

Física re-Creativa

Proyectos experimentales de física usando nuevas tecnologías

PREFACIO

El objetivo de este texto es presentar un conjunto de experimentos de física, que haciendo uso de las nuevas tecnologías disponibles (sistemas de toma y análisis de datos por computadoras, Internet, video, electrónica comercial, etc.) resalten los aspectos metodológicos de la física y las ciencias en general. Los proyectos están orientados a estudiantes universitarios de ciencia e ingeniería, aunque algunos pueden ser usados en escuelas secundarias. Los experimentos apuntan a que los estudiantes puedan responder las preguntas: ¿Cómo sabemos esto?, ¿Por qué creemos en aquello? Estas preguntas ilustran la naturaleza del pensamiento científico. El presente libro se complementa con un portal de Internet (www.fisicarecreativa.com) donde se ofrecen un conjunto de vínculos a sitios de Internet de interés para estudiantes y docentes de física.

Los proyectos experimentales están organizados alrededor de temas relacionados con metrología, mecánica, electromagnetismo, termodinámica, óptica y la física moderna. En particular, los experimentos propuestos intentan ilustrar los fenómenos físicos que dan sustento a los paradigmas básicos de la física, como son las leyes de la mecánica, principios de conservación, ecuaciones de Maxwell, ondas, la mecánica cuántica, etc. También se busca que los mismos sean en su mayoría autocontenidos, es decir, que cada uno de ellos pueda ser desarrollado por los estudiantes sin necesariamente haber hecho alguno de los otros. Esto permite optimizar el uso del instrumental requerido, ya que varios grupos pueden realizar en forma simultánea varios experimentos distintos. De otro modo sería necesario contar con numerosos diseños experimentales de una misma práctica.

Otra característica pedagógica de los experimentos aquí propuestos es que los mismos están planteados de modo tal para que los estudiantes *descubran los fenómenos* que dan sustento a las leyes. Esto permite que los distintos experimentos

estén en gran medida poco correlacionados con la discusión teórica de los tópicos cubiertos. De este modo, es posible que al discutir en las clases teorías un dado tema, los estudiantes ya tengan internalizados y estudiados los fenómenos que dan sustento a la teoría, y a veces ocurra lo contrario. Creemos que este modo de trabajo, al simular de algún modo las características reales del desarrollo científico, permite a los estudiantes una visión más abierta y realista de la ciencia y su método. Finalmente, este modo de proceder permite optimizar considerablemente el uso del equipamiento requerido en el laboratorio de enseñanza.

Otros objetivos importantes que se persigue en esta propuesta educativa son:

- ✓ **Desarrollo de habilidades experimentales y analíticas.** Entre ellas destacamos la habilidad de medir cuidadosamente una magnitud física, el análisis de los errores y la elección de los instrumentos más adecuados para un dado fin.
- ✓ **Análisis crítico de los resultados,** sus implicancias y generalizaciones. La comparación de los resultados con las expectativas teóricas o *a priori*. Formulación de hipótesis y nuevos experimentos.
- ✓ **Uso de diversos instrumentos y equipos de laboratorio.**
- ✓ **Uso de computadoras** en la toma de datos, control de un experimento y el análisis de los resultados y la confección de informes.
- ✓ **Familiarización de los estudiantes con la literatura actual** y la búsqueda de temas en revistas amenas y accesibles a su nivel, por ejemplo: *American Journal of Physics*, *The Physics Teacher*, etc.
- ✓ Finalmente, un objetivo de mucha importancia es el ***estímulo de la creatividad y las iniciativas de los estudiantes***. Para esto último se propone sugerir lecturas adicionales en las revistas mencionadas e incentivar y apoyar las iniciativas y modificaciones bien fundadas que propongan los estudiantes a los experimentos. Asimismo, se busca promover la discusión de estas iniciativas durante el desarrollo de un curso, más la organización de sesiones de discusión de artículos de revistas.

Encuadre filosófico y objetivos

Una de las características distintivas de los tiempos que vivimos, es el constante devenir de cambios tanto tecnológicos, como económicos, políticos y sociales. También la experiencia de las últimas décadas deja en claro lo terriblemente limitado

de nuestra capacidad para predecir el sentido u orientación de estos cambios. Ante estas realidades y limitaciones, surge naturalmente la pregunta: ¿cómo podemos preparar a nuestros estudiantes en ciencias y tecnología, cuando estamos casi seguros de que en su vida profesional usarán técnicas y equipos que hoy nos son desconocidos y que las técnicas y equipos con que los preparamos seguramente serán obsoletos antes que ellos egresen de nuestras universidades?. Desde luego las respuestas a estos interrogantes son muy complejas y difíciles, sin embargo el intento de elaborar una respuesta a estos interrogantes es un desafío ineludible para un educador.

Una posible respuesta a este dilema de la educación actual es enfatizar el desarrollo de habilidades y actitudes lo más básicas y amplias posibles, de modo tal que los estudiantes tengan la capacidad de adaptarse a situaciones nuevas y cambiantes. En ese sentido la enseñanza de las ciencias básicas, como la física en este caso, puede hacer un aporte valioso a la formación profesional, siempre y cuando se enfatizen sus aspectos formativos y metodológicos a la par de contenidos de información específicos. Así, por ejemplo, cuando discutimos y estudiamos el péndulo en el laboratorio, está claro que lo esencial no son necesariamente las leyes del mismo. Es poco probable que alguien termine trabajando con un péndulo en su vida profesional y evidentemente existe una abundante información sobre este tema en la literatura que puede ser consultada en cualquier momento. Sin embargo, la metodología que usamos para estudiar el comportamiento de un péndulo, poner a prueba nuestras hipótesis, ensayar explicaciones, analizar críticamente nuestros resultados y la búsqueda de información para lograr una mayor comprensión del problema, es común a muchas áreas del quehacer profesional de ingenieros y tecnólogos actuales y seguramente del futuro. Por lo tanto lo que se busca en el presente proyecto, además de presentar algunos **contenidos básicos de información**, es desarrollar en los estudiantes la habilidad de enfrentarse a problemas nuevos con apertura y rigurosidad. En otras palabras lo que se busca es **que sepan cómo aprender cosas nuevas** y enfrentarse a ellas con confianza y buen criterio. Si estos objetivos se logran, esta experiencia educativa habrá tenido éxito.

Enfoque pedagógico adoptado en este trabajo

Un curso de laboratorio de física no es necesariamente un ámbito donde se ilustran y demuestran todas y cada uno de los conceptos discutidos en un texto o clase teórica. Las limitaciones en tiempo, equipos y personal lo harían seguramente imposible. En ese sentido, los buenos textos, las demostraciones de clases o en vídeo, las discusiones con los docentes cumplen esa función tal vez con mayor eficacia y economía. Hay sin embargo una misión fundamental e irremplazable del laboratorio en la formación de los estudiantes, mucho más viable y provechosa que consiste en que los estudiantes aprendan el camino de como se genera el conocimiento científico mismo.

Así un objetivo que se consideró importante en esta propuesta, es la introducción de los estudiantes a la **apreciación y entendimiento** de la ciencia en general y más específicamente de la física. Se enfatiza aquí el aspecto del *entendimiento* de la ciencia por sobre el de la *información científica*, es decir se privilegian los aspectos **metodológicos de la física**. Esto parte de la persuasión de que **lo que caracteriza a un científico no es aquello en lo que cree, sino las razones que lo llevan a creer en eso**. Cada teoría científica se basa en hechos empíricos. Con el transcurrir del tiempo se descubren nuevos hechos, otros son modificados o inclusive encontrados erróneos. En consecuencia nuestras concepciones científicas deben ser revisadas y modificadas. Por lo tanto el conocimiento científico es por su propia naturaleza un conocimiento tentativo que puede ser probado o refutado.

También se considera importante en un programa de educación científica estimular en los estudiantes el desarrollo de una **actitud crítica** hacia el conocimiento en general y el científico en especial. La ciencia es una herramienta muy poderosa para el entendimiento y la modificación de nuestro mundo natural, pero es también limitada. Por lo tanto reconocer sus limitaciones es también una faceta esencial para el entendimiento de la misma.

Para alcanzar estos objetivos se consideró útil concentrarse más bien en *pocos tópicos fundamentales* donde los supuestos básicos y hechos empíricos que sostienen las teorías pertinentes son discutidos cuidadosamente. Esto es privilegiar la profundidad del tratamiento de los temas sobre la extensión y la metodología sobre la mera información.

Un laboratorio es una excelente herramienta pedagógica y en muchos aspectos, un ámbito esencial para la enseñanza de la ciencia en un nivel introductorio. El laboratorio le brinda a los estudiantes la posibilidad de *aprender a partir de sus propias experiencias*. También puede y debe ser usado para *estimular la curiosidad y el placer por la investigación y el descubrimiento*. Brinda a los alumnos la posibilidad de explorar, manipular, sugerir hipótesis, **cometer errores y reconocerlos**, y por lo tanto aprender de ellos.

En esta propuesta de laboratorio se adopta el criterio de guiar a los estudiantes a través de preguntas cuidadosamente seleccionadas con el fin de descubrir o redescubrir hechos nuevos e inesperados. La idea es que las preguntas formuladas estimulen la imaginación y la inventiva de los estudiantes. Creemos que esto es más productivo y estimulante que las guías tipo recetas donde se describen detalladamente los pasos a seguir para llegar a un resultado, generalmente conocido o esperado de antemano.

También se busca estimular la elaboración conjeturas razonables para explicar las observaciones realizadas (es decir, la elaboración de modelos que puedan explicar las observaciones). Creemos que el encontrar resultados *inesperados* estimula el proceso de aprendizaje y mantiene el interés de los estudiantes. Esto es más constructivo que usar las sesiones de laboratorio simplemente para verificar resultados ya discutidos en los textos o en clases. Las soluciones de los problemas

experimentales no pueden ser encontradas al final de un libro, por lo tanto es un desafío para los estudiantes que deben confiar en su propio criterio y adquirir confianza en su conocimiento.

Para la realización de varios de los experimentos propuestos se requiere el uso de sistemas de toma de datos y análisis por computadoras. Esta tecnología se ha vuelto muy accesible en los últimos años y ofrece la posibilidad de realizar experimentos más cuantitativos y con mayor precisión. Al mejorar la precisión de las mediciones, es fácil apreciar la necesidad de mejorar las teorías establecidas, también las limitaciones de los modelos propuestos se vuelven evidentes. Este tipo de vivencia difícilmente pueda ser internalizada en un ámbito distinto del laboratorio.

El estímulo de la *creatividad* es otro objetivo fundamental que puede y debe lograrse en el laboratorio. Al aceptar y alentar las variaciones a los problemas dados, es muy gratificante ver como muchos estudiantes encuentran nuevos caminos para alcanzar un objetivo dado o pueden incluso encontrar un nuevo objetivo tal vez más valioso que el originalmente concebido por el instructor. El análisis y la elaboración de los informes de laboratorio son también muy importantes en el proceso de aprendizaje. Aquí los estudiantes deben resumir sus observaciones y experiencias, describir sus resultados y compararlos con las expectativas teóricas. Asimismo, es importante para los alumnos apreciar el grado de acuerdo o desacuerdo, establecer conclusiones, etc.

Hay además, importantes subproductos provenientes de este último paso, como ser el desarrollo de la habilidad para escribir informes, utilizar computadoras para la adquisición de datos y/o para analizarlos; adquirir experiencia en conceptos básicos de estadísticas a partir de discusiones sobre los errores experimentales y del nivel de significación de sus observaciones. La utilización de instrumentos que les permita expandir su capacidad de observación y la habilidad de realizar mediciones es en sí misma una experiencia fructífera y útil.

La mayoría de los proyectos experimentales, por su naturaleza, requieren ser llevados a cabo por un grupo de personas, lo que promueve la cooperación entre los estudiantes y el *trabajo en equipo*. Muchos de los proyectos experimentales, no siempre tienen un “final feliz”, donde todos los datos obtenidos concuerdan con la teoría dentro de los errores. Esto a menudo no ocurre en toda su extensión por diversas razones: errores sistemáticos, carácter aproximado de las teorías expuesta en los textos, o complejidades no bien entendidas. Esto puede ser útil para que los estudiantes comprendan el carácter problemático de las ciencias y que las teorías científicas necesitan permanentemente ser corroboradas experimentalmente, ser revisadas a la luz de nuevas evidencias, o ser reemplazadas por otras más generales o racionales.

En resumen, el laboratorio naturalmente brinda una excelente oportunidad para simular situaciones bajo las cuales no solamente las ciencias se desarrollan sino también un gran número de actividades profesionales y empresariales modernas, y tal vez de la vida misma.

