

MEMORIA FINAL PROYECTO:

1. Título del trabajo en castellano e inglés:

Nuevos caminos de aprendizaje: laboratorio-exposición de experimentos emblemáticos de la Física

New ways of learning: laboratory-exposure of emblematic experiments of Physics.

2. Autor/es:

Coordinadora del proyecto: Gloria Huertas Sánchez

Autores:

Felipe Gutiérrez Mora (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Carmen Gallardo Cruz (Departamento de Física de la Materia Condensada)

José Antonio Acosta Jiménez (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Manuel Jiménez Melendo (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Josefa María Borrego Moro (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Rocío del Río Fernández (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Alberto Romero García (Departamento de Ingeniería Química)

Ana Morales Rodríguez (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Alberto Pérez Izquierdo (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Miguel Ángel Sánchez Quintanilla (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Rafael Rodríguez Boix (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Manuela Rodríguez Gallardo (Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear)

Francisco Medina Mena (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

Francisco Javier Romero Landa (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Luis María Esquivias Fedriani (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Piedad Brox Jiménez (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)

M^a del Mar Conejo Argandoña (Departamento de Química Inorgánica)

José M. Espino Navas (Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear)

Manuel Félix Ángel (Departamento de Ingeniería Química)

Ángela Gallardo López (Departamento de Física de la Materia Condensada)

María del Carmen Lemos Fernández (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Francisco de Paula Jiménez Morales (Departamento de Física de la Materia Condensada)

José María Martín Olalla (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Joaquín Ramírez Rico (Departamento de Física de la Materia Condensada)

3. Afiliación

Facultad de Física-Universidad de Sevilla

4. Dirección de correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor como responsable de correspondencia, incluyendo número de teléfono.

Gloria Huertas Sánchez, gloria@us.es, 954556420

5. Se indicará que el proyecto ha sido financiado mediante la presente convocatoria.

Proyecto financiado por el II Plan Propio de Docencia con la Convocatoria de Ayudas de innovación y mejora docente. Curso 2013-2014. Modalidad B (Ref. 1.10B)

1. Resumen del contenido de la memoria en castellano e inglés (100-150 palabras).

El objetivo principal del proyecto fue definir y aplicar nuevas estrategias docentes basadas en experiencias de cátedra in-situ que fueran participativas e integradoras y que permitieran en el alumno el desarrollo de destrezas y habilidades distintas a las puramente teóricas y una evaluación adecuada y alternativa de sus logros educativos.

Para lograr dicho objetivo se ha trabajado en la concepción y proyección, de manera conjunta entre un grupo nutrido de profesores implicados en las asignaturas prácticas de las titulaciones de la Facultad, de un laboratorio-exposición para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las distintas áreas de la Física útil para todos los alumnos del Centro.

Asimismo, la puesta en marcha de estas actividades ayudó a los profesores involucrados a reflexionar y a reorganizar sus contenidos en los distintos laboratorios y, por tanto, a poder identificar en profundidad los aspectos más débiles y más difíciles en la cooperación docente de las asignaturas prácticas de nuestras titulaciones.

English: *The main aim of the project was to define and apply new educational strategies based on demos, in-situ, which they were participative and allowed the students to develop skills different from the purely theoretical ones to provide a suitable and alternative evaluation of their educational achievements.*

To achieve this goal we have worked out in the design and projection (jointly and cooperatively by a large group of teachers involved in practical subjects of the Faculty) of a laboratory-exposure to the teaching and learning of the different Physical areas useful to all students of the Centre.

Likewise, these activities helped the teachers to have a closer working relationship with other teachers also involved in practical subjects and, therefore, to be able to identify, in depth, the most weak points on the cooperation in the educational content of their subjects.

2. Listado de palabras claves. Se especificarán de 3 a 5 palabras claves o frases cortas que identifiquen el contenido del trabajo. Se procurará que estén ajustadas al Tesouro Europeo de la Educación, al Tesouro Mundial de la Educación (UNESCO) o, a las entradas del Tesouro empleado en la base de datos ERIC.

Auto-aprendizaje, física recreativa, laboratorio-exposición, experiencias de cátedra, etc..

1. Texto

Introducción:

Aprovechando los recursos de la Facultad y la disponibilidad de acceder a los distintos laboratorios docentes e investigadores del Centro junto con el bagaje y el material adquirido en un esfuerzo de años de trabajo y dedicación de un conjunto nutrido de divulgación formado por profesores, PAS y alumnos de la Facultad, los componentes de nuestra Facultad tenemos no sólo la experiencia necesaria sino el equipo experimental para montar un laboratorio-exposición en el que se recreen experimentos emblemáticos de la Física. Nuestra idea se inspira en un proyecto de innovación docente del año 2010-11 de la Universidad de Granada desarrollado por un profesor del Departamento de Física Aplicada de dicha Universidad titulado “LOS DIEZ EXPERIMENTOS MÁS BELLOS DE LA FÍSICA. LABORATORIO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA”. Como resultado de esta iniciativa la Facultad de Ciencias de dicha Universidad realiza actualmente un Campus Científico de verano tomando como referencia el laboratorio-exposición realizado en el que se recrean lo que ellos consideran los diez experimentos más bellos de la Física. Según ellos mismos comentan en su página web (<http://cabanilles.ugr.es/gabinete/Top10Physics/>) *este laboratorio tiene una doble finalidad, dar difusión a importantes avances científicos realizados por el hombre a lo largo de su historia y mostrar de una forma simpática y mágica la, injustamente considerada aburrida, labor de los físicos.*

De esta forma, un grupo de profesores de la Facultad queremos impulsar y promover esta labor y crear aquí, en la Universidad de Sevilla, nuestra propia versión de este laboratorio-exposición para el aprendizaje de las distintas áreas de la Física. Nos hemos implicados distintos profesores de las asignaturas de técnicas experimentales y de laboratorio con el objetivo común de aprovechando las sinergias existentes y el material disponible, montar una serie de experimentos curiosos y emblemáticos que ayuden a nuestra docencia y a la explicación global de las distintas ramas de la Física. Este laboratorio-exposición estaría ubicado en el futuro en el nuevo laboratorio conjunto de la Facultad y serviría a los profesores de las distintas áreas docentes (interdepartamentos) como vehículo demostrativo de nuestra docencia en técnicas experimentales y como herramienta de enseñanza-aprendizaje amena e ilustrativa de los distintos conceptos de la Física.

Como tenemos el material inventariable experimental (carrete de tesla, kit de experimentos ópticos, kit de experimentos de electricidad y magnetismo, etc...), nos gustaría centrarnos aquí en el desarrollo del material docente para la explicación de dicho laboratorio-exposición y la publicación del mismo en folletos y láminas explicativas y el requerimiento del material fungible para el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, nos planteamos también, al inicio del proyecto, la posibilidad de una visita a la Universidad de Granada y a su laboratorio-exposición antes mencionado con el objetivo de establecer una línea de colaboración para un posible trabajo interuniversitario futuro en este sentido y de ofrecer la posibilidad a los alumnos de

técnicas experimentales de nutrirse de una experiencia y de un trabajo docente innovador y distinto en nuestro ámbito, así como, una visión de cómo se enseña en otros entornos universitarios.

Finalmente, también quisimos reflexionar sobre la coordinación de las asignaturas de laboratorio en nuestras titulaciones de Grados y Dobles Grados. Dichas titulaciones están estructuradas en asignaturas meramente teóricas y en asignaturas de laboratorio. Las asignaturas teóricas se organizan de manera clara y fácil, pues atañen a un único departamento y a un grupo concreto de profesores pertenecientes a una única área de aprendizaje. Sin embargo, las asignaturas de laboratorio a menudo implican a distintas áreas de conocimiento y a un grupo abundante de profesores interdepartamentales y, por tanto, interdisciplinarios. En este sentido, se hace a veces difícil la organización y coordinación de las asignaturas y la elección y desarrollo de un conjunto viable de prácticas y montajes experimentales que cubran los descriptores de las mismas, la coherencia de terminología y modos de trabajo, un horario flexible y adecuado sin solapamientos que permitan un buen desarrollo y puesta en marcha de las asignaturas, una homogenización de contenidos (evitando solapamientos y carencias) y en el uso de herramientas de simulación y de visualización de resultados experimentales, un manual conjunto de buenas prácticas, etc...

En este sentido, propusimos la realización de unas jornadas de reflexión y análisis de los profesores implicados en la docencia práctica del Centro y el equipo decanal para estudiar posibles puntos de mejora que después puedan aplicarse en la organización de las asignaturas de laboratorio y ayuden a optimizar recursos y a un perfeccionamiento de la práctica docente. La idea, como hemos señalado anteriormente, fue la coordinación conjunta de las asignaturas de laboratorio de nuestros Grados y Dobles Grados.

Como punto fuerte y significativo señalar que se ha conseguido reclutar e implicar no sólo a profesores de nuestra Facultad, sino de distintos departamentos de la Facultad de Química involucrados también en las asignaturas de nuestras titulaciones e interesados en participar de esta idea de intercambio de opiniones, puntos de vista, mejora e innovación de las prácticas de laboratorio.

Objetivos:

Básicamente, los objetivos generales del trabajo planteado en esta propuesta fueron los siguientes:

- Establecimiento de un canal de comunicación y un hilo de colaboración entre los distintos profesores de las asignaturas con laboratorio de nuestras titulaciones (Grados y Dobles Grados).
- La mejora e innovación del desarrollo, puesta en marcha, coordinación e interrelación de las prácticas de laboratorio (asignaturas de técnicas experimentales y con laboratorio) de nuestras titulaciones (Grados y Dobles Grados) reflexionando sobre los aspectos académicos, procedimentales,

metodológicos y transversales a pulir y perfilar después de varios años de implantación de dichos títulos.

- El diseño de estrategias de intervención para cambiar puntos débiles y frágiles detectados por los propios profesores implicados en la docencia de laboratorio con una actitud proactiva y el impulso de acciones concretas que nos lleven a mejorar las particularidades y carencias de las asignaturas involucradas y a encontrar puntos de sinergia mediante el intercambio de opiniones y material docente.
- La concepción y proyección, de manera conjunta entre un grupo nutrido de profesores, de un laboratorio-exposición para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las distintas áreas de la Física útil para todos los alumnos de la Facultad.

Metodología: La señalada anteriormente: trabajo colaborativo, sinergias de ideas, reuniones, elaboración de material docente, etc...

Evaluación: Se propuso realizar una memoria de cada actividad y acción programada, así como posibles encuestas que pudieran informar sobre la utilidad y éxito de las mismas.

Desarrollo del proyecto y tareas realizadas:

Acción 1: Elaboración de un dossier de prácticas entre un grupo variado y representativo de profesores involucrados en la docencia de laboratorio de las titulaciones de la Facultad de Física.

Se ha trabajado en este proyecto en la concepción y proyección, de manera conjunta entre un grupo nutrido de profesores implicados en las asignaturas prácticas de las titulaciones de la Facultad, de un laboratorio-exposición para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las distintas áreas de la Física útil para todos los alumnos del Centro.

Se trató de recopilar la experiencia de año tras año en la que los profesores han ido coleccionando experimentos que juzgaban útiles para ilustrar empíricamente aspectos relacionados con distintos cursos de Física.

Hemos hecho un dossier de experimentos que reúne un variado y profuso abanico de ensayos curiosos y significativos ubicados en el ámbito que va desde el hecho físico puro a la experiencia cotidiana.

Se ha perseguido que las experiencias programadas sean atractivas y despierten la curiosidad e imaginación, para captar la atención del estudiante. También hemos querido que fueran asequibles tanto didáctica como económicamente, es decir atractivas y baratas. Reusando en la medida de lo posible el material existente en los laboratorios de docencia de la Facultad.

Por otro lado, ponemos de manifiesto que algunas de los experimentos se han ideado para ser repetidos por el estudiante en sus casas a sus familias y en sus actividades de divulgación, contribuyendo a la reeducación generacional.

La ayuda económica se ha destinado, tal y como se propuso en la petición, al apoyo de la puesta en marcha de este laboratorio-exposición con material fungible y a la realización del material gráfico de dicho laboratorio.

Se adjunta en el Anexo I un resumen del dossier de prácticas y las láminas explicativas de distintos experimentos emblemáticos que documentan nuestro laboratorio-exposición.



Foto: *Experimentos de nuestro laboratorio-exposición (ambulante)*

Acción 2: Reunión entre todos los compañeros del proyecto (y aquellos profesores interesados en las asignaturas de prácticas de nuestras titulaciones) para discutir y reflexionar conjuntamente sobre los distintos aspectos de nuestras asignaturas de laboratorio. Fue el martes 25 de noviembre por la tarde de 16:00-19:00 (en el Aula 4A de la Facultad de Física).

Orden del día:

- Reflexión y debate sobre las asignaturas con laboratorio de nuestras titulaciones asociadas al proyecto de Innovación Docente.
- Análisis de las distintas metodologías y sistemas de evaluación de dichas asignaturas.

- Detección de solapamientos y carencias
- Planteamiento de puntos de mejora

Objetivos:

- 1) Programar y coordinar en las asignaturas los distintos aspectos de la formación experimental que son comunes a todas ellas.
- 2) Coordinar los contenidos
- 3) Optimización de recursos

Se discutió sobre todo ello respondiendo a las siguientes cuestiones:

Actividades en el laboratorio:

¿Qué formación se exige y se proporciona a los alumnos en materia de determinación y cálculo de errores?

¿Qué aparatos de propósito general se utilizan?

¿Se exige la elaboración de memorias de prácticas?

¿Cómo se evalúa las prácticas y el trabajo en el laboratorio?

Contenidos:

¿Se echan en falta contenidos de cursos anteriores?

Actividades transversales:

Exposición de trabajos por parte de los alumnos. ¿Necesidad de formación en técnicas de exposición?

Elaboración de trabajos escritos por parte de los alumnos. Necesidades de formación en técnicas de redacción científica.

Formación Informática. ¿Qué conocimientos se requieren en la asignatura? ¿Qué programas se usan? ¿Qué formación específica se les da al alumno?

Bibliografía. ¿Los libros recomendados se encuentran fácilmente?

Trabajo en equipo. ¿Se trabaja en equipo en la asignatura? ¿Se evalúa ese tipo de trabajo de alguna forma?

Asignaturas implicadas (laboratorio y/o gran contenido práctico):

Técnicas Experimentales I

Técnicas Experimentales II

Técnicas Experimentales Básicas

Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación
Comportamiento Electrónico y Térmico de Materiales
Termodinámica
Biomateriales
Física Cuántica
Óptica Geométrica
Óptica
Tecnología de Medios Granulares
Química II
Mecánicas
Electromagnetismo
Física I
Física II
Métodos Numéricos de Simulación

Titulaciones a las que afecta:

Grado en Física
Grado en Ingeniería de Materiales
Doble Grado en Física e Ingeniería de Materiales
Doble Grado en Física y Matemáticas
Doble Grado en Química e Ingeniería de Materiales
Grado en Óptica y Optometría

Profesores implicados:

Coordinadora: Gloria Huertas Sánchez
(Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Felipe Gutiérrez Mora (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Carmen Gallardo Cruz (Departamento de Física de la Materia Condensada)
José Antonio Acosta Jiménez (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Manuel Jiménez Melendo (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Josefa María Borrego Moro (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Rocío del Río Fernández (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Alberto Romero García (Departamento de Ingeniería Química)
Ana Morales Rodríguez (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Alberto Pérez Izquierdo (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Miguel Ángel Sánchez Quintanilla (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Rafael Rodríguez Boix (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Manuela Rodríguez Gallardo (Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear)
Francisco Medina Mena (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
Francisco Javier Romero Landa (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Luis María Esquivias Fedriani (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Piedad Brox Jiménez (Departamento de Electrónica y Electromagnetismo)
M^a del Mar Conejo Argandoña (Departamento de Química Inorgánica)
José M. Espino Navas (Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear)
Manuel Félix Ángel (Departamento de Ingeniería Química)
Ángela Gallardo López (Departamento de Física de la Materia Condensada)
María del Carmen Lemos Fernández (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Francisco de Paula Jiménez Morales (Departamento de Física de la Materia Condensada)
José María Martín Olalla (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Joaquín Ramírez Rico (Departamento de Física de la Materia Condensada)
Javier Blázquez Gamez (Departamento de Física de la Materia Condensada)

Conclusiones de la reunión:

- 1) Se pone de manifiesto la necesidad de una mayor coordinación entre las asignaturas con gran contenido práctico de nuestras titulaciones.
- 2) Se propone realizar un análisis exhaustivo de las asignaturas implicadas. Se plantea la necesidad de recabar la lista de las prácticas que se imparten en todas las asignaturas y breve descripción de las mismas para que esta información se analice en una futura reunión entre los profesores. Los profesores se ofrecen a dar esta información y que se recoja en un documento que puedan leer y revisar todos los profesores implicados para evitar solapamientos de contenidos, conocer lo que hacen los alumnos previamente (ideas previas) y optimizar recursos.
- 3) Los profesores implicados van a rellenar una **encuesta** para elaborar un estudio profundo de la problemática de las asignaturas de laboratorio y poder proponer puntos concretos de mejora que nos ayuden a plantear iniciativas específicas que puedan ser de utilidad para optimar todo lo relacionado sobre los laboratorios de

docencia en nuestras titulaciones (un ejemplo de dicha encuesta se anexa a esta memoria en el Anexo II).

- 4) Se determinó que hay profesores que imparten una pedagogía de aprendizaje de la Física en dónde los alumnos encuentran los montajes hechos y siguen un guión perfectamente estructurado y otros profesores siguen la metodología de que los alumnos tengan más iniciativa en el laboratorio. Se discutieron pros y contras de ambos métodos.
- 5) Los profesores intercambiaron ideas sobre distintos métodos de evaluación (cuaderno de prácticas, hoja de resultados, trabajo en equipo, exámenes, etc...). Hubo profesores que decidieron probar procedimientos que otros usaban.
- 6) Se detectó que cada vez era más difícil usar herramientas informáticas y de simulación por el hecho de que ya los alumnos no tenían sus propios portátiles y no hacen un buen uso del Aula de Informática.
- 7) Surgió la idea en dos de las asignaturas: Técnicas Experimentales I y Métodos Numéricos aprovechar que ambas trabajaban Matlab para hacerlo conjuntamente. Es decir, en la asignatura de segundo trabajar el proyecto de la asignatura de 4º para tener esa tarea ya elaborada.
- 8) Se determinó que era fundamental que todos los profesores tuviéramos claro los contenidos y destrezas que se enseñan en Técnicas Experimentales Básicas, pues era la asignatura de 1º donde descansaba toda la construcción del conocimiento del resto de los cursos.
- 9) Se decidió crear un repositorio de la documentación importante que se suministrara en las asignaturas implicadas sobre consideraciones generales de actividades transversales y cursos específicos (manejo de bibliografía, técnicas de exposición, técnicas de elaboración de memorias de prácticas, determinación y cálculo de errores, propagación de errores, conceptos básicos matemáticos, etc...). El análisis de esta documentación podría permitir detectar aspectos transversales que no se están tratando de manera eficaz.
- 10) Se determinó tratar de tener uno o dos libros de referencia de errores e instrumentación.
- 11) Se determinó que se debían proponer prácticas atractivas y vinculadas a aspectos cotidianos y de utilidad en su desarrollo futuro profesional.
- 12) Se determinó que se haría un estudio y un posterior informe con todos los puntos anteriores, usando las respuestas de los encuestas de los profesores.

Se adjuntan como anexos la presentación que se usó en la reunión (Anexo III) y la encuesta que se propuso a los profesores (Anexo II). Los profesores aún están

enviando sus respuestas a la coordinadora del proyecto para analizarla en futuras reuniones.



Acción 3: Visita al laboratorio de divulgación: “Los 10 experimentos más bellos de la Física” del profesor Miguel Cabrerizo en la Universidad de Granada (<http://www.elmundo.es/andalucia/2014/11/08/545d0187ca47416a668b456e.html>). Nos pareció impresionante e inspirador su manera tan particular de contar la Física y los experimentos que hay

montados en dicho laboratorio. Tomamos ideas e intercambiamos opiniones para nuestras asignaturas de laboratorio y asignaturas de técnicas experimentales de nuestras titulaciones, así como para ese laboratorio-exposición que estamos ideando y planificando en este proyecto de innovación y mejora docente.

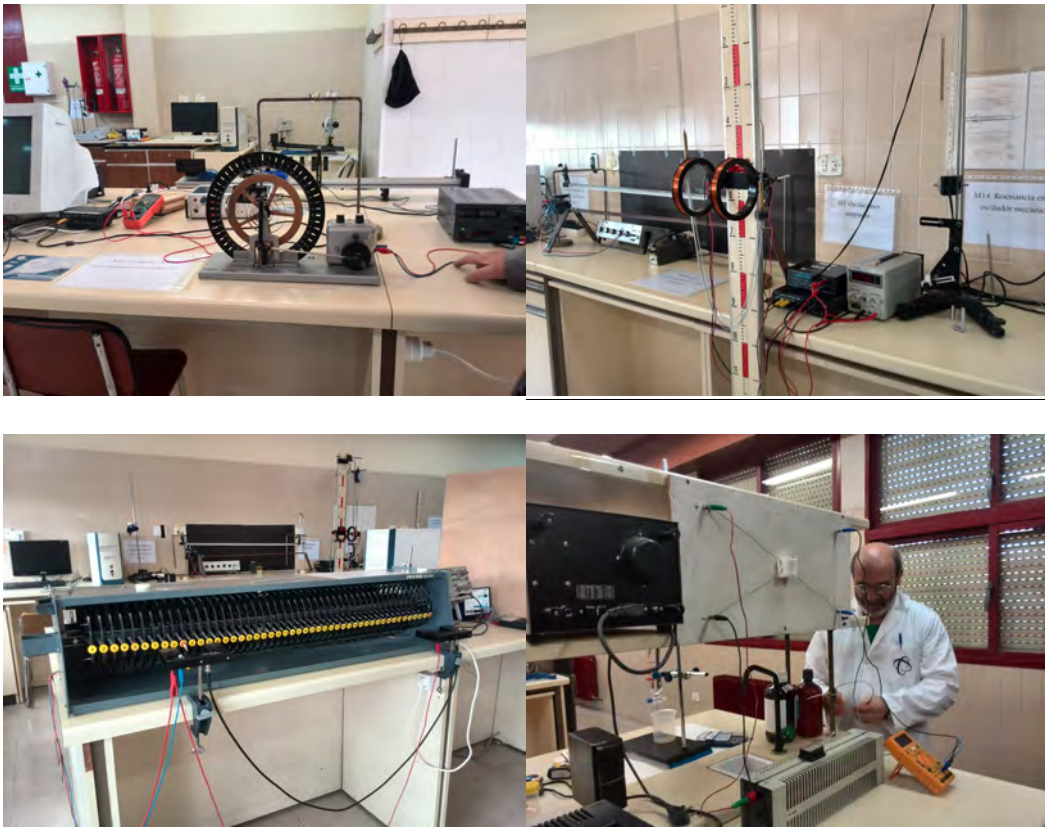




Fotos: Visita a los laboratorios de divulgación de la Facultad de Ciencias (UGR)

También aprovechando la estancia en Granada de la coordinadora de este proyecto se visitaron los laboratorios de docencia.

Fotos: Visita a los laboratorios de docencia de la Facultad de Ciencias (UGR)



Se intercambiaron muchas ideas y opiniones sobre el trabajo en el laboratorio de nuestras titulaciones. En concreto, y a manera de ejemplo, se consideraron dos prácticas de laboratorio para incorporarlas a nuestro acervo de nuestras asignaturas de técnicas experimentales (laboratorio):

- 1) Basada en el artículo “Vibrations of a Lattice Including Defects: Laboratory Demonstrations Using Electrical Analogs” (Scott, P. L), *American Journal of Physics*, Volume 40, Issue 2, pp. 260-266 (1972). Descripción: “Simple

inexpensive electrical analogs are described that illustrate the qualitative and quantitative behavior of wave motion on a one-dimensional monatomic lattice, a diatomic lattice, and on a lattice containing a defect". Esta práctica nos sirve para conjugar y comunicar de manera muy interesante y sabia las dos materias de la asignatura de Técnicas Experimentales I (Física del Estado y Electrónica).

2) Práctica de "*Determinación de la Banda Prohibida del Germanio*".