



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

“METODOLOGÍA DE PROYECTO INTEGRADO DE 4º DE ESO APLICADO A LA FÍSICA Y QUÍMICA”

AUTORÍA MARÍA FRANCISCA OJEDA EGEA
TEMÁTICA DIDÁCTICA PROYECTO INTEGRADO FÍSICA Y QUÍMICA
ETAPA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Resumen

La nueva materia para 4º de ESO Proyecto Integrado suele ser un reto para el profesor/a que debe impartir esta materia por primera vez. En este artículo se muestra una propuesta metodológica desde la experiencia de su puesta en práctica, que trata de acercar al alumnado a las bases y construcción del trabajo científico a la vez que les pone en contacto con la comprensión de fenómenos físicos.

Palabras clave

Metodología, Proyecto integrado, Trabajo científico.

1. INTRODUCCIÓN

La nueva ordenación del currículo en Andalucía, establecida en la Orden de 10 de agosto de 2007 por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía, incorpora para 4º de ESO una nueva materia, de carácter optativo pero de oferta obligatoria, denominada Proyecto Integrado, con una carga horaria de una hora semanal.

Las características más relevantes de esta materia es su carácter práctico y su temática abierta, pues como señala la Orden, los temas posibles en torno a los que diseñar y desarrollar esta materia tienen sus límites en las posibilidades y la imaginación del profesorado, considerando las condiciones reales para llevar a cabo el proyecto, de acuerdo con los recursos disponibles, las oportunidades que ofrece el entorno, el capital de la comunidad y la facilidad para interesar a los alumnos y alumnas.

Se propone que los principios por los que debe guiarse la elección y desarrollo de un proyecto sean, entre otros:

- Que facilite, requiera y estimule la búsqueda de informaciones, la aplicación global del conocimiento, de los saberes prácticos, capacidades sociales y destrezas [...].
- Que implique la realización de algo tangible, como publicaciones.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

- Que contribuya a realizar actividades que de alguna forma conecten con el mundo real, los trabajos y ocupaciones de la vida real adulta y posterior a la escolarización.
- Que los alumnos y alumnas sigan y vivan la autenticidad del trabajo real, siguiendo el desarrollo completo del proceso, desde su planificación, distintas fases de su realización y el logro del resultado final.
- Que fomente la participación de todos y todas en las discusiones, toma de decisión y en la realización del proyecto, sin perjuicio de que puedan repartirse tareas y responsabilidades.
- Que procure que el alumnado adquieran responsabilidades de aprendizaje y en cuanto a la realización del proyecto.

Este es el contexto del reto ante el que se encuentra un profesor o profesora cuando se le da la oportunidad y obligación de impartir esta materia. Es inevitable que cada uno/a acabe relacionando el Proyecto con su materia.

2. SELECCIÓN DE CONTENIDOS.

Con este contexto y los objetivos de plantear al alumnado una materia de una hora a la semana, que les haga participar, trabajar y les resulte atractiva, de modo que deseen la llegada de esa hora de clase semanal y no la vean como un lastre en su horario, vi conveniente enfocar el Proyecto desde el punto de vista del trabajo científico.

Los objetivos didácticos que marcan la selección de contenidos fueron:

- Familiarizar al alumnado con la aplicación del método científico, diseñando y planificando experiencias de Física.
- Utilizar los procedimientos de la ciencia para obtener leyes: representaciones gráficas y ajuste por mínimos cuadrados.
- Poner en práctica el trabajo científico que acompaña a la realización de trabajo en el laboratorio: cálculo de errores en las medidas y elaboración de informes.
- Participar activamente en trabajo en equipo, asumiendo responsabilidades, respetando ritmos de aprendizaje y practicando el aprendizaje colaborativo.

Así, la relación de contenidos, teniendo en cuenta que sólo se dispone de una hora a la semana y que, para nos cargar al alumnado de trabajo “extra” a realizar en casa se decidió dejar tiempo de clase a los alumnos para la realización de los informes, se realizó una cuidadosa selección de contenidos en la que ha predominado la calidad frente a la cantidad:

Unidad 1: Medidas y errores.

- La medida.
- Instrumentos de medida: exactitud, precisión y sensibilidad.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

- Errores al utilizar instrumentos de medida.
- Cifras significativas.
- Errores cuantitativos.
- Tratamiento de datos experimentales:
 - Errores en medidas directas.
 - Errores en medidas indirectas.

Unidad 2: El trabajo en el laboratorio.

- Material de laboratorio.
- Normas de seguridad en el laboratorio.
- Medida de magnitudes básicas:
 - Medidas de masa.
 - Medidas de longitud: nonius y calibre.
 - Medidas de volumen.

Unidad 3: El trabajo científico.

- El método científico.
- Representación de gráficas a partir de tablas de datos.
- Gráficas y errores: método de mínimos cuadrados.
- El informe de laboratorio.

3. METODOLOGÍA.

La selección de contenidos es ambiciosa, pues una de las propuestas es que los alumnos y alumnas lleguen a obtener la formulación matemática de leyes a partir de datos realizados en diversas experiencias, usando incluso el método de mínimos cuadrados mediante el uso de programas informáticos.

La aspiración de llegar a aplicar todos los contenidos a un trabajo práctico de experiencias en el laboratorio y posterior elaboración completa de informes, que integre toda la aplicación del trabajo y el método científico, obliga a una secuenciación que permita consolidar y asimilar en cada paso los contenidos de cada unidad. Esto se sustenta con una nutrida cantidad de actividades prácticas, algunas de ellas consistentes en la realización de experiencias de laboratorio:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

La metodología tiene las siguientes características a señalar en cada unidad didáctica, destacando especialmente la realización de actividades en el laboratorio:

Unidad 1: Medidas y errores.

Se considera básico, para poder completar un trabajo completo en el laboratorio de aplicación del trabajo científico, introducir al alumnado en las características de los instrumentos de medida. Especialmente se destaca sus inevitables limitaciones al tratar determinar el valor exacto de una magnitud, por lo que conocer la incertidumbre con la que se conoce el valor de una magnitud es muchas veces más importante que conocer el propio valor de la magnitud.

Para poder comprender el concepto de los errores en los instrumentos de medida se pueden usar diversos instrumentos con escalas analógicas como: cinta métrica, probeta, balanza, granatario,... y también instrumentos habituales con escala digital como, el cronómetro o la balanza digital. Con esto queda evidenciada la limitación del proceso de medida y la necesidad de cuantificar los errores que se comenten al usar un instrumento.

La expresión de las medidas y la cuantificación de los errores cometidos al realizar medidas indirectas se requiere la introducción del concepto de cifras significativas.

Para asimilar el concepto de cifras significativas se requiere una relación suficiente de actividades prácticas.

La determinación de errores en medidas directas e indirectas es el punto más laborioso en esta unidad:

Los errores de medidas directas se analizan según se haya realizado una medida (la incertidumbre del instrumento) o varias medidas (el máximo de entre el error cuadrático medio y la incertidumbre del instrumento). El valor más probable de la magnitud sería la media aritmética de las medidas realizadas, no pudiendo tener más precisión que las medidas realizadas.

A este nivel, al no tenerse ni aplicarse el concepto de derivada y mucho menos el de derivadas parciales, se llega a determinar los errores de medidas indirectas a partir de consideraciones cualitativas: el error de una magnitud A que se obtiene como suma o diferencia de otras dos magnitudes X e Y es la suma de los errores absolutos de las magnitudes X e Y ; el error de una magnitud A que se obtiene como el producto o el cociente de otras magnitudes X , Y , Z se obtiene de que el error relativo de A es la suma de los errores relativos de las otras magnitudes X , Y , Z .

El valor más probable de la magnitud A que se obtiene como suma de otras X , Y se redondea de modo que tenga el mismo número de decimales que el sumando que tenga menos cifras significativas.

El valor más probable de la magnitud A que se obtiene como producto o cociente de otras X , Y , se redondea para tener el mismo número de cifras significativas que el factor que tenga menos número de cifras significativas.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

Esto requiere la realización de gran cantidad de ejercicios en clase para determinar el valor de una magnitud junto con su error, tanto para medidas directas como indirectas, intentando siempre que se trate de ejercicios que versen sobre algunas de las prácticas de laboratorio que se realizarán en otras unidades didácticas y sobre magnitudes familiares para el alumnado y próximas a su entorno cercano, como determinación de masas, tiempos, superficies, volúmenes, densidades, velocidades, constantes elásticas de muelles, etc.

Unidad 2: El trabajo en el laboratorio.

Esta unidad comienza con la exposición y descripción del material de laboratorio más habitual, destacando especialmente el material de vidrio. Es importante destacar los distintos recipientes que permiten determinar volúmenes, teniendo en cuenta la diferente precisión que se puede alcanzar con cada uno.

Relacionado con la inclusión del alumno/a en el mundo laboral y la vida adulta es imprescindible que el alumno/a conozca la existencia de unas normas de prevención de riesgos en el laboratorio: normas de seguridad, etiquetado de sustancias peligrosas.

El último bloque de esta unidad tiene contenido más práctico, explicándose los distintos instrumentos para determinar medidas básicas como la masa, la longitud o el volumen. Destaca el aprendizaje del fundamento del calibre (el nonius) y su uso para medir longitudes, espesores y profundidades, lo que requiere la realización de experiencias para medir dimensiones en cuerpos de geometría diversa. Para medir el volumen se distingue la medida directa de volúmenes de líquidos y gases con ayuda de la probeta y la medida indirecta (cálculo) del volumen de sólidos regulares a partir de la medida directa de sus dimensiones.

Para la asimilación de estos procedimientos es necesaria la realización de prácticas, usando cuerpos de diversa geometría, empleando el calibre para medir dimensiones y una balanza para las masas. Puede usarse balanza digital para tener la medida con más rapidez, aunque se pierda precisión respecto a las balanzas analógicas. En este momento del curso, se pedirá la entrega de un trabajo correspondiente a las prácticas realizadas, donde se recogen las medidas directas realizadas, indicando su error, y calculando las magnitudes determinadas indirectas con su correspondiente error, como volúmenes y densidad.

La relación de experiencias a realizar para asimilar estos contenidos es:

Práctica nº1: Medidas de longitudes con el calibre:

Se miden dimensiones de cuerpos con una cinta métrica y también con el calibre, para comparar la calidad de las medidas realizadas con un instrumento y otro. La conclusión final es que el error relativo en las medidas realizadas con el calibre es menor en todos los casos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

Práctica nº2: Medida de volumen de sólidos.

Se miden volúmenes de distintos cuerpos geométricos regulares con dos procedimientos diferentes. Se usan cilindros, esferas, cubos y ortoedros.

Primero se mide el volumen usando una probeta y una cantidad de agua, como la diferencia del nivel del líquido con y sin el sólido sumergido. Se determina el error relativo del volumen para cada cuerpo para compararlo con el que se obtiene mediante el segundo procedimiento.

El segundo método es calculando el volumen de cada cuerpo a partir de la medida directa de sus dimensiones, lo que se realiza con el calibre. Hay que calcular el correspondiente error del volumen teniendo en cuenta que las operaciones matemáticas para calcularlos son productos y que el error absoluto del volumen se obtendrá a partir de que el error relativo del volumen será igual a la suma de los errores relativos de las magnitudes de las que depende.

Práctica nº3: Determinación de densidades.

Esta práctica tiene por objetivo estudiar esta propiedad específica de la materia. Se determina la densidad de diversos objetos geométricos, unos del mismo material y por tanto con la misma densidad y otros de materiales diferentes. A partir de los resultados obtenidos, el alumno/a debe concluir qué objetos están hechos del mismo material y cuáles no.

El procedimiento es sencillo, pues se determina el volumen a partir de medir las dimensiones de los objetos usando un calibre y las masas mediante balanzas digitales.

Unidad 3: El método científico.

Sin duda alguna esta es la unidad estrella del curso, que pretende conseguir que el alumno/a domine el control de variables para estudiar la influencia de una magnitud en un fenómeno. También porque se va a proceder a la elaboración de gráficas a partir de medidas de magnitudes, lo que va a permitir obtener ecuaciones matemáticas para tener la relación entre las dos magnitudes e investigar la posible dependencia.

La unidad comienza explicándose las etapas del método científico. En primer lugar se insiste en la importancia del control de variables para poder estudiar la influencia de una magnitud en otra. En primer momento se insiste en que, diseñando correctamente la toma ordenada de datos en tablas, se pueden extraer conclusiones en la investigación: que hipótesis han resultado ser ciertas y cuáles no.

En este punto del tema, antes de profundizar en la realización de gráficas y posterior obtención de leyes matemáticas, se realizan dos prácticas de laboratorio para aplicar el control de variables en una investigación.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

Coincidiendo temporalmente con el estudio de la materia de Física y Química en 4º de ESO, se propone investigar la existencia de la fuerza de empuje al introducir un cuerpo en un líquido y estudiar los factores de los que depende:

Práctica nº4: Variación de peso de un sólido en el interior de un líquido.

Se pretende probar que cuando un sólido se sumerge en un líquido aparece una fuerza sobre él ascendente, que se denomina empuje. Para ello se toma un solo cuerpo sólido y se mide con un dinamómetro su peso fuera del líquido; después se sumerge totalmente en distintos líquidos con distintas densidades y se mide su nuevo peso que se denomina peso aparente. Se recogen las medidas en tablas ordenadas y se pide responder a una serie de cuestiones: ¿Por qué marca el dinamómetro distinto valor al sumergir el cuerpo en un líquido? ¿Es posible que las diferencias de peso se deban a alguna característica del cuerpo?

Práctica nº5: Estudio de la fuerza de empuje.

Una vez probada la existencia de la fuerza de empuje al introducir un cuerpo sólido en un líquido, se procede a estudiar los factores de los que puede depender. Se proponen como hipótesis que el empuje pueda depender de la masa del cuerpo, el volumen del cuerpo y la densidad del líquido. El empuje se determina como la diferencia entre el peso aparente y se usan cuerpos con mismo volumen y distinta masa y líquidos de diferentes densidad. El alumno/a tiene que diseñar las tablas en las que recogerá toda la información para probar cada hipótesis aplicando el control de variables. En esta experiencia sólo se pide que se obtengan resultados cualitativos: a la vista de las tablas donde se han recogido las medidas qué hipótesis han resultado ser ciertas y cuáles no.

A continuación, se prosigue con la parte teórica del tema y nos introducimos en una importante novedad para el alumnado: construir gráficas a partir de tablas de datos y obtener las ecuaciones que relacionan las magnitudes representadas.

Se insiste en que cada tipo de ecuación va a darnos una forma de gráfica diferente, pero que hay ecuaciones diferentes que pueden darnos gráficas de aspecto parecido. La única gráfica a la que podemos asociarle sin duda una ecuación es a una línea recta, a la que corresponde un polinomio de primer grado. Al principio se hacen ejercicios preparados y se obtiene la pendiente de la recta y la ordenada en el origen a partir de tomar dos puntos de la recta obtenida y resolver una sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas al sustituir las coordenadas de los puntos en la ecuación teórica de la recta.

Se hacen ejercicios en los que no se obtienen rectas, y que por su aspecto de curva llevan a investigar si se obtienen rectas al representar y frente a x^2 , x^3 , $1/x$, etc. Si se obtienen líneas rectas si podemos obtener una ecuación sin duda para la dependencia de y frente a x.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

A continuación se da a los alumnos/as un ejercicio con medidas experimentales de dos magnitudes (no valores numéricos preparados) y se pide que ajusten los puntos representados a una recta y que determinen sus parámetros. Ahí surge la duda de: ¿cuál de las posibles rectas mejor se ajusta a los datos?; ¿tienen algún error los valores que yo puedo obtener para los parámetros de la recta? El alumno/a así puede comprender que mientras no sepamos el error que se comete al representar la recta y el error del valor de la pendiente y de la ordenada en el origen no tendremos la información completa que nos permita saber si lo que estamos haciendo está bien o no.

Así, se explica cualitativamente el significado del ajuste mediante mínimos cuadrados y que se puede calcular los valores de la pendiente y la ordenada en el origen junto con su error, así como el parámetro coeficiente de regresión lineal que nos indicará la bondad del ajuste que estamos haciendo. Las calculadoras de los alumnos/as no suele tener los programas para calcular todos estos parámetros y por eso se usarán programas informáticos.

El programa informático de acceso libre que permite obtener todos los parámetros de forma sencilla y directa es la hoja de cálculo Gnumeric. Se hacen ejercicios en los que se introducen los datos en el programa y el alumno debe anotar los parámetros que el programa suministra para una línea recta. Se pide que redondeen los errores a una cifra significativa y el valor de la pendiente u ordenada para tener la misma precisión que su error. Posteriormente esto se aplicará en la realización de prácticas de laboratorio.

Por último respecto a este apartado, usando ejercicios, se explica que comparando la ecuación de la recta obtenida en un ejercicio con la dependencia teórica se concluye el significado físico de la pendiente de la recta en cada caso: constantes elásticas de muelles, densidades, constantes proporcionales a la aceleración de la gravedad, etc. Esto se aplicará también en la realización de las prácticas de laboratorio.

Por último se indica los apartados que componen un informe de laboratorio, que constituyen su verdadero Proyecto Integrado:

- Objetivos.
- Material.
- Fundamento teórico.
- Método experimental.
- Resultados experimentales:
 - Medidas experimentales.
 - Cálculo de magnitudes y errores.
 - Representación de gráficas.
 - Análisis y cálculos en gráficas.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

- Conclusiones.
- Bibliografía.

Deben realizar un informe completo, un proyecto integrado para cada una de las dos prácticas finales:

Práctica nº6: Determinación de la constante elástica de un muelle.

En esta práctica se pretende determinar empíricamente la ley de Hooke y también determinan la aceleración de la gravedad de este modo, aunque no sea muy preciso.

El procedimiento experimental es sencillo: se toma un muelle problema cuya constante elástica se quiere determinar, varias masas patrón cuyo valor se mide con una balanza y cuyo peso se mide con ayuda de un dinamómetro. Usando una cinta métrica se mide el alargamiento que sufre el muelle al aplicarle las fuerzas (peso de las masas) de valor determinado. Así, se recogen las medidas en una tabla de datos a partir de la cual se hacen dos representaciones gráficas: fuerza-deformación y fuerza-masa. Usando el método de los mínimos cuadrados se obtienen los parámetros de ambas gráficas, ajustadas bastante bien a una recta. Por comparación con el valor de la pendiente teórica en cada caso, la constante elástica del muelle y la aceleración de la gravedad respectivamente, obtenemos valores experimentales de estas magnitudes junto con su error.

Práctica nº7: Estudio del periodo de un péndulo simple.

Esta práctica consta de dos partes. En primer lugar se investiga de qué factores depende el periodo de un péndulo aplicando el control de variables. En una segunda parte se obtiene el valor de la aceleración de la gravedad a partir del estudio de la relación obtenida entre longitud y periodo.

Se proponen las hipótesis de que depende de la masa de la bola y longitud del péndulo. Para medir el periodo se mide el tiempo de cinco oscilaciones, de modo minimicemos la posible influencia del error de observación de comienzo y final que podríamos cometer si se midiera una única oscilación. El periodo será la quinta parte del tiempo medido. Analizando los resultados recogidos en tablas, se puede concluir qué hipótesis han resultados ser ciertas y cuales no.

En una segunda parte, se dibuja la gráfica longitud-tiempo y se investiga su dependencia. Se obtiene que representando la longitud frente al cuadrado del periodo la gráfica prácticamente es una línea recta. Se ajustan los datos por mínimos cuadrados y un valor experimental de la pendiente. Comparando con la pendiente teórica que es proporcional a la aceleración de la gravedad se puede calcular el valor de la aceleración de la gravedad.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 31 JUNIO DE 2010

4. CONCLUSIONES.

Considero que esta propuesta metodológica es capaz de cumplir los objetivos propuestos por la ley y los autoimpuestos en la materia. Para evaluar si verdaderamente se alcanzan los objetivos propuestos en la materia es indispensable establecer unos criterios e instrumentos de evaluación que permitan cuantificar el grado de aprendizaje del alumnado.

Los instrumentos de evaluación que se proponen son:

- Observación directa del trabajo realizado en clase en la realización de problemas y trabajo en las experiencias de laboratorio.
- Pruebas escritas donde el alumno/a permita constar la asimilación de la teoría básica de errores, trabajo con gráficas y obtención de leyes.
- Valoración de los dos informes completos de las dos últimas prácticas del curso, que constituyen el verdadero Proyecto Integrado.

La selección de contenidos es ambiciosa, pues una de las propuestas es que los alumnos y alumnas lleguen a obtener la formulación matemática de leyes a partir de datos realizados en diversas experiencias, usando incluso el método de mínimos cuadrados mediante el uso de programas informáticos.

BIBLIOGRAFÍA.

-Orden de 10 de agosto de 2007, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía (BOJA núm. 171 de 30 de agosto de 2007).

-Agustench, M., del Castillo, V., del Barrio, J.I., y Romo, N. (2000). *Física y Química 1º de Bachillerato*. Madrid: SM.

-Alados, L., Esteban, M.J., Foyo, I., Jiménez, J.R. y otros (1992). *Prácticas de laboratorio de Física General*. Granada: Universidad de Granada.

Autoría

- Nombre y Apellidos: María Francisca Ojeda Egea.
- Centro, localidad, provincia: IES Ángel Ganivet, Granada (Granada).
- E-mail: francisojedaegea@gmail.com