

# Visible ed invisibile nella fisica moderna



**Michelangelo Mangano,  
Theoretical Physics Department,  
CERN, Geneva**

nessun artista meglio di Salvador Dalí rappresenta la forza ispiratrice della scienza, ed è stato maggiormente affascinato dalla relazione fra visibile ed invisibile ....

“Nel periodo Surrealista ho voluto creare l'iconografia del mondo interiore e del mondo fantastico, del mio padre Freud.

Oggi il mondo esteriore e quello della fisica hanno trasceso quello della psicologia.

Il mio padre oggi è Heisenberg.”

**S.Dali, 'Anti-matter manifesto' (1958)**

Previous page:

S.Dali, The persistence of memory (1931)



**Hubble Ultra Deep Field**  
**Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys**

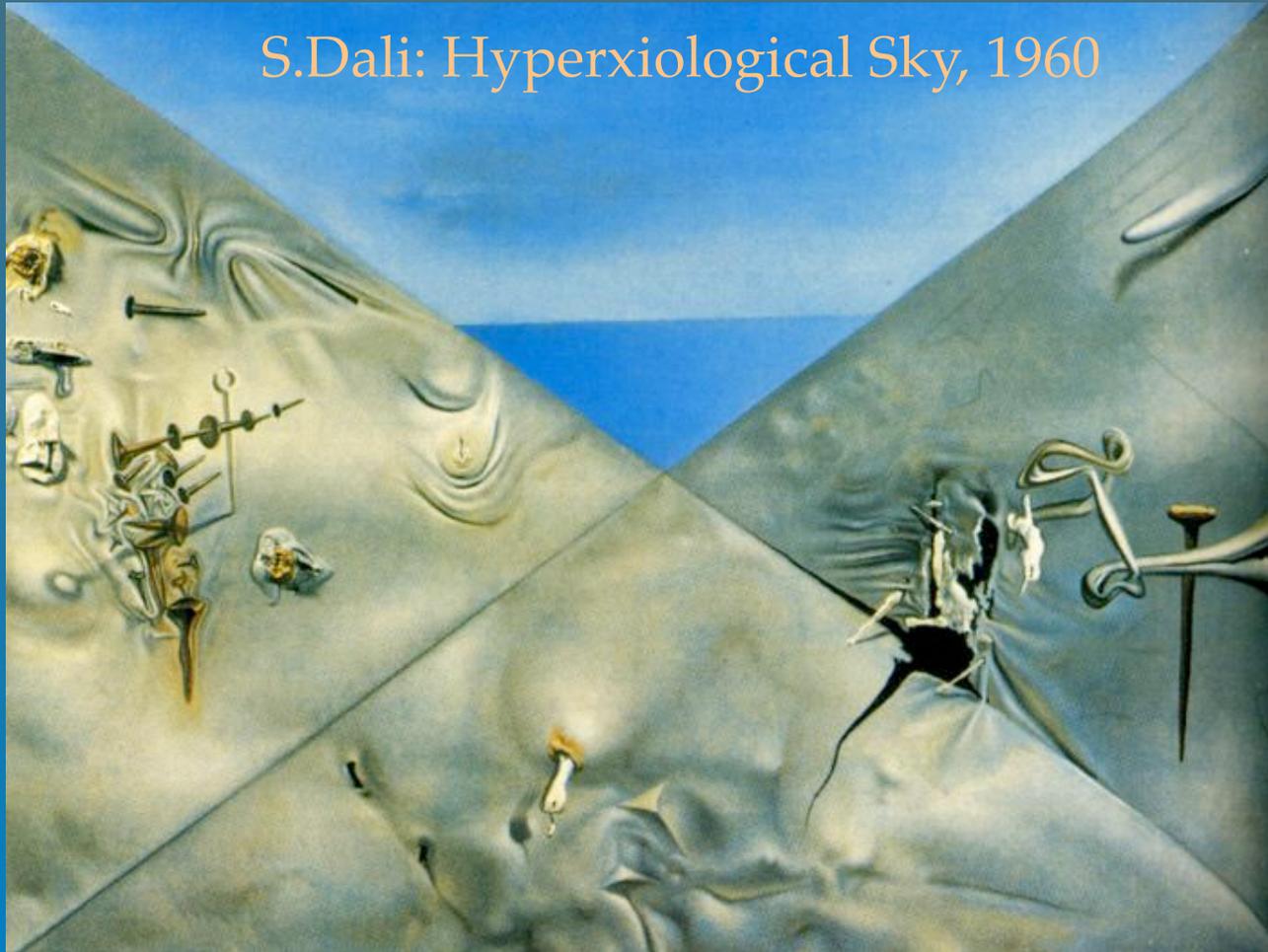
NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team

STScI-PRC04-07a

S.Dali: Ciel, 1931



S.Dali: Hyperxiological Sky, 1960



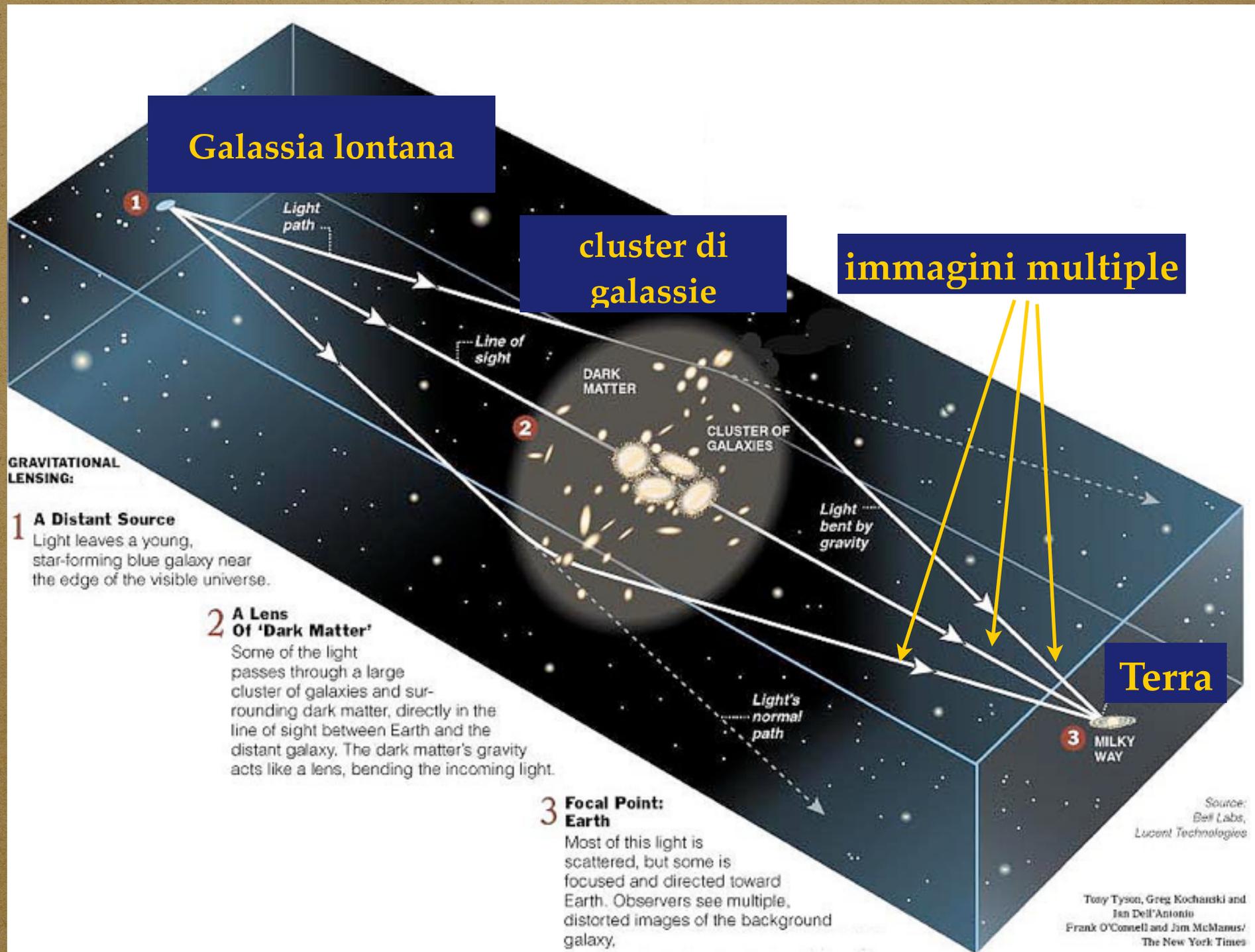


**Hubble Ultra Deep Field**  
**Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys**

NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team

STScI-PRC04-07a

# Lenti gravitazionali



Galassia lontana

cluster di galassie

immagini multiple

Terra

## GRAVITATIONAL LENSING:

**1 A Distant Source**  
Light leaves a young, star-forming blue galaxy near the edge of the visible universe.

**2 A Lens Of 'Dark Matter'**  
Some of the light passes through a large cluster of galaxies and surrounding dark matter, directly in the line of sight between Earth and the distant galaxy. The dark matter's gravity acts like a lens, bending the incoming light.

**3 Focal Point: Earth**  
Most of this light is scattered, but some is focused and directed toward Earth. Observers see multiple, distorted images of the background galaxy.

Source: Bell Labs, Lucent Technologies

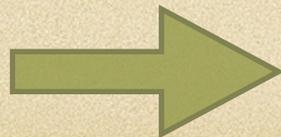
Tony Tyson, Greg Kochanski and Jan Dell'Antonio  
Frank O'Connell and Jim McManus/  
The New York Times

# Galaxy cluster Abell 2218



*Credits: European Space Agency, NASA, J.-P. Kneib  
(Observatoire Midi-Pyrénées) and R. Ellis (Caltech)*

La forma ed intensità delle immagini distorte suggeriscono la presenza di molta più materia di quanta non sia **visibile** in queste galassie !



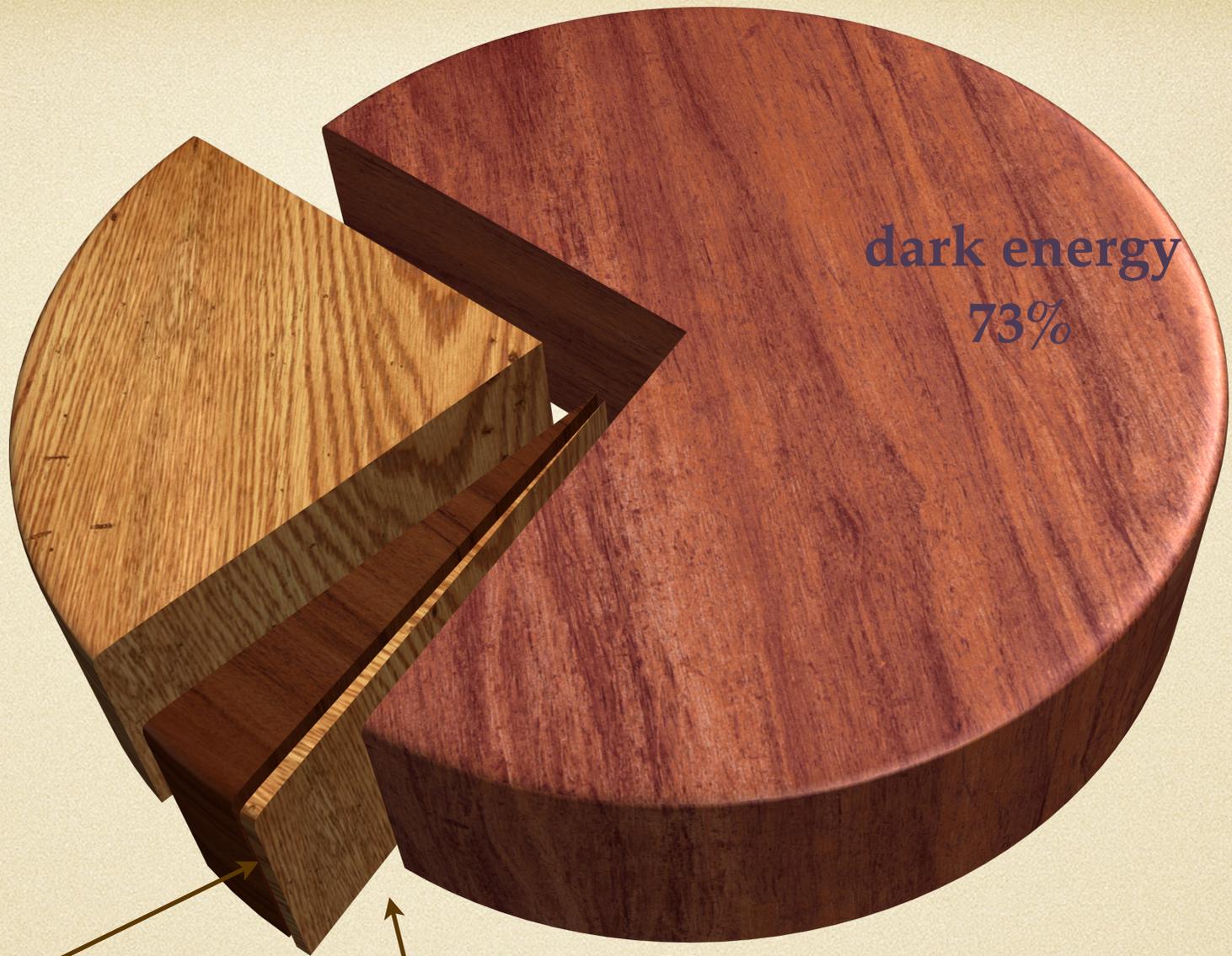
**Materia oscura invisibile !!**

dark matter  
23%

dark energy  
73%

non-luminous ordinary  
matter (e.g. planets,  
dead stars, dust, etc),  
~4%

luminous matter (stars, gas) ~0.5%



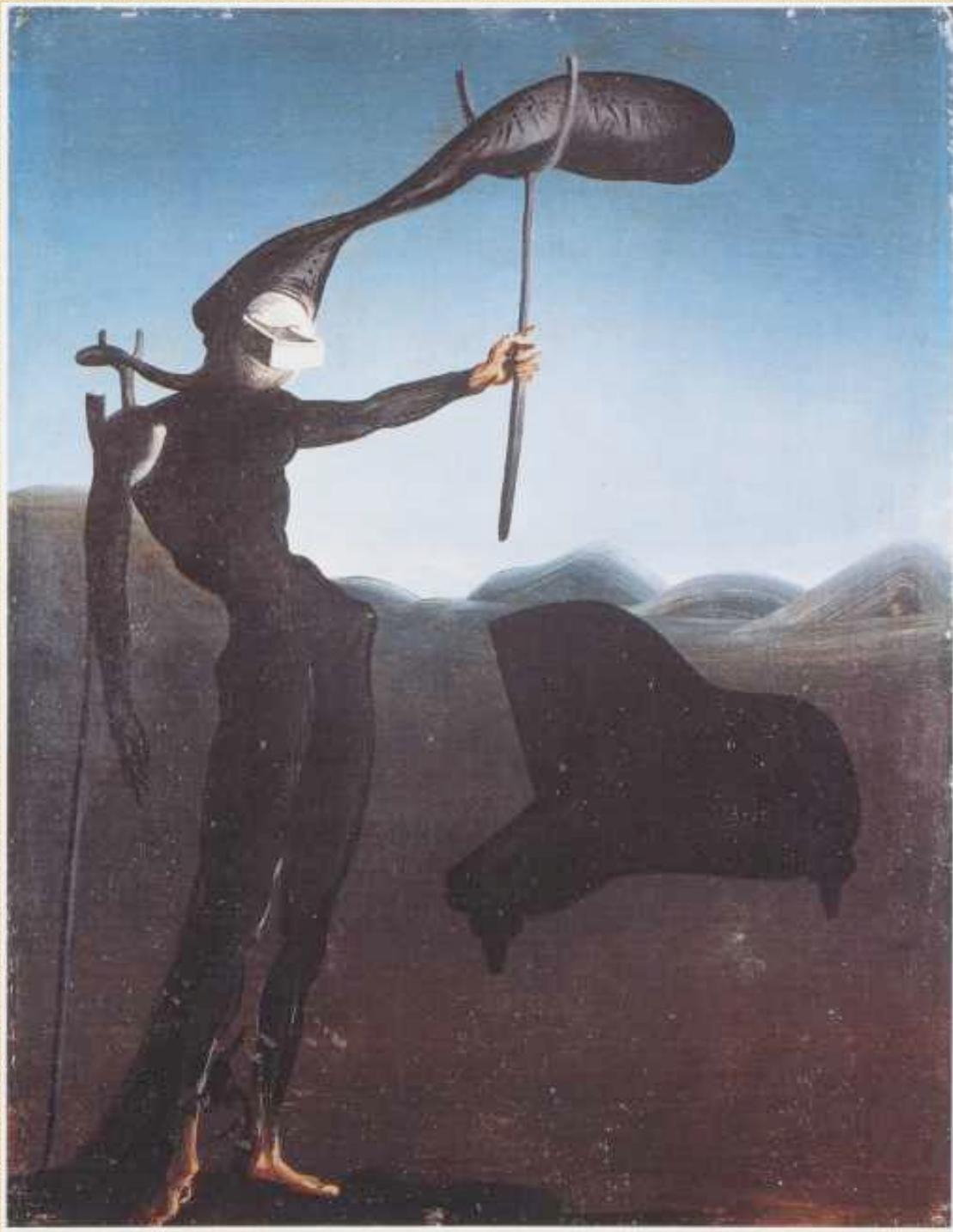
Per dichiarare qualcosa  
invisibile, dobbiamo sapere  
che c'è qualcosa, e se  
sappiamo che c'è qualcosa,  
allora non è più veramente  
invisibile! .....



**S.Dali, Surrealist Composition with Invisible Figures, 1936**

Dimostrare l'esistenza dell'invisibile,  
fornire evidenza che c'è qualcosa  
dove non si "vede" niente,  
trasformare l'invisibile in visibile,  
sono i motori principali del progresso  
scientifico.

È questo un processo fondamentale,  
che ci porta dal reame della magia e  
superstizione, a quello delle scienze.



**Invisible Harp, 1934**

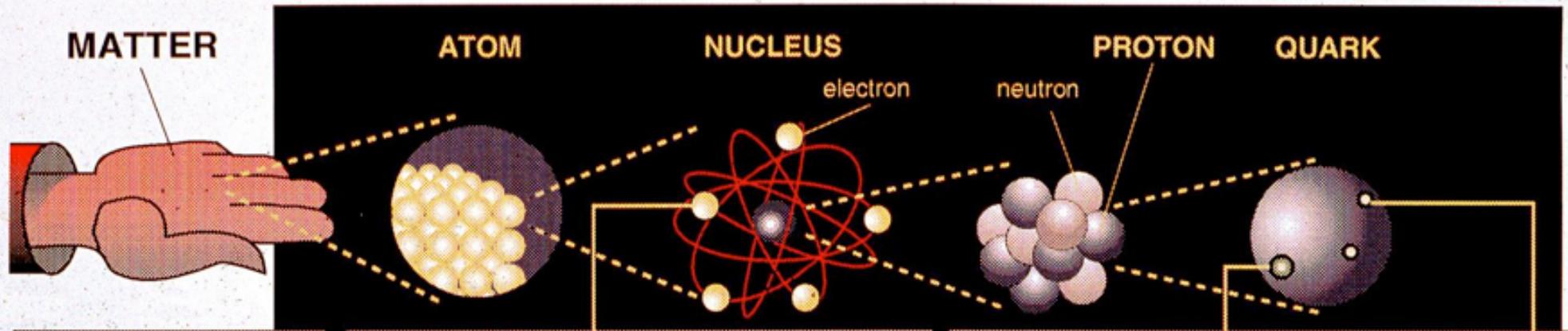
Ma il passo cruciale in questo  
processo è stabilire la **natura**  
dell'invisibile .....

Scopo della fisica moderna: svelare  
l'invisibile, dargli sostanza, ed  
esplorarne le conseguenze per l'universo

# Cosa? come?

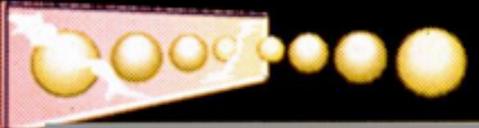
- Possiamo ricondurre la struttura della materia ad elementi fondamentali?
- Se sí, cosa sono?
- Come interagiscono?
- Come determinano le proprietà dell'universo?

# The Standard Model of particle physics



<p><b>MATTER</b></p> <p>ALL ORDINARY MATTER BELONGS TO THIS GROUP.</p>	<b>LEPTONS</b>		<b>QUARKS</b>	
	<p>RESPONSIBLE FOR ELECTRICITY AND CHEMICAL REACTIONS</p>	<p><b>electron</b> Electric charge <math>-1</math>.</p>	<p><b>electron neutrino</b> Electric charge <math>0</math>. Rarely interacts with other matter.</p>	<p><b>up</b> Electric charge <math>+2/3</math>. Protons have 2 up quarks Neutrons have 1 up quark</p>
<p>THESE PARTICLES EXISTED JUST AFTER THE BIG BANG.</p>	<p><b>muon</b> A heavier relative of the electron.</p>	<p><b>muon neutrino</b> Created with muons when some particles decay.</p>	<p><b>charm</b> A heavier relative of the up.</p>	<p><b>strange</b> A heavier relative of the down.</p>
<p>NOW THEY ARE FOUND ONLY IN COSMIC RAYS AND ACCELERATORS.</p>	<p><b>tau</b> Heavier still.</p>	<p><b>tau neutrino</b> Not yet observed directly.</p>	<p><b>top</b> Heavier still, recently observed.</p>	<p><b>bottom</b> Heavier still.</p>

**ANTIMATTER**  
Each particle also has an antimatter counterpart ... sort of a mirror image.



# BOSONS

force carriers  
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1		
Name	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
$\gamma$ photon	0	0
$W^-$	80.39	-1
$W^+$ W bosons	80.39	+1
$Z^0$ Z boson	91.188	0

Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
<b>g</b> gluon	0	0

EW symmetry breaking spin=0		
<b>H</b> higgs	<b>125</b>	<b>0</b>

## Properties of the Interactions

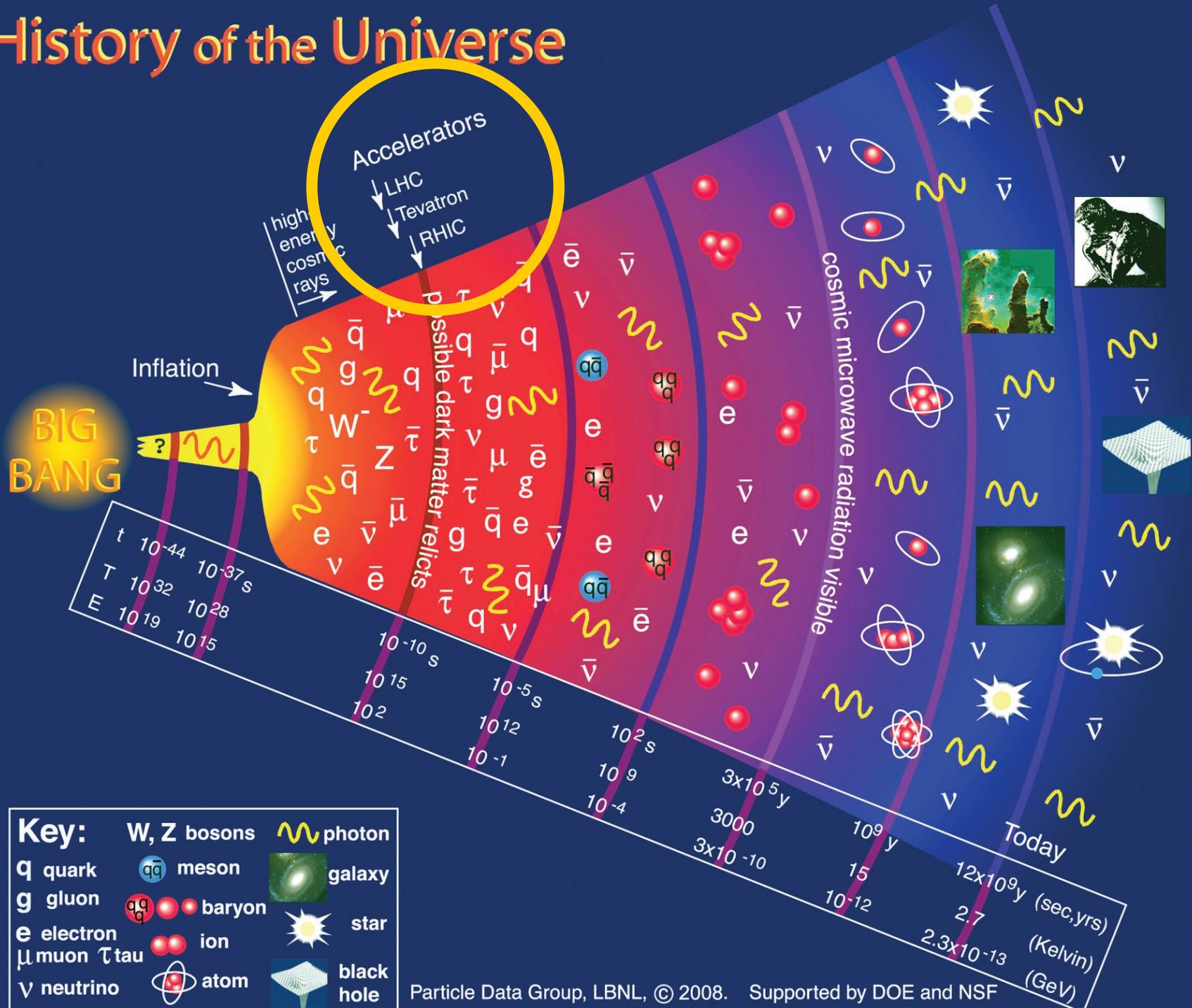
The strengths of the interactions (forces) are shown relative to the strength of the electromagnetic force for two u quarks separated by the specified distances.

Property	Gravitational Interaction	Weak Interaction (Electroweak)	Electromagnetic Interaction	Strong Interaction
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically Charged	Quarks, Gluons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	$W^+$ $W^-$ $Z^0$	$\gamma$	Gluons
Strength at $\left\{ \begin{array}{l} 10^{-18} \text{ m} \\ 3 \times 10^{-17} \text{ m} \end{array} \right.$	$10^{-41}$ $10^{-41}$	0.8 $10^{-4}$	1 1	25 60

Il Modello Standard descrive con grande precisione quantitativa tutti i fenomeni che possiamo osservare in natura, e misurare in laboratorio:

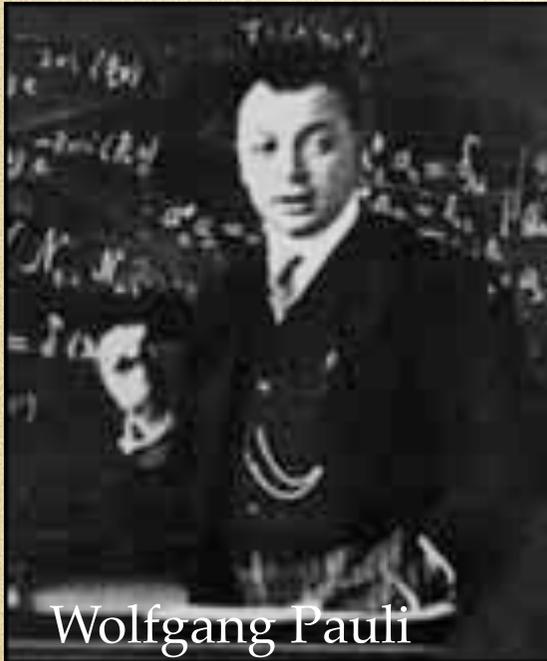
i processi elettrici, chimici, nucleari, la struttura atomica degli elementi, il comportamento meccanico / termico / elettrico dei metalli / semiconduttori, [...] la generazione di energia nelle stelle, la creazione degli elementi chimici al tempo del Big Bang, etc.etc.etc.

# History of the Universe



Alcuni aneddoti sul ruolo  
dell'invisibile nella  
scoperta e comprensione  
delle particelle  
fondamentali e le loro  
interazioni

Attorno al 1920, anni di misure sui decadimenti di nuclei radioattivi di  ${}^6\text{He}$  suggerivano la violazione della conservazione dell'energia: l'energia dei prodotti di decadimento **visibili** era inferiore all'energia disponibile ... Wolfgang Pauli fece la proposta rivoluzionaria che l'energia fosse portata via da una particella sconosciuta, totalmente invisibile ... Fermi chiamò questa particella **neutrino**



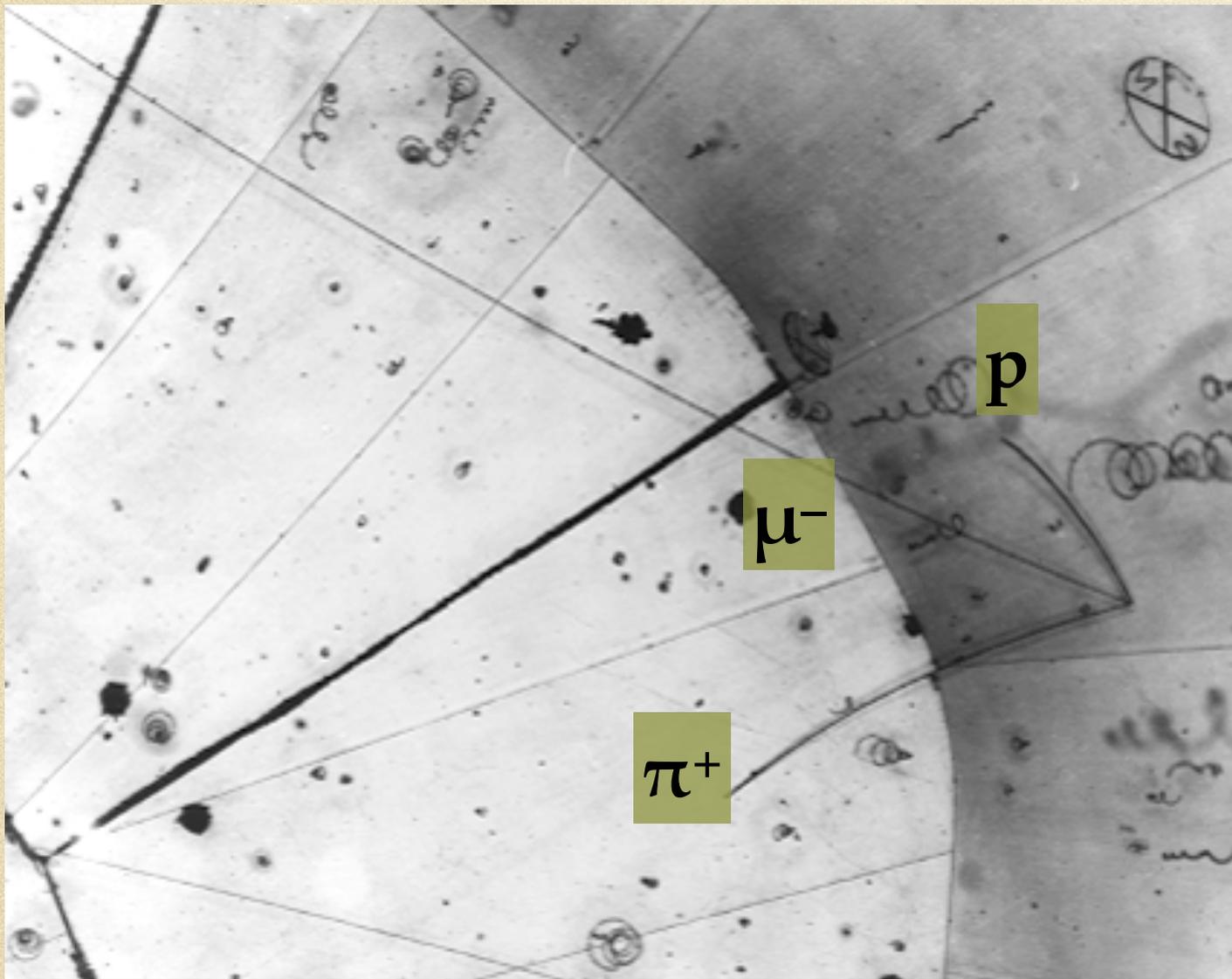
Wolfgang Pauli



S.Dalí, The invisible man, 1929



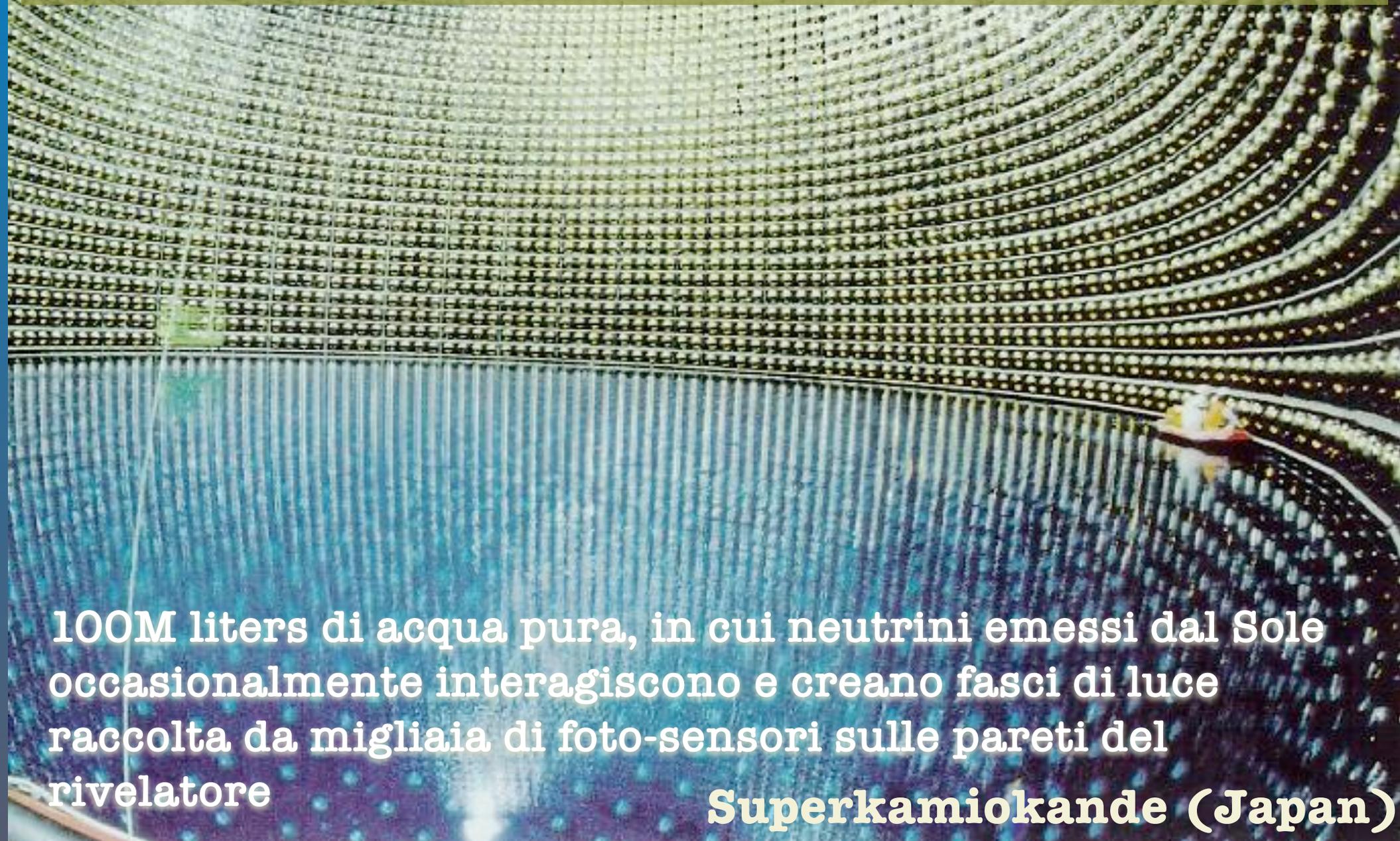
# Ci vollero più di 20 anni perchè un neutrino venisse "osservato"



$\nu$  from a beam  
of  $\pi$  mesons

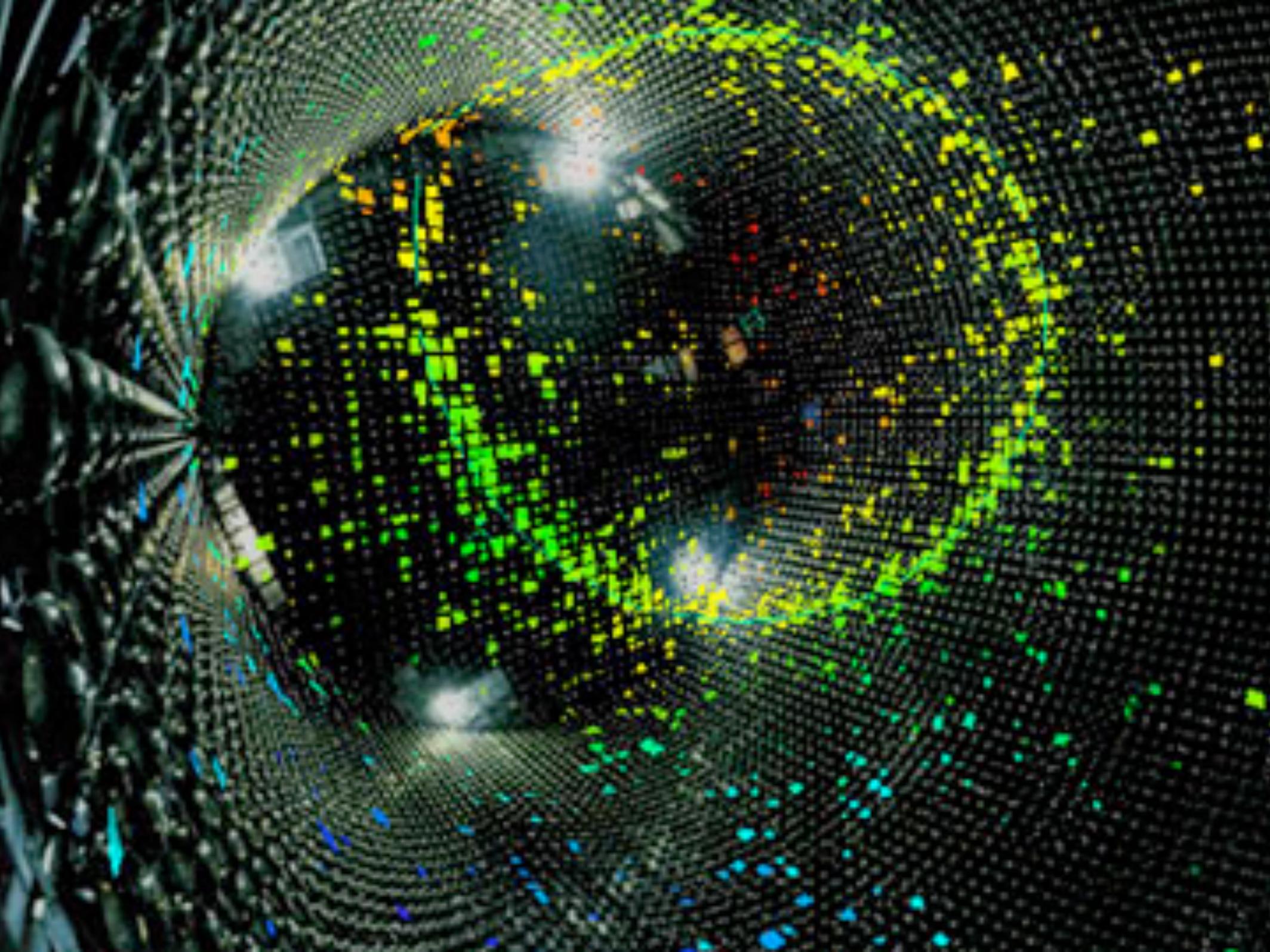
The world's first neutrino observation in a hydrogen bubble chamber. It was found Nov. 13, 1970, in this photograph from the Zero Gradient Synchrotron's 12-foot bubble chamber. The invisible neutrino strikes a proton where three particle tracks originate (lower right). The neutrino turns into a mu-meson, the long center track (extending up and left). The short track is the proton. The third track (extending down and left) is a pi-meson created by the collision.  
*Argonne National Laboratory*

Venne poi scoperto che i neutrini sono abbondantemente prodotti durante le reazioni che generano energia entro il Sole

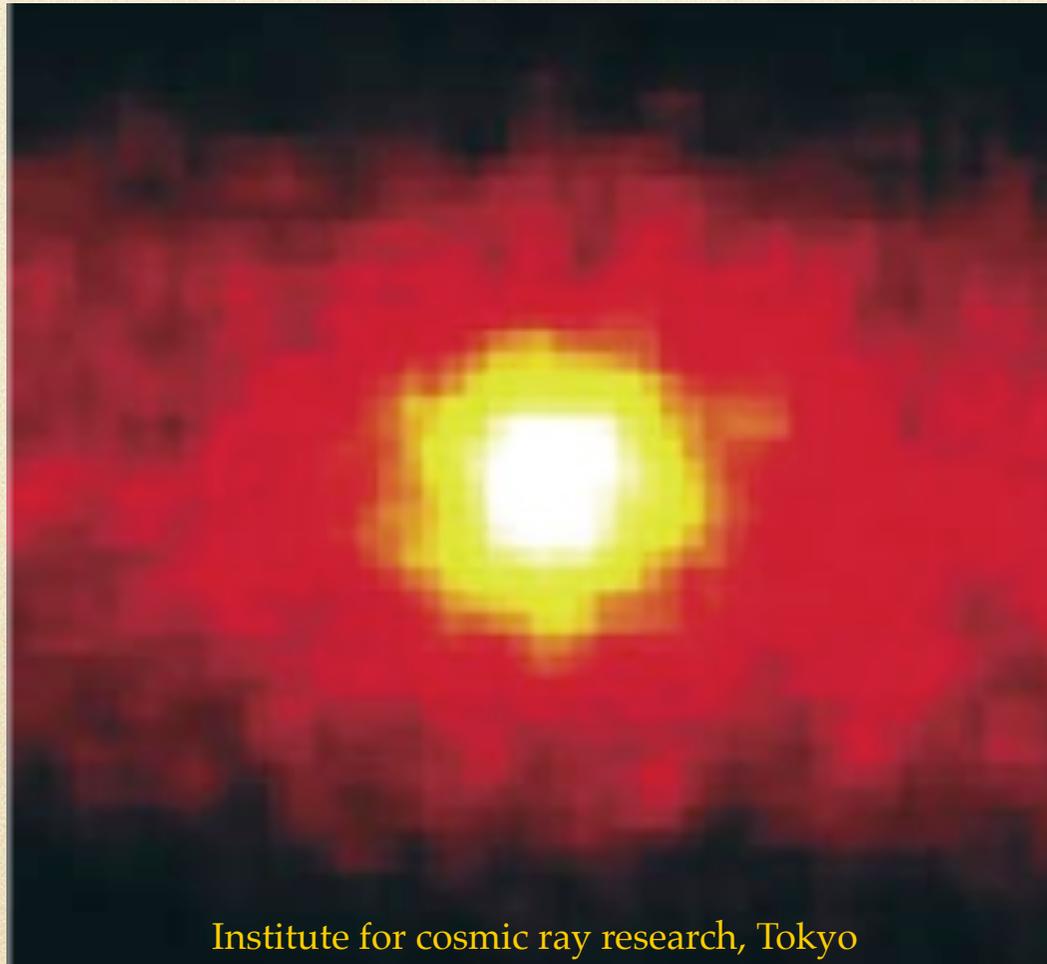


100M liters di acqua pura, in cui neutrini emessi dal Sole occasionalmente interagiscono e creano fasci di luce raccolta da migliaia di foto-sensori sulle pareti del rivelatore

**Superkamiokande (Japan)**



Ricostruendo la direzione del neutrino, si ottiene una mappa nel cielo delle sorgenti di neutrini: un telescopio a neutrini, che usa gli invisibili neutrini!

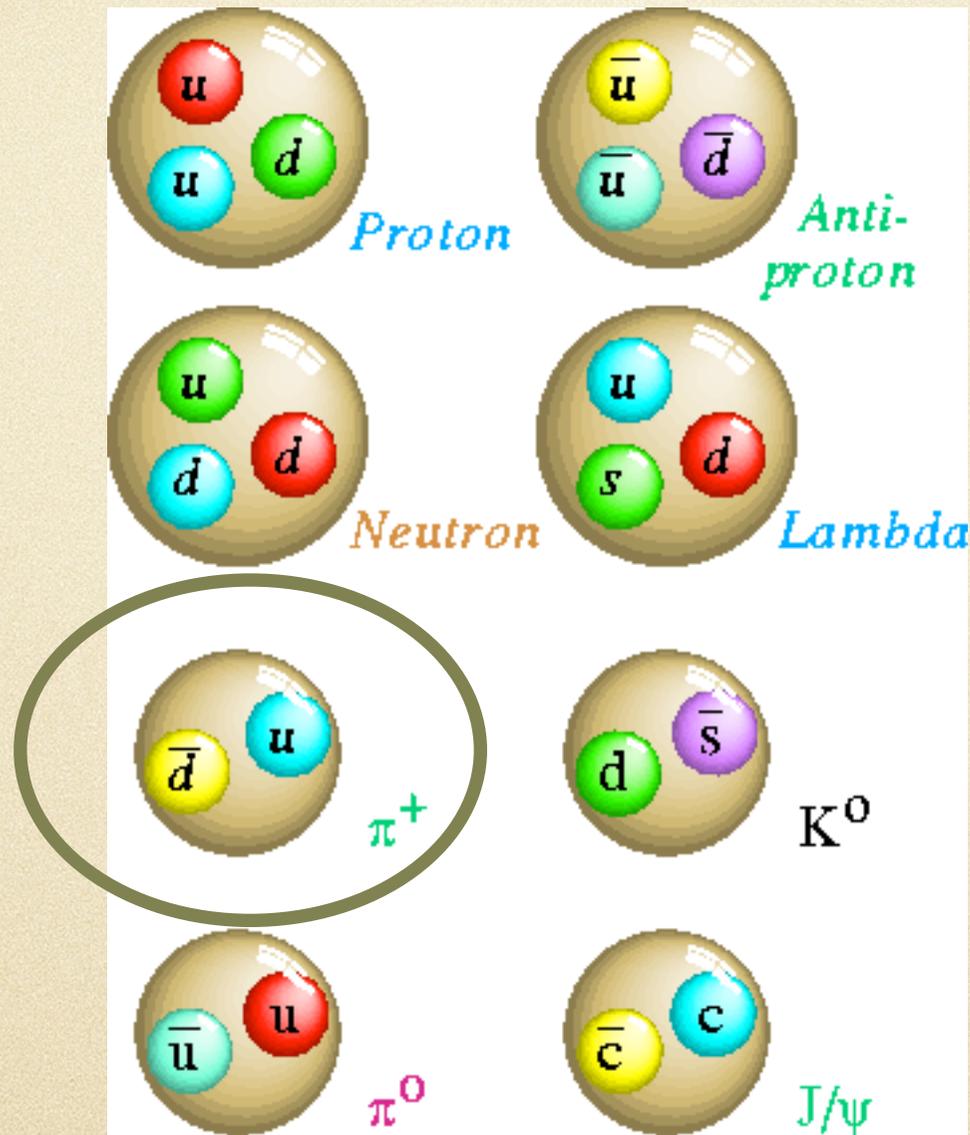


Un'immagine, ottenuta con i neutrini, dell'invisibile nucleo interno del Sole, dove le reazioni nucleari hanno luogo

“ È con i mesoni  $\pi$  e con i più  
gelatinosi ed indeterminati  
neutrini che voglio dipingere la  
bellezza degli angoli e della  
realtà ”

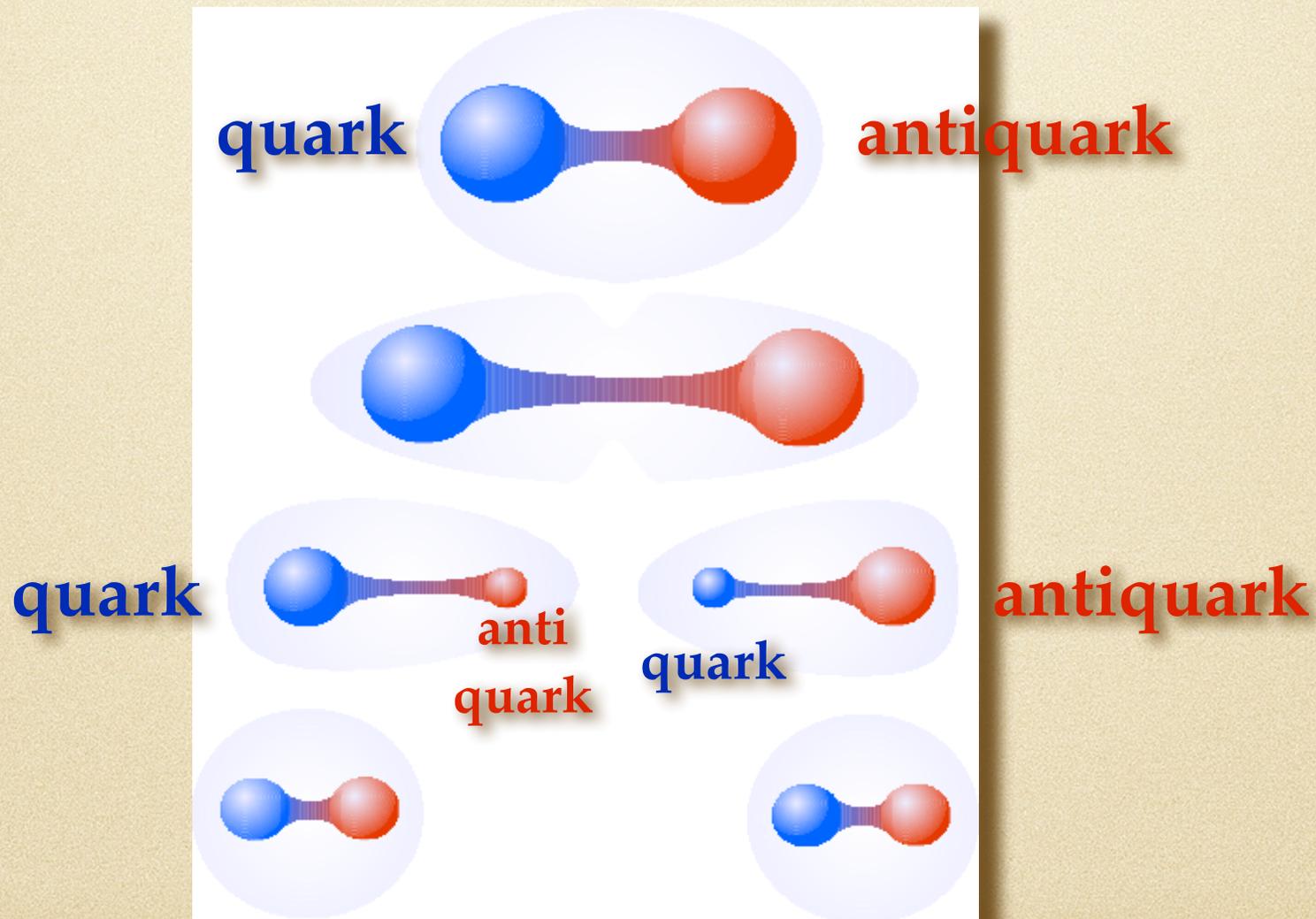
S.Dali, 'Anti-matter manifesto' (1958)

# I blocchi fondamentali della materia: quarks



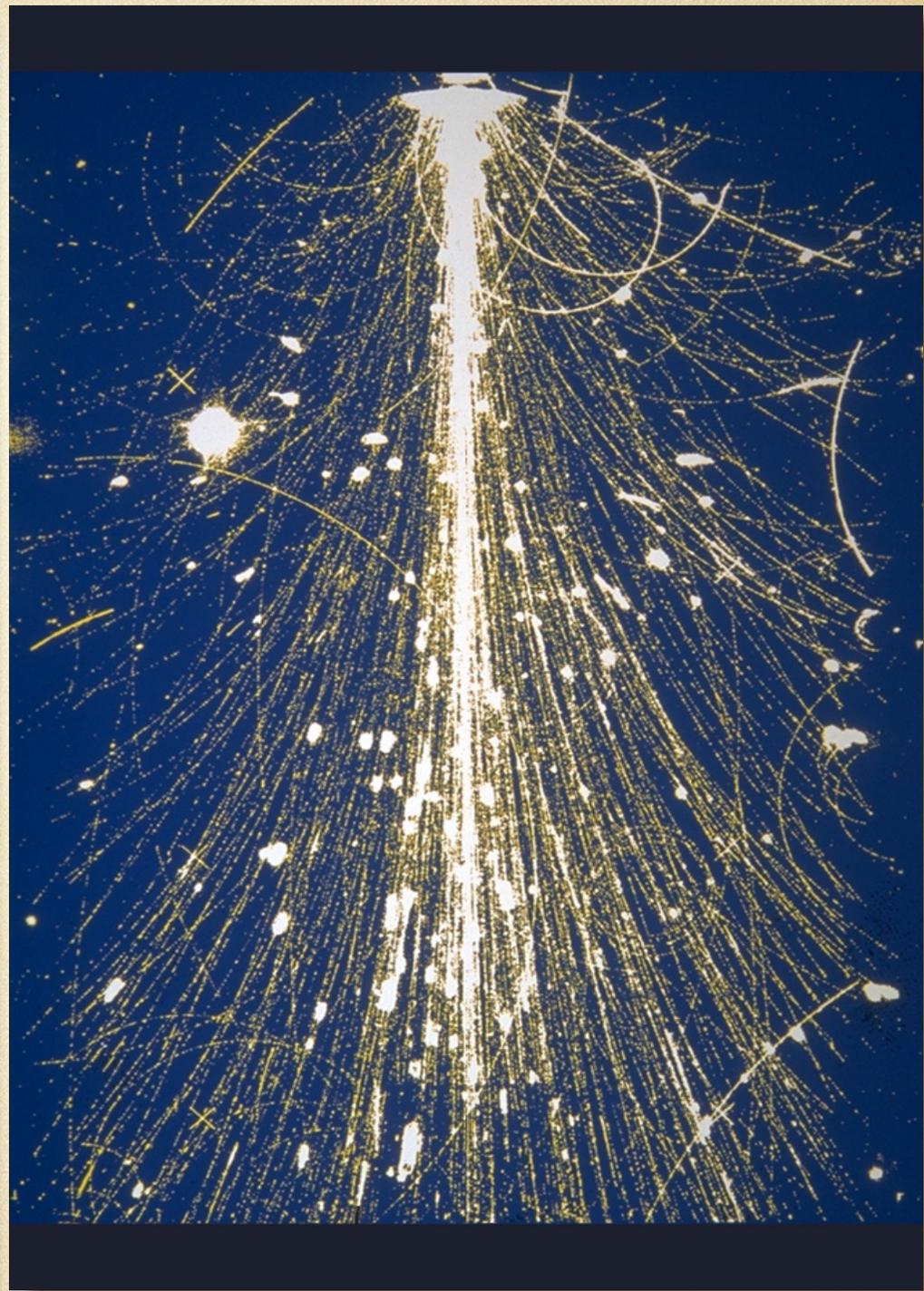
## L'invisibile estremo: quarks .....

Cercando di estrarre i quarks da un pione, l'energia necessaria per vincere la forza nucleare, usando la relazione  $E=mc^2$ , verrebbe convertita nella creazione di una nuova coppia quark-antiquark, che porterebbe alla creazione di due pioni ... sappiamo che i quarks sono lì dentro, ma non possiamo estrarli e "vederli"





Saint surrounded by three  $\pi$  mesons, 1956



... just  $\pi$  mesons, in a real experiment ...

Alcune delle  
domande aperte

# Di cosa è fatto il vuoto?

S.Dali,  
L'eco del vuoto  
1935



# Il vuoto, ed il campo di Higgs

Il vuoto è lo stato di un qualunque volume dell'universo privato di ogni materia e di ogni forma di interazione con la materia circostante.

Il Modello Standard predice che il vuoto non è veramente vuoto, ma è permeato dalla densità costante del campo del bosone di Higgs.

Questo riempie l'universo come un etere, ovunque e permanentemente, fin dai primi  $10^{-10}$  secondi dopo il Big Bang

L'interazione con questo campo dona alle particelle fondamentali la loro massa

# Qual'è l'origine della materia oscura?

L'homme invisible, 1929



# Come è scomparsa l'antimateria presente nei primi istanti del Big Bang?



Antiprotonic assumption, '56

# Perche' lo spazio ha 3 dimensioni? esistono altre dimensioni invisibili?



Dalí: In cerca della quarta dimensione (1979)

# Note finali

- Abbiamo raggiunto nuove profondità nella nostra comprensione delle leggi di Natura, scoprendo l'esistenza, l'origine ed il ruolo di molti *invisibili*

# Note finali

- Abbiamo raggiunto nuove profondità nella nostra comprensione delle leggi di Natura, scoprendo l'esistenza, l'origine ed il ruolo di molti *invisibili*
- Nuove scoperte e ulteriore progresso sono in corso, sapendo tuttavia che ...

# Note finali

- Abbiamo raggiunto nuove profondità nella nostra comprensione delle leggi di Natura, scoprendo l'esistenza, l'origine ed il ruolo di molti *invisibili*
- Nuove scoperte e ulteriore progresso sono in corso, sapendo tuttavia che ...
- ...ci sarà sempre un ulteriore invisibile incognito, la mano invisibile della Natura che ha deciso che, dopo tutto, ci debba essere qualcosa invece di niente...