**DIFERENCIAS EN EL POSICIONAMIENTO DE CUERPOS Y OBJETOS CELESTES DEL SISTEMA SOLAR SEGÚN LA RELATIVIDAD GENERAL**

Luis Alejandro Ríos\*

\*Semillero SAROS/Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia

e-mail: luis.rios02@correo.usa.edu.co

RESUMEN:

**Objetivo General:**

Determinar los cambios en la posición que predice la teoría de la relatividad en los planetas y otros cuerpos celestes del sistema solar con respecto a la visualización desde la tierra

**Objetivos Específicos:**

* Verificar los cambios de la posición de los planetas del sistema solar según la ley de gravitación de Newton y la teoría de la relatividad general.
* Describir el comportamiento del campo gravitatorio relativista según su distancia del sol.
* Examinar los diferentes comportamientos que pueden tener los objetos astronómicos de menor tamaño y medir esta diferencia entre las dos posturas.

**Pregunta:**¿Cómo diferenciar la posición de un cuerpo u objeto celeste según los cambios de la teoría de la relatividad general a las leyes de Newton?

**Introducción:**

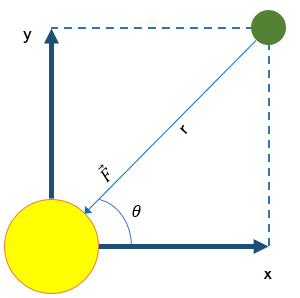
El 25 de noviembre de 1915 el científico alemán Albert Einstein presentaba a la Academia Prusiana de las ciencias un artículo llamado Las ecuaciones de campo de la gravitación (Die Feldgleichungen der Gravitation) en el cuál presentaba las diez ecuaciones que sustentarían la teoría de la relatividad general. Esta teoría fue desarrollada teóricamente y comprobada en la expedición liderada por Arthur S. Eddington durante el eclipse total de sol del 29 de mayo de 1919 con la trayectoria de Mercurio. Este suceso afamó mundialmente a Einstein no sólo por su exactitud sino también por poder explicar fenómenos que no se pueden describir con las leyes de Newton. Desde entonces se ha creado este campo de estudio y se ha tenido en cuenta estas correcciones respecto a la ley de gravitación de Newton. En este artículo vamos a determinar la diferencia en la posición de los cuerpos y objetos celestes pertenecientes únicamente al sistema solar con base en las dos posturas.

**Metodología:**

El efecto de la Relatividad General (GTR) en el sistema solar es principalmente la curvatura del espacio-tiempo, de esta manera el comportamiento de cualquier objeto másico o sin masa es alterado. Esta alteración en los cuerpos orbitales se define en el desplazamiento del perihelio, este artículo mostrará un contenido matemático que acreditará la ecuación de este desplazamiento, seguidamente la usaremos para resolver la magnitud de esta precesión de la órbita y compararla con la ley de Gravitación de Newton. Compararemos los diferentes planetas terminando con Mercurio, cuya precesión es la más llamativa. Seguidamente se realizará este mismo estudio para cuerpos que no orbitan el sol, pero están dentro del sistema planetario, se analizarán todos los resultados, se realizarán las simulaciones en MATLAB y se concluirá.

**Dinámica celeste:**

Las leyes de Kepler predecían el comportamiento de los cuerpos celestes, determinaban que los planetas no giraban en círculos sino en elipses con su foco en la estrella pero Newton con la ecuación de gravitación universal llegó más lejos, explicó las leyes de Kepler y predijo otros comportamientos dependiendo únicamente de la masa de los objetos, la distancia entre sí, una constante de gravitación universal y unas condiciones iniciales.

Supongamos el caso de un planeta que gira alrededor de una estrella fija.

**Fig 1.** Diagrama planeta (verde) estrella (amarillo)

La ley de gravitación de Newton afirma que:

La fuerza de atracción que experimenta un cuerpo hacia otro el proporcional al producto de las dos masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

La constante de gravitación G vale en todos los casos:

La masa uno () será la masa de la estrella y la masa dos () la del planeta.

La distancia entre los dos cuerpos es:

La segunda ley de Newton establece que la fuerza es el producto de la masa por la aceleración:

Este valor m es la masa del planeta.

La fuerza que experimenta el planeta en el eje x es:

Y en el eje y es:

Por lo tanto aplicando esto tenemos que:

Con este sistema de ecuaciones diferenciales de segundo orden se puede determinar la trayectoria de cualquier planeta con alta precisión. Como se puede ver la masa del planeta no es relevante para su desplazamiento.

**Factor de escala**

Si se realiza una simulación de la órbita del planeta tierra alrededor del sol y la simulación examina la posición cada segundo, entonces para simular un año terrestre se contaría con más de 30 millones de muestras, eso es un número bastante alto e innecesario para estos casos. De igual manera con la distancia, la distancia media del planeta tierra al sol es de 149.597’870.700 metros, así que se mantendrá un factor de escala, ahora la distancia será medida en unidades astronómicas (1 UA equivale a la distancia media entre el sol y la tierra, la gran cifra que acabamos de ver) y el tiempo ahora se contará en años, estos ajustes serían de la siguiente manera:

A partir de la primera ecuación del sistema tenemos que:

Hacemos un reemplazo de todas las “x” por Lx, todas las “y” por yL y todos los tiempos por tP:

El factor lo llamaremos factor de escala, donde sabemos que G es la constante de gravitación universal, P es el periodo de la órbita y L la distancia media al sol.

**Conclusiones**

Las leyes de Newton no están descartadas en la actualidad, todavía se siguen empleando para el lanzamiento de objetos fuera de la atmósfera pero en la observación astronómica se prefiere la precisión de ciertas posiciones, por ende es considerable usar la teoría de la relatividad general de Einstein corrigiendo por poco estos errores.

La precesión de los diferentes cuerpos del sistema solar influye en su trayectoria, pero el planeta Mercurio es más destacado en este artículo debido a su proximidad con la estrella, su órbita es más corta y su periodo también, lo cuál lo hace un fácil objetivo al medir esta diferencia.

Los objetos de menor tamaño en el sistema solar que no orbitan la estrella no están libres de los efectos de la relatividad general pero son muy poco perceptibles debido a que la mayor masa de este sistema planetario proviene del sol.

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler1/kepler1.htm>

<https://physicspages.com/pdf/Moore/Moore%20Problems%2011.01.pdf>