

**SOBRE LA CUESTION 31 DE LA OPTICA**  
**DE SIR ISAAC NEWTON**  
**SU TRANSCRIPCION AL LENGUAJE QUIMICO ACTUAL**

**Carlos SEBASTIAN AGUILAR**

I.N.B. "Pedro de Luna"

Zaragoza

RESUMEN

Este trabajo pretende facilitar la lectura, y acaso la comprensión de la tan citada Cuestión 31 de la cuarta edición inglesa (1730) de la Optica de Newton. Se ha utilizado el texto castellano aparecido en Ediciones Alfaguara (1977), cuya Introducción, Traducción, Notas e Índice Analítico estuvieron a cargo del Profesor Dr. D. Carlos Solís.

En esta Cuestión, Newton emplea unos cincuenta términos científicos anticuados o en desuso, que se han sustituido por los que se utilizan ahora.

Además se han ordenado los contenidos según un criterio de complejidad creciente, entresacando los párrafos de su lugar original:

Se comienza exponiendo agrupadas las consideraciones metodológicas que aparecen dispersas en el original.

A continuación se recogen en columnas a la par, agrupando los más parecidos entre sí, de una parte los hechos experimentales, y de otra las implicaciones teóricas inducidas de ellos.

Al final, las conclusiones generales, de tipo cosmogónico y teológico, a que llegó Sir Isaac.

En la margen izquierda de la transcripción se indica entre paréntesis la página donde están los párrafos que siguen en cada caso.

En toda la exposición se ha procurado respetar al máximo la redacción original y conservar la frescura y vivacidad de expresión que hay en el texto manejado.

## I. CONSIDERACIONES SOBRE EL METODO CIENTIFICO

(325) — La naturaleza es muy consonante y conforme consigo misma, por lo que la existencia reconocida de unas fuerzas de atracción entre los cuerpos, como las de gravedad, magnetismo y electricidad, hace que no sea improbable la existencia de otras potencias atractivas. No examino aquí cómo se puedan realizar esas atracciones. Lo que denomino atracción puede realizarse mediante un impulso o cualesquiera otros medios que me resultan desconocidos. Aquí empleo esa palabra tan sólo para señalar en general cualquier fuerza por la que los cuerpos tiendan unos hacia otros, sea cual sea su causa, pues hemos de aprender de los fenómenos de la naturaleza qué cuerpos atraen a otros y cuáles son las leyes y propiedades de la atracción, antes de preguntarnos por la causa que produce semejante atracción.

(346) — Los principios activos que causan el movimiento de las partículas, tales como el de la gravedad y los que causan la fermentación y la cohesión de los cuerpos, no deben considerarse cualidades ocultas, supuestamente derivadas de las formas específicas de las cosas, sino que son leyes generales de la naturaleza por la que se forman las cosas mismas y cuya verdad se nos aparece por los fenómenos, aún cuando sus causas no hayan sido descubiertas. Estas cualidades son manifiestas, y sólo sus causas son ocultas. Los aristotélicos dieron el nombre de cualidades ocultas no a las manifiestas, sino sólo a aquellas que suponían ocultas en los cuerpos, siendo causas desconocidas de fenómenos manifiestos tales como serían las causas de la gravedad y de las atracciones eléctricas y magnéticas, así como de las fermentaciones, si supusiésemos que esas fuerzas o acciones surgiesen de cualidades desconocidas para nosotros e incapaces de ser descubiertas y hechas manifiestas. Tales cualidades ocultas ponen una barrera al desarrollo de la filosofía natural, por lo que han sido rechazadas en los últimos años. Decir que todo tipo de cosas está dotado de una cualidad oculta específica por la que actúa y produce efectos manifiestos equivale a no decir nada. Sin embargo, derivar dos o tres principios generales del movimiento a partir de los fenómenos, para decir a continuación cómo se siguen de esos principios manifiestos las propiedades y acciones de todas las cosas corpóreas, habría de constituir un gran paso en filosofía, aunque las causas de esos principios aún no se hubiesen descubierto.

(349) — Como en las matemáticas, en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis ha de preceder siempre al método de composición. Este análisis consiste en realizar experimentos y observaciones, en sacar de ellos conclusiones generales por inducción y en no admitir otras objeciones en contra de esas conclusiones que aquéllas salidas de los experimentos u otras verdades ciertas, pues las hipótesis no han de ser tenidas en cuenta en la filosofía experimental. Y aunque los argumentos a partir de observaciones y experimentos por inducción no constituyen una demostración de las conclusiones generales, con todo es el mejor modo de argumentar que admite la naturaleza de las cosas y ha de considerarse tanto más fuerte cuanto más general sea la inducción. Si de los fenómenos no surge ninguna excepción, las conclusiones pueden proclamarse en general. Pero, si algún tiempo después surgiese alguna excepción de los experimentos, habrán de comenzar a proclamarse con las excepciones pertinentes. Con este método de análisis podemos pasar de los compuestos a sus ingredientes, y de los movimientos a las fuerzas que los producen; y en general, de los efectos a las causas y de estas causas particulares a las más generales, hasta que el argumento termine

en la más general. Este es el método de análisis. El de síntesis, por su parte, consiste en suponer las causas descubiertas y establecidas como principios y en explicar con ellas los fenómenos, procediendo a partir de ellas y demostrando las explicaciones.

(350) — No sólo la filosofía natural se perfeccionará en todas sus partes siguiendo este método, sino que también la filosofía moral ensanchará sus fronteras. En la medida en que conozcamos por filosofía natural cuál es la primera causa, qué poder tiene sobre nosotros y qué beneficios obtenemos de ella, en esa misma medida se nos aparecerá con la luz natural cuál es nuestro deber hacia ella, así como hacia nosotros mismos. No cabe duda de que, si el culto a falsos dioses no hubiese cegado a los paganos, su filosofía moral hubiera ido más lejos de las cuatro llamadas virtudes cardinales, y en lugar de enseñar la transmigración de las almas y adorar al Sol, la Luna y los héroes muertos, nos habrían enseñado el culto al verdadero Autor y Benefactor, del mismo modo que lo hicieron sus antecesores bajo el gobierno de Noé y sus hijos, antes de que se corrompiesen.

## II. HECHOS EXPERIMENTALES Y TEORIA QUIMICA

### HECHOS EXPERIMENTALES

(325) — Las pequeñas partículas que forman los cuerpos actúan a distancia mediante fuerzas, sobre la luz, reflejándola, refractándola y difractándola. También actúan unas sobre otras para producir una gran parte de los fenómenos de la naturaleza. Los cuerpos actúan unos sobre otros por las atracciones de la gravedad, magnetismo y electricidad.

— El carbonato de potasio es delicuescente. No lo son ni el cloruro de sodio, ni el nitrato de potasio, ni el sulfato de cobre.

(326) — El carbonato de potasio extrae agua del aire sólo hasta una proporción determinada.

— El agua pura destila sola con un calor suave y tibio, pero no destila del carbonato potásico sin un gran calor.

— El ácido sulfúrico concentrado tiene un gran poder deshidratante del aire, aunque limitado; y de él destila el agua con gran dificultad.

— Si se vierten sucesivamente en la misma vasija agua y ácido sulfúrico concentrado, la mezcla se calienta muchísimo.

### TEORIA QUIMICA

— Las atracciones de la gravedad, magnetismo y electricidad alcanzan distancias claramente perceptibles, por lo que pueden observarse con facilidad; pero puede haber atracciones que alcancen distancias muy pequeñas y que hayan escapado hasta ahora a la observación.

— Hay atracción entre las partículas de carbonato de potasio y las de agua, pero no las hay entre las de cloruro de sodio o nitrato de potasio y las de agua.

— La fuerza atractiva falta una vez que se ha saciado de agua.

— Hay una atracción entre las partículas de una y otra especie.

— Hay una atracción, semejante a la mencionada antes, entre las partículas de ácido sulfúrico y las de agua.

— Las partículas de los líquidos poseen un gran movimiento. Al mezclarse estos líquidos, sus partículas corren unas hacia otras con movimiento acelerado y se unen con violencia.

— El ácido nítrico o el sulfúrico diluidos, vertidos sobre limaduras de hierro, reaccionan con ellas desprendiendo gas y calor.

— Los ácidos destilan con un calor suave, pero no se separan de las partículas de metal sin un calor fuerte.

(327) — El ácido sulfúrico diluido desplaza al clorhídrico de la sal común y el ácido nítrico del nitrato de potasio, formando sulfato de sodio o de potasio.

— La mezcla sulfonítrica es capaz de oxidar a la mitad de su peso de aceite de clavo o de semillas de alcaravea, o a cualquier aceite pesado de sustancias vegetales o animales, o aceite de trementina espesado con un poco de bálsamo de azufre, calentándolos hasta el punto de arder con llama.

— El alcohol bien refinado produce una llamarada cuando se derrama sobre la mezcla citada.

— El Pulvis fulminans, compuesto de azufre, nitrato de potasio y carbonato de potasio, hace explosión más rápida y violentamente que la pólvora.

— Cuando una reacción es lenta, produce un desprendimiento lento de gases y un calor moderado; cuando es más rápida, produce un desprendimiento más rápido y más calor y si la reacción es instantánea, el desprendimiento se contrae en un estallido repentino o explosión violenta con

(328) — un calor igual al del fuego y la llama. Al verter una dracma (unos 3,6 gramos) de mezcla sulfonítrica sobre media dracma de aceite de semillas de alcaravea en el vacío, la mezcla produjo inmediatamente un fogonazo como la pólvora, haciendo estallar el recipiente vacío. Asimismo, si se hace una pasta con azufre pulverizado, un peso igual de limaduras de hierro y un poco de agua, el azufre actúa sobre el hierro y en cinco o seis horas es-

— Las partes ácidas de estos líquidos penetran en los poros del metal hasta que rodean sus partículas externas y las liberan de la masa principal del metal, dejándolas flotar en el agua.

— Hay una atracción entre las partículas ácidas y las del metal.

— El álcali fijo de cada una de estas sales se une al ácido sulfúrico con más fuerza que al clorhídrico o al nítrico, y al no poder retener a ambos ácidos deja escapar al suyo propio, que es el menos atraído.

— Este repentino calor muestra que ambos líquidos se mezclan con violencia, precipitándose sus partículas unas hacia otras con un movimiento acelerado, y chocando con la mayor fuerza.

— Se debe a la misma causa.

— Las partes volátiles y ácidas del azufre y del nitrato de potasio chocan violentamente entre sí y con el carbonato de potasio y convierten todo en vapor y llamas en un instante.

— Teniendo en cuenta la gran cantidad de azufre que hay en el interior de la Tierra, así como el calor de sus partes internas, se puede aceptar la existencia de abundantes gases sulfhídricos que reaccionan con los minerales, a veces violentamente. Cuando se acumulan en cavernas subterráneas, las hacen estallar con una gran sacudida de la Tierra, como el volar de una mina; los vapores engendrados en la explosión, al salir al exterior ardientes y mefíticos, producen tempestades y huracanes, causando a veces corrimientos de tierras y levantando el agua en forma de gotas que acaban por caer en tromba. De la tierra seca ascienden continuamente al aire algunos compuestos gaseosos de azufre, que reaccionan allí con óxidos de nitrógeno, incendián-

tá tan caliente que no se puede tocar y emite una llama.

— El hierro y el cobre expuestos al aire se corroen; el fuego se reaviva al soplar; el corazón late debido al aire que respiramos.

(329) — Al añadir carbonato de potasio disuelto por delicuescencia a la disolución de un metal cualquiera, lo precipita y lo hace caer al fondo del líquido en forma de barro.

— Una disolución de nitrato férrico reacciona con el carbonato de cinc dejando libre el hierro. Una disolución de cobre disuelve el hierro inmerso en ella dejando libre el cobre. Y una disolución de plata disuelve al cobre y deja libre la plata. Si se derrama una disolución de nitrato mercúrico sobre hierro, cobre, estaño o plomo, se disuelve el metal dejando libre el mercurio.

— El hierro reacciona con más cantidad de ácido nítrico que el cobre, y éste con más cantidad que el resto de los otros metales. El hierro es el metal que reacciona más fácilmente con el ácido nítrico y también el más proclive a criar herrumbre, seguido por el cobre.

— Al destilar ácido sulfúrico delicuescente o mezclado con algo de agua, ésta lo hace

(330) con dificultad y no destila pura sino que arrastra algo de ácido. Al derramar el ácido sulfúrico que destila diluido sobre hierro, cobre o carbonato de potasio, reacciona con éstos y deja libre el agua.

— El agua y los ácidos acético, nítrico o clorhídrico se unen y destilan juntos, pero si el correspondiente reactivo se derrama sobre carbonato de potasio, plomo, hierro o cualquier sólido que pueda atacar el ácido se une al sólido y deja libre el agua.

dose a veces para producir el rayo y los meteoros ígneos. Estos movimientos son tan grandes y violentos que demuestran que en las reacciones de las partículas primarias, éstas que estaban casi en reposo se ven arrastradas a nuevos movimientos por un principio potentísimo que actúa solamente a muy poca distancia, obligándolas a encontrarse y chocar con gran violencia.

— Lo que prueba que en el aire hay abundantes vapores ácidos adecuados para producir reacciones químicas.

— Las partículas ácidas son atraídas más fuertemente por las partículas del carbonato de potasio que por las del metal.

— Las partículas ácidas del ácido nítrico son atraídas más fuertemente por el carbonato de cinc que por el hierro, más por el hierro que por el cobre, más por el cobre que por la plata; y más fuertemente por el hierro, cobre, estaño y plomo que por el mercurio.

— Esto se debe a las mayores o menores fuerzas de atracción entre cada metal y las partes ácidas.

— Esto muestra que el ácido sulfúrico es atraído por el agua, pero lo es más por los cuerpos sólidos dichos, por lo que abandona el agua para unirse a ellos.

— Todas estas reacciones se deben a que las atracciones mútuas entre las diferentes partículas son mayores entre unas que entre otras.

El ácido clorhídrico y el hidróxido amónico se unen para formar cloruro de amonio, cuyas partículas son menos volátiles y más libres de agua.

Al sublimar cloruro de amonio arrastra consigo las partículas de estibina que no subliman solas.

Las partículas de mercurio se unen con las de ácido clorhídrico para formar cloruro mercúrico y con las partículas de azufre forman sulfuro mercúrico.

El ácido acético y el hidróxido amónico bien refinado se unen para formar un cuerpo consistente dejando marchar el agua que los disuelve.

Al sublimar sulfuro mercúrico con carbonato de potasio o con óxido de calcio, el azufre deja marchar al mercurio y se fija con la sal o el óxido.

Al sublimar sulfuro mercúrico con antimonio metálico, se separa mercurio y solamente cuando el calor es intenso destila

(331)— cloruro de antimonio, a pesar de que el ácido clorhídrico es tan volátil como el agua y el antimonio metálico es tan fijo como el plomo.

— El ácido nítrico ataca a la plata y no al oro, mientras que el agua regia disuelve al oro y no a la plata; el ácido clorhídrico precipita la plata del ácido nítrico que la había disuelto.

— El agua precipita óxido de antimonio de su cloruro, y también lo hace de su mezcla con cloruro amónico.

— El agua y el aceite no se mezclan; y tampoco el mercurio y el antimonio, o el plomo y el hierro.

— El mercurio y el cobre se mezclan con dificultad.

— El mercurio y el estaño, el antimonio y el hierro, se mezclan con facilidad, así como el agua y las sales.

— Las partículas del ácido nítrico y del agua regia son lo suficientemente pequeñas como para penetrar los poros de la plata y del oro, pero la adición del ácido clorhídrico o de algún cloruro al ácido nítrico para formar agua regia hace que las fuerzas no sean atractivas sino repulsivas en el caso de la plata.

— El agua debilita la atracción del ácido clorhídrico o del cloruro amónico hacia el antimonio y tal vez aparezcan fuerzas repulsivas.

— Entre las partículas de estas sustancias no hay atracción.

— La atracción entre sus partículas es débil.

— Aquí es fuerte la atracción entre las partículas.

— El calor congrega los cuerpos homogéneos y separa los heterogéneos.

— El trióxido de diarsénico con jabón produce un régulo y con el cloruro mercuríco una sal volátil y fusible, como el tricloloruro de antimonio.

(332) — Macerados juntos pesos iguales de alcohol y ácido sulfúrico, al destilarlos producen dos líquidos volátiles y fragantes que no se mezclan entre sí, quedando en el fondo del recipiente un barro sólido y negro.

— El ácido sulfúrico de cámaras y el procedente del vitriolo tienen la misma naturaleza.

— Al disolver flores de azufre en aceite de trementina y destilar la disolución se halla que el azufre está compuesto por un aceite espeso e inflamable, o betún, una sal ácida, una tierra no volátil y un metal. La sal ácida disuelta en agua es igual al ácido sulfúrico de cámaras, siendo muy abundante en el interior de la Tierra, especialmente en las marcasitas, uniéndose con los otros ingredientes de la marcasita, el betún, cobre, hierro y tierra, para formar con ellos alumbre, vitriolo y azufre. Con la tierra sola forma el alumbre, con el metal solo o con el metal y la tierra, forman vitriolo y con el betún y la tierra forma el azufre.

(333) — El cloruro mercuríco sublimado de nuevo con más mercurio se convierte en cloruro mercurioso, que es una tierra blanca e insípida, poco soluble en agua; y ésta, con más ácido se convierte en una sal metálica. Los metales corroidos con un poco de ácido se convierten en herrumbre, que es una tierra insípida e insoluble en agua, y ésta, con más ácido se convierte en una sal metálica. Ciertas piedras, como el espato de plomo, disueltas en líquidos adecuados, se convierten en sales.

— Los ácidos tienen sabores agudos y punzantes. Cuando los metales se disuelven en líquidos ácidos, el compuesto tiene un sabor

— Es el caso general de existencia o ausencia de fuerzas atractivas.

— Esta substancia, que es totalmente volátil, consta de partes fijas y partes volátiles unidas por una atracción mútua, de modo que lo volátil arrastre a lo fijo o poco volátil.

— El ácido sulfúrico concentrado está formado por partes volátiles y no volátiles fuertemente unidas por atracción, de manera que destilan juntas en forma de líquido volátil ácido, hasta que el alcohol atrae las partes más volátiles separándolas de las fijas.

— De lo que se puede inferir que el azufre es una mezcla de partes volátiles y no volátiles, tan fuertemente unidas por atracción que subliman juntas.

— De ahí resulta que la marcasita contiene una gran cantidad de esos tres minerales (betún, metal y tierra). A la atracción mútua de estos ingredientes se debe el que se adhieran unos a otros para formar esos minerales, así como que el betún arrastre consigo los otros ingredientes del azufre que sin él no sublimarían. Y lo mismo puede decirse de todos o casi todos cuerpos grandes de la naturaleza. Todas las partes de los animales y vegetales e tan compuestas por substancias volátiles y fijas, fluidas y sólidas, como se descubre analizándolas. Lo mismo puede decirse de las sales y minerales, en la medida en que los químicos han conseguido hasta el momento examinar su composición.

— Esto muestra que las sales son óxidos y ácidos acuosos unidos por atracción y que la tierra no se convertirá en una sal sin una cantidad de ácido capaz de hacerla soluble en agua.

— Los sabores de los ácidos surgen de la fuerte atracción con que se precipitan las partículas ácidas hacia las partículas de la len-

diferente, más suave, pudiendo incluso resultar dulce. Y si la cantidad de ácido es comparativamente pequeña, el compuesto será insoluble en agua.

(334) — La gravedad hace que el mar fluya hacia las partes más densas del globo terráqueo.

— En el gran globo de la Tierra y el mar, los cuerpos más densos se hunden por su gravedad en el agua y tratan de descender siempre hacia el centro del globo.

— Las partículas de sal rara vez se destruyen, a no ser que se les despoje de sus partes acuosas por la violencia, o bien se les deje empapar los poros de la tierra central por un calor suave de putrefacción hasta que la tierra se disuelva por el agua y se separe en partículas menores, que por su pequeñez hacen que el compuesto podrido aparezca con un color negro.

(355) — Si se disuelve una pequeña cantidad de cualquier sal o de vitriolo en una gran cantidad de agua, las partículas de sal o de vitriolo no se hunden hasta el fondo, sino que se difunden uniformemente por el agua, haciéndola tan salina por el fondo como por la superficie. Las partículas de la sal o del vitriolo se apartan una de otras y tratan de expandirse o alejarse tanto cuanto permita la cantidad de agua en que están inmersas.

agua, agitándolas. Al unirse los ácidos a las partículas metálicas, pierden gran parte de su actividad, y si la cantidad de ácido es pequeña, se torna inactivo al adherirse fuertemente al metal y pierde su sabor.

— Del mismo modo, la atracción puede hacer que el ácido acuoso fluya hacia las partículas térreas, más densas y compactas, para formar las partículas de sal. De lo contrario, el ácido no cumpliría el papel de medio entre la tierra y el agua común para hacer las sales solubles en el agua, ni el carbonato potásico extraería fácilmente el ácido de los metales disueltos, ni los metales sacarían el ácido del mercurio.

— De igual modo, en las partículas de sal la materia más densa puede tratar siempre de acercarse al centro de la partícula. De este modo una partícula se puede comparar a un caos, siendo densa, seca, dura y terrosa en el centro, y ligera, blanda, húmeda y acuosa en la superficie.

— De ahí parece derivarse que las partículas de sal son de naturaleza perdurable. También puede ocurrir que las partes de los vegetales y animales conserven sus diversas formas y asimilen su alimento por acción de un movimiento y calor suaves al cambiar fácilmente su textura al alimento blando y húmedo hasta que se haga como la tierra densa, dura, seca y perdurable del centro de cada partícula. Sin embargo, cuando el alimento se vuelve inadecuado para la asimilación, o cuando la tierra central se hace demasiado débil para asimilarlo, el movimiento termina en la confusión, la putrefacción y la muerte.

— Esto demuestra que las partículas disueltas poseen una fuerza repulsiva por la que se alejan unas de otras, o al menos que atraen al agua con más fuerza que a las demás partículas de la sal o del vitriolo.

— Cuando un líquido salino se evapora en una película y se deja enfriar, la sal se concentra en figuras regulares.

— Las partículas del cristal de espato de Islandia actúan sobre los rayos de luz para producir la refracción inusual.

(336) — Las partes de todos los cuerpos homogéneos y duros que se tocan plenamente se unen con gran fuerza.

— Es posible congelar los fluidos: Se hiela el agua, los aceites, el vinagre, el ácido sulfúrico diluido. Lo mismo ocurre al disolver el mercurio en ácido nítrico y evaporar el líquido. Y con el hidróxido amónico y el ácido clorhídrico, al sublimarlos juntos para formar cloruro amónico. Hemos de considerar la dureza como la propiedad de toda materia incompuesta. Todos los cuerpos, en la medida en que la experiencia nos lo enseña, o son duros o pueden endurecerse. Y los cuerpos compuestos pueden ser extremadamente duros aunque son muy porosos, consistiendo en partículas yuxtapuestas.

— Esas partículas tan duras, que están yuxtapuestas y se tocan sólo en unos pocos puntos, se pegan con gran firmeza.

— Antes de la cristalización, las partículas de la sal han de flotar a distancias iguales en filas y columnas, actuando unas sobre otras con cierta fuerza, que es igual a distancias iguales y desigual a distancias desiguales. Si no fuera así, flotarían irregularmente y cristalizarían de modo igualmente irregular.

— Podemos suponer que en la formación de este cristal las partículas se ordenan en filas y columnas y, además, por cierto tipo de acción orientadora, giran sus lados homogéneos en la misma dirección.

— Para explicar cómo pueda ser esto, algunos han inventado átomos ganchudos que es como responder con lo mismo que se pregunta; otros nos dicen que los cuerpos se pegan por el reposo, es decir, por una cualidad oculta o más bien por nada; y aún otros dicen que se pegan por movimientos coincidentes, es decir, por reposo relativo. Yo infiero de su cohesión que las partículas se atraen entre sí por cierta fuerza que resulta extremadamente grande con el contacto inmediato, mientras que a distancias pequeñas realiza las operaciones químicas anteriormente mencionadas, sin que tenga efectos apreciables a distancia no muy grande de las partículas.

— Todos los cuerpos parecen estar compuestos por partículas duras. Incluso los rayos de luz, pues de lo contrario no podrían éstos retener distintas propiedades en sus diferentes lados. Las partículas simples, que carecen de poros, y que no han sido divididas nunca han de ser mucho más duras. Al amontonar juntas las partículas duras, apenas se tocan en unos pocos puntos, por lo que han de separarse con mucha menor fuerza que la requerida para romper una partícula sólida cuyas partes se tocan en todos los espacios que hay entre ellas, sin ningún poro o intersticio que debilite la cohesión.

— Hay que admitir la existencia de algo que las haga atraerse o apretarse unas a otras.

(337) — Dos mármoles pulimentados muestran cohesión en el vacío.

— El mercurio se mantiene en el barómetro a 50, 60, 70 pulgadas de altura, o más aún si está bien purgado de aire y cuidadosamente vertido en el barómetro, de modo que sus partes estén continuas en todo lugar entre sí y con el cristal.

— Si se sumergen en agua dos láminas de cristal pulimentado, verticales, paralelas y muy próximas entre sí, el agua ascenderá entre ellas. Cuando menor sea la separación entre los cristales, mayor será la

(338) — altura a la que ascienda el agua. Si la separación es de una centésima de pulgada, el agua ascenderá una pulgada; y cuando la separación sea mayor o menor, la altura será casi exactamente proporcional a (la inversa de) esa separación. El agua asciende de una manera similar entre dos planos pulimentados de mármol, cuando las caras pulimentadas son paralelas y están a escasa distancia una de otra. Además, cuando se sumerge en el agua el extremo de tubos estrechos de cristal, ésta asciende por el interior del tubo, siendo la altura que alcance en él proporcional al diámetro interior.

— Si se llena un gran tubo de cristal con cenizas espesas, bien comprimidas en el cristal y se sumerge en agua quieta uno de los extremos del tubo, entonces al agua ascenderá lentamente por las cenizas hasta el punto de alcanzar en una semana o quince días una altura de 30 ó 40 pulgadas sobre el nivel del agua.

— Se infiere lo mismo.

— La atmósfera con su peso presiona al mercurio contra el cristal hasta la altura de 29 ó 30 pulgadas. Otros agentes lo elevan aún más, no presionándolo contra el cristal, sino haciendo que sus partículas se adhieran al cristal y entre sí. En efecto, tras una discontinuidad provocada por burbujas o por sacudidas en el cristal, el mercurio se desmorona hasta la altura de 29-30 pulgadas.

— La fuerza atractiva de los cristales es la misma, sea grande o pequeña la separación entre ambos y el peso de agua elevado es el mismo si la altura es inversamente proporcional a la separación entre los cristales.

Estos experimentos (realizados ante la Real Sociedad por el señor Hauksbee) son de la misma naturaleza que los anteriores, y se producen con el mismo éxito al aire libre como en el vacío, por lo que no se ven influidos por el peso o presión de la atmósfera.

Por el mismo principio succiona agua una esponja, así como las glándulas de los cuerpos de los animales succionan los diversos jugos de la sangre según su diversa naturaleza y disposición.

— El agua se eleva hasta esta altura por la sola acción de las partículas de ceniza que se encuentran sobre el agua elevada, puesto que las partículas que se hallan sumergidas en el agua la atraen o repelen tanto hacia arriba como hacia abajo. Por tanto, la acción de las partículas es muy fuerte. Pero, como las partículas de ceniza no son tan densas ni están tan unidas como las del cristal, su acción no es tan fuerte como la de éste, que mantiene el mercurio suspendido hasta una altura de 60 ó 70 pulgadas, por lo que su fuerza podría suspender el agua a una altura superior a los 60 pies.

(339) — Si tomamos dos láminas de cristal pulimentado de tres o cuatro pulgadas de anchura por veinte o veintidós de longitud y ponemos una de ellas paralela al horizonte, con la otra sobre ella de modo que sus extremos se toquen y formen un ángulo de 10-15 minutos, humedeciéndolas con un trapo limpio impregnado en aceite de naranjas o en aguarrás y ponemos a continuación una gota o dos del aceite o del aguarrás sobre el cristal inferior, tan pronto como el cristal superior se baje hacia el primero y lo toque en un extremo mientras que con el otro entra en contacto con la gota, formando con el inferior un ángulo de 10-15 minutos, la gota comenzará a moverse aceleradamente hacia el lugar de contacto de los cristales. Si entonces se va elevando progresivamente el extremo hacia donde se mueve la gota, ésta ascenderá con más lentitud y se detendrá cuando sea solicitada hacia abajo por su peso en la misma medida en que es solicitada hacia arriba por la atracción. De este modo se puede averiguar la fuerza con que resulta atraída la gota a cualquier distancia de la confluencia de los cristales.

(341) — Si un cuerpo es compacto y se dobla o cede por la presión sin que sus partes se deslicen, es duro y elástico, volviendo a su forma primitiva con una fuerza derivada de las atracciones mútuas de sus partes. Si las partículas se deslizan unas sobre otras, el cuerpo es maleable o blando. Si resbalan fácilmente y tienen un tamaño adecuado para ser agitadas por el calor, el cuerpo es fluido; si son capaces de pegarse a las cosas, es húmedo.

— Las gotas de cualquier fluido adoptan una figura redonda.

— Los metales disueltos en ácidos solamente atraen una pequeña cantidad del ácido.

— En Algebra, donde se desvanecen y cesan las cantidades positivas comienzan las negativas.

— La atracción (sobre la gota) es casi inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde el centro de la gota hasta la confluencia de los cristales: Por un lado es directamente proporcional a la superficie de contacto de la gota y los cristales, la cual disminuye al aumentar la distancia de la gota a la línea de unión de los cristales; por otro, a igualdad de superficie la atracción es inversamente proporcional a la distancia entre los cristales. De ahí que, cuando esa distancia es extramadamente pequeña, la atracción haya de ser extraordinariamente grande. Para un grosor de tres octavos de millonésima de pulgada, la atracción sobre el aceite de naranjas en un círculo de una pulgada de diámetro parece ser tan fuerte como para sostener un peso igual a un cilindro de agua de una pulgada de diámetro y 400-600 metros de longitud. Cuando el grosor es menor, la atracción es proporcionalmente mayor y continuará creciendo hasta que el grosor no exceda al de una sola partícula de aceite. Así pues, hay agentes en la naturaleza capaces de hacer que las partículas se adhieran con atracciones potentes que corresponde descubrir a la filosofía experimental.

— Las partículas menores de la materia pueden unirse con gran fuerza para formar partículas mayores con menor poder. Muchas de éstas pueden adherirse para formar partículas aún mayores cuya fuerza sea aún menor, y así hasta llegar a las partículas mayores de las que dependen las operaciones químicas y los colores de los cuerpos naturales, y que al adherirse forman cuerpos de magnitud perceptible.

— Por las atracciones mutuas de sus partes, como la Tierra y el mar lo hacen por la atracción de la gravedad.

— Porque su fuerza atractiva sólo puede alcanzar una pequeña distancia de ellos.

— Del mismo modo, donde cesan las atracciones en Mecánica ha de aparecer una fuerza repulsiva. La existencia de tal fuerza parece desprenderse de las reflexiones y difrac-

— Cuando las partículas se ven sacudidas de los cuerpos por calor o fermentación, tan pronto como se ven fuera del alcance de la atracción del cuerpo, se separan de él así como unas de otras con gran (342) — fuerza, manteniéndose a una distancia tal que, a veces ocupan más de un millón de veces más espacio del que antes ocupaban en forma de cuerpo denso.

— Los líquidos son más fáciles de separar y gasificar en forma de vapor, son volátiles, gasificándose con un calor leve y condensándose con el frío.

— Los cuerpos fijos no se separan sin un calor considerable e incluso, quizá, sin fermentación. Solamente se gasifican por fermentación, tornándose en un auténtico aire permanente.

— El verdadero aire es más pesado que el vapor, y una atmósfera húmeda es más ligera que una seca, a cantidades iguales.

— Las moscas caminan sobre el agua sin mojarse las patas.

Los objetivos de grandes telescopios están unos sobre otros sin tocarse.

Los polvos secos son difíciles de entrar en contacto y adherirse.

Dos mármoles pulimentados, que se pegan por contacto inmediato, son difíciles de juntar lo suficiente.

ciones de los rayos de luz, en las que éstos son repelidos por los cuerpos sin contacto inmediato del cuerpo reflectante o difractante. También parece derivarse de la emisión de la luz: Tan pronto como el rayo se ve despedido del cuerpo luminoso por los movimientos vibratorios de sus partículas y se pone fuera del alcance de la atracción, se ve llevado por una velocidad excesivamente grande, pues la fuerza que se basta para hacerlo volver hacia atrás en la reflexión, ha de ser suficiente para emitirlo.

— También parece derivarse de la producción de aire y vapor. Esta vasta contracción y expansión no parece inteligible imaginando que las partículas de aire posean resortes o se enrollen como aros o cualquier otro artificio. Para explicarlas hay que admitir un poder repulsivo.

— Porque sus partículas no se adhieren con gran fuerza y son tan pequeñas que se agitan con facilidad, manteniendo a los líquidos en estado de fluidez.

— Estos cuerpos están formados por partículas más gruesas y menos susceptibles de agitación. Las partículas que se apartan unas de otras con la mayor fuerza y son las más difíciles de unir, son las que se adhieren con más fuerza una vez puestas en contacto.

— Las partículas de aire son más gruesas que las de los vapores y surgen de sustancias más densas.

— Todo ello parece deberse al mismo poder de repulsión.

(343) — La naturaleza es muy simple y concorde consigo misma. Los grandes movimientos de los cuerpos celestes se realizan por la atracción de la gravedad que media entre ellos.

— Gracias a la inercia, los cuerpos persisten en su movimiento o reposo, reciben cantidad de movimiento en proporción a la fuerza que lo imprime y resisten tanto como son resistidos.

— Si dos globos unidos por una varilla ligera giran en torno a su centro de gravedad común con un movimiento uniforme, mientras dicho centro se mueve uniformemente en una línea recta contenida en el plano de su movimiento circular, entonces la suma de las cantidades de movimiento de los dos globos, en el momento en que éstos estén en la línea recta descrita por su centro común de gravedad, será mayor que la suma de sus cantidades de movimiento cuando estén en la línea perpendicular a ésta.

— Los cuerpos que son absolutamente duros o tan blandos que carecen de elasticidad no rebotarán unos de otros. Si dos cuerpos iguales chocan directamente en el vacío, se detendrán allí donde choquen, según las leyes del movimiento, perdiendo su movimiento y permaneciendo en reposo, a menos que sean elásticos.

(344) — Estas cosas se pueden comprobar haciendo que dos péndulos iguales caigan uno sobre el otro desde alturas iguales. Cuando los péndulos son de plomo o de arcilla blanda, perderán toda o casi toda su cantidad de movimiento; pero si son de cuerpos elásticos, perderán todo lo que no recobren de su elasticidad.

— Si tres recipientes redondos e iguales se llenan, uno con agua, otro con aceite y otro con pez fundida, y los tres líquidos se agitan de modo semejante, a fin de imprimirles un movimiento de vórtice, la pez perderá rápidamente su movimiento debido a su tenacidad, el aceite, al ser menos tenaz, lo conservará más tiempo, y el agua, al ser aún menos tenaz, lo conservará más tiempo todavía, aunque en cualquier caso lo perderá.

— Y casi todos los movimientos pequeños de sus partículas, (se realizan) por otros poderes, atractivos y repulsivos, que median entre ellas.

— La inercia es un principio pasivo, sólo con el cual nunca habría movimiento en el mundo. Se requiere otro principio que ponga los cuerpos en movimiento y es necesario otro para que lo conserve.

— De las diversas maneras de componerse dos movimientos se desprende con toda certeza que no hay siempre la misma cantidad de movimiento en el mundo. De este ejemplo se desprende que un cuerpo que se mueve puede ganar o perder cantidad de movimiento. Sin embargo, debido a la tenacidad de los fluidos, al rozamiento de sus partes y a la debilidad de la elasticidad de los cuerpos, el movimiento es mucho más proclive a perderse que a ganarse y siempre está extinguiéndose.

— La impenetrabilidad sólo les hace detenerse. Si son elásticos, reciben nueva cantidad de movimiento de su elasticidad; y si tienen elasticidad suficiente para hacerlos rebotar un cuarto, la mitad o tres cuartos de la fuerza con que se encontraron, perderán tres cuartos, la mitad o un cuarto de su cantidad de movimiento.

— Si se dice que sólo pueden perder el movimiento que comunican a otros cuerpos, la consecuencia es que en el vacío no pueden perder cantidad de movimiento alguna, sino que al encontrarse habrán de continuar hacia adelante y penetrar las dimensiones del otro.

— Suponiendo que varios vórtices de pez derretida girasen contiguos en torno al Sol y a las estrellas fijas, habrían de comunicarse entre sí su movimiento hasta que todos alcanzasen el reposo relativo. Si fuesen de aceite, agua u otra materia fluida, continuarían más tiempo en movimiento, pero éste habría de extinguirse a menos que la materia careciese de toda tenacidad, rozamiento de las partes y comunicación de movimientos, cosa que no se puede suponer.

— La diversidad de movimiento que encontramos en el mundo está disminuyendo siempre.

(345) — Así los planetas y cometas conservan sus movimientos en sus órbitas y los cuerpos adquieren gran cantidad de movimiento en la caída.

— El corazón y la sangre de los animales se conserva siempre en movimiento y con calor.

— Las partes internas de la Tierra están constantemente templadas, tornándose muy calientes en algunos lugares; los cuerpos arden y emiten luz, las montañas se incendian, las cavernas de la Tierra estallan y el Sol continúa estando violentamente caliente y luminoso, calentando todas las cosas con su luz.

— Por ello se presenta la necesidad de conservarlo y reclutarlo mediante principios activos.

— A causa de la gravedad.

— Por causa de la fermentación.

— En efecto, en el mundo encontramos muy poco movimiento que no se deba a estos principios activos. De no ser por estos principios, los cuerpos de la Tierra, de los planetas, de los cometas, del Sol y de todas las cosas que en ellos se encuentran, se enfriarían y congelarían, tornándose masas inactivas. Toda putrefacción, generación, vegetación y vida habrían de cesar y los planetas y cometas no permanecerían en sus órbitas.

### III. CONCLUSIONES COSMOLOGICAS Y TEOLOGICAS

— Tras considerar los hechos descritos más arriba, a Newton (345) le parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles, con tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas.

Estas partículas primitivas, al ser sólidas, son incomparablemente más duras que cualesquiera cuerpos porosos formados a partir de ellas. Tan duras, incluso, como para no gastarse ni romperse nunca en pedazos, pues ningún poder ordinario es capaz de dividir lo que el mismo Dios ha hecho uno en la primera creación. En tanto en cuanto las partículas permanezcan enteras, pueden formar cuerpos de la misma naturaleza y textura en todo momento. Sin embargo, si se gastasen o rompiesen en pedazos, la naturaleza de las cosas que de ellas depende habría de cambiar. El agua o la tierra formadas de viejas partículas gastadas o de fragmentos de partículas no habría

(346) de presentar la misma naturaleza y textura que el agua y la tierra formadas desde el principio con partículas enteras.

Por consiguiente, puesto que la naturaleza ha de ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las diversas separaciones y nuevas asociaciones de los movimientos de estas partículas permanentes, al poderse romper los cuerpos sólidos, no en el medio de dichas partículas, sino allí donde se juntan y se tocan en unos pocos puntos solamente.

— Estas partículas poseen una fuerza de inercia y su movimiento está regido no sólo por las leyes pasivas que se derivan naturalmente de esa fuerza, sino también por ciertos principios activos, tales como el de la gravedad y los que causan la fermentación y la cohesión de los cuerpos. Estos principios no son cualidades ocultas derivadas de las formas específicas de las cosas, sino que son leyes generales de la naturaleza por la que se forman las cosas mismas y cuya verdad se nos aparece por los fenómenos, aún cuando sus causas aún no hayan sido descubiertas.

(347) — Ahora bien, con la ayuda de estos principios (se deduce que) todas las cosas materiales parecen haber sido formadas a base de las partículas duras y sólidas antes mencionadas, diversamente asociadas en la primitiva creación por consejo de un agente inteligente, pues corresponden ordenarlas a aquel que las creó.

Habiéndolo hecho así, no es filosófico buscar otro origen al mundo o pretender que podría haber surgido del caos por las meras leyes de la naturaleza, y que una vez formado podría continuar durante muchas eras gracias a esas leyes. Aun cuando los cometas se mueven por órbitas muy excéntricas en todas direcciones y posiciones, el ciego destino nunca podría haber hecho que todos los planetas se moviesen en una y la misma dirección, siguiendo órbitas concéntricas, exceptuando algunas irregularidades de poca importancia y que podrían deberse a las acciones mutuas de los planetas y cometas entre sí, y que pueden aumentar hasta el punto de que el sistema necesite una reforma. Una uniformidad tan maravillosa en el sistema planetario exige el reconocimiento de una voluntad e inteligencia (que lo haya ordenado).

— Lo mismo se puede decir de la uniformidad de los cuerpos de los animales, quienes poseen generalmente un lado izquierdo y un lado derecho semejantemente formados; presentando a cada lado de sus cuerpos dos patas detrás y dos brazos, dos patas o dos alas delante, sobre los hombros; y entre los hombros un cuello que se prolonga hacia abajo por el esqueleto, presentando una cabeza sobre él. Así mismo, en la cabeza aparecen dos ojos, una nariz, una boca y una lengua simétricamente

(348) situadas. Lo mismo ocurre con esas partes ingenizadas originalmente con tanto arte, como los ojos, los oídos, el cerebro, los músculos, el corazón, los pulmones, el diafragma, las glándulas, la laringe, las manos, las alas, las aletas, las membranas oculares y demás órganos de los sentidos y de la locomoción.

— Asimismo, los instintos de los brutos y de los insectos no pueden deberse más que a la sabiduría y habilidad de un agente poderoso y siempreviente que, al estar en todas partes, es mucho más capaz de mover con su voluntad los cuerpos que se hallan en su sensorio uniforme e ilimitado, formando y reformando las partes del universo, de lo que nosotros somos capaces con nuestra voluntad de mover las partes de nuestros cuerpos.

— Con todo, no hemos de tomar el mundo como el cuerpo de Dios, ni a sus diversas partes como partes de Dios. El es un ser uniforme, carente de órganos, miembros o partes, estando aquellas criaturas suyas subordinadas a él y a su voluntad. El no es el alma de ellas, del mismo modo que el alma humana no es el alma de las imágenes de las cosas transportadas por los órganos de los sentidos hasta el lugar de la sensación, donde las percibe mediante su inmediata presencia sin la intervención de una tercera cosa. Los órganos de los sentidos no tienen como misión permitir al alma la percepción de las imágenes de las cosas en el sensorio, sino tan sólo se limitan a llevarlas allí. Dios no tiene necesidad de semejantes órganos, al estar por todas partes presente en las cosas mismas.

— Puesto que el espacio es divisible al infinito y la materia no está necesariamente en todas partes, ha de concederse también que Dios es capaz de crear partículas de materia de diversos tamaños y figuras, en distintas proporciones al espacio y tal vez de distintas densidades y fuerzas, a fin de cambiar con ello las leyes de la naturaleza y formar mundos de distintos tipos en diversas partes del universo. Al menos, no se ve nada que esté en contradicción con todo ésto.