos los autores del artículo «**TEXTOS CLÁSICOS Y GEOMETRÍA DINÁMICA: ESTUDIO DE UN APORTE MUTUO PARA EL APRENDIZAJE DE LA GEOMETRÍA**», los cuales son: Richard, Philippe R., Meavilla Seguí, Vicente y Fortuny Aymemí, Josep Maria.

