

Tema 9:

Conceptos claves en

Cosmología

Consultar: "An Introduction to Modern Cosmology", Liddle, libro entero

"Galaxies and Cosmology", Jones & Lambourne, 2007, Cambridge, temas 5-7 (J&L07).

NASA Extragalactic Database (NED) Level 5: <http://ned.ipac.caltech.edu>.

Ned Wright's Cosmology web pages: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>.



Temario de Cosmología

- 9. Conceptos clave en Cosmología.**
- 10. Descripción física del Universo:
Cosmología clásica.**
- 11. Descripción física del Universo:
Cosmología relativista.**
- 12. Medidas de parámetros cosmológicos
del Universo.**
- 13. Historia evolutiva del Universo.**
- 14. Cuestiones abiertas en Cosmología.**
- 15. Formación y evolución del estructuras y
galaxias.**



Bibliografía

Libros recomendados:

- 1) *An Introduction to Modern Cosmology*, A. Liddle, Wiley, 2003 , \$35 en amazon.com, £15 en amazon.co.uk.
- 2) *An Introduction to Modern Cosmology*, J. V. Narlikar, Cambridge University Press, 2002, \$75 en amazon.com, £40 en amazon.co.uk.
- 3) *Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction*, P. Schneider, Springer, edición 2006, \$70 en amazon.com, 50€ en amazon.es. **S06**.
- 4) *Cosmological Physics*, J. A. Peacock, Cambridge University Press, 1998, \$78 en amazon.com, £41 en amazon.co.uk.
- 5) *Principles of Physical Cosmology*, P.J.E. Peebles, Princeton University Press, 1993, \$70 en amazon.com, £47 en amazon.co.uk.
- 6) *An Introduction to Galaxies and Cosmology*, M. H. Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera en 2003), \$43 en amazon.com, £30 en amazon.co.uk. **JL07**.
- 7) *An Introduction to Modern Astrophysics*, B.W. Carroll & D.A. Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007, \$75 en amazon.com, £55 en amazon.co.uk. **CO07**.
- 8) *Galaxy Formation and Evolution*, H. Mo, F. van den Bosch, S. White, Cambridge, 2010, \$68 en amazon.com, £50 amazon.co.uk. **MvdBW10**.
- 9) NED Level 5 en <http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5>.
- 10) ADS en http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html.



Objetivo

Cosmología: es el estudio a gran escala de la estructura y la historia del Universo en su totalidad y, por extensión, del lugar de la humanidad en él (wikipedia).

El objetivo de esta parte de la asignatura es presentar las bases físicas del estudio del Universo como un todo, su formación y evolución.

Pretende dar las herramientas y conceptos necesarios para poner en contexto la formación de galaxias y estructuras a lo largo de la vida del Universo.

Se presentarán también de forma crítica los éxitos y fracasos de nuestros modelos para describir la Cosmología del Universo.

No pretende ser un curso de Relatividad, ni de Física de partículas, ni de Cuántica, ni de límites de la Física Actual,...

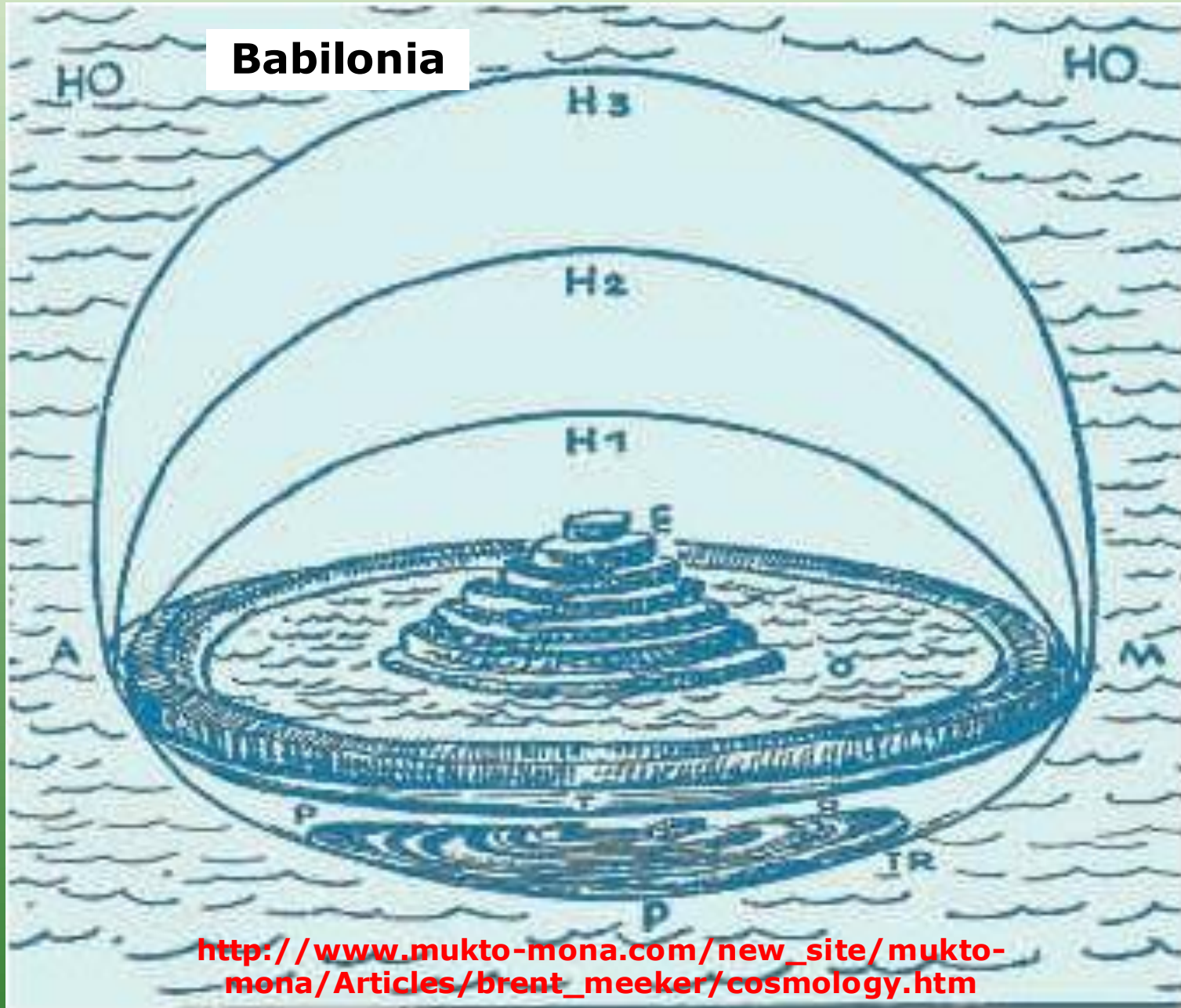


Objetivos del tema

- **Presentar algunas observaciones importantes que nos dan propiedades claves del Universo como un todo (objeto de estudio de la Cosmología).**
 - ◆ **Historia de la Cosmología.**
 - ◆ **Tamaño/edad del Universo.**
 - ◆ **Expansión del Universo.**
 - ◆ **El Principio Cosmológico.**
 - ◆ **Geometría y evolución del Universo.**
 - ◆ **Composición del Universo.**



9.1.Introducción histórica a la Cosmología

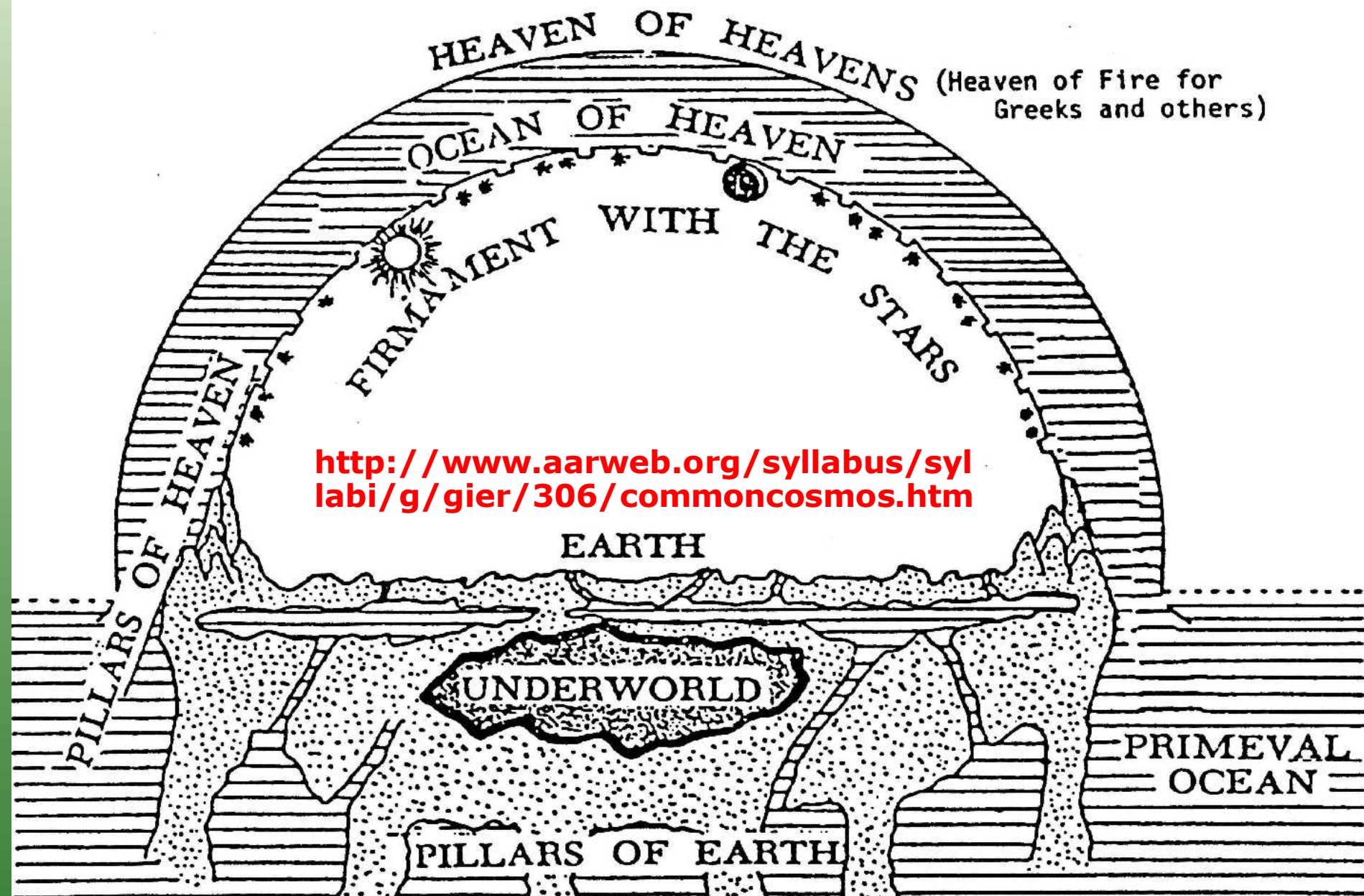


http://www.mukto-mona.com/new_site/mukto-mona/Articles/brent_meeke/cosmology.htm

"Order from chaos"



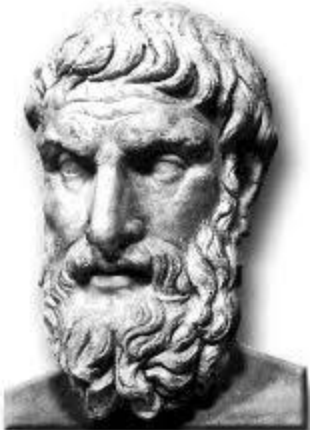
9.1.Introducción histórica a la Cosmología



9.1.Introducción histórica a la Cosmología



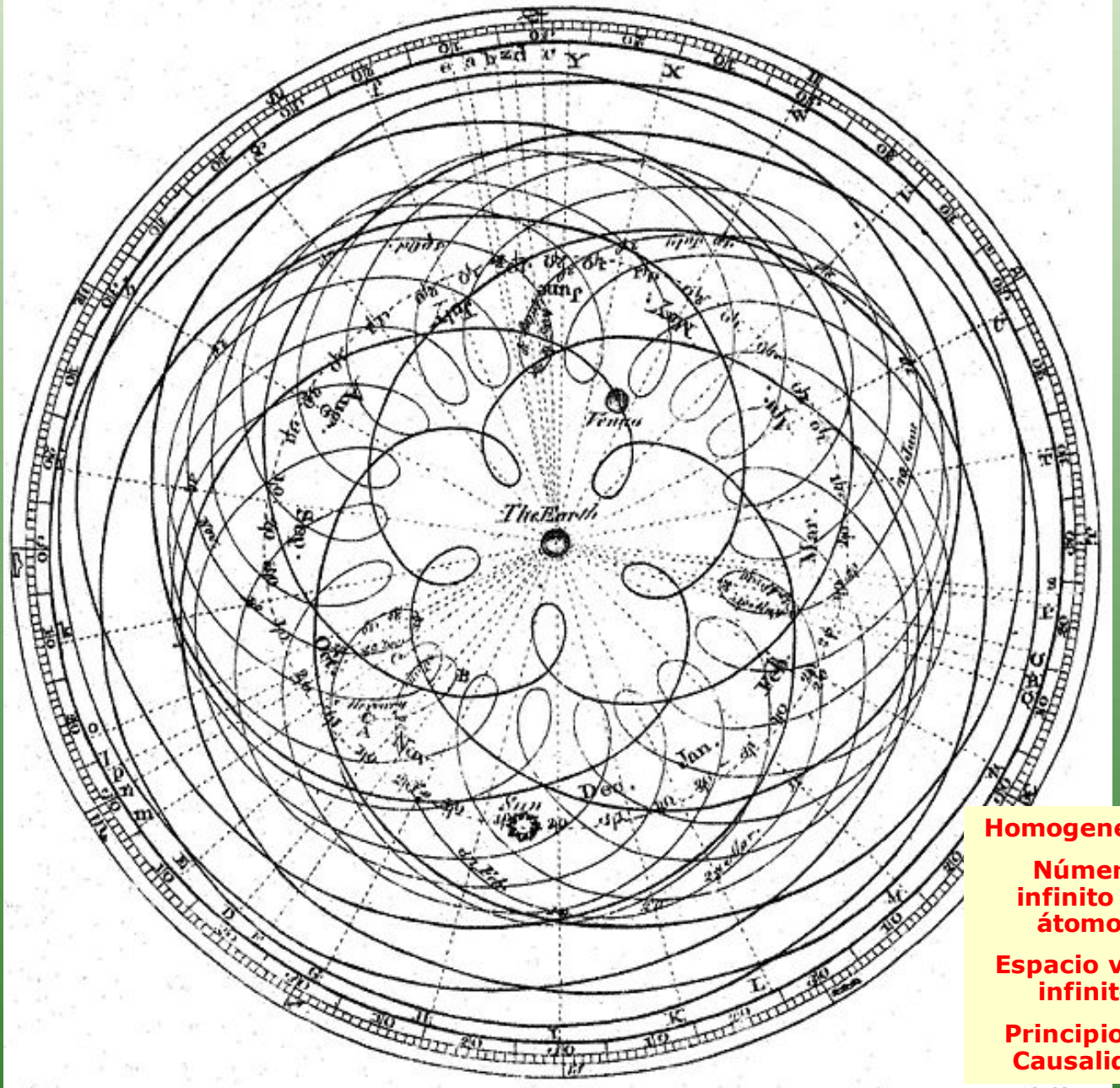
Anaxagoras



Epicureo



Ptolomeo



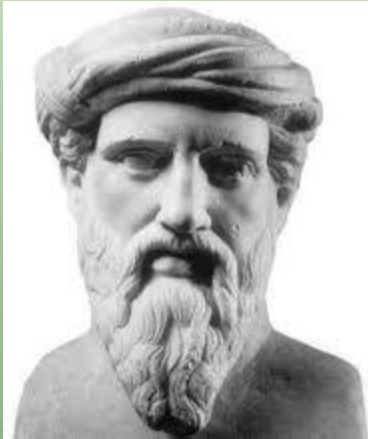
Homogeneidad

Número
infinito de
átomos

Espacio vacío
infinito

Principio de
Causalidad

9.1.Introducción histórica a la Cosmología



Pitágoras



jca.umbc.edu

Astrofísica Extragaláctica y Cosmología



9.1.Introducción histórica a la Cosmología



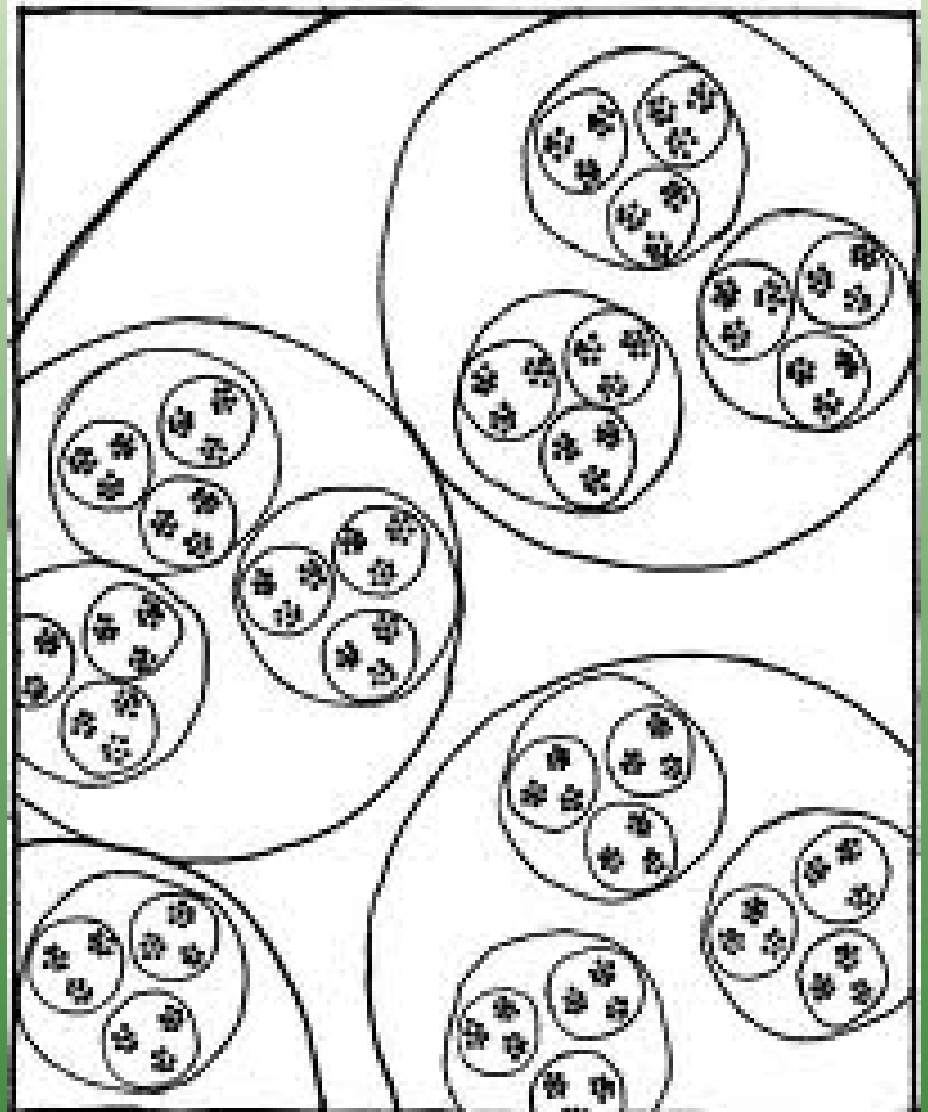
9.1.Introducción histórica a la Cosmología



Kant



Lambert

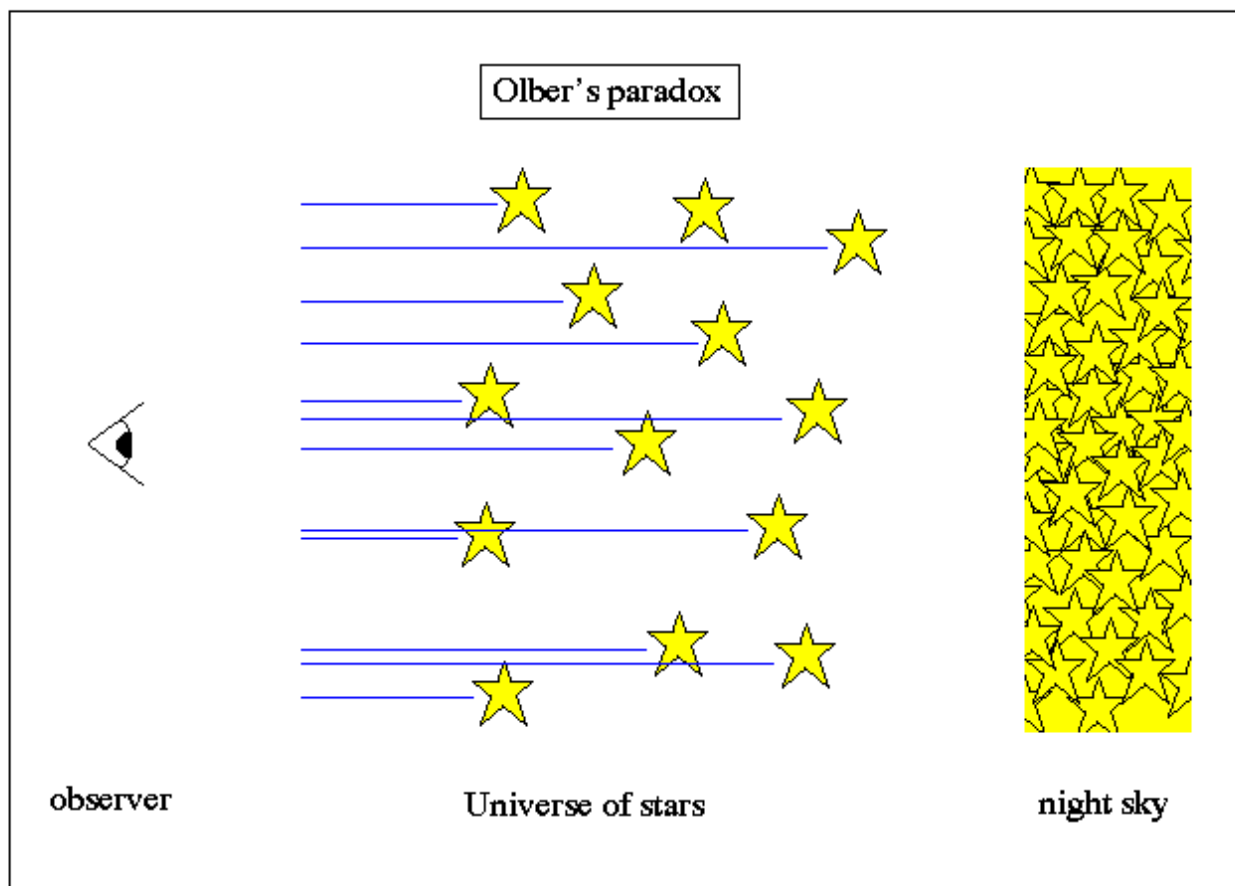


Jerárquico e infinito!!!



9.2. Paradoja de Olbers

The oldest cosmological **paradox** concerns the fact that the night sky should not appear dark in a very large (or infinite), ageless Universe. It should glow with the brightness of a stellar surface.



<http://atropos.as.arizona.edu/aiz/teaching/nats102/lecture21.html>

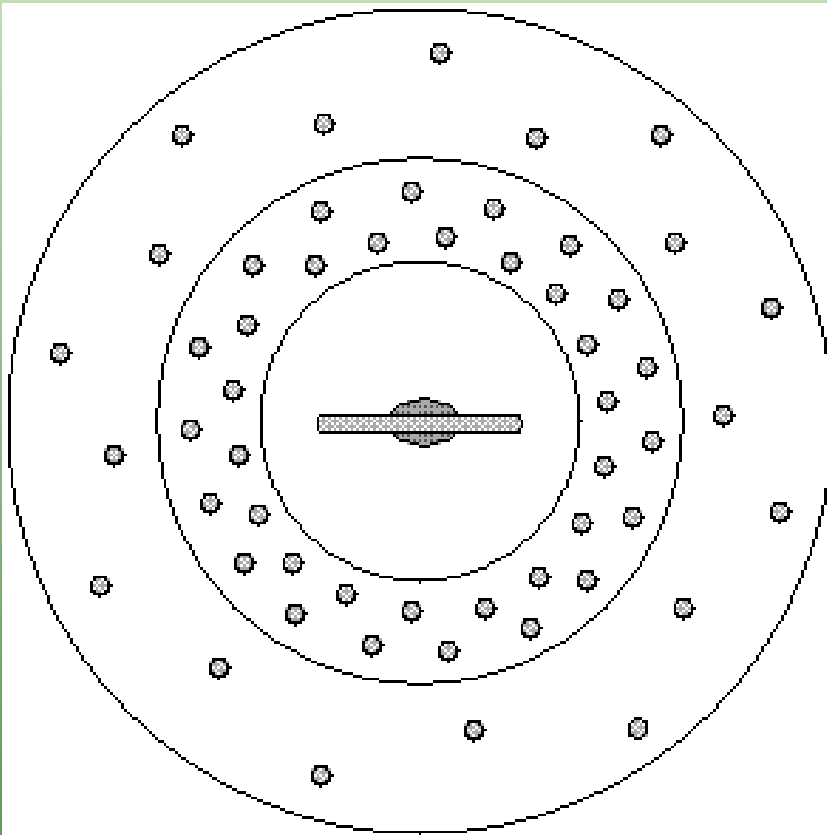
Note that the paradox cannot be resolved by assuming that parts of the Universe are filled with absorbing dust or dark matter, because eventually that material would heat up and emit its own light.

The resolution of Olber's paradox is found in the combined observation that 1) the speed of light is finite (although a very high velocity) and 2) the Universe has a finite age, i.e. we only see the light from parts of the Universe less than 15 billion light years away (see horizons).

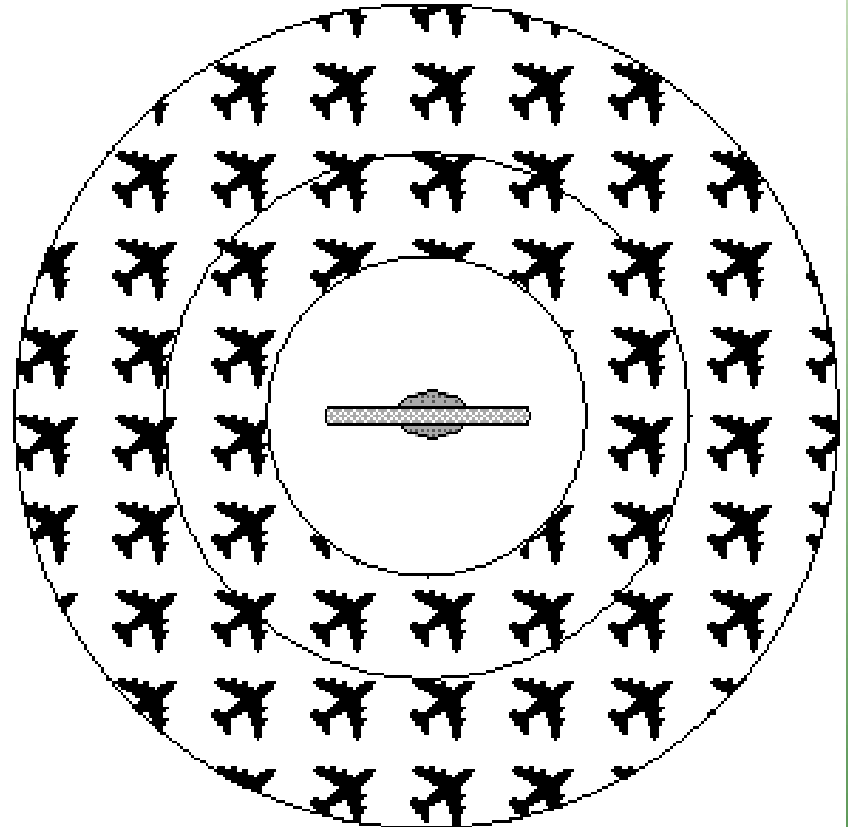


9.3.El Principio Cosmológico

El Universo es homogéneo e isótropo.



Is this *homogeneous* and *isotropic*? Which aspect is it not?

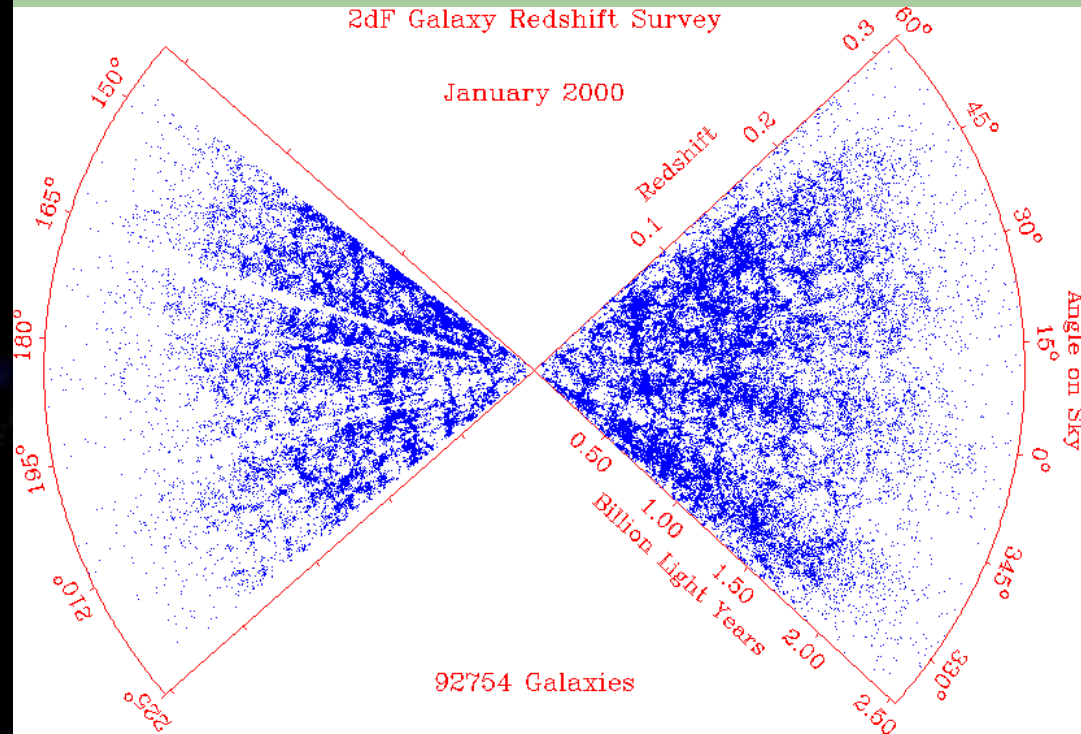
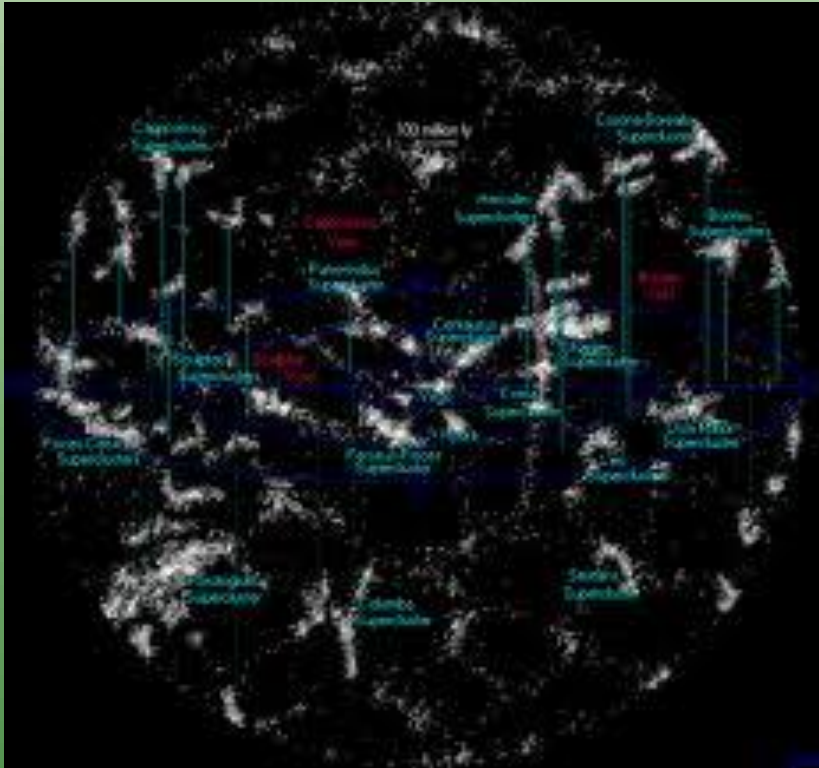


Outside the central sphere, is this universe *homogeneous* and *isotropic*? Which aspect is it not?



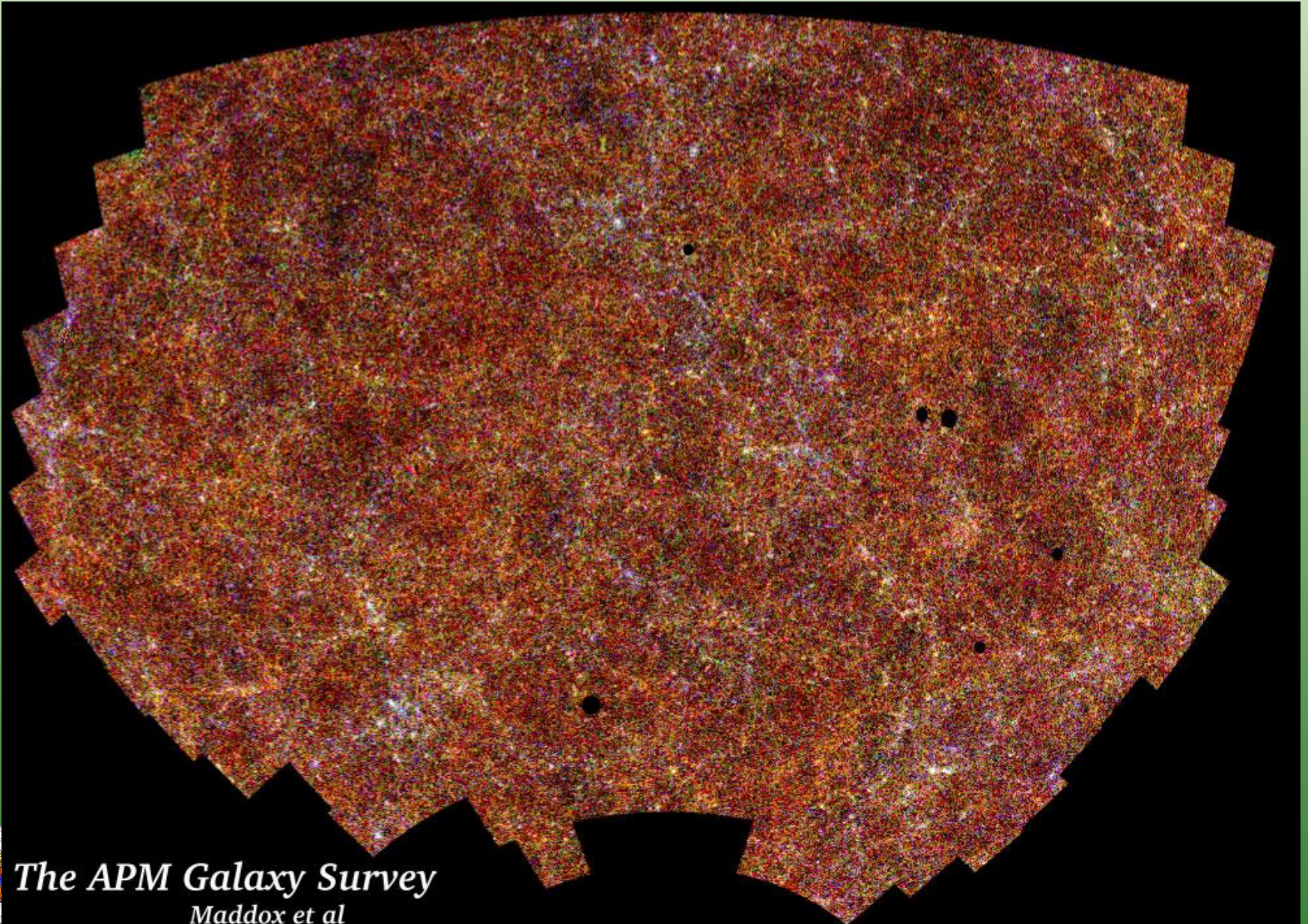
9.3.El Principio Cosmológico

El Universo es homogéneo e isótropo a una escala suficientemente grande. No hay pruebas de que esas propiedades se rompan a escalas más grandes.



9.3.El Principio Cosmológico

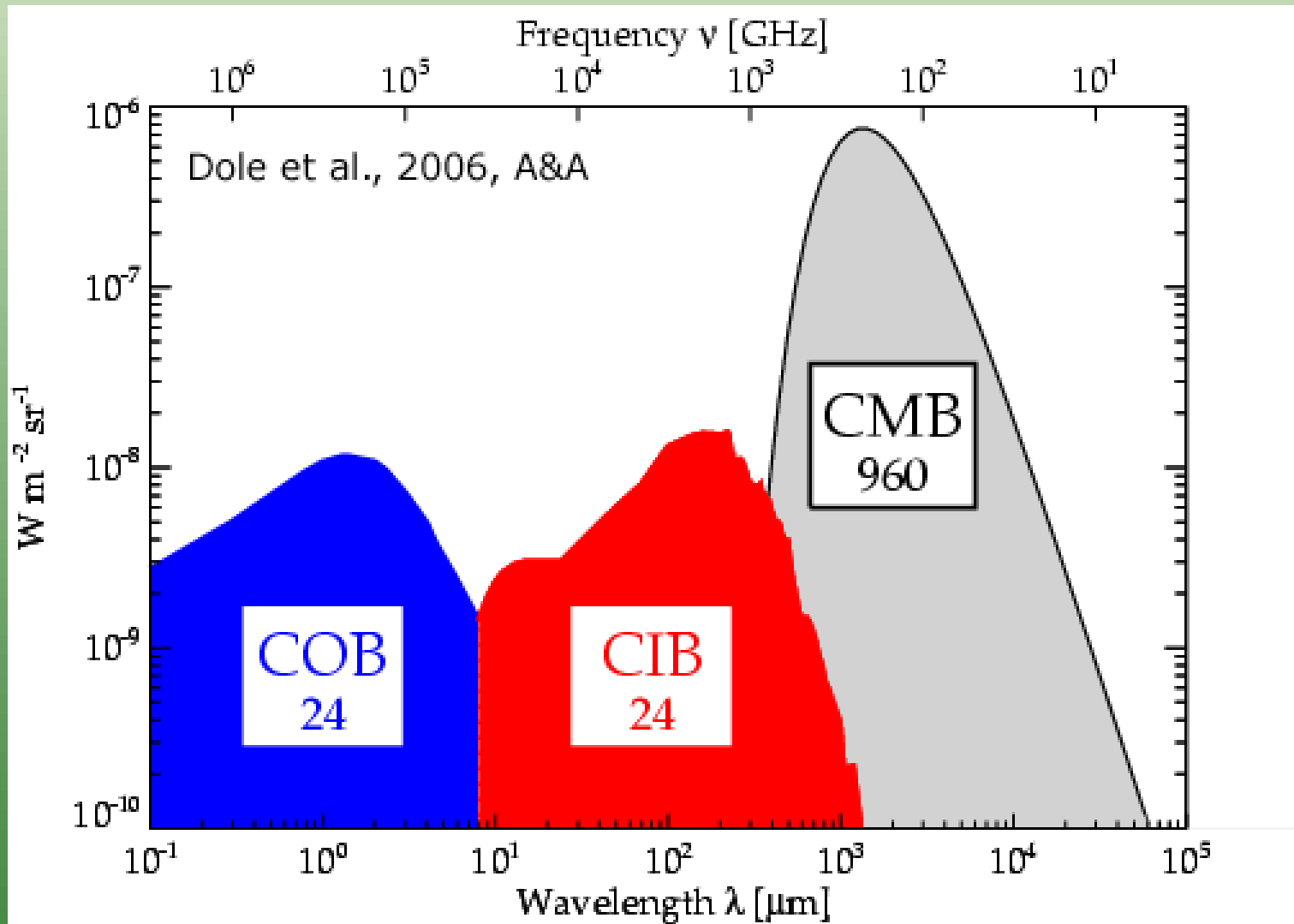
El Universo es homogéneo e isótropo.



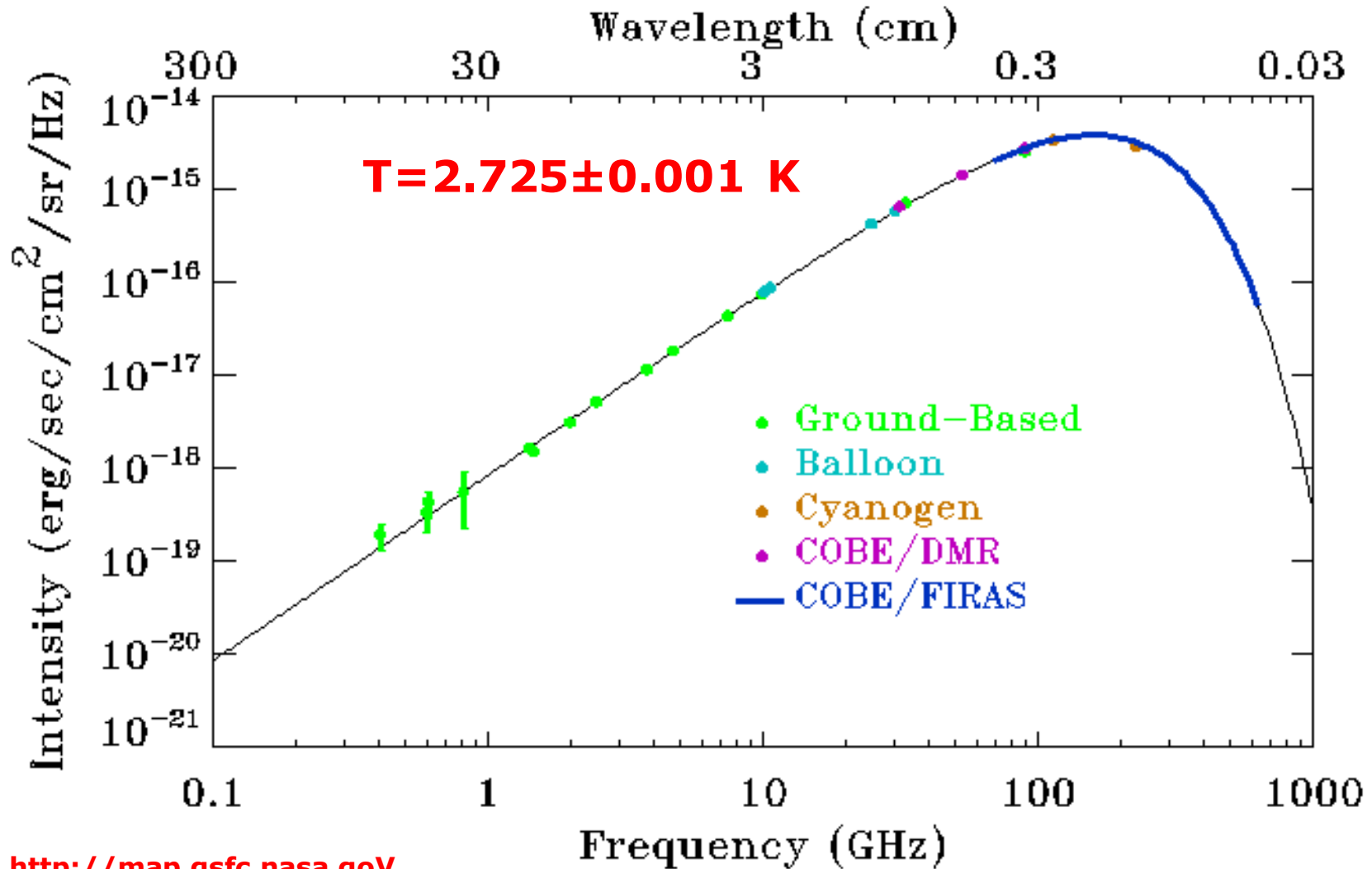
 *The APM Galaxy Survey*
Maddox et al

9.3.El Principio Cosmológico

El Universo es homogéneo e isótropo.



9.3.El Principio Cosmológico

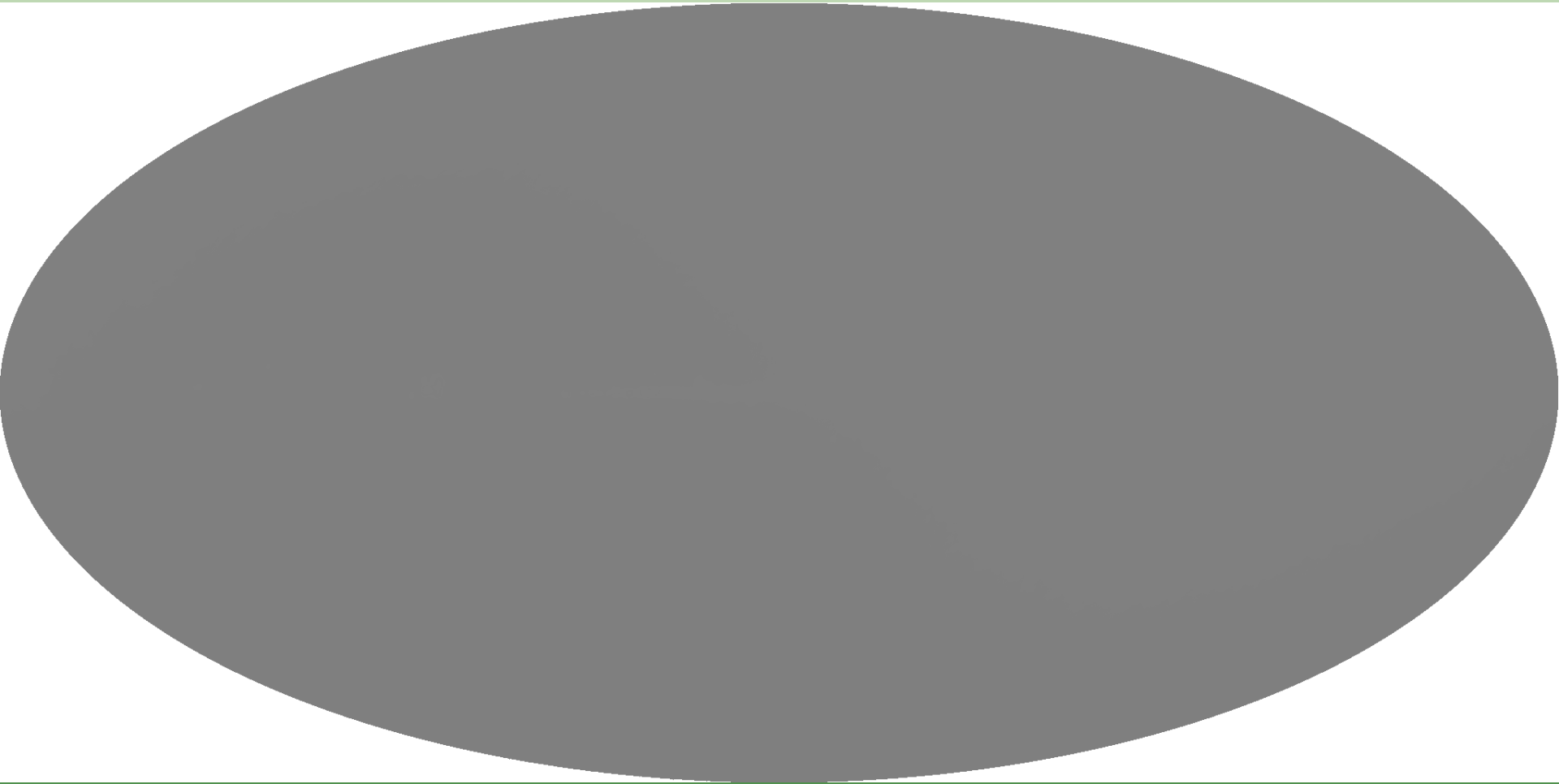


<http://map.gsfc.nasa.gov>

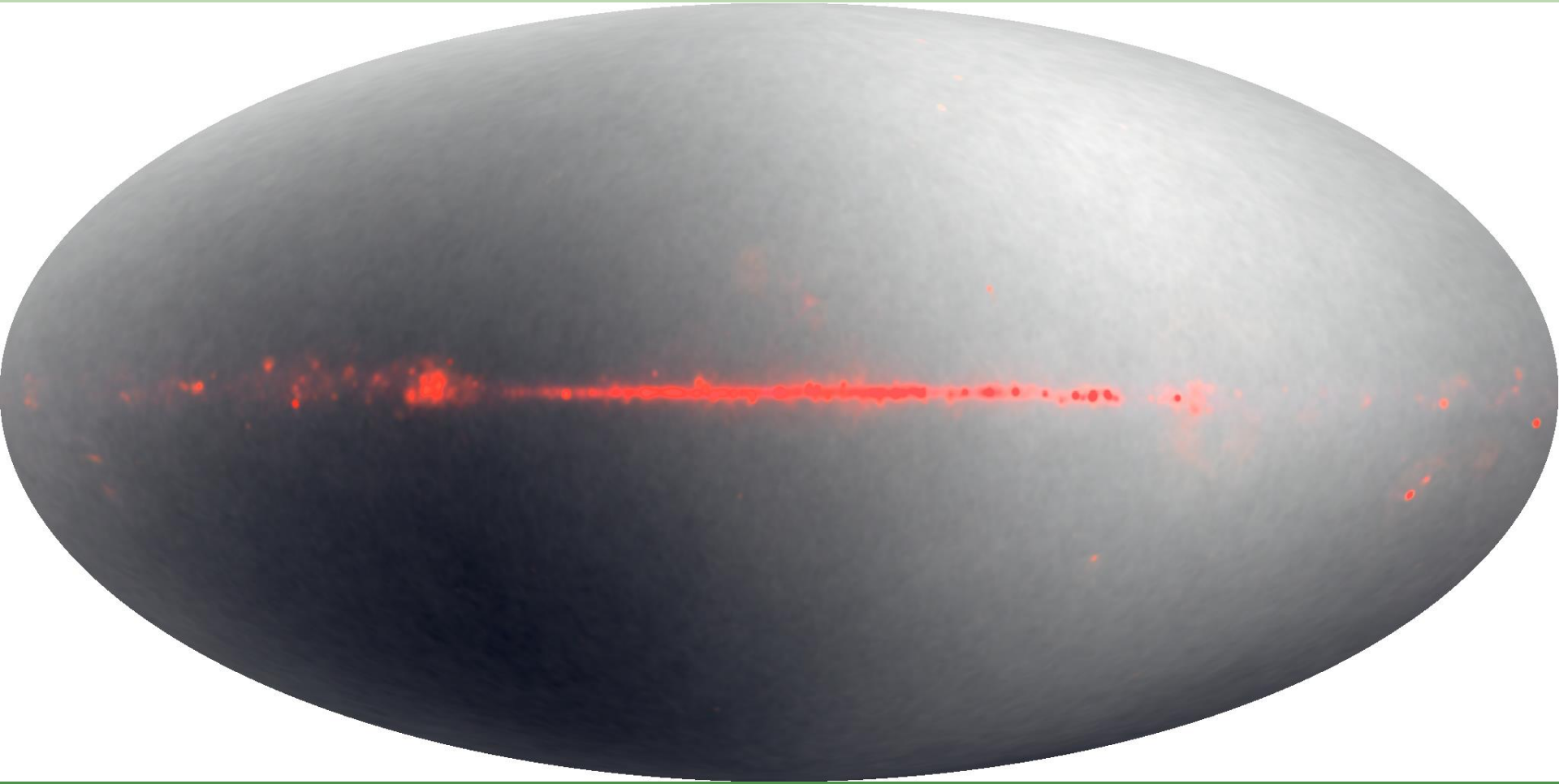
<http://www.astro.psu.edu>



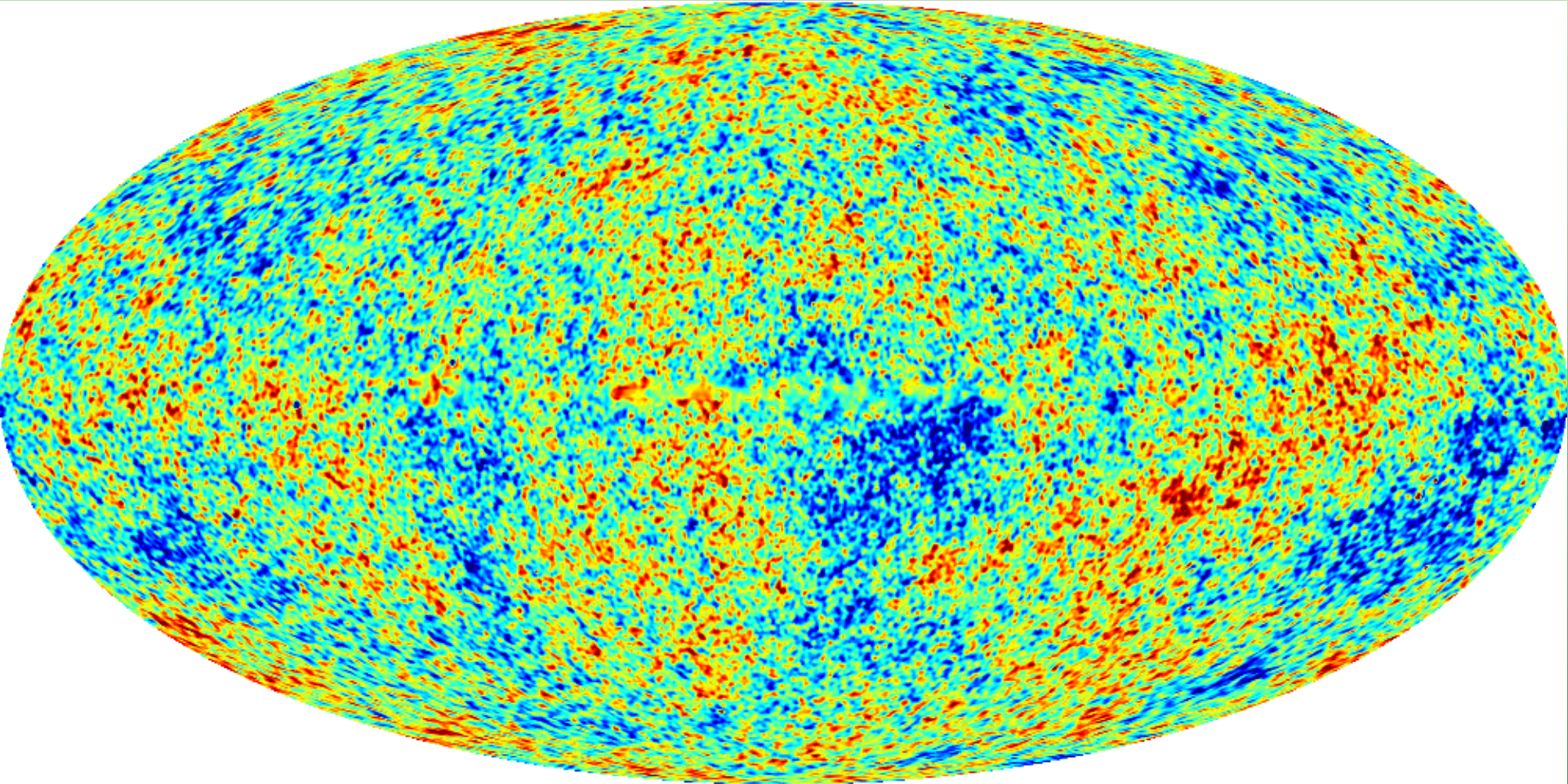
9.3.El Principio Cosmológico



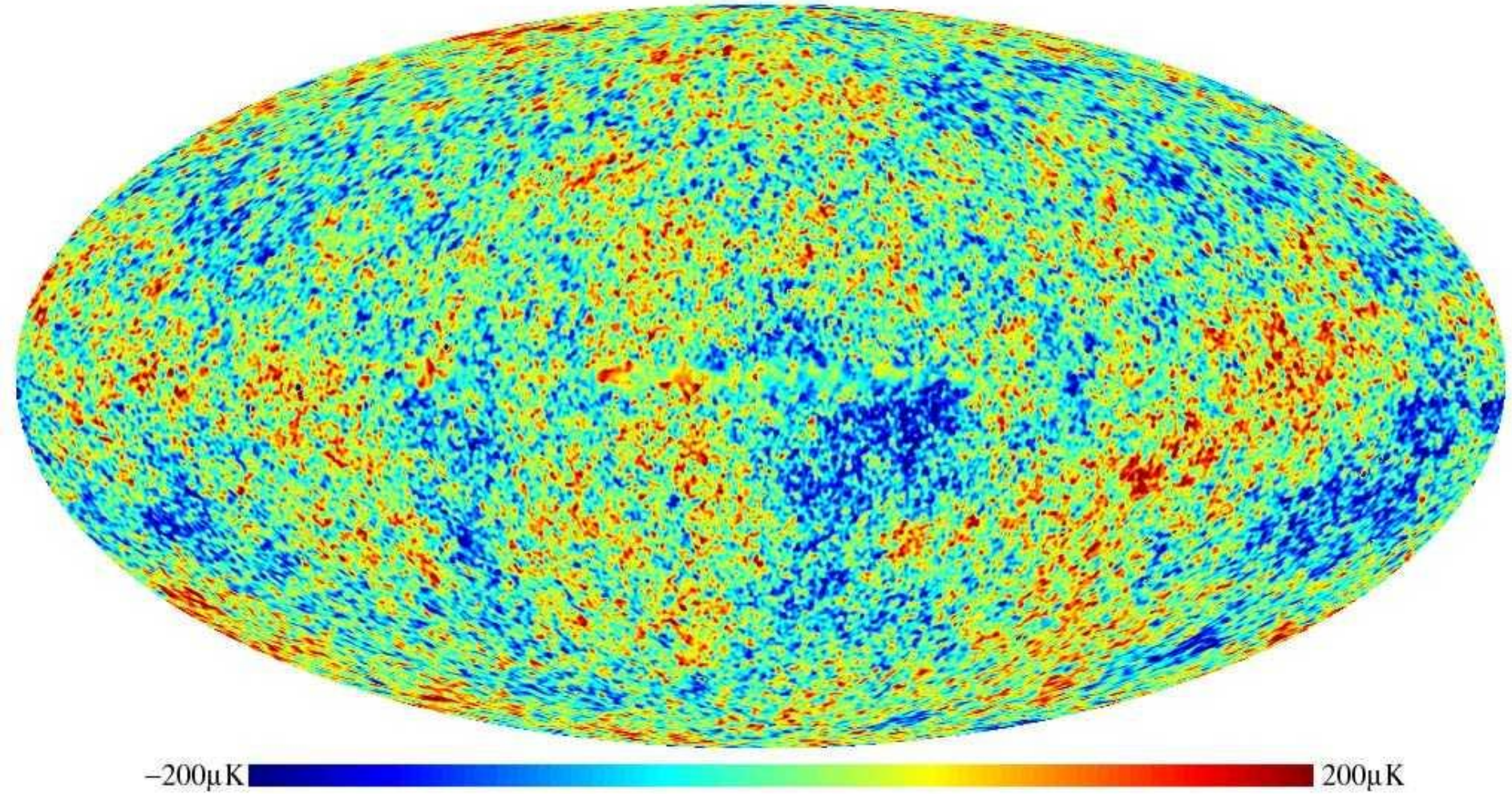
9.3.El Principio Cosmológico



9.3.El Principio Cosmológico

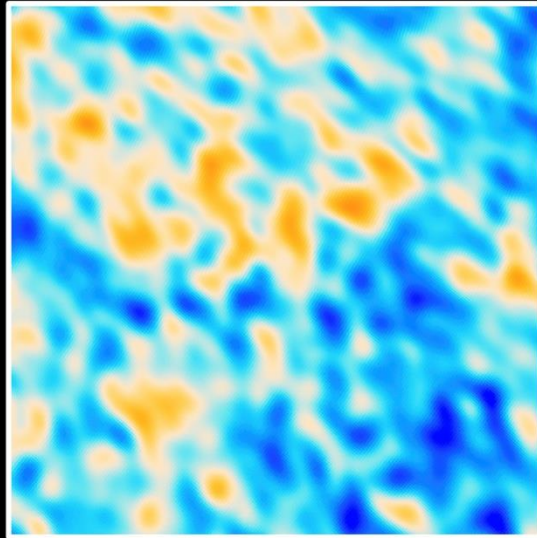
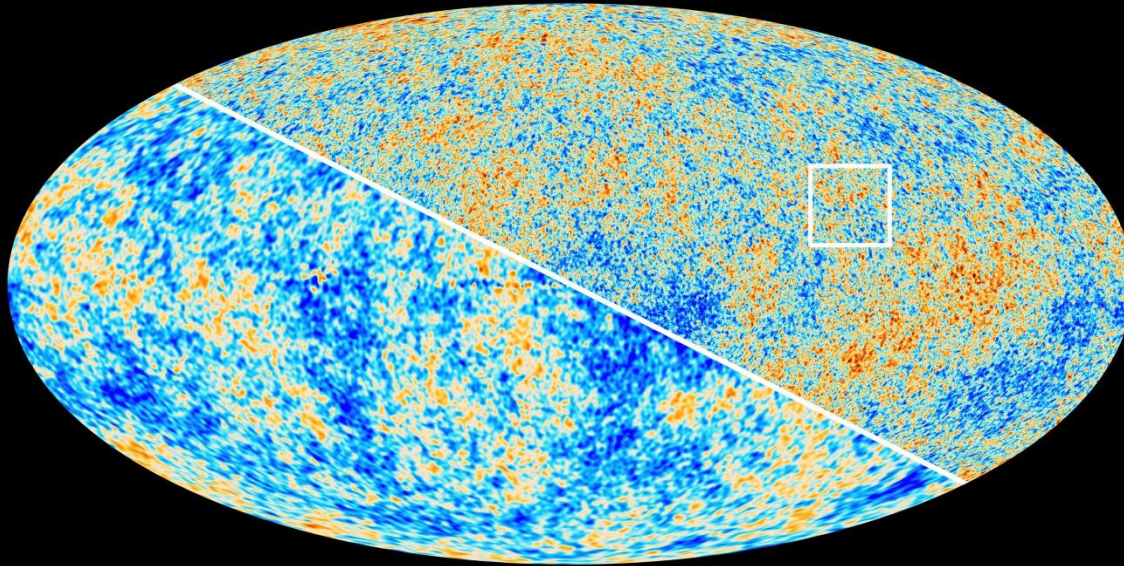


9.3.El Principio Cosmológico

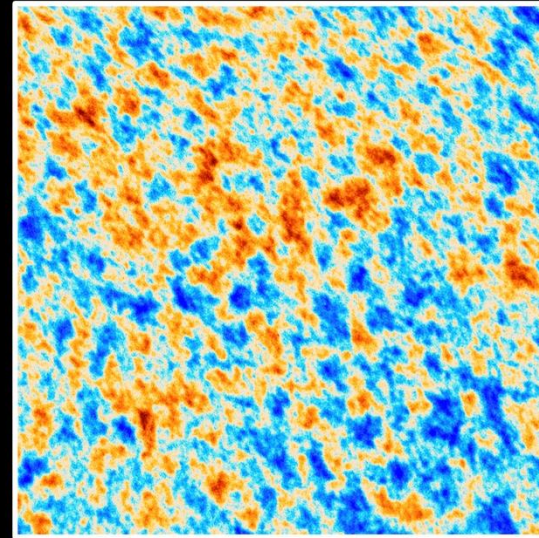


9.3.El Principio Cosmológico

The Cosmic Microwave Background as seen by Planck and WMAP



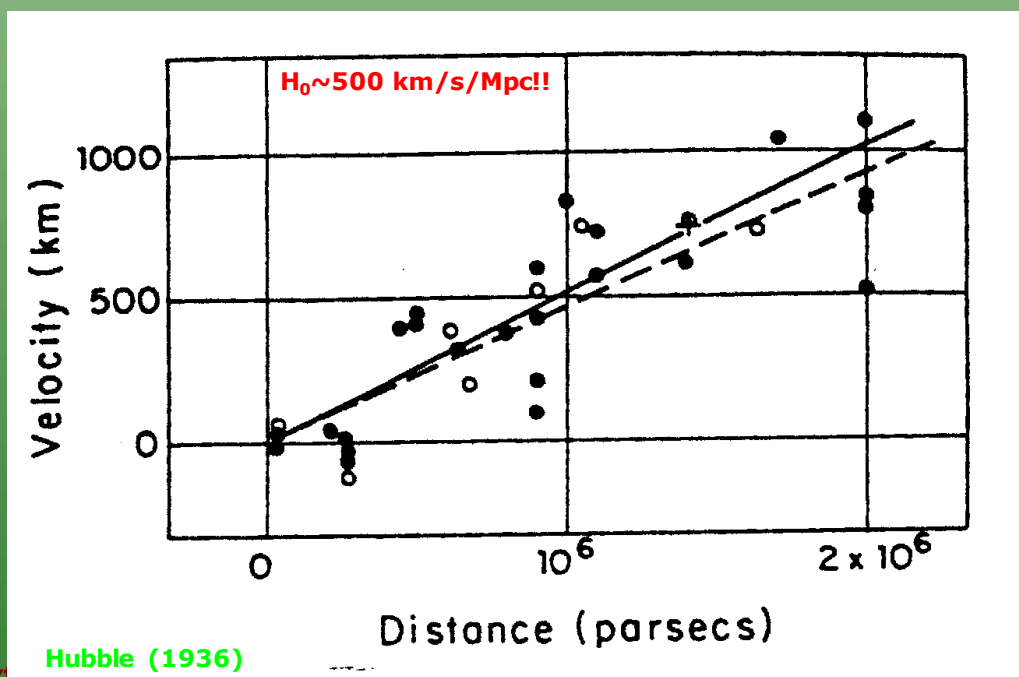
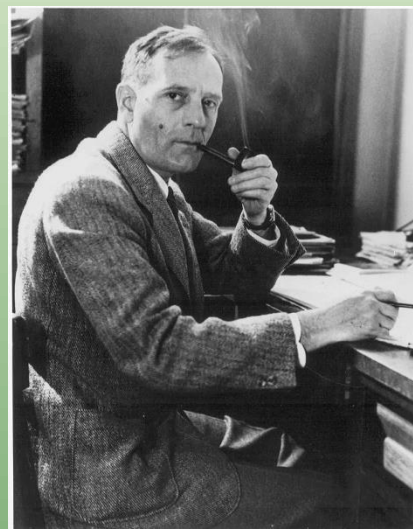
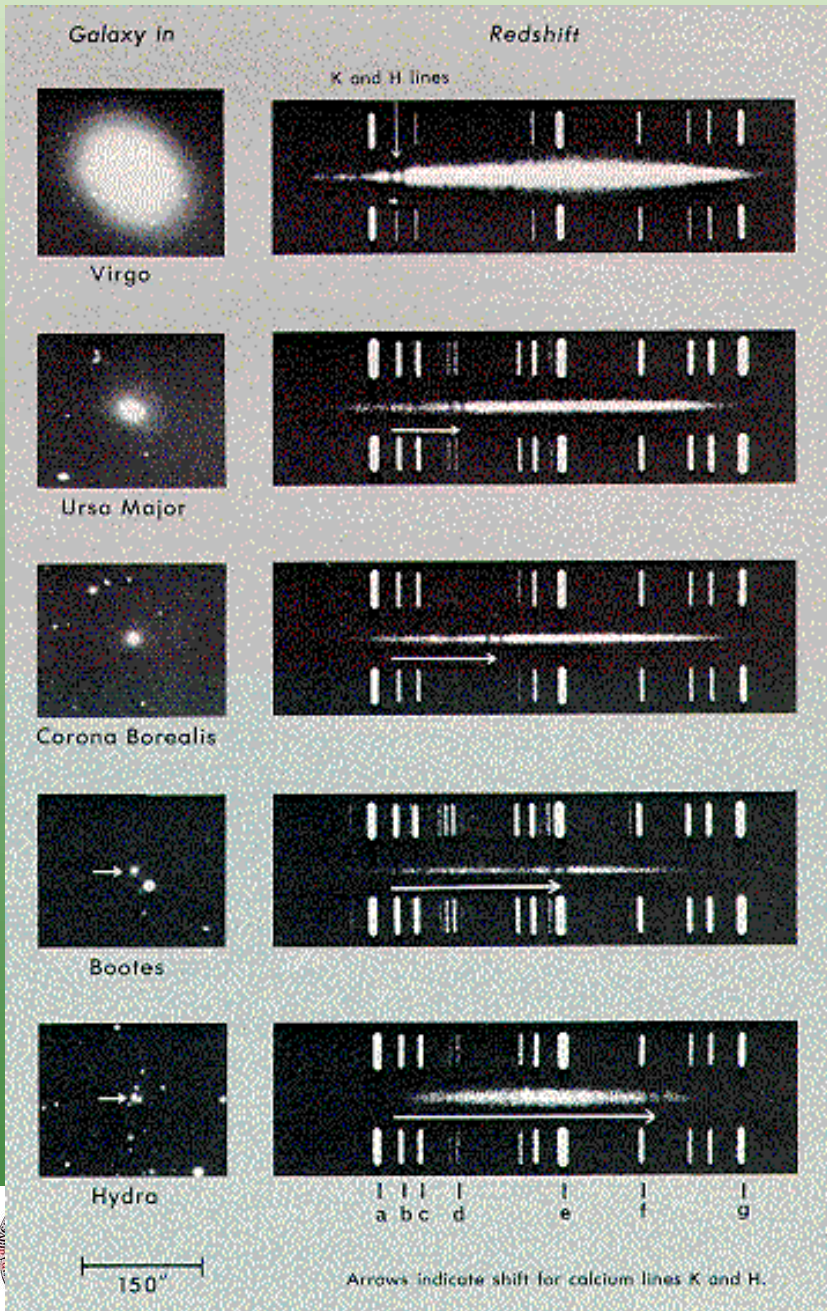
WMAP



Planck

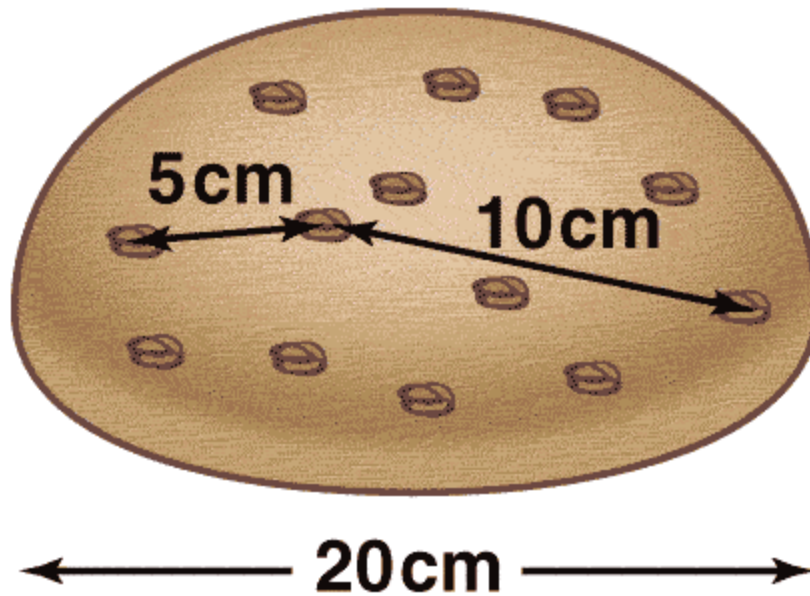


9.4.Recesión de las galaxias



9.4.Recesión de las galaxias

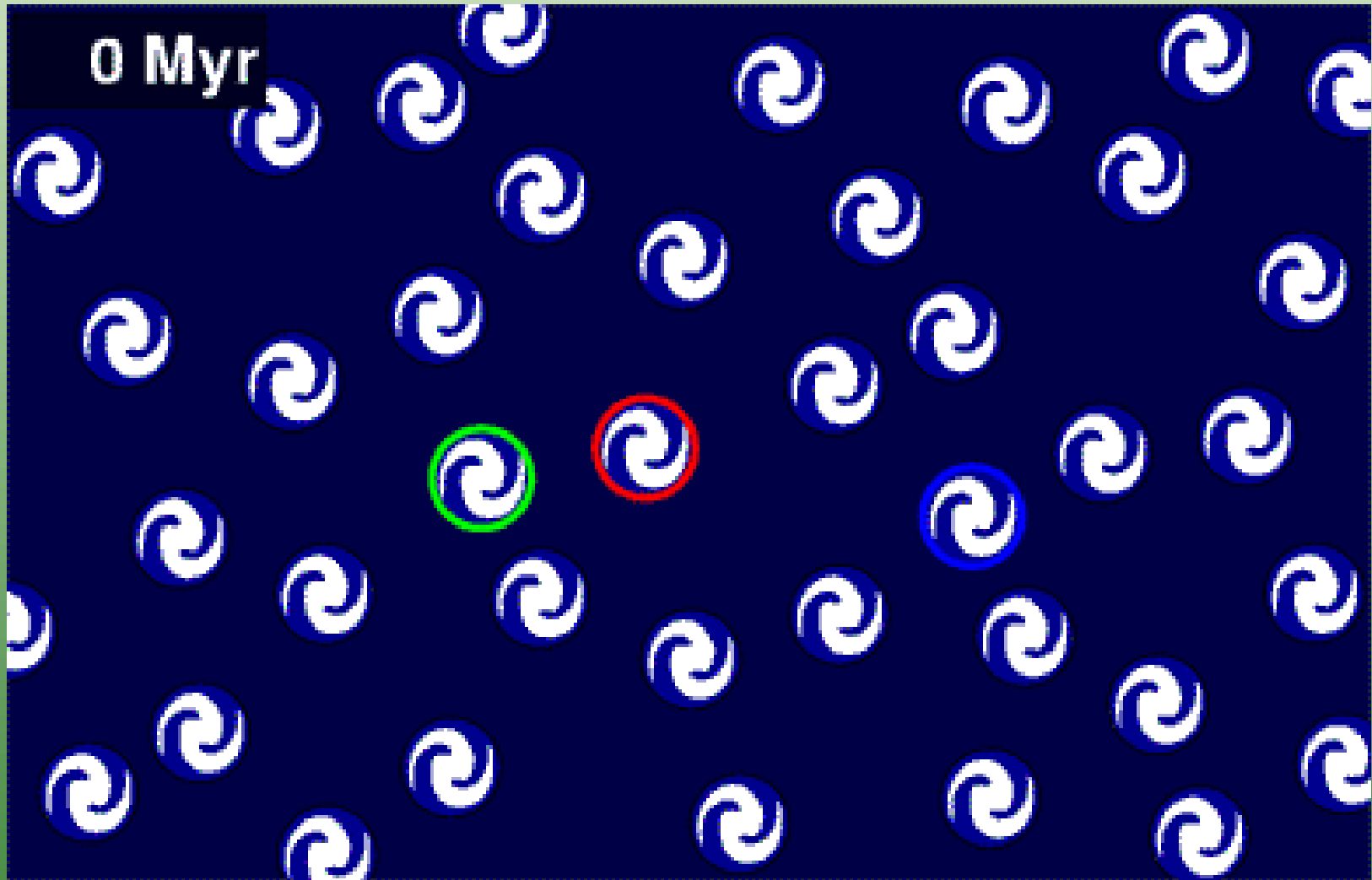
wikipedia



MAP990404

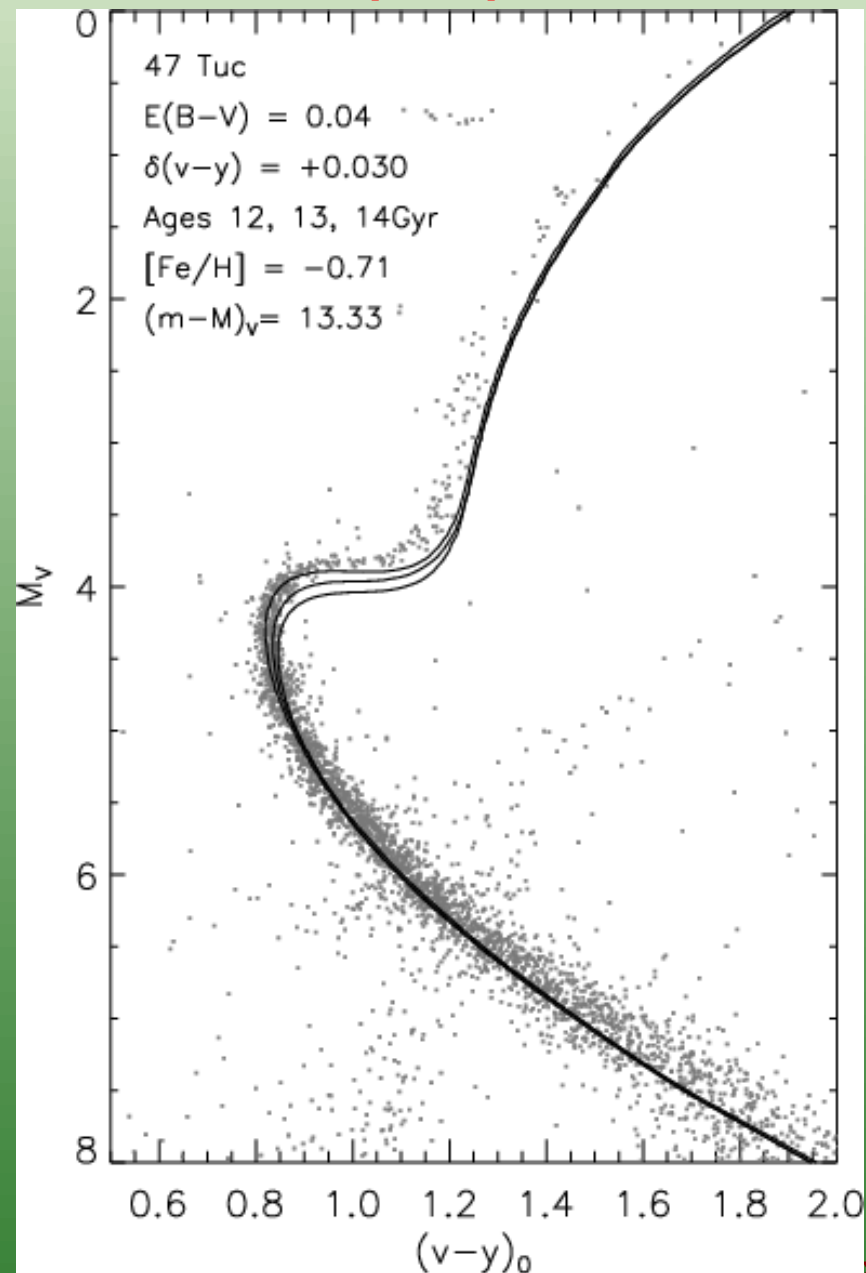


9.4.Recesión de las galaxias

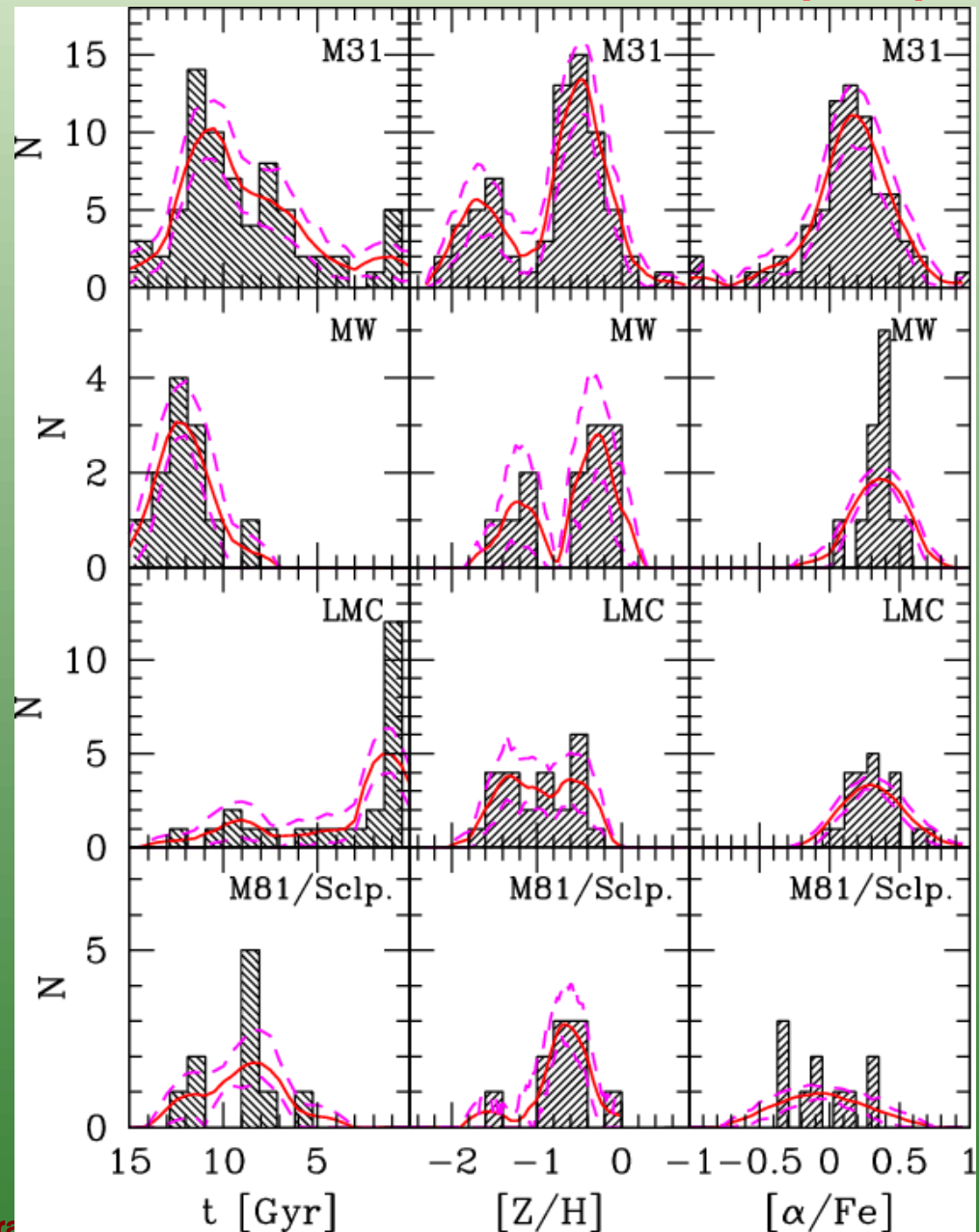


9.5. La edad del Universo

Grundahl et al. (2002)



Puzia et al. (2005)



9.5. La edad del Universo

Method	Value [Gyr]	+Errorbar	-Errorbar
Elements	14.5	+2.8	-2.5
Old Stars	14.4	+2.2	-2.2
GC MSTO	12.2	+1.3	-1.3
Disk WDs	11.5	+infinity	-1
GC WDs	12.8	+1.1	-1.1
Weighted Mean	12.94	+0.75	-0.75

<http://www.astro.ucla.edu/~wright/age.html>



9.5. Conteo de galaxias

Si consideramos una población de galaxias con una LF constante (en el espacio y en el tiempo), el número de galaxias será:

$$N(r < r_1, L > L_1) = \int_0^{r_1} \int_{L_1}^{\infty} \Phi(L) 4\pi r^2 dL dr = \int_0^{r_1} n(L > L_1) 4\pi r^2 dr$$

Considerando la relación entre la luminosidad L y el flujo S :

$$L = 4\pi r^2 S \Rightarrow dL = 8\pi r S dr \Rightarrow dL = 8\pi \sqrt{\frac{L}{4\pi S}} S dr$$

$$dr = \frac{1}{4} S^{-\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} \pi^{-\frac{1}{2}} dL$$

$$N(S > S_1) = \int_0^{\infty} n(L) \frac{L}{S} \frac{1}{4} S^{-\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} \pi^{-\frac{1}{2}} dL$$

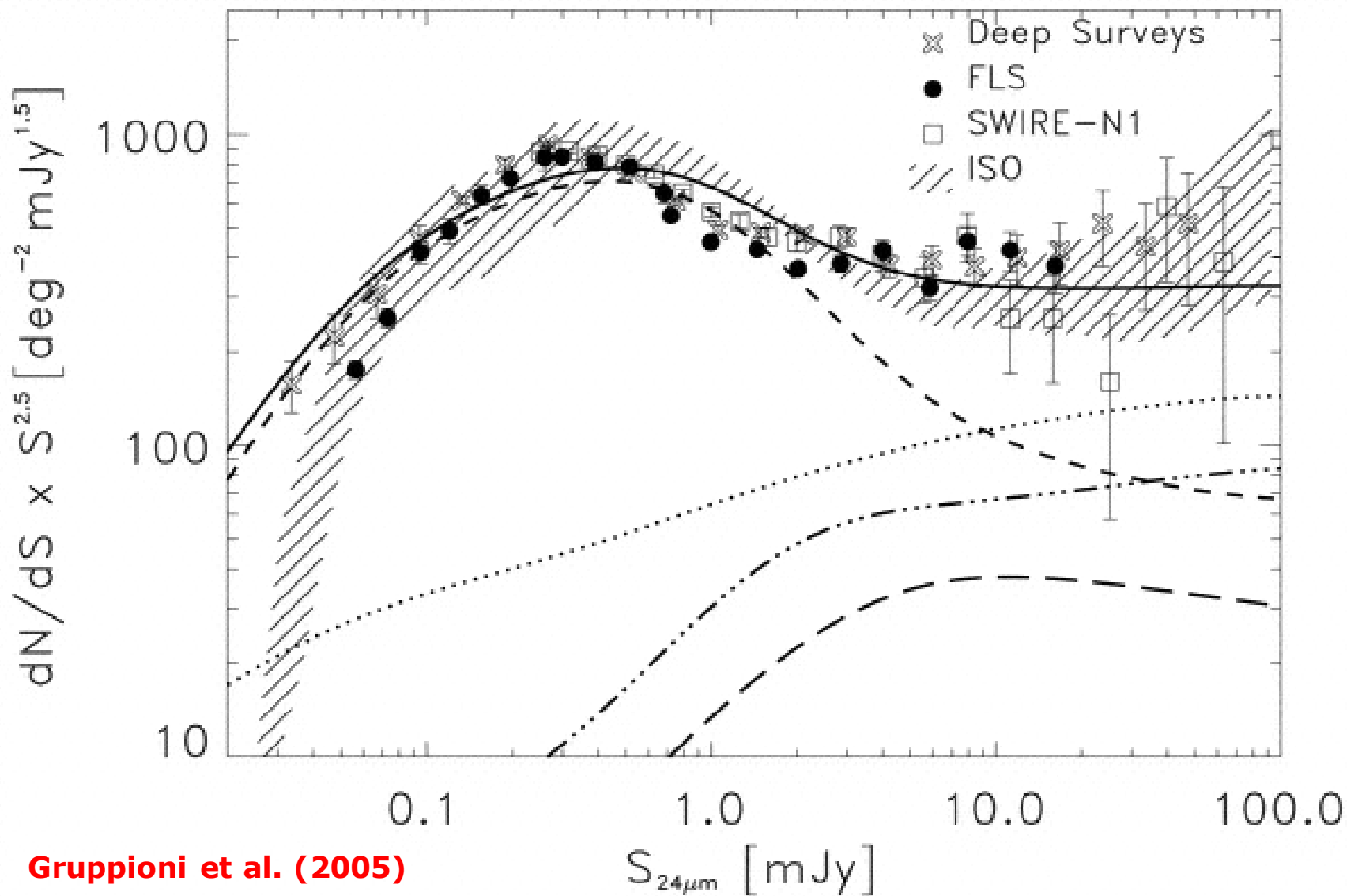
$$N(S > S_1) \propto S^{-\frac{3}{2}} \int_0^{L_1} n(L) L^{\frac{1}{2}} dL$$

Si la LF es constante, entonces N es proporcional a $S^{-3/2}$ y dN/dS es proporcional a $S^{-5/2} = S^{-2.5}$. Esta dependencia se conoce como la pendiente euclidiana.

Las NC medidas nos dicen que el Universo no puede ser Euclidiano (plano), estático y/o infinito.



9.5. Conteo de galaxias



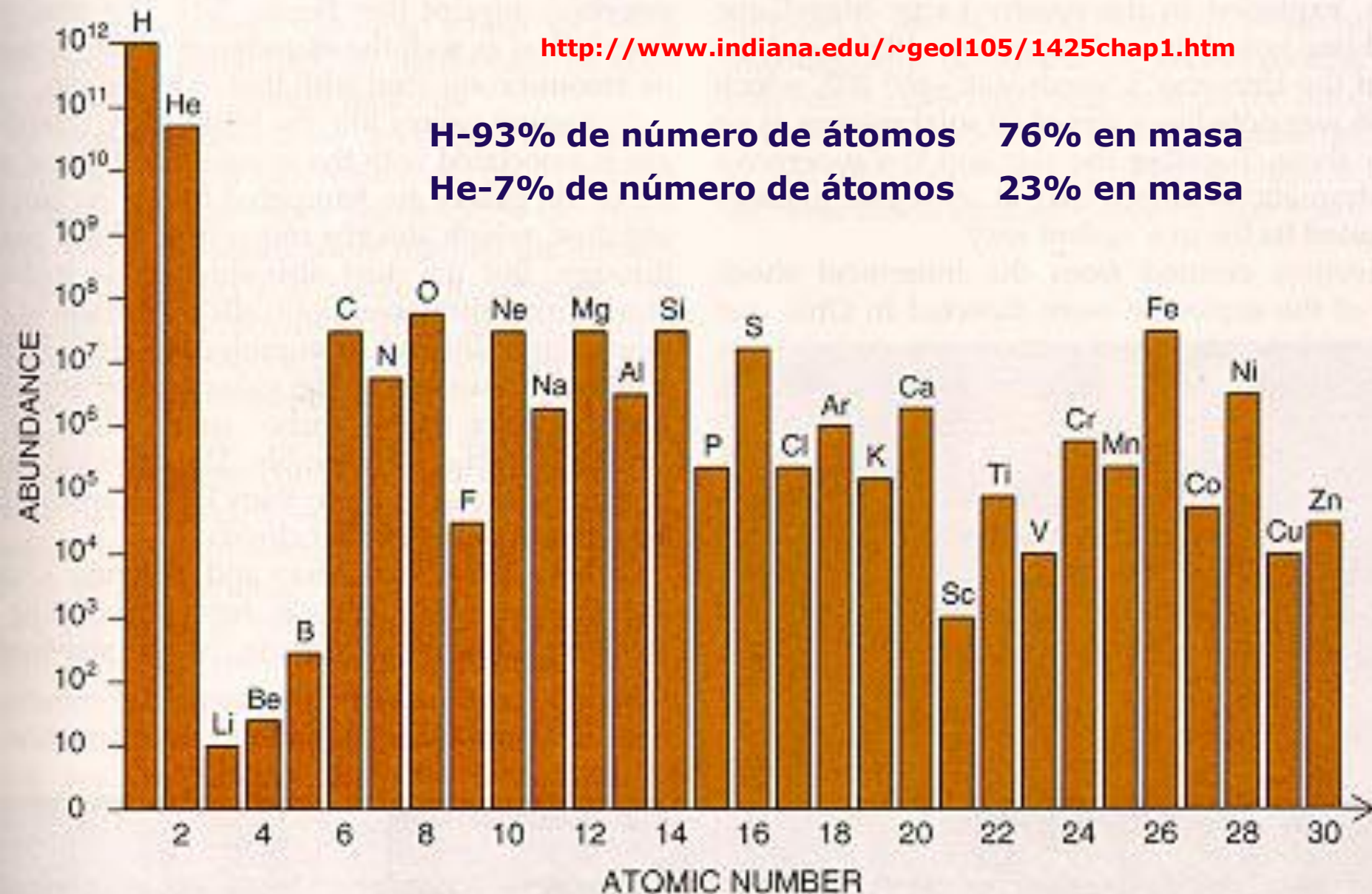
Gruppioni et al. (2005)



9.6.Composición química del Universo

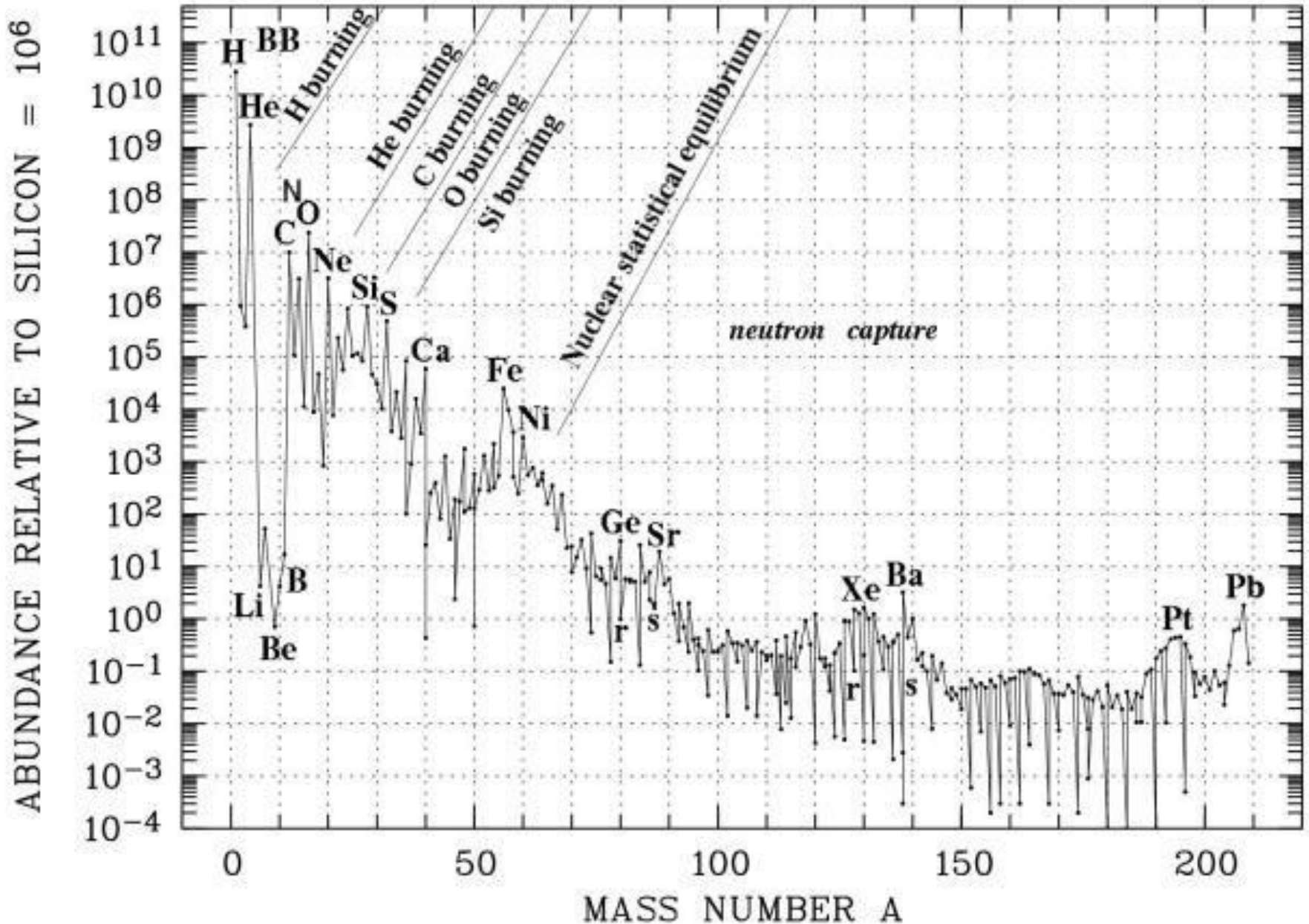
<http://www.indiana.edu/~geol105/1425chap1.htm>

H-93% de número de átomos 76% en masa
He-7% de número de átomos 23% en masa

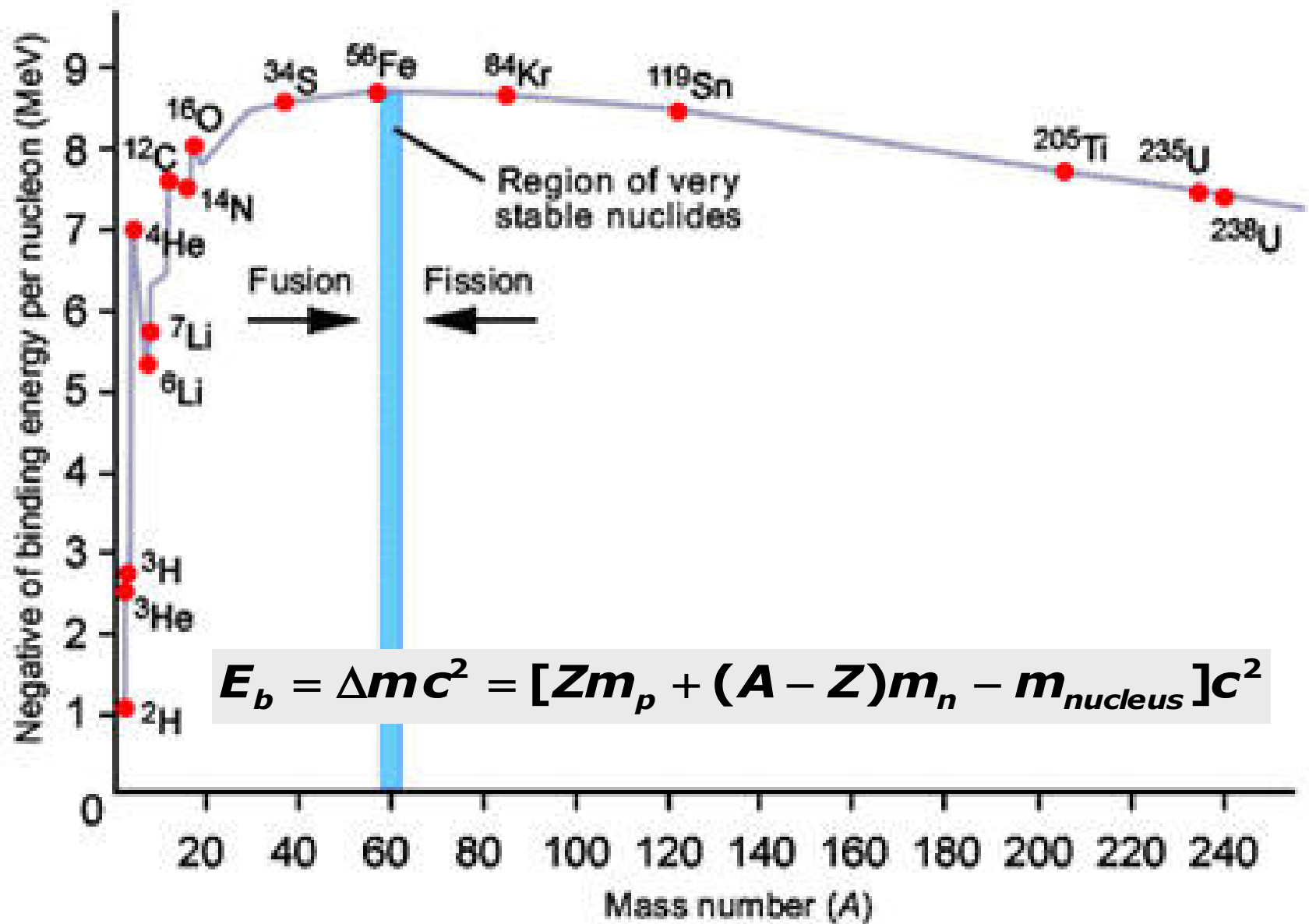


9.6. Composición química del Universo

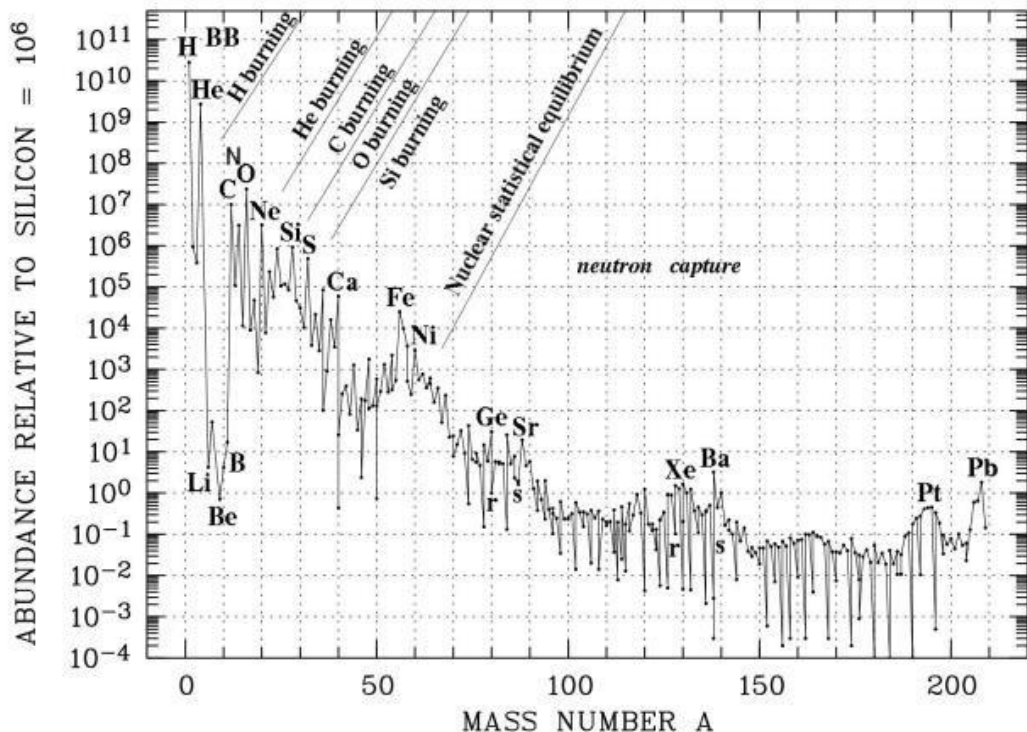
<http://universe-review.ca/I14-08-elements.jpg>



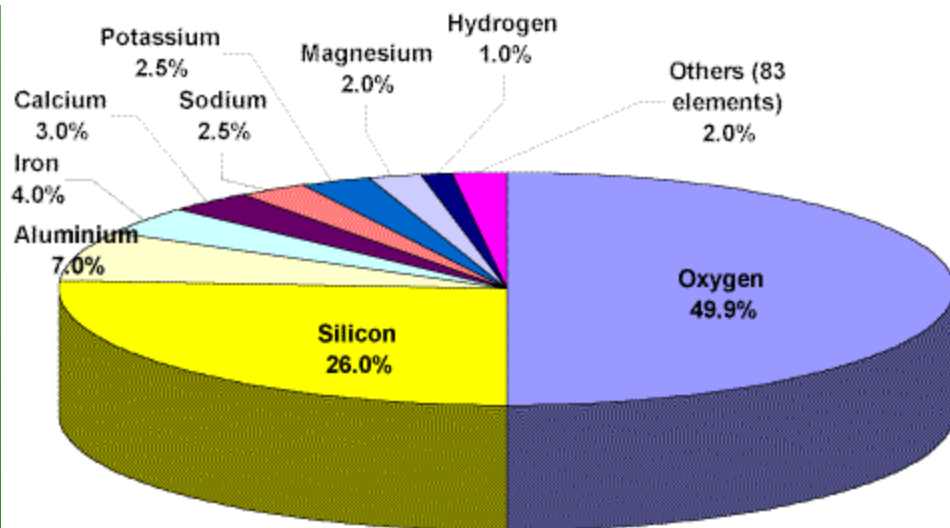
9.6. Composición química del Universo



9.6. Composición química del Universo



<http://www.chem.latech.edu/~upali/chem281/281GRc2.htm>



Resumen

• **Distintos observables nos dicen (en algunos casos la evidencia no es definitiva):**

- ▶ **Que el Universo es homogéneo e isótropo.**
- ▶ **Que el Universo tiene una edad finita.**
- ▶ **Que el Universo no debe ser plano, estático y/o infinito.**
- ▶ **Que el Universo se expande.**
- ▶ **El Universo está dominado por hidrógeno (76% en masa) y helio (23% en masa).**

