

**SOBRE LA CUESTION 31 DE LA OPTICA
DE SIR ISAAC NEWTON.-
LA QUIMICA DE SIR ISAAC.
INTRODUCCION. VOCABULARIO. CRITICAS**

Carlos SEBASTIAN AGUILAR

I.N.B. "Pedro de Luna".
Zaragoza.

RESUMEN

Se comienza con una breve relación de cómo se interesó Newton por la Química, de sus actividades en ese campo y de las ideas teóricas contenidas en sus primeras publicaciones.

Después se indica la relación temática que hay entre algunas de las primeras cuestiones de la Óptica y la 31.

Se resume la metodología, hechos experimentales y teoría científica expuestos en la Cuestión 31, insertando unos y otras en el marco de la Ciencia del siglo XVII.

A continuación se define en términos actuales los empleados por Newton para designar sustancias químicas, reactivos y operaciones de laboratorio.

Se pasa ligera revista a las duras críticas que se han hecho por numerosos autores, tanto a las aportaciones personales de Sir Isaac a la Química como a sus intentos de generalización.

Finalmente, se expone una opinión más benévola sobre su concepto del mundo material y de sus transformaciones, con independencia de que el camino seguido por los químicos no fuera el que había preconizado Newton.

I. ISAAC NEWTON Y LA QUIMICA

Durante toda su vida mostró Newton un decidido interés por los campos de investigación y conocimiento que más tarde han constituido el ámbito de la Química. Hay constancia de que en 1668, al comienzo de su actuación como profesor, adquirió entre otros libros el *Theatrum Chemicum*, exhaustiva obra en 6 volúmenes original de Lazarus Zetner (1613-1661). A su muerte tenía en su biblioteca un centenar de volúmenes de Alquimia y unos setenta y cinco de Química y Mineralogía, aproximadamente la décima parte del total. Cuando Sir David Brewster estudió los papeles de trabajo de Newton quedó perplejo al encontrar entre ellos cinco tratados alquímicos copiados de su mano, así como apasionadas defensas del arrianismo y estudios minuciosos sobre las profecías del libro de Daniel y el Apocalipsis de San Juan.

Parece muy probable que Newton dedicará más tiempo a trabajos relacionados con la Alquimia que al resto de sus actividades científicas. Según el testimonio de un su criado y secretario, que estuvo a su servicio en 1683 a 1689, el fuego del laboratorio estaba encendido casi permanentemente durante seis semanas en primavera y otras tantas en otoño. En ese tiempo, Newton fundía metales en crisoles, persiguiendo su transmutación. A veces consultaba un libro viejo y mohoso, probablemente el *De Re Metallica* de Agrícola. Hacia 1686 redactó las *Sententiae notabiles*, con un centenar de citas y referencias a la literatura alquímica. En 1692, el año de su gran depresión y desequilibrio mental, trabajaba en el laboratorio ininterrumpidamente, prescindiendo del sueño casi por completo.

En el año 1669, cuando Newton contaba 28 años, las autoridades académicas retiraron la beca a Francis Aston, antiguo compañero suyo del Trinity College, porque rehusó tomar las órdenes sagradas. Entonces Aston decidió hacer un largo viaje por Europa y Newton le envió una carta en la que le hacía algunas recomendaciones referentes a tal viaje. Al final de la carta, le sugería verificar una serie de datos metalúrgico-alquímicos sacados del *Symbola Aureae Mensae Duodecim Nationum*, libro editado por el conde Miguel Maier en Frankfurt el año 1617, tales como “si en Schemnitz, Hungría, donde hay minas de cobre, oro, hierro, vitriolo, antimonio, etc., cambian el hierro en cobre disolviéndolo en un agua vitriolada...”, y en general le recomienda observar “si se encuentra con algunas transmutaciones (de metales) de una especie a otra...”.

Esta afición a la Alquimia podía venirle a Newton de su creencia en la

existencia de una antigua edad dorada, a la que siguió una corrupción del conocimiento con la subsiguiente pérdida de éste, que ya sólo aflora en el lenguaje esotérico de los textos herméticos. De aquí proviene su confianza en los filósofos fenicios en todo lo que se refiere a la teoría de la materia, y, sobre todo, su gran interés en la genuina interpretación de la Biblia frente a la corrupción metafísica de la fe causada por el Papado al introducir la idea trinitaria. Por eso estudió los libros alquímicos para hallar, tras su lenguaje metafórico, la verdadera naturaleza de la materia, revelada a los alquimistas y transmitida por ellos en clave, igual que analizó los libros proféticos de Daniel y de San Juan para descubrir el verdadero curso de la historia, y que buscó las leyes del movimiento de los astros sometiendo la Naturaleza a un riguroso análisis matemático. Toda su labor científica está impregnada de religiosidad y muy influída por sus creencias unitarias.

Newton conocía los trabajos y las ideas científicas de Boyle por haberlos estudiado largo tiempo y por su trato directo con él. A la muerte de Boyle (26-6-1691), sus escritos científicos pasaron a la custodia de Newton, por lo que tuvo ocasión de familiarizarse más con ellos.

Para Boyle la materia es una y homogénea. Todos los cuerpos están formados por las mismas partículas primarias, que son idénticas entre sí y cualitativamente neutras. Las diferencias que se encuentran entre las diversas substancias provienen del desigual modo de estructurarse en ellas tales partículas primarias para formar partículas de orden superior y del diferente estado de movimiento que tienen las partículas de cada orden. De esto surge muy razonablemente la posibilidad teórica de la trasmutación: Para lograr que una substancia se convierta en otra diferente bastará descomponer las partículas de orden superior de la primera en partículas primarias, reordenar convenientemente éstas y modificar su movimiento para producir la estructura y movimiento de las partículas de orden superior correspondientes a la segunda substancia. Por eso resultan tan importantes los disolventes y las operaciones de disolución de cuerpos sólidos, que casi siempre involucran reacciones químicas.

Newton aceptó las ideas de Boyle, perfilándolas y perfeccionándolas en algunos detalles. En su *De Natura Acidorum*, escrito en 1692, sostenía que todos los cuerpos están formados por partículas idénticas, que se atraen unas a otras y se combinan en agregados que llamó partículas de primera composición, de estructura y tamaño determinados en cada substancia. Estas partículas se unen para dar otras de segunda composición, también con estructura propia. Y así sucesivamente, quedando entre las partículas de cada orden poros de tamaño creciente entre las de primera composición y las de última.

Para Newton, el mercurio o el Aqua Regia pueden invadir los grandes poros que hay entre las partículas de la última composición, pero no penetran más profundamente en los cuerpos que disuelven. Si algún disolvente pudiera separar las partículas de la primera, o tal vez de la segunda composición del oro, éste podría volverse fluido, y si se pudiera conseguir que fermentase o se pudriese, podría convertirse en cualquier otro cuerpo.

En 1687, en la primera edición de los *Principia*, Escolio I, Hipótesis III: “Todo cuerpo puede transformarse en otro cuerpo cualquiera de otro género, pasando por todos los grados intermedios de cualidades”. En el Escolio II, Regla III, pone límites a la variabilidad de algunas cualidades que considera comunes a todos los cuerpos. Y en el Libro III expone el papel de los cometas en las transmutaciones que ocurren en las entrañas de la Tierra.

En sus primeros escritos intentó explicar la gravedad en términos de un éter omnipresente, denso, o sea continuo y sin vacío entre las partículas. Pero hacia 1684 abandonó esta explicación en favor de una Naturaleza formada por átomos y vacío, a la vez que suponía que la gravedad es un principio de carácter no material. Más adelante se adhirió a la doctrina de la escasez de materia en el Universo, expuesta en primer lugar por Nicolás Fatio de Duillier, quien afirmaba en una memoria presentada a la Royal Society el 26-2-1690 que si se pusiesen los corpúsculos sólidos de todo el mundo unos junto a otros, contiguos y sin espacios vacíos entre ellos, cabrían todos en una cáscara de nuez.

Muchas de estas especulaciones las introdujo Newton al final de la *Optica* en su 1ª edición latina, en la Cuestión que entonces llevó el número 23, y a partir de la 2ª edición inglesa lleva el número 31.

II. LA “OPTICA” Y SU LIBRO III

Así como los *Principia* son una síntesis matemática de hechos y leyes mecánicas ya conocidos, la *Optica* es una obra inacabada en la que se describen varias secuencias de experimentos originales. Dirigida a “lectores de ingenio rápido y buena comprensión aunque no estén versados en óptica”, está escrita en un lenguaje sencillo. También son sencillas las técnicas experimentales y muy accesible el material utilizado.

Al comienzo del Libro I, Newton declara que su propósito no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino proponerlas y demos-

trarlas mediante razonamientos y experimentos. En él, tras ocho Definiciones y otros tantos Axiomas, hace once Proposiciones (cinco Teoremas y seis Problemas) demostradas o resueltas experimentalmente. La mayor parte de estas Proposiciones se refieren a la dispersión y recomposición de la luz a su paso por prismas ópticos.

En el Libro II, Parte I, se describen venticuatro Observaciones relativas a las reflexiones, refracciones y colores de los cuerpos transparentes delgados, estudiando en ellas los anillos llamados hoy de Newton aunque fueron descubiertos por Hooke. En la Parte II, Newton hizo algunas consideraciones sobre los valores numéricos encontrados en las experiencias descritas en la Parte I. En la Parte III pasa a investigar la estructura de los cuerpos, examinando la relación entre los fenómenos ópticos de las láminas transparentes delgadas y los de los demás cuerpos naturales, cuya constitución está aún por descubrir.

En el Libro III, Parte I, (y única) hay once Observaciones relativas a la difracción de los rayos de luz y en las que se describen diversas experiencias sobre:

A) Bandas coloreadas de interferencia observadas en la sombra de hilos expuestos a la luz de un haz de rayos de luz solar que pase por un agujero de pequeño diámetro.

B) Bandas producidas por un haz de rayos de luz solar de tres cuartos de pulgadas de sección, al ser interceptado parcialmente por el filo de uno o dos cuchillos, paralelos o en ángulo.

C) Bandas producidas por luces monocromáticas procedentes de la dispersión de la luz solar al atravesar un prisma óptico.

Newton no debió quedar satisfecho de los resultados que obtuvo en estas experiencias ni de las conclusiones que sacó de ellos, pues al final de la última Observación afirma que tenía el propósito de repetir con más cuidado y exactitud la mayoría de estas experiencias; y de realizar otras nuevas "para determinar el modo en que los rayos de luz se doblan al pasar junto a los cuerpos para producir las bandas de colores con sus líneas oscuras intermedias". Y añade que, habiendo interrumpido su trabajo sin haber dado término a esa parte de sus proyectos, propone algunas Cuestiones en forma interrogante para que otros investigadores las prueben experimentalmente.

III. LAS TREINTA PRIMERAS CUESTIONES

Las dieciseis primeras cuestiones aparecieron ya en la 1ª. edición inglesa de la *Optica* (1704). En ellas especula Newton menos sobre la naturaleza de la luz que sobre sus interacciones con la materia y la fisiología de la visión.

Ya en la 1ª. Cuestión afirma que hay una acción a distancia entre los cuerpos y la luz.

En la 2ª. afirma la existencia de diferentes clases de rayos de luz, que si difieren en la refracción, también lo hacen en la reflexión y en la refracción.

En las Cuestiones 3-7 describe las acciones a distancia de los cuerpos sobre la luz al emitirla, reflejarla, refractarla y difractarla. Relaciona la emisión de la luz con los movimientos vibratorios de las partículas de los cuerpos, (C-8), y con su temperatura. La luz actúa sobre los cuerpos y los calienta al provocar en sus partículas un movimiento vibratorio. Si las interacciones son muy fuertes, como en los cuerpos sulfúreos, los cuerpos son fácilmente inflamables.

En la C-9 y C-10 identifica el fuego con los cuerpos sólidos calentados hasta el punto de emitir abundante luz, y a la llama con un vapor, humo o exhalación al rojo vivo.

En C-11 busca una explicación a la duración temporal del Sol y las estrellas en la existencia de atmósferas muy pesadas, por analogía con la diferente velocidad de ebullición del agua cuando se calienta en el aire o en el vacío.

En las Cuestiones 12-16 propone un mecanismo explicativo de la visión: Los rayos de luz que llegan al fondo del ojo excitan en él movimientos vibratorios. Estas vibraciones se propagan por los nervios ópticos, que son sólidos, transparentes e ininterrumpidos, hasta el cerebro. Las propiedades que Newton atribuye a los nervios ópticos son necesarias para la transmisión del movimiento vibratorio tal como él lo concibe. Poco a poco se llega a una interrelación entre la mecánica newtoniana, su concepto de la estructura de la materia y los fenómenos vitales.

Las Cuestiones 17-24 fueron introducidas en la 2ª. edición inglesa de 1717. Comienza haciendo una distinción entre la luz, corpuscular, y el movimiento ondulatorio que ella induce en los cuerpos, el cual se propaga más deprisa que la propia luz. La transmisión de la luz en el vacío exige un medio de transmisión muy sutil (C-18), que permanezca en el vacío una vez eli-

minado el aire y que es donde se refracta y refleja la luz. De las de transmisión del calor y la luz induce Newton las propiedades de este éter, que ha de ser corpuscular y muy ligero, totalmente diferente del éter “denso” cartesiano. Gracias a este éter liviano consigue unificar todos los fenómenos luminosos, incluso los fisiológicos, explicándolos en términos de vibraciones mecánicas de tal fluido. En la C-21 propone la repulsión entre las partículas de ese éter como la causa de la gravedad. De la comparación de la velocidad de la luz en el vacío y la del sonido en el aire deduce cuantitativamente algunas propiedades del éter.

Las Cuestiones que llevan los números 25-31 a partir de la 2ª. edición inglesa, aparecieron ya en la 1ª. edición latina de 1706 con los números 17-23. En las C-25 y 26 se interpreta el fenómeno de la doble refracción en el espató de Islandia, descrito por primera vez en 1669 por Erasmus Bartholinus, y con mayor detalle por Cristian Huygens en su *Traité de la Lumière* (1690), llegando Newton a la conclusión de que entre el rayo ordinario y el extraordinario hay una diferencia original, no derivada de modificaciones impresas a los rayos en el momento de la primera refracción al penetrar en el cristal. En la C-27 se refutan y tachan de erróneas todas las hipótesis que explican los fenómenos de la luz mediante modificaciones de los rayos.

En la C-28 rechaza Newton las hipótesis en las que se supone que la luz es una presión propagada a través de un medio fluido sin que haya movimiento efectivo, ataca vivamente la teoría de propagación de la luz de Huygens y niega la existencia del éter cartesiano. Para ello utiliza toda clase de argumentos, incluso apela a “la autoridad de aquellos de los más ancianos y célebres filósofos de Grecia y Fenicia, quienes hicieron del vacío, los átomos y la gravedad de los átomos los primeros principios de su filosofía, atribuyendo tácitamente la gravedad a una causa distinta de la materia densa”.

Y continúa con un párrafo de interés metodológico: “Filósofos posteriores borrarón de la filosofía natural la consideración de tal causa, imaginando hipótesis para explicar mecánicamente todas las cosas y relegando a la metafísica todas las demas causas. Sin embargo, el objetivo básico de la filosofía natural es argumentar a partir de los fenómenos sin imaginar hipótesis, y deducir las causas a partir de los efectos hasta alcanzar la primerísima causa, que ciertamente no es mecánica”. Tras ésto, propone una serie de interrogantes sobre campos muy diversos: Cosmología; finalidad, orden y belleza de la Naturaleza; estructura del sistema solar; morfología de los animales; fisiología de los sentidos; y otros varios. Acaba afirmando que del estudio correcto de los fenómenos se sigue que “hay un ser incorpóreo,

viviente, inteligente, omnipresente, que ve íntimamente las cosas mismas en el espacio infinito, como si fuera en su sensorio, percibiéndolas plenamente y comprendiéndolas totalmente por su presencia inmediata ante él”.

En la C-29 identifica los rayos de luz con “cuerpos pequeñísimos emitidos por las sustancias luminosas”. Estos cuerpos han de ser de diferentes tamaños: los menores y más fáciles de desviar por refracción son los de color violeta; los mayores y menos desviables son los de color rojo. Insiste en las interacciones entre los rayos de luz y los cuerpos: “Las sustancias transparentes actúan a distancia sobre los rayos de luz al refractarlos, reflejarlos e inflexionarlos, a la vez que los rayos de luz agitan a distancia las partes de esas sustancias para calentarlas”. Y afirma que esta acción y reacción a distancia se asemeja muchísimo a una fuerza atractiva entre los cuerpos.

En la C-30 afirma que los cuerpos grandes y la luz son convertibles unos en otros y que aquellos reciben gran parte de su actividad de las partículas de luz que entran en su composición. En apoyo de esta tesis, cita una serie de procesos que él llama “transmutaciones” y de los que mencionaremos algunos: La transformación de huevos en animales; el paso de renacuajos a ranas y de gusanos a moscas; el agua con tinturas acuosas da origen a pájaros, bestias, peces, insectos, árboles y otros vegetales, los cuales por putrefacción dan de nuevo sustancias acuosas. En algunos casos, los procesos son reversibles y así, el agua más calor forma vapor y más frío forma hielo, a la vez que el hielo más calor y el vapor más frío forman agua. De una manera general, los cuerpos densos por fermentación se convierten en aires, y los aires por fermentación u otros procesos, pasan a formar cuerpos densos. Hay un párrafo que podría tomarse como un anticipo del concepto posterior de elemento químico: “El mercurio aparece a veces en forma de un metal fluido, otras en forma de una sal transparente y corrosiva llamada sublimado, otras en forma de una tierra blanca, volátil, transparente e insabora llamada *Mercurius Dulcis*, o en forma de una tierra roja, volátil y opaca llamada cinabrio, o finalmente en forma de un precipitado blanco o rojo, o en forma de una sal fluida. Además, por destilación se convierte en un vapor que si se agita en el vacío brilla como fuego. Tras todos estos cambios, retorna de nuevo a su primitiva forma de mercurio”.

IV. LA CUESTION 31

En las treinta Cuestiones primeras hay notables diferencias de unas a otras, tanto en el tamaño como en la estructura, pero la C-31 destaca entre todas ellas. En el texto que se ha manejado, de un total de 56 páginas ella ocupa 26. Las primeras Cuestiones tratan de puntos concretos de teoría científica, basándose a veces en unos pocos hechos experimentales. A veces hay alguna digresión, pero no abundan. En cambio, la Cuestión 31 es a la vez una enciclopedia química, una visión completa de la Naturaleza, una Cosmología y un programa de trabajo. Escrita muy desordenadamente, en ella se menciona una gran cantidad de hechos, fenómenos y experimentos químicos y fisicoquímicos, de los que se infieren las causas y se formulan diversos conceptos de teoría química. Todo ello, mezclado con algunas consideraciones sobre el método científico, se encamina a la búsqueda de la Causa Primera y a la determinación de algunos de sus atributos.

A esta estructura complicada se une el uso frecuente de más de cincuenta términos científicos anticuados, actualmente en desuso o que tienen un significado diferente.

Para facilitar la lectura de esta Cuestión parece conveniente traducir los contenidos al lenguaje químico actual y además ordenarlos según los temas que abarquen.

En el texto de esta Cuestión se pueden distinguir:

A) Diversas consideraciones metodológicas, entre las que señalaremos la necesidad de investigar qué cuerpos atraen a otros (reaccionan con otros) y cuales son las leyes y propiedades de la atracción antes de inquirir la causa que la produce.

B) Hipótesis de trabajo: Las fuerzas de atracción entre las partículas de los diferentes cuerpos son de muy corto alcance y por eso han escapado hasta ahora de la observación.

C) Un gran acopio de hechos experimentales de los que abstrae conceptos y teoría química.

Induce que hay atracciones selectivas entre las partículas de unas sustancias y las de algunas otras de hechos tales como:

La delicuescencia del carbonato de potasio y la no delicuescencia de otras sales como cloruro de sodio, el nitrato de potasio o el sulfato de cobre.

La acción deshidratante del carbonato de potasio y del ácido sulfúrico concentrado.

El desprendimiento de calor en la mezcla de agua y ácido sulfúrico concentrado.

La acción de ácidos minerales diluïdos sobre limaduras de hierro.

La acción del ácido sulfúrico diluïdo sobre cloruro de sodio o sobre nitrato de potasio.

La acción de la mezcla sulfonítrica sobre diversos aceites y sobre alcohol.

La explosión de la pólvora y del *Pulvis fulminans*.

Al citar los últimos fenómenos, relaciona la velocidad de reacción con los efectos térmicos y luminosos.

Utiliza la reacción entre el azufre y el hierro húmedo para buscar una explicación a los terremotos, huracanes, trombas marinas, etc.

Menciona una serie muy completa de reacciones de sustitución iniciando el concepto de afinidad química.

Además extrajo diversas conclusiones sobre la composición y estructura de las sales basándose en observaciones sobre:

Destilación de mezclas de líquidos.

Reacciones del ácido sulfúrico diluïdo con diferentes sustancias (hierro, cobre, carbonato potásico, plomo, etc.).

Reacciones de los ácidos nítrico o clorhídrico diluïdos con esas mismas sustancias.

Formación del cloruro amónico a partir del ácido clorhídrico y el amoníaco.

Diferentes reacciones del mercurio, antimonio y arsénico.

Reacciones del ácido nítrico y del agua regia.

Reacciones de formación de esteres y de éteres.

Newton afirma la semejanza entre la gravedad y la afinidad química y de ella deduce que, a semejanza con la Tierra, las partículas de las sales tienen una estructura en capas, densas en su interior y acuosas en su superficie. Tal estructura explica el papel intermediario de los ácidos en la disolución de las sales en agua, y también el mecanismo de la sustitución en ellas de unos metales por otros. Incluso le sirve para sugerir un mecanismo del metabolismo vegetal y animal.

De la uniforme dispersión del soluto en las disoluciones deduce la existencia de fuerzas repulsivas entre las partículas. Más adelante argumenta utilizando una analogía con el Algebra y las cantidades negativas para probarlo racionalmente. Estas fuerzas repulsivas le sirven para explicar la emisión, reflexión y difracción de la luz por los cuerpos, la producción de aire y vapor, la compresibilidad y elasticidad de los gases, y otros varios fenómenos.

La existencia de fuerzas entre las partículas materiales le permiten explicar en términos de ellas las propiedades de los cuerpos: cohesión, dureza, inmutabilidad, etc. Y también los fenómenos de adherencia, capilaridad y análogos, conocidos de tiempo o experimentados en aquella época.

Del estudio de los cuerpos en movimiento, varillas, péndulos, recipientes llenos de líquidos; y de los choques, induce que el movimiento tiende a extinguirse. Por ello es necesario que haya principios activos, como la causa de la gravedad o la causa de la fermentación, para que se conserve el movimiento, no bastando la inercia que es un principio pasivo. Defiende que estos principios activos no son cualidades ocultas sino manifiestas, y sólo sus causas son ocultas.

Tras considerar todo lo anterior, Newton concluye que es muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de átomos y con las propiedades que se han deducido. Sostiene que los cambios en las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las separaciones y nuevas asociaciones de los movimientos de estas partículas permanentes. De toda la Naturaleza resulta necesaria la existencia de Dios, creador y ordenador del universo, omnipresente y siempreviente. Estudia los atributos de Dios, y admite la posibilidad de existencia de mundos de tipo diferente en diversas partes del universo.

A continuación explica el método de análisis y síntesis y describe cómo lo ha aplicado en la redacción de la *Optica*.

Y termina con una referencia, añadida en 1717, al antiguo conocimiento de la Causa Primera y la posterior corrupción de la fe y la ciencia, lo que parece ser una crítica a toda teología no unitaria.

V. VOCABULARIO

ABRIR.- Separar las partículas que constituyen los cuerpos a un nivel más profundo que en las operaciones ordinarias de la Química.

ACEITE DE AZUFRE PER CAMPANAM.- Acido sulfúrico obtenido por el método de campanas de vidrio, antecedente del método industrial de las cámaras de plomo.

ACEITE DE TREMENTINA.- Aguarrás.

ACEITE DE VITRIOLO.- Acido sulfúrico concentrado.

ACIDOS NITRICOS DEL AIRE.- Y también "espíritu del nitro". Se llamó así a un supuesto principio activo que interviene en la combustión. Es un antecedente del "flogisto".

- ANTIMONIO.- Estibina. Trisulfuro de antimonio.
- AQUA FORTIS.- Acido nítrico concentrado o diluído con poca agua.
- AQUA REGIA, AQUA REGIS.- Mezcla de una parte de ácido nítrico concentrado con dos o tres partes de ácido clorhídrico, también concentrado.
- ARSENICO.- Arsénico blanco. Trióxido de arsénico.
- BALSAMO DE AZUFRE.- Disolución, obtenida en caliente, de azufre flor en aguarrás.
- BETUN.- Asfalto. Aceite espeso e inflamable.
- DENSO, -A.- (referido a CUERPO, FLUIDO o MATERIA). Continuo, sin poros, lo opuesto a "raro".
- DIGESTION.- Maduración de una materia no apta para reaccionar, mediante el calor, hasta hacerla más adecuada para un proceso químico.
- DISOLUCION.- Reacción química que se efectúa al nivel de la última o penúltima estructura de la materia.
- DISOLUCION PER DELIQUIUM.- Delicuescencia. Disolución de una sustancia sólida por absorción de agua de la atmósfera.
- EBULLICION.- Cualquier proceso en el que se desprenden gases.
- ESPIRITU.- Sustancia volátil, que destila con facilidad.
- ESPIRITU DE HOLLIN.- Amoniaco. Otras veces, cloruro amónico.
- ESPIRITU DE NITRO COMPUESTO.- Mezcla de ácidos sulfúrico y nítrico concentrado.
- ESPIRITU DE ORINA.- Amoniaco.
- ESPIRITU DE SAL MARINA.- Acido clorhídrico concentrado.
- ESPIRITU DE TREMENTINA.- Aguarrás.
- ESPIRITU DE VINO.- Mezcla hidroalcohólica con menos de la mitad de agua.
- ESPIRITU DE VITRIOLO.- Acido sulfúrico diluído.
- ESPIRITU DEL NITRO.- Ver "ácidos nítricos del aire".
- ESPIRITUS SALINOS.- Acidos minerales diluídos.
- ESPIRITUS VOLATILES Y FRAGANTES.- Eteres y esterres orgánicos.
- FERMENTACION.- Proceso que ataca a los componentes más profundos de los cuerpos, y que afecta a sus partículas más fundamentales. Reacción química al nivel de las partículas de la primera composición.
- FIJAR.- Hacer reaccionar un gas con un cuerpo sólido para obtener otro cuerpo sólido.
- FIJO.- (referido a CUERPO). Aquel que permanece en estado sólido aún a temperatura elevada.
- FLEMA.- En Medicina es uno de los cuatro humores animales. En Quí-

mica, un principio elemental de carácter acuoso y que está presente allí donde se dan las cualidades de fluidez, volatilidad, insipidez, etc.

FLORES DE AZUFRE.- Azufre sólido condensado directamente del vapor de azufre, sin pasar por el estado líquido.

GAS SULFUREO.- No está claro en el texto si es dióxido de azufre o es sulfuro de hidrógeno.

LAPIS CALAMINARIS.- Carbonato de cinc. Smithsonita.

MACERACION.- Ver "digestión".

MANTEQUILLA DE ANTIMONIO.- Tricloruro de antimonio.

MARQUESITA.- Marcasita. Sulfuro de hierro.

MENSTRUUM.- Reactivo líquido que ataca y disuelve alguna sustancia reaccionando químicamente con ella.

MERCURIUS DULCIS.- Cloruro mercurioso.

NITRO.- Nitrato de potasio.

PRECIPITADO BLANCO.- Nitrato mercúrico básico.

PRECIPITADO ROJO.- Oxido mercúrico.

PRINCIPIO ACTIVO.- El que es causa de algún fenómeno.

PRINCIPIO PASIVO.- El que solamente es soporte de fenómenos, no causa de ellos.

RARIFICAR.- Gasificar. Hacer el vacío en un gas. Aumentar el tamaño de los poros de un cuerpo.

RARO.- Ligerero. Con poros o huecos.

REGULO.- Botón metálico obtenido por reducción de minerales.

SAL.- Sustancia sólida, no ácida ni alcalina, soluble en agua.

SAL ACIDA.- Cuerpo fijo soluble en agua.

SAL AMONIACO.- Cloruro amónico.

SAL DE TARTARO, SAL TARTARICA.- Carbonato de potasio.

SALITRE.- Nitrato de potasio.

SEPARACION.- Ruptura de los agregados formados por las partículas de la última composición.

SENSORIO.- Lugar donde el alma conoce por contacto inmediato con las imágenes de los objetos transportadas hasta allí por los nervios.

SUBLIMADO DE MERCURIO.- Cloruro mercúrico.

TIERRA, TIERRA FIJA.- En el contexto, cualquier óxido o hidróxido metálico insoluble en agua.

VIS INERTIAE.- Inercia, fuerza de inercia.

VITRIOLO.- En el texto, sulfato de cobre cristalizado. Caparrosa azul.

VI. LA QUIMICA DE SIR ISAAC

La lectura de la Cuestión 31 deja claro que Newton tuvo una visión unificada de la Naturaleza, muy influida por sus creencias unitarias. Su universo está formado por una pequeña cantidad de materia pasiva e inerte, sobre la que actúan fuerzas que son ajenas a ella y dependen de la voluntad de Dios. El mundo “pleno” de Descartes y Leibniz es autónomo y puede hacer prescindible la presencia de Dios. Newton considera necesaria esta presencia, por lo que admite el universo casi vacío, incapaz de funcionar por sí mismo: Depende de Dios, que llena y lo mueve mediante diversos principios activos.

Para Newton la causa de toda clase de fenómenos (gravitatorios, magnéticos, eléctricos, luminosos, químicos, etc.) es siempre la existencia de fuerzas que interactúan entre cuerpos macroscópicos o entre partículas microscópicas. Sin querer entrar a discutir la naturaleza de tales fuerzas, postula que la diferencia entre sus efectos perceptibles puede ser debida al diferente alcance de unas u otras fuerzas.

Afirma que todos los cuerpos parecen estar compuestos por partículas duras, iguales entre sí, sin poros e indivisibles. Estos primeros constituyentes de la materia pueden unirse unos a otros con gran fuerza para formar partículas mayores, a las que en su obra *De natura Acidorum* llamó “partículas de la primera composición”. Estas partículas, a su vez, pueden adherirse unas a otras con menor fuerza para formar otras partículas mayores, las de “la segunda composición”, cuya fuerza de unión es todavía menor. Y así se van formando sucesivamente agregados cada vez mayores, unidos por fuerzas cada vez más débiles, hasta llegar a las partículas de “la última composición”, de las que dependen las propiedades físicas y químicas de las sustancias y cuya unión forma los cuerpos de magnitud perceptible.

Si en un cuerpo sus partículas de la última composición son pequeñas, se agitan con facilidad y no se adhieren unas a otras con gran fuerza, el cuerpo será líquido. Si además, pueden separarse unas de otras con facilidad, el cuerpo pasará a vapor o a gas permanente. La producción de gases y vapores, así como la contracción y expansión del aire se explican por la aparición de fuerzas repulsivas entre las partículas distantes. La emisión de rayos de luz y su reflexión y difracción son explicadas por la existencia de fuerzas de repulsión entre las partículas materiales y las partículas luminosas.

Si las partículas de la última composición son gruesas, poco susceptibles de agitación y están fuertemente unidas unas a otras, los cuerpos son sólidos.

dos, de alto punto de fusión y que solamente pueden pasar a gases por fermentación o por efecto de un calor muy fuerte.

Los cuerpos compuestos están formados por partículas de la última composición que son desiguales y de naturaleza diversa, ácida o alcalina, que se atraen unas a otras con mayor o menor fuerza. La diferente fuerza de atracción entre las partículas ácidas de una parte y las partículas alcalinas de otra, que más adelante se llamó afinidad, es la causa inmediata de las reacciones químicas. En apoyo de esta idea está la serie de desplazamiento de unos metales por otros de las disoluciones salinas.

Newton identifica el mecanismo de disolución de un sólido en un líquido con la reacción de un ácido mineral fuerte con limaduras de hierro, de ácido nítrico con plata, o de agua regia con oro. En todos estos casos el líquido penetra en los poros del sólido y separa las partículas de la última composición en otras menores, salvo en el caso de que haya fuerzas repulsivas entre el líquido y las partículas del sólido que lo impidan. Así se justifica el hecho de que el agua regia no disuelva la plata por la repulsión entre las partículas de este metal y las de ácido clorhídrico.

Al ser la materia una y homogénea, las diferencias entre las diversas sustancias químicas dependen solamente del modo en que se estructuran las partículas componentes y de su estado de movimiento. Nada se opone a la posibilidad teórica de la transmutación de una sustancia en otra diferente: En principio, se podrá partir de una sustancia cualquiera y modificar por medios mecánicos la estructura y movimiento de las partículas de los diferentes órdenes de composición para obtener las partículas correspondientes a otra sustancia distinta. Las dificultades que puedan presentarse serán puramente técnicas.

Los escritos de Newton no se ocupan de clases extensas de sustancias, como sales, tierras o espíritus, sino de sustancias químicas específicas y de reacciones específicas entre ellas. Pensaba que las partículas de cada sustancia tenían atracciones y repulsiones hacia otras partículas específicamente definidas. Por ello la experimentación química debía centrarse en las propiedades químicas de las sustancias. El químico John Freind, seguidor suyo, llevó esta posición hasta el extremo de negar las clasificaciones químicas, como la de Boyle de álcalis, ácidos y metales, sosteniendo que lo único importante son las partículas últimas y las fuerzas atractivas entre ellas.

Newton relacionó directamente la velocidad de una reacción con el desprendimiento de energía en ella, concretamente con los efectos térmico y luminoso. Y creía que hay relación entre la afinidad de los metales hacia los ácidos y la cantidad de cada ácido que reacciona con un peso dado de metal.

De sus ideas químicas sacó abundantes conclusiones geodinámicas, meteorológicas, fisiológicas, etc., relacionado todo ello con la gravedad y los movimientos de los astros.

VII. CRITICAS Y OPINIONES

Muchos historiadores de la Ciencia sostienen que Newton no logró establecer ni un sistema ni una teoría química y que sus ideas solamente son un marco general para comprender los fenómenos químicos y un programa para abordar su estudio, a la vez que las califican de intento prematuro de reducción de la Química a la Física.

Afirman que este programa es excesivamente teórico y que resulta difícil articularlo con la experimentación por su intento de reducir los compuestos químicos antes de elaborar un estudio sistemático de los mismos. Aducen que no es fácil explicar la existencia de afinidades selectivas en términos de una substancia homogénea dotada de fuerzas universales. Se ha concluido que el marco newtoniano no resultó útil para el conocimiento de los fenómenos químicos, sino que el desarrollo de la Química se apartó del mecanicismo, se olvidó de las fuerzas newtonianas y postuló diferentes clases de substancias. Al programa newtoniano se le achacó que "por haber querido dominar la ciencia desde demasiado lejos, perdió el contacto con la química, que terminó desarrollándose fuera de él". (H. Metzger: *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine Chimique*, París, 1930).

Las aportaciones personales de Newton a la Química han sido calificadas de poco importantes y también de poco originales. La más notable de ellas parece ser la identificación de la afinidad con la atracción, de la que hay algún antecedente en la obra de Mayow. La explicación de que la llama es la combustión de humos y vapores aparece ya en Aristóteles y en sus comentadores medievales. Francis Bacon tomó el fuego y el calor como consecuencia de la agitación de las partículas. Van Helmont explicó la explosión de la pólvora en términos de expansión de gases. La adherencia de dos placas pulimentadas de mármol fue descrita por Galileo. Las experiencias sobre microfuerzas y sobre el papel de la electricidad fueron hechas por Francis Hauksbee.

Así, en general, solamente se le ha reconocido a Newton la originalidad en la construcción de un marco físico coherente con el resto de su obra científica para la comprensión de los fenómenos químicos.

En mi opinión, estas críticas son excesivamente duras y responden, en parte, a criterios bastante subjetivos.

En la Cuestión 31 hay un gran acopio de datos experimentales sobre fenómenos químicos o fisicoquímicos que son interpretados en función de una hipótesis original y unificadora. Aunque muchos de estos datos fueran conocidos con anterioridad, otros muchos fueron obtenidos por Newton personalmente, o bien son resultados de experimentos planeados por él y efectuados bajo su dirección. Y, en cualquier caso, avanzó una hipótesis que permite explicar y predecir fenómenos químicos en términos de fuerzas atractivas y repulsivas de corto alcance con un mecanismo de actuación basado en el atomismo.

Por otra parte, muchos de los conceptos expuestos por Newton aunque fueran eludidos en su época, aparecen en Química más tarde, a veces mucho más tarde, con no gran variación. Por eso no parece muy fuerte el argumento de que la Química siguió derroteros diferentes al que él marcaba:

— Asignó a la luz un papel muy parecido al que más tarde tuvieron sucesivamente el flogisto y el calórico.

— Atribuyó un papel fundamental a las fuerzas de atracción entre los átomos en la formación de las sustancias químicas.

— Introdujo el concepto de afinidad química y lo relacionó con lo que más tarde se llamó peso equivalente.

— Intuyó fuerzas atractivas y repulsivas entre partículas pequeñísimas en razón de la distancia entre ellas.

— Describió claramente la reversibilidad de algunos fenómenos.

— Tuvo un cierto atisbo del carácter permanente de los elementos químicos.

En resumen, no parece correcto distinguir en Newton dos facetas como hombre de ciencia; y tenerlo como un físico muy bueno y un químico muy malo. El tuvo una concepción unitaria de la Naturaleza, y su estudio le conducía directamente a Dios. Y de esa forma se ha de considerar su personalidad.