

Introducción a las ondas gravitacionales



Claudia Moreno¹, R. García-Salcedo², Arturo Lara¹, Jaime Ramírez¹

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, Corregidora No.500, Sector Reforma, CP.44420, Guadalajara, Jal., México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Legaria #694. Col. Irrigación, CP.11500, México, D. F.

E-mail: claudia.moreno@cucei.udg.mx; rigarcias@ipn.mx; jaelectronic@hotmail.com

(Recibido el 10 de julio de 2008; Aceptado el 26 de agosto de 2008)

Resumen

En este artículo explicamos de una manera sencilla el tema de ondas gravitacionales (OG); señalaremos la relación que manifiesta con las ondas clásicamente conocidas, como lo son las ondas mecánicas y electromagnéticas. El estudio de las OG es importante, ya que pueden proporcionar pruebas indirectas de la existencia de hoyos negros, dimensiones extras e incluso las condiciones iniciales en las primeras etapas de nuestro universo.

Palabras clave: Relatividad General, ondas gravitacionales, interferometría.

Abstract

In this article, we will speak in an easy way the Gravitational Waves (GW) topic; we will show the relation between the classical known waves, such as the mechanic and electromagnetic waves. The study of GW is very important, because it can give us indirect proofs about the existence of black holes, extra dimension and the initial conditions in the first stages in our universe.

Key words: General Relativity, gravitational waves, interferometer.

PACS: 01.55.+b, 01.30.-y, 95.10.-a, 98.80.-k

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Las ondas gravitacionales (OG) es una de las predicciones más importantes de la Teoría de la Relatividad General de Einstein [1]. A nivel mundial, se está realizando un gran esfuerzo para descubrir la radiación gravitacional, ya que su detección será la prueba contundente para verificar la teoría de Einstein. El estudio de las OG se realiza desde el punto de vista teórico, numérico y experimental [2]. En México, estamos comenzando a difundir estos temas, donde varios investigadores de diversas universidades en el país, están involucrados. Para empezar a describir las OG de una manera sencilla, revisaremos aspectos clásicos de las ondas con las que cotidianamente vivimos: ondas mecánicas y electromagnéticas. En cuanto a las ondas que aparecen en la mecánica cuántica no hablaremos, ya que no están al alcance de este artículo.

Las ondas electromagnéticas que utilizamos diariamente en sus diferentes expresiones [3] son un fenómeno de naturaleza lineal, y aparecen sin ninguna aproximación. Las ondas mecánicas, sin embargo, son lineales solo en la aproximación de pequeños desplazamientos. Un péndulo, por ejemplo, es solo un oscilador armónico ya que se toma la aproximación $\sin(\theta) \approx \theta$ cuando $\theta \ll 1$, [4]. En el caso de una masa unida a un resorte, solo se consideran intensidades pequeñas de la fuerza de restauración, con lo que

obtenemos una aproximación también lineal. Para interpretar el caso de la radiación gravitacional, la teoría se tiene que aproximar de la misma manera que el caso mecánico, esto es, la teoría que se utiliza para determinarlas es la teoría de la relatividad de Einstein, que en general es un sistema de 10 ecuaciones diferenciales parciales acopladas no-lineales, lo cual hace que hace muy difícil su comprensión e interpretación física [1]. De lo que sabemos acerca del fenómeno de ondas en otros campos, el camino más fácil para aproximarse a las oscilaciones en el campo gravitacional, es considerar el límite de un campo gravitacional débil, el cual resultará en una teoría de la gravedad linealizada. La linearización es, sin embargo, un concepto muy útil para poder entenderlas. Además, desde un punto de vista físico, esta aproximación es justificable, ya que en un lugar muy alejado de un objeto masivo, la curvatura de nuestro universo es muy pequeña. Precisamente, el límite del campo débil significa que consideramos al espacio-tiempo plano con una pequeña perturbación, tal que los términos de segundo y mayores órdenes en la perturbación son casi insignificantes.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección **II**, se deduce la ecuación de onda para las oscilaciones mecánicas, a partir del ejemplo de una cuerda que se encuentra oscilando. En la sección **III** se da una breve descripción de las ecuaciones de Maxwell, de las cuales, se deducirán las ecuaciones de onda para los