El efecto Pioneer

Jesús Salvador Giner
jsginer@gmail.com

Las naves espaciales Pioneer 10 y 11, situadas ahora mucho más allá de la órbita de Plutón, no se comportan como debieran; sufren un ligero (aunque preocupante) trastorno en su trayectoria, el cual causa que estén situadas más cerca del Sol de lo que dictan las leyes de la gravitación. Cabe plantearse, pues, de dónde procede la anomalía de las Pioneer. ¿Tiene algo que ver con la materia oscura, el cinturón de Kuiper, con alguna fuerza exótica y totalmente desconocida, o es más bien, simplemente, el resultado de fugas de gas en el cuerpo de las naves?. ¿Tendremos que revisar (o cambiar) los fundamentos de nuestro concepto de gravitación?

El 3 de marzo de 1972 y el 6 de abril de 1973 se lanzaron dos sondas gemelas[1] desde Cabo Cañaveral, en Florida (EE.UU.), destinadas al estudio del medio interplanetario, el Sol y el sistema de Júpiter. Denominadas Pioneer 10 y 11, ambas sondas fueron, en efecto y como su nombre indica, verdaderas pioneras: la primera de ellas traspasó, por vez primera, el cinturón de asteroides hacia el sistema solar exterior, y fue también la primera en obtener fotografías y datos de cerca de Júpiter, su magnetosfera y sus lunas. Por su parte, la Pioneer 11 fue la precursora del estudio de Saturno, planeta al que llegó, atravesando el plano de sus majestuosos anillos, en septiembre de 1979.

Una vez las Pioneer (figura 1) cumplieron sus objetivos en la misión principal, se dedicaron al análisis del medio interplanetario; la Pioneer 10, a partir de 1983 (cuando atravesó la órbita de Plutón, el *planeta* más lejano del sistema solar[2]) y hasta 1997, y su homóloga, desde 1980 hasta 1995. En esos años de la década de los noventa, ambas llegaron al fin de su vida operativa útil. Fue entonces cuando los responsables de la misión decidieron no recabar más información, ya que las sondas estaban tan lejos que su señal era debilísima; sin embargo, periódicamente sí hubo contactos con la Pioneer 10, como entrenamiento para el equipo técnico

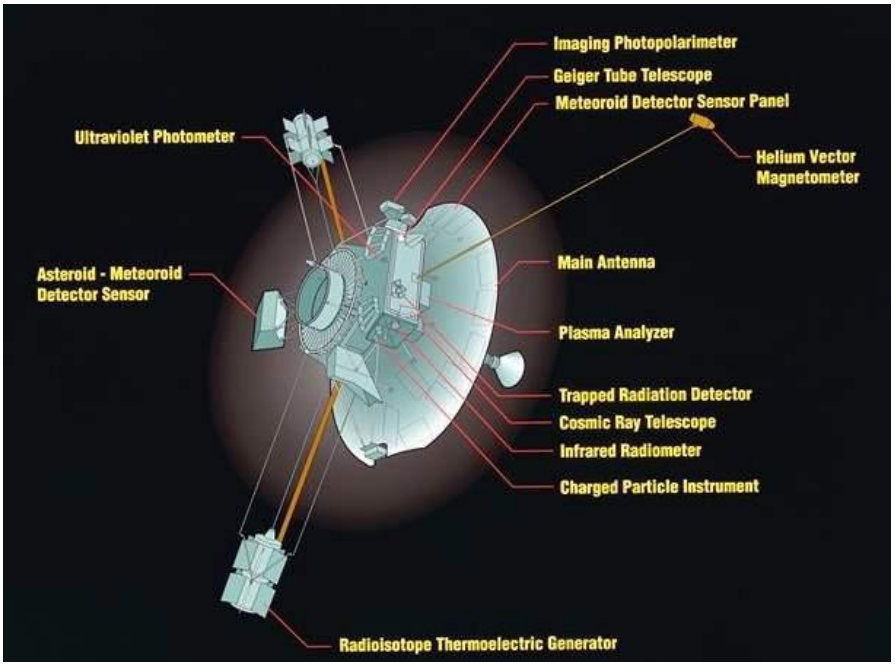

Figura 1: esquema de la sonda Pioneer 10, con sus instrumentos principales de observación y obtención de datos. Lanzada, tanto ella como su gemela Pioneer 11, a principios de la década de los setenta del siglo pasado, hoy prosiguen su viaje por el espacio interplanetario hacia estrellas lejanas. (NASA)

que, posteriormente, controlaría la misión *Lunar Prospector*. El último de estos contactos tuvo lugar el 22 de enero de 2003, más de tres décadas después del lanzamiento de la sonda. Esta la Pioneer 10, se dirige en la actualidad hacia una estrella de la constelación de Águila, punto que alcanzará dentro de cuatro millones de años; a su vez, la Pioneer 11 tendrá un encuentro más próximo en el tiempo: se acercará a la estrella enana roja Ross 248, en un plazo de unos 300.000 años.

En su construcción, la NASA apostó desde el principio por incorporar a las naves un sistema de comunicaciones de dos vías sensibles a los desplazamientos Doppler; de esta manera, analizando los desplazamientos de frecuencia, es posible calcular su velocidad en relación a las estaciones de control radicadas en nuestro planeta. Esto es fundamental en una misión del calibre de las Pioneer, ya que permite ajustar cuando sea necesario los impulsores de las sondas para fijar con mayor precisión sus trayectorias hacia los objetivos previstos.

En la medida en que las naves poseen combustible, los controladores pueden efectuar tales modificaciones sin problemas, pero en cuanto aquel escasea o se agota, la nave queda a merced de la inercia o del tirón gravitatorio conseguido tras pasar cerca de algún gigante gaseoso (Júpiter en el caso del Pioneer 10, y Júpiter y Saturno para su homóloga Pioneer 11). A partir del análisis de la trayectoria durante el vuelo inercial, se advirtió una pequeña, pero perceptible, desaceleración de las sondas allende la órbita de Urano. Realmente, ya casi desde el lanzamiento de la Pioneer 10, en 1972, John Anderson, del JPL en Pasadena (California, EE.UU.), el investigador principal en mecánica celeste de las sondas gemelas, pudo observar ligeras desviaciones en sus trayectorias, pero la evidencia aún era confusa por la perturbación debida al intenso viento solar. Sólo unos años después, en 1975, Anderson y su equipo estaban seguros de la existencia de esa 'fuerza desconocida' que modificaba la posición de las Pioneer; no obstante, informar acerca de esta fuerza sin aportar en absoluto ningún dato o explicación sobre su naturaleza o características, sino meras especulaciones basadas en observaciones aún poco concluyentes, era cualquier cosa menos seguir el riguroso (se supone) método científico. Además, su propuesta iba totalmente en contra del *establishment*, de modo que el equipo de Anderson se preocupó más de detectar los posibles errores de su razonamiento y buscar alternativas que en divulgar el descubrimiento. Si lo hubiesen hecho entonces, quién sabe, tal vez ya sabríamos el origen del enigma de las Pioneer.

Pero el caso es que Anderson y su grupo, con una inagotable paciencia, dejaron transcurrir un cuarto de siglo, analizando cualquier error en el proceso de medida (no es fácil detectar esas alteraciones en naves situadas a centenares, o miles de millones de kilómetros, y cabía la posibilidad de que, simplemente, algún despiste o distracción en la toma de datos fuera su causa), hasta que en 1998, viendo cómo las informaciones acumuladas durante 25 años se encaminaban todas ellas hacia la misma dirección, decidieron publicar un artículo en donde resumían sus conclusiones.

El artículo comentaba que debía existir, al parecer, una fuerza nueva en el Sol, la cual era la responsable del tirón gravitatorio que estaban sufriendo las Pioneer (así como otras sondas en las cuales pudo detectarse tal fenómeno, como la *Ulysses* o la *Galileo*). A partir de unas 20 *Unidades Astronómicas* del Sol (es decir, veinte veces la distancia Tierra-Sol, que equivale a 150 millones de kilómetros), Anderson y su equipo detectaron un corrimiento al azul en las transmisiones de las Pioneer. Es decir, las señales de radio que se emitían desde la Tierra para controlar el viaje de las Pioneer volvían a nuestro mundo, tras alcanzar a las sondas, con una frecuencia diferente y más alta de lo esperado.

Como comenta en su artículo Antonio Fernández-Radaña (ver enlaces), "*es algo así como si enviásemos rayos de luz roja a un espejo lejano y vemos que vuelven con un color que poco a poco se va corriendo progresivamente hacia el azul. La interpretación más inmediata y estándar es que se trata de un caso del llamado efecto Doppler, debido al movimiento* [de las naves Pioneer] *que se alejarían del Sol más despacio de lo debido*". Por supuesto, si se alejan "más despacio *de lo debido*" es porque existe *algo* que varía la velocidad de las sondas, reduciéndola. Aunque el *efecto*

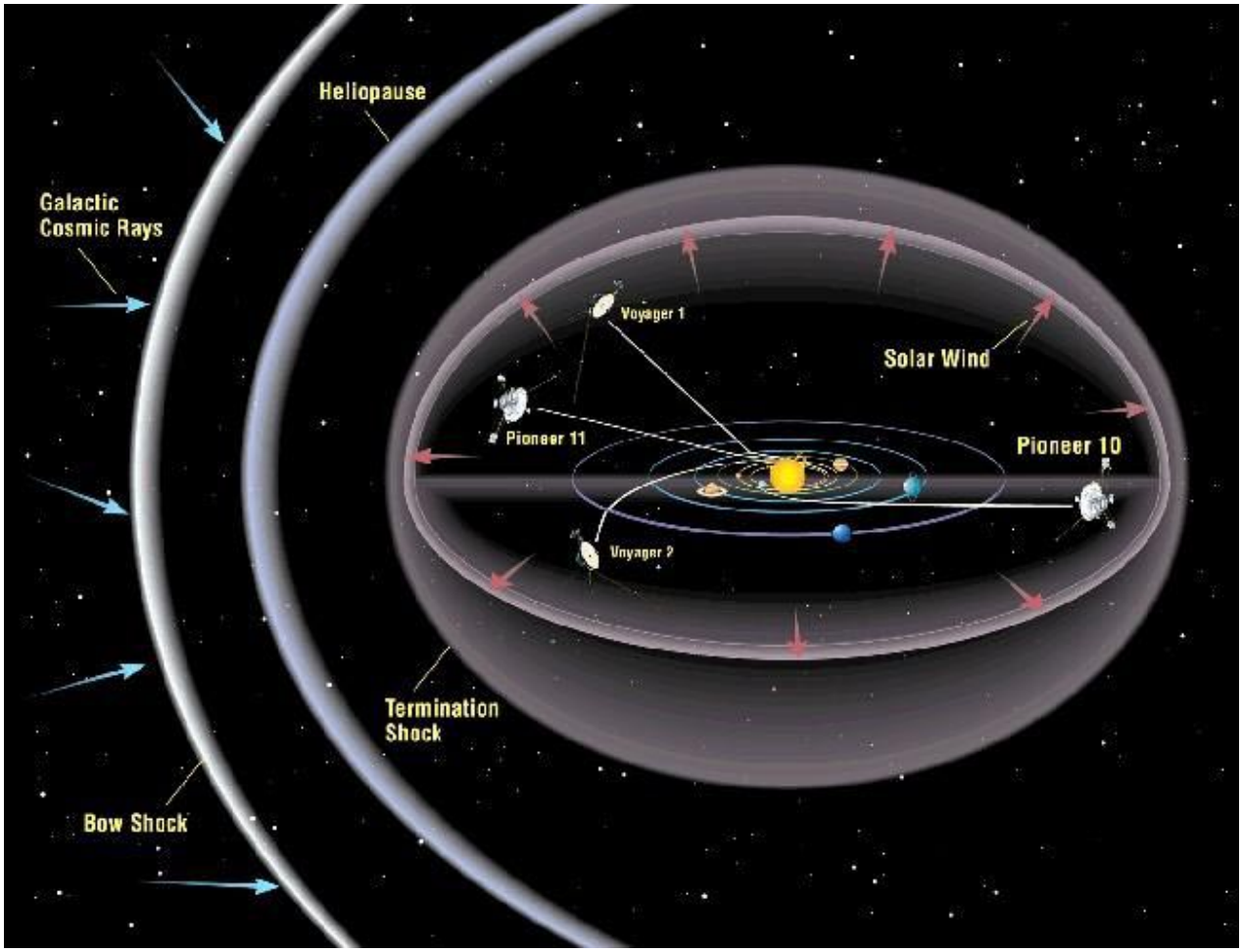

Figura 2: la trayectoria seguida por las sondas Pioneer 10 y 11 y las Voyager 1 y 2 en su recorrido por el sistema solar exterior. Todas excepto la primera se dirigen hacia el frente de choque de la heliosfera. La Pioneer 10, en cambio, se encamina hacia la cola magnética del Sol. El origen de las perturbaciones sufridas por estas sondas debe poder explicarse sin tener en cuenta su posición. (NASA)

Pioneer, como ha pasado a denominarse este fenómeno, es pequeñísimo, cuando las sondas alcanzan grandes distancias se evidencia el error entre la posición prevista y la real: por ejemplo, los últimos datos recogidos de ambas Pioneer revelaban que se encontraban casi 400.000 kilómetros más cerca del Sol de lo impuesto por la mecánica celeste. Ésa no es, en absoluto, una distancia pequeña: es mayor que la que separa la Tierra y la Luna.

Anderson y su equipo propusieron que haría falta una nueva física para explicar el origen del efecto Pioneer. Pero, ¿cómo podrían combinarse nuestros conocimientos de los movimientos de los planetas, que tan bien conocemos y de cuya precisión se jacta la Astronomía, con una fuerza extraña y de naturaleza aún por determinar? La pregunta, hoy en día, sigue siendo la misma: ¿qué causa el cambio de frecuencia espectral?, o en otras palabras, ¿por qué hay más gravedad de la esperada tan lejos del Sol? El propio grupo de investigación de Anderson fue aún más lejos e interpretaron el efecto Pioneer como una inhomogeneidad del tiempo cósmico, como una especie de aceleración de los relojes causada por una fuerza extraña. Sin embargo, esto es quizá querer rizar demasiado el rizo y complicar un fenómeno ya de por sí bastante complejo.

Ofreceremos a continuación algunas de las explicaciones más *prosaicas* que se han planteado para explicar el efecto Pioneer. Prosaicas no en el sentido de simples, sino en el de ser soluciones encauzadas dentro del marco físico convencional. Como veremos, muchas otras salen directamente de él.

La primera de ellas implica la existencia de la llamada materia oscura. Analizando la distribución de nubes de gas en la periferia de la Vía Láctea, por ejemplo, se ha calculado que en el caso de que tan sólo estuviera presente la fuerza de gravedad (debida a la existencia de estrellas, planetas, el mismo gas o cualquier cuerpo con

masa), entonces ese gas periférico debería moverse más despacio. Sin embargo, lo hace a la misma velocidad que el gas presente en regiones próximas al centro de la galaxia. La única explicación racional y coherente, al menos de momento, para entender el comportamiento del gas exterior es suponer la existencia de un halo invisible y masivo en torno a la Vía Láctea que imprime esa alta velocidad[3]. Igualmente, los cúmulos de galaxias tienden a dispersarse debido a los movimientos, aleatorios, de las galaxias que los constituyen, pero gracias a la gravedad ello no sucede; ahora bien, según Fritz Zwicky, las velocidades de las galaxias son demasiado elevadas para que, de contar sólo con la fuerza gravitatoria debida a la masa visible, puedan mantenerse estables dentro de los cúmulos: en otras palabras, debe haber algún tipo de materia, invisible y exótica, además de la que podemos detectar, que genera la gravedad suficiente de modo que dota de estabilidad a los cúmulos e impide su disgregación.

En el tema que nos ocupa, se ha propuesto que esta materia oscura (actuando, por supuesto, a una escala mucho menor) sería la responsable de las perturbaciones sufridas por las naves Pioneer en su viaje por el sistema solar exterior. Un halo de materia oscura relativamente cercano podría influir en las trayectorias de las Pioneer de la forma observada; ello es consistente también con el hecho de que la Pioneer 10 y 11 se dirigen hacia los límites del sistema solar en direcciones opuestas (figura 2). Pero, ¿es necesario invocar a una masa invisible (y aún no descubierta...) para describir una anomalía? Tal vez estemos, de nuevo, complicando la elucidación de la cuestión. Como señala el premio Nobel Martinus Veltman: "Intentamos explicar algo que no entendemos mediante algo que no vemos". Además, tampoco está muy claro si la materia oscura puede, en efecto, *actuar* a una escala tan pequeña como la del sistema Solar.

Una segunda opción no guarda relación con ninguna hipótesis física extravagante ni con elementos astronómicos ignotos, sino que se pregunta si el efecto Pioneer no será consecuencia de las propias Pioneer. Es decir, ¿cabe la posibilidad de que tal efecto sea debido a alguna anomalía o defecto en el fuselaje de las naves que causa la desaceleración? Esta posibilidad no debe tomarse a broma; sólo con que un pequeño fragmento de asteroide (no mayor de unos pocos milímetros de diámetro) haya impactado con el cuerpo de la nave, puede haber abierto un orificio por el que se produzcan escapes de gas. Esto podría, en efecto, desacelerar las naves Pioneer. Y tengamos en cuenta el viaje, de miles de millones de kilómetros de recorrido, que ambas han realizado; era más que probable que, en el transcurso del mismo, alguna pequeña partícula interplanetaria hubiese hecho diana con las Pioneer. Sin embargo, esta posibilidad tiene varios 'peros'; por ejemplo, precisamente en un viaje tan largo, es más probable recibir varios impactos que uno tan sólo: las perturbaciones sufridas por las Pioneer son estables y no varían con la distancia, lo cual indica que nada ha modificado el efecto Pioneer en ellas. Además, otras sondas (ya hemos citado a la Ulysses y la Galileo) han dado muestras también de estar sufriendo un efecto similar, y de parecida intensidad. Resulta muy difícil de aceptar que todas las naves espaciales hayan sufrido el mismo número de impactos y que hayan causado los mismos comportamientos (o similares) en sondas construidas con varias décadas de intervalo. Otras hipótesis en la misma línea plantean que se deba a fuerzas electromagnéticas causadas por el equipamiento de las Pioneer; alguna propuesta sugiere, sorprendentemente, que todo el efecto Pioneer es consecuencia de errores en la posición de las sondas y que, en realidad, los científicos se devanan los sesos en algo completamente inexistente.

Aún podemos considerar otra posibilidad, reciente y esperanzadora, esgrimida para explicar el efecto Pioneer. Si hay algún cuerpo, o grupo de cuerpos, situados a una cierta distancia de la posición de las sondas, es lógico suponer que su gravedad influye en las mismas, lo que podría ser responsable del tirón gravitatorio que experimentan las Pioneer; si es así, entonces hemos de buscar cuerpos situados allí que nos sean conocidos. ¿Y cuáles son los cuerpos ubicados en los límites exteriores del sistema solar y de cuya existencia tenemos constancia? Por supuesto, se trata de los objetos del *Cinturón de Kuiper*.

Este Cinturón, propuesto por

Gerard P. Kuiper en 1951, consiste en un disco de cometas "inactivos", situados en el plano del sistema solar y allende la órbita de Neptuno, entre unas 30 y 100 Unidades Astronómicas del Sol. Los primeros objetos pertenecientes al Cinturón fueron observados en 1992, y desde entonces se han ido acumulando muchos otros. Las Pioneer, en estos momentos, están a unas 70 Unidades Astronómicas del Sol, es decir, plenamente inmersas en él. La pregunta obvia es: ¿está el Cinturón de Kuiper causando las anomalías en la trayectoria de las Pioneer?

En un artículo aparecido en la revista *International Journal of Modern Physics* el 15 de marzo de 2005, José A. Diego y sus colaboradores del Instituto de Astronomía de la Universidad Autónoma de México, sostienen que, en efecto, el responsable del efecto Pioneer es el Cinturón de Kuiper, afirmando además que hay errores importantes en los cálculos relativos a la distancia al Sol y la masa de dicho Cinturón. En primer lugar, Diego y su equipo reducen considerablemente la distancia que lo separa de nuestra estrella: si antes lo aceptado eran, como hemos dicho, unas 30 Unidades Astronómicas, el nuevo estudio sugiere, por el contrario, que su límite inferior estaría situado a tan sólo 20 Unidades Astronómicas, o sea, sumergido y confundido aún con las órbitas de los planetas gigantes[4], y con un grosor de 1 Unidad Astronómica. En segundo lugar, el equipo de Diego duplica la masa total del Cinturón, que llega a ser el doble de la del planeta Tierra, y que corresponde a casi diez veces más de la supuesta en un primer momento. Este aumento de masa está justificado, según Diego y colaboradores, porque en principio las estimaciones realizadas consideraban que las partículas integrantes del Cinturón eran de pequeño tamaño; si se incluyen pedazos de hielo de mayores tamaños y se tienen en cuenta también los gases que forman a aquellos, entonces es posible que en efecto la masa del Cinturón de Kuiper sea bastante mayor que lo figurado hasta hoy.

El mayor logro de la propuesta de Diego y su equipo de la Universidad Autónoma de México es que realiza una predicción: debido al nuevo tamaño y masa del Cinturón de Kuiper, éste afectará de manera observable a la órbita de Neptuno. En concreto, su influencia gravitatoria hará que Neptuno vaya acercándose al Sol, en una especie de lentísima caída libre, en aproximadamente 1,62 kilómetros con cada órbita alrededor del Sol (que equivale a 164,8 años en la Tierra). Cierto que es una variación bastante insignificante, pero será posible medirla y, así, determinar si la propuesta de Diego y colaboradores es la correcta para explicar por fin la anomalía de las Pioneer.

Ahora bien, si la influencia gravitatoria del Cinturón de Kuiper, que recordemos estaría emplazado en las afueras del sistema solar, es el responsable del retraso de la posición de las naves espaciales, ¿cómo es que John Anderson y su equipo del JPL ya advirtieron ciertas rarezas en la trayectoria de las Pioneer desde tiempo tan lejanos como 1975? Si el único elemento influyente fuera el Cinturón de Kuiper, entonces sus efectos serían mayores a medida que las sondas se acercaban a él; sin embargo, como hemos comentado, el efecto Pioneer no depende de la distancia, por lo que ¿cómo explicar variaciones imprevistas en la posición de las naves cuando estaban situadas aún a varios miles de millones de kilómetros del Cinturón? Si fuera él el responsable de las anomalías Pioneer, su masa debería ser mucho mayor que el doble de la del planeta Tierra para ejercer una influencia tan notable desde tan lejos... .

En 1999, hubo científicos del Colegio Queen Mary y Westfield (Reino Unido) que anunciaron el descubrimiento de un cuerpo en el Cinturón de Kuiper como el principal causante de las anomalías en la trayectoria de las Pioneer. Con el tiempo, la hipótesis parece un tanto ingenua: ¿cómo puede *un solo* objeto, de cómo mucho unos pocos centenares de kilómetros de diámetro y compuesto fundamentalmente por hielo, ser el responsable de ello? ¿Cómo explicar que la Pioneer 11 sufre un efecto parecido y está en la región diametralmente opuesta a la del Pioneer 10, donde la influencia gravitatoria de supuesto nuevo objeto es mucho menor? ¿Cómo, según ya hemos comentado, es posible que a miles de millones de kilómetros de distancia este nuevo objeto cause las desviaciones de las Pioneer y, además, su gravedad sea tal que no modifique más sus trayectorias a

Figura 3: imagen artística de la sonda Pioneer 10 en dirección al corazón de la Vía Láctea. Portadora de un importante enigma científico, el comportamiento de esta sonda lanzada en 1972 quizá guarda un secreto acerca de la gravedad y de nuestra compresión de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. (NASA)

medida que las sondas se le acercan? Este es un ejemplo de que, a veces, con las prisas y urgencias por dar efecto a un descubrimiento reciente, uno puede meter la pata hasta el fondo...

Cuando las hipótesis convencionales parecen no dar cuenta suficientemente de un fenómeno, cuando generan más dudas que resuelven, entonces es tiempo de acoger otras más excéntricas y sorprendentes. Si las primeras hubiesen dado resultado, nadie tomaría en cuenta las segundas, no porque los científicos sean cabezotas y renieguen de visiones particulares o iconoclastas, sino porque casi siempre en ciencia lo que cuenta es el marco en el que se trabaja. Si el marco físico convencional es útil, ¿por qué cambiarlo? Sin embargo, el tema de la anomalía Pioneer ha reabierto el debate: ¿puede nuestra visión convencional de la gravitación explicar el efecto Pioneer? O ¿debemos cuestionarnos los fundamentos de nuestra comprensión de las leyes de la gravedad concebidas por Einstein?

El ya citado premio Nobel Martinus Veltman ya se cuestiona la validez a escala cosmológica de las ecuaciones de Einstein, producto de los grandes problemas que los datos están originando. Tan sólo la cuestión de la materia oscura ya supone un rompecabezas para los físicos, que tratan de imaginar formas de materia exóticas para dar cuenta de los comportamientos de la propia materia convencional.

El 18 y 19 de mayo de 2004 tuvo lugar en Bremen (Alemania) una conferencia internacional en la que unos treinta expertos analizaron la cuestión abierta por el efecto Pioneer. Se debatieron puntos de vista diametralmente opuestos y hubo un interesante intercambio de información entre los diversos especialistas. En la conferencia hubo gran cantidad de propuestas, algunas verdaderamente imaginativas[5], y entre ellas estaban las de dos científicos españoles, J. L. Rosales y Antonio F. Rañada: el primero sugería que el causante era una fase de Berry cosmológica, mientras que el segundo proponía como responsable una aceleración de la velocidad de la luz. De la conferencia pudieron sacarse algunas cosas en claro, pero una fundamental: el efecto gravitatorio que sufren las Pioneer (figura 3) sigue sin explicación. Las posibles hipótesis no son, en ningún caso, definitivas, porque todas ellas adolecen de carencias de algún tipo, de modo que, más de treinta años después del lanzamiento de las Pioneer, aun nos situamos en tierra de nadie. Realmente, ¿podemos saber qué les está sucediendo?

Para reducir, en la medida de lo posible, nuestra incertidumbre acerca de este tema, la Agencia Espacial Europea (ESA) medita la puesta en marcha de una misión con el objetivo casi exclusivo de medir con precisión su trayectoria con nuevas tecnologías de navegación y, así, intentar aclarar el inquietante y sorprendente acertijo de las sondas Pioneer; retando a los científicos a descubrir qué misterio se oculta tras su extraño comportamiento, estas dos naves, cuya finalidad era, como vimos, estudiar aspectos del medio interplanetario y de los planetas gigantes, pueden tener en su seno la llave para una nueva visión de la gravitación que, quizá, sustituya al

conocimiento actual que ella disponen los seres humanos.

- Enlaces:

- www.ucm.es/info/electron/publicaciones/ranada/anomalia.htm
- http://www.infoastro.com/199910/10kuiper.html
- http://ciencia.astroseti.org/glenn/articulo.php?num=3235
- http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=1110
- http://axxon.com.ar/rev/157/c-157divulgacion.htm
- www.ucm.es/info/rsef/revistaibfisica/encrucijadas.pdf
- http://www.astroenlazador.com/especiales/Pionner/mas.htm
- http://history.nasa.gov/SP-349/sp349.htm (Libro de la NASA acerca de la historia de las naves Pioneer)

(Notas finales)

[1] Fueron dos sondas por motivos de seguridad; resulta, en proporción, mucho más económico construir un par de gemelas que una sola. En caso de que alguna de ellas fallara, siempre se puede contar con la otra. Por el contrario, si sólo se cuenta con una única nave, se corre el riesgo de que un fallo suyo eche a perder años de trabajo y muchos millones de dólares (algo que sucedió con la *Mars Observer*, en 1993).

[2] Es decir, lo que por entonces era el planeta más lejano... . Tras la votación de agosto de 2006, la UAI ha decidido, como es sabido, otorgar a Plutón la categoría de *planeta enano*. El título de planeta, sin más, sólo corresponde en la actualidad a Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Por lo tanto, el sistema solar está formado por ocho *planetas*, más una pequeña cohorte de *planetas enanos*, cuyo componente principal es, pues, Plutón, y un número mucho mayor de cuerpos *transneptunianos*, mundos situados en las afueras de nuestro sistema planetario. Si hoy nos preguntan cuál es el planeta más lejano del sistema solar deberemos olvidar la costumbre y mencionar, no a Plutón, sino a Neptuno.

[3] En el sistema solar, por el contrario, los mundos exteriores giran en torno al Sol más despacio que los situados en sus cercanías, ya que sus movimientos tan sólo están regidos (fundamentalmente) por la fuerza gravitatoria. Si observáramos que Neptuno recorre su órbita a la misma velocidad de Mercurio, deberíamos concluir que "allá fuera" hay algo (materia oscura) que provoca un aumento de la fuerza gravitatoria.

[4] De hecho, según ello el Cinturón de Kuiper tendría sus primeros miembros muy cercanos a la órbita de Urano, que se sitúa a 19,6 Unidades Astronómicas del Sol, y bastante antes de la de Neptuno (29,9 U.A').

[5] Algunas de ellas son las siguientes (reproduzco directamente desde el artículo "¿Esta el cinturón de Kuiper frenando a las Pioneer?", aparecido en Astroseti.org (ver enlaces): " [Una de las posibles explicaciones], e*xtrañamente, se refiere a la "energía oscura", la fuerza opuesta a la gravedad en el universo. Una segunda se encuentra en el dominio de la "teoría de las cuerdas", dos "branes" locales (el equivalente a "placas tectónicas" n-dimensionales locales) que podrían intersectar justo en nuestro sistema (?). Otra teoría se relaciona con el "tirón contra-gravitatorio" (del lado opuesto del sistema solar con relación a cada sonda). También existe la posibilidad de que las gemelas estén siendo afectadas por "momentos cuatripolares solares*" (?). Como puede verse, es todo un bestiario de posibilidades singulares, sugerentes y atrevidas, algunas tan complejas que un aficionado medio no acaba de comprenderlas cabalmente... .