

ESCALAS DE LA FÍSICA. UNA ASIGNATURA

J.Roset, I.Marincic, J.M.Ochoa
Física Aplicada ETSAB-UPC
Diagonal, 649. 08028 Barcelona. España
T.+34.93.401.63.80 F.+34.93.401.60.90
e-mail: jaume.rosset@fa.etsab.upc.es

RESUMEN

El propósito de esta comunicación es presentar una asignatura que se ha impartido en la Universitat Politècnica de Catalunya durante los últimos cinco años.

Los objetivos de la asignatura son:

- Aumentar el grado de conocimientos comunes de los estudiantes de diferentes carreras técnicas. Se particularizan algunos ejercicios al campo del cuidado del ambiente que es de interés para todos ellos.
- Desarrollar un método que permita reducir una situación a otra de manera inteligente y sistemática.
- Mostrar las utilidades del uso de modelos a escala en la enseñanza.

La técnica matemática que se utiliza es la del Análisis Dimensional, la cual requiere el conocimiento de los sistemas de ecuaciones lineales, álgebra vectorial y funciones de una o más variables.

Como conclusión, creemos que la asignatura sirve para potenciar una visión unitaria de la Física y la capacidad de trabajo interdisciplinar de nuestros estudiantes. Estudiantes que deberán, con seguridad, convivir con personas de diferentes titulaciones y nacionalidades en sus lugares de trabajo real.

INTRODUCCIÓN

La Física es una ciencia, creada por los hombres, que tiene como objetivo estudiar el comportamiento de la materia y la energía. Como una de las Ciencias naturales estudia cualitativa y cuantitativamente este comportamiento en la Naturaleza. Ahora bien, parece lógico pensar que las relaciones deducidas para los fenómenos naturales hayan de ser válidas también para los objetos creados por el hombre.

Como tal ciencia tiene un cuerpo de doctrina bien establecido que, de todos modos, no siempre es fácil de llegar a comprender. Así, hoy en día, los libros de Física General suelen tener más de mil páginas y se presentan divididos en varios volúmenes.

Por otro lado, cada vez es más rápido el desarrollo de la tecnología que hace necesario (tal vez, imprescindible), para un titulado de una universidad politécnica, un cierto conocimiento de los principios, desarrollos y resultados de la Física.

No sería adecuado mantener a personas con una formación matemática y de fenomenología física importante como son estos estudiantes en el nivel puramente cualitativo. En todo caso, la experiencia nos muestra que los libros de "física sin cálculos" no suelen lograr transmitir adecuadamente las ideas de la Física ... Tampoco los planes de estudios asignan a los estudiantes una cantidad de tiempo grande para dedicar a los temas básicos.

La Universitat Politècnica de Catalunya, en sus planes de estudios actuales, prevé que un 10% de los créditos (1 crédito es equivalente a 10 horas de clase) de su titulación se obtenga mediante asignaturas, seminarios u otras actividades debidamente regladas¹. La asignatura que se presenta ha formado parte de esta oferta de Libre Elección los pasados cinco años y está en la oferta para el presente curso. Los alumnos que la superen obtienen tres créditos.

Lo que se pretende con la asignatura **Escalas de la Física** es realizar una optimización de los conocimientos adquiridos mediante la minimización del tiempo empleado en su estudio. Para esta optimización se tomarán prestados métodos de las tareas de investigación como el razonamiento por analogía o la teoría de modelos a escala.

La idea es ofertar una materia a estudiantes que han superado la fase selectiva de diferentes titulaciones (hasta ahora la han cursado estudiantes de seis titulaciones distintas) que la cursan en la misma aula y son evaluados de forma análoga. El objetivo es reequilibrar el nivel (de Física, en este caso) que los alumnos poseían al ingresar en la Universidad. En segundo lugar, la participación de los alumnos en clase y el contacto entre ellos facilita su preparación para el trabajo en grupos interdisciplinares que deberán realizar en el futuro (así conviven en la misma aula arquitectos e ingenieros informáticos, ingenieros de telecomunicación técnicos y superiores, ingenieros industriales y alumnos de la facultad de náutica, ...).

LA ASIGNATURA ESCALAS DE LA FÍSICA

El curso que se presenta se estructura en cinco capítulos. El primero empieza con una descripción de la presentación habitual de la Física. Señalando sus puntos fuertes (para mantenerlos 'in mente') y los débiles (para intentar evitarlos). Seguidamente se habla de la escala del hombre y se introducen las primeras ideas de la Teoría de Modelos a Escala.

El segundo capítulo introduce matemáticamente las definiciones necesarias para trabajar con Análisis Dimensional. El tercer capítulo introduce la operativa del Análisis Dimensional que, a partir de aquí, se podrá utilizar.

El cuarto capítulo, trata propiamente de modelos a escala (lo que se denomina similitud) desde un punto de vista de tipologías y de formas concretas de uso.

El quinto capítulo, finalmente, se dedica a aplicaciones en diferentes campos tanto habituales de esta teoría (fluidos, sobre todo) como menos habituales (por ejemplo, resistencia de materiales).

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

PRIMERA PARTE: TEORÍA.

Capítulo 1. Escalas de validez de las leyes físicas: La escala humana.

- 1.1 Un esquema de la Física general.
- 1.2 La escala humana.
- 1.3 Los métodos y objetivos de las Teorías de Modelos.

Capítulo 2. La naturaleza y el uso de las dimensiones. Homogeneidad dimensional y cambios de unidades.

- 2.1 Descripción cualitativa y investigación cuantitativa de un proceso.
- 2.2 Valores numéricos de las cantidades. Cantidades primarias y secundarias. Medidas.
- 2.3 Relación con las leyes de la Física. Ecuación dimensionalmente homogénea. Unidades fundamentales y unidades derivadas.
- 2.4 Cambios de unidades.

Capítulo 3. El teorema de Pi o de Buckingham.

- 3.1 Productos adimensionales.
- 3.2 Teorema de Pi o de Buckingham. Obtención sistemática de productos adimensionales.
- 3.3 Ejemplos particulares de aplicación.

Capítulo 4. Similitud y ensayos de maquetas.

- 4.1 Prototipo y modelo. Tipos de modelos
- 4.2 Tipos de similitud: Escalas o factores de escala; modelos distorsionados y efectos de escala. Obtención de la similitud a partir de ecuaciones diferenciales.
- 4.3 Ensayos de maquetas. Instrumentación de maquetas. Maquetas de ordenador.

SEGUNDA PARTE: APLICACIONES.

5. Aplicaciones del Análisis Dimensional.

- 5.1 Resistencia de materiales.
 - 5.1.1 Introducción y nomenclatura. Comportamiento mecánico de los sólidos.
 - 5.1.2 Obtención de algunas relaciones independientes del tiempo por Análisis Dimensional: Estática de Sólidos Deformables.
 - 5.1.3 Obtención de algunas relaciones dependientes del tiempo por Análisis Dimensional: Impactos, vibraciones y ondas mecánicas.
- 5.2 Mecánica de fluidos.
 - 5.2.1 Introducción y nomenclatura. Estática y Dinámica de fluidos.
 - 5.2.2 Obtención de algunas relaciones de estática de fluidos por Análisis Dimensional.
 - 5.2.3 Obtención de algunas relaciones de dinámica de fluidos por Análisis Dimensional.
 - 5.2.4 Movimiento de fluidos y temperatura: Introducción a la convección. Algunas relaciones con ayuda del Análisis Dimensional.
- 5.3 Otras aplicaciones.
 - 5.3.1 Aplicaciones a problemas de electromagnetismo.
 - 5.3.2 La escala humana.

METODOLOGÍA DE IMPARTICIÓN Y EVALUACIÓN

La metodología empleada en su impartición ha sido la división del tiempo existente en clases de teoría, ejercicios y prácticas.

La teoría se desarrolla en pizarra por parte del profesor. Se insiste en señalar la bondad y las limitaciones del método del Análisis Dimensional. Se resalta especialmente la analogía entre las formulaciones matemáticas de diferentes partes de la Física.

Los ejercicios se desarrollan, también, en pizarra por parte del profesor. En el trabajo obligatorio que los alumnos deben realizar para superar el curso se ven obligados a plantear y resolver varios ejercicios.

Se incluyen prácticas de dos tipos:

- Realización de cálculos simbólicos con ordenadores. Es decir se realizan cálculos cuyo resultado no es un valor numérico sino analítico. En concreto se utiliza el programa Mathematica, lo cual requiere la realización de una o dos sesiones extra para familiarizar a los estudiantes con este tipo de software.

- Realización de medidas en maquetas. En concreto se suelen realizar medidas de iluminación en maquetas de edificios (desarrolladas para otras asignaturas). Se usa un equipo de adquisición de datos con ocho sondas modelo IDAS.

La evaluación de la asignatura se realiza en base a un triple criterio:

Un 10% de participación en clase: Este aspecto es importante pues permite al profesor y a los otros alumnos 'seguir' el discurso de la persona que plantea cuestiones en la clase, es decir: qué pregunta y **cómo** lo pregunta.

Un 40% de trabajo personal: El tema del trabajo se puede escoger por propio interés de los alumnos o de un catálogo de los mismos propuesto por el propio profesor. Para su entrega, el trabajo se limita a un máximo de 16 páginas de las cuales, al menos, la mitad son de trabajo personal del alumno.

Un 50% de examen final: El mismo para todos los estudiantes independientemente de su especialidad. En este apartado se evalúa el nivel de homogeneidad alcanzado entre los alumnos de las diversas titulaciones.

Los resultados obtenidos por los alumnos muestran que los que siguen el curso (a nivel de asistencia y realización de ejercicios propuestos) lo superan sin grandes dificultades (esto sucede frecuentemente en las asignaturas de Libre Elección, que cuentan con pocos alumnos por aula). Es interesante señalar que bastantes alumnos logran notas elevadas, lo cual indica que han tomado un interés razonable por la materia.

TEMAS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE

Los aplicaciones de esta asignatura a temas medioambientales buscan mantener una percepción global de la realidad. Una justificación adecuada puede verse en el capítulo 2 del "Manual de Arquitectura Bioclimática"². En la asignatura, la concreción a estos temas adquiere diferentes formas:

Los capítulos del 1 al 4 forman el bloque de teoría: Los apartados en los que se utilizan ejemplos relacionados con el ambiente son:

En el primer capítulo, al hablar de la escala humana, se introducen diversos **valores** de las cantidades de energía y potencia que son habituales en el entorno humano: los Megawatts de una central eléctrica o térmica, mil watts de radiación solar, un watt de luz, un microwatt de sonido, ... señalando la relevancia específica de estos valores tan dispares.

En el capítulo segundo insistimos a nuestros alumnos en la transformación, rápida y segura, entre las diferentes unidades que se pueden encontrar (grados centígrados o Fahrenheit, tep o megajulios o btu, ...).

El tercer capítulo está dedicado al aspecto de manipulación matemática de la técnica. Nuestro programa incluye el importante aspecto de la discriminación de dimensiones³ que permite tratar de forma separada diversas longitudes. Para la arquitectura bioclimática largo y ancho no son conceptos tan importantes como Norte-Sur, Este-Oeste y la altura introduce comportamientos totalmente distintos sobre todo en cuanto a la exposición a los agentes ambientales.

El cuarto capítulo incide especialmente en las maquetas de fenómenos ambientales (ventilación, luz, sonido, ...) señalando las especificaciones que los modelos deberían cumplir para que los experimentos realizados sobre ellos resultaran de provecho⁴. Finalmente, se presentan los modelos por ordenador como casos particulares de los conceptos de similitud desarrollados en el curso.

El capítulo 5 forma el gran bloque de aplicaciones, las cuales son tantas como problemas podamos abordar desde el punto de vista de la Física. En la impartición concreta de nuestro programa, las que se refieren a aspectos ambientales, son:

En el apartado de resistencia de materiales: Se tratan fenómenos vibratorios dependientes del tiempo y, en particular, las ondas acústicas en el aire.

En el apartado de otras aplicaciones. Se habla de las ondas electromagnéticas y, en particular, de las que son visibles. En este apartado se suele realizar una práctica de medición de iluminaciones en una maqueta mediante un equipo de adquisición de datos del tipo IDAS.

CONCLUSIONES

La asignatura ha probado servir de base para adquirir posteriormente nuevos conceptos de física, en particular de física aplicada a temas medioambientales.

Ha servido, así mismo, para nivelar conocimientos entre estudiantes de titulaciones distintas y para fomentar la capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios.

Se prevé incorporar a la asignatura un aspecto que será esencial en un futuro. Se trata de añadir a la interdisciplinariedad los efectos derivados del trabajo en común de personas procedentes de diferentes países con enfoques distintos de la vida, en general, y de la investigación en particular.

En este sentido el grupo que presenta este trabajo formado por un físico de Barcelona (España), una ingeniera civil de Buenos Aires (Argentina) y un arquitecto de México D.F. representa una visión optimista de lo que será (es) la colaboración internacional.

REFERENCIAS

¹ Autores varios. "Ponències de les Jornades sobre la reforma acadèmica a la UPC". Ediciones UPC, 1997

² Gonzalo, G.E. "Manual de Arquitectura Bioclimática". Universidad de Tucumán, 1998

³ Roset, J. "Escala de la Física". Publicaciones ETSAB, 1999

⁴ Cowan, H.J. y otros. "Models in Architecture". Elsevier, 1968