

# Moments estelars de l'univers

Eduard Massó i Soler  
Univ. Autònoma Barcelona





Monte  
Tobazo



Canfranc  
(Pirineus aragonesos)





## Laboratori Subterranei de Canfrac

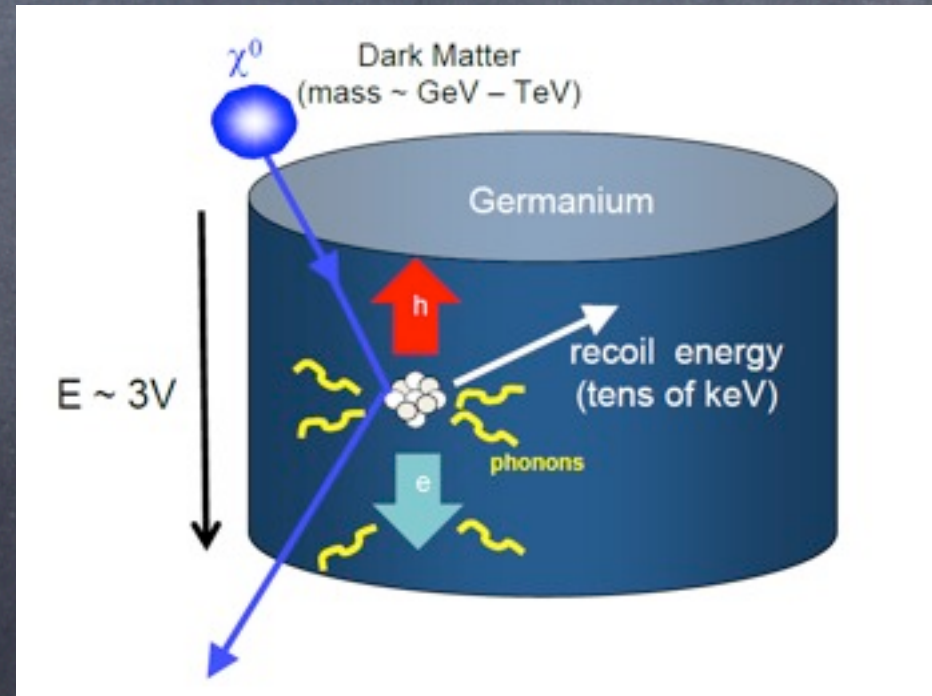


## Altres laboratoris



# Laboratori Subterrani de Canfranc

- Protegit de la radiació atmosfèrica
- Diversos experiments, en particular recerca de matèria fosca



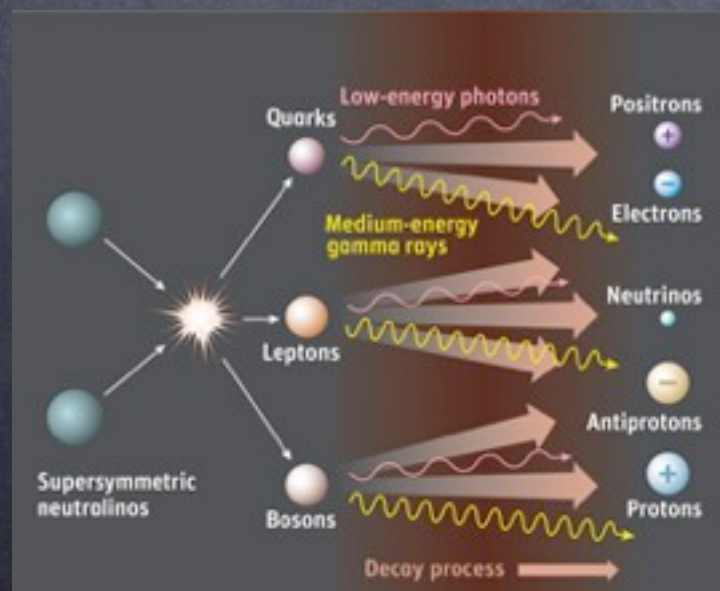
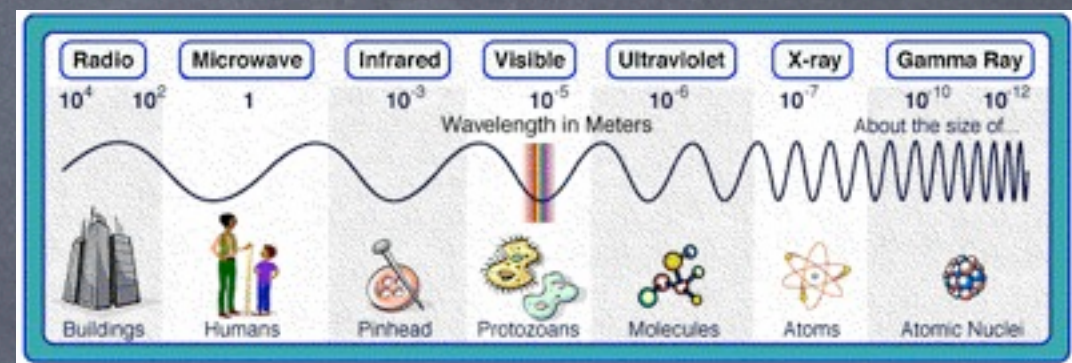
Concepte experimental: generació



# Satèl·lit Fermi-LAT



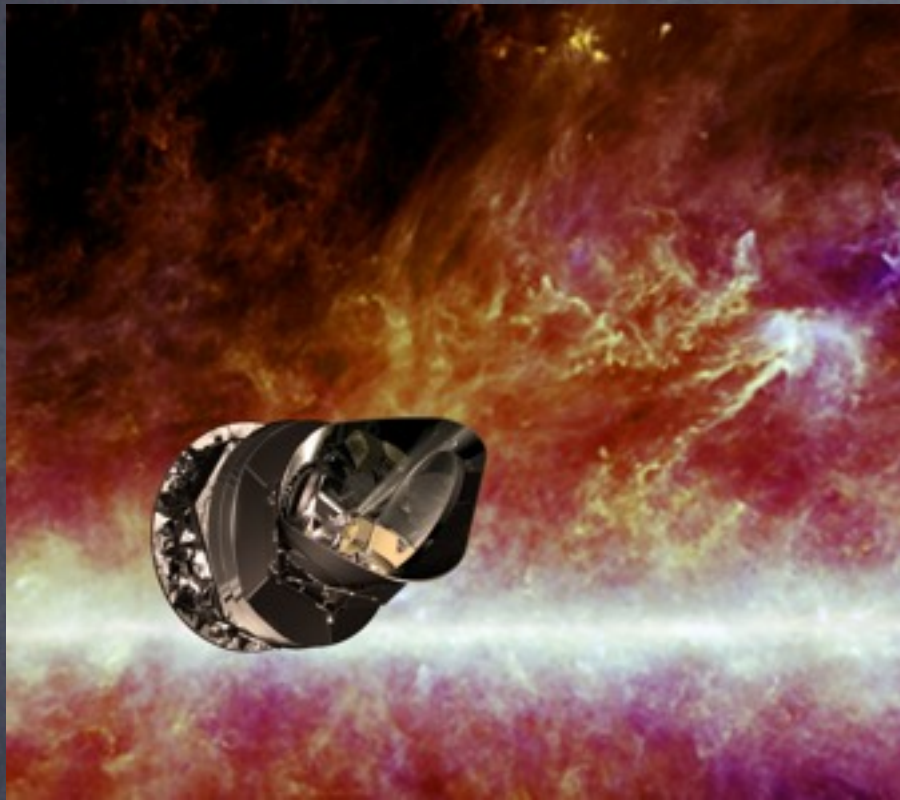
Detector  
raigs gamma



Anihilació  
matèria fosca



# Satèl·lit PLANCK



(imatge artística)

- Detector microones
- Estudi propietats del fons còsmic (relíquia univers primordial)



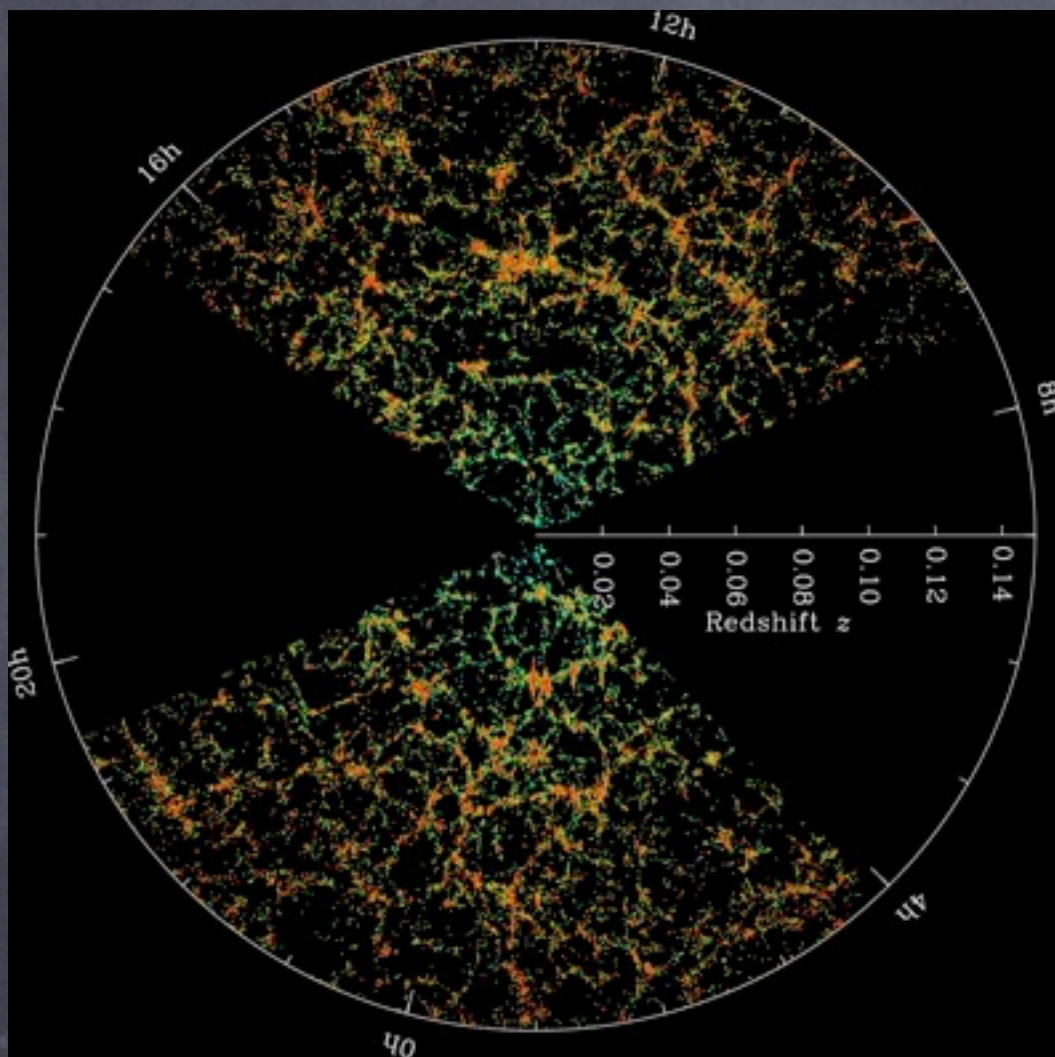
# Sloan Digital Sky Survey (SDSS)



- Mapa de galàxies (un milió aprox.)



Estudi estadístic  
permet entendre  
evolució univers





- Supernova Cosmology Project
- High-Z Supernova Search Team



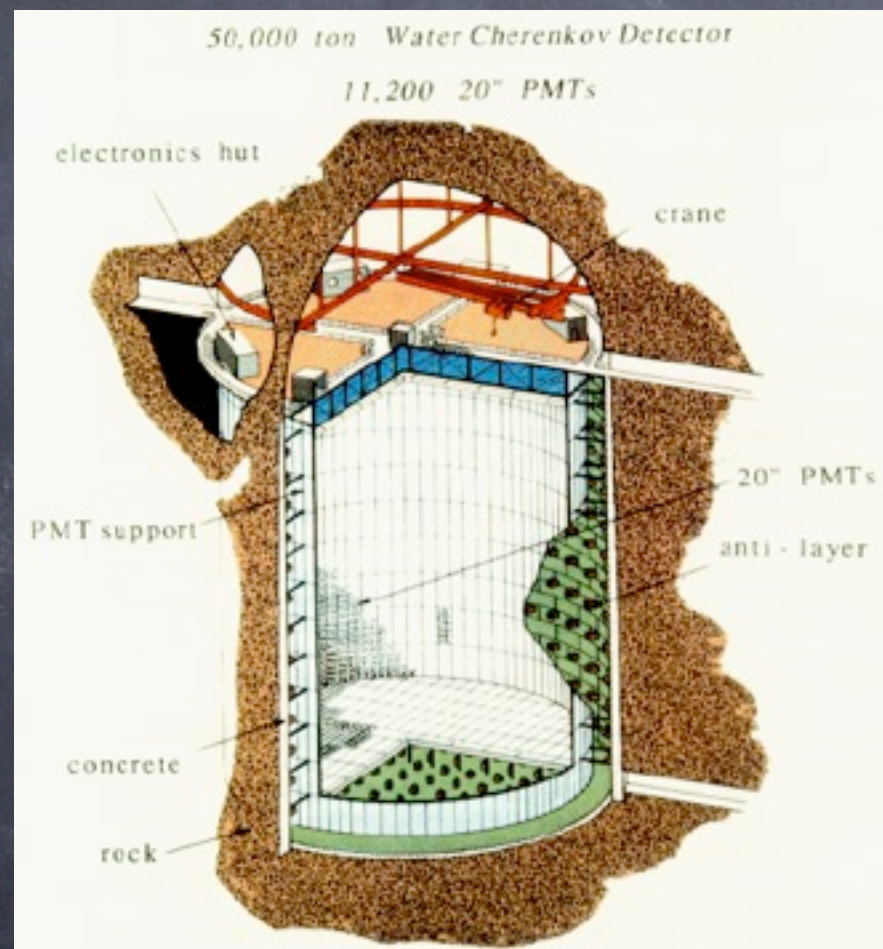
Supernovae  
Hubble Telescope

Descobriment expansió accelerada



# SuperKamiokande

Neutrins (entre altres exps.)



Neutrins atmosfèrics, solars, etc.



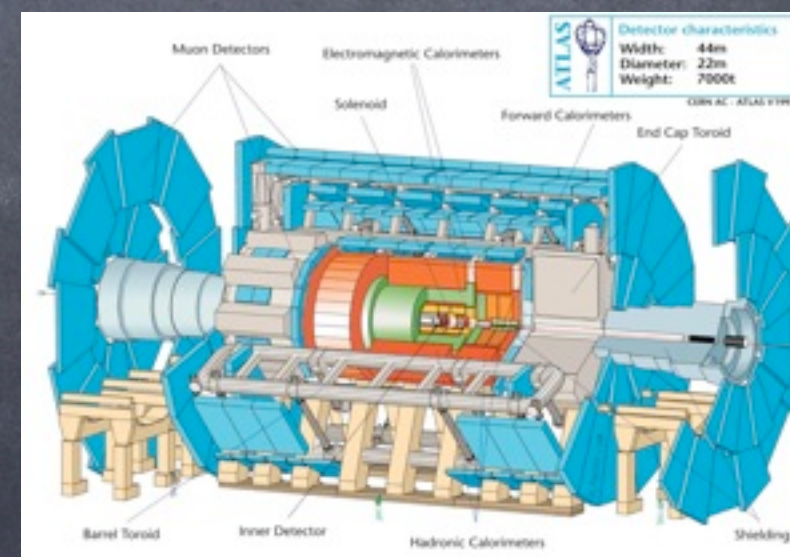
# LHC

- Col·lisions protó-protó a altes energies
- Detecció partícules produïdes
- Informació que ajuda a comprendre més l'univers primordial





LHC @ CERN



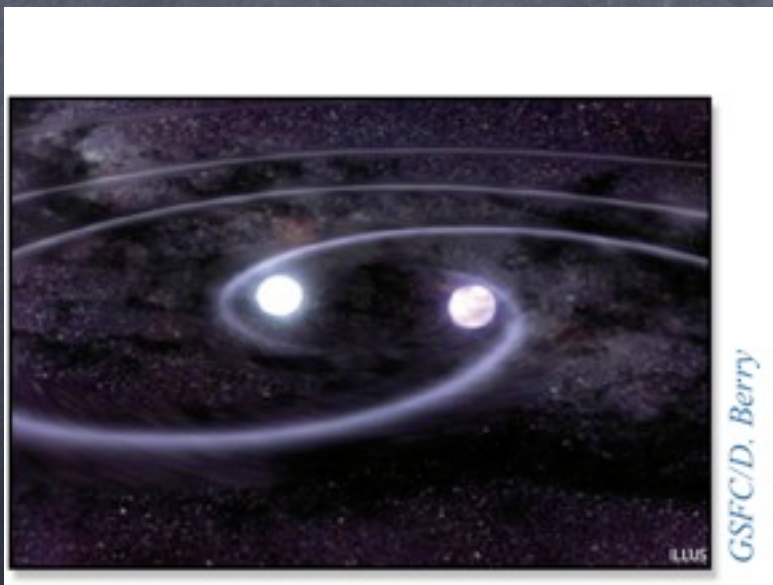
ATLAS



# VIRGO



Recerca  
ones gravitacionals



Producció  
astrofísica+cosmològica

(imatge artística)



Marc teòric:

Relativitat General

Observació bàsica:

Expansió universal

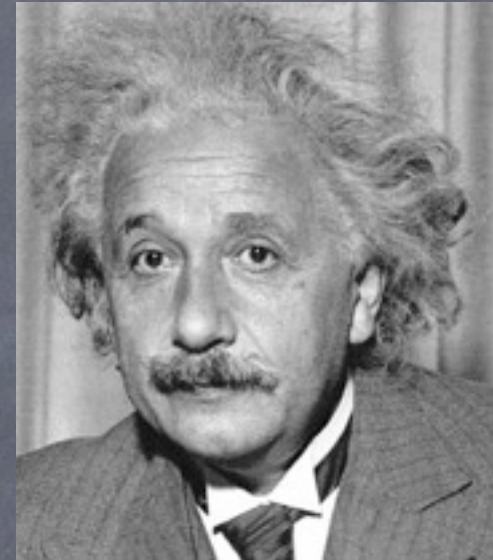


# Relativitat General

Contingut univers



Geometria



Albert Einstein  
(1879-1955)

Einstein proposa  
Principi Cosmològic

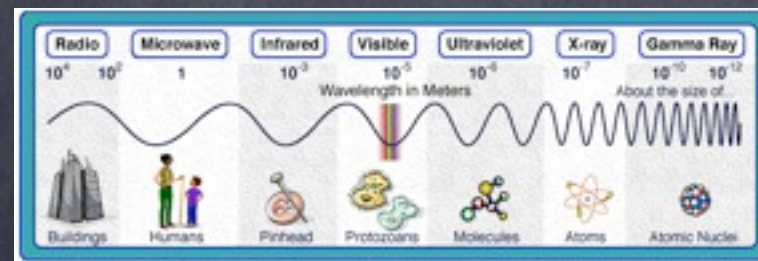


# Expansió de l'univers

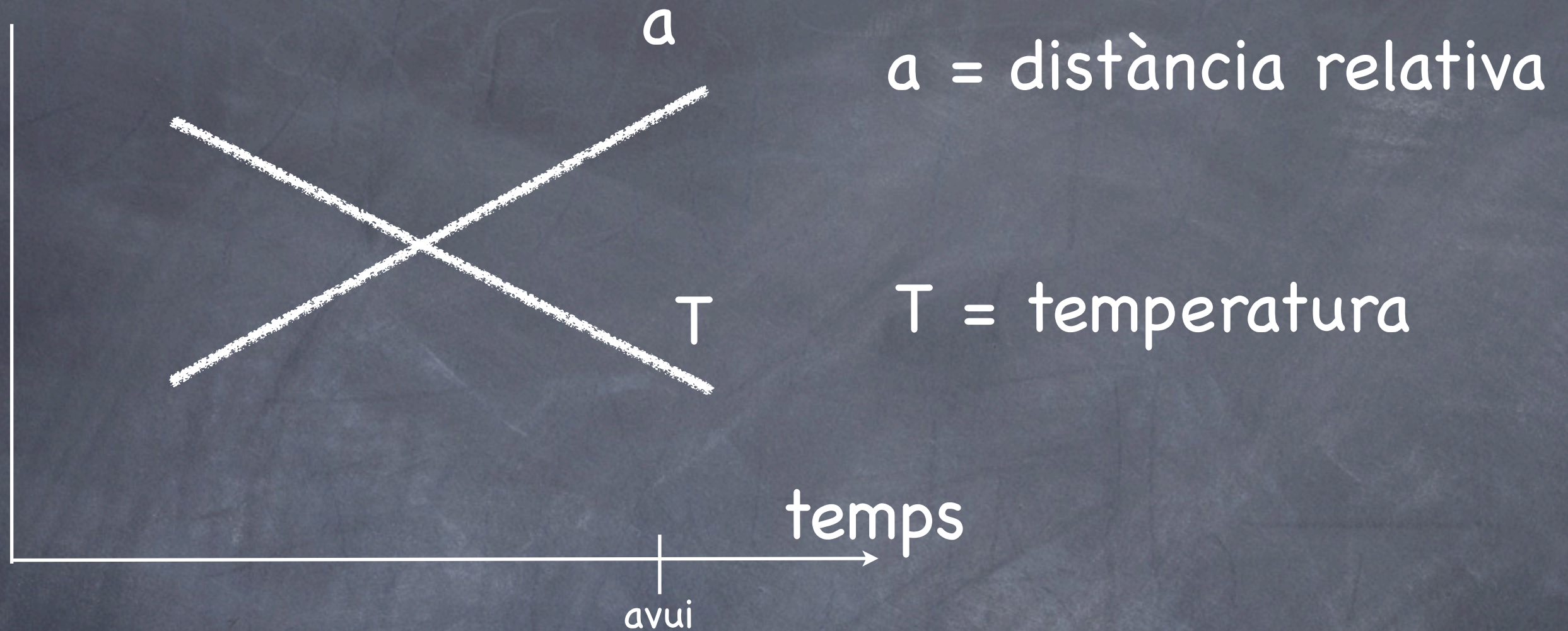
Objectes allunyant-se  
emeten radiació  
menys energètica  
(desplaçament cap al vermell)



Edwin Hubble  
(1889–1953)







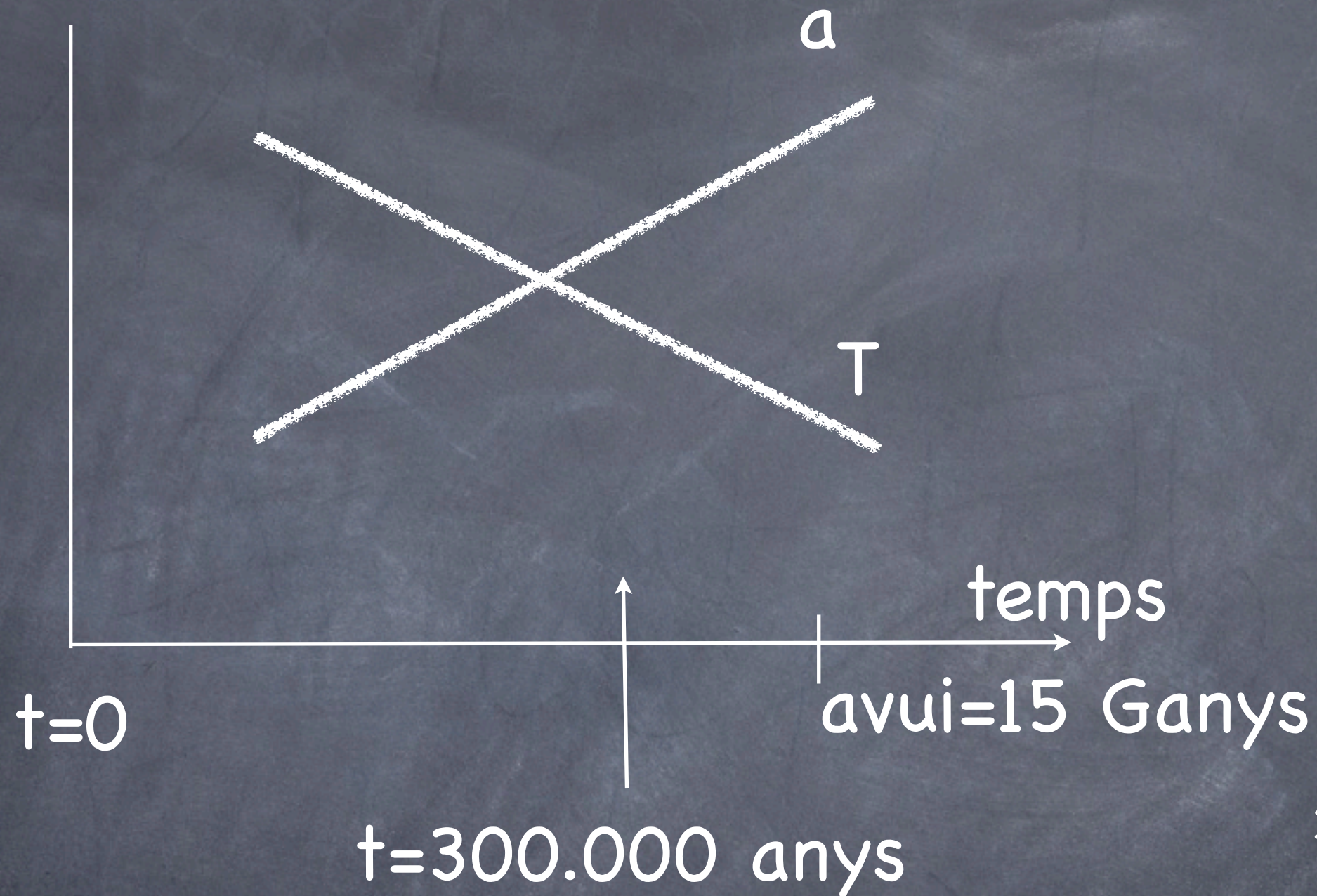
L'univers ha estat MÉS CALENT / MÉS DENS

Alta temperatura-energia

Alta densitat

Interaccions entre partícules  
més freqüents, més energètiques





1 Gany=10<sup>9</sup> anys

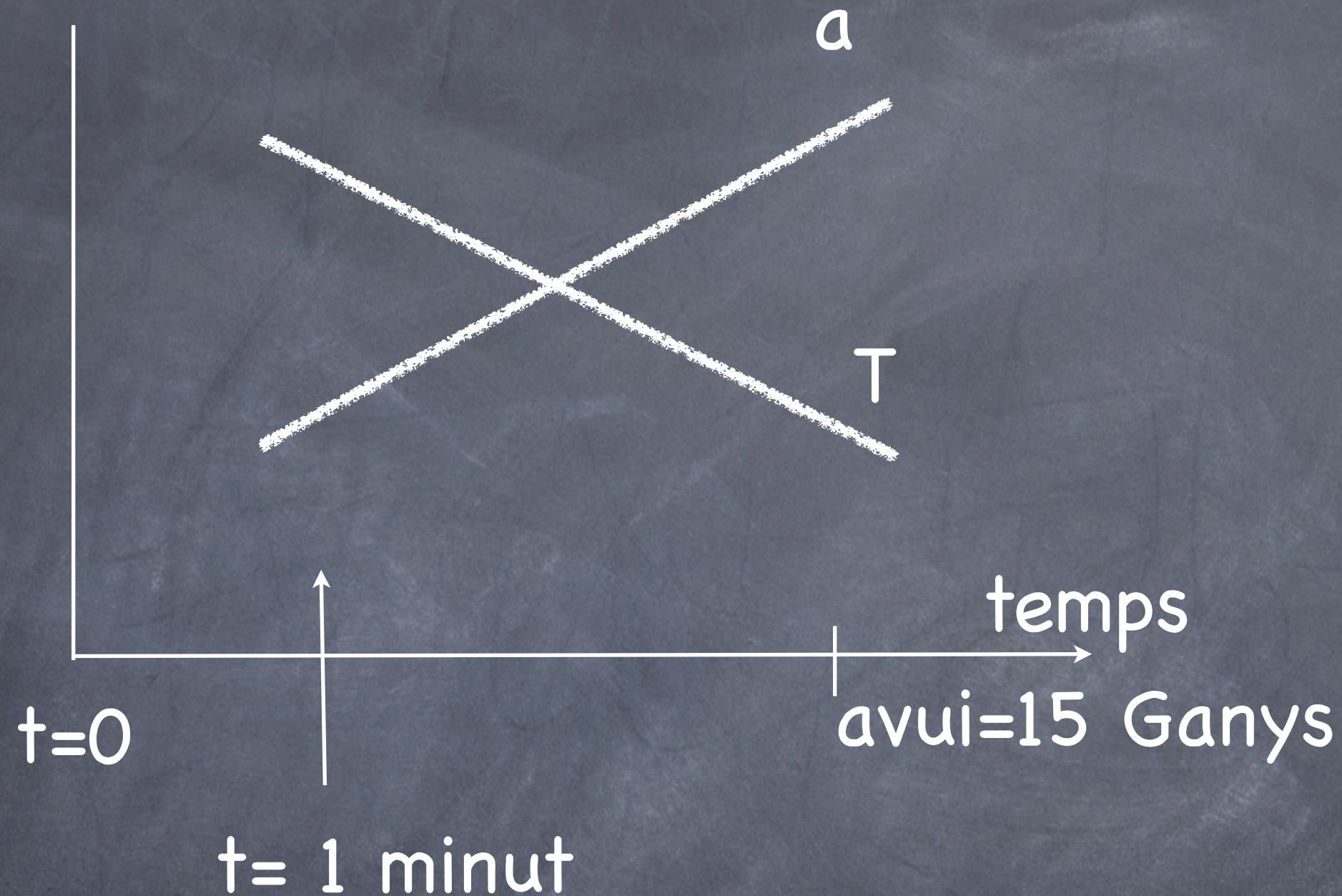
$H = (ep)$

Energia +  $H \rightarrow e + p$

(Plasma)

RECOMBINACIÓ

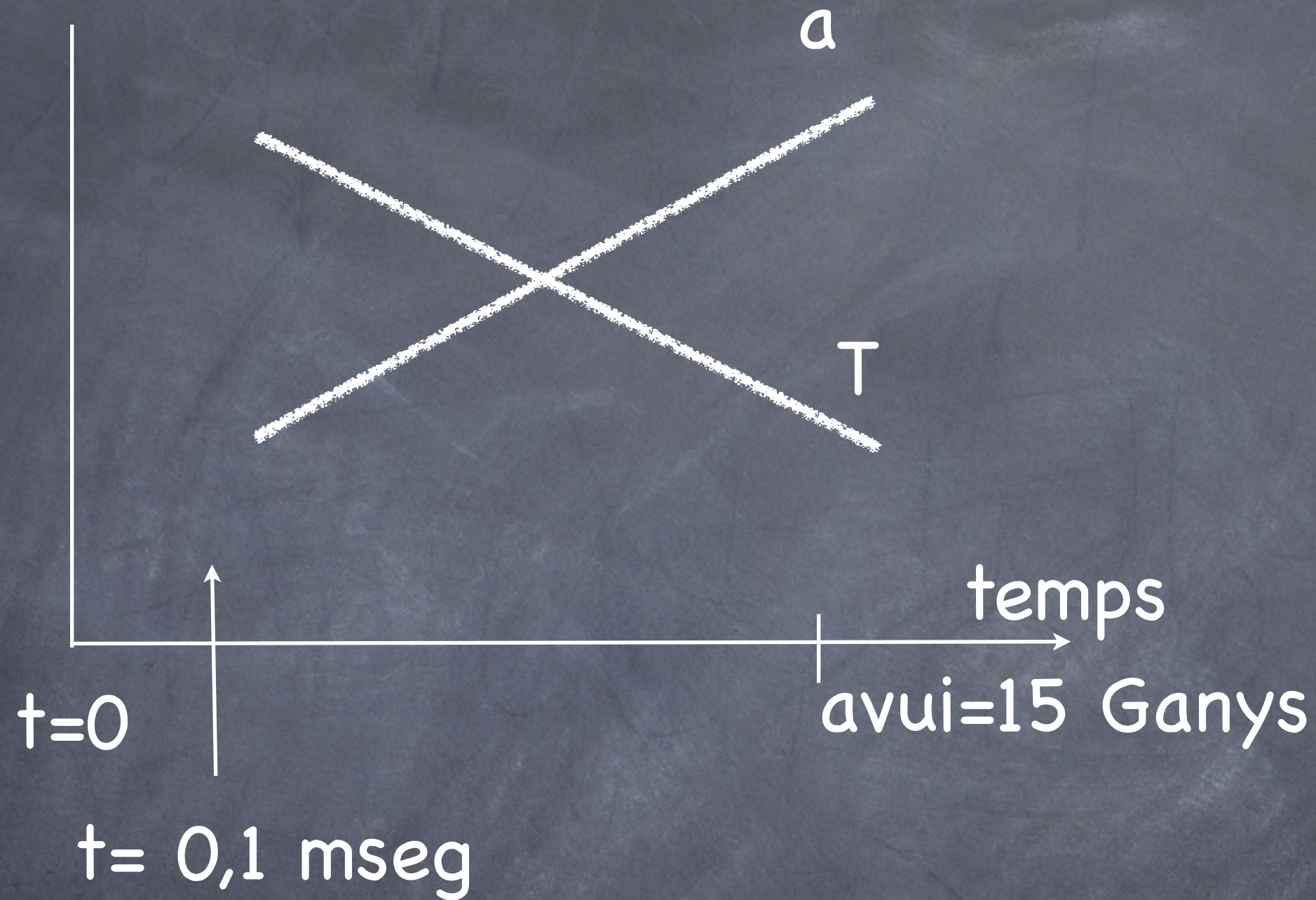




Nucli = (p's n's)      Energia + Nucli  $\rightarrow$  p's + n's

NUCLEOSÍNTESI PRIMORDIAL





$p = (qqq)$

Energia +  $p \leftrightarrow q + q + q$

Plasma quark-gluó



# Traces processos primordials

## – Nucleosíntesi

He, D, etc. en zones de no activitat estelar

## – Fons microones



1% soroll

Wilson



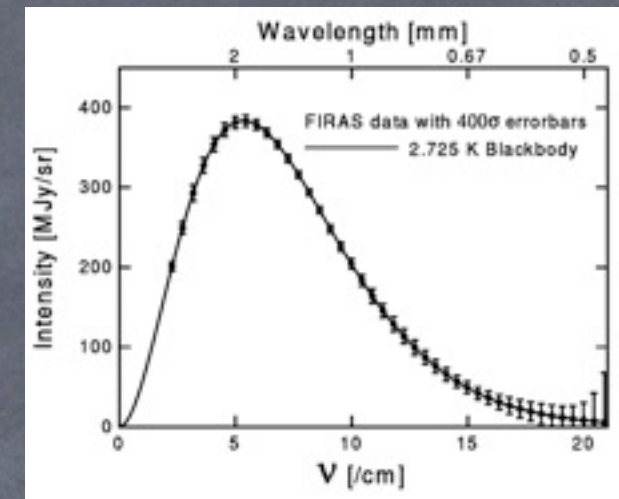
Penzias

1965

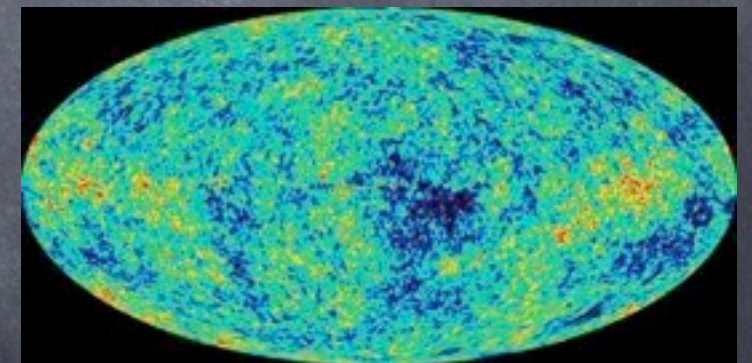


# Fons còsmic microones dóna informació sobre l'UNIVERS

1) ha estat en equilibri tèrmic



2) és molt isotròpic  
(Principi Cosmològic)



3) no és totalment isotròpic  
(permet formació estructures)

cf. PLANCK



## Contingut univers

1) protons, neutrons, electrons  $\rightarrow$  àtoms

2) fotons

3) fons còsmic de neutrins

cf. SuperKamiokande

1) 2) i 3) Matèria "normal"



# Matèria fosca

Detectada pels seus efectes gravitacionals



propietats  
galàxies  
i grups de  
galàxies



“lensing”  
gravitacional



“bullet  
cluster”



formació  
estructures



# Matèria fosca

- No sabem què és.
- Sabem el que no és: ?  
NO és "normal"

Recerques directes i indirectes  
cf. Canfrac (i altres) i Fermi-LAT



## Energia fosca

- Responsable de l'acceleració de l'univers
- No sabem què és.
- Sabem el que no és:  
NO és "normal" ni "matèria fosca"

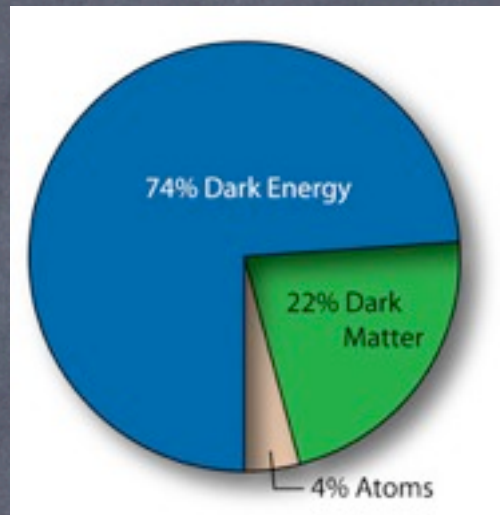


cf. Supernova Cosmology Project  
High-Z Supernova Search Team

cf. SSD



# Contingut univers



96% desconegut

Contribucions petites poden donar  
informació rellevant:  
ones gravitacionals primordials

cf. Virgo



# CONCLUSIONS

- Era de cosmologia de precisió
- Experiments de segona i tercera generació en funcionament
- Molta comprensió teòrica, però encara moltíssimes preguntes fonamentals per respondre