

1. Que es Cosmologia?

1.1 Horizontes

horizonte: el limite entre lo que es visible (conocido, entendido,...)
y lo que es invisible (desconocido, no entendido)



Un horizonte no es fijo, pero se puede cambiar!

varias especies de horizontes:

- horizonte espacial

 - > radiacion del fondo

- horizonte temporal

 - > radiacion del fondo, edad del Universo?

- horizonte causal (no independiente)

 - > cono de luz

- horizonte conceptual

 - > las leyes de la naturaleza conocidas

- horizonte filosofico

 - > contexto paradigmatico

.... y mas?

Relaciones:

tiempo y espacio no son independientes

---> mirando en el espacio = mirando al pasado
La edad del Universo -- 13.7×10^9 años

$$t = \frac{s}{c}$$

$$c = 300\,000 \text{ km/s} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_o \cdot \mu_o}}$$

---> investigaciones de las galaxias lejanas demuestran las galaxias en su juventud
el estado presente del Universo es visible solo en la “cercania”

desventaja: objetos interesantes en el contexto cosmologico son debil!!

El cono de luz

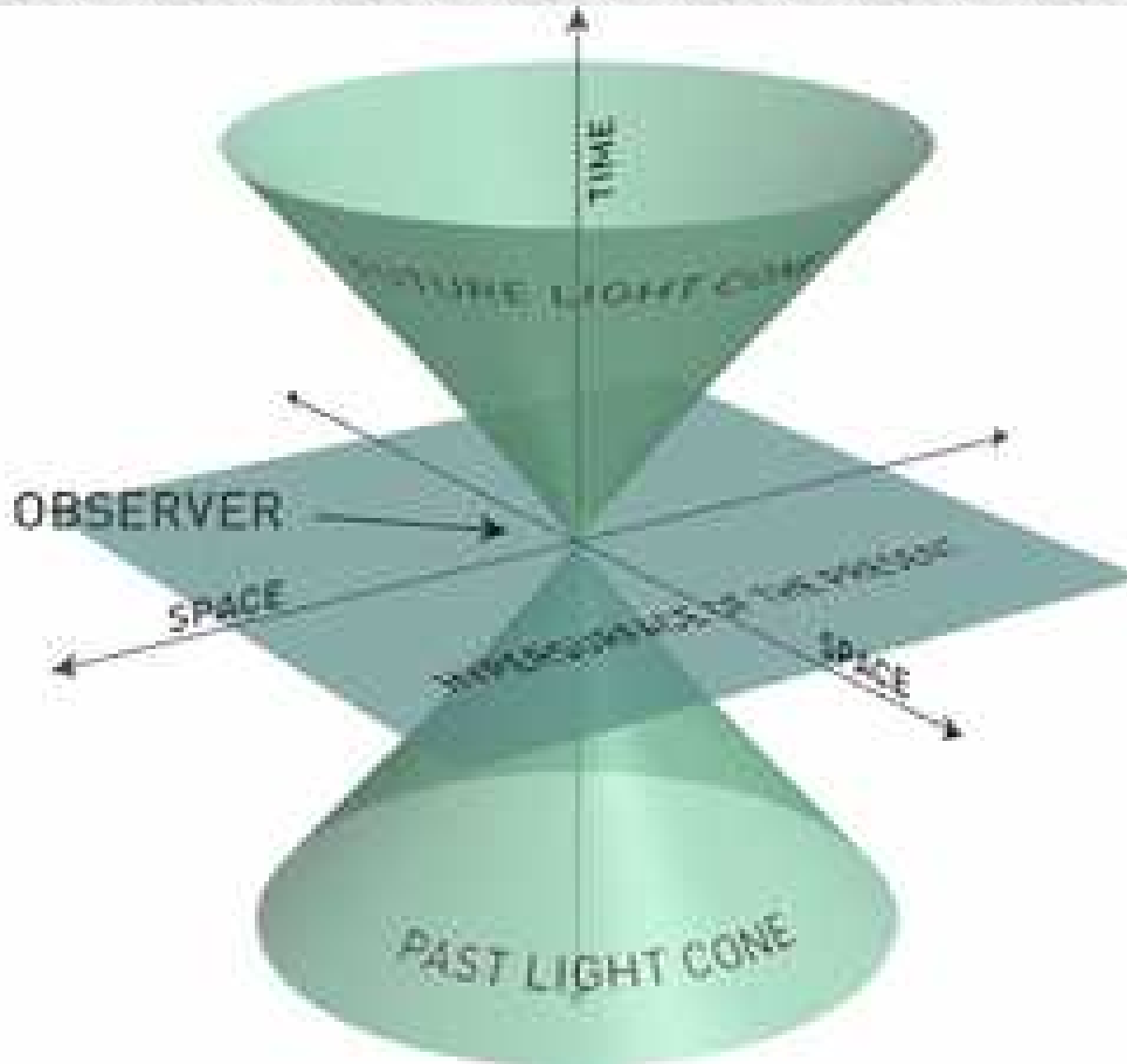
Un evento esta caracterisado por un 4-vector ($\underline{r}, t$)

$r=0$ para el observador --> solo eventos con $r = c(t_0 - t)$ son

accesibles

= superficie del cono
de luz

eventos con una
relacion causal deben ser
dentro del cono de la luz

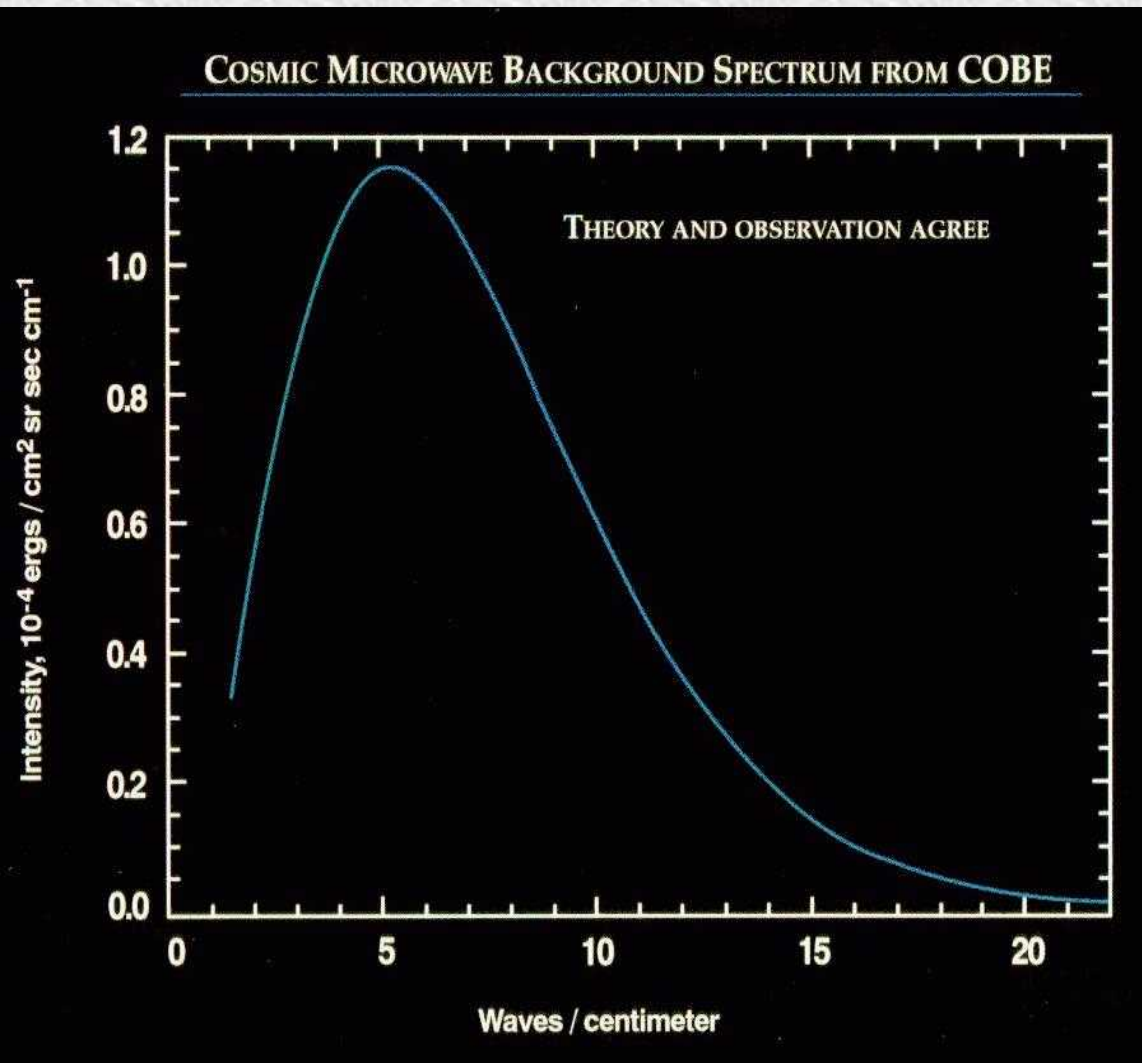


El "objeto" mas distante – la radiacion del fondo

origin: fotones presentes durante la recombinacion

--> no es posible mirar "atras" (por lo menos no con fotones)

--> espectro de un Cuerpo Negro



temperatura del Cuerpo Negro: 2.75 K

por enrojecimiento

muy homogenio, fluctuaciones de temperatura del orden

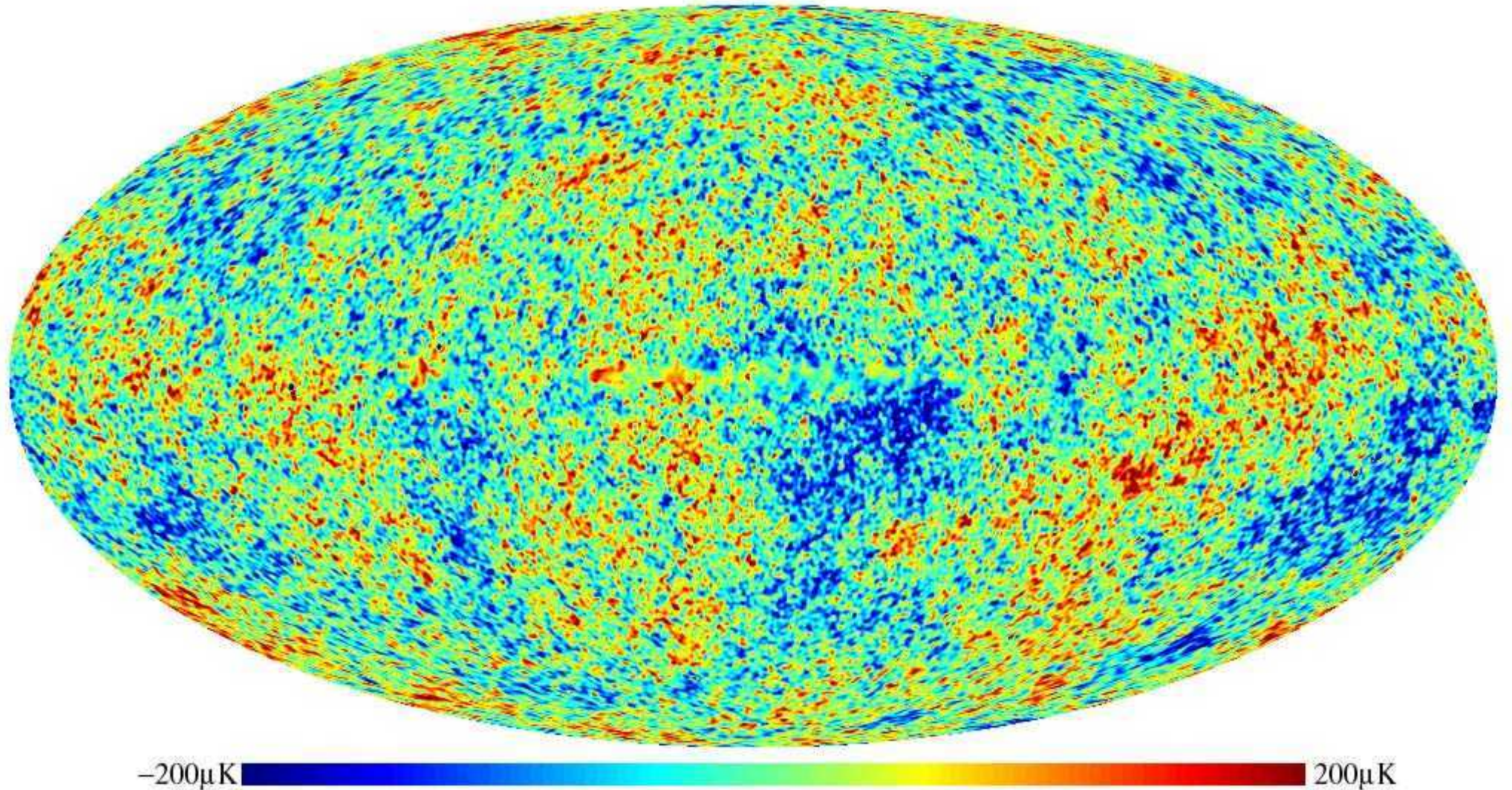
$$\Delta T = 10^{-5}$$

dos puntos en direcciones opuestas en el cielo nunca estuvieron en contacto causal

--> porque la misma

temperatura??

Proyección de la radiación del fondo obtenido por la sonda:
“Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)”
una fuente de información increíble



Algunos resultados del WMAP:

- el Universo consta de 4% materia barionica, 23% materia oscura, 73% energia oscura
- la geometria del Universo es plano (euclidiano)
- la expansion esta acelerado --> duracion eterna !
- la edad del Universo: $13.7 \cdot 10^9$ años
- las primeras fuentes ionisandos (estrellas muy masivas, agujero negros): $13.5 \cdot 10^9$ años

Horizonte conceptual:

Conocemos todas las leyes de la física? Porque deberiamos?

densidad promedio de masa/energia (probablemente) es
alrededor de

$$10^{-29} \text{ g/cm}^{-3}$$

este valor consta de

materia barionica:	4%	conocida?
materia oscura:	23%	desconocida!!
energia oscura:	73%	desconocida!!

Por otro lado: conocemos algo

conocimiento viene de laboratorios terrestriales

permitido de aplicarse al Universo como entero?

Horizonte paradigmatico:

en la edad medieval: Tierra y cielo son regiones separadas
cosmologia influenciado por tradicion religiosa

Galilei, Newton etcpp: las leyes de la fisica son aplicables al Universo

siglo 19: Maxwell, Boltzmann ... "fisica clasica"

siglo 20: Einstein, Heisenberg, Feynman --> relatividad
general, mecanica cuantica, electrodinamica cuantica,
cromodinamica

siglo 21: problema pendiente: unificacion de gravitacion y
mecanica cuantica
materia oscura, energia oscura bajo el paradigma
de la relatividad general y la fisica estandard de particulas

1.2 Suposiciones fundamentales

1.2.1 Principio cosmologico

a veces: principio copernicano

Nuestra ubicacion en el Universo no es particular

--> cada observadora en cualquier ubicacion se ve las mismas propiedades en escalas grandes

por ejemplo: la misma densidad (materia, energia)

en escalas pequeñas: no realizado (estrellas, agujeros negros, galaxias, cumulos de galaxias, supercumulos de galaxias)

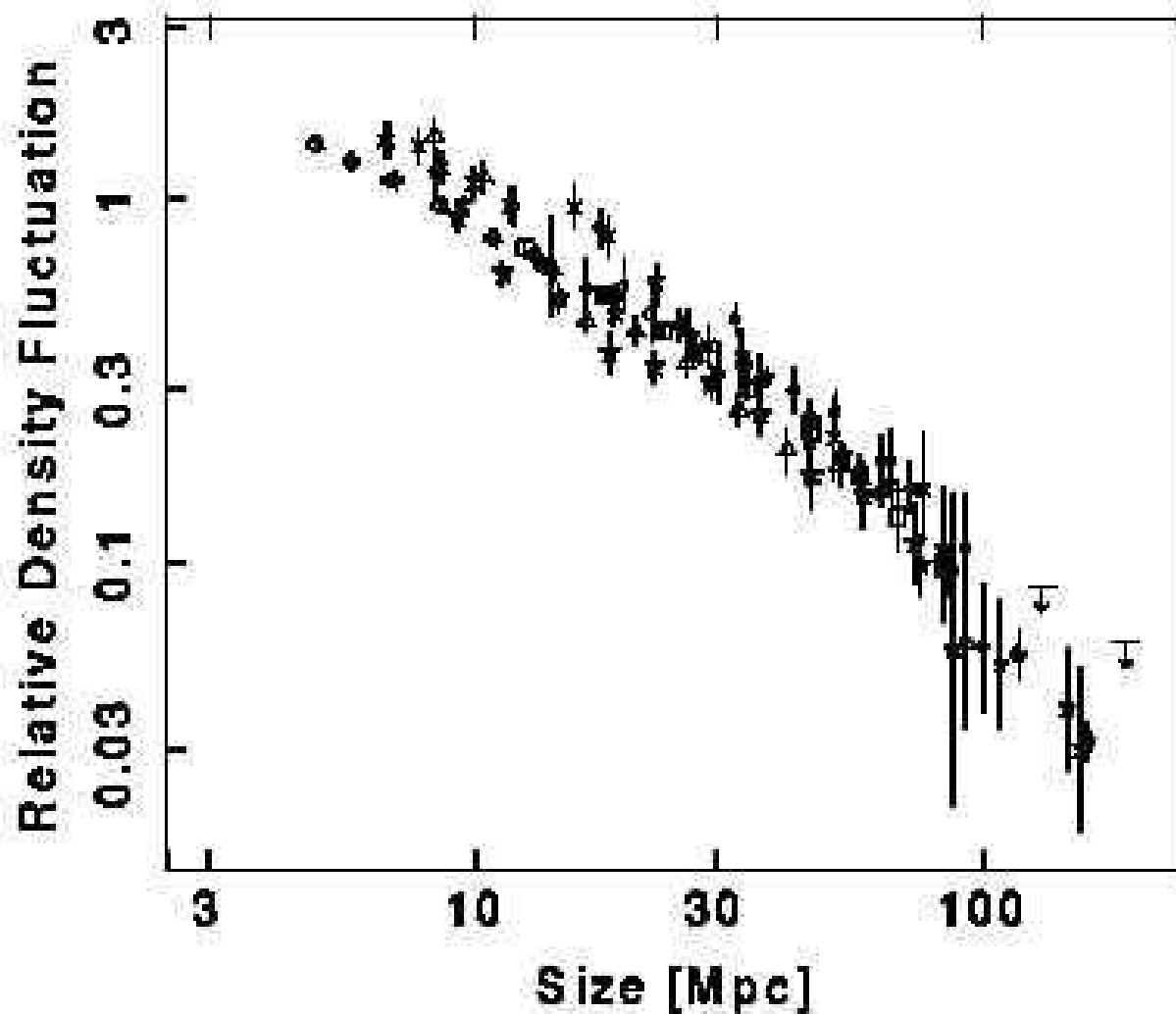
observacionalmente: las estructuras mas grandes son supercumulos de galaxias: aprox. 100-300 Mpc

fluctuaciones relativas de la densidad promedio:

$$\frac{(\rho_{\text{observado}} - \rho_{\text{promedio}})_{\text{promedio}}}{\rho_{\text{promedio}}}$$

ρ_{promedio}

vs. el tamaño de un volumen



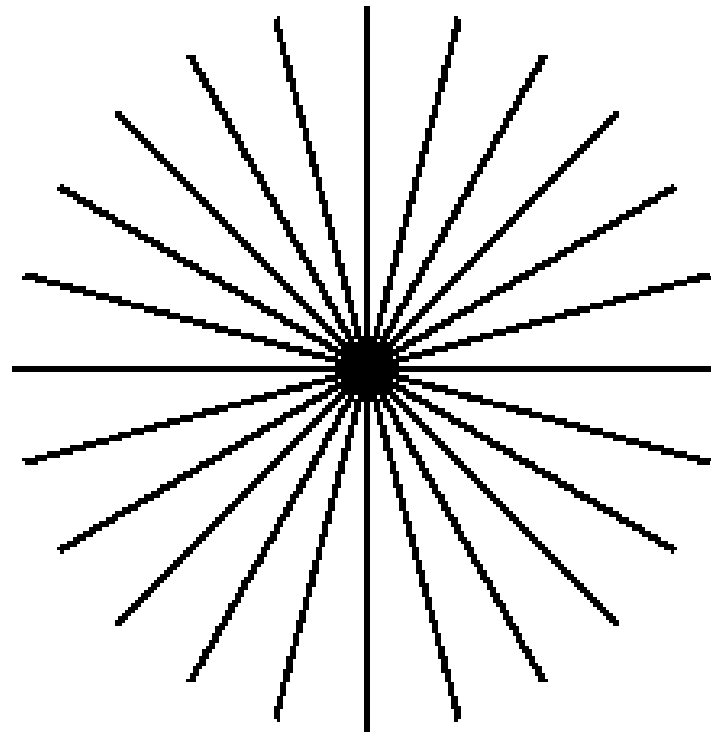
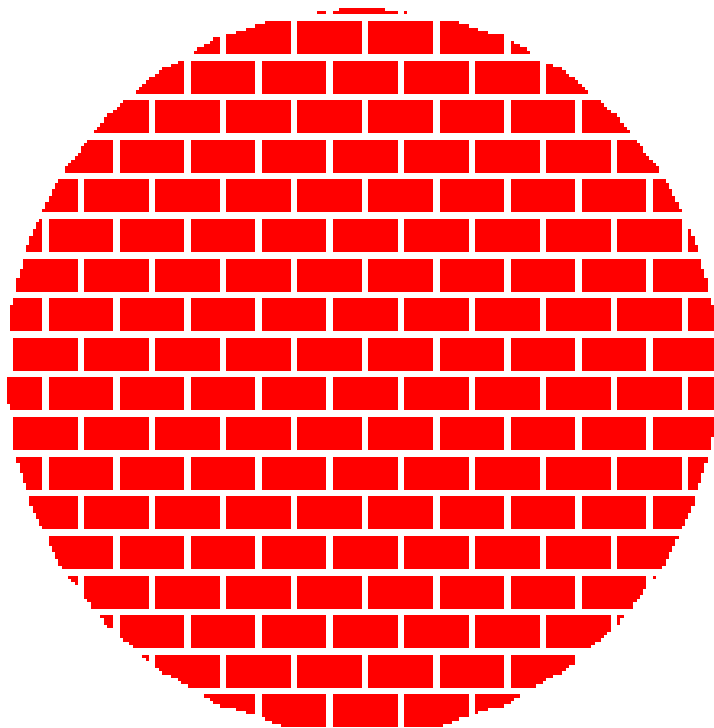
Peacock, Dodds (1994)
MNRAS, 267, 1020

con el principio cosmologico, el Universo debe ser

homogenio y isotropico

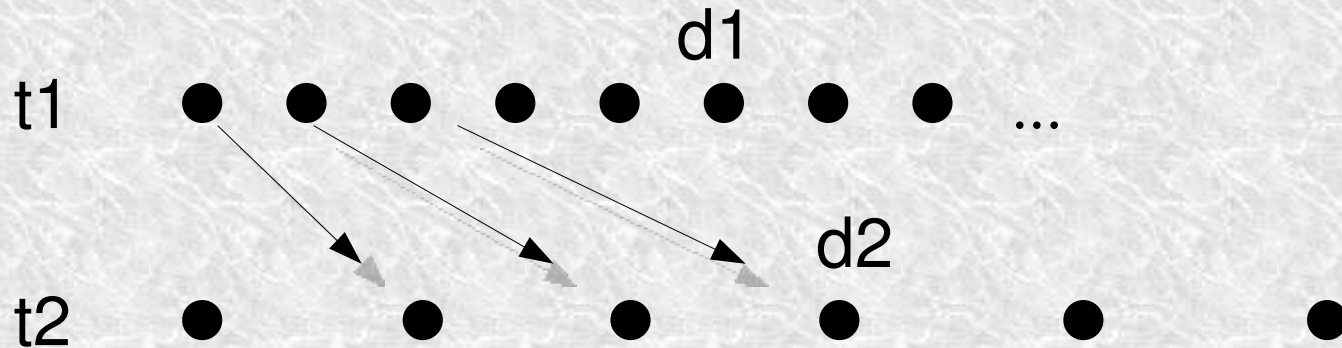
homogenio, no isotropico

isotropico, no homogenio



consecuencias para un Universo en expansion:

analogia en una dimension --- homogenidad significa
galaxias equidistantes



velocidad entre dos galaxias arbitrarias:

$$v = \frac{(n+1) \cdot (d2 - d1)}{t2 - t1}$$

siendo n el numero de las galaxias
entre ellos

----> $v = v(\text{distancia})$ es lineal !!

1.2.2 El principio de relatividad

hay varias versiones y formulaciones del principio de relatividad, que estuvieron importantes en varias épocas

historicamente: Galilei "Las leyes de mecánica permanecen válidas en sistemas inerciales en movimiento uniforme"

--> transformaciones de Galilei

relatividad especial (Einstein 1905) "Las leyes de mecánica y la electrodinámica (ecuaciones de Maxwell ya son relativistas!) permanecen válidas en sistemas inerciales en movimiento uniforme"

--> transformaciones de Lorentz

relatividad general (Einstein 1915) " Las leyes de mecánica permanecen válidas en sistemas inerciales en movimiento no-uniforme"

---> ecuaciones del campo gravitacional, geometría del espacio-tiempo

por eso: relatividad general es importante en la cosmología,
porque la interacción principal es la gravitación

**principio (general) de la relatividad: es posible entender el
Universo por las leyes de la naturaleza, conocido o todavía
desconocido**

-----> Cosmología

1.3 Preguntas de la cosmologia

Como es la estructura del Universo?

-- derivacion del parametros cosmologicos
constante de Hubble, la curvatura

Que es su composicion?

Que es el origen del Universo?

Como funciona la formacion de estructura?