

Cálculo didáctico de la edad del Universo y la importancia de la constante cosmológica en un modelo FRW



Rafael Hernández Jiménez¹, Claudia Moreno², Daniel Sánchez Guzmán³ y Ricardo García Salcedo³

¹ División de Ciencias e Ingenierías del Campus León de la Universidad de Guanajuato, Loma del Bosque No. 103 Col. Lomas del Campestre C.P. 37150, León, Guanajuato, México.

² Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, Av. Revolución No. 1500, Sector Reforma, C.P. 44430, Guadalajara, Jal., México.

³ Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Unidad Legaría del Instituto Politécnico Nacional, Legaría #694. Col. Irrigación, C.P. 11500, México D.F.

E-mail: fabulosorafa@fisica.ugto.mx; claudia.moreno@cucei.udg.mx; dsanchezg@ipn.mx; rigarcias@ipn.mx

Resumen

Partiendo del modelo cosmológico de Friedmann-Robertson-Walker (FRW), se puede encontrar una solución explícita para el factor de escala $a(t)$ utilizando la ecuación de estado de un fluido barotrópico y la ecuación de Friedmann. La ecuación de estado describe varios tipos de materia (energía): materia no relativista, radiación y energía de vacío (constante cosmológica), donde para cada componente existe una expresión explícita para $a=a(t)$ que a su vez se relaciona con una densidad de energía $\rho=\rho(t)$. Se considera que cada etapa del Universo estuvo dominada por un tipo de materia distinto y las expresiones que describen la evolución temporal de cada una de ellas son independientes unas de otras. En este artículo se calcularán todos los casos para el tiempo transcurrido entre la famosa Gran Explosión y nuestra época actual, para ello se utilizarán los datos experimentales tomados del artículo [1].

Palabras clave: Modelo cosmológico FRW, Edad del Universo, Observaciones cosmológicas.

Abstract

Starting with the Friedmann-Robertson-Walker (FRW) cosmological model, we can find an explicit solution for the scale factor $a(t)$ using the baryotropic equation of state and the Friedmann equation. This barotropic equation describes several types of matter (energy): non-relativistic matter, radiation and vacuum energy (cosmological constant), therefore exists an explicit expression for $a=a(t)$ that at the same time relates to a density of energy $\rho=\rho(t)$ for each component. It is considered that each stage of the Universe was dominated by one type of material, and the expressions that describe the time evolution are independent each other. By using experimental data from [1] the calculations of the age of the Universe for each type of matter are carried out.

Keywords: Cosmological model FRW, Age of the Universe, Cosmological observations.

PACS: 01.55.+b, 04.20.Jb, 98.80.Jk, 98.80.Es

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La cosmología estudia el nacimiento y evolución del Universo. Antiguamente la cosmología estaba basada en las observaciones astronómicas realizadas a través de los instrumentos más modernos de la época. Recordemos por ejemplo, la utilización de observatorios sin telescopios utilizados por el astrónomo danés Tycho Brahe alrededor de 1573, quien realizó innumerables observaciones de las posiciones de estrellas y de los llamados “errantes” (planetas) que sirvieron posteriormente a Johannes Kepler para la formulación de las famosas leyes que gobiernan el movimiento planetario.

Actualmente, la cosmología está basada desde el punto de vista teórico en la Teoría de la Relatividad General (TRG) formulada por Albert Einstein (1915). La primera solución cosmológica a las ecuaciones de campo gravitacional de la TRG está basada en la idea de que el Universo es muy parecido en todas las direcciones en que se observe (isotropía), y que su composición es la misma en todos lados (homogéneo) a escalas mayores a 100 megaparsec¹. Los argumentos anteriores dieron origen a lo que se conoce como el principio cosmológico [2-3], y el modelo que resulta es conocido como la “Gran Explosión” o por su nombre en inglés “Big Bang” (BB) [4-5]; también

¹ El pársec o parsec (símbolo pc) es una unidad de longitud equivalente a 3.26 años luz (3.0857×10^{16} m).