

BASIC QUANTUM KNOWLEDGE

Gabriel Pascu

9 mai 2025

LUMINĂ ȘI MATERIE



Sursă de lumină

https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Light_shining1.JPG



Halit (formă minerală a sării)

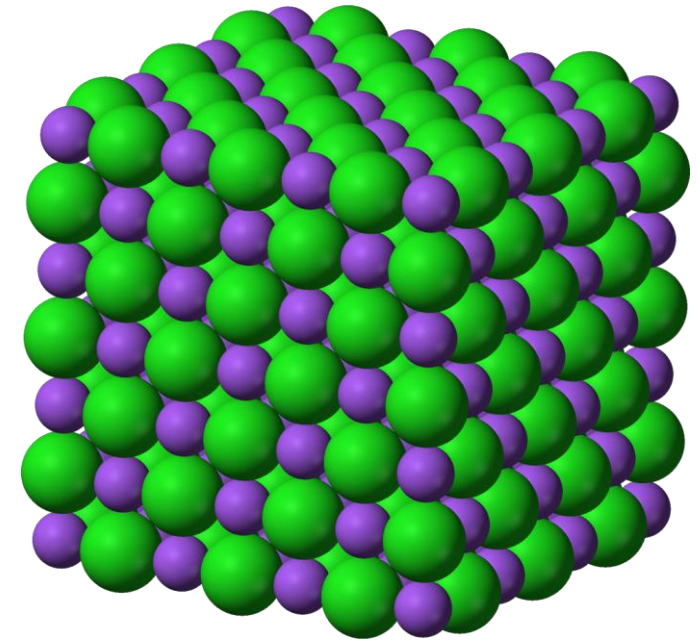
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Selpologne.jpg>

LUMINĂ ȘI MATERIE



Reprezentare schematică a trei fotoni

<https://letstalkphysics.wordpress.com/2013/03/04/the-speed-of-light/>



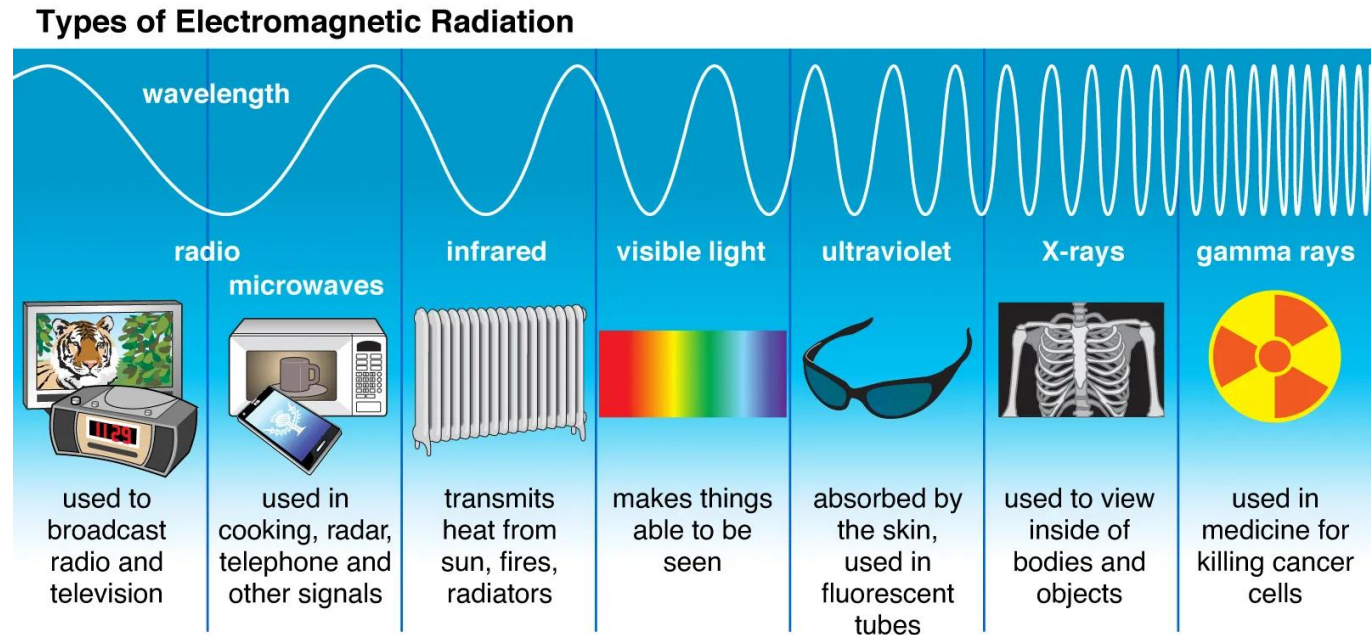
Reprezentare a unui cristal de sare (NaCl)

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sodium-chloride-3D-ionic.png>

SPECTRUL ELECTROMAGNETIC

Lumina este o componentă esențială a **spectrului electromagnetic**.

Porțiunea vizibilă a acestui spectru este ceea ce percepem ca **culoare**.



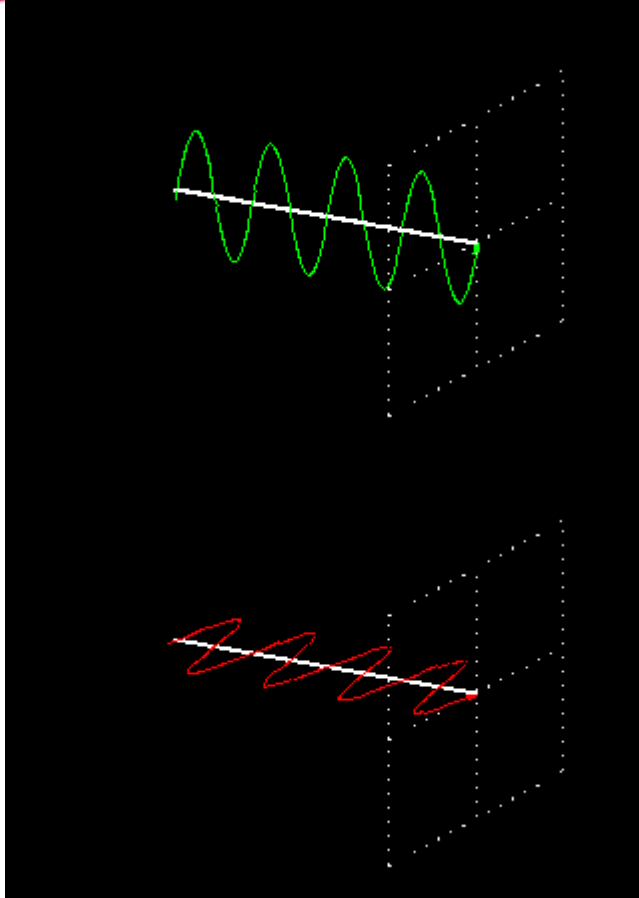
© Encyclopædia Britannica, Inc.

Tipuri de radiații electromagnetice

<https://www.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum>

LUMINĂ POLARIZATĂ

$|V\rangle$
sau
 $|\updownarrow\rangle$

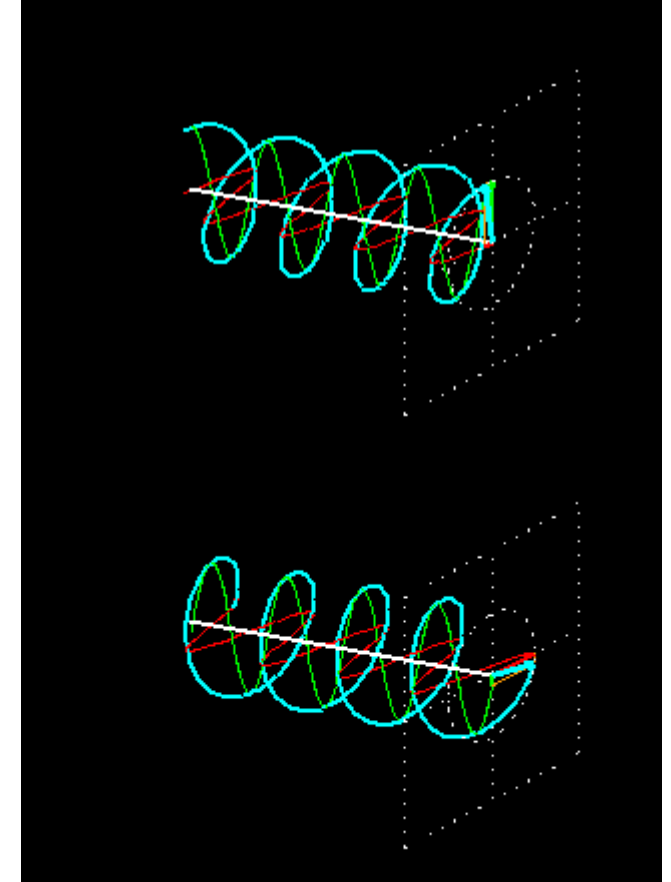


$|H\rangle$
sau
 $|\leftrightarrow\rangle$

Lumină polarizată liniar
(orizontal și vertical)

Polarizarea reprezintă
descrie **direcția de
oscilație a câmpului
electric** asociat undei.

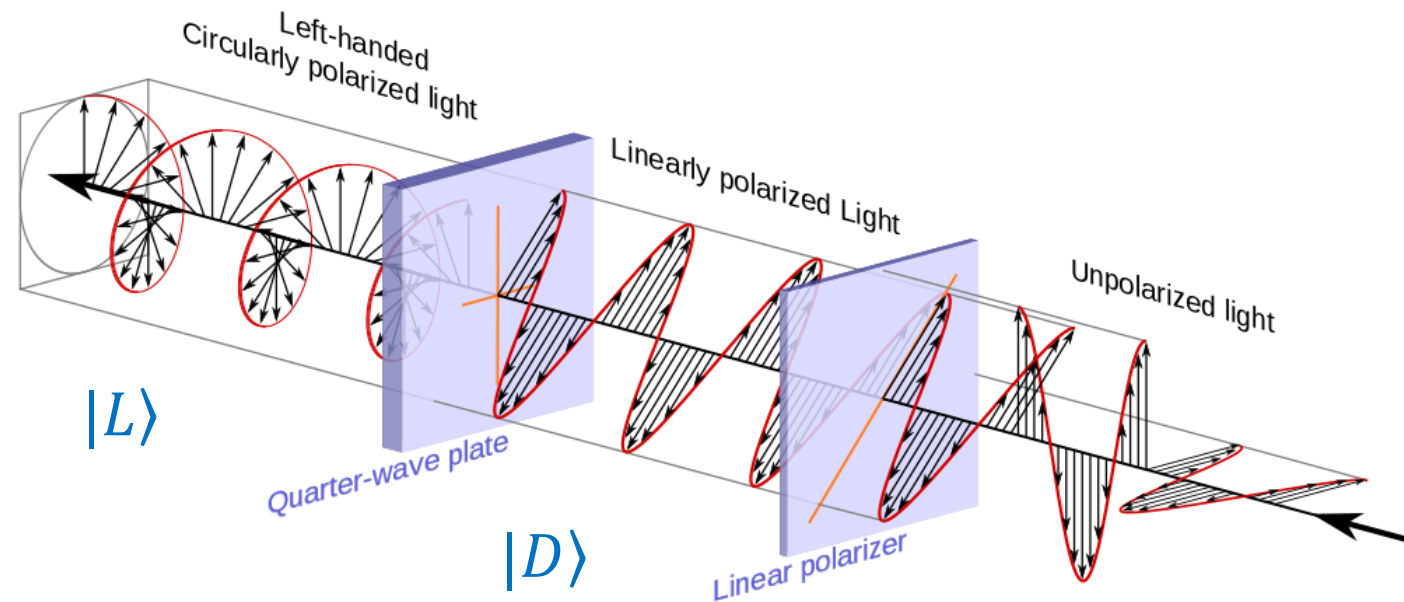
$|L\rangle$
sau
 $|\curvearrowleft\rangle$



$|R\rangle$
sau
 $|\curvearrowright\rangle$

Lumină polarizată circular (la
stânga și la dreapta)

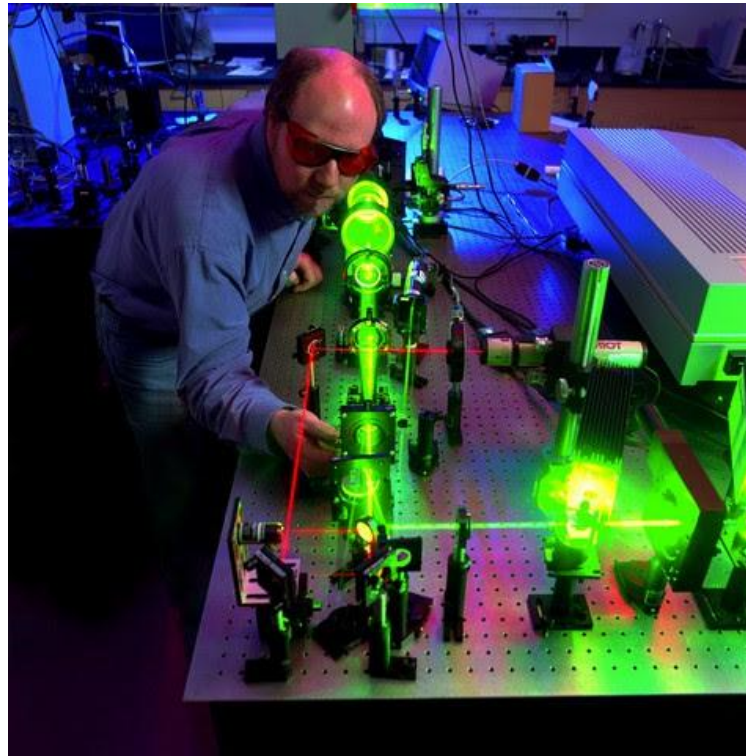
SCHIMBAREA POLARIZĂRII LUMINII



Componente care schimbă
polarizarea luminii

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Circular.Polarization.Circularly.Polarized.Light_Circular.Polarizer_Creating.Left.Handed.Helix.View.svg

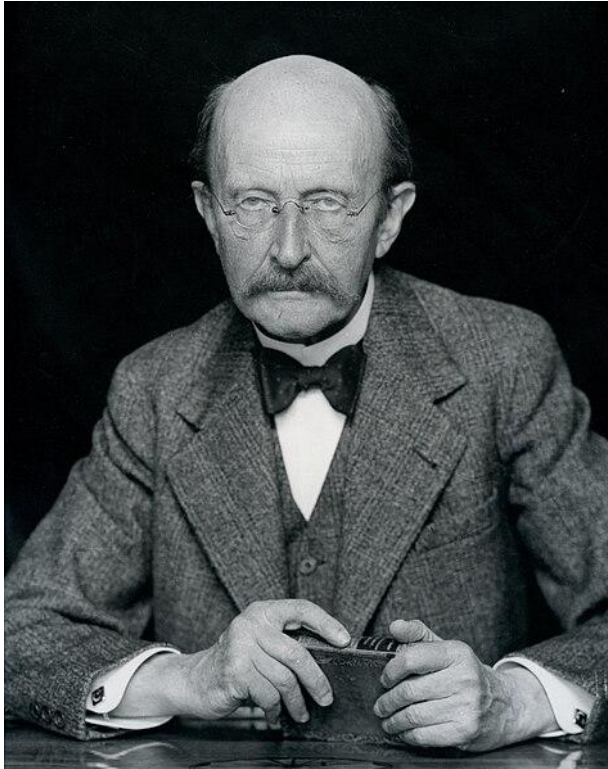
TEHNOLOGII FOTONICE



Montaj cu laseri pentru fotonică

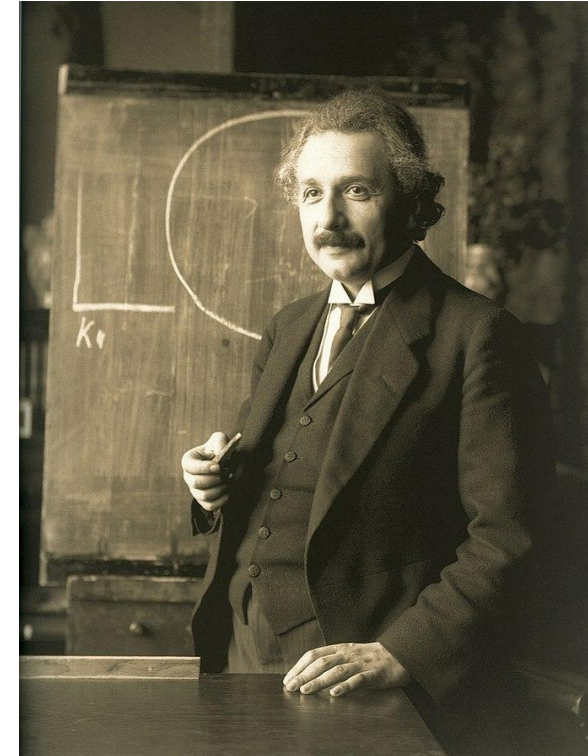
<http://www.ryts-instruments.co.th/applications-laser-photonics.html>

FOTONUL CA PARTICULĂ



Max Planck (1879-1955), fizician german, fotografie portret de Hugo Erfurth, din 1938

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Max_Planck_by_Hugo_Erfurth_1938cr.jpg



Albert Einstein (1879-1955), fizician german/elvețian/american, fotografie portret de Ferdinand Schmutzer, din 1921

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Einstein_1921_by_F_Schmutzer_-_restoration.jpg

UNDE



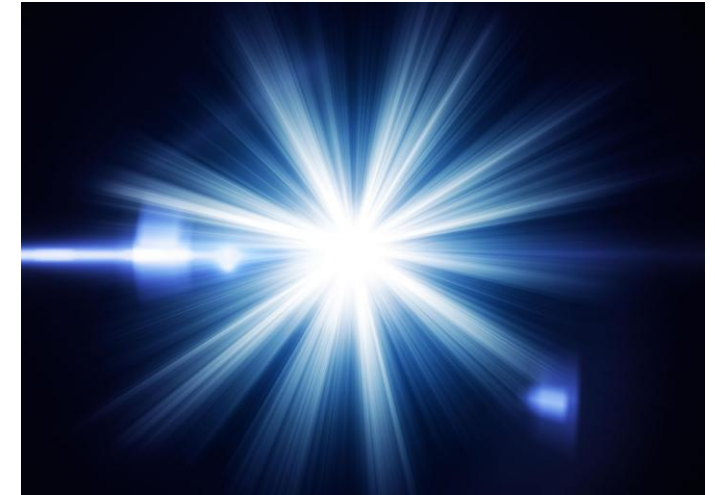
Sunetul (undă mecanică)

<https://justenergy.com/blog/sound-energy-everything-you-need-to-know/>



Valurile (unde mecanice)

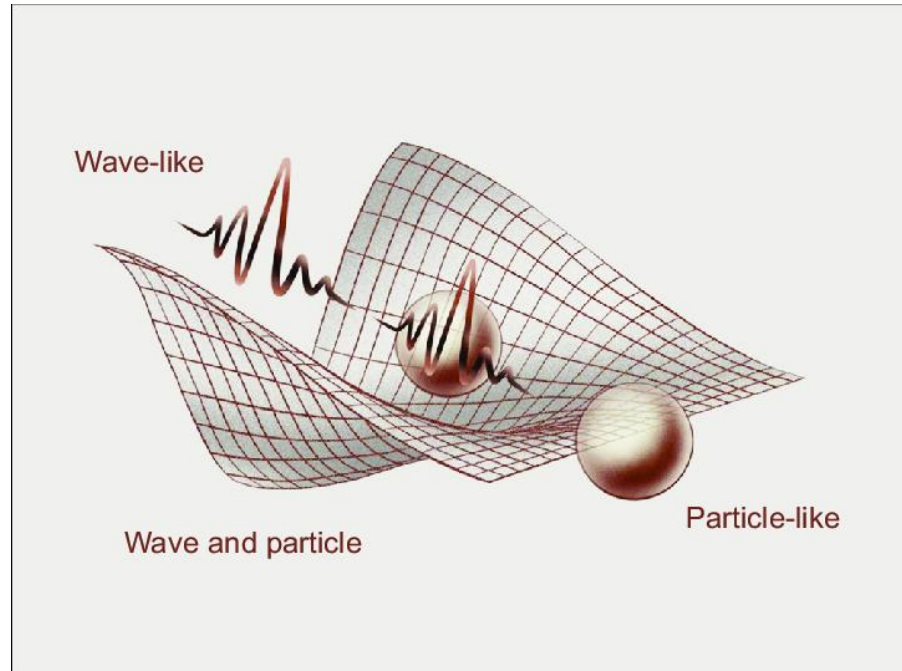
<https://www.pbslearningmedia.org/resource/buac20-35-sci-ps-waveenergy/wave-energy/>



Lumina (undă electromagnetică)

<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/hearing-flashes-light-may-be-much-more-common-thought-180961850/>

DUALITATEA UNDĂ-PARTICULĂ



Ilustrație artistică a dualității undă-particulă

https://www.researchgate.net/figure/Wave-particle-duality-of-light_fig1_381610059

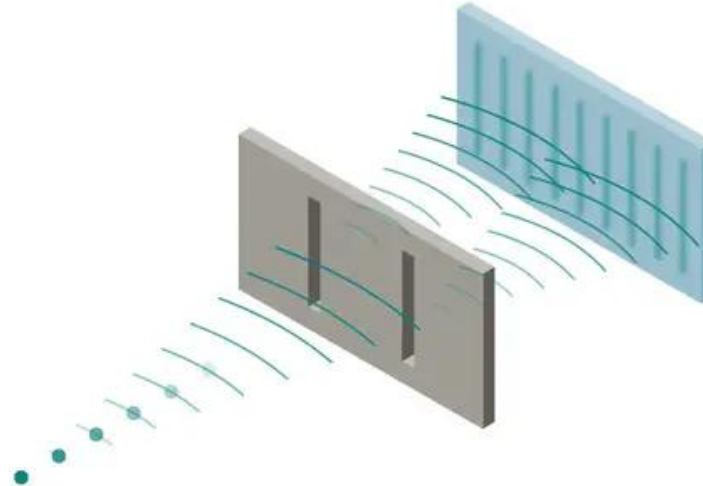


Louis de Broglie (1892-1987), fotografie din 1929

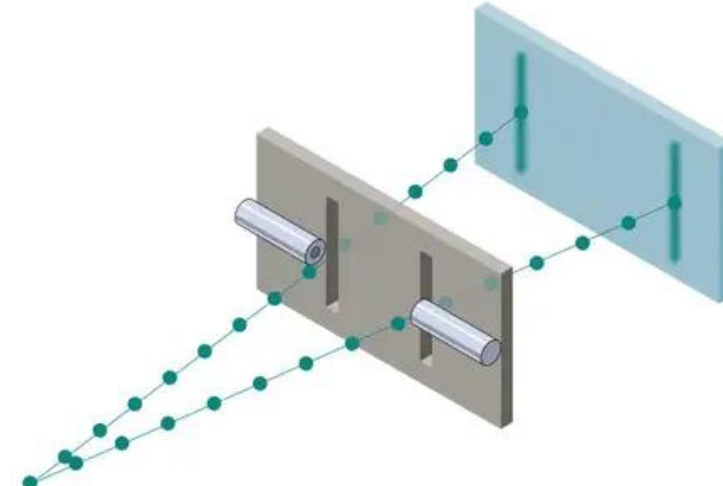
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Broglie_Big.jpg

A central mystery

The classic double slit experiment seems to suggest quantum objects such as electrons are sometimes **particles**, sometimes **waves** – and we decide which guise they take



A stream of single electrons is fired at two slits and measured on a screen behind. An interference pattern forms, as if each electron were a **wave** that passed through both slits at once



Measure the electrons first at the slits, however, and you see individual **particles** passing through one slit or the other – and the interference pattern on the screen disappears

Experimentul cu două fante, după Young

<https://www.newscientist.com/article/mg23130820-200-collapse-has-quantum-theorys-greatest-mystery-been-solved/>

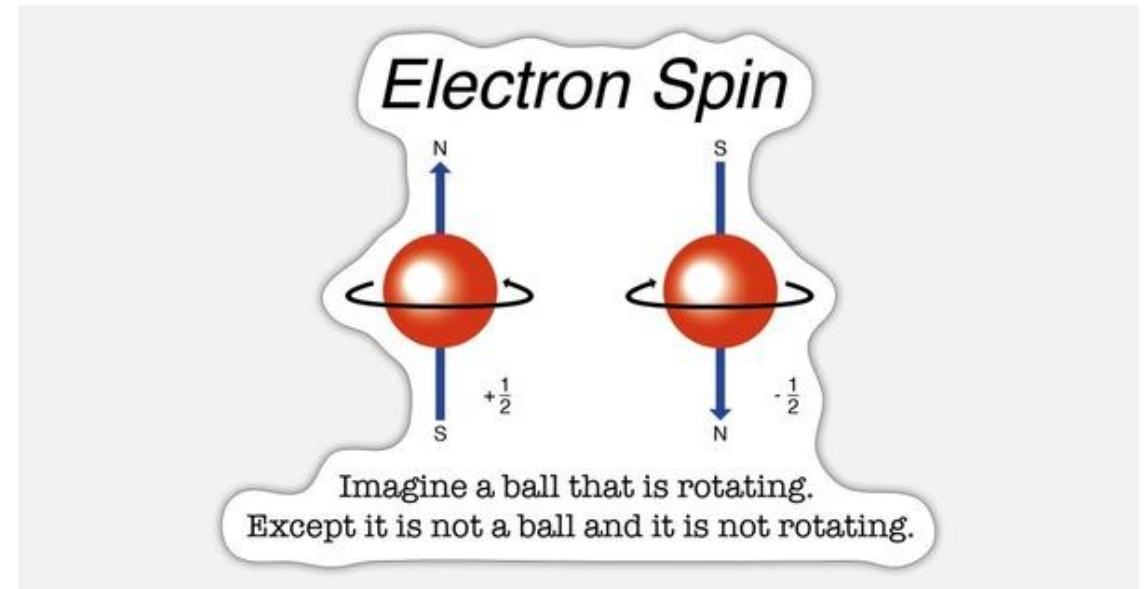
<https://archive.is/lmAuC>

SPIN

Spin = proprietate cuantică a particulelor care este similară cu ideea de rotație a unui obiect

(dar de fapt fără un echivalent exact în lumea macroscopică).

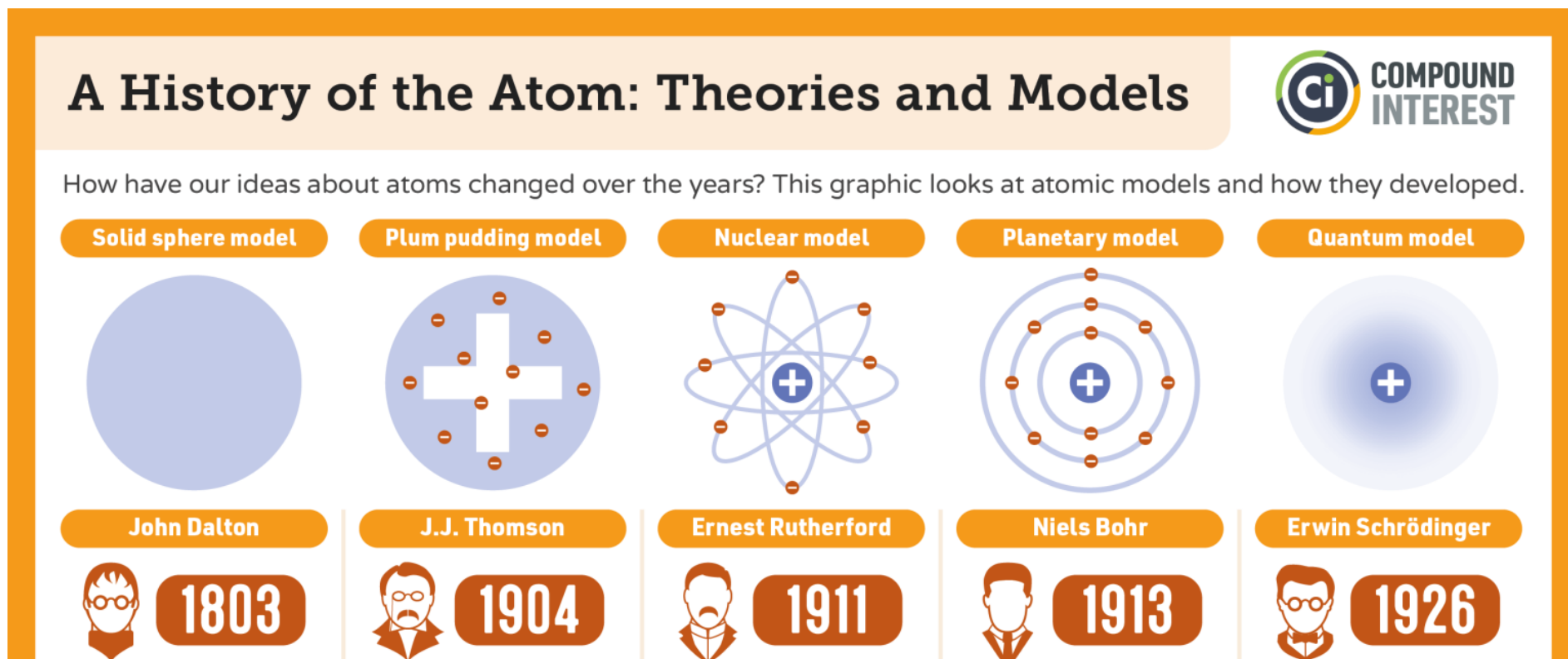
$|\uparrow\rangle$ $|\downarrow\rangle$



Imaginarea conceptului de spin

<https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-76606adbe1c8577c13adbcbcb3291a2ea>

MODELE ATOMICE



Ilustrație a câtorva modele atomice, Compound Interest, parțial

<https://www.compoundchem.com/2016/10/13/atomicmodels/>

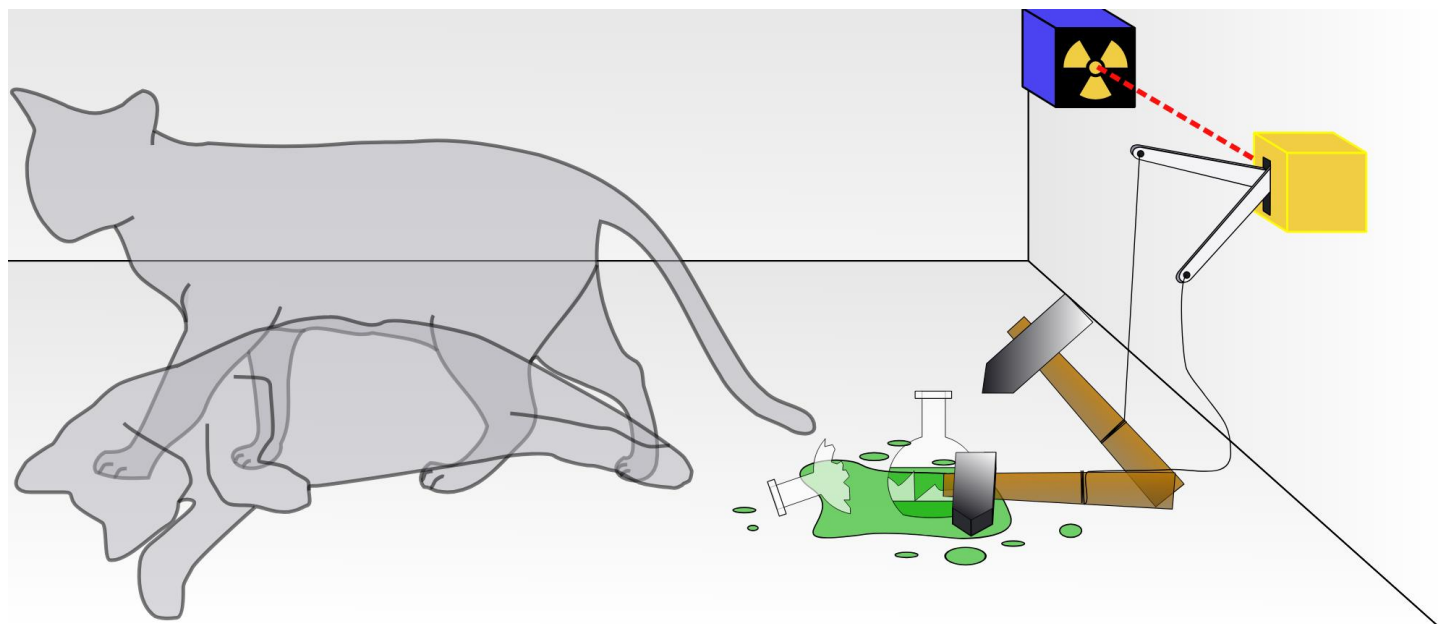
SUPERPOZIȚIE (CUANTICĂ)

O particulă cuantică **poate exista în mai multe stări posibile simultan**, până când este observată.

Analogie: un elev ar putea să fie simultan în toate sălile de clasă, până când cineva îl vede și astfel îl localizează într-o anumită sală.

PISICA LUI SCHRÖDINGER

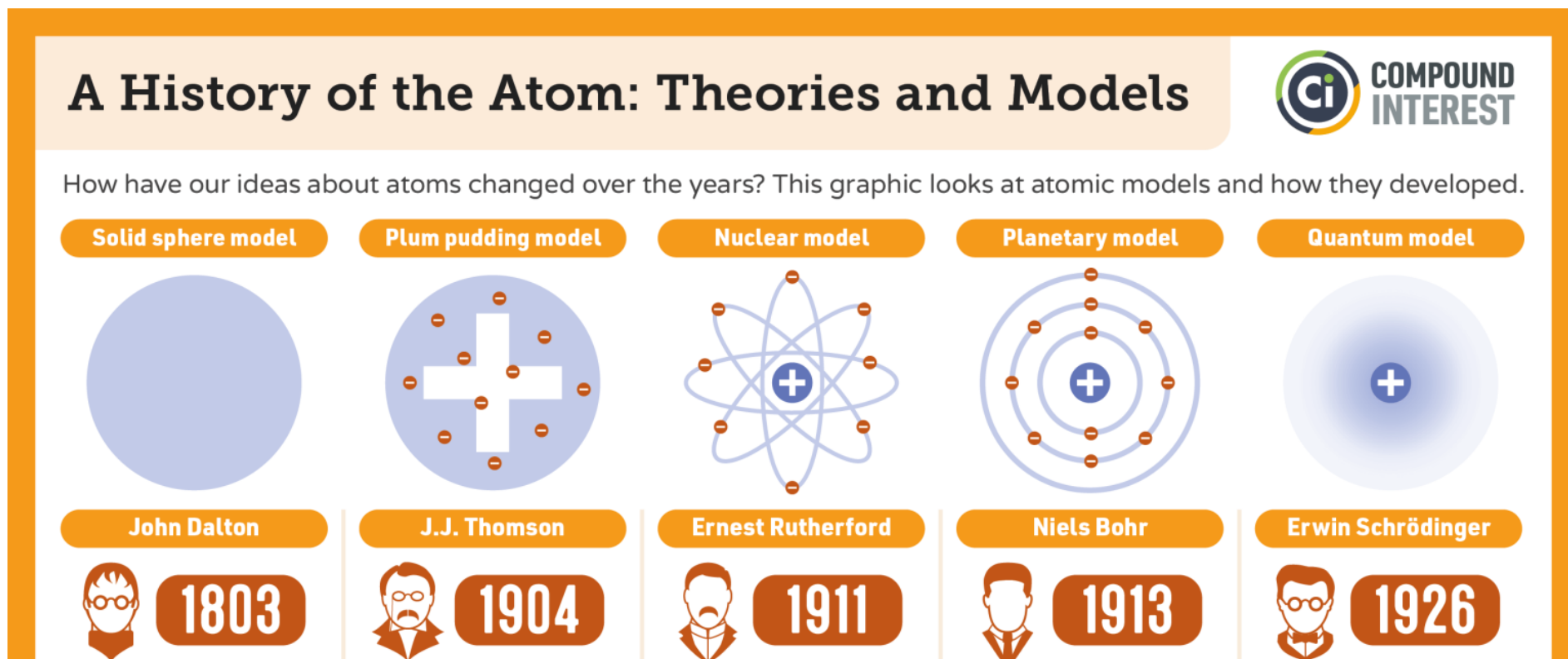
Pisica este considerată (în mod bizar), și vie și moartă simultan, până la momentul observației (ceea ce constituie un paradox).



Experimentul (imaginar/mental) al pisicii lui Schrödinger

https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Schrödingers_cat.svg

MODELE ATOMICE



Ilustrație a câtorva modele atomice, Compound Interest, parțial

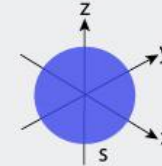
<https://www.compoundchem.com/2016/10/13/atomicmodels/>

ORBITALII ATOMICI

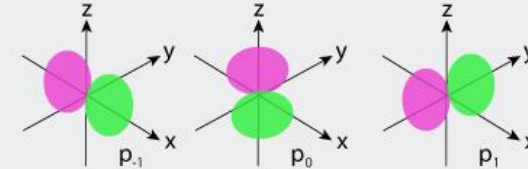
Orbitalii atomici reprezintă regiunile din jurul nucleului unui atom unde există o probabilitate ridicată de a găsi electroni.

Atomic Orbitals

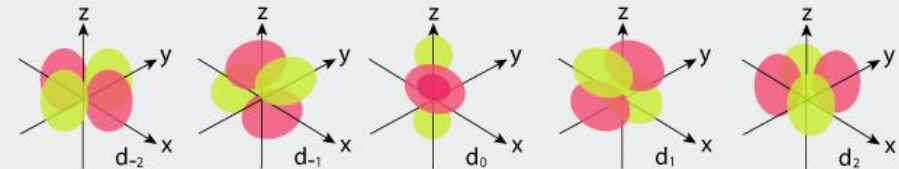
1. s-orbital



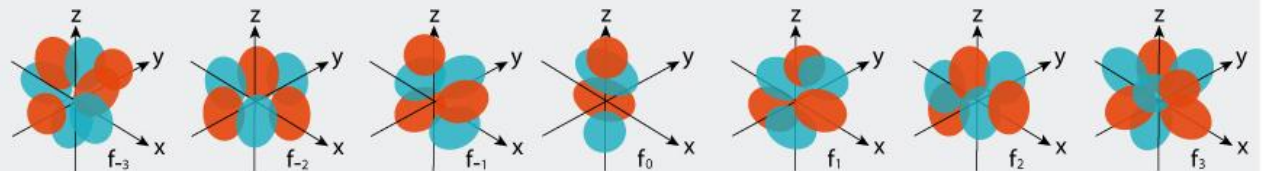
2. p-orbital



3. d-orbital



4. f-orbital



Ilustrație a diferite tipuri de orbitali

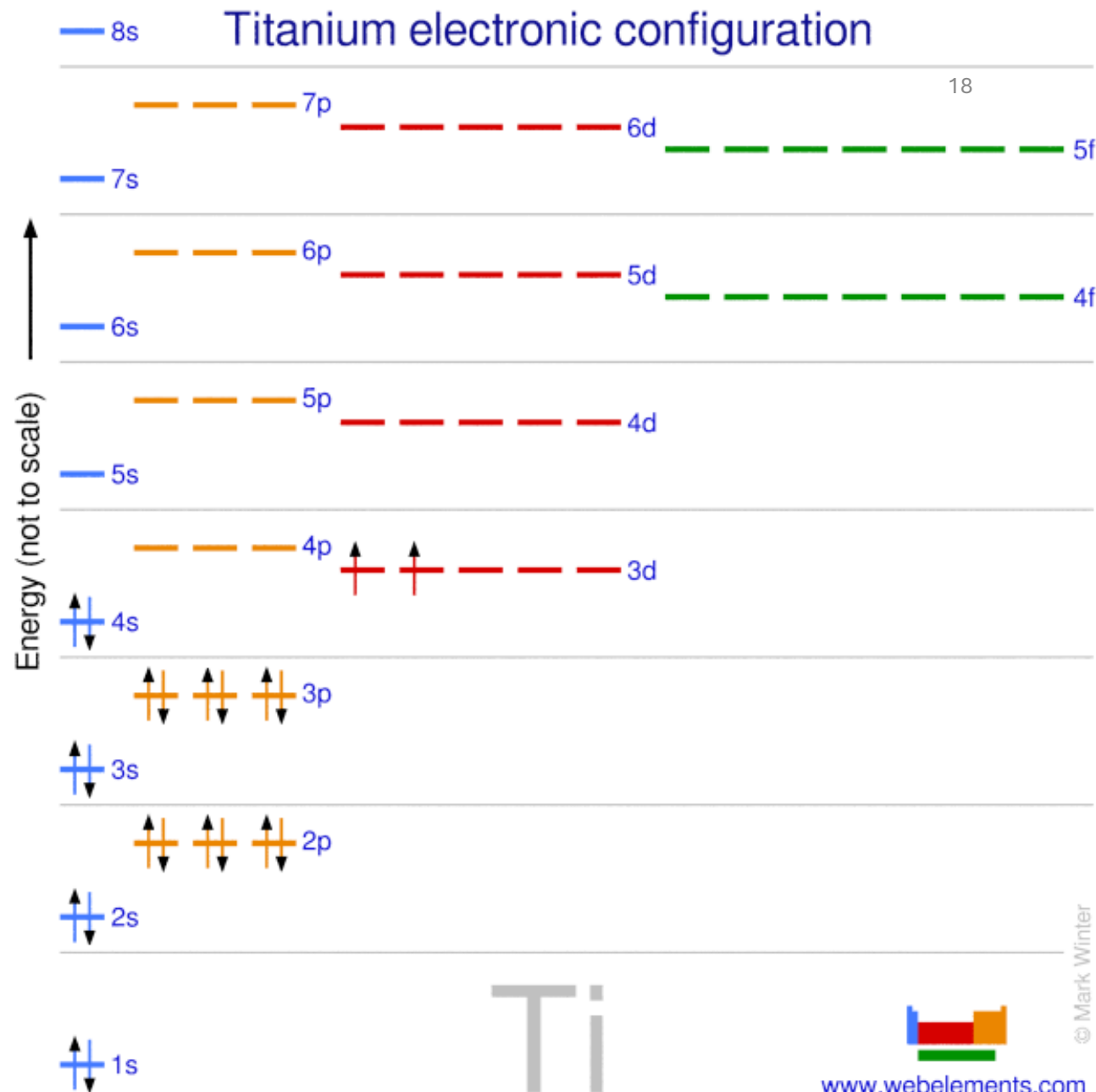
<https://www.sciencefacts.net/atomic-orbital.html>

STRUCTURA ÎNVELIȘULUI ELECTRONIC

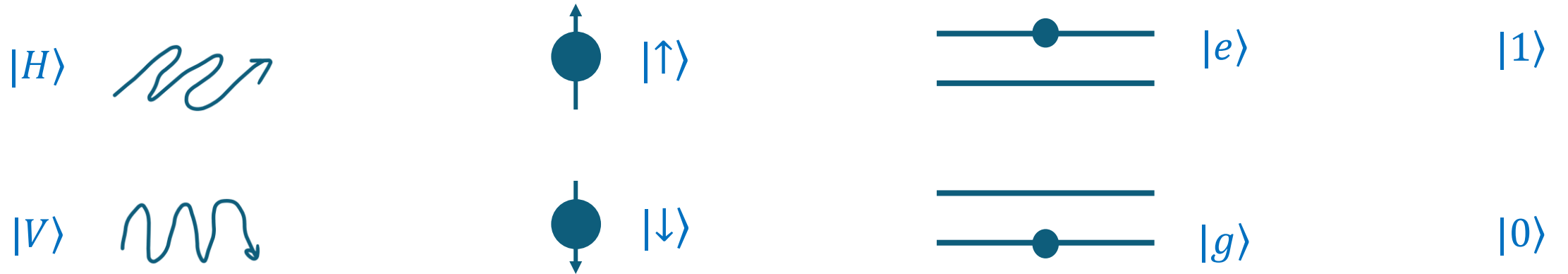
Această structură reflectă
distribuția electronilor pe
baza nivelelor lor de energie
și a subnivelurilor orbitale.

Nivele energetice în atomul de titan

<https://www.webelements.com/titanium/atoms.html>



SISTEME CUANTICE CU DOUĂ STĂRI



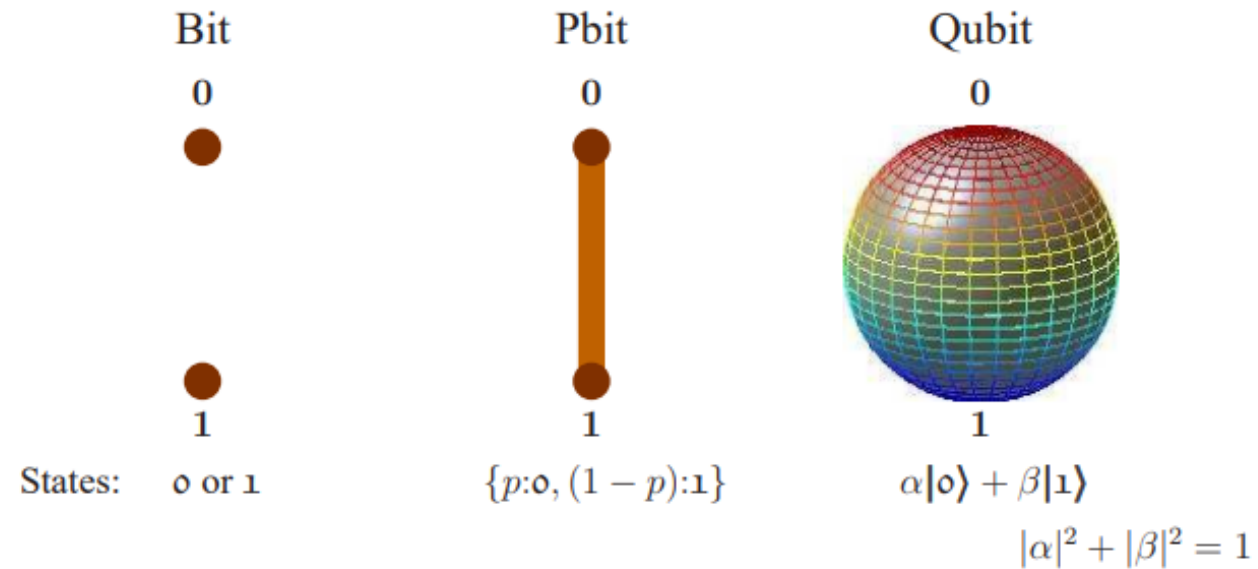
Polarizări ortogonale
ale unui foton

Spini opuși ai unei
particule (electron,
nucleu atomic)

Două nivele ale unui
sistem cuantic
(atom, particulă într-
un potențial)

Stări în baza
computațională

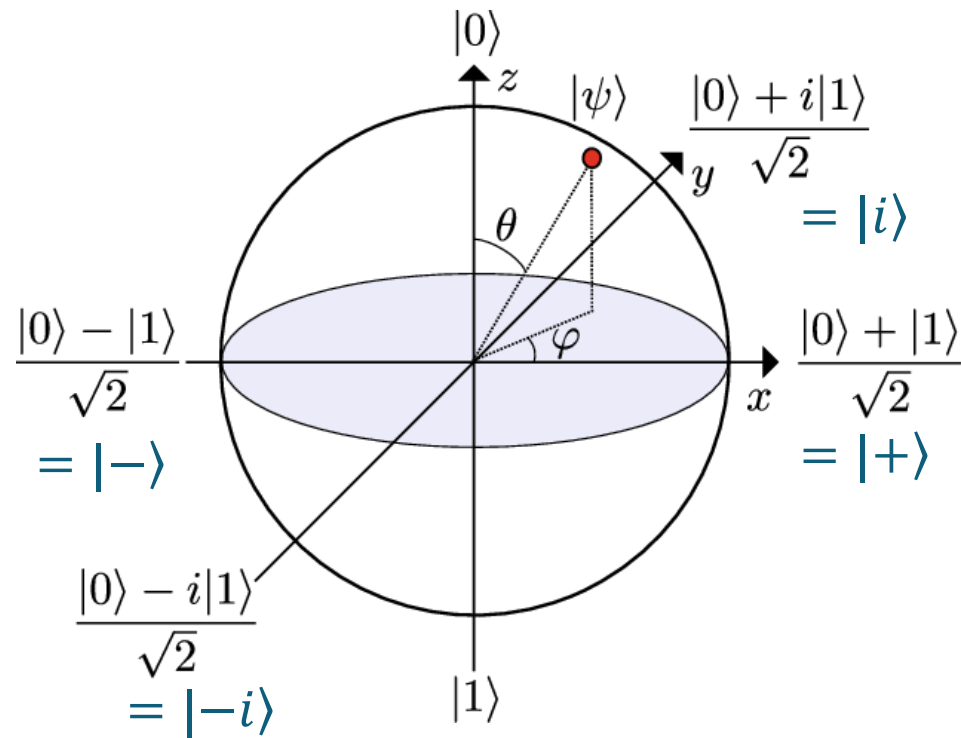
BIȚI VS. QUBIȚI



Bit vs Pbit vs Qubit – ilustrație artistică

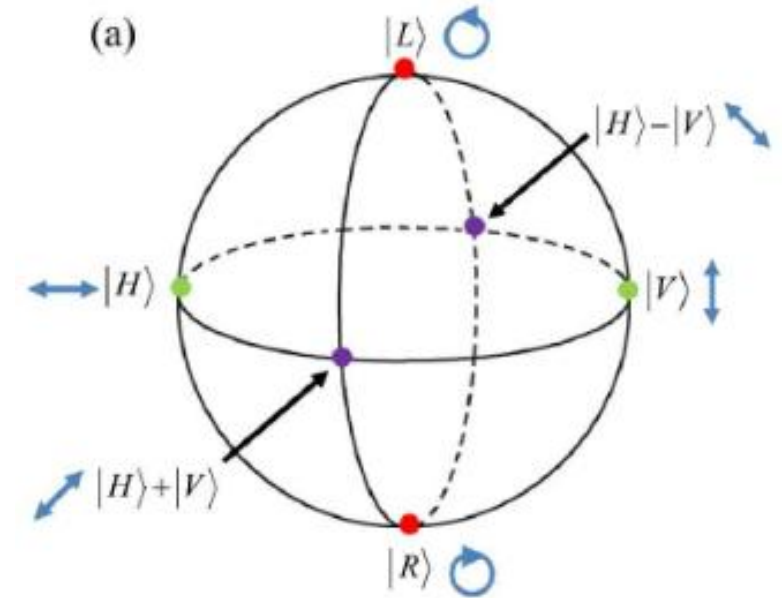
<https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0207171>

SFERA BLOCH



Sfera Bloch pentru un qubit, cu mai multe stări etichetate pe ea

https://www.researchgate.net/figure/The-Bloch-sphere-representation-of-a-qubit-state-The-north-pole-is-the-ground-state-0_fig1_335845744



Sfera Poincaré (analogul sferei Bloch) pentru un foton, cu mai multe stări etichetate pe ea, în baza poarizării

https://www.researchgate.net/figure/a-Poincare-sphere-representation-for-the-states-of-polarization-b-An-analogous_fig2_272195482

O **operație** pe un qubit este o **transformare matematică** care modifică starea cuantică a acelui qubit.

În termeni formali, este o **operație unitară** aplicată asupra vectorului. O operație corespunde unei **matrici pătrate**.

În limbajul computației cuantice, este o **poartă** care se aplică pe un qubit.

Operația schimbă starea unui qubit într-o altă stare.

OPERAȚII ȘI MĂSURARE

O **măsurătoare** este un proces prin care **extragem o valoare clasică** dintr-un qubit.

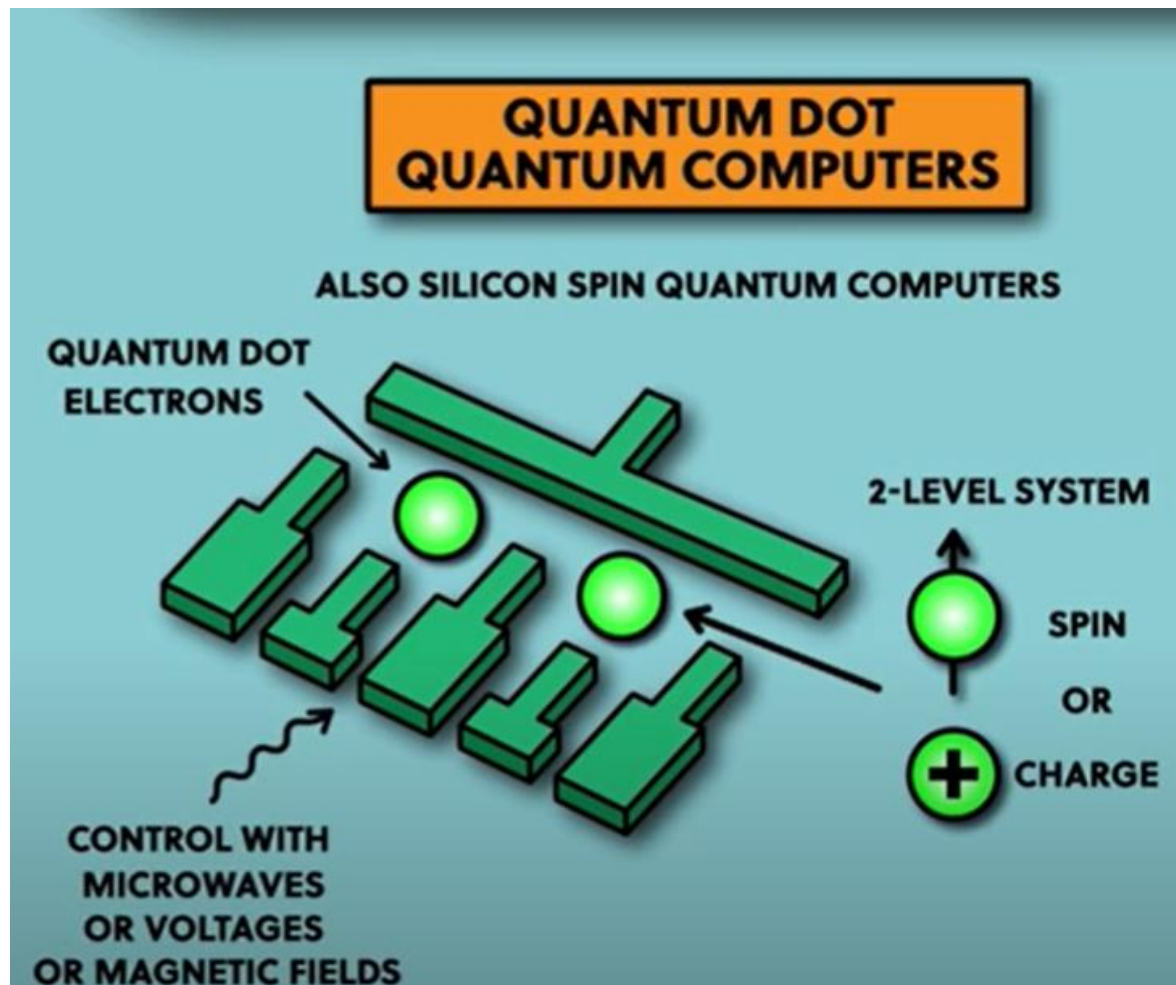
Dacă un qubit se află într-o stare de superpoziție:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \text{ cu } |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

atunci **măsurarea** în baza standard ($|0\rangle, |1\rangle$) va produce:

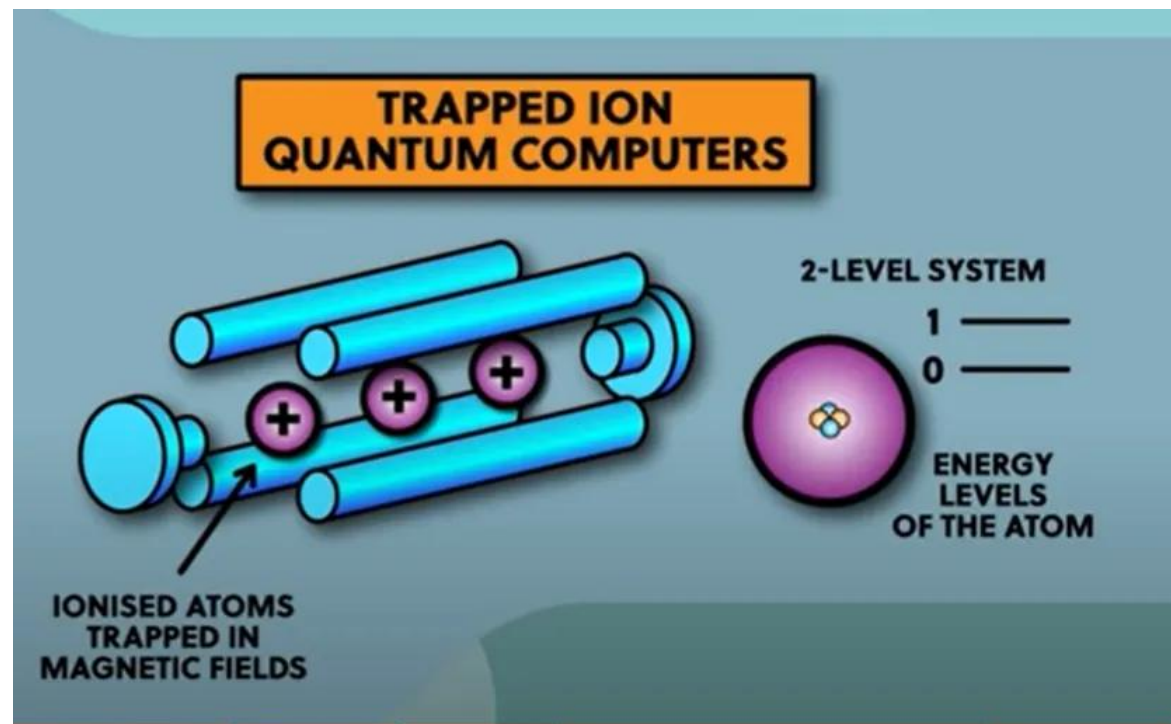
- rezultatul 0 cu probabilitate $|\alpha|^2$,
- rezultatul 1 cu probabilitate $|\beta|^2$.

Măsurarea distruge superpoziția și ne oferă un singur rezultat clasic.



Schemă a unui qubit cu doturi cuantice

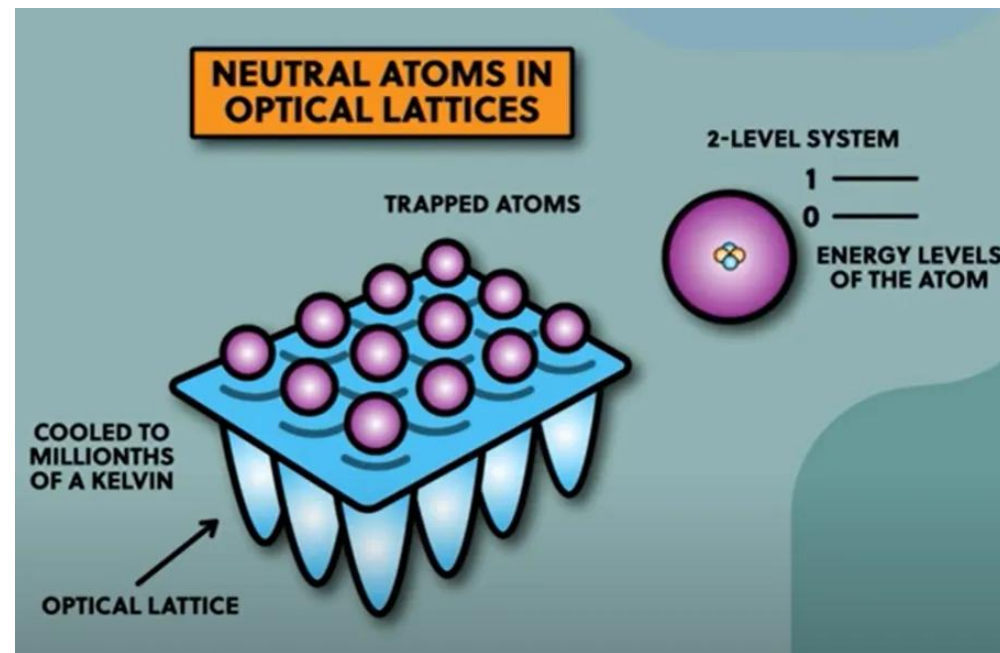
<https://medium.com/@anjanakrishnan3100/types-of-quantum-computers-101427608fa6>



Schemă a unor qubiți cu capcană ionică

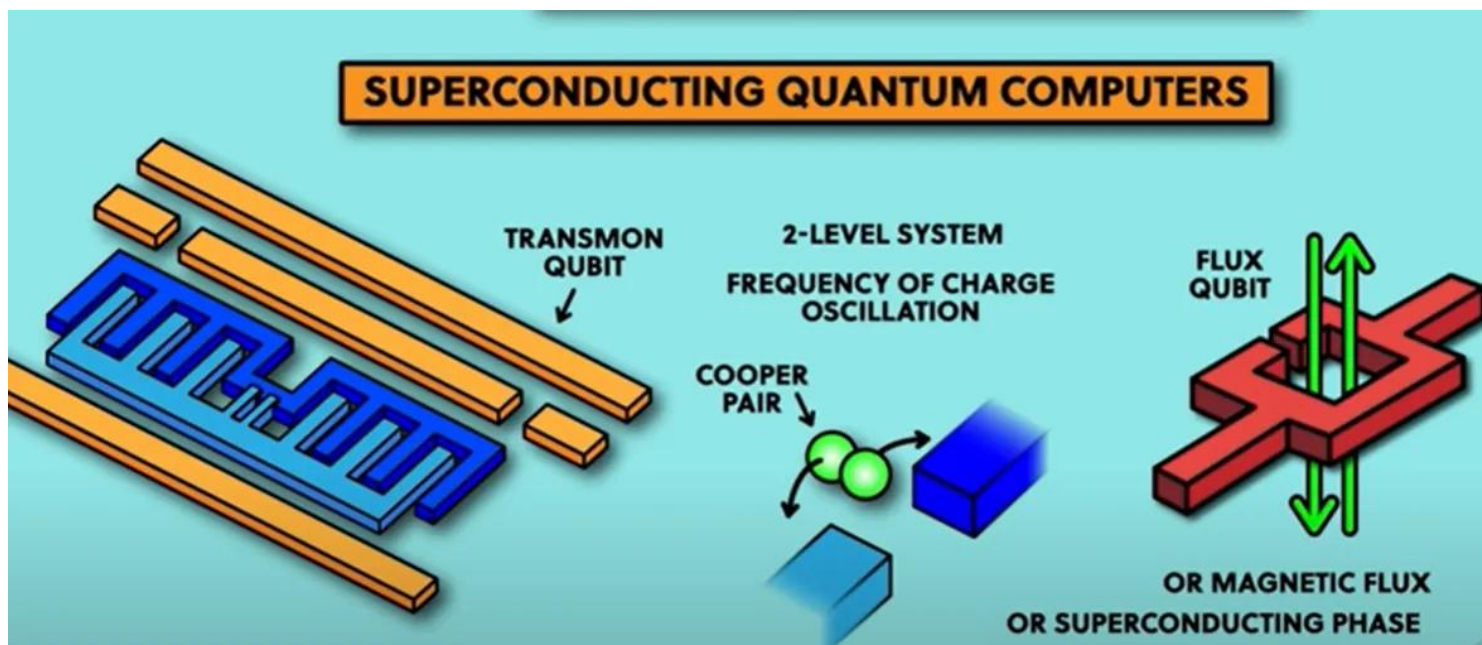
<https://medium.com/@anjanakrishnan3100/types-of-quantum-computers-101427608fa6>

COMPUTERE CUANTICE



Schemă a unui sistem de qubiți într-o latice optică

<https://medium.com/@anjanakrishnan3100/types-of-quantum-computers-101427608fa6>

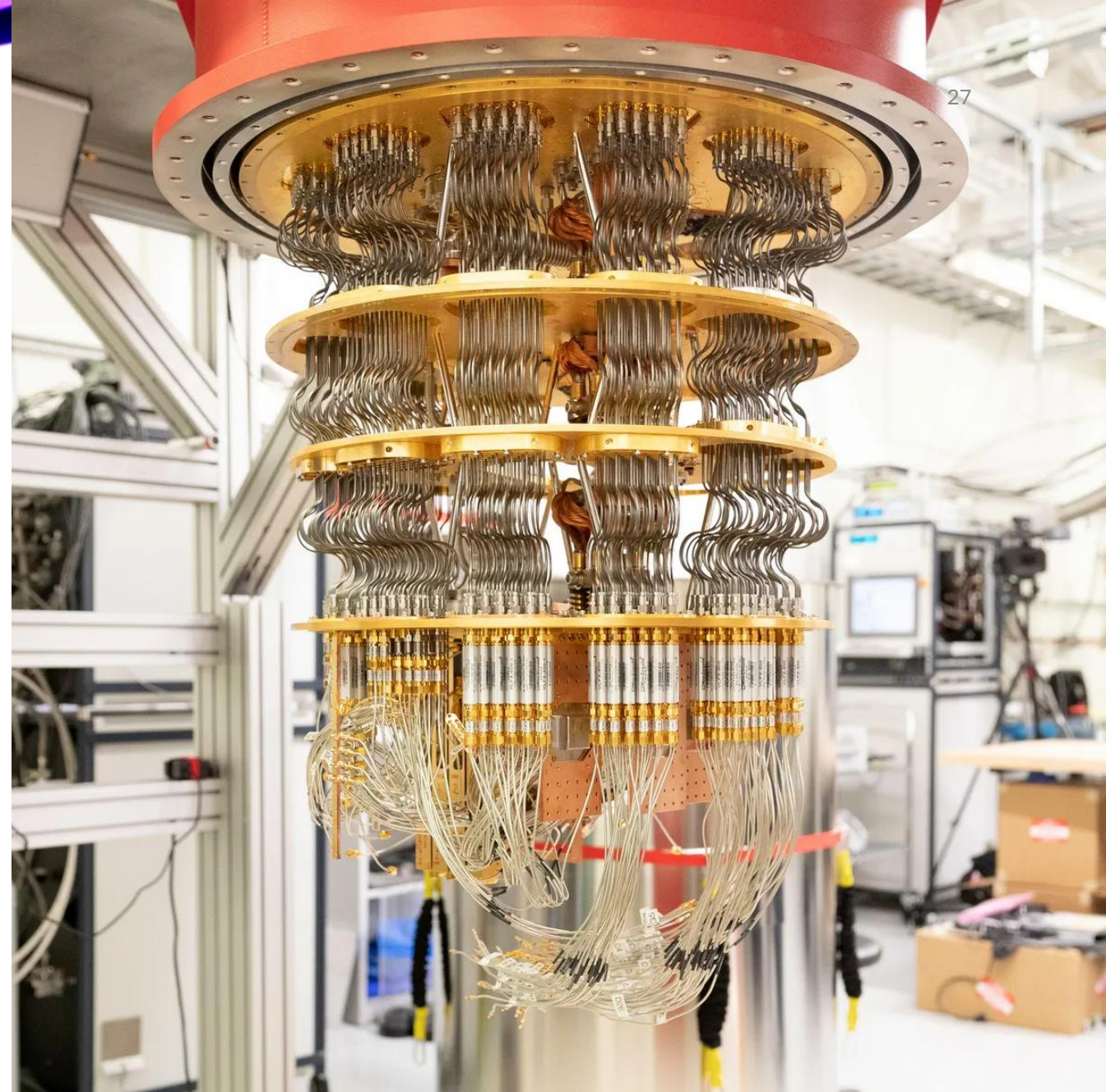


Schemă a unui qubit cu superconductor

<https://medium.com/@anjanakrishnan3100/types-of-quantum-computers-101427608fa6>

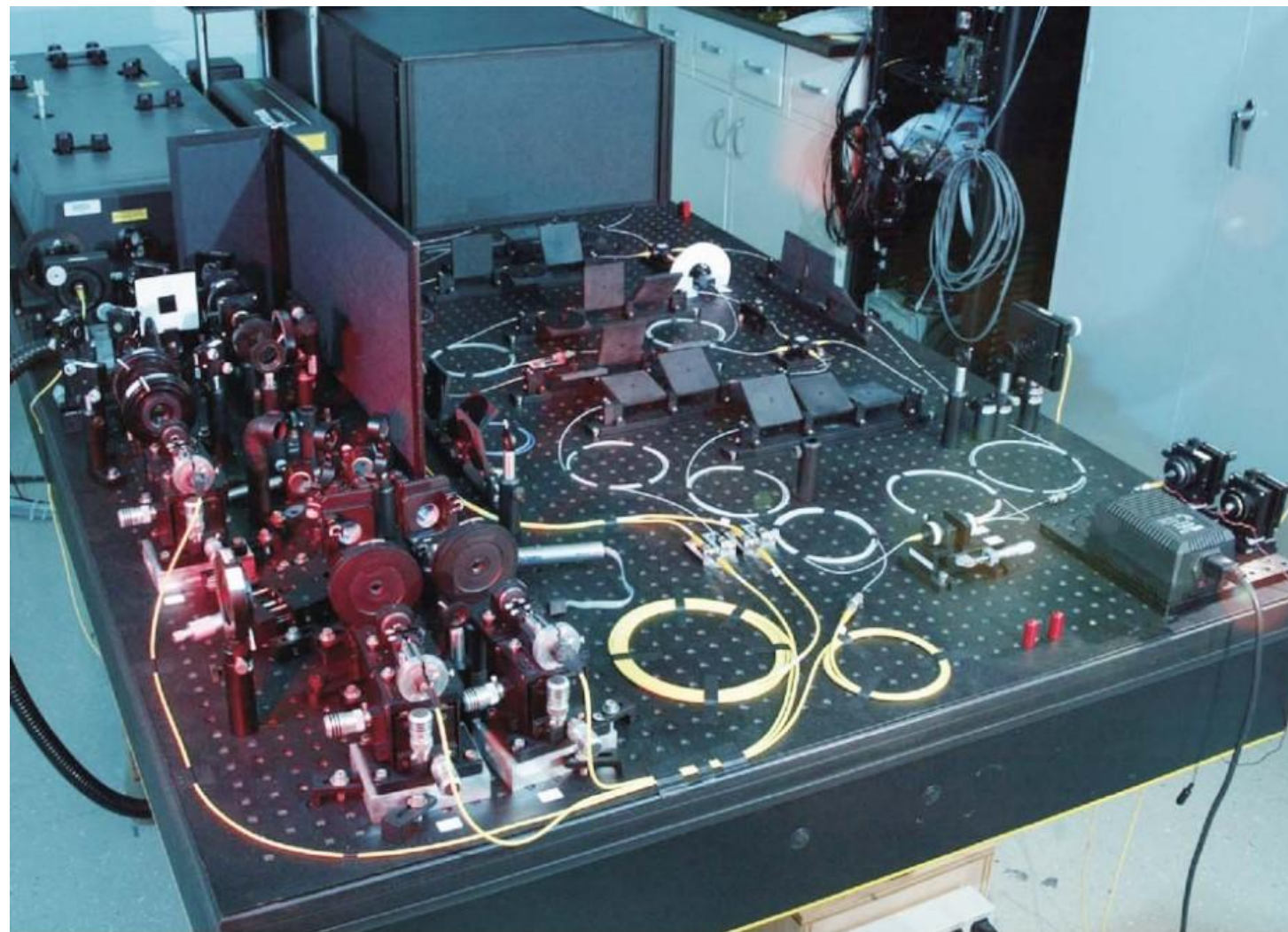
Interiorul unui computer cu procesor superconductor (de la Google). Se poate observa “candelabrul” cu diferitele stagii de răcire, esențiale pentru sigura condițiile de temperatură în care pot funcționa qubiții superconductori

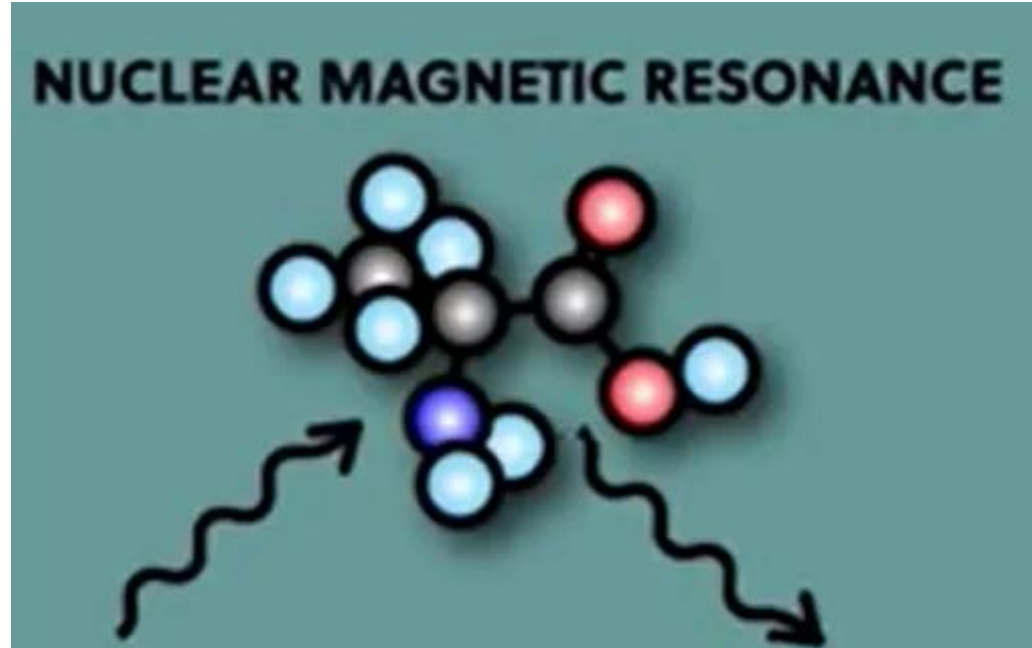
<https://www.cnet.com/tech/computing/google-quantum-supremacy-only-first-taste-of-computing-revolution/>



Montaj optic pentru realizarea de experimente de tip LOQC (Linear Optic Quantum Computing)

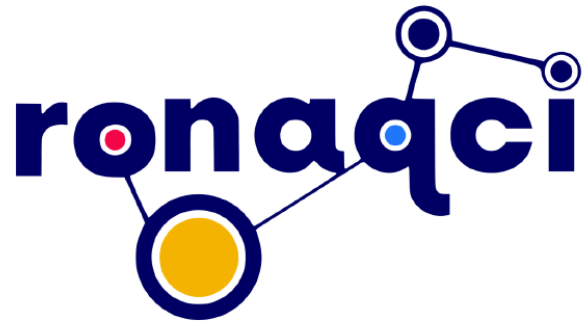
<https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V25-N02/25-02-Pittman.pdf>





Schemă a unei molecule folosită ca un set de qubiți în tehnologia cu rezonanță magnetică nucleară

<https://medium.com/@anjanakrishnan3100/types-of-quantum-computers-101427608fa6>



BASIC QUANTUM KNOWLEDGE

Gabriel Pascu

9 mai 2025