

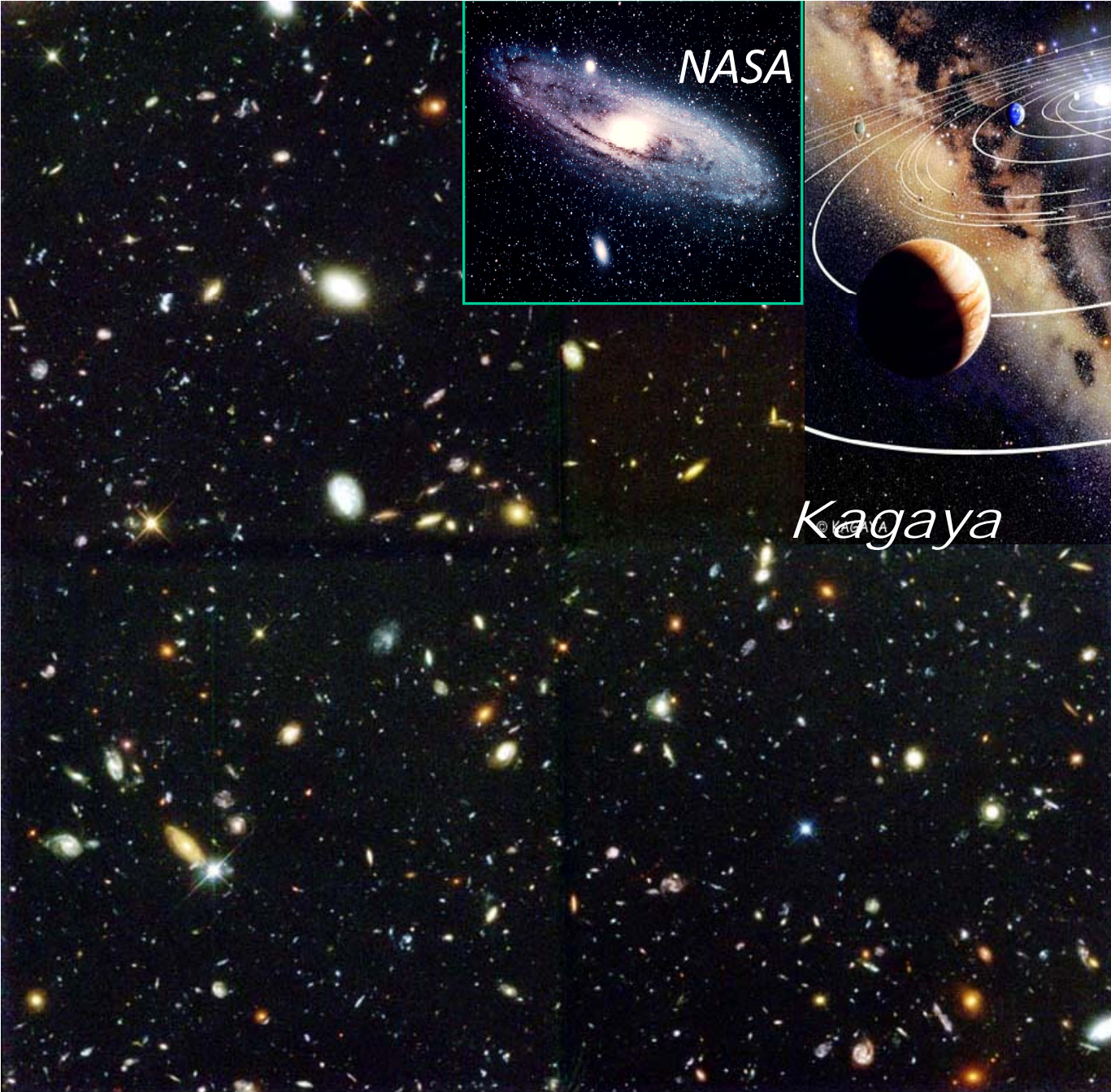
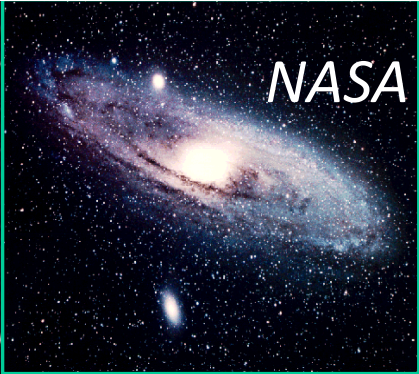
# 天外天 — 人類和黑暗宇宙的故事

演講者：李傑信-美航太總署(NASA)總部

主辦：國立台灣大學出版中心

主辦：台北市立第一女子中學

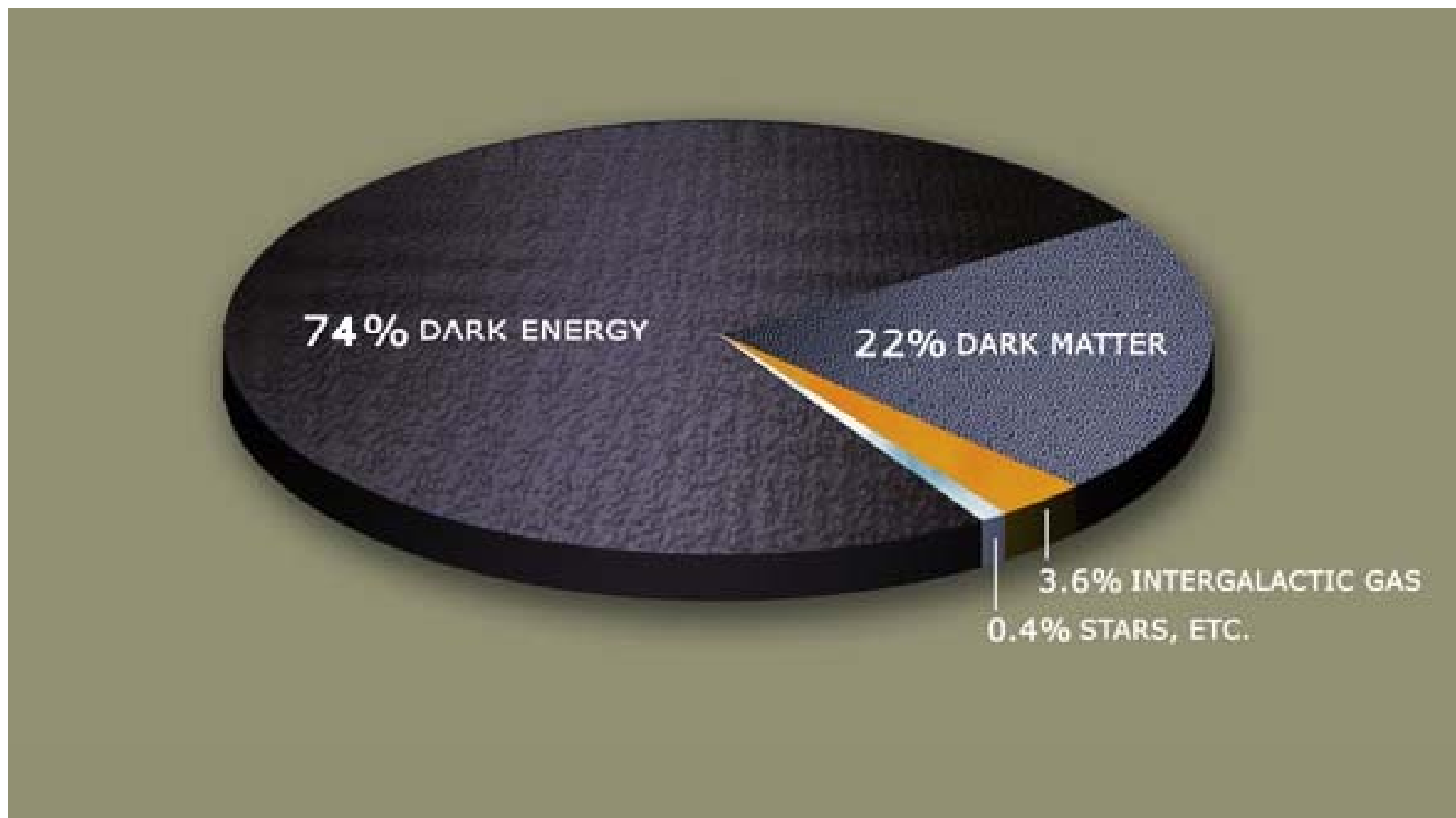
2011年11月4日



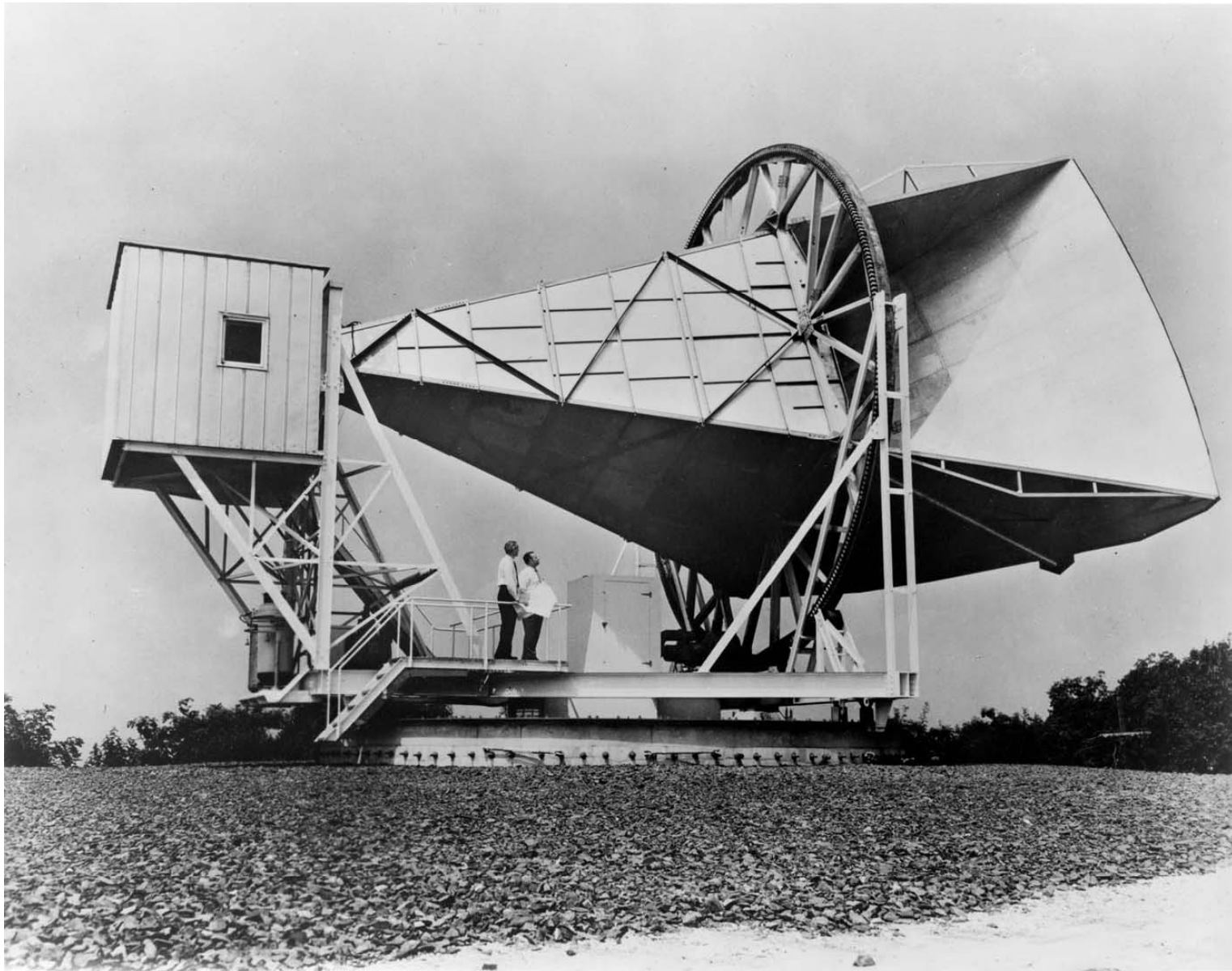
**Hubble Deep Field**

**HST WFPC2**

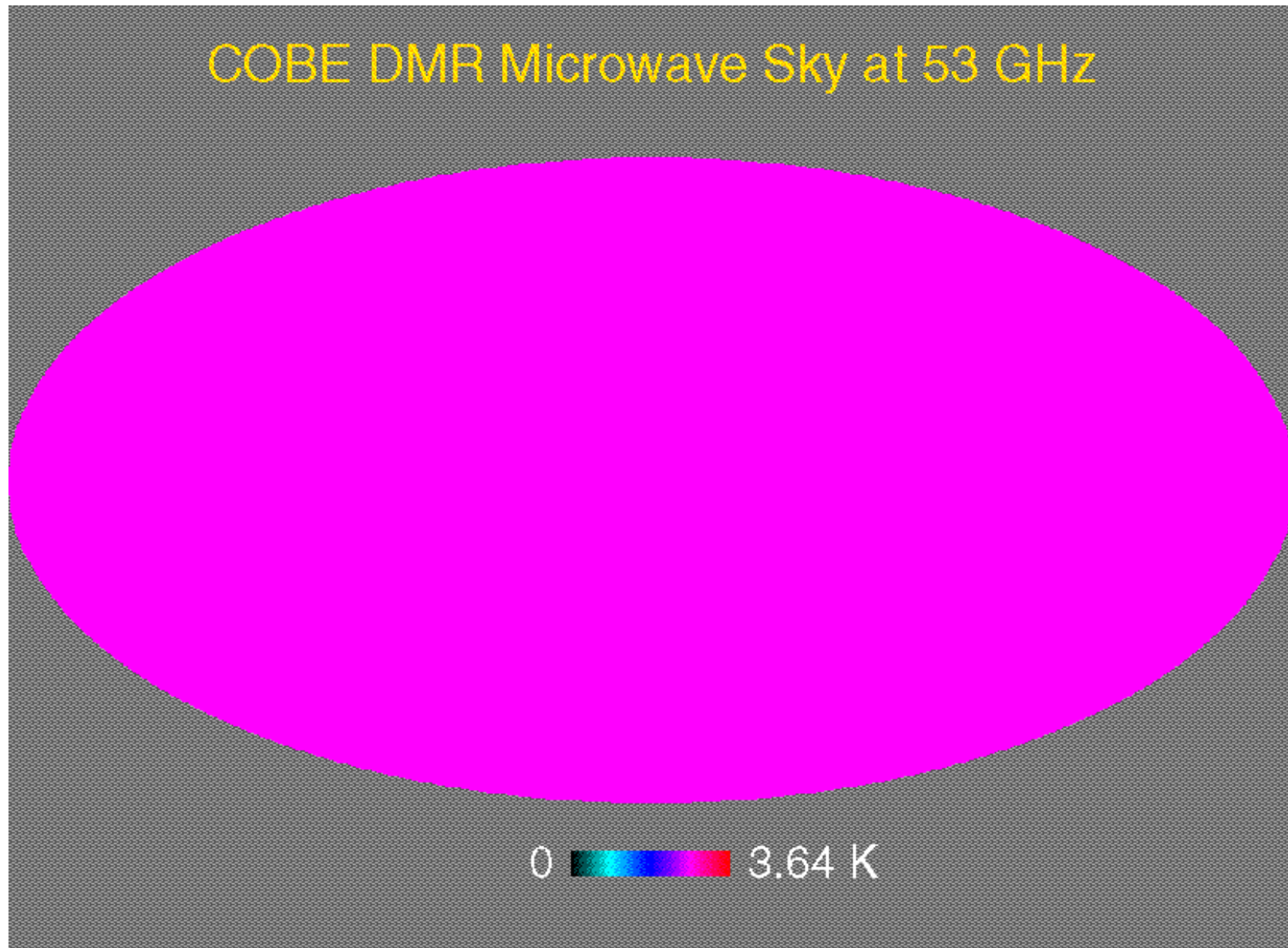
ST ScI OPO January 15, 1996 R. Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA



宇宙物質組成示意圖

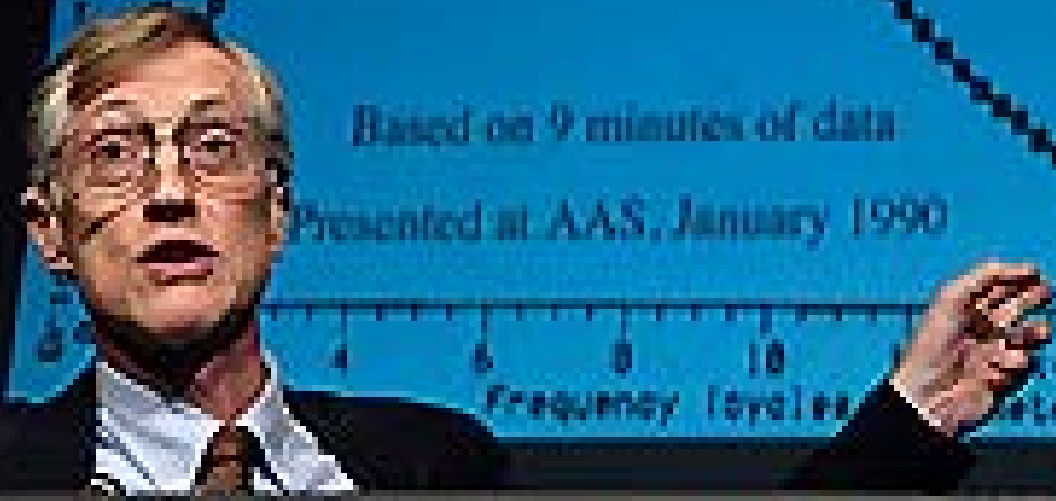
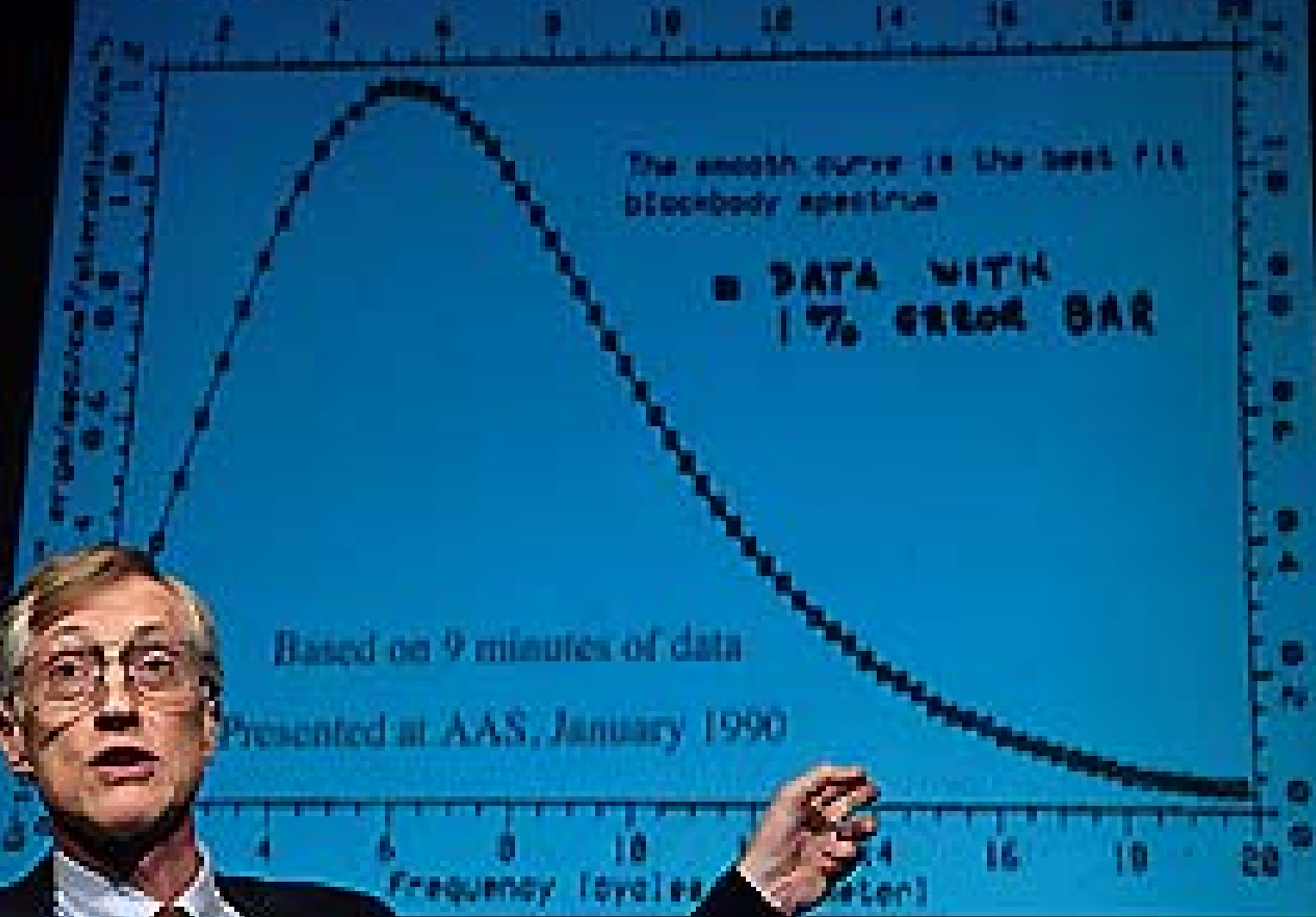


1965年，Penzias和Wilson使用無線電大耳朵，意外偵測到「大霹靂」後殘留下來的宇宙電磁微波背景輻射。



1989年上天的宇宙背景微波探測儀(COsmic Background Explorer, COBE)量到超均勻的宇宙微波背景輻射

# Cosmic Background Spectrum of the North Galactic Pole



## 宇宙背景微波超均勻

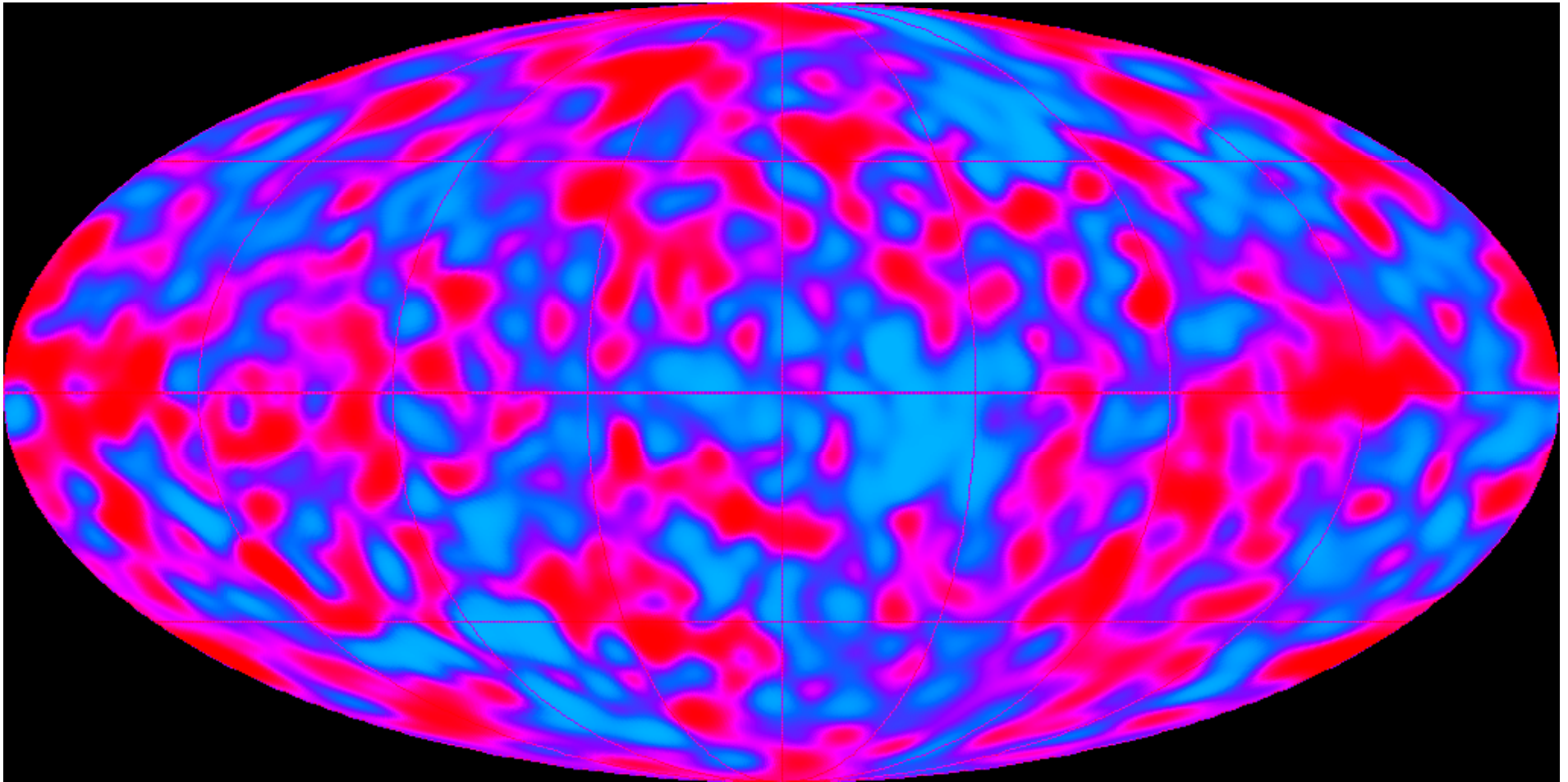
人類的存在，要求宇宙背景微波也要不均勻，才能導致星體和星系的凝聚，以提供生命賴以生存之地：行星

人類嬌弱生命的存在，要求宇宙環境不得大起大落，即要求一個在平面上伸展的宇宙

不大起大落的宇宙，物理定律要求它要充滿了特定比例的暗物質和暗能量

宇宙大霹靂中的暴脹理論，能解釋我們目前觀測到的超均勻和在平面上伸展的宇宙

但這個暴脹理論，也預測我們宇宙外應有天外天的存在



COBE量到宇宙微波不均匀的分佈

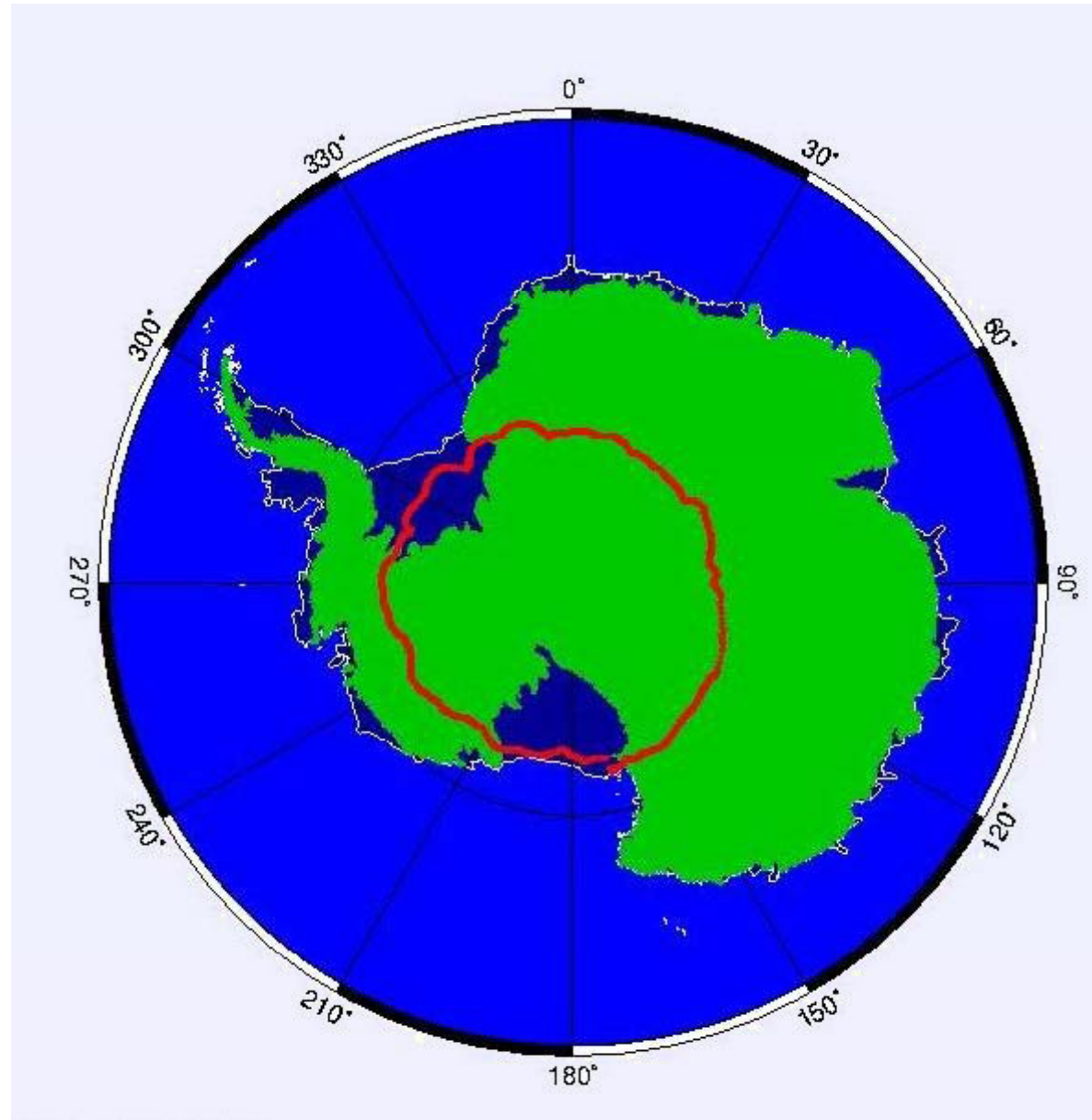


# 宇宙原始電漿中的聲波振盪

**Baryonic Acoustic Oscillation (BAO) in the primeval  
photons and electrons/baryons plasma**

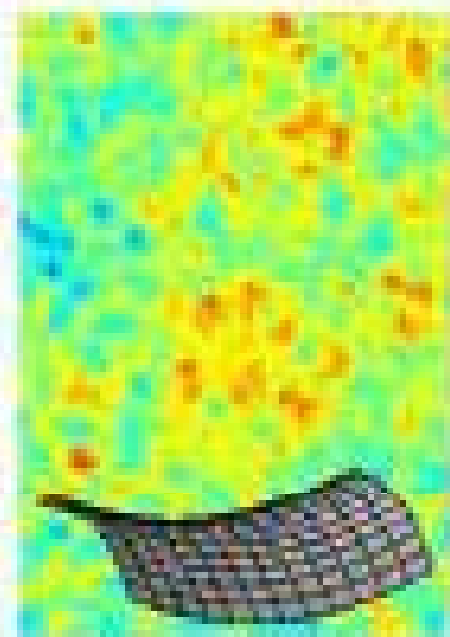
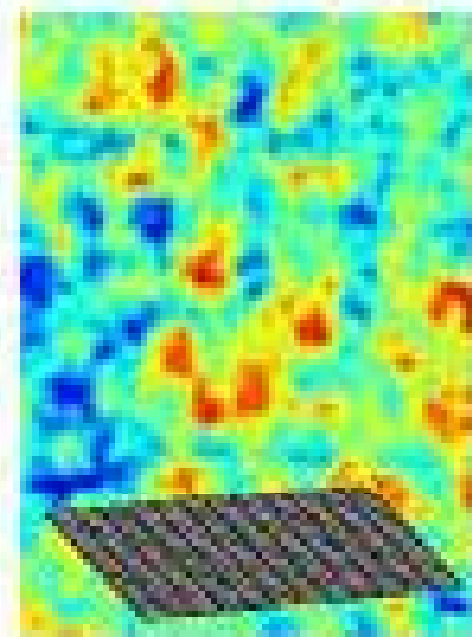
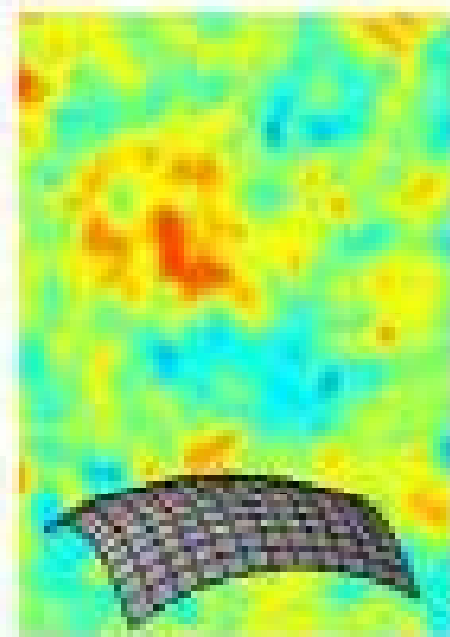
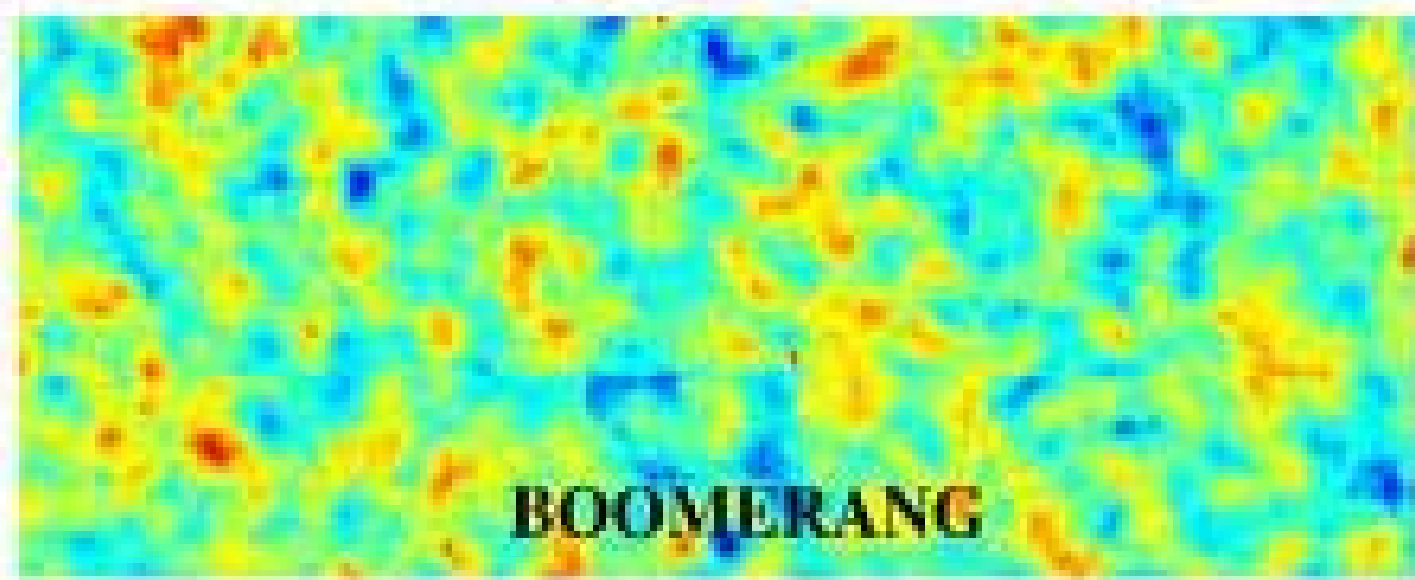


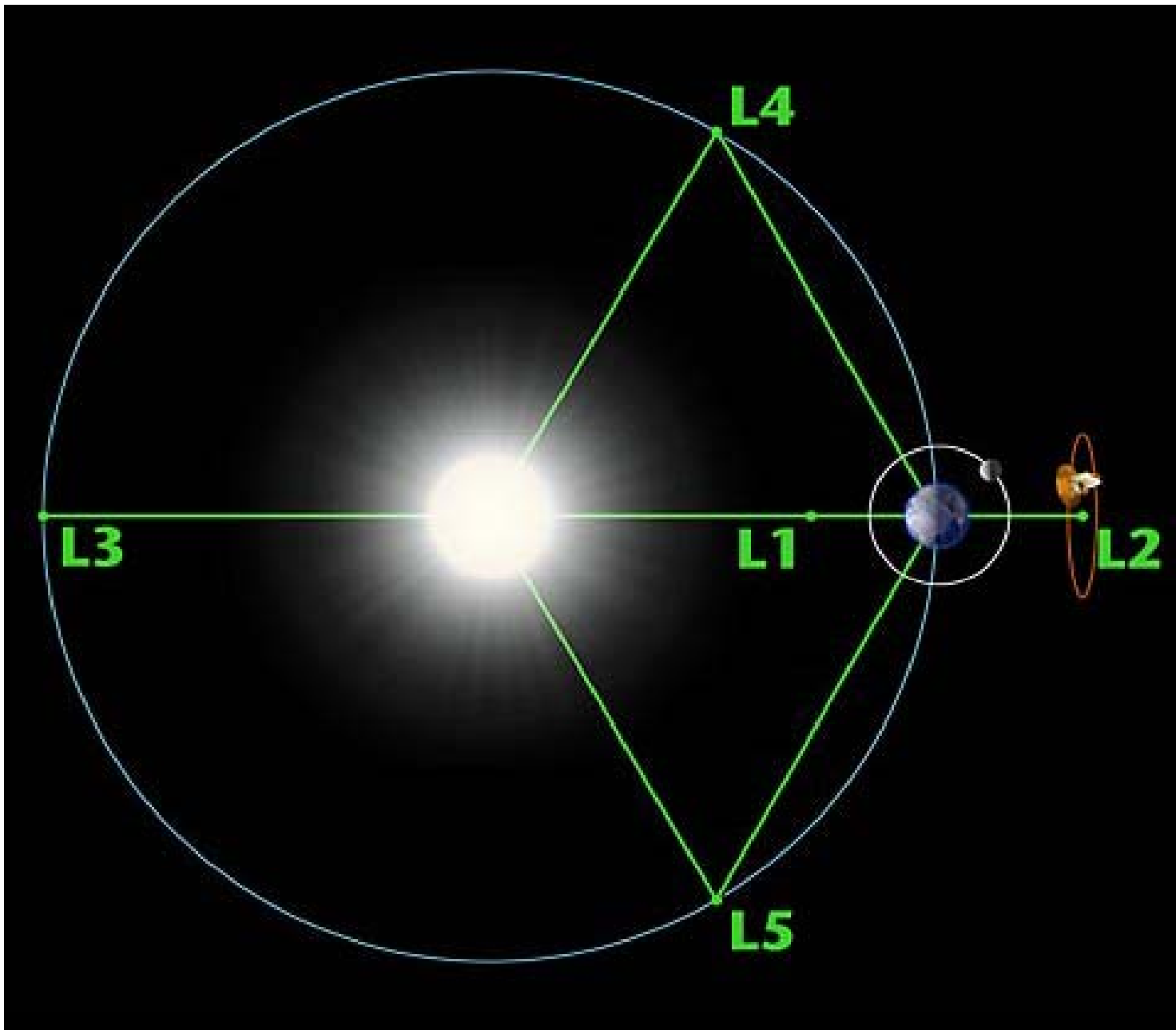
**Boomerang Antarctic launch on 12/29/1998  
From McMurdo Station**



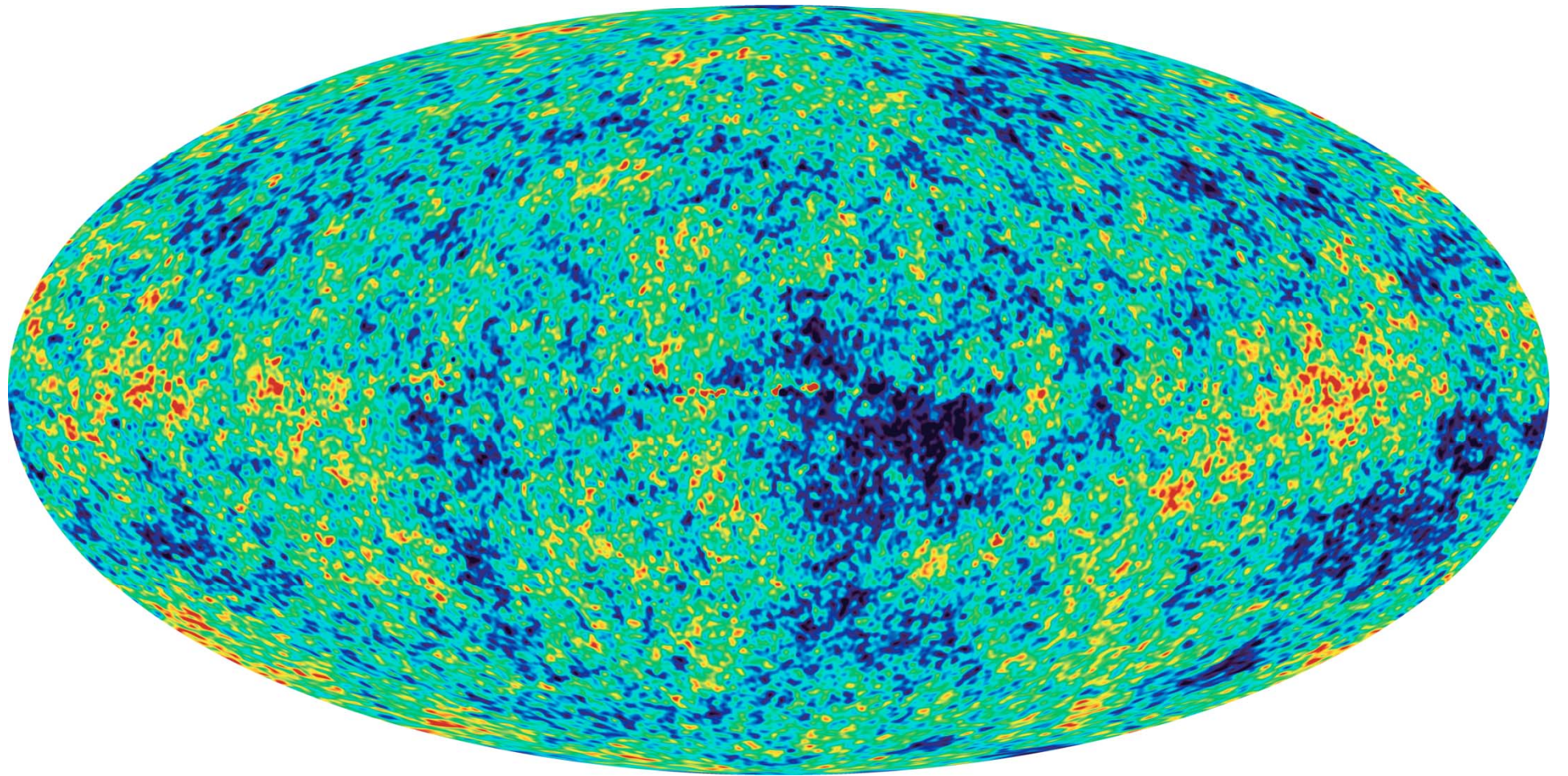
**Boomerang 10.5 days flight**

25°

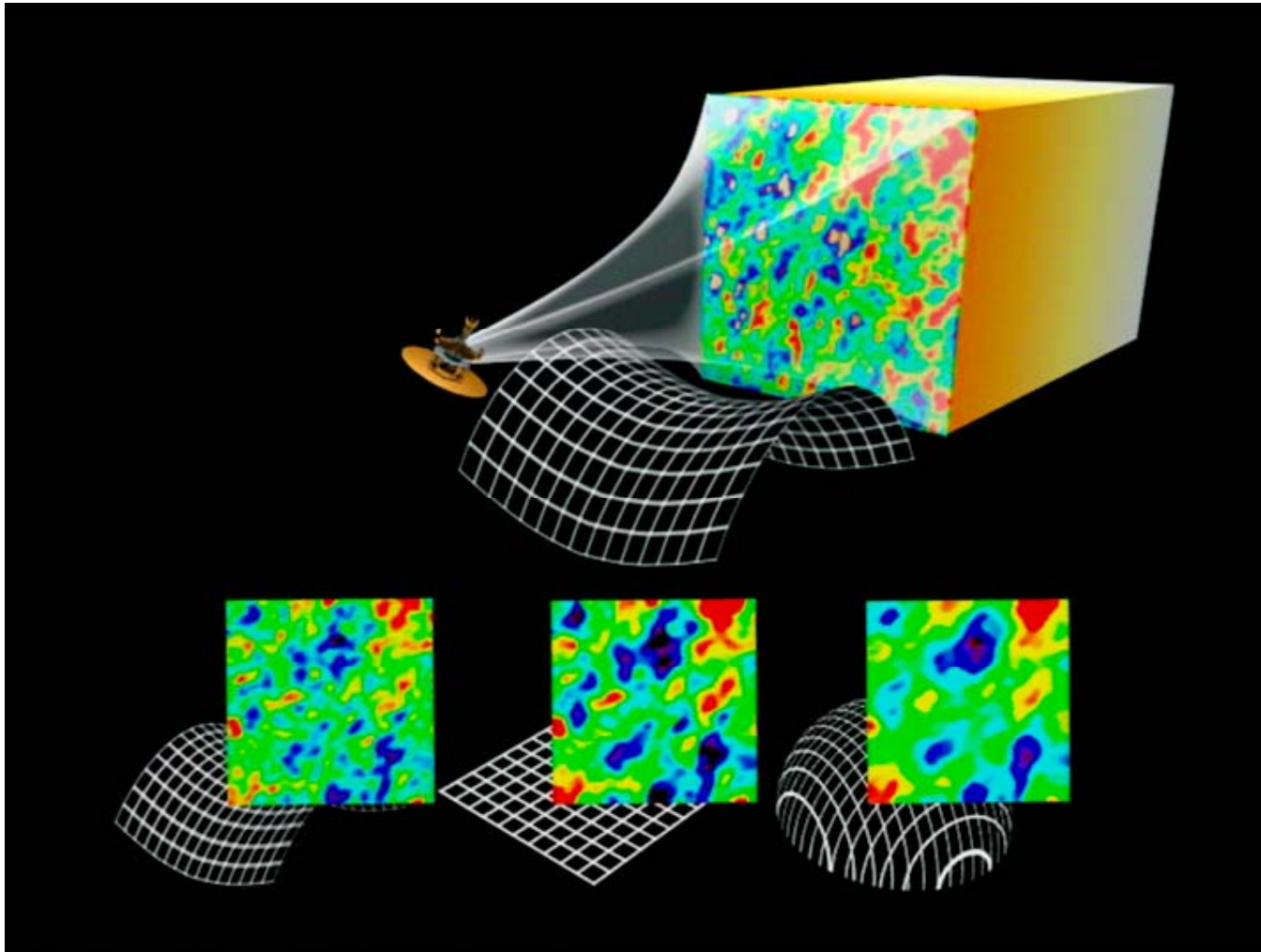




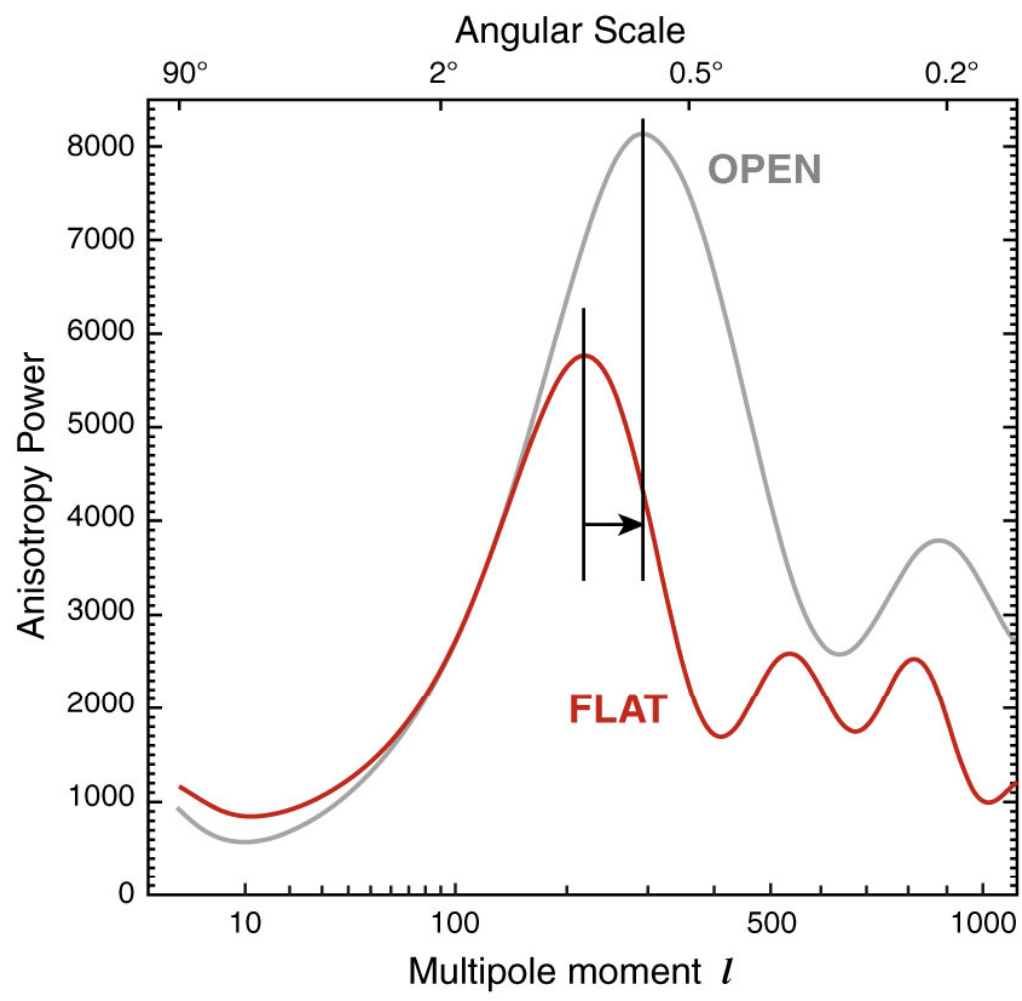
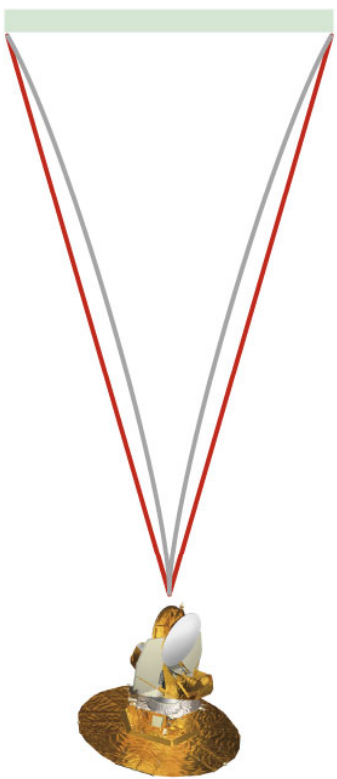
2001年上天的第二代宇宙微波探測衛星(WMAP)的太空軌道



Wilkinson Microwave Anisotropy Probe  
(WMAP) 第一年的測量數據

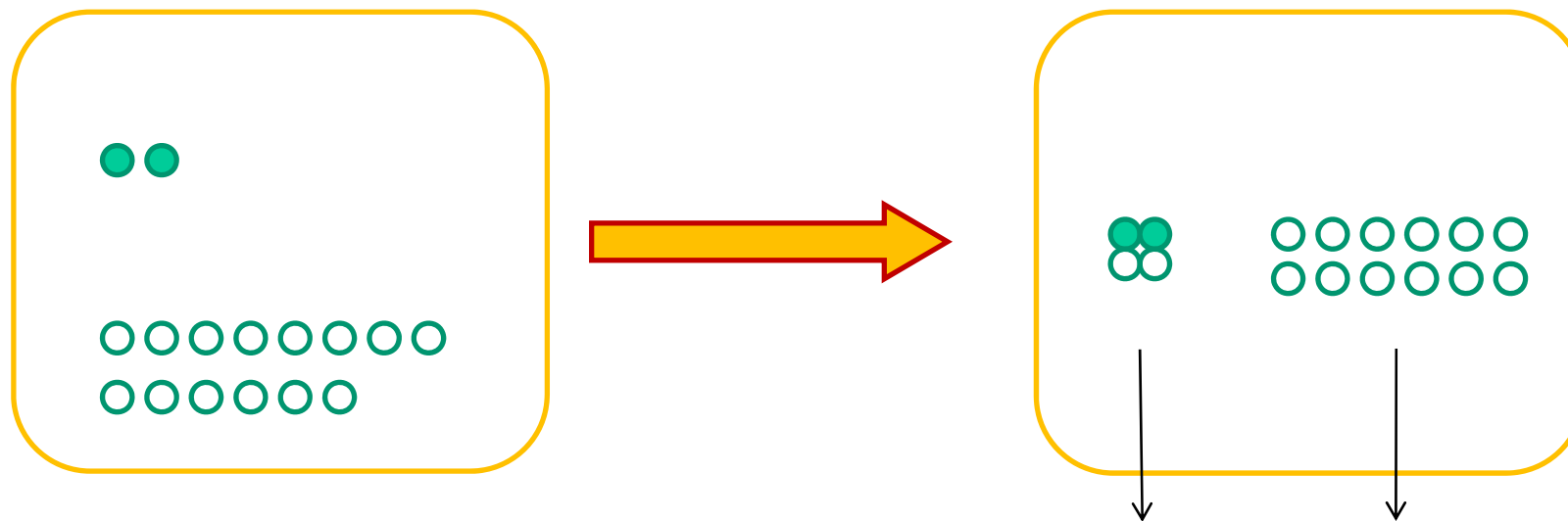


Standard Ruler:  
1° arc measurement of  
dominant energy spike



[http://map.gsfc.nasa.gov/resources/camb\\_tool/index.html](http://map.gsfc.nasa.gov/resources/camb_tool/index.html)



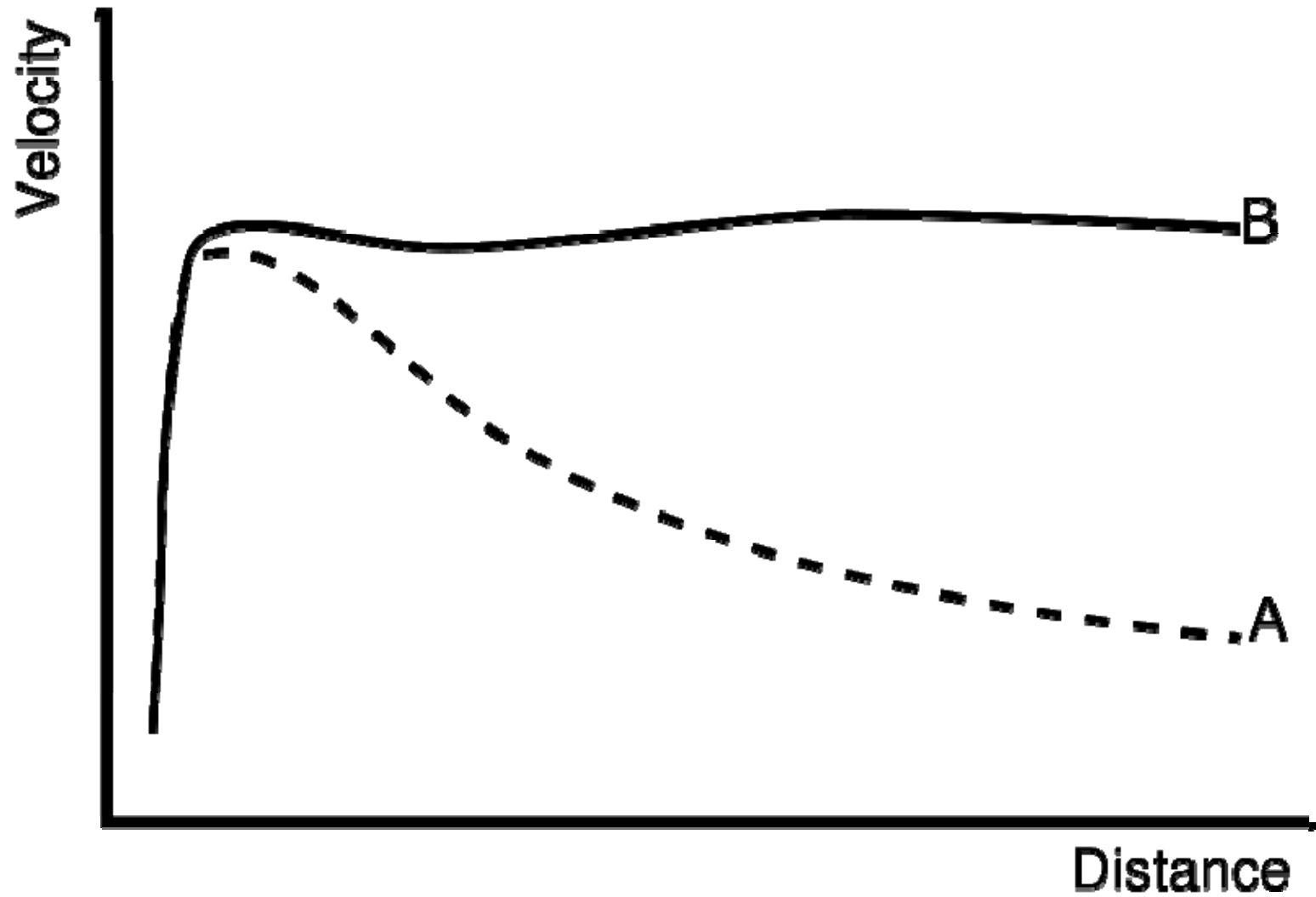


● 中子  
○ 質子

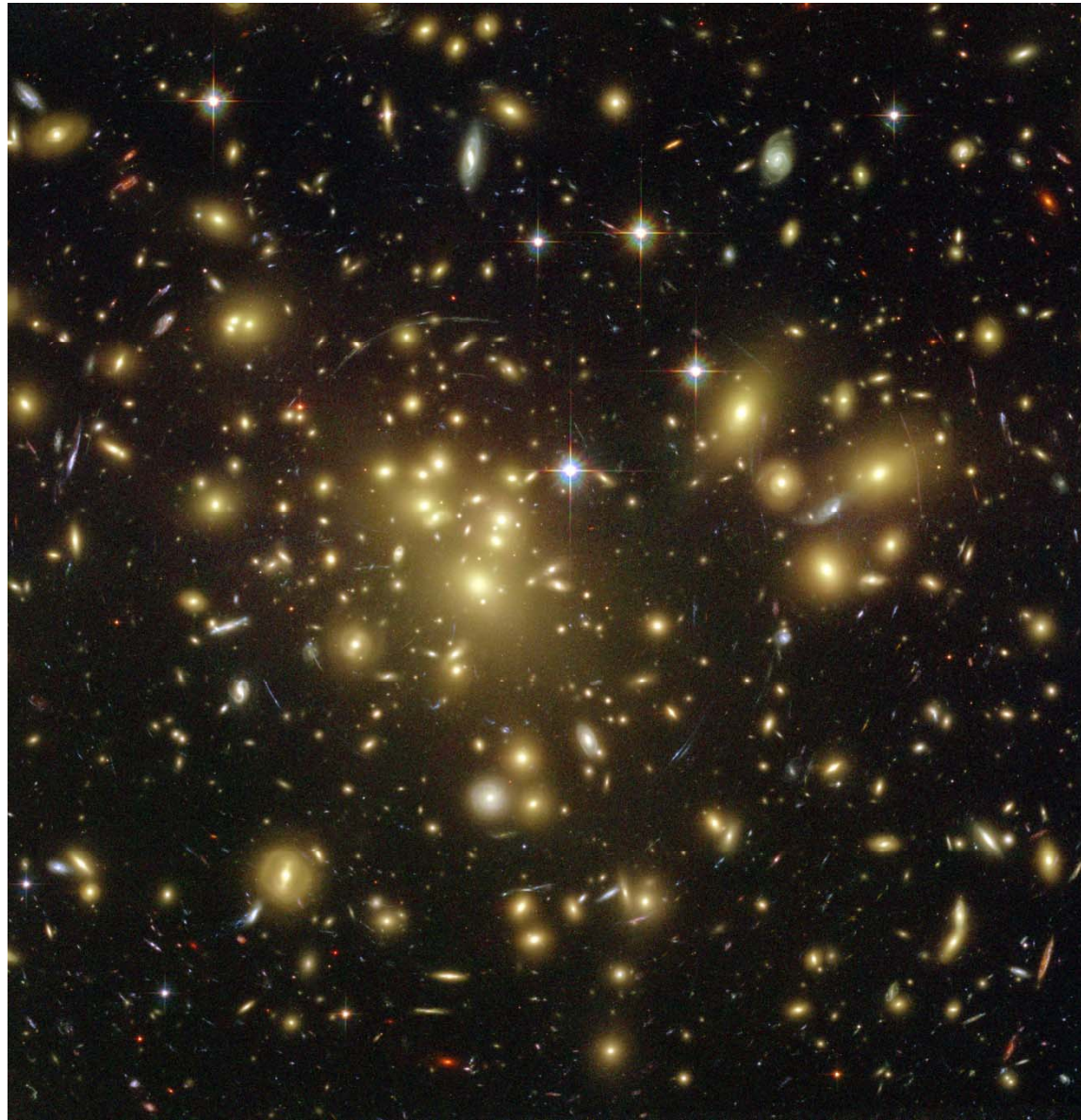
質量比 4 : 12  
25% : 75%  
氮 : 氫



在大熊星座方向的螺旋星系M101，距地球2,700萬光年，直徑近銀河系的兩倍，含上萬億顆恒星。從對這類螺旋星系週邊暈部位轉速的測量，黑暗物質的存在被天文界認可。



螺旋星系觀測到的轉速(B)和以牛頓力學計算出的理論數值比較  
(A)



Abell-1689星系距地球22億光年，以它為重力透鏡，將128億光年外的A1689-zD1星系在哈伯望遠鏡的焦點上，以圓弧形狀成像。這類物理現象為暗物質存在提供了另一個堅實的佐證。

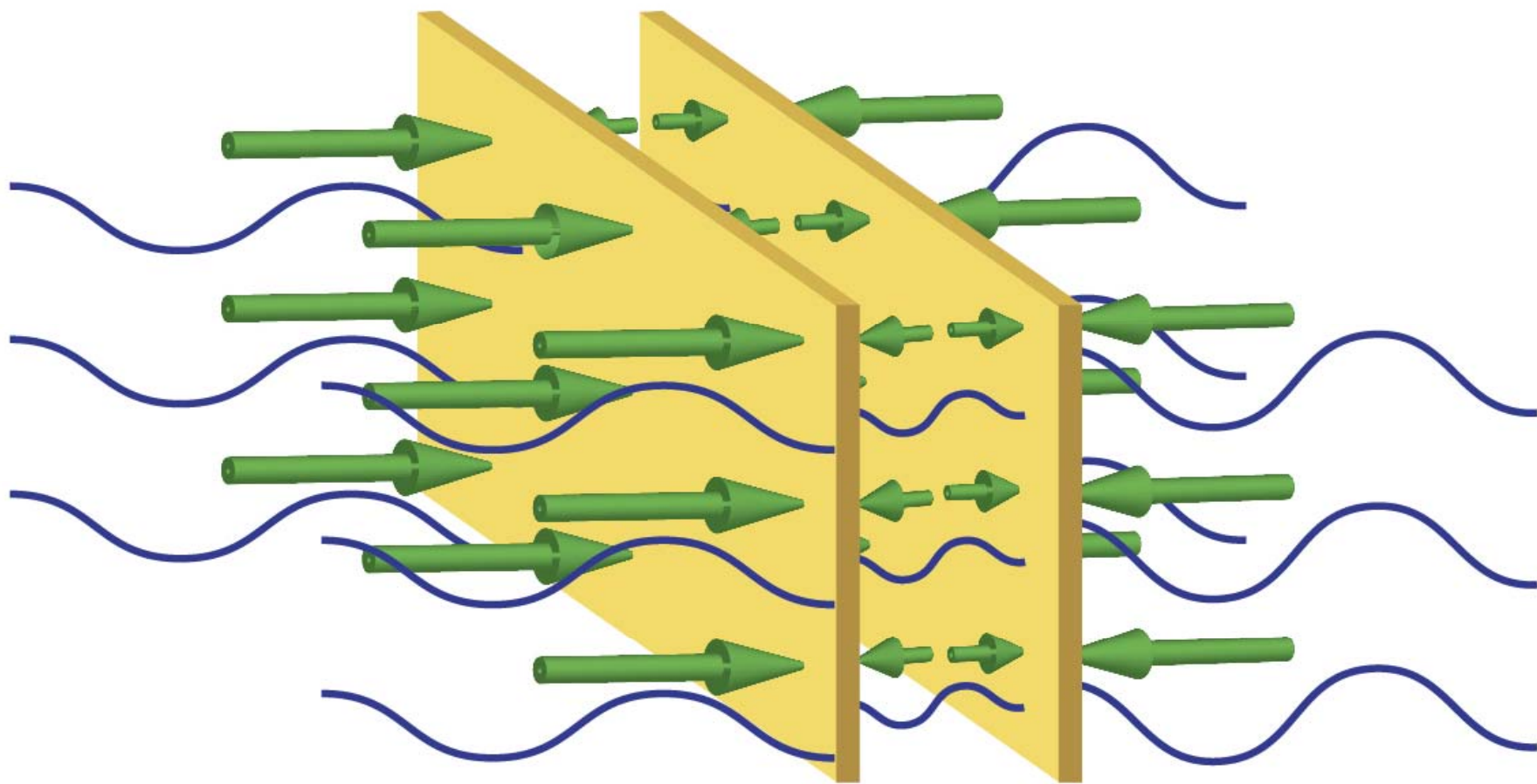
什麼不是暗物質？

什麼可能是候選暗物質？

好消息：很多諾貝爾獎在等著



左下角亮點為1994年發現的1a型超新星SN1994d，緊鄰呈扁平的星系NGC4526，位於室女座中，距地球108百萬光年。



真空能量

# 真空能量的兩極估計

高能物理計算： $\sim 10^{91} \text{ g/cm}^3$

宇宙觀測： $10^{-29} \text{ g/cm}^3$

誤差 $\sim 10^{120}$ 倍

結論：人類對暗能量尚處於無知時代

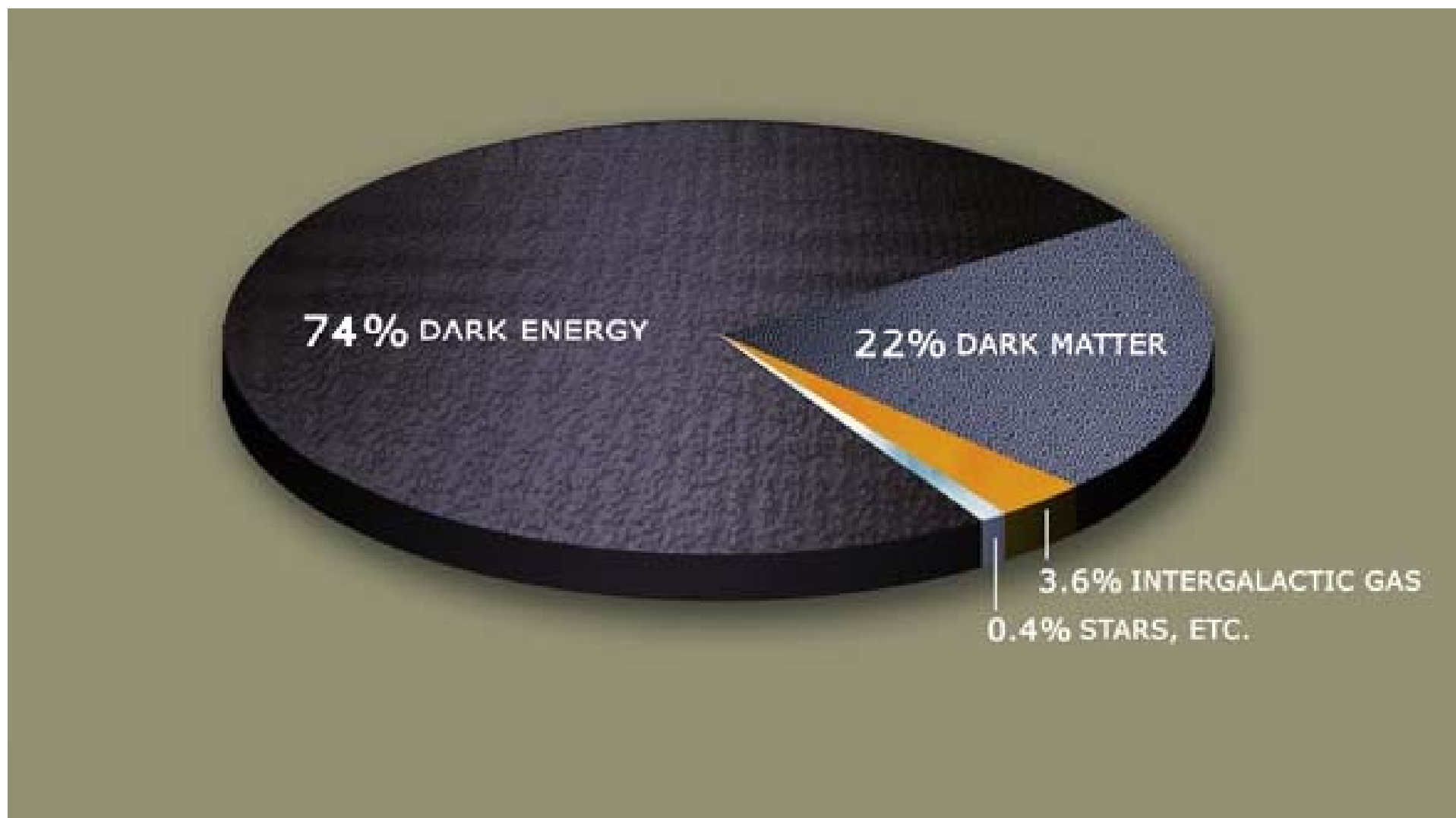


# 宇宙中的三類能量

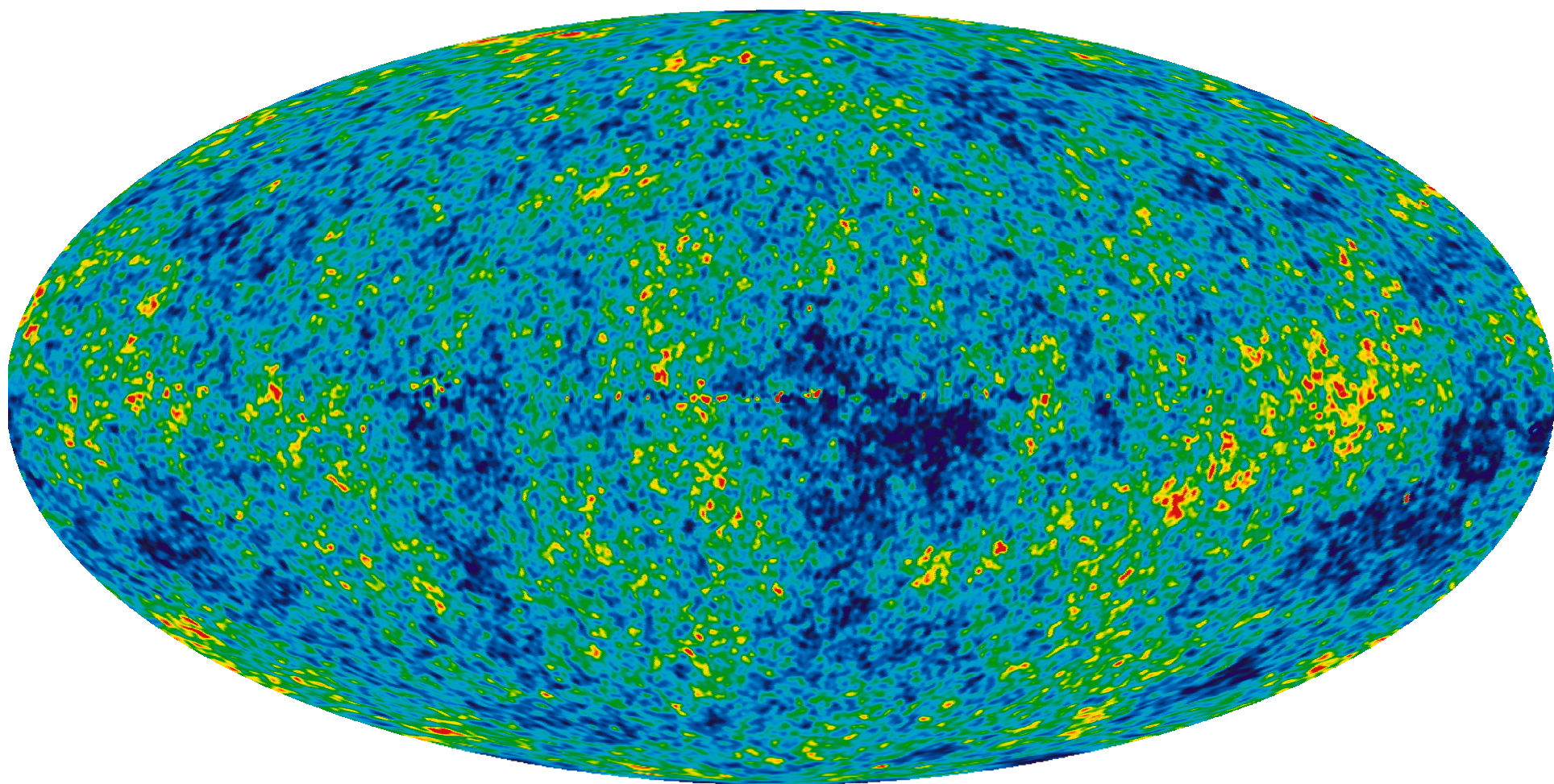
一般物質 / 暗物質

電磁輻射能

暗能量



宇宙物質組成示意圖



WMAP 第七年觀測數據

# 我們宇宙中的奇特現象

➤ 超均勻

➤ 很接近平直

➤ 單磁極蹤影杳然

➤ .....

# 解決問題的暴脹(Inflation)理論

大霹靂後1億億億億分之一秒後  
宇宙由(偽)真空相變能量驅動  
以超越光速1億億億倍速度  
體積暴脹了100億億億倍

暴脹前的整個宇宙超微小，能以光速輕鬆橫渡，彼此親密  
混合成超均勻狀態

暴脹後的宇宙超大，變成平直  
暴脹時的「量子起伏」，為以後的微波背景提供了10萬分  
之一的不均勻性

單磁極在超大的宇宙中幾乎被無限稀釋

暴脹後的宇宙比我們能觀測到的宇宙至少大上1億億億倍  
天外天可能存在

# 大霹靂宇宙

