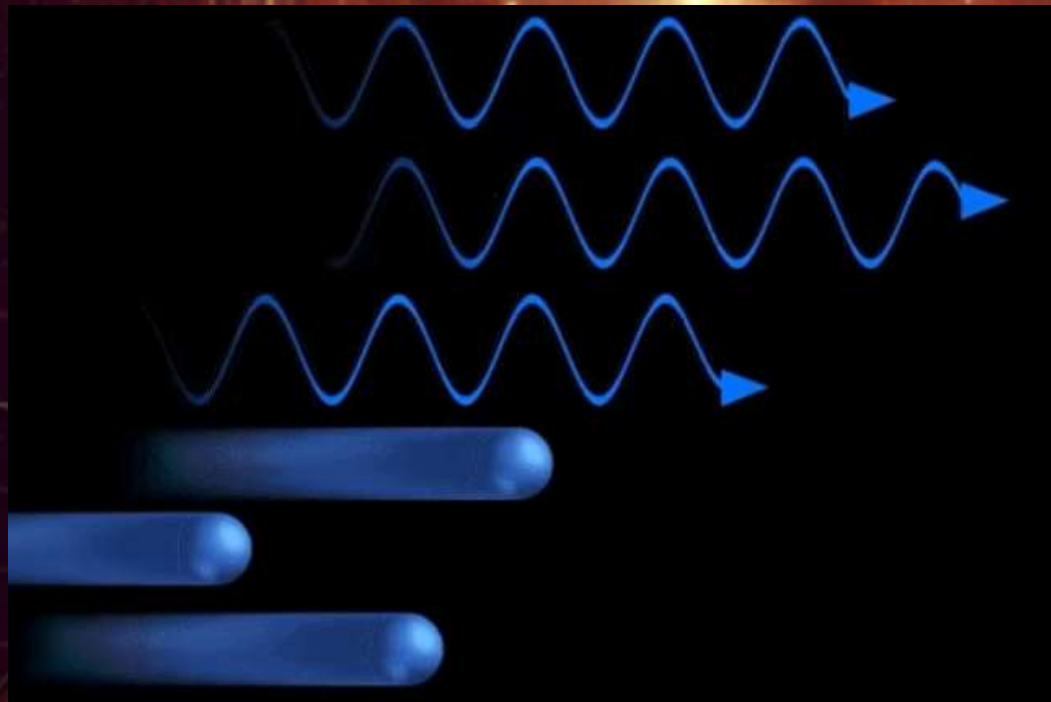
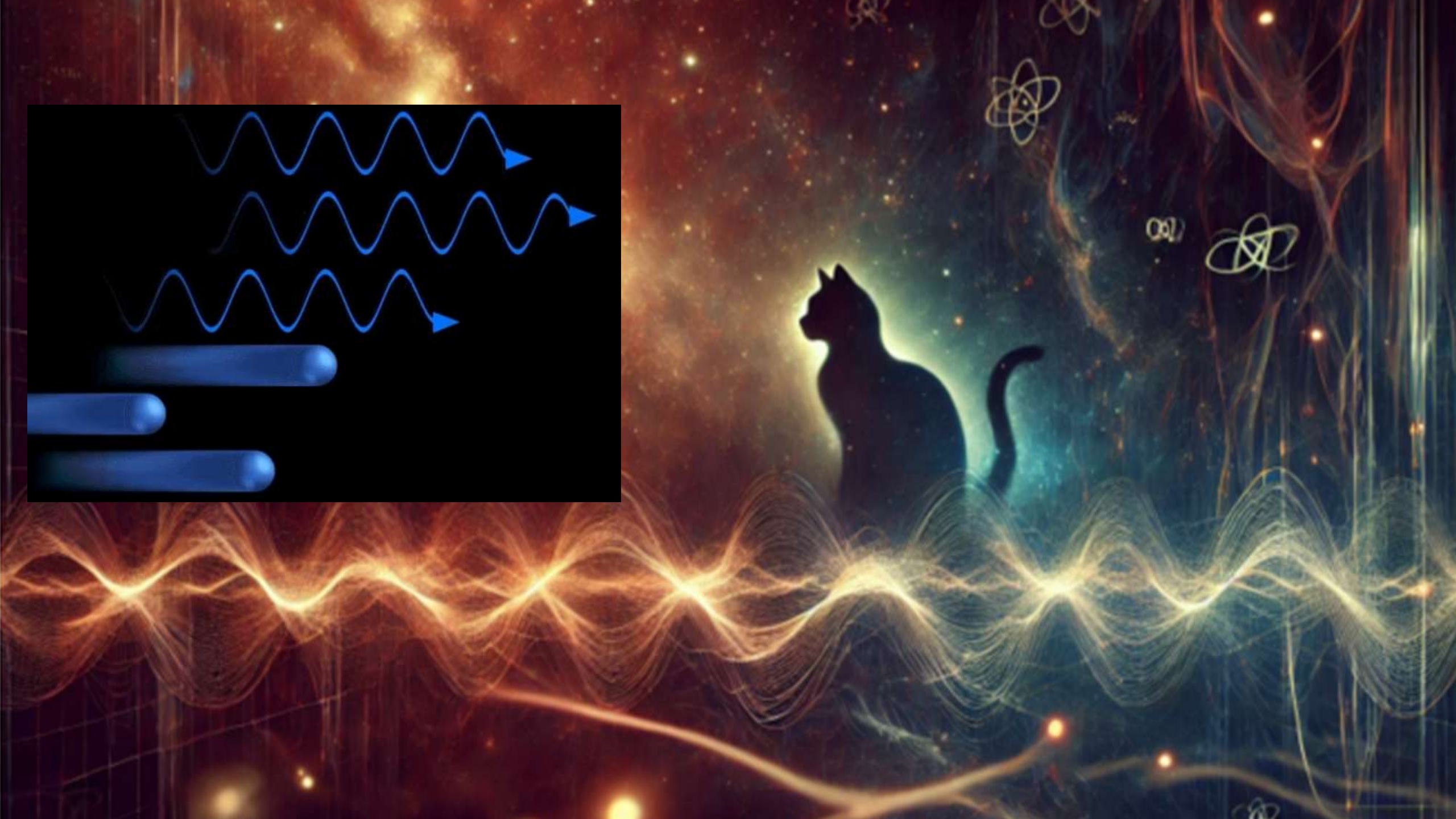


The background is a complex, abstract composition. It features a central silhouette of a cat, possibly a Siamese, in a dark blue or black color. The cat is positioned in the middle ground, looking towards the left. The background is filled with various elements: a warm, orange-red nebula-like glow on the left side; a dark blue, starry space-like area on the right; and a series of glowing, wavy lines in orange and yellow at the bottom, resembling particle tracks or light waves. There are also faint, glowing grid lines and small, bright spots scattered throughout the scene.

DALLA LUCE AI QUANTI: LE MERAVIGLIE DELLA FISICA QUANTISTICA

**Catalina Curceanu, LNF-INFN
L'Ordine degli Ingegneri di Roma
LNF-INFN, Frascati, 25 Settembre 2026**









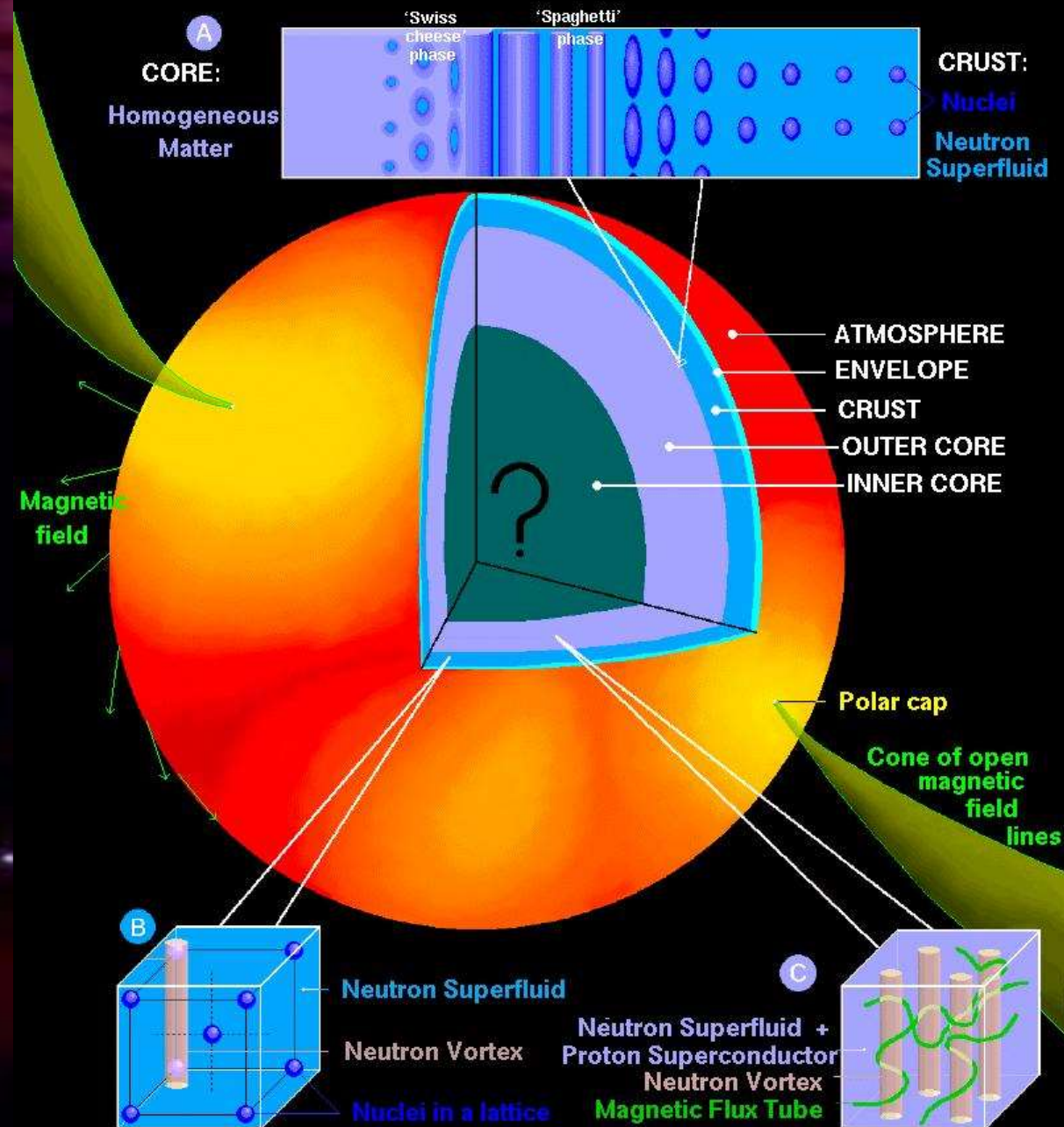
SIDDHARTA

Silicon Drift Detector for Hadronic Atom Research by Timing Applications





A NEUTRON STAR: SURFACE and INTERIOR





To achieve this density of a neutron star at home, just cram a herd of 50 million elephants into the volume of a thimble.

— Neil deGrasse Tyson —









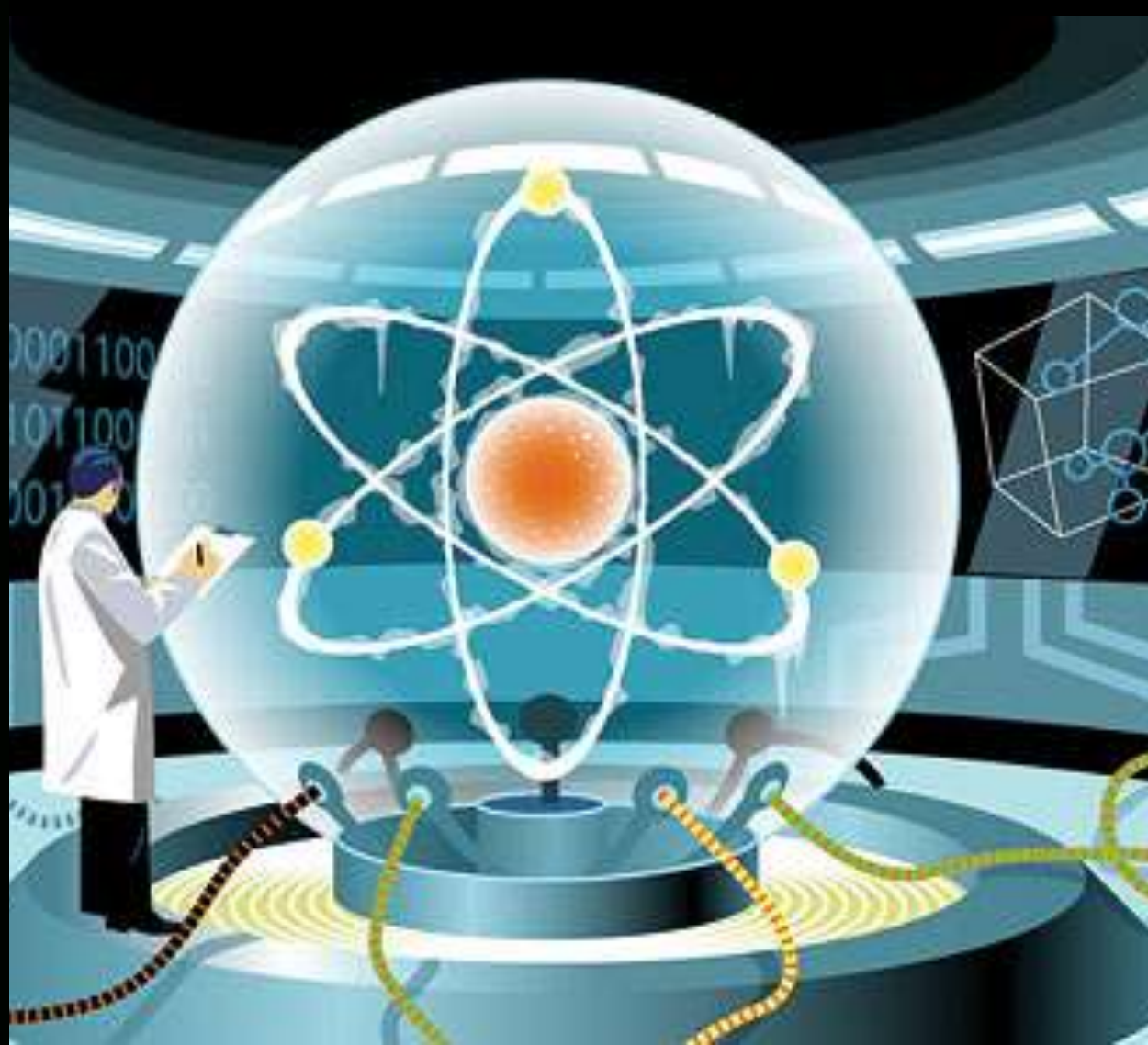




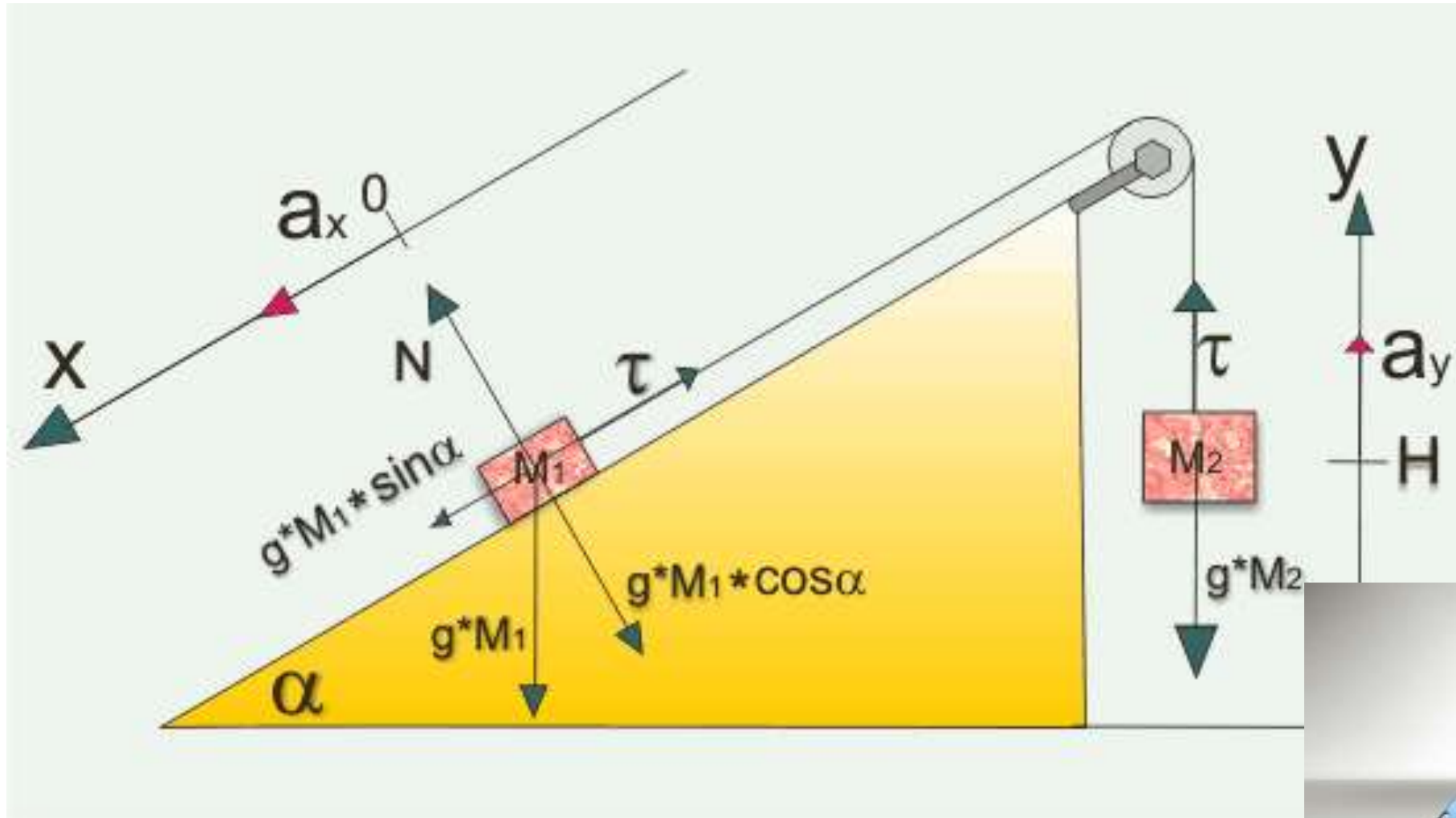


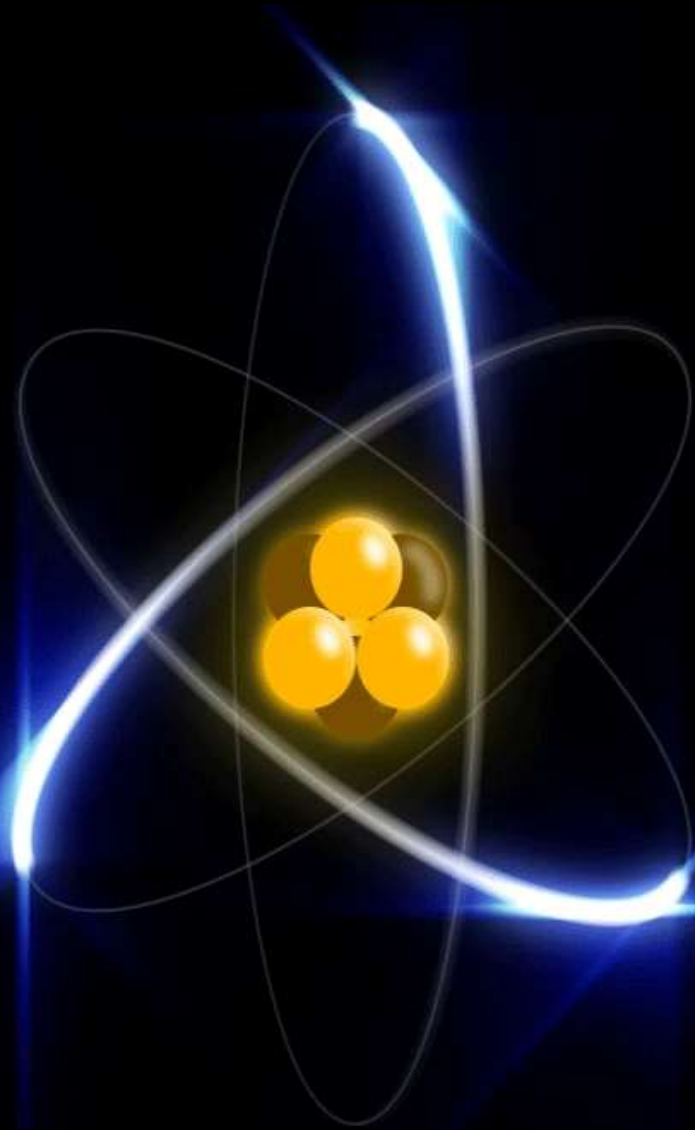


$$\psi_{\text{kitty}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \psi_{\text{alive}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \psi_{\text{dead}}$$



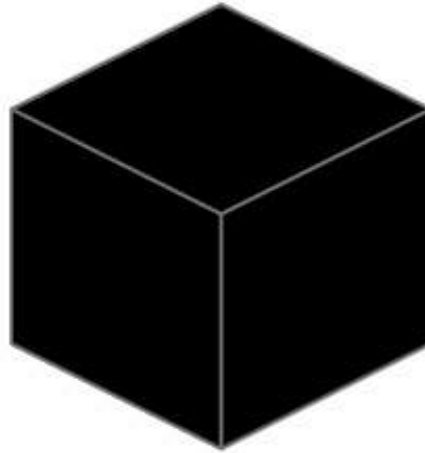
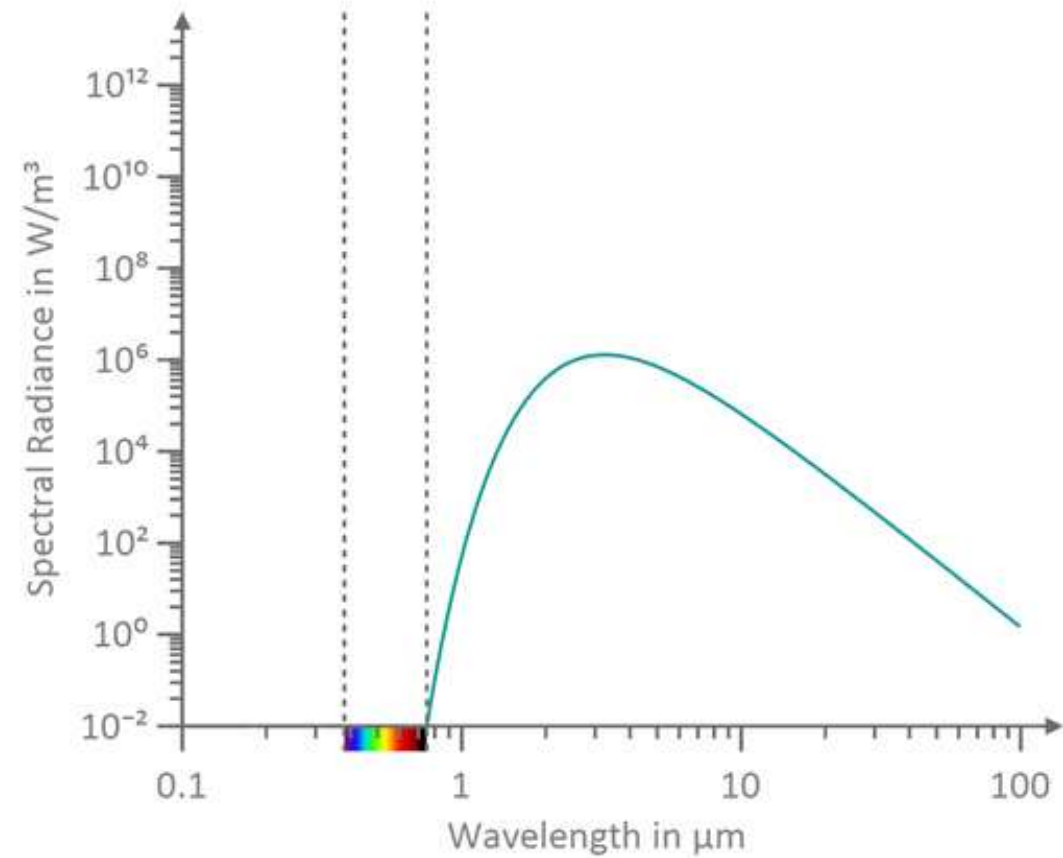
Meccanica classica



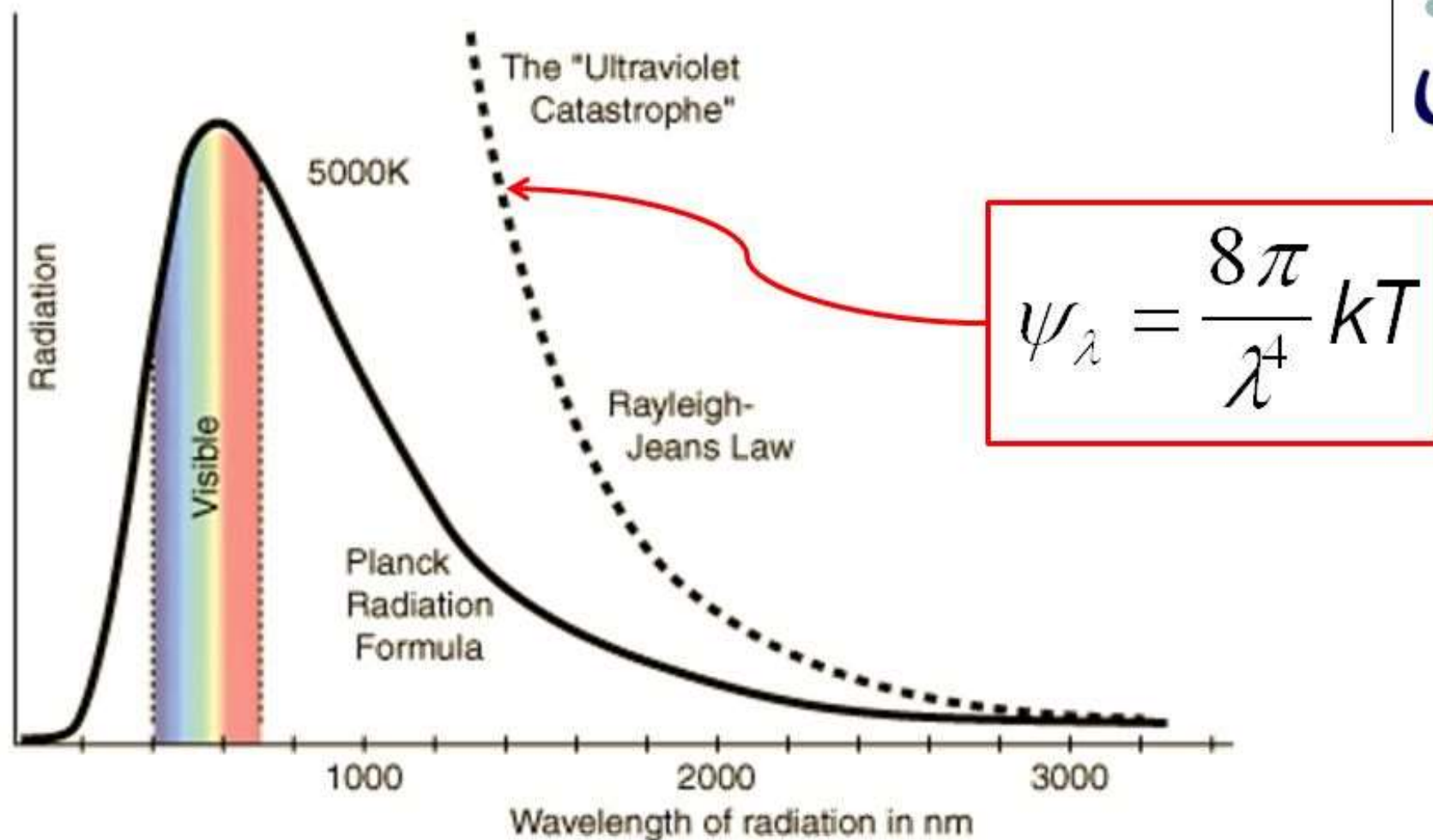


Radiazione del corpo nero

Temperature = 280K



La “catastrofe ultravioletta”



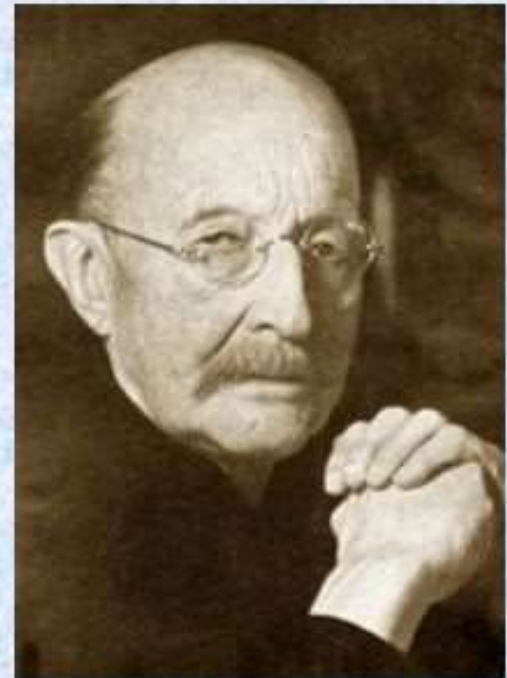
- Wien : formula empirica e valida solo a piccole λ
- Rayleigh-Jeans : formula coerente, ma valida solo ad alte λ

Max Planck ipotizza che l'energia non venga emessa come un flusso continuo, ma a pacchetti , i quanti

Energia di ogni quanto = $h f$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

"L'intera vicenda fu un atto di disperazione... Sono uno studioso tranquillo, per natura contrario alle avventure piuttosto rischiose. Però... una spiegazione teorica bisognava pur darla, qualsiasi ne fosse il prezzo... Nella teoria del calore sembrò che le uniche cose da salvare fossero i due principi fondamentali (conservazione dell'energia e principio dell'entropia), per il resto ero pronto a sacrificare ogni mia precedente convinzione".

Vienna 14 dicembre 1900





SOLVAY CONFERENCE 1927

colourized by pastincolour.com

A. PICARD	E. HENRIOT	P. EHRENFEST	Ed. HERSEN	Th. DE DONDER	E. SCHRÖDINGER	E. VERSCHAFFELT	W. PAULI	W. HEISENBERG	R.H FOWLER	L. BRILLOUIN
P. DEBYE	M. KNUDSEN	W.L. BRAGG	H.A. KRAMERS	P.A.M. DIRAC	A.H. COMPTON	L. de BROGLIE	M. BORN	N. BOHR		
I. LANGMUIR	M. PLANCK	Mme CURIE	H.A. LORENTZ	A. EINSTEIN	P. LANGEVIN	Ch.E. GUYE	C.T.R. WILSON	O.W. RICHARDSON		

Absents : Sir W.H. BRAGG, H. DESLANDRES et E. VAN AUBEL



La meccanica quantistica....



...e le meraviglie delle nuove tecnologie!

Schrödinger

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V \psi$$

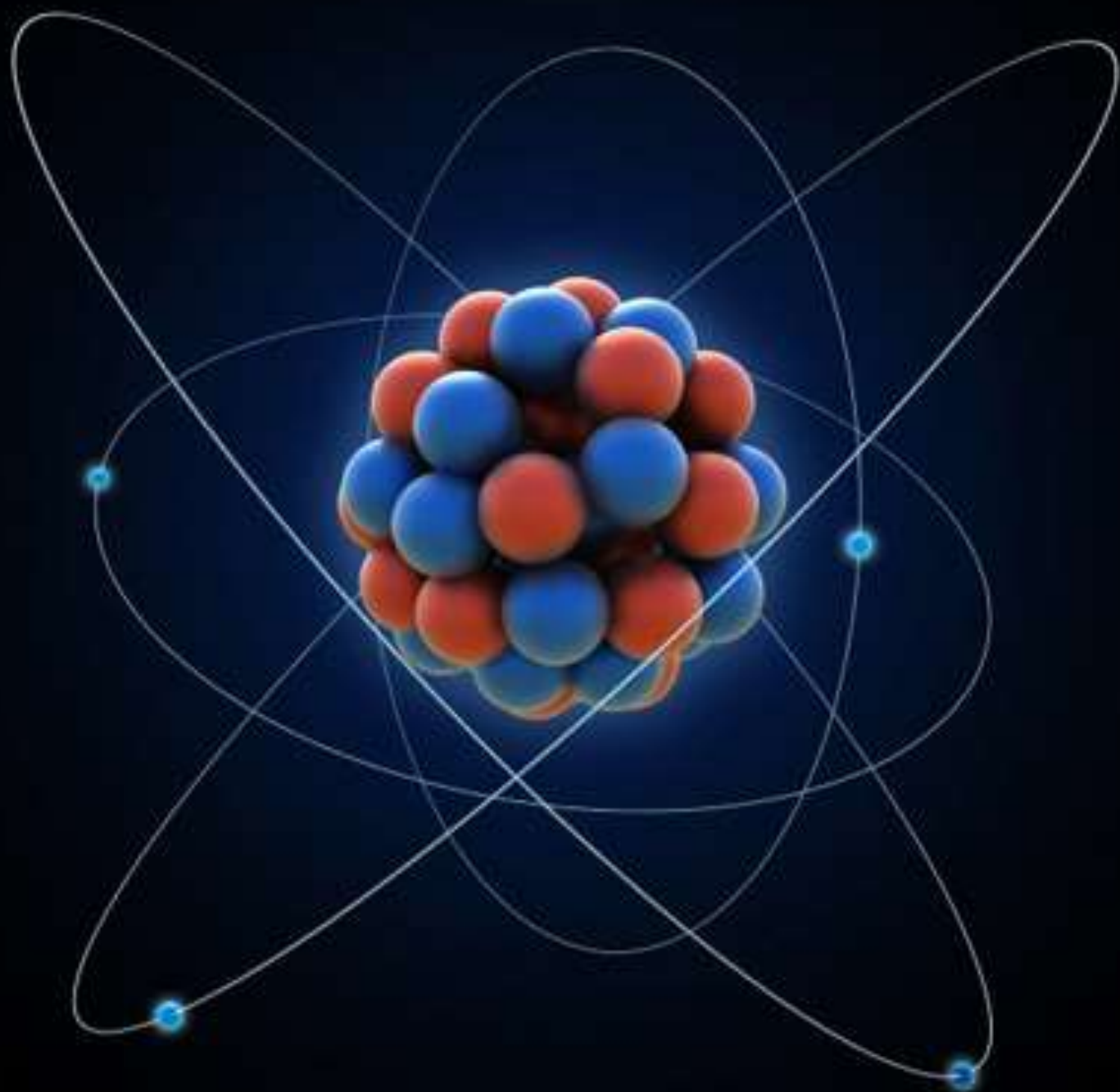


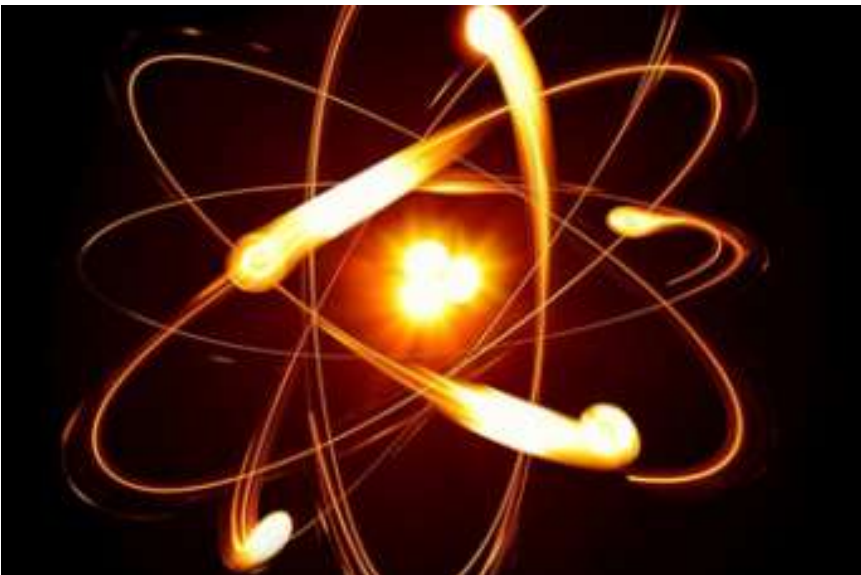
$$\Psi = c_1 \psi_1 + c_2 \psi_2 + \dots$$

Onda E particella

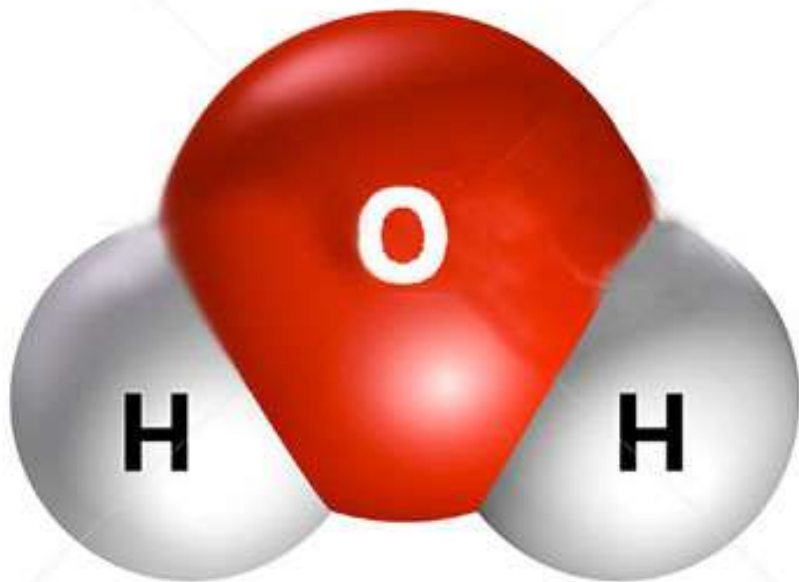


LIGHT IS A
WAVE!

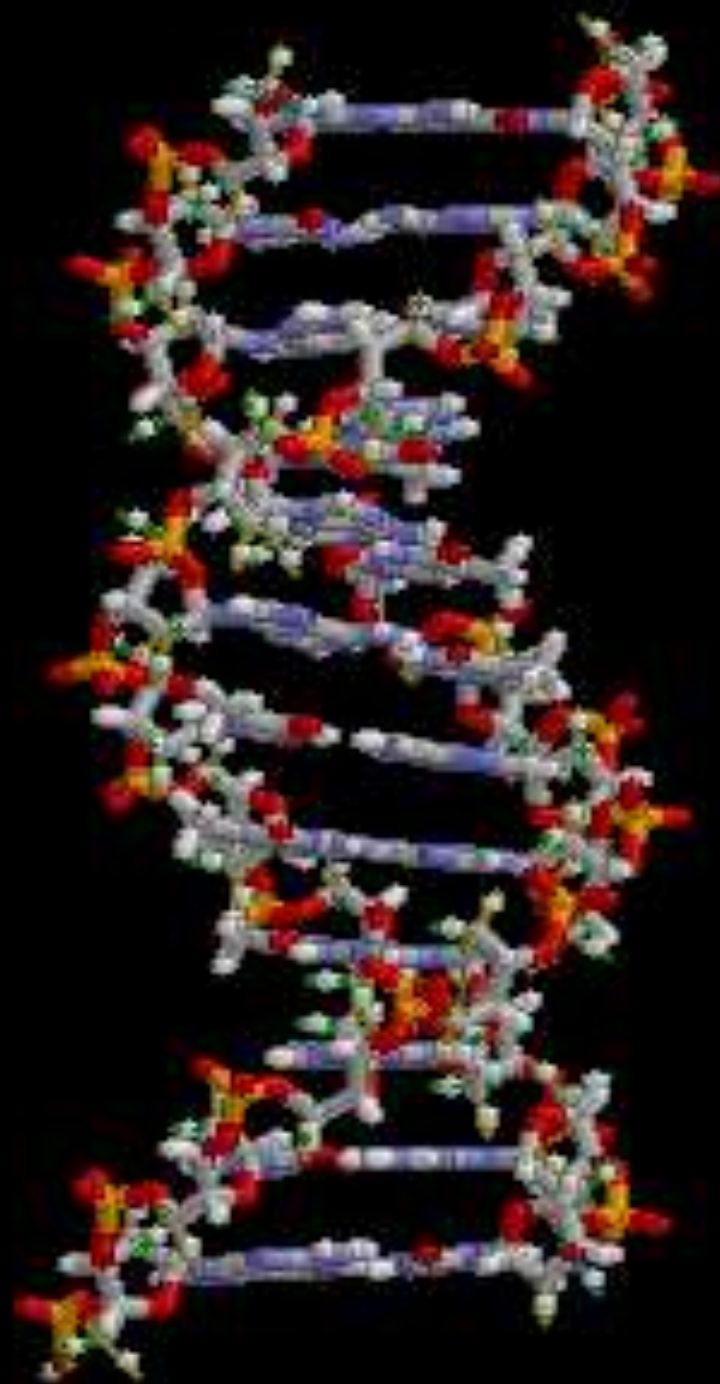




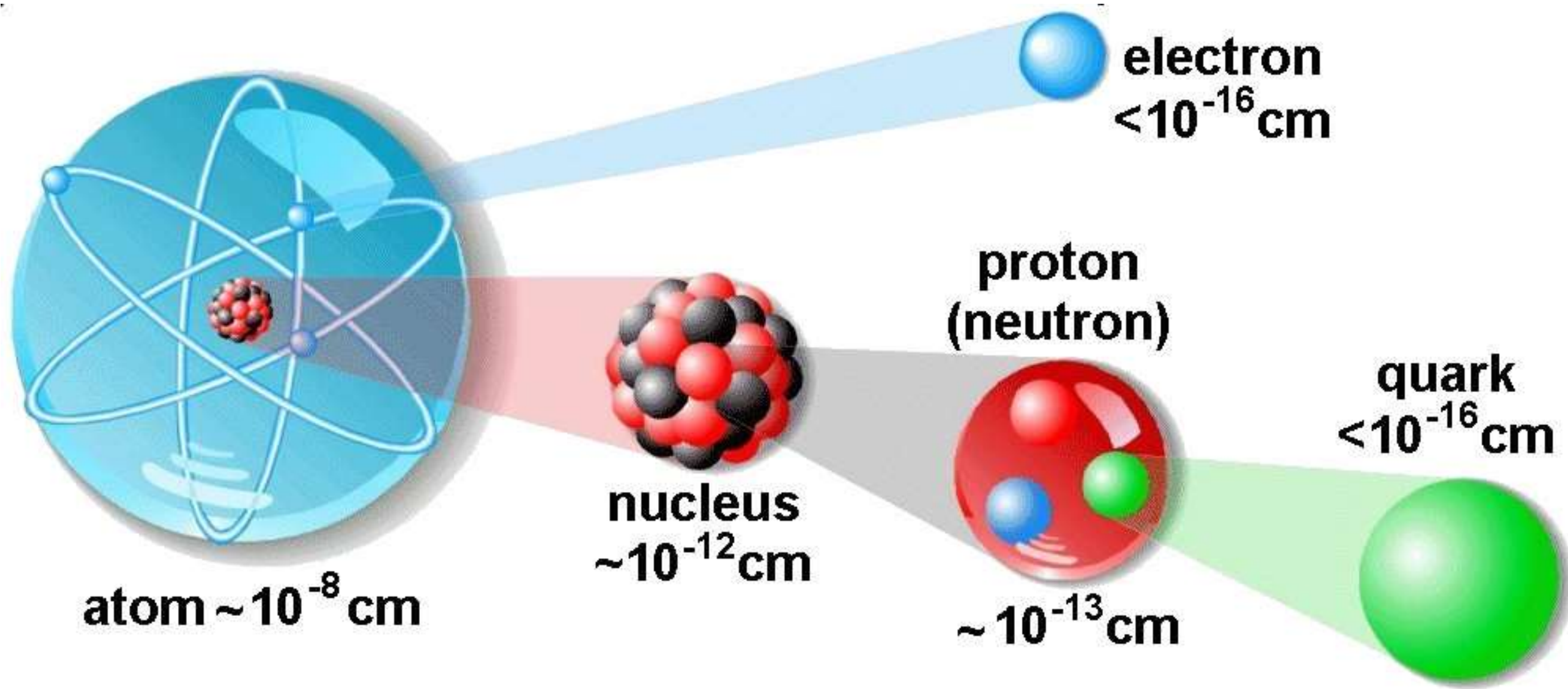
**WATER
MOLECULE**



H₂O







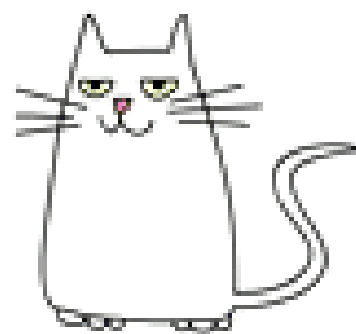
“Bizzarie” quantistiche

- Sovrapposizione di stati
- Entanglement
- Effetto tunnel quantistico

Sovrapposizione di stati









Possibili soluzioni:

- De Broglie - Bohm
- Many-World Interpretations
(multi mondi)
- Collasso della funzione d'onda ->
modifica della eq. Di Schroedinger!

-





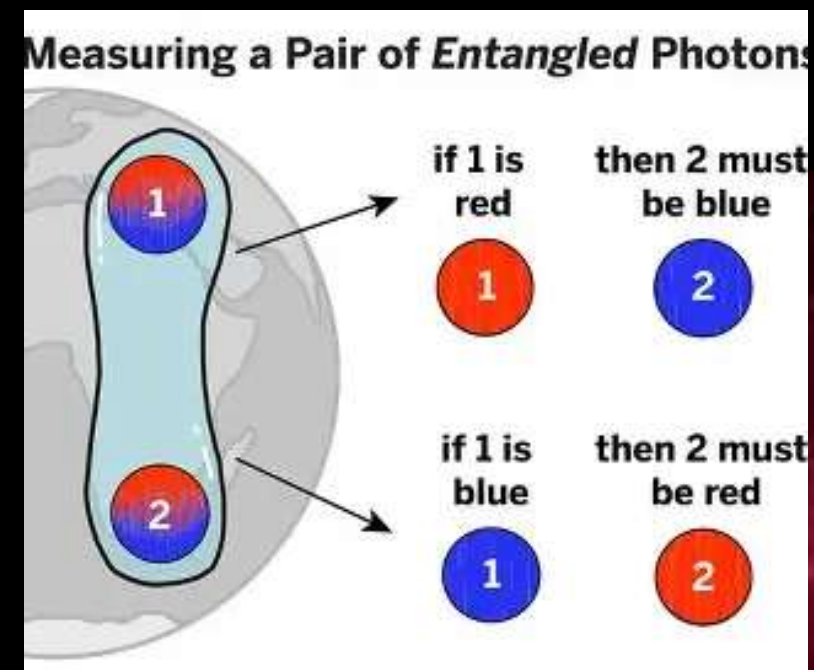




Ai LNGS – col mio gruppo studiamo il problema della misura



Entanglement



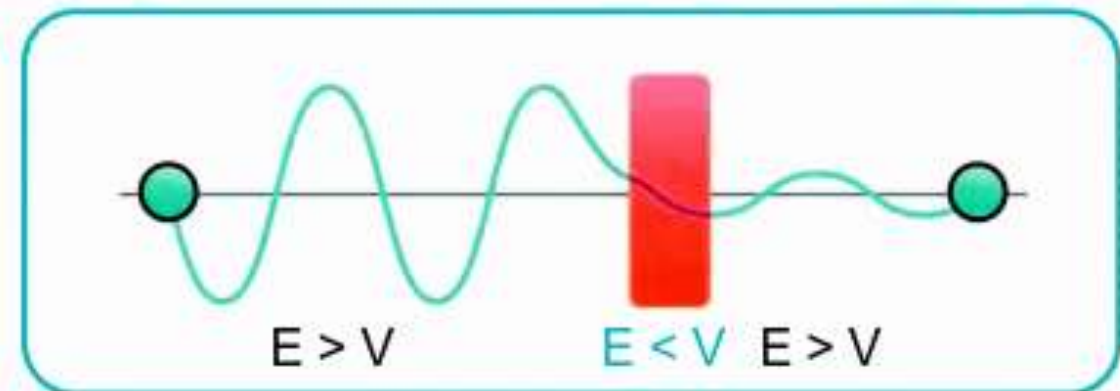
Tunnel quantistico

testbook

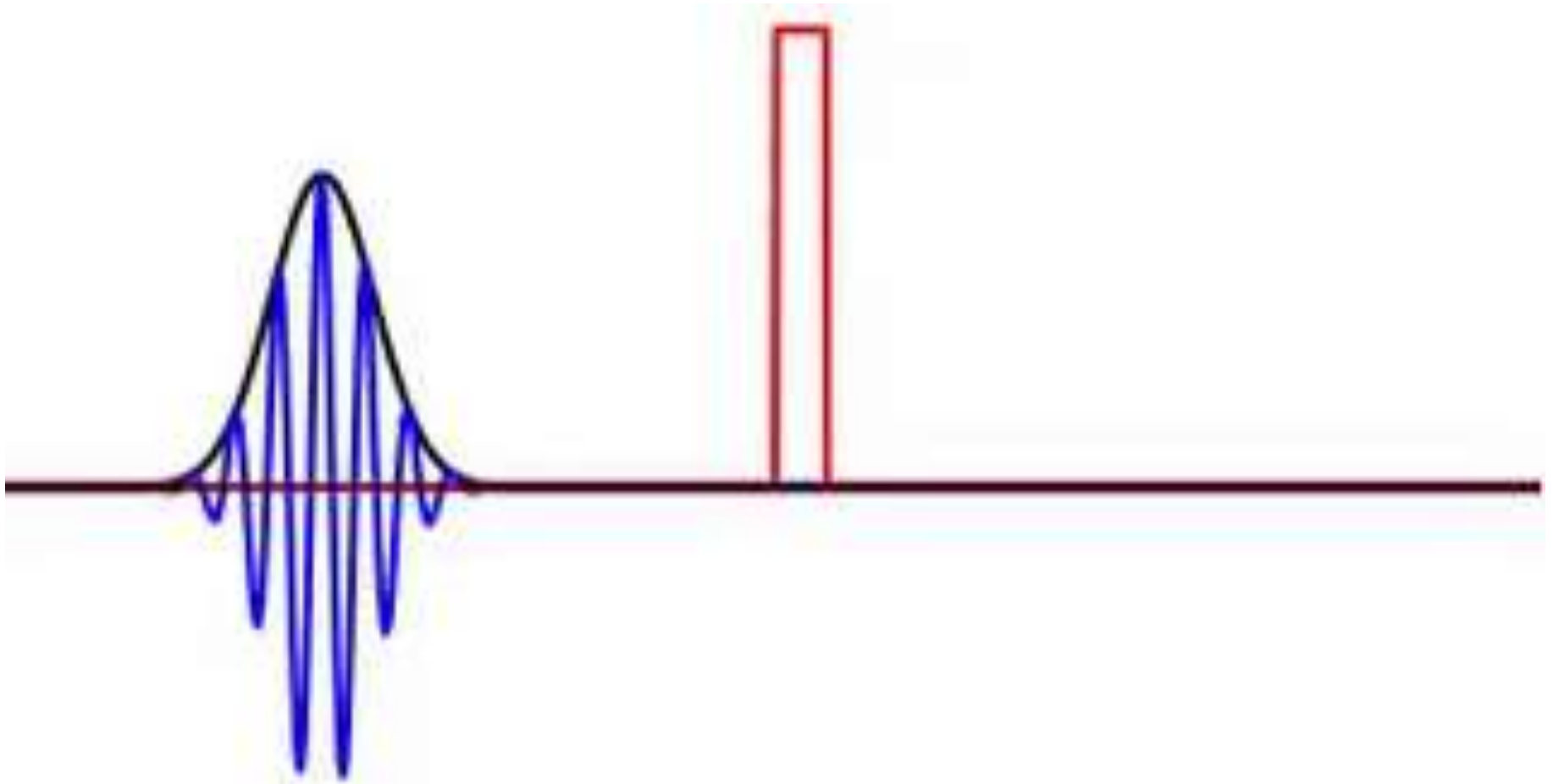
Classical Mechanics



Quantum Mechanics

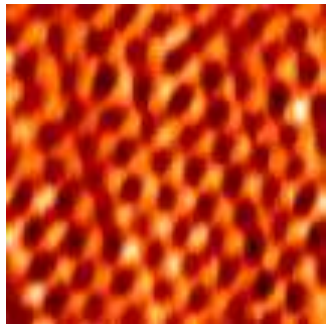


Tunnel quantistico



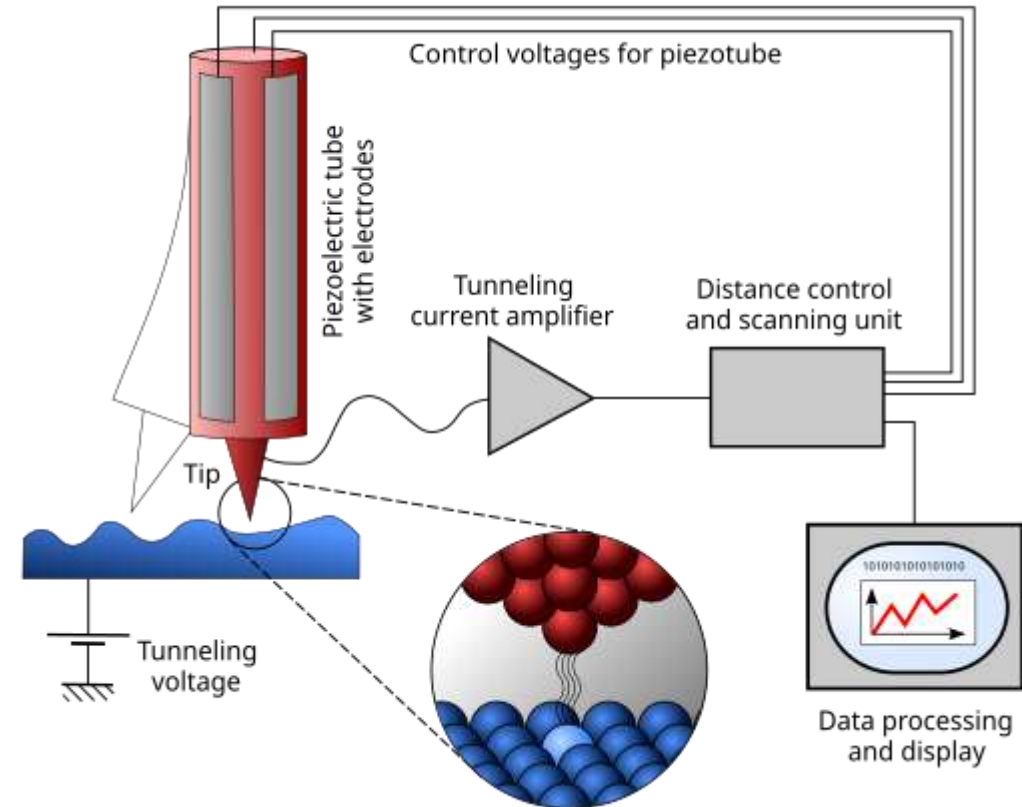
Tunnel quantistico

L'effetto Tunnel è utilizzato in molti componenti di vari circuiti elettronici' una delle applicazioni più importanti – il microscopio a scansione ad effetto tunnel (Scanning Tunneling Microscope, STM)



Atoms of n-type MoS_2 , a common dry lubricant. The bright spots indicate S atoms, which account for its excellent lubrication properties.

<https://www.physics.purdue.edu/nanophys/stm.html>



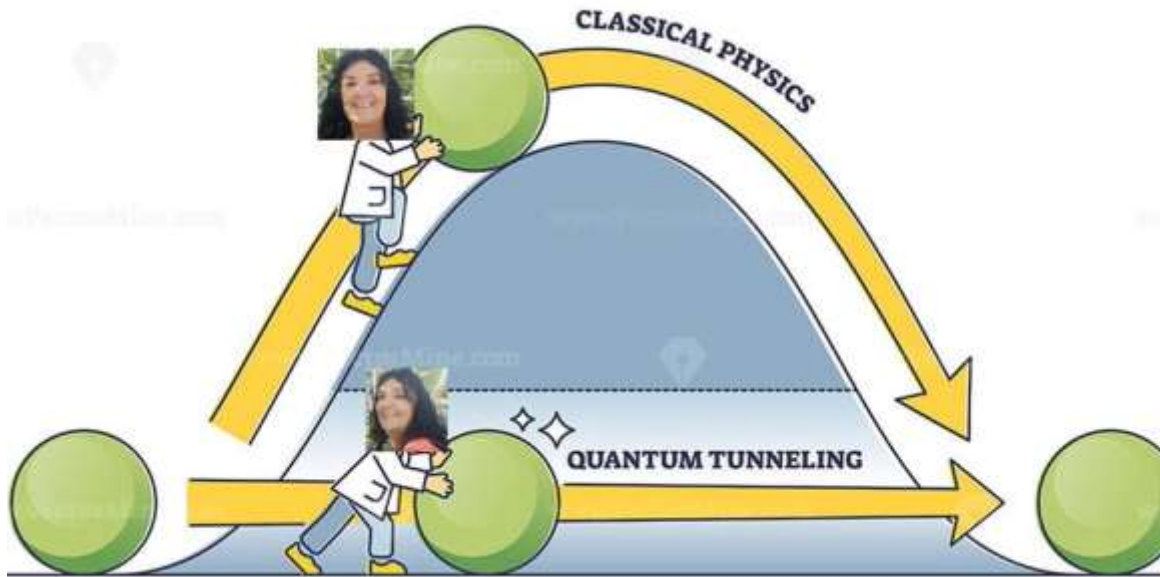
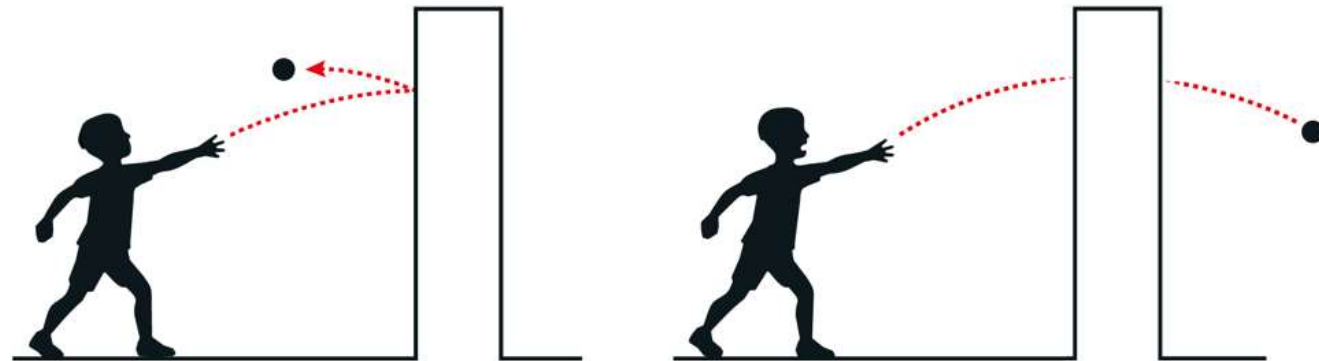
<https://scienzapertutti.infn.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/511-21-cosa-e-il-tunnel-quantistico>

Nobel Fisica 2025

- per la scoperta del tunnelling quantistico macroscopico e della quantizzazione di energia in un circuito elettrico



Effetto tunnel (quantistico)



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

IL RISULTATO CHIAVE

- Per la prima volta, effetti quantistici tipici delle (singole) particelle sono stati osservati in un sistema composto da milioni di elettroni.
- In particolare: Tunnelling quantistico di un'intera fase superconduttrice attraverso una barriera energetica.
- Livelli energetici discreti misurabili in circuiti superconduttori (atomi artificiali). Dimostrazione sperimentale che la fisica quantistica governa anche sistemi macroscopici ingegnerizzati.



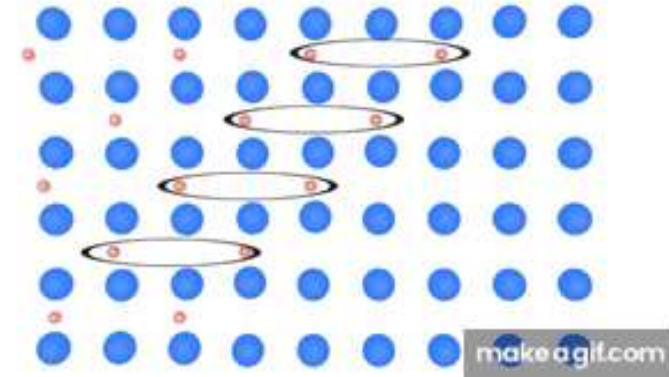
In a normal conductor, the electrons jostle with each other and with the material.



When a material becomes a superconductor, the electrons join up as pairs, *Cooper pairs*, and form a current where there is no resistance. The gap in the illustration marks the *Josephson junction*.



Cooper pairs can behave as if they were all a single particle that fills the entire electrical circuit. Quantum mechanics describes this collective state using a shared *wave function*. The properties of this wave function play the leading role in the laureates' experiment.



Dimensioni dell'ordine del cm

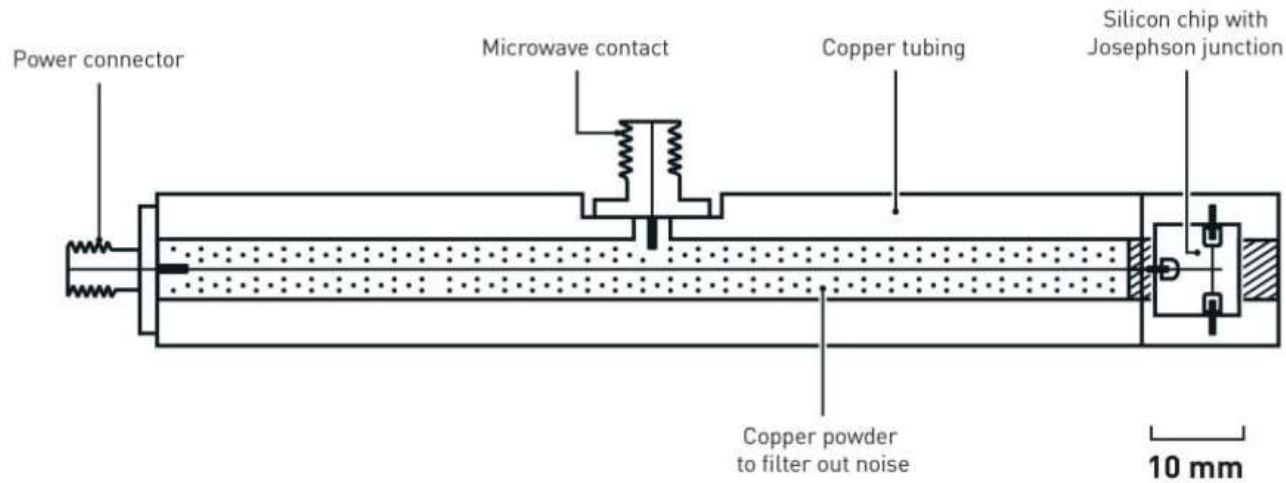


Figure 6. John Clarke, Michel Devoret and John Martinis constructed an experiment using a superconducting electrical circuit. The chip that held this circuit was about a centimetre in size. Previously, tunnelling and energy quantisation had been studied in systems that had just a few particles; here, these phenomena appeared in a quantum mechanical system with billions of Cooper pairs that filled the entire superconductor on the chip. In this way, the experiment took quantum mechanical effects from a microscopic scale to a macroscopic one. ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Una Josephson junction (JJ) è costituita da:

- due superconduttori separati da un isolante ultrasottile;
- permette il passaggio coerente di **Coppie di Cooper** tramite effetto tunnel.

Proprietà fisiche essenziali:

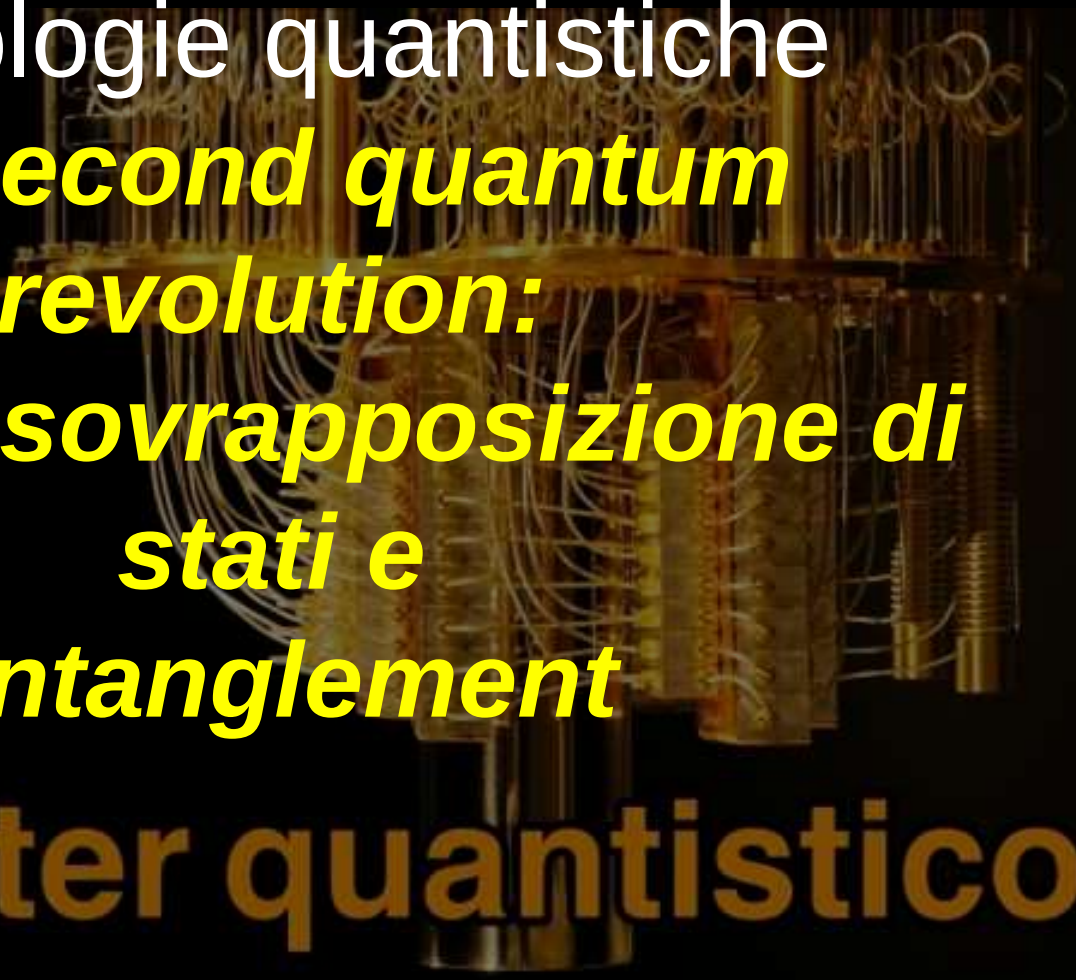
- **Energia potenziale tipica "a washboard"**: molteplici minimi locali;
- **Variabile dinamica**: la fase superconduttrice ϕ ;
- **Equazione di Josephson**:
 - $I = I_c \sin \phi$
 - $\frac{d\phi}{dt} \propto V$

La JJ si comporta come una **particella quantistica** in un potenziale periodico.

IMPATTO SPERIMENTALE E TECNOLOGICO

- Validazione della **coerenza quantistica** in sistemi su scala micrometrica (mm).
- Introduzione dell'idea di **engineering quantistico**: progettare Hamiltoniane artificiali.
- Nascita del concetto di **circuiti QED**: interazione luce-materia su chip.
- Misure pionieristiche di:
 - tempi di rilassamento
 - tempi di coerenza
 - amplificazione parametrica (parente dei qubit).

Il loro lavoro rimane la base dei qubit e di tecnologie quantistiche



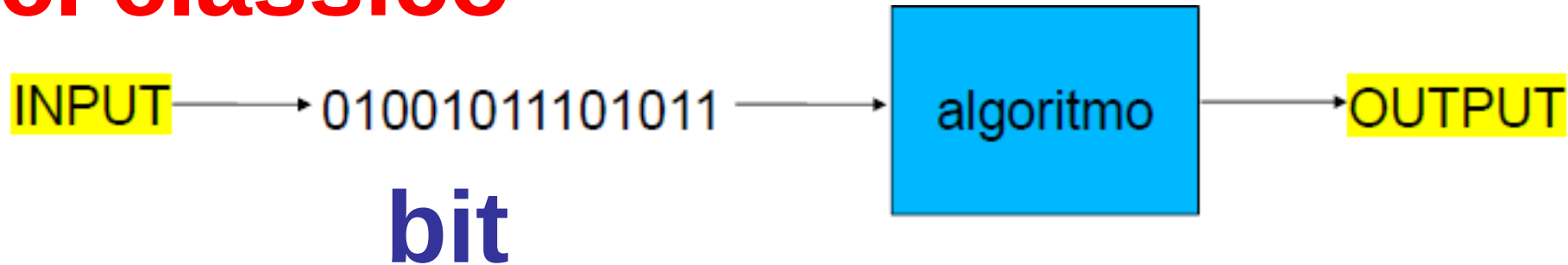
Tecnologie quantistiche
*the second quantum
revolution:*
*risorse: sovrapposizione di
stati e
entanglement*

Computer quantistico

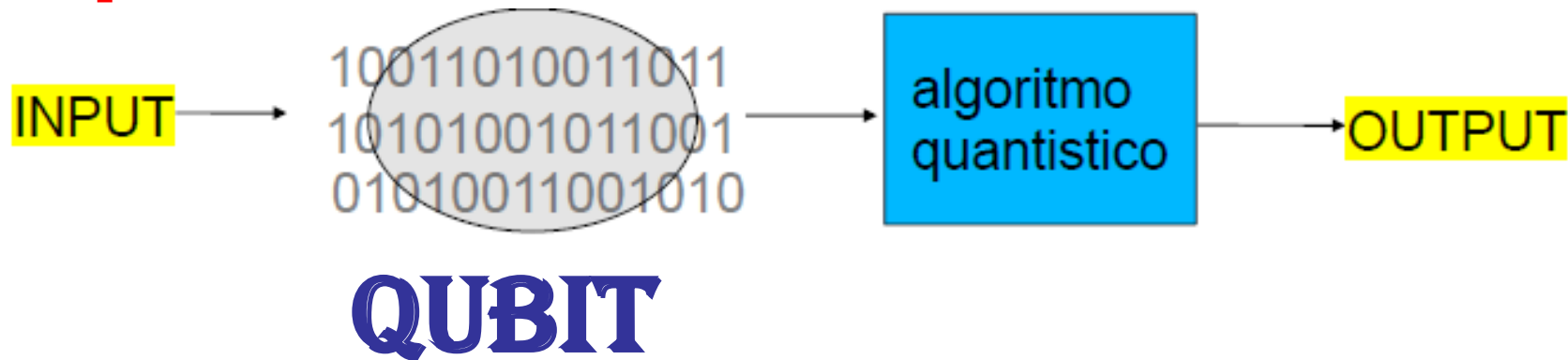


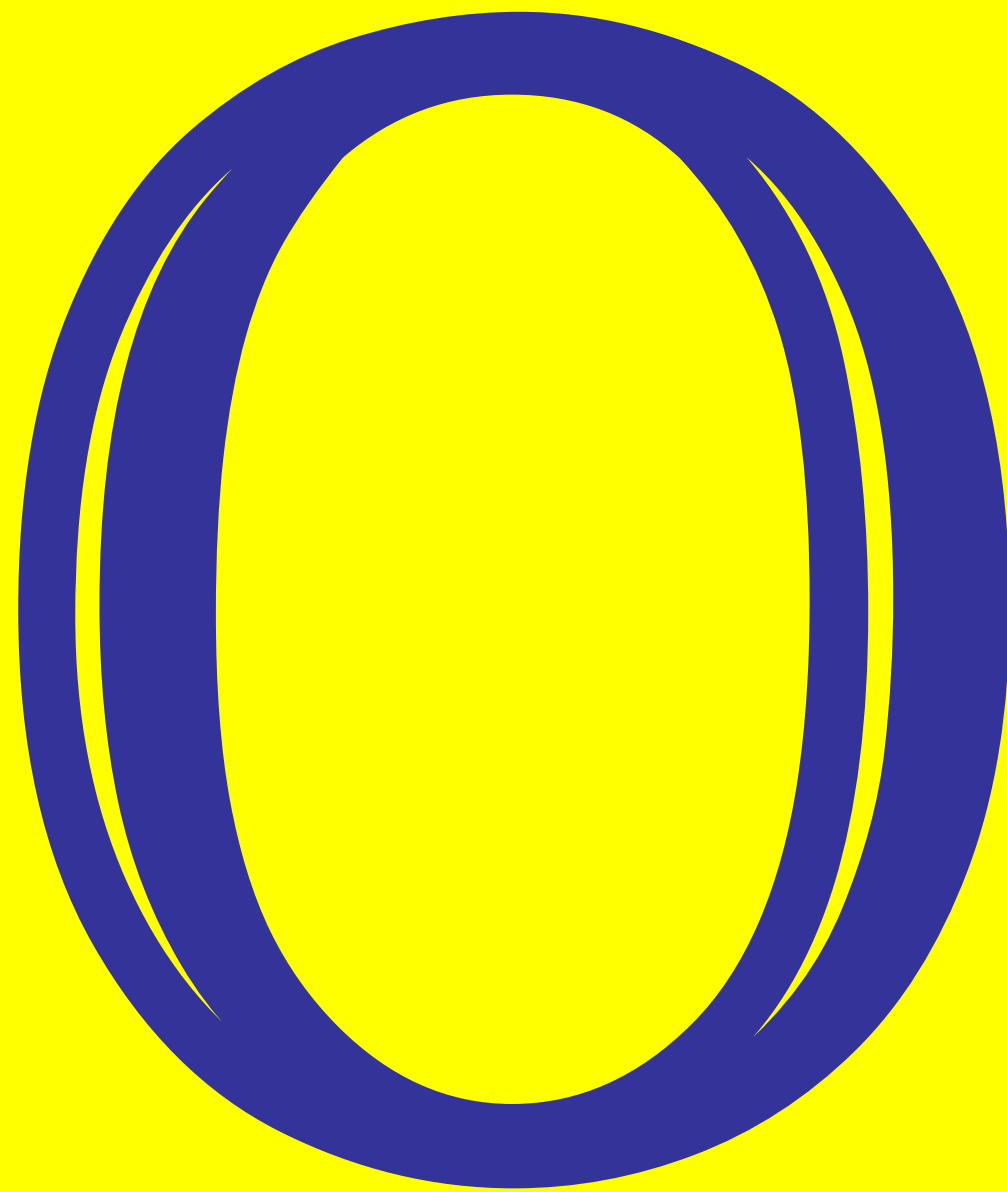
Come funziona un computer **QUANTISTICO** a differenza di uno classico?

c. classico



c. quantistico





1

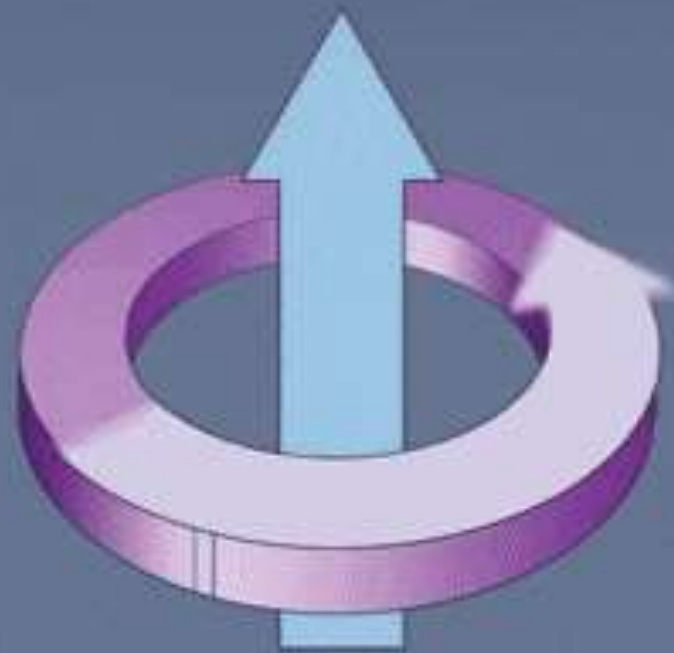


**Qubits can exist in a state of
1 or 0 simultaneously**

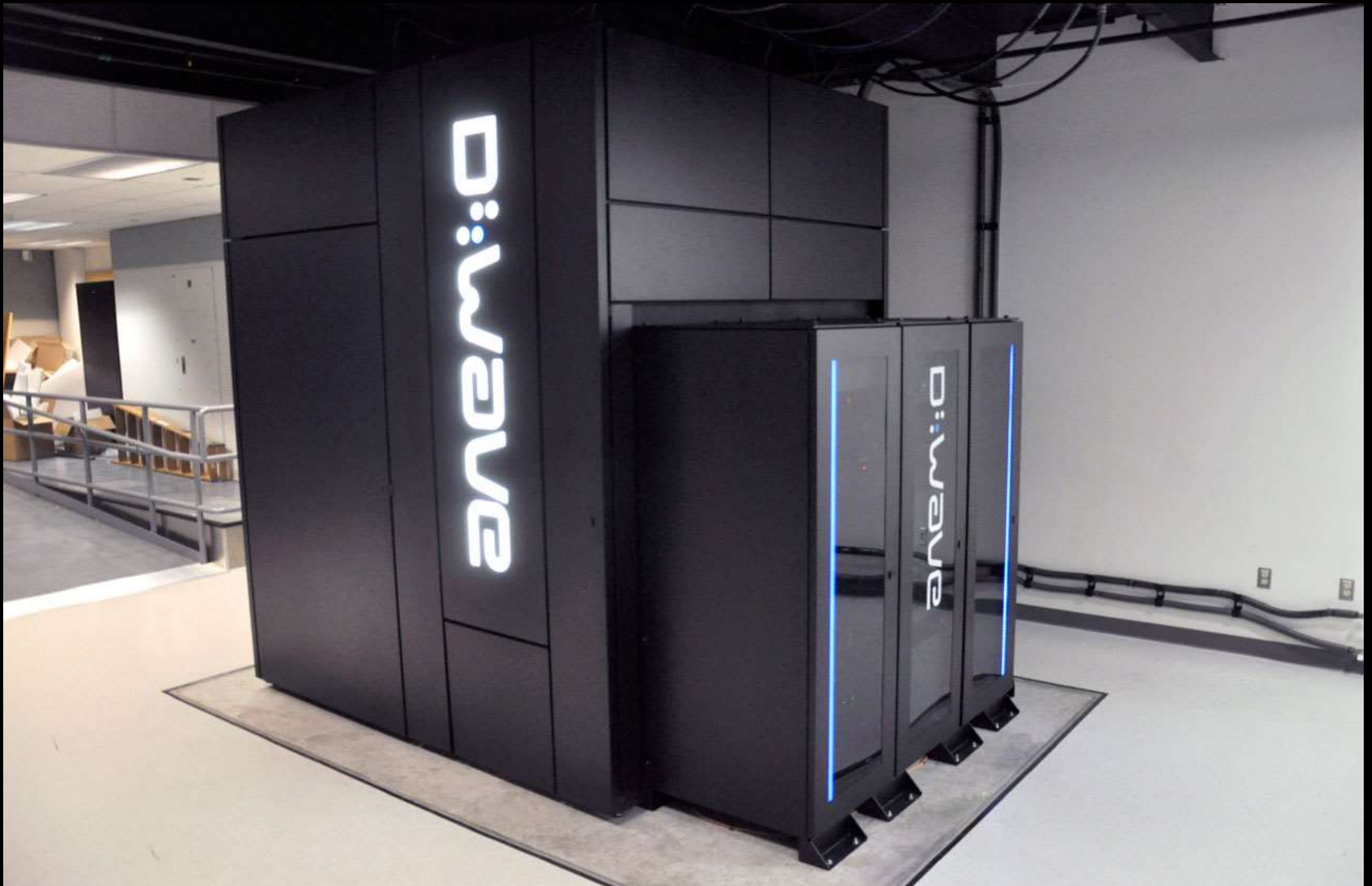


0

QUBIT



1



ספוקס



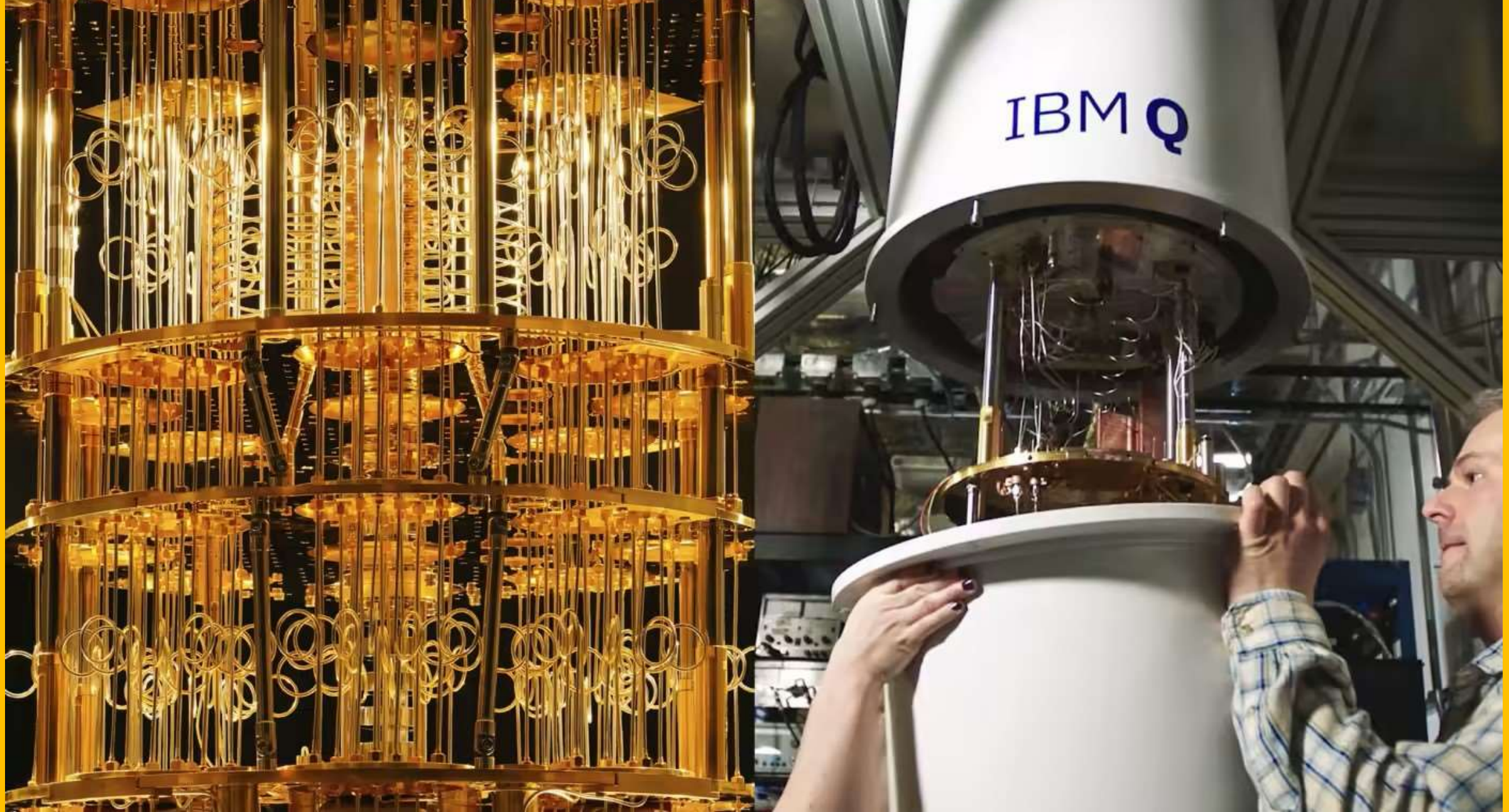


Photo courtesy of IBM

A cosa serve un computer quantistico?



**A cosa servono i
Computer Quantistici?**



**Potenziamento delle
tecnologie attuali:
Realta' virtuale
Intelligenza Artificiale**





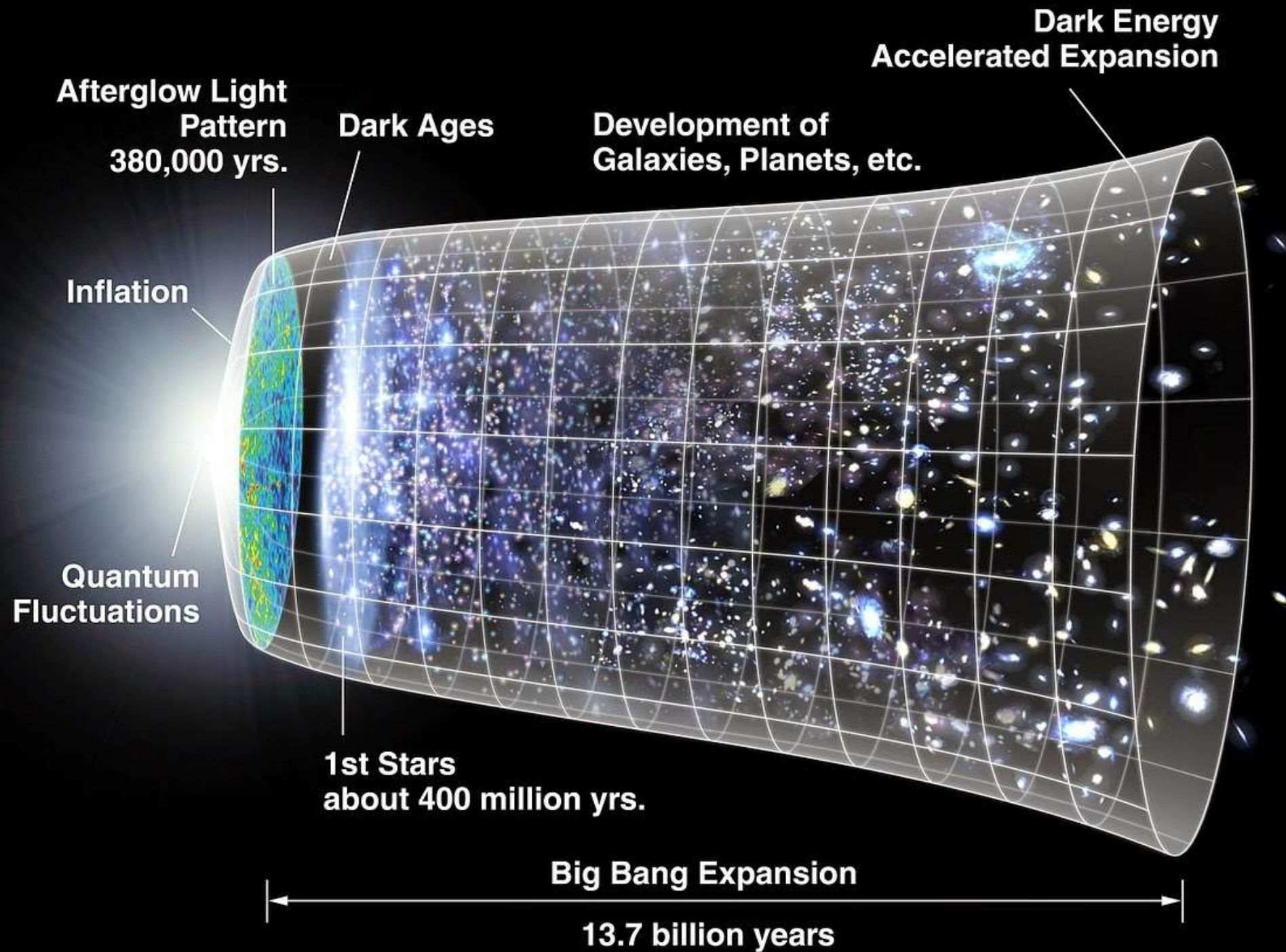
Rivoluzione in medicina cure personalizzate e nuovi metodi per il trattamento dei tumori

Big Data Analysis: Combattere il Cyberterrorismo, Studi di Cambiamenti Climatici



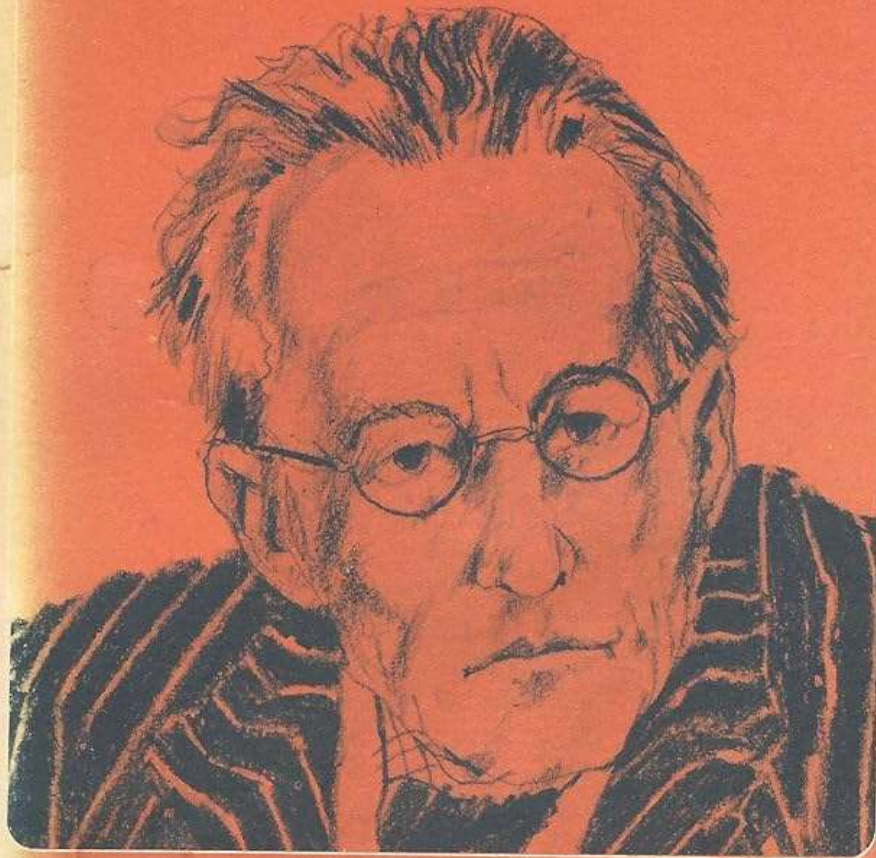
Capire come funziona il Cervello: Cura delle malattie mentali (demenza, schizofrenia...)





Erwin Schrödinger

What is Life? &
Mind and Matter



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

13s (65p)
net in U.K.



WHAT IS LIFE?

*The Physical Aspect of the
Living Cell*

BY

ERWIN SCHRÖDINGER

SENIOR PROFESSOR AT THE DUBLIN INSTITUTE FOR
ADVANCED STUDIES

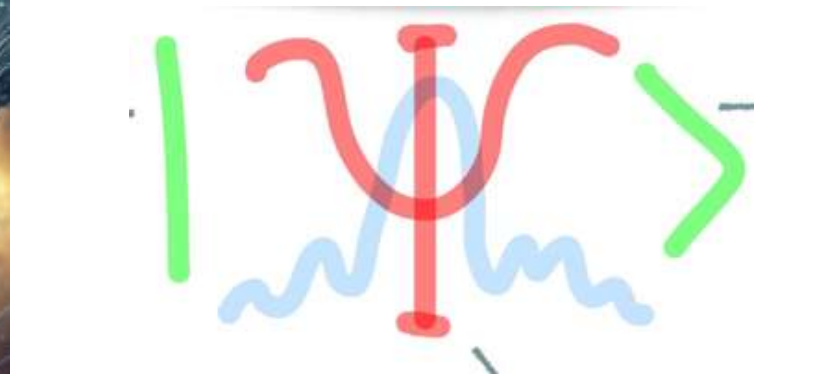
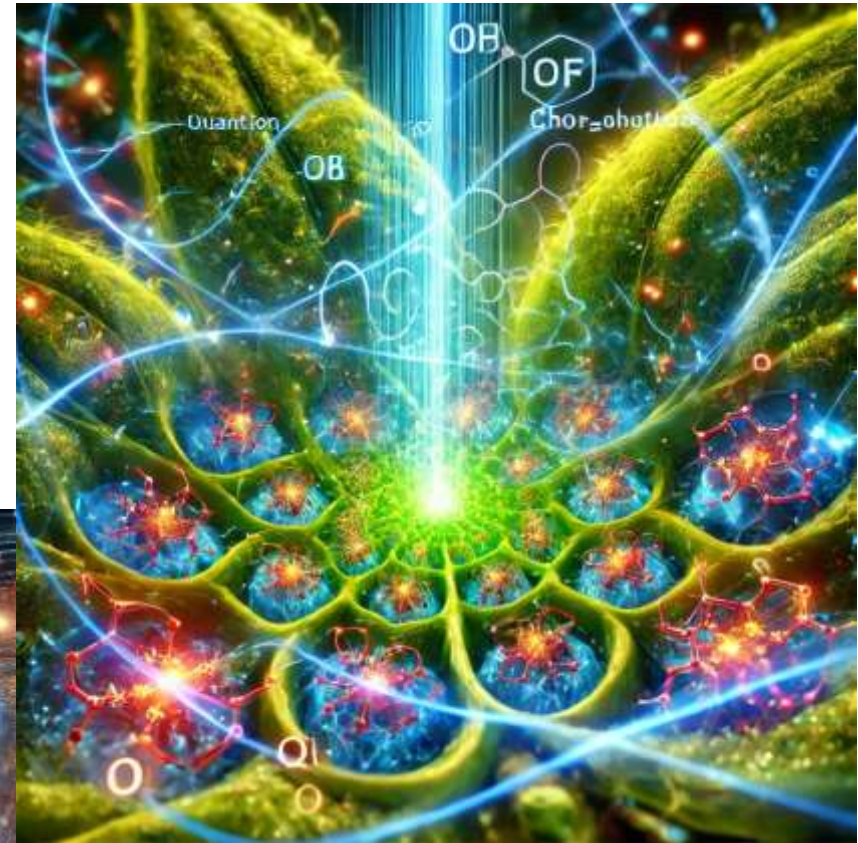
*Based on Lectures delivered under the auspices of
the Institute at Trinity College, Dublin,
in February 1943*

CAMBRIDGE

AT THE UNIVERSITY PRESS

1948

Verso la Biologia Quantistica?

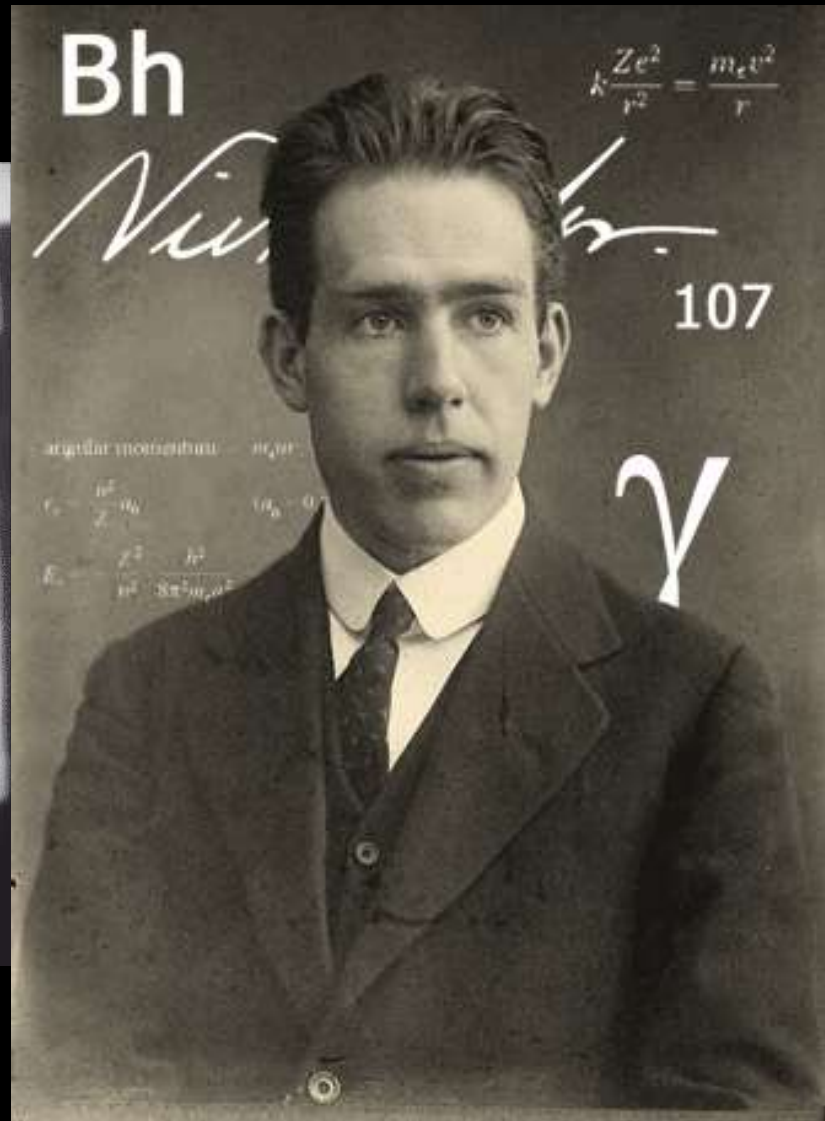


Review

At the crossroad of the search for spontaneous radiation and the Orch OR consciousness theory

Maaneli Derakhshani ^a, Lajos Diósi ^{b,c}, Matthias Laubenstein ^d, Kristian Piscicchia ^{e,f,*},
Catalina Curceanu ^f





Gian Carlo Ghirardi
**Un'occhiata
alle carte di Dio**

Gli interrogativi che la scienza moderna
pone all'uomo



ilSaggiatore

Raffaello Cortina Editore



Robert Gilmore
**Alice nel paese
dei quanti**

Le avventure della fisica



SCIENZA
E IDEE

Collana diretta
da Giulio Giorello

Anton Zeilinger
Il velo di Einstein

Il nuovo mondo della fisica quantistica

ET

Einaudi



Feynman – Il valore della scienza



Fuori dalla culla
sulla terra asciutta
ecco lo
in piedi:

atomi con la coscienza
materia con la curiosità.

In piedi davanti al mare
meravigliato della propria meraviglia: io
un universo di atomi
un atomo nell'universo

La Terra Incognita
della Fisica Moderna

Usando microonde è possibile eccitare il circuito:

- Se la frequenza ν soddisfa:

$$h\nu = E_{n+1} - E_n$$

allora il sistema **assorbe energia** e salta al livello successivo.

- I livelli energetici diventano osservabili come in uno **spettro atomico**, ma generati in un circuito litografato: è l'origine degli **atomi superconduttori**.

Risultato chiave: i circuiti superconduttori non sono sistemi classici; hanno livelli discreti come gli atomi veri.

NASCITA DEI QUBIT SUPERCONDUTTORI

I tre laureati hanno gettato le basi dei principali qubit usati oggi:

- **Charge qubit**: dominato dall'energia di Coulomb delle coppie di Cooper;
- **Flux qubit**: basato sugli stati di flusso magnetico quantizzato in un anello superconduttore;
- **Phase qubit**: usa direttamente la fase come grado di libertà;
- **Transmon** (sviluppato più tardi usando le loro idee): riduce la sensibilità al rumore di carica.

Senza la loro dimostrazione della quantizzazione in circuiti Josephson, **non esisterebbero gli attuali computer quantistici IBM/Google.**