

MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES
CURSO 2013/2014

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto Desarrollo de actividades teórico-prácticas para el aprendizaje en Física Atómica y Molecular

2. Código del Proyecto 2013-12-2007

3. Resumen del Proyecto Trabajar las competencias relativas a la creatividad, aprendizaje autónomo y organización y planificación a través de las competencias de resolución de problemas, modelado de fenómenos complejos y capacidad de medida y diseño de experiencias de laboratorio y uso de las TICs. Los estudiantes han de proponer y realizar un montaje experimental para medir el espectro visible del átomo de helio. Han de realizar un cálculo teórico, usando programas informáticos para reproducir los datos experimentales medidos. Se ha de elaborar una memoria presentando los resultados y las conclusiones de su trabajo.

4. Coordinador/es del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
Sarsa Rubio, Antoio J.	Física	055

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal
Alcaraz Peregrina, José M.	Física	082	PDI
Muñoz Espadero, José	Física		PDI
Muñoz Serrano, Encarnación	Física	082	PDF
Ortiz Mora, Antonio	Física	082	PDI

6. Asignaturas implicadas

Nombre de la asignatura	Titulación/es
Física Atómica y Molecular	Grado de Física

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES

Especificaciones

*Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de **DIEZ** páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran generado documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de éstos.*

Apartados

1. Introducción (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

El R.D. 1393/2007 y su posterior modificación R.D. 861/2010 introdujeron una reforma sustancial en las enseñanzas universitarias en múltiples aspectos, organizativos y pedagógicos, incorporaron explícitamente sistemas de mejora continua, sesgaron la orientación de la formación de los futuros graduados haciéndola más generalista e incluyendo aspectos relativos al futuro desempeño profesional. En el ámbito de la acción docente, un elemento fundamental en los nuevos grados es una mayor implicación del alumno en el desarrollo y creación de su propio conocimiento, de manera que se pretende que el estudiante participe activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se debe estimular la capacidad de aprender a aprender que debe haber ido adquiriendo en las etapas previas a la universidad, y que se considera esencial en la formación de los futuros graduados.

En esta línea se implantó el crédito ECTS como unidad de medida de la docencia que tiene en cuenta el trabajo del alumno. Esto supone no una mera modificación formal, sino que implica para los docentes un cambio sustancial en la manera de plantear las actividades pedagógicas. Se debe involucrar a los estudiantes y considerar plenamente las actividades que desarrollan para la construcción de su propio conocimiento, la adquisición de las competencias del título y en su evaluación.

Las competencias asociadas a los grados, abarcan tanto competencias transversales (generales a cualquier titulado por la universidad correspondiente) como específicas de cada titulación. Su inclusión en los planes de estudio fue a través de una distribución sistemática de las mismas a lo largo del Grado reflejada en el proyecto de solicitud (Verifica). Así los estudiantes van adquiriendo y mejorando su desempeño a lo largo de las diferentes materias del grado. De la misma forma, se establecen criterios y metodologías de evaluación de las competencias.

Además la Universidad de Córdoba incluye unas competencias específicas de universidad, comunes a todos sus estudiantes. Entre ellas está “Conocer y perfeccionar el nivel de usuario en el ámbito de las TICs”, por lo que a lo largo del grado el alumno debe encontrarse con actividades que le permitan desarrollar esta competencia. En este sentido las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) pueden facilitar la labor del profesorado para la realización de tareas y actividades docentes y su evaluación.

Desde el curso 2008/2009 algunos de los solicitantes del presente proyecto han desarrollado en proyectos de innovación docente referentes al desarrollo de herramientas de autoaprendizaje y autoevaluación siguiendo la filosofía a aplicar en los nuevos grados. El análisis de las experiencias y la respuesta de los estudiantes, puso de manifiesto utilidad de este tipo de acciones tanto para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de alguno de los contenidos de los temarios (los alumnos afirman haber entendido mejor aquellos temas abordados usando estrategias basadas en el autoaprendizaje) así como para una adquisición de las competencias más adecuada.

La Física Atómica y Molecular es una asignatura obligatoria tanto en la licenciatura como en el grado de Física. En ambos casos es una asignatura obligatoria con seis créditos. Una de las mayores dificultades con la que se enfrenta el equipo docente de la asignatura, está en el alto grado de abstracción que conlleva, así como la complejidad de las teorías físicas necesarias para su entendimiento y la dificultad de las matemáticas involucradas. Los estudiantes se suelen quejar de la falta de un programa práctico adecuado para complementar las clases teóricas. El motivo es el elevado coste del instrumental necesario y, en caso de disponer de él, de su elevada automatización. Los montajes experimentales disponibles, suelen ser sistemas cerrados en los que el estudiante “aprieta botones para ver gráficas en una pantalla”, siendo además los fenómenos mostrados unos supuestos excesivamente simplificados que en algunos casos tienen poca relación con la asignatura. Los casos más interesantes, como los explicados en clase, requieren en su mayoría la necesidad de un instrumental de investigación de muy elevado coste.

Ante esta situación, en este proyecto planteamos la aplicación de métodos docentes basados en el autoaprendizaje, apoyándonos en las TICs, para tratar de reforzar la parte práctica y experimental de la asignatura de Física Atómica y Molecular. Aprovecharemos en este empeño, el hecho de que los fenómenos físicos están interrelacionados entre sí, de manera que en este caso los fenómenos atómicos son pieza clave en el estudio de la difracción de la luz y su análisis experimental mediante técnicas empleadas por los estudiantes en las asignaturas de Óptica. A partir de esta idea y colocando al alumno en el centro del proceso, se han desarrollado unas acciones de innovación docente encaminadas a trabajar competencias, proponiendo a los estudiantes el diseño de un trabajo experimental y su posterior contraste con un trabajo teórico elaborado por ellos mismos, confirmando lo estudiado en el aula. El estudio teórico de los fenómenos observados, requiere el uso exhaustivo de las TICs, tanto para la resolución de las matemáticas involucradas, como en el posterior análisis y presentación de los resultados teóricos y su comparación con los resultados experimentales también obtenidos por los estudiantes.

2. Objetivos (concretar qué se pretendió con la experiencia).

A) Trabajar competencias estudiantiles tales como: la resolución de problemas, estimación de órdenes de magnitud, capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, aprendizaje autónomo, creatividad, capacidad de modelado de fenómenos complejos trasladando un problema físico a lenguaje matemático, capacidad de medida interpretación y diseño de

experiencias de laboratorio o en el entorno y trabajo en equipo. Todas ellas son competencias del Grado de Física.

B) Integrar los contenidos teóricos con los contenidos prácticos (experimentales) que, desgraciadamente suelen estar en muchas ocasiones poco entrelazados entre sí. Los estudiantes serán responsables del diseño de la experiencia de laboratorio y de su ejecución. Además, ellos mismos generarán los resultados teóricos por lo que podrán contrastar de primera mano las teorías vistas en clase y la bondad de las aproximaciones involucradas.

C) Motivar a los estudiantes para el diseño autónomo de experimentos, desarrollo de teorías, contraste de datos y, en general, con la construcción del conocimiento en Física. Hacerles ver que, con los conocimientos y competencias adquiridas (la asignatura es de los últimos cursos), son capaces de trabajar de manera independiente y resolver (e incluso plantear) problemas que aparentemente no están relacionados con lo que se les ha contado en las clases magistrales.

D) Potenciar el uso de las TICs y su capacidad de gestión de la información y de comunicación oral y escrita. Desarrollar la capacidad de profundizar en la aplicación de conceptos matemáticos en el contexto del estudio de fenómenos físicos.

E) Hacer ver a los estudiantes como las distintas ramas de una misma ciencia están muy relacionadas entre sí y que los conocimientos aprendidos en una de ellas no son independientes de las otras. Acercar a los estudiantes a la forma de trabajo en grupo en investigación.

F) Aprovechar los recursos existentes para enriquecer la acción docente en otras asignaturas.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

Las actividades que se han desarrollado se han realizado en varias sesiones de actividades dirigidas correspondientes a grupo mediano.

En primer lugar se dividió a los alumnos en dos grupos de dos estudiantes cada uno de ellos. El tiempo de trabajo se dividió en dos sesiones. En la primera de ellas, la mitad de los equipos actuaban como “grupos teóricos” mientras que el resto de equipos eran los “grupos experimentales”. Los papeles de cada grupo cambiaron en la segunda sesión, de forma que cada estudiante realiza tanto la parte teórica como la experimental.

El trabajo de laboratorio consistió en que cada grupo tiene que diseñar un montaje experimental para medir la longitud de onda de las transiciones en el visible en el átomo de helio, usando el hidrógeno como calibrador. El calibrador permite convertir los ángulos (cantidad medida directamente) en longitudes de onda. Se usa el hidrógeno pues las longitudes de onda son conocidas por los alumnos ya que las estudian en la asignatura Física Cuántica II, que corresponde al curso anterior. Asimismo, el montaje experimental es familiar a los estudiantes pues es similar al empleado en Óptica II que también es una asignatura del curso anterior. Como resultado, los alumnos determinaban la longitud de onda (con su error instrumental) de todas las transiciones observadas.

El trabajo teórico consiste en calcular usando primeros principios los valores de las longitudes de onda emitidas por el átomo de helio en transiciones electrónicas entre sus estados ligados. Deben usar los resultados teóricos presentados en las clases de la asignatura “Física Atómica y Molecular” para plantear el problema. Una vez hecho el análisis teórico del fenómeno y escritas correctamente

las ecuaciones a resolver, los alumnos calculan los niveles estacionarios del átomo de dos electrones usando las diferentes aproximaciones estudiadas en la teoría.

Una vez concluidas las dos sesiones y como trabajo no presencial, los alumnos realizaron un análisis comparativo de ambos estudios y determinando qué transiciones entre qué niveles teóricos calculados dan lugar a las líneas espectrales observadas experimentalmente. Este estudio se basa en los conocimientos explicados en la asignatura “Física Atómica y Molecular”, dentro en el bloque temático de interacción de la radiación con los átomos (reglas de selección). Notemos que la explicación del espectro experimental no se obtiene directamente de los resultados teóricos. Es necesario un análisis detallado de estos para encontrar la pareja de niveles que da lugar a la transición responsable de las líneas observadas en el espectro experimental.

4. Materiales y métodos (describir el material utilizado y la metodología seguida).

Para el desarrollo de la parte experimental, el material necesario es:

- 1.- Cápsulas de hidrógeno y de helio
- 2.- Una fuente de alta tensión
- 3.- Un prisma de dispersión
- 4.- Un espectrogoniómetro

La metodología usada para medir el espectro, se basa en la conocida por los estudiantes de la asignatura de Óptica II, concretamente en el estudio de la dispersión de la luz por un prisma y la medida de la longitud de onda usando un espectrogoniómetro. Los estudiantes han de aplicar las técnicas de calibrado y de análisis de error.

Este material está disponible en los laboratorios asignados al título de Física.

Para el desarrollo de la parte teórica, el material necesario es:

- 1.- Programa de ordenador para calcular los niveles
- 2.- Ordenadores para realizar los cálculos.

Los cálculos involucrados en la resolución del espectro, incluso para los modelos más simples, son largos y complicados. A los alumnos se les facilita una serie de programas informáticos, desarrollados por los profesores que implementan los diferentes modelos y proporcionan los niveles atómicos. Notemos que no es una “caja negra”, pues estos modelos se han estudiado de forma detallada en las clases magistrales y en las clases teóricas de grupo mediano. Los ordenadores, al igual que sucede con el material experimental, están disponibles en los laboratorios asignados al título de Física.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).

Los resultados obtenidos se plasman en las memorias presentadas por los estudiantes. En ellas, los alumnos exponen su trabajo de investigación, tanto teórico como experimental. Por ello, se les pidió que las presentaran en un formato análogo al de un artículo científico. Estas memorias se han usado en la calificación final de los estudiantes.

Con la realización de esta experiencia, los estudiantes han trabajado diferentes competencias de la titulación tanto las específicas como las genéricas. El trabajar estas experiencias ha dado lugar a una mejor comprensión de la asignatura por parte de los alumnos. Esto ha quedado de manifiesto tanto en la opinión de los estudiantes relativa a esta experiencia así como en las calificaciones obtenidas. Se ha comprobado, a través de las respuestas de los estudiantes en el examen final, como la realización de esta actividad ha mejorado su comprensión de los diferentes fenómenos físicos de esta asignatura si comparamos con cursos anteriores que no han realizado esta experiencia.

La disponibilidad de la experiencia está limitada a la asignatura propuesta, pues el material elaborado ha sido un guión de trabajo para los estudiantes de la misma. La idea de combinar una práctica de laboratorio con un estudio teórico usando programas informáticos especializados y analizar los resultados de aquella con los obtenidos con este, si puede ser de interés en otras asignaturas del grado.

6. Utilidad (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).

La realización de esta experiencia supone el trabajar las diferentes competencias, tanto las específicas como las transversales del Grado de Física. Por un lado los alumnos desarrollan, de manera autónoma (aunque supervisada y guiada por los profesores involucrados en el presente proyecto) un trabajo que emula la investigación científica. Usan un montaje experimental, ya conocido por ellos en otro contexto, para medir magnitudes físicas que han sido estudiadas en la asignatura.

Como se ha indicado, la asignatura “Física Atómica y Molecular” es muy compleja, pues maneja conceptos abstractos de difícil visualización e interpretación. Se trabaja con sistemas microscópicos con un comportamiento puramente cuántico, ajeno a la intuición de los estudiantes. El medir en el laboratorio alguna de las magnitudes estudiadas en las clases magistrales, ayuda a mejorar la comprensión de las mismas, pues familiariza a los estudiantes con las magnitudes y la metodología inherentes en esta asignatura tales como energías de estados estacionarios, transiciones, reglas de selección, espectros atómicos, cálculos aproximados, etc.

La realización de estas actividades por parte de los alumnos, conlleva tres trabajos. Los dos primeros son los estudios teórico y experimental discutidos más arriba. El tercer cometido de los alumnos es el de interpretar sus resultados experimentales a la luz de sus resultados teóricos. Esto es un problema relativamente complejo pues el número de niveles del helio que pueden estar involucrados en transiciones ópticas es muy elevado, de forma que en primer lugar los estudiantes han de acotar este problema. Además, el error experimental puede hacer indistinguibles algunos de los niveles que en el cálculo teórico aparecen bien diferenciados. Asimismo, deben conocer bien la teoría para eliminar algunas transiciones que, aunque pudieran ser compatibles con los valores observados, no son físicamente posibles (reglas de selección). Una vez finalizado el estudio, los alumnos deben exponer sus conclusiones en una memoria, analizando la correspondencia teoría-experimento, valorando cuantitativamente el efecto de las hipótesis empleadas y los errores experimentales.

7. Observaciones y comentarios (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).

La presente experiencia ha sido muy satisfactoria, tanto para los estudiantes como para los docentes. Por un lado, Los alumnos comprueban como los conocimientos expuestos en clase se observan experimentalmente y ven como son capaces de interpretarlos usando los métodos y modelos estudiados. Esto es muy interesante, especialmente en el caso de una asignatura tan abstracta como la Física Atómica y Molecular. Asimismo trabajan directamente con el método científico, haciendo medidas en laboratorio, cálculos teóricos y contrastando ambos. Por otro lado, los profesores estamos muy satisfechos con el trabajo realizado por los estudiantes y en interés mostrado en la realización de la experiencia. Como se ha indicado anteriormente, esta actividad ha mejorado su nivel de comprensión de algunos aspectos de la asignatura así como de sus métodos de trabajo.

Por este motivo, consideramos esta experiencia como una experiencia piloto o de puesta en marcha de esta actividad que va a ser incluida de forma regular en los cursos posteriores. Con el trabajo desarrollado en este proyecto, se ha establecido el marco de trabajo y se ha fijado esta actividad salvo cambios menores y modificaciones que puedan ir surgiendo en cursos posteriores. Por tanto, se va a incorporar como una de las actividades docentes regulares de la asignatura de Física Atómica y Molecular. Gracias al presente proyecto de innovación educativa, hemos podido implementar esta experiencia que, como hemos indicado, se va a repetir cada curso de forma regular, no siendo necesario solicitar nuevos proyectos orientados a esta idea.

8. Bibliografía.

- 1.- Documento Verifica del Título de Grado de Física
http://www.uco.es/grados/index.php?option=com_content&view=article&id=41:memoria-fisica&catid=9
- 2.- *Physics of atoms and molecules*. B.H. Bransden and C.J. Joachain, Prentice Hall, 2nd edition 2003.

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba, a 29 de septiembre de 2014

Sr Vicerrector de Estudios de Postgrado y Formación Continua