

DOMINAR A LA GRAVITACIÓN

Voy a iniciar este artículo con algunas ideas sobre la importancia del espacio curvo en la gravitación, usando una idea de John Archibald Wheeler, misma que él empleaba en sus pláticas de divulgación.

Imagínense un globo redondo al cual le pintan un ecuador. En ese ecuador ponen a dos hormiguitas. Cada una con una brújula, y al globo le ponen una aguja magnética. Obviamente, las brújulas de las hormiguitas van a apuntar hacia el “norte” magnético. Entonces a las hormiguitas se les da la instrucción de que partan del ecuador hacia el norte con velocidad constante. Si nosotros viajáramos sobre la tierra, lo haríamos siguiendo un hemisferio. Al igual que nosotros, las hormiguitas que son muy chiquitas y van simplemente a velocidad constante, ven las cosas planas.

Sin embargo, las hormiguitas empiezan a caminar y una de ellas, que es más curiosa y más lista, agarra un telescopio y observa que la otra se está acercando a ella. La hormiguita calcula y dice: “¡caray! entre más me muevo la otra se está acercando a mí, me debe estar haciendo trampa porque nos dijeron que fuéramos derecho al norte con velocidad constante”. Pero esto, aunque no lo sabe la hormiguita, no es cierto, porque ambas están siguiendo el norte de la brújula.

La hormiguita calcula como cambia la distancia, con respecto a la otra hormiguita y como varía en el tiempo. La distancia se va haciendo más chiquita conforme va pasando el tiempo. Por lo tanto hay una velocidad relativa, hay un cambio de la distancia relativa, entre los dos, con respecto al tiempo. Después divide esa velocidad relativa entre los intervalos de tiempo que fueron pasando, y como se sabe, el resultado es una aceleración.

Las dos hormiguitas caminan hacia el norte y una viendo a la otra con un catalejo observa que la otra tiene una aceleración relativa a ella. Si tiene una aceleración relativa a ella, entonces “existe una fuerza entre ambas”. La aceleración relativa implica de alguna manera una fuerza, ¿a qué se debe esa fuerza? Si la masa de las hormiguitas es muy chiquita y el globo donde van es de una superficie delgadita, ¿de dónde proviene esa fuerza?

Pues la única razón es que se van moviendo sobre hemisferios, no van realmente sobre líneas rectas. Si fueran sobre líneas rectas no habría aceleración entre ellas, ni cambio en la distancia y en la velocidad relativa. Pero se están moviendo sobre hemisferios. Entonces ahora podemos concluir que lo que produce este comportamiento es que el espacio sea curvo. En cuanto exista espacio curvo ya tengo fuerzas.

Por lo tanto, me olvido del concepto de fuerza. Las trayectorias naturales, las más simples, las más sencillas, son los hemisferios. El movimiento a lo largo de estos hemisferios produce una fuerza gravitatoria relativa, un campo gravitatorio.

Con esta interpretación, puedo olvidarme del concepto tradicional de fuerzas y me quedo con la geometría. Las trayectorias en una geometría curva producen el mismo tipo de efecto relativo que si hubiera fuerzas. Esta es una de las ideas fundamentales de la teoría de la gravitación en la que creemos hoy.

Veamos ahora, qué tipo de fenómenos físicos son de interés en conexión con la gravitación. Por una parte está lo muy grande, objetos astronómicos, la astrofísica, el cosmos. Por otra parte, están las partículas muy pequeñas, elementales, que son los constituyentes fundamentales de la naturaleza.

Lo que estoy tratando de decir es que hay dos grandes lados que interesan a partir de la gravitación, el mundo de lo muy pequeño y de lo muy grande, el Universo mismo.

Ahora veamos como la gravitación explico tres famosos efectos cruciales. Estos efectos son: los rayos de luz se desvían cerca de una estrella; cuando los fotones caen de una cierta altura a la tierra sufren un corrimiento al rojo, esto se debe a que cambian su energía y la energía del fotón es proporcional a su frecuencia, que varía según la altura. El corrimiento del perihelio Mercurio está calculado por la teoría de la gravitación; y éste hace una roseta alrededor del sol, es decir, la elipse no regresa otra vez a su mismo punto sino que va precediendo. Estos son los tres efectos más conocidos que predice la teoría de la gravitación.

En el mundo de lo grande, astronómico, tenemos los agujeros negros y las estrellas de neutrones. Hay muy fuerte evidencia de la existencia de los agujeros negros. Las estrellas de neutrones se han detectado en el Universo. Nada más imagínense un objeto donde un lápiz pesaría lo que un buen número de locomotoras... algo así como un uno, seguido de dieciséis ceros y esos son los gramos por centímetro cúbico de materia, es la densidad de estas estrellas. Entonces todos estos objetos y el cosmos mismo, el Universo mismo en su expansión, son objetos de estudio de la gravitación¹.

¹Por cierto ya existen grupos aquí en México que trabajan en astrofísica relativista. Yo empecé como investigador en el Instituto de Astronomía de la UNAM. Desde aquella época se inició un grupo de astrofísica relativista, ahora también los hay en otros lugares de la UNAM y de México. El promotor de esto fue el doctor Arcadio Poveda, él vio la importancia de hacer este tipo de trabajos. En aquella época se estaban estudiando a las estrellas de neutrones, los cuasares, y la posibilidad de descubrir agujeros negros.

La naturaleza sólo tiene cuatro interacciones: la gravitatoria que todos sentimos en la Tierra; la electromagnética, un ejemplo de esta es el electroimán; la interacción débil tiene que ver con que las partículas decaigan, las partículas se mueren y se convierten en otras partículas; y la interacción fuerte que mantiene al núcleo unido, es más fuerte que la electromagnética. Los núcleos están formados de protones y neutrones y estos a su vez de quarks, y además, los gluones que hacen que se unan los quarks. Se quiere entender la relación de la gravitación con las otras interacciones lo que tiene que ver en el fondo con entender la teoría cuántica de la gravitación.

Lo que hace que tengamos dominado al electromagnetismo es que hay cargas positivas y negativas. Por ejemplo, si alguien se mete dentro de una cajita de metal y coloca afuera de ella todas las cargas grandes que quiera, dentro de la cajita no se va a sentir nada. Lo que sucede es que el campo eléctrico que es el que transmite la información de las partículas cargadas no penetra la caja de metal, se resbala. También cuando se tienen electrones dando vuelta alrededor del núcleo, el electrón, digamos, número cincuenta y ocho siente ya una combinación de la carga del núcleo y los otros electrones interiores. Entonces se puede ir compensando el efecto de las cargas negativas y positivas, a esto se llama apantallamiento. En el caso de la gravitación no tenemos masas negativas nada más positivas o de un solo signo. No sabemos como podamos dominarla.

En gravitación no hay entonces apantallamiento. Si tenemos a la tierra y le metemos canicas, pues la masa de la tierra va a aumentar, y nosotros lo vamos a sentir, el satélite que está afuera también lo va a sentir. Así, no sabemos cómo compensar a la Gravitación, cómo contrarestarla y por lo tanto, no podemos controlarla y dominarla como lo sabemos hacer con la electricidad y el magnetismo. Tenemos quizá que entenderla todavía de manera más profunda.

Octavio Obregón
Instituto de Física de la
Universidad de Guanajuato