

AC 14 37

Mayores de 25 años. Introducción a las ciencias físico-naturales. Guión número 22.

El estado sólido. Sólidos. La materia en su conjunto, tal como afecta a nuestros sentidos, es un agregado de un gran número de átomos.

Vulgarmente hablando, estos agregados se presentan en tres estados físicos o fases. Gases, líquidos y sólidos. En los gases, la distancia media entre moléculas es mayor que el tamaño de éstas y las fuerzas intermoleculares son más débiles que las fuerzas que mantienen unidos a los átomos en la molécula.

Luego, en los gases, las moléculas conservan su individualidad. En contraposición, en un sólido, los átomos o moléculas están fuertemente unidos y mantenidos en posiciones más o menos fijas por fuerzas de origen electromagnético, que son del mismo orden de magnitud que las involucradas en las uniones moleculares. En consecuencia, la forma y volumen de un sólido permanecen esencialmente constantes hasta tanto las condiciones físicas, tales como la presión y la temperatura, no experimentan cambio apreciable.

Los líquidos están entre los gases y los sólidos. Sin embargo, hoy día la teoría de líquidos está todavía incompleta. En la mayoría de los sólidos, los átomos o moléculas no existen como entidades aisladas.

Antes bien, sus propiedades son modificadas por los átomos vecinos. El ordenamiento regular de los átomos o grupos de átomos es una de las características más importantes de los sólidos. Esta es la estructura de los sólidos que presenta una regularidad o periodicidad constituyendo lo que se denomina una red cristalina.

Por consiguiente, para comprender la estructura de un sólido es necesario estudiar solamente la unidad básica o celda de la red, ya que todas las propiedades se revisten de una celda u otra. Uno de los métodos más efectivos para analizar una estructura cristalina es por medio de la difracción de rayos X o de neutrones. Existe una extraordinaria y magnífica diversidad en la composición estructural de los materiales sólidos que abarcan desde la simplicidad del diamante hasta las complejidades de las sustancias biológicas, pasando por los vidrios, fibras, plásticos, etcétera.

La cristalografía de rayos X ha realizado grandes progresos en el estudio y comprensión de estas estructuras tan diferentes. Sin embargo, la física del estado sólido está interesada actualmente en las sustancias que poseen estructuras sencillas. La complejidad de los fenómenos observables, incluso en estructuras tan sencillas, sugiere la conveniencia de entender éstas primero.

Resulta conveniente hacer una clasificación cualitativa aproximada de los cristales en función del tipo de enlace químico correspondiente. Trataremos principalmente de las propiedades de

los cristales iónicos, covalentes y metálicos. En los cristales iónicos, los electrones son transferidos de los átomos de un tipo a los de otro distinto, de tal modo que el cristal esté formado por iones positivos y negativos.

Los iones se disponen de tal modo que la atracción entre los de signo opuesto es superior a la repulsión entre los de igual signo. El enlace iónico es, pues, esencialmente el enlace resultante de la interacción electrostática de iones con carga opuesta. Ejemplo de este tipo de sólido es el cloruro sódico o sal común.

Una de las características esenciales de este tipo de sólidos es una débil conductividad eléctrica a bajas temperaturas y buena conductividad a altas. Se dice que existe un enlace covalente cuando los dos átomos ligados aportan cada uno un electrón a la región situada entre ambos. Un ejemplo típico es el diamante.

Son extremadamente duros y malos conductores del calor y de la electricidad porque no hay electrones libres que transporten la energía o la carga de un lugar a otro. Los metales son sólidos de gran importancia práctica y teórica. Los metales son elementos que tienen energía de ionización o H_A de formación de iones relativamente pequeña y cuyos átomos sólo tienen unos pocos electrones débilmente ligados en sus capas incompletas más extensas.

Estos electrones son fácilmente puestos en libertad usando la energía que se libera en el momento de formarse el cristal. Dentro de esta estructura hay un gas electrónico formado por los electrones liberados que se mueven más o menos libremente por la red cristalina y por lo tanto no están localizados. Los sólidos metálicos tienen excelente conductividad térmica y eléctrica de lo cual son responsables los electrones libres.

La razón es que estos absorben fácilmente energía de la radiación electromagnética o de las vibraciones de la red por pequeñas que sean aumentando así sus respectivas energías cinéticas y su movilidad. Por esta razón los metales son también opacos ya que los electrones libres pueden absorber fotones de luz. Son ejemplos el sodio, el hierro, etcétera.

Aparte de estos tres grandes grupos existen los llamados cristales moleculares y los cristales con enlaces de hidrógeno. Cristales moleculares. Los átomos de los gases inertes están ligados en la fase sólida por débiles fuerzas electrostáticas denominadas fuerzas de van der Waals.

El origen de estas fuerzas es el siguiente. Incluso en un átomo o molécula de momento dipolar eléctrico nulo en valor medio existe un momento dipolar digamos instantáneo ligado a la posición instantánea de los electrones. Este momento original da lugar a momentos inducidos en los átomos vecinos.

La interacción entre estos momentos da lugar a una fuerza atractiva que es la de van der Waals. El alumno recordará el concepto de momento dipolar eléctrico que fue recogido en el guión sobre la electricidad en la atmósfera. Ejemplos de este tipo de enlaces son el gas argón y el metano en su fase sólida.

Al ser estructuras débiles tienen puntos de fusión y de ebullición bajos. Cristales con enlaces de hidrógeno. Estrechamente relacionados con los cristales iónicos están los sólidos con enlaces de hidrógeno que se caracterizan porque en ciertas condiciones un átomo de hidrógeno que sólo posee un electrón es atraído por fuerzas bastante intensas por dos átomos de otro elemento formando lo que se llama un enlace o puente de hidrógeno.

El átomo de hidrógeno cede su electrón a uno de los otros átomos de la molécula y queda constituido en un protón. El protón forma el puente. El pequeño tamaño del protón permite sólo dos átomos vecinos.

Son ejemplos el agua en estado de hielo y el flúor hídrico en estado sólido. Este enlace que da lugar en el hielo a una estructura bastante abierta es el responsable del mayor volumen que el hielo tiene en comparación con el del agua en la fase líquida. Nos detendremos ahora en aquellas propiedades que hemos destacado a lo largo de la anterior clasificación.

La conducción térmica y eléctrica en los sólidos. La experiencia muestra que cuando dos sistemas se encuentran a diferentes temperaturas e interaccionan la diferencia de temperaturas tiende a desaparecer debido a un intercambio de energía entre ambos sistemas. La temperatura final es una temperatura intermedia entre las iniciales.

Si imaginamos cierta superficie, por ejemplo, la superficie de contacto entre ambos y evaluamos la energía que por unidad de tiempo la atraviesa, viendo que es proporcional a la diferencia de temperaturas que exista entre ellas. La explicación de estos hechos la encontramos en las oscilaciones microscópicas de las moléculas, ya que es precisamente la energía cinética la que se muestra en dichas vibraciones. La cantidad de calor que pasa de un sistema a otro es proporcional a la diferencia de temperaturas a través de una constante característica de los sólidos puestos en contacto.

Esta constante de proporcionalidad para un sólido concreto da información de las características del sólido, a saber, del coeficiente de conductividad térmica, λ , característico del material, y de la forma y dimensiones del mismo a través de su sección y longitud. El alumno, por ejemplo, podrá comprobar confrontando con el texto las dimensiones del coeficiente λ a partir de la expresión Q igual a λ multiplicado por la superficie dividido por la longitud y multiplicado por la diferencia de temperatura. Las dimensiones de Q son las de energía por unidad de tiempo.

Por último, hablemos brevemente de la conducción eléctrica. Supongamos un sólido metálico, es decir, que posea cargas libres capaces de moverse cuando se sumerge en un campo eléctrico. Aparecerá un transporte de cargas en la misma dirección del campo eléctrico.

Si consideramos una sección cualquiera del sólido normal a la dirección del campo, se define la intensidad de corriente como la carga eléctrica que atraviesa dicha sección y por unidad de tiempo. Podemos establecer una relación causal entre el campo eléctrico aplicado y la intensidad de corriente a través de la constante denominada conductividad eléctrica del sólido.

En realidad se puede decir que este transporte de carga aparecerá cuando establezcamos una diferencia de potencial entre dos secciones del conductor.

Pero esta diferencia de potencial, trabajo para transportar la unidad de carga, es consecuencia inmediata de la existencia del campo eléctrico. Luego podemos establecer una relación causal, la misma de antes, entre la intensidad y la diferencia de potencial. En efecto, la intensidad es proporcional a la diferencia de potencial a través de una constante característica del sólido.

Esta constante de proporcionalidad para un sólido concreto da información de las características del sólido, a saber, del coeficiente de conductividad eléctrica, σ , característico del material, y de la forma y dimensiones del mismo a través de su sección y longitud. De la misma forma que antes, el alumno podrá comprobar confrontando con el texto las dimensiones del coeficiente σ a partir de la expresión I igual a σ multiplicado por la superficie, dividido por la longitud y multiplicado por la diferencia de potencial. Las dimensiones de I son las de carga por unidad de tiempo.

Como complemento de lo que hemos dicho, sería interesante que el estudiante manejara tablas de valores numéricos de ambos coeficientes, de conductividad térmica y eléctrica. De esta forma, valorará el orden de magnitud de los mismos y el significado de un sólido conductor, semiconductor o aislante. En cualquier caso, los valores serán finitos, concluyendo por tanto que no existen sin el conductor ni el aislante ideales.

Podrá incluso hacer alguna pequeña experiencia para así estar más cerca de todo aquello que es lo real en la física. Subtítulos realizados por la comunidad de Amara.org