

# Magnetismo terrestre

- “Cuando yo navegué de España a las Indias fallé luego, en pasando cien leguas a Poniente de los Azores, grandísimo mudamiento en el cielo e en las estrellas y en la temperatura del aire...
- Fallo que de Septentrión en Austro, pasando cien leguas de las dichas islas, que luego en **las agujas de marear**, que fasta entonces nordesteaban, noruestean una cuarta de viento todo entero...
- Cuando allí estoy, hallo que la estrella del norte escribe un círculo, el cual tiene en el diámetro cinco grados...
- ...me puse a tener esto del mundo y fallé que no era redondo en la forma que escriben; salvo que es de la forma de una pera que sea toda muy redonda, salvo allí donde tiene el pezón, que allí tiene más alto, o como quien tiene una pelota muy redonda y en un lugar de ella fuese como una teta de mujer allí puesta...

- Tercer viaje de Cristóbal Colón

# El magnetismo de la Vía Láctea

- Eduardo Battaner
- Universidad de Granada



- IX Semana de la Ciencia y la Tecnología
- Universidad de Oviedo



11/17/09

# Etimología

- Indoeuropeo: magh = tener poder
- Desmayar, mago, magia, meiga, magnetismo.
- Magnetizar (RAE)
  - Comunicar a un cuerpo la propiedad magnética
  - Hipnotizar
  - Fascinar a una o varias personas
- El Universo magnético



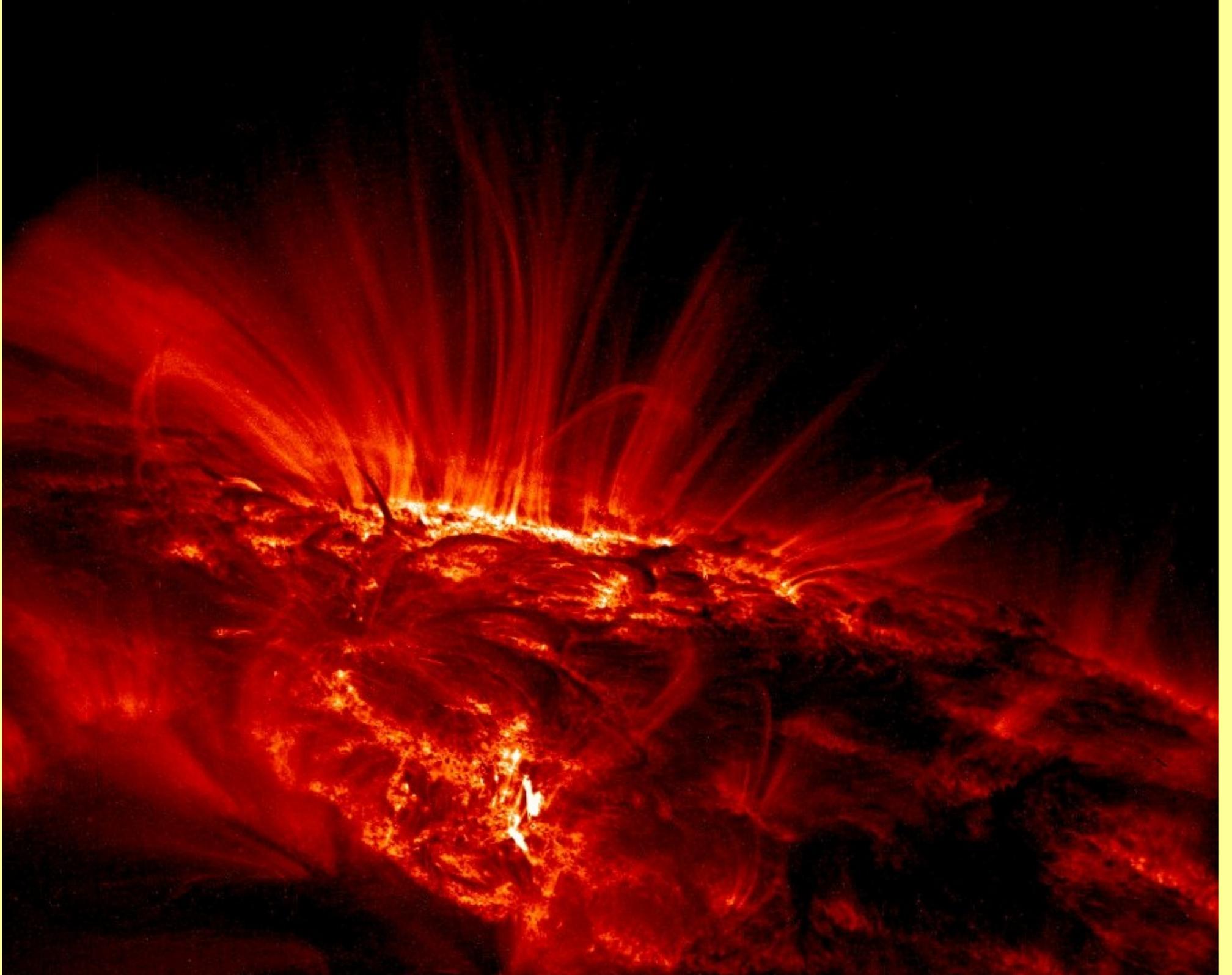
# Líneas de campo

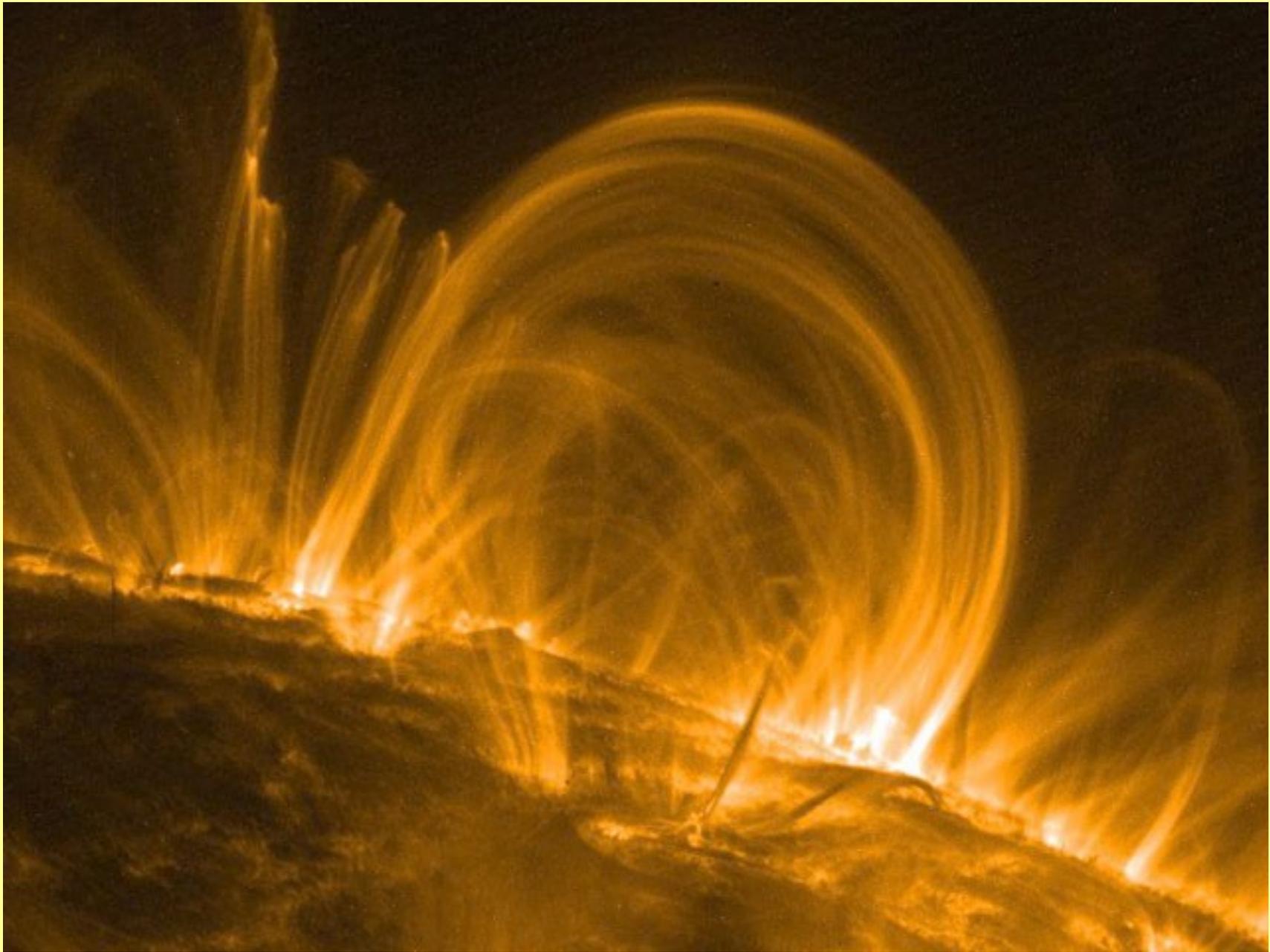
- Propiedades de las líneas de campo
- De igual forma que un electrón se representa como un punto, el campo magnético se materializa con unas líneas de campo.
- No tienen ni principio ni fin (en el espacio)
- No tienen ni principio ni fin (en el tiempo)
- Forman bucles o van del infinito al infinito.
- No se crean ni se destruyen
- Sólo se retuercen, se juntan, se separan, se ordenan...



11/17/09

Oviedo, noviembre 2009





11/17/09

Oviedo, noviembre 2009

# La magia de la astrofísica

- Los astrofísicos no podemos experimentar.
- Sólo observar
- Pero... con respecto a otros científicos, tenemos propiedades mágicas:
- Podemos ver el pasado
- Podemos ver el ultravioleta
- Podemos ver el microestado
- Podemos ver surgir el orden del caos

# El imán

- El juguete por excelencia
- La brújula
- Indio, persa, árabe, japonés, chino?

A España llegó en el siglo XIII

(Partidas, de Alfonso X; Arbre de Sciencia, R. Llull)

# Podemos “ver” el pasado

- La luz tiene una velocidad finita.
- Lo vemos todo con retraso temporal.
- El Sol está a 8 minutos-luz
- Las estrellas del cielo a unos 10 años-luz
- Las galaxias a varios millones de años luz
- Como el tiempo de vida del Universo es finito, hay un “horizonte Relativista”

# Espacio y tiempo

- En el Cosmos, lo lejano y lo antiguo coinciden.
- Distancia, tiempo, tamaño del Universo, velocidad (Ley de Hubble), desplazamiento al rojo.

# Algunas relaciones

$$v = H_0 r$$

$$H_0 = 71 \text{ km}/(\text{s Mpc})$$

$$z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$$

$$z = v / c$$

$$R_0 / R = 1 + z$$

$$R = R(t)?$$

# Tablita

- $Z=0.003$ , 47 M al,  $v=900$  km/s
- $Z=0.3$ , 4.6 G al,  $v=90000$  km/s
- $Z=1$ , 12 G al,  $v=3/5c$
- $Z=5$ ,  $v=12/13c$ , el Universo era 6 veces más pequeño que hoy.
- $Z=10$ ,  $v=99/101c$ , la galaxia más lejana.
- Usted está a  $10^{-8}$  segundos-luz de mí

# Podemos ver el ultravioleta

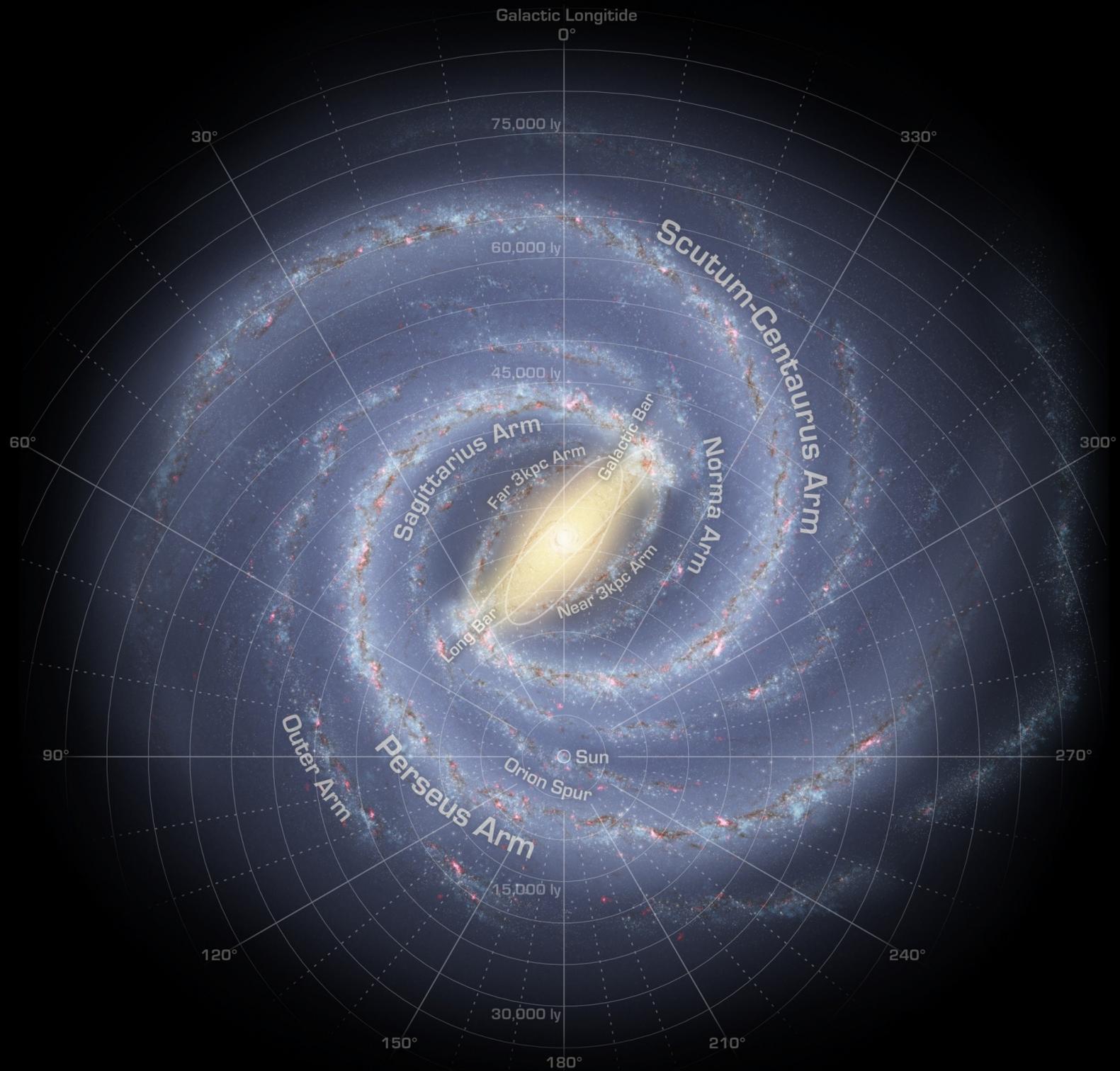
- Por efecto del desplazamiento al rojo.
- Podemos ver la raya Lyman alpha
- Podemos ver el fondo cósmico de microondas (ondas milimétricas)

# Podemos ver el microestado

- El sueño de un termodinámico
- Distribución de velocidades
- Una galaxia es un gas de estrellas
- Elipsoide de Schwarzschild
- En las galaxias lejanas vemos el macroestado







# CMB

Hay algo mucho más lejano:

CMB = Cosmic Microwave Radiation

=Radiación de fondo=

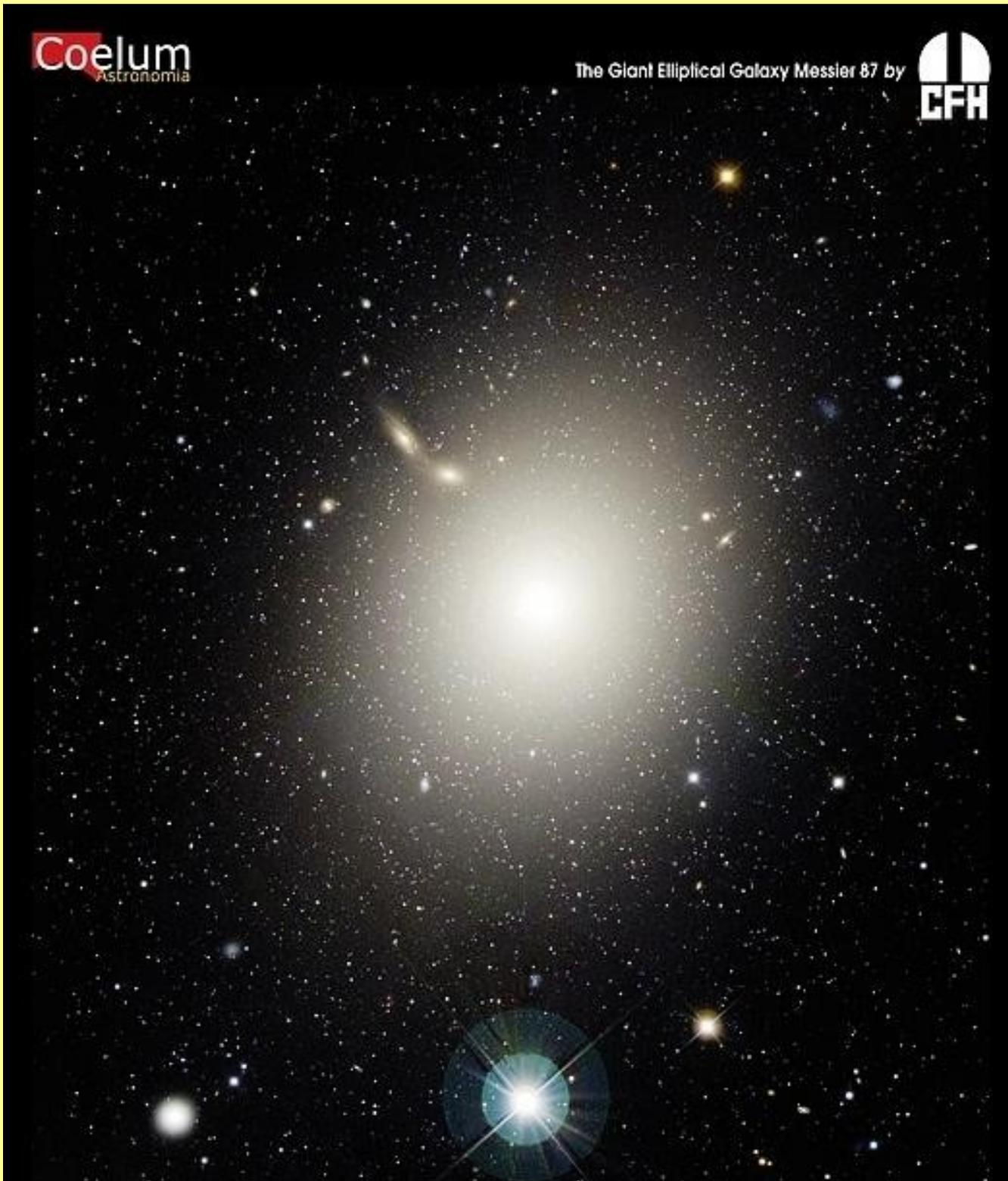
Radiación Cósmica de Microondas

Está a  $z = 1100$ ; el Universo 1100 veces más pequeño, unos 400000 años después del Big-Bang (Hoy 14 mil millones de años)



11/17/09

Oviedo, noviembre 2009



# El caos crea orden

- El magnetismo de la Vía Láctea
- Las líneas del campo magnético, no salen de ningún sitio, no acaban en ningún sitio.
- **No mueren**
- No nacen...
- Sólo pueden ordenarse o desordenarse
- Amplificarse o disminuir (juntarse o separarse)

log	$N(\text{cm}^{-3})$	T (K)	B(gauss)
Ionosfera	3, 6	2, 3	-1, -3
Interplanet	1, 4	2, 3	-6, -5
Sol	8, 12	4, 7	-5, 1
Interior *	27	7	-
HII	2, 3	3, 4	-6
HI	-3	2	-6
Púlsares	12, 42	-	12
Interestelar	-3, 1	2	-6, -5
Intergaláctico	-4	5, 9	-6
CMB	4	3	-4, -2
Universo	-5	?	-8, -6

# Orden

- El efecto dinamo. Crea el campo.
- También los planetas
- Hace falta un líquido conductor en un planeta con rápido giro.
- El giro hace que el líquido conductor sea turbulento.
- La turbulencia es el fenómeno caótico por excelencia

11/17/09





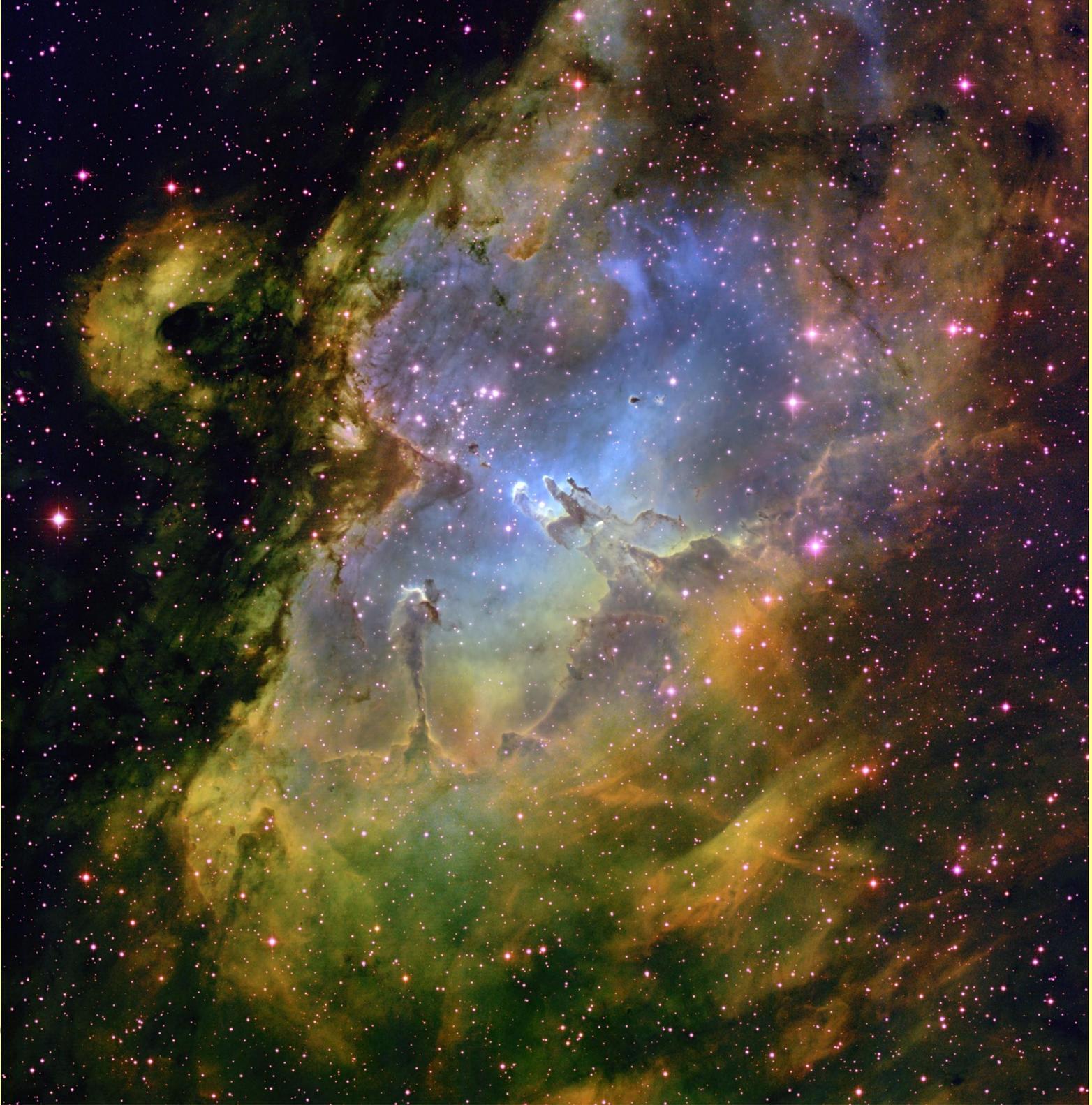
11/17/09

# La “terrible” turbulencia

- Movimiento complicadísimo.
- Teoría difícilísima.
- Aparece en los fluidos ideales. La viscosidad la destruye.
- Pero es la autora de la belleza y de la vida.
- Los mapas son complicados. Tienen muchos colorines.
- Sin turbulencia los mapas serían folios en blanco.
- En la Tierra la turbulencia está en la astenosfera.
- La que crea el campo magnético en el núcleo.
- Sin turbulencia no estaríamos aquí.



11/17/09

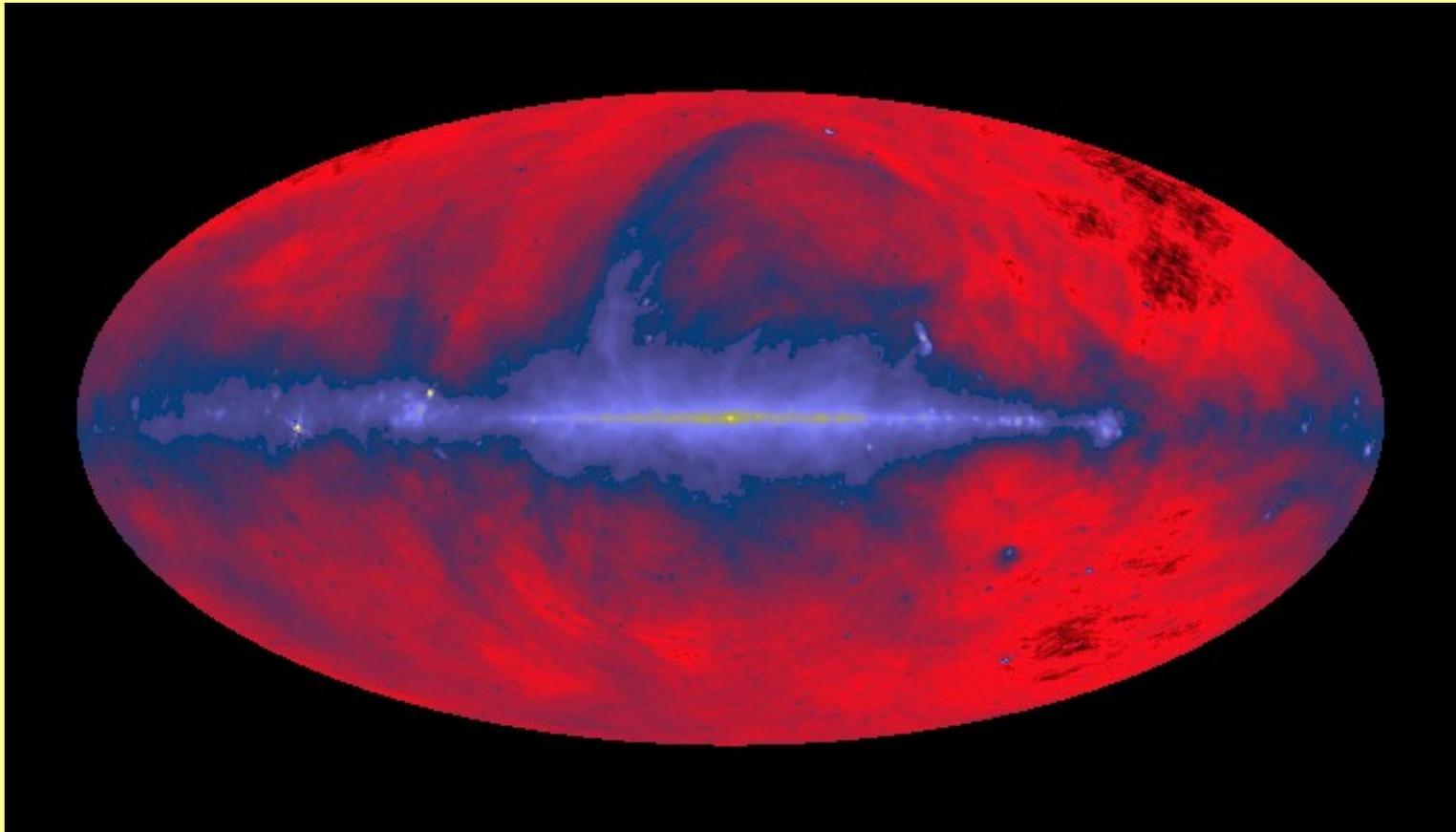


11/17/0



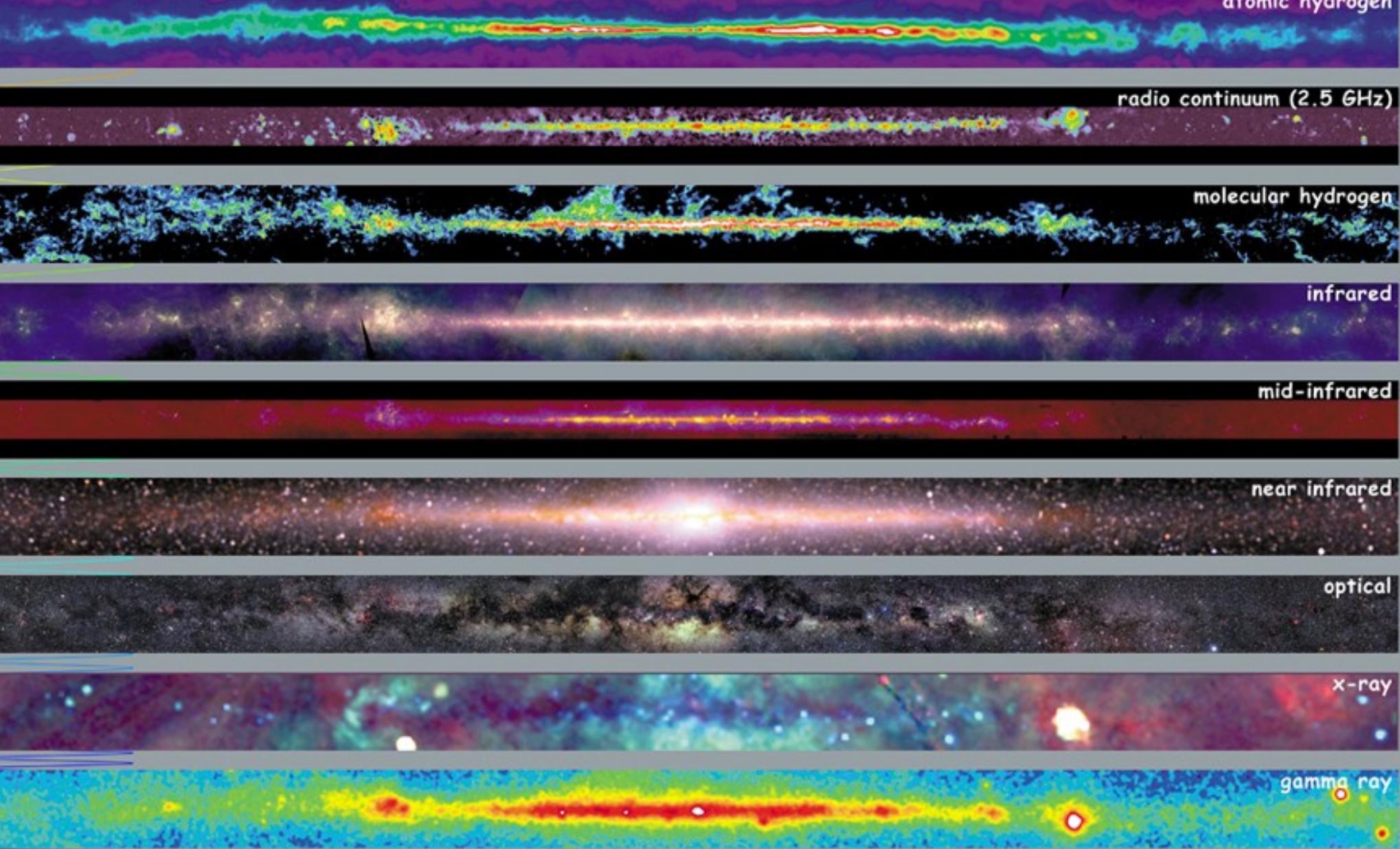
11/17/09

Oviedo, noviembre 2009



11/17/09

Oviedo, noviembre 2009



<http://adc.gsfc.nasa.gov/mw>



# Multiwavelength Milky Way

# Turbulencia magnetohidrodinámica

- Mucho más complicada aún.
- Velocidad ---> Campo
- Campo ---> Velocidad.
- El campo magnético cósmico está “congelado”.
- Está como “pinchado” en el medio interestelar.
- Los remolinos turbulentos amplifican el campo y lo desordenan. Producen eyecciones (Buen ejemplo: el viento solar)



# Dinamo galáctica

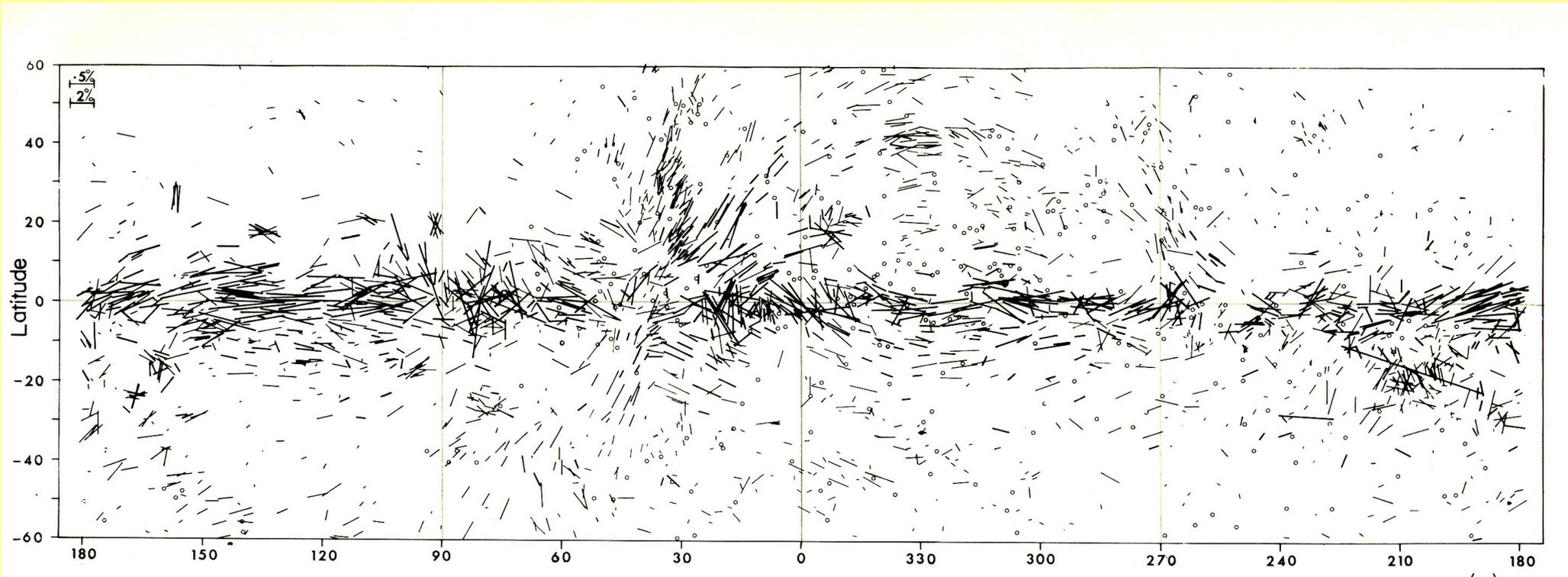
- No todo es caos
- Debido a la fuerza de Coriolis el gas que asciende gira en un sentido; el que desciende en el contrario.
- Orden del campo: las líneas de campo son círculos en torno al eje de rotación galáctica.
- O a veces tienen estructura espiral, como los brazos espirales.

# ¿Cómo se mide?

- El efecto Zeeman
- “Scattering” por moléculas orientadas por el campo magnético
- Radiación sincrotrón
- Radiación sincrotrón polarizada
- Rotación de Faraday
- Depolarización Faraday

# Faraday

- Muchos años antes, M. Faraday, en su búsqueda de la unificación de la luz, la electricidad, el magnetismo y la gravedad, puso un potente electroimán en el camino de un rayo de luz polarizada, encontrando lo que hoy se llama Rotación de Faraday. Este efecto puede ser el que nos sirva para medir el campo magnético en una época muy próxima al Big-Bang.



11/17/09

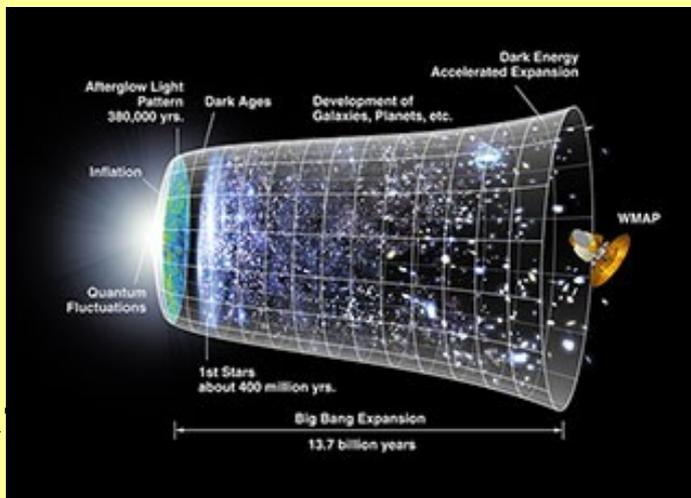
Oviedo, noviembre 2009

# Algo de historia

- Alfven (1943,1970) El campo es duradero
- Fermi (1943,1938) El campo es primordial. Microgauss
- Hoyle (1958) Antes de la galaxia
- **Chandrasekhar** y Fermi (1953,1983) Inestabilidades gravitacionales.
- **Khalatnikov** (?) campo uniforme
- Penzias y **Wilson** (1963,1978) descubrieron CMB
- **Wielebinski** (1962) Sincrotrón polarizada.
- Peebles (1980) Estructuras cósmicas
- Zeldovich y Novikov (1970) Anisotropías magnéticas.
- Lemaître (1933) Universo oscilante

# Lemaître

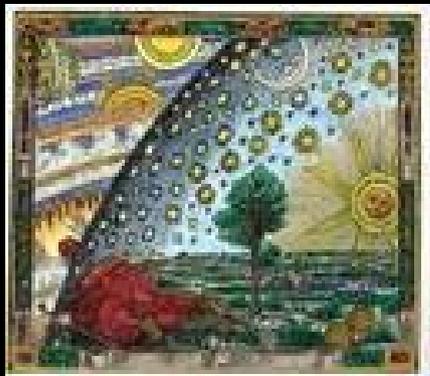
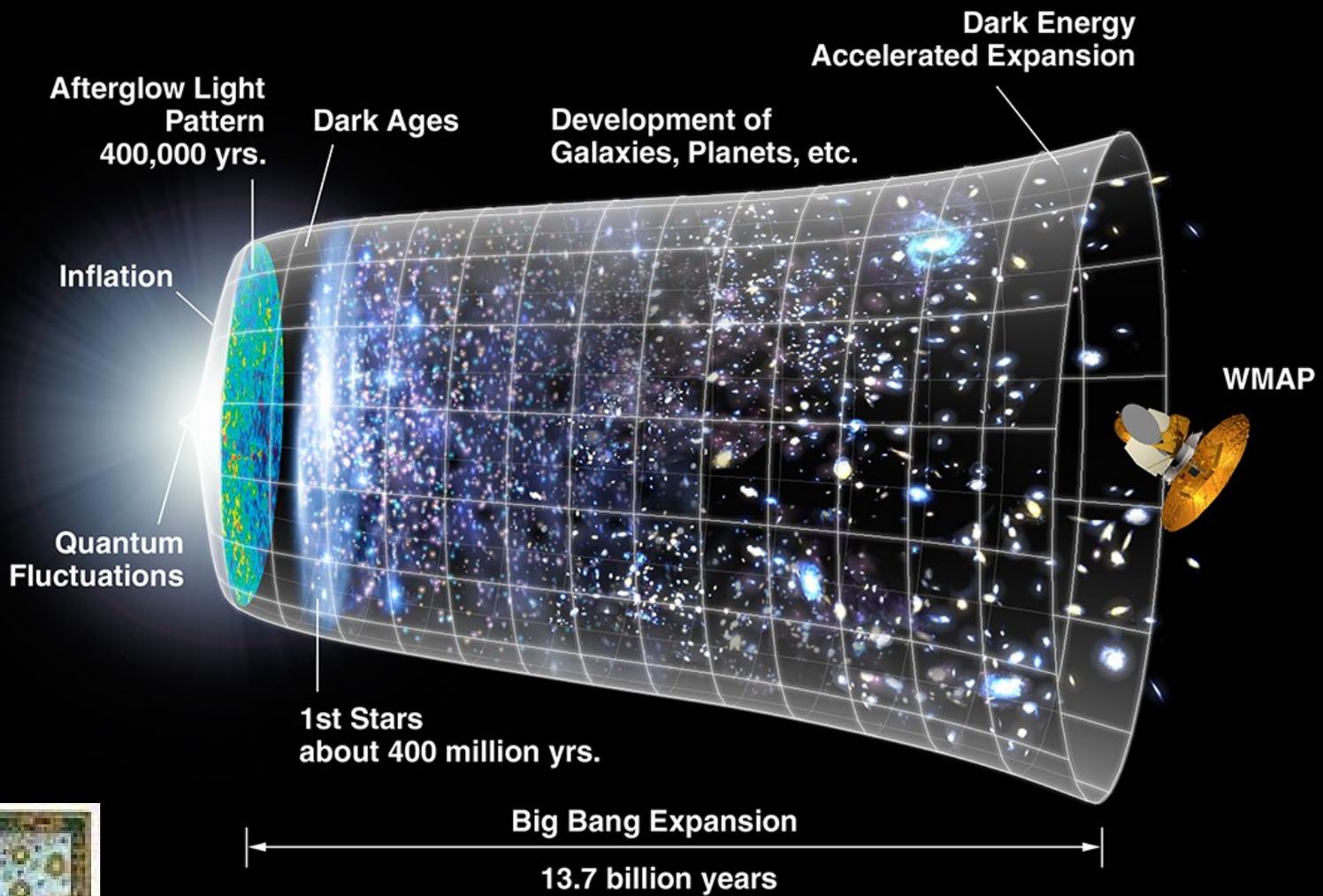
- Lemaître (1933):
- En el Universo cíclico el flujo magnético podría conservarse en el rebote, siendo simiente de futuras galaxias, estableciéndose una conexión entre dos vueltas consecutivas.



Ovieo

# Constraints on primordial magnetic fields

- ¿Se puede detectar un campo magnético primordial con Planck?
- ¿Cuáles son los parámetros que definen el Universo cuando se tiene en cuenta el campo magnético?
- Hay que descontaminar la contribución de la Vía Láctea. Obtención del campo magnético galáctico



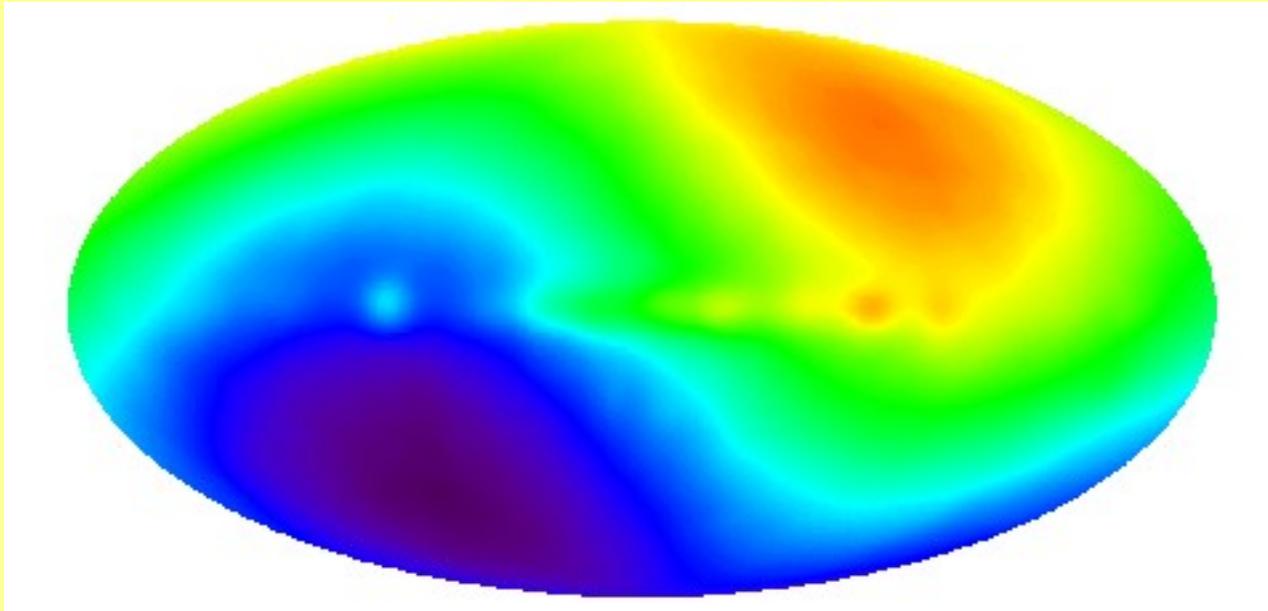
# ISOTROPY OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND



MAP990004

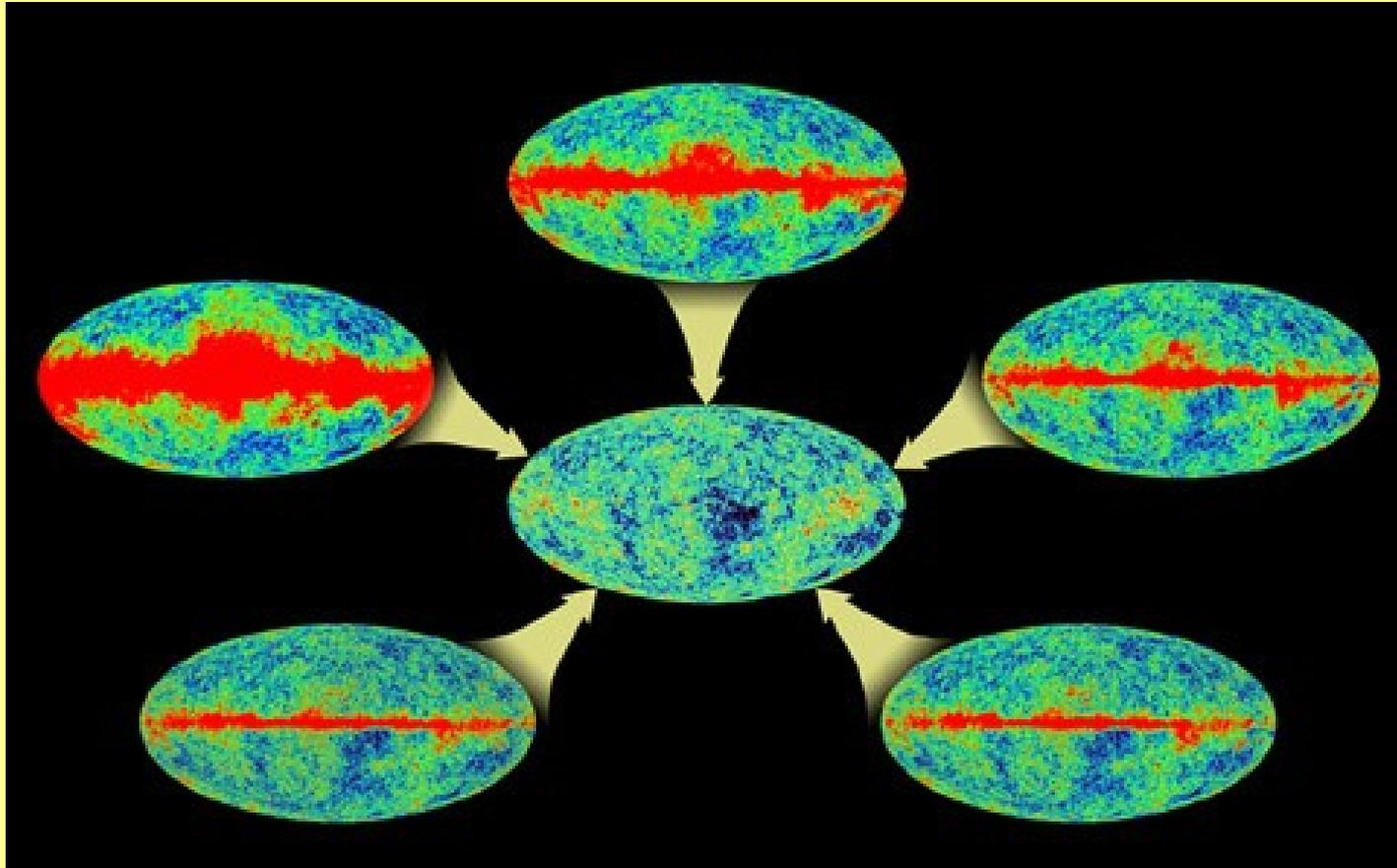
11/17/09

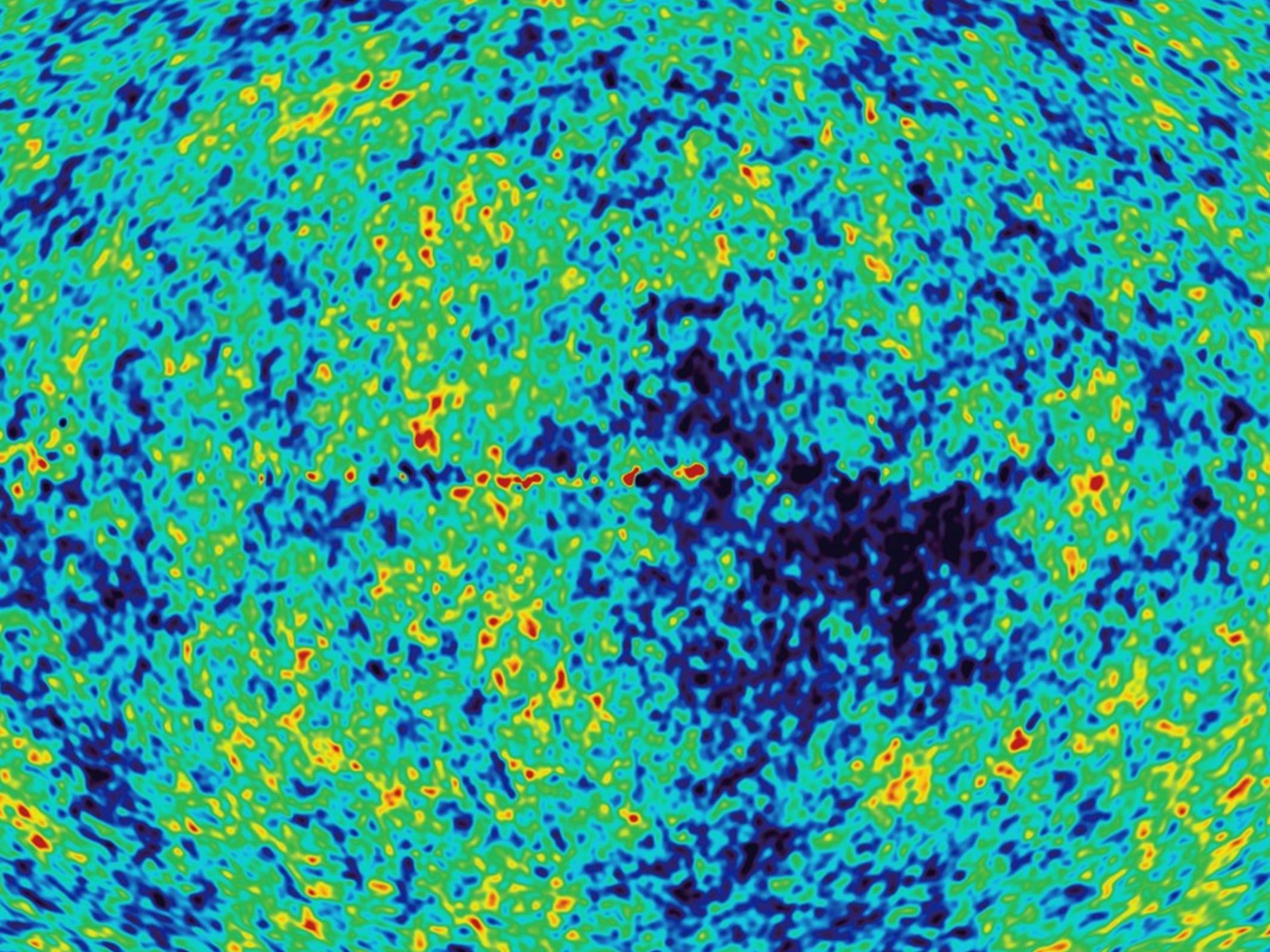
Oviedo, noviembre 2009



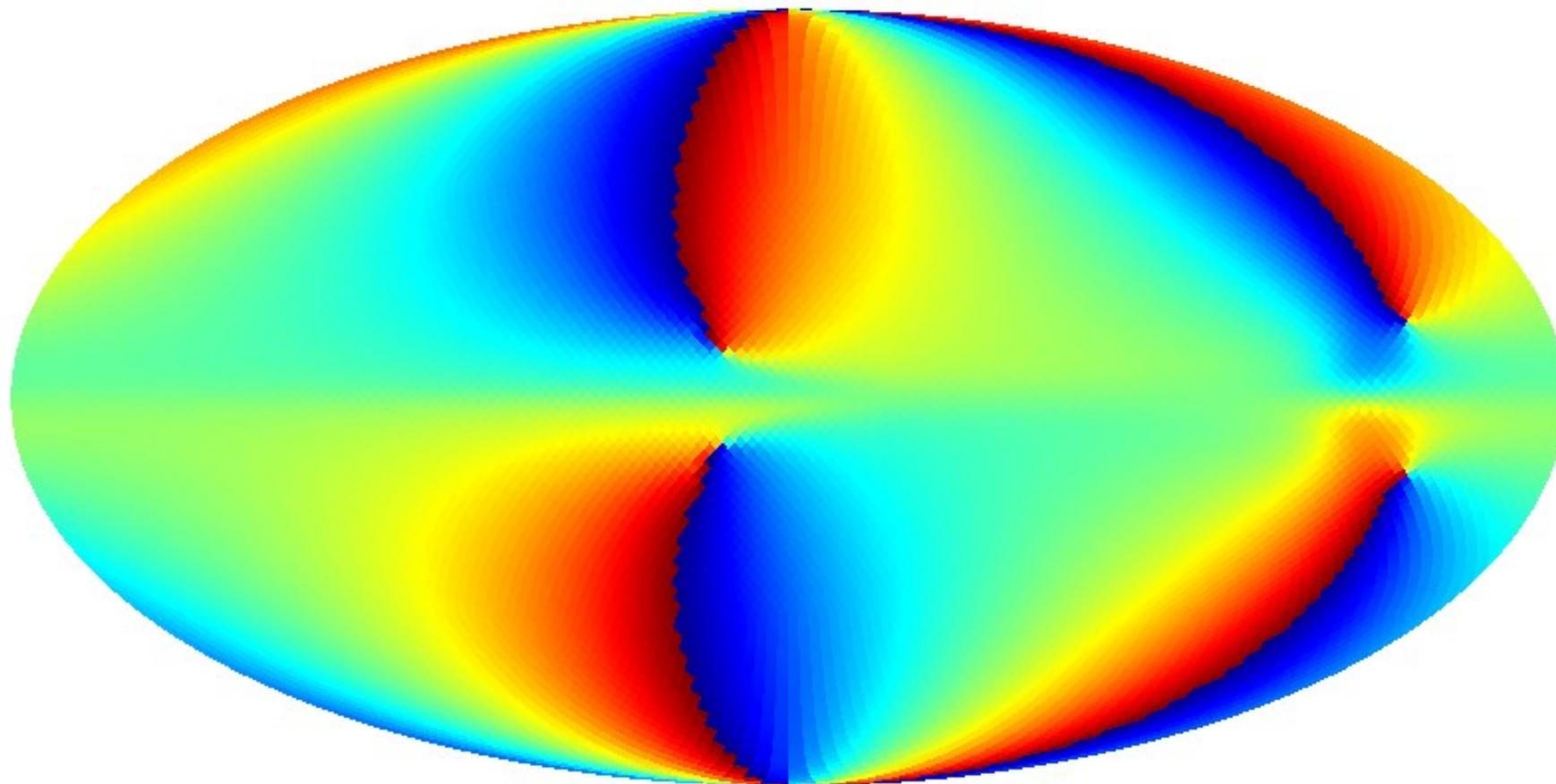
11/17/09

Oviedo, noviembre 2009



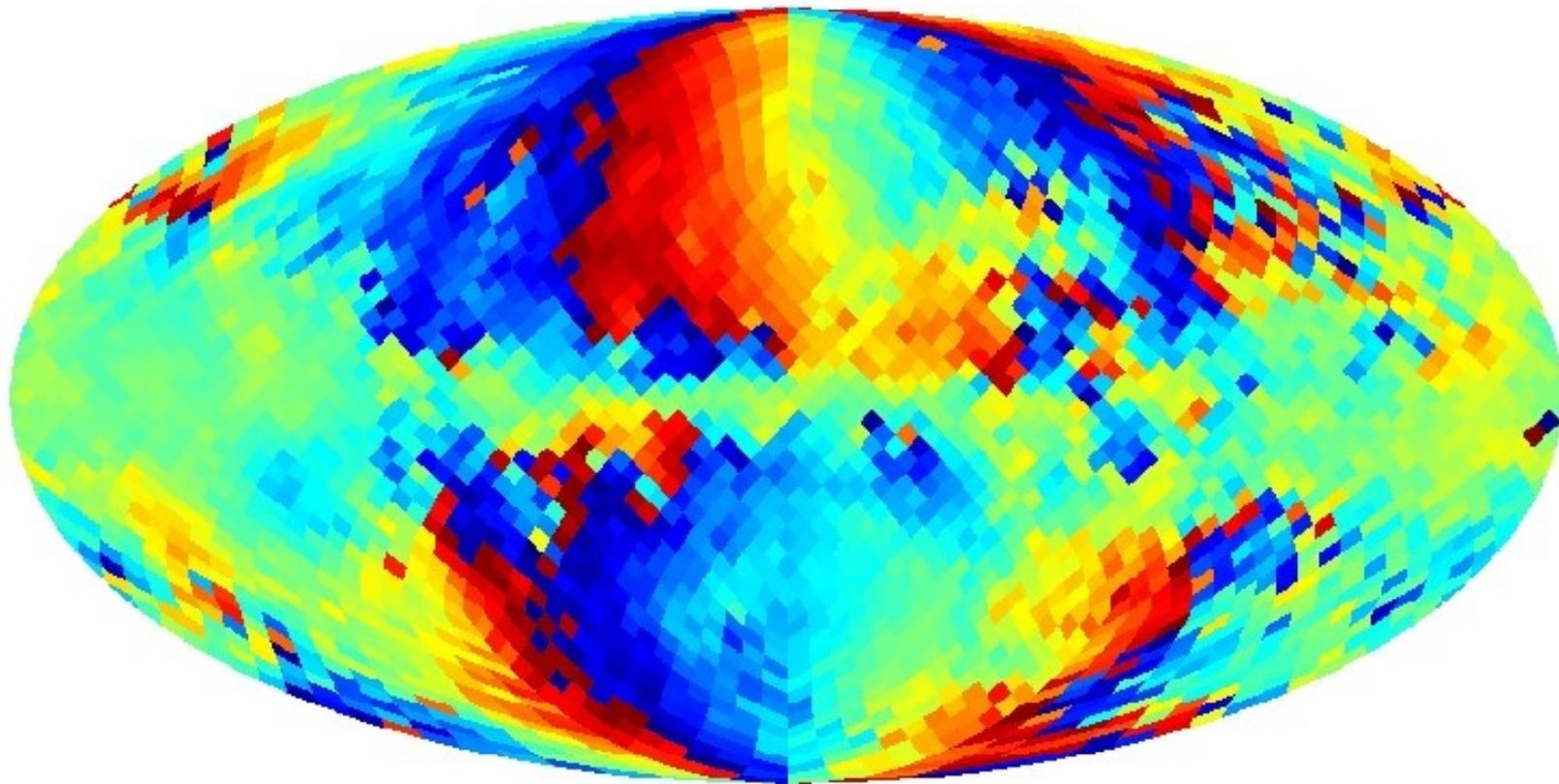


mapita.fits: UNKNOWN1



-1.8 1.8

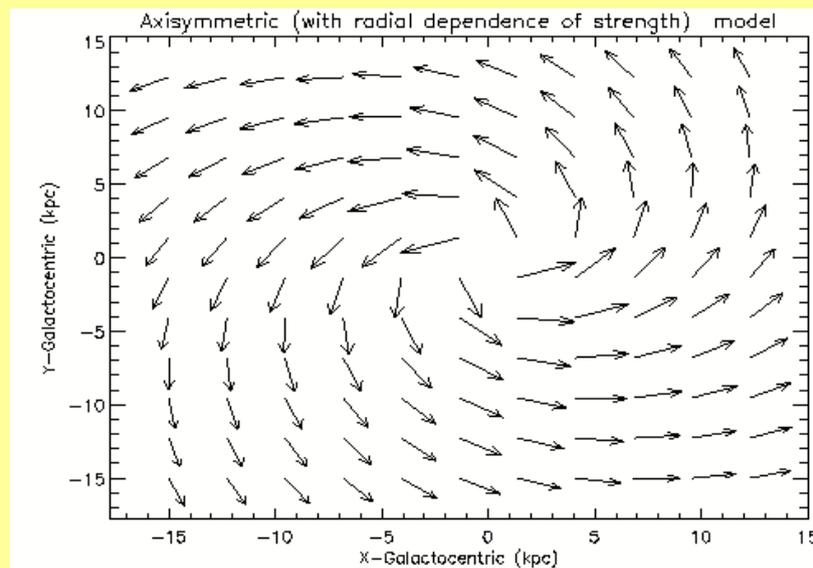
Direction of the observed polarization angle at 22 GHz

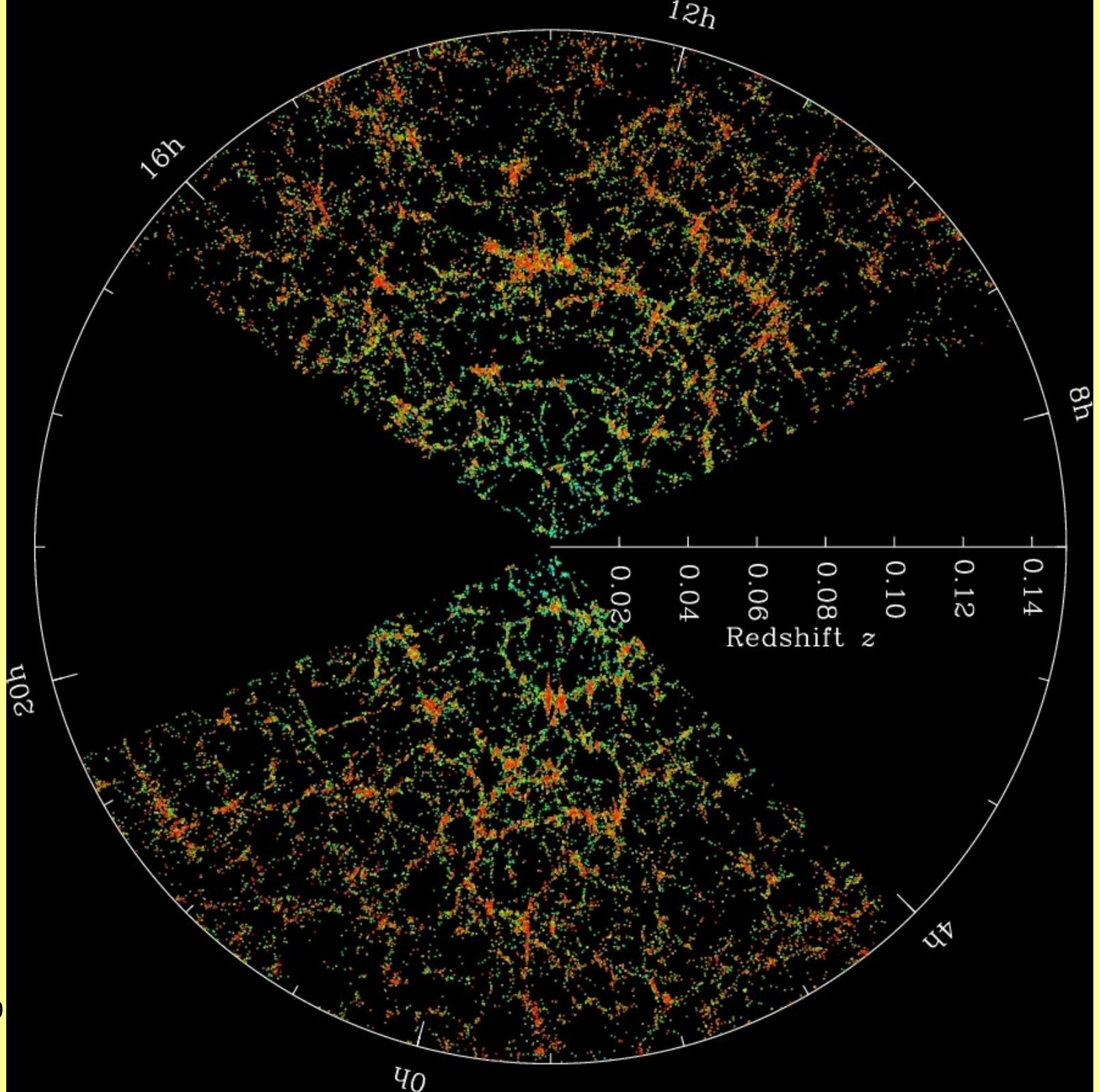


0 179

# Modelo del campo magnético de nuestra galaxia derivado de datos de WMAP.

- El modelo de campo magnético galáctico que mejor reproduce los datos de polarización es un modelo axisimétrico con variación radial de la intensidad magnética cuyo aspecto en el disco es:





11/17/09

Pierre Auger Observatory  
studying the universe's highest energy particles



11/17/09

¿Están vds. ya Hipnotizados?