

### Capítulo III

## MUSEO QUÍMICO

Contenido:

[Pregunta sin respuesta](#)

[Causa de la diversidad y sus consecuencias](#)

[Anillos químicos](#)

[La tercera posibilidad](#)

[Breves palabras sobre los compuestos complejos](#)

[Sorpresas de un compuesto simple](#)

[Lo que no conocía Humphry Davy](#)

[76, 28, o algo completamente asombroso](#)

[Elogio al líquido de Cadet](#)

[Relato sobre el TEP](#)

["Sandwiches" extraños](#)

[Antojos raros del monóxido de carbono](#)

[Todos en uno](#)

[Rojo y verde](#)

[El átomo más extraordinario y la química más extraordinaria](#)

[Otra vez el diamante](#)

[Lo desconocido bajo los pies](#)

[Cuando lo mismo resulta ser completamente distinto](#)

### Pregunta sin respuesta

Si se reúne a los más grandes químicos del mundo y se les pide que contesten a una sola pregunta: la de cuántos compuestos químicos pueden formar los elementos del sistema periódico, esta asamblea de eminencias no dará siquiera una respuesta aproximada.

Se conoce que el compuesto químico más simple es la molécula de hidrógeno. Y no puede haber ningún otro compuesto más simple, ya que el hidrógeno es el primero y más liviano representante de la tabla de Mendeléiev.

¿Y el compuesto más complejo? Aquí desaparece toda certidumbre. La química conoce moléculas verdaderamente gigantes que constan de decenas y centenas de miles de átomos y a veces hasta de millones. Y nadie está en condiciones de decir si existe en general algún límite para esta complejidad.

En cambio, podemos calcular con bastante exactitud cuántos compuestos químicos se conocen. Pero el número que obtenemos hoy, mañana ya envejecerá, porque en la actualidad, en los laboratorios del globo terráqueo todos los días se sintetiza aproximadamente una decena de nuevas sustancias. Y de año en año incrementa esta producción diaria.

El servicio de información química comunica que en total se ha separado de la materia prima natural y obtenido artificialmente cerca de 2 millones de compuestos químicos.

Esta cantidad es muy impresionante, pero resulta que la aportación de los habitantes de la Gran Casa es muy distinta.

Por ejemplo, el número de compuestos que forman los gases nobles - helio, neón y argón - es igual a cero. Para el elemento de las tierras raras, el prometio (los físicos lo preparan artificialmente en los reactores nucleares), se ha obtenido con seguridad tan sólo tres compuestos, y, además, de lo más común: hidróxido, nitrato y cloruro. La situación no es mejor con otros elementos artificiales. No olviden, que para algunos de ellos los científicos se ven obligados a contar sendos átomos. ¡Claro, que no se puede ni hablar de compuestos!

Empero, en la tabla de Mendeléiev existe un elemento único en su género. Por la cantidad de sustancias complejas que forma ocupa un lugar excepcional. En la Gran Casa él se aloja en el apartamento número 6. Este elemento es el carbono. Entre los 2 millones de moléculas más diversas 1 millón y 700 mil son moléculas cuya base y armazón constituyen los átomos de carbono. Estos compuestos están estudiados por una rama colosal de la química: la química orgánica. Los compuestos de todos los demás elementos entran en la "esfera de influencia" de la química inorgánica. De este modo, resulta que la cantidad de sustancias orgánicas supera casi seis veces la de inorgánicas. Como regla, sintetizar una nueva sustancia orgánica es mucho más fácil. Mientras tanto, los químicos inorgánicos considerarían ideal, si pudieran informar cada día sobre la obtención de nada más que un sólo compuesto nuevo. Aunque en los últimos años las perspectivas infunden más esperanzas. A los químicos orgánicos les ayuda la peculiaridad maravillosa de los átomos de carbono.

[Volver](#)

### Causa de la diversidad y sus consecuencias

Los átomos de dicho elemento pueden formar cadenas con extraordinaria facilidad, alineándose en una fila larguísima.

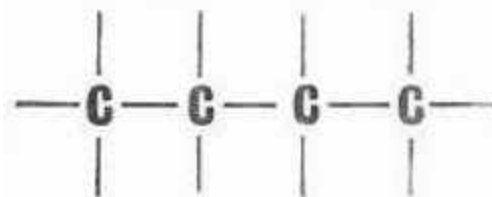
La cadena más corta contiene dos átomos de carbono. Por ejemplo, la molécula del hidrocarburo etano tiene dos eslabones en la cadena:  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3$ . ¿Y la cadena más larga? Por ahora no se conoce. Se logró obtener un compuesto en cuya cadena se disponen 70 eslabones carbonados (tenemos que señalar que lo dicho se refiere a los compuestos ordinarios y no a los polímeros donde las cadenas carbonadas son mucho más largas). En otros elementos no se ve nada semejante. Sólo el silicio puede permitirse el lujo de formar una cadena de seis eslabones. Además, los científicos lograron obtener un compuesto interesante para el germanio,  $\text{Ge}_3\text{H}_8$ , donde tres átomos metálicos de germanio se hallan en una cadena. En general, en la familia de los metales es un caso único. En una palabra, por su propiedad de formar cadenas el carbono esta fuera de cualquier "competencia".

Pero si las cadenas de carbono sólo fueran lineales, la química orgánica no conocería una cantidad tan fabulosa de compuestos.



Figura 28

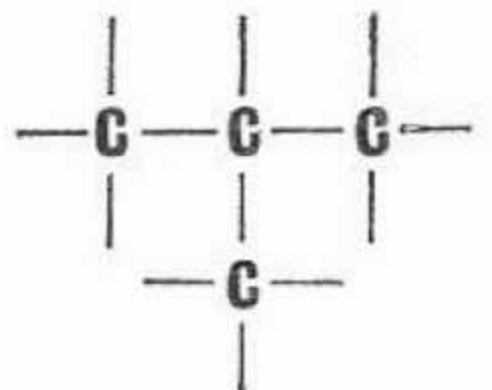
Las cadenas pueden ramificarse. Pueden cerrarse formando ciclos poligonales de tres, cuatro, cinco, seis y más átomos de carbono.



Formula 1

El hidrocarburo butano tiene una cadena de cuatro átomos de carbono:

En este caso los átomos están dispuestos en una fila. Pero también pueden situarse de otro modo:



Formula 2

El número de átomos es el mismo, mas están ligados entre sí de otra manera. En este caso, la substancia tiene otras propiedades y lleva otro nombre, el de isobutano.

A partir de cinco átomos de carbono, además de la cadena lineal se puede formar otras cinco cadenas ramificadas. A cada "estructura" le corresponderá una substancia química independiente.

Para las variedades de los compuestos químicos que contienen los mismos átomos, pero dispuestos de distinto modo, los químicos inventaron un nombre especial: isómeros. Su número es tanto mayor cuanto más átomos de carbono contiene la molécula. La cantidad de isómeros crece casi a modo de progresión geométrica. Por ejemplo, para el pentano ( $C_5H_{12}$ ) son posibles tres isómeros; para el hidrocarburo  $C_{13}H_{28}$ , 800 isómeros, y para  $C_{20}H_{42}$ , 366 000 isómeros.

Y la química orgánica añade a su cuenta centenares de miles de nuevos compuestos.

[Volver](#)

### Anillos químicos

Hay un número bastante grande de leyendas sobre cómo famosos hombres de ciencia hacían sus descubrimientos.

Se cuenta que Newton estaba meditando en su jardín. De pronto a sus pies cayó una manzana. Esto indujo al gran físico de sugerir la idea sobre la ley de gravitación universal.

Se dice que Mendeléiev vio su sistema periódico en un sueño. Lo único que debía hacer era despertar y representar su "sueño" gráficamente en el papel.

En una palabra, se inventa todo género de sandeces sobre los descubrimientos y sus autores.

Pero, la idea que se le ocurrió al célebre químico alemán Kekulé, efectivamente, fue inculcada por un cuadro bastante curioso.

Los científicos ya hacía mucho que conocían el benceno, uno de los compuestos orgánicos más importantes. Sabían que constaba de seis átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno y estudiaron muchas de sus reacciones.

Sin embargo, no tenían noción alguna de cómo el sexteto de átomos de carbono se dispone en el espacio.

Este problema no dejaba a Kekulé en paz. He aquí cómo lo resolvió. Pero ofrecemos la palabra al propio químico: "Estuve a mi mesa escribiendo un manual, pero el trabajo se estancó. Mis pensamientos estaban muy lejos. Los átomos saltaban ante mis ojos. Con mi vista mental distinguía sus largas series retorciéndose cual serpientes. De pronto, una de las serpientes se agarró de su propia cola y en esa postura empezó a voltear ante mis ojos como si me lanzara un reto. Me sentí como despertado por la fulguración de un rayo.. ."

Una imagen eventual surgida en la conciencia de Kekulé le ayudó a hacer la deducción de que las cadenas carbonadas son capaces de cerrarse y formar ciclos.

En pos de Kekulé los químicos empezaron a representar la estructura del benceno de la forma siguiente:



Figura 30

El anillo bencénico desempeñó un papel importantísimo en la química orgánica. Es interesante que la fórmula estructural del benceno representada por Kekulé no es, ni mucho menos, la única. La fórmula de Kekulé contradice los datos sobre las distancias entre los átomos de carbono en la molécula. Por eso se proponían otras fórmulas, por ejemplo, de este tipo:

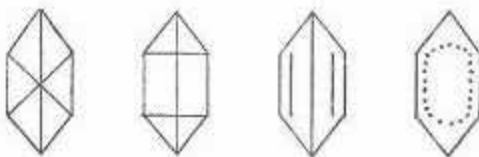


Figura 31

Cada una de ellas en tal o cual grado describía las peculiaridades de la molécula bencénica, pero al mismo tiempo no carecía de defectos esenciales. Estamos ante un hecho paradójico: aunque la estructura del benceno se puede considerar establecida definitivamente, hasta ahora no tenemos una representación gráfica de la fórmula que refleje completamente esta estructura.

Los anillos pueden contener distinto número de átomos de carbono. Los anillos pueden también acoplarse formando figuras geométricas caprichosas. En el mundo de los anillos existe la misma diversidad de estructuras como entre las cadenas abiertas de los átomos de carbono. Cualquier libro referente a química orgánica recuerda en cierto grado un texto de geometría, ya que es rara la página en que no se encuentren "figuras geométricas", o sea, fórmulas estructurales de compuestos orgánicos complejos.

Fíjese qué pliegues parecidos a los de un acordeón pueden formar los anillos bencénicos:

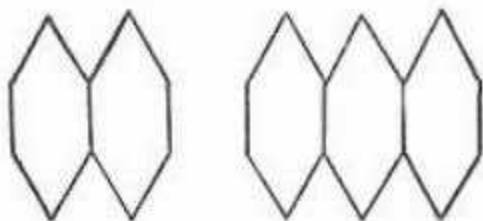


Figura 32

El "acordeón" izquierdo es la fórmula estructural del naftaleno. El derecho es el antraceno, parte integrante de la hulla.

[Volver](#)

### La tercera posibilidad

Se consideraba que el elemento carbono era único en tres formas. Los científicos denominaban alotropía a esa "triunidad". En otras palabras, el mismo elemento puede existir en tres modificaciones alotrópicas.

Las tres formas del carbono son el diamante, el grafito y el hollín. Se diferencian mucho entre sí: el diamante, "rey de la dureza", las escamas blandas del grafito y el polvo negro-mate del hollín. La causa de esa diversidad es la distinta disposición de los átomos de carbono en la molécula.

El diamante los tiene en los vértices de la figura geométrica llamada tetraedro. La ligazón entre los átomos es, en este caso, de extraordinaria solidez. Por esta razón el diamante se distingue por una dureza excepcional.

Al contrario, los átomos de carbono en el grafito tienen disposición planar y la ligazón entre los distintos planos es bastante débil. Debido a esto el grafito es blando y con facilidad se separa en escamas.

En cuanto a la estructura del hollín, ésta se discutía. Durante un largo período dominó la opinión de que el hollín no era una sustancia cristalina. Se consideraba como una variedad de grafito amorfa. No obstante hace relativamente poco se averiguó que el grafito y el hollín son prácticamente una misma cosa. Tienen igual estructura molecular. Entonces resulta que quedan el diamante y el grafito y lo tercero no existe.

Sin embargo, los científicos se plantearon el objetivo de crear artificialmente la tercera variedad de carbono. Este problema se formuló del siguiente modo.

En el diamante y en el grafito las cadenas de los átomos de carbono están cerrados, aunque su disposición espacial es distinta. La cuestión es si se puede obligar a los átomos de carbono a que se sitúen en una larga cadena lineal. En otras palabras: ¿es que se puede obtener una molécula polímera consistente tan sólo en carbonos dispuestos en una recta?

Para preparar cualquier producto químico se necesita sustancia inicial. Si se trata de la obtención del "carbono N°3" la elección de tal sustancia es unívoca. Sólo el acetileno, combinación de dos átomos de carbono y dos de hidrógeno,  $C_2H_2$ , puede servir de sustancia inicial.

¿Por qué el acetileno? Porque en su molécula con los átomos de carbono está ligada la cantidad mínima posible de átomos de hidrógeno. Los hidrógenos sobrantes serían un estorbo para la síntesis.

El acetileno tiene también otra peculiaridad: como dicen los químicos, él tiene una gran capacidad reactiva. Los átomos de carbono en su molécula están unidos entre sí por tres enlaces químicos ( $\text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H}$ ), con la particularidad de que dos de ellos se destruyen con relativa facilidad y se pueden aprovechar para la combinación con átomos de otras moléculas, por ejemplo, del mismo acetileno.



Figura 33

En resumidas cuentas, la primera etapa de solucionar el problema es la siguiente: del monómero (acetileno) preparar un polímero (poliacetileno).

Este no es el primer intento. En el siglo pasado, el químico alemán Bayer trató de realizar esta reacción, pero lo único que consiguió fue la obtención de la molécula cuadruplicada de acetileno, el tetraacetileno. Pero resultó ser fenomenalmente inestable. Otros químicos de diferentes países también trataron de seguir este camino. Lamentablemente, los resultados de sus trabajos eran desesperanzados.

Sólo los métodos poderosos de la síntesis orgánica de nuestros días permitieron, al fin y al cabo, obtener el poliacetileno. La Unión Soviética llegó a ser su patria. Los científicos soviéticos crearon una nueva clase de compuestos orgánicos, las llamadas "pollinas". Las sustancias recién nacidas encontraron de inmediato aplicación práctica, ya que resultaron ser magníficos semiconductores.

Ahora estaba por darse el segundo paso en el camino de la síntesis de la tercera variedad de carbono: la expulsión de los átomos de hidrógeno contenidos en la molécula de poliacetileno, de modo que sólo se conserve la cadena carbonada.

El proceso mediante el cual se querían expulsar los átomos de hidrógeno en el lenguaje químico lleva un nombre largo y fastidioso: deshidropolicondensación oxidante. Prescindimos de la explicación de la esencia del proceso. En los diarios de laboratorio su descripción ocupó decenas de páginas, ya que liberar el poliacetileno del hidrógeno fue un asunto muy lejos de ser sencillo. Fracasaron muchos experimentos.

¡No obstante, el trabajo de los científicos soviéticos se coronó con un brillante éxito! '

Un deslucido polvo negro que recuerda al hollín. El análisis químico mostró que el 99% es carbono puro. El 99%, pero por ahora no el ciento por ciento.

Hablando con propiedad, para el triunfo completo es necesario dar un paso más. Es necesario librarse de ese famoso 1% de hidrógeno. Este impide a los átomos de carbono reunirse en una fila y extenderse en cadenas paralelas. Este es el último obstáculo en el camino hacia el "carbono N° 3"

La variedad sintetizada "casi tercera" los químicos la llamaron "carbina". Ya demostró sus propiedades maravillosas. Es un magnífico semiconductor, posee propiedades fotoeléctricas

y tiene una termorresistencia estupenda: ¡Este compuesto no teme a una temperatura de 1 500°C!

[Volver](#)

### Breves palabras sobre los compuestos complejos

En el siglo XIX vivieron y realizaron su obra creadora muchos químicos famosos. Entre esta brillante pléyade se destacan tres químicos geniales que para su ciencia hicieron lo más grandioso: colocaron los cimientos de la química moderna.

Estas personalidades geniales son: Dmitri Ivánovich Mendeléiev, que descubrió la ley periódica y el sistema periódico de los elementos.

Alexandr Mijáilovich Bútlerov, que creó la teoría de los compuestos orgánicos.

El tercero es el químico suizo Alfred Werner. La esencia de su descubrimiento cabe en muy pocas palabras: "teoría de la coordinación", pero es toda una época en el desarrollo de la química inorgánica .



Figura 34

...Todo empezó cuando los químicos comenzaron a estudiar cómo los metales reaccionan frente al amoníaco. Con ese fin tomaban cualquier sal corriente, por ejemplo, cloruro de cobre y le añadían amoníaco en solución acuosa. Después se evaporaba la solución y se obtenían cristales bonitos de color azul-verdoso. La sustancia obtenida se sometió al análisis químico. La composición de la sustancia era sencilla, pero de sencillez enigmática. La fórmula del cloruro de cobre es  $\text{CuCl}_2$ . El cobre en esta sustancia es divalente y todo está perfectamente claro. Los cristales del compuesto "amoniacal" tampoco tenían una composición que se pudiera considerar muy compleja  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ .

Mas, ¿a qué fuerzas se debe que dos moléculas de amoníaco están enlazadas sólida y seguramente con el átomo de cobre? Se sabe que las dos valencias de éste se gastaron para el enlace con los átomos de cloro. Entonces, en este compuesto el cobre debe de ser tetravalente.

Citamos otro ejemplo. Se trata de un compuesto análogo de cobalto:  $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ . ¿Es que el cobalto, un elemento trivalente típico, aquí acusa valencia nueve?

Compuestos similares se sintetizaban a montones y cada uno de éstos representaba una mina de acción retardada colocada en el fundamento del edificio de la teoría de valencia. Los cabos no se ataban. Muchos metales manifestaban valencias completamente insólitas. Fue Alfred Werner el que explicó este fenómeno extraño. El razonaba del modo siguiente: los átomos, después de saturar sus valencias ordinarias y legítimas, pueden manifestar valencias complementarias. Por ejemplo, el cobre, al gastar sus dos valencias principales para los átomos de cloro, encuentra otras dos valencias, complementarias, para añadir el amoníaco.

Los compuestos análogos al  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{ZCl}_2$  se denominan complejos. En este caso el catión  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^2+$  es complejo. Otras muchas sustancias acusan una estructura compleja del anión, por ejemplo,  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  tiene el anión complejo  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ .

Pero, ¿cuántas valencias complementarias puede manifestar un metal? Esta cantidad se determina por la magnitud del índice de coordinación. Su valor mínimo es 2, y el máximo, 12. Así, en el compuesto amoniacal de cobre éste es igual a 2. Precisamente tantas moléculas de amoníaco son añadidas al átomo de cobre.

El enigma de las valencias insólitas fue resuelto. Surgió un nuevo apartado de la química inorgánica, la química de compuestos complejos.

Ahora se conoce una multitud de ellos, más de cien mil. Se estudian en todos los institutos y laboratorios químicos del mundo. Y no sólo son los químicos teóricos los que quieren saber de qué modo están estructuradas estas sustancias, y el porqué de esa estructura.

Sin los compuestos complejos no puede existir la vida. Recuérdese que tanto la hemoglobina, componente importantísimo de la sangre, como la clorofila, base de la actividad vital de las plantas, son compuestos complejos. También muchos fermentos y enzimas están constituidos "a lo complejo".

Los químicos analíticos empleando compuestos complejos realizan análisis complicadísimos de las más diversas sustancias.

Mediante complejos, tomados a modo de ayudantes, los químicos obtienen muchos metales en estado muy puro. Los complejos se utilizan como colorantes valiosos y para quitar la dureza del agua. En una palabra, los compuestos complejos se presentan por doquier.

[Volver](#)

### Sorpresas de un compuesto simple

En nuestro tiempo el aprender a fotografiar es un asunto más que simple y hasta al alcance de los alumnos de la escuela primaria, aunque éstos no conozcan todos los secretos del proceso en cuestión (hablando entre nosotros, hay algunas cosas que ni siquiera los especialistas pueden aclarar). Pero en cuanto a sacar fotos y revelarlas, lo único que se necesita es un poco de práctica y varios consejos de los adultos.

Por esta razón no describiremos los pormenores que tiene que hacer un fotógrafo.

Este, por ejemplo, conoce muy bien que a veces las fotos se cubren con manchas pardas. Sobre todo, si están expuestas a la acción de la luz o se guardan durante mucho tiempo.

"De seguro dirá un fotógrafo - que en el proceso de revelado de las fotos la imagen no se fijó por completo".

A1 enfocar científicamente, esto significa que el tiempo de permanencia de la placa o el papel fotográfico en la solución fijadora fue insuficiente.

¿Para qué se necesita la fijación? Cualquiera que por lo menos se ocupó un poco de fotografía puede contestar a esta pregunta.

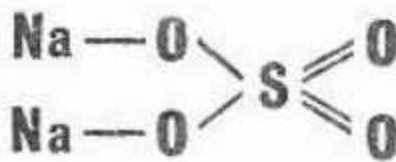
Para eliminar de la superficie de la película los restos del bromuro de plata, que no se descompuso por la acción de la luz.

Se han inventado muchos fijadores y entre éstos el más barato y más divulgado es el hiposulfito. Su nombre químico es tiosulfato sódico.

Al principio diremos varias palabras sobre el sulfato sódico. Se conoce hace mucho, muchísimo tiempo y fue descubierto por el químico alemán Iohann Glauber. Por eso se denomina también sal de Glauber. Su fórmula es  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

A los químicos les gusta representar los compuestos en forma estructural. El sulfato sódico anhidro lo presentan de este modo:





Formula 3

Al ver esta fórmula estructural, hasta un novato en cuestiones de química se entera de que el azufre tiene aquí valencia positiva seis, y el oxígeno, valencia negativa dos.

El tiosulfato tiene casi la misma estructura. La única diferencia consiste en que un átomo de oxígeno se sustituye por un átomo de azufre:



Formula 4

¿Parece simple? Naturalmente. Pero, ¿qué compuesto más interesante es este tiosulfato! Contiene dos átomos de azufre de valencia distinta. Uno tiene la carga 6+ y el otro 2-. No son muy frecuentes los casos en que los químicos tropiezan con semejantes fenómenos. Hasta las cosas comunes muchas veces pueden ocultar algo insólito.

[Volver](#)

### Lo que no conocía Humphry Davy

La lista de los trabajos científicos del famoso químico inglés Humphry Davy es muy amplia. No sólo era un científico de talento, sino también un investigador con suerte. Cualquiera que fuese el problema, si Davy empezaba a trabajar en él, casi siempre lo resolvía con éxito. Obtuvo un buen número de nuevos compuestos químicos. Elaboró varios métodos nuevos de investigación. En fin, Davy descubrió cuatro elementos: el potasio, el sodio, el magnesio y el bario.

Entre sus trabajos hay una pequeña investigación. Esta informa sobre la preparación de un compuesto químico ordinario, hidrato de cloro. En este compuesto a una molécula de cloro se añadían seis moléculas de agua:  $\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Davy estudió minuciosamente las propiedades de este compuesto, pero no llegó a enterarse de que obtuvo un compuesto de tipo completamente nuevo. Compuesto en que falta el enlace químico.

Los químicos del siglo XX se convencieron de ello. Trataron de explicar la existencia del hidrato de cloro basándose en las concepciones contemporáneas sobre la valencia, pero no tuvieron éxito. La sustancia resultó una nuez dura. Y, además, lejos de ser la única. Durante decenios los químicos buscaron la respuesta a la pregunta de si de veras son tan irremediabilmente inertes los gases nobles o a pesar de todo se puede obligarlos a participar en reacciones químicas. Ya hemos mencionado cómo terminaron estas búsquedas. No obstante, mientras el problema se resolvía los químicos lograron a preparar varios hidratos de argón, kriptón, xenón y radón.

En éstos también faltaba el enlace químico común. Sin embargo, muchos de ellos son relativamente estables.

Otro problema planteó ante los químicos un compuesto orgánico bastante simple, la urea. Se unía de muy buena gana con muchos hidrocarburos y alcoholes. Esta extraña "amistad" era motivo de sorpresa: cuáles fuerzas son las que atraen entre sí la molécula de urea y la de alcohol? Cualquiera, menos las químicas. . .

Pero, como quiera que sea, la nueva clase de compuestos - sustancias sin enlace químico crecía con terrible velocidad.

Mas resultó que en ese fenómeno no hubo nada sobrenatural.

Dos moléculas que contraen la unión no son iguales en sus derechos. Una se presenta como el amo y la otra "viene de visita".

Las moléculas-amos forman una red cristalina en la que siempre existen lagunas o cavidades no ocupadas por los átomos. En esas lagunas se internan las moléculas huéspedes. Sin embargo, en este caso la hospitalidad tiene un carácter peculiar. Los forasteros quedan de visita durante un período largo, ya que no pueden abandonar, sin ningún pretexto, las cavidades de la red cristalina.

De este modo, las moléculas de los gases cloro, argón, kriptón y otros caen, como en una trampa, en las lagunas de la estructura cristalina del agua.

Los químicos llaman a éstas y a una serie de otras sustancias sin ligazón química entre diferentes moléculas compuestos clatrados.

[Volver](#)

### **76, 28, o algo completamente asombroso**

Estas sustancias se denominan "catenanos" (del latín "catena": cadena).

Bueno, ¿cadena?, ¡que sea cadena! ¿A quién se puede asombrar con ello? En el léxico del químico orgánico el término "cadena" se emplea tal vez con más frecuencia que cualquier otro.

Pero entre cadena y cadena existe una gran diferencia. Ya tuvimos ocasión de cerciorarnos de que las cadenas pueden ser muy distintas: lineales, ramificadas y a veces combinaciones caprichosas de cadenas.

Fijese bien: el concepto de cadena referente a los compuestos orgánicos es una expresión viva, pero no muy estricta, ya que en la vida cotidiana se entiende como cadena algo distinto. Sus eslabones no están unidos entre si por un acoplamiento mecánico rígido, sino que entran libremente uno en el otro.

En los compuestos orgánicos complejos los ciclos parecen ser "soldados" entre sí (aunque este término también es muy aproximado). Por ejemplo, tres anillos bencénicos en el antraceno. Esto recuerda una cadena de ciclos. Cadena, mas no del todo...

Los químicos se estaban devanando los sesos al buscar si se puede unir ciclos aislados análogamente a como se acoplan dos eslabones en una cadena común y corriente. Por ejemplo, así:

En una palabra: querían que dos moléculas cíclicas se unieran sin la participación del enlace químico; puramente de manera mecánica, por así decirlo.

Esta idea sugestiva maduró durante muchos años en la mente de los científicos. La teoría estaba de su parte. No ponía obstáculos infranqueables para la síntesis pensada y hasta dio la posibilidad de calcular de cuántos átomos de carbono debían componerse los ciclos para poder entrelazarse de modo conveniente.

Mas la práctica, durante un largo período, no tuvo de qué jactarse. En una de las etapas, el proceso de síntesis iba a parar a un callejón sin salida. Y los químicos tenían que ingeniárselas de nuevo.

El nuevo compuesto vio la luz un bonito día de abril de 1964. Sus progenitores eran dos químicos alemanes. Lüttringhaus y Schill. Para lograr su objetivo necesitaron veinte operaciones químicas consecutivas, veinte etapas.

El compuesto consta de dos moléculas cíclicas ligadas entre sí a modo semejante de eslabones de una cadena. Un eslabón contiene 26, y el otro, 28 átomos de carbono. De aquí procede el nombre tan prosaico del compuesto: "catenano 26, 28".

Dos eslabones acoplados para la química de los catenanos es ya una etapa pasada. En la actualidad, los científicos trabajan para obtener combinaciones más raras aún, por ejemplo:

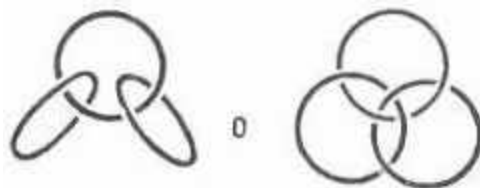


Figura 35

Aquí están representados los modelos de los catenanos de tres eslabones. En el izquierdo, el eslabón intermedio debe contener 26 átomos de carbono, y los extremos, 20 cada uno. Para el entrelazamiento complejo de tres anillos (catenano de la derecha), cada uno debe incluir 30 átomos como mínimo.

El aspecto exterior del hermano mayor de la familia de los catenanos es tan ordinario que causa asombro. Es un polvo cristalino blanco que se funde a  $125^{\circ}\text{C}$ .

¿Existen los catenanos en la naturaleza? En la naturaleza todo es racional, no gasta en vano sus capacidades. Si existen catenanos naturales, deben cumplir ciertas funciones.

Los científicos tienen esto por averiguar.



Figura 36

[Volver](#)

### Elogio al líquido de Cadet

En 1760, un químico francés poco conocido, Cadet, sin sospecharlo dejó su nombre en la historia.

Realizó en su laboratorio (ignoramos con qué fin) el siguiente experimento químico.

Calentó acetato de potasio con óxido de arsénico. Pero nunca se enteró de qué obtuvo en ese experimento, por la simple razón de que la sustancia formada tenía carácter verdaderamente diabólico.

Era un líquido negro, espeso, fumante al aire. Se incendiaba con facilidad y, para colmo, tenía un fuerte olor completamente insoportable.

El líquido de Cadet fue estudiado setenta años después. Entonces se reveló que sus componentes principales eran compuestos de arsénico. Compuestos en sumo grado peculiares.

Para valorar debidamente esta peculiaridad recordamos que todos los compuestos orgánicos se distinguen por un rasgo característico fundamental: tienen por base cadenas de átomos de carbono, cadenas abiertas, ramificadas o cerradas. En realidad, en esas cadenas pueden

internarse átomos de algunos otros elementos. Pero estos elementos (se llaman organógenos) son contados: el oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, azufre y, también, el fósforo. El arsénico no puede incluirse entre ellos de ningún modo.

En la composición del líquido de Cadet entra una sustancia llamada dicacodilo (del griego "kakodes", de olor fétido). Su estructura era tal que los átomos de arsénico se introdujeron sólidamente entre los átomos de carbono:



Formula 5

Los compuestos orgánicos cuyas cadenas carbonadas incluyen átomos de elementos no organó- (metales y no metales) en la actualidad se denominan compuestos elementoorgánicos (en caso de metales, organometálicos).

De este modo se puede decir que Cadet sintetizó el primer compuesto elementoorgánico del mundo.

Ahora se conocen más de 15 mil sustancias análogas. La química de los compuestos elementoorgánicos y organometálicos llegó a ser una rama grande e independiente de la química y uno de sus apartados más importantes.

Esta tendió un puente entre la química orgánica y la inorgánica, recalcando una vez más cuál convencional es en nuestro tiempo la división de las ciencias.

En efecto, ¿qué química orgánica es ésta si tiene que estudiar compuestos en los que juegan el papel más importante los metales, representantes típicos de la naturaleza muerta?

Y al contrario, cómo se puede llamar inorgánica a esta rama de la química si muchas de sus sustancias ciudadanas, en varias de sus manifestaciones, a pesar de todo resultan ser derivados orgánicos de pura ley.

Para la ciencia son de interés particular los compuestos organometálicos. La condición obligatoria de su existencia es el enlace entre el átomo de metal y el átomo de carbono.

Casi todos los metales de los subgrupos principales de la Gran Casa pueden formar parte de la composición de los compuestos organometálicos.

Las propiedades de estas sustancias son de extraordinaria diversidad. Unas explotan con enorme fuerza hasta a temperaturas mucho menores de cero. Otras, en cambio, poseen termoestabilidad tan grande que da envidia.

Unas son muy activas químicamente, mientras que otras casi no reaccionan a cualesquiera acciones exteriores.

Y todas, hasta la última, son muy tóxicas. La única excepción son los compuestos organogermánicos, y su completa falta de nocividad sigue siendo un enigma.

El campo de aplicación de los compuestos elementoorgánicos es muy amplio y prácticamente inagotable. ¡"Trabajan" en todas partes! Con su ayuda se producen plásticos y cauchos, se preparan semiconductores y metales extrapuros. Intervienen como remedios medicinales e insecticidas y herbicidas en la agricultura. Forman parte de la composición del combustible para cohetes y motores. En fin, son reactivos químicos y catalizadores valiosísimos, permitiendo realizar muchos procesos interesantes.

En la URSS se formó una importante escuela de químicos que se ocupan de los compuestos elementoorgánicos. La dirige el académico A. N. Nesmeiánov, que por sus trabajos fue distinguido con el Premio Lenin.

[Volver](#)

### Relato sobre el TEP

TEP es una abreviatura. Así se llama un compuesto muy útil en la actividad práctica del hombre que ayuda a ahorrar gasolina. Aunque nadie aún ha calculado cuántos litros de gasolina ahorró TEP durante su vida; no hay duda de que el cálculo daría un número bastante imponente.

¿Qué es entonces este TEP misterioso? El químico contestará: es un compuesto organometálico del hidrocarburo etano con plomo metálico. Elimine de cada de las cuatro moléculas de etano ( $C_2H_6$ ) un átomo de hidrógeno y una los radicales hidrocarbурados (los etilos, CM) a un solo átomo de plomo. Entonces obtendrá Ud. una substancia de fórmula bastante simple  $Pb(C_2H_5)_4$ . Esta substancia lleva el nombre de tetraetilplomo o, con las siglas, TEP.

TEP es un líquido pesado con un matiz verdoso y el olor apenas perceptible a fruta fresca, pero muy lejos de ser inofensivo. Pertenecer a los tóxicos fuertes. Desde el punto de vista químico TEP, como tal, no representa gran interés. Es una substancia como otra cualquiera. Los químicos conocen compuestos mucho más interesantes. Pero basta añadir al depósito con gasolina para automóviles nada más que 0,5% de TEP y empiezan a efectuarse prodigios.

El motor de combustión interna es el corazón del automóvil o avión. El principio de su trabajo es sencillo. En el cilindro se comprime la mezcla de gasolina y de aire. Luego una chispa eléctrica produce la ignición. Se opera una explosión, se libera energía y a sus expensas trabaja el motor.

Mucho depende del grado de compresión de la mezcla. Cuanto mayor es la compresión, tanto mayor es la potencia del motor. Y tanto más económico es el gasto de combustible. Así debe suceder teóricamente. Pero en la práctica la mezcla no se puede comprimir lo bastante fuerte y de aquí proceden las "enfermedades" del motor. La combustión incompleta y no uniforme del combustible provoca el recalentamiento del motor y el gasto rápido de sus piezas. Además, crece en alto grado el consumo de gasolina.

Los ingenieros introducían en la construcción de los motores todo tipo de innovaciones, los químicos trataban de preparar clases de gasolina lo más puras posible. La "enfermedad" hasta cierto punto se podía curar, pero no por completo. En los motores seguía el "golpeteo", se recalentaban y las explosiones no uniformes de la mezcla (detonación) acortaban el plazo de su servicio.

Después de largas reflexiones los científicos llegaron a la conclusión de que la detonación se puede disminuir; se puede obligar a la mezcla que arda uniformemente, pero este objetivo es sólo posible alcanzarlo al cambiar por algún procedimiento las propiedades del propio combustible.



Figura 37

¿Cuál es este procedimiento?

El ingeniero norteamericano Thomas Midgley buscaba con tenacidad la respuesta a esta pregunta. Al principio propuso la salida más inesperada: hay que... teñir la gasolina de rojo. En este caso el combustible adquirirá la propiedad de absorber más calor y será más volátil. Entonces se logrará comprimir más fuertemente la mezcla de gasolina y aire.

Midgley "tiñó" la gasolina añadiéndole un poco de yodo. Y ¡qué satisfacción!, en efecto, la detonación de la gasolina se hizo menor. Pero apenas el investigador aplicó en vez de yodo un colorante habitual, el motor volvió a ser presa de sus antiguos achaques.

Resulta en este caso que el color no tiene nada que ver con el asunto. Pero el disgusto de Midgley duró poco tiempo. Se le ocurrió una idea brillante: es posible que existan sustancias cuyas adiciones ínfimas mejoran esencialmente las cualidades de la gasolina. El yodo sólo lo hacía en grado insignificante. Era necesario buscar otras sustancias, simples o complejas. Los científicos ensayaron decenas y centenas de compuestos. Los prácticos y los teóricos trabajaban juntos, hombro con hombro.

Por fin los teóricos llegaron a una conclusión muy importante. Hace falta buscar sustancias antidetonantes entre los compuestos de los elementos con gran peso atómico. Por ejemplo, vale la pena probar los compuestos de plomo.

Pero, ¿cómo introducir plomo en la gasolina? Ni el propio metal, ni sus sales no se disuelven en la gasolina. Existe un solo remedio: aplicar algún compuesto orgánico de plomo.

Entonces, por vez primera, fue pronunciada la palabra tetraetilplomo, TEP. Esto sucedió en 1921.

Adiciones (y además pequeñísimas) de TEP a la gasolina resultaron maravillosas de verdad. La calidad del combustible mejoró bruscamente. Se logró comprimir la mezcla de la gasolina con el aire dos veces más fuertemente. Esto significó que a velocidad igual del automóvil el consumo de gasolina disminuye dos veces. El "corazón" de los coches y los aviones empezó a trabajar sin interrupciones.

Ahora insertamos una interesante información económica: la producción mundial de TEP es ahora tan grande que se crea la amenaza de agotar rápidamente los recursos naturales de plomo.

TEP tiene una propiedad desagradable: es muy tóxico. Puede ser que Ud. haya observado en los depósitos de muchos camiones una inscripción preventiva: "¡gasolina etilada, veneno!" La gasolina que contiene TEP es necesario tratarla con gran cuidado.

TEP es pionero entre los antidetonantes de los combustibles y hasta ahora sigue siendo el más importante entre estos. Pero los científicos piensan seriamente en sustituirlo por otra sustancia que tenga la misma eficacia, pero que no sea nociva.

Una de esas sustancias ya ha sido encontrada. Se denomina CTM. Si Ud. quiere enterarse qué es esto, lea lo que sigue.

[Volver](#)

### **"Sandwiches" extraños**

En nuestros días se conoce una multitud de compuestos organometálicos. No se pueden limitar a unos diez mil. Pero hace unos tres lustros en la química organometálica existió una molesta laguna. Los químicos de ningún modo podían incluir en las moléculas orgánicas los llamados metales de transición, o sea, los metales que en el sistema periódico de Mendeléiev se disponen en los subgrupos secundarios. Y estos metales son casi cincuenta. Incluso si los químicos a veces lograban a obtener tales compuestos, éstos resultaban ser muy inestables, una especie de "fruta exótica organometálica".

En 1951, como a veces suele suceder en la ciencia, en el asunto se metió Su Majestad la Ocasión. El químico inglés Pauson dio a su estudiante Kealy un encargo. No se podía decir que el trabajo era muy complicado. Kealy tenía que sintetizar un hidrocarburo de nombre bastante largo: díciclopentadienilo. Con ese fin necesitaba aparear dos ciclos

hidrocarbonados pentagonales. O, en otras palabras, obtener de dos compuestos con la fórmula  $C_5H_6$  uno solo:  $C_{10}H_8$  (se suponía que dos átomos de hidrógeno se iban a separar).

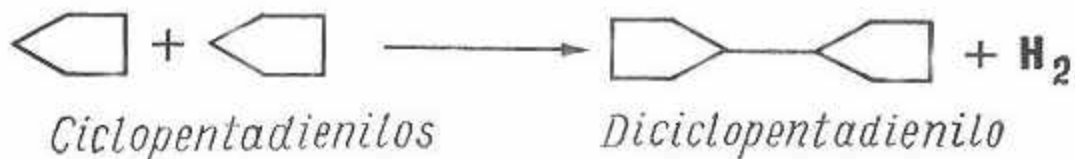


Figura 38

Kealy sabía que esta reacción puede efectuarse sólo en presencia de un catalizador y eligió el cloruro de hierro.

Una buena mañana Pauson y Kealy se quedaron estupefactos al ver que el producto de la reacción en vez de ser un líquido incoloro se presentó en forma de bonitos cristales anaranjados y, además, muy estables. Soportaban el calentamiento casi hasta  $500^\circ\text{C}$ , lo que es un fenómeno poco frecuente en la química orgánica.

Pero cuál no fue el asombro del profesor y del estudiante cuando los cristales enigmáticos se sometieron al análisis químico. En efecto, había motivo para quedarse perplejo: los cristales contenían carbono, hidrógeno y ... hierro. El hierro, un metal de transición típico, como si tal cosa, se juntó con sustancias orgánicas típicas.

La fórmula de este compuesto organometálico de hierro tenía un aspecto nada usual:



Figura 39

Los dos anillos (ciclopentadienos) son pentágonos planos regulares. Parecen ser dos rebanadas de pan entre las cuales se ha colocado un "fiambre", el átomo de hierro. Los compuestos de este tipo se denominan "sandwich" (puesto que su estructura recuerda este bocadillo inglés).

El ferroceno (tal es el nombre dado a este compuesto organometálico de hierro) resultó ser el primer representante de la familia de los "sandwich".

Para simplificar, hemos representado la estructura del ferroceno de manera sumamente esquemática, en un plano; pero en la realidad su molécula tiene una estructura espacial más compleja.

La síntesis del ferroceno fue un éxito sensacional de la química moderna. Tanto los teóricos como los prácticos tuvieron que revisar muchas de sus concepciones que se consideraban infalibles, concernientes a las posibilidades de la química organometálica.

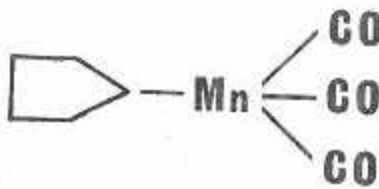
El ferroceno nació en 1951. En la actualidad existen varias decenas de estos "cenos". Los compuestos de "sandwich" se han obtenido casi para todas los metales de transición.

Por ahora ofrecen interés casi exclusivamente para los químicos teóricos. En cuanto a su aplicación práctica, aquí hay aún muchas cosas no claras. Sin embargo...

Ahora sí que ha llegado el momento oportuno para presentar a CMT. La denominación completa de esta sustancia es muy larga, pero se puede recordar fácilmente, pues suena a modo de un versecillo infantil:

Ciclopentadienilo - manganotricarbonilo

No es difícil representar la estructura de su molécula:



Formula 6

Sencillamente, en vez de la segunda "rebanada de pan" (anillo de ciclopentadienilo), el "fiambre" (átomo de manganeso) está ligado con tres moléculas de monóxido de carbono. CMT es una magnífica sustancia antidetonante. Mejor que nuestro viejo conocido TEP. Esto se refiere tanto a sus características de trabajo, como al hecho de que casi por completo está exento de nocividad. En la actualidad lo comprueban multilateralmente en la práctica. Ya pasan por los caminos camiones con las siglas CMT en sus depósitos de gasolina, Según han calculado los economistas; la completa sustitución de TEP por CMT puede ahorrar anualmente 3 mil millones de rublos. Pero la ventaja principal no es ésta; lo fundamental es que el aire de nuestras ciudades será más puro y sano.

[Volver](#)

### Antojos raros del monóxido de carbono

Trátase de un compuesto sin ningún ardid. Tan sólo un átomo de carbono y uno de oxígeno. Familiarmente se llama tufo del carbón y su nombre químico es monóxido de carbono. Es muy tóxico y no se muestra propenso a participar en reacciones químicas. Esta es una breve característica de la sustancia que responde a la simplísima fórmula de CO.

...No sabemos de seguro si justamente así se desarrollaron los acontecimientos, pero en 1916 en una planta química alemana tuvo lugar un suceso de poco interés. Alguien necesitó un viejo requeteviejo balón de acero en el cual durante cinco años seguidos se guardó bajo presión la mezcla de dos gases: hidrógeno y monóxido de carbono. El balón lo abrieron, dejando escapar los gases, y en su fondo descubrieron un poco de líquido de color marrón claro y de olor desagradable, parecía que holla "a polvo".

Este líquido resultó ser un compuesto químico conocido, pero muy raro, de un átomo de hierro con cinco moléculas de monóxido de carbono. En los manuales químicos se llamaba pentacarbonilo de hierro  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ .

(A propósito, hablando respecto del destino de los descubrimientos científicos. El pentacarbonilo de hierro fue descubierto el mismo día -15 de junio de 1891- por dos científicos, Berthelot en Francia y Mond en Inglaterra. Tales coincidencias no son muy frecuentes).

Los químicos examinaron cómo apareció esta sustancia en el balón. Resultó que no había ocurrido nada sobrenatural. Por acción del hidrógeno la superficie interior del balón de hierro se hizo muy activa, reduciéndose los óxidos de hierro hasta metal puro. El monóxido de carbono, estando bajo presión, reaccionó con este metal.

Al estudiar el mecanismo de la reacción, los químicos, en esta misma planta, construyeron un aparato capaz de producir esta sustancia en kilogramos.

La razón de esto era que el pentacarbonilo resultó útil en la práctica. Se comportó bien como antidetonante (¡qué suerte tenemos en conocerlos!).

Incluso se ha creado un combustible especial con adición de pentacarbonilo de hierro, la así llamada "motalina". Pero los automóviles usaron este combustible muy poco tiempo. El pentacarbonilo se descomponía con demasiada facilidad en sus partes integrantes y el polvo de hierro ensuciaba los segmentos del émbolo de los motores. Además, en aquel tiempo fue descubierto TEP...



*Figura 40*

Retengamos en la memoria la facilidad de descomposición del pentacarbonilo de hierro y por algún rato prestemos atención a problemas que en cierto grado son de otra índole.

Ahora se conoce una multitud de carbonilos: para el cromo, molibdeno, tungsteno, uranio, cobalto, níquel, manganeso y renio. Las propiedades de estos compuestos son muy distintas: unos son líquidos, otros, sólidos; unos son inestables, otros, al contrario, poseen bastante estabilidad.

Pero lo que los une es una cualidad común y muy interesante: para explicar la estructura de los carbonilos son inaplicables las concepciones corrientes sobre valencia.

Recuérdese: en los compuestos complejos a los iones de los metales se unen moléculas neutras y, además, en diferentes cantidades. Por esta razón, en la química de los complejos no se utiliza el concepto de valencia, sino el de índice de coordinación. Este indica cuántas moléculas, átomos o iones complejos están ligados con el átomo central.

Los carbonilos son frutos del ingenio de la naturaleza aún más extravagantes. En ellos los átomos neutros están ligados con moléculas neutras. Resulta que la valencia de los metales en estos compuestos se debe considerar igual ¡a cero!, pues el monóxido de carbono es una molécula neutra.

Este es un ejemplo de otra paradoja química que, a decir verdad, .hasta ahora no tiene explicación teórica estricta.

Aquí acabamos nuestra pequeña digresión teórica.

Los carbonilos de los metales resultaron un buen bocado para la práctica.

Por ejemplo, en calidad de catalizadores.

Pero este empleo de los carbonilos no es el principal. Hay algo más importante.

Volvamos de nuevo a la misma planta en cuyo almacén fue encontrado el viejo balón en el fondo del cual se descubrió el líquido extraño que resultó ser el pentacarbonilo de hierro, que...

"Que", en una palabra, empezaron a producir casi a escala industrial. Mas una vez, el operario que atendía el aparato de síntesis se distrajo y empezó el escape del pentacarbonilo. El vapor de esta substancia se depositaba en una chapa de acero que estaba cerca del aparato. En fin de cuentas, el operario descubrió la avería y la eliminó rápidamente, al mismo tiempo que por casualidad dejó caer la chapa al vano del taller. Los cazadores dicen en broma: "Una vez al año hasta el bastón dispara". La chapa de acero que yacía en paz bajo los rayos del sol, al caer, explotó.

Fue creada una "comisión para la investigación" especial cuyos expertos después de reiteradas sesiones pronunciaron su dictamen: la chapa "explotó" porque estaba cubierta de

polvo de hierro finísimo. Toda sustancia reducida a polvo muy fino, en general, está propensa a explotar. Por ejemplo, produce explosiones el polvo de harina, de azúcar, etc. El polvo de hierro que cubría la chapa se formó como resultado de la descomposición del pentacarbonilo.

La posibilidad de preparar finísimos polvos metálicos mediante la descomposición de carbonilos de los metales despertó vivo interés entre los científicos.

Pusieron de relieve que estos polvos se distinguen por sus propiedades peculiares. Las dimensiones de sus partículas son muy pequeñas, del orden de un poco más de micrón. El polvo de hierro, por ejemplo, se puede obtener en forma de suntuosa "lana" de hierro que consta de cadenitas metálicas sólidas.

Los carbonilos, al cubrir una superficie caliente, forman sobre ésta una película delgada y muy resistente. Además, los polvos y películas poseen propiedades magnéticas y eléctricas muy valiosas, lo que les abrió un ancho camino a los campos de la radiotecnia y electrónica. Los polvos de carbonilo atraen también la atención de la metalurgia de polvos.

[Volver](#)

### Todos en uno

Al principio de los años treinta de nuestro siglo los geoquímicos sugirieron una hipótesis muy interesante. Ellos afirmaron que en cualquier muestra natural –sea esto un fragmento de piedra, un taco de madera, un polvillo de tierra o una gota de agua -, en una palabra, por doquier, se puede encontrar átomos de todos los elementos químicos conocidos en la Tierra, sin excepción.

Esta suposición al principio pareció fantástica. Pero el ojo de la química analítica cada año se hacía más escudriñador. Los nuevos métodos de análisis permitían descubrir la presencia de millonésima y milmillonésimas fracciones de gramo de sustancia. Y se puso de manifiesto que aunque la idea de los geoquímicos no es exacta al cien por ciento, de todos modos se aproxima mucho a la verdad.

En efecto, resulta interesante que en cualquier piedra encontrada a la orilla de un río puede descubrirse silicio y aluminio, potasio y zinc, plata y uranio, es decir, casi todo el sistema de Mendeléiev. Naturalmente, la mayoría de los, elementos se presenta en cantidades ínfimas, prácticamente, en átomos contados. Pero de todas maneras este hecho es muy interesante. Sería ingenuo pensar que en la piedra encontrada todos los elementos forman parte de la composición de un solo compuesto. ¡De ningún modo! Tenemos que vérnosla con una mezcla muy complicada de sustancias químicas complejas. En éstas, el papel principal lo desempeñan el silicio, aluminio y oxígeno. Los demás elementos se presentan en cantidades menores, con la particularidad de que algunos de ellos, en general, constituyen una impureza despreciable.

Así ocurre en la naturaleza. ¿Y en el laboratorio químico? Pueden los científicos formar un compuesto cuya molécula sea integrada por todos los elementos de la tabla de Mendeléiev? Los químicos ya han preparado sustancias muy complejas constituidas por más de diez elementos. Pero sólo un poco más de diez. Y no hubo químico alguno que se planteara la tarea de crear una tal estructura molecular en la que se atarían con lazos químicos todos los residentes de la Gran Casa. Y no sólo porque no venga a mano, sino también porque en la práctica esto carece de interés. Además, es muy difícil construir tal molécula-monstruo. Es muy difícil, pero por lo visto, posible.

Es muy raro que un compuesto químico se logre obtener de una vez, realizando la reacción en una etapa. Si nos planteáramos el objetivo de construir una molécula que abarque todos los elementos químicos, se necesitarían muchas decenas e incluso centenas de etapas. Un edificio tan complejo sólo se puede erigir por partes.

Ni siquiera nos atrevimos a representar gráficamente, la fórmula de una sola variante de ese hipotético compuesto "omnielemental" aunque esta variante sea de lo más simple, por la sencilla razón de que nadie aún ha analizado los caminos de su creación.

Cuando no existe proyecto, ni hay planos de la obra, es imposible imaginársela nítidamente. Lo único que se puede hacer es dejarse llevar por la fantasía.

[Volver](#)

### **Rojo y verde**

Las dos son sustancias orgánicas muy complejas. Para representar sus fórmulas estructurales se necesitaría una página entera de este libro. Las dos son compuestos complejos y, además, no comunes: su único átomo de metal parece estar perdido en medio de una compleja armazón calada compuesta de varios ciclos. Los químicos llaman a tales combinaciones compuestos de quelación.

Estas dos sustancias son la hemoglobina y la clorofila. El color rojo de la sangre y el verde de las plantas es el asunto de sus manos. Estas dos sustancias son poseedoras de las llaves para todo lo vivo en la Tierra.

El "núcleo" de la hemoglobina es el átomo de hierro. La sangre de distintos animales contiene hemoglobinas diferentes, pero su estructura básica es la misma. La sangre del hombre contiene cerca de 750 gramos de hemoglobina.

La hemoglobina transporta oxígeno desde los órganos respiratorios hacia los tejidos del organismo.

La estructura de la clorofila es muy parecida a la de la hemoglobina. Pero tiene otro átomo de metal: un átomo de magnesio. La función vital de la clorofila es de suma responsabilidad y muy compleja. Con ayuda de la clorofila las plantas asimilan, a partir del aire, el dióxido de carbono.

Los químicos apenas comienzan a penetrar en la esencia del mecanismo de trabajo de la hemoglobina y la clorofila. Al parecer, en este mecanismo, la parte más importante y fundamental pertenece a los átomos centrales de los metales: hierro y magnesio.

Pero la fantasía de la naturaleza es muy rica. El hierro y el magnesio están lejos de ser los únicos metales que pueden infiltrarse dentro del esqueleto porfínico (así se llama la armazón orgánica común para la hemoglobina y la clorofila). El cobre, manganeso y vanadio pueden también hacer las veces de "núcleo" metálico.

La Tierra la pueblan seres con sangre... azul. Son algunas especies de moluscos. En la hemoglobina de su sangre no hay hierro, su lugar lo ocupa el cobre.

¡He aquí qué muestras más asombrosas se pueden encontrar en nuestro museo químico!

[Volver](#)

### **El átomo más extraordinario y la química más extraordinaria**

Le presentamos el símbolo de un elemento extraño: el Ps. Mas no trate de buscarlo en la tabla de Mendeléiev, ya que no es de ningún modo un átomo de algún elemento químico. Su vida dura un período infinitamente pequeño, menos de una diezmillonésima de segundo. Pero no se puede decir que es radactivo.

Ps se conoce con el nombre de positronio, siendo su estructura muy simple.

Tómese el átomo de hidrógeno, el átomo más simple entre los elementos químicos. Un electrón gira alrededor de un solo protón.

El átomo de positronio aparece durante transformaciones radiactivas de tipos determinados que se acompañan de emisión de un positrón. El positrón y el electrón, por un instante muy corto, forman un sistema estable.

En el positronio, el papel de protón lo desempeña la partícula elemental, el positrón. Es el antípoda del electrón. El positrón tiene las mismas dimensiones y la misma masa: la única diferencia consiste en que la carga es opuesta (positiva).

Si el positrón y el electrón chocan, los dos acaban con su existencia. Como dicen los químicos, se aniquilan. En otras palabras, se convierten en la nada o, para ser más exactos, pasan a ser radiación.

Pero antes de esfumarse, los dos enemigos jurados coexisten un breve instante uno al lado del otro. Precisamente en este momento es cuando nace el átomo fantasma, el positronio. El

átomo sin núcleo, ya que tanto el electrón como el positrón giran alrededor de un centro de gravedad común.

¿A quién le interesa el positronio? A1 parecer, sólo a los físicos teóricos o, puede ser, a los escritores de los libros de ciencia ficción que están buscando nuevos tipos de combustible para sus astronaves. No obstante, hace poco en los Estados Unidos se publicó un grueso tratado titulado "La química del positronio", que de ningún modo es una novela fantástica. El libro está escrito por científicos serios y trata de cómo los investigadores aprovechan para sus fines a tan extraordinario átomo. En otros países, entre ellos en la URSS, también se editaron libros dedicados a este tema. Y en el laboratorio del científico V. Goldanski se realizan investigaciones multilaterales del positronio.

Durante su corta vida el positronio es capaz de participar en reacciones químicas. Lo más fácil para él es reaccionar con compuestos químicos que conservan valencias libres. Los átomos de positronio aprovechan estas valencias.

Empleando instrumentos especiales los químicos revelan el carácter de la descomposición del positronio internado en la molécula de una substancia. Resulta que, en dependencia de la estructura de la molécula, la descomposición del positronio transcurre de diferente manera. Esto permite a los químicos investigar detalles finos de las construcciones moleculares y resolver numerosos problemas complejos y discutibles donde otros métodos se muestran inconsistentes.

[Volver](#)

### Otra vez el diamante

En nuestro museo químico el diamante no es, en todo caso, la muestra principal. Es demasiado simple para que lo consideren único en su género. Su esqueleto carbonado original no asombra a nadie en nuestros tiempos. Además, ya en el siglo XVII los químicos lograron quemar cristales de diamante, empleando un método muy elemental, el de pasar los rayos solares a través de una lupa corriente.

Los químicos hace tiempo pensaban en otra cosa. Quizá se pueda convertir el grafito en diamante? En esencia, tanto el uno, como el otro son carbono. Lo único que se necesitaba era encontrar la posibilidad de transformar el esqueleto de grafito en el de diamante y preparar de un material muy blando otro muy duro, sin eliminar ni añadir nada.

Al fin y al cabo se encontró esta posibilidad. Es una historia muy interesante de la que hablaremos a su debido tiempo. Mientras tanto señalemos que para preparar diamantes artificiales eran necesarias presiones colosales.

Por eso escogemos como protagonista principal de este relato a la presión. Y no una cualquiera, de una, dos o diez atmósferas, sino la superalta, cuando cada centímetro cuadrado de la superficie soporta un peso de decenas y centenas de miles de kilogramos.



*Figura 41*

En resumidas cuentas, las presiones superaltas permiten obtener sustancias antes nunca vistas.

Por ejemplo, en los tiempos de los alquimistas se conocían dos variedades de fósforo, el blanco y el rojo. Ahora, a éstas se juntó la tercera variedad, el fósforo negro o metálico. Este es el más pesado y más denso entre los fósforos y conduce la corriente eléctrica no peor que muchos metales. El fósforo, un no metal típico, por acción de las presiones superaltas se convirtió en una sustancia casi metálica y, además, estable.

El ejemplo del fósforo la siguió el arsénico y otros no metales. Y cada vez los científicos notaban cambios cardinales en las propiedades. La pesada mano de la presión superalta varía estas propiedades prácticamente ante los propios ojos. Desde el punto de vista físico aquí no se operaba nada extraño. Sencillamente, la presión superalta reordena la estructura cristalina de los elementos y sus compuestos y los hace más metálicos.

Así apareció un término eminentemente físico: "metalización por presión".

Los hombres de la Tierra han pisado ya la superficie de la Luna. Ahora esperan Marte y Venus. Luego les llegará su turno a otros mundos, más lejanos y aún más misteriosos. Una y otra vez los hombres se encontrarán con lo insólito, inesperado y desconocido.

Pero a nosotros nos interesa por ahora una cuestión particular.

¿Son por doquier iguales los elementos químicos? ¿Es que el poderío de la ley y del sistema periódico de Mendeléiev se extiende a todos los cuerpos cósmicos, sin excepción? ¿O es que la creación genial del científico ruso es válida sólo en las limitadas márgenes de la Tierra? ¡Que nos perdone el lector por haber puesto tantas interrogantes! Pero la verdad es que es mucho más fácil plantear preguntas que responderlas.

Los filósofos sostienen una opinión bien determinada. Ellos estiman que la ley periódica y el sistema periódico son iguales para todo el Universo. En ello reside su universalidad. Son iguales, pero con una reserva esencial: en aquellas partes donde las condiciones ambientales no se diferencian mucho de las terrestres, donde la temperatura y la presión no se miden con magnitudes que constan de muchas cifras.

Aquí está el límite de su aplicación.

[Volver](#)

**Lo desconocido bajo los pies**

Un proverbio oriental dice: "Antes de contar las estrellas, mira lo que tienes bajo tus pies".

¿Es que conocemos muy bien nuestro propio planeta? Desgraciadamente, muy poco.

Estamos mal enterados de cómo está constituido el globo terráqueo en su interior y de qué sustancias están formadas sus profundidades más alejadas.

Los científicos sugieren un sinnúmero de todo tipo de hipótesis y ninguna de éstas puede considerarse preferible.

Aunque los pozos de sondeo alcanzaron la profundidad de siete kilómetros y ya se ha empezado el asalto de honduras más considerables, de hasta 15-20 kilómetros, no olviden que el radio de la Tierra es de 6300 km.

Otro proverbio oriental dice: "Para conocer el sabor de una nuez, muérdale la cáscara".

Con cierta aproximación se puede decir que nuestro planeta está constituido de modo semejante a una nuez. Por arriba está la cáscara, o sea, la corteza terrestre. Por dentro yace el núcleo. En la Tierra, entre la corteza y el núcleo, se encuentra una junta gruesísima, la llamada manta.

A duras penas conocemos de qué se compone la cáscara - la corteza terrestre -, o mejor dicho ni siquiera la cáscara entera sino este fino y delicado tegumento que envuelve el exterior de una nuez verde. En cuanto a la estructura de la manta y tanto más del núcleo, es una ecuación con muchas incógnitas.

Lo único que se puede afirmar rotundamente es que las sustancias que integran los estratos internos de la Tierra son completamente desacostumbrados. Pues cuanto más cerca

del centro de la Tierra se encuentran, tanta mayor es la presión de los estratos superiores. Las presiones en el núcleo alcanzan una cifra astronómica: 3 millones de atmósferas. A propósito, hace varios siglos que los científicos discuten sobre el núcleo terrestre y su estructura. El número de las hipótesis existentes está en relación directa con el de los científicos.

Unos consideran que el núcleo del planeta es de hierro y níquel. Otros lo ven de otro modo. Según su opinión, el material constructivo del núcleo es el mineral olivina. En condiciones ordinarias es una mezcla de silicatos de magnesio, hierro y manganeso. La presión monstruosa dentro del núcleo transforma la olivina en una materia metaloide *suí generis*. En fin, los terceros son más atrevidos aún. Estos afirman que la parte central del núcleo consta de hidrógeno comprimido hasta el estado sólido y que por esta razón tiene propiedades metálicas desconocidas. Los cuartos...

Mejor es poner un punto. "Para conocer el sabor de una nuez, muérdale la cáscara". Pero tendrá que pasar mucho tiempo antes de que se logre alcanzar el núcleo de la Tierra.

¿Acaso no es paradójico que conozcamos mucho menos sobre la estructura del núcleo de la Tierra que sobre la composición del núcleo atómico?

¡Sí, lo desconocido está bajo nuestros pies! Y para el químico es un verdadero almacén de prodigios: elementos en estados cristalinos desacostumbrados; no metales convertidos en metales; compuestos de lo más diverso, cuyas propiedades es difícil hasta imaginar...

¡La asombrosa química de las profundidades!

Mas por ahora, como dijo con ingenio el científico soviético A. F. Kapustinski, nuestra química sigue siendo una ciencia sumamente "superficial".

Empero, ¿mantiene el sistema periódico de los elementos su vigor en los estratos más profundos? Sí, mientras no cambie la estructura electrónica de los átomos. Mientras los electrones se dispongan en aquellas envolturas en que les está prescrito.

No obstante, el "*statu quo*" se mantiene sólo durante un período de tiempo determinado.

[Volver](#)

### **Cuando lo mismo resulta ser completamente distinto**

No, nosotros no nos hemos despedido aún de la presión superalta. Ahora nos ofrecerá otra sorpresa.

La envoltura electrónica del núcleo es una estructura bastante estable. Puede perder varios electrones y, en este caso, el átomo se convierte en ion. Es un proceso común y corriente para las interacciones químicas.

Puede perder muchos electrones, e incluso todos, de modo que quede el "núcleo desnudo". Este fenómeno se observa a temperaturas de millones de grados. Por ejemplo, en las estrellas.

Pero he aquí un problema de otro género. El número total de electrones no varía, sólo cambia su disposición. Se alojan de modo distinto en las capas electrónicas. Y si los electrones se agrupan no como de costumbre, se modificarán también las propiedades del átomo, las propiedades del elemento.

Lo dicho anteriormente es, por así decirlo, el pie de la figura. Ahora viene la propia figura. No vemos dificultad alguna en representar el átomo de potasio. Tiene cuatro niveles electrónicos. Los más próximos al núcleo (K y L) están llenos por completo: el primero contiene dos, y el segundo, ocho electrones. En ningunas condiciones en estos niveles pueden caber más electrones. En cambio, los dos niveles restantes están lejos de ser completos. En el nivel M hay sólo 8 electrones (aunque pueden alojarse 18), y el nivel N sólo ha empezado a estructurarse (1 electrón), y además, antes de que se haya estructurado totalmente el anterior.

El potasio es el primer elemento en que se registra la formación inconsecuente, escalonada, de las capas electrónicas.

Pero podemos figurarnos otro cuadro. El "propio" electrón de potasio, en lugar de alojarse en el cuarto nivel, empieza a proseguir la formación del tercero (pues en éste quedan diez sitios vacantes).

Algo fantástico? En condiciones normales, sí. Mas apenas vuelven a aparecer en la escena las presiones superaltas, la situación puede cambiar.

A presiones superaltas la envoltura electrónica del núcleo se comprime fuertemente.

Entonces se hacen posibles los "hundimientos" de todo género de los electrones exteriores hacia las capas incompletas dispuestas a mayor "profundidad".

Por ejemplo, el electrón exterior de potasio del cuarto nivel se exprime hacia el tercero.

Ahora el nivel M tendrá nueve electrones.

Entonces, ¿qué resulta? El número atómico del potasio (19) es el mismo. La cantidad de electrones también es la misma. En una palabra, no se operó ninguna transformación de elementos.

No obstante, nuestro viejo conocido, el metal alcalino potasio, deja de ser nuestro conocido.

En su lugar aparece cierto forastero con tres capas electrónicas en vez de cuatro y con nueve electrones en la capa exterior en lugar de uno, a que tanto estamos acostumbrados.

De aquí se desprende que es necesario estudiar el carácter químico del "neopotasio" desde el mismo principio.

Y sólo se puede adivinar cuál será este carácter, ya que hasta ahora nadie ha tenido entre sus manos ni un corpúsculo del "potasio" duende.

En caso de que la presión superalta siga aumentando de intensidad, otros elementos, que van en pos del potasio, también perderán su habitual aspecto. Desaparecerá el completo escalonado de las capas electrónicas, lo que es ley para la tabla de Mendeléiev. Mientras una capa no haya terminado su estructuración, la siguiente quedará vacía .

... Este también será un sistema periódico. Otro, no de Mendeléiev. Sus habitantes, excepto los elementos de los primeros tres períodos, serán otros. Se presentarán como metales "alcalinos" el cobre y el prometio; como "gases nobles", níquel y neodimio, cuyas respectivas capas exteriores terminarán su formación. Claro que es un cuadro muy "idealizado". En la realidad todo puede resultar mucho más complicado. A propósito, así hacen pensar los cálculos teóricos.

Así puede presentarse la "química de las profundidades". Valencias extravagantes, propiedades extrañas, compuestos asombrosos...

¿Acaso no es todo ello sugestivo? ¡Extraordinariamente! ¿Es real? Quién lo sabe... A lo mejor, aquí también se necesitará una idea "loca", pues se trata de la obtención de materia de un tipo completamente nuevo. Supongamos que existe en la realidad durante las presiones superaltas. Pero en condiciones normales debe adquirir la forma de elementos ordinarios.

La tarea consiste en refrenar, en "congelar" esta transición. De lograr resolverla, obtendremos de hecho una ciencia química más. La química número dos.

[Volver](#)