

La Física, un campo propicio para el desarrollo del pensamiento complejo

Manuel Tovar
Rubén Santos



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



innova**CESAL**



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



Proyecto coordinado por
la Universidad Veracruzana,
México

2011



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



Universidad Veracruzana

Proyecto coordinado
por la Universidad Veracruzana,
México

«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso refleja los puntos de vista de la Unión Europea».



Esta obra está bajo la licencia de Reconocimiento-No comercial – Sin trabajos derivados 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente, siempre que indique su autor y la cita bibliográfica; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada.

La Física, un campo propicio para el desarrollo del pensamiento complejo

Manuel Tovar^{*} y Rubén Santos^{**}

31 de marzo de 2011

Resumen

La complejidad del Universo, de nuestra concepción del mismo y de nuestros intentos de describirlo a través de "leyes de la Física", requiere de quienes deseen cultivar esta disciplina un pensamiento autónomo, abierto y a la vez crítico. Un curso introductorio de Física Moderna en carreras de Licenciatura y de Profesorado Universitario en Ciencias Básicas tiene por objetivo familiarizar al alumno no solamente con los "avances" científicos recientes, sino confrontarlos con las fuentes del conocimiento, con la "puesta a prueba" de las teorías y los modelos propuestos como leyes con los resultados de la experiencia. Los contenidos de este tipo de curso se enmarcan entre los necesarios para un adecuado desarrollo del pensamiento científico. La intervención realizada consistió en la incorporación al diseño del curso de elementos que puedan favorecer el desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos, que incentiven el uso de las TICs que hoy tienen a su alcance para el autoaprendizaje y que ejerciten competencias para la comunicación científica.

Palabras clave: pensamiento autónomo, comunicación científica

1. Introducción

1.1 La Física Moderna

"Las raíces de la ciencia alcanzan hasta antes del inicio de la historia acerca de la cual tenemos registros, cuando los seres humanos descubrieron regularidades y relaciones en la Naturaleza"¹. A través de los siglos el hombre fue creando métodos para hacer estas observaciones, modelos mentales para relacionarlas entre sí y reglas para hacer predicciones a partir de ellas; desarrolló la ciencia. La Física estudió fenómenos básicos como el movimiento, el calor, el sonido, la electricidad, el magnetismo y otras temáticas; y se convirtió en una ciencia fundamental cuyas ideas sirvieron de soporte a otras disciplinas. Sus modelos se convirtieron en "leyes" que por muchos años parecieron inmutables. A fines del Siglo XIX y principios del Siglo XX, el avance de las observaciones y la precisión de los experimentos sometieron a una dura confrontación a los modelos previos y dieron origen a una visión completamente nueva de la Física. A este proceso se refiere la Física Moderna.

1.2 El curso de Física Moderna

El curso de Física General III del Instituto de Ciencias Básicas es común a las Carreras de Licenciatura y de Profesorado Universitario y está destinado a alumnos del Ciclo Inicial (primeros cinco semestres de la carrera). Este ciclo está diseñado para dar a los alumnos una formación básica en ciencias, con relativa independencia de la disciplina específica de su carrera. En el curso se introducen conceptos de Física Moderna y participan alumnos de las cuatro orientaciones alternativas de las carreras: Biología, Física, Matemática y Química. Se presenta, a un nivel introductorio, la evolución histórica de algunos conceptos

^{*} Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO) y Comisión Nacional de Energía Atómica, San Carlos de Bariloche, Argentina e Instituto de Ciencias Básicas, UNCUYO, Mendoza, Argentina.

^{**} Instituto de Ciencias Básicas, UNCUYO, Mendoza, Argentina.

¹ Paul G. Hewitt, *Física Conceptual*, Addison Wesley Longman, México, 1999.

de la Física, tales como el tiempo y el espacio (Teoría de la Relatividad) o la dualidad onda-partícula y el principio de incerteza (Mecánica Cuántica), y los grandes cambios de paradigma que sobrevinieron a comienzos del Siglo XX.

Los contenidos básicos del curso incluyen una descripción de las observaciones y experimentos que desafiaron los alcances de la Física Clásica a principios del Siglo XX, y que finalmente dieron origen a nuevas “leyes” que describen mejor (con mayor fidelidad) el mundo de las altas velocidades relativas y el de los componentes de la materia de nivel atómico y subatómico.

Por su temática, este curso enfrenta al alumno, quizás por primera vez en su carrera, con la complejidad del Universo, con las concepciones que el ser humano hace del mismo, con sus intentos de describirlo y modificarlo, con las limitaciones de sus modelos y la consecuente necesidad de desarrollar nuevos conceptos y leyes, revisando crítica y permanentemente la validez de las mismas.

La Física Moderna impregna prácticamente todos los campos de la tecnología y las distintas disciplinas científicas en incontables y variadas situaciones. Por todo ello, el curso de Física Moderna constituye un ámbito propicio para estimular el desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos de las carreras orientadas a la investigación y la docencia de las Ciencias Básicas.

Por todo ello, el desarrollo usual del curso incluye la presentación de algunas de las experiencias previas que dieron sustento a las nuevas teorías, tanto en el caso de la Relatividad como en el de la Mecánica Cuántica. En las clases se muestra cómo las experiencias pusieron a prueba las leyes previamente aceptadas, cómo los científicos se enfrentaron a una realidad que generaba incertidumbres al sobrepasar con la experiencia los límites de validez de los modelos conocidos y cómo esta incertidumbre es resuelta en forma crítica y creativa.

En nuestra experiencia a cargo del curso, pusimos énfasis también en el contacto del alumno con hechos posteriores referidos a las consecuencias, aplicaciones y trabajos orientados a fijar los límites de validez de la Física Moderna.

2. El diseño del curso

El curso está organizado, tradicionalmente, alrededor de clases teórico-prácticas en las que se combinan presentaciones a cargo de los docentes de la cátedra con la discusión de tópicos y la resolución y discusión de problemas que, en general, abordan problemas simples. El desafío planteado en este proyecto fue el de realizar innovaciones que contribuyesen al desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos y de competencias esenciales para el profesional egresado.

2.1 Las tareas encomendadas a los alumnos.

Para implementar el proceso innovador se incorporó al diseño del curso un conjunto de elementos:

a) La exigencia de resolver, en forma individual o grupal, y en su totalidad, los problemas planteados en las clases. Los resultados deben presentarse en forma escrita antes del examen final de la asignatura. Este requerimiento procura enfatizar la importancia de plantear problemas y ejercitarse en la resolución de los mismos, en contraposición a la mera asistencia a clases expositivas.

b) El análisis de un trabajo de investigación más o menos actual, publicado en una revista científica de circulación internacional, cuya temática esté ligada a los contenidos básicos del curso. Este requerimiento está orientado a establecer un contacto temprano del alumno con la investigación real,

con las fuentes del conocimiento científico y con sus protagonistas. Esta intervención será objeto de un informe separado².

c) La indagación individual o en grupos pequeños acerca de alguna temática especial, escogida a través de un acuerdo entre el docente y el alumno, que tenga en cuenta los intereses del alumno y los objetivos del curso, vinculado por ejemplo a su futura especialidad en una disciplina específica.

Esta tarea propicia la búsqueda y análisis independiente de información por parte del alumno el aprendizaje autónomo del alumno, su familiarización con las tecnologías de la información a su alcance en su hogar o en la universidad (“salir” del libro de texto) y desarrollar hábitos de trabajo en equipo.

d) La producción de un documento escrito (individual aunque el trabajo haya sido grupal) sobre la base de la tarea anterior en el que el alumno analiza y organiza la información recogida procurando transformarla en conocimiento propio, ya que la monografía deberá luego ser expuesta y defendida en forma oral. Se busca contribuir así al desarrollo por parte de alumno de competencias asociadas a la comunicación oral y escrita de los resultados de su trabajo.

2.2. Los trabajos de indagación realizados por los alumnos

Las consecuencias específicas de la Física Moderna en distintos campos tecnológicos, en otras disciplinas científicas y en áreas interdisciplinarias son innumerables. Es, por lo tanto, necesario que el alumno sea expuesto a esta realidad y tome contacto con alguna de estas ramificaciones del saber.

Es también de utilidad que desarrolle hábitos de trabajo, individuales y de equipo, que le permitan internarse en un área de trabajo desconocida sin la guía del libro de texto, comenzando a poner en práctica aquello de “aprender a aprender”. De ahí la importancia de esta tarea de indagación, identificada como ítem c) en el capítulo anterior.

Las temáticas elegidas para la monografía en la primera edición del curso estuvieron mayormente vinculadas a aplicaciones tecnológicas o de interés para el desarrollo de otras disciplinas que involucran fenómenos cuánticos. Entre ellas:

- La microscopía clásica y sus limitaciones derivadas de los fenómenos de interferencia de la luz utilizada.
- Los fundamentos de la microscopía electrónica, de la microscopía de efecto túnel o de fuerza magnética y su utilización en Biología o en Ciencia de Materiales.

También fue seleccionado en algún caso el estudio de algún problema específico de la Física Cuántica con mayor profundidad que en el curso. Por ejemplo:

- El desarrollo del modelo atómico utilizando herramientas matemáticas más avanzadas que las presentadas en el curso.

Es de interés incorporar en ediciones futuras del curso temas asociados a diversas problemáticas de la Física con implicancias éticas, sociales o económicas.

² M. Tovar y R. Santos, *La dilatación relativista del tiempo. Una mirada desde el aula*, Innova-Cesal 2010.

3. Evaluación de los efectos de la innovación

3.1 Análisis de los resultados.

Los resultados de esta intervención pueden ser valorados a través de distintos parámetros:

- i) La “aceptabilidad” por parte de los alumnos de las condiciones impuestas al curso.
- ii) El “éxito” alcanzado en cuanto al conocimiento incorporado por los alumnos, más allá de los contenidos mínimos tratados en las clases teórico-prácticas “normales”.
- iii) El interés despertado en los alumnos por las áreas de conocimiento exploradas.
- iv) La calidad técnica de las monografías y de sus exposiciones orales.

Con respecto al primer criterio, indicadores de la “aceptabilidad” se pueden obtener a través de los informes presentados por los alumnos, por sus opiniones al respecto emitidas en la encuesta anual y, más objetivamente quizás, por el índice de aprobación de la asignatura.

La gran mayoría de los alumnos presentó sus monografías de buen grado. Sin embargo, al no haberse programado una indagación sobre este aspecto específico en las encuestas regulares, solamente se dispuso de pocos comentarios aislados, hechos por los alumnos en forma espontánea. Éstos fueron, en general positivos.

Si nos apoyamos para evaluar los resultados en el índice de participación y aprobación de la asignatura, podemos decir que el curso fue exitoso puesto que, nuevamente, la gran mayoría de los alumnos inscriptos finalizó y aprobó el curso.

El conocimiento adquirido con este mecanismo pudo ser mensurado durante el examen final y la apreciación efectuada se refleja en las calificaciones de los alumnos. El general podemos decir entonces que fue Muy Buena.

En cuanto al interés despertado, aún sin contar en esta oportunidad con una herramienta específica para su valoración, podemos decir que fue alto. Se puede destacar un caso específico, en el que uno de los grupos orientados a la Biología escogió como tema el uso de la microscopía electrónica en la investigación biológica. Sus integrantes, no sólo buscaron información en Internet, sino que se contactaron con profesionales de una de las unidades de investigación instaladas en la Universidad³, quienes les ofrecieron una visita guiada a las instalaciones de su microscopio. Luego de elaborar y presentar su monografía solicitaron el dictado de un curso teórico práctico específico sobre el tema, propuesta que ha sido aceptada por la institución y será realizado en el Instituto Balseiro⁴, financiado por la Universidad.

La calidad técnica de las monografías y de las presentaciones orales fue: Buena

³ Instituto de Histología y Embriología, IHEM, dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.

⁴ Instituto Balseiro, unidad académica dependiente del la Universidad Nacional de Cuyo y de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina, asociada a su vez al Centro Atómico Bariloche, importante centro de investigación y desarrollo perteneciente a la segunda institución mencionada.

3.2 Conclusiones

Los resultados positivos obtenidos animaron a repetir la experiencia en este curso, durante el Ciclo lectivo 2011.

Realimentando la labor con el análisis realizado en la sección anterior, se implementarán herramientas específicas que permitan mensurar y evaluar el éxito de las intervenciones.

Otro aspecto a resolver durante el curso será la incorporación de las presentaciones orales al desarrollo regular del curso para tener mayor participación del resto de los alumnos. El problema que deberá atenderse será la reducción sustancial del tiempo para el estudio del tema elegido y la preparación de la exposición correspondiente.