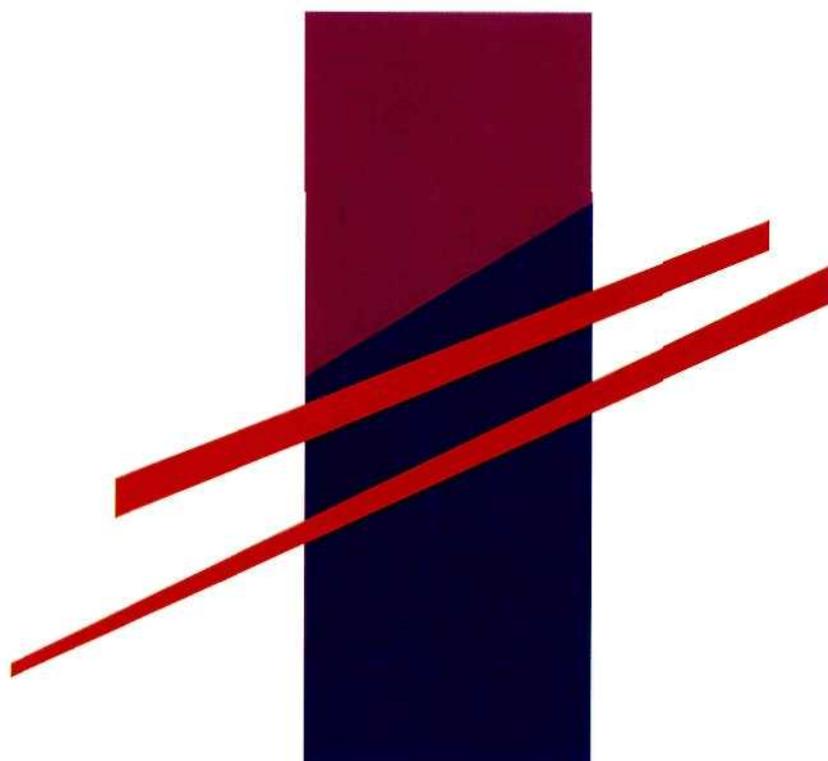


Materiales Didácticos

Química

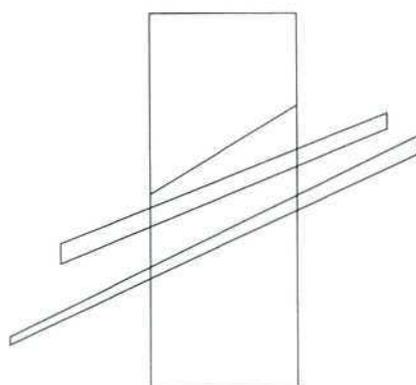


BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Ciencia

Materiales Didácticos



Ciencias de la Naturaleza y de la Salud

Química

Autor:

Miguel Ángel Gómez Crespo

Coordinación:

M.^a Jesús Martín-Díaz
del Servicio de Innovación



Coordinación de la edición:
CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR
DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES

- *Coordinación de la edición:* Ana Francisca Aguilar Sánchez
- *Maquetación y supervisión de pruebas:* Pedro Sauras Jaime



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría de Estado de Educación

Edita: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica

N. I. P. O.: 176-95-114-2

I. S. B. N.: 84-369-2670-6

Depósito legal: M. 25.035-1995

Imprime: Imprenta Fareso, S. A.

Paseo de la Dirección, 5 - 28039 Madrid

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar a los profesores que, a partir de octubre de 1993, impartirán las nuevas enseñanzas de Bachillerato en los centros que han anticipado su implantación. Pretenden facilitarles el desarrollo de las materias de segundo curso, algunas de las cuales continúan las de primer 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 el haber anticipado desde 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.

El Ministerio valora muy positivamente el trabajo de los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Innovación, de la Subdirección General de Programas Experimentales, y han sido elaborados en estrecha conexión con los asesores de este Servicio. 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 perfeccionar estos materiales y para elaborar otros.

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 seguir realizando 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.

El Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta asignatura que aparece reproducida al término del presente volumen.

Índice

	<i>Páginas</i>
I. INTRODUCCIÓN	7
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN	9
Orientaciones generales	9
Orientaciones específicas	11
¿Es difícil la química?.....	11
¿Cómo enseñar la Química de 2º de Bachillerato?	13
¿Qué actividades pueden utilizarse?	14
Orientaciones para la evaluación.....	17
¿Qué evaluar?	18
¿Cuándo evaluar?.....	18
¿Cómo evaluar?.....	18
III. PROGRAMACIÓN.....	21
Posible organización y secuencia de los contenidos	22
Desarrollo de una programación	25
Organización de los contenidos	25
Organización de las unidades didácticas	26
Desarrollo de las unidades didácticas	27
IV. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA: SISTEMAS EN EQUILIBRIO	47
Ideas previas y dificultades de los alumnos	47
Objetivos didácticos	50
Estructura y organización de la Unidad	50
Estructura de la Unidad	50
Justificaciones didácticas.....	51
Organización y materiales	51
El trabajo del profesor y del alumno	52
Desarrollo y secuencia de los contenidos	52
Materiales didácticos	61

Actividades para el alumno.....	61
Materiales complementarios.....	68
Experiencias.....	70
Videos didácticos y programas de E. A. O.	72
Sugerencias para la evaluación	73
V. BIBLIOGRAFÍA	77
Bibliografía citada.....	77
Bibliografía comentada	77
VI. ANEXO: CURRÍCULO OFICIAL	81

Introducción

Tal como se cita en el Real Decreto que establece el currículo oficial (*véase Anexo*):

«La química contribuye al objetivo general de las ciencias de la naturaleza: la comprensión de ésta. Dentro de esta búsqueda, la química se ha centrado en el estudio de la constitución y estructura de la materia, y en el de sus transformaciones».

Dentro de su campo particular de estudio, la química ocupa un lugar muy importante en el desarrollo de los avances científicos y tecnológicos que tienen lugar en la actualidad, en ámbitos tan diversos y aparentemente tan diferentes como puedan ser la astronomía y las investigaciones biomédicas. Por otra parte, la química está continuamente presente, aunque no siempre seamos conscientes de ello, en un ámbito más modesto, pero no por ello menos importante: nuestra vida cotidiana. Todo lo que nos rodea tiene que ver de una forma u otra con esta ciencia, desde, por ejemplo, los sofisticados pegamentos que permiten reparar toda clase de objetos hasta, por qué no, la elaboración de una simple salsa mahonesa. Todo ello hace de la química una ciencia necesaria, importante en nuestra vida e imprescindible para la comprensión del mundo que nos rodea.

Lo señalado anteriormente y otras muchas razones justifican la inclusión de la química en el currículo de la Enseñanza Secundaria. Desde el primer ciclo de la E. S. O. (Educación Secundaria Obligatoria), en que la química aparece integrada dentro del área de Ciencias Naturales, hasta el último curso de Bachillerato, en que aparece como una asignatura única, pasando por el primer curso en que va unida a la Física, esta ciencia está presente en el currículo, al principio como obligatoria y al final con distintos grados de optatividad. En todos los casos cumple un doble papel, por un lado prepara para la adquisición de nuevos conocimientos —unas veces dentro de la misma disciplina, otras en disciplinas relacionadas con ella: Biología, Física, Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, etc.—, por otro le proporciona al alumno un bagaje cultural necesario para comprender y juzgar de forma crítica el mundo que le rodea.

En estos materiales se presenta la Química de 2.º de Bachillerato. Como en cualquier otra asignatura del currículo, tanto su enseñanza como su aprendizaje van a estar influidos por una serie de factores: unos generales, como los que afectan a las demás disciplinas, y otros más específicos, propios de la química. En estos materiales, se presentan en primer lugar (capítulo II) unas breves reflexiones sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje, considerado en sus aspectos más generales, seguidas de otras más específicas sobre la enseñanza y aprendizaje de la química. En segundo lugar (capítulo III), se presenta una posible organización de los contenidos que, para la Química de 2.º de Bachillerato, establece el currículo oficial (*véase Anexo*), con sus correspondientes orientaciones y propuestas de actividades. Y, por último (capítulo IV), se desarrolla una de las unidades didácticas propuestas en el capítulo III.

Orientaciones didácticas y para la evaluación

Orientaciones generales

En las últimas décadas se han publicado numerosos trabajos sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje, analizando de forma tanto teórica como práctica los distintos factores que sobre él influyen y los resultados que se obtienen. Todo ello ha puesto de manifiesto las diversas deficiencias de este proceso y propiciado la aparición, con mayor o menor éxito, de nuevos modelos de enseñanza.

En general, se ha observado que los alumnos no son capaces de utilizar los conocimientos «adquiridos» para explicar los fenómenos de la vida cotidiana o aplicarlos a situaciones o contextos diferentes del escolar. En definitiva, no se cumple el objetivo final de todo proceso de enseñanza-aprendizaje: producir aprendizaje y que éste sea significativo. El conseguir este tipo de aprendizaje implica un proceso en el que el alumno no se limite a memorizar los conceptos, sino que los integre dentro de su sistema cognitivo, relacionándolos con todo aquello que ya conoce. Pero, para alcanzar estos objetivos en el aprendizaje, los profesores debemos de actuar y tomar decisiones sobre el proceso de enseñanza, creando las condiciones adecuadas para ello.

Los diferentes trabajos sobre teoría curricular nos muestran que el proceso de enseñanza-aprendizaje viene afectado por cuatro factores: qué enseñar, a quién se enseña, cómo se enseña y cuándo se enseña. Según cómo actuemos sobre ellos crearemos o no las condiciones necesarias para facilitar dicho proceso. Los dos primeros factores están afectados por la estructura de la asignatura y por las características de nuestros alumnos. Son factores sobre los que podemos actuar poco, pero que van a condicionar las decisiones que tomemos en los dos últimos: el cómo y el cuándo.

El primer factor que hay que tener en cuenta, *qué enseñar*, comprende los contenidos del currículo (véase *Anexo*, en el que se recoge el currículo oficial para la Química de 2.º de Bachillerato) y viene establecido por el Real Decreto 1179/1992 de 2 de Octubre de 1992 (B. O. E. de 21 de Octubre de 1992). Los contenidos que están fijados, sin embargo, pueden dar lugar a distintos tipos de programaciones de la asignatura, con diferentes secuencias y orientaciones. Estos contenidos permiten —a partir de los conceptos, leyes y principios básicos de la química— actuar sobre sus distintas aplicaciones, desarrollando diferentes tipos de actividades, según los objetivos que nos marquemos, y dando más o menos peso a cada uno de los tres factores de la interacción ciencia/técnica/sociedad.

El segundo factor, a *quién enseñar*, se refiere al elemento más importante, los estudiantes, las personas que mediante la enseñanza realizan el proceso de aprendizaje. Las características psicológicas de los alumnos condicionan todo aquello que ocurre en el aula, por ello debemos ser conscientes de su nivel de desarrollo afectivo y cognitivo (a esta edad se supone que se ha alcanzado, o se está en condiciones de alcanzar, el pensamiento formal), y de la forma en que se produce el aprendizaje. Todo ello va a condicionar las decisiones que tengamos que tomar los profesores sobre el cómo y cuándo enseñar.

En los últimos años, basado en las aportaciones de la psicología, se ha desarrollado un modelo de aprendizaje en el que se considera que los alumnos construyen sus conocimientos a partir de

aquello que ya saben. El alumno tiene una serie de nociones y conocimientos, correctos o incorrectos, que activa en cada situación de aprendizaje y con los que trata de conectar los nuevos conceptos que se le proponen. Sólo cuando estos nuevos conceptos se integren en la estructura cognitiva del sujeto, estableciendo las conexiones con aquello que ya sabía y, por tanto, se puedan aplicar en la interpretación de problemas o en nuevas situaciones de aprendizaje, podremos hablar de aprendizaje significativo.

Como vemos, este modelo sobre el aprendizaje asigna gran importancia a las ideas que tienen los alumnos antes de comenzar el proceso de enseñanza y aprendizaje, las llamadas ideas o conocimientos previos.¹ En esta línea, son muchos los autores que consideran que la enseñanza de la ciencia debe partir de estas ideas para poder modificarlas o reorganizarlas. Por ello, en los últimos tiempos gran parte de la investigación sobre didáctica de las ciencias ha estado dedicada a estudiar las ideas previas de los alumnos sobre las diversas materias que conforman el currículo.

Estas ideas previas de los alumnos difieren de unas áreas a otras del currículo, no sólo en sus contenidos, sino también en su naturaleza (conceptuales o procedimentales, generales o específicas, descriptivas o explicativas, etc.). Sin embargo, generalizando, pueden encontrarse algunas características comunes entre todas ellas, que a grandes rasgos pueden describirse como sigue (Pozo *et al*, 1991):

- Son construcciones personales de los alumnos elaboradas de forma espontánea en su interacción cotidiana con el mundo que les rodea. Muchas de ellas son previas a la instrucción y tienen su dominio de aplicación en el entorno cotidiano del alumno.
- Son incoherentes desde el punto de vista científico, aunque no tienen por qué serlo desde el punto de vista del alumno. Suelen ser bastante predictivas con respecto a los fenómenos cotidianos, aunque no sean científicamente correctas.
- Resultan bastante estables y resistentes al cambio, persisten a pesar de la instrucción científica. Se han identificado en adultos, incluso en universitarios, dentro de su área de especialidad.
- Son compartidas por personas de muy diversas características (edad, país, formación, etc.). En realidad, existen unas pocas tipologías en las que pueden clasificarse las concepciones alternativas de un área dada. En ocasiones se repiten las mismas concepciones que fueron surgiendo a lo largo de la historia de la ciencia.
- Tienen un carácter implícito frente al carácter explícito de las ideas científicas. La mayoría de las veces se descubren implícitas en las actividades o predicciones de los alumnos.
- Buscan la utilidad más que la verdad, como supuestamente harían las teorías científicas. Son específicas, se refieren a realidades próximas y concretas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se le explican en clase.

Si entendemos, aunque sea en parte, el aprendizaje escolar como un proceso basado en el cambio y evolución de las ideas previas de los alumnos, es necesario tener en cuenta cómo se han formado dichas ideas. Según su origen pueden clasificarse en tres grandes grupos (Pozo *et al*, 1991):

- Concepciones espontáneas. Se forman en el intento de dar significado a las actividades cotidianas.
- Concepciones inducidas. Su origen está en el entorno social y escolar que rodea al alumno, al que transmite múltiples informaciones sobre numerosos hechos y fenómenos.

1. En la bibliografía han recibido diversos nombres (con significados distintos según los casos): preconceptos, concepciones alternativas, concepciones erróneas, etc.

- Concepciones analógicas. En algunas áreas de conocimiento el alumno carece de concepciones específicas, espontáneas o inducidas, por lo que la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sean generadas por los propios alumnos o inducidas por la enseñanza.

Todo lo dicho condiciona las decisiones que tomemos sobre los dos últimos factores que afectan al proceso de enseñanza y aprendizaje, cómo y cuándo enseñar. Aquellos sobre los que más directamente podemos actuar los profesores, creando las condiciones necesarias para facilitar el proceso de aprendizaje.

Cómo enseñar hace referencia al conjunto de decisiones que el profesor toma sobre su actuación didáctica en el aula, sobre los recursos, métodos y estrategias a seguir. Si como se ha dicho anteriormente, el proceso de enseñanza y aprendizaje, en parte, consiste en el cambio y evolución de los conocimientos previos de los alumnos, un paso importante en la enseñanza será intentar vincular éstos con los conocimientos científicos que queremos transmitir. Por otro lado, si admitimos que el alumno aprende a partir de aquello que ya sabe y consideramos que estos conocimientos tienen un carácter implícito, otro paso importante será intentar hacer al alumno consciente de sus ideas. En el siguiente apartado («Orientaciones específicas») se incidirá con más profundidad en este punto.

El *cuándo* hace referencia en su sentido más amplio a la organización de los contenidos dentro del currículo (en este caso, los dos cursos del Bachillerato). En un sentido más reducido, aplicado en concreto a la Química de 2º de Bachillerato, estará relacionado con la organización y secuencia de los contenidos de este curso. Este factor estará fuertemente relacionado y condicionado con el anterior, cómo enseñar. Posteriormente se volverá sobre él cuando se haga referencia a los criterios de programación.

Tras estas breves consideraciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, podemos preguntarnos: ¿cómo afecta esto, en concreto, a la química?

En primer lugar debemos tener en cuenta la interacción entre la disciplina, con una estructura y unas características determinadas, y los alumnos que van a estudiarla (la interacción entre el «qué» y el «quién»), que vendrá determinada fundamentalmente por la gran diversidad de estudiantes existente. Sin embargo, existen unas cuantas características comunes que pueden aplicarse a la mayoría de los casos y que nos proporcionan una visión global de cómo interactúa el alumno con la química, de qué dificultades tiene en su estudio.

¿Es difícil la química?

Tradicionalmente la química, junto con la física, es una asignatura de las consideradas difíciles, tanto por los profesores como por los alumnos. Bastantes alumnos se acercan a la química como quien se acerca a una cueva misteriosa cuyos secretos sólo son aptos para iniciados y a los que sólo se puede acceder tras arduos esfuerzos, muchas veces ni siquiera saben si serán capaces de llegar a comprenderlos. Probablemente, muchos profesores están también convencidos de ello. Ahora bien, la química, aunque con una estructura propia, es una disciplina científica más. Podemos entonces preguntarnos ¿por qué es difícil la química? La respuesta va a estar relacionada fundamentalmente con los dos primeros factores que discutíamos anteriormente: con la estructura de la disciplina (las características de la química) y con la psicología del aprendizaje (cómo aprenden los alumnos), sin olvidar la propia psicología del profesor y su manera de concebir la asignatura.

Sin ánimo de ser exhaustivos, podemos hacer algunas reflexiones sobre este punto. Desde un punto de vista matemático, en el nivel que nos ocupa (2º curso del Bachillerato) los requerimientos

Orientaciones específicas

de la física son mucho mayores. En este curso, mientras que en física hay que utilizar un gran bagaje matemático, en química el nivel matemático necesario es mucho más elemental. En general, con algunas excepciones (por ejemplo, en el cálculo del pH), basta con conocer el cálculo proporcional. Sin embargo, no debemos olvidar que a las dificultades propias de este tipo de cálculo, en química —probablemente aquí esté la clave de algunos de los problemas en esta disciplina— se añade una dificultad extra, el número de proporciones diferentes y consecutivas que aparecen en los distintos problemas y ejercicios.

Desde un punto de vista conceptual, la química tal como la plantea el currículo oficial (*Véase Anexo*) se ocupa del estudio de la constitución de la materia y de su estructura. La química se ocupa de describir la estructura íntima de la materia, aquello que no podemos ver y ni siquiera, en muchos casos, imaginar. Se ocupa de entes imperceptibles como los electrones, los átomos, las moléculas, etc. Entes que para los químicos y los profesores de química, habituados a hablar continuamente de ellos y utilizarlos en nuestras explicaciones, resultan familiares y adquieren un significado muy concreto, pero que para nuestros alumnos —que aunque ya han recibido algunas nociones de química, todavía están iniciándose en esta ciencia— resultan sutiles y escurridizos. Por otra parte, los estudiantes de química tienen que comprender la conservación de ciertas propiedades no observables de la materia para poder explicar los cambios que tienen lugar. Estas conservaciones, importantes para poder comprender la química, no son ni fáciles ni intuitivas. Por último, no debemos olvidar que los alumnos necesitan comprender conceptos tan complejos como el equilibrio, en el que en un mismo sistema compiten cambios que tienen lugar en sentidos opuestos.

La química, para explicar la estructura de la materia necesita ayudarse de un lenguaje simbólico y de modelos analógicos, que resultan muy útiles para su comprensión, pero que pueden resultar sumamente peligrosos para los estudiantes. Como han demostrado algunas investigaciones, hay que tener mucho cuidado en la elección de las analogías que se utilizan en la enseñanza, pues muchas veces no sólo no facilitan la comprensión de los conceptos sino que pueden llegar a inducir ideas erróneas que resultan bastante difíciles de erradicar.

En definitiva, los estudiantes de química se enfrentan a un gran número de leyes y conceptos nuevos y fuertemente abstractos, encontrando grandes dificultades para establecer conexiones entre ellos. En muchos casos, la comprensión de esas leyes requiere el control de varios factores que compiten entre sí. Todo ello contribuye a que la química resulte difícil para numerosos estudiantes, tanto en la enseñanza secundaria como incluso en la enseñanza universitaria, tal como ponen de manifiesto los estudios más recientes. Ahora bien, esto no debe servir para «tirar la toalla» y considerar la química como algo inalcanzable para muchos estudiantes. Más bien, debe servir como punto de reflexión a partir del cual tratar de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Anteriormente hemos hablado de las ideas previas y de las concepciones de los alumnos, describiendo sus características y su papel en el aprendizaje. Las investigaciones sobre aprendizaje de la química muestran que, en los niveles correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, la mayoría de las ideas previas y dificultades de comprensión que aparecen pueden clasificarse en tres grandes bloques (Pozo *et al*, 1991 y Gómez Crespo *et al*, 1992): naturaleza corpuscular de la materia, conservación de propiedades no observables y cálculos cuantitativos. En el primer bloque, naturaleza corpuscular de la materia, se incluyen todas aquellas concepciones relacionadas con la estructura de la materia y la aplicación de la teoría cinética. Se observa que los alumnos tienden a interpretar la materia de forma continua, olvidando que está formada por partículas e ignorando el concepto de vacío. Cuando utilizan nociones discontinuas en sus explicaciones, tienden a aplicar a las partículas las características macroscópicas de la materia (se dilatan, se funden, se queman, etc.). En el segundo bloque, conservación de propiedades no observables, se incluyen todas aquellas concepciones relacionadas con la conservación de la materia —tanto en su cantidad, masa, como en su cualidad, sustancia. Se observa que, cuando la materia sufre un cambio (físico o químico), los alumnos tienden a interpretarlo en función de aquello que perciben. Así, por ejemplo, el azú-

car puede desaparecer al disolverse, el hielo perder masa al fundirse o el hierro «pesar» menos cuando se oxida. En el tercer bloque —los cálculos cuantitativos— se incluyen las dificultades que encuentran en los cálculos químicos que, en la mayoría de los casos, están relacionadas con las dificultades del cálculo proporcional y la aplicación del concepto de mol.

Ahora bien, ¿cuál es el papel de estas concepciones en la química del nivel que nos ocupa? Aunque, aparentemente, las concepciones que se han descrito (nivel de la E. S. O.) ya deberían estar superadas al llegar al Bachillerato, las investigaciones más recientes muestran que no es así. Muchas de ellas (por ejemplo, la tendencia a interpretar en términos macroscópicos las propiedades de la materia) persisten a este nivel, e incluso a nivel universitario. Es muy importante tenerlo en cuenta, porque van a condicionar los procesos de aprendizaje de los conceptos relacionados con ello y, en bastantes ocasiones, de los que aparentemente no lo están. Muchas de estas concepciones pueden considerarse de origen espontáneo. Sin embargo, debemos tener en cuenta que en este curso, dado el alto nivel de abstracción de los conceptos que se estudian, muchas de sus concepciones van a ser concepciones inducidas —adquiridas a través de los medios de comunicación o en el aula a través de la enseñanza— y concepciones analógicas —fundamentalmente generadas a través de la enseñanza—.

¿Cómo enseñar la Química de 2º de Bachillerato?

Modelos de enseñanza hay muchos, prácticamente podría decirse que tantos como profesores. Desde los más clásicos, generalmente basados en la transmisión de conocimientos, hasta los más innovadores. Unos más eficaces y otros menos. En general, la mayoría cumplen su papel. Lo importante de cada modelo es que se adapte a los objetivos propuestos, a las necesidades del aula, a los contenidos a enseñar (el «qué») y a las características de las personas que participan en el proceso, profesor y alumnos (el «quién»). Por tanto, hay muchas opciones a la hora de contestar a la pregunta: ¿cómo enseñar? Sin embargo, si queremos mejorar la eficacia del proceso enseñanza-aprendizaje, deberíamos tomar las decisiones didácticas en función de las necesidades específicas que se nos planteen.

En primer lugar, deben tenerse en cuenta las características de los alumnos, sus ideas previas y, cómo no, los niveles que han alcanzado en los cursos anteriores. Debemos partir de lo que el alumno ya sabe, no dando en ningún momento por supuesto que haya adquirido determinados conocimientos, aunque teóricamente debiera ser así. Todo ello servirá de base para elegir, estructurar y secuenciar los contenidos de la forma más adecuada para alcanzar los objetivos propuestos.

En segundo lugar, es necesario elegir adecuadamente los contenidos a desarrollar. Aunque muchos contenidos vienen fijados de antemano, queda un importante margen de maniobra. Así, si queremos que el alumno sea capaz de utilizar sus conocimientos químicos en la comprensión del mundo que le rodea y en la explicación de los fenómenos más cotidianos, valorando el papel de esta ciencia en la sociedad, debemos proporcionarle suficientes situaciones de aprendizaje en las que pueda hacerlo. Todo ello implica potenciar las actividades que presenten una interacción ciencia-tecnología-sociedad, y prestar más atención a las actividades en las que el alumno deba valorar el papel de la química en la alteración y conservación del medio ambiente.

Tradicionalmente, los contenidos transmitidos en química han sido conceptuales (conceptos, leyes, etc.) y procedimentales (aplicación de los conceptos en ejercicios numéricos). Llega un momento en que, si queremos que nuestros alumnos sean capaces de aplicar dichos contenidos a situaciones nuevas, diferentes de las que se han utilizado en la enseñanza, deben ampliarse dichos contenidos. Aumentar los contenidos procedimentales a la resolución de problemas abiertos, la formulación de hipótesis y el diseño de pequeñas investigaciones, e introducir en el currículo los contenidos actitudinales.

En último lugar hay que tener en cuenta el papel del profesor y del alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Tradicionalmente, la enseñanza ha estado estructurada de forma que se ha

reservado para el profesor el papel activo, transmisor de conocimientos, mientras que los alumnos quedaban relegados al papel pasivo de simples receptores de conocimientos. Hoy en día, como ya se ha dicho anteriormente, se considera que el alumno construye sus propios conocimientos. Y, por tanto, si queremos facilitar un aprendizaje significativo, es conveniente que el alumno sea protagonista de su propio aprendizaje implicándose de forma activa en todo el proceso. Por tanto, el profesor, aunque sin abandonar del todo su papel de transmisor, debe ser fundamentalmente un organizador del proceso de enseñanza que proporciona las experiencias adecuadas, diseña y selecciona actividades y crea situaciones que facilitan el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Desde el punto de vista de lo que nos ocupa, la Química de 2º de Bachillerato, si queremos facilitar el aprendizaje significativo y que se alcancen los objetivos fijados por el M. E. C. (*Véase Anexo*) debemos decantarnos hacia este modelo de relaciones profesor-alumno. A pesar de todo, no debe olvidarse que el modelo clásico (transmisión verbal de conocimientos) también tiene su importancia. Y, aunque deba pasarse siempre que se pueda el protagonismo a los alumnos, el profesor deberá seguir adoptando el papel de transmisor en algunas situaciones. Por ejemplo, tras las actividades en grupo, el profesor debe encargarse de centrar y resumir las ideas que se han trabajado. Además, siempre habrá conceptos que debido a su naturaleza o complejidad, requieran de un tratamiento expositivo por parte del profesor.

¿Qué actividades pueden utilizarse?

En varios apartados desarrollados anteriormente se hace referencia a las actividades y a su papel a la hora de alcanzar determinados objetivos. Ahora bien, ¿qué actividades pueden ayudarnos a alcanzar los objetivos previstos?

Se puede proponer un gran número de actividades diferentes, unas más generales y otras más específicas de la asignatura que nos ocupa. Pero, no debemos olvidar que el objetivo a alcanzar es facilitar el aprendizaje de los alumnos y, por tanto, los criterios a la hora de elegir las más adecuadas deben estar basados en éste y en los objetivos concretos de la unidades que se desarrollen. Quiere esto decir que, salvo excepciones, no deben elegirse las actividades en función de criterios como la espectacularidad, la originalidad, o la tradición, sino en función de su eficacia, de las características de los alumnos y de los contenidos a tratar. No siempre hay que utilizar todos los tipos en una misma Unidad didáctica, pero sí resulta recomendable trabajar con una gran variedad de actividades.

A continuación, se presenta, sin ánimo de ser exhaustiva ni de descubrir nada que no conozca ya el profesor, una pequeña clasificación de los distintos tipos de actividades que podemos utilizar en la enseñanza de la química.

a) Actividades de introducción

Actividades que permitan conectar el tema con los que se han desarrollado anteriormente, centrando la atención de los alumnos sobre aquello que se va a trabajar. A su vez, pueden ayudar, al profesor, a conocer las ideas que los alumnos tienen en relación a la Unidad y, a éstos, a ser conscientes de ellas. En general, sin excluir otras posibilidades, lo más adecuado suelen ser cuestiones sobre las que se reflexiona en pequeño o gran grupo.

b) Ejercicios de aplicación

Ejercicios en los que el alumno maneja y aplica las leyes y principios estudiados. Su finalidad, en general, es ayudar al alumno a adquirir destreza en determinados cálculos o aplicaciones de dichas leyes.

c) Resolución de problemas

Entendiendo como problema una situación que no dispone de una respuesta inmediata. Dependiendo del enunciado, una misma actividad puede ser un ejercicio o un problema. Con este tipo de actividades se pretende que el alumno vaya más allá de la simple aplicación de las leyes químicas, que formule hipótesis, analice resultados, etc. Es necesario que dichos problemas sean lo suficientemente variados, con enunciados diferentes, proponiendo distintos puntos de vista, etc., evitando que su resolución se convierta en una mera aplicación de un algoritmo —en este caso, más bien se trataría de un ejercicio—.

La resolución de problemas puede ayudar también a establecer las conexiones entre la química que se estudia en el aula y la química aplicada, tanto en la industria como en la vida cotidiana. Para ello es necesario aumentar el número de problemas que hacen referencia a estas situaciones.

d) Cuestiones

Entendiendo como tal pequeños problemas con respuesta abierta, que se resuelven por medio de razonamientos cualitativos.

e) Experiencias prácticas

Se ha discutido bastante entre profesores la conveniencia o no de realizar las denominadas prácticas de laboratorio. Siempre ha habido profesores partidarios de su realización a ultranza, aun en detrimento de las enseñanzas teóricas, y profesores que procuran utilizarlas poco o nada, centrandó la enseñanza en las explicaciones. Controversias aparte, parece que los trabajos prácticos tienen un papel importante en la enseñanza de la química. Ayudan a centrar las ideas de los alumnos, permitiéndoles observar directamente aquellos fenómenos que se estudian teóricamente.

Tradicionalmente se han considerado como trabajos prácticos exclusivamente las actividades de laboratorio, en las que el alumno manipula con el material y las sustancias químicas. Ahora bien, para el propósito que nos ocupa, podemos utilizar un concepto más amplio y considerar trabajos prácticos aquellas situaciones en las que el alumno observa en directo las propiedades de la materia y sus transformaciones (aunque en algunos casos no implique manipulación). Según esto tendríamos los siguientes tipos:

Experiencias de cátedra

El profesor muestra un experimento y los alumnos observan. Aunque no debe abusarse de su utilización, resultan muy útiles para mostrar experiencias de difícil realización por parte de los alumnos (cuando no se dispone de material suficiente, no está disponible el laboratorio, etc.). Este tipo de experiencias pueden resultar bastante útiles como actividad introductoria, para centrar la atención sobre un fenómeno o como pretexto para iniciar una discusión; ya que ayudan a crear un conflicto entre las ideas del alumno y lo que observa. Una variedad muy interesante es la utilización de vídeos con experiencias filmadas.

Experiencias caseras

Entendidas como pequeñas prácticas, muy sencillas, en las que el alumno realiza o proyecta en su casa alguna experiencia con materiales de los que dispone habitualmente. Ayudan a la transferencia de los conocimientos científicos, adquiridos en el contexto escolar, al ámbito de la vida cotidiana.

Prácticas de laboratorio

Se entiende por tal aquellas experiencias, perfectamente estructuradas mediante un guión o protocolo, en las que el alumno reproduce experimentos conocidos, mide determinadas magnitudes, etc.

Pequeñas investigaciones de laboratorio

Son actividades en las que no existe guión, se pide al alumno que diseñe su propia experiencia. En ellas el alumno debe formular hipótesis y decidir cuál es el camino más apropiado para comprobar dichas hipótesis. En ocasiones, también resultan muy útiles las pequeñas investigaciones caseras.

Experiencias de laboratorio asistido por ordenador

Son experiencias en las que por medio de las sondas adecuadas se transfiere directamente la información obtenida a un ordenador. Permiten obtener gran cantidad de datos en poco tiempo, facilitando su tratamiento matemático y su representación por medio de tablas y gráficas. Este tipo de experiencias —mientras no se disponga de los equipos suficientes para que trabajen todos los alumnos— se presta fundamentalmente a su utilización como experiencias de cátedra. Otra aplicación más modesta del ordenador en el laboratorio, pero no por ello menos importante, es la utilización de hojas de cálculo que permiten realizar los cálculos numéricos con gran velocidad. En este caso el alumno puede comprobar, comparar y discutir sus datos con gran facilidad, ayudándole a descubrir y solucionar errores experimentales.

A la hora de elegir las experiencias más adecuadas para cada caso, hay que tener fundamentalmente en cuenta los objetivos que se pretenden alcanzar. Se debe ser muy cuidadoso en su elección y procurar que estén integradas dentro del proceso de enseñanza y no aisladas. No siempre es posible que sea así, especialmente en aquellas en las que hay que utilizar el laboratorio, generalmente por causas externas (por ejemplo, disponibilidad de material y de laboratorio). En estos casos es cuando más útiles resultan las experiencias de cátedra y las caseras. Otro punto importante a tener en cuenta en la elección es la complejidad de la experiencia. Generalmente, es preferible una experiencia sencilla, con material sencillo, que no distraiga la atención del alumno con grandes montajes y que le ayude a centrarse en los conceptos químicos y los procedimientos implicados.

f) Utilización de vídeos didácticos

Los vídeos cobran gran importancia en el proceso de enseñanza y aprendizaje desde el momento que permiten presentar experiencias, simulaciones y todo tipo de imágenes de difícil accesibilidad tanto para el alumno como para el profesor. En general, pueden utilizarse como introducción a un tema, como ilustración de determinados conceptos y fenómenos o como resumen y recapitulación de una Unidad didáctica. Los vídeos son un buen instrumento para introducir e ilustrar las interacciones entre la ciencia y la tecnología, así como sus aplicaciones en la sociedad.

Cuando se utiliza un vídeo, hay que tener en cuenta que no basta con que los alumnos lo vean. Generalmente, aunque para el profesor resulte muy claro, para el alumno no siempre lo será. Cuando ve un vídeo, el alumno tiene un papel pasivo de mero receptor de información, puede perder información o no comprender lo que ve, sin tener posibilidad de volver atrás. Por ello, no basta con poner un vídeo, hay que discutirlo, parar la imagen si hace falta, volver atrás o, incluso, verlo varias veces.

g) Utilización del ordenador en el aula y el laboratorio

La enseñanza asistida por ordenador (E. A. O.), en los últimos tiempos, va poco a poco introduciéndose en las aulas y los laboratorios escolares. Las ventajas que en general se atribuyen a la E. A. O. frente a la enseñanza tradicional son varias. Entre otras, pueden citarse: la motivación que produce en los estudiantes; la personalización del proceso de aprendizaje, permitiendo que cada sujeto aprenda a su propio ritmo; y la información inmediata que proporciona al alumno sobre sus respuestas. Todo ello hace que la E. A. O. sea un instrumento atractivo tanto para alumnos como para profesores, aunque presenta el peligro de que en ocasiones se quede en un mero pretexto para

la utilización del ordenador. Por ello, no debemos olvidar que, al hablar de enseñanza asistida por ordenador, la palabra clave es enseñanza y no ordenador.

Pueden sugerirse diversas formas de utilización del ordenador en el aula o el laboratorio. Por ejemplo:

Utilización de programas de E. A. O.²

Entre otras cosas, permiten: simular experiencias o procesos que son difíciles de observar o realizar; realizar ejercicios o problemas, proporcionando al alumno una información rápida sobre sus resultados y facilitando el necesario proceso de retroalimentación; llevar a cabo ejercicios de autoevaluación; etc. En la actualidad existen sólo unos pocos programas en castellano que puedan utilizarse en química, aunque su número va aumentando poco a poco.

Laboratorio asistido por ordenador

Se ha descrito con anterioridad, al hablar de experiencias de laboratorio.

Utilización de hojas de cálculo

Se ha descrito anteriormente, en el apartado dedicado a las experiencias de laboratorio.

La evaluación es un proceso paralelo al de enseñanza y aprendizaje que nos permite valorar en qué grado se están cumpliendo los objetivos propuestos, tanto al final del proceso como durante su desarrollo. Esta valoración no sólo debe informarnos de su grado de consecución, sino también de los fallos y deficiencias que han tenido lugar, permitiéndonos actuar sobre ellos.

El proceso de evaluación debe cumplir los siguientes objetivos:

- Informar sobre las características iniciales de los alumnos: ideas previas, nivel de conocimientos, intereses, etc.
- Facilitar la utilización de las estrategias didácticas más adecuadas a las características de los alumnos.
- Informar sobre la marcha del proceso enseñanza y aprendizaje, dificultades que encuentran los alumnos, grado de consecución de los objetivos, etc.
- Valorar la adecuación de los materiales utilizados a las características del alumno y a los objetivos propuestos.
- Permitir la readaptación del proceso de enseñanza y aprendizaje para corregir las deficiencias observadas.
- Proporcionar al alumno información rápida, clara y precisa sobre su evolución, sobre sus éxitos y sus fracasos, para ayudarle a superarlos.

² Incluyendo en el término «programas de E. A. O.» todos aquellos materiales didácticos con soporte informático diseñados para ser utilizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

¿Qué evaluar?

A esta pregunta puede responderse con otra: ¿qué información necesitamos? Evidentemente, evaluar es buscar información sobre el alumno, el profesor, el proceso de aprendizaje, sobre los materiales, en suma sobre todos los factores que influyen en la enseñanza. Por ello la respuesta es compleja.

Podemos evaluar al alumno y su grado de aprendizaje final. Pero no debemos olvidar que también es interesante, y en muchos casos fundamental, conocer su progreso durante el proceso de aprendizaje y sus condiciones de partida. Pero, si el fin de la evaluación es proporcionar información sobre la marcha del proceso de forma que podamos mejorarlo y redefinirlo según las necesidades que vayan surgiendo, deben evaluarse el resto de los factores que influyen en él: los materiales que utilizamos, la programación, la adecuación de las actividades a los objetivos propuestos y a las características de los alumnos, etc. Y, no debemos olvidar, que también podemos evaluarlos nosotros, los profesores.

¿Cuándo evaluar?

Si queremos que la evaluación alcance los fines que se han propuesto más arriba, debe ser un proceso paralelo al de enseñanza. En relación al momento, a la finalidad y a los alumnos podemos fijar tres tipos fundamentales de evaluación:

Evaluación inicial

Debe servir para definir y diagnosticar la situación de partida: las características de los alumnos, sus ideas previas, su nivel de conocimientos, etc.

Evaluación formativa

Realizada durante el proceso de enseñanza-aprendizaje ayuda a determinar sobre la marcha el grado de consecución de los objetivos, las deficiencias que aparecen en el proceso, las dificultades que encuentran los alumnos y sus causas. Facilitando todo ello la toma de decisiones encaminadas a reestructurar y reconducir el proceso.

Evaluación global o sumativa

Es la evaluación que ha venido realizándose tradicionalmente y nos informa de los resultados obtenidos por el alumno al final del proceso.

Estos tres puntos deben considerarse referidos tanto al curso como a cada Unidad didáctica independiente. Debe resaltarse también la importancia que para el alumno tiene la evaluación formativa. Ésta, realizada de forma frecuente, aunque sea breve, debe proporcionarle información suficiente, clara y precisa sobre sus progresos y fracasos, orientándole sobre sus posibles causas y facilitándole, por tanto, el aprendizaje.

¿Cómo evaluar?

En relación a esta pregunta pueden señalarse una serie de características que debe reunir la evaluación:

- Estar relacionada con los contenidos y actividades que se han trabajado.
- Debe ser frecuente y variada, utilizando diversos tipos de pruebas.
- Los resultados deben poder ser analizados de forma clara, proporcionando información rápida y precisa tanto al profesor como al alumno.

- Debe ser completa e incluir los aspectos más importantes del currículo, evitando que se centre sólo en aspectos parciales.

Como ya se ha dicho, la evaluación ha de ser un proceso paralelo al de enseñanza y aprendizaje, integrado en él y continuo. Debe concebirse la evaluación como una continuación de las actividades de aprendizaje, por lo que debe estar estrechamente conectada con ellas. Por ello deben considerarse las actividades de evaluación como un elemento más en el aprendizaje del alumno, que además de para calificar deben servir para orientar, para corregir deficiencias y, en definitiva, para enseñar (evaluación formativa). En resumen, además de un instrumento de calificación, la evaluación debe ser un instrumento más de trabajo.

Un aspecto muy importante en el aprendizaje es que los alumnos sean conscientes de lo que «saben», que sean capaces de valorar su propio aprendizaje, y en ello juega un papel muy importante la evaluación. Para conseguirlo, es necesario proporcionar al alumno una información clara sobre el proceso de evaluación. Por un lado, debe conocer los objetivos concretos que se intentan alcanzar con cada actividad, su relación con los demás (en la Unidad didáctica o en la estructura de la asignatura) y los criterios con que se va a juzgar su trabajo. Por otro, debe recibir información de forma rápida y asequible sobre los resultados de la evaluación, sobre sus logros y sus fracasos, ayudándole a tomar conciencia de la marcha de su propio aprendizaje. En esta misma línea, pueden resultar bastante útiles las actividades de autoevaluación, que completarían, pero no sustituirían, a la evaluación tradicional. Este tipo de actividades pueden ayudar al alumno a hacerse protagonista de su propio aprendizaje, reconocer las dificultades que encuentra y valorar su propio trabajo.

En general, en el nivel en que trabajamos (2º de Bachillerato), los exámenes tradicionales, aunque pueden utilizarse otro tipo de pruebas, tienen un papel importante en la evaluación. Estos exámenes, o controles, pueden entenderse como pruebas amplias y completas (espaciadas en el tiempo), como pruebas cortas y breves (más frecuentes) o, mejor todavía, como una combinación de los dos tipos. Sea cual sea el caso, el examen no debe centrarse sólo en los contenidos conceptuales, sino que debe medir también el grado de consecución de los otros tipos de contenidos (procedimentales y actitudinales). Aunque hay que reconocer que en química hay una cierta tradición en la evaluación de conceptos y procedimientos (no tanto en estos últimos), no ocurre lo mismo con las actitudes que, hasta ahora, se han evaluado poco o nada. Ha de tenerse en cuenta que el tipo de actividades que se utilicen en la evaluación deben ser lo suficientemente completas y variadas, evitando que las respuestas puedan obtenerse por reproducción directa de las actividades de aprendizaje. Para ello es necesario utilizar actividades en las que el alumno deba generalizar sus conocimientos, aplicar estrategias o procedimientos de resolución de problemas, o, simplemente, valorar situaciones nuevas, aunque no totalmente diferentes de las que se han utilizado en la enseñanza.

Además, deben citarse las pruebas de tipo test, en las que se presentan cuestiones de respuesta cerrada, como un instrumento más de evaluación. Este tipo de pruebas resultan especialmente útiles en la evaluación inicial de los conocimientos e ideas previas de los alumnos, en la evaluación formativa o cuando se requiere una información sobre una gama muy amplia de contenidos. La utilización de este tipo de cuestiones facilita una evaluación rápida y objetiva, además de la obtención de una valiosa información fácil de interpretar (por ejemplo, tanto por ciento de respuestas obtenidas) sobre el tipo de errores que cometen los alumnos. A su vez, permite comparar los resultados de unos alumnos con otros y la evolución de distintos grupos. Por tanto, son un buen instrumento, aunque no el único, para evaluar la evolución del proceso de enseñanza y aprendizaje y reajustarlo según los resultados obtenidos (evaluación formativa). Ahora bien, no debe olvidarse que aunque cómodo y eficaz para evaluar la comprensión de determinados conceptos, falla a la hora de evaluar otros aspectos del aprendizaje: la resolución de problemas, la capacidad de formular y evaluar hipótesis, la expresión del alumno, etc.

Por último, no debe olvidarse la evaluación del trabajo en el aula y en el laboratorio. Esta evaluación, que en principio puede parecer difícil de realizar, es muy importante desde el punto de vista

formativo, ayudando al alumno a superar sus errores y dificultades. La evaluación en el laboratorio tradicionalmente se ha llevado a cabo mediante el «cuaderno de prácticas», en el que el profesor corrige la descripción que los alumnos hacen de la experiencia y de sus resultados. Ahora bien, este proceso, aunque nos proporciona información sobre los resultados finales, no nos informa sobre los procesos que el alumno ha puesto en práctica para alcanzarlos. Para poder evaluar ese trabajo personal de cada alumno, puede sugerirse la utilización, por parte del profesor, de cuestionarios de observación en los que anote el comportamiento de un alumno o de un grupo de alumnos. Este tipo de evaluación puede llevarse a cabo con diversos grupos de estudiantes en cada sesión, no necesariamente siempre con los mismos, a la vez que el profesor comenta incidencias y ayuda a superar los problemas que puedan surgir.

Programación

La Química en el 1^{er} curso de Bachillerato se presenta unida a la Física en una única asignatura que pasa en el 2^o curso a escindirse en dos asignaturas independientes: Física y Química. Por tanto a la hora de programar la asignatura deben tenerse en cuenta los objetivos alcanzados y los contenidos desarrollados en el curso precedente. Por otra parte, aunque la Química se separa de la Física, no deben olvidarse la tradicional interdependencia entre ambas asignaturas y las relaciones interdisciplinarias con otras materias del currículo del Bachillerato como, por ejemplo, la Biología.

La Química no es una disciplina nueva y, aunque con variaciones, los contenidos que se imparten en los últimos tiempos son similares a los propuestos para el Bachillerato. En el actual B. U. P. (Bachillerato Unificado Polivalente) y C. O. U. (Curso de Orientación Universitaria) la enseñanza de la química está basada fundamentalmente en aspectos epistemológicos, la estructura tradicional de esta ciencia. Salvo excepciones, el papel que juegan las demás fuentes del currículo (social, psicológica y pedagógica) está bastante desequilibrado con respecto a la fuente disciplinar. Básicamente, en los tres cursos en los que se enseña química en la actualidad, la enseñanza está estructurada en tres bloques: en primer lugar, las leyes y principios básicos en que se basa esta ciencia; en segundo lugar, la llamada química descriptiva; y, por último, la química orgánica. Esta estructura está claramente desequilibrada a favor del primero de los bloques en el que se emplea gran parte del tiempo dedicado a esta asignatura, si no todo, como ocurre en muchas ocasiones. Los dos últimos bloques, cuando se desarrollan, aparecen generalmente de forma aislada e inconexa, concentrados en pocas horas y relegados a los últimos días del curso. Todo esto trae unas consecuencias importantes para el aprendizaje de la química por parte de los alumnos. En primer lugar, estamos transmitiendo una visión de la química claramente irreal, una disciplina distribuida en compartimentos estancos sin apenas relaciones entre ellos. En segundo lugar, aunque los alumnos aprendan las leyes de esta disciplina, esta visión parcelada está dificultando el que establezcan las necesarias conexiones entre las leyes y sus aplicaciones, a veces, incluso entre las propias leyes. Estamos dificultando el proceso, ya de por sí difícil, de transferencia del conocimiento desde el ámbito escolar al mundo que nos rodea.

Frente a esto, aunque con contenidos conceptuales similares, el nuevo Bachillerato presenta diferencias, tanto en su organización general como en los objetivos de la asignatura. Nos presenta una química en la que, aparte de los tradicionales de la disciplina, aparecen unos objetivos que inciden más sobre las conexiones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Se busca que el alumno sea capaz de relacionar, de forma crítica, sus conocimientos científicos con las consecuencias que tienen en la vida humana y el medio ambiente. En definitiva, se pretende incidir de una manera más profunda en la relación entre las leyes y principios de la química y sus aplicaciones. Todo ello implica la introducción de cambios en la forma en que se organiza la asignatura y en los contenidos, aumentando el peso específico de los procedimientos y de las actitudes frente a los conceptos.

La Química del 2^o curso de Bachillerato se presenta como una asignatura propia de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud y con la posibilidad de que sea optativa para cualquiera de las otras modalidades (lógicamente lo será para la modalidad de Tecnología).

Debido a las finalidades que para el Bachillerato fija la LOGSE (Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo), la Química debe cumplir varios objetivos. Por una parte, debe contribuir a dotar a los estudiantes de los conocimientos, hábitos y destrezas necesarias que les permitan seguir estudios de un nivel superior, tanto universitarios como de formación profesional. Además, como asignatura de un curso que cierra un ciclo, debe tener un carácter orientador que ayude a los estudiantes a elegir el camino a seguir en el futuro, tanto si siguen estudios superiores como si entran en el mundo laboral. Por otra parte, debe ayudar a proporcionar a los alumnos la suficiente madurez humana e intelectual que les permita establecer conexiones entre las enseñanzas científicas y las situaciones que surgen en la vida cotidiana, facilitándoles una capacidad de crítica y de toma de decisiones ante los problemas que surgen en nuestra sociedad.

Posible organización y secuencia de los contenidos

El Real Decreto 1179/1992 de 2 de Octubre de 1992 (B. O. E. 21 de Octubre de 1992) que establece el currículo para el Bachillerato (*Véase Anexo*) asigna los contenidos que corresponden a la Química de 2º Curso. Estos contenidos pueden agruparse en tres grandes bloques relacionados entre sí: «*la estructura de la materia*», «*las transformaciones de la materia*» y «*la materia, sus aplicaciones y su importancia*» (*Véase la Figura 1*)

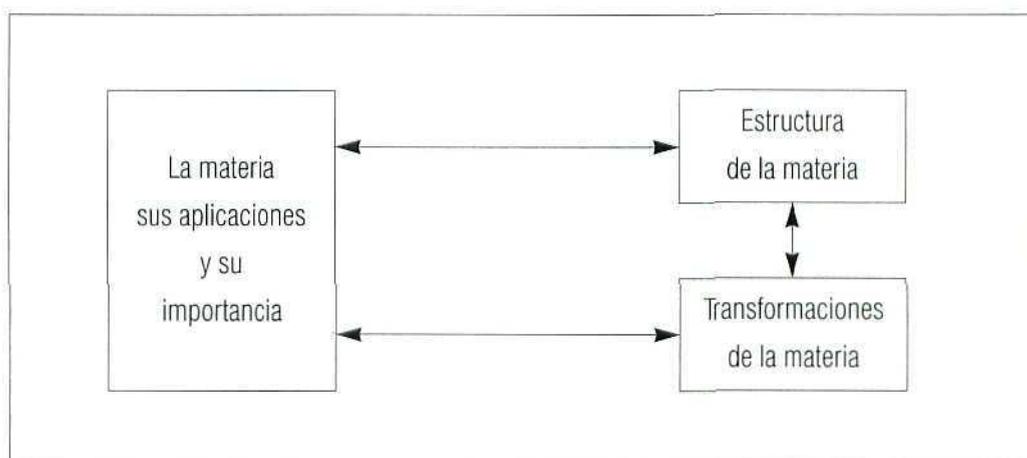


Figura 1: Relación entre los contenidos de la Química de 2º de Bachillerato.

El primero de ellos, «*la estructura de la materia*», agrupa todos aquellos contenidos que hacen referencia a la constitución y estructura interna de la materia, necesarios para poder explicar sus propiedades y sus cambios. El segundo bloque, «*las transformaciones de la materia*», hace referencia a todo lo relacionado con los cambios químicos de la materia, la transformación de unas sustancias en otras (en este curso centrado en las reacciones químicas y sus relaciones energéticas). Un último bloque de contenidos, «*la materia, sus aplicaciones y su importancia*», hace referencia a todo aquello que se ha dado en llamar química descriptiva y a las conexiones de la química con la sociedad y la tecnología. Los diferentes contenidos estarían englobados en los tres bloques de la siguiente manera:

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

- Estructura del átomo.
- El enlace químico.
- Estructura y diversidad de las sustancias orgánicas.

TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA

- La reacción química y sus relaciones energéticas.
- Los sistemas en equilibrio.
- Los ácidos y las bases.
- Las reacciones con transferencia de electrones.
- Transformaciones específicas de las sustancias orgánicas.

LA MATERIA, SUS APLICACIONES Y SU IMPORTANCIA

- Relaciones de la química con la tecnología y la sociedad.
- La química y el medio ambiente.
- El laboratorio y la industria química.
- Aplicaciones de la química orgánica.

¿Qué secuencia puede establecerse para estos contenidos? Esta pregunta admite múltiples y variadas respuestas. A la hora de elegir una habrá que tener en cuenta diversos factores, desde los contenidos impartidos en el curso anterior hasta las preferencias personales de cada profesor, pasando por las relaciones con otras materias del currículo. La decisión es compleja pero muy importante y corresponde tomarla a cada Seminario Didáctico. Aquí van a presentarse dos posibilidades de las muchas que realmente existen.

Programación A

La primera posibilidad de programación que se presenta toma como hilo conductor los dos primeros bloques a los que se ha hecho referencia. En primer lugar se introducen los temas relativos a la estructura y diversidad de la materia, para pasar a continuación a estudiar sus transformaciones. Los contenidos correspondientes al tercer bloque, propiedades y aplicaciones de la materia, se desarrollan de forma transversal, intercalados en aquellas unidades didácticas en que resultan más adecuados. Esta programación se desarrolla en nueve unidades didácticas que se enumeran a continuación, haciendo una breve referencia a su contenido:

1. Introducción. El papel de la química en la sociedad actual. La diversidad de la materia.

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

2. La estructura del átomo. Estructura del átomo y modelo cuántico. Clasificación periódica de los elementos.
3. El enlace químico y las propiedades de las sustancias. Tipos de enlaces y propiedades. Nomenclatura de los distintos compuestos químicos.
4. Estructura y diversidad de las sustancias orgánicas. Estructura y diversidad de las sustancias orgánicas. Las macromoléculas.

TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA

5. La reacción química y sus implicaciones energéticas. Relaciones energéticas en una reacción. Espontaneidad de una reacción. Reacciones de combustión. Los hidrocarburos: combustión y problemas medioambientales.
6. Reacciones con intercambio de electrones. Reacciones de oxidación y reducción. Estequiometría. Pilas y procesos electroquímicos. La oxidación-reducción en la química orgánica y en los procesos biológicos.

7. Sistemas en equilibrio. Velocidad y mecanismo de una reacción. Sistemas en equilibrio. Propiedades del equilibrio. El problema de la capa de ozono.
8. Equilibrios ácido-base. Ácidos y bases. Equilibrios ácido-base. Interés industrial de algunos ácidos. Los ácidos orgánicos.
9. Transformaciones específicas de las sustancias orgánicas. Estudio de las reacciones específicas de la química orgánica y su interés en la vida actual.

Programación B

La segunda programación que se propone se estructura en torno al tercer gran bloque de contenidos (*la materia, sus aplicaciones y su importancia*), introduciendo los contenidos de los otros dos bloques en forma transversal. A partir de la gran diversidad que presenta la materia, se introducen las necesidades que la sociedad actual tiene de los distintos materiales y sustancias químicas, sus aplicaciones y los problemas que acarrearán. Se continúa con la necesidad de energía para transformar la materia y la posibilidad de obtener dicha energía a partir de ésta, y se termina con las implicaciones medioambientales. Esta programación está estructurada en nueve unidades didácticas que se caracterizan por partir cada una de ellas de un centro de interés o un problema determinado, a partir del cual se desarrollan las leyes y principios que caracterizan a esta parte de la química. Brevemente se describen a continuación las nueve unidades didácticas.

DIVERSIDAD DE LA MATERIA

1. Introducción. La química y las sustancias químicas. Su papel en la sociedad actual.
2. Los átomos. Los átomos en la naturaleza. Estructura del átomo y clasificación periódica.
3. Diversidad de la materia. Diversidad de la materia y enlace químico. Las sustancias orgánicas y sus propiedades. El enlace covalente. Las sales y el enlace iónico.

NECESIDAD Y APLICACIONES DE LOS DISTINTOS MATERIALES

4. Los metales y las reacciones de oxidación y reducción. Los metales y su importancia en la sociedad actual. Propiedades de los metales y enlace metálico. Obtención de los metales y necesidad de que haya un intercambio de electrones. Reacciones de oxidación-reducción y electrólisis.
5. El amoníaco y los derivados del nitrógeno. El nitrógeno y sus derivados. El amoníaco y su importancia. Obtención y propiedades del amoníaco. Los sistemas en equilibrio. Los derivados del nitrógeno y la contaminación de la atmósfera.
6. El ácido sulfúrico y los ácidos. Los ácidos en la industria. El ácido sulfúrico, propiedades y obtención. Propiedades de los ácidos. Ácidos y bases. Equilibrios ácido-base. Los ácidos y el medio ambiente.
7. Los plásticos y otras macromoléculas. Los plásticos y sus aplicaciones. Propiedades de los plásticos e implicaciones medioambientales. Otras macromoléculas, los polímeros de interés biológico.

IMPLICACIONES ENERGÉTICAS Y MEDIOAMBIENTALES

8. Obtención y transformación de la energía. La energía y la transformación de la materia. Relaciones energéticas en la transformación de la materia.
9. Química, calidad de vida y medio ambiente. El dióxido de carbono y el efecto invernadero. Los hidrocarburos y la combustión. Los hidrocarburos y las reacciones de adición y eliminación. Los CFC (compuestos clorofluorocarbonados) y el problema del ozono. Equilibrio oxígeno-ozono. Los CFC como derivados halogenados y la reacción de sustitución.

Los contenidos que se presentan son en ambos casos los mismos, aunque estructurados de diferente manera. Por un lado, la programación A, aunque con cambios, se aproxima al esquema tradicional de la enseñanza de la química, a lo que tradicionalmente se viene haciendo en nuestro país. Por el otro, la programación B se aleja de ese esquema tradicional de la disciplina y se acerca más a los centros de interés de la química, un método bastante utilizado más allá de nuestras fronteras.

¿Cuál es más conveniente utilizar? La decisión dependerá, en gran parte, de varios factores: las circunstancias en que se desarrolle la enseñanza, las características de los alumnos y, cómo no, de las preferencias personales del profesor. Desde el punto de vista de los alumnos, podría resultar más motivadora la segunda programación, estructurada en torno a las aplicaciones de la química. Aunque, esto dependerá de las características individuales de cada uno. Si nos fijamos en ambas estructuraciones, en una primera mirada, podría parecer que la programación A sería más adecuada para aquellos alumnos que van a seguir estudiando química, mientras que la programación B lo sería para aquellos que terminan su contacto con esta ciencia, que dejan los estudios o que van a seguir estudios diferentes. Sin embargo, esto no tiene por qué ser así. La opinión del autor es que, en los dos casos, tan válida es una como la otra. Las dos, a través de caminos diferentes, desarrollan los mismos contenidos y permiten alcanzar los mismos objetivos.

La decisión a tomar es difícil y complicada. Sobre el papel existen pocos argumentos que ayuden a tomarla. En este punto, ante la necesidad de elegir una, se ha elegido desarrollar la programación A. Aunque para el autor son perfectamente válidas ambas programaciones, se ha elegido ésta porque se aproxima más al método de trabajo al que están acostumbrados tanto los alumnos como los profesores. Ahora bien, gran parte de las sugerencias y comentarios que se hacen para ella son también válidos para la otra programación propuesta.

Organización de los contenidos

¿Cómo se han organizado los contenidos? Los contenidos, como ya se ha comentado anteriormente están organizados en torno al eje estructura–transformaciones de la materia. Por ello, algunos de los núcleos propuestos por el M. E. C. (*Introducción a la química industrial, Química descriptiva, La naturaleza de la química y sus relaciones con la tecnología y la sociedad, y La aproximación al trabajo científico*) se tratan de forma transversal a lo largo de todas las unidades didácticas. El objetivo es evitar que las aplicaciones de la química y su importancia en la sociedad sean vistas como algo aislado de las teorías y principios en que se basan. Se trata de evitar que se considere que la química que se estudia en las aulas son especulaciones teóricas que tienen poco que ver con las aplicaciones prácticas y los fenómenos de la vida cotidiana. Se intenta con ello fomentar las conexiones ciencia–tecnología–sociedad.

La química orgánica, aunque se le dedican dos unidades didácticas específicas, es tratada también de forma transversal en el desarrollo del resto de las unidades didácticas. El objetivo que se persigue es conseguir que esta parte no sea considerada como algo aislado dentro de la química, sino como un campo que, aunque con sus especificidades, está conectado con las leyes y principios que se desarrollan en el resto de las unidades didácticas. Fundamentalmente, se trata de evitar la idea de que las leyes físico–químicas de la «química general» son específicas o quasi–específicas de la llamada química inorgánica, considerando la química orgánica como un campo que, aunque conectado con dichas leyes, tiene poco que ver con ellas.

En el primer bloque, *estructura de la materia* (unidades 2, 3 y 4), se estudian las teorías acerca de la constitución de la materia y cómo éstas pueden explicar las propiedades de las distintas sustancias químicas. En el segundo bloque, *transformaciones de la materia* (unidades 5 a 9), se estudia todo lo relativo a la reacción química. En primer lugar se introducen los aspectos energéticos de las

reacciones para, a continuación, estudiar sus aspectos particulares. Las reacciones de combustión, aunque son procesos de oxidación-reducción, se han introducido en la Unidad 5 debido a que se ha considerado que su aplicación más importante es la obtención de energía. Esto no implica que no puedan volver a nombrarse en la Unidad dedicada a los procesos redox.

Puede resultar chocante que los procesos de transferencia de electrones (Unidad 6) se introduzcan por delante del estudio de los sistemas en equilibrio. Esta opción didáctica resulta justificada si se tiene en cuenta que, como se verá más adelante, se propone que esta Unidad sirva de revisión de los cálculos estequiométricos en las reacciones químicas. En opinión del autor, antes de empezar el estudio de los sistemas en equilibrio —en donde los estudiantes tienen que trabajar con reacciones en las que no tiene por qué agotarse ninguno de los reactivos, manejando no sólo cantidades de sustancias sino también concentraciones— es conveniente que el alumno repase y vuelva a ejercitarse con los cálculos estequiométricos estudiados en 1º de Bachillerato. Para alcanzar este objetivo, la Unidad más apropiada parece ser la dedicada al estudio de las reacciones de oxidación-reducción.

En cuanto a la organización en el tiempo, se ha considerado que el curso tiene una duración de 28 semanas, lo que significa que aproximadamente se dispone de 112 horas de clase efectivas. En función de esto y de los contenidos que más adelante se presentan para cada Unidad, una posible distribución de las horas sería la siguiente:

1. Introducción (1 hora)
2. La estructura del átomo (15 horas)
3. El enlace químico y las propiedades de las sustancias (14 horas)
4. Estructura y diversidad de las sustancias orgánicas (9 horas)
5. La reacción química y sus implicaciones energéticas (12 horas)
6. Reacciones con intercambio de electrones (16 horas)
7. Sistemas en equilibrio (20 horas)
8. Equilibrios ácido-base (16 horas)
9. Transformaciones específicas de las sustancias orgánicas (9 horas).

En todos los casos, se considera que el número de horas asignado incluye las necesarias para el desarrollo de la Unidad y su evaluación.

Organización de las unidades didácticas

Todas las unidades están estructuradas fijando unos objetivos y unos contenidos, apoyados con unas reflexiones y orientaciones sobre su didáctica, una propuesta de actividades y sugerencias para la evaluación. En todos los casos, se fijan unos contenidos con los que se pretenden alcanzar los objetivos propuestos y en los que —con mayor o menor peso, según las características de la Unidad— se incluyen: leyes y conceptos, procedimientos y actitudes.

Las orientaciones didácticas presentan una reflexión sobre las dificultades que pueden encontrar los alumnos en el aprendizaje de los contenidos, basada en las investigaciones sobre dificultades en el aprendizaje y concepciones erróneas. Así mismo, en la mayoría de los casos se proponen formas de actuar y de enfrentarse a dichas dificultades.

En cuanto a las actividades, se sugieren diversos tipos de ejercicios y problemas, experiencias prácticas (de cátedra, caseras y de laboratorio), programas de E. A. O. y vídeos didácticos, que pueden ayudar a alcanzar los objetivos previstos. Ahora bien, todas estas actividades se sugieren a modo de ejemplo, en ocasiones no serán adecuadas a las características de los alumnos, o no siempre se dispondrá del material necesario para su realización (por ejemplo, cuando se trata de programas de E. A. O. o de experiencias apoyadas por ordenador). En cuanto a los vídeos didácticos, es imposible utilizar todos los que se proponen. Deberá utilizarse el que parezca más adecuado en cada caso, otro diferente o, incluso, ninguno. De cualquier forma, las actividades que se proponen son tan sólo sugerencias y el profesor puede optar por utilizarlas tal como se proponen, suprimirlas o cambiarlas según sus gustos y necesidades.

Por último, en todas las unidades se sugieren algunas actividades que pueden utilizarse para la evaluación. Estas sugerencias se hacen exclusivamente a título de ejemplo, pues no debe olvidarse que la evaluación debe estar directamente relacionada con el desarrollo que el profesor haya hecho de cada Unidad.

Desarrollo de las unidades didácticas

A continuación se propone un desarrollo de las diferentes unidades didácticas. En todas ellas, tras una breve introducción, se incluyen los siguientes apartados: objetivos, contenidos, orientaciones didácticas, actividades propuestas y sugerencias para la evaluación.

Unidad didáctica 1.

INTRODUCCIÓN

Esta Unidad didáctica debe servir de introducción al curso y de conexión con lo estudiado en la asignatura Física y Química durante el curso anterior.

Objetivos didácticos

Al finalizar la Unidad se pretende que el alumno sea capaz de:

1. Distinguir entre los distintos bloques en los que se ha estructurado el curso.
2. Conectar los distintos bloques de contenidos con la estructura general de la física y la química.
3. Hacer una reflexión general sobre el papel de la ciencia, y más en concreto de la química, en la sociedad actual.

Contenidos

En esta Unidad deben desarrollarse, brevemente y tan sólo como introducción a la materia, los siguientes contenidos:

1. Valoración del papel de la ciencia en el estudio del mundo que nos rodea. Diferencias y similitudes en los puntos de vista con que la física y la química abordan este estudio.
2. Papel de la química en la sociedad actual, exponiendo de forma crítica tanto los aspectos positivos como los negativos.
3. Aproximación a la gran diversidad de sustancias que se presentan en la naturaleza y la necesidad de transformarlas para obtener otras nuevas, resaltando el papel de la energía en dichas transformaciones.

4. Necesidad de conocer cómo está formada la materia y las leyes y principios que rigen sus transformaciones para poder explicar sus propiedades y su gran diversidad.
5. Reflexión crítica sobre el papel que tiene la química en la degradación del medio ambiente y en la lucha contra esta degradación.

Actividades propuestas

Dado el carácter de introducción que tienen los contenidos de esta Unidad, lo más adecuado es que se realice una discusión y reflexión en grupo seguida de un resumen de las ideas más importantes.

Unidad didáctica 2.

LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO

Con esta Unidad se inicia el estudio de la estructura de la materia y su diversidad. En ella se presentan los modelos atómicos y la clasificación periódica de los elementos, sentando las bases para el estudio posterior de la unión entre dichos elementos para formar las distintas sustancias químicas. Se intenta, a partir de una visión histórica de las diferentes teorías sobre la estructura de la materia, hacer una reflexión sobre la necesidad del científico de proponer modelos que expliquen dicha estructura y sobre cómo se produce el cambio de una teoría a otra.

Objetivos didácticos

Al final de la Unidad se pretende que el alumno sea capaz de:

1. Distinguir entre las distintas filosofías que inspiran los modelos clásicos y el modelo mecano-cuántico, valorando los aportes de la física moderna al estudio de la constitución de la materia.
2. Comprender el concepto de modelo y valorar el papel que cumple en el desarrollo de nuevas teorías científicas.
3. Comprender el papel que en la evolución de la ciencia tienen tanto la resolución de problemas dentro del marco de una teoría como las modificaciones que llevan a la sustitución de una teoría por otra.
4. Aplicar los conceptos, principios y teorías desarrollados a la explicación cualitativa de las propiedades de los distintos átomos en función de sus configuraciones electrónicas, relacionándolas con su posición en el sistema periódico.
5. Distinguir razonadamente entre las configuraciones de estados fundamentales, estados excitados, átomos neutros e iones.
6. Comparar de forma razonada la tendencia a ganar o perder electrones de los distintos elementos químicos.
7. Valorar el papel que el conocimiento de la estructura del átomo ha tenido en el desarrollo de la ciencia, en las aplicaciones tecnológicas y en la sociedad actual.

Contenidos

En esta Unidad se propone desarrollar los siguientes contenidos:

1. Concepto de modelo y su papel en el estudio de la estructura del átomo. Reflexión sobre la gran revolución que a lo largo del primer cuarto del siglo XX experimentan las teorías acerca de la estructura y comportamiento de la materia.

2. Estudio cualitativo del modelo atómico de Bóhr. Sus aportaciones a la ciencia y a la explicación de los espectros.
3. Aportaciones de la física moderna (principio de indeterminación y dualidad onda-corpúsculo) y necesidad de introducción del modelo mecanocuántico. Diferencias y analogías con el modelo de Bóhr.
4. Concepto de orbital y aplicación del modelo mecanocuántico, de forma cualitativa, a la explicación del átomo de hidrógeno. Significado físico de los números cuánticos. Aplicación a la determinación de la estructura electrónica del resto de los átomos.
5. Papel que han tenido en el desarrollo de la ciencia los distintos intentos de clasificar los elementos químicos. Estructura del sistema periódico actual a partir de las configuraciones electrónicas y relación entre éstas y las distintas propiedades periódicas.
6. Estudio cualitativo de la tendencia a ganar o perder electrones de un átomo.
7. Interpretación de la información que suministra la configuración electrónica de un elemento, utilizándola para estudiar sus propiedades y compararlas con las de otros elementos.
8. Manejo del sistema periódico, de forma que el alumno extraiga toda la información que proporciona, utilizándola en el estudio de las propiedades de los distintos elementos.
9. Formulación de hipótesis sobre el comportamiento de los distintos elementos a partir de sus configuraciones electrónicas y de su posición en el sistema periódico.
10. Reflexión sobre la gran revolución que a lo largo del primer cuarto de siglo experimentan las teorías acerca de la estructura y comportamiento de la materia, valorando su influencia en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y el modo de vida en la sociedad actual.

Orientaciones didácticas

El alto nivel de abstracción de los conceptos manejados en esta Unidad hace que su didáctica sea bastante compleja. Los estudios realizados sobre la comprensión de estos conceptos, tanto con estudiantes de este nivel como universitarios, muestran su grado de dificultad y el peligro de que la propia enseñanza ayude a formar ideas erróneas difíciles de erradicar. Algunos autores consideran que esta situación se ve favorecida por la utilización de demasiados desarrollos matemáticos, frente a los aspectos cualitativos de los conceptos. Por ello, sería conveniente utilizar lo menos posible dichos desarrollos y aumentar el número de actividades en las que el alumno tenga que enfrentarse de forma razonada a cuestiones teóricas o de aplicación cualitativa de dichos conceptos.

Las investigaciones sobre comprensión y utilización de los modelos atómicos muestran que los modelos planetarios (el modelo de Bóhr, en concreto) son muy persistentes frente al modelo mecanocuántico. Es una situación bastante lógica si se tiene en cuenta la necesidad del alumno de encontrar algo, conocido para él, con lo que pueda conectar los conceptos y problemas que se le plantean. Los modelos planetarios que describen la trayectoria y posición del electrón cumplen este requisito, frente al modelo mecanocuántico de carácter mucho más abstracto. Esta situación deberá tenerse muy en cuenta y para enfrentarse a ella podrían diseñarse actividades en las que el alumno retome desde el punto de vista mecanocuántico los problemas que ha trabajado desde los modelos clásicos. Por ejemplo, entre otras cosas, puede sugerirse que se realicen ejercicios en los que se expliquen los espectros con un tratamiento mecanocuántico (aunque sólo sea utilizando el lenguaje propio de este modelo: orbitales, números cuánticos, etc.).

Una dificultad que se ha señalado a la hora de comprender el modelo mecanocuántico es que los estudiantes centran sus ideas en las formas, tamaños y orientaciones de los orbitales, en vez de centrarse en el concepto. Fijan su atención en las representaciones que hacemos. Es un problema,

pero es un peligro que hay que correr. Para comprender conceptos con tal nivel de abstracción es necesario que el alumno los conecte con algo más concreto, en este caso las representaciones gráficas. Sin embargo, es un hecho a tener en cuenta en las explicaciones y actividades que se realicen.

Un hecho probablemente relacionado con lo que se describe en los dos últimos apartados es el considerar la órbita o el orbital, según el modelo del que se trate, como un soporte físico del electrón, una especie de pista sobre la que éste se mueve o, simplemente, se sitúa en forma estática. Esto refleja la tendencia del alumno a relacionar los nuevos conceptos con aquello que ya conoce y le resulta más familiar, en este caso el mundo que le rodea. Es importante y debe tenerse también en cuenta a la hora de planificar actividades.

Actividades propuestas

1. Realización de ejercicios en los que el alumno deba explicar algunas propiedades de la materia (por ejemplo, la formación de los espectros) a partir de los diferentes modelos atómicos, estableciendo comparaciones entre ellos.
2. Problemas en los que el alumno deba comparar y emitir hipótesis sobre las propiedades de distintos elementos.
3. Búsqueda de información sobre los distintos avances científicos y tecnológicos que han hecho posible las nuevas teorías sobre la materia (por ejemplo, la precisión en las medidas de tiempo y longitud, los semiconductores, el láser, etc.). A su vez, puede pedirse una valoración crítica sobre el papel que estos avances han tenido en la sociedad actual.
4. Observación cualitativa de espectros. Se propone que el alumno observe algunos espectros visibles (tanto con lámparas de descarga como calentando sustancias a la llama) y los compare de forma cualitativa, estableciendo las diferencias, con los obtenidos de la luz del Sol y de la luz de los tubos fluorescentes del laboratorio o el aula. A su vez, sería conveniente que se discutiera el funcionamiento del espectroscopio escolar y se utilizaran otros medios para observar los espectros (por ejemplo, los espectroscopios de geólogo y las redes de difracción de los equipos de óptica).
5. Utilización de vídeos didácticos. Por ejemplo, resultan adecuados los vídeos de la serie el Universo Mecánico, 1985 (distribuidos por Arait Multimedia S.A.): «Experimento de Millikan», «El átomo», «Ondas y corpúsculos» y «De los átomos a los quarks». También puede utilizarse el vídeo «La energía atómica» de la serie Enciclopedia Británica (distribuido por el M. E. C.).

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Actividades en las que el alumno tenga que interpretar la información que proporciona la configuración electrónica de los elementos y su posición en el sistema periódico, comparándolos entre sí y formulando hipótesis sobre sus propiedades.
2. Para evaluar si los alumnos son conscientes de la necesidad del científico de proponer modelos y construir teorías, y del papel que éstas tienen en el avance de la ciencia, puede sugerirse la utilización de actividades en las que se comparen dos modelos, reales o ficticios, en los que tengan que valorar los cambios que suponen uno frente al otro y los efectos que pueden producir en la sociedad (aplicaciones técnicas, manera de pensar, etc.).
3. Trabajos bibliográficos sobre algunas de las personas que más influencia han tenido en el desarrollo de las teorías sobre la estructura de la materia (Rutherford, Böhr, Planck, etc.), situándolos históricamente y valorando su papel en la sociedad y en el desarrollo de la ciencia.

Unidad didáctica 3.

EL ENLACE QUÍMICO Y LAS PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS

Tras el estudio de la estructura del átomo y de los distintos tipos de átomos conocidos, en esta Unidad se presenta la forma en que se combinan entre sí para formar compuestos. El estudio de la unión química entre los átomos, los enlaces, nos permitirá explicar las distintas propiedades de las sustancias y su gran diversidad.

Objetivos didácticos

Al finalizar la Unidad didáctica los alumnos deben ser capaces de:

1. Comparar de forma razonada las características de los distintos tipos de enlace.
2. Distinguir entre los conceptos de molécula, macromolécula, red iónica y red metálica.
3. Predecir el tipo de enlace de una sustancia en función de la tendencia a ganar o perder electrones de los átomos que la forman.
4. Formular hipótesis sobre las propiedades esperadas para un compuesto y establecer comparaciones entre dos o más compuestos en función de las características de sus enlaces.
5. Desarrollar las estructuras de Lewis de los compuestos covalentes y a partir de ellas explicar la geometría de moléculas sencillas.
6. Utilizar correctamente la nomenclatura de los compuestos inorgánicos.
7. Valorar el papel de las teorías sobre el enlace químico en el estudio de las propiedades de la materia.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad son los siguientes:

1. Concepto de enlace como interacción entre átomos, iones o moléculas, para formar estructuras más estables desde el punto de vista energético.
2. Estudio del enlace entre átomos en función de la tendencia (fundamentada en el potencial de ionización y la afinidad electrónica) a ganar o perder electrones de los átomos, estableciendo un criterio de distinción entre enlaces iónicos, covalentes y metálicos.
3. Enlace iónico. Estudio cualitativo de las redes cristalinas, de sus características (energía reticular e índice de coordinación) y, sin entrar en los tipos de redes, de los factores que afectan a su formación.
4. Interpretación de las propiedades de los compuestos iónicos en función de las características de la red cristalina.
5. Formación de los enlaces covalentes a partir de la compartición de electrones, utilizando el modelo de solapamiento de orbitales.
6. Manejo de las estructuras de Lewis como sistema de representación de los enlaces covalentes.
7. Interpretación de la geometría de moléculas sencillas por medio del modelo de repulsión de pares de electrones, tomando como base las estructuras de Lewis.³

³ No es necesario llegar a introducir las hibridaciones. En caso de que el profesor decida utilizarlas, lo más adecuado sería limitarse a moléculas sencillas, por ejemplo: amoníaco, agua, metano, etc.

8. Concepto de polaridad de un enlace covalente basado en la mayor o menor tendencia a atraer electrones de los átomos que lo forman.
9. Formulación de hipótesis sobre la formación de enlaces intermoleculares y sobre las propiedades físicas de los compuestos covalentes, a partir de la geometría de los compuestos y de la polaridad de los enlaces.
10. Propiedades de los compuestos covalentes. Formación de macromoléculas.
11. Enlace metálico y sus propiedades a partir del modelo clásico (modelo del «gas electrónico»).
12. Necesidad de la teoría de bandas (introducción a un nivel cualitativo y sumamente elemental) para poder explicar algunas propiedades de los metales.
13. Revisión y ampliación, si es necesario, de la nomenclatura utilizada en química inorgánica.
14. Comparación de las propiedades de las sustancias en función de los distintos tipos de enlace.
15. Predicción de las fórmulas de compuestos sencillos y formulación de hipótesis sobre sus propiedades, a partir de los átomos que intervienen en la molécula y de sus posiciones en el sistema periódico.
16. Estudio de las propiedades del agua en función de la estructura de su molécula y valoración de su papel fundamental en la sociedad, la industria y el medio ambiente.

Orientaciones didácticas

Todo lo comentado en la Unidad anterior sobre el alto nivel de abstracción de los conceptos implicados y el peligro de que la propia enseñanza genere conceptos erróneos, es válido para el estudio del enlace químico. Así, por ejemplo, se ha detectado que en bastantes ocasiones los alumnos entienden que el par de electrones de un enlace covalente (por ejemplo, en la molécula de hidrógeno) se encuentra situado entre los dos átomos. Esta idea parece que viene generada por la representación que se hace del enlace a partir de las estructuras de Lewis. Por ello, en el desarrollo de esta Unidad, se propone la introducción del enlace covalente directamente a partir del solapamiento de las nubes electrónicas, presentando las estructuras de Lewis como un sistema de representación auxiliar. Esta presentación, apoyada en el concepto de densidad electrónica, puede ayudar al profesor a luchar contra dicho problema.

En cuanto a los tipos de enlace, la mecánica cuántica no hace distinción entre tipos de enlace. Sin embargo, a pesar de esta influencia unificadora, durante bastante tiempo ha sido muy útil para los químicos la distinción entre los tres tipos de enlaces interatómicos. En el nivel que nos ocupa, con estudiantes que están iniciándose en el estudio de la química, aunque nos aproximemos a la relación entre los tres tipos de enlace a través de propiedades como la tendencia a ganar o perder electrones de los átomos, parece más didáctico mantener una clara distinción entre ellos. Los modelos más clásicos resultan mucho más intuitivos, o por lo menos más asequibles, para los alumnos.

Actividades propuestas

1. Ejercicios en los que el alumno deba explicar, comparar o predecir las propiedades de diversas sustancias en función de las características de sus enlaces y, al revés, predecir el tipo de enlace en función de sus propiedades.
2. Búsqueda de información sobre las características de sustancias de interés (por ejemplo, el agua o el cloruro de sodio) estableciendo relaciones con el tipo de enlace que presentan en su estructura.

3. Experiencias de laboratorio. Por ejemplo, el estudio cualitativo de las propiedades de sustancias con diferentes tipos de enlace. Las propiedades a estudiar, entre otras, pueden ser: aspecto y estado físico, solubilidad en distintos disolventes, conductividad en estado puro y en disolución, etc. Esta actividad puede utilizarse como introducción a la Unidad⁴, o bien como ilustración y resumen de las propiedades de los distintos tipos de sustancias.
4. Utilización de vídeos didácticos. Por ejemplo, podrían resultar adecuados los vídeos: «Evidencias de la teoría atómico molecular» (serie Enciclopedia Británica, distribuido por el M. E. C.); «Estructura y propiedades de los metales» (Didascalía, 1987); «Estructura y propiedades del cloruro sódico» (Didascalía, 1987); y «Formas y polaridades de las moléculas» (Serie Química. Chemical Material Study, Universidad de California).

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Actividades en las que el alumno deba predecir o comparar de forma razonada las propiedades de varios compuestos en función de los enlaces que presenten. También, puede pedírsele que formule hipótesis sobre el tipo de enlace de un compuesto en función de las propiedades observadas.
2. Actividades en las que el alumno deba de aplicar las estructuras de Lewis a la descripción de la geometría de una molécula y, a partir de ésta, interpretar algunas de sus propiedades.
3. Actividades en las que el alumno deba hacer una valoración crítica del papel que las teorías sobre los enlaces tienen en la comprensión y explicación de la diversidad de la materia y sus aplicaciones.
4. Diseño de una experiencia para determinar el tipo de enlace de una sustancia.
5. Elaboración de un informe escrito o resolución de algunas cuestiones sobre alguno de los vídeos vistos.

Unidad didáctica 4.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS

Esta Unidad, aunque separada de la anterior, debe entenderse como una aplicación a casos concretos de los conceptos que en ella se desarrollan. Se pretende mostrar la importancia y extensión de la química orgánica. Aunque, dejando claro que, a pesar de sus características propias y diferenciadoras, es una parte más de la química a la que se pueden aplicar los modelos sobre la materia estudiados en las unidades anteriores y los principios y leyes que se estudiarán más adelante.

Objetivos didácticos

Al finalizar la Unidad se pretende que el alumno sea capaz de:

1. Situar los contenidos de la química orgánica en relación al resto de la química.
2. Aplicar las teorías y conceptos sobre el enlace químico a la comprensión de la estructura y propiedades de los compuestos orgánicos.
3. Conocer algunas de las aplicaciones más importantes de los compuestos orgánicos más característicos.

4. En este caso, sería conveniente que los alumnos previamente hayan formulado hipótesis sobre las propiedades esperadas para las sustancias elegidas.

4. Enumerar los compuestos isómeros que responden a una misma fórmula molecular y desarrollar su estructura.
5. Utilizar correctamente la nomenclatura de los compuestos orgánicos.
6. Comprender los conceptos de polímero y macromolécula y conocer algunos ejemplos importantes, así como sus usos y aplicaciones.
7. Valorar el papel que los polímeros orgánicos tienen en el desarrollo de la vida moderna, tanto desde el punto de vista industrial como desde el social y medioambiental.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad son los siguientes:

1. Valoración de la posición que ocupa la química orgánica dentro de la química.
2. El átomo de carbono y la formación de enlaces covalentes, posibilidad de formar largas cadenas.
3. Aplicación de las teorías sobre el enlace covalente al estudio de la geometría de los compuestos orgánicos.
4. Estudio de las principales funciones orgánicas: hidrocarburos, funciones oxigenadas y funciones nitrogenadas.
5. Descripción de las propiedades físicas y aplicaciones más importantes de los distintos compuestos orgánicos (tanto químicas como industriales y de la vida cotidiana), exceptuando aquellos que se desarrollen en unidades posteriores.
6. Interpretación de las diferencias en las propiedades físicas de las principales funciones orgánicas a partir de la estructura de sus enlaces.
7. Concepto de isomería aplicado a los siguientes casos: función, posición y cadena (en todo caso, se puede hacer alguna referencia a la isomería geométrica).
8. Formulación de los compuestos isómeros que responden a una fórmula molecular dada (aplicado a compuestos sencillos).
9. Aproximación al estudio, desde el punto de vista de su estructura, de las macromoléculas de interés biológico.
10. Concepto de polímero y distinción entre los tres tipos fundamentales (fibras, cauchos y plásticos).
11. Reflexión crítica sobre la mejora de calidad de vida que supone la sustitución de los materiales tradicionales (metales, madera, etc.) por estos nuevos materiales (los polímeros) y su coste social (por ejemplo, la crisis del acero) y medioambiental (residuos, contaminación, etc.).

Orientaciones didácticas

En esta Unidad no se hace referencia a las reacciones químicas de estos compuestos ni a los procesos de formación, esto se tratará en unidades posteriores. Sin embargo, sí parece conveniente resaltar algo que tradicionalmente ha estado un poco abandonado en los currículos de secundaria: las propiedades físicas de los compuestos orgánicos.

Por otra parte, se propone que el estudio de las macromoléculas de interés biológico se centre en el estudio de las proteínas. Esta decisión se ha tomado porque en este tipo de sustancias parece

más fácil comprender el concepto de macromolécula. Siempre que se trabaje con aminoácidos sencillos, las proteínas se reducen a la repetición de éstos unidos mediante enlaces peptídicos. Sin embargo, cuando se trabaja con polisacáridos o con ácidos nucleicos, aparecen en las cadenas más funciones diferentes que distraen la atención del alumno de lo que es la estructura fundamental de la macromolécula.

Actividades propuestas

1. Ejercicios en los que el alumno tenga que escribir la estructura de compuestos isómeros a partir de su fórmula molecular, comparando su estructura y formulando hipótesis sobre la similitud y diferencia de sus propiedades físicas.
2. Búsqueda de información sobre un polímero de interés (por ejemplo, el polietileno), sus propiedades y sus aplicaciones.
3. Obtención de un polímero en el laboratorio. Por ejemplo, el proceso de disolución de la celulosa y su posterior regeneración por precipitación con ácido sulfúrico.
4. Estudio de las propiedades de algunos compuestos orgánicos. Esta experiencia se propone como iniciación a la Unidad o como ilustración de lo estudiado. Consistiría en estudiar las propiedades (de forma similar a lo que se hizo en la Unidad anterior) de algunos compuestos orgánicos o, incluso, algún polímero.
5. Utilización de videos didácticos. Se sugieren, por ejemplo: «Elastómeros, propiedades y modelos» (Open University, 1984) y «Moléculas orgánicas en acción» (Open University, 1984).
6. Pequeña investigación sobre los plásticos fotodegradables: intensidad de la luz necesaria, tiempo medio que tarda en degradarse, etc.

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Ejercicios en los que el alumno tenga que escribir la estructura de compuestos isómeros a partir de su fórmula molecular y nombrarlos correctamente, comparando su estructura y formulando hipótesis sobre la similitud y diferencia de sus propiedades físicas.
2. Ejercicios en los que a partir de las propiedades de un polímero formule hipótesis sobre si se trata de un plástico, un caucho o una fibra, así como sobre sus aplicaciones más probables.
3. Actividades en las que el alumno valore la incidencia que la introducción de un material nuevo, o la eliminación de alguno de los polímeros de uso común, puede tener en los comportamientos sociales, en la industria y en el medio ambiente.

Unidad didáctica 5.

LAS REACCIONES QUÍMICAS Y SUS IMPLICACIONES ENERGÉTICAS

Esta Unidad sirve como introducción al segundo bloque de contenidos (Las transformaciones de la materia), planteando la necesidad que tiene el hombre de transformar la materia para obtener nuevos materiales, y cómo lo hace por medio de reacciones químicas. Esta transformación, normalmente necesita de energía y esa energía se obtiene, en la mayoría de los casos, a partir de otras reacciones. En la Unidad se desarrollan los aspectos energéticos de las reacciones químicas.

Objetivos didácticos

Al finalizar el estudio de esta Unidad el alumno debe ser capaz de:

1. Interpretar las reacciones químicas en términos de reordenación de átomos y rotura y formación de enlaces.
2. Comparar las diferencias entre los estados inicial y final de un sistema en términos energéticos. Distinguir entre reacciones endotérmicas y exotérmicas.
3. Comprender y aplicar el concepto de entalpía.
4. Aplicar la ley de Hess a distintos procesos químicos.
5. Interpretar las variables energéticas de una reacción para predecir su espontaneidad.
6. Conocer las características y propiedades más importantes de los hidrocarburos.
7. Valorar de forma crítica la necesidad que tiene el hombre de obtener energía y los problemas medioambientales que las reacciones de combustión provocan.
8. Diferenciar entre los procesos químicos que tienen lugar en la industria y la vida cotidiana y aquellos que se desarrollan en los laboratorios.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad didáctica son los siguientes:

1. La reacción como un proceso en el que se produce una reordenación de los átomos, con rotura de enlaces y formación de otros nuevos.
2. Conceptos de sistema y de energía interna. Diferencias energéticas entre los estados inicial y final de un sistema. Reacciones endotérmicas y exotérmicas.
3. Diferencias entre procesos a presión y volumen constante. Concepto de entalpía aplicado a los procesos más comunes (formación, combustión, etc.).
4. Ley de Hess como una aplicación del primer principio de la termodinámica. Se presentará el ciclo de Born–Haber como un caso particular de dicha ley.
5. Aplicación de la ley de Hess para determinar la entalpía de distintas reacciones químicas.
6. Resolución de problemas y ejercicios en los que se relacionen la estequiometría de una reacción y la energía intercambiada en el proceso.
7. Introducción cualitativa del concepto de entropía.
8. Estudio de los factores que afectan a la espontaneidad de una reacción.
9. Aplicación de la energía libre de Gibbs a la determinación de la espontaneidad de una reacción.
10. Importancia de las reacciones de combustión como medio para obtener la energía necesaria para transformar la materia. Características de estas reacciones.
11. Estudio de los hidrocarburos, centrándonos en los aspectos tecnológicos (por ejemplo, su obtención a partir del petróleo, gas natural, octanaje de las gasolinas, etc.).⁵

5. El estudio de los hidrocarburos está incluido en la Física y Química de 1º de Bachillerato. En este curso puede suprimirse o ampliarse, según convenga.

12. Valoración del efecto de la combustión en el medio ambiente.
13. Importancia de los agentes contaminantes del aire y el problema creado por el exceso de dióxido de carbono, el efecto invernadero.
14. Relación entre la química que se realiza en los laboratorios, la química industrial y la química de los procesos de la vida cotidiana. Vertidos industriales y medio ambiente.

Orientaciones didácticas

Se propone la introducción del concepto de sistema, diferenciando entre sus estados inicial y final. Este concepto puede ayudar a la comprensión de los intercambios energéticos en el transcurso de una reacción, pero fundamentalmente es importante introducirlo con vistas al estudio de los sistemas en equilibrio que se hará más adelante.

El término «calor» ha dado lugar, tanto en física como en química, a muchas controversias sobre su utilización, encontrándose que en muchas ocasiones es utilizado de forma incorrecta. En concreto se ha detectado, entre estudiantes de diversas edades, la idea latente de que el calor es una sustancia material. En química, cuando se escriben ecuaciones termoquímicas, frecuentemente aparece el término «calor» como un término de la ecuación. Esto hace que, en bastantes ocasiones, los estudiantes interpreten el «calor» como una sustancia más que interviene en la reacción, llegando incluso a creer que se «fabrica» la energía. Además, aunque en la mayoría de las reacciones químicas la transferencia de energía tiene lugar porque existe una diferencia de temperatura, no siempre es así y, por tanto, en estos casos no debería hablarse de calor. Por ello, debe cuidarse bastante la introducción de este concepto. Incluso, parece más conveniente y más didáctico sustituir el término «calor de reacción» por los de energía transferida (o intercambiada) y entalpía, según sea necesario.

Por otra parte, la introducción del término entalpía implica hablar de reacciones a presión constante y diferenciarlas de las que tienen lugar a volumen constante. Estos conceptos resultan muchas veces totalmente artificiales para los alumnos. Unas veces porque los profesores los citamos, sin darles después la menor importancia, incluso ni se vuelven a nombrar. Otras, porque no tienen necesidad de volverlos a utilizar. Sin embargo, si queremos que se comprenda, debemos hacer algo para ello. Una posibilidad es buscar que el alumno lo relacione con algún fenómeno de la naturaleza que sea conocido para él y que llame su atención, por ejemplo, relacionándolos con el resultado de la combustión del butano: una llama, cuando tiene lugar a presión constante, o una explosión, a volumen constante.

Actividades propuestas

1. Ejercicios y cuestiones en los que el alumno tenga que aplicar la ley de Hess a diversos procesos.
2. Ejercicios y problemas en los que el alumno tenga que relacionar la entalpía de reacción con la estequiometría de la reacción, calculando la energía obtenida o necesaria para un proceso dado.
3. Estudio del poder calorífico de distintos combustibles. Se trata de que el alumno planifique una pequeña investigación en la que estudie experimentalmente, de forma cuantitativa, el poder calorífico de distintos combustibles valorando su eficacia y coste económico. Esta experiencia puede ayudar a establecer diferencias entre las químicas de laboratorio, industrial y de la vida cotidiana, y a introducir el concepto de rendimiento.
4. Cálculo experimental de la entalpía de una reacción química. Se trataría de realizar un estudio calorimétrico de una reacción química —incluso, los alumnos pueden emitir hipótesis sobre el tipo de reacción, exotérmica o endotérmica, y diseñar su propia experiencia—. Ayudaría a ilustrar algunos de los conceptos desarrollados en la Unidad. Ésta sería una experiencia adecuada para realizar con equipos de Laboratorio Asistido por Ordenador.

5. Utilización de vídeos didácticos. Por ejemplo, «*El efecto invernadero*», perteneciente a la serie *Perspectiva*.
6. Elaboración de un informe sobre los problemas de contaminación del aire creados en su zona por la utilización de combustibles en calefacciones, industrias, automóviles, etc.

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno aplique y relacione los conceptos termodinámicos y las leyes estequiométricas de las reacciones químicas.
2. Actividades en las que, a partir de los datos sobre dos o más combustibles, el alumno los compare y justifique su elección en función de las variables energéticas, económicas y medioambientales.
3. Diseño de experiencias de laboratorio (véanse, por ejemplo, las propuestas anteriormente en las actividades 3 y 4).

Unidad didáctica 6.

REACCIONES CON INTERCAMBIO DE ELECTRONES

En esta Unidad se continúa con el estudio de las transformaciones de la materia introduciendo las reacciones que tienen lugar con intercambio de electrones como un proceso muy común entre las reacciones químicas. Además, se pretende aprovechar esta Unidad para repasar las relaciones estequiométricas estudiadas en el curso anterior.

Objetivos didácticos

Al finalizar el estudio de esta Unidad didáctica el alumno debe ser capaz de:

1. Interpretar la oxidación-reducción como un intercambio de electrones entre especies químicas.
2. Comprender que todo proceso de oxidación va asociado a un proceso de reducción.
3. Ajustar correctamente reacciones de oxidación-reducción.
4. Aplicar las leyes de la estequiometría a estos procesos, incluyendo el cálculo del número de electrones.
5. Predecir qué procesos tendrán lugar de forma espontánea conocidos los potenciales normales de semirreacción.
6. Explicar los procesos que tienen lugar en una pila y en una cuba electrolítica.
7. Valorar, desde el punto de vista técnico e industrial, el problema que supone la corrosión de los metales.
8. Conocer algunos de los principales procesos de oxidación-reducción en química orgánica.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad son los siguientes:

1. Oxidación-reducción como proceso de transferencia de electrones entre dos especies químicas.
2. Utilización del método del ión electrón como sistema de ajuste de las reacciones químicas en las que hay transferencia de electrones.

3. Aplicación de las leyes de la estequiometría (a partir del concepto de mol) a los procesos redox, incluido el cálculo del número de electrones que participan en el proceso.
4. Estudio cualitativo de la mayor o menor tendencia a oxidarse de los metales en presencia de un ácido.
5. Concepto de potencial normal y aplicación para formar una escala de oxidación-reducción.
6. Estudio de algún metal importante (por ejemplo, el hierro): su obtención, la corrosión y forma de protegerlo, y su importancia en la tecnología y la sociedad.
7. Aplicación de los conceptos desarrollados anteriormente al estudio de las pilas y cubas electrolíticas, enfocados como dispositivos que permiten la transformación de energía química en eléctrica y viceversa.
8. Procesos de oxidación y reducción en química orgánica, estableciendo la cadena desde los alcoholes hasta los ácidos y viceversa (sólo si se cree conveniente y a un nivel muy elemental).
9. Relación entre los procesos redox y las cadenas bioquímicas de transporte de electrones, obtención y aprovechamiento de la energía por los seres vivos (sólo si se cree conveniente y a un nivel muy elemental).
10. Importancia de la corrosión de los metales en los procesos industriales (por ejemplo, en la fabricación de automóviles).
11. Realización de experiencias de laboratorio en las que el alumno compruebe algunos procesos electroquímicos habituales (por ejemplo, la constitución y funcionamiento de las pilas eléctricas).

Orientaciones didácticas

Algunos estudios sobre la comprensión de los procesos de transferencia de electrones muestran que los alumnos tienen dificultades a la hora de asociar oxidación y reducción dentro de un mismo proceso. Por ello, es importante dejar claro que toda oxidación implica una reducción, insistiendo en el proceso de intercambio de electrones entre especies químicas. El insistir mucho en este intercambio, puede ser también útil para evitar que los alumnos interpreten la oxidación-reducción como un proceso de intercambio de oxígeno.

En la Unidad se propone utilizar el método del ión-electrón para ajustar las reacciones químicas. La utilización de este método ha provocado ciertas controversias, se ha propuesto que sea sustituido por otros métodos, o que se alternen unos con otros. Sin embargo, parece más didáctico y conveniente seguir utilizándolo ya que refuerza en el alumno la idea de la transferencia de electrones. Por otra parte, también parece más conveniente que el alumno utilice un único método de ajuste hasta que lo domine perfectamente. Ahora bien, es necesario tener cuidado y evitar la creencia de que compuestos y elementos químicos se rigen por principios distintos cuando participan en un proceso redox y cuando lo hacen en un proceso con otro nombre. Es importante señalar y dejar claro que la mayoría de las reacciones químicas son procesos de transferencia de electrones.

Por otra parte, parece conveniente que los cálculos estequiométricos se realicen, al igual que con cualquier reacción, a partir del concepto de mol, eliminando los equivalentes. Este concepto, el equivalente químico, que ha tenido gran importancia en el desarrollo de la química, tiende hoy en día a desaparecer. Algunos estudios señalan que añade grandes dificultades a los alumnos y ningún beneficio. A partir del concepto de mol, los cálculos estequiométricos se ven simplificados y pueden explicarse, de forma coherente y unificada con el resto de la química, todos los procesos que tienen lugar y las leyes que los explican.

Actividades propuestas

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno tenga que ajustar reacciones redox y aplicar las leyes de la estequiometría.
2. Cuestiones en las que, de forma razonada y a partir de los potenciales normales, tenga que escribir las reacciones que tienen lugar entre distintas especies químicas.
3. Búsqueda y ampliación de información por parte del alumno sobre la oxidación de los metales y los sistemas que se utilizan para evitarla.
4. Estudio práctico de la reactividad de distintos metales. Esta experiencia de laboratorio permite construir una escala cualitativa de reactividades de los distintos metales. Puede realizarse estudiando la distintas reactividades de los metales con el agua y los ácidos, o bien la acción de los cationes metálicos sobre otros metales. Previamente se le puede pedir al alumno que formule hipótesis y realice un diseño experimental que le permita comprobarlas.
5. Estructura y funcionamiento de pilas eléctricas. Pueden construirse pilas eléctricas, tanto como experiencia de laboratorio como casera. Esta experiencia puede venir apoyada por la separación y el estudio de los componentes de una pila seca.
6. Procesos electrolíticos. Pueden realizarse diversas experiencias, tanto de laboratorio como caseras, en las que se observen procesos electrolíticos, desde la acción de la corriente sobre el agua acidulada hasta el recubrimiento de un metal.
7. Utilización de videos didácticos, por ejemplo: «Automóviles y corrosión» (Open University, 1984); «Células electroquímicas» (Serie Química. Chemical Education Material Study, Universidad de California) y «La pila eléctrica» (serie El Universo Mecánico, 1985).

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno deba ajustar reacciones redox y aplicar las leyes de la estequiometría.
2. Cuestiones en las que, de forma razonada y a partir de los potenciales normales, tenga que escribir las reacciones que tienen lugar entre distintas especies químicas, señalando cómo podrían llevarse a cabo en el laboratorio.
3. Diseño de una experiencia para comparar los potenciales normales de dos metales.
4. Elaboración de un informe sobre el problema de la oxidación y su incidencia en la seguridad en los distintos medios de transporte que utiliza el hombre: automóviles, barcos, etc.

Unidad didáctica 7.

SISTEMAS EN EQUILIBRIO

En esta Unidad didáctica se continúa el estudio de las transformaciones de la materia iniciado en las unidades anteriores. Se inicia con el estudio de la cinética y del mecanismo de una reacción para terminar aplicando dichos conceptos a los sistemas en equilibrio. En ella se muestran las leyes del equilibrio y cómo pueden explicar diversos fenómenos de la naturaleza y algunos procesos técnicos e industriales.

Objetivos didácticos

Al finalizar el desarrollo de esta Unidad se pretende que los alumnos sean capaces de:

1. Relacionar los aspectos cinéticos de una reacción con los conocimientos que previamente ha adquirido sobre las reacciones químicas.
2. Distinguir entre procesos que tienen lugar en un único sentido y los procesos que conducen a un equilibrio.
3. Comprender que en todo equilibrio, dentro de un mismo sistema, tienen lugar dos procesos que interactúan entre sí.
4. Aplicar razonadamente las leyes y conceptos de la cinética química y del equilibrio a la resolución e interpretación de ejercicios y problemas, tanto cuantitativos como cualitativos.
5. Conocer algunos de los procesos industriales que implican situaciones de equilibrio químico.
6. Transferir sus conocimientos sobre esta parte de la química al estudio de los distintos fenómenos de la naturaleza y de la vida cotidiana.
7. Valorar el efecto que tiene sobre el medio ambiente la alteración de los equilibrios que se dan en la naturaleza.
8. Planificar pequeñas investigaciones sobre los conceptos estudiados.
9. Emitir hipótesis sobre las distintas situaciones problemáticas que se les presenten.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad didáctica son los siguientes:

1. Concepto de velocidad de reacción y estudio de los factores que la modifican.
2. Evolución de una reacción química en términos de la teoría de colisiones: energía de activación y factor estérico.
3. Efecto de un catalizador sobre una reacción. Importancia industrial y biológica.
4. Utilización de los aspectos cinéticos de las reacciones químicas para explicar diversos problemas tecnológicos y de la vida cotidiana.
5. Concepto de sistema y coexistencia de reactivos y productos dentro de un sistema.
6. Concepto de equilibrio químico: ley de acción de masas y factores que afectan al equilibrio (principio de Le Chatelier).
7. Aplicación de la teoría de colisiones al estudio de los equilibrios.
8. Relación entre las constantes K_c y K_p .
9. Aplicación de las leyes de la estequiometría al estudio de la evolución de un equilibrio y al cálculo de la constante.
10. Resolución de ejercicios y problemas en los que el alumno tenga que aplicar los conceptos estudiados.
11. Aplicación de las leyes del equilibrio al estudio de algunos equilibrios de interés industrial y medioambiental.

12. Formulación de hipótesis sobre el efecto que tiene sobre un equilibrio la alteración de las condiciones del sistema, valorando su importancia en la industria y en el medio ambiente.
13. Desarrollo de pequeñas investigaciones planificadas por el alumno.
14. Valoración de la importancia de la cinética de una reacción y de los sistemas en equilibrio en el estudio y resolución de los problemas industriales, medioambientales y de la vida cotidiana.

Orientaciones didácticas

Las investigaciones didácticas muestran que el concepto de equilibrio no resulta nada fácil para los estudiantes. Encuentran bastantes dificultades en comprender que en un mismo sistema coexisten dos procesos inversos que compiten uno frente al otro, cada uno con su propia velocidad. Tienen a interpretar que existen compartimientos independientes para la reacción directa y para la reacción inversa, pero que éstas evolucionan de forma paralela —cuando la velocidad de uno de los procesos aumenta, lo hace también la del proceso contrario—. Es decir, tienen dificultades para comprender la esencia misma del equilibrio químico. También parece que, en algunos casos, estas concepciones se ven inducidas o reforzadas por la enseñanza recibida, por la utilización de ejemplos y analogías poco adecuadas. Por todo ello, es muy importante tener gran cuidado en la elección de dichos ejemplos. Además, parece importante tener bastante cuidado en la introducción del concepto de equilibrio, haciendo hincapié en la reversibilidad del proceso y en la noción de sistema único en el que coexisten reactivos y productos.

Las dificultades a la hora de realizar cálculos estequiométricos son otro punto importante a tener en cuenta. Un error muy frecuente entre los estudiantes es establecer una relación aritmética simple entre las concentraciones y cantidades de sustancia de los reactivos y de los productos, olvidándose de los coeficientes estequiométricos de la reacción. Por otra parte, al aplicar la ley de acción de masas para calcular la constante de equilibrio, a pesar de la palabra «masas», lo que utilizamos son concentraciones. Sin embargo, demasiado frecuentemente, los estudiantes realizan sus cálculos a partir de masas o cantidades de sustancia, olvidando la influencia del volumen del recipiente. Todo ello nos conduce a la necesidad de utilizar suficientes actividades en las que sea necesario utilizar dichos conceptos.

El otro punto que provoca dificultades es el estudio de las alteraciones del equilibrio. Para muchos alumnos la constante —a pesar de su nombre— puede variar aunque la temperatura del sistema no lo haga, generalmente de forma paralela a como lo hagan las cantidades de reactivos. Al contrario, se encuentran también casos de estudiantes que no encuentran ningún inconveniente en que la constante permanezca sin variaciones, aunque la temperatura sí las experimente. Por otra parte, ante las variaciones en la concentración de alguna de las sustancias, se observa que algunos alumnos no comprenden la ley de acción de masas y que el sistema evoluciona como un todo, aumentando la concentración de unos y disminuyendo la de otros. Por ello, resulta necesario plantear suficientes ejercicios en los que el alumno tenga que enfrentarse de forma razonada a todas estas situaciones.

Actividades propuestas

En el capítulo IV se desarrolla esta Unidad didáctica y en él se muestra un amplio catálogo de actividades.

Sugerencias para la evaluación

En el capítulo IV se desarrolla esta Unidad didáctica y en él se proponen diversos tipos de actividades que pueden utilizarse en la evaluación.

Unidad didáctica 8.

EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE

En esta Unidad se introducen los conceptos de ácido y base y se estudian los equilibrios en que participan estos dos tipos de sustancias. La Unidad se plantea como continuación de la anterior, aplicando el concepto de equilibrio al estudio de las disoluciones de ácidos y bases, pudiendo conectarse con la Unidad número 3 (El enlace químico...) a través del proceso de ionización.

Objetivos didácticos

Al finalizar el estudio de esta Unidad el alumno debe ser capaz de:

1. Comprender los conceptos de ácido y base y establecer diferencias entre las propiedades de unos y otros.
2. Explicar el comportamiento de los ácidos y las bases según la teoría de Brønsted-Lowry.
3. Aplicar las leyes del equilibrio al estudio y al cálculo del pH de disoluciones de ácidos, bases y sales.
4. Calcular la concentración de disoluciones de un ácido o una base por medio de una volumetría de neutralización.
5. Valorar y conocer la importancia industrial de los ácidos y su impacto medioambiental.
6. Distinguir empíricamente, a partir de sus propiedades, entre ácidos, bases y sales.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad son los siguientes:

1. Conceptos de ácido y base y estudio de la teoría de Brønsted-Lowry a partir de las limitaciones de la teoría de Arrhenius.
2. Equilibrios de disociación de ácidos y bases en medio acuoso y constante de equilibrio.
3. Concepto de pH y equilibrio de autoionización del agua.
4. Cálculo del pH de disoluciones de ácidos y bases como un ejemplo más de estequiometría en un equilibrio.
5. *Concepto de indicador.*
6. Aplicación del principio de Le Chatelier a la interpretación del equilibrio entre las formas ácidas y sus bases conjugadas en los indicadores.
7. Estudio teórico y experimental de las reacciones entre ácidos y bases.
8. Importancia de las reacciones ácido-base en el análisis cuantitativo.
9. Realización de pequeñas investigaciones cuantitativas.
10. Estudio cualitativo del pH de las disoluciones de sales en agua.
11. Papel de los ácidos en el mundo en que vivimos, importancia industrial y medioambiental.
12. Estudio de algunos ácidos importantes (preferentemente uno orgánico y otro inorgánico, por ejemplo: el ácido nítrico y el ácido acético).

Orientaciones didácticas

El estudio de esta Unidad presenta algunas dificultades para los estudiantes. Se ha observado que el modelo de Arrhenius, para el estudio de las bases, resulta muy persistente y difícil de erradicar, incluso en alumnos universitarios. Por ello sería conveniente que, al desarrollarlo, se haga hincapié en su papel de primera aproximación y se destaque fundamentalmente la teoría de Brønsted–Lowry. Probablemente, también influya en este hecho el que tradicionalmente se trabaje con más ejemplos de ácidos que de bases y que éstas normalmente sean hidróxidos, por lo que convendría buscar un equilibrio en su tratamiento. Por otra parte, se ha detectado bastante tendencia a interpretar que la neutralización se produce cuando el $\text{pH}=7$. Sería conveniente señalar que no siempre es así y poner suficientes ejemplos, tanto teóricos como experimentales, en que no ocurra esto.

Con respecto a los cálculos estequiométricos, en las reacciones de neutralización, aunque tradicionalmente se han empleado los equivalentes, parece más conveniente utilizar, al igual que en las demás unidades los cálculos basados en los moles. El uso de los equivalentes, aunque resulta muy sencillo, favorece un uso mecánico y algorítmico —hoy en día casi exclusivo para estos ejemplos— en detrimento de la interpretación del proceso como una reacción química más.

Actividades propuestas

1. Ejercicios en los que el alumno deba calcular la concentración de las especies que participen en un equilibrio de ionización y el pH de la disolución.
2. Estudio experimental de las reacciones de neutralización. Se trataría de realizar volumetrías entre un ácido y una base, tanto fuertes como débiles. La volumetría puede utilizarse también para calcular la masa molecular de algún compuesto, por ejemplo, el ácido oxálico. Podría además realizarse la valoración de alguna sustancia de uso común, por ejemplo: una aspirina o el vinagre.
3. Propiedades generales de ácidos y bases: indicadores. En esta experiencia se podría estudiar el uso de indicadores ácido–base, tanto de laboratorio como caseros, con distintas sustancias químicas y de la vida cotidiana.
4. Estudio de la variación del pH a lo largo de una volumetría. La experiencia puede realizarse con la ayuda de un pHmetro, utilizando programas de E. A. O que simulen el experimento o, mejor todavía, utilizando un equipo de laboratorio asistido por ordenador.
5. Utilización de vídeos didácticos. Se propone el denominado «*Conceptos de ácido y base*» (UNED, 1987).
6. Búsqueda bibliográfica sobre las propiedades, métodos de obtención y aplicaciones de algunos ácidos de interés.

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno deba aplicar los conceptos de ácido y base al estudio, tanto cualitativo como cuantitativo, de los equilibrios de ionización en disolución y al cálculo del pH de la disolución.
2. Cuestiones en las que el alumno deba formular hipótesis sobre la naturaleza (ácida, básica o neutra) de diversas sustancias y sobre su comportamiento en diversas situaciones a partir de sus propiedades.
3. Diseño y realización de una volumetría.

Unidad didáctica 9.

TRANSFORMACIONES ESPECÍFICAS DE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS

En esta Unidad, continuando con el estudio de las transformaciones de la materia, se pretenden introducir aquellas transformaciones más específicas de las sustancias orgánicas, aquellas que no haya sido posible introducir intercaladas en las unidades anteriores. Además en esta Unidad se estudian las propiedades de algunos compuestos orgánicos no estudiados en unidades anteriores.

Objetivos didácticos

Al finalizar esta Unidad didáctica el alumno debe ser capaz de:

1. Reconocer y describir las reacciones más importantes de los compuestos orgánicos (adición, eliminación y sustitución).
2. Predecir los productos que se obtendrán en cualquiera de dichas reacciones.
3. Relacionar las reacciones orgánicas con algunos procesos industriales.
4. Valorar el papel de dichas reacciones en la transformación de las materias primas y en la obtención de nuevas sustancias.

Contenidos

Los contenidos propuestos para esta Unidad son los siguientes:

1. Reacciones de adición al doble enlace.
2. Importancia de las reacciones de adición en la obtención de nuevos compuestos (síntesis orgánica).
3. Estudio de la reacción de hidrogenación, resaltando la necesidad de un catalizador y explicando su papel en el proceso industrial de endurecimiento de las grasas.
4. Reacciones de eliminación y su papel en la obtención de los alquenos y alquinos.
5. Reacciones de sustitución alifática y obtención de alcoholes y aminas.
6. Obtención en el laboratorio de algunas sustancias orgánicas.
7. Resolución de problemas en los que el alumno tenga que aplicar las distintas reacciones estudiadas.
8. Importancia de la síntesis orgánica en la obtención de nuevas sustancias químicas.

Orientaciones didácticas

En el estudio de este tipo de transformaciones, habrá que tener cuidado en dejar claro que, aunque específicas de la química orgánica, se rigen por las mismas leyes y principios que las demás reacciones. Para ello sería conveniente que se buscara la ocasión de aplicar dichas leyes, por ejemplo, mediante la aplicación de cálculos estequiométricos.

También debe tenerse en cuenta que, aunque a los profesores nos resultan triviales y sencillos, los mecanismos implicados en este tipo de reacciones resultan sumamente complejos para los estudiantes que tienen sus primeros contactos con esta parte de la química. En general, la comprensión de estos mecanismos implica dominar y relacionar entre sí bastantes efectos y conceptos químicos que, en muchas ocasiones, compiten entre sí. En el desarrollo del curso se supone que el

alumno ha ido comprendiendo dichos conceptos, pero sería absurdo pretender que, en tan breve tiempo, sea capaz de establecer entre ellos las relaciones complejas que el estudio de los mecanismos de reacción requiere. Por ello, parece más conveniente tratar este tipo de reacciones de una forma fundamentalmente descriptiva. Ahora bien, ello no implica que, si se cree necesario y se tiene tiempo, no puedan hacerse algunas aproximaciones a dichos mecanismos.

Actividades propuestas

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno tenga que predecir el resultado de la acción de un reactivo sobre un compuesto orgánico. Puede ser interesante la utilización de problemas sencillos de los denominados de «abecedario».
2. Formulación de hipótesis sobre los productos que se pueden obtener a partir de unos reactivos dados.
3. Reacción de algunos compuestos orgánicos con el bromo. El objetivo de esta experiencia es observar el diferente comportamiento de tres compuestos orgánicos (ciclohexano, ciclohexeno y benceno) frente al bromo. El alumno podrá comprobar la diferente reactividad de estos compuestos y observar cómo el ciclohexeno experimenta una reacción de adición, mientras que los otros dos actúan como disolventes.
4. Obtención y propiedades del eteno. Esta experiencia pretende servir de ejemplo de las reacciones de eliminación y de las reacciones de adición. Puede obtenerse el eteno en el laboratorio a partir del etanol. El compuesto obtenido se haría reaccionar con tres sustancias diferentes (agua de bromo, tintura de yodo y una disolución de permanganato de potasio) para ver las distintas reacciones a las que da lugar.

Sugerencias para la evaluación

Entre otras, pueden sugerirse las siguientes actividades para la evaluación:

1. Ejercicios y problemas en los que el alumno deba formular hipótesis sobre la naturaleza o la identidad de diversas sustancias orgánicas a partir de sus reacciones y de sus métodos de obtención.
2. Actividades en las que a partir de los datos (simplificados, si hace falta) de un determinado proceso industrial el alumno deba explicarlo en términos de las reacciones que tienen lugar.
3. Elaboración de un informe sobre el papel de los distintos tipos de reacciones en la síntesis de polímeros artificiales.

Desarrollo de la Unidad didáctica: Sistemas en equilibrio

De entre las nueve unidades programadas se ha elegido ésta, los sistemas en equilibrio, por considerarse que forma el núcleo central de las cinco unidades dedicadas en este curso a las transformaciones de la materia y por ser la más amplia de las nueve en que se ha dividido la materia. Por un lado, es continuación de algunos de los conceptos estudiados en las anteriores y, por otro, sirve de introducción al estudio de los equilibrios entre ácidos y bases. Esta Unidad, por otra parte, tiene unos contenidos específicos y propios de este curso, totalmente nuevos para los alumnos que, tal como se muestra en el apartado siguiente, presentan grandes dificultades en su comprensión.

Normalmente, los alumnos no tienen ideas previas sobre el equilibrio químico al comenzar su estudio, sin embargo, se observa que cuando se enfrentan a este concepto aparecen una serie de errores conceptuales que se repiten frecuentemente y que son difíciles de eliminar. Algunos autores (Johnstone, 1977 y Hackling y Garnett, 1985) señalan que no debemos considerar estas concepciones como ideas espontáneas, sino como ideas inducidas a través de la enseñanza. Se han realizado diversos estudios sobre estas concepciones, la mayoría de ellos con alumnos de 17 y 18 años, que conducen a considerar 8 tipos diferentes de ideas relacionadas con los equilibrios y la velocidad de reacción:

Ideas previas y dificultades de los alumnos

a) Interpretación de la doble flecha.

Cuando un equilibrio aparece desplazado hacia uno de sus miembros se representa dibujando una de las flechas más larga que la otra \rightleftharpoons . En este caso a los alumnos les cuesta aceptar que la velocidad de reacción, al llegar al equilibrio, es la misma en ambos sentidos. En muchos casos interpretan que la longitud de la flecha indica la mayor o menor velocidad del proceso (Johnstone, 1977).

b) Errores en la interpretación de las velocidades de las reacciones directa e inversa.

Se detecta una cierta tendencia a considerar que la velocidad de la reacción directa aumenta con el tiempo (Hackling y Garnett, 1985), produciéndose una asociación entre el concepto de velocidad y la extensión de la reacción (Camacho y Good, 1989). Esto, en algunos casos, podría explicarse teniendo en cuenta la experiencia previa de algunos alumnos con reacciones químicas en las que aparentemente la velocidad de reacción aumenta con el tiempo (por ejemplo, en la reacción del magnesio con un ácido diluido: transcurren unos segundos antes de que se disuelva la capa de óxido de su superficie y empieza la formación rápida de hidrógeno). Cuando se trata de la reacción inversa, el error más típico es considerar que la velocidad de ésta varía de igual forma que la de la

reacción directa (Hackling y Garnett, 1985), si una aumenta también aumenta la otra y viceversa. Parece ser que consideran ambas reacciones como una sola, lo que, según los autores, puede ser debido al énfasis que se pone cuando se estudian las reacciones en procesos que continúan hasta completarse. En muchos casos, se ponen como ejemplos de reacciones reversibles los mismos procesos que se han utilizado anteriormente como irreversibles sin establecer claramente las diferencias entre ellos y sin hacer ningún tipo de referencia a las características del sistema, abierto o cerrado.

c) Compartimentación del equilibrio.

Los alumnos tienen dificultades para comprender que todas las sustancias que intervienen en el equilibrio forman parte de un sistema único. Se observa una cierta tendencia a considerar los dos miembros del equilibrio como compartimentos separados (Johnstone, 1977; Furió y Ortiz, 1983 y Gorodetsky y Gussarsky, 1986), uno para las sustancias del primer miembro y otro para las del segundo miembro. Algunos de estos autores señalan que esto parece indicar una concepción estática del equilibrio, frente a la concepción dinámica. Probablemente, en muchas ocasiones, estas ideas están inducidas por las analogías basadas en ejemplos físicos que se utilizan en la enseñanza y en los libros de texto (por ejemplo, agua que se transfiere entre dos contenedores). Lo que, además, lleva al alumno a considerar la reversibilidad como movimiento físico (va y viene) e induce la idea de que el equilibrio se alcanza cuando todo es igual (Maskill y Cachapuz, 1989), por ejemplo, cuando se igualan las concentraciones de productos y reactivos.

Esta concepción errónea es el origen de unos de los errores más típicos que podemos observar en nuestros alumnos: en muchas ocasiones tratan de explicar la evolución de un sistema en función de cambios aislados (por ejemplo, «...aumentamos la presión en el primer miembro...» o «...disminuimos la temperatura de los productos...», etc.).

d) Confusiones debidas a la estequiometría.

Un error muy frecuente entre los estudiantes es establecer una relación aritmética simple entre las concentraciones de los reactivos y las de los productos (Hackling y Garnett, 1985). Estos autores muestran que, por ejemplo, cuando se estudia el equilibrio



un gran porcentaje de alumnos considera que, en el equilibrio, la concentración de NO es igual a la de NOCl. Este error puede atribuirse a que los alumnos confunden los coeficientes de la reacción con la proporción de las sustancias presentes en el equilibrio.

e) Dificultades masa-concentración.

Los alumnos, en ocasiones, tienen dificultades para distinguir entre la cantidad de sustancia, ya sean masas o moles, y la concentración de ésta (Wheeler y Kass, 1978 y Furió y Ortiz, 1983). Estos mismos autores señalan también las dificultades para comprender que ciertas sustancias (por ejemplo, los sólidos) pueden presentar una concentración fija durante la reacción y en el equilibrio.

f) Dificultades con la constante de equilibrio.

Se ha comprobado que existe un porcentaje relativamente alto de alumnos que considera que, aunque la temperatura no se modifique, la constante de equilibrio puede variar (Wheeler y Kass, 1978; Furió y Ortiz, 1983; Hackling y Garnett, 1985; Gorodetsky y Gussarsky, 1986). Por ejemplo, para el proceso mostrado más arriba (apartado d), se ha observado que una parte de los estudiantes interpreta que la constante de equilibrio crece con el aumento en la concentración de NO, consideran que éste provoca un aumento de la concentración de NOCl. Esto sugiere que los estudiantes

se centran en la variación de la concentración de una sola de las sustancias (NOCl), prescindiendo de los cambios en la concentración de las otras especies implicadas —aumenta la concentración de los productos, pero la de los reactivos permanece sin variación—. Al contrario, también se han encontrado casos de estudiantes que consideran que la constante no varía nunca, aunque lo haga con la temperatura.

Ante un aumento de la concentración de NO, el error más común que se detectó (Hackling y Garnett, 1985) fue considerar que la concentración de NO en el equilibrio se mantendría en el nuevo valor (la cantidad original más la añadida), pero la concentración de cloro disminuiría y la de NOCl aumentaría. Esto indica que algunos alumnos no comprenden la relación entre las sustancias que forman el sistema y que éste evoluciona como un todo, aumentando la concentración de unas y disminuyendo la de otras.

g) Cambio en las condiciones del equilibrio.

Hackling y Garnett (1985) también señalan que, en ocasiones, los alumnos consideran que una alteración del sistema conduce a un cambio en las condiciones del equilibrio. Cuando se les pidió que explicaran cómo se verían afectadas las velocidades de las reacciones directa e inversa al alterar las condiciones del equilibrio, un error muy común era considerar que la velocidad de la reacción favorecida aumentaba, mientras que disminuía la de la otra reacción. Parece que estas interpretaciones están inducidas por la creencia de que la velocidad de la reacción varía para favorecer los cambios esperados al aplicar el Principio de Le Chatelier. Por otra parte, cuando se restablece el equilibrio, aunque la mayoría considera que las velocidades inversa y directa son iguales, unos cuantos consideran que son las mismas que en el equilibrio inicial.

h) Efecto de los catalizadores sobre el equilibrio.

Un error detectado al explicar el efecto de un catalizador fue el considerar que afectaba de forma distinta a la velocidad de la reacción directa y a la velocidad de la reacción inversa. Así, consideran que los catalizadores no afectan a la velocidad de reacción inversa o incluso la hacen disminuir (Johnstone, 1977; Hackling y Garnett, 1985). Esto parece indicar una comprensión incompleta del mecanismo de una reacción y del hecho de que existe un estado de transición común para la reacción directa y para la reacción inversa. Algunas veces también suponen que los catalizadores afectan a la proporción en la que aparecen las concentraciones de productos y reactivos, por tanto, consideran que afectan al equilibrio. Otras veces piensan que el catalizador puede servir para dirigir la reacción en el sentido en que nos interese (Johnstone, 1977).

En definitiva, hemos visto que en el estudio del equilibrio químico aparecen numerosas concepciones erróneas que, como ya dijimos al principio, vienen, en su mayor parte, inducidas por la enseñanza o por una comprensión deficiente de los conceptos previos necesarios para su estudio. Para el desarrollo de este tema es necesario que el alumno comprenda correctamente, tanto en sus aspectos teóricos como en sus aspectos cuantitativos, conceptos como el mol, la concentración, la reacción química, los cálculos estequiométricos, etc. Además, el estudio del equilibrio químico, exige tener muy claras las ideas sobre el mecanismo de una reacción a través de las colisiones moleculares (Maskill y Cachapuz, 1989). Por otra parte, el origen de varios de estos errores y dificultades puede buscarse en algunas de las características propias del pensamiento de los adolescentes. Se observa una tendencia a interpretar los equilibrios mediante una causalidad lineal y en un solo sentido (por ejemplo, cuando actuamos sobre el equilibrio sólo cambia el primer miembro de la reacción, o sólo se altera la velocidad de la reacción directa). Sin embargo, para poder comprender lo que ocurre, los estudiantes necesitan tener en cuenta la interacción entre dos procesos dentro de un mismo sistema (por ejemplo, la velocidad de la reacción directa disminuye mientras que la de la reacción inversa aumenta) y cómo los cambios afectan a todo el sistema.

Objetivos didácticos

Al finalizar el desarrollo de esta Unidad se pretende que los alumnos sean capaces de:

1. Relacionar los aspectos cinéticos de una reacción con los conocimientos que previamente se han adquirido sobre las reacciones químicas.
2. Distinguir entre procesos que tienen lugar en un solo sentido y los procesos que conducen a un equilibrio.
3. Comprender que en todo equilibrio, dentro de un mismo sistema, tienen lugar dos procesos que interactúan entre sí.
- ▶ 4. Aplicar razonadamente las leyes y conceptos de la cinética química y del equilibrio a la resolución e interpretación de ejercicios y problemas, tanto cuantitativos como cualitativos.
5. Conocer algunos de los procesos industriales que implican situaciones de equilibrio químico.
6. Transferir sus conocimientos sobre esta parte de la química al estudio de los distintos fenómenos de la naturaleza y de la vida cotidiana.
7. Valorar el efecto que tiene sobre el medio ambiente la alteración de los equilibrios que se dan en la naturaleza.
8. Planificar pequeñas investigaciones sobre los conceptos estudiados.
9. Emitir hipótesis sobre las distintas situaciones problemáticas que se les presenten.

Estructura y organización de la Unidad

Estructura de la Unidad

La Unidad se ha estructurado a partir de tres conceptos fundamentales —velocidad, mecanismo de la reacción y sistema único con reacción reversible— que conducen al concepto central: el equilibrio químico. A partir de aquí se derivan los aspectos cualitativos y cuantitativos de los equilibrios, para terminar con el estudio de algunas de las interacciones técnica-ciencia-sociedad. Todo ello queda reflejado en el mapa conceptual de la *Figura 2*.

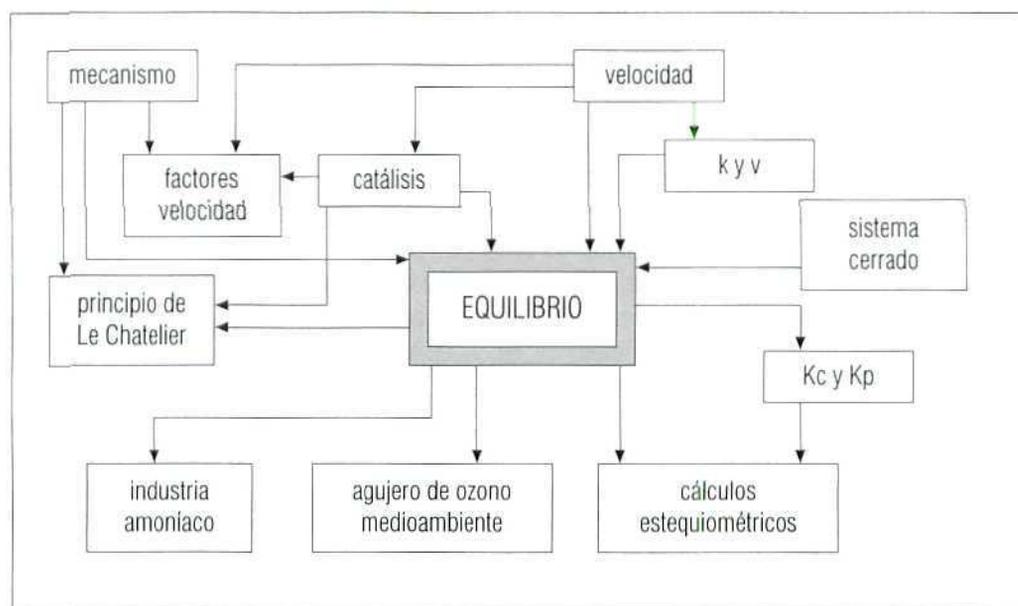


Figura 2: Mapa conceptual de la Unidad.

Justificaciones didácticas

Como se acaba de comentar, el equilibrio químico se introduce a través de tres conceptos, considerados fundamentales para su comprensión: la cinética de una reacción, su mecanismo y la idea de sistema único.

El estudio del equilibrio a partir de la cinética de una reacción, es una opción didáctica tradicional en el desarrollo de los equilibrios, aunque existe un cierto número de químicos que se oponen a ello. Objetan que esta deducción exige conocer cómo tiene lugar la reacción en sus aspectos microscópicos y proponen que se haga de forma independiente de esos aspectos, introduciendo la constante a partir de la termodinámica o empíricamente. En el desarrollo de esta Unidad se ha considerado, a partir de las investigaciones sobre las dificultades que encuentran los alumnos en la comprensión de los equilibrios, que precisamente lo más didáctico es introducir la ley del equilibrio a partir de la cinética, relacionándola con los aspectos microscópicos del desarrollo de la reacción y apoyándose en la noción de sistema único en el que compiten dos reacciones opuestas. De esta forma se pretende facilitar al alumno la comprensión e interpretación de las distintas propiedades de los equilibrios. Ahora bien, debe dejarse claro que la expresión de la constante de equilibrio es una expresión empírica, evitando el deducirla, como se hace en bastantes textos, a partir de las constantes de velocidad —realmente, sólo se cumpliría cuando el proceso directo e inverso transcurren en una sola etapa—.

El tercer aspecto que se ha considerado fundamental para poder entender correctamente los equilibrios químicos es la comprensión de que éstos tienen lugar en un sistema cerrado y único. Sin embargo, como vimos anteriormente, los estudiantes tienen una cierta tendencia a considerar compartimientos independientes, aunque comunicados, para la reacción directa e inversa. Para luchar contra esta concepción se propone hacer un estudio previo de reacciones sencillas en las que, en primer lugar, aparezca un reactivo limitante y, en segundo lugar, se observe qué pasa cuando tienen lugar de forma incompleta. En definitiva, lo que se pretende es acostumbrar a los alumnos a la coexistencia de reactivos y productos en el recipiente en el que tiene lugar la reacción.

Solamente una vez sentadas las bases del proceso se introduce el concepto de equilibrio, la ley que lo gobierna y el estudio de los factores que afectan a dicho equilibrio. Posteriormente, una vez que el alumno se ha familiarizado con el concepto de equilibrio de forma cualitativa, es cuando puede iniciarse el estudio cuantitativo, la estequiometría del proceso.

Por último, en la Unidad se propone, el estudio de algunas de las interacciones ciencia–tecnología–sociedad. Para ello se introducen algunos de los procesos industriales o fenómenos de la naturaleza en los que existen equilibrios.

Organización y materiales

La Unidad está organizada en dos apartados. En el primero, *organización y secuencia de los contenidos*, se presenta un esquema de su desarrollo con una propuesta de secuencia de los contenidos y de las actividades. No se intenta desarrollar un libro de texto, sino presentar un esquema de cómo está organizada la Unidad y cómo utilizar cada una de las actividades.

En el segundo, se presenta la colección de *materiales didácticos* (ejercicios, problemas, experiencias de laboratorio, actividades complementarios, videos y programas de ordenador) que se propone utilizar para el desarrollo de la Unidad. Evidentemente no es posible utilizar todos los materiales propuestos, queda por tanto al juicio del profesor decidir cuáles le son más útiles y cuáles debe usar en cada caso. Estos materiales están organizados de la siguiente manera:

— Actividades

Un conjunto de cuestiones, ejercicios y problemas que forman la base de la Unidad. Algunas son utilizadas como medio para introducir los distintos conceptos, otras son ejercicios que

sirven para familiarizar al alumno en la utilización de determinados procedimientos y, por último, aparecen problemas en los que el alumno debe emitir hipótesis y relacionar unos conceptos con otros. Como ya se ha dicho, son ejemplos de posibles actividades y, por tanto, el profesor deberá seleccionar las que le sean más útiles o, incluso, diseñar otras nuevas más apropiadas para sus necesidades.

— **Materiales complementarios**

Son actividades organizadas en forma de lecturas, que sirven para trabajar contenidos muy concretos. En todos los casos aparecen cuestiones para que trabaje el alumno.

— **Experiencias**

Se presentan tres experiencias. Según las características de cada una, pueden organizarse como experiencias de cátedra (realizada por el profesor o filmada en vídeo), experiencias caseras, prácticas de laboratorio o prácticas de laboratorio asistido por ordenador.

— **Videos didácticos**

Se sugiere una lista de videos didácticos que pueden ser utilizados tanto de introducción al tema o alguno de sus apartados, como de síntesis después de haberlos desarrollado. Se sugieren también algunos que pueden servir para ampliar conocimientos. En ningún caso se indica en la Unidad el momento en que deben ser introducidos, dejando al profesor la decisión de cuáles utilizar, cómo y cuándo hacerlo.

— **Programas de E. A. O.**

Se presenta un programa de enseñanza asistida por ordenador que simula las condiciones de equilibrio en reacciones entre gases. Además presenta una colección de ejercicios que pueden servir para que el alumno practique o como autoevaluación.

El trabajo del profesor y del alumno

Se pretende que en el desarrollo de la Unidad, como ya se comentó en las orientaciones generales y específicas, el alumno tenga un papel activo y protagonista en el aprendizaje, por ello se sugieren numerosas actividades en las que debe discutir con sus compañeros, formular hipótesis, diseñar experiencias, etc. En esta misma línea, en bastantes ocasiones se proponen actividades para que el alumno vaya aproximándose por medio de la reflexión y la discusión en grupo a los diferentes conceptos.

Para el profesor se propone un papel de organizador de las actividades y conductor del aprendizaje, dirigiendo las discusiones y tomando decisiones sobre el momento más adecuado para introducir los distintos contenidos. Todo ello, sin perjuicio de que en determinados momentos adquiera el papel más clásico de transmisor de conocimientos, introduciendo conceptos, desarrollando leyes, resumiendo las ideas más importantes, etc.

Desarrollo y secuencia de los contenidos

En este apartado se presenta una propuesta de organización de los contenidos. Como ya se ha dicho anteriormente, no se pretende desarrollar un libro de texto sino presentar un esquema de cómo está organizada la Unidad y de cómo pueden utilizarse cada una de las actividades propuestas en el apartado siguiente.

Los contenidos de la Unidad se desarrollan agrupados y ordenados siguiendo el siguiente esquema:

- Introducción.
- Aspectos cinéticos de las reacciones químicas.
- Equilibrio químico.
- Alteraciones del equilibrio. Principio de Le Chatelier.
- Aspectos cuantitativos del equilibrio.
- Algunos equilibrios de interés.

En todos los casos, en primer lugar, se fijan los contenidos a desarrollar, distinguiendo entre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; reflexionando a continuación sobre el desarrollo de dichos contenidos y comentando las actividades propuestas (Véase el apartado «Materiales didácticos»).

La lectura de este apartado sólo cobra sentido cuando se compagina con la de las actividades propuestas. Por ello, el autor considera que lo más conveniente es una lectura en paralelo de ambos apartados, relacionando las orientaciones sobre los contenidos con las actividades propuestas en cada caso. Ahora bien, también puede resultar interesante una lectura previa de las actividades para, a continuación, ver el papel que juegan en el desarrollo de la Unidad.

Introducción

Se pretende que el profesor haga una introducción en la que se conecte con lo que se ha estudiado anteriormente. Como puntos fundamentales de la introducción pueden tomarse:

- En unidades anteriores se ha estudiado la estructura de la materia y cómo dicha estructura puede explicar la gran diversidad de sustancias con que nos encontramos.
- Posteriormente se ha trabajado sobre las transformaciones de la materia y cómo tienen lugar.
- Esta Unidad permite seguir estudiando algunos aspectos importantes de dichas transformaciones.

Aspectos cinéticos de las reacciones químicas

En este apartado se desarrollan los siguientes contenidos:

Contenidos

Conceptos

1. Concepto de velocidad y estudio de los factores que la afectan.
2. Evolución de una reacción química en términos de la teoría de colisiones: energía de activación y factor estérico.
3. Catalizadores: concepto y propiedades. Acción de un catalizador sobre una reacción.
4. Aplicaciones industriales, tecnológicas y biológicas de los catalizadores.

Procedimientos

1. Aplicación de los conceptos y leyes de la cinética a la formulación de hipótesis sobre el efecto de diferentes factores en la velocidad de una reacción.
2. Utilización de los conceptos estudiados para explicar diversos fenómenos y problemas tecnológicos y de la vida cotidiana.
3. Planificación, por parte del alumno, de pequeñas investigaciones que permitan estudiar cómo afectan diversos factores a la velocidad de reacción.
4. Resolución de problemas abiertos relacionados con los conceptos desarrollados.

Actitudes

1. Toma de conciencia de la importancia de la velocidad de reacción en los procesos que tienen lugar a nivel industrial, cotidiano y biológico.
2. Valoración de los efectos económicos, sociales y medioambientales de los catalizadores de los automóviles.

Desarrollo de los contenidos y su relación con las actividades

Como introducción puede plantearse que hasta ahora hemos estudiado las transformaciones de la materia fijándonos en las características de los estados inicial y final del sistema. Ahora vamos a estudiar cómo se produce la evolución del sistema, fijándonos en las características del proceso.

a) Concepto de velocidad

Los conceptos a desarrollar en este apartado son:

- Las reacciones químicas pueden tener lugar con diferentes velocidades.
- Concepto y definición de velocidad de reacción.
- Expresión empírica de la velocidad de reacción.

En primer lugar se pretende que el alumno sea consciente de que no todos los procesos químicos tienen lugar con la misma velocidad. Para ello se le pueden presentar diversos ejemplos conocidos para él y discutir las distintas velocidades de los procesos (Actividad A.1), planteando a continuación la importancia de conocer la velocidad de un proceso químico.

Puede intentarse que el alumno se aproxime al concepto de velocidad de reacción mediante la actividad A.2. Para, a continuación, formalizar el concepto de velocidad como: variación de la concentración de una de las sustancias que intervienen en la reacción en función del tiempo. Posteriormente se introducirá la expresión empírica de la velocidad de una reacción y el concepto de constante de velocidad. Ahora bien, debe dejarse claro que se trata de una expresión empírica y que depende del mecanismo de la reacción, que no es lo mismo que la reacción tenga lugar en una o en varias etapas. Como ejemplo puede utilizarse el que se propone en la actividad A.3, dejando claro que es un proceso que tiene lugar en una sola etapa.

b) Mecanismo de la reacción

En este apartado se desarrollan los siguientes conceptos:

- Reacción química como reestructuración de enlaces.
- Modelo de colisiones. Concepto de colisión eficaz: factor estérico y energía de activación.

Para poder explicar cómo varían las velocidades de reacción de los diferentes procesos, es necesario tener una idea de cómo transcurre dicha reacción. Es el momento de introducir el mecanismo de la reacción. Una forma de hacerlo es conectar con la Unidad 5 (Las reacciones químicas y sus implicaciones energéticas) y lo estudiado en el curso anterior mediante la actividad A.4. Esta actividad permite que durante la discusión el profesor introduzca el mecanismo de la reacción en función de la teoría de colisiones, señalando la necesidad de que los choques entre moléculas sean eficaces. Para ello es necesario tener en cuenta la geometría de la colisión (factor estérico) y la energía de activación. La importancia de la posición en que chocan las moléculas puede presentarse sugiriendo diversas posiciones para las moléculas de las sustancias del ejemplo A.4. La energía de activación puede discutirse también con el mismo ejemplo, pero es importante diferenciarla del concepto de entalpía. Para ello, lo más inmediato es trabajar con los diagramas de energía que se introdujeron en la Unidad 5. Puede resultar conveniente que los alumnos realicen ejercicios en los que tengan que distinguir entre dichos conceptos (como ejemplo pueden servir las actividades A.5 y A.6).

c) Factores que afectan a la velocidad de reacción

El estudio de los factores que afectan a la velocidad de reacción puede iniciarse mediante actividades en las que el alumno formule hipótesis sobre qué ocurre en casos concretos (actividades A.7 y A.8). La discusión en clase de las distintas hipótesis servirá para que el profesor introduzca de manera más formal el efecto de cada uno de los factores. Los factores a desarrollar, basándose en el modelo de colisiones, serán:

- Naturaleza y estado físico de los reactivos.
- Concentración de los reactivos.
- Temperatura.
- Presión y volumen del recipiente en que tiene lugar la reacción.

Aparte de las reacciones químicas habituales que se presentan en las actividades, pueden utilizarse ejemplos relacionados con la vida cotidiana:

- Reacción de combustión del butano. Esta reacción, infinitamente lenta a temperatura ambiente, tiene lugar de forma explosiva a temperaturas más altas o cuando se hace saltar una chispa.
- Efecto de la temperatura sobre la conservación de los alimentos. Se pone de manifiesto cómo, en un frigorífico o en un congelador, la velocidad de descomposición de los alimentos se hace más lenta al disminuir la temperatura.

d) Los catalizadores

Los catalizadores pueden introducirse a partir del ejemplo que se describe en la actividad A.9 y de la experiencia E.1. Estas actividades servirán de punto de reflexión para que el profesor introduzca el concepto de catalizador y sus propiedades. Los conceptos a desarrollar son:

- Concepto de catalizador. Propiedades de un catalizador.
- Efecto de un catalizador sobre la energía de activación. Catalizadores positivos y negativos.
- Importancia industrial y biológica de los catalizadores.

En el estudio de los catalizadores, puede hacerse referencia a su importancia en la vida cotidiana. Para ello, el mundo del automóvil nos proporciona dos buenos ejemplos:

- El papel antidetonante (catalizador negativo) del tetraetilplomo (TEP) en la combustión de la gasolina en los motores de explosión.

- Los llamados «automóviles con catalizador» incorporan un convertidor catalítico en el tubo de escape que cataliza los siguientes procesos: la oxidación del monóxido de carbono a dióxido, la oxidación de los restos de hidrocarburos sin quemar y la descomposición de los óxidos de nitrógeno en nitrógeno y oxígeno.

Puede proponerse una actividad en la que el alumno valore la importancia social y medioambiental de este último dispositivo (A. 10). Por último, es importante resaltar la importancia industrial y biológica de los catalizadores. Desde el punto de vista industrial, puede citarse la utilización del óxido de aluminio en el cracking del petróleo o la importancia de la catálisis en la obtención de polímeros, por ejemplo, en la síntesis del polietileno. Desde el punto de vista biológico, debe resaltarse el papel de los llamados «catalizadores biológicos», los enzimas, en los procesos bioquímicos.

Como término del estudio de la cinética de una reacción, deben proponerse actividades en las que el alumno utilice sus conocimientos en la interpretación de diversos fenómenos y en la resolución de problemas. A título de ejemplo se sugieren las actividades A. 11 a A. 16. Además podría realizarse alguna experiencia de laboratorio (E. 2) en la que el alumno estudie los factores que afectan a la velocidad de una reacción. Esta actividad, en la que el alumno debe diseñar su propia experiencia, se propone como final del estudio de la cinética de una reacción química. Ahora bien, también puede utilizarse como actividad introductoria.

Para finalizar, puede sugerirse que el profesor haga una síntesis sobre la evolución de una reacción química, discutiendo la relación entre todos los conceptos implicados: velocidad, espontaneidad, energía de activación, etc.

Equilibrio químico

Contenidos

Conceptos

1. Concepto de reacción reversible como sistema en el que coexisten reactivos y productos.
2. Equilibrio químico y propiedades del equilibrio.
3. Constantes K_p y K_c , relación y propiedades.

Procedimientos

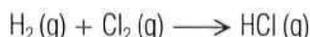
1. Aplicación de la teoría de colisiones a la interpretación del concepto de equilibrio y al estudio de la evolución de un sistema hacia el equilibrio.
2. Utilización del cociente de reacción para estudiar si un sistema está en equilibrio o no y su evolución posterior.
3. Aplicación de la constante de equilibrio a distintos procesos tanto homogéneos como heterogéneos.

Desarrollo de los contenidos y su relación con las actividades

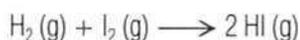
Como ya se ha dicho, el equilibrio químico lo introduciremos a partir de tres conceptos: velocidad de reacción, mecanismo de una reacción y la noción de *sistema en que coexisten productos y reactivos*. Los dos primeros han sido desarrollados en el apartado anterior. El tercero, se desarrolla a continuación.

a) Reacciones reversibles. Sistema único

Puede transmitirse la idea de que hasta ahora hemos considerado que las reacciones químicas transcurren en un solo sentido hasta que se agota uno de los reactivos. Por ejemplo, es el caso de la formación del cloruro de hidrógeno:



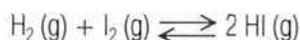
Ahora bien, no siempre es así. ¿Qué ocurre si se detiene antes de que se agoten? Es el caso de la formación del yoduro de hidrógeno, donde el proceso no tiene lugar de forma completa.



Las reacciones incompletas y la idea de sistema en que coexisten reactivos y productos pueden introducirse a partir de la actividad A.17. Puede discutirse el resultado a partir de las siguientes ideas:

- En un mismo sistema pueden coexistir reactivos y productos.
- Esta situación resulta bastante habitual en química, fundamentalmente cuando la reacción puede tener lugar en sentido inverso.

A partir de aquí puede introducirse el concepto de reacción reversible, indicando que la reacción estudiada puede tener lugar en ambos sentidos y escribirse:



Es muy importante establecer claramente el significado de la doble flecha, para ello se sugieren actividades del tipo de la que se presenta en A.18.

b) Concepto de equilibrio químico

En este apartado se pretende introducir el concepto de equilibrio, desde el punto de vista cinético. Los conceptos en los que se basa su desarrollo son los siguientes:

- El equilibrio se alcanza cuando se igualan las velocidades de reacción de los procesos directo e inverso.
- Propiedades del equilibrio.

Retomando la línea marcada en la última actividad, se sugiere que para introducir la noción de equilibrio se parta de la actividad A.19. Con ella, el profesor puede establecer que mientras disminuye la velocidad de una de las reacciones la de la otra aumenta. El equilibrio químico se presenta como la situación en que las dos velocidades se igualan, resaltando su carácter dinámico y único. Puede incidirse sobre el carácter espontáneo de todo equilibrio, cuando se parte de un sistema en el que mezclamos reactivos y productos, aprovechando la actividad A.20, en la que el profesor debe conducir la discusión hacia la evolución del sistema en función de las velocidades de reacción.

Otro punto a tratar es la diferente evolución de un sistema abierto y uno cerrado. Planteando la necesidad de un sistema cerrado, en el que no haya intercambio de materia con el exterior, para que se alcance el equilibrio. Como base para la discusión pueden compararse el ejemplo anterior y el propuesto en la actividad A.21.

c) Constante de equilibrio

En este apartado se introducirán los siguientes conceptos:

- Expresión matemática de la constante de equilibrio. Ley de acción de masas.
- Propiedades de la constante de equilibrio.

- Constante de equilibrio K_p . Relación entre K_c y K_p .
- Valor de la constante en equilibrios heterogéneos.

El profesor puede plantear la necesidad de encontrar una relación matemática entre las concentraciones de las sustancias presentes en el equilibrio. A partir del concepto de equilibrio, desarrollado en el apartado anterior, como igualdad de las velocidades de las reacciones directa e inversa se introducirá relación entre concentraciones de las sustancias presentes en el sistema, la denominada ley de acción de masas, para llegar a la expresión matemática de K_c . Es fundamental señalar que la constante es una propiedad característica del sistema para unas determinadas condiciones, variando cuando varía la temperatura y permaneciendo constante, sean cuales sean las características, si dicha temperatura no varía. Puede ilustrarse la relación entre temperatura y valor de la constante mediante el siguiente ejemplo:



los valores de la constante K_c a distintas temperaturas son los siguientes:

Temperatura	700 K	900 K	1100 K	1300 K
K_c	0,123	0,603	1,45	2,82

La constante K_p puede introducirse como una extensión de la constante de equilibrio a aquellos casos en que intervienen sustancias gaseosas. El profesor debe deducir el valor de K_p y demostrar la relación que existe entre ambas constantes.

A continuación, el alumno debe practicar escribiendo la constante de equilibrio de diferentes procesos (actividades A.23 y A.24). Previamente puede establecerse qué ocurre en los equilibrios heterogéneos, por ejemplo, cuando interviene un sólido. Como ayuda puede servir la actividad A.22.

La constante de equilibrio puede utilizarse para determinar, para cualquier valor dado de las concentraciones iniciales de reactivos y productos, si el sistema está en equilibrio o no. En caso de que no lo esté, puede servirnos para predecir en qué sentido avanzará, en el de la reacción directa o en el de la inversa. Para ello, es conveniente introducir el concepto de cociente de reacción y compararlo con el valor de la constante. Para practicar con este concepto pueden utilizarse ejercicios del tipo que se presenta en la actividad A.25. Es importante resaltar que en este ejercicio se dan cantidades de sustancia y volumen del recipiente, siendo este último de dos litros. En los casos en que ocurra esto, sobre todo en los primeros ejemplos que se utilicen, es conveniente que el volumen no sea de 1 litro para evitar que el alumno confunda los conceptos de cantidad de sustancia y concentración (al ser el volumen 1 l ambas magnitudes coinciden).

Alteraciones del equilibrio. Principio de Le Chatelier

Contenidos

Conceptos

1. Principio de Le Chatelier.

Procedimientos

1. Aplicación de las leyes de la cinética y del equilibrio a la explicación del principio de Le Chatelier.
2. Formulación de hipótesis sobre la evolución de un sistema en el que se ha alterado el equilibrio.

3. Resolución de problemas abiertos en los que deben aplicarse los conceptos estudiados.
4. Diseño de experiencias que permitan comprobar el principio de Le Chatelier.

Actitudes

1. Valorar la importancia del estudio del desplazamiento del equilibrio en el desarrollo tecnológico.

Desarrollo de los contenidos y su relación con las actividades

La idea de que el equilibrio es una situación estable, aunque no estática, del sistema hacia la que evoluciona desde cualquier otra situación más inestable, nos lleva a plantear la pregunta: ¿qué ocurre cuando se altera el equilibrio? La solución nos la proporciona el principio de Le Chatelier.

Para comenzar el apartado, puede plantearse un problema en que el alumno deba predecir qué ocurre cuando se altera la concentración de alguna de las sustancias que participan en un equilibrio (actividad A.26). Esta actividad, discutiéndose tanto desde el punto de vista de la constante como de la teoría de colisiones, debe servir para que el profesor introduzca el principio de Le Chatelier aplicado a cada uno de los siguientes factores: concentración, presión del sistema, variación del volumen del sistema, temperatura y presencia de un catalizador.

Debe dejarse muy claro que, mientras la variación de concentración, presión o volumen desplaza el equilibrio pero no altera el valor de la constante, una variación de la temperatura sí modifica dicho valor. Ahora bien, aunque no se conozcan los valores de la constante de equilibrio a una temperatura dada, el principio de Le Chatelier permite predecir hacia dónde se desplazará el equilibrio ante una modificación de la temperatura. También es muy importante resaltar que un catalizador no altera el equilibrio de ninguna forma, sólo modifica las velocidades de ambos procesos.

Es importante que el alumno realice numerosos ejercicios en los que tenga que predecir cómo afecta una determinada modificación a un equilibrio. Como ejemplo pueden servir las actividades A.27 a A.32. Además, puede realizarse la experiencia de laboratorio E.3 o utilizarse el programa de ordenador que se sugiere en el apartado «Materiales didácticos».

Como punto final de este apartado, puede conectarse con una aplicación práctica del principio de Le Chatelier, por ejemplo, a través de la actividad que se presenta en los complementos (C.1), el funcionamiento de las lámparas halógenas.

Aspectos cuantitativos del equilibrio

Contenidos

Procedimientos

1. Aplicación de las leyes del equilibrio y de las leyes de la estequiometría al estudio cuantitativo de los equilibrios.
2. Realización de ejercicios en los que el alumno tiene que calcular el valor de la constante o las concentraciones de las sustancias presentes en un equilibrio.
3. Estudio cuantitativo de la evolución de un sistema en el que se altera el equilibrio.

Desarrollo de los contenidos y su relación con las actividades

Una vez estudiado el equilibrio de forma cualitativa, es el momento de introducir los aspectos cuantitativos, los cálculos estequiométricos aplicados a un equilibrio. Para familiarizarse con este

tipo de cálculos, los alumnos deben realizar bastantes ejercicios numéricos en los que apliquen los conceptos y leyes que se han estudiado. Estos ejercicios deben estar secuenciados de forma que permitan que el alumno se familiarice poco a poco con los distintos conceptos y procedimientos, añadiendo progresivamente otros nuevos y aumentando el grado de dificultad. Los conceptos tratados en este apartado son:

- Cálculo de las constantes K_c y K_p a partir de las concentraciones en el equilibrio.
- Cálculo de concentraciones en el equilibrio a partir de las concentraciones iniciales, la constante y la estequiometría de la reacción.
- Cálculo de concentraciones en un sistema que evoluciona a partir de una alteración.

La manera más obvia de comenzar este apartado es haciendo que, a partir de situaciones en las que el sistema está ya en equilibrio, el alumno maneje el cálculo de las constantes. Pueden servir de ejemplo las actividades A.33 y A.34. Posteriormente pueden plantearse actividades en las que, a partir de la estequiometría de una reacción, tengan que calcular las concentraciones de las especies presentes en el equilibrio para hallar la constante. Como ejemplo, se presentan tres actividades diferentes (A.35, A.36 y A.37) en las que el alumno tiene que trabajar con moles, con masas y con el % de progreso de la reacción.

El siguiente tipo de ejercicios que pueden plantearse son aquellos en los que a partir de la constante de equilibrio el alumno tiene que calcular las concentraciones de las sustancias presentes en el sistema (actividades A.38, A.39 y A.40). Además se ha añadido la actividad A.41 en la que se presenta un ejercicio en el que no se informa al alumno del volumen del recipiente. Se pretende que la constante de equilibrio quede en función de V y que, mediante la correspondiente discusión en clase, se insista en que la constante se calcula a partir de las concentraciones y no de las cantidades de sustancia.

Para completar este apartado, puede plantearse un conjunto de ejercicios en los que se le pide al alumno que calcule cómo evoluciona un sistema en el que se altera el equilibrio. Como ejemplo pueden tomarse las actividades A.42, A.43 y A.44.

Algunos equilibrios de interés

Contenidos

Conceptos

1. Equilibrio entre el ozono y el oxígeno.
2. Proceso Haber de obtención del amoníaco.
3. Propiedades y aplicaciones del amoníaco.

Procedimientos

1. Formulación de hipótesis sobre la evolución de los equilibrios estudiados.
2. Resolución de problemas en los que el alumno tiene que aplicar los conceptos desarrollados en la Unidad al estudio del ozono y del amoníaco.

Actitudes

1. Importancia del ozono en la vida sobre la Tierra.
2. Necesidad de mantener la capa de ozono para preservar las condiciones de vida sobre la Tierra.

3. Valoración del papel del hombre y de la industria en la alteración del medio ambiente.
4. Importancia de la velocidad y del rendimiento de una reacción en los procesos industriales.

Desarrollo de los contenidos y su relación con las actividades

Con este apartado se pretende dar una visión de la importancia del equilibrio químico en la sociedad actual, tanto en los fenómenos de la naturaleza como en los procesos industriales.

a) El equilibrio ozono-oxígeno.

Ante la importancia creciente que está tomando el problema del agujero de ozono se intenta que el alumno, a partir del equilibrio entre este compuesto y el oxígeno, conozca las propiedades del ozono y valore su importancia medioambiental. Para ello pueden resultar útiles la lectura y las cuestiones que se proponen en la actividad C.2.

b) La obtención industrial del amoníaco

La obtención del amoníaco por el proceso Haber implica un equilibrio químico. Se intenta que el alumno conozca este equilibrio, las dificultades técnicas que presenta y valore el papel de este compuesto en la industria química.

Puede comenzarse el estudio del amoníaco a través de la actividad A.45. Esta actividad dará pie a que el profesor realice un estudio cinético y termodinámico sobre las condiciones industriales en que tiene lugar el proceso (unos 500 °C y de 200 a 1000 atm de presión) y sus dificultades técnicas, valorando la necesidad de obtener un alto rendimiento y una velocidad de reacción alta. Sobre este proceso y sus condiciones pueden realizarse actividades del tipo de las que se presentan en A.46.

A continuación, debe desarrollarse el estudio de las propiedades más importantes del amoníaco, sus aplicaciones y su papel en la industria química. Este estudio puede hacerse de forma expositiva por parte del profesor o por medio de una búsqueda y recopilación de datos por parte del alumno.

Actividades para el alumno

Aspectos cinéticos de las reacciones químicas

A.1 Dados los siguientes procesos:

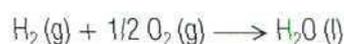
- Oxidación del hierro (en un ambiente seco).
- Oxidación del hierro (en un vaso de agua).
- Combustión del butano.

- a) Escribe las reacciones químicas que tienen lugar.
- b) Ordena los procesos, de más rápido a más lento. Razona la respuesta.
- c) ¿Crees que es importante controlar la velocidad con la que tiene lugar el proceso? Da alguna razón.

A.2 Dado un proceso $A \longrightarrow B$, sugiere en qué magnitudes debemos fijarnos para medir la velocidad de reacción. Introduce una posible definición operativa de velocidad de reacción.

Materiales didácticos

- A.3** Escribe la ecuación ajustada y la expresión de la velocidad de reacción para el proceso de formación del ioduro de hidrógeno.
- A.4** En el mismo proceso de la actividad anterior (formación del ioduro de hidrógeno), identifica qué reestructuraciones de enlaces han tenido lugar. Señala cómo crees que ha tenido lugar el proceso desde el punto de vista microscópico (interacción entre moléculas). ¿Qué condiciones crees necesarias para que se cumpla el proceso?
- A.5** Escribe la reacción de formación del cloruro de hidrógeno (proceso exotérmico) y dibuja, de forma cualitativa, las variaciones de energía potencial que tienen lugar durante el paso de los reactivos a los productos, a través del complejo activado. Señala en el dibujo la energía de activación y la entalpía de la reacción.
- A.6** Repite la actividad anterior (A.5) para el proceso inverso: descomposición del cloruro de hidrógeno en sus elementos.
- A.7** A partir de la reacción de formación del agua (exotérmica)



y basándote en el modelo de colisiones, formula hipótesis sobre cómo afectarán a la velocidad del proceso las siguientes acciones sobre el sistema:

- Un aumento de temperatura.
 - Una disminución de la temperatura.
 - Un aumento de presión provocado por una reducción del volumen del recipiente en que tiene lugar la reacción.
 - El efecto contrario, disminución de presión.
 - Introducir más hidrógeno en el sistema.
 - Introducir más oxígeno.
- A.8** El hierro reacciona con las disoluciones de cloruro de hidrógeno de la siguiente forma:



basándote en el modelo de colisiones, formula hipótesis sobre las diferentes velocidades del proceso en los siguientes pares de situaciones:

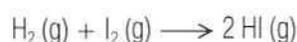
- El hierro en un bloque o el hierro en forma de limaduras.
 - El cloruro de hidrógeno con concentración 0,1 M o con concentración 2 M.
- A.9** Las magnitudes termodinámicas nos indican que, a presión de 1 atmósfera y temperatura ambiente, la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno para formar agua es espontánea. Sin embargo, si mezclamos hidrógeno y oxígeno en un recipiente, podemos dejarlos en contacto durante mucho tiempo sin que la reacción tenga lugar de un modo apreciable; resulta extremadamente lenta. Por otra parte, si se aumenta la temperatura o se hace saltar una chispa, la reacción tiene lugar de forma explosiva; al comunicar la energía de activación necesaria, la reacción es muy rápida. Se ha observado también que, a temperatura ambiente y presión de 1 atmósfera, si se introduce en el recipiente un poco de platino finamente dividido, enseguida empieza a condensarse vapor de agua en las paredes; la reacción tiene lugar con una velocidad apreciable. Al final de este proceso el platino se recupera en las mismas condiciones que al principio.

Basándote en el diagrama energético, formula alguna hipótesis que permita explicar el papel del platino en el aumento de la velocidad de reacción.

- A.10** Discute los efectos positivos y negativos (económicos, sociales y medioambientales) que tiene la incorporación del catalizador a los vehículos a motor.
- A.11** Dada una reacción entre dos gases, $2 \text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}_2$, a temperatura ambiente, razona qué efecto tendrán sobre la velocidad de reacción los siguientes cambios:
- Duplicar la presión.
 - Disminuir el número de moléculas de NO a la mitad.
 - Aumentar la temperatura a volumen constante.
- A.12** Dibuja los diagramas de energía de dos reacciones con la misma variación de entalpía, de forma que una sea rápida y la otra lenta. Razona la respuesta.
- A.13** Explica por qué los alimentos se cuecen más rápidamente en una olla a presión que en una cacerola normal.
- A.14** El dióxido de nitrógeno reacciona con el cloruro de hidrógeno para formar: agua, monóxido de nitrógeno y cloro. Escribe la ecuación de la velocidad y sugiere diversos métodos para hacer que la velocidad del proceso aumente.
- A.15** Para encender los fuegos de gas, normalmente utilizamos una cerilla o un encendedor piezoeléctrico. Sin embargo, parece ser que en algunos países existen otros dispositivos. En el libro «Introducción a la Química» (H. Rossotti, Ed. Salvat, 1985. pág. 249) se describe el siguiente:
- «... una mezcla de gas ciudad y de aire arde cuando le tocamos con una «varita de gases» de uso doméstico. Esta «varita» no contiene un dispositivo que provoque una chispa eléctrica, ni un filamento caliente, sino sólo una varilla de metal finamente dividido...»*
- ¿Cómo crees que funciona la «varita»? Razónalo desde el punto de vista cinético.
- A.16** Discute la importancia que tiene en los procesos industriales el uso de catalizadores.

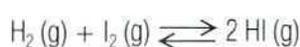
Equilibrio químico

- A.17** El yodo reacciona con el hidrógeno para formar el yoduro de hidrógeno según el siguiente proceso:



Si en un recipiente herméticamente cerrado introducimos 2 moles de yodo y 3 moles de hidrógeno, calcula:

- Cantidad de reactivos sobrantes y de productos obtenidos.
 - Cantidad de reactivos sobrantes y de productos obtenidos si sólo reacciona un 80 % del yodo.
 - En este último caso, ¿qué contiene al final el recipiente en que tiene lugar la reacción?
- A.18** Hemos visto que el proceso anterior puede tener lugar en los dos sentidos



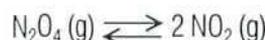
Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:

- Escribe la ecuación de la velocidad para ambas reacciones, directa e inversa.
- Haz un diagrama energético del proceso (exotérmico para la formación del yoduro de hidrógeno) y discute el valor de la energía de activación y de la entalpía para cada una de las reacciones.
- Utilizando la teoría de las colisiones, discute cómo tienen lugar ambas reacciones desde el punto de vista molecular. ¿Qué ocurre en el recipiente cuando coexisten reactivos y productos?

A.19 Con el mismo proceso que en la actividad anterior (A.18) y suponiendo que partimos exclusivamente de hidrógeno y de yodo, contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo varían a lo largo del tiempo las concentraciones de los reactivos? ¿Cómo varía la velocidad de la reacción directa?
- ¿Cómo varían las concentraciones de los productos? ¿Cómo varía la velocidad de la reacción inversa?
- ¿Puede llegar a ser cero la velocidad de la reacción directa?
- ¿Hay algún momento en que se detenga la reacción? ¿Hay algún tipo de equilibrio en el transcurso de la reacción?
- ¿Qué pasaría si partimos exclusivamente de yoduro de hidrógeno?

A.20 El tetraóxido de dinitrógeno se descompone mediante el siguiente equilibrio:



En un recipiente herméticamente cerrado se introducen ciertas cantidades de las dos sustancias. ¿Estará el sistema en equilibrio? ¿Cómo crees que evolucionará? ¿Qué datos necesitarías para contestar?

A.21 ¿Existe equilibrio químico en la combustión del butano de un encendedor? Escribe la reacción química y razona la respuesta.

A.22 La reacción de oxidación del hierro por acción del vapor de agua es un ejemplo de equilibrio heterogéneo:



- A partir del concepto de concentración discute cuál será la concentración de un sólido puro, por ejemplo, el hierro y el tetraóxido de trihierro.
- En función de lo dicho en el apartado anterior razona cómo quedaría la expresión de la constante de equilibrio.

A.23 Escribe las constantes K_c y K_p para los siguientes equilibrios químicos:

- $\text{PCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5 (\text{g})$
- $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{dis.}) \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ (\text{dis.}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{dis.})$
- $\text{Cl}_2 (\text{g}) + \text{CO} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{COCl}_2 (\text{g})$
- $\text{CaCO}_3 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$

A.24 Teniendo en cuenta los estados físicos de cada sustancia, escribe el equilibrio de formación del sulfuro de hidrógeno y la expresión de la constante de equilibrio a las temperaturas: 1000 °C, 200 °C y -100 °C.

Hidrógeno P. F: -259 °C P. Eb: -253 °C

Azufre..... P. F: 115 °C P. Eb: 445 °C

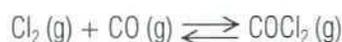
Sulfuro de hidrógeno..... P. F: -85,5 °C P. Eb: -60,7 °C

A.25 En un recipiente de 2 litros de capacidad se introducen 2 moles de hidrógeno, 3 moles de yodo y 4 moles de yoduro de hidrógeno. La constante de equilibrio para la formación del yoduro de hidrógeno, a 698 K, es 54,4.

- ¿Hay equilibrio químico en el interior del recipiente?
- En caso de que no lo haya, indica hacia dónde se desplazará el sistema.

Alteraciones del equilibrio. Principio de Le Chatelier

A.26 En el interior de un recipiente herméticamente cerrado se encuentran en equilibrio tres especies químicas:



Indica razonadamente, de forma cualitativa, qué ocurrirá cuando se rompa el equilibrio aumentando la concentración de cualquiera de las tres especies.

A.27 Dado el equilibrio entre gases ideales:



y sabiendo que la reacción directa es un proceso exotérmico, indica razonadamente cómo le afectan los siguientes cambios:

- Aumento de temperatura.
- Disminución de la presión.
- Aumento de la concentración de nitrógeno.
- Disminución del volumen del recipiente.
- Presencia de un catalizador.

A.28 Demuestra que el equilibrio



no se modifica si modificamos el volumen del recipiente en que tiene lugar el proceso.

A.29 La descomposición del tetraóxido de dinitrógeno en dióxido de nitrógeno es un proceso endotérmico ($\Delta H^\circ = +58,1 \text{ kJ/mol}$). Indica razonadamente cómo se obtendrá el máximo rendimiento en la descomposición, a alta o a baja temperatura.

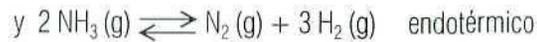
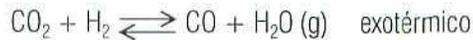
A.30 Dado el siguiente equilibrio



- Formula las expresiones de las constantes de equilibrio K_p y K_c .
- Indica y justifica cómo varían ambas constantes al aumentar la concentración de monóxido de carbono, o al disminuir la concentración de metanol.

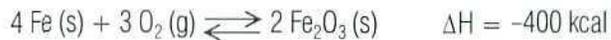
- c) ¿Cómo varían ambas constantes de equilibrio al aumentar la temperatura o al disminuir la presión?

A.31 Dados los equilibrios



- a) ¿Qué podemos hacer para que dichos equilibrios se desplacen hacia la derecha o hacia la izquierda?
- b) ¿Qué relación existe entre K_p y K_c en cada caso?

A.32 El hierro se oxida en presencia de oxígeno según el siguiente equilibrio



Indica razonadamente cómo afectarán al equilibrio y al valor de la constante los siguientes cambios:

- a) Aumentar la cantidad de hierro.
- b) Un aumento de la presión parcial del oxígeno.
- c) Dejar abierto el recipiente en el que tiene lugar la reacción.
- d) Una disminución de la temperatura.

Aspectos cuantitativos del equilibrio

A.33 Para el proceso de formación del amoníaco experimentalmente se observa que, en diversas situaciones de equilibrio (a 500 °C), la composición del sistema es la siguiente:

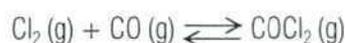
[H ₂] (mol/l)	[N ₂] (mol/l)	[NH ₃] (mol/l)
1,15	0,75	0,261
0,50	1,00	0,087
1,35	1,15	0,412
2,43	1,85	1,27

- a) Calcula el valor de la constante en cada caso.
- b) Discute razonadamente los resultados obtenidos.
- A.34** En el proceso de formación del yoduro de hidrógeno a partir de sus elementos, a la temperatura de 731 K, se observa que el equilibrio se alcanza cuando en el sistema existen las siguientes concentraciones: $0,562 \cdot 10^{-2}$ mol/l de yodo; $0,059 \cdot 10^{-2}$ mol/l de hidrógeno y $1,270 \cdot 10^{-2}$ mol/l de yoduro de hidrógeno. Calcula el valor de K_c y K_p .
- A.35** Al calentar 46 gramos de yodo y 1 gramo de hidrógeno a 450 °C, se alcanza el equilibrio cuando la mezcla contiene 1,9 gramos de yodo. Calcula cuántos moles de cada gas se encuentran presentes en la mezcla en el equilibrio y el valor de K_c .
- A.36** La oxidación del cloruro de hidrógeno a una cierta temperatura tiene lugar mediante el siguiente equilibrio:



En un recipiente de 1 litro de capacidad se introducen 2 moles de cada una de las cuatro sustancias. Una vez alcanzado el equilibrio se analiza el contenido, encontrándose que la concentración de oxígeno es 1,8 moles/l. Calcula la concentración de las otras sustancias en el equilibrio y el valor de las constantes K_c y K_p .

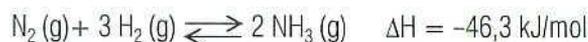
- A.37** Introducimos 7 moles de bromuro de nitrosilo (NOBr) gaseoso en un recipiente de 20 litros de capacidad, a la temperatura de 25 °C. Esta sustancia se descompone en monóxido de nitrógeno (gas) y bromo (gas). Si el grado de disociación es, a esta temperatura, del 34 %, calcula las concentraciones en el equilibrio y el valor de K_p .
- A.38** En el equilibrio cloruro de yodo (g) dando yodo (g) más cloro (g), a cierta temperatura, el valor de K_c es 0,11. Las concentraciones iniciales en mol/l para el cloruro de yodo, yodo y cloro valen 0,20; 0,00 y 0,00, respectivamente. Parte del cloruro de yodo se descompone y el sistema alcanza el equilibrio. ¿Cuál es la concentración de cada especie en el equilibrio?
- A.39** Para la reacción en fase gaseosa entre tricloruro de fósforo y cloro para dar pentacloruro de fósforo, la constante de equilibrio K_c es 49 mol⁻¹·l, a 230 °C. Calcula la composición en el equilibrio a dicha temperatura si se introducen 0,5 moles tanto de tricloruro de fósforo como de cloro en un recipiente de 5 litros.
- A.40** En una reacción de esterificación un ácido orgánico reacciona con un alcohol, formando el ester correspondiente y agua. Se desea obtener 160 g de acetato de etilo a partir de 150 g de ácido acético. Sabiendo que la constante de equilibrio de la reacción de esterificación es igual a 4, calcula los gramos de alcohol etílico que se tendrán que utilizar.
- A.41** El tetraóxido de dinitrógeno es un gas incoloro que se descompone parcialmente en dióxido de nitrógeno gaseoso, que es de color rojizo. Sabiendo que la constante $K_c = 0,125$ mol/l a 25 °C, calcula el porcentaje de tetraóxido disociado en dióxido cuando se encierran 0,03 moles de tetraóxido de dinitrógeno en un recipiente a 25 °C.
- A.42** Cuando el monóxido de carbono y el agua se hacen reaccionar se obtiene dióxido de carbono e hidrógeno. Se alcanza el equilibrio, a una cierta temperatura, cuando las concentraciones de monóxido de carbono, agua e hidrógeno (todos gases) son 0,1 M; 0,02 M; y 0,012 M, respectivamente.
- Calcula la constante de equilibrio a esa temperatura.
 - Si al equilibrio anterior se le añade instantáneamente el dióxido de carbono necesario para alcanzar la concentración 0,02 M, una vez restablecido el equilibrio, ¿cuál será la concentración final de todas las especies?
- A.43** En un recipiente de 30 litros de capacidad se calienta una mezcla de 1 mol de hidrógeno y 1 mol de yodo hasta 448 °C, estableciéndose a esa temperatura un equilibrio entre los dos elementos y el yoduro de hidrógeno formado. Sabiendo que el valor de la constante de equilibrio es 50, determina:
- El número de moles de yodo que quedan sin reaccionar en el equilibrio.
 - Si se introduce 1 mol adicional de hidrógeno en el sistema, ¿qué cantidad de yodo quedará todavía sin reaccionar al alcanzarse de nuevo el equilibrio?
- A.44** En el interior de un recipiente cerrado, provisto de un émbolo que permite fijar su volumen a voluntad, se encuentran en equilibrio tres especies químicas:



Las concentraciones de las tres especies son: Cl_2 2 moles/l; CO 2 moles/l y COCl_2 20 moles/l. ¿Cuál será la nueva composición del sistema si se disminuye el volumen total a la mitad?

Algunos equilibrios de interés

A.45 El amoníaco se obtiene industrialmente por medio del proceso Haber. Este proceso implica el siguiente equilibrio:



Discute cómo habría que actuar sobre dicho equilibrio para conseguir el máximo rendimiento en la obtención de amoníaco.

A.46 Como se ve en la actividad anterior el proceso de obtención del amoníaco es exotérmico. Sin embargo, industrialmente se obtiene a temperatura y presión relativamente elevadas (alrededor de 500°C y 350 atm). ¿Por qué crees que se hace en estas condiciones, a pesar de que el rendimiento es tan sólo del 30%? ¿Qué puede hacerse para mejorar el rendimiento?

Materiales complementarios

C.1 El funcionamiento de las lámparas halógenas

Las lámparas de incandescencia son dispositivos formados por una ampolla de vidrio que contiene un gas inerte, argón o criptón, y un filamento de wolframio. Las altas temperaturas (alrededor de 2000°C) que alcanza el wolframio con el paso de la corriente eléctrica provocan la emisión de luz visible. El color de esta luz es ligeramente amarillento, debido a la mayor proporción de fotones emitidos en la zona de menor energía del espectro visible. Para conseguir luz más blanca es necesario aumentar la temperatura del filamento, con lo que el wolframio puede sublimar y el filamento hacerse más delgado en algunos puntos. En estos puntos la temperatura aumenta y el wolframio puede llegar a fundirse ($T_{\text{fusión}} = 3387^\circ\text{C}$), se dice que «la bombilla se ha fundido». Debido a la sublimación del wolframio, es por lo que habitualmente la ampolla de vidrio de una bombilla va oscureciéndose —el wolframio que sublima se deposita, vuelve al estado sólido, en la zona de menor temperatura, el vidrio—. En la actualidad para obtener luz más blanca se utilizan las lámparas halógenas, que permiten que el filamento alcance una temperatura más elevada sin que el wolframio llegue a fundir.

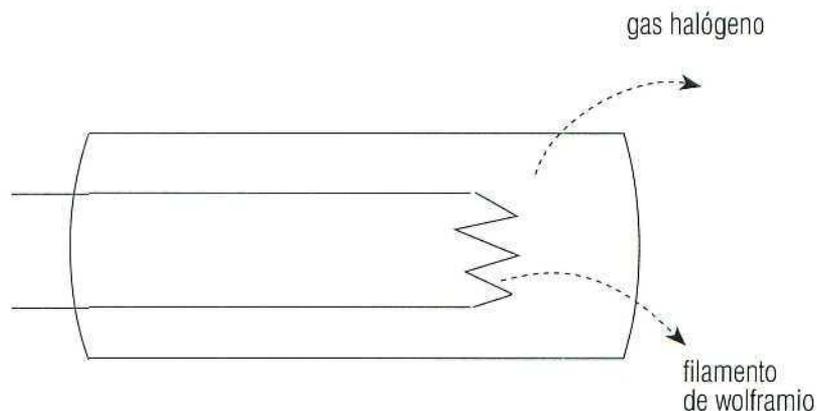
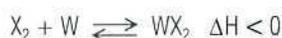


Figura 3: Esquema de una lámpara halógena.

Las lámparas halógenas son lámparas incandescentes con filamento de wolframio que en su interior contienen una atmósfera gaseosa formada, además de por el gas noble, por un halógeno o un halogenuro metálico (Figura 3). La presencia del gas halógeno (representado por el símbolo X) permite que se establezca el equilibrio



que al aumentar la temperatura se desplaza hacia la izquierda. En realidad, en el margen de temperaturas en que trabaja la bombilla, el equilibrio se encuentra desplazado hacia la izquierda a la temperatura del filamento y hacia la derecha a la temperatura del vidrio (en este caso cuarzo) de la ampolla.

Cuando parte del wolframio sublima y pasa a estado gaseoso, al entrar en contacto con las paredes «frías» de la bombilla se combina con el halógeno para formar el halogenuro correspondiente. Por otra parte, en las zonas del filamento donde haya sublimado más wolframio, el conductor disminuye de grosor y por tanto aumenta la temperatura (la temperatura aumenta cuando aumenta la resistencia). En estas zonas de mayor temperatura, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda depositándose el metal sobre el filamento y reparándolo.

El establecimiento de este ciclo regenerador requiere que la bombilla alcance una temperatura suficiente, mayor de lo habitual, que permita la formación del halogenuro gaseoso. Por ello se utiliza generalmente el cuarzo como material para la ampolla de la bombilla. Material que impone una serie de requerimientos especiales para este tipo de bombillas, por ejemplo, no se pueden tocar con los dedos.

CUESTIONES

Cuando se funde la bombilla de un retroproyector se observa que se ha formado una ampolla en la pared de cuarzo. La ampolla aparece en la misma zona en que se encuentra un espejo que refleja la luz y que se encuentra muy próximo a la lámpara. Puede verse también que la zona de la ampolla se encuentra oscurecida (Figura 4).

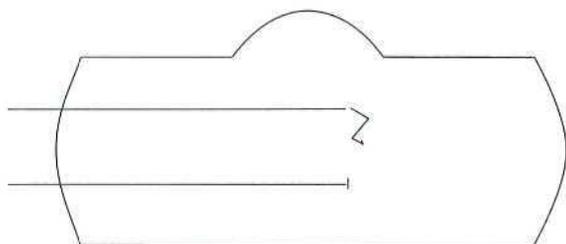
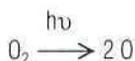


Figura 4: Lámpara de cuarzo fundida.

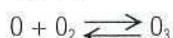
1. Formula alguna hipótesis que permita explicar las anomalías que se observan en las bombillas fundidas.
2. ¿Cómo podrías comprobar dichas hipótesis?
3. Busca en los libros más información sobre el funcionamiento de este tipo de lámparas.

C.2 La capa de ozono en la atmósfera (Adaptado de: Gillespie *et al*, 1990. *Química*. Ed. Reverté, pág. 792–793)

El ozono es un componente importante de la estratosfera, principalmente a altitudes comprendidas entre los 15 y los 25 km. El ozono se forma a partir de la descomposición del oxígeno por acción de las radiaciones ultravioletas del Sol de longitud de onda inferior a 240 nm:



Estos átomos de oxígeno se combinan inmediatamente con moléculas de oxígeno para formar ozono. No obstante, este ozono absorbe la luz ultravioleta de longitud de onda comprendida entre 240 y 310 nm y se descompone para dar nuevamente O y O₂. De esta forma se establece un equilibrio



A alturas muy superiores sobre la superficie de la Tierra (200 km) la presión es extraordinariamente baja y la concentración de átomos de oxígeno se hace tan pequeña que difícilmente se combinan para dar moléculas O_2 u O_3 ; los átomos permanecen como tales y forman la capa de oxígeno atómico de la homósfera.

La concentración de ozono se mantiene constante en el equilibrio, pero la luz ultravioleta se está absorbiendo continuamente y se está convirtiendo en energía cinética de los átomos y moléculas de oxígeno (energía interna). La consecuencia es que la mayor parte de la radiación ultravioleta del Sol se absorbe antes de alcanzar la superficie terrestre. Puesto que la radiación ultravioleta puede destruir las células vivas, la capa de ozono está protegiéndonos a todos de estos efectos dañinos. Si no existiera ozono en la estratosfera la intensidad de la radiación ultravioleta que alcanzaría la superficie de la Tierra sería tal que haría imposible la vida en la forma en que hoy se conoce. Incluso un pequeño descenso de la concentración de ozono podría conducir a una mayor incidencia del cáncer de piel.

En los últimos años, la posibilidad de que ciertos contaminantes atmosféricos pudieran estar haciendo disminuir la concentración de ozono en la capa de ozono ha causado una considerable alarma. Uno de los motivos de preocupación son los aviones supersónicos que vuelan a altitudes de 18 km, es decir, a la altura de la capa de ozono. El NO que expulsan en los gases de escape reduce el ozono a oxígeno



volviendo a regenerarse el NO a partir de los átomos de O



El resultado es que la emisión de NO por los aviones supersónicos podría estar reduciendo la concentración de ozono. Sin embargo esta conclusión no es necesariamente cierta: la química de las capas altas de la atmósfera es muy compleja y todavía no se conoce con mucho detalle.

Otro motivo de preocupación lo constituye la liberación de los clorofluorocarbonos (CFC) a la atmósfera. Estas sustancias se han utilizado ampliamente como propelentes de aerosoles y como refrigerantes. Son compuestos inertes que aparentemente no experimentan ninguna reacción en las capas bajas de la atmósfera. Presumiblemente se difunden en la estratosfera y en ella quedan sometidos a la acción de la radiación ultravioleta. Ésta libera átomos de cloro que actúan sobre el ozono de modo similar a como lo hace el NO:



De esta forma, estos compuestos también contribuyen a disminuir la concentración de ozono en las capas altas de la atmósfera.

CUESTIONES

1. Considerando las reacciones de descomposición del ozono por acción del Cl y del NO como equilibrios, a partir del principio de Le Chatelier, cómo explicarías la desaparición del ozono.
2. Busca información que te permita discutir los posibles peligros que puede traer la disminución de la capa de ozono.
3. Valora las repercusiones que sobre la calidad de vida y sobre el medio ambiente tendría la supresión de los vuelos supersónicos y de los CFC.
4. Busca en libros y revistas más información sobre el agujero en la capa de ozono y sobre las propiedades y aplicaciones de este compuesto.
5. Busca información que te permita valorar qué tiene para los países subdesarrollados el que se dejen de utilizar los CFC en los refrigeradores.

Experiencias

E.1 Catalizadores

El azúcar es una sustancia que arde con dificultad. Puede observarse que cuando se acerca un terrón de azúcar a una llama, el azúcar no arde. Sin embargo, cuando se recubre el terrón con un

poco de ceniza de un cigarrillo, se observa que el azúcar arde fácilmente. ¿Qué diferencia hay entre utilizar la ceniza o no utilizarla? ¿Cuál es el papel de la ceniza en el experimento?

NOTA: Esta experiencia está diseñada para ser utilizada como experiencia de cátedra, tanto como demostración directa como filmada en vídeo. También puede sugerirse que se utilice como experiencia casera, para que el alumno la realice en su casa.

E.2 Factores que afectan a la velocidad de una reacción química

El tiosulfato de sodio reacciona con el ácido sulfúrico según el siguiente proceso:



En la reacción se produce un precipitado de azufre, de color amarillo claro, que se manifiesta por la aparición de turbidez.

Objetivo

Con esta experiencia se pretende que el alumno diseñe una experiencia que le permita observar y medir el efecto de diversas magnitudes sobre la velocidad de reacción.

Procedimiento

- Exp. A. Diseña una experiencia que te permita medir el efecto que tiene un aumento de temperatura sobre la velocidad de reacción.
- Exp. B. Diseña una experiencia que te permita medir el efecto que tiene una variación de la concentración de tiosulfato sobre la velocidad de reacción.

Como punto de referencia podrá considerarse que ha tenido lugar la reacción cuando deje de verse, a través del tubo de ensayo, un punto dibujado en un papel blanco. Las concentraciones recomendadas como punto de partida para los dos reactivos son 0,1 M.

CUESTIONES

1. Describe las experiencias que has diseñado y su fundamento.
2. Haz un tabla y una representación gráfica que nos permita estudiar la influencia de la temperatura en el tiempo que tarda en completarse la reacción.
3. Haz una tabla y una representación gráfica que nos permita estudiar la influencia de la variación de la concentración del ácido en el tiempo que tarda en completarse la reacción.
4. Discute los resultados obtenidos.

NOTA: También puede modificarse el guión, proporcionando las instrucciones necesarias, de forma que sea una experiencia guiada. Además, esta experiencia puede adaptarse a la utilización, en caso de que se disponga de él, de un equipo de laboratorio asistido por ordenador. En este caso sería necesario un luxmetro para medir la intensidad de la luz transmitida a través del tubo de ensayo en el que tiene lugar la reacción, frente al tiempo de reacción.

E.3 Principio de Le Chatelier. Efecto de la concentración

En medio ácido los iones cromato reaccionan para dar iones dicromato, estableciéndose el siguiente equilibrio:



Las dos iones principales, cromato y dicromato, se caracterizan por sus diferentes colores, amarillo y naranja, respectivamente.

Objetivo

Estudiar el principio de Le Chatelier y observar el efecto que una variación de la concentración tiene sobre un equilibrio en disolución. Diseñar una experiencia que permita ver el efecto de la temperatura.

Procedimiento

- Prepara cuatro tubos de ensayo (A-1, A-2, A-3 y A-4) con una disolución de cromato de potasio y tres tubos (B-1, B-2, B-3 y B-4) con una disolución de dicromato de potasio (aproximadamente 1/4 del tubo, en todos los casos).
- Separa los tubos A-1 y B-1, servirán de control (sin H^+).
- Añade en los demás tubos una gota de HCl (concentrado). ¿Qué observas?
- Los tubos A-2 y B-2 servirán de control (con H^+).
- En los tubos A-3 y B-3 añade lentamente más gotas de HCl. Con cada gota estamos aumentando la concentración de iones H^+ . ¿Qué observas?
- En los tubos A-4 y B-4 añade lentamente unas gotas de disolución de NaOH (concentrada) o una lenteja de este producto. Con cada gota estamos disminuyendo la concentración de iones H^+ . ¿Qué ocurre?

CUESTIONES

1. Describe la experiencia.
2. Escribe la reacción que tiene lugar con todas las especies químicas que intervienen. Como se trata de un proceso de oxidación-reducción, indica cuál es el oxidante y cuál el reductor.
3. Interpreta los resultados obtenidos. ¿Cómo afecta la variación de la concentración de H^+ al equilibrio?
4. Diseña una experiencia que te permita comprobar el efecto de la temperatura sobre el equilibrio. ¿Podrías deducir si se trata de un proceso endotérmico o exotérmico?

Videos didácticos y programas de E. A. O.

Videos didácticos

A continuación se proponen una serie de videos didácticos que pueden ser utilizados tanto de introducción a la Unidad o síntesis final como de ilustración de algunos conceptos.⁶

- *Equilibrio químico e influencia sobre el equilibrio. Velocidad de reacción e influencia sobre la velocidad de reacción.* Editorial Didascalía (1983).
- *El agujero de la capa de ozono.* Perteneciente a la serie inglesa Perspectiva.
- *Equilibrio.* Chemical Education Material Study, Universidad de California (1992). Distribuido por Ancora Audiovisuales.

6. Debe tenerse en cuenta que algunos de estos videos utilizan como ejemplos equilibrios físicos, sin establecer claramente las diferencias con el equilibrio químico.

Otros vídeos que pueden servir como ampliación, de nivel bastante elevado, son aquellos pertenecientes a la serie Open University de la BBC (1984). Por ejemplo:

- *¿Cómo reaccionan las moléculas?*
- *Mecanismos de reacción. La hidrólisis.*
- *Rendimiento y velocidad de reacción.*
- *Síntesis del amoníaco.*
- *El metanol. Desarrollo de un catalizador.*

Programas de Enseñanza Asistida por Ordenador (E. A. O.)

- *Equilibrios gaseosos.* Ribes, A. y Puy, J. (1990). Departamento de Química de la E. T. S. de Ingeniería Agraria de la Universidad Politécnica de Cataluña. En este programa de E. A. O. se simulan las condiciones de equilibrio entre gases y las distintas alteraciones que puede sufrir el equilibrio.

En este apartado se presentan una serie de actividades que pueden servir de orientación a la hora de evaluar. Pueden ser utilizadas tanto para la evaluación intermedia de la Unidad como para la final.

1. Indica razonadamente si, en una reacción química, existe alguna relación entre variación de entalpía y energía de activación.

Se pretende ver si el alumno conoce los conceptos de entalpía y de energía de activación, y si es capaz de relacionarlos entre sí, estableciendo las diferencias existentes entre ellos.

2. La oxidación del cloruro de hidrógeno a 150 °C tiene lugar mediante el siguiente proceso exotérmico:



¿Cómo crees que afectarán al equilibrio y al valor de la constante las siguientes actuaciones?

- a) Añadir oxígeno al sistema.
- b) Eliminar el agua que se produce.
- c) Aumentar la temperatura.
- d) Añadir un catalizador.

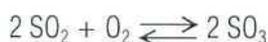
Sugiere algún sistema que nos permita eliminar fácilmente el agua, tal como se propone en b.

3. En el ejercicio anterior indica razonadamente cómo afectará cada acción a los valores de las velocidades directa e inversa.

El objetivo de estas dos actividades es evaluar si el alumno conoce los factores que afectan a la velocidad de reacción, al equilibrio y al valor de la constante, y cómo lo hacen. También se añade, al final, una cuestión abierta para que el alumno discuta las posibilidades de actuar de forma práctica sobre el sistema para eliminar una de las sustancias.

Sugerencias para la evaluación

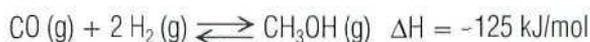
4. En un recipiente de 3 litros de capacidad se introducen 3 moles de dióxido de azufre y 6 moles de oxígeno y se calienta hasta que el sistema alcanza la temperatura de 1000 K, con lo que se alcanza el equilibrio



Al llegar al equilibrio se analiza la composición del sistema y se encuentra que hay 0,25 moles de trióxido de azufre. Calcula la composición de la mezcla y el valor de la constante. A continuación se añade 1 mol más de dióxido de azufre. Razona cómo evolucionará el equilibrio y cuál será su nueva composición.

Con esta actividad se pretende ver si saben aplicar las leyes de la estequiometría y del equilibrio a la resolución de ejercicios numéricos. Por un lado, el alumno debe calcular las concentraciones en el equilibrio y el valor de la constante. Por otro, para ver cómo evoluciona el equilibrio cuando se altera, debe conocer y saber aplicar el principio de Le Chatelier, además de identificar cuáles de las magnitudes que ha calculado se conservan en el proceso.

5. El metanol se obtiene industrialmente por hidrogenación del monóxido de carbono, según el equilibrio



Sugiere algunos métodos que puedan ayudar a mejorar el proceso (rendimiento y velocidad). Valora las ventajas e inconvenientes de tus sugerencias desde el punto de vista tecnológico, económico, etc.

Se trata de un problema abierto cuyo objetivo es averiguar si el alumno es capaz de formular hipótesis sobre las formas de actuar sobre un proceso concreto, valorando los efectos de dichas actuaciones. Para contestar debe conocer qué factores afectan al equilibrio y a la velocidad de reacción y cómo lo hacen, comprendiendo como pueden competir unos con otros. Además debe distinguir entre los conceptos de rendimiento y velocidad de reacción, comprender la importancia que tiene cada uno en un proceso industrial y valorar las ventajas e inconvenientes de sus sugerencias.

6. Algunos coches que no llevan incorporado el catalizador en su tubo de escape pueden utilizar gasolina sin plomo. Sin embargo, suele decirse que contaminan igual que si utilizaran gasolina normal (con plomo), ¿por qué crees que ocurre esto? Razona la respuesta.

Se trata de otro problema abierto cuyo objetivo es detectar si el alumno conoce la función de un dispositivo tecnológico y sus aplicaciones. Además, debe identificar las sustancias contaminantes que se producen en la combustión de la gasolina en el motor de los automóviles.

7. La constante de equilibrio, K_c (2.800 °C), en el proceso de formación del monóxido de nitrógeno es 0,0120. En un recipiente de 5 litros de capacidad se introducen 4 moles de oxígeno y 2 moles de nitrógeno, se aumenta la temperatura del sistema hasta 2.800 °C y se alcanza el equilibrio. Calcula la concentración de cada una de las especies químicas presentes en dicho equilibrio.

El objetivo de esta actividad vuelve a ser el detectar si el alumno sabe aplicar, a casos concretos, las leyes de la estequiometría y del equilibrio. Por otra parte se pretende ver si distingue entre los conceptos de cantidad de sustancia y concentración a la hora de calcular la constante de equilibrio.

A continuación se presentan tres ejemplos de preguntas de respuesta cerrada, que pueden servir de ejemplo a la hora de diseñar otras diferentes.

8. Dado el equilibrio $2 \text{NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ en el que inicialmente partimos de concentraciones 4 mol/l para cada una de las especies, ¿cuál de los siguientes grupos de valores no es posible como concentración en el equilibrio?
- a) $[\text{NO}] = 4,4 \text{ mol/l}$ $[\text{O}_2] = 4,2 \text{ mol/l}$ $[\text{NO}_2] = 3,6 \text{ mol/l}$
 - b) $[\text{NO}] = 2 \text{ mol/l}$ $[\text{O}_2] = 3 \text{ mol/l}$ $[\text{NO}_2] = 6 \text{ mol/l}$
 - c) $[\text{NO}] = 1,2 \text{ mol/l}$ $[\text{O}_2] = 2,6 \text{ mol/l}$ $[\text{NO}_2] = 6,8 \text{ mol/l}$
 - d) $[\text{NO}] = 2,2 \text{ mol/l}$ $[\text{O}_2] = 2,2 \text{ mol/l}$ $[\text{NO}_2] = 5,8 \text{ mol/l}$

Se trata de otro ejercicio para ver si se saben aplicar las leyes de la estequiometría al estudio de la evolución de un equilibrio.

9. El carbonato de calcio se descompone por acción del calor de la siguiente manera:



Introducimos 0,3 moles de carbonato de calcio en un matraz de 1 litro de capacidad y calentamos. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es *falsa*?

- a) El carbonato se descompone hasta que se agota o bien se alcanza el equilibrio.
- b) El matraz tiene que estar cerrado para que se alcance el equilibrio.
- c) Nunca se alcanza el equilibrio puesto que intervienen dos sólidos y sólo un gas.
- d) La concentración de dióxido de carbono en el equilibrio es igual al valor de la constante.

En esta pregunta se mezclan varios conceptos y dificultades: equilibrio heterogéneo, sistema abierto frente a sistema cerrado, presencia de una única sustancia que afecte al valor de la constante y evolución de una reacción. Se pretende que el alumno sea capaz de relacionarlos entre sí para llegar a una respuesta.

10. En el interior de un matraz de volumen V se introducen 2 moles de cada una de las sustancias que intervienen en el siguiente equilibrio:



Se calienta el sistema hasta la temperatura de 1.000 °C. Si a dicha temperatura la constante Kc vale 1,59. Indica hacia dónde se desplazará el sistema en esta situación.

- a) Hacia la izquierda.
- b) Hacia la derecha.
- c) No se desplaza, está en equilibrio.
- d) No puede saberse sin conocer V.

El objetivo de esta cuestión es evaluar si el alumno es capaz de aplicar el concepto de cociente de reacción al estudio de la evolución de un equilibrio.

Bibliografía

- CAMACHO, M. y GOOD, R. «Problem solving and chemical equilibrium. Successful versus unsuccessful performance». *Journal of Research in Science Teaching*. 26, 3 (1989), pp. 251–272.
- FURIÓ, C. y ORTIZ, E. «Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico». *Enseñanza de las Ciencias*. 1, 1 (1983), pp. 15–20.
- GÓMEZ CRESPO, M. A., POZO, J. I., SANZ, A. y LIMÓN, M. «La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales». *Investigación en la escuela*. 18 (1992), pp. 23–40.
- GORODETSKY, M. y GUSSARSKY, E. «Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods». *European Journal of Science Education*. 8, 4 (1986), pp. 427–441.
- HACKLING, M. W. y GARNETT, P. J. «Misconceptions of chemical equilibrium». *European Journal of Science Education*, 7, 2 (1985), pp. 205–214.
- JOHNSTONE, A. «Chemical equilibrium and its conceptual difficulties». *Education in Chemistry*, 14 (1977), pp. 169–171.
- MASKILL, R. y CACHAPUZ, A. F. «Learning about the chemistry topic of equilibrium the use of word association tests to detect developing conceptualizations». *International Journal of Science Education*, 11, 1 (1989), pp. 57–69.
- POZO, J. I., GÓMEZ CRESPO, M. A., LIMÓN, M. y SANZ, A. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Servicio de Publicaciones del M. E. C. Madrid (1991).
- WHEELER, A. E. y KASS, H. «Student's misconceptions in chemical equilibrium». *Science Education*, 62 (1978), pp. 223–232.

Bibliografía citada

Didáctica y aprendizaje de la química

- ▣ HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. *La ciencia de los alumnos*. LAIA/M. E. C. Barcelona (1988). (Se ha publicado otra edición con el mismo título en la Editorial Elzevir. Málaga, 1991)

Presenta una revisión sobre las ideas previas de los adolescentes sobre la ciencia, junto con algunas propuestas de trabajo. Incluye un capítulo en el que se estudian las ideas sobre la química.

Bibliografía comentada

- ☐ POZO, J. I., GÓMEZ CRESPO, M. A., LIMÓN, M. y SANZ, A. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Servicio de Publicaciones del M. E. C. Madrid (1991).

En este libro, en su primera parte, se hace una revisión de las principales teorías sobre la comprensión de la ciencia, sus semejanzas y diferencias y sus implicaciones en la enseñanza. Se describe el pensamiento causal como modelo de comprensión de la ciencia por los alumnos y se analiza su papel en el origen de las concepciones alternativas. En su segunda parte, a la luz de las teorías descritas anteriormente, se hace una amplia revisión de las concepciones de los alumnos sobre la química y de las dificultades que encuentran en su aprendizaje. Incluye un apéndice con la descripción de un gran número de «tareas» que se han utilizado en la investigación de las concepciones de los alumnos.

- ☐ SHAYER, M. y ADEY, P. *La ciencia de enseñar ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Narcea S. A. Madrid (1984).

Realiza un estudio sobre los distintos estadios evolutivos del desarrollo cognitivo en la población escolar, relacionándolos con los niveles cognitivos que exigen los currículos de ciencias. Presenta una taxonomía para el análisis del currículo según el nivel cognitivo de exigencia (centrada en tres campos: física, química y biología), que puede resultar útil a la hora de analizar los contenidos curriculares.

Textos

- ☐ HOLTON, G. *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Reverté. Barcelona (1984).

Se trata de un texto que a partir de la historia y la filosofía de la ciencia hace una exposición clara y profunda de la naturaleza de las ciencias físicas. Puede ser un instrumento de gran ayuda en el desarrollo de las unidades dedicadas a la estructura de la materia.

- ☐ GILLESPIE, R. J., HUMPHREYS, D. A., COLIN, N. y ROBINSON, E. A. *Química* (2 tomos). Reverté. Barcelona (1990).

Se trata de un texto muy interesante destinado a los primeros cursos universitarios que muestra un desarrollo del currículo diferente al que estamos acostumbrados, estructurado en torno a diversos núcleos de interés y que introduce de forma transversal los temas clásicos de la química. Incluye lecturas complementarias, relacionadas con las aplicaciones de la química y los problemas medioambientales, y un gran número de sugerencias de experiencias de laboratorio y demostraciones prácticas, en general, bastante útiles y fáciles de realizar.

- ☐ MASTERTON, W. L., SLOWINSKI, E. J. y STANITSKI, C. L. *Química general superior*. McGraw-Hill Interamericana (1989).

Es un típico texto de química general, estructurado según el desarrollo clásico de la disciplina. Al final de cada capítulo presenta una amplia colección de ejercicios y problemas.

- ☐ PIMENTEL, G. C. y SPRATLEY, R. D.: *Química razonada* (2 tomos). Reverté. Barcelona (1978).

Se trata de un texto, destinado a los primeros cursos universitarios, que presenta un desarrollo de la química estructurado en torno a los principios químicos. Desarrolla de forma razonada, con gran claridad y amplitud, los diferentes conceptos químicos.

Materiales complementarios

- ☐ GARCÍA GÓMEZ, C., RAMÓN, V., CARRASCAL, I.; BAÑÓN, M^a. L. y PÉREZ, M. *Química general en cuestiones*. Addison-Wesley Iberoamericana. (1990).

▣ PEIDRÒ, J. *Química general en cuestiones con respuestas múltiples*. Alhambra Universidad. (1987).

Los dos títulos anteriores presentan una amplia colección de preguntas de opción múltiple destinadas fundamentalmente a los primeros cursos de enseñanza universitaria. Ahora bien, aparecen suficientes cuestiones que pueden ser utilizadas en este nivel. En ambos casos se incluyen las soluciones razonadas. Puede ser útil a la hora de preparar pruebas de evaluación rápidas o para proporcionar al alumno actividades de autoevaluación.

▣ PARAIRA, M. *Laboratorio: guía general de prácticas de química*. Hora S. A. Barcelona (1981).

Presenta una amplia colección de prácticas de química útiles en el nivel de Educación Secundaria.

Anexo: Currículo oficial (*)

Introducción

La química contribuye al objetivo general de las ciencias de la naturaleza: la comprensión de ésta. Dentro de esta búsqueda, la química se ha centrado en el estudio de la constitución y estructura de la materia, y en el de sus transformaciones.

En el Bachillerato, este estudio se organiza y se acota en tres grandes apartados. El primero *corresponde al estudio de los aspectos energéticos y estequiométricos de las reacciones químicas*, abordando algunos tipos específicos de éstas, y pertenece a la parte conocida como química general. En el segundo se presentan los aspectos de la nueva visión del comportamiento de la materia, con las soluciones de la física cuántica al problema del átomo y sus uniones. Por último, se introducen la química del carbono y la química industrial, en las que se dan a conocer sustancias que tienen gran interés biológico e industrial.

En todo desarrollo científico hay que partir de unos conceptos fundamentales, sobre los cuales se va construyendo el edificio científico. En la química, entre estos conceptos fundamentales se encuentran los de átomo, molécula, elemento, reacción, etcétera. Por tanto, el papel educativo de la Química en el Bachillerato es el de contribuir al conocimiento y profundización de estos conceptos químicos, considerando el papel jugado por las diferentes teorías o modelos en su desarrollo. La utilización de estos conocimientos en el estudio de la relación ciencia–tecnología–sociedad conlleva la formación de ciudadanos críticos en los problemas fundamentales que tiene planteados la sociedad en el momento actual. En el Bachillerato, la Química acentúa su carácter orientador y preparatorio en orden a estudios posteriores.

En la mayoría de las materias relacionadas con las ciencias de la naturaleza, los dos primeros núcleos de contenidos recogen contenidos comunes a todos los demás. Presentan principalmente contenidos procedimentales y actitudinales, que se refieren a una primera aproximación formal al trabajo científico, y a la naturaleza de la ciencia, en sí misma y en sus relaciones con la sociedad y con la tecnología. En Química, existe, además, un tercer núcleo de contenidos, que bajo el epígrafe de Química descriptiva, hace referencia al estudio de las sustancias químicas que aparecen en el desarrollo del resto.

Objetivos generales

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

1. Comprender los principales conceptos de la química y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.

(*) Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato. («B.O.E.» n.º 253 de 21 de octubre de 1992).

2. Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos químicos relevantes.
3. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantar problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etcétera) y los procedimientos propios de la química para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.
4. Comprender la naturaleza de la química y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de preservar el medio ambiente y de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.
5. Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia, que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la química.
6. Comprender que el desarrollo de la química supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actitud flexible y abierta frente a opiniones diversas.

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.

Química, tecnología y sociedad

- Análisis de la naturaleza de la química: 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 química 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, la química y la tecnología. Valoración crítica.

Química descriptiva

- Estudio de las sustancias más relevantes por motivos científicos, sociales, económicos o históricos que aparecen en el desarrollo de los restantes contenidos.

Termoquímica

- Primer principio de termodinámica. Aplicación al estudio de reacciones químicas que se verifican a presión constante. Concepto de entalpía.

- Ley de Hess. Entalpías de enlace. Cálculo de entalpías de reacción usando la ley de Hess o a partir de las entalpías de enlace.
- Espontaneidad de las reacciones químicas. Estudio cualitativo de la variación de entropía y de energía libre de Gibbs de una reacción. Concepto de energía de activación. Aplicaciones a algunos procesos químicos de interés.

Equilibrios químicos

- Aspecto dinámico de las reacciones químicas: equilibrio. Caracterización de éste por sus constantes: K_c y K_p . Aplicaciones al caso de sustancias gaseosas y disoluciones.
- Modificaciones del estado del equilibrio. Ley de Chatelier. Su importancia en algunos procesos industriales.
- Estudio cualitativo de la velocidad de reacción y de los factores de que depende. Utilización de catalizadores en algunos procesos industriales y biológicos.

Reacciones de transferencia de protones

- Teoría de Arrhenius, sus limitaciones. Teoría de Brønsted-Lowry. Aplicaciones a diversas sustancias.
- Equilibrios ácido-base en medio acuoso: disociación del agua, concepto de pH.
- Constantes de disociación de ácidos y bases en agua. Ácidos y bases fuertes. Estudio experimental de las volumetrías ácido-base.
- Estudio cualitativo de acidez o basicidad de la disolución de sales en agua.
- Importancia actual de algunos ácidos y bases. Ejemplificación en algún caso concreto.

Reacciones de transferencia de electrones

- Conceptos de oxidación y reducción como transferencia de electrones. Reacciones de oxidoreducción. Ajuste de estas reacciones. Estequiometría.
- Sustancias oxidantes y reductoras. Búsqueda experimental de una escala de oxidantes y reductores. Necesidad de un origen: potenciales normales de reducción.
- Un proceso químico reversible: pilas y cubas electrolíticas.
- Estudio de alguna aplicación de un proceso redox y su importancia industrial y económica, como por ejemplo, un proceso siderúrgico, las baterías, la corrosión y protección de metales.

Estructura de la materia. Introducción a la química moderna

- Modelo atómico de Bohr. Introducción al modelo cuántico para el átomo de hidrógeno. Aparición de los números cuánticos.
- Estructura electrónica y su importancia en la reactividad de los elementos. Ordenación de los elementos en el Sistema Periódico y propiedades periódicas (radios atómico e iónico, potencial de ionización y afinidad electrónica).

- Estudio del enlace iónico. Estructura de los compuestos iónicos. Concepto de índice de coordinación. Estudio energético de su formación: ciclo de Born-Haber. Propiedades de los compuestos iónicos.
- Estudio del enlace covalente: solapamiento de orbitales en moléculas diatómicas sencillas. Justificación de la geometría de las moléculas utilizando el modelo de repulsión de pares de electrones. Concepto de polaridad del enlace. Propiedades de las sustancias covalentes.
- Estudio cualitativo del enlace metálico. Introducción a la teoría de bandas. Propiedades de las sustancias metálicas.

Química del carbono y química industrial

- Principales grupos funcionales. Formulación y nomenclatura de los compuestos más sencillos. Descripción de los tipos de reacciones orgánicas: sustitución, adición y eliminación.
- Importancia social y económica de los polímeros artificiales. Estudio de un caso particular.
- Las macromoléculas naturales. Su importancia biológica.
- Química de laboratorio y química industrial: aspectos diferenciales relevantes.
- Obtención de alguna sustancia en el laboratorio y estudio del proceso industrial correspondiente a partir de sus materias primas, y sus repercusiones socioeconómicas y ambientales.
- Vertidos industriales y medio ambiente.

Criterios de evaluación

1. *Valorar críticamente el papel que la química desarrolla en la sociedad actual a través de sus logros, así como el impacto que tiene en el medio ambiente.*

Se trata de comprobar que el alumnado valora la importancia que la química tiene en la forma de vida actual al poder proporcionar nuevos materiales con determinadas propiedades, y entiende el importante papel que tiene en aspectos tan trascendentes como la alimentación, los medicamentos, la producción de energía o la contribución a la tecnología, así como el que desempeña en la lucha contra la contaminación, causada en muchas ocasiones por ella misma.

2. *Valorar la importancia histórica de determinados modelos y teorías que supusieron un cambio en la interpretación de la naturaleza, y poner de manifiesto las razones que llevaron a su aceptación, así como las presiones que, por razones ajenas a la ciencia, se originaron en su desarrollo.*

Se pretende comprobar que el alumnado conoce y valora logros de la química como son: el desarrollo de la teoría de Dalton, la evolución de los modelos atómicos o la introducción de la química moderna. También se trata de conocer si el alumnado es capaz de dar razones fundadas de los cambios producidos en ellas a la luz de los hallazgos experimentales y de poner de manifiesto las presiones sociales a las que fueron sometidas, en algunos casos, las personas que colaboraron en la elaboración de las nuevas concepciones.

3. *Planificar investigaciones sobre diferentes combustibles para justificar la elección de unos frente a otros, en función de la energía liberada y de razones económicas y ambientales.*

Se trata de constatar que el alumnado es capaz de plantear investigaciones, de realizar una selección bibliográfica inicial sobre el tema, de analizar los datos, desde el punto de vista energético, aplicando la ley de Hess y las energías de enlace para el cálculo de las energías de reacción, y de aplicar los cálculos estequiométricos para determinar algunas repercusiones medioambientales. Se pretende conocer, además, si es capaz de hacer una estimación somera de los costos.

4. *Hacer hipótesis sobre las variaciones que se producirán en un equilibrio químico al modificar alguno de los factores que lo determinan, y plantear la manera en que se podrían poner a prueba dichas hipótesis.*

Se pretende comprobar con este criterio si los alumnos y alumnas son capaces de emitir hipótesis sobre los posibles factores que determinan un equilibrio químico, tales como la presión, la temperatura y la concentración, y que plantean experiencias o recurren a diferentes tipos de datos para contrastarlas.

5. *Resolver ejercicios y problemas relacionados con la determinación de cantidades de las sustancias que intervienen en reacciones químicas, tanto las teóricamente irreversibles como aquellas en las que se ha alcanzado el equilibrio químico.*

Con este criterio se pretende comprobar que el alumnado comprende el significado de la constante de equilibrio y que, además, es capaz de resolver ejercicios y problemas numéricos relacionados con la determinación de las cantidades finales que se producen en cualquier tipo de las reacciones manejadas.

6. *Aplicar los conceptos de ácido y base de Arrhenius y Brønsted para reconocer las sustancias que pueden actuar como tales, y hacer cálculos estequiométricos en sus reacciones en medio acuoso.*

Con este criterio se pretende comprobar que los estudiantes conocen la definición de ácido y base utilizada por Arrhenius y la ampliación que supone el concepto de Brønsted sobre las sustancias que pueden actuar como tales. También deberá comprobarse que saben calcular las concentraciones de las sustancias presentes y el pH en reacciones de este tipo en disolución acuosa.

7. *Identificar reacciones de oxidación y reducción en procesos que se producen en nuestro entorno, reproducirlas en el laboratorio cuando sea posible y escribir las ecuaciones ajustadas en casos sencillos.*

Se trata de comprobar que los alumnos asocian procesos como la corrosión de metales, la oxidación de alimentos, o la utilización de combustibles con reacciones de oxidación y reducción, y reproducen en el laboratorio alguno de estos procesos, sabiendo escribir sus ecuaciones ajustadas.

8. *Aplicar el modelo mecano-cuántico para justificar las variaciones periódicas de las propiedades de los elementos, y la estructura de las sustancias en función del tipo de enlace que pueden formar los átomos que las constituyen.*

Se trata de comprobar que los alumnos utilizan el modelo cuántico del átomo para justificar las estructuras electrónicas, la ordenación periódica de los elementos y la variación periódica de algunas de las propiedades de éstos como son: los radios atómicos e iónicos, las energías de ionización y las afinidades electrónicas. Asimismo se trata de comprobar si justifican la estructura cristalina de los compuestos iónicos, la forma geométrica de moléculas sencillas y la estructura de los metales.

9. *Valorar el interés económico, biológico e industrial que tienen los polímeros artificiales y naturales, justificando según su estructura algunos rasgos que les dan este interés.*

Con este criterio se pretende comprobar que el alumnado conoce y valora la existencia de algunos polímeros naturales y artificiales habitualmente utilizados, y que comprende el interés del proceso de polimerización en la formación de sustancias de tanta importancia industrial, como el caucho, nylon o baquelita. Se trata a su vez de comprobar si es capaz de asociar alguna de sus propiedades a su estructura.

10. *Comparar los trabajos de la industria química que se realizan en el laboratorio y los que realizan en producción, e indicar los sistemas utilizados en el tratamiento de los residuos.*

Se trata de comprobar que el alumnado es capaz de identificar algunas diferencias entre los objetivos de la química industrial en la obtención de productos para el consumo u otras industrial, y el control e investigación de materiales ejercidos en el laboratorio, así como los factores económicos, de rendimiento, seguridad, etc. que los diferencian. Se pretende evaluar, asimismo, si los alumnos comprenden la importancia del tratamiento de los residuos en el reciclaje de materiales, y en la prevención de problemas ambientales.

11. *Analizar el papel de contaminantes comunes que afectan al gran ecosistema terrestre.*

Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de analizar los efectos nocivos, o beneficiosos en algunos casos, que la presencia en la atmósfera, en el suelo o en el agua, de determinadas sustancias químicas como: CO, CO₂, SO₂, NO_x, metales pesados, insecticidas, etc., produce sobre los seres vivos.



CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR

DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR