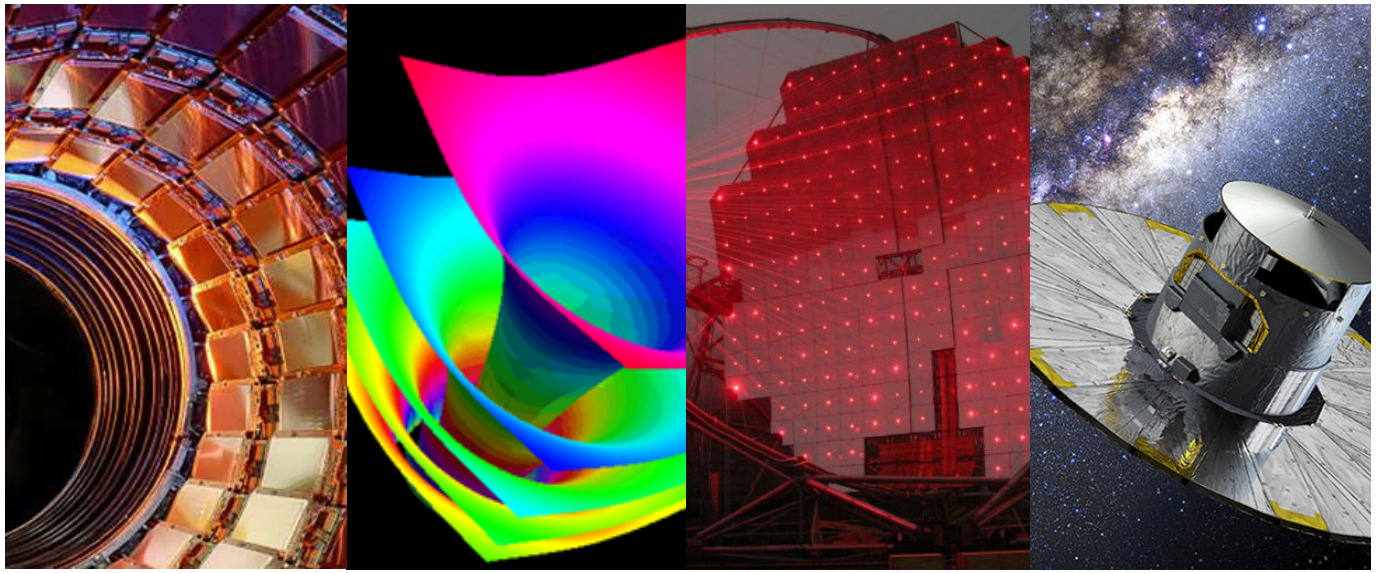
Institute of Cosmos Sciences

EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU



La Física de Partícules

Lluís Garrido

Director

Institute of Cosmos Sciences

Universitat de Barcelona

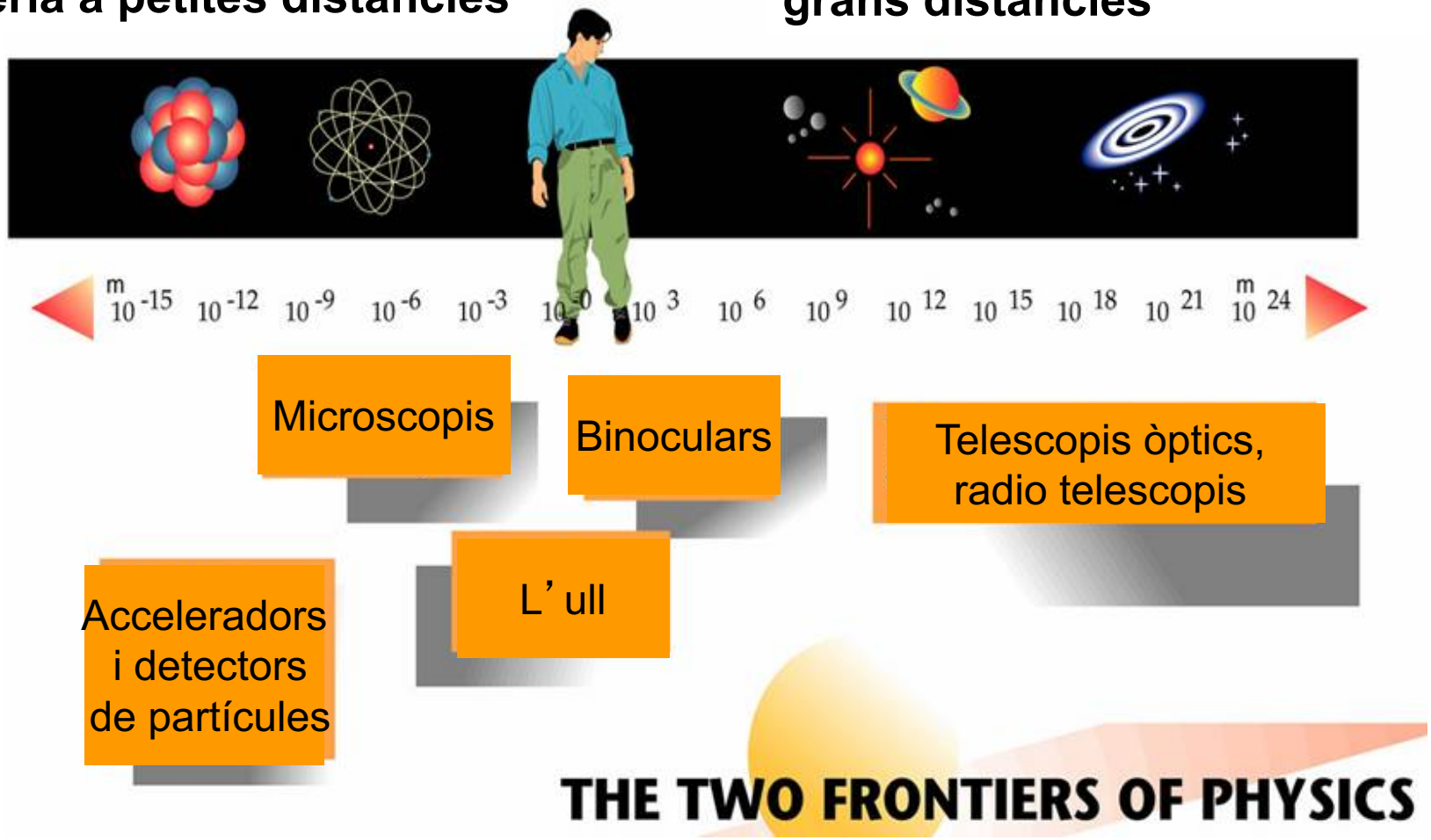
Masterclass "Hands on Particle Physics“, 2017

UNIVERSITAT DE BARCELONA

L' univers conegut

Física de partícules mira la matèria a petites distàncies

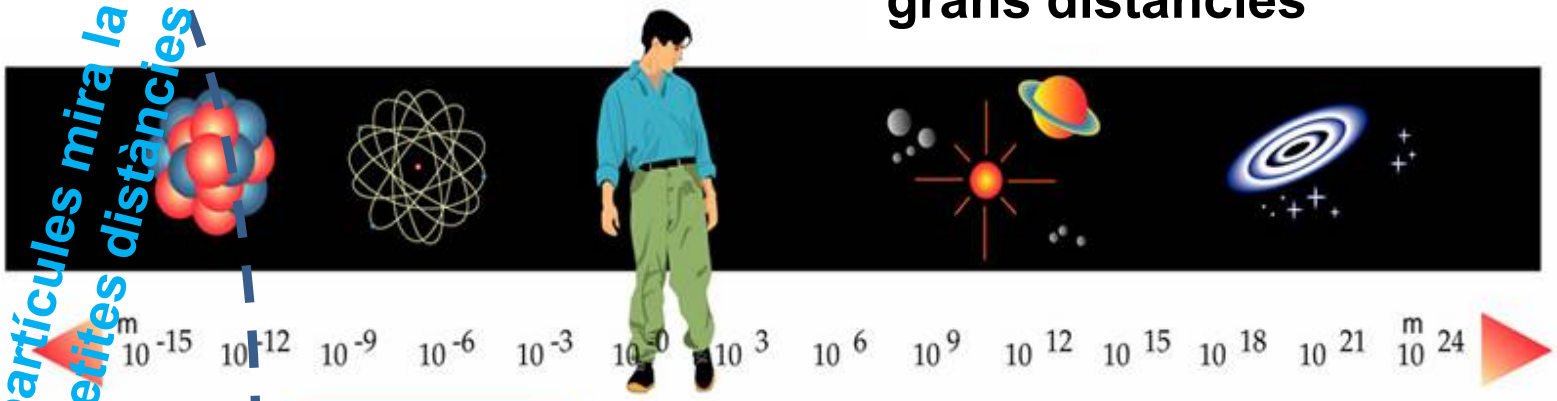
Astrofísica mira la matèria a grans distàncies



ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

PART I

Astrofísica mira la matèria a grans distàncies



Física de partícules mira la matèria a petites distàncies

Microscopis

Binoculars

Telescopis òptics, radio telescopis

L' ull

Acceleradors i detectors de partícules

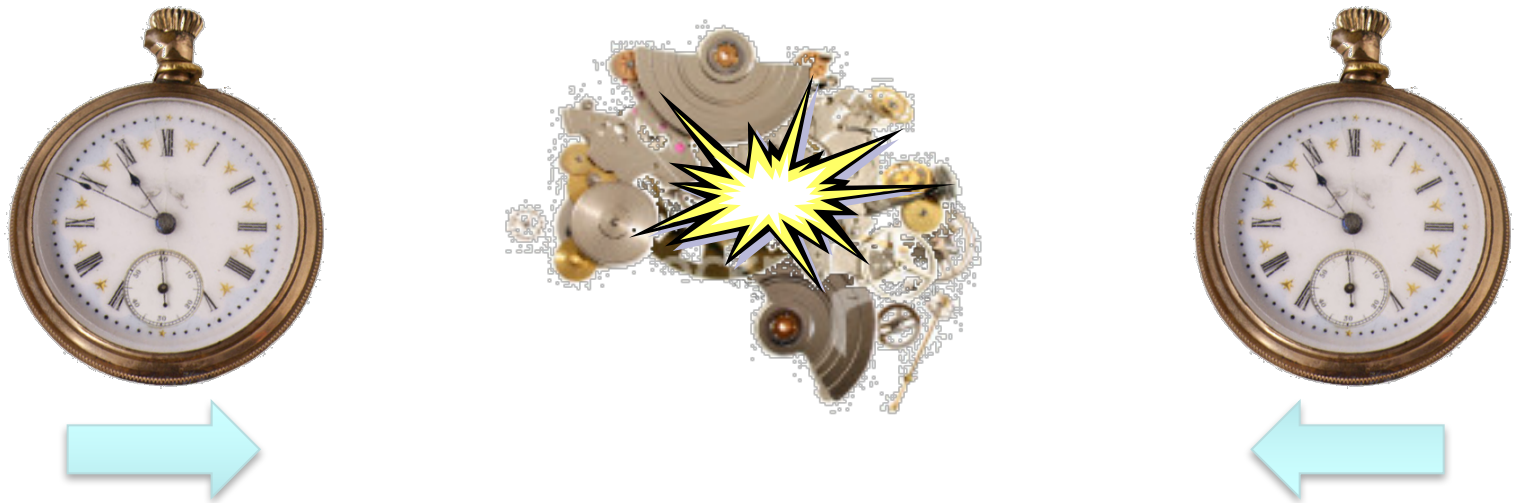
THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

Física de partícules o
Física experimental d'Altes Energies

OBJECTIU: estudiar les estructures fonamentals de la matèria.

COM?

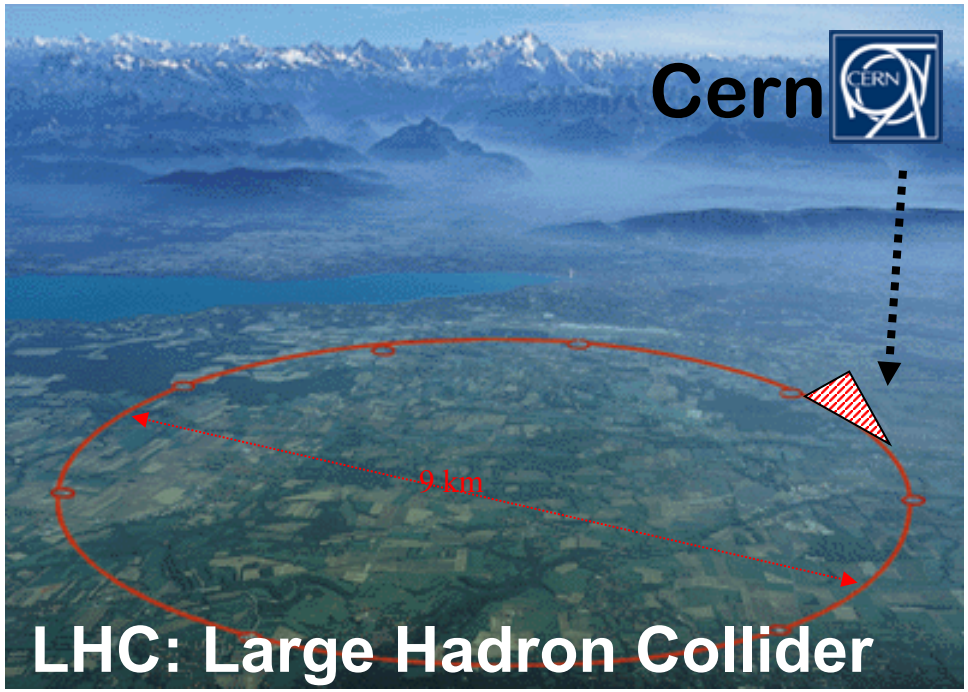


Raons per altes energies:

- **poder produir "noves" partícules amb gran massa ($E=mc^2$)**
- **focalitzar l' atenció a petites escales ($\lambda=h/p$)**

ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

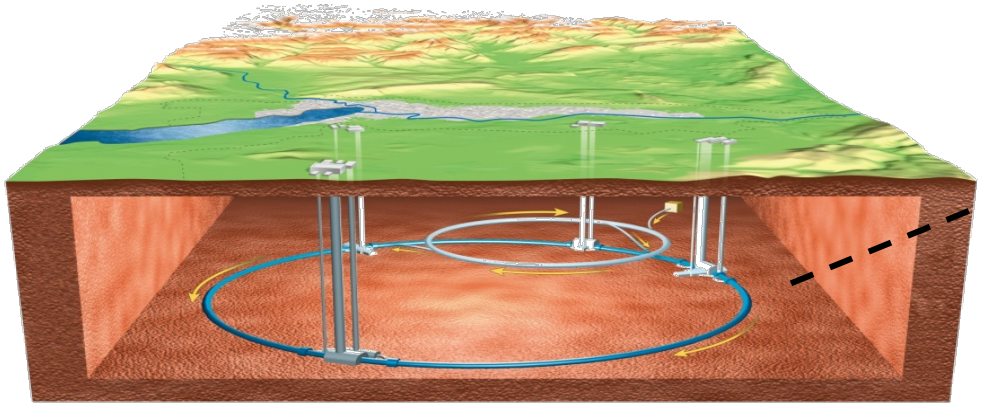
LHC: un accelerador de 27 km en el laboratori CERN

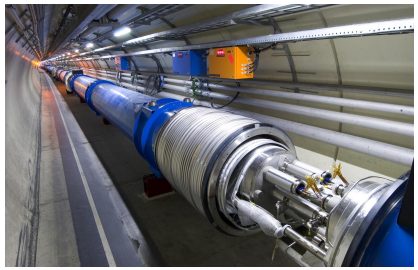


CERN: el laboratori de partícules més gran del mon

..... on la web va néixer !

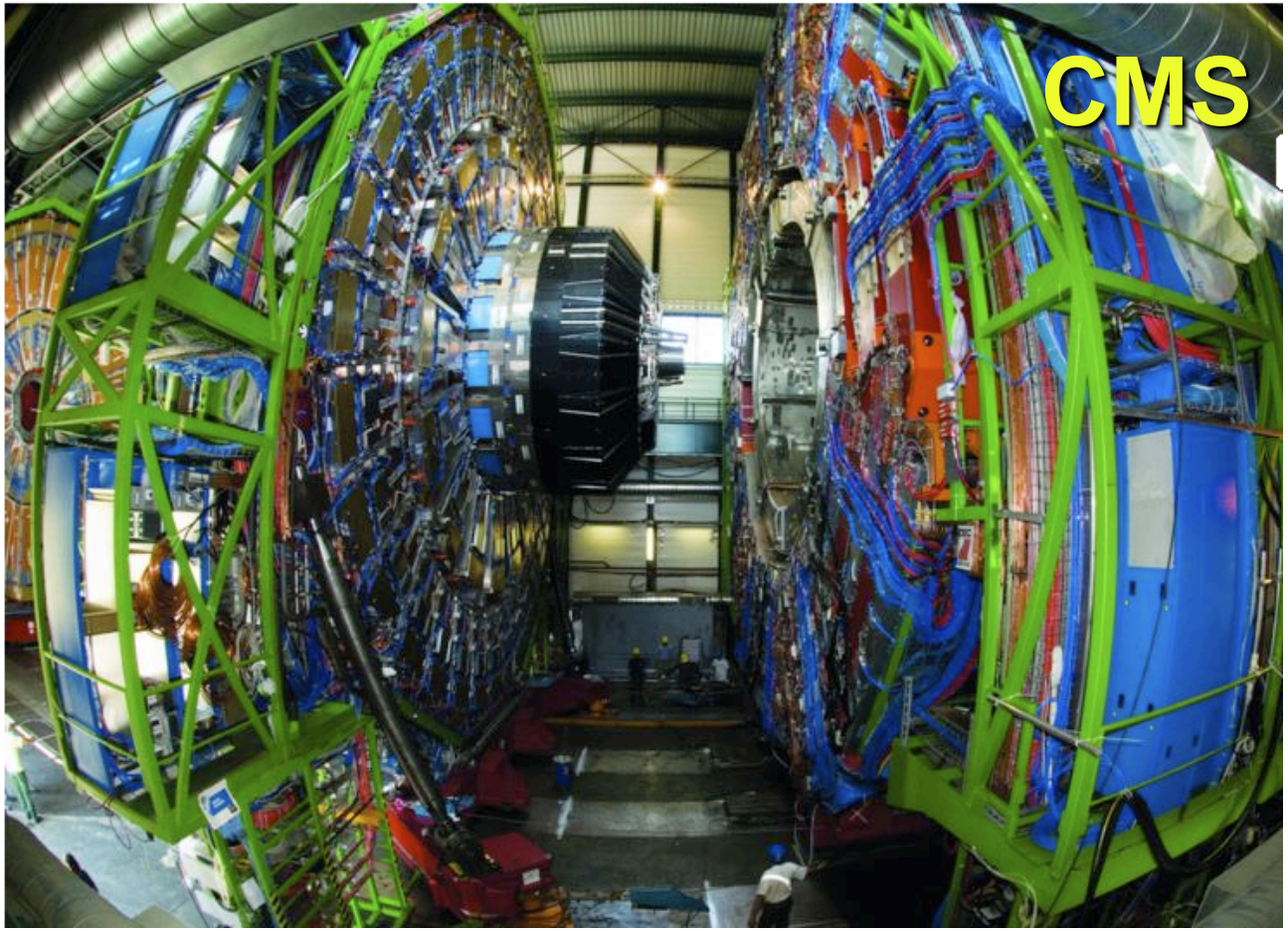
2500 EMPLEATS
5500 VISITANTS
(TOTAL 8000 REGISTRATS)
20 ESTATS MEMBRES
+ US, CANADÀ, JAPÓ , RÚSSIA, XINA, ÍNDIA, ...





Dins d' aquest tub circulen protons en els dos sentits, a 99.9997828% de la velocitat de la llum, i xoquen en el centre dels detectors.

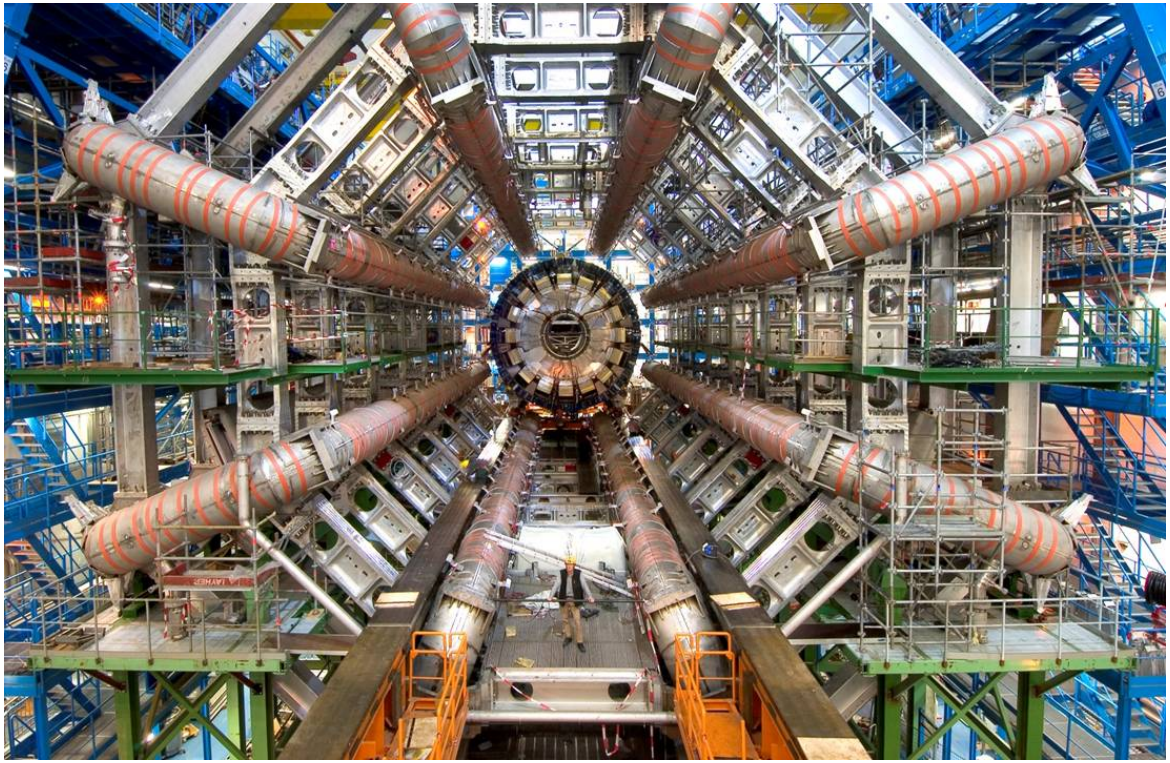
Els detectors del LHC ...



Detectors colossals per poder mesurar l'energia i direcció de totes les partícules produïdes en les col·lisions protó-protó

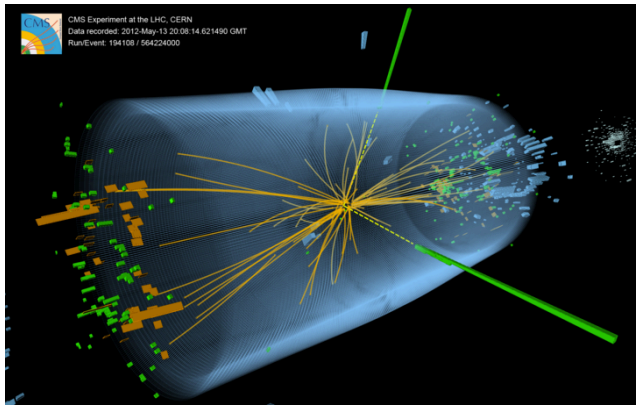
ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

ATLAS



50 estats
200 universitats
3000 científics

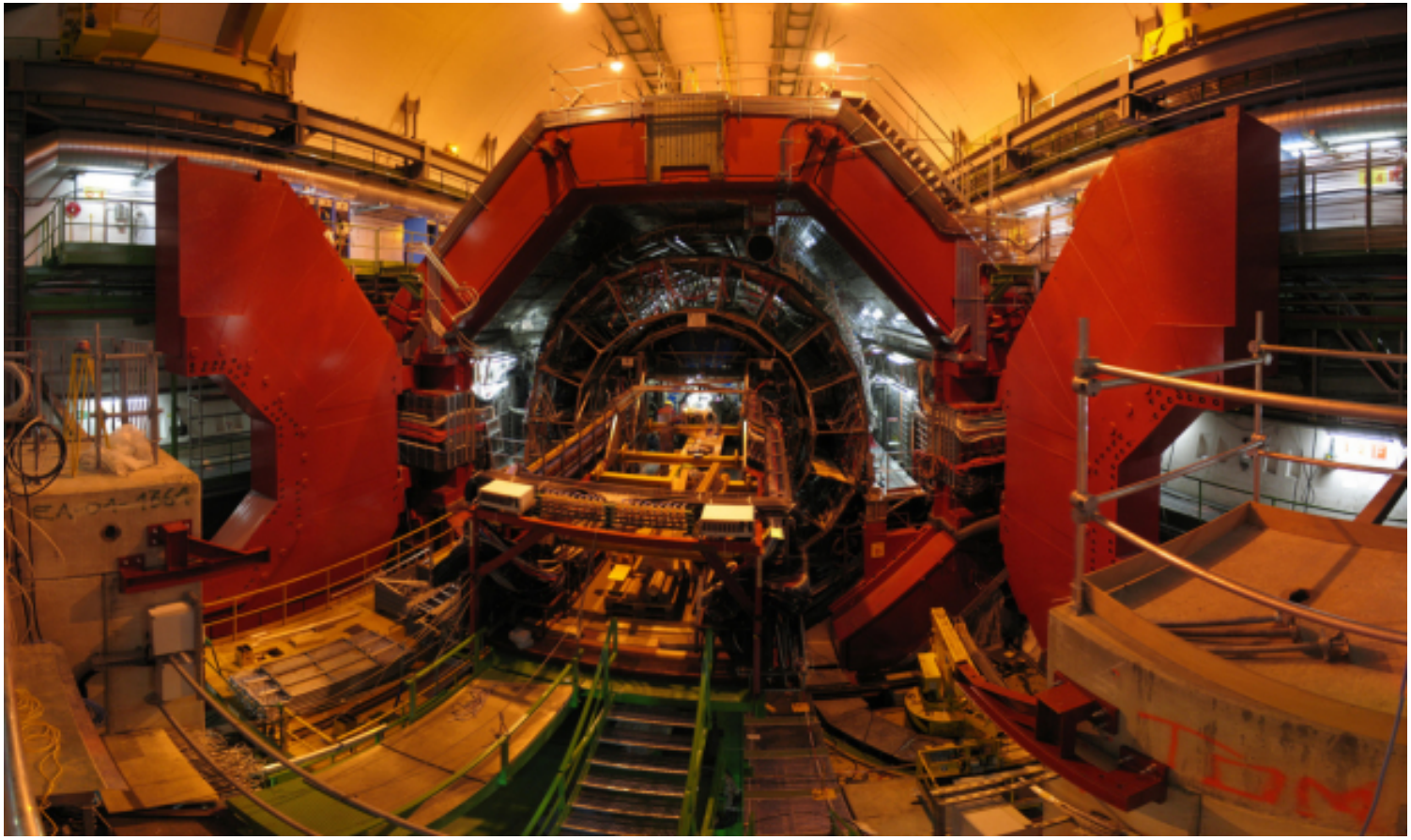
El Higgs:



Tan ATLAS com CMS varen estar dissenyats per "caçar" el Higgs mitjançant l'observació dels productes de la seva desintegració.

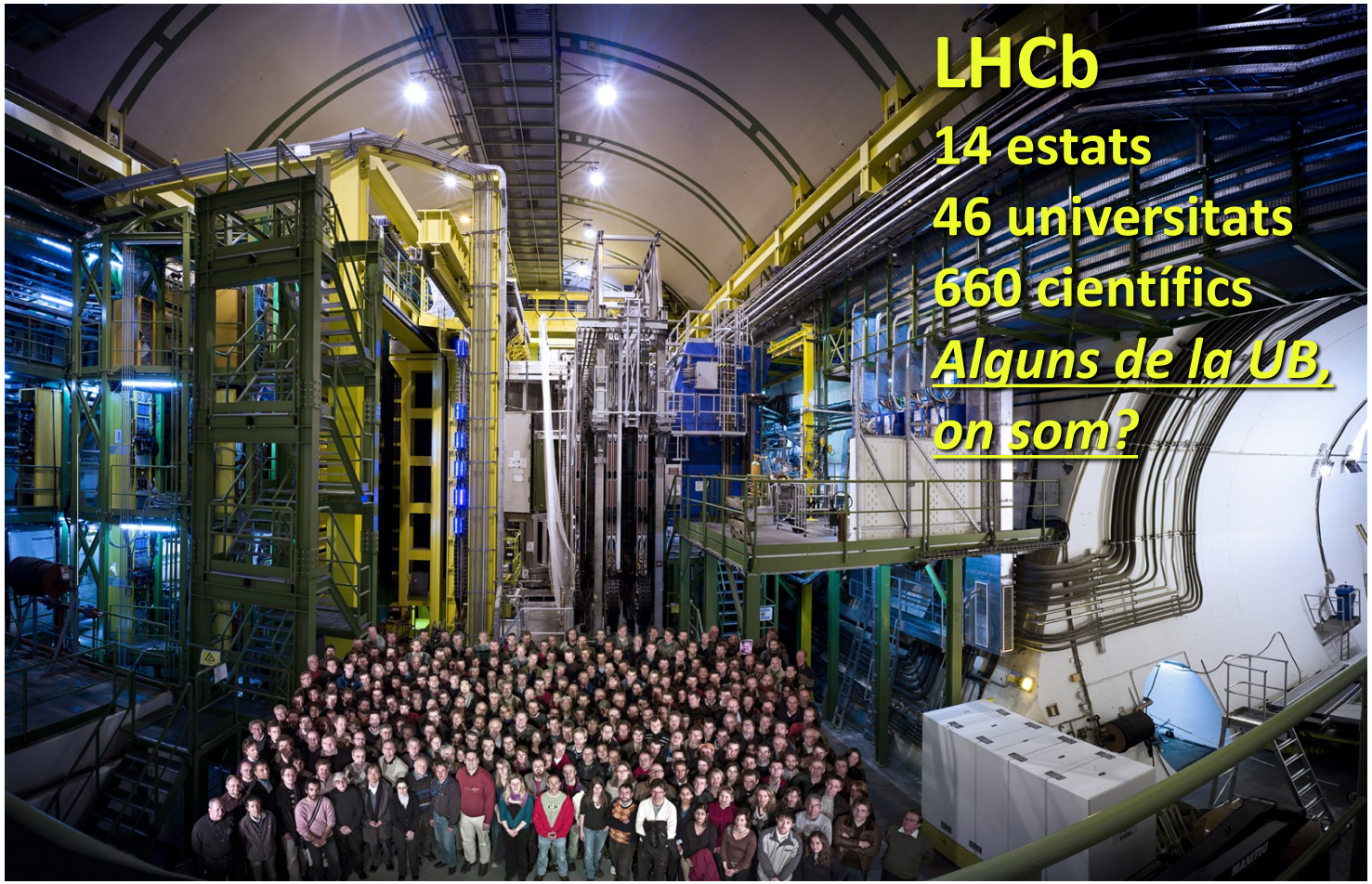
ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

ALICE



ALICE és un experiment creat per estudiar la “sopa” de partícules que es va formar immediatament després del Big Bang

LHCb



LHCb és un experiment dissenyat per explorar el que va succeir després del Big Bang i que va permetre sobreviure a la matèria per construir l'Univers en el qual vivim avui en dia

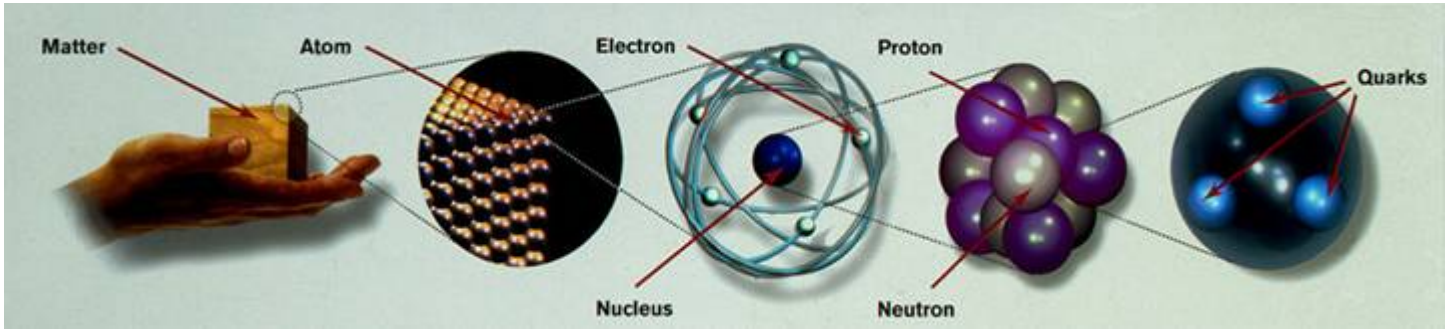
ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

les partícules: els elements bàsics de la natura

Els elements ahir:

segle VI i V a.C.

Els elements avui:



Partícules considerades elementals al 1932:
- electró
- protó i neutró
- fotó (llum)

Avui creiem que els elements bàsics són les partícules anomenades electrons i quarks, i la partícula de llum anomenada fotó (i alguna cosa més).

ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

La "taula periòdica" de les partícules de matèria (fermions)

quarks

leptons

u	c	t
d	s	b
e	μ	τ
ν_e	ν_μ	ν_τ

(hadrons)

Protó= uud

Neutró= udd

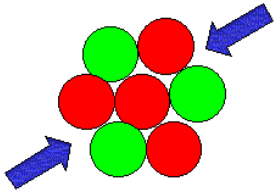
+ les seves antipartícules (= ANTIMATÈRIA)

NOTA. Falten els bosons: fotó (i similars) i el Higgs

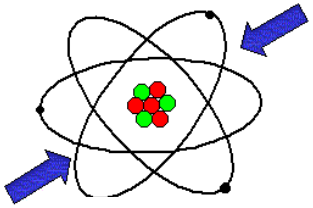
ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

La “taula periòdica” de les partícules d’intercanvi (bosons)

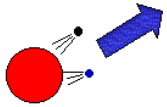
Les 4 interaccions fonamentals



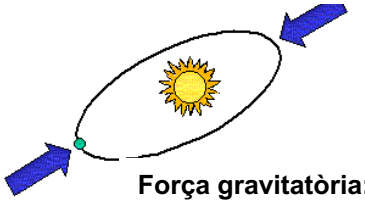
Força forta:
lliga els nuclis



Força electromagnètica:
lliga els atoms



Força feble:
desintegracions



Força gravitatòria:
lliga el sistema solar

Interacció entre partícules: el mecanisme d’intercanvi

el camp de Higgs

Les partícules adquireixen massa interactuant amb el camp de Higgs

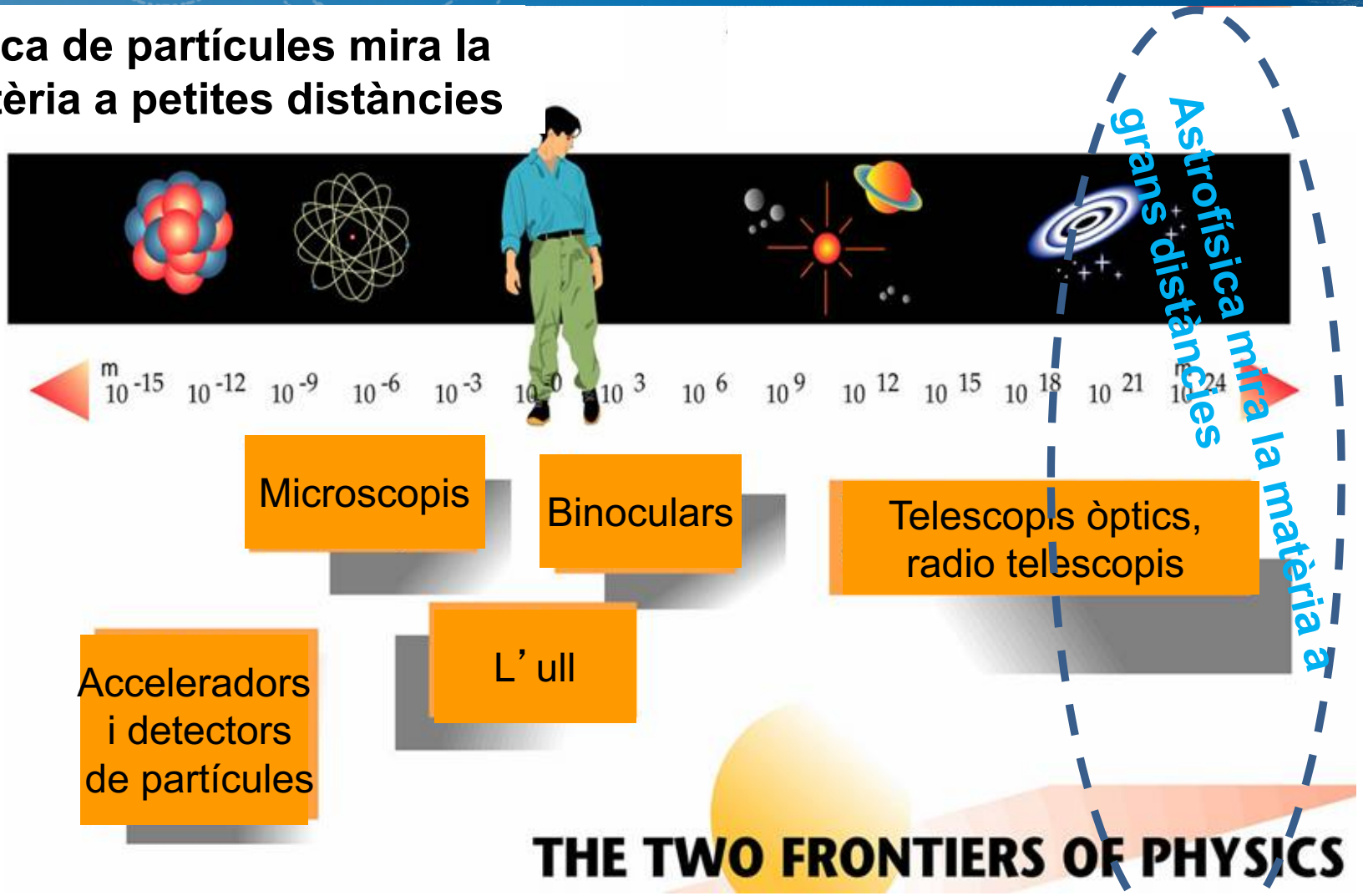
Taula de bosons

Força	bosó
Electromagnètica	fotó
Forta	Gluó (x 8)
Feble	W+, W-, Z0
Gravitatòria	Gravitò (no descobert)
Camp de Higgs	Higgs

ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

PART II

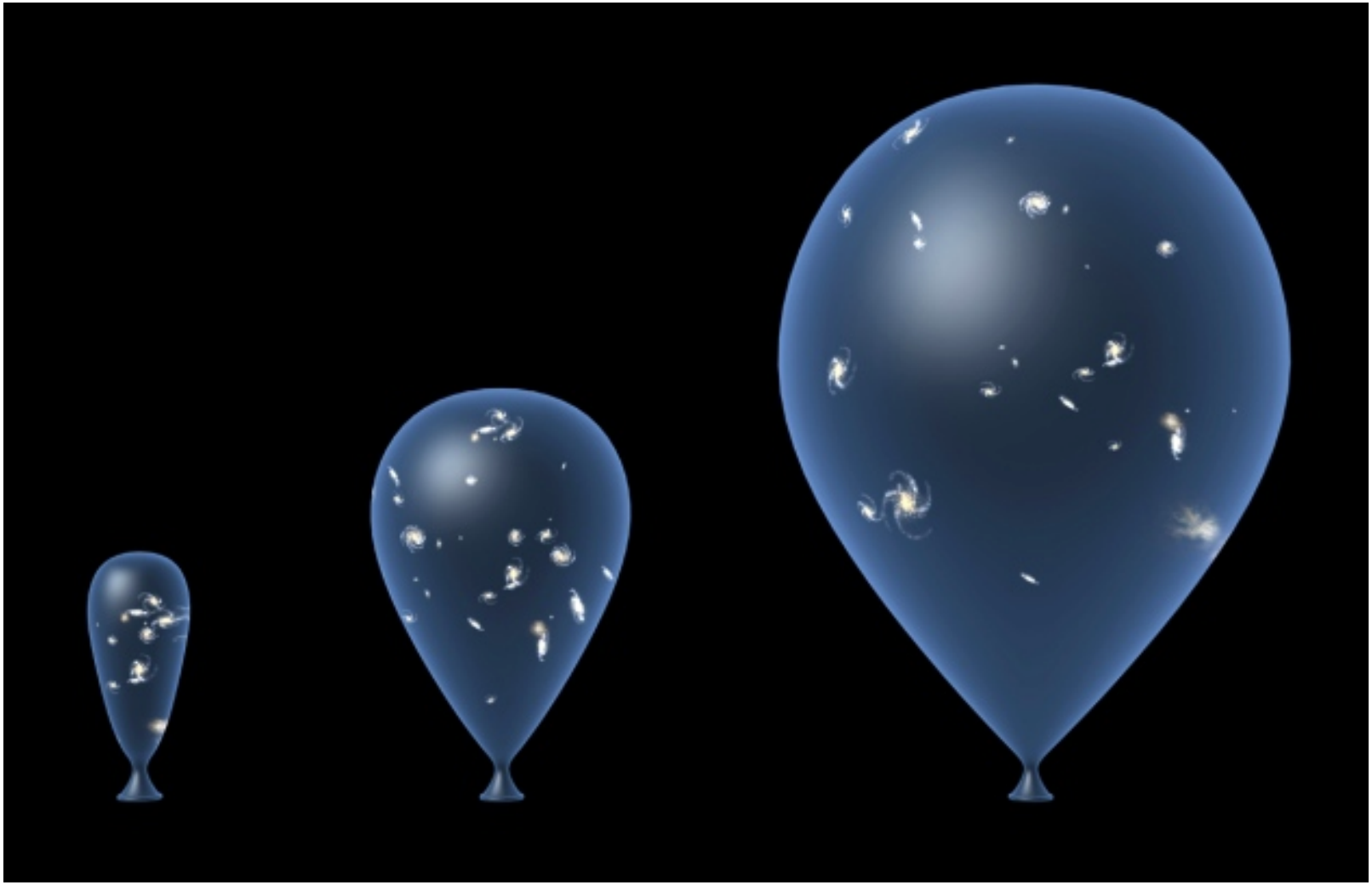
Física de partícules mira la matèria a petites distàncies



ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

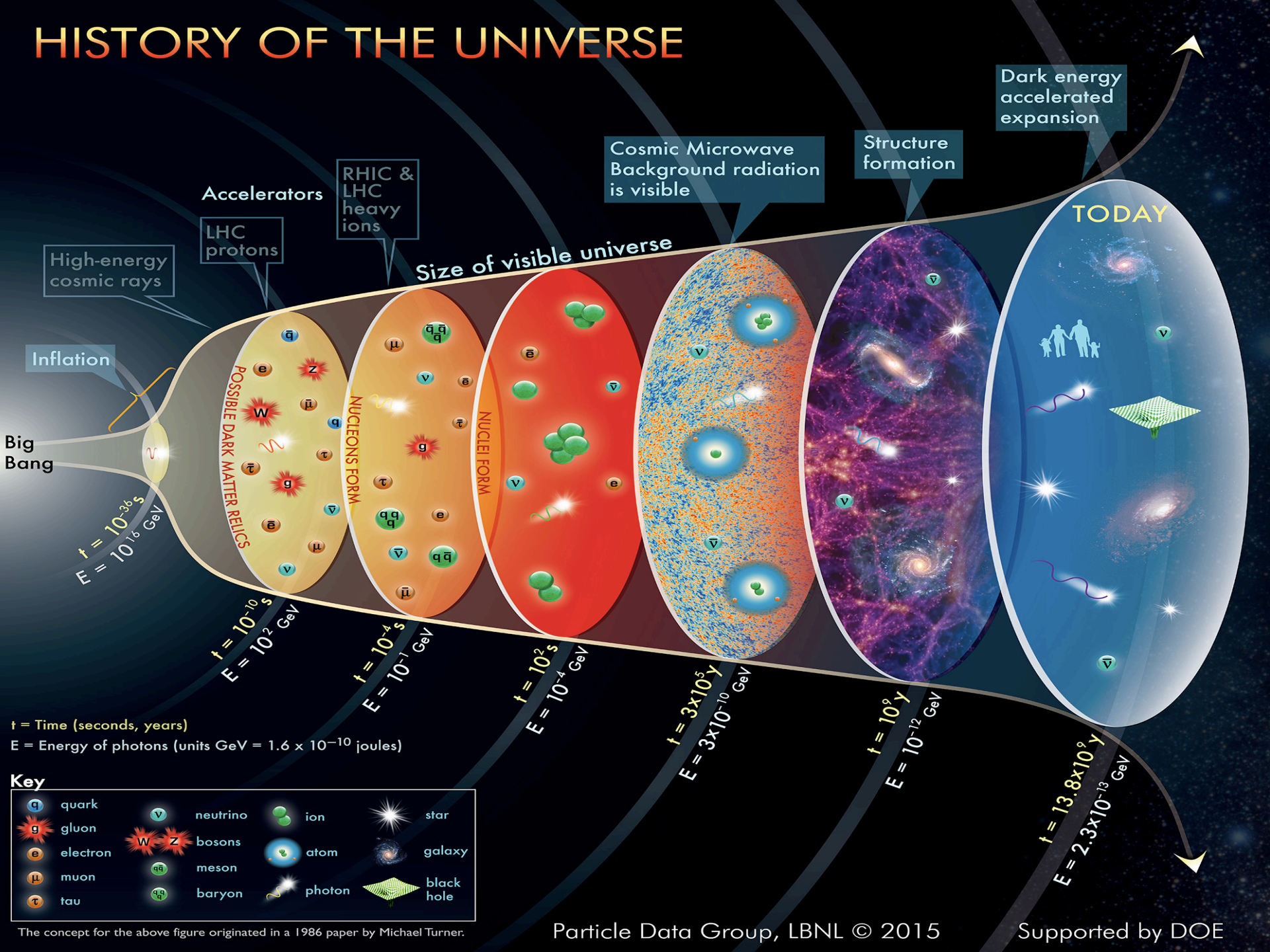
Observant grans distàncies ....

Expansió de l'Univers

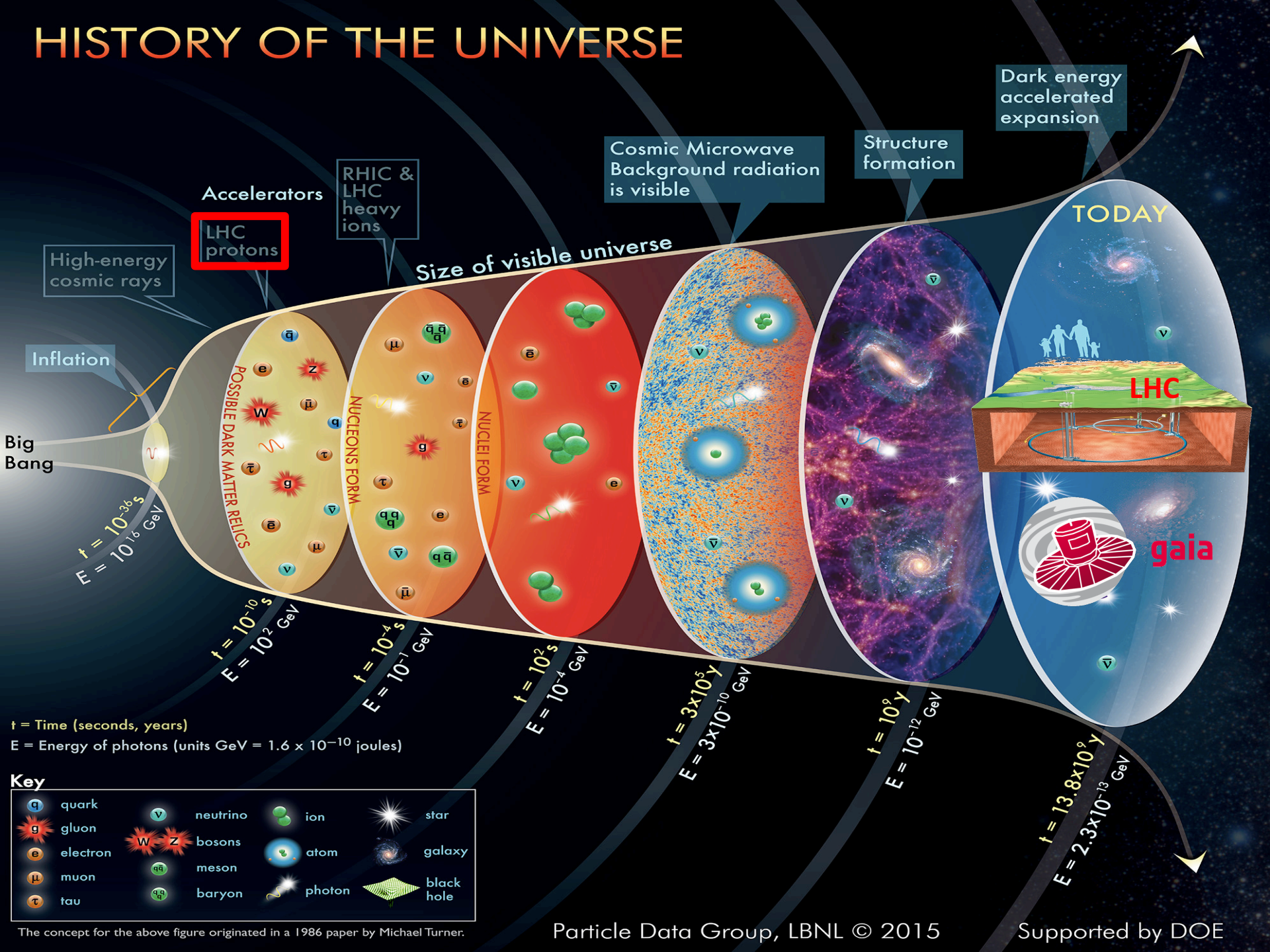


ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

HISTORY OF THE UNIVERSE



HISTORY OF THE UNIVERSE



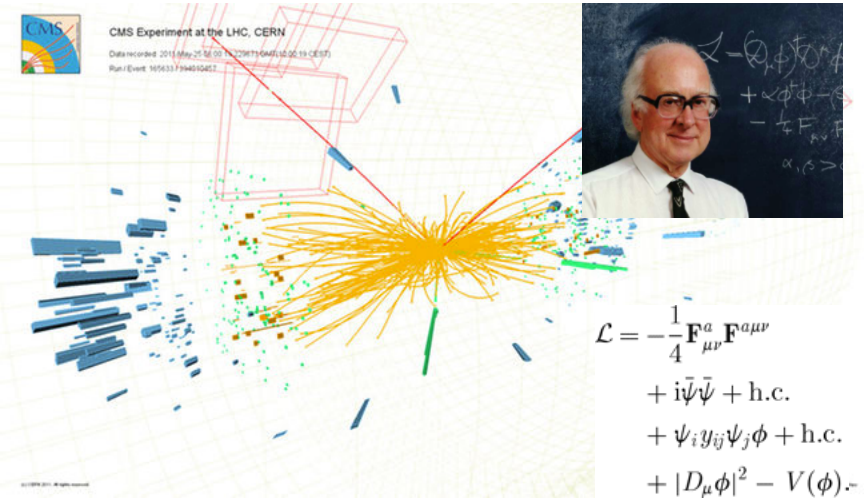
The concept for the above figure originated in a 1986 paper by Michael Turner.

Particle Data Group, LBNL © 2015

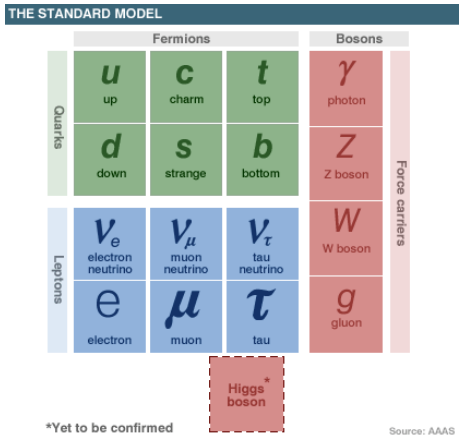
Supported by DOE

Models teòrics del nostre Univers

Model estàndard de partícules

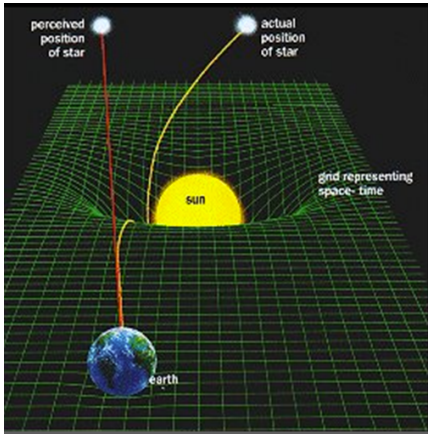


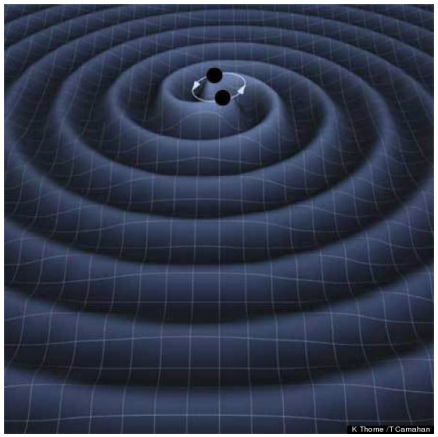
$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}\mathbf{F}^a_{\mu\nu}\mathbf{F}^{a\mu\nu} + i\bar{\psi}\bar{\psi} + \text{h.c.} + \psi_i y_{ij}\psi_j\phi + \text{h.c.} + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi).$$



+ antimatèria

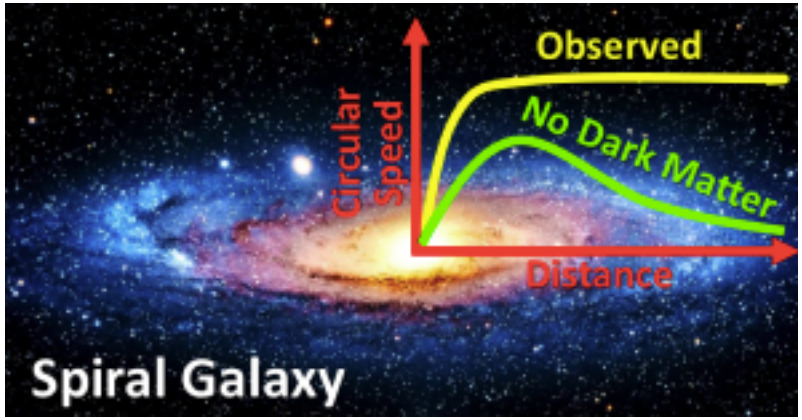
Model estàndard cosmològic

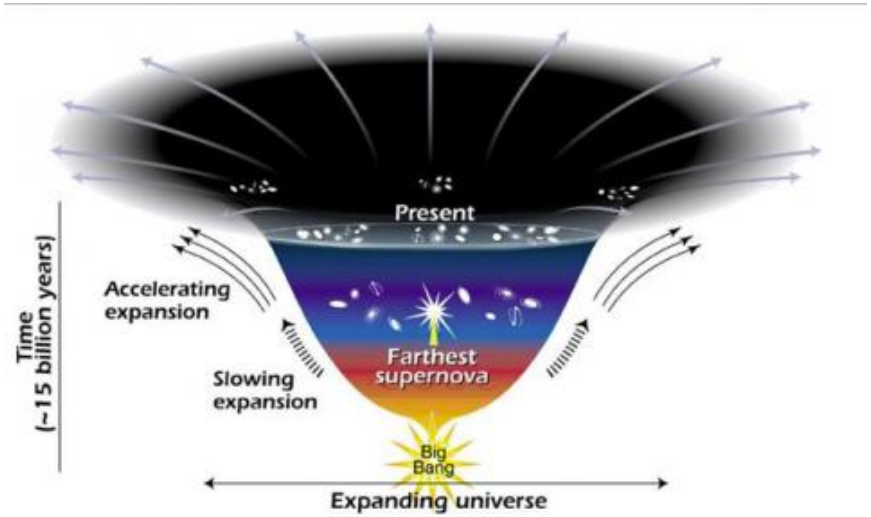


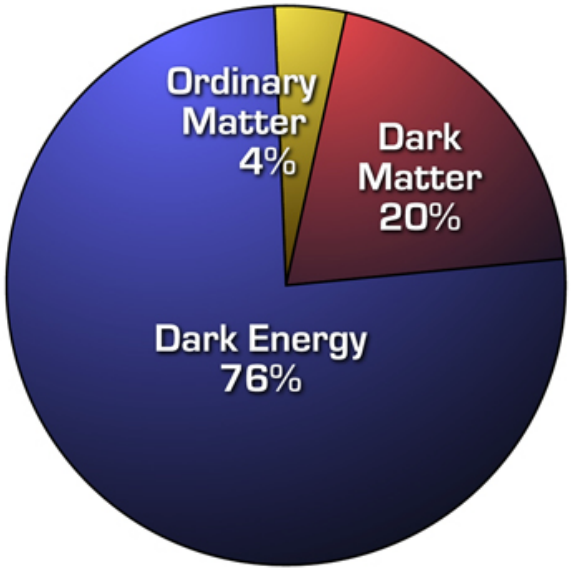


ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

Conflicte: matèria fosca i energia fosca







Desconeixem el 96% del nostre Univers

- **Que és la matèria fosca? Una nova partícula?**
- **Que és l'energia fosca? Una nova interacció?**

ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

El ICCUB: Institut de Ciències del Cosmos

La cosmologia és l'estudi de l'estructura i la història de l'Univers.

ICCUB va ser creat el 2006 per impulsar la recerca en cosmologia. Es un dels pocs centres de tot el món dedicats a la cosmologia tan des del punt de vista de la **física de partícules** com de **l'astrofísica**.

La nostre investigació busca respostes a les següents preguntes fonamentals:

- **Quins són l'origen i el destí de l'Univers?**
- **Quins són els components bàsics de l'Univers?**
- **Per què l'Univers té el seu aspecte actual?**

La investigació en ICCUB té la intenció d'abordar-los des dels punts de vista **teòrics, experimentals i observacionals**.

Recerca diversa però amb un únic objectiu

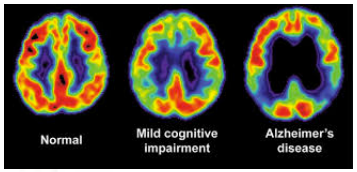
Teoria

$$\mathcal{L}_{int} = \sum_{f=e,u,d} e\,Q_f\,\underbrace{\Psi_f \gamma^\mu \Psi_f A_\mu}_{\text{QED}} + \frac{g_2}{\cos\theta_w}\sum_{f=\nu,e,u,d}\Big[\underbrace{\Psi_{Lf}\gamma^\mu\Psi_{Lf}(T^3_{fL} - Q_f \sin^2\theta_w) Z_\mu}_{\text{Left handed neutral weak int.}} + \underbrace{\Psi_{Rf}\gamma^\mu\Psi_{Rf}(-Q_f\sin^2\theta_w) Z_\mu}_{\text{Right handed neutral weak int.}}\Big]$$

$$+ \frac{g_2}{\sqrt{2}}\Big[\underbrace{(u_L\gamma^\mu d_L + \nu_e\gamma^\mu e_L) W^+_\mu}_{\text{flavor changing weak interactions}} + \underbrace{(d_L\gamma^\mu u_L + e_L\gamma^\mu \nu_e) W^-_\mu}_{\text{flavor changing weak interactions}}\Big]$$

$$+ \frac{g_3}{2}\sum_{q=u,d}\underbrace{\sum_a}_{\text{Sum over gluons}} (q_{red}, q_{green}, q_{blue})\,\gamma^\mu \underbrace{\lambda^a}_{\text{SU(3) generators}} \begin{pmatrix} q_{red} \\ q_{green} \\ q_{blue} \end{pmatrix} \underbrace{G^a_\mu}_{\text{Gluons - carry color/anti-color}}$$

Tecnologia



ICCUB Institute of Cosmos Sciences
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU

Tot ho podeu trobar a la web del ICCUB ….

ICCUB Institute of Cosmos Sciences EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU