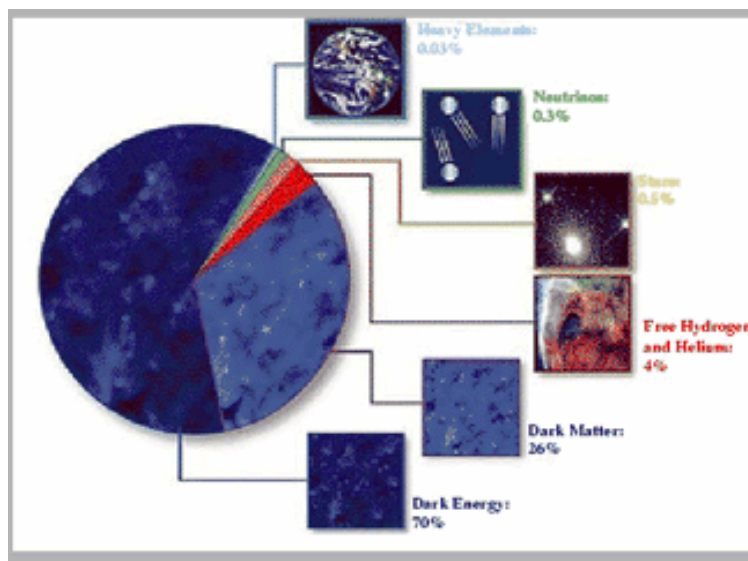


04/2006

Dos dimensiones más para explicar la energía oscura



Einstein introdujo a sus ecuaciones una constante cosmológica para lograr explicar un universo estático. Quien iba a pensar que, años más tarde, esta misma constante ayudaría a desprender otro detalle: la aceleración de la expansión del Universo. Un equipo de físicos de la UAB ha presentado un modelo físico para conciliar la famosa Constante dentro de la Teoría Cuántica de Campos, y establecer una conexión entre la oscilación de los neutrinos con la energía oscura.

La Constant Cosmològica (CC) va ser introduïda per Einstein a les seves equacions de la Relativitat General per descriure un Univers estàtic, però poc després es va descobrir que de fet l'Univers s'expandeix. Einstein es va penedir sempre d'haver introduït aquesta constant, però el que és interessant és que aquesta constant s'ha mesurat i el seu valor resulta ser $\Lambda \sim 10^{-123} \text{ Mpl}^4$ (amb Mpl la massa de Planck). I és aquí, intentant explicar un nombre tan petit, on comença un dels problemes fonamentals de la Cosmologia, el que s'anomena el Problema de la Constant Cosmològica. Simultàniament, l'estudi del ritme d'expansió de l'Univers a distàncies cosmològiques utilitzant supernoves, així com l'anàlisi de les fluctuacions de temperatura de la radiació de fons de l'Univers, han portat la sorpresa que l'expansió de l'Univers s'accelera. Ambdues evidències apunten a que la densitat d'energia de l'Univers té una nova component anomenada Energia Fosca, que de fet és la que domina ja que constitueix el 70% de la densitat d'energia de l'Univers. Aquest descobriment ha donat una nova visió al problema de la CC donat que en el context d'una

Teoria Quàntica de Camps aquesta CC s'interpreta com la densitat d'energia del buit amb un valor equivalent en aquest llenguatge de $\rho \sim (10^{-3}\text{eV})^4$. El valor tremendament petit d'aquesta CC o densitat d'energia del buit no coincidia per molts ordres de magnitud amb els càlculs fets amb Teoria Quàntica de Camps.

La idea bàsica del problema és la següent: la densitat d'energia del buit a baixes energies es pot escriure com la suma del seu valor calculat a l'escala de la teoria microscòpica més el resultat d'integrar les contribucions de totes les partícules entre l'escala de la teoria fonamental i l'escala de baixes energies. Al calcular la contribució d'aquestes partícules de massa m a la densitat d'energia del buit en 4 dimensions (3 espai+1 temps) trobem que el resultat és de l'ordre de m^4 , i això ja pel simple electró és una contribució terriblement gran $(5 \times 10^5 \text{ eV})^4$. Cal trobar, doncs, un mecanisme que canviï la resposta gravitacional del buit a escales de l'ordre de 10^{-3} eV i això és, precisament, el que un model que incorpora dimensions extra (mes enllà de les 4 normals) combinat amb supersimetria (simetria entre bosons i fermions) aconsegueix.

El model proposat batejat com MSLED o "Minimal Supersymmetric Large Extra Dimensions", bàsicament consisteix en un model de supergravetat 6-dimensional on totes les partícules observades es mouen en el que s'anomena una 3-brana (sub-espai 4-dimensional) immersa en un món extra-dimensional amb dues dimensions-extra grans de l'ordre de $10 \mu\text{m}$. El problema de la CC esdevé així un problema en 6 dimensions: ara de forma natural la contribució de les partícules a la densitat d'energia del buit és proporcional a l'escala de trencament de supersimetria en les dimensions extra ($m_{\text{sb}} \sim 10^{-3} \text{ eV}$), que està relacionada amb el tamany d'aquestes dimensions. La substitució de la massa (m) de les partícules per aquesta escala petita (m_{sb}) aconsegueix reproduir la densitat d'energia del buit observada experimentalment.

Les implicacions observacionals d'aquest model, que és molt predictiu, abarquen des de la cosmologia, tests de gravetat, física de col·lisionadors i física de neutrins. En aquest darrer camp, la coincidència entre l'escala de diferència de massa de neutrins observada i la densitat d'Energia Fosca ens va suggerir investigar una possible connexió entre aquestes quantitats. A més les característiques específiques del model MSLED donen una justificació a moltes de les hipòtesis ad hoc de models anteriors: els camps fermiònics en les dimensions extra són sense massa degut a la supersimetria, les correccions quàntiques a les masses dels neutrins són petites degut a una simetria que és una extensió natural del nombre leptònic i, finalment, s'estableixen condicions de contorn automàticament pels fermions extra-dimensionals que resolen greus problemes de models anteriors de dimensions extra per neutrins. Així doncs, hem construït un model que a més de proposar una solució al problema de la CC dona lloc a una bona descripció de les dades experimentals d'oscil·lacions de neutrins.

Joaquim Matias

Universitat Autònoma de Barcelona

matias@ifae.es

Referencias

Artículo: J. Matias and C.P. Burgess, "MSLED, Neutrino oscillations and the Cosmological Constant", JHEP 0509 (2005) 052

[View low-bandwidth version](#)