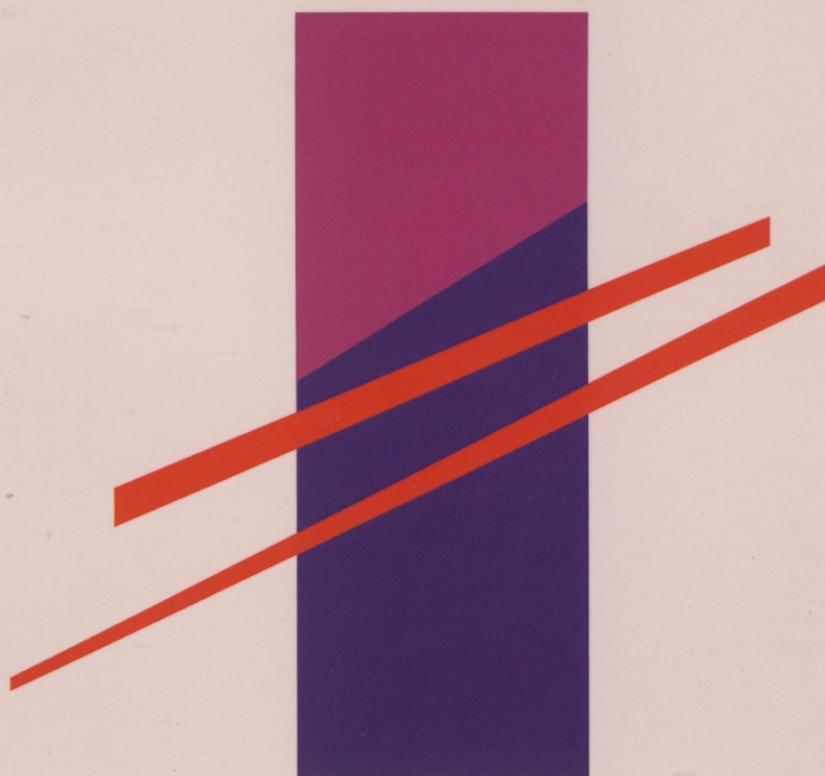


Materiales Didácticos
Física y Química



BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Ciencia

42796

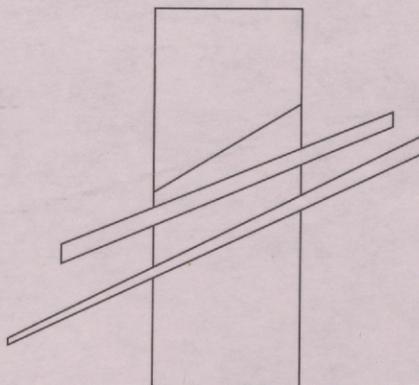
~~100194Z~~

~~2939~~

42796

Materiales Didácticos

~~MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA
DIR. GRAL. DE RENOVACION PEDAGOGICA
CNREE/S. INNOVACION
18 NOV. 1992
DOCUMENTACION~~



Ciencias de la Naturaleza y la Salud

Física y Química

Juan Hernández Pérez
Jordi Solbes Matarredona



Ministerio de Educación y Ciencia

BIBLIOMECA

059801

R. 129601

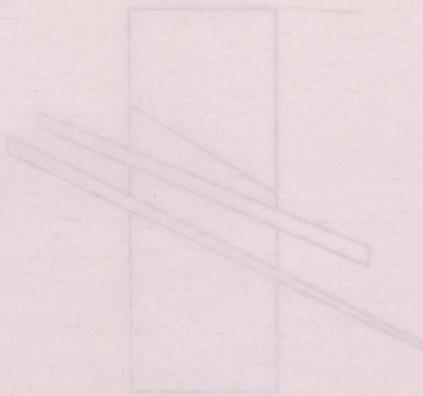
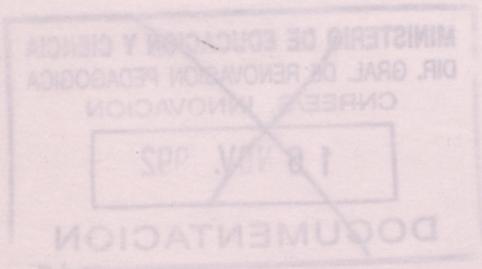
42796

28732



10/10/92

Materiales Didácticos



Ciencias de la Naturaleza y la Salud

Física y Química

Juan Hernández Pérez
Jordi Solas Matasobona



Ministerio de Educación y Ciencia
Secretaría de Estado de Educación

N. I. P. O.: 176-92-106-8
I. S. B. N.: 84-369-2227-1
Depósito legal: M-19793-1992
Realización: MARÍN ÁLVAREZ HNOS.



Ministerio de Educación y Ciencia

10/10/92

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar a los profesores que, a partir de octubre de 1992, impartirán las nuevas enseñanzas del Bachillerato en los centros que se anticipan a implantarlas. Son materiales para facilitarles el desarrollo curricular de las correspondientes materias, principalmente en las de primer curso, aunque algunas de ellas tienen su continuidad también en el segundo curso. Con estos materiales el Ministerio de Educación y Ciencia quiere facilitar a los profesores la aplicación y desarrollo del nuevo currículo en su práctica docente, proporcionándoles sugerencias de programación y unidades didácticas que les ayuden en su trabajo; unas sugerencias, desde luego, no prescriptivas, ni tampoco cerradas, sino abiertas y con posibilidades varias de ser aprovechadas y desarrolladas. El desafío que para los centros educativos y los profesores supone anticipar en el curso 1992/93 la implantación de las nuevas enseñanzas, constituyéndose con ello en pioneros de lo que será más adelante la implantación generalizada, merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo por parte del Ministerio, que a través de estos materiales didácticos pretende ayudar a los profesores a afrontar ese desafío.

Se trata, por otro lado, de materiales elaborados por los correspondientes autores, cuyo esfuerzo es preciso valorar de modo muy positivo. Responden, todos ellos, a un mismo esquema general propuesto por el Ministerio en el encargo a los autores, y han sido elaborados en estrecha conexión con el Servicio de Innovación, de la Subdirección General de Programas Experimentales. Por consiguiente, aunque la autoría pertenece de pleno derecho a las personas que los han preparado, el Ministerio considera que son útiles ejemplos de programación y de unidades didácticas para la correspondiente asignatura, y que su utilización por profesores, en la medida en que se ajusten al marco de los proyectos curriculares que los centros establezcan y se adecuen a las características de sus alumnos, servirá para perfeccionarlos y para elaborar en un futuro próximo otros materiales semejantes.

La presentación misma, en forma de documentos de trabajo y no de libro propiamente dicho, pone de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental: destinados a ser contrastados en la práctica, depurados y completados. Es intención del Ministerio realizar ese trabajo de contrastación y depuración a lo largo del próximo curso, y hacerlo precisamente a partir de las sugerencias y contrapropuestas que vengan de los centros que se anticipan a la reforma. Es propósito suyo también, desde luego, preparar los correspondientes materiales para la implantación, en octubre de 1993, del segundo curso de Bachillerato.

Estos materiales se publican en un momento en el que el Decreto de Enseñanzas Mínimas del Bachillerato y la correspondiente Orden Ministerial que regulará el currículo para el ámbito territorial de competencia del Ministerio de Educación y Ciencia se encuentran en su trámite final de aprobación, pero todavía no aprobados. Esto quiere decir que los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de las asignaturas son conocidos solamente en su borrador final, pero no aún en su texto definitivo y oficial. Es previsible, por tanto, que no haya cambios importantes sobre el actual texto de los borradores, pero sí podrían darse modificaciones menores sobre ellos. Esta situación ha hecho particularmente difícil el trabajo de los autores, quienes en un plazo de tiempo extremadamente breve, y ajustando sus propuestas de desarrollo curricular a los sucesivos borradores del referido Decreto y Orden, han trabajado contra el reloj. Igualmente, la imprenta ha debido trabajar con plazos muy cortos. Por esta razón, los materiales correspondientes a algunas asignaturas llegan a los centros antes de las vacaciones estivales, mientras otros llegarán inmediatamente después, en septiembre, pero, en todo caso, antes de comenzar el curso.

Aún operando sobre borradores finales, pero no sobre redacción definitiva de normas legales a punto de aprobación, ha parecido oportuno destacar en la presente publicación los textos previstos del Real Decreto de Enseñanzas Mínimas de Bachillerato o de la correspondiente Orden de currículo para el ámbito del Ministerio. Los textos entresacados de los borradores de estas normas oficiales están resaltados en el texto con letra distinta. A semejanza del planteamiento curricular de etapas anteriores, también en el Bachillerato el currículo del Ministerio mantendrá los mismos objetivos y criterios de evaluación que el Decreto de Enseñanzas Mínimas, mientras, en cambio, ampliará en algo el apartado de los contenidos. Por consiguiente, en los apartados de objetivos y criterios de evaluación, los párrafos resaltados en tipografía diferente están entresacados de un borrador de texto oficial que previsiblemente será tanto el del Real Decreto, cuanto el de la Orden de currículo. En el apartado de contenidos, los textos resaltados a veces recogen el borrador de Real Decreto y otras veces el de la Orden ministerial. Los elementos así resaltados, en todo caso, han de ser atendidos por el profesorado con la prudencia oportuna, a la espera de la redacción definitiva de esas normas legales de muy próxima aparición.

Índice

	<u>Páginas</u>
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. OBJETIVOS GENERALES.....	9
III. CONTENIDOS.....	11
IV. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN.....	15
V. PROGRAMACIÓN	25
Criterios generales.....	25
Sugerencias de organización y secuenciación	27
VI. EJEMPLIFICACIÓN DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA.....	37
Objetivos didácticos.....	37
Contenidos	38
Desarrollo de la unidad didáctica.....	39
Evaluación	61
VII. BIBLIOGRAFÍA COMENTADA.....	65

Introducción

Según se indica en el libro *Bachillerato: Estructura y contenidos*, la física y la química, desde su nacimiento, han buscado la comprensión de la naturaleza. Han tratado de hallar orden y significado en la gran cantidad de fenómenos que se presentan a la observación humana como un caos, coordinando y organizando nuestras experiencias en un sistema coherente.

El concepto mismo de naturaleza ha ido cambiando a lo largo del desarrollo de esas ciencias. En el Renacimiento, la ciencia atendía a fenómenos concretos y puntuales que se aislaban del marco general. En el siglo XIX, se adquiere una concepción más amplia de la naturaleza al considerar que los resultados de la ciencia son afirmaciones sobre todo su conjunto. Posteriormente se introduce la reflexión sobre si el conocimiento que representan estas ciencias da una visión real y objetiva sobre la naturaleza, o si se limita a presentar modelos de interpretación de ella creados por el hombre para su comprensión. Se destaca entonces que la conocemos no en sí misma, sino en nuestros modelos de ella y a través de nuestros métodos de investigarla. Todo lo cual ha llevado a consideraciones filosóficas y epistemológicas sobre el papel desempeñado por la observación, las teorías y los modelos en el desarrollo científico.

Por otra parte es necesario reflexionar sobre el carácter acumulativo de la ciencia fruto de la labor de personas —mejor de equipos— que, aún viviendo en épocas distintas, contribuyen con sus ideas a formar cuerpos coherentes de conocimientos que confeccionan las teorías científicas. Podemos afirmar que debido al esfuerzo de la Humanidad a lo largo de la historia para comprender y dominar la materia, su estructura y sus transformaciones se ha logrado el desarrollo de la física y la química actuales que ha hecho posible sus muchas aplicaciones, tanto es así que es difícil imaginarse una forma de vida actual sin contar con ellas.

Por ello la física y la química aparecen como un elemento fundamental de la cultura de nuestro tiempo que contribuye a la formación de ciudadanos y ciudadanas y cuya importancia se acrecienta día a día. No es de extrañar que en un reciente congreso de periodismo científico se solicitase una educación que no

diferencia entre la cultura humanística y la científica, a la vez que se pedían una mayor presencia de la ciencia en los medios de comunicación y la participación activa de los investigadores en la divulgación de sus conocimientos.

También la física y la química tienen un carácter eminentemente experimental que debe permitir la familiarización con las características de la investigación científica y ser capaz de aplicar sus métodos a la resolución de problemas y a la realización de trabajos prácticos. Aspectos todos éstos que si bien fueron tratados en el nivel anterior, el Bachillerato debe profundizar.

Por otra parte, estas dos materias como otras que también forman parte de la ciencia, comparten el valor funcional y educativo del Bachillerato y la necesaria conexión con estudios superiores. Por ese motivo el currículo propuesto debe incluir los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que permitan, junto con los que aparecerán en el segundo curso del Bachillerato, abordar con éxito los estudios ulteriores, bien sean éstos de carácter universitario o dirigidos hacia los módulos profesionales de nivel III y contribuir a la formación de los estudiantes como ciudadanos. Ahora bien, todos estos contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) deberán aparecer dentro del marco teórico que se estudia y no como actividades complementarias.

Por esta razón, en los núcleos de contenidos propuestos se mencionan dos: "Aproximación al trabajo científico" y "Ciencia, tecnología y sociedad", que son dos núcleos comunes a las materias científicas, de carácter general, que deben estar presentes e impregnar a los demás contenidos. En cuanto al resto se configuran dos grandes apartados que deben tener una extensión igual, la Física y la Química, con cuatro núcleos cada una de ellas.

Objetivos generales

Hasta no hace mucho tiempo no se ha distinguido en la enseñanza entre los objetivos y los contenidos. Recientemente se ha invertido la situación. El predominio del conductismo ha contribuido al desarrollo de numerosas taxonomías (Bloom, Klopfer, etc.) de objetivos muy específicos relativos a habilidades muy limitadas que sean observables, hecho que deja fuera objetivos complejos del ámbito cognoscitivo. Por otra parte, como esas taxonomías se basaban en teorías psicológicas, sólo establecen objetivos en términos de funciones psicológicas (o procesos de aprendizaje), hasta el punto de que muchos autores llegan a creer que los contenidos eran solamente medios para realizar esas funciones, e incluso, que los contenidos eran independientes, y, por tanto, intercambiables respecto a la función que cultivaban.

Para evitarlo, consideramos que se deben plantear los objetivos como unas capacidades que los alumnos deben conseguir mediante el desarrollo de los contenidos y, por tanto, no limitarse a aspectos conceptuales, sino también a aspectos procedimentales o destrezas y de actitudes, valores y normas.

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que las alumnas y alumnos adquieran las siguientes capacidades:

1. *Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la física y la química, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica y desarrollar estudios posteriores más específicos.*
2. *Aplicar los conceptos, leyes, teorías y modelos aprendidos a situaciones reales y cotidianas.*
3. *Analizar críticamente hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico, y valorar sus aportaciones al desarrollo de la física y la química.*
4. *Utilizar con cierta autonomía destrezas investigativas, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.*

5. *Mostrar actitudes que suelen asociarse al trabajo científico, tales como la búsqueda de información exhaustiva, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas.*
6. *Integrar la dimensión social y tecnológica de la física y la química, interesándose por las realizaciones científicas y tecnológicas y comprendiendo los problemas que plantea su evolución a la naturaleza, al ser humano, a la sociedad y a la comunidad internacional.*
7. *Comprender el sentido de las teorías y modelos físicos y químicos como una explicación de los fenómenos naturales, valorando su aportación al desarrollo de estas disciplinas.*
8. *Explicar expresiones "científicas" del lenguaje cotidiano según los conocimientos físicos y químicos adquiridos, relacionando la experiencia diaria con la científica.*

Contenidos

Aproximación al trabajo científico

- *Procedimientos que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, estimación de la incertidumbre de la medida, utilización de fuentes de información.*
- *Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.*
- *Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.*
- *Hábitos de trabajo e indagación intelectual.*

Ciencia, tecnología y sociedad

- *Análisis de la naturaleza de la ciencia: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.*
- *Relaciones de la ciencia con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad: consecuencias en las condiciones de la vida humana y en el medio ambiente. Valoración crítica.*
- *Influencias mutuas entre la sociedad y la ciencia y la tecnología. Valoración crítica.*

Cinemática

- *Movimiento. Sistemas de referencia inerciales.*
- *Revisión del movimiento rectilíneo uniforme. Estudio de los movimientos circular uniforme y rectilíneo uniformemente variado. Iniciación al carácter vectorial de las magnitudes que intervienen y determinación de las ecuaciones.*

- Aplicaciones. Caída de graves. Composición de movimientos: tiro horizontal y parabólico.

Dinámica

- Concepciones pregalileanas de las relaciones entre fuerzas y movimientos.
- Los principios de la dinámica en función del concepto de cantidad de movimiento y de la idea de fuerza como interacción.
- Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado.
- Estudio de algunas situaciones dinámicas: fuerzas gravitatorias en las proximidades de la superficie terrestre, de fricción y elásticas, en sistemas de referencia inerciales.

La energía y su transferencia: trabajo y calor

- Revisión de los conceptos de energía, trabajo y calor como formas de transferencia de energía, del principio de conservación de la energía y su degradación.
- Definición operativa del concepto de trabajo cuando el módulo de la fuerza y su dirección respecto al desplazamiento son constantes. Energías cinética y potencial gravitatoria en las proximidades de la superficie terrestre. Relación entre trabajo y energía.
- Energía interna. Equivalencia entre trabajo y calor. Primer principio de termodinámica.
- Estudio de algún caso de relaciones ciencia-tecnología-sociedad, como por ejemplo, máquinas térmicas y revolución industrial, crisis energética y energías alternativas, etc.

Electricidad

- Principio de conservación de la carga eléctrica. Principio de conservación de la energía en un circuito: ley de Ohm. Asociación de resistencias. Manejo del polímetro.
- Estudio energético de la corriente eléctrica. Efecto Joule. Aplicaciones.
- Utilización de la corriente eléctrica en el mundo actual.

Teoría atómico-molecular

- Teoría de Dalton y leyes básicas que dan lugar a su formulación: ley de la conservación de la masa y de las proporciones definidas.
- Evolución de la teoría de Dalton: relaciones volumétricas de Gay-Lussac. Hipótesis de Avogadro.
- Concepto de mol. Ley de los gases perfectos. Masas atómicas y moleculares. Molaridad de una disolución.

El átomo y sus enlaces

- *Papel de los modelos atómicos en el avance de la química: modelos de Thomson y Rutherford. Masa y número atómico. Distribución electrónica en niveles energéticos.*
- *Sistema Periódico. Justificación del Sistema Periódico corto.*
- *Enlaces iónico y covalente. Su explicación en los compuestos binarios utilizando la regla del octeto y los diagramas de Lewis. Introducción al enlace metálico. Justificación de las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas.*
- *Diferencias entre el enlace intramolecular y el intermolecular. Enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals.*
- *Formulación y nomenclatura de los compuestos más importantes. Reglas de la I. U. P. A. C. Justificación de algunas fórmulas binarias.*

Cambios materiales y energéticos en las reacciones

- *Estudio de las transformaciones químicas, usando un modelo de choques entre moléculas. Significado de las ecuaciones químicas. Ajuste de reacciones. Estequiometría. Importancia de las reacciones químicas en la sociedad.*
- *Explicación de la existencia de reacciones endo y exo-térmicas mediante la rotura y formación de enlaces.*
- *Importancia del oxígeno en la vida a través del estudio de reacciones de combustión.*

Química del carbono

- *Posibilidades de combinación del átomo de carbono para justificar la gran cantidad de compuestos orgánicos. Concepto de grupo funcional.*
- *Nomenclatura y formulación de hidrocarburos, funciones oxigenadas (aldehído, cetona, ácido, éster y éter) y nitrogenadas (amina y amida). Isomería.*
- *Estudio del petróleo como fuente natural de obtención de productos por destilación y craking.*
- *Aplicaciones materiales y energéticas del petróleo. Medio ambiente y aspectos socioeconómicos.*



Orientaciones didácticas y para la evaluación

Las aportaciones de la investigación educativa, en general, y la didáctica de las ciencias, en particular, han contribuido al análisis y posterior propuesta de mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Una aportación importante ha sido, sin duda, la consideración de un nuevo concepto sobre el aprendizaje que ha provocado la aparición de nuevos modelos de enseñanza y, con ellos, la modificación del papel del profesorado en la escuela, en general, y en el aula, en particular.

En física y química las investigaciones realizadas durante los últimos veinte años, principalmente, sobre los llamados inicialmente errores conceptuales de los alumnos y las alumnas y hoy ideas previas, han propiciado una crítica fundamentada del paradigma del proceso de enseñanza-aprendizaje utilizado.

Estos resultados han puesto de manifiesto que las alumnas y alumnos no son capaces de aplicar los conceptos, que se les supone aprendidos anteriormente, a nuevas situaciones y sus respuestas coinciden prácticamente con las mismas que darían sin haber estudiado los conceptos requeridos. Por lo que puede afirmarse que el aprendizaje obtenido por los alumnos y las alumnas ha sido memorístico o repetitivo y poco significativo. Por esta razón uno de los objetivos esenciales de la enseñanza es lograr que el aprendizaje sea significativo. Ello se produce cuando los nuevos contenidos llegan a integrarse en la estructura cognoscitiva que el estudiante posee, con lo cual adquieren sentido y, en consecuencia, los utiliza cuando la situación lo requiere. Situación contraria a la que se da en el aprendizaje repetitivo que queda limitado a la memorización, por lo que difícilmente llega a ser integrado y es fácilmente olvidado, y por ello no suele ser utilizado en la vida real.

Todo esto ha propiciado la aparición de modelos de enseñanza cuyo objetivo es obtener aprendizajes significativos, lo que ha conducido a metodologías distintas dentro del mismo modelo de enseñanza. Ahora bien, según los estudios de psicología del aprendizaje, para aprender de forma significativa deben darse, al menos, dos condiciones: primero, que el contenido sea potencialmente significativo, es decir que se adapte al nivel comprensivo del alumno o alumna y, segundo, que provoque en ellos y ellas una actitud favorable para aprender de esta

forma. Por otra parte, la cantidad de conocimientos que un estudiante, de forma significativa, puede aprender en un tiempo determinado es limitado. Por ello, dicho aprendizaje es un proceso lento pero rentable, ya que al llegar a integrarse en su cuerpo de conocimientos permanece vivo en él.

Estas condiciones obligan a seleccionar la cantidad de contenidos propuestos, para lo que deben tenerse en cuenta los conocimientos adquiridos en las etapas anteriores, los objetivos generales del nivel al que van dirigidos y el estadio evolutivo de los alumnos y las alumnas.

Por otra parte, hay que considerar que cuando se hace referencia a los contenidos no sólo se consideran los correspondientes a los conceptos científicos sino también a los procesos requeridos en el aprendizaje de los mismos.

En consecuencia, el aprendizaje de las ciencias no puede ser conceptualizado, únicamente en términos cognitivos. Debe perseguirse un desarrollo completo de las personas que les proporcione una personalidad crítica con capacidad de formarse opiniones propias y adoptar decisiones en relación a cuestiones científicas. Por tanto, no sólo hay que preocuparse de enseñar aspectos de contenidos conceptuales científicos y procedimentales, sino que es necesario tener presentes las actividades de interacción ciencia-tecnología-sociedad, históricas, etc.

Para llevar a término este proceso de enseñanza el profesorado debe disponer de los materiales y recursos necesarios para el desarrollo del trabajo en el aula.

Las decisiones en cuanto a la cantidad de contenidos seleccionados y a los materiales elegidos están en función del modelo de enseñanza que se decida utilizar.

Por esta razón es conveniente conocer las investigaciones didácticas, así como las aportaciones que la psicología y la epistemología hacen sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En primer lugar, nos referiremos al modelo conocido como de transmisión-recepción, según el cual se considera que es posible transmitir significados ya elaborados a través de explicaciones claras y bien presentadas que junto con ejercicios y problemas completan el proceso. Un segundo modelo, surgido en la década de los sesenta, corresponde al llamado descubrimiento autónomo. Este parte de la consideración de que la mejor manera de aprender algo es que lo descubra uno mismo. En este modelo, el aprendizaje de las ciencias supone sobre todo un dominio de las destrezas o procesos del método científico.

Trabajos de evaluación sobre estos modelos han mostrado que ninguno de los dos son útiles para lograr aprendizajes significativos. El primero al considerar que la mera exposición de conocimientos no asegura su comprensión, puesto que éstos no se adquieren ya elaborados sino que cada persona los rehace a la luz de sus conocimientos anteriores. Y en cuanto al segundo, porque se considera que los procesos de la ciencia son inseparables de los contenidos, ya que el desarrollo de las destrezas intelectuales se producen sobre campos conceptuales concretos.

Basándose en las aportaciones de la psicología del aprendizaje, en los últimos años ha emergido el modelo conocido como constructivista que goza, actualmente, de un amplio consenso entre las personas que trabajan la didáctica de las ciencias. Dicho modelo parte de la consideración de que los alumnos y las alumnas tienen unas ideas previas y por ello el aprendizaje no puede ser sólo

acumulativo sino que, en ocasiones, supone un cambio de las estructuras del conocimiento del que aprende, considerado como el verdadero responsable de su propio proceso de aprendizaje. Además utiliza las críticas de los modelos mencionados anteriormente para considerar que los conocimientos son conceptos científicos y también procedimientos y actitudes de forma conjunta e inseparable. Al ser un modelo emergente, con todavía pocas experiencias de utilización en el aula, es difícil realizar críticas suficientemente fundamentadas.

En cualquier caso, sea cual fuese el modelo por el que se opte, es necesaria la disponibilidad de materiales para abordar el tercer nivel de concreción: la programación de aula, lo que implica o bien una elaboración propia o bien una selección entre los existentes. En cualquiera de los casos para cumplir el objetivo con las mejores garantías de eficacia es necesario por parte del profesorado:

- Dominar los contenidos conceptuales científicos que forman parte de los contenidos, para analizar la exactitud de los mismos y poder programar actividades de niveles adecuados.
- Conocer los acontecimientos históricos, sociales, económicos, etc. que condujeron a los conocimientos actuales, ya que ello es una vía que proporciona recursos para proponer actividades que ayuden a la comprensión de la construcción de los conceptos científicos, así como a considerar los procesos y a fomentar actitudes positivas hacia la ciencia.
- Conocer las ideas de partida del alumnado al comenzar el tema objeto de estudio; conocimiento imprescindible para lograr aprendizajes significativos.
- Tener acceso a los recursos que las nuevas tecnologías permiten, fundamentalmente, la utilización de vídeos y programas informáticos que ayuden a comprender las ideas y a visualizar situaciones difíciles o imposibles de observar por otros procedimientos.

Por otra parte, para facilitar a los alumnos y alumnas la integración del aprendizaje en el cuerpo de conocimientos que ya poseen, deberán proponerse actividades variadas con objetivos diversos. De forma general podíamos clasificar a éstas en:

- Actividades de iniciación al tema en estudio, que supongan: sensibilización sobre su contenido, explicitación y puesta en valor de las ideas que el estudiante posee, comprensión del hilo conductor por el que se haya optado para el desarrollo del mismo, etc.
- Actividades de desarrollo del tema, que supongan: introducción, construcción y manejo significativo de conceptos, invención de definiciones operativas basadas en ellos, manejo reiterado de los conceptos en distintas situaciones para contrastar su validez y afianzarlos, familiarización con aspectos claves del trabajo científico, estudio de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, etc.
- Actividades de acabado, que supongan: recapitulación y síntesis de lo tratado, propuesta de confección de mapas conceptuales, etc.

Consideramos que algunas de las actividades mencionadas como la resolución de problemas, los trabajos prácticos, la utilización de nuevas tecnologías y las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, requieren un comentario más amplio.

La resolución de problemas constituye una fuente constante de preocupación para el profesorado de este nivel y se ha convertido en una de las áreas prioritarias de investigación en la didáctica de las ciencias. En primer lugar, conviene distinguir el concepto de problema del de ejercicio; un problema no dispone de una respuesta inmediata y su resolución supone un marco idóneo en el que el alumnado practique la mayor parte de las etapas que se aplican en una investigación: planteamiento del problema, emisión de hipótesis, estrategias para resolverlo, análisis de resultados, etc. Para que esto se produzca es necesario modificar el enunciado tradicional por otro abierto que permita plantear los problemas como si de una investigación se tratara. Otro aspecto que debe tenerse presente es la necesidad de seleccionar la cantidad de problemas que es conveniente realizar, ya que el uso continuado y reiterativo de problemas del mismo tipo provoca una fijación funcional en la resolución que permite al alumno tener éxito cuando reconoce el enunciado, pero se encuentra incapaz para buscar nuevas soluciones ante lo que considera problemas nuevos. Podemos decir que los alumnos no llegan a aprender a resolver problemas sino a memorizar soluciones, lo que es contradictorio con el aprendizaje significativo. Para lograrlo hay que modificar el enunciado habitual, proponiendo problemas en los que aparezcan más datos de los estrictamente necesarios para resolverlos o bien con una redacción que suponga enunciados abiertos. Ejemplos de estos últimos serían los enunciados siguientes: "¿Qué altura máxima alcanza un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba?" y "¿Cuál es el número de moles existente en una habitación vacía?"

Por último hay que hacer un esfuerzo en ofrecer enunciados que supongan problemas reales, con información que los relacione con algunas de las aplicaciones en los campos de la tecnología, la industria o la sociedad.

La importancia de los trabajos prácticos en el desarrollo de la ciencia es incuestionable y así lo reconoce la mayoría del profesorado. No obstante hay que señalar que, en la mayoría de los textos, éstos se utilizan como forma de confirmar la validez de alguna ley, fórmula o teoría. Puede afirmarse que las prácticas son ilustraciones de los conocimientos transmitidos. Si tenemos presente que el objetivo de familiarizarse con la metodología científica debe ir ligado con la construcción de conocimientos, ello implica que los trabajos prácticos deben abordarse en el momento en que surjan y no al final del tema; pues, en este caso, el objetivo esencial es el de comprobar algún concepto o ley que ya ha sido tratada por lo que se esconde el carácter investigador que deben presentar.

La importancia de las actividades CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) se deduce de los objetivos generales que se pretenden alcanzar en el estudio de las ciencias, pues su influencia en la vida cotidiana y su relación con la economía y la industria son actualmente incuestionables.

Por otra parte, la necesidad de una mejor formación científica de los ciudadanos es una cuestión que se acrecienta día a día, ya que nuestro modelo de sociedad no podría existir sin las aplicaciones de la ciencia y la tecnología y, además, necesita apoyarse en el poder de decisión que el conocimiento científico confiere. Sin embargo, es bien conocido el hecho de la menor consideración social de la ciencia como parte de la cultura respecto a otras materias como literatura, música, arte, etc. Pero, a este respecto, el profesorado de ciencias tiene mucho que decir si es capaz de introducir en el aula actividades que permitan a los alumnos y alumnas relacionar los temas que estudian con aplicaciones de la vida real.

Por último hay que tener presente que la enseñanza de la ciencia del 2000 tiene necesariamente que contar con los recursos que las nuevas tecnologías proporcionan. La utilización de los medios audiovisuales puede servir de ayuda para lograr una motivación en el estudio del tema y puede ser extraordinariamente útil para visualizar modelos —gases, átomo, etc.—, y, también, para conocer aplicaciones de la física y la química imposibles de mostrar en un aula —central eléctrica, industrias químicas, etc.—.

Por otra parte, el ordenador es actualmente un elemento imprescindible en cualquier tipo de actividad y su utilización en la enseñanza permite a los alumnos y alumnas tener un control sobre su propio aprendizaje y les lleva a una mayor motivación. La utilización de los ordenadores puede realizarse fundamentalmente en tres planos: con programas de enseñanza asistida, con el empleo de programas de simulación relativos a la resolución de problemas, y como instrumento de control y cálculo en el laboratorio.

Otro aspecto que hay que considerar por su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje es la organización de la propia aula. En este sentido, la estructuración de la clase en pequeños grupos puede favorecer la participación en polémicas surgidas en torno a cuestiones de la materia, en la emisión de hipótesis, en realización de diseños, etc. No olvidemos que en la actualidad el trabajo científico no se concibe sino es en equipo, ya que la investigación es una tarea colectiva. Ahora bien, siempre es necesario, tras la discusión en grupos, una posterior puesta en común que permita al profesor o profesora centrar las ideas necesarias que considere convenientes. Para esta función pueden utilizarse diversas técnicas como la transcripción simultánea de las respuestas de los grupos en la pizarra o solicitar la respuesta de un sólo grupo para que el resto la critique o complete. Ello presenta la ventaja de que permite al profesor o profesora centrar las intervenciones, realizar reformulaciones globalizadoras de las aportaciones de los grupos o incluso —cuando estas sean incompletas— añadir información. No debemos olvidar el hecho de que los alumnos y alumnas al abordar previamente las cuestiones hace que su receptividad ante la información sea superior al referirse a cuestiones que ellos han tratado de responder.

Por último, y no por ello menos importante, es necesario abordar un problema puesto de manifiesto en investigaciones recientes referidas al sexismo en la enseñanza de las ciencias, por lo que hay que utilizar, desde el principio, un vocabulario coeducado que facilite por igual las expectativas para proseguir estudios científicos de las alumnas y los alumnos.

En resumen, podríamos decir que el papel que se le pide al profesorado para lograr aprendizajes significativos es que, en lugar de ser un mero transmisor de conocimientos ya elaborados, pase a ser un profesional con los conocimientos y recursos necesarios para diseñar, seleccionar y organizar actividades de aprendizaje y dirigir el trabajo de sus alumnos y alumnas.

Ahora bien, las innovaciones en el método, en los materiales, etc., perderán gran parte de su efectividad si no se reflejan en innovaciones similares en los sistemas de evaluación dado que ésta es la forma más clara de mostrar aquello que se da importancia y tiene enorme influencia en conformar la actividad de profesores y alumnos.

Es necesario reflexionar sobre la función de la evaluación en el proceso de aprendizaje, pasando de concebirla como un medio de puntuación a considerarla como un instrumento para mejorarlo.

En distintas investigaciones se ha podido comprobar que los métodos de evaluación pueden afectar no sólo a la cantidad y a la calidad del aprendizaje de los estudiantes sino también a sus intereses y actitudes hacia la asignatura y su aprendizaje.

En el proceso general de la evaluación debemos responder a tres cuestiones, que son: el **qué**, el **cómo**, y el **cuándo**.

Respecto a la cuestión primera hay que manifestar que no sólo deben evaluarse los conocimientos adquiridos por los alumnos, sino también los objetivos, la metodología y los materiales utilizados, pues todo ello influye en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que debe ser evaluado desde una óptica constructiva. Cuando se compruebe que, después de evaluarlo, un determinado concepto, procedimiento o actitud no ha sido aprendido por un porcentaje suficiente del alumnado, debe analizarse cuál o cuáles de los factores, que intervienen en el proceso, podrían ser los mayores responsables del fracaso, con la intención de tenerlo en cuenta en el futuro e ir, de esa forma, mejorando el proceso año tras año.

Señalamos, a continuación, los criterios de evaluación:

1. *Aplicar las estrategias propias de la metodología científica a la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados (uniforme rectilíneo o circular y rectilíneo uniformemente acelerado).*

Se trata de comprobar que en la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados y a la combinación de éstos, como es el caso de encuentros de móviles, se plantea el estudio cualitativo de la situación, se precisa el problema, se prueban en su resolución vías o estrategias coherentes con el cuerpo teórico de conocimientos, se analizan los resultados, etc.

2. *Identificar las fuerzas reales que actúan sobre un cuerpo, y relacionar la dirección y el sentido de la fuerza resultante con el efecto que produce en él.*

Se trata, con este criterio, de comprobar que el alumnado reconoce las fuerzas que actúan sobre móviles, tales como un ascensor, un tren que toma una curva, una pelota lanzada hacia arriba que sube o que baja, un cuerpo colgado o apoyado, etc., y sabe predecir, por su comportamiento, hacia dónde actúa la resultante, en el caso de que el cuerpo lleve alguno de los movimientos estudiados.

3. *Aplicar el teorema de la conservación de la cantidad de movimiento para explicar fenómenos cotidianos, identificando el sistema en el que se aplica.*

Se pretende evaluar si el alumnado es capaz de justificar hechos como el retroceso de las armas de fuego, las aceleraciones o deceleraciones en los motores a reacción, etc., como aplicación del principio de conservación de la cantidad de movimiento. Se trata, también, de comprobar que sabe

elegir el sistema adecuado para poder aplicar dicho principio, y que sabe reconocer que si el sistema no está aislado de fuerzas exteriores, como es el arma sin proyectil o el motor a reacción sin los gases que expulsa, no se conserva la cantidad de movimiento.

- 4. Interpretar, diseñar y montar circuitos, determinando teórica y experimentalmente el valor de la intensidad en sus diferentes ramas, si las tuviese, y la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera.*

Este criterio pretende comprobar si los alumnos son capaces no sólo de realizar cálculos sobre circuitos eléctricos elementales (que incluyan generador, resistencias y en algunos casos un motor), sino también de efectuar sus montajes y de traducir circuitos reales a esquemas eléctricos.

- 5. Observar y describir las transferencias de energía que tienen lugar en montajes tecnológicos sencillos, a la luz del principio de conservación de la energía.*

Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de observar y describir procesos como: la utilización del gato de un coche, de la pértiga en el salto, de una batidora funcionando, etc., dentro del marco teórico de la conservación de la energía. Se pretende que en la descripción se considere el calor como transferencia de energía.

- 6. Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

- 7. Justificar las sucesivas elaboraciones de modelos atómicos valorando el carácter abierto de la ciencia.*

Se pretende con este criterio conocer si el alumnado es capaz de identificar cuales fueron los fenómenos relevantes para abandonar determinados modelos y adoptar otros, y de valorar la ciencia como un proceso dinámico, cambiante y sometido a continua revisión.

- 8. Determinar masas atómicas a partir del análisis de los resultados producidos en reacciones químicas destinadas a este fin, así como determinar el número de moles presentes en una cierta cantidad de sustancia.*

Se trata con este criterio de conocer si las alumnas y alumnos son capaces de sacar conclusiones cuantitativas de experiencias, en las que se utilicen compuestos con interés en la vida real, ya sea porque se les hayan aportado los datos de ellas o porque se hayan realizado en el laboratorio. También se trata de saber si son capaces de calcular el número de moles de una determinada cantidad de sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso.

9. *Ante el comportamiento que presentan ciertas sustancias, emitir hipótesis sobre el tipo de enlace que une sus átomos, diseñar experiencias que permitan contrastar dichas hipótesis y realizarlas.*

Se trata de comprobar si el alumnado es capaz de emitir hipótesis sobre el enlace que presentan algunas sustancias, como la sal, el azúcar, el benceno, etc., a la luz de su comportamiento, de diseñar experiencias para comprobar sus hipótesis, de dar al menos una explicación de su diseño y de utilizar correctamente el material del laboratorio para su realización.

10. *Resolver ejercicios y problemas teóricos y aplicados, utilizando toda la información que proporciona la correcta escritura de una ecuación química.*

Se trata de comprobar que los estudiantes saben extraer de una ecuación química información sobre el estado físico de las sustancias, las relaciones entre moles, la energía de reacción, etc., y que saben deducir, a partir de ellas, la cantidad de los productos y reaccionantes que intervienen, sin que éstos se tengan que encontrar necesariamente en proporciones estequiométricas. Se utilizarán, en la medida de lo posible, ejemplos de reacciones que pueden realizarse en los laboratorios escolares y en distintos tipos de industrias.

11. *Valorar la importancia del carbono, señalando las principales razones que hacen de él un elemento imprescindible en los seres vivos y en la sociedad actual.*

Con este criterio se pretende comprobar si los estudiantes conocen la presencia del carbono en la mayor parte de los objetos que nos rodean, incluyendo los seres vivos. Si justifican esta presencia por el carácter singular que tienen sus átomos de unirse fácilmente consigo mismo y con otros, y si valoran el carbono por sus posibilidades tecnológicas, al permitir la fabricación de una gran cantidad de nuevos materiales.

La evaluación guía sobre lo que se considera más importante aprender, y lo que se exige y el cómo se exige en las pruebas que se proponen para ser posteriormente evaluadas definen claramente los objetivos reales del aprendizaje y condicionan decisivamente al alumnado. Por esa razón el **cómo evaluar** constituye una parte esencial para consolidar cualquier modelo de enseñanza elegido. Optar por un modelo que logre aprendizajes significativos supone plantear actividades que permitan constatar que los alumnos y alumnas son capaces de aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de nuevas actividades. Esto requiere dedicarle el tiempo necesario, que suele ser una buena parte del destinado a la totalidad de la preparación del tema.

Por tanto, para conseguir una medida más adecuada del aprendizaje significativo, las pruebas deben extenderse a todos los aspectos —conceptuales, procedimentales y actitudinales— que hemos comentado en el aprendizaje de la Física y la Química. Es decir, que las pruebas deben contener:

- Actividades que enfatizen aspectos procedimentales, como formulación de hipótesis, propuesta de diseños experimentales, análisis de resultados (gráficas, ecuaciones, etc.).

— Problemas abiertos con enunciado no dirigido.

— Actividades en las que surjan aspectos de las relaciones CTS.

Así, por ejemplo, si se desea evaluar si los alumnos y alumnas han aprendido de forma significativa el tercer principio de la dinámica no debe proponerse la pregunta directa, ya que el alumno o alumna puede contestar correctamente sin que ello sea garantía de que comprende y domina el concepto. Debe proponerse alguna actividad en la que tenga que aplicarlo, como por ejemplo: "Una bola **A**, en movimiento, choca contra otra **B** de la misma masa que se encuentra en reposo. En el momento del impacto, razonar cuál de las dos bolas ejerce fuerza. Hacer un dibujo aclaratorio y comentar cuál será la situación de movimiento que se producirá después del impacto."

Un ejemplo en Química, si se desea comprobar si los alumnos y alumnas han aprendido comprensivamente la hipótesis de Avogadro, podría ser el siguiente: "Un volumen de 150 cm³ de oxígeno reacciona, en las mismas condiciones de presión y temperatura, con 300 cm³ del gas óxido de nitrógeno (NO), obteniéndose 300 cm³ de un gas único. Deduce cuál es la fórmula de este gas".

Un ejemplo de actividad válida para evaluar contenidos procedimentales puede ser la siguiente:

"Se ha realizado una experiencia para comprobar si la resistencia (R) de un conductor es inversamente proporcional a su sección (S), encontrándose los datos que aparecen en la tabla siguiente:

R (Ω)	S (mm ²)
2,2	18,2
3,5	11,4
5,1	7,8
7,2	5,6
8,9	4,5
10,0	4,0
11,4	3,5
12,7	3,0

Comprobar si dicha hipótesis es correcta."

Otra actividad podría ser la siguiente: "Un amigo te dice que los cuerpos más pesados, al dejarlos caer desde la misma altura, tardan menos tiempo en llegar al suelo. Te lo demuestra dejando caer una hoja y una piedra. Explica algún procedimiento que te permita demostrar a tu amigo el error en el que se encuentra y justificar por qué su experiencia es válida sólo en ciertas condiciones."

En Química una actividad procedimental podría ser: "Indica todo lo que harías en el laboratorio para preparar 250 ml de una disolución 1 M de ácido nítrico".

Una actividad actitudinal podría ser la siguiente: "Un científico alemán aseguró que Alemania perdió la segunda guerra mundial porque la mayor parte de la cantidad de amoníaco que obtenía la destinaba a efectos militares. Comentar la afirmación de este científico."

Otros ejemplos son:

"Comenta qué es el aire y cita al menos 2 de las sustancias que lo contaminan en las ciudades. Al mismo tiempo indica cuáles son los procesos principales que originan la contaminación atmosférica."

"Indica tres ejemplos de implicaciones de las ciencias físico-químicas en la sociedad a lo largo de la historia de la humanidad."

En cuanto al **cuándo**, hay que partir de la idea de que para impulsar a los alumnos a un aprendizaje significativo es necesario que tengan información comprensible y clara sobre lo que han aprendido y lo que no. Por otra parte, el profesor o profesora necesita conocer las ideas previas del alumnado por lo que es necesario realizar una evaluación inicial que permita averiguarlo.

Es decir, el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, por lo que debe realizarse a lo largo de todo él y no únicamente valoraciones terminales. Para lograr esto habrá que integrar las actividades evaluadoras a lo largo del proceso, dando la retroalimentación adecuada y adoptando medidas correctoras en caso necesario.

Es importante ser conscientes de las leyes del olvido y planificar revisiones o profundizaciones de aquello que se considere realmente importante, para que el alumnado afiance dichos conocimientos, aunque ello obligue a reducir algunos de los contenidos que, en principio, pensaban desarrollarse, pues a lo largo del proceso resultará rentable.

Creemos muy conveniente realizar frecuentes pruebas pequeñas sobre algunos de los aspectos que se han trabajado, ya que ello permite impulsar el trabajo diario, dar información sobre el aprendizaje —haciendo posible la reincidencia, en caso necesario— y reunir un elevado número de resultados numéricos que permitan dar una valoración final más acorde con el trabajo diario y disminuir la aleatoriedad del proceso de calificación.

Asimismo es necesario que los alumnos y las alumnas regulen sus propios procesos de aprendizaje, es decir, rectifiquen sus ideas iniciales y aprendan de sus propios errores. Por esa razón, es muy conveniente solicitar de los estudiantes que rehagan el examen en casa con todo cuidado y vuelvan a entregarlo.

Para finalizar, no debe olvidarse el papel de la evaluación en la contrastación de los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin la cual la labor educativa dejaría de ser revisable y mejorable. No se puede atribuir un fracaso generalizado del alumnado únicamente a que "los alumnos no hacen nada". La evaluación es un instrumento válido para juzgar la efectividad de los materiales y métodos de enseñanza desarrollados y para decidir las modificaciones que sean necesarias.

Programación

Cualquier propuesta de programación que intente desarrollar un diseño curricular debe tener en cuenta una serie de criterios mínimos:

1. La concepción de la materia: sus contenidos, el número de horas que se le asigna, etc.
2. Un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias teóricamente fundamentado, como hemos intentado desarrollar en el apartado anterior, para apoyar las orientaciones metodológicas y de evaluación.
3. Las ideas, hábitos y actitudes iniciales de los alumnos y alumnas, ya sea para apoyarse en ellos, ya sea para transformarlos o incluso derribarlos.
4. Los contenidos deben ser conceptuales, procedimentales y de valores, actitudes, etc., y no deben basarse sólo en la lógica de la disciplina, sino tener en cuenta las ideas del alumnado, el modelo didáctico, etc.
5. Cualquier secuenciación de contenidos necesita un hilo conductor que impida aprendizajes dispersos.
6. La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamiento en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de la ciencia y no proporcionan conocimientos significativos.

A este respecto hay que tener en cuenta algunas peculiaridades de nuestro diseño curricular de Física y Química de primer curso de Bachillerato.

Nuestro país es el único de nuestro entorno europeo (con la excepción de Portugal) en el que la Física y la Química aparecen como una única asignatura. Si, además, se tiene en cuenta que en segundo curso de bachillerato alguna de estas materias puede no ser cursada por los alumnos, el resultado ha sido un diseño curricular un tanto extenso, que pueda tener en cuenta los conceptos más básicos de ambas disciplinas.

Criterios generales

Por otra parte, si se quiere mantener un hilo conductor único para la Física y Química, se puede comenzar abordando esta asignatura con el estudio de la primera de las ciencias en el sentido moderno del término, es decir, la mecánica, insistiendo en su carácter de ruptura radical con la física del sentido común. La mayor profundización con respecto a la Enseñanza Secundaria Obligatoria permitirá mostrar la potencialidad de la metodología científica para extender la mecánica a otros dominios, como la electricidad y la química, desde su nacimiento como ciencia con la teoría atómico-molecular, hasta el desarrollo de la química moderna.

Un segundo posible hilo conductor que mantiene una perspectiva unitaria de la Física y Química podría ser el de los centros de interés, problemas relevantes de la humanidad, etc., como, por ejemplo, la energía: su producción y consumo, la atmósfera y su contaminación, etc. Hay que señalar la necesidad (y la dificultad) de una cuidadosa selección de los centros de interés, problemas, etc., que permita contemplar todos los contenidos.

Un posible tercer hilo conductor podría ser el histórico, realizando un estudio de una serie de científicos, de la época en que trabajaron y de sus principales contribuciones. En concreto se podría abordar el estudio de Galileo (cinemática), de Newton (dinámica), de Joule, Mayer y Thomson (energía y su transferencia), de Coulomb y Ohm (electricidad) y de Boyle, Dalton, Avogadro, Rutherford, Lewis, etc. (química).

Una cuarta posibilidad surge si se conciben la Física y la Química de esta asignatura como disciplinas independientes. Esto posibilita comenzar el curso con cualquiera de ellas, procurando que cada una disponga del 50% del tiempo disponible. Este criterio conserva su validez en cualquiera de las otras tres propuestas anteriores. Esto ofrece nuevos hilos conductores posibles. Así, por ejemplo, la Química se puede estructurar pasando de lo macroscópico a lo microscópico o viceversa: empezar por el átomo y sus enlaces y proseguir con reacciones, etc.

Evidentemente, nos decantamos por la primera propuesta aparentemente más convencional, pero que permite tener en cuenta una serie de recientes aportaciones de la investigación educativa:

1. Permite mostrar cómo la ciencia es el producto de la labor de personas —o equipos— que, aun viviendo en épocas distintas, contribuyen con sus ideas a formar los cuerpos coherentes de conocimientos que constituyen las teorías científicas.
2. Se puede mostrar, asimismo, el cambio de los marcos conceptuales o paradigmas, la evolución de las ideas —ya que en la construcción de las teorías se producen ideas erróneas—, experiencias cruciales, hipótesis geniales, etc., lo que permite una imagen viva, no dogmática, de la ciencia.
3. Extraer de la historia los problemas significativos y poner al alumnado en situación de abordarlos; ello permite, además, tener en cuenta sus ideas previas. Es decir, no se trata de tomar la historia de la ciencia como eje vertebrado, como en la tercera propuesta de hilo conductor.
4. Mostrar las interacciones ciencia-tecnología-sociedad a lo largo de la historia, lo que permite dar una imagen más correcta del desarrollo de

la ciencia. En otra palabra, se muestran esas interacciones pero no se toman como hilo conductor, como en la segunda propuesta enunciada anteriormente.

De acuerdo con ello, la relación de temas de Física y Química de primer curso puede ser la siguiente:

1. Cinemática.
2. Dinámica.
3. La energía y su transferencia: trabajo y calor.
4. Electricidad.
5. La teoría atómico molecular y su evolución.
6. El átomo y sus enlaces.
7. Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas.
8. Introducción a la química del carbono.

Aunque somos conscientes de la dificultad de establecer una temporalización real antes de la experimentación de la propuesta en el aula, pensamos que como base de trabajo, el profesor debe asignar como promedio un mes a cada tema. Es por ello que el número de temas de la programación no excede los ocho, dado que éste es, aproximadamente, el número de meses lectivos. Por otra parte, esto permite asignar un cuatrimestre a la Física y otro a la Química, como ya hemos indicado anteriormente.

Pasamos a continuación a desarrollar los temas:

Cinemática

En la Física y Química del curso anterior (área de Ciencias de la Naturaleza) se realizó ya un estudio de los movimientos y las fuerzas, y algunas ideas y conceptos que se manejan en este tema de la Física forman parte incluso del lenguaje corriente. Por ello, es posible que los alumnos contribuyan a establecer cuales son los problemas que pueden abordarse en este núcleo. En primer lugar, la determinación del estado de movimiento o reposo de un cuerpo. A continuación hay que introducir las magnitudes necesarias para la descripción del movimiento. Puesto que el curso anterior se habrá realizado un estudio escalar sobre la trayectoria (y vectorial semicuantitativo para poder introducir física e intuitivamente los vectores velocidad y aceleración) es conveniente profundizar en el carácter vectorial de las magnitudes. Asimismo se podía introducir físicamente el concepto de derivada para facilitar la comprensión de los conceptos de velocidad y posición instantánea, pero sin utilizarlos para la deducción de ecuaciones de movimiento (lo que implicaría el concepto de integral). También se pueden introducir magnitudes que faciliten el estudio de los movimientos circulares.

Se proseguiría estudiando una serie de tipos de movimiento (uniforme rectilíneo, circular uniforme, rectilíneo uniformemente variado), estableciendo su ecuación de movimiento y recordando ejemplos importantes de los mismos (en particular la caída de graves): la deducción de la ecuación de la posición en el

Sugerencias de organización y secuenciación

movimiento rectilíneo uniformemente variado se puede realizar sin integrales, que el alumno, al igual que el propio Galileo, desconoce. Se puede utilizar el teorema de Merton de la velocidad media o el método de Oresme del área bajo la recta de velocidades.

A continuación se puede pasar al estudio de movimientos más complejos, como el tiro horizontal. Este estudio puede plantearse como un trabajo práctico de investigación bastante completo que permite a los alumnos introducir y contrastar la hipótesis de la independencia de movimientos (o principio de superposición), que esté en la base misma del tratamiento vectorial. Tras este estudio se puede abordar otra serie de ejemplos (tiro parabólico, movimiento de una barca en un río, etc.) que muestren la potencia del tratamiento vectorial.

Se trata de un tema adecuado para realizar actividades de los dos primeros núcleos transversales de contenidos, "Aproximación al trabajo científico" y "Ciencia, tecnología y sociedad". A título de ejemplo mencionaremos las siguientes:

- Trabajos prácticos como pequeñas investigaciones: el estudio del tiro horizontal, ya sugerido anteriormente, o también el estudio de la caída de graves mediante un plano inclinado.
- Problemas como investigaciones, que supongan una ocasión más de familiarizar al alumno con la metodología científica.
- Revisar los estudios gráficos del movimiento realizados en cursos anteriores.

Es necesario mostrar las interacciones CTS desarrollando este tema en contextos relevantes y familiares a los alumnos (transporte, deportes, viajes espaciales...), asomarse a la historia de la física presentando el contexto histórico de Galileo (lo que permite comprender sus dificultades, las ideas de la época con las que tuvo que luchar), utilizando textos del "Diálogo de las dos nuevas ciencias", etc. Se pretende con ello evitar que el carácter más formal de este tema y su ubicación al principio de la Física, puedan producir actitudes desfavorables en los alumnos.

Dinámica

En este tema se trata de una "dinámica de objetos asimilables a puntos materiales", cuyo carácter de aproximación es necesario resaltar. Además, hablar de fuerzas supone hablar de interacciones y ello implica, evidentemente, varios objetos que interaccionan entre sí (aunque para algunos aspectos sea útil centrarse en uno de ellos).

También en el curso anterior se ha realizado un estudio de las fuerzas. Por ello, se puede empezar el núcleo continuando la crítica contra las ideas y la metodología del sentido común iniciada el curso anterior —en particular, la idea de fuerza como causa de movimiento—. A continuación se puede proceder a una revisión de los principios de la dinámica, a partir de la cantidad de movimiento y de la idea de fuerza como interacción que produce variaciones en el estado de movimiento de los cuerpos.

La profundización en la idea de interacción permite llegar a establecer la conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado. Conviene

detenerse en el establecimiento de este principio y en señalar su importancia (validez absolutamente universal), así como en la interpretación de los aparentes contraejemplos.

Sin llegar a estudiar las formas de interacción fundamentales —aunque se puede mostrar como la gran variedad de fuerzas mencionadas por los alumnos se pueden reducir a ellas—, se trata de abordar el estudio de algunas situaciones dinámicas: fuerzas gravitatorias —en las proximidades de la superficie terrestre—, de fricción, elásticas y tensiones. También se puede abordar el estudio dinámico de los movimientos circulares, puesto que ya se han visto en cinemática. Por ejemplo, el caso de un vehículo en una curva, lo que permite introducir una aplicación práctica del plano inclinado (el peralte) o justificar la inclinación de las motocicletas.

A continuación, dado que existen sensaciones fisiológicas y cotidianas (arranque y frenado de un vehículo, conducción en una curva, ascensor, etc.) que parecen reforzar la existencia real de las fuerzas de inercia, es conveniente clarificar su carácter de pseudofuerzas, ya que no corresponden a ninguna interacción. Se puede mostrar cómo se introducen para poder aplicar las leyes de la dinámica en los sistemas de referencia acelerados (no inerciales), pero no se recomienda la realización de problemas de este tipo.

Al igual que en el tema anterior se pueden proponer actividades como las siguientes en torno a los dos primeros núcleos transversales:

- Realizar pequeñas investigaciones para comprobar experimentalmente la ecuación fundamental de la dinámica $F/m = \text{cte}$, la ley de Hooke o estudiar el rozamiento de diversos objetos en un plano inclinado.
- Plantear numerosos problemas de interés, abordables como pequeñas investigaciones.
- Presentar implicaciones técnicas y sociales (fricciones, peraltes, etc.), mostrar el marco histórico de la física en el siglo xvii, y, en particular, de Newton, etc.

Finalmente, se debe realizar una síntesis de la dinámica newtoniana para ver la imagen de comportamiento de la materia que proporciona, comparándola con la imagen pregalileana.

La energía y su transferencia: trabajo y calor

Dado que en la Educación Secundaria Obligatoria ya se ha realizado una introducción de estas magnitudes, aquí ha de pensarse en la introducción más detenida y cuantitativa.

Actualmente existe una cierta controversia sobre la conveniencia de comenzar introduciendo el concepto de trabajo antes que el de energía o viceversa. Creemos que es preferible una introducción prácticamente simultánea y cualitativa de los conceptos de trabajo y energía para conectar con las ideas que los alumnos ya tienen y para superar la creencia de que la gran variedad de nombres asignados a la energía (magnética, química, etc.) corresponden realmente a distintos tipos de energía, haciendo ver el carácter cinético o potencial (debido a las interacciones) de todas ellas.

Limitándose a las transformaciones mecánicas, se introduce una definición operativa de la magnitud trabajo y su utilización en diferentes situaciones. Puede introducirse aquí, también el concepto de potencia, como medida de la eficacia en la realización de un trabajo.

Deberá profundizarse en las relaciones entre trabajo y energía introduciendo la energía cinética y la potencial gravitatoria.

A continuación se establecerá el principio de conservación de la energía. Es necesario probar hasta qué punto se comprende el significado del mismo planteando situaciones en las que parece no cumplirse.

Es preciso abordar algunos de los problemas estudiados en los temas anteriores con el tratamiento energético para mostrar su potencia y su coherencia con el tratamiento dinámico-cinemático. Los alumnos disponen así de la posibilidad de planificar posibles estrategias distintas ante situaciones problemáticas, lo que es una característica importante del trabajo científico y sirve para enriquecer la resolución de problemas como investigaciones.

La crítica de la idea de calor como sustancia, que no permite explicar la producción ilimitada de calor por fricción, nos lleva a la equivalencia entre calor y trabajo, es decir, al concepto de calor como proceso de transferencia de energía, saliendo al paso de la confusión de considerar el calor como forma de energía. En efecto, no puede hablarse de contenido en energía calorífica (a pesar de que se suele hacer) como no puede hablarse de contenido en energía "trabajosa" (cosa que, afortunadamente, nadie hace).

El concepto de calor como forma de transferencia de energía permite generalizar el principio de conservación de energía, como primer principio de la termodinámica y estudiar "cadenas" de transferencia de energía.

Se trata de un tema que ofrece ocasiones variadas y múltiples para realizar actividades del núcleo de interacciones CTS. Basta recordar la llamada crisis energética (¿o el derroche energético?), la energía nuclear, las energías alternativas, los problemas que origina en el medio ambiente la obtención de energía, visitas cuidadosamente preparadas de antemano a centrales de producción de energía... Asimismo, la invención de la máquina de vapor y su influencia en la sociedad (revolución industrial), el diseño y construcción de un modelo elemental de turbina, los efectos contaminantes de la combustión, etc.

Electricidad

Aunque por su título pueda parecer un núcleo muy extenso, pretendemos que no exceda en mucho a los anteriores. Para ello es necesario recordar que en el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria se realizó un estudio de la fenomenología de la electrización y de la corriente continua. Conviene revisar brevemente dicha fenomenología para introducir la naturaleza eléctrica de la materia y el principio de conservación de la carga.

Se puede introducir la ley de Coulomb como un trabajo de investigación, formulando hipótesis sobre los factores que influirán en la fuerza eléctrica entre dos cuerpos puntuales cargados, realizando un diseño, etc. Dada la dificultad que presenta la parte experimental, es conveniente suministrar tablas de valores para proceder al análisis de resultados. Se hará hincapié en el aspecto vectorial de la fuerza.

Opcionalmente, se puede plantear el problema de cómo explicar la interacción instantánea y a distancia de las cargas. Esto sirve para introducir cualitativamente el concepto de campo eléctrico, cuyo estudio se realizará con más detalle en la Física del segundo curso de Bachillerato.

Los conceptos de trabajo y energía del núcleo anterior se pueden aplicar al estudio energético de la interacción eléctrica, lo que permite introducir los conceptos de energía potencial eléctrica y de diferencia de potencial como variación de energía potencial por unidad de carga.

Esto posibilita realizar el estudio de la corriente continua a través de conductores metálicos. Conviene plantear un modelo para el comportamiento de los electrones en el interior del metal, para posteriormente emitir hipótesis sobre las condiciones para que se produzca la corriente, introduciendo por último una magnitud que mida la intensidad de la misma.

La investigación experimental de los factores de que depende la intensidad de corriente sirve para establecer la ley de Ohm. En este punto hay que tener en cuenta los preconceptos de los alumnos acerca de la intensidad de corriente y la diferencia de potencial.

Conviene plantear las aplicaciones de la ley de Ohm a las asociaciones de resistencias y a los instrumentos de medida. A continuación, se puede realizar el estudio energético de la corriente eléctrica y el efecto Joule.

Después se puede considerar el efecto que sobre la intensidad de corriente tendría el intercalar un generador, motor... y así obtener la ecuación de Ohm de un circuito y poder calcular la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera del circuito.

En este tema es fundamental, para la consecución de los objetivos relativos a los dos primeros núcleos transversales de contenidos, que los alumnos y las alumnas efectúen montajes de circuitos eléctricos elementales y traduzcan montajes reales a esquemas eléctricos. Resulta también de interés la familiarización del alumnado con los circuitos eléctricos domésticos, el cálculo de su consumo energético, el análisis crítico de la producción y consumo de energía eléctrica en nuestro país, los problemas que las centrales producen en el medio ambiente, etc.

Asimismo, en este tema se ha de resaltar el gran desarrollo científico y técnico que implica los instrumentos de medida de corrientes, así como la posibilidad de producir, transmitir y utilizar la energía eléctrica con generadores y motores. La importancia de estos aspectos recomienda evitar un tratamiento puramente escolar de los mismos, introduciendo actividades de construcción y/o manejo de generadores, motores, emisores y detectores de ondas, visitas a centrales, etc.

Se puede finalizar este núcleo realizando una síntesis de la física clásica y mostrando la imagen del comportamiento de la materia que proporciona y viendo cómo esta física clásica había surgido contra una concepción, la física pregalileana, que se había mostrado incapaz de resolver importantes problemas del comportamiento de la materia. Esto permite romper con una imagen lineal del crecimiento de la ciencia y mostrar cómo, análogamente, una serie de dificultades insuperables originaron la crisis de la física clásica.

La teoría atómico-molecular y su evolución

Este tema contiene conceptos ya estudiados en la etapa anterior, como los de: sustancia —elemento y compuesto—, mezcla, transformación física y química, modelo corpuscular de la materia, etc., cuya comprensión es imprescindible para aprender de forma comprensible la Química, por lo que se recomienda comenzar por su revisión. Ésta puede realizarse a través de la creación de una situación problemática cuya solución suponga la aplicación de todos los conceptos que deseamos revisar. Así, por ejemplo, si se plantea averiguar la composición de un líquido incoloro contenido en un frasco (puede ser una disolución de sal en agua), la respuesta al problema conduce a comenzar emitiendo una hipótesis sobre la posible solución —posiblemente, agua— y una posterior toma de decisiones sobre los pasos que deben seguirse para su comprobación para lo que se necesita aplicar los conocimientos sobre las propiedades características de las sustancias puras. La detección experimental de que la hipótesis no es la correcta conduce a otra —posiblemente, disolución acuosa— que permite revisar el concepto de mezcla así como las técnicas usuales de separación de éstas en sustancias y finalizar tratando la diferenciación entre elemento y compuesto.

Para abordar la teoría atómico-molecular conviene tener presente que éste es un tema inmejorable para que el alumnado compruebe que la ciencia es producto de la labor de las distintas aportaciones que a lo largo de la historia se van produciendo, ya que en su desarrollo se produjeron ideas erróneas, experiencias geniales, hipótesis sutiles, discusiones apasionantes, etc., lo que permite ofrecer una imagen viva, no dogmática, de la ciencia.

Por este motivo un posible hilo conductor para el desarrollo del tema es el histórico. Si se elige éste, deberán tratarse las leyes de la conservación de la masa y la de las proporciones definidas antes de presentar las hipótesis de Dalton, ya que éste se basó en ellas y en el estudio sobre el modelo corpuscular de los gases para emitir las.

Una vez emitidas éstas, procede estudiar el concepto de masa y su determinación experimental a partir de los datos extraídos en experiencias destinadas a averiguar la composición en masa de los elementos que forman un compuesto, pues ésta fue una de las primeras consecuencias más destacadas de las hipótesis. Si se plantea de esta forma es posible justificar la necesidad de definir una unidad de masas para los átomos, distinta a las conocidas, así como la regla de la máxima simplicidad que aplicó Dalton para asignar fórmulas, ya que el conocimiento de éstas es imprescindible para resolver el problema.

A continuación, el análisis de los resultados encontrados por Gay-Lussac en el estudio sobre las relaciones volumétricas entre gases, conduce a la hipótesis de Avogadro y permite comprobar la evolución de las teorías, ya que la correcta interpretación de esos resultados lleva a modificar alguna de las hipótesis de Dalton que obliga a rectificar fórmulas y, consecuentemente, las masas atómicas calculadas a partir de ellas.

La incorporación de los datos aportados por el espectrómetro de masas permitirá profundizar en el tema e introducir la idea de isótopo y considerar, a partir de entonces, las masas atómicas como valores medios.

Otro de los temas en el que deberá profundizarse es el de la determinación de fórmulas empíricas y moleculares, para lo que deberán realizarse ejercicios numéricos y problemas. Un aspecto que debe cuidarse es el enunciado de éstos y huir de redacciones excesivamente simplistas. Es aconsejable utilizar ejemplos de sustancias que tengan aplicaciones —o al menos las hayan tenido— en campos como la medicina, alimentación, industria, etc.

Un concepto que también deberá enseñarse en este tema es el de mol, entendiéndolo como la unidad de cantidad de sustancia ligada a un número de partículas, así como el cálculo de su número bien cuando la sustancia se presente sólida, líquida, gaseosa o en disolución. Este último exige la introducción de la definición de molaridad.

En el desarrollo del tema sería aconsejable la realización, por parte de los estudiantes, de algún trabajo práctico de laboratorio. Puede realizarse alguno simple, como la preparación de disoluciones de concentraciones determinadas partiendo de sustancias sólidas o de otras más concentradas cuya molaridad es conocida, o que deba previamente determinarse partiendo de los datos contenidos en la etiqueta del producto —riqueza y densidad—. Si se desea, puede realizarse algún trabajo práctico como pequeña investigación; un ejemplo de este caso sería la determinación de la fórmula del cloruro de cinc.

El átomo y sus enlaces

El estudio de la naturaleza corpuscular de la materia condujo a considerar a ésta formada por partículas y la teoría atómico-molecular estableció que los átomos eran indivisibles. En consecuencia, comenzar este núcleo por el análisis de los resultados de hechos experimentales que ponen en cuestión la supuesta indivisibilidad del átomo supone conectar con el anterior y permite, además, continuar comprobando cómo se produce el crecimiento de la ciencia, a la vez que justifica el hilo conductor de la secuenciación de los contenidos conceptuales.

El análisis de estos hechos experimentales conduce a la necesidad de pensar cuáles son las partículas que se encuentran en su interior, así como sus propiedades y distribución. La evidente imposibilidad de "ver" el átomo por dentro permite justificar la utilización de modelos y comprender que todos ellos tienen un limitado campo de validez, lo que ayuda a mantener una actitud abierta con respecto a su posible modificación y a consolidar la imagen no cerrada que sobre el concepto de ciencia se desea transmitir.

Los modelos que se aconsejan estudiar son los de Thomson, Rutherford y el de la distribución en capas, dejando para cursos posteriores los de Bohr y los correspondientes a la mecánica cuántica.

El modelo de Thomson es interesante por su valor histórico y porque ayuda a comprender la trascendencia de los resultados obtenidos en la experiencia de Rutherford que desembocó en el modelo que lleva su nombre y que permite introducir el concepto de número atómico y número másico.

La consideración de la inestabilidad de este modelo, junto con las dificultades en la justificación de hechos experimentales observados, desembocan en la necesidad de cambiar de modelo.

La introducción del concepto de energía de ionización y el análisis de los valores experimentales de éstas, en algunos átomos, permite profundizar en el estudio de la corteza atómica así como en la comprensión de una posible distribución de los electrones en capas y en la importancia de la más externas. También permitirá justificar la ordenación de los átomos correspondientes al Sistema Periódico corto y la regla del octeto.

A continuación puede plantearse el problema de la unión entre átomos. Utilizando las estructuras de Lewis, que ofrecen una vía aproximada, pero muy útil, para abordar la descripción de la distribución de los electrones en las moléculas y la regla del octeto, pueden justificarse los modelos de enlace iónico y covalente, así como algunas de sus propiedades. También puede introducirse la idea de enlace múltiple al estudiar el enlace de algunas moléculas diatómicas, como la del oxígeno y la del nitrógeno. El estudio de algunas propiedades de sustancias formadas por moléculas, que presentan enlaces covalentes entre sus átomos, puede servir para introducir enlaces intermoleculares como las fuerzas de Van der Waals, que permiten justificar el estado sólido de algunas sustancias formadas por moléculas con enlace covalente, y el enlace por puentes de hidrógeno, necesarios para justificar puntos de ebullición aparentemente anómalos así como la disolución en agua de ciertas sustancias.

El estudio de este núcleo puede servir para introducir la nomenclatura y formulación de los compuestos binarios utilizando las normas de la IUPAC, ya que permite justificar algunas de las fórmulas que se traten. Lógicamente, para lograr que el alumnado llegue a familiarizarse con el lenguaje químico deberán realizarse los ejercicios que se consideren convenientes, si bien se aconseja no excederse en el número de compuestos que se formulen.

Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas

En el primero de los núcleos de contenidos correspondientes a la Química se manejó el concepto de reacción ligado a la transformación de unas sustancias en otras, justificando el hecho por la reordenación de los átomos, que forman parte de las moléculas de los reactivos, para dar lugar a otras sustancias, que se llaman genéricamente productos.

En el núcleo anterior se estudió el enlace químico lo que permite, ahora, profundizar en el modelo de reacción al relacionar la reordenación de los átomos con la rotura de unos enlaces y la formación de otros.

Estas referencias permiten comenzar este núcleo relacionándolo con los anteriores, lo que ayudará a que los conocimientos que se pretenden enseñar continúen formando parte de todo un mismo cuerpo coherente de conocimientos que favorezca el aprendizaje.

En cuanto a los aspectos energéticos sólo se pretende que los estudiantes comprendan que los procesos químicos transcurren con un intercambio energético, generalmente en forma de calor, que se justifica al aplicar el principio de conservación de la energía al modelo de reacción, ya que para romper enlaces es necesario aportar energía, mientras que en su formación se desprende. El balance global provocará que algunas reacciones necesiten absorber energía para poder

producirse —endotérmicas—, mientras otras lo desprendan al producirse —exotérmicas—. Esta parte deberá completarse comentando aplicaciones energéticas de las reacciones químicas.

En cuanto a los cambios de materiales deben estudiarse en profundidad, ya que el dominio de la información que proporciona la ecuación química, para poder determinar las cantidades que reaccionan y las que se forman en un proceso químico, es esencial para abordar con éxito la mayor parte de los contenidos de esta materia, que se estudiarán en este y los próximos cursos. Por esa razón, se hace necesario realizar un número conveniente de ejercicios y problemas numéricos, en los que se contemplen todas las relaciones cuantitativas que se pueden deducir de la ecuación química. Por ello deberán abordarse situaciones en las que aparezcan la masa, el volumen en gases y las concentraciones en disoluciones; si bien, tal como se menciona en las orientaciones didácticas, es conveniente seleccionar convenientemente el número de los ejercicios y problemas que deben proponerse para evitar la memorización en su resolución.

Los enunciados, en la medida de lo posible, se acercarán a situaciones reales, lo que supondrá contemplar cantidades con exceso de reactivos, porcentaje en riqueza de algún mineral o la eficacia de un conjunto de reacciones en algún proceso industrial.

Especialmente interesante en este tema es el abordar las reacciones de combustión, ya que además de poder aplicar las relaciones entre masas y volúmenes en gases, permite abordar la utilidad energética de las mismas. Por otra parte, el análisis de la gran cantidad de combustiones que se produce en la vida cotidiana permite reflexionar sobre la enorme cantidad de gases que diariamente se vierten a la atmósfera, con las consecuencias que esto tiene sobre el medio ambiente, especialmente el efecto invernadero provocado por la capa de dióxido de carbono.

Este tema permite incorporar, en gran parte de su desarrollo, contenidos del núcleo "Aproximación al trabajo científico", ya que resulta fácil la realización de actividades en el laboratorio, lo que siempre facilita tratar las distintas etapas del trabajo científico. Así, puede plantearse alguna experiencia que permita comprobar el carácter endotérmico o exotérmico de alguna reacción química. También puede realizarse una comprobación experimental sobre las relaciones estequiométricas. La reacción entre el HCl y el CaCO₃ puede ser de gran interés, ya que supone partir de una sustancia sólida y otra en disolución y obtener una gaseosa, lo que permite revisar varios de los conceptos tratados en el tema además de recordar una de las técnicas más usuales en un laboratorio, la recogida de gases.

Introducción a la química del carbono

Con este núcleo se comienza la química del carbono. Conviene empezar reflexionando sobre la trascendencia de estos compuestos al comprobar que son constituyentes esenciales de los organismos vivos y que la mayor parte de los objetos que nos rodean pertenece a este tipo. También deberán tratarse las razones por las cuales a esta parte de la química se le ha conocido y conoce como "orgánica" y cómo se produce el hundimiento de la llamada "teoría vitalista", para lo que puede mencionarse el trabajo de distintos científicos, fundamentalmente el de Whöler.

Objetivos
didácticos

La gran cantidad de compuestos que contienen carbono se puede entender a través del estudio del carácter singular de su átomo, que permite justificar la existencia de enlaces múltiples y de cadenas de longitud infinita y ramificadas.

La comprobación, a través de experiencias de análisis cualitativo, de que, además del carbono, el hidrógeno es un elemento presente en todos ellos, permite introducir los hidrocarburos y también el concepto de isomería. El estudio del enlace C-H debe conducir a justificar las bajas temperaturas de fusión y ebullición de este tipo de compuestos, así como su insolubilidad en agua.

A continuación, el estudio sobre la formación de enlaces con otros átomos conducirá a la idea de función orgánica y al concepto de isomería de función. De entre éstas se presentarán las funciones: alcohol, aldehído, cetona, ácido, éster, éter, amina y amida. Deberá procurarse al introducirlas relacionarlas con alguna sustancia que sea conocida por su aplicación en la vida real.

Por último se realiza un estudio sobre la fuente principal de obtención de los hidrocarburos alifáticos: el petróleo, tanto en su aspecto químico como en el económico. Una posible visita a una refinería serviría para completar esta parte. Si ello no fuese posible, la visualización de un vídeo puede ayudar a comprender el papel y funcionamiento de las refinerías.

Este tema permite introducir, de forma gradual, las normas básicas sobre formulación y nomenclatura orgánica, evitando utilizar compuestos complicados que se dejan para cursos posteriores.

Ejemplificación de una unidad didáctica

De entre las posibles unidades didácticas para ejemplificar hemos elegido la titulada "Revisión y ampliación de la teoría atómico-molecular" por ser la primera de la programación de Química y porque su desarrollo permite poner de manifiesto muchas de las orientaciones citadas en los apartados anteriores.

Por otra parte, se relaciona con unidades correspondientes a cursos precedentes y con los estudios posteriores que se hagan de esta materia, pues los conceptos contenidos en esta unidad son imprescindibles para comprender la Química y su objetivo esencial: la transformación de los materiales que la naturaleza nos ofrece.

Por tanto, antes del comienzo del estudio de esta unidad a los alumnos y alumnas se les supone que tienen ideas sobre los conceptos que a continuación mencionamos:

- Estados físicos en los que se presenta la materia.
- Naturaleza corpuscular de la materia.
- La clasificación desde el punto de vista de su composición química: sustancias y mezclas.
- Diferencias entre elemento y compuesto.
- Concepto de reacción química.
- Ley de conservación de la masa.
- Teoría de Dalton.

Ahora bien, el hecho de conocer que esos contenidos han sido estudiados no es suficiente como para considerarlos suficientemente consolidados y comenzar a abordar el aprendizaje de otros basados en ellos. Por este motivo, en la secuenciación comenzamos con una revisión que consideramos necesaria para el buen éxito de la misión de lograr un aprendizaje significativo de la unidad.

A través del estudio de esta unidad se pretenden lograr los objetivos didácticos siguientes:

1. Comprender que la ciencia surge del conjunto de las aportaciones que se van produciendo a lo largo de la historia.

Objetivos didácticos

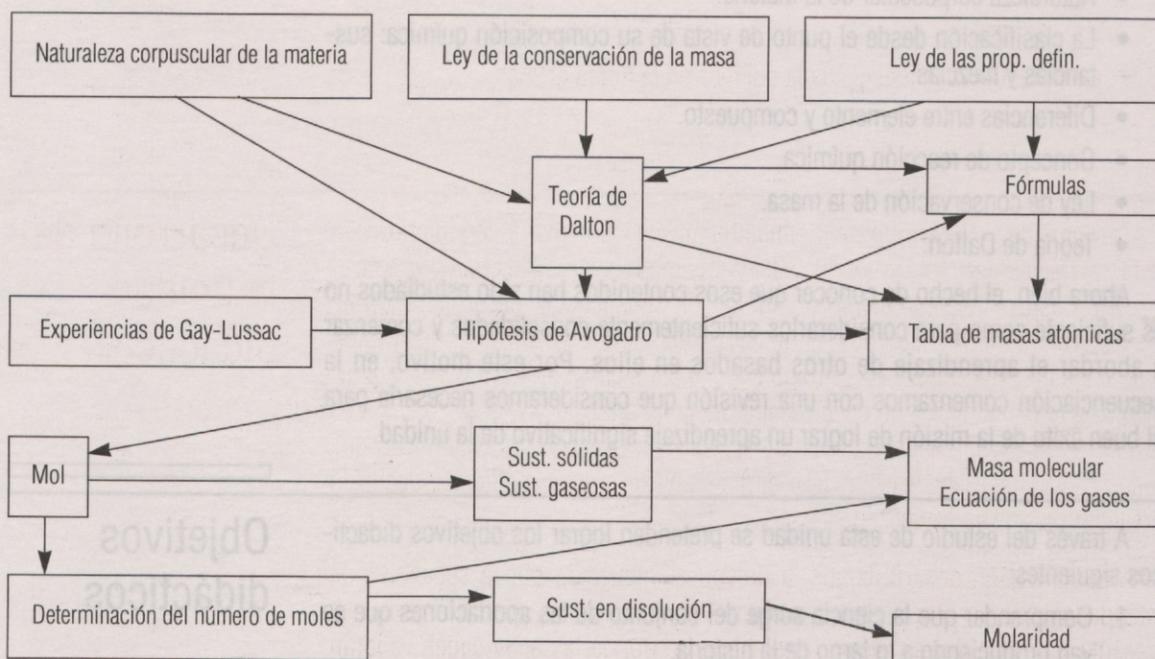
2. Entender conceptos básicos en los que se sustenta la química.
3. Aprender a determinar masas atómicas y fórmulas empíricas.
4. Utilizar algunas de las técnicas usuales de laboratorio.
5. Resolver situaciones problemáticas a través de un trabajo científico.
6. Comprender el concepto de mol y saber calcular el número presente en una muestra.

Contenidos

Los contenidos propuestos en cualquier unidad didáctica deben responder a un hilo conductor que permita construir conocimientos, evitando aprendizajes dispersos que dificultan que éstos sean significativos.

Esta unidad se desarrolla alrededor de la teoría atómico-molecular, por lo que el hilo conductor elegido es el de una aproximación a su desarrollo histórico. Por esta razón, proponemos comenzar recordando el modelo corpuscular de la materia y la ley de la conservación de la masa, procediendo al estudio de las proporciones definidas. Estos son los aspectos conceptuales principales que confeccionan el marco teórico en el que Dalton se basó para emitir su teoría. Ello supone que el alumno o alumna necesita conocerlos para comprender el sentido de las hipótesis que constituyen la teoría. Ésta va a permitir introducir conceptos tan importantes, en química, como el de masa atómica y los procedimientos para averiguarla. Ello se realiza a través del conocimiento de las proporciones en masa de los elementos que forman el compuesto y de la fórmula de éste. La interpretación de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac obligó a modificar algunas de las hipótesis dando lugar a fórmulas distintas y, en consecuencia, a una nueva tabla de masas atómicas. La unidad finaliza con la introducción de una nueva unidad necesaria para la química: "el mol".

Un posible mapa conceptual que interpreta esta secuenciación, sería:



Por tanto los contenidos propuestos en esta unidad son:

Conceptuales

1. Ley de las proporciones definidas.
2. La teoría de Dalton.
3. La hipótesis de Avogadro.
4. Determinación de masas atómicas.
5. Determinación de fórmulas empíricas.
6. Concepto de mol y su determinación.

Procedimentales

1. Utilización de técnicas de laboratorio.
2. Resolución de problemas abiertos como pequeñas investigaciones, en los que deban aplicarse algunas de las etapas de la metodología científica.
3. Realización de trabajos prácticos como pequeñas investigaciones, aplicando las etapas de la metodología científica.
4. Aplicación de las etapas del trabajo científico en la resolución de situaciones problemáticas.

Actitudinales

1. Importancia del conocimiento de la historia para entender la evolución de los conceptos científicos.
2. Necesidad de mantener unas normas de seguridad al trabajar en un laboratorio.
3. Comprender la influencia de la química en la forma de vida.

Previamente al desarrollo de la unidad conviene comentar la temporalización de la misma; es decir, el tiempo previsto para su tratamiento teniendo presente el objetivo básico, frecuentemente nombrado: la consecución de un aprendizaje significativo de los contenidos estudiados. Teniendo presente que la división temporal equitativa que se ha realizado entre la parte de la Física y la de la Química, a ésta le corresponde un cuatrimestre. La unidad temática que estudiamos es la más larga de las cuatro que componen esta propuesta curricular por lo que puede estimularse en una duración aproximada de mes y medio; es decir, de alrededor de seis semanas.

A continuación desarrollamos la unidad comenzando por la secuencia de actividades que se proponen a los alumnos y alumnas y, posteriormente, se presentará la guía del profesor o profesora, en donde las actividades vendrán

**Desarrollo de
la unidad
didáctica**

acompañadas de comentarios didácticos que permitan comprender los objetivos perseguidos, así como de las orientaciones necesarias para lograr que éstos se cumplan.

Revisión y ampliación de la teoría atómico-molecular

(Actividades para el alumnado)

Si bien el interés por conocer cómo es la materia y cómo tienen lugar las transformaciones químicas, parte de la época de los griegos —como sucede en muchos de los conocimientos científicos—, hasta el siglo XIX no se dispuso de un marco teórico conceptual que fuese capaz de integrar los conocimientos que se tenían para formar una teoría. Esta teoría se debió a J. Dalton que partiendo del cuerpo de conocimientos que en los últimos años se había producido, estableció un modelo de materia que permite la caracterización de las sustancias en un nivel de descripción atómico-molecular y un concepto de cambio químico como redistribución de átomos que explicaba las leyes cuantitativas experimentales comprobadas.

El guión de los contenidos que vamos a estudiar en el tema es el siguiente:

1. Revisión de conceptos previos.
 - Elemento, compuesto y mezclas.
 - Modelo corpuscular de la materia.
 - La ley de la conservación de la masa.
2. La ley de las proporciones definidas.
3. La teoría atómico-molecular de Dalton.
4. Evolución de la teoría de Dalton.
 - Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. Hipótesis de Avogadro.
 - Tabla de masas atómicas.
 - Fórmulas empíricas y su determinación experimental.
5. El concepto de mol y el número de Avogadro.
6. Cálculo del número de moles.
 - En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales.
 - En disoluciones. Concepto de Molaridad.

Revisión de conceptos previos

La teoría atómico-molecular emitida por Dalton se confecciona a partir de un cuerpo de conocimientos que es necesario comprender. Las ideas básicas de ese cuerpo de conocimientos ya han sido estudiadas en cursos anteriores, pero conviene que hagamos una revisión que nos permita recordarlas, pues ello nos per-

mitirá abordar su estudio con las suficientes garantías para entender las hipótesis que emitió Dalton y su evolución posterior.

- A.1.** Clasificar los materiales que se presentan en la naturaleza, tanto desde el punto de vista de su estado físico como de su composición química. Proponer un mapa conceptual.

Elemento, compuesto y mezcla

A continuación, nos centraremos en la clasificación desde el punto de vista químico, lo que haremos tratando de dar una solución a la situación problemática que presentamos.

- A.2.** Emitir una hipótesis fundamentada sobre el líquido contenido en el recipiente que se presenta.
- A.3.** Planificar experiencias que permitan comprobar la validez de la hipótesis emitida.
- A.4.** Analizar los resultados de las experiencias anteriores y extraer conclusiones respecto a la hipótesis inicialmente mencionada.
- A.5.** Planificar alguna experiencia que permita comprobar si el líquido del recipiente es una disolución acuosa.

El proceso seguido en la resolución del problema presentado en la actividad "A-2" nos ha permitido revisar el concepto de sustancia y el de mezcla. A continuación, lo haremos con el de elemento y compuesto.

- A.6.** El agua fue una de de las primeras sustancias consideradas como elemento. Nombra, al menos dos experiencias, que permitan comprobar que se trata de un compuesto.

Modelo corpuscular de la materia

Otro de los conceptos que estudiaste hace referencia a la estructura de la materia. A continuación, abordamos unas actividades que pueden resolverse utilizando el modelo de materia elaborado en cursos precedentes.

- A.7.** Recuerda el modelo de un gas y aplícalo para justificar que:
- al apretar una jeringuilla tapada, llena de aire, es posible desplazar el émbolo hasta un límite;
 - al sacar una botella de cava del congelador puede explotar.
- A.8.** Justifica cómo es posible que un charco se seque a temperaturas bastantes inferiores a 100° C.
- A.9.** Cuando un trozo de un metal como el hierro se calienta, su volumen aumenta. Aplica el modelo corpuscular de la materia para justificarlo.

La ley de la conservación de la masa

Otro concepto estudiado en cursos anteriores ha sido el correspondiente a la relación entre las masas de los reactivos y productos en una reacción.

- A.10.** Cuando se introduce una aspirina efervescente en un recipiente que contiene agua se desprenden unas burbujas. Si pesamos el conjunto (recipiente con agua y aspirina) antes de echar la aspirina y después

de haber "desaparecido" ésta ¿qué crees que pesará más? Si se hubiese tapado el recipiente inmediatamente después de echar la aspirina ¿Qué habría pasado a las masas?

- A.11.** ¿Cómo justificas que al quemar una madera las cenizas pesen mucho menos? ¿Se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.12.** Al quemar un metal como el magnesio o el hierro la masa del producto resultante es superior a la del metal. Justifica por qué. ¿No se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.13.** Se queman 0,81 g de magnesio recogiendo 1,34 g de cenizas. ¿Cuál es la masa de oxígeno que ha reaccionado con el magnesio?

Ley de las proporciones definidas

Otra de las leyes que resultó básica para la interpretación de la química es la que se conoce como la de las proporciones definidas.

- A.14.** Se sabe que 2,0 g de una sustancia A es capaz de reaccionar totalmente con 2,5 g de otra B formando un único compuesto.
- a) Si disponemos de 1,5 g de la primera ¿cuántos gramos de la segunda crees que reaccionarán?
- b) Si 10,0 g del compuesto se descomponen, ¿cuántos gramos de A y B podrían obtenerse?

Las respuesta a la actividad anterior ha supuesto aplicar implícitamente la llamada ley de las proporciones definidas, según la cual la relación entre las masas de los elementos que forman un compuesto es siempre una cantidad constante. A continuación vamos a plantear un trabajo práctico que permita demostrar experimentalmente la validez de la ley enunciada.

- A.15.** Deseamos demostrar que el cloruro de cinc cumple la ley de las proporciones definidas. Indica cuáles serán los datos que necesitaríamos conocer para demostrarlo.
- A.16.** Indica alguna experiencia de laboratorio que permita obtener los datos.
- A.17.** Procede a realizar la experiencia programada, analizando los resultados obtenidos.

A continuación se proponen ejercicios que permitan afianzar la ley estudiada.

- A.18.** (Opc). Se hace reaccionar un elemento A con distintas cantidades de otro elemento B. Si las cantidades de las masas de combinación de estos elementos son:

	B (g)	A (g)
a)	1,25	0,60
b)	2,50	1,20
c)	1,25	0,30

¿Cuántos compuestos distintos se han formado? Justifica la respuesta.

A.19. 2,0 g de azufre reaccionan con 4,0 g de cobre para formar 6,0 g de sulfuro de cobre. Si se dispone de 3,0 g de azufre y 5,0 g de cobre, señalar cuál de las soluciones siguientes corresponde a la cantidad máxima de sulfuro de cobre (II).

- a) 6,0 g b) 6,5 g c) 7,0 g d) 7,5 g e) 8,0 g

La teoría atómico-molecular de Dalton.

Como hemos mencionado, a Dalton se debe la primera teoría que permite dar una explicación de cómo se producen las transformaciones químicas partiendo de un modelo corpuscular, y que es capaz de justificar las leyes cuantitativas conocidas experimentalmente.

Dalton confecciona su teoría enunciando varias hipótesis que podemos resumir de la forma siguiente:

1. La materia está formada por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos.
2. Los átomos son inmutables, es decir, que permanecen inalterados en todo proceso químico.
3. Los átomos de un mismo elemento químico son idénticos entre sí, pero distintos a los de cualquier otro elemento.
4. Los átomos de distintos elementos pueden unirse para formar "átomos compuestos", haciéndolo siempre en una relación de números entera y sencilla.

A.20. Aplicar las hipótesis de Dalton para explicar que:

- a) La materia no es divisible hasta el infinito.
- b) La masa en las reacciones químicas se conserva.
- c) La proporción, en masa, de los elementos que forman un compuesto es un valor constante.

Una de las ideas fundamentales de la teoría de Dalton fue la de suponer que todos los átomos de un mismo elemento tenían la misma masa y ésta era, a su vez, distinta a la de cualquier otro, lo que produjo que se abriese una línea de investigación tendente a averiguar cuál sería la masa de los átomos de los elementos existentes.

A.21. Justifica por qué:

- a) No es posible medir directamente masas atómicas.
- b) La primera unidad de masa atómica que se definió correspondía a la masa de un átomo.

Una vez referida la unidad a la masa de uno de los átomos, la ley de las proporciones definidas proporcionaba la posibilidad de averiguar la masa de los demás; pero, para ello era necesario conocer la fórmula correcta de los compuestos. Esto provocó que Dalton emitiese otra hipótesis que se ha llamado "de la máxima simplicidad", ya que señalaba que la fórmula más probable de los compuestos binarios era la que tenía la relación más sencilla entre el número de átomos que formaban la molécula, es decir, la 1 : 1.

A.22. Al descomponer agua puede comprobarse que la proporción entre las masas del hidrógeno y del oxígeno es, respectivamente, 1: 8. Aplica las ideas de Dalton para proponer la masa atómica del oxígeno.

A.23. Al descomponer 0,50 g de amoníaco (compuesto formado exclusivamente por nitrógeno y hidrógeno) se obtienen 0,41 g de nitrógeno. ¿Cuál será, según Dalton, la masa atómica de este elemento?

A.24. Proponer una experiencia que permita determinar la masa atómica del hierro.

Evolución de la teoría de Dalton

En repetidas ocasiones se ha comentado que la ciencia no puede ser algo cerrado, ya que los acontecimientos van provocando la constante evolución de las ideas, que son utilizadas en un momento determinado y que experiencias posteriores obligan a modificar. Los acontecimientos históricos que sucedieron en la época de Dalton son un claro ejemplo de esto. Vamos, a continuación, a analizar los resultados alcanzados en distintas experiencias que van a obligar a modificar las hipótesis de Dalton ya mencionadas.

Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. La hipótesis de Avogadro.

Gay-Lussac se dedicó a medir las relaciones volumétricas que se establecían en las reacciones químicas entre gases, logrando unos resultados que no podían ser justificados por la teoría de Dalton.

A.25. Una de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac es la que se produce entre el cloro y el hidrógeno para formar cloruro de hidrógeno. La relación que encontró fue que:

“1 volumen de cloro y 1 volumen de hidrógeno, en las mismas condiciones de presión y temperatura, reaccionaban para formar exactamente 2 volúmenes del producto.”

Demostrar que estos resultados son contradictorios con la teoría de Dalton.

La solución al problema generado por los datos experimentales obtenidos por Gay-Lussac se debió a Avogadro, el cual emitió la siguiente hipótesis: “Volúmenes iguales de gases cualesquiera en las mismas condiciones de presión y temperatura contienen el mismo número de partículas”.

A.26. Proponer alguna solución a las relaciones volumétricas expresadas basándose en la hipótesis de Avogadro.

A.27. (Opc). Deducir la fórmula del agua y del amoníaco a partir de las relaciones volumétricas siguientes:

“1 vol de nitrógeno y 3 vol de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol de amoníaco”.

“1 vol de oxígeno y 2 vol de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol de agua”.

Tabla de masas atómicas

Como ya se ha estudiado para determinar masas atómicas se comenzó por elegir una masa patrón y la tabla de estas masas se confeccionó a partir de los datos extraídos de experiencias en las que se podía conocer la relación entre las

masas de los elementos que formaban un compuesto y la fórmula de éste. En consecuencia, al modificar algunas de las fórmulas que habían sido utilizadas en la elaboración de la tabla de masas atómicas surge una necesaria revisión de ésta.

- A.28.** Determinar, a partir de los datos de la tabla adjunta, las masas atómicas de los elementos que aparecen en ella (tomando como unidad la masa de un átomo de hidrógeno).

Compuesto	Relación de masas	Fórmulas
Agua	1,00 : 8,00	H ₂ O
Amoníaco	4,67 : 1,00	NH ₃
Monóxido de carbono	1,00 : 1,33	CO
Dióxido de azufre	1,00 : 1,00	SO ₂
Sulfuro de cobre	1,00 : 0,49	CuS

- A. 29.** (Opc). El fósforo reacciona con el oxígeno para formar un compuesto cuya fórmula es P₄O₁₀. Si 0,248 g de P reaccionan dando 0,568 g de producto, determinar la masa atómica del fósforo, tomando como dato la del oxígeno determinado en la actividad anterior.

A partir de 1920, gracias a la construcción de un aparato que se llamó **espectrógrafo de masas**, fue posible determinar masas atómicas con gran precisión. Uno de los primeros resultados que se lograron al introducir esta técnica, fue la comprobación de que no todos los átomos de un mismo elemento tienen la misma masa, ya que existen distintos valores posibles, recibiendo el nombre de **isótopos** los átomos que, perteneciendo al mismo elemento, tienen masas diferentes. Esto condujo a considerar la masa atómica del elemento como la media ponderada de todos los isótopos de un mismo elemento.

- A.30.** El hidrógeno presenta tres isótopos que reciben nombres diferentes. Busca en la bibliografía sus nombres y su abundancia relativa.

Asimismo, otro factor que hay que considerar para la elaboración de la tabla de masa atómicas es el cambio de la unidad que se produjo en 1960, al considerar a ésta la duodécima parte de uno de los isótopos del carbono. La masa asignada a éste fue 12,0000 (¹²C).

- A.32.** El cobre natural está compuesto sólo de dos isótopos de masas atómicas 62,929 y 64,928 u (unidad de masa atómica). Sabiendo que la masa atómica del cobre es de 63,540 u, determinar la abundancia relativa de cada isótopo.

Fórmulas empíricas y su determinación experimental

El conocimiento de la fórmula de las sustancias es uno de los primeros datos que el químico necesita conocer para su posible utilización. Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac permiten, como hemos podido comprobar, determinarlas

pero únicamente para sustancias gaseosas, por lo que se hace necesario establecer algún otro procedimiento que permita averiguar las fórmulas de las que no se encuentran en ese estado.

A.33. Especifica claramente lo que significa que la fórmula del carbonato de calcio es CaCO_3 y extrae toda la información que se deduce de su conocimiento.

A.34. Deducir cual de estos dos minerales que responden a las fórmulas Cu_2S y CuSO_4 es más rico en cobre.

La elaboración de la tabla de masas atómicas permite averiguar las fórmulas de aquellas sustancias cuya composición cuantitativa es conocida.

A.35. Sabiendo las masas atómicas del hierro y del oxígeno, diseñar una experiencia que permita averiguar la fórmula de una sustancia formada por esos dos elementos. Aplicarla al caso de que se conozca que el porcentaje de hierro en la muestra es del 70%.

A.36. El ácido láctico que se forma en el cuerpo durante la actividad muscular consta del 40,00% de C, el 6,71% de H y el 53,29% de O. ¿Cuál es su fórmula más simple?

A.37. (Opc). Un compuesto orgánico está constituido por carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando se produce la combustión completa de 1,570 g del mismo, se obtienen 3,000 g de dióxido de carbono y 1,842 g de agua. Calcular su fórmula más sencilla.

A.38. Numerosos esquemas innovadores se han propuesto para reducir la dependencia del hombre de los insecticidas clorados que pueden tener graves y prolongados efectos sobre los ecosistemas. Entre estos intentos está la esterilización de los insectos y los atrayentes sexuales químicos. Un atrayente sexual aislado de un insecto común fue identificado. El análisis de esta sustancia mostró que está compuesto de 73,42% de C, 10,27% de H y 16,30% de O. Determinar la fórmula más sencilla posible de la sustancia.

Concepto de mol y el número de Avogadro

Como ya sabemos la materia está formada por partículas, por lo que la unidad de la cantidad de sustancia contenida en una muestra puede venir determinada por el número de unidades elementales presentes en la muestra. Ahora bien, dada la extraordinaria pequeñez de las partículas componentes, el número existente es enormemente elevado, lo que obliga a definir una unidad que represente una cantidad significativa y nos permita conocer las unidades existentes sin tener que acudir a contarlas. Esta unidad de cantidad de sustancia recibe el nombre de **mol** y se define como "La cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de ^{12}C ", estas entidades elementales pueden ser iones, electrones o grupos específicos de éstos, por lo que es necesario explicitarlo. Esta definición permite determinar el número de moles conociendo la composición de las partículas elementales que forman la sustancia y la masa.

A.39. ¿En cuál de estas muestras hay más cantidad de sustancia: a) 10 g de mármol (CaCO_3), b) 10 g de sosa (NaOH) y c) 10 g de cal (CaO)? Justificar la respuesta.

El número de partículas existentes en un mol fue determinado por distintos autores utilizando técnicas diversas, y tras varias modificaciones se ha aceptado que ese número corresponde a $6,023 \times 10^{23}$ y se conoce como **número de Avogadro**.

- A.40.** Calcular el número de átomos de cada clase que hay en 2 g de mármol (carbonato de calcio, CaCO_3).
- A.41.** (Opc). Las moléculas de azufre en estado sólido están formadas por ocho átomos. Calcular a) el número de moles que hay en 21,8 g, b) los gramos que hay en 0,56 moles de moléculas de azufre, c) el número de átomos contenidos en 0,001 g de azufre.
- A.42.** (Opc). Una gota de agua tiene una masa de 0,6 mg. Calcular el número de átomos presentes en la muestra. ¿Cuántos gramos de agua se necesitarán para disponer de mil millones de moléculas de agua?

Cálculo del número de moles

Como ya hemos mencionado la unidad para expresar la cantidad de sustancia contenida en una muestra es el mol. Por tanto, averiguar esta cantidad supone determinar el número de moles existentes en ella. Ya hemos visto como es posible calcularlo cuando se conoce la masa de la muestra y la molecular. Sin embargo, cuando la sustancia se presenta en forma gaseosa o en disolución no se dispone, en general, de estos datos por lo que hay que establecer otro mecanismo que nos permita calcularlo.

En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales

En las sustancias gaseosas los datos más fáciles de conocer son la presión, el volumen y la temperatura, variables éstas que junto con el número de partículas caracterizan el estado del gas. Como se ha estudiado, en otras ocasiones, existe una relación entre estas variables dada por la ecuación $PV/T = \text{cte}$, constante que depende del número de partículas **N**. El valor de la constante se ha medido por distintos métodos encontrándose el de 0,082 cuando la cantidad de sustancia existente es un mol, por lo que las unidades correspondientes son las de $\text{atm.l.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$, representándose este valor por la letra **R**, por lo que la expresión de los gases adquiere la forma $P.V = n.R.T$.

- A.43.** Calcular el volumen que ocupa un mol de cualquier gas en condiciones normales (0°C y 1 atm de presión).
- A.44.** Determinar el número de moles de oxígeno y nitrógeno que hay en una habitación vacía.
- A.45.** Un balón de vidrio vacío pesa 150,300 g. Se llena con oxígeno puro pesando, entonces, 151,050 g. Se elimina el oxígeno y se vuelve a llenar con un gas desconocido en las mismas condiciones de presión y temperatura que el oxígeno. El balón más el nuevo gas pesa ahora 152,360 g. Calcular la masa molecular del gas desconocido.
- A.46.** (Opc). Si la densidad de un gas en condiciones normales es de 3,3 g/l, ¿cuál es su masa molecular?

En disoluciones. Concepto de molaridad

Para finalizar el cálculo del número de moles vamos a estudiar el caso de que la sustancia se encuentre presente en una disolución, caso muy común en química.

- A.47.** Determinar la cantidad de sustancia contenida en un volumen determinado de una disolución.
- A.48.** Calcular el número de moles de sal común existentes en 150 ml de una disolución cuya concentración es de 2,5 g/l.

Como sabemos, la concentración puede expresarse de formas distintas. Dado que el conocimiento del número de moles es un dato muy usual en química se ha definido una forma de expresar la concentración referida a éste y que se denomina **molaridad**, definiéndose como el número de moles de la sustancia por cada litro de disolución.

- A.49.** Determinar la molaridad de la disolución de la actividad A.48.

La preparación de disoluciones de una determinada molaridad es una de las actividades más usuales con las que se enfrenta un químico. Vamos, a continuación, a tratar el problema.

- A.50.** Indicar lo que debe hacerse en el laboratorio para preparar una disolución 2 M de hidróxido de sodio (NaOH).
- A.51.** El ácido clorhídrico concentrado corresponde a una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Utiliza los datos que aparecen en la etiqueta de una de las botellas del laboratorio para calcular su molaridad.
- A.52.** Señala lo que deberá hacerse, en el laboratorio, para preparar una disolución 0,5 M de ácido clorhídrico.

A continuación presentamos la unidad didáctica con comentarios didácticos y orientaciones dirigidas al profesorado. Las actividades opcionales no son esenciales para el desarrollo del programa de actividades. Su interés didáctico reside en que favorecen la adaptación de los materiales a la diversidad del alumnado. Se pueden utilizar como actividades alternativas o, si se desean, de evaluación.

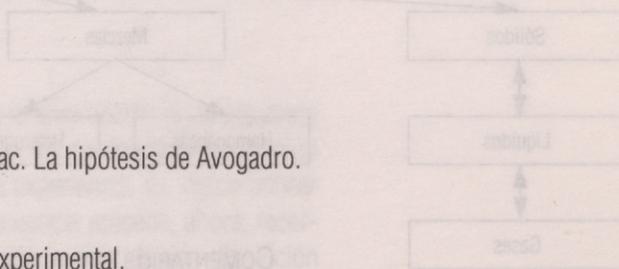
Revisión y ampliación de la teoría atómico-molecular

(Material para el profesorado)

Si bien el interés por conocer cómo es la materia y cómo tienen lugar las transformaciones químicas, parte de la época de los griegos —como sucede en muchos de los conocimientos científicos—, hasta el siglo XIX no se dispuso de un marco teórico conceptual que fuese capaz de integrar los conocimientos que se tenían para formar una teoría. Esta teoría se debió a J. Dalton que, partiendo del cuerpo de conocimientos que en los últimos años se había producido, estableció un modelo de materia que permite la caracterización de las sustancias en un nivel de descripción atómico-molecular y un concepto de cambio químico como redistribución de átomos que explicaba las leyes cuantitativas experimentales comprobadas.

El guión de los contenidos que vamos a estudiar en el tema es el siguiente:

1. Revisión de conceptos previos.
 - Elemento, compuesto y mezclas.
 - Modelo corpuscular de la materia.
 - La ley de la conservación de la masa.
2. La ley de las proporciones definidas.
3. La teoría atómico-molecular de Dalton.
4. Evolución de la teoría de Dalton.
 - Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. La hipótesis de Avogadro.
 - Tabla de masas atómicas.
 - Fórmulas empíricas y su determinación experimental.
5. El concepto de mol y el número de Avogadro.
6. Cálculo del número de moles.
 - En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales.
 - En disoluciones. Concepto de Molaridad.



Revisión de conceptos previos

La teoría atómico-molecular emitida por Dalton se confecciona a partir de un cuerpo de conocimientos que es necesario comprender. Las ideas básicas de ese cuerpo de conocimientos ya han sido estudiadas en cursos anteriores, pero conviene que hagamos una revisión que nos ayude a recordarlas. Ello nos permitirá abordar su estudio con las suficientes garantías para entender las hipótesis que emitió Dalton y su evolución posterior.

COMENTARIOS

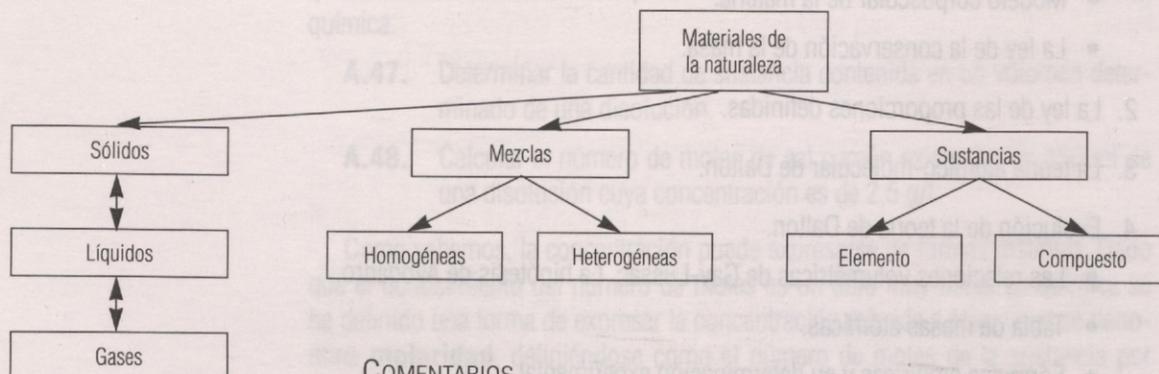
Dado que los contenidos conceptuales abordados en este punto han sido tratados en cursos anteriores, se propone tratarlos a través de actividades que sean aplicaciones de los mismos. Esto nos permitirá averiguar si los conocimientos, supuestamente aprendidos, son significativos, ya que la diferencia esencial entre éstos y los considerados repetitivos o memorísticos se diferencian en su aplicación ante situaciones nuevas.

- A.1.** Clasificar los materiales que se presentan en la naturaleza, tanto desde el punto de vista de su estado físico, como de su composición química. Proponer un mapa conceptual.

COMENTARIOS A.1.

Para responder a esta actividad los estudiantes deben recordar sus conocimientos sobre la cuestión que les planteamos. Es conveniente dejar el tiempo necesario para que respondan a la misma, ya que las respuestas emitidas nos permitirán conocer los conocimientos reales que poseen sobre el tema e incidir sobre aquellos que comprobemos que no recuerdan. La solicitud del mapa conceptual es conveniente ya que la realización del mismo es garantía de un conocimiento significativo. Es evidente que cualquier mapa conceptual donde aparezcan

los tres estados físicos en los que puede presentarse la materia, así como los conceptos de elemento, compuesto y mezcla debe ser considerado como válido. Un ejemplo de mapa conceptual podría ser el siguiente:



COMENTARIOS

Si bien la mayor parte de los textos hacen la clasificación de los materiales en mezclas y sustancias puras, nosotros hemos suprimido la palabra "puras" por considerar que es una redundancia ya que si la mezcla supone varias sustancias lo otro es una sola. Además, consideramos que el término "pura" puede llegar a ser conflictivo, ya que resulta casi imposible disponer de sustancias químicas que contengan el 100% de pureza.

Elemento, compuesto y mezcla

A continuación, nos centraremos en la clasificación desde el punto de vista químico, lo que haremos tratando de dar solución a la situación problemática que presentamos.

- A.2.** Emitir una hipótesis fundamentada sobre el líquido contenido en el recipiente que se presenta.

COMENTARIOS A.2

Para realizar esta actividad deberá prepararse previamente una disolución muy concentrada de sal en agua. Por tanto el alumnado únicamente observará un líquido que debido a su apariencia señalará, con mucha probabilidad, que se trata de agua, ya que de entre los líquidos que conoce de esas propiedades es el agua, con mucho, el más y mejor conocido. La discusión de la fundamentación de la hipótesis debe conducir a recordar que las sustancias se caracterizan por propiedades como el color, olor, sabor —ello se utilizará para incidir en el peligro que puede suponer utilizar estas propiedades cuando se desconoce la sustancia—, pero éstas únicamente pueden ser útiles como datos que conducen a fundamentar la hipótesis.

- A.3.** Planificar experiencias que permitan comprobar la validez de la hipótesis emitida.

COMENTARIOS A.3

Esta actividad permite recordar que las propiedades utilizadas para reconocer una sustancia son sus propiedades físicas, tales como los puntos de fusión y ebullición y la densidad, entre otras, y, en consecuencia, las experiencias que se planifiquen deberán dirigirse a la medida de éstas. Si se considera oportuno pueden realizarse las experiencias, por ello la disolución preparada inicialmente

debe estar muy concentrada para permitir obtener resultados que no ofrezcan dudas. En caso contrario, deberán darse resultados.

A.4. Analizar los resultados de las experiencias anteriores y extraer conclusiones respecto a la hipótesis inicialmente mencionada.

A.5. Planificar alguna experiencia que permita comprobar si el líquido del recipiente es una disolución acuosa.

COMENTARIOS A.4. Y A.5.

El análisis de los resultados de A.4 conduce a la eliminación de la hipótesis inicial y, lógicamente, a la emisión de otra. Dadas las características externas observadas, ya comentadas, y los resultados de la experiencia, es lógico pensar que el líquido es una disolución acuosa. En consecuencia procede, ahora, recordar métodos de separación. En este caso, dado que se trata de una disolución acuosa, aparecerá la evaporación como el método más adecuado.

El proceso seguido en la resolución del problema presentado en la actividad "A-2" nos ha permitido revisar el concepto de sustancia y el de mezcla. A continuación, lo haremos con el de elemento y compuesto.

A.6. El agua fue una de de las primeras sustancias consideradas como elemento. Nombra, al menos dos experiencias, que permitan comprobar que se trata de un compuesto.

COMENTARIOS A.6.

La electrólisis es el método más usual que suele mencionarse para demostrar que el agua es un compuesto; sin embargo, en la actividad se solicita al menos dos experiencias para forzar a considerar la síntesis de una sustancia como otra prueba válida. De hecho históricamente la experiencia que permitió comprobar que el agua era un compuesto fue precisamente la reacción entre el oxígeno y el hidrógeno.

Modelo corpuscular de la materia

Otro de los conceptos que estudiaste hace referencia a la estructura de la materia. A continuación, abordamos unas actividades que pueden resolverse utilizando el modelo de materia elaborado en cursos precedentes.

A.7. Recuerda el modelo de un gas y aplícalo para justificar que:

a) al apretar una jeringuilla cerrada que contiene aire se reduce el volumen hasta un límite;

b) al sacar una botella de cava de la nevera puede llegar a explotar.

A.8. Justifica cómo es posible que un charco se seque a temperaturas bastantes inferiores a 100° C.

A.9. Cuando un trozo de un metal como el hierro se calienta, su volumen aumenta. Aplica el modelo corpuscular de la materia para justificarlo.

COMENTARIOS

Con estas actividades se pretende que los alumnos y alumnas recuerden la estructura corpuscular de la materia a través de los modelos para los tres estados físicos. Por ello se han propuesto tres actividades en las que tengan que aplicarlos.

La ley de la conservación de la masa

Otro concepto estudiado en cursos anteriores ha sido el correspondiente a la relación entre las masas de los reactivos y productos en una reacción.

- A.10.** Cuando se introduce una aspirina efervescente en un recipiente que contiene agua se desprende unas burbujas. Si pesamos el conjunto (recipiente con agua y aspirina) antes de echar la aspirina y después de haber “desaparecido” ésta, ¿qué crees que pesará más? Si se hubiese tapado el recipiente inmediatamente después de echar la aspirina, ¿qué habría pasado a las masas?
- A.11.** ¿Cómo justificas que al quemar una madera las cenizas pesen mucho menos? ¿Se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.12.** Al quemar un metal como el magnesio o el hierro la masa del producto resultante es superior a la del metal. Justifica por qué. ¿No se cumple la ley de la conservación de la masa?

COMENTARIOS

En este caso se han buscado situaciones conflictivas, aparentemente contradictorias con la ley de la conservación de la masa, al intervenir en todos los casos los gases. En la primera se produce una disminución de masa de los productos, si no se tapa convenientemente el recipiente. La segunda responde a un hecho muy conocido y la A.12 corresponde a una situación que es contraria a la mayoría de las observaciones de estas características que están acostumbrados a observar. A continuación se propone un ejercicio de aplicación que permita el afianzamiento de la ley estudiada.

- A.13.** Se queman 0,81 g de magnesio recogiendo 1,34 g de cenizas. ¿Cuál es la masa de oxígeno que ha reaccionado con el magnesio?

Ley de las proporciones definidas

Otra de las leyes que resultó básica para la interpretación de la química es la que se conoce como la de las proporciones definidas.

- A.14.** Se sabe que 2,0 g de una sustancia A es capaz de reaccionar totalmente con 2,5 g de otra B formando un único compuesto.
- a) Si disponemos de 1,5 g de la primera ¿cuántos gramos de la segunda crees que reaccionarán?
- b) Si 10,0 g del compuesto se descomponen, ¿cuántos gramos de A y B podrían obtenerse?

Las respuestas a la actividad anterior han supuesto aplicar implícitamente la llamada ley de las proporciones definidas, según la cual la relación entre las masas de los elementos que forman un compuesto es siempre una cantidad constante. A continuación vamos a plantear un trabajo práctico que permita demostrar experimentalmente la validez de la ley enunciada.

- A.15.** Deseamos demostrar que el cloruro de cinc cumple la ley de las proporciones definidas. Indica cuáles serán los datos que necesitaríamos conocer para demostrarlo.
- A.16.** Indica alguna experiencia de laboratorio que permita obtener los datos.

A.17. Procede a realizar la experiencia programada, analizando los resultados obtenidos.

COMENTARIOS

Con estas tres actividades se trata de plantear un trabajo de laboratorio en el que el alumnado practique algunas de las etapas del trabajo científico. En la A.15 se pretende que aplique el cuerpo de conocimientos sobre la ley; es decir, deberá responder que los datos necesitados son las masas de cloro y de cinc que se combinan para formar el compuesto. En la A.16 es suficiente si señala que debe procederse a combinar dos sustancias que reaccionen para formar el cloruro de cinc o proceder a una descomposición de distintas muestras de este producto. La contestación más habitual, entre el alumnado, es proponer la reacción directa entre el cloro y el cinc. Si es así deben comentarse las dificultades que esta reacción presenta para realizarla en el laboratorio escolar, lo que conduce a buscar otra. Esta discusión permite justificar la propuesta de realizar la reacción entre el ácido clorhídrico y el cinc, discutiendo los aspectos técnicos que deberán seguirse hasta obtener los datos que hemos comentado como necesarios para resolver el problema.

Dado que son necesarias varias experiencias es aconsejable que cada grupo de alumnos o alumnas parta de una cantidad distinta de cinc y que el análisis de resultados se realice de forma conjunta con los obtenidos por todos los grupos. La cantidad de cinc utilizada puede fluctuar entre 0,5 g y 3,5 g, mientras que el HCl utilizado suele ser 2 M, previamente preparado.

Al realizar la experiencia es conveniente tener presente algunas consideraciones. En primer lugar, la de realizarla en vitrina, si no es posible deberá hacerse con la habitación bien aireada y con la precaución de no utilizar mucho exceso de clorhídrico; cuando se produce el cloruro de cinc no debe seguir calentándose porque se volatiliza. Es conveniente pasarlo inmediatamente a un desecador —el producto formado toma agua de la atmósfera—, si no se dispone de éste es preferible pesar rápidamente.

A continuación se proponen ejercicios que permitan afianzar la ley estudiada.

A.18. (Opc). Se hace reaccionar un elemento A con distintas cantidades de otro elemento B. Si las cantidades de las masas de combinación de estos elementos son:

	B (g)	A (g)
a)	1,25	0,60
b)	2,50	1,20
c)	1,25	0,30

¿Cuántos compuestos distintos se han formado? Justifica la respuesta.

A.19. 2,0 g de azufre reaccionan con 4,0 g de cobre para formar 6,0 g de sulfuro de cobre. Si se disponen de 3,0 g de azufre y 5,0 g de cobre, señalar cual de las soluciones siguientes corresponde a la cantidad máxima de sulfuro de cobre (II) que se podrá obtener.

- a) 6,0 g b) 6,5 g c) 7,0 g d) 7,5 g e) 8,0 g

COMENTARIOS

Las dos actividades propuestas pretenden constatar si los estudiantes han entendido el significado químico de la ley. La A.19 presenta una situación cuya respuesta requiere un análisis previo de los datos que se ofrecen y pretende oponerse a la rutina con la que suelen presentarse muchos de los ejercicios de esta parte.

La teoría atómico-molecular de Dalton

Como ya hemos mencionado, a Dalton se debe la primera teoría que permite dar una explicación de cómo se producen las transformaciones químicas partiendo de un modelo corpuscular, y que es capaz de justificar las leyes cuantitativas conocidas experimentalmente.

Dalton confecciona su teoría enunciando varias hipótesis que podíamos resumir de la forma siguiente:

1. La materia está formada por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos.
2. Los átomos son inmutables, es decir, que permanecen inalterados en todo proceso químico.
3. Los átomos de un mismo elemento químico son idénticos entre sí, pero distintos a los de cualquier otro elemento.
4. Los átomos de distintos elementos pueden unirse para formar "átomos compuestos", haciéndolo siempre en una relación de números entera y sencilla.

A.20. Aplicar las hipótesis de Dalton para explicar que:

- a) La materia no es divisible hasta el infinito.
- b) La masa en las reacciones químicas se conserva.
- c) La proporción, en masa, de los elementos que forman un compuesto es un valor constante.

Una de las ideas fundamentales de la teoría de Dalton fue la de suponer que todos los átomos de un mismo elemento tenían la misma masa y ésta es, a su vez, distinta a la de cualquier otro. Esto produjo que se abriese una línea de investigación tendente a averiguar cuáles serían las masas de los átomos de los elementos existentes.

A.21. Justifica por qué:

- a) No es posible medir directamente masas atómicas.
- b) La primera unidad de masa atómica que se definió correspondía a la masa de un átomo.

COMENTARIOS A.21.

El objetivo de esta actividad es provocar una reflexión de los estudiantes sobre los conceptos previos que son necesarios comprender para poder entender los procesos que van a conducir a la elaboración de la tabla de masas atómicas.

Una vez referida la unidad a la masa de uno de los átomos, la ley de las proporciones definidas proporcionaba la posibilidad de averiguar la masa de los

demás; pero para ello era necesario conocer la fórmula correcta de los compuestos. Esto provocó que Dalton emitiera otra hipótesis que se ha llamado **de la máxima simplicidad**, ya que señalaba que la fórmula más probable de los compuestos binarios era la que tenía la relación más sencilla entre el número de átomos que formaban la molécula, es decir, la 1 : 1.

A.22. Al descomponer agua puede comprobarse que la proporción entre las masas del hidrógeno y del oxígeno es, respectivamente, 1 : 8. Aplica las ideas de Dalton para proponer la masa atómica del oxígeno.

A.23. (Opc). Al descomponer 0,50 g de amoníaco (compuesto formado exclusivamente por nitrógeno y hidrógeno) se obtienen 0,41 g de nitrógeno. ¿Cuál será, según Dalton, la masa atómica de este elemento?

COMENTARIOS A.22 Y A.23

Antes de dejar que los estudiantes realicen estas dos actividades es conveniente explicar detenidamente la información dada previamente, por la que a partir del conocimiento de la relación entre las masas de los elementos que forman el compuesto y la fórmula considerada de éste es posible medir masas atómicas. A continuación no les debe ser difícil proponer como masas atómicas para el oxígeno y el nitrógeno las de 8 y 4,66 u respectivamente, que corresponden a las que propuso el propio Dalton.

En la resolución de estas cuestiones no es aconsejable la utilización de “reglas de tres” —método matemático utilizado en muchos textos para resolver una gran cantidad de ejercicios y problemas de química— ya que es una forma de ocultar el nivel conceptual de la cuestión. Debe realizarse utilizando las proporciones deducidas de los datos ofrecidos en los ejercicios en cuestión.

A.24. (Opc). Proponer una experiencia que permita determinar la masa atómica del hierro.

COMENTARIOS A.24

Con esta actividad se pretende comprobar si han entendido el proceso seguido en la determinación de la tabla de masas atómicas, en donde se trataba de conocer la relación entre las masas de los elementos y la fórmula de la que en principio se partía era la más sencilla posible. En este caso se trataría de que el alumnado propusiera una experiencia en donde se oxidase una masa determinada de hierro hasta obtener el óxido. Pesando éste puede deducirse la masa de oxígeno que habrá reaccionado con el hierro, dato que permitirá deducir la masa atómica del hierro ya que la del oxígeno ya era conocido.

Evolución de la teoría de Dalton

En repetidas ocasiones se ha comentado que la ciencia no puede ser algo cerrado, ya que los acontecimientos van provocando la constante evolución de las ideas que son utilizadas en un momento determinado y que experiencias posteriores obligan a modificar. Los acontecimientos históricos que sucedieron en la época de Dalton son un claro ejemplo de esto. Vamos, a continuación, a analizar los resultados alcanzados en distintas experiencias que van a obligar a modificar las hipótesis de Dalton ya mencionadas.

Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. La hipótesis de Avogadro

Gay-Lussac se dedicó a medir las relaciones volumétricas que se establecían en las reacciones químicas entre gases, logrando unos resultados que no podían ser justificados por la teoría de Dalton.

A.25. Una de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac es la producida entre el cloro y el hidrógeno para formar cloruro de hidrógeno. La relación que encontró fue que:

“1 volumen de cloro y 1 volumen de hidrógeno, en las mismas condiciones de presión y temperatura, reaccionaban para formar exactamente 2 volúmenes del producto.”

Demostrar que estos resultados son contradictorios con la teoría de Dalton.

La solución al problema generado por los datos experimentales obtenidos por Gay-Lussac, se debió a Avogadro, el cual emitió la siguiente hipótesis: “Volúmenes iguales de gases cualesquiera en las mismas condiciones de presión y temperatura contienen el mismo número de partículas”.

A.26. Proponer alguna solución a las relaciones volumétricas expresadas basándose en la hipótesis de Avogadro.

COMENTARIOS A.25 Y A.26

Para resolver la actividad es aconsejable recordar la relación entre las distintas variables que sirven para determinar el estado de un gas. Esto permitirá relacionar el volumen con el número de partículas y comprender la imposibilidad de aceptar estos resultados experimentales, utilizando las hipótesis de Dalton ya que, según estas, una partícula de cloro (Cl) y una de hidrógeno (H) deberían dar una sola de cloruro de hidrógeno (HCl). La solución permite introducir el concepto de molécula diatómica.

A.27. (Opc). Deducir la fórmula del agua y del amoníaco a partir de las relaciones volumétricas siguientes:

1 vol. de nitrógeno y 3 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol. de amoníaco.

1 vol. de oxígeno y 2 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de P y T, 2 vol. de agua.

Tabla de masas atómicas

Como ya se ha estudiado la determinación de masas atómicas se realizó a partir de los datos extraídos de experiencias, en las que se podía conocer la relación entre las masas de los elementos que formaban un compuesto y la fórmula de éste. En consecuencia, al modificar algunas de las fórmulas que habían sido utilizadas en la elaboración de la tabla de masas atómicas surge una necesaria revisión de ésta.

A.28. Determinar, a partir de los datos de la tabla adjunta, las masas atómicas de los elementos que intervienen en ella (tomando como unidad la masa de un átomo de hidrógeno).

Compuesto	Relación de masas	Fórmulas
Agua	1,00 : 8,00	H ₂ O
Amoníaco	4,67 : 1,00	NH ₃
Monóxido de carbono	1,00 : 1,33	CO
Dióxido de azufre	1,00 : 1,00	SO ₂
Sulfuro de cobre	1,00 : 0,49	CuS

A.29. (Opc). El fósforo reacciona con el oxígeno para formar un compuesto cuya fórmula es P₄O₁₀. Si 0,248 g de P reaccionan dando 0,568 g de producto, determinar la masa atómica del fósforo, tomando como dato la del oxígeno determinado en la actividad anterior.

A partir de 1920, gracias a la construcción de un aparato que se llamó **espectrógrafo de masas** fue posible determinar masas atómicas con gran precisión. Uno de los primeros resultados que se lograron al introducir esta técnica, fue la comprobación de que no todos los átomos de un mismo elemento tienen la misma masa, ya que existen distintos valores posibles, recibiendo el nombre de **isótopos** los átomos que, perteneciendo al mismo elemento, tienen masas diferentes. Esto condujo a considerar la masa atómica del elemento como la media ponderada de todos los isótopos de un mismo elemento.

A.30. El hidrógeno presenta tres isótopos que reciben nombres diferentes. Busca en la bibliografía sus nombres y su abundancia relativa.

Asimismo, otro factor que hay que considerar para la elaboración de la tabla de masas atómicas es el cambio de la unidad que se produjo en 1960, al considerar a ésta la duodécima parte de uno de los isótopos del carbono. La masa asignada fue 12,0000 (¹²C).

A.32. El cobre natural está compuesto sólo de dos isótopos de masas atómicas 62,929 y 64,928 u. Sabiendo que la masa atómica del cobre es de 63,540 u, determinar la abundancia relativa de cada isótopo.

Fórmulas empíricas y su determinación experimental

El conocimiento de la fórmula de las sustancias es uno de los primeros datos que el químico necesita conocer para su posible utilización. Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac permiten, como hemos podido comprobar, determinarlas, pero únicamente para sustancias gaseosas, por lo que se hace necesario establecer algún otro procedimiento que permita averiguar las fórmulas de las que no se encuentran en ese estado.

A.33. Especifica claramente lo que significa que la fórmula del carbonato de calcio es CaCO₃ y extrae toda la información que se deduce de su conocimiento.

COMENTARIOS A.33.

Por lo estudiado hasta ahora el alumnado debe comprender que la fórmula supone conocer la relación entre los átomos que constituyen la molécula del com-

puesto y como también conocen la masa atómica, la relación puede también establecerse en masa, lo que permite determinar el porcentaje de cada uno de los elementos presentes en el compuesto. Esto será muy útil para la realización de ejercicios numéricos. En el caso del carbonato de calcio, al ser la masa molecular 100, es fácil deducir el porcentaje de oxígeno (48%), carbono (12%) y calcio (40%).

- A.34.** Deducir cuál de estos dos minerales que responden a las fórmulas Cu_2S y CuSO_4 es más rico en cobre.

La elaboración de la tabla de masas atómicas permite averiguar las fórmulas de aquellas sustancias cuya composición cuantitativa es conocida.

- A.35.** Sabiendo las masas atómicas del hierro y del oxígeno, diseñar una experiencia que permita averiguar la fórmula de una sustancia formada por esos dos elementos. Aplicarla al caso de que se conozca que el porcentaje de hierro en la muestra es del 70%.

COMENTARIOS A.35

Partiendo de que una fórmula es la relación entera más sencilla existente entre los átomos que forman la molécula, es fácil entender los pasos que deberán realizarse para alcanzarla. Estos consistirán en convertir la relación entre masas en relación entre número de átomos dividiendo el dato por la masa atómica de cada uno de los elementos. A continuación debe buscarse una misma relación matemática que contenga todos los números enteros y que éstos, a su vez, sean los menores posibles, por lo que procede dividir por el menor y, en caso de que no fuesen ya enteros, multiplicar todos ellos por el mismo número hasta lograrlo.

- A.36.** El ácido láctico que se forma en el cuerpo durante la actividad muscular consta del 40,00% de C, el 6,71% de H y el 53,29% de O. ¿Cuál es su fórmula más simple?

- A.37.** Un compuesto orgánico está constituido por carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando se produce la combustión completa de 1,570 g del mismo se obtienen 3,000 g de dióxido de carbono y 1,842 g de agua. Calcular su fórmula más sencilla.

- A.38.** Numerosos trabajos innovadores se han propuesto para reducir la dependencia del hombre de los insecticidas clorados que pueden tener graves y prolongados efectos sobre los ecosistemas. Entre estos intentos está la esterilización de los insectos y los atrayentes sexuales químicos. Un atrayente sexual aislado de un insecto común fue identificado. El análisis de esta sustancia mostró que está compuesto de 73,42% de C, 10,27% de H y 16,30% de O. Determinar la fórmula más sencilla posible de la sustancia.

Concepto de mol y el número de Avogadro

Como ya sabemos, la materia está formada por partículas, por lo que la unidad de la cantidad de sustancia contenida en una muestra puede venir determinada por el número de unidades elementales presentes en la muestra. Ahora bien, dada la extraordinaria pequeñez de las partículas componentes, el número existente es enormemente elevado, lo que obliga a definir una unidad que represente una cantidad significativa que nos permita conocer las unidades existentes sin tener que acudir a contarlas. Esta unidad de cantidad de sustancia recibe el nom-

bre de **mol** y se define como **La cantidad de sustancia que contiene tantas unidades elementales como átomos hay en 0,012 Kg de ^{12}C** . Esta definición permite determinar el número de moles conociendo la composición de las partículas elementales que forman la sustancia y la masa.

- A.39.** ¿En cuál de estas muestras hay más cantidad de sustancia: a) 10 g de mármol (CaCO_3), b) 10 g de sosa (NaOH) y c) 10 g de cal (CaO)? Justificar la respuesta.

COMENTARIOS A.39

El aspecto más importante de esta actividad es que el alumnado comprenda que el mol es la unidad de cantidad de sustancia y salir al paso de errores que aparecen en algunos libros de texto que lo definen como un número, o en otros en los que la cantidad de materia la relacionan con otras magnitudes, especialmente la masa. Esta actividad presenta otro aspecto que la experiencia nos dice que debemos incidir y es el hecho de utilizar correctamente la masa molecular en los elementos que como el hidrógeno y el oxígeno son diatómicos.

El número de partículas existentes en un mol fue determinado por distintos autores utilizando técnicas diversas y tras varias modificaciones se ha aceptado que ese número corresponde a $6,023 \times 10^{23}$ y se conoce como número de Avogadro.

- A.40.** Calcular el número de átomos de cada clase que hay en 2 g de mármol (carbonato de calcio, CaCO_3).
- A.41.** (Opc). Las moléculas de azufre en estado sólido están formadas por ocho átomos. Calcular a) el número de moles que hay en 21,8 g, b) los gramos que hay en 0,56 moles de moléculas de azufre, c) el número de átomos contenidos en 0,001 g de azufre.
- A.42.** (Opc). Una gota de agua tiene una masa de 0,6 mg. Calcular el número de átomos presentes en la muestra. ¿Cuántos gramos de agua se necesitarán para disponer de mil millones de moléculas de agua?

Cálculo del número de moles

Como ya hemos mencionado, la unidad para expresar la cantidad de sustancia contenida en una muestra es el mol, por tanto, averiguar esta cantidad supone determinar el número de moles existentes en ella. Ya hemos visto cómo es posible calcularlo cuando se conoce la masa de la muestra y la molecular. Sin embargo, cuando la sustancia se presenta en forma gaseosa o en disolución no se dispone, en general, de estos datos por lo que hay que establecer otro mecanismo que nos permita calcularlo.

En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales

En las sustancias gaseosas los datos más fáciles de medir corresponden a la presión, al volumen y a la temperatura, variables que junto con el número de partículas caracterizan el estado del gas. Como ya se ha estudiado estas variables están relacionadas por la ecuación $P \cdot V / T = \text{cte}$, constante que depende del número de partículas N . El valor de esta constante se ha averiguado por distintos métodos obteniéndose el valor de 0,082 cuando la cantidad de sustancia existente es de un mol, por lo que las unidades correspondientes a dicha cantidad son $\text{atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- A.43.** Calcular el volumen que ocupa un mol de cualquier gas en condiciones normales (0°C y 1 atm de presión).
- A.44.** Determinar el número de moles de oxígeno y nitrógeno que hay en una habitación vacía.

COMENTARIOS

El enunciado de esta actividad corresponde a un problema abierto en el que los datos no constituyen un "a priori", sino que deben ser solicitados por los estudiantes una vez analizado éste. De esta forma, su resolución constituye una pequeña investigación al tener que comenzar planteándose el problema y emitir una hipótesis. En este caso, el planteamiento del problema supone partir de la base de que en la habitación vacía hay aire, mezcla gaseosa formada principalmente por oxígeno y nitrógeno. El conocimiento sobre los gases permite señalar, a nivel de hipótesis, que el número de moles dependerá del volumen y de las condiciones de presión y temperatura. La estrategia de resolución consistirá en utilizar la ecuación de los gases. La aplicación de ésta permite determinar el número total de moles presentes. La composición del aire de la habitación permitirá averiguar el número que corresponde al oxígeno y al nitrógeno.

- A.45.** Un balón de vidrio vacío pesa 150,30 g. Se llena con oxígeno puro pesando, entonces, 151,05 g. Se elimina el oxígeno y se vuelve a llenar con un gas desconocido, en las mismas condiciones de presión y temperatura que el oxígeno. El balón más el nuevo gas pesa ahora 152,36 g. Calcular la masa molecular del gas desconocido.
- A.46.** (Opc). Si la densidad de un gas en c.n. es de 3,3 g/l, ¿cuál es su masa molecular?

Para finalizar el cálculo del número de moles vamos a estudiar el caso de que la sustancia se encuentre presente en una disolución, caso muy común en química.

- A.47.** Determinar la cantidad de sustancia contenida en un volumen determinado de una disolución.

COMENTARIO A.47

El enunciado abierto permite reflexionar sobre los factores que influyen en la cantidad de soluto contenida en una disolución. En consecuencia, los datos necesarios para determinar el número de moles serán el volumen y la concentración. A continuación se propone una actividad de aplicación y que, además, sirve para justificar la introducción del concepto de molaridad.

- A.48.** Calcular el número de moles de sal común existentes en 150 ml de una disolución cuya concentración es de 2,5 g/l.

Como sabemos, la concentración puede expresarse de formas distintas. Dado que el conocimiento del número de moles es un dato muy usual en química se ha definido una forma de expresar la concentración referida a éste y que se denomina **molaridad**, definiéndose como el número de moles de la sustancia por cada litro de disolución.

- A.49.** Determinar la molaridad de la disolución de la actividad A.48.

La preparación de disoluciones de una determinada molaridad es una de las actividades más usuales con las que se enfrenta un químico. Vamos, a continuación, a tratar el problema.

A.50. Indicar lo que debe hacerse en el laboratorio para preparar una disolución 2 M de hidróxido de sodio (NaOH).

A.51. El ácido clorhídrico concentrado corresponde a una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Utiliza los datos que aparecen en la etiqueta de una de las botellas del laboratorio para calcular su molaridad.

A.52. Señala lo que deberá hacerse, en el laboratorio, para preparar una disolución 0,5 M de ácido clorhídrico.

COMENTARIOS

Es conveniente que los estudiantes se ejerciten en este tipo de actividades prácticas. Cuando las realizan, por primera vez, surgen cuestiones técnicas que deben ser aclaradas, informándoles de cómo debe procederse. La preparación de disoluciones de ácidos, a partir del concentrado, suele resultar complicada por la dificultad que encuentran en determinar la molaridad de la disolución de partida.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

A.53. Haced una síntesis del tema a partir de las actividades.

A.54. Enunciar los aspectos de la metodología científica que se han practicado en este tema, especificando las actividades correspondientes.

A.55. Definir los conceptos siguientes aparecidos en el tema: elemento, compuesto, mezcla, disolución, sustancia, análisis y síntesis.

A.56. Uno de los científicos que aportó ideas esenciales para el desarrollo de la química estudiada en este tema fue Lavoisier. ¿Sabes como murió? Comenta las razones de esa muerte situándola en el lugar y época de los hechos.

COMENTARIOS:

Las actividades complementarias propuestas tienen todas carácter optativo y pretenden, esencialmente, dar una visión más de conjunto sobre los contenidos estudiados.

Para finalizar el tema comentar la posibilidad de que, como recurso de apoyo, puede utilizarse la visión de algunos vídeos didácticos existentes en el mercado, siendo especialmente interesantes aquellos que tratan del modelo de la materia.

Tal como ya se ha comentado, la evaluación es uno de los procesos dentro del contexto de la enseñanza que más influye en ella condicionándola. El modelo que se elija exige una coherencia con la metodología y los objetivos programados.

En consecuencia, hay que programar actividades de evaluación que fomenten el aprendizaje significativo. Esto debe realizarse a lo largo del desarrollo del tema.

Evaluación

En la evaluación de este tema pueden proponerse las pruebas siguientes:

- Una al finalizar la primera parte correspondiente a la revisión de los conceptos estudiados.
- Otra que permita comprobar el dominio de las leyes ponderales tratadas, hipótesis de Avogadro y concepto de mol.
- Un ejercicio que permita constatar el dominio sobre los procesos que deben seguirse, en el laboratorio, para preparar disoluciones de concentraciones determinadas.
- Al final del tema, una prueba globalizadora sobre conceptos ya evaluados y algún ejercicio sobre la determinación de masas atómicas y fórmulas empíricas.
- Además, debe solicitarse una memoria sobre la práctica realizada en la que se valoren: la claridad en el planteamiento del problema, la referencia al marco teórico del que se parte, la exposición del diseño experimental, el comentario sobre la fase práctica realizada, la interpretación y comentario de los resultados extraídos.

A continuación exponemos alguna ejemplificación sobre las pruebas mencionadas.

Prueba al finalizar la revisión de conceptos:

1. Al presionar el émbolo de una jeringuilla llega un momento en que no se puede apretar más. Justifica a qué se debe y propón algún método para conseguir desplazar más el émbolo ejerciendo la misma fuerza.
2. Emite una hipótesis sobre los factores de los que depende la evaporación. Explica el fundamento teórico en el que te has basado.
3. Comenta las siguientes frases:
 - a) Si al calentar una sustancia aumenta su masa, se trata de un elemento.
 - b) Si al calentar una sustancia disminuye su masa, se trata de un compuesto.
4. Señala la opción que te parece la correcta, justificando la elección.
“¿Cuál de estas fórmulas crees que corresponde al aire?
a) NO; b) N₂O; c) NO₂; d) Ninguna de ellas.

El objetivo de la primera actividad es comprobar si el estudiante es capaz de utilizar la ley de Boyle para explicar un hecho que le resulta conocido y la ley de Gay-Lussac para proponer diseños experimentales.

La segunda cuestión busca que el estudiante compruebe el poder de predicción del modelo cinético de la materia. Esta cuestión sólo puede proponerse si en el desarrollo del tema se ha comentado la existencia de velocidades diferentes para las partículas.

El ejercicio tercero pretende comprobar que el estudiante ha asimilado el concepto de elemento. Las dos cuestiones se han planteado para que en la primera se comente la posibilidad de que pueda ser verdadera o falsa; mientras que la segunda puede asegurarse que siempre será correcta.

Los estudiantes conocen que el aire está formado por oxígeno y nitrógeno, lo que conduce a muchos a asignarle una fórmula, demostrando, con ello, que no han comprendido el significado del concepto de mezcla. El objetivo de esta actividad es, precisamente, comprobar si esto ya no sucede; en caso contrario debería reincidir sobre el tema.

La prueba correspondiente al dominio sobre las leyes ponderales y las hipótesis de Avogadro podría constar de las actividades siguientes:

1. 10,0 g de una sustancia A reaccionan con 3,2 g de otra sustancia B, para dar un único compuesto C. Se mezclan 18,3 g de A con 9,5 g de B. ¿Cuántos gramos de C se obtienen?
2. Se mezclan 20 ml de gas monóxido de nitrógeno con 30 ml de oxígeno, medidos a la misma temperatura y presión. Se comprueba que reacciona todo el monóxido de nitrógeno, sobrando 20 ml de oxígeno y se forman 20 ml de un nuevo gas. Deduce cuál puede ser la fórmula de este gas.

El objetivo del primero es incidir en el concepto de la ley de las proporciones definidas como procedimiento que permite demostrar que se trata del mismo producto y, por tanto, insistir en el hecho real de que cuando se prepara algún compuesto, a partir de una reacción, las sustancias reaccionantes no suelen estar en la proporción exacta, por lo que el resultado global será una mezcla formada por el producto obtenido y la sustancia sobrante.

En la prueba final es aconsejable proponer algún problema abierto, coherente con los objetivos conceptuales y procedimentales expuestos; además de otras actividades relacionadas con los contenidos estudiados. Un posible ejercicio de evaluación final podría ser el siguiente:

1. Calcular donde hay más cantidad de átomos en:
 - a) 1 litro de oxígeno medido en condiciones normales.
 - b) 1 ml de metanol de densidad 0,79 g/ml.
2. Uno de los métodos iniciales para determinar la masa molecular de las proteínas se basaba en el análisis químico. Se halló que la hemoglobina contenía 0,335% de hierro. Si la molécula de hemoglobina tiene un sólo átomo de hierro. ¿Cuál es la masa molecular de la hemoglobina?
3. Calcular la cantidad (número de moles) que queda en una botella "de butano" que está en una estufa, cuando ésta se apaga.

Bibliografía

- CALATAYUD, L.; HERNÁNDEZ, J.; SOLBES, J., y VILCHES, A. (1991). *Química COU*. Valencia: Nau Llibres.
- CAMAÑO, A.; OBACH, D., y SERVENT, A. (1985). *Química COU*. Teide: Barcelona: Teide.
- CALATAYUD, L., et al. (1988). *La construcción de las ciencias Físico-Químicas*. Valencia: Nau Llibres.

Bibliografía comentada

Didáctica Física y Química

GIL, D., et al. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori/ICE.

Libro que trata brevemente los problemas básicos de la didáctica de las ciencias: qué debe saber el profesor de ciencias, las prácticas de laboratorio, la resolución de los problemas, el aprendizaje de conceptos, las relaciones de las ciencias y el medio, la evaluación, el diseño de un currículo, etc.

HIERREZUELO, J., y MONTERO, A. (1989). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia/M. E. C.

DRIVER, R.; GUESNE, E., y TIBERGUIEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/M. E. C.

Ambos textos presentan las preconcepciones o ideas previas de los alumnos y las alumnas en una serie de dominios: las fuerzas y movimientos, el calor y la temperatura, los circuitos eléctricos, la luz, la constitución de la materia, las transformaciones químicas, etc.

GIL, D., y MARTÍNEZ, J. (1987). *La resolución de problemas de física. Una didáctica alternativa*. Barcelona: Vicens Vives/M. E. C.

Una carpeta que contiene una propuesta de resolución de problemas de lápiz y papel como pequeñas investigaciones, aplicando las técnicas propias del trabajo científico: análisis cualitativo de la situación, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución, análisis de resultados, etc.

PORLAN, R.; GARCÍA, J. E., y CAÑAL, P. (comp.) (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada.

Se trata de una compilación de artículos que presenta las aportaciones más recientes de la investigación educativa. Resaltan que la construcción del conocimiento por los alumnos (conocimiento escolar) y por los profe-

sores (conocimiento profesional) es uno de los principios básicos en que ha de asentarse un modelo alternativo para la enseñanza de las ciencias.

POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Aprendizaje Visor.

Libro basado en la tesis doctoral del autor y que contiene elementos de psicología del aprendizaje de gran interés para el profesorado de ciencias, dada la poca formación que sobre el tema disponemos. El libro trata, entre otros aspectos, sobre el aprendizaje de los conocimientos científicos y estrategias posibles para lograr una enseñanza dirigida al cambio conceptual.

APPLE, M. W. (1986). *Ideología y curriculum*. Madrid: Akal.

Libro que critica la supuesta neutralidad de la educación y del currículo, al mostrar que no son fruto de un mejor conocimiento sobre la educación, sino que responden a motivaciones sociopolíticas asumidas, a menudo de forma inconsciente, por los propios planificadores. De particular interés para la enseñanza de las ciencias el capítulo 5.

SOLBES, J., y VILCHES, A. (1989). "Interacciones ciencia/técnica/sociedad (CTS): un instrumento de cambio actitudinal". *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), págs. 14-20.

Este artículo muestra el papel que pueden jugar las interacciones CTS, la historia de la ciencia, etc., en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, pone de manifiesto cómo estos aspectos se hallan ausentes en los libros de texto actualmente vigentes. En dicha revista, cuya publicación se inició en 1983, aparecen múltiples trabajos sobre la didáctica de las ciencias.

Historia de la ciencia e interacciones

BERNAL, J. D. (1976). *Historia social de la ciencia*, vols. 1 y 2. Barcelona: Península.

Un texto clásico sobre las interacciones CTS a lo largo de la historia, que muestra cómo los descubrimientos científicos y técnicos están condicionados por la realidad social y, a su vez, actúan sobre ella.

ZIMAN, J. (1980). *La fuerza del conocimiento*. Madrid: Alianza.

Presenta la evolución de la ciencia como profesión, la génesis de la gran ciencia, la economía de la investigación y el desarrollo, las conexiones entre guerra y ciencia, la política científica, la responsabilidad moral del científico, etc.

MASON, S. F. (1986). *Historia de las ciencias*. Madrid: Alianza.

Reconstruye la evolución de las ciencias desde sus precedentes hasta su maduración a principios del siglo xx, prestando atención tanto a la coherencia de su desarrollo interno como a algunas de sus interrelaciones con la sociedad.

Libros de actividades para el alumno

CALATAYUD, M. L., *et al.* (1988). *La construcción de las ciencias físico-químicas, Programas-guía de trabajo y comentarios para el profesor*. Valencia: NAU.

CALATAYUD, M. L., *et al.* (1990). *La construcción de las ciencias físico-químicas, Programas-guía de trabajo para el alumno*. Valencia: NAU.

El libro del alumno ofrece materiales destinados a favorecer un trabajo colectivo de equipos de estudiantes, una actividad investigadora —contando con la ayuda/dirección del profesor— a través de la cual los propios estudiantes vayan construyendo los conocimientos que los textos habituales proporcionan elaborados. El libro del profesor ofrece las bases teóricas que fundamentan los materiales y comentarios que describen los resultados previsibles de las actividades propuestas, justifican el hilo conductor, etc.

HIERREZUELO, J., *et al.* (1988). *Aprendizaje en Física y Química*. Vélez-Málaga: Elzevir.

HIERREZUELO, J., *et al.* (1989). *Aprendizaje en Física y Química. Comentarios*. Vélez-Málaga: Elzevir.

El primer libro son materiales pensados para que los alumnos trabajen en pequeños grupos dentro de la clase, explicando los fenómenos que se estudian, contrastando opiniones, etc. En los comentarios presentan algunas consideraciones sobre la enseñanza de la materia y se comentan las actividades del libro del alumno indicando la manera de abordarlas, etc.

GRUP RECERCA FARADAY (1988). *Física Faraday*. Barcelona: Teide.

Se trata de un libro de actividades para el alumno. Es otra propuesta para el aprendizaje activo de la física, tanto en el aula como en el laboratorio. Tienen particular interés las actividades de tipo histórico.

Textos

HOLTON, G. (1976). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.

Un texto clásico que realiza un uso completo y eficaz de la historia y la filosofía de la ciencia para introducir los conceptos de física y química, sin aparato matemático. Trata de los orígenes de la cosmología científica, el estudio del movimiento, las leyes de Newton y su sistema del mundo, sobre la estructura y el método de la ciencias, las leyes de conservación, orígenes de la teoría atómica, luz y electromagnetismo y el átomo y el universo en la física moderna.

GIANCOLI, D. C. (1985). *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté.

Un texto que da una visión completa de los conceptos básicos de física y con una amplia gama de ejemplos que muestra las múltiples aplicaciones de la física en la vida cotidiana y diversos campos (medicina, arquitectura, tecnología, medio ambiente, etc.). En él se utiliza el álgebra y la trigonometría elemental, pero no el cálculo infinitesimal.

GILLESPIE, R. J. (1990). *Química*. Barcelona: Reverté.

Éste es uno de los últimos libros publicados de química destinados a los primeros cursos de la Universidad, que muestra una nueva concepción del currículo norteamericano. Ofrece una secuenciación aparentemente desordenada, sin un hilo conductor claro, al encontrarse temas de descriptiva entre los considerados clásicos (equilibrios, electroquímica, etc.). Por su contenido es más adecuado para el curso próximo, pero el tratamiento que hace de los temas y la información actualizada que proporciona le hace interesante también en el curso presente.

DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección General
de PROGRAMAS EXPERIMENTALES