



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto 344

Integración de la computación científica en la enseñanza de la física

Responsable del Proyecto: Blanca Ayarzagüena Porras

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento Física de la Tierra y Astrofísica

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Hoy en día, la computación es clave en la sociedad y esencial para la física, ya que permite modelar, simular y analizar fenómenos complejos, así como procesar datos experimentales. Además, es una herramienta útil en la enseñanza de la física, ya que permite aprender de forma más visual e interactiva, apoyando metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas. También es cada vez más importante para las salidas profesionales de los físicos, siendo valorada en campos como la investigación, ciencia de datos o industria tecnológica. Por todo ello, es fundamental integrar la computación en las asignaturas del Grado en Física, no sólo en materias específicas, sino también en aquellas de Física y Matemáticas. En la UCM, los estudiantes reciben formación básica en programación y cálculo numérico desde el primer semestre en la asignatura de Laboratorio de Computación Científica (LCC). Sin embargo, existe un número elevado de estudiantes que se muestra sorprendido y poco motivado para cursar esta asignatura, ya que lo ven como algo desligado de la Física.

Por todo ello, el objetivo principal que se planteó en este proyecto fue el de integrar la computación científica en la enseñanza de la Física general al estudiantado de primer curso del Grado en Física, con el objetivo de mejorar la comprensión de ambas materias. Para ello, nos centramos en dos asignaturas de dicho curso, una de computación (Laboratorio de Computación Científica, LCC) y otra de física general (Fundamentos de Física II, FFII). A partir de ellas, se marcaron cinco objetivos específicos:

Objetivo 1 (O1): Aplicar la computación a la resolución de problemas físicos, con el fin de mejorar la comprensión de conceptos o ilustrar problemas concretos. En particular, se proponía tratar conceptos que quizá fueran más abstractos y con mayor dificultad para comprenderlos. De este modo, los estudiantes podrían visualizar los fenómenos trabajando de manera más profunda esos problemas físicos, lo cual les facilitaría una comprensión más duradera de los conceptos estudiados.

Objetivo 2 (O2): Concienciar al estudiantado acerca de la utilidad de la computación para el estudio de la física. La integración de la computación en las clases de FFII y de la física en las clases de LCC buscaba mostrar el estrecho vínculo que existe entre ambas disciplinas así como motivar a los estudiantes de primer año hacia la asignatura de LCC. En la actualidad, al no establecer ese vínculo, en muchas ocasiones, los estudiantes estaban poco motivados al cursar la asignatura y además, dejaban de programar una vez cursada. Por tanto, con la consecución del O2 esperábamos que los estudiantes no se desvincularan de la computación a lo largo del Grado en Física.

Objetivo 3 (O3): Fomentar el aprendizaje cooperativo entre el alumnado de primero del Grado en Física. Este objetivo se basaba en el hecho de que la mayoría de las actividades propuestas en este proyecto se realizarían por grupos y, además, los resultados de éstas serían expuestos por los estudiantes a sus compañeros, lo cual fomentaría el aprendizaje cooperativo entre ellos.

Objetivo 4 (O4): Establecer sinergias entre asignaturas del Grado en Física. Dado que las asignaturas tienden a percibirse por los estudiantes como compartimentos estancos, se propuso como objetivo secundario de este proyecto que los estudiantes pudieran interrelacionar asignaturas y tener una visión más global de la física. Esto también iba a ayudar a que los docentes conocieran mejor los contenidos de la asignatura que no imparten y pudieran hacer conexiones en sus explicaciones con otras asignaturas.

Objetivo 5 (O5): Elaborar y difundir material didáctico para la aplicación de la computación a la enseñanza de la física. Se propuso que todos los materiales elaborados en este proyecto, tanto por estudiantes como por docentes, se pusieran a disposición de la comunidad universitaria a través de una página web.

2. Objetivos alcanzados

Un elevado porcentaje de los objetivos propuestos inicialmente se han logrado a lo largo de este curso 2024-25. A continuación, describimos con detalle el grado de cumplimiento de los distintos objetivos descritos en la sección 1.

Objetivo 1 (O1): Aplicar la computación a la resolución de problemas físicos, con el fin de mejorar la comprensión de conceptos o ilustrar problemas concretos.

Este objetivo constituía una parte esencial del proyecto y como se verá en la sección 5, donde se describen las actividades, se ha cumplido en su totalidad. De este modo, tanto los profesores de LCC como de FFII han puesto un mayor énfasis en conectar la computación y la física. En este sentido, los profesores de LCC han incluido más ejemplos relacionados con la física en sus explicaciones de conceptos de programación y cálculo numérico y han proporcionado ejercicios aplicados a la física. En el caso de FFII, los profesores han sugerido ejercicios para los que los estudiantes debían usar la programación para resolverlos. Estos ejercicios consistían principalmente en la visualización de fenómenos físicos.

Objetivo 2 (O2): Concienciar al estudiantado acerca de la utilidad de la computación para el estudio de la física.

Para evaluar la consecución de este objetivo, nos hemos servido de encuestas anónimas con preguntas relativas a la percepción que tenía el alumnado sobre la relación entre la computación y la física. Estas encuestas se han realizado al comienzo y al final del curso y contenían las mismas preguntas (8) en ambas ocasiones a excepción de dos más finalistas que fueron añadidas en el segundo cuestionario. A la hora de interpretar los resultados, es necesario indicar que los grupos C y F no participaron en el segundo semestre en el proyecto. Esto explica que no haya respuestas del F y que sólo un estudiante contestara a las preguntas en el caso del grupo C. Por tanto, las respuestas al cuestionario final de este último grupo tampoco pueden considerarse como representativas. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que el número de respuestas en el cuestionario inicial fue mucho más alto (164) que en el cuestionario final (34), ya que el primero se realizó en el aula de informática durante las prácticas de LCC y, además, en él participaron todos los grupos.

A modo de ejemplo, en la figura 1 mostramos la distribución de las respuestas de los estudiantes por grupos a una de estas preguntas finalistas (pregunta 10) que preguntaba “¿Ha cambiado tu opinión sobre la utilidad de saber programar?”. Las respuestas eran:

- a) *Sí, ahora considero que saber programar me va a ayudar mucho a lo largo de la carrera*
- b) *Sí, ahora considero que saber programar es imprescindible a lo largo de la carrera*
- c) *Sí, ahora creo que saber programar puede ayudarme, pero no lo considero necesario para cursar la carrera.*
- d) *No, mi opinión no ha cambiado. No considero importante saber programar para cursar la carrera.*

No obstante, como podemos ver, ningún estudiante de un total de 34 ha respondido a la opción d). Es más, la gran mayoría (50-75%) indica que ahora considera que saber programar le va a ayudar mucho o incluso es imprescindible (40% para el grupo A y más del 20% para el grupo E). En el anexo 1, mostramos las respuestas a más preguntas del cuestionario segregadas por grupos tanto al inicio como al final del curso (no se muestran todas por brevedad) (Figuras A1.1-A1.3). En todas ellas, apreciamos cómo ha habido un cambio de tendencia entre los estudiantes hacia una mayor percepción de la utilidad de la

computación para el estudio y la enseñanza de la física. Por tanto, podemos concluir que se ha cumplido el objetivo 2 de este proyecto.

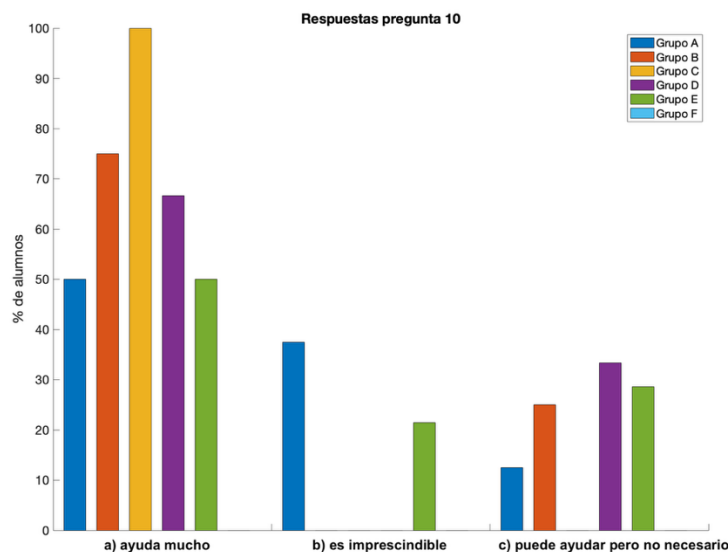


Figura 1. Distribución de alumnos de cada grupo de 1º (%) que ha contestado opción a), b) y c) para la pregunta 10 (ver detalles en el texto sobre el contenido de esta pregunta).

Objetivo 3 (O3): Fomentar el aprendizaje cooperativo entre el alumnado de primero del Grado en Física.

Este objetivo se ha alcanzado mediante dos tipos de actividades diferentes. Por un lado, los estudiantes han explicado los resultados de sus trabajos en un mini-congreso de estudiantes donde sus compañeros eran el principal público de estas explicaciones (ver más detalles en la sección 5). Por otro lado, muchos de los estudiantes han realizado los trabajos por grupos.

Objetivo 4 (O4): Establecer sinergias entre asignaturas del Grado en Física.

De nuevo, creemos que el cumplimiento de este objetivo es del 100%, en particular, en el caso de los docentes, ya que, gracias al proyecto, muchos de ellos han conocido mejor los contenidos de la asignatura que no imparten y han podido hacer conexiones en sus explicaciones con la otra asignatura. Es muy destacable que algunos docentes de la asignatura de FFII que usaban la computación de manera marginal hayan decidido ponerse a entender los códigos y programar. Además, esto se ha visto favorecido porque dos profesoras han impartido este curso ambas asignaturas y la IP del proyecto lo hizo en años anteriores, aunque en el presente solo impartiera LCC.

Objetivo 5 (O5): Elaborar y difundir material didáctico para la aplicación de la computación a la enseñanza de la física

Este objetivo se ha alcanzado en su gran mayoría, ya que tanto los estudiantes como los docentes hemos elaborado material didáctico. Este material se ha subido a una página web que se ha creado específica para el proyecto (<https://www.ucm.es/incenfis/>). Además, como se ha indicado en el O3, los estudiantes han presentado sus resultados a sus compañeros a través de posters que se expusieron y explicaron.

3. Metodología empleada en el proyecto

El proyecto se ha desarrollado a lo largo de todo el curso 2024/25 en dos asignaturas del 1er curso del Grado en Física (“Laboratorio de Computación Científica” (LCC) del 1er semestre y “Fundamentos de Física II” (FFII) del 2º semestre). Los grupos de 1º que han participado en la primera asignatura han sido todos menos el grupo E, mientras que en la segunda han sido los grupos A, B, D y E. De esta manera, todos los grupos de primero han participado en al menos una de las asignaturas en este proyecto.

Por otro lado, inicialmente la computación se planteó realizarla únicamente en MATLAB, ya que es el software en el que hasta ahora se había impartido LCC. Sin embargo, por primera vez, en el curso 2024/25 se ha implantado un grupo piloto de LCC en Python (grupo D). De esta manera, los estudiantes de ese grupo han realizado las actividades en ese segundo lenguaje de programación, mientras que el resto lo ha hecho en MATLAB.

En cuanto a la ejecución del proyecto, ésta se ha llevado a cabo en tres fases distintas.

La FASE 1 se ha caracterizado por el diseño de las actividades a desarrollar en las dos asignaturas involucradas en el proyecto. Para ello, los miembros del equipo se han reunido en dos ocasiones (julio 2024 y en noviembre 2024) para acordar las actividades a realizar en las distintas asignaturas y establecer sinergias entre ellas. Además, se han acordado y elaborado los cuestionarios utilizados para medir el impacto del proyecto en el estudiantado. A partir de ahí, los profesores han ido preparando el material docente para su asignatura y compartiendo entre ellos a través de Google drive.

La FASE 2 ha consistido en la implementación de las estrategias diseñadas para las dos asignaturas. En el caso de LCC, los profesores han usado ejemplos de física en las explicaciones de conceptos de programación y cálculo numérico y han proporcionado ejercicios aplicados a la física. En el caso de FFII, los docentes se han valido de la programación para apoyar sus explicaciones. Además, han propuesto ejercicios orientados sobre todo a la visualización de fenómenos y en los que los estudiantes debían usar la programación. Esta fase también ha incluido la evaluación de la concienciación de los estudiantes acerca de la relevancia de la computación en la física y su utilidad para el aprendizaje de ésta. En la sección 5 se incluirá una descripción detallada de las actividades realizadas en esta fase.

Por último, la FASE 3 ha consistido en la transferencia de los resultados del proyecto, que se ha dividido en dos partes. Por un lado, los estudiantes han presentado los trabajos realizados por ellos mismos en un mini-congreso de estudiantes. Además, se ha creado una página web del proyecto (<https://www.ucm.es/incenfis/>) en donde se han colgado tanto códigos creados por docentes y estudiantes como los ficheros pdf de los pósters presentados por los estudiantes en su mini-congreso.

4. Recursos humanos

El equipo que ha participado en este proyecto está formado tanto por personal docente e investigador como por estudiantes de distinto nivel (doctorado, alumnos del grado en Física de 2º y 4º curso). Con respecto a los docentes participantes en este proyecto, éstos pertenecen a cuatro departamentos distintos de la Facultad de Ciencias Físicas: Dpto. de Física de la Tierra y Astrofísica (Blanca Ayarzagüena (IP), Belén Rodríguez, Juan José Ledo, Pablo Zurita, Álvaro de la Cámara, Marisa Montoya, Ana M. Negredo, Marta Ábalos, Javier Fullea, Marta Martín del Rey y Javier Gorgas); Dpto. Física de Materiales (Ana Urbieto y Lucas Pérez); Dpto. Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (Amparo Izquierdo) y la sección departamental del dpto. de Arquitectura de Computadores y Automática (Juan Jiménez). Además, incluyen prácticamente todas las categorías desde catedráticos hasta investigadores Ramón y Cajal. Salvo excepciones, estos docentes han impartido una de las dos asignaturas involucradas en el proyecto con lo que han realizado las tareas señaladas en la sección 5 correspondientes a cada una de ellas.

En cuanto a los estudiantes, hemos contado con uno de doctorado (Juan F. Ramos) que ha dado apoyo tanto al alumnado como a los docentes de la asignatura de FFII con la computación. Una tarea semejante ha realizado la estudiante de 4º curso del Grado en Física (Celia Rong Sánchez), la alumna tutora de la asignatura de FFII, dentro del programa de actividades asignadas en FFII. Además, Celia ha elaborado material adicional en Python. Por último, los estudiantes de 2º curso del grado (Juan Rubio, Julián Molina y Mateo Saéz) han compartido códigos en Matlab y Python y han traducido ciertos códigos existentes en MATLAB a Python que sirviera de apoyo para el grupo de estudiantes de primero que ha aprendido a programar en Python.

Todos los miembros del equipo han participado en las distintas reuniones organizadas a lo largo del curso para la planificación y diseño de las tareas.

Por último, es importante señalar que a los miembros incluidos en la memoria inicial se han incorporado los docentes Marisa Montoya, Javier Gorgas y Lucas Pérez y la estudiante de 4º del grado en Física, Celia Rong Sánchez. Los tres docentes mencionados pasaron a impartir la asignatura de Fundamentos de Física II en el curso 2024/25 y no aparecieron en la memoria inicial al realizarse el reparto docente de ese curso con posterioridad a la convocatoria de los proyectos. En cuanto a la estudiante Celia Rong Sánchez, como se ha indicado, ha sido la alumna tutora de FFII, cuya elección se realiza en el momento de la matrícula del curso 2024/25.

5. Desarrollo de las actividades

El desarrollo de las actividades del proyecto ha seguido en gran medida lo planificado en la memoria inicial.

En cuanto a la FASE 1 relativa al diseño de las actividades a desarrollar, se organizaron dos reuniones (una en julio y otra en noviembre 2024) en las que participaron todos los miembros del proyecto. La primera de estas reuniones consistió en una puesta en común de las actividades que se iban a realizar. En la segunda, los profesores de LCC compartieron la experiencia que estaban teniendo y ayudaron a perfilar las actividades de FFII en el segundo semestre. Por otro lado, estas reuniones sirvieron para que los docentes de las asignaturas pudieran acercarse a los contenidos de las otras asignaturas.

Otra tarea de esta fase fue la de preparar los materiales a utilizar en las asignaturas. Para ello, aparte del trabajo individual de cada docente, varios profesores compartieron códigos y ejemplos que pudieran servir útiles para el resto de los colegas. Asimismo, algunos de los estudiantes que formaban parte del equipo proporcionaron también ejemplos. Por último, también se diseñaron los cuestionarios de evaluación para medir el impacto del proyecto en el estudiantado (algunos ejemplos de estas preguntas se muestran en el anexo 1).

Como ya se ha indicado, en la FASE 2 se implementaron las estrategias diseñadas. En el caso de la asignatura de LCC, se incluyeron más referencias y ejemplos de aplicaciones de la computación a la física. En general, en todos los grupos se hicieron más alusiones en las explicaciones a cuestiones relacionadas con la física. Otras estrategias adicionales que se implementaron variaron entre grupos. Así, en muchos de ellos se proporcionaron ejercicios opcionales para subir nota relacionados con la física como el análisis de un circuito eléctrico resistivo empleando los métodos de resolución de sistemas de ecuaciones lineales (Figura A2.1 del anexo 2) o la determinación de la órbita de los planetas a partir del cálculo numérico de las soluciones de una ecuación trascendente. En otros grupos, los ejercicios más aplicados formaron parte de los ejercicios obligatorios como es el caso del grupo B en el que usaron MATLAB para determinar el movimiento de las estrellas a partir de datos de la intensidad emitida de las estrellas para cada longitud de onda (en la Figura A2.2 del anexo 2 se muestra una captura de la explicación de este ejercicio).

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios de computación, los estudiantes de los grupos A, B, D y E participaron en el proyecto en la asignatura de FFII del segundo semestre. Entre las tareas, muchos de los docentes se sirvieron de animaciones realizadas con MATLAB para apoyarse en sus explicaciones. Además, se propuso a los estudiantes seleccionar el trabajo a realizar. Esto se realizó de manera diferente. En algunos grupos, los propios docentes sugirieron los posibles códigos y les proporcionaron a los estudiantes una ayuda inicial. En otros, fue el propio alumnado el que decidió el tema por grupos y realizaron los trabajos. Asimismo, en algunos grupos solo unos pocos decidieron hacer estos trabajos como es el caso del grupo D, mientras que en otros la participación fue mayoritaria como en los grupos B y E. En esta parte, además, algunos profesores de LCC como la IP y Belén Rodríguez ayudaron a los docentes de FFII con menos experiencia en la programación. Por su parte, la alumna tutora de la asignatura de FFII así como otros estudiantes miembros del proyecto ayudaron al alumnado de primero. Además, la mayoría de los programas previos compartidos por los docentes eran para el software MATLAB pero como ya se indicó, uno de los grupos ha aprendido a programar en Python. En este sentido, algunos de los estudiantes-miembros del proyecto han ayudado a traducirlos a Python. En los anexos 3 y 4 se incluyen ejemplos de códigos realizados por los estudiantes tanto en MATLAB como en Python.

Como tarea adicional en esta fase, el alumnado ha aprendido a diseñar pósters para presentar los resultados de un trabajo. Aunque en la memoria inicial se propuso realizar un seminario para explicarles cómo hacerlo, finalmente se proporcionó a los estudiantes una

plantilla en .pptx donde se les indicaba las partes de las que debía constar el póster y cómo distribuir el espacio. Además, los docentes de cada grupo sirvieron de apoyo ante cualquier pregunta. La razón del cambio con respecto a la memoria inicial se fundamenta en la cercanía del final del curso y la consecuente sobrecarga de trabajo del alumnado, con lo que se decidió rebajar un poco dicha carga. En el anexo 5 se incluyen ejemplos de pósters elaborados por los estudiantes (uno por cada grupo de primero participante en el proyecto en el segundo semestre).

Por último, en la FASE 3 se llevaron a cabo diversas actividades para diseminar los resultados. Por un lado, los estudiantes presentaron los trabajos que habían realizado a lo largo del curso en el que usaban la computación para visualizar y comprender fenómenos físicos. Esta presentación se realizó el 8 de mayo en el gabinete de la Facultad de Ciencias Físicas. Se aprovechó el sexto seminario (no común a todos los grupos) de la asignatura de FFII para hacerlo ya que coinciden los horarios para los grupos de mañana y lo mismo para los grupos de tarde. En este mini-congreso de estudiantes, éstos pudieron presentar sus trabajos tanto a modo de póster como en los ordenadores a sus compañeros y profesores. Se ha de indicar que los estudiantes mostraron gran entusiasmo. De hecho, el mini-congreso tuvo tanto éxito que desde el decanato de la Facultad decidió elaborar un diploma de participación para todos aquellos que presentaron sus trabajos. En el anexo 6 se incluyen un par de instantáneas del evento.

Asimismo, se ha puesto en marcha una página web en la que se encuentran disponibles los materiales generados en el proyecto, así como la mayoría de los ficheros pdf de los pósters presentados en el mini-congreso de estudiantes. Esta página es de la UCM, tiene como dirección <https://www.ucm.es/incenfis/> y se encuentra ya pública. Aunque ya se han colgado bastantes códigos, está previsto que continuemos con ello. En el anexo 7 se incluye una captura de pantalla de la portada de la página web.

Por último, en la memoria inicial se propuso presentar los resultados de este proyecto en el congreso internacional de innovación educativa IATED (EDULEARN 2025). Sin embargo, para este congreso, era necesario el pago de una inscripción elevada y la cantidad concedida del proyecto no cubría realmente dicho pago. Además, preferimos priorizar el pago de la impresión de los pósters para que los estudiantes tuvieran el mini-congreso. Buscaremos algún congreso gratuito que se celebre en el futuro para difundir nuestros resultados entre la comunidad universitaria.

Finalmente, a modo de conclusión, quisiéramos reflexionar sobre la experiencia y los resultados obtenidos en este proyecto. En primer lugar, la experiencia ha sido sumamente positiva. Muchos de los estudiantes mostraron gran entusiasmo en el mini-congreso al presentar sus trabajos. Esto se corrobora con el cambio en la percepción de los estudiantes sobre la computación y su utilidad para el estudio de la física, como se ha comentado en la sección 2 y se puede ver en el anexo 1. Además, se ha generado una gran cantidad de material y códigos que se han compartido en internet a través de la página web. Por último, el profesorado de estas asignaturas adquirió mayor concienciación y experiencia en interrelacionarlas y se mostró motivado para continuar con este enfoque integrador en el futuro desarrollo de su actividad docente.

6. Anexos

Anexo 1. Comparativa de algunas respuestas de los estudiantes a las encuestas sobre la percepción del alumnado sobre la relación entre la computación y la física

Pregunta 2: ¿Piensas que la asignatura “Laboratorio de Computación” va a resultarte útil a lo largo del Grado en Físicas?

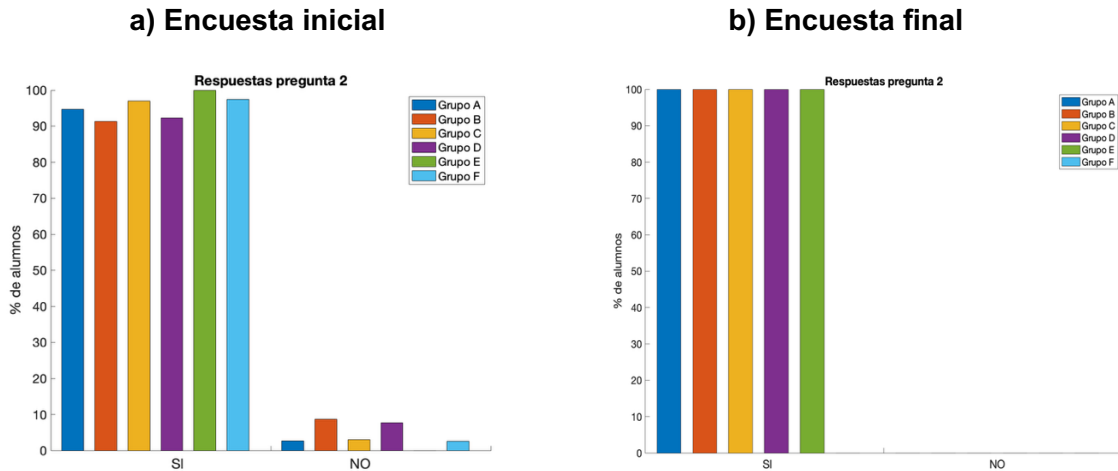


Figura A1.1. a) Distribución de alumnos de cada grupo de 1º (%) que ha contestado opción sí o no a la pregunta 2 en el cuestionario inicial, b) Igual que a) pero para el cuestionario final.

Pregunta 3: Del 1 al 10, ¿cuánto crees que la computación y programación puede facilitar ciertas tareas como los cálculos que se realizan en un laboratorio?

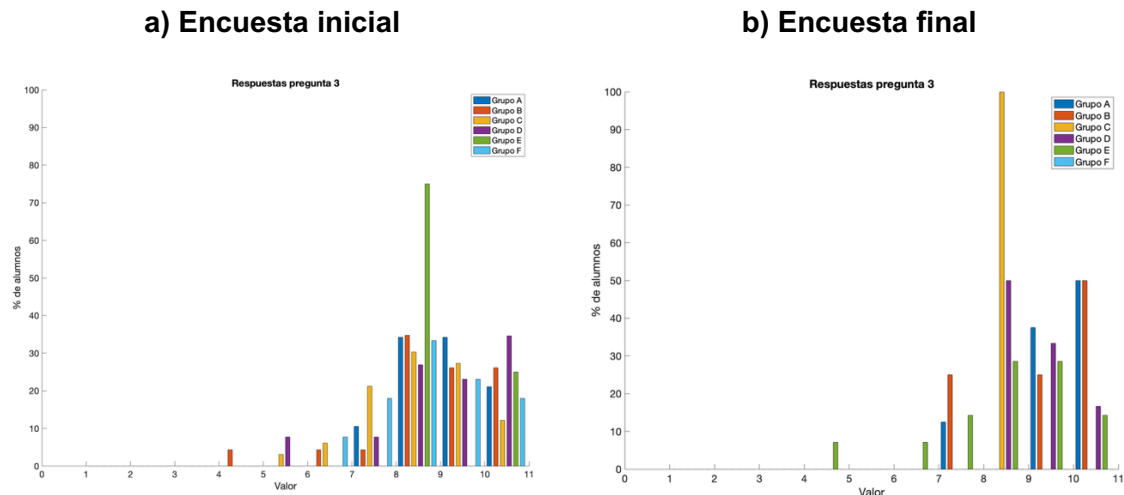
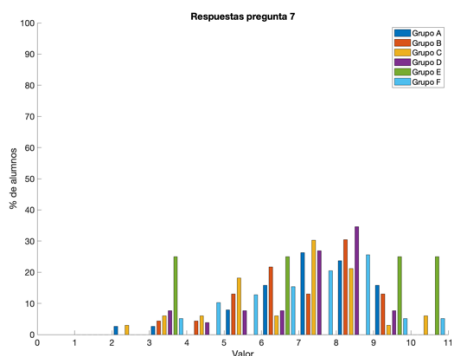


Figura A1.2. Igual que Figura A1.1 pero para la pregunta 3 de los cuestionarios.

Pregunta 7: Del 1 al 10, ¿cuánto crees que te va a ayudar/ha ayudado la programación y computación a entender los problemas físicos propuestos?

a) Encuesta inicial



b) Encuesta final

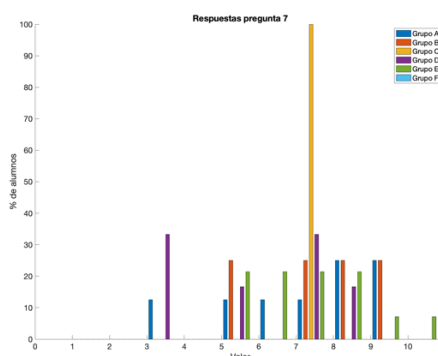


Figura A1.3. Igual que A1.2 pero para la pregunta 7 de los cuestionarios.

Anexo 2. Ejemplos de material relacionado con la física proporcionados a los estudiantes en la asignatura de LCC.

circuito_resistivo.mlx

ANÁLISIS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO RESISTIVO EMPLEANDO LOS MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES.

Para calcular las intensidades de un circuito de corriente continua como el de la figura, es suficiente emplear las leyes de Kirchhoff. La primera ley—ley de nodos—establece que la suma de corrientes que llegan a un nodo del circuito debe ser igual a cero. La segunda—ley de mallas—establece que la suma de las caídas de tensión en una malla cerrada tiene que ser cero. La caída de voltaje en una resistencia se calcula empleando la ley de Ohm: $V = i \cdot R$. Si aplicamos las leyes de Kirchhoff al circuito de la figura, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 - i_5 = 0 \\ i_5 + i_2 - i_6 = 0 \\ 5i_1 + 70i_3 = 180 \\ 25i_2 - 5i_4 - 10i_5 = 0 \\ 10i_6 + 8i_6 - 70i_3 = 0 \end{cases}$$

Las tres primeras ecuaciones corresponden a aplicar la ley de nodos a los nodos marcados con un punto negro en la figura. Las tres últimas, a aplicar la ley de mallas a las tres mallas considerando positivo recorrerlas en el sentido de las agujas del reloj.

El sistema de ecuaciones obtenido puede expresarse en forma matricial como,

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 5 & 70 & 0 & 0 \\ 0 & 25 & -5 & 0 & -10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -70 & 10 & 8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 180 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

1. Define en Matlab el sistema de ecuaciones (1). Obtén los valores de las intensidades en todas las ramas del circuito empleando directamente un solo comando o función de Matlab. Emplea el comando `cond` y di si en tu opinión el sistema está bien o mal condicionado. (1 punto)

```

1 clear all
2 close all
3 %Construimos las matrices
4 A=[ 1 -1 0 0 0;
5     0 0 1 -1 -1 0;
6     0 1 0 0 1 -1;
7     0 0 5 70 0 0;
8     0 25 -5 0 -10 0;
9     0 0 0 -70 10 8;
10    ];
11 b = [0;0;0;180;0;0];
12 x = A\b
13 r_cond = cond(A)
    
```

Figura A2.1. Captura del comienzo del ejercicio proporcionado a los estudiantes en la asignatura de LCC sobre el análisis de un circuito eléctrico resistivo empleando métodos numéricos de resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

In this Project (Part I: Stellar motion)

- ▶ You have data of the intensity of star light at each wavelength of several stars. Here you focus on the HD94028 star
- 1. View the star spectrum by plotting this intensity vs wavelength
- 2. Find the minimum intensity close to 656.28nm and the corresponding wavelength ($\lambda_{H\alpha}$)
- 3. Compare $\lambda_{H\alpha}$ and the theoretical one (656.28nm) to measure the direction the star is moving (approaching or moving away)
- 4. Calculate the redshift factor: $z = \frac{\lambda_{H\alpha} - 656.28}{656.28}$
- 5. Compute the star's speed: $v = z * c$

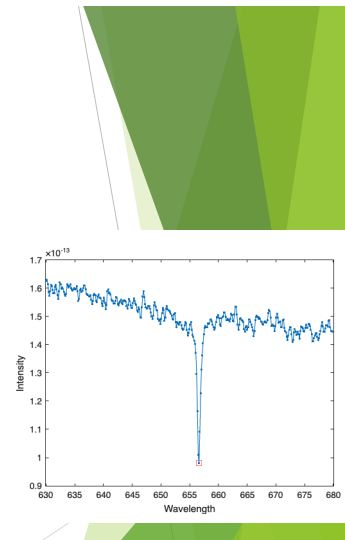


Figura A2.2. Muestra de una de las transparencias utilizadas en la explicación del ejercicio a realizar sobre el movimiento de las estrellas realizando los cálculos con MATLAB. El material está en inglés ya que se hizo para el grupo B, que es bilingüe.

Anexo 3. Ejemplo de códigos en MATLAB elaborado por los estudiantes de primero del grado en Física

```
% PROYECTO MATLAB EVALUACIÓN CONTINUA
% FENÓMENO DE DIFRACCIÓN
% Este código ha sido creado originalmente por Rubén Durán, Pilar García,
Isabel Barba y Lucía Calderón

clc; clear; close all; % Limpia la ventana de comandos

disp('FENOMENO DE DIFRACCIÓN')
disp('Este programa simula la difracción de una onda plana a través de
una rendija utilizando el principio de superposición.')
% Parámetros del sistema
lambda=input('En primer lugar introduzca un valor para la longitud de
onda: '); % Longitud de onda (m)
k = 2*pi/lambda; % Número de onda (m^-1)
f=input('Introduzca ahora un valor para la frecuencia: '); % Frecuencia
(Hz)
w = 2*pi*f; % Frecuencia angular (s^-1)

% Ejes x e y
x_max = 20; % Dominio en X
y_max = 10; % Dominio en Y
dx = 0.1; dy = 0.1; % Espacio entre puntos de cada eje
dt = 0.1; % Paso de tiempo

fotogramas = 100; % Número de fotogramas

% Creación del plano xy
[x, y] = meshgrid(-x_max:dx:x_max, -y_max:dy:y_max);

% Ancho de la rendija (ajustable)
a=input('establezca ahora el ancho de la rendija: '); % Frecuencia (Hz)
```

```

% Definimos una barrera en x=0
barrera = (abs(x) < dx) & (abs(y) > a/2); % bloquea todo x=0 salvo la
parte donde se encuentra la rendija

% Definimos puntos fuente a lo largo de la rendija
fuentes =input('Por último, introduzca la cantidad de fuentes en la
rendija: '); % Número de fuentes en la rendija
pos_fuentes = linspace(-a/2, a/2, fuentes); % Posición de cada fuente

% Configuración de la figura
figure;
colormap(jet);
colorbar;
xlabel('Posicion X');
ylabel('Posicion Y');
title(['Difraccion de Onda - Ancho de la Rendija: ', num2str(a)]);
axis equal;
hold on;

% Animación de la onda en el tiempo
for t = 1:fotogramas
    % Onda plana en el lado izquierdo (x < 0)
    onda = sin(k * (x + x_max) - w * t * dt);

    % Bloqueamos la onda en la barrera excepto en la rendija
    onda(barrera) = NaN; % Usamos NaN para dejar la barrera en blanco

    % Onda semicircular generada por múltiples fuentes en la rendija
    for s = 1:fuentes
        ys = pos_fuentes(s); % Posición de la fuente
        for i = 1:size(x, 1)
            for j = 1:size(x, 2)
                if x(i,j) >= 0 && ~barrera(i, j) % Solo después de la
rendija
                    r = sqrt(x(i,j)^2 + (y(i,j) - ys)^2); % Distancia de
cualquier punto del plano a cada fuente
                    onda(i, j) = onda(i, j) + sin(k * r - w * t * dt); %
Superposición de ondas
                end
            end
        end
    end

    % Normalización de la amplitud de la onda para que se mantenga en -1
o 1
    onda = onda / max(abs(onda(:)));

    % Graficamos la onda en cada fotograma
    contourf(x, y, onda, 50, 'LineColor', 'none');
    colormap(jet);
    colorbar;

    % Dibujamos la barrera con `plot()` (en color negro)
    set(gca, 'Layer', 'top'); % Trae la barrera al frente
    plot([0, 0], [y_max, a/2], 'k', 'LineWidth', 4); % Parte superior
    plot([0, 0], [-y_max, -a/2], 'k', 'LineWidth', 4); % Parte inferior

    % Título y pausa para animación
    title(['Difraccin de Onda - Tiempo: ', num2str(t*dt), ' s']);
    pause(0.05); % Pausa de 0,05s entre cada fotograma

```

end

Anexo 4. Fragmento de un ejemplo de código en Python elaborado por los estudiantes de primero del grado en Física

```
Jupyter Descarga de un condensador samuel muñiz (unsaved changes) Python 3
```

Ejercicio 1 de Programación:

Este código ha sido creado originalmente por Samuel Muñiz González

```
In [1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib qt

In [9]: ##Primer conjunto de parámetros del circuito##
e=5 ##FEM (Voltios)##
R=4 ##Resistencia (Ohmios)##
C=1e-6 ##Capacidad (Faradios)##
q_0=C*e ##Carga inicial##

In [3]: ##Segundo conjunto de parámetros del circuito##
e=2 ##FEM (Voltios)##
R=6 ##Resistencia (Ohmios)##
C=3e-6 ##Capacidad (Faradios)##
q_0=C*e ##Carga inicial##

In [4]: ##Tercer conjunto de parámetros del circuito##
e=7 ##FEM (Voltios)##
R=3 ##Resistencia (Ohmios)##
C=2e-6 ##Capacidad (Faradios)##
q_0=C*e ##Carga inicial##

In [11]: ##Parámetros del circuito##
```




SUM OF TWO HARMONIC WAVES

Álvaro López Valero, Nicolás Javier Huarte Lozano, Pablo Jiménez Barroso, Roberto Aparicio Castellanos
Group B



OBJECTIVE: To vary in a MATLAB code the different parameters that characterize a harmonic wave and combine two of these waves to analyse the behaviour of the resulting wave.

EXPLANATION OF THE PHYSICAL PHENOMENON

A wave is described by the following function:
 $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \varphi)$
According to the superposition principle, the resulting wave of the sum of two harmonic waves is the algebraic sum of both waves:

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$$

If $A_1 = A_2 = A$:

$$y(x, t) = 2A \cos\left(\frac{(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)}{2}\right) \cos\left(\frac{(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)}{2}\right)$$

What if $k_1 \approx k_2$ and $\omega_1 \approx \omega_2$?

We appreciate beats!! , that is, a wave with fast oscillations modulated by a slow envelope wave. The differences in each of the parameters produce a different physical effect on the sum. If we make these parameters have a large difference, the sum of both waves will look chaotic or really complex.

If $A_1 \neq A_2$ (Real world case)

The resulting wave cannot be simplified, but both waves will still interfere with each other, more chaotically. This is what happens when playing music, or in optics when different light waves interfere with each other.

EXPLANATION OF COMPUTATIONAL PART

- We have coded a MATLAB function that creates a graphical user interface (GUI) that visualizes the behavior and superposition of two traveling waves in real time.
- We begin by defining a figure window with an area for plotting the waves and sets initial parameters of the wave, such as amplitude, frequency, wavelength, or phase.
- Using the equation for a traveling wave, the script computes the waveforms for Ψ_1 and Ψ_2 , and their sum $\Psi_1 + \Psi_2$.
- It plots these using different colored lines and then adds sliders that allow us to adjust each wave's parameters. As the sliders are moved, the displayed values next to them are updated, and the waves are recalculated accordingly.
- A continuous animation loop simulates the passage of time by incrementing a time variable and updating the plot with new wave data, creating the effect of animated wave motion.
- The GUI runs until it is manually closed, deleting the waves and the figure.

VISUALIZING THE CODE WITH SOME EXAMPLES

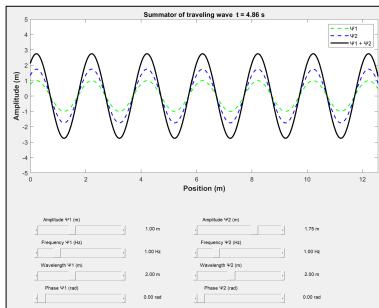


Figure 1: General display and visualization of the GUI

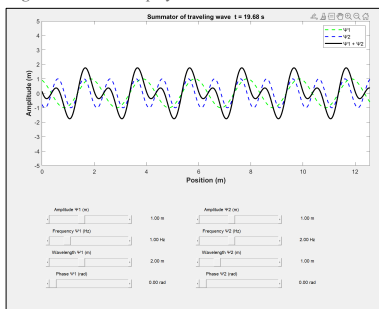


Figure 3: Wave 2 has half wavelength and double frequency creating a more complex pattern

EXPLANATION OF THE FIGURES

- Fig. 1:** Layout of the figure window.
- Fig. 2:** We are able to create complex patterns when parameters shown no relation.
- Fig. 3:** Of course, when adding two waves with a phase difference of 180° we create a pure destructive interference.
- Fig. 4:** If we change the direction in which waves are travelling, and having slightly different frequencies we can create beats. (In the real world, this happens for instance when two wind instruments are slightly out of tune and the beats are audible)

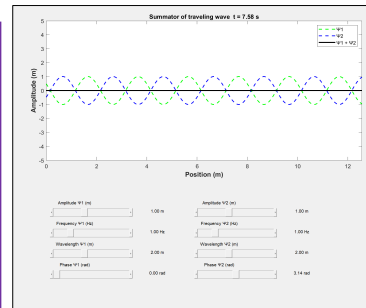


Figure 2: Two waves with a phase angle of π radians

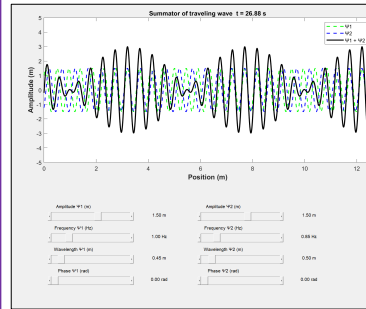


Figure 4: Two waves with slightly different frequencies create a beat

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is part of the INNOVA project "Integration of scientific computing in physics education (INCENFIS) (ref 344).



Experimento de J.J.Thomson

Sergio de Benito Lopesino, Luis Mateos Maese y Alonso González de Dios
GRUPO DE PRIMERO E



OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este póster es ilustrar la simulación del experimento del tubo de rayos catódicos de J.J. Thomson, mediante el cual se descubrió el electrón y se midió la relación entre su carga y su masa en 1887.

FENÓMENO FÍSICO

El objeto de estudio de este experimento son los rayos catódicos.

El haz de electrones es sometido a:

- Aceleración inicial mediante diferencia de potencial entre **placas plano-paralelas**:

$$\frac{1}{2} m v_f^2 = q \Delta V \quad [1]; \quad E = \frac{\Delta V}{d} \quad [2]$$

Selector de velocidades:

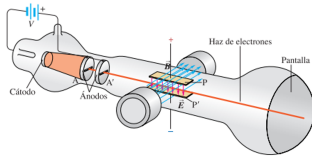
- Campo eléctrico por diferencia de potencial entre **placas plano-paralelas**:

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a}_e \quad [3]$$

- Campo magnético por Corriente eléctrica en **bobinas conductoras**:

$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{v}_f \times \vec{B} = m \cdot \vec{a}_m \quad [4]$$

$$v_f = \frac{E}{B} \quad [5] \quad \frac{q}{m} = \frac{E^2}{2 \Delta V B^2} \quad [6]$$



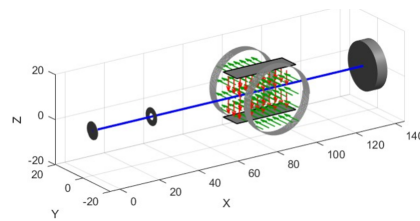
PARTE COMPUTACIONAL

Bucle de cálculo de posición y velocidad:

```

% Aceleración por regiones
a = [0, 0, 0];
if pos>= 0 && pos<= 30
a_e1 = E1*(q/m)
% Aceleración en X (campo eléctrico)
elseif pos> 70 && pos<= 100
% Aceleración por campo eléctrico en Z
a_e = E2*(q/m)
% Aceleración por campo magnético: v x B
B0 = [0, B, 0]; % dirección Y
a_m = [(-q/m)*cross(v, B0)]
acc = a_e + a_m % suma de aceleraciones
end
% Velocidad y posición.
vel(i,:) = vel(i-1,:) + acc * dt
pos(i,:) = pos(i-1,:) + vel(i,:) * dt
% Cálculo de la relación carga/masa
rel_qm=(E_2^2)/(2*V1*(B^2));

```



Trayectoria del electrón

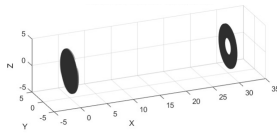


Figura 1. Cátodo y ánodo.

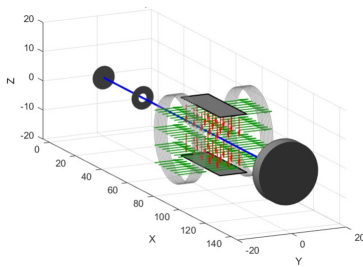


Figura 5. Detector

1. Placas plano-paralelas. ΔV
Efecto: aceleración inicial de los electrones.
2. Placas plano-paralelas. ΔV_2
Efecto: aceleración perpendicular a la velocidad de los electrones.
3. Bobinas conductoras. \vec{B}
Efecto: aceleración centrípeta.
4. Región de campos cruzados; selector de velocidades.
Si $|\vec{F}_e| = |\vec{F}_m|$, $\alpha=0$
5. Detector. Permite medir la desviación de los electrones.

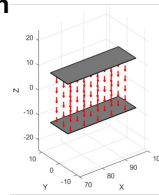


Figura 2. Placas plano-paralelas.

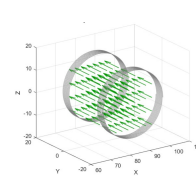


Figura 3. Bobinas.

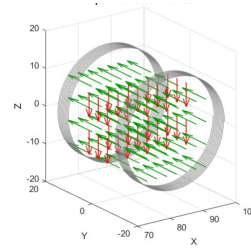


Figura 4. Región de campos cruzados.

REFERENCIAS

FW. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman, Física Universitaria (11ª Ed.)(Pearson Education, 2004)

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto INNOVA "Integración de la computación científica en la enseñanza de la Física (INCENFIS) (ref 344)

Anexo 6. Instantáneas durante el acto de presentación de los pósters de los estudiantes en el gabinete de la Facultad de CC. Físicas el 8 de mayo de 2025.



Anexo 7. Captura de pantalla de la portada de la página web del proyecto



INCENFIS: integración de la computación científica en la enseñanza de la Física

Proyectos de Innovación

Quiénes somos

Sobre el proyecto

Material elaborado

