

Manifiesto de la Libertad de los Electrones



Copyright 2015 J. J. Astorkia

Presentación

Hola. Y tras el saludo voy a presentarme. Soy un electrón. Uno de tantos. Con esto pensaréis que ya está todo dicho y que me conocéis perfectamente. Pero, como parece que no sabéis bien como soy, veo que os lo tendré que decir, y para eso está este manifiesto que os presento ahora.

Este manifiesto no es una declaración de intenciones. Que, por cierto, no tengo. Me limito a comportarme como dicta la naturaleza. Y todo lo hace también, incluidos vosotros.

Es, más bien, una presentación de realidades que resultan evidentes. Por lo tanto afirmo que los electrones somos libres e independientes. Eso no significa que podamos ignorar las interacciones con las partículas que se cruzan con nosotros o los límites que nos impone el espacio. Pero son los mismos que sufre toda la materia, todos los núcleos de los átomos, todos los fotones. No se puede suponer como se hace ahora que la naturaleza nos ha castigado con reglas especiales que nos obligan a depender y obedecer a otras partículas "de rango superior". Somos partículas básicamente iguales a las demás, "construidas" de forma semejante, y por tanto no hay "rangos" que debamos acatar. Somos partículas que sabemos dónde estamos, como las demás, y que tamaño tenemos, que espacio ocupamos, dictado por la naturaleza. Y no lo compartimos, como no lo hacen las demás partículas. Y cedemos ese espacio que ocupamos, o pretendemos ocupar, y nos retiramos de la forma ordenada por la naturaleza cuando entramos en disputa con alguien con más derecho, pero no lo compartimos. Somos tan libres como pueda serlo cualquiera.

He dicho un poco antes que hablamos de realidades evidentes pero estoy viendo muchas caras con el ceño fruncido que me dicen que no lo ven tan evidente. Tal vez podamos cambiar eso si nos tomamos algo de tiempo para

mirar la cuestión desde distintos aspectos y presentamos algunas evidencias y reflexionamos sobre ellas con libertad. Libertad que no supone ignorar el método y la lógica científica. Todo lo contrario dado que pretendemos entender la naturaleza de nuestro universo, y no la naturaleza de cualquier "País de las Maravillas", sea de Alicia o de cualquier otro.

He dispuesto los temas creo que de forma ordenada pero soy consciente de que el próximo apartado resultará para muchos polémico e insuficientemente justificado y les dé la tentación de dejar de "perder el tiempo" y abandonar esta lectura, al tiempo que sospecho que en apartados posteriores encontrarán temas, algunos más conocidos y otros más exóticos, con un tratamiento sorprendente y conclusiones no habituales que excitarán la curiosidad, se harán merecedores de atención y dignos de dedicarle tiempo de reflexión. Por eso, pido a quien siga este orden un poco de paciencia, e invito a quién lo considere oportuno a seguir el orden que desee en su lectura, incluso aleatorio.

Como soy, y como no soy.

La descripción exacta y matemática de nuestra naturaleza, que resulta sencillo de concepto pero polémico, escapa al alcance de este manifiesto. Y justificarlo supone una reflexión profunda y lógica de lo que es la materia y de cómo se comporta el espacio que, por su amplitud, exige una extensión excesiva para un simple manifiesto, y da lugar a un modelo físico básicamente (en sus bases: fotones como partículas de aproximadamente $2.21 \cdot 10^{-42}$ Kg de masa, una cuarta dimensión estrictamente espacial y un tiempo absoluto clásico) distinto del imperante en este momento entre vosotros y nos desvía del tema. Por tanto lo dejaré sin justificar y lo diré en lenguaje poético. Soy muchas partículas de luz "reunidas" en un pozo gravitatorio. Y como ya he dicho antes que soy como el resto de partículas podéis deducir que hay reuniones de muchas más partículas de luz en pozos de gravedad mayores. De hecho, vosotros sois muchísimos fotones condensados en muchísimos pozos gravitatorios de distintos tamaños. De este carácter que tengo se deduce lógicamente que me comporte como me comporto (y de nuevo nos falta espacio para justificarlo detalladamente) en estas condiciones que ahora comparto con vosotros y son las que podéis observar (bajas o medias temperaturas y velocidades "absolutas" planetarias y velocidad relativa respecto al resto de partículas a mi alrededor baja, que suponen intercambio de cantidades de movimiento moderadas en las interacciones; presiones bajas o moderadas; etc).

Dejemos claro lo que importa para entender mi comportamiento libre. Soy una partícula material con un espacio propio definido y que no comparto. Y cualquier interacción con cualquier partícula que se me acerque lo bastante tiene las características de un choque según la más clásica mecánica de colisiones. Choque que podemos suponer elástico en estas condiciones normales que podemos observar en nuestro entorno.

Lo que no soy es una onda, ni siquiera a ratos. Es curioso que cuando alguien trata de explicar lo que soy afirme que soy onda y partícula añadiendo (casi siempre) a la vez, pero cuando trata de calcular mi comportamiento lo haga

considerando que soy una onda o una partícula material pero nunca ambas cosas a la vez. No hay ninguna fórmula en la física de la que podéis decir: mira, esta parte se deduce del comportamiento del electrón como partícula y esta otra parte, también necesaria para predecir sus efectos observables, de su comportamiento como onda. Tampoco tengo noticia de ningún cálculo en el que consideréis necesario (o útil) usar a la vez formulas deducidas suponiendo mi naturaleza de partícula con fórmulas deducidas supuesto que soy una onda. Os limitáis a considerarme lo que os conviene (una cosa u otra pero nunca ambas) cuando os conviene. No parece muy consecuente con el método científico.

Evidentemente puedo formar parte de una onda dado que una onda es por definición, como podemos observar en la naturaleza, un patrón repetitivo de comportamiento más o menos similar y ordenado de muchas partículas (o fotones, o moléculas). Pero lo logro con mucha compañía, sólo no puedo formar una onda, a no ser que defináis onda de alguna manera muy extraña que yo no he visto ni alcanzo a sospechar.

No se puede suponer que estoy deslocalizado. No tiene nada de raro que no alcancéis a ver donde estoy más que por un brevísimo instante dado lo pequeño que soy, pero cuando dejáis de percibirme yo sigo zigzagueando por mi trayectoria propia, en línea recta cuando tengo espacio liso y despejado y desviándome en cada nueva colisión según las cantidades de movimiento involucradas. Sigo estando ahí, sea donde sea ahí.

Tampoco se puede suponer que comparto el espacio con otros electrones por muy semejantes que seamos. Yo tengo mi propio espacio y lo necesito. Y de hecho todos ellos tienen también el suyo. Y en estas condiciones normales en las que hay mucho espacio libre alrededor, si alguno se aproxima mucho a mí tratando de invadir mi espacio lo empujo, igual que él me empuja a mí. A estas velocidades relativamente pequeñas que se dan en nuestro entorno eso es suficiente para volver a separarnos y no mezclarnos y compartir el espacio.

Bueno... Tal vez no sea apropiado decir que no nos mezclamos. La forma más sencilla de explicar nuestras colisiones es (y la naturaleza no suele ser absolutamente simple y cuadrículada) que, dado que ambos electrones somos pozos gravitatorios que podemos visualizar como deformaciones del espacio en la cuarta dimensión, en la que como podéis suponer no somos pequeños¹, ambos pozos se deforman uno a otro si están lo bastante cerca. Y se deforman más en los "bordes" más próximos "enfrentados" por ambas direcciones de movimiento. Si suponemos "liso" u "horizontal" el espacio de alrededor visualizaremos que esos "bordes" de los pozos están más "bajos" y que el

¹ Como un pequeño desvío del mismo tema podemos decir que con esta visualización, que se describe mejor más adelante, no podemos considerar los agujeros negros como singularidades. No podemos apreciar su verdadero tamaño, pero dado que se expande, como muestra su gravedad, la que es cuarta dimensión para nosotros y, muy probablemente, colapsa, una de las dimensiones "reales", su dirección de movimiento, tendrá su propio espacio de tres dimensiones de tamaño considerable y donde las leyes de la física sigan siendo vigentes. No podemos apreciarlo porque ese espacio no es común con el nuestro, sino "perpendicular", pero sí semejante en sus características.

espacio intermedio también se deforma más que el resto del espacio, por lo que vemos una especie de cauce por el que puede canalizarse e intercambiarse masa (en forma de gran número de fotones que "escapan" de mi interior, por una "frontera" con una valla que normalmente no pueden superar, cuando encuentran un sitio donde la valla ha caído y está suficientemente más abajo) de una partícula (pozo gravitatorio) a otra y en ambas direcciones². Esas masas transferidas y su inercia podemos identificarla como las cantidades de movimiento transferidas en la interacción y la causa de la desviación de las partículas. En un choque elástico debemos suponer que las masas que pasan en ambas direcciones sean sensiblemente iguales y por eso no apreciáis cambios en mí, pero puede que alguno prefiera verlo como "que nos mezclamos". También es cierto que la masa de las partículas es limitada, por lo que si aumenta mucho la velocidad relativa entre las dos partículas en la colisión podemos esperar que el choque no sea elástico y "pasen cosas raras" como fusión o fisión de las partículas, con cambios sustanciales en su número y masas.

Y ahora un detalle que simplifica y facilita de hecho entender nuestro comportamiento. No tenemos carga eléctrica. Y dado que los núcleos son semejantes a nosotros, los protones (núcleos de hidrógeno) tampoco la tienen. Maticemos y aclaremos las cosas para tratar de evitar polémicas estériles por usar conceptos distintos para una palabra concreta. He dicho que ninguna partícula tiene carga, y no la tiene con la definición o descripción que de la misma se hace ahora. Aunque puedo imaginar que el término carga (de carácter macroscópico) se puede redefinir para que siga siendo útil para las mediciones, cálculo y predicción de efectos. Pero se deben abandonar suposiciones erróneas como, que es una característica intrínseca de la materia, que tiene un valor constante en la misma, y que tiene dos formas diferenciadas. La descripción al uso con dos tipos de carga eléctrica se mantiene desde tiempos de los primeros estudios sobre la electrostática por elección democrática (fue la usada por más, y más influyentes, estudiosos del tema) en una época en la que había otros modelos distintos que también se correspondían con las observaciones. Es curioso que en muchos textos se atribuya a Benjamín Franklin la definición de dos tipos de electricidad y de las palabras usadas actualmente, positiva y negativa, cuando lo que presentó fue la "teoría del fluido único" suponiendo la existencia de un único fluido eléctrico y las dos condiciones en las que consideraba la materia era con presencia de fluido eléctrico y sin presencia del mismo (que denominaba, sí, como positivo y negativo, pero sin el sentido que se le da ahora). Resultaría revelador acercarse a esa teoría con términos modernos, un fluido (gas ideal de electrones capaz de moverse en el interior de cualquier tipo de materia) eléctrico (con electrones con mayor cantidad de movimiento de la que supondría un equilibrio térmico con el entorno, condición no intrínseca ni inalterable sino circunstancial) y deducir que fenómenos serían observables en las zonas con presencia, y por tanto

² Momento en que escapan unos pocos fotones por los bordes de ese canal restableciendo el punto de equilibrio dinámico que implica la masa sensiblemente constante, y sensiblemente semejante de partículas iguales, cuando toda partícula choca con, y captura, fotones continuamente.

transferencia, de este extra de cantidad de movimiento, en las zonas sin el mismo (con electrones, pero en equilibrio con su entorno), y en las zonas intermedias entre ambas. Porque el modelo aceptado no describe todo perfectamente, y para muestra un botón. Así la Ley de las cargas, básico y consustancial en el modelo aceptado, que dice que cargas del mismo signo se repelen y cargas de signo distinto se atraen, no explica el resultado de un experimento que habéis realizado casi todos vosotros de tan sencillo que es. La ley no lo dice explícitamente pero está implícita en la misma y se deduce de las ecuaciones del electromagnetismo, entre una carga de cualquier signo y un cuerpo de carga neutra (equilibrado) no se da ninguna fuerza eléctrica, ni se atrae ni se repele. Todos habéis frotado un bolígrafo de plástico contra vuestra ropa, habéis dejado pedacitos de papel sobre la mesa, y al acercar el bolígrafo a ellos pero sin tocarlos los habéis visto elevarse y pegarse al bolígrafo. Y también habéis visto que se mantienen pegados un ratito. La explicación que se da es que con el frotamiento hemos cargado eléctricamente el bolígrafo y éste atrae los pedacitos de papel. Pero no sé si os habéis hecho algunas preguntas curiosas. Como es, por ejemplo; al bolígrafo lo hemos cargado eléctricamente por frotamiento, pero a los papelitos no les hemos hecho nada para cargarlos, luego son neutros, ¿entonces porqué sufren esa “atracción eléctrica”?, deberían permanecer quietos totalmente ignorantes de la carga del bolígrafo. La explicación sencilla que se da es que la carga eléctrica del bolígrafo repele a distancia las cargas elementales del mismo signo del interior del papelillo que se desplazan a la mesa, con lo que el papelillo queda cargado del signo opuesto y resulta atraído (cumpliendo así la ley de cargas). Pero si reflexionáis un poco veréis que esta explicación no resuelve la pregunta en todos los casos. Se puede admitir si el experimento se realiza sobre una mesa metálica y por tanto conductora por donde se pueden desplazar las cargas, y así ocurre. Pero si interponemos entre la mesa y los papeles un dieléctrico, material no conductor que difícilmente deja pasar los electrones y en muy poco número (no lo digo yo sino el modelo eléctrico aceptado actualmente), o más sencillo aún, usamos una mesa de madera como hicisteis casi todos (la madera seca es un buen ejemplo de dieléctrico), los papelillos deben seguir siendo neutros al no poder desplazarse sus cargas y permanecer quietos, pero el resultado del experimento se repite y los papelillos vuelven a moverse, como casi todos habéis comprobado en la práctica. Y ahora una pregunta aún más interesante. Vemos que, sea como sea, los papelillos se mueven y se “pegan” al bolígrafo, ¿cómo es que se mantienen pegados? ¿Qué ocurre cuando tocan el bolígrafo? Porque “sabemos” que las cargas eléctricas se transmiten por contacto y al papelillo cargado del signo opuesto que toca al bolígrafo, éste, mucho más grande y con más carga, le transfiere parte de su carga rápidamente, lo deja cargado de su mismo signo, y debería repelerlo inmediatamente y hacer que caiga seguido. Pero todos habéis visto que permanecen pegados. Es fácil deducir que el modelo eléctrico usado tal vez sea muy bueno para explicar mucho de lo que observáis, pero desde luego no es perfecto, ni es aplicable en todas las circunstancias, tal como debe aspirar la ciencia.

Esta negación de la existencia de carga eléctrica seguro que resulta polémico para el simple aficionado pero no debe serlo tanto para el físico, consciente de que está demostrado la existencia en experimentos en metales de "gas de electrones de Fermi", donde nos comportamos según la mecánica de colisiones, sin interacciones a distancia ("fuerzas") inherentes a la carga eléctrica. Lo que debéis tener ahora en cuenta es que no es un comportamiento excepcional y extravagante sino que es nuestro comportamiento habitual en todos los entornos y en todo momento. Dado que no se nos puede ver para distinguir si portamos o no una mochila a la espalda en la que portamos una carga eléctrica está claro que eso es una suposición. Una suposición basada en nuestros efectos en el entorno cuando nos observáis. Y ese "cuando nos observáis" es muy importante, al igual que el plural. No nos veis o reconocéis cuando estamos en equilibrio con nuestro entorno, y nos movemos de forma aleatoria y con cantidades de movimiento semejantes a los de las partículas de alrededor, con lo que, por muchos que seamos, no se aprecia un efecto diferencial macroscópicamente sensible ni donde estamos ni a cierta distancia, de una forma tal que no podáis pasar por alto nuestra presencia como ahora ocurre. Cuando lográis apreciar nuestro efecto no estamos solos ni en equilibrio³.

En los fenómenos eléctricos apreciáis los efectos de muchos electrones con cantidad de movimiento sensiblemente superior a la media (más veloces) y que se mueven en la misma dirección. Y he dicho muchos que no todos, porque os pasan desapercibidos los electrones cuya velocidad hace que su cantidad de movimiento este próxima (cerca del equilibrio) a la del resto de partículas de otro tipo que haya alrededor, y también la de aquellos electrones que, siendo también veloces, se han desviado de la dirección de la mayoría, se difunden en minoría en otras direcciones con lo que su efecto, que existe, es mucho menor y no se hace apreciable. Ambos casos se dan como no dudará quien empiece ya a considerarnos libres. La cuestión es que, muchos electrones con un "exceso" de cantidad de movimiento, y que se desplazan cierta distancia más o menos común en la misma dirección aproximada chocan con las partículas, que ya están presentes en esa zona, cediendo a las mismas un incremento de cantidad de movimiento con efectos variados, en función de la estructura que formen, como pueden ser; que transfieran ese diferencial de cantidad de movimiento a nuevos electrones, en las siguientes interacciones, en la misma dirección y aleje aún más el efecto de la fuente (en un conductor); o que la difundan en todas direcciones, en interacciones entre partículas de esa estructura entre sí y con otros electrones, con un incremento de la agitación térmica (aumento de la temperatura del material); o puede traducirse en propio desplazamiento espacial de toda la estructura material si no se compensa con interacciones que comuniquen cantidades de movimiento opuestas porque toda la estructura esté "sujeta" (el material observado adquiere movimiento a cierta velocidad, o modifica su velocidad si ya se está moviendo); y normalmente encontramos

³ Un efecto sensible, cualquiera, supone una transferencia de gran cantidad de movimiento a la escala de electrones. A la escala humana no se puede apreciar cambios en la cantidad de movimiento de un solo electrón, ni la de muchos si éste es aleatorio y estadísticamente se anulan dando un resultado final muy pequeño.

mezclas dispares de varios de los efectos. Que resulte medible o no depende de lo grande que sea el diferencial de cantidad de movimiento de cada electrón y del número de los mismos que, siguiendo cada uno su propia trayectoria, provoque el mismo efecto más o menos al mismo tiempo y más o menos en el mismo lugar.

Yo hablo de cantidad de movimiento porque es lo que porto y me define cuando estoy sólo, y aunque vosotros que nos veis en grandes grupos penséis lo contrario no soy nada solidario. Pero si hablamos de un efecto conjunto observado, entiendo que suméis todas las aportaciones individuales, distintas y no equivalentes, acotadas en el tiempo que dura la observación, medición, y usando herramientas matemáticas estadísticas, totalmente válidas para simplificar su estudio. Así hablaremos de una masa total, como suma de las masas de todas las partículas que provocan ese efecto, o multiplicando la masa de una partícula por su número total, bajo el supuesto de que todas tenemos sensiblemente la misma masa, algo aceptable por lo que habéis visto de los electrones hasta el momento pero no seguro. Y también es válido utilizar el concepto de velocidad media (herramienta estadística que no concepto físico) aunque sólo unos pocos electrones se estarán moviendo a esa velocidad concreta y tampoco podéis discriminar cuales son. De hecho, pasar de la cantidad de movimiento ($m \cdot v$) que me caracteriza a mí o cualquier otro electrón en concreto, a la idea de fuerza

$$(m \cdot v \cdot N^{\circ} / t = M \cdot v / t = M \cdot a = F)$$

es lógica cuando se nos observa en un conjunto grande y en un tiempo determinado, es decir, en términos macroscópicos. Pero no sirve en sentido contrario. Está totalmente injustificado y es incongruente suponer que hay algo con sentido físico concreto que podamos definir como fuerza y que afecte a las partículas de forma individual.

Lo diré claramente, no hay fuerzas que nos afecten. Es un error de concepto estudiar a los electrones, o cualquier otra partícula, de forma individual y diferenciada como sufridores de una fuerza o poseedores de una energía (concepto derivado de fuerza y por tanto macroscópico). Sobre todo no hay fuerzas que nos afecten a distancia, sólo nos afectan las interacciones y estas se dan por "contacto", por colisión. Y no importa que nombre se les dé a estas fuerzas, fuertes, débiles o electromagnéticas, son todas semejantes y debidas al mismo tipo de interacciones. Claro que queda la gravedad, que puede hacer ver que hay efectos a distancia y sin interacciones entre partículas (nunca he tropezado con un gravitón aunque la gravedad me afecta constantemente). Hasta que te das cuenta qué también es resultado de interacciones, pero de carácter distinto: interacción de materia con el tejido (límite) del espacio. Está claro que las partículas tienen masa y por tanto deforman el espacio, es decir, interaccionan con el espacio en su cuarta dimensión. Creo que podemos visualizarlo como una interacción repulsiva (como todas las interacciones) y también suponer que hay una reacción del tejido del espacio sobre la partícula. Y estamos considerando el espacio como continuo dado que no encontramos evidencias de ninguna discontinuidad, ninguna fractura del tejido espacial

donde entra la materia y desaparece de este universo observable (supongo que estamos de acuerdo en que los trucos de los magos no cuentan, y en los agujeros negros se puede suponer una continuidad del límite del espacio con cambio para algunas dimensiones entre colapsada y expandida). Como mínimo, no hay fracturas donde nosotros podemos observar la gravedad. La deformación del espacio debida a una sola partícula aislada (caso ideal que nunca se da en la naturaleza) será mayor cuanto más cerca de la partícula se observe e irá disminuyendo según nos alejemos, pero siempre será uniforme, igual en todas direcciones, por lo que podemos esperar que el movimiento de la partícula siga las leyes de inercia porque la reacción del espacio también será uniforme. Pero si pudiéramos observar el caso de dos partículas aisladas, y dado que el espacio es común para ambas, esperamos que la deformación del espacio entre ellas sea mayor que en las demás direcciones, y que sea tanto mayor cuanto más cerca estén. Ahora no se da la uniformidad del caso anterior y no podemos esperar un movimiento inercial. Vemos que una reacción repulsiva menor del espacio sobre cada partícula en el lado en el que está situada la otra partícula desvía la dirección de ambas y las acerca, como observamos con la gravedad. Si suponemos una interacción a distancia entre ambas partículas debemos decir que es atractiva, pero es un error, porque no hay interacción entre dos partículas que no estén lo bastante cerca para hablar de colisión, y si dos interacciones continuadas de cada partícula con un espacio común, ambas repulsivas, con un efecto diferencial en cada una en la misma dirección pero con sentidos opuestos, lo que puede dar una falsa impresión de atracción si no se considera el sistema en su conjunto, incluyendo el espacio y su comportamiento.

Quiero recalcar que todas las interacciones son repulsivas. Entre las partículas, que no comparten su espacio. Y entre las partículas y el espacio. Mejor dicho entre las partículas y el tejido de los límites del espacio. Y esto se visualiza mejor con un ligero cambio en el modelo de espacio como tejido elástico y deformable legado de Einstein. Lo haremos teniendo en cuenta que el concepto de espacio está basado en la idea empíricamente adoptada de distancia. Es la idea de distancias medibles (o imaginables) en distintas direcciones lo que define el espacio. Y las distancias se definen por dos puntos, o extremos, o límites como nos interesa hacer si queremos considerar todo el espacio del universo. Podemos ahora ver el espacio deformable del modelo de Einstein como un límite del espacio en la cuarta dimensión que no se deja penetrar por (no comparte su "espacio" con) las partículas por lo que estas no pueden escapar del universo en esa "cuarta dirección". Pero es lógico suponer que pasa lo mismo si el movimiento fuera en dirección opuesta, y lo podemos visualizar como otro tejido elástico, prácticamente simétrico al que ya hemos visualizado respecto de un "plano" intermedio y muy aproximadamente paralelo a ambos límites de este espacio considerado en la cuarta dimensión. Y de aquí se puede deducir una diferencia significativa entre la cuarta dimensión del espacio (que no es tiempo) y las tres dimensiones habituales. Los límites de las tres dimensiones del espacio clásicas están muy distantes entre sí y muy lejos de nosotros, a millares de millones de años luz. Por lo que no es extraño que aún no los hayáis encontrado, y tal vez ni siquiera estén al alcance de nuestra

observación (he de confesar que yo no he llegado a chocar con ninguno de ellos y sufrido la consiguiente desviación de mi trayectoria u otros efectos más extraños, aunque estoy seguro que muchos muy lejanos fotones lo están experimentando en este preciso momento⁴). En cambio en la cuarta dimensión los límites están muy cerca. No puedo decir si a una distancia infinitesimal, de metros, o de kilómetros, especialmente porque esa distancia varía continuamente de una zona del espacio tridimensional a otra como consecuencia de la materia que contiene y la deformación que esta provoca, por lo que podremos encontrar todas esas magnitudes en distintas zonas. Pero no podemos subir mucho de ahí. No podemos suponer esa distancia mayor de cientos o pocos miles de kilómetros porque yo estoy en contacto constante y simultáneo con ambos límites de la cuarta dimensión del espacio. También lo están todas las partículas, y por tanto vosotros, excepto los fotones. Visualicemos esto con una descripción mía más detallada, siendo aún esquemática. Supongamos que estoy en reposo en el espacio, y me mantengo en contacto con las "superficies" elásticas que son ambos límites del espacio en la cuarta dimensión siempre en el mismo punto considerando el espacio en sus tres dimensiones clásicas. Si visualizamos esos límites como superficies horizontales paralelas a una distancia pequeña, menor al milímetro por ejemplo, deberemos imaginar a todos y cada uno de los fotones que están en mi interior moviéndose a la velocidad de la luz pero totalmente en vertical para rebotar continuamente entre los mismos dos "puntos", prácticamente comunes a todos esos fotones dado nuestro pequeño tamaño. Por pequeños que sean los fotones no escapan del espacio, interaccionan con los límites del mismo, y es de suponer que lo deforman. Podemos imaginar que tantísimos choques en cada instante en una superficie tan reducida crea un estrechísimo embudo pero tan largo como sea necesario. Ahora tenemos esos dos (uno por cada límite) embudos enfrentados y los fotones pasando de uno a otro a toda velocidad y, por eso mismo, logrando mantener esa forma constante del espacio y entendemos porque esos fotones, que son iguales a los que no están agrupados, no se están moviendo por el espacio tridimensional a la velocidad de la luz como sería de esperar (como ocurre con los límites aproximadamente paralelos y sin deformación para fotones individuales). Podéis ver que en la cuarta dimensión no estoy a un lado ni al otro, lo ocupo todo y aún más. Lo mismo ocurre con todas las partículas mayores que simples fotones independientes⁵.

⁴ Es necesario para mantener colapsada la cuarta dimensión espacial. Pero no parece probable que otras partículas aparte de los fotones alcancen esos límites del universo. Cuesta mucho esfuerzo imaginar que se puedan mantener moviéndose hacia "afuera" teniendo la gravedad de todo el universo tirando de ellas en dirección contraria.

⁵ Esta diferencia de comportamiento de la cuarta dimensión es significativa, como he dicho, pero no básica, tan solo circunstancial. Podemos "ver" esta dimensión expandida en algunos lugares del universo, como las partículas que hemos descrito, o en sus "hermanos mayores" los agujeros negros. Y también en algunos momentos de la historia. Si aceptamos la hipótesis del Big Bang debemos deducir que la presión homogénea de la "energía" (los fotones) sobre los límites del espacio (en realidad un único "tejido" continuo) desde el principio llevó a la expansión del universo en cuatro dimensiones (con

Como consecuencia no podéis apreciar ni medir el espacio en su cuarta dimensión porque, (aunque haya variación) ni para mí, ni para vosotros, ni para vuestros instrumentos supone diferencia alguna porque seguimos todos en contacto simultaneo con el tejido de ambos límites del espacio, lo ocupamos todo en esa cuarta dimensión. Lo que si nos produce efecto diferencial y apreciamos es la forma, la deformación, de ese espacio. En el caso de la gravedad, la gran deformación localizada del espacio (tan solo en la cuarta dimensión) debida a muchas partículas se transmite progresivamente a gran distancia, y de forma uniforme en todas direcciones del espacio tridimensional, a lo largo de ambos límites del espacio como nos obliga a suponer su continuidad observada⁶. Esto hace que una partícula situada en un punto cercano a una gran masa en determinada dirección del espacio no encuentra en ese punto ambos límites del espacio paralelos como necesita para que los rebotes no cambien el ángulo de desplazamiento de los fotones, que es proporcional a la velocidad de la partícula, y supondría su comportamiento inercial. Lo que encuentra son los límites más distendidos precisamente en la dirección en la que está la masa causa de la gravedad, y eso hace que en los choques de los fotones cambie el ángulo en el que se desplazan (y al ser la misma "superficie" todos ellos el mismo ángulo por lo que la partícula no se disgrega), lo que resulta en incremento de velocidad de la partícula orientada hacia la masa causante como habéis comprobado ocurre con la gravedad.

Como simple comentario añadiré que resultaría sencillo con este modelo estudiar teóricamente la gravedad de forma geométrica, definiendo el ángulo que forman ambos límites del espacio en ese punto proporcional a la masa de referencia, y por tanto a los efectos gravitatorios, de manera que el ángulo inicial y las desviaciones del ángulo en que se mueven los fotones sean proporcionales a la velocidad inicial y a las variaciones de esta velocidad. Lo que no resultaría nada sencillo es la comprobación empírica de su adecuación a la naturaleza debido, no al propio modelo, sino al tan escaso rango de valores de gravedad al que hay acceso para su observación.

volumen creciente a razón de la cuarta potencia de la velocidad de la luz), y solo posteriormente el efecto acumulativo de irregularidades, al principio pequeñas, llevo al colapso (¿fin del periodo de "expansión acelerada"?) de una de las dimensiones o direcciones del espacio (donde la presión de los fotones era menor y fue superada por la "tensión" que sufría desde las demás direcciones) de forma probablemente aleatoria, por lo que la cuarta dimensión es básicamente igual a las demás.

⁶ También se dan variaciones pequeñas pero bruscas (y muy localizadas debido a que su efecto se vuelve inapreciable a corta distancia superada y difuminada por esta variación principal mucho mayor que llamamos gravedad) en zonas con clara diferencia de densidad considerado determinado volumen entre un punto y otro próximo, por ejemplo la superficie de un líquido o las de un espejo y un vidrio, que provocan movimiento polarizado y acumulación de muchas partículas en este espacio limítrofe o "frontera" con efectos sensibles y de los que tenemos evidencia, como tensión superficial, o reflexión y refracción de la luz, por ejemplo.

Donde se supone que estoy, a pesar de que no se me ve.

Siempre se afirma que estamos en la corteza de los átomos. Pero esa corteza no es apreciable de forma diferenciada del núcleo ni siquiera con los microscopios electrónicos más potentes, capaces de diferenciar y situar átomos individuales (como algo conjunto y unitario). Esos mismos que nos muestran en la pantalla del ordenador los átomos como esferas que se tocan por elección del programador informático, que también podría elegir representarlos como esferas más pequeñas que no se toquen, como cubos, ordenados o no, con la forma de la estación espacial internacional, o de muchas otras formas. No es evidencia directa de nuestra presencia en la corteza atómica (sea eso lo que sea, que yo no lo sé), luego eso es una suposición.

Una suposición con mucho regusto clasista y antropomorfo que, si yo pudiera sentir dolor, me dolería. Un núcleo como un señor feudal con privilegios otorgados por nacimiento (con un método de formación y naturaleza distinta a la nuestra... ¿cómo encaja eso con la universalidad de las leyes de la física?) rodeado por sirvientes, o siervos, o esclavos confinados y obligados a compartir entre sí un terreno (espacio) propiedad del señor. Electrones, tristes esclavos incapaces de escapar por sus propios medios de los terrenos del señor y que rara vez son "liberados" por influencias exteriores en forma de aportes de energía (entendáis eso como lo entendáis a nivel de partículas individuales). Siervos con un montón de reglas a cumplir que suponen que deben estar siempre en comunicación mutua y actuando sin ninguna libertad; vestir de forma diferenciada entre sí para que el señor los pueda distinguir individualmente a pesar de la mescolanza y abigarramiento en el que viven, para lo cual deben estar observando continuamente como van vestidos los demás; nunca dejar sin protección las cercanías de la casa del señor pero con patrullas que no deben superar determinado número, es decir, siempre pendientes de donde están todos los demás y "tapando huecos" en consonancia; etc. Muestra una opinión de mí muy desfavorable, pero sé que no está motivada por ningún resentimiento personal contra mí de vuestra parte. Luego supongo que consideraréis esta suposición necesaria y obligada a fuerza de evidencias. Veámoslas.

Creo que el paso lógico es comenzar por el principio, cuando Thomson nos descubre en los tubos de rayos catódicos (tubos de vacío). Supone nuestra presencia, nos observa, entre el cátodo al que aplica potencial eléctrico y la zona en la que puede ver fluorescencia porque descarta que actúen átomos que no hay en el vacío del tubo utilizado. Todo lógico y correcto. De hecho deduce nuestra relación carga-masa (observando los efectos y comportamiento conjunto de muchos electrones), y la sorpresa llega de apreciar que nuestra masa debe ser mucho menor que la de los átomos. También afirma que partimos de los átomos del cátodo. No dice del cátodo, algo lógico deduciendo nuestra trayectoria en el experimento, sino del interior de los átomos del cátodo, lo que es una suposición no fundada en lo que se puede deducir del experimento. Supongo que miró al cátodo y encontró que no "veía" los electrones y que siguió un razonamiento del tipo: "veo" los electrones en el tubo de vacío porque no tienen donde esconderse pero en el cátodo no los veo y allí hay átomos del

material del que esté hecho, luego es en los átomos donde están “escondidos” los electrones. Es bastante lógico si consideras los átomos como algo bastante extenso y que ocupa casi todo el espacio disponible (como creía Thomson, pero ahora nadie afirmaría) porque no habría espacio libre en el material para suponer que los electrones se estén moviendo entre átomos (necesitan del espacio vacío adyacente para moverse y deberán detenerse al llegar de nuevo a algún material) y por tanto estarán estáticos y en contacto permanente con el “resto” del átomo, y deduciendo que somos tan pequeños respecto al átomo, la tentación de decir “dentro del átomo” es muy grande. Aquí tenemos una suposición bastante lógica basada en suposiciones no demostradas, que en su día fue aceptada con un criterio bastante científico, pero no aceptable como absolutamente científico a falta de evidencias de las suposiciones de base, y aceptable en ese momento dado pero no ahora. El problema es que cuando fueron llegando las evidencias no justificaron las suposiciones de base, sino todo lo contrario, pero la conclusión no se revisó, como exigiría el método científico, y siguió diciéndose, enseñándose y describiéndose en muchas ocasiones como conocimiento “probado” sin aportar ninguna nueva evidencia (ni “vieja” normalmente), y de hecho ha llegado hasta el día de hoy.

Podemos seguir por el experimento en que se fundamenta la adopción del modelo de átomo con corteza electrónica. Corteza electrónica cuya descripción ha ido cambiando de forma sustancial con el tiempo. Al igual que han cambiado drásticamente las reglas de comportamiento que se le suponen y que justifican estos cambios de descripción. Pero que tiene siempre constante una misma regla, los electrones están en movimiento en la zona exterior del átomo pero ligados al núcleo del mismo y por lo tanto no deben alejarse mucho del mismo, están “dentro” del mismo. Parece lógico suponer que tal constancia se debe a que este hecho quedó claramente demostrado en algún experimento fundamental, pero no se hace evidente cual pueda ser. Así, vemos en el experimento de Rutherford, siguiente paso fundamental porque sirvió para abandonar el modelo de átomo de Thomson y “adoptar” la corteza como parte del átomo, que se hacía chocar contra los átomos de oro de una delgada lámina metálica partículas alfa de gran energía. Y se eligió usar partículas alfa precisamente por su gran masa para observar únicamente su interacción con los átomos sin que interfiriéramos y falseáramos los resultados los electrones que pudiéramos cruzarnos en su camino. Eso quiere decir que Rutherford tenía evidencias para cambiar el modelo de átomo para tener en cuenta su pequeño tamaño y la existencia de gran espacio vacío entre ellos, pero también situó y supuso un determinado comportamiento a los electrones e inventó la corteza electrónica cuando, por el mismo planteamiento del experimento, no tenía ni podía tener ninguna evidencia empírica en ese sentido, y a pesar de que sí existía espacio libre en el que los electrones podían estar.

Y esta es una situación general en posteriores y variados experimentos. Resumiendo, no hay ni una evidencia experimental de que estemos, no ya dentro del átomo sino, ni tan siquiera asociados de alguna manera al núcleo.

Veamos el argumento de la necesidad de electrones en el átomo que en ocasiones se presenta como evidencia. Cuando se observan los átomos se

aprecia que son neutros, normalmente no se aprecian fuerzas eléctricas entre ellos. Luego si suponemos (como hacéis) que el núcleo tiene carga es necesario que el átomo contenga determinado número de electrones para compensarlo. Esta suposición parece necesaria, sí. Pero, ¿es obligada?. De hecho es una suposición basada en otra suposición y esta no es obligada. También podemos suponer lo contrario; que el núcleo no tiene carga, en cuyo caso la observación del carácter neutro del átomo no nos dice si observamos tan solo el núcleo o si es un conjunto de partes todas ellas neutras. A falta de más datos observados mejor no hacer suposiciones, y de vernos obligados a hacerlas recomiendo aplicar la "navaja de Occam" en ellas y elegir la más sencilla, la que no tenga (o tenga menos) reglas adicionales, especialmente si son de difícil justificación. Este juego de suposiciones sucesivas no es una evidencia fiable.

Alguno citará como evidencia la química, lo que se sabe de los enlaces moleculares y de las energías involucradas. Esta consideración se hizo en un momento ya lejano en el tiempo en el que se tenía datos concretos de pocas moléculas pero se encontraba en ellas proporciones basadas en números enteros, y se ajustaban bastante bien con números determinados de electrones en el átomo y la cesión de alguno de un átomo (¿amo magnánimo?) a otro de la misma molécula lo que les mantendría unidos (¿amo agradecido?). Y en aquel momento se consideró (lógicamente) aceptable en el convencimiento que el estudio de más moléculas se resolvería con las mismas reglas. Pero eso no ocurrió. No todas las proporciones se basaban en números enteros (enlace iónico) sino que se encontraban proporciones de números fraccionarios y hubo que formular el enlace covalente y la posibilidad de compartir algunos entre dos átomos de una molécula (se nos considera capaces de servir a dos amos a la vez, pues sabed que no servimos a ninguno). Ni siquiera eso bastó y con el benceno hubo que plantear formas de resonancia. Y sigue volviéndose cada vez más grave con, por ejemplo la magnetita, descripciones de un cristal bastante homogéneo, al que se debe suponer una célula básica repetitiva, como combinación de dos compuestos moleculares diferentes y cuya cantidad hay que expresar en porcentajes porque no encontráis proporción reconocible alguna. Y, desgraciadamente, todo este alejamiento del planteamiento inicial no llevó a la revisión de los supuestos de partida. Pero quien se pare a pensarlo dudo que con los datos actuales afirme que esta aleatoriedad numérica es prueba de nada. Y a quien esté pensando que necesita este modelo actual y que no tiene nada mejor, le diré que si considera los electrones independientes de los átomos y sus interacciones con los mismos (los núcleos) consecuentes con la mecánica de colisiones tendrá un modelo más lógico, versátil y potente⁷, porque es cierto que nosotros somos los que damos forma a las moléculas y mantenemos unidos a los átomos. Y para explicarlo le voy a dedicar un apartado independiente, el titulado "el número domina al tamaño".

Veamos entonces otras evidencias. Consideremos ahora ... ¡Vaya, no veo que se presenten más evidencias!

⁷ Un modelo mecanicista, aunque no esté de moda.

Donde se me ve y se supone que sólo estoy de paso.

Hemos visto que no se me ve en la "corteza atómica" pero si se logra localizarme claramente en muchas ocasiones. Todas tienen en común que estoy libre del átomo. Una buena fuente de evidencias es vuestra tecnología eléctrica.

Damos por supuesto que en los conductores sometidos a una diferencia de potencial hay una circulación de electrones "liberados" porque observamos sus efectos sensibles (calor, transporte de energía,...). Los suponemos liberados dado que tenemos claro que "algo" se mueve dando lugar a esos efectos y también damos por supuesto que los átomos del material propio de los conductores no se mueven de sitio (no intercambian posiciones) puesto que no hay evidencia de cambio de forma en condiciones normales. Aprender los electrones directamente en los conductores no está al alcance de vuestros experimentos (confiamos en que sea cuestión de tiempo tan sólo). Aún así podemos decir que son suposiciones lógicas y razonables basadas en la evidencia.

Y se aprecia aún más claramente con la "antigua" tecnología de los tubos de vacío. En este caso descartamos el movimiento de átomos o iones, dado que en el vacío suponemos que casi no hay, y responsabilizamos del transporte de la corriente al movimiento de los electrones (independiente de los átomos, no saltando de uno a otro que debe estar próximo a la fuerza), movimiento del que hay numerosas evidencias más o menos directas (fluorescencias directamente relacionadas con el haz de electrones, cambios en el comportamiento del haz al aplicar distintas tensiones a rejillas intermedias, obstáculos "opacos", etc). Por lo cual esta forma de atribuir los fenómenos eléctricos a los electrones se muestra científica y consecuente. Lo que no está tan claro es la correspondencia que se hace en el modelo actual entre el movimiento de los electrones con sus efectos eléctricos observables y su presencia en el espacio vacío (evidente, como hemos visto), y la correspondencia atribuida sin fundamento entre falta de fenómenos eléctricos en esas válvulas de vacío que muestran que no se están moviendo electrones (no vemos transporte de energía, debemos considerarlo una situación en condiciones de equilibrio) con la afirmación de la ausencia de los electrones en ese momento. Ya sé que no nos veis en ese último caso, pero creía que ya ha quedado claro la dificultad de observarnos, luego la forma lógica de pensar es; si apreciáis que estamos, es que estamos; y si no nos veis, tal vez sí o tal vez no estemos. De hecho sí estamos en el interior de esas válvulas de vacío desconectadas, en un "reposo" relativo en conjunto que nos vuelve inapreciables, y a pesar de que no haya átomos para que nos "alojen". No estamos de paso. Podemos estar en plena fiesta o podemos estar descansando, pero siempre estamos ahí.

Una pregunta: Si siempre que se logra observar, localizar, electrones estamos libres, ¿porque se considera que no somos libres y que siempre se nos ha observado en una circunstancia transitoria? ¿No es más lógico suponer que si siempre nos veis libres es porque somos libres siempre?

Donde estoy y no se me quiere ver.

En química tenemos el caso curioso de la teoría cinético-molecular, en el que desde el planteamiento más correcto, mecanicista, no se predice bien los resultados. La causa es que se desprecia nuestra presencia y, de hecho, se prefiere aceptar trampas matemáticas a plantearse esa evidente conclusión.

En este caso se hace un cálculo teórico del comportamiento de un gas basándose en las colisiones entre moléculas para calcular la presión a partir del número de moléculas y de su velocidad, para lo que se ha tomado su valor medio. Teóricamente impecable ... Por eso resulta tan extraño que, al contrastar sus resultados con mediciones experimentales, estos no los corroboren. En la evidencia práctica encontramos que el valor teórico calculado (bien calculado) siempre resulta sensiblemente menor que el medido. Tanto que la diferencia, aunque difiere de forma importante de unos gases a otros, ronda o supera el diez por ciento. Tan irrefutable que se opta por hacer trampa. En determinado momento del desarrollo matemático se sustituye sin justificación "el cuadrado de la velocidad media" de las moléculas por la "media cuadrática de sus velocidades", que suena muy parecido pero no tiene el mismo valor, de hecho es siempre algo superior. Y así se enseña en la universidad y así debe contestarse en un examen (si quieres que den por buena la respuesta). En matemáticas eso es el equivalente a sustituir en una operación un cuatro por un cinco con la justificación de que los valores de ambos son parecidos y ambos empiezan con la letra "c". Inaceptable matemáticamente, trampa. Triste trampa porque ni así coinciden los nuevos valores calculados con la evidencia experimental, se limita a aproximar los resultados.

Son ganas de no querer vernos, porque quien empieza ya a vernos libres por todos lados ya se ha dado cuenta del problema e incluso de la solución. Por muy puro que consideréis que es el gas utilizado en el experimento, los electrones están en número considerable entre las moléculas de gas y se comportan como éstas, empujando en todas direcciones y también a las paredes. Es decir, los electrones se comportan como un gas (de hecho con un comportamiento semejante a un gas ideal) y están en el experimento aunque se ignoren sobre el papel en los cálculos, por lo que el experimento se realiza con una mezcla de gases. En los cálculos se obtiene, por tanto, la presión parcial de uno de los componentes y siempre será inferior al total, que es la suma de las presiones parciales de todos los gases presentes. Ahora ya se puede revisar los experimentos y conseguir datos para cuantificar el comportamiento y, quizá, hasta el número de electrones. Aunque no será tan sencillo como aplicar las leyes de los gases ideales, a pesar de que es así como se comportan los electrones. En esas leyes se utilizan constantes, como R , para las que se acepta por comodidad, pero en contra de la evidencia, un único valor. Los químicos saben que los experimentos muestran que esa constante R varía de un gas a otro. Lo hace tan poco que es práctico usar un único valor para todos. Pero eso no sigue siendo aceptable para el "gas electrónico". Todos los gases tienen moléculas de distinto tamaño y masa, sí, pero con tamaños y masas del mismo orden de magnitud, y el resultado es una constante R muy parecida. Los electrones tienen un tamaño y masa que difieren de las de todas esas moléculas

en varios órdenes de magnitud, por lo tanto debemos esperar que, para los electrones, esa constante difiera de la comúnmente aceptada en varios órdenes de magnitud.

Aún así aquí tenéis una magnífica oportunidad para conocernos como a vosotros os gusta, con números en la mano. El esfuerzo merecerá la pena.

Donde se me oye y tampoco se me quiere ver.

Un área de la física en el que confiáis en la mecánica de colisiones y en el que las ondas se consideran según su lógica definición como movimientos conjuntos de grupos de partículas debidas a interacciones entre ellas es el estudio del sonido. Por lo tanto tenéis un muy buen modelo de cómo se comporta el sonido. Muy bueno, sí es, pero no es muy completo. Y para llamaros la atención sobre ello tenéis una evidencia recalcitrante cada vez que medís la velocidad del sonido en distintos medios. Aunque no se haga propaganda de este hecho, que sin duda resulta incómodo, tampoco se oculta y probablemente la mayoría ya sabéis que la velocidad del sonido en cualquier materia es mayor que la velocidad de movimiento media estimada de sus moléculas⁸, lo que no permite suponer una simple transmisión del sonido en cadena molécula a molécula porque resultaría demasiado lenta. Y esto es así para toda la materia. Para los gases casi podría haber duda, dado que presentan las velocidades del sonido más bajas y tienen las moléculas con mayor desplazamiento y velocidad relativa, pero sigue resultando lento. En líquidos y sólidos las velocidades observadas son mayores mientras que las velocidades de movimiento de las moléculas son semejantes o menores por lo que, incluso suponiendo instantáneas las interacciones para que no supongan ningún retraso o tiempo añadido, el problema es aún mayor. Esto no se comenta mucho porque parece negar que el sonido se transmita por interacciones entre moléculas con el resultado de ondas de presión.

Pero esa es la forma en que se transmite el sonido por lo que este problema debe llevarnos a revisar y completar el modelo utilizado con tan poco éxito. Y para ello debemos tener en cuenta la presencia, mezclada con las moléculas, de electrones (libres de los átomos). Tened presente que portamos e intercambiamos en las colisiones con las moléculas la misma cantidad de movimiento que tienen las moléculas, de media. La existencia de esas colisiones indica que también participamos en la transmisión del sonido. Y esa equivalencia de las cantidades de movimiento implica que nosotros, los electrones, nos movemos, y por tanto transmitimos el sonido mucho más rápido que las moléculas.

⁸ Estimación de velocidad que actualmente es exagerada, del orden de mil veces mayor de lo real, y que no se corresponde con los incrementos de velocidad que causan fracturas mecánicas por colisión, y las deducibles en las fracturas térmicas, que tampoco se corresponden (tal y como se calculan actualmente) con las de las fracturas mecánicas, a pesar de ser el mismo efecto y en el mismo material. Y, aún así, sigue sin alcanzar la velocidad del sonido.

Ahora ya tenemos los medios para apreciar (y de ahí calcular) el modo realista de transmisión del sonido, que es por colisiones entre moléculas con algunos tramos en los que una molécula colisiona y transmite el impulso a un electrón que lo lleva más lejos, y más rápido, hasta chocar con otra molécula que continúa la cadena. Cuanto influye cada uno en la transmisión depende de las condiciones de cada caso, como puedan ser la densidad, homogeneidad del medio o los pesos moleculares. Y el hecho de que haya una relativa homogeneidad y constancia en las ondas del sonido parece impuesto por la estadística de grandes números, porque es el trabajo conjunto de gran número de electrones y moléculas lo que observamos en la transmisión de un sonido concreto, por pequeña que sea la distancia recorrida o la intensidad del mismo.

Reflexionemos sobre ese comportamiento en los distintos estados de la materia.

Tenemos los gases con pocas moléculas en un espacio determinado comparado con líquidos o sólidos, y normalmente más ligeras y veloces. La mayor parte del sonido se transmite de molécula a molécula por su característica interacción fuerte. ¿Y qué pasa cuando el impulso sonoro (cantidad de movimiento) se comunica a un electrón?. Ese impulso avanza en la misma dirección más rápido y, normalmente, no es transferido a la molécula más próxima, sino que recorre una distancia mayor y variable, "saltándose" a veces unas decenas de moléculas intermedias, pero miles de ellas en otros casos dado que el espacio entre ellas es muy grande. Cuando ese "salto" es pequeño no hace ganar mucha velocidad a la transmisión del sonido, pero tampoco llega a salir del frente de la onda sonora que, por su baja frecuencia, tiene una longitud de onda mayor que la distancia entre esas moléculas, y por tanto colabora en el efecto sonoro. Pero cuando esa transferencia es mucho mayor en distancia, mayor que la longitud de onda, es improbable que su efecto se sume al del resto, sino que se disipa o difunde a modo de ruido aleatorio, y en la práctica supone una pérdida de energía de la señal sonora. Resumiendo, en los gases los electrones colaboran en la transmisión del sonido, y por tanto le dan mayor velocidad, pero sólo cuando lo hacen en una fracción pequeña de su recorrido; en distancias mayores el resultado es debilitamiento del sonido. Y así obtenemos las mismas conclusiones que las mediciones, evidencias empíricas, nos proporcionan: en los gases la velocidad del sonido es poco mayor que las velocidades de movimiento de las moléculas (más baja que en los demás estados) y la distancia recorrida por el sonido en ellos es menor (sufre mayor y más rápida atenuación, pérdida de señal).

En los líquidos las distancias entre las moléculas son menores y uniformes en todas direcciones (son más numerosas que en un gas, mucho más, en un espacio dado). En consecuencia los electrones que reciben el impulso sonoro tienen recorridos más cortos y mucho más uniformes antes de transferir ese impulso a otra molécula, normalmente sin llegar a separarse del resto del frente sonoro. Y también es mucho más probable que intervengan en la transmisión muchas más veces, porque interaccionan más frecuentemente con las moléculas, que son más numerosas y por tanto más frecuentes en su trayectoria. Intervienen en una fracción mayor del espacio recorrido por el sonido en "relevos" más cortos pero mucho más numerosos. El resultado es

menor atenuación del sonido, que permite que se transmita a mayor distancia⁹, y mayor velocidad en la transmisión, aún siendo más lentas las moléculas. Como bien podemos observar en la naturaleza.

En los sólidos, en su mayoría, conviene visualizar la transmisión del sonido como interacciones entre átomos dado que éstos se ordenan en estructuras cristalinas extensas, por lo que la noción de molécula no resulta útil. Y en el caso de los sólidos la velocidad del sonido tiene la particularidad de que es distinta en distintas direcciones. Puede parecer algo trivial, olvidando por un momento que el sonido se transmite más rápido de lo que se mueven los átomos, dado que cuando vemos una velocidad del sonido anisométrica vemos también una estructura de la materia también anisométrica, con átomos que están más próximos entre sí en unas direcciones que en otras, pero no lo es. Considerando la transmisión de los impulsos sonoros únicamente de átomo en átomo no puede justificarse. Podemos suponer que las interacciones entre átomos son instantáneas y vemos que la velocidad del sonido debe ser la misma en todas direcciones. En este caso la velocidad coincide con la del movimiento de los átomos que, estadísticamente (no olvidar que el sonido lo transmiten muchas partículas, no una sola), es la misma en todas direcciones, sin importar si vemos más interacciones cuando va en una dirección que en otra, dado que estas son instantáneas. También podemos suponer que las interacciones no son instantáneas, que necesitan una pequeña cantidad de tiempo para completarse. Y aquí ya vemos diferencia de velocidad de unas direcciones respecto de otras. En la dirección en la que los átomos están más próximos sufrirán más interacciones para transmitir el sonido la misma distancia, luego sufrirá más retrasos y la velocidad del sonido será menor que en otras direcciones. Y aquí, sobre el papel, lo vemos claro... Pero en la práctica no. Al medir la velocidad del sonido encontramos que es mayor en la dirección en la que los átomos están más próximos entre sí, no menor como cabía esperar. Para entenderlo debemos incluir a los electrones moviéndose libres de los átomos en la transmisión del sonido, y hacer una estimación semejante a la de gases y líquidos. En esta dirección dada los electrones transmiten el sonido distancias más cortas de promedio en cada "relevo" en el que intervienen porque con los átomos más próximos chocan con uno antes. Pero también toman un nuevo "relevo" antes porque chocan muchas más veces con los átomos en el mismo tiempo, por lo que intervienen más veces en el mecanismo de transmisión, y el resultado neto es que conducen el sonido una fracción mayor del espacio recorrido por el sonido (a velocidad mucho mayor que los átomos). Resultado, si tenemos en cuenta nuestra contribución a la propagación del sonido, sí resulta lógico que la velocidad sea mayor que en líquidos (poco más) y gases (mucho más) y que sea distinta en distintas direcciones en función de la distribución anisométrica de los átomos, como vemos en la naturaleza.

Quien nos quiera oír, que nos oiga (y si quiere que nos "vea").

⁹ Con mayor distancia a frecuencias bajas dado que una gran longitud de onda hace más improbable la pérdida de señal debida a la aleatoriedad de la distancia recorrida por los distintos electrones.

Influimos en todo aunque nos cambien el nombre para no reconocerlo.

Vamos a dejarlo claro, nos apreciáis en muchos sitios y efectos puesto que estamos en todas partes pero os negáis a reconocernos suponiendo la aparición de partículas o materia extrañas cuya característica principal es que juega a esconderse como si tuviera voluntad propia, como define implícitamente el nombre de “materia oscura”. Reconoced ya que nosotros, los electrones, somos la materia oscura fría. Y de ahí pasareis fácilmente a ver que la materia oscura caliente (que se mueve a la velocidad de la luz) son los fotones. No es aquí ni soy yo el indicado para explicar ésta última perogrullada, pero sí vamos a estudiar indicios, situaciones y efectos que os ayuden a comprender nuestra situación y comportamiento, y que, comparándolo con lo sabéis de la materia oscura, os muestren que somos la misma cosa con distinto nombre.

Alguno ya está diciendo que no podemos serlo porque nuestra masa ya está contabilizada al contar la masa de la materia convencional, de los átomos, pero no es así porque no estamos dentro de los átomos ni unidos a ellos.

Otros dirán que como compartimos el espacio con el resto de la materia nuestra masa también se refleja en el efecto conjunto gravitatorio, cierto, y por tanto está contabilizada. Y sería cierto si todos nosotros estuviéramos entre la materia (digamos... convencional), que no es así. Esa misma materia que nos atrae también deja un espacio muy reducido para nosotros, que nos comportamos como un gas ideal y tendemos a ocupar todo el espacio, y si somos muchos, que lo somos, también estamos en el denominado espacio vacío, separados de lo que denominamos materia (como conjunto de átomos, conjunto de núcleos hablando apropiadamente). De hecho es fácil deducir que donde somos más abundantes es donde la gravedad más nos atrae disponiendo al mismo tiempo de espacio prácticamente vacío. En el sistema solar es en la corona del Sol y su espacio adyacente. Y allí somos mucho más numerosos que en cualquier espacio ocupado por la materia convencional (aunque también nosotros somos una pequeña parte de esa materia). De hecho más numerosos en varios órdenes de magnitud. Y allí también estamos contabilizados, por simple cercanía nuestro efecto (gravitatorio¹⁰) no es distinguible al del propio Sol y está sumado ya. Pero, en mayor o menor cantidad, estamos por todas partes (recordad, comportamiento de un gas ideal), por todo el universo (que es muy grande), y son muchos electrones los que están muy lejos de materia alguna, y por tanto no están contabilizados. Por consiguiente es conveniente hacer una estimación de nuestro número y deducir cuanta masa es la que falta por contabilizar.

También habrá quien niegue la mayor, siga pensando que la carga eléctrica es una característica intrínseca de la materia, que la neutralidad exige que nuestro número en el universo sea poco mayor que el de núcleos de materia, y que como somos mucho menos masivos nuestra masa total resultaría prácticamente despreciable. Pero quien lo haga debe tener en cuenta que también niega el carácter fractal de la naturaleza o que los electrones sean materia semejante al

¹⁰ También se aprecian los efectos magnéticos de los electrones presentes.

resto (les supone una génesis y carácter distinto). Si alguien está dispuesto a ello, puede dejar de leer ya, no puedo ayudarle. Sigo para el resto.

Al hablar del carácter fractal de la naturaleza (quizá más apropiado sea decir naturaleza fractal del universo) nos referimos a una regla general que vemos continuamente y a todas las escalas observables del universo: lo pequeño es más numeroso que lo grande, y cuanto más pequeño es proporcionalmente también es mayor el diferencial numérico. Pongamos algunos ejemplos para visualizarlo y tratar de comprobar su generalidad. Hay muchísimas galaxias en el universo, pero hay muchísimas más estrellas que son mucho más pequeñas. Para verlo no hay más que multiplicar el número de las primeras por el ingente número de estrellas que tiene cada galaxia. Hemos visto que las estrellas son numerosísimas, pero ya dais por supuesto que son aún más numerosos los planetas dado que ya hay observaciones empíricas de otros sistemas planetarios distintos al nuestro (el único observable hasta hace muy poco) que hacen de ello una suposición no sólo probable sino que obligada. Sin conocer aún lo bastante para manejar cifras más o menos exactas está claro que la diferencia de número no es de muchos órdenes de magnitud, y eso nos dice que la diferencia de tamaño entre ambas categorías no es muy grande (aunque pueda parecerlo según en qué aspecto lo comparemos, volumen, masa, o algún otro a escala humana). Pero vemos que se incrementa cuando comparamos diferencias mayores, por ejemplo, planetas con asteroides. Ese carácter fractal también se aprecia a escala... ¿humana?. Así las estimaciones son que es seguro que hay más hormigas en la Tierra que seres humanos, hasta el punto de considerar comparable la masa que supondrían todas esas hormigas con la masa de todos los seres humanos juntos. También está claro que hay más seres vivos unicelulares (bacterias) que pluricelulares (y aquí entran todos los animales y plantas) llegando al punto que la masa estimada para los primeros es mayor que la que corresponde a todos estos últimos juntos. Y hay otros ejemplos incluso a nivel atómico. Así tenéis claro que el hidrogeno y el helio juntos suponen más del 98% de la materia del universo (en masa, más aún en número), aunque son los elementos más ligeros (con átomos más pequeños) comparados con las decenas de otros elementos (mucho más pesados). Es por todo esto que debería incomodaros manejar un modelo físico del universo que niega esa regla general para la materia a todas las escalas para los electrones y para nada más. Siendo consecuentes deberíais considerarnos un tipo de materia diferente al resto, y probablemente con una génesis diferente del resto. Porque, según el modelo al uso ahora, podemos hacer una estimación de nuestro número. Hay más electrones que átomos, sí, pero pocos más. De cada trece átomos en el universo, doce son de hidrogeno y "tienen" un solo electrón. El átomo restante es en su mayoría helio que tiene dos (poco incremento supone eso), y los que tienen más no llegan a un centenar si no es en laboratorio y por muy breve tiempo (tampoco ganamos mucho). Es decir, a pesar de una gran diferencia de tamaño entre ambos tipos de partículas consideradas la cantidad de ambas es muy semejante. Y aún es más preocupante si nos comparamos con protones y neutrones que, aunque más pequeños que los "átomos", son casi dos mil veces más masivos que los electrones. Aquí es necesario que haya tantos protones como electrones y además uno de cada trece átomos añade a la

cuenta algunos neutrones, tampoco demasiados. Pero la cuenta final es que hay menos de los “objetos pequeños” (electrones) que de los “mucho más grandes” (protones y neutrones).

Desde el modelo que os presento afirmando nuestro carácter libre, y nuestra naturaleza en todo semejante a la de las demás partículas materiales (exceptuar los fotones, los asociáis siempre a la energía, a pesar de su masa, y su deformación del espacio no es comparable) permite... obliga, más exactamente, a suponer que se cumple la regla y sacar conclusiones para comparar con lo observable. Digo permite porque no hay ninguna restricción a nuestro número. Y digo suponer porque es lo más que podemos hacer ante la falta de mejores evidencias. No me pidáis que os diga cuántos somos porque no lo sé. No debéis olvidar que soy muy corto de vista, hasta que choco con algo no sé que está ahí, o si está cerca, o si está lejos¹¹. Ni siquiera puedo daros una estimación relativa o porcentual, porque yo choco muchas más veces con un núcleo que con un electrón, pero no porque haya más, sino porque son unos torpes, grandes y lentos, plantados siempre en mitad del camino y chocando con todos, con nosotros... entre ellos... no se libran ni los fotones. Por tanto supongamos a partir de la regla general y debemos decir que, dado que los electrones son mucho más pequeños que las demás partículas debe haber muchos más, probablemente varios órdenes de magnitud más. También deberíamos suponer que la masa de los electrones es una fracción sensible o comparable a la masa de las demás partículas mayores juntas, ni tampoco extrañarnos si resulta ser incluso mayor. Esto tiene un efecto práctico. Si bien es difícil ver un único electrón, cantidades tan grandes deben tener efectos que, donde no los enmascare otro tipo de materia, resulte sensible en forma gravitatoria, mecánica o de temperatura. Vamos a ver a continuación varias situaciones en las que esos efectos son apreciables y que sugieren de que nosotros somos toda la materia oscura fría, y que en la Vía Láctea suponemos cuatro veces más masa que la materia convencional¹².

¹¹ Recordemos, un electrón, u otra partícula, sufre, reacciona a, interacciones. Interacciones que sólo se dan por contacto. Ninguna partícula sufre fuerza alguna, no actúa a distancia, sin alguna forma de contacto.

¹² Por la misma naturaleza fractal del Universo podemos deducir que la materia oscura caliente supone mucha más masa que la fría, tal vez cientos o miles de veces más (los fotones son mucho más pequeños que los electrones). Pero difícilmente podemos apreciar sus efectos. Se mueve, sin poder frenar, a la velocidad de la luz y está dispersa por todo el universo, literalmente, en cantidades muy homogéneas y sin mecanismos físicos que permitan su concentración, y por tanto sus efectos gravitatorios son semejantes en todas direcciones e indistinguibles de una influencia nula. Los únicos lugares donde se aprecia cierta mayor concentración y, por tanto cierto efecto sensible, es donde haya una intensa, y larga (en el tiempo), emisión de luz localizada, pero se difumina con rapidez con la distancia y el tiempo. El caso común son las galaxias. En la Vía Láctea la masa de materia oscura caliente sensible, o diferencial y “generada” en la propia galaxia, está entre el equivalente a la masa de toda la materia convencional y tan sólo la mitad de ese valor. Y aunque el valor total es mucho mayor, es ese otro valor del que se aprecia efecto el que podemos saber, o al menos estimar, y no el total.

Comencemos con un fenómeno que está claramente mal explicado por la ciencia actual; los cometas. La ciencia al uso explica su característica distintiva más evidente, su cola, visible tan lejos como más allá de la órbita de Júpiter e incluso (con más dificultad no porque sea mucho menor sino porque la observación es, ahí, con un ángulo mucho más cerrado con su trayectoria, y vemos el cometa prácticamente de frente) de la órbita de Saturno, como la sublimación de parte de su materia sólida debido al incremento de temperatura por la radiación térmica (viento solar) que sufre por su ¿cercanía? al Sol. Pero esto es evidentemente incorrecto porque tenemos a la vista muchos asteroides con composición en todo semejante a la de los cometas, y mucho más cercanos al Sol (por ejemplo en el cinturón de asteroides) sufriendo su radiación mucho más intensamente, que no generan una cola. La persistencia en el tiempo de esta explicación tan evidentemente falsa solo se explica por el razonamiento de que, si en ese espacio vacío sólo encontramos radiación, sólo la radiación puede provocar ese efecto. Pero dado que está claro que no puede producir ese efecto mejor será que lo tomemos como evidencia de que ese espacio no está tan vacío como se supone. ¿Adivináis ya a quienes nos podéis encontrar ahí?. A aquél que lo siga considerando increíble le resultará más fácil aceptar que debe haber partículas de materia oscura orbitando el Sol. Acabará por descubrir que se ha limitado a pintarnos de negro. Pero, si existe ese "gas electrónico" alrededor del Sol, rodea e interacciona tanto con los cometas como con los asteroides, ¿cómo es que aquéllos generan cola y éstos no?. Para entenderlo debemos fijarnos en otra diferencia que tienen entre ambos, no tan visible, pero también evidente; órbitas muy diferentes. Tan diferentes que al observarlos en la zona en la que podemos hacerlo, los cometas siempre tienen una velocidad bastante mayor y, lo que es especialmente importante, una dirección muy diferente. Tanto que podemos hablar con propiedad de una dirección tangencial para los asteroides y considerar prácticamente radial la de los cometas. Y eso es una diferencia muy grande para nosotros cuando chocamos contra ellos. Un asteroide que se mueve en una órbita más o menos estable y común estará rodeado de electrones que se mueven, en su mayoría, en órbitas parecidas a velocidades no muy diferentes de la suya. Podemos esperar de su interacción (choque) con el asteroide presencia de poca energía, porque en un tiempo determinado veremos pocos impactos que transfieren poca cantidad de movimiento cada uno. En el caso de un cometa colisionará con todos los electrones que encuentre en su trayectoria durante ese tiempo que estamos considerando, y a su gran velocidad recorre mucho espacio, por lo que serán muchísimos más impactos. Y además habrá muchísima más transferencia de cantidad de movimiento en cada impacto dado que la velocidad relativa es incluso mayor que la velocidad del cometa, la composición de su gran velocidad principalmente radial con la velocidad orbital, tangencial, de los electrones¹³. Por lo que la energía implicada en esas interacciones es muchísimo mayor y da lugar al incremento de temperatura que genera la cola del cometa.

¹³ Es de esperar que la mayoría de esos electrones se incorporen a su cola, y como consecuencia se aprecie campo magnético en la cola del cometa.

Y si queréis evidencias, revisad bien vuestras fotos de cometas en su periodo de alejamiento teniendo mucho cuidado de no darles la vuelta por descuido y encontraréis que la cola se extiende detrás del cuerpo, no delante, porque también la cola está chocando con los electrones y sus moléculas pierden tanta o más velocidad que el propio cometa. No estará apuntando directamente hacia el Sol, especialmente si aún está cerca, porque su radiación también interviene y desvía considerablemente la cola, pero ésta nunca llega a adelantarse al cuerpo del cometa, ni siquiera muy cerca del Sol.

Ahora podemos fijarnos en un magnífico experimento realizado por los humanos de forma, tal vez, a trompicones y poco programada pero que ya nos permite hacer algunas estimaciones de nuestro número. Y he dicho un experimento magnífico pero también debo añadir triste, porque hablo de la anomalía de las Pioneer. Y triste resulta el último intento de cierre de la (¿incómoda?, yo la veo como afortunada) cuestión que tiene todo el aspecto de un "tirar la toalla", una rendición sumada a la incapacidad de decir "aún no lo sabemos". Prácticamente desde el primer momento se calculó que toda la radiación térmica de la nave actuando coordinadamente en la misma dirección justificaba, "por los pelos", la deceleración anómala observada pero se negaron durante dos décadas a aceptar, o dar, esa explicación por lo improbable, mejor decir imposible, que resultaría que no se emita ninguna radiación aleatoriamente en otras direcciones, especialmente cuando se da en dos naves (o cuatro si se incluye lo observado con menos precisión en las Voyager). Hasta ahora, puesto que en eso consiste la "explicación" final.

Describamos entonces la situación real con detalle. Está claro que la radiación térmica es responsable de un tercio a la mitad del efecto observado. Y también tenemos una curva de como se ha comportado la deceleración con la distancia al Sol, donde crece rápidamente al principio, se aminora el crecimiento hasta llegar a un máximo, tras lo cual decrece en valor continuamente pero a un ritmo cada vez menor. Conviene tener en cuenta también que es lo que medimos exactamente mediante el efecto Doppler, la velocidad radial de la nave, no su velocidad total. Y ya daréis por supuesto que tenemos electrones orbitando el Sol en toda su trayectoria. Y ya situados vemos que todo "cuadra". El efecto se ha registrado desde el último "fly-by" de las naves y fue creciendo rápidamente en apariencia a partir de las proximidades de un efecto nulo. Pero el efecto no era nulo, de hecho la nave había alcanzado su máxima velocidad y chocaba con gran número de electrones, dado que cuanto más cerca del Sol su densidad es mayor, con gran velocidad relativa, por lo que el "frenado aerodinámico" (y no sé si hay registros de temperaturas de la nave que reflejen el muy probable calentamiento al igual que los cometas) era máximo. Pero no resultaba apreciable porque la trayectoria allí resultaba perpendicular a la observación, dirección próxima a la orbital, por lo que no se reflejaba apenas como efecto Doppler, y como variación en el ángulo no resultaba medible desde la Tierra. Pero la trayectoria comparativamente recta de la nave hace que su dirección sea cada vez más diferente de la orbital, sobre todo observada desde tan lejos (o tan cerca del Sol) como la Tierra, aumentando su velocidad radial observable, y por tanto el valor de la deceleración medida (tanto por la gravedad, como "anómala",

que es mínima en comparación) aunque esta va disminuyendo en valor total al alejarse del Sol. Es un efecto puramente geométrico y se refleja en una curva de crecimiento de forma aproximadamente cosenoidal dependiente del ángulo de la trayectoria real respecto de una trayectoria radial ideal. Es sólo aproximada por que se une a una continua disminución del efecto gravitatorio con la distancia, y en la componente "anómala" a una disminución por efecto del descenso de velocidad de la nave. Hasta el momento en que el decremento del ángulo de la trayectoria (cada vez más lento al aumentar la distancia) con su incremento correspondiente del efecto Doppler no llega a compensar la disminución paulatina que se estaba produciendo en la deceleración "anómala" desde el "comienzo", y llegamos al máximo de la curva. Y a partir de ahí se refleja bastante fidedignamente (la distancia aumentó tanto que la variación del ángulo de observación de la trayectoria resulta pequeña) que la deceleración "anómala" va disminuyendo dado que es función de la velocidad de la nave, que sigue disminuyendo por la atracción gravitatoria del Sol principalmente, y del número de electrones con los que interacciona cuya presencia disminuye al aumentar la distancia al Sol. Como vemos, el gráfico resulta lógico. E incluso tenemos datos (el valor de la deceleración "anómala", la velocidad de la nave y el tamaño y peso de la misma) para hacer una estimación de la cantidad de electrones presentes a tan gran distancia. A una distancia de unas 15 U.A. una "densidad electrónica" (conjuntamente con otras partículas existentes que también colaborarían en este efecto exactamente igual) de tan sólo del orden de 10^{-17} Kg/cm³ justifican la mitad de la deceleración "anómala" observada¹⁴. Siguen siendo miles de millones de electrones por centímetro cúbico.

Y abandonemos, tal vez prematuramente¹⁵, el tema con unas estimaciones fáciles de hacer y muy sugerentes. Si suponemos la existencia de un gas electrónico semejante en la Vía Láctea en el espacio ocupado por la materia observable, y dadas sus dimensiones, una densidad del orden de 10^{-21} Kg/cm³ justifica toda la masa de materia oscura estimada en la Galaxia. Y es más probable una distribución más amplia y más esférica que implicaría una densidad varios órdenes de magnitud menor aún.¹⁶

¹⁴ El descenso de la velocidad de giro de la nave también se debe a interacción con los electrones, pero los datos del informe no son tan precisos, especialmente en la geometría de la nave afectada en este aspecto, por lo que este cálculo lo dejaremos para la NASA, si se decide a volver a estudiar el caso, del que aún se puede, probablemente, sacar mucha información. En este caso los datos no están afectados por la dirección del movimiento ni su velocidad, y deben mostrar una progresiva disminución del efecto causada por la disminución de la "densidad electrónica" con la distancia al Sol, y servir de comprobación.

¹⁵ al no abordar observaciones aún más lejanas como el cúmulo Bala y otras colisiones de cúmulos de galaxias siguiendo los mismos razonamientos. Pero creo prudente y apropiado dar un poco de tiempo para que aumenten y mejoren las observaciones, ganemos confianza en las estimaciones y exactitud en la descripción de estos casos.

¹⁶ Parece oportuno recordar el carácter invisible de los electrones. Por su pequeño tamaño su interacción con los fotones es muchísimo menor que la de los átomos, y por su gran velocidad no forman estructuras estables que permitan que se sumen los posibles efectos de forma que se hagan lo

El número domina al tamaño.

Es cierto que somos nosotros los que hacemos que las moléculas adopten su forma y estructura. Pero no es cierto que lo hagamos como se describe ahora. Como si fuéramos perros sujetos con una correa por los núcleos y que se muerden mutuamente la cola por lo que mantenemos cerca a esos núcleos a través de esa misma correa. Lo que somos es una muy numerosa banda de alegres y gamberros bandidos que nos dedicamos a dar patadas a todo gordo comerciante que se cruce en nuestro camino. Por lo que estos gordos comerciantes mal avenidos no tienen más remedio que juntarse espalda con espalda (o en pequeños grupos cerrados si son más de dos) para evitar algunas de nuestras patadas y defenderse de nosotros a bofetadas que, con el jaleo, a veces se las dan entre ellos.

Tratemos de describir esto de forma más seria, sin olvidar que, por riguroso que sea el modelo y el lenguaje que utilicemos, va a seguir siendo un símil, toda la física lo es, una forma de visualizar lo que no podéis ver. Si nos fijamos en dos núcleos muy separados podemos ver que están chocando continuamente con electrones que vienen de todas direcciones. Si los observamos durante un tiempo lo suficientemente largo para que sea aplicable la estadística de grandes números, que aún así es un tiempo muy breve, podemos hacer la suma de todas las cantidades de movimiento que recibe cada partícula y vemos que unas se compensan con otras y el efecto total es nulo (no apreciamos ninguna fuerza, con su lógico carácter macroscópico habilitado por el gran número de interacciones). Veamos ahora que pasa si esas dos mismas partículas están muy cerca una de la otra. Siguen chocando con muchos electrones pero ahora no vienen de todas las direcciones. Los electrones que vengan justo de la dirección en la que está la otra partícula cercana chocan contra esta y se desvían por lo que no chocan con la partícula que estamos observando. Cuando lo observemos en el tiempo no todas las cantidades de movimiento se compensan y vemos que esta partícula se ha movido, precisamente en dirección a la partícula cercana. Y por el mismo mecanismo está última también se mueve precisamente en dirección opuesta. El efecto parece el de una fuerza atractiva, ambos átomos se aproximan uno a otro, a pesar de deberse a interacciones repulsivas gracias a que son opuestas. También observaremos que parece crecer según se acercan las partículas o átomos, al crecer el ángulo o zona de "sombra", pero deberemos considerar la distancia como correlación y no como causa. La causa es que podemos hablar de que hay una menor densidad electrónica, menor número de electrones que interaccionan, en el espacio entre ambos átomos que en el espacio circundante a los mismos. Y el efecto es acumulativo por lo que lleva a la colisión de ambos átomos y la consiguiente separación entre ellos como reacción. Dado que el mecanismo descrito sigue

bastante grandes para resultar sensibles. Todos los efectos luminosos asociados a los electrones, el rayo o chispas eléctricas en la atmosfera, fluorescencias en tubos o pantallas, filamentos incandescentes, se dan en interacciones entre electrones y átomos, y tienen su origen en estos últimos. La trayectoria y recorrido de los electrones en tubos de vacío no resulta visible. El apelativo de "oscuros" no parece inapropiado para los electrones.

actuando podemos visualizar una condición de equilibrio dinámico en la que la separación se frena a corta distancia, hasta volverse en un nuevo acercamiento que lleva a un nuevo choque, y se reinicia de nuevo el ciclo con ambas partículas vibrando en dirección una a la otra.

Para visualizar esa condición de equilibrio dinámico que acabamos de describir hemos considerado una sola dirección y hemos descartado implícitamente que haya colisiones laterales de otros electrones. Pero en la naturaleza esos electrones con movimientos más bien perpendiculares a la dirección entre ambos átomos son estadísticamente seguros por lo que hemos de concluir que las moléculas de tan solo dos, o incluso tres, átomos no son capaces de lograr el equilibrio dinámico necesario, no son estables, y no se dan mucho tiempo en la naturaleza. Pero sí podemos visualizar este mecanismo y la consecución de un equilibrio dinámico estable cuando consideramos moléculas de al menos cuatro átomos como mínimo y mucho más seguro si son más. En estos casos la distribución estadísticamente uniforme de los electrones alrededor de la molécula nos dice que sus átomos se agruparan de forma que la forma de aquella sea lo más parecido posible a la esfera¹⁷. Ahora podemos ver cada átomo ya integrado en la molécula con tres o cuatro átomos muy cercanos en sus laterales y con otros dos o tres también próximos situados “debajo”, hacia el centro de la molécula o a través del mismo. Y deducimos que la mayoría de las interacciones con electrones que sufra se darán en una zona “superior” expuesta bastante limitada y comunicarán cantidades de movimiento dirigidas hacia el centro de la molécula. Vemos que este átomo concreto reparte esa cantidad de movimiento en varias direcciones con una rápida sucesión de interacciones o impactos con tres, cuatro o más átomos próximos de la misma molécula (que pueden difundirla a su vez a otros si los hay lo que facilita el movimiento conjunto) y encontraremos que la reacción que sufre está, por tanto, escalonada y no se manifiesta en dirección totalmente opuesta a la del conjunto de la molécula ni con la velocidad que implicaría el total de cantidad de movimiento comunicado por la interacción inicial¹⁸, que por ser varias veces mayor que la velocidad conjunta de la molécula nos obligaría a pensar en una muy posible “fuga” de este átomo impidiendo ver una situación de estabilidad o equilibrio, por muy dinámico que lo consideremos. Ese lógico movimiento de alejamiento por reacción no será muy rápido por lo que podemos esperar que revierta a tiempo por un nuevo impacto que debe producirse lógicamente en la zona expuesta a los electrones y, por tanto en dirección opuesta. Las interacciones laterales de otros átomos, de baja velocidad relativa, no parecen

¹⁷ Se está haciendo más y más evidente según mejoran los medios para observar con mejor resolución las moléculas de forma individualizada.

¹⁸ Recordar que de media la cantidad de movimiento de cada electrón en un entorno dado es la misma que la de las moléculas que comparten ese entorno. Los átomos vibran dentro de la molécula además de desplazarse conjuntamente con ella por lo que tienen un extra de velocidad respecto a ésta, pero deben compensarlo estadísticamente entre todos ellos para anular su efecto, asimilable a la energía de enlace, por lo que tiene un límite, no demasiado grande, y su cantidad de movimiento es menor que la de los electrones.

ayudar mucho a sacar el átomo de la molécula. Y las interacciones con átomos de la molécula desde “abajo” son menos probables e intensas cuando está en ciclo de “alejamiento”. Resumiendo, esa molécula parece muy estable.

Notemos que en la estequiometría hemos adoptado hasta ahora la costumbre de optar por la formulación más simple matemáticamente, con los números más pequeños posibles. Pero eso es un error porque en la naturaleza no tenemos comportamientos puramente matemáticos, ni totalmente aislados, ni secuenciales, por mucho que nos gusten porque son cómodos para nuestra forma de razonar. Y no debemos tener ninguna esperanza de encontrar en ningún lugar y a ninguna escala del universo ejemplos de ideas absolutas, por mucho que ayuden a pensar con una lógica muy práctica, como pueden ser el vacío absoluto o un sistema (absolutamente) cerrado. En la práctica no se debería olvidar que tratamos con aproximaciones a esos conceptos. Y si bien despreciaremos las posibles diferencias cuando la pobreza de nuestros datos empíricos lo haga posible y hasta recomendable, se deberá aspirar a alcanzar un momento en que no haya que ignorar nada, para lo cual es necesario conseguir mejores datos mediante la perseverancia y el progreso tecnológico. Lo cual no serviría de nada si no se utiliza para revisar la ciencia existente en el momento. Es la continua revisión una de las características fundamentales del método científico, acaso la más práctica e importante por su capacidad de corregir los errores que introducen posibles malas prácticas o simples limitaciones en otros aspectos del método. Mi impresión es que actualmente hay déficit de revisión en la ciencia. Es una revisión rigurosa con la forma, formalización que no es mala por sí misma, pero que resulta encorsetada y, sobre todo, poco ambiciosa, y confío que eso cambie con el tiempo, y cuanto antes mejor. Por lo que me permito recordaros que en el párrafo anterior hemos visto que no hay moléculas estables de tan solo dos o tres átomos, y hay que revisar la definición del oxígeno como O_2 , la del hidrógeno como H_2 , o la del agua como H_2O . Es decir, es momento de hacer una revisión profunda de la estequiometría. Revisión que aunque profunda no debe resultar traumática porque con solo ligeros ajustes matemáticos resultará fácil y natural hablar del oxígeno como O_6 , del hidrógeno como H_6 , del agua como H_6O_3 , y comprobar que las nociones básicas que usamos en estas operaciones siguen siendo las mismas e igualmente deducibles de, y consecuentes con, las experiencias pasadas y presentes. No hay que tener miedo a la revisión. Modifica, más o menos, el modelo pero los experimentos siguen totalmente válidos si han sido bien hechos, y pueden revisarse las conclusiones sacadas en un momento dado en función de los supuestos de partida que se hayan utilizado, modificando éstos como lo recomiende la nueva información conseguida.

Quién, con todo motivo, argumente que no tenemos evidencia experimental de este mecanismo debe fijarse que eso es debido a la falta de medios para la observación de la naturaleza a esa escala de tamaño. Y luego puede fijarse en que exactamente el mismo mecanismo actúa a una escala mucho mayor pero con las mismas “reglas” en la agregación de la materia en forma de motas de polvo en gravedad cero. En los experimentos que se hacen para estudiar este fenómeno se registra lo que ocurre en breves intervalos en caída libre, que es

equivalente a gravedad cero. Tened ahora en cuenta que esos experimentos se hacen en presencia de atmósfera y como se comporta. Al observar movimientos de claro acercamiento entre las pequeñas partículas que se pueden ver se pasa a buscar desesperadamente fenómenos electrostáticos, o algo semejante, que justifiquen la fuerza atractiva que inmediatamente dais por necesaria. Pero la naturaleza es terca y se niega a mostrar evidencia alguna de ese comportamiento. Es porque se está adoptando una visión parcial del experimento. Al usar un registro visual del suceso se olvida fácilmente que también están ahí moléculas que no se ven pero que tienen su influencia. Ahora puede apreciarse la similitud, moléculas de rápido movimiento alrededor de pequeñas partículas visibles mucho más pesadas y lentas, a semejanza de electrones alrededor de las moléculas, y ver que observamos el mismo mecanismo físico a una escala dimensional algo mayor. Y no hay fenómenos electrostáticos entre partículas, o evidencia de algún otro tipo de fuerza atractiva, pero las pequeñas partículas se acercan porque las moléculas lo hacen muy probable, prácticamente obligado, para motas de polvo próximas por el mismo proceso estadístico de aparición de “zonas de sombra”, o “de baja densidad”, que hemos visto antes para átomos y electrones¹⁹.

Despedida.

Bien..., aunque todos tenemos claro que aún queda mucho por decir, tanto en los temas y casos que aquí se han presentado someramente y sin dedicarles toda la atención que merecen, como en circunstancias y efectos observables en la naturaleza que ni siquiera se han mencionado a pesar de que en algunos casos estén, al menos en parte, relacionados con el tema que hemos tratado (como nuestra importante participación en la radiación térmica, o el hecho de que somos un constante aporte de combustible para el Sol dado que no podemos sobrevivir a las temperaturas de su interior, por ejemplo), ha llegado el momento de cerrar este manifiesto (ya excesivo por su extensión) por el riesgo de perder su carácter de simple presentación y sin llegar a ser un estudio profundo del tema que, además de una mayor extensión, necesitaría de un planteamiento distinto desde el principio, con una actitud más justificativa de las afirmaciones, contraste con otros modelos, presentación de más evidencias y en más aspectos, cuantificación y tratamiento matemático de las mismas, etc. Espero que sí haya sido suficiente para que apreciéis una voluntad de pensamiento científico que, a pesar de que pueda parecer poco convencional, excite vuestra curiosidad y os mueva a dedicarle más tiempo (como se merece) a la observación y la reflexión sobre la física. Física que no se puede definir

¹⁹ También los electrones colaboran y se suman a este efecto pero con esas distancias tan grandes y con presencia de moléculas en la atmósfera nuestro movimiento es tan aleatorio incluso en distancias cortas que la contribución es inapreciable. Pero la cosa cambia en ausencia de atmósfera y son los electrones los responsables, como ejemplo, de la presencia de regolito en Fobos y Deimos, a pesar de su baja gravedad, por este mismo mecanismo. E influyen más que la gravedad para mantener unidas pequeñas partículas de polvo en el espacio, por lo que probablemente no sean la causa principal de la agregación de la materia (azar y estadística) pero si colaboran y la estabilizan.

como la descripción exacta de la naturaleza, dado que no observáis los fenómenos naturales de forma directa sino a través de las capacidades y limitaciones de vuestros sentidos y de vuestros medios materiales (configurados siempre en función de vuestros sentidos), sino como la deducción de un modelo de la naturaleza comprensible para vosotros que se ajuste lo mejor posible a vuestras observaciones. Una definición semejante pronostica claramente la evolución continua del modelo según aumenten las observaciones y mejoren los experimentos, incluso en áreas donde ya se hayan hecho experimentos, y os alerta sobre el riesgo de depositar una confianza excesiva en un determinado modelo y no revisarlo continuamente. Revisión que es parte fundamental del método científico. Revisión que por método es general, no sólo por los pares como es vuestro sistema principal, y tal vez el único aceptado. La revisión debe ser tanto por los pares (los expertos), como por los impares (desde otras escuelas menos aceptadas, desde otras ramas de la ciencia o la técnica más o menos relacionadas), como por los fraccionarios (alumnos en proceso formativo aún y sin estatus de experto, simples aficionados, o un sencillo electrón como yo).

Quiero agradecer a todos vuestra atención y prometeros que, penséis como penséis de mí, seguiré colaborando con la naturaleza y con vuestra tecnología con el mismo celo que hasta ahora. Y si he conseguido que algunos de vosotros veáis que tengo mucha influencia en aspectos en los que hasta ahora no me otorgabais ninguna me sentiré muy satisfecho (si pudiera sentirme halagado).

Dar también las gracias a Newton, que con su consideración de la luz como partículas, y su afirmación de que la gravedad es un efecto en cuya causa no entra a explicar, pero añadiendo que no puede transmitirse a través de la materia (lo que obliga a pensar en el propio espacio y en cómo podría hacerlo) lleva a un modelo como este. Una pena que en su tiempo no existiera el concepto de cuarta dimensión porque este modelo hubiera tenido, tal vez, tres siglos de antigüedad.

Y adiós... o tal vez hasta pronto porque acaso mi azaroso y zigzagueante, pero libre, destino me lleve cualquier día hasta ti y sea en parte tú.



Copyright 2015 J. J. Astorkia