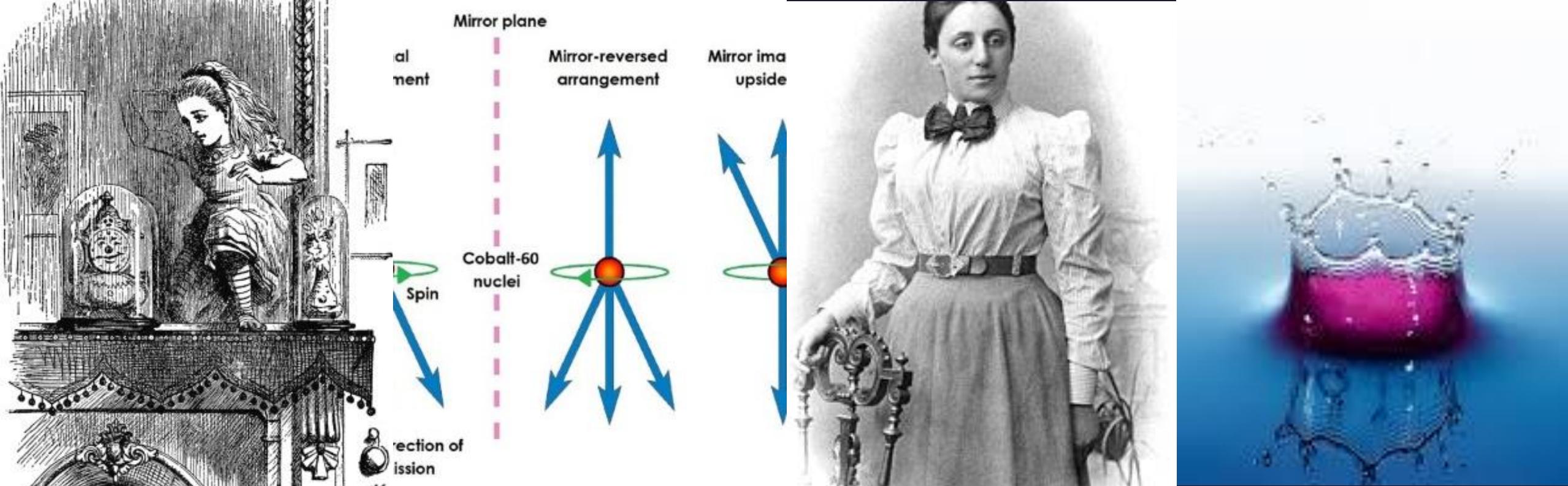


Simmetrie e Asimmetrie

dalla Biochimica alla Cosmologia



Giovanni Della Lunga



Introduzione

- Il mondo è un posto simmetrico pieno di oggetti asimmetrici.
- Senza dissimmetria non esiste la dinamica, senza la simmetria non esiste l'equilibrio.
- Ciò vale per l'essere umano e per ogni realtà naturale, incluso il nostro universo.

Simmetrie Geometriche



Simmetrie Geometriche

Examples of Bilateral Symmetry

The collage consists of six square images arranged in two rows of three. Each image shows a different organism with a vertical red dashed line down its center, indicating the axis of symmetry. The top row contains a Sea Turtle, a Butterfly, and a Drosophila (fruit fly). The bottom row contains a Shark, a Lobster, and a Human figure.

Sea Turtle Butterfly Drosophila (fruit fly)

Shark Lobsters Human

ScienceFacts.net

- Quando parliamo di *Simmetria*, pensiamo subito alla forma delle figure e degli oggetti;
- La prima cosa che ci viene in mente è la *simmetria bilaterale*.

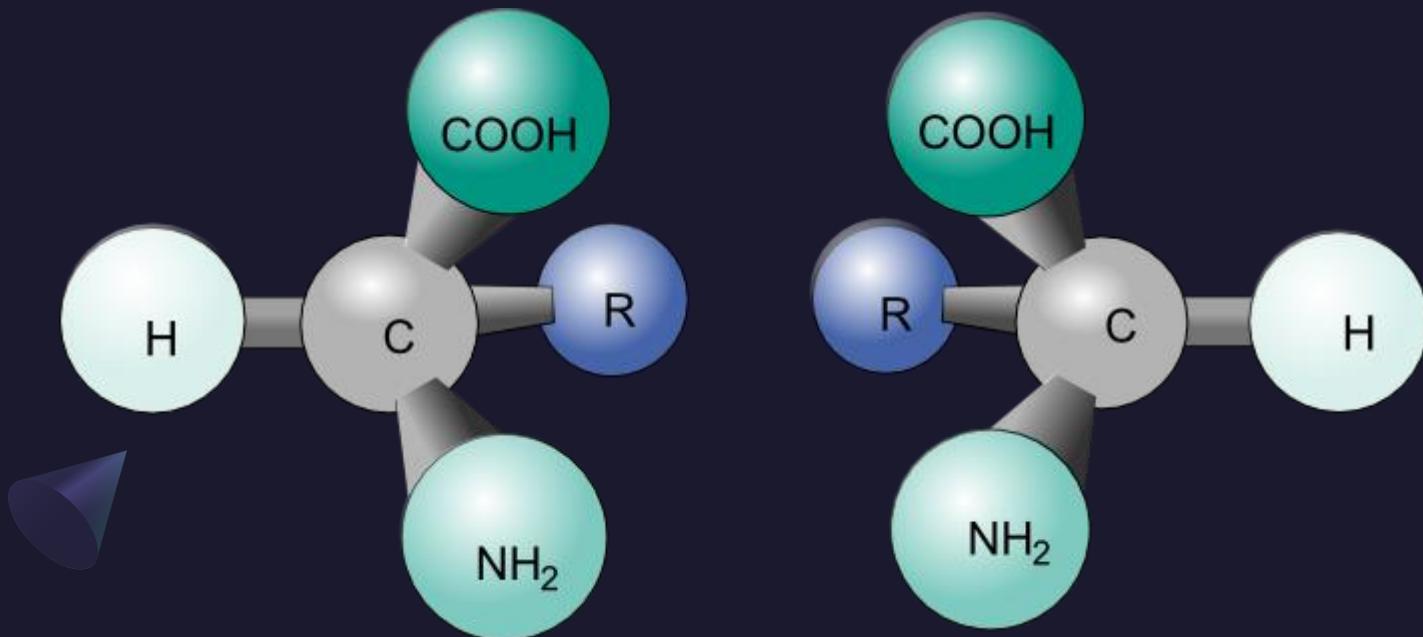
Simmetria Geometrica

- Alla base della *simmetria bilaterale* c'è una **trasformazione** chiamata **RIFLESSIONE**
- Una figura è dotata di *simmetria bilaterale* quando **non cambia** per effetto di una riflessione

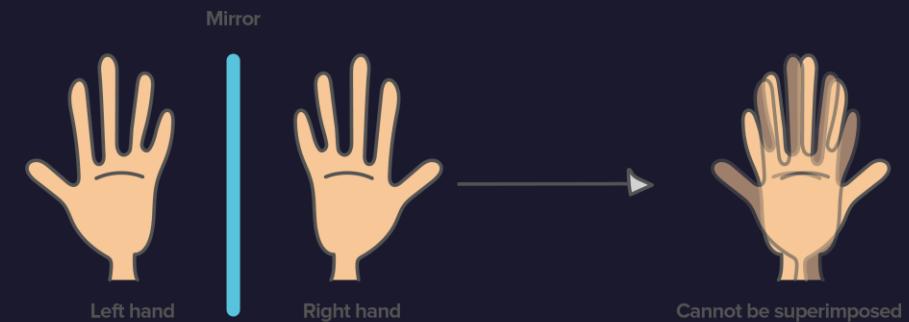


Chiralità

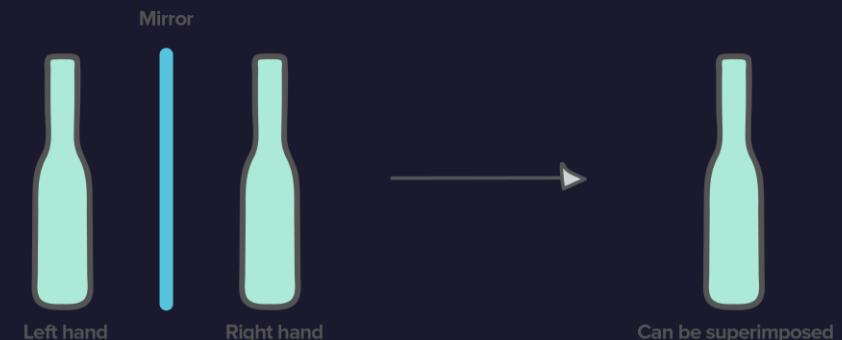
- Un oggetto non sovrappponibile alla propria immagine è detto chirale



CHIRAL OBJECTS



ACHIRAL OBJECTS



Chiralità

- In «Through the Looking Glass», Alice si preoccupa se nel mondo riflesso sarà sicuro dar da bere il latte al proprio gatto. Da quello che ora capiamo della chiralità, possiamo affermare con certezza che né il gatto, né la stessa Alice se la passerebbero bene in un mondo speculare dove i loro enzimi digestivi non possono digerire il latte che è ricco di D-amminoacidi e L-zuccheri (sebbene i grassi del latte, che sono tutti achirali e quindi invariati, potrebbero fornire loro energia sufficiente per una rapida fuga).

**A Quote from
Lewis Carroll's
'Alice Through
the Looking
Glass'...**



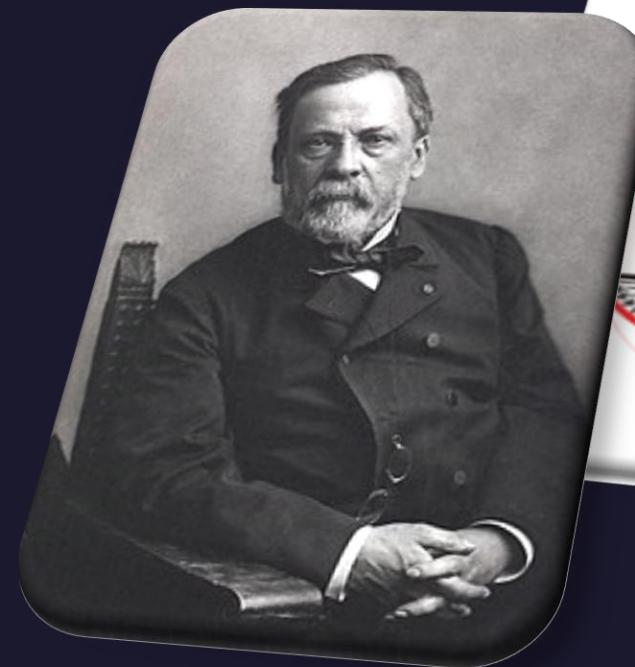
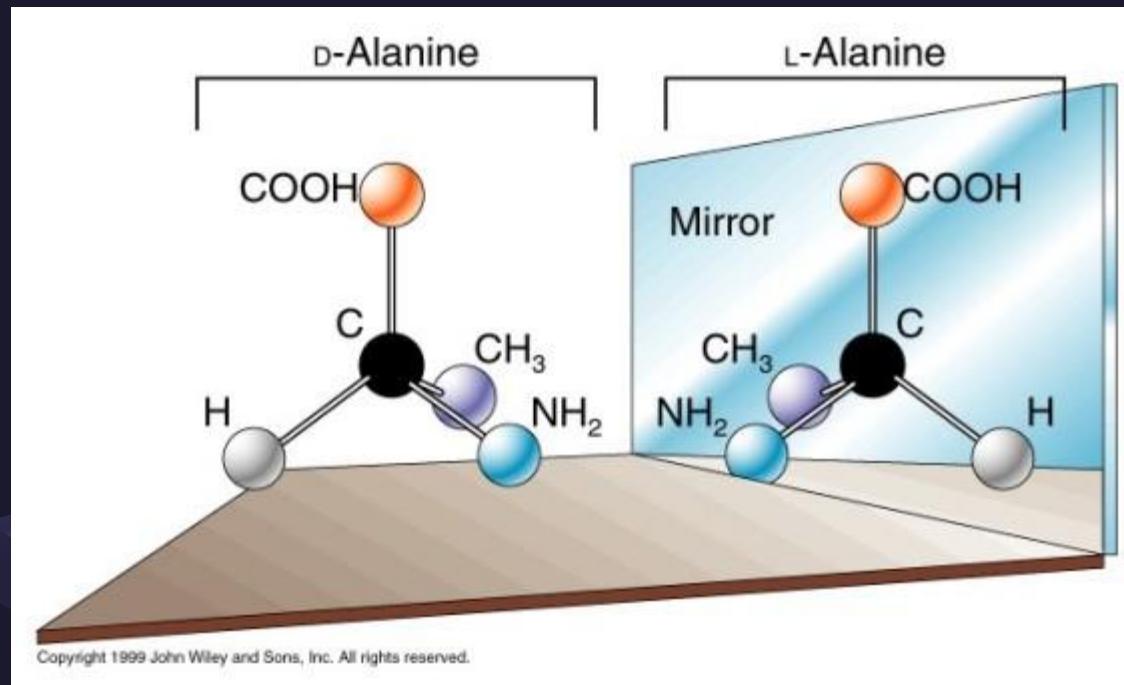
Lewis Carroll
Daresbury, 27 gennaio 1832 – Guildford, 14 gennaio 1898



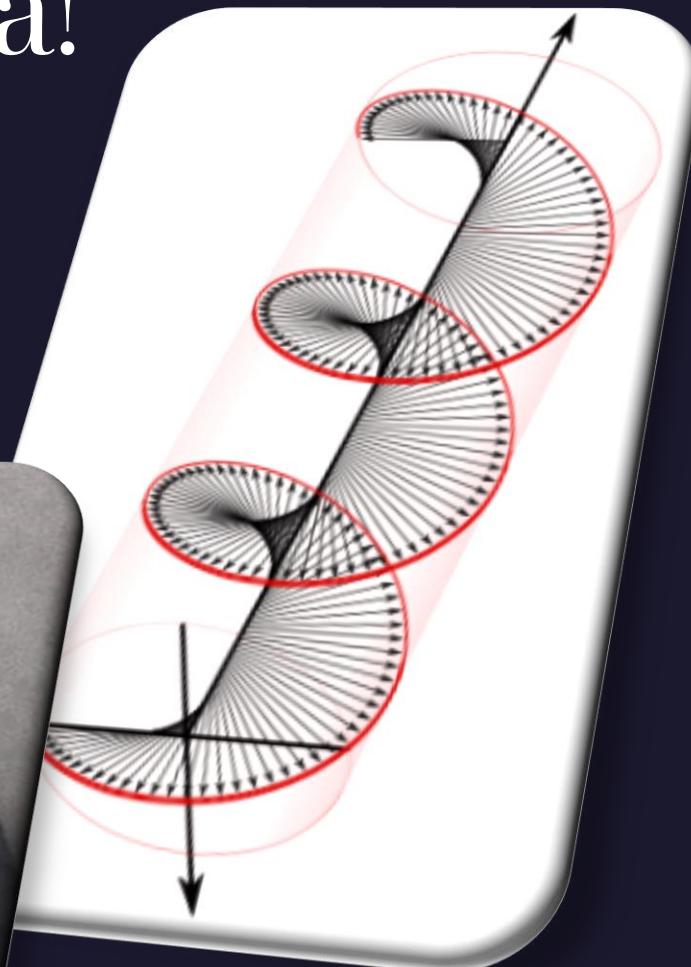
"How would you like to live in
Looking-glass House, Kitty?
I wonder if they'd give you milk,
there? Perhaps Looking-glass
milk isn't good to drink..."

Chiralità: La vita è Asimmetrica!

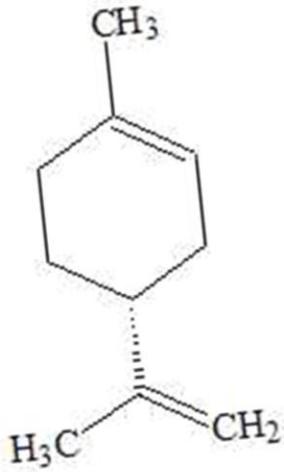
- Tutte le forme di vita sulla terra sintetizzano e utilizzano esclusivamente L-aminoacidi e D-zuccheri, quindi tutte le molecole presenti in natura sono enantiometricamente pure.



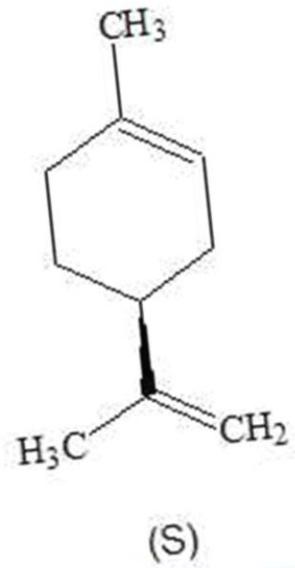
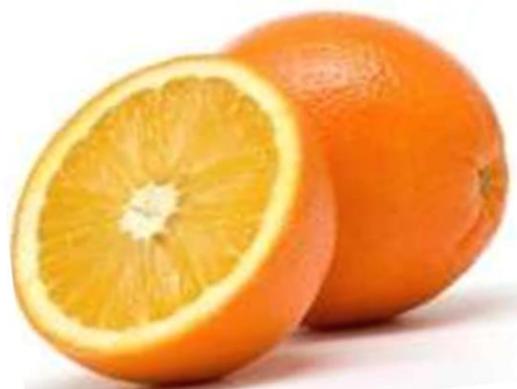
Louis Pasteur
Dole, 27 dicembre 1822 – Marnes-la-Coquette, 28 settembre 1895



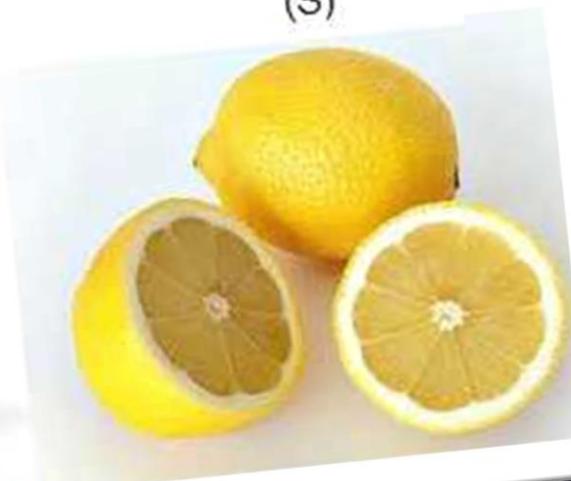
Chiralità: La vità è Asimmetrica!



(R)



(S)



Simmetrie Discrete



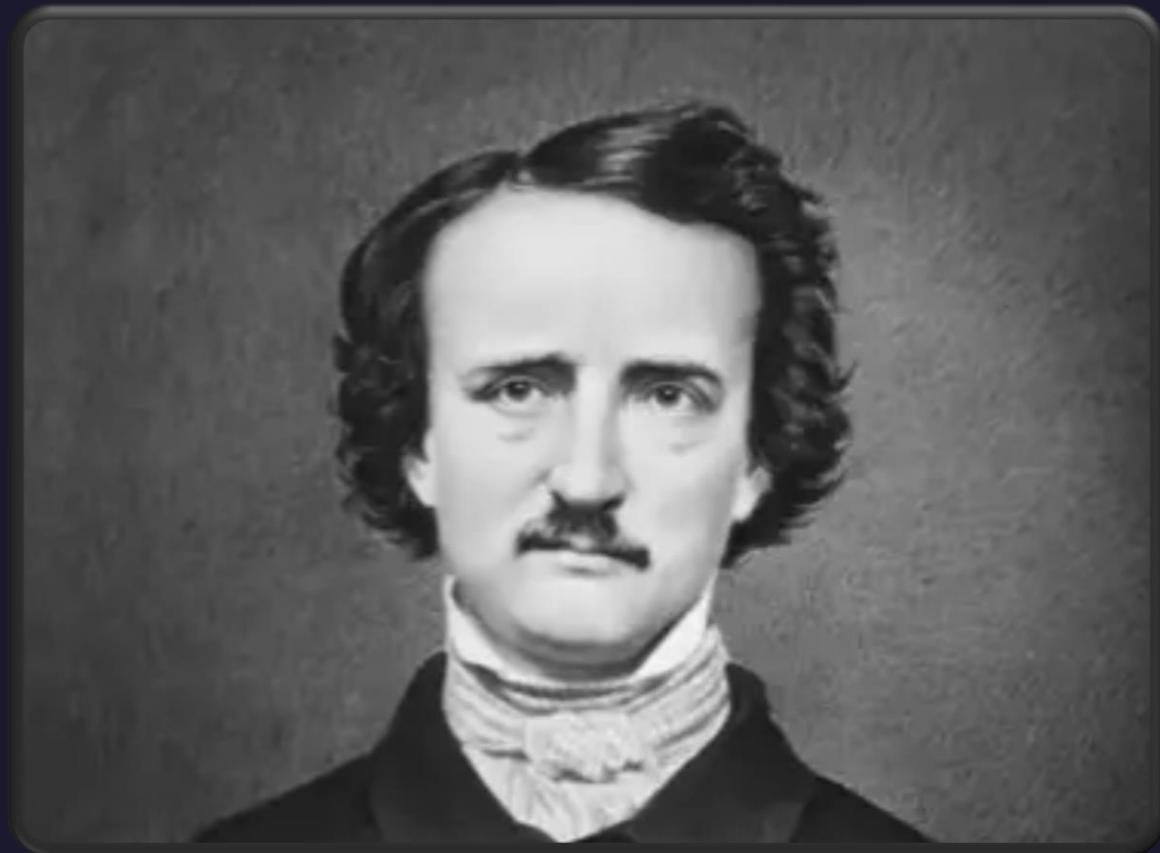
Simmetrie Continue



Simmetria e Leggi Fisiche



Simmetria nelle Leggi Fisiche



Edgar Allan Poe

Boston, 19 gennaio 1809 – Baltimora, 7 ottobre 1849

Invece di inseguire avventatamente la simmetria superficiale delle forme e dei movimenti, si deve aver cura di non perdere di vista la simmetria realmente essenziale dei principi che determinano e controllano quei movimenti e quelle forme.

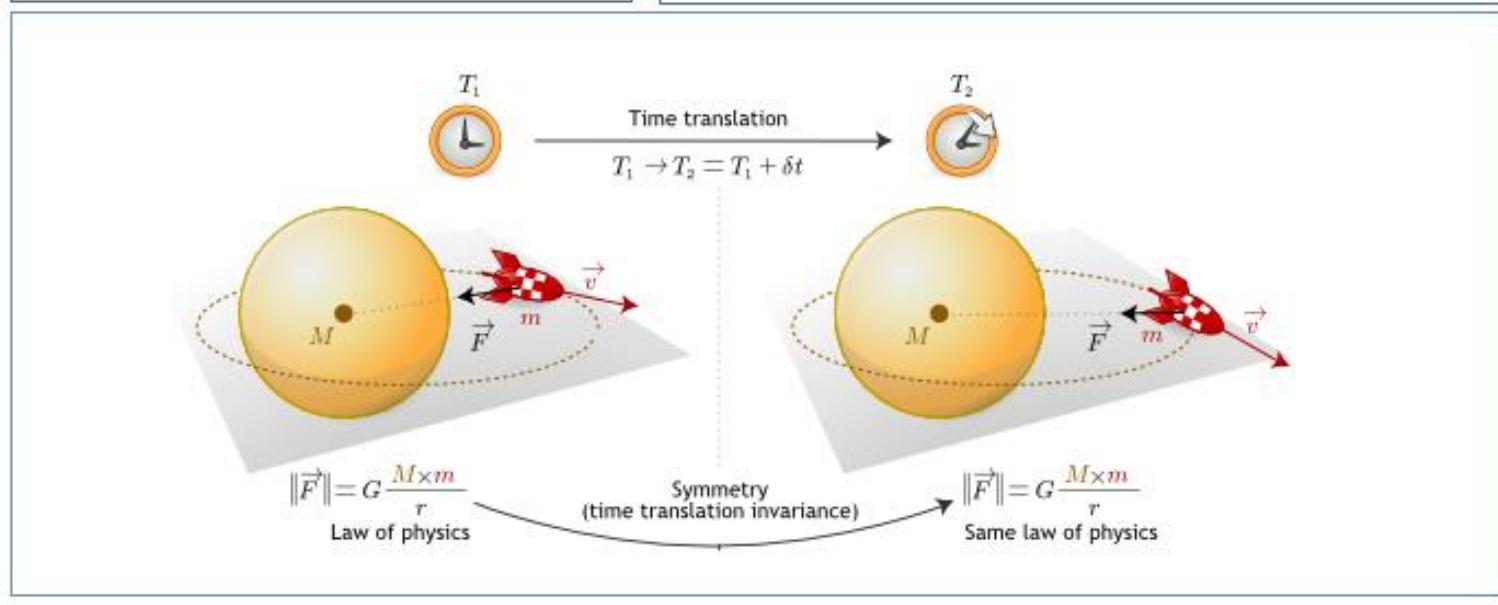
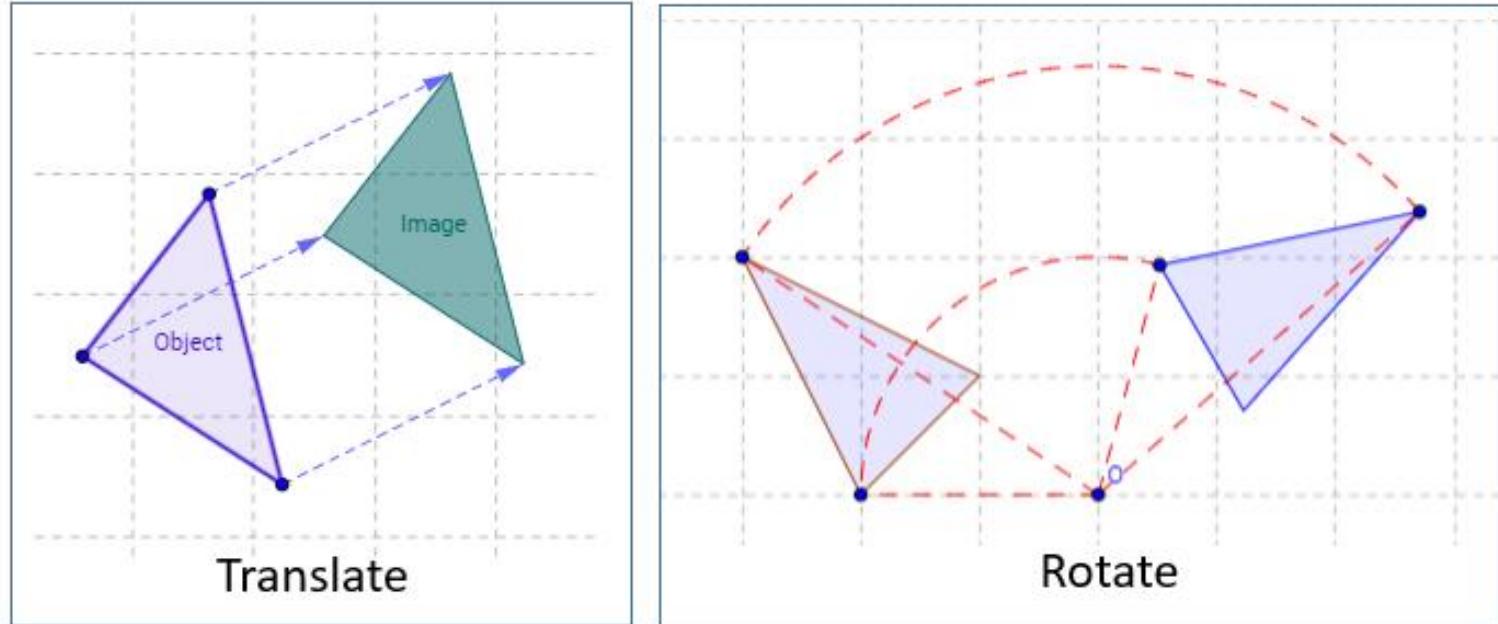
E.A. Poe «Eureka»

Simmetria nelle Leggi Fisiche

- In generale in Fisica, *Simmetria* è sinonimo di *Invarianza*
- Se una legge fisica rimane *invariata* (nel senso che mantiene la stessa forma matematica) in seguito ad un certo tipo di *trasformazioni*, diciamo che essa gode di una *simmetria* rispetto a quelle trasformazioni

$$(i\partial - m)\psi = 0$$

Transformations

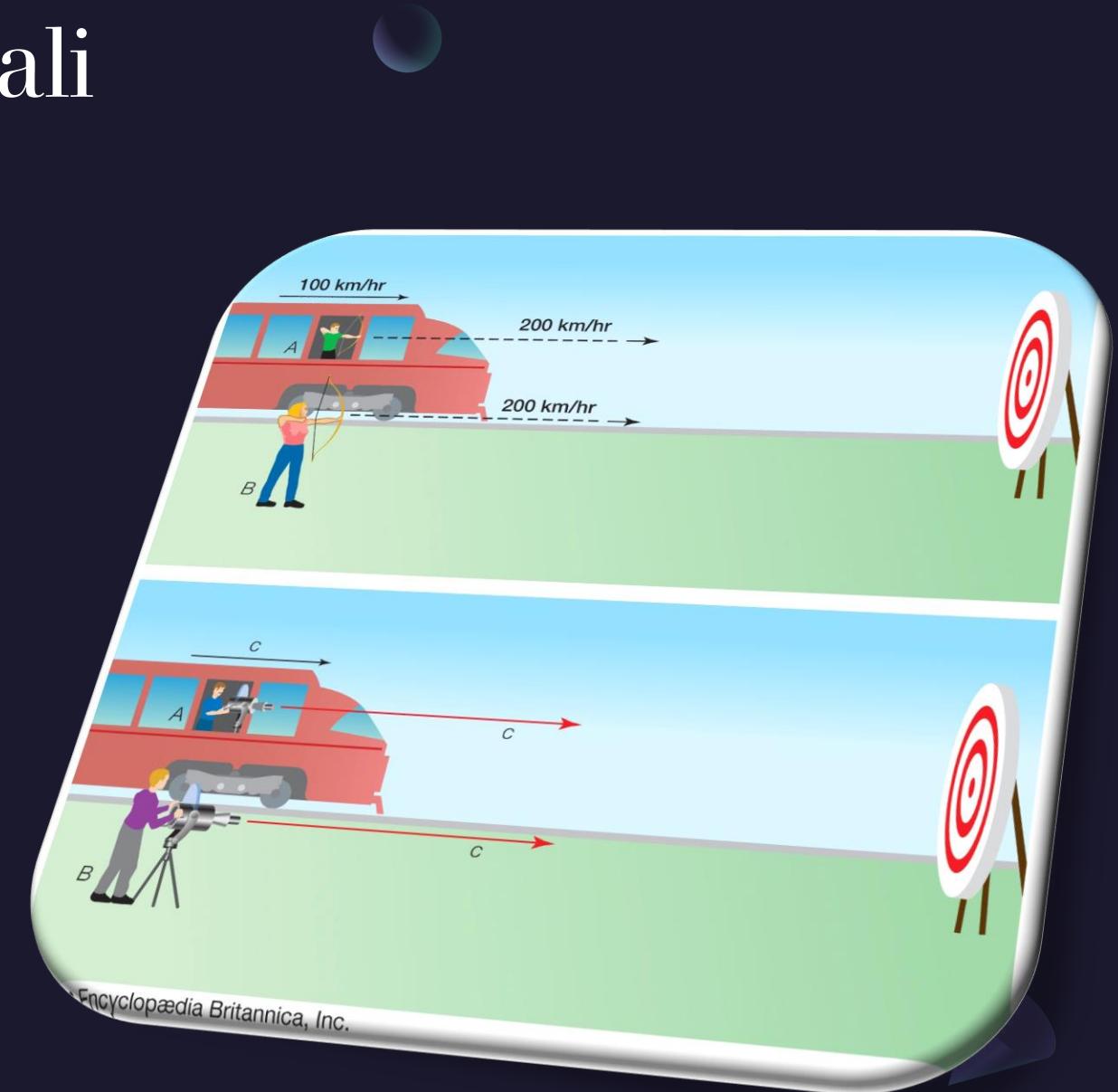


Simmetrie Spazio-Temporali

- Le trasformazioni della fisica riguardano innanzi tutto le variabili di spazio e tempo;
- Le trasformazioni più semplici sono la *traslazione spaziale*, la *rotazione* e la *traslazione temporale* ...

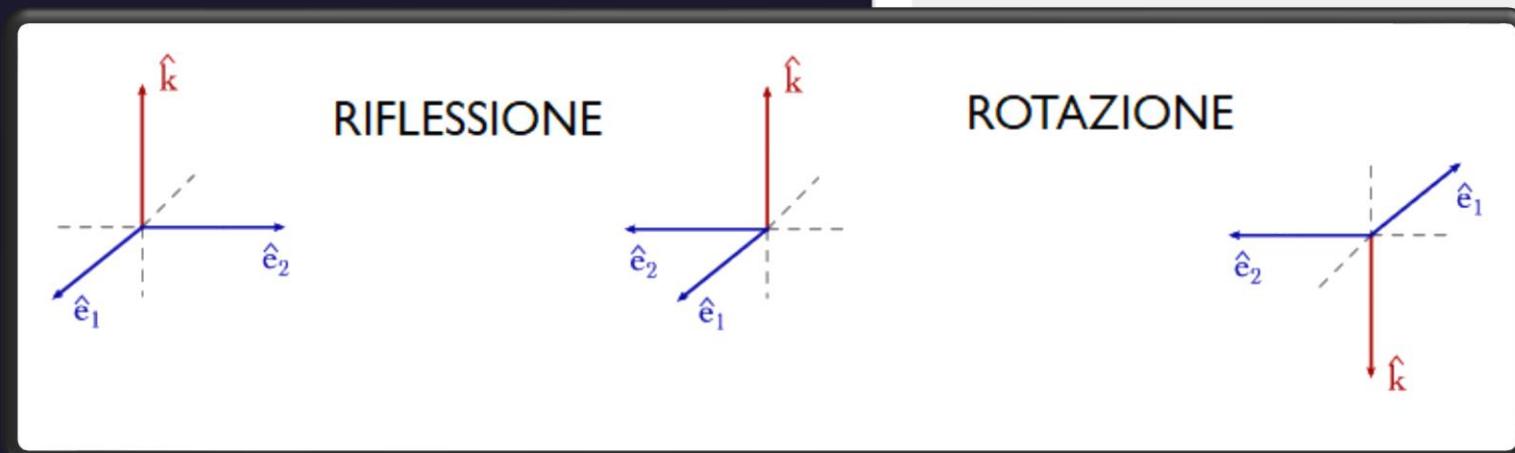
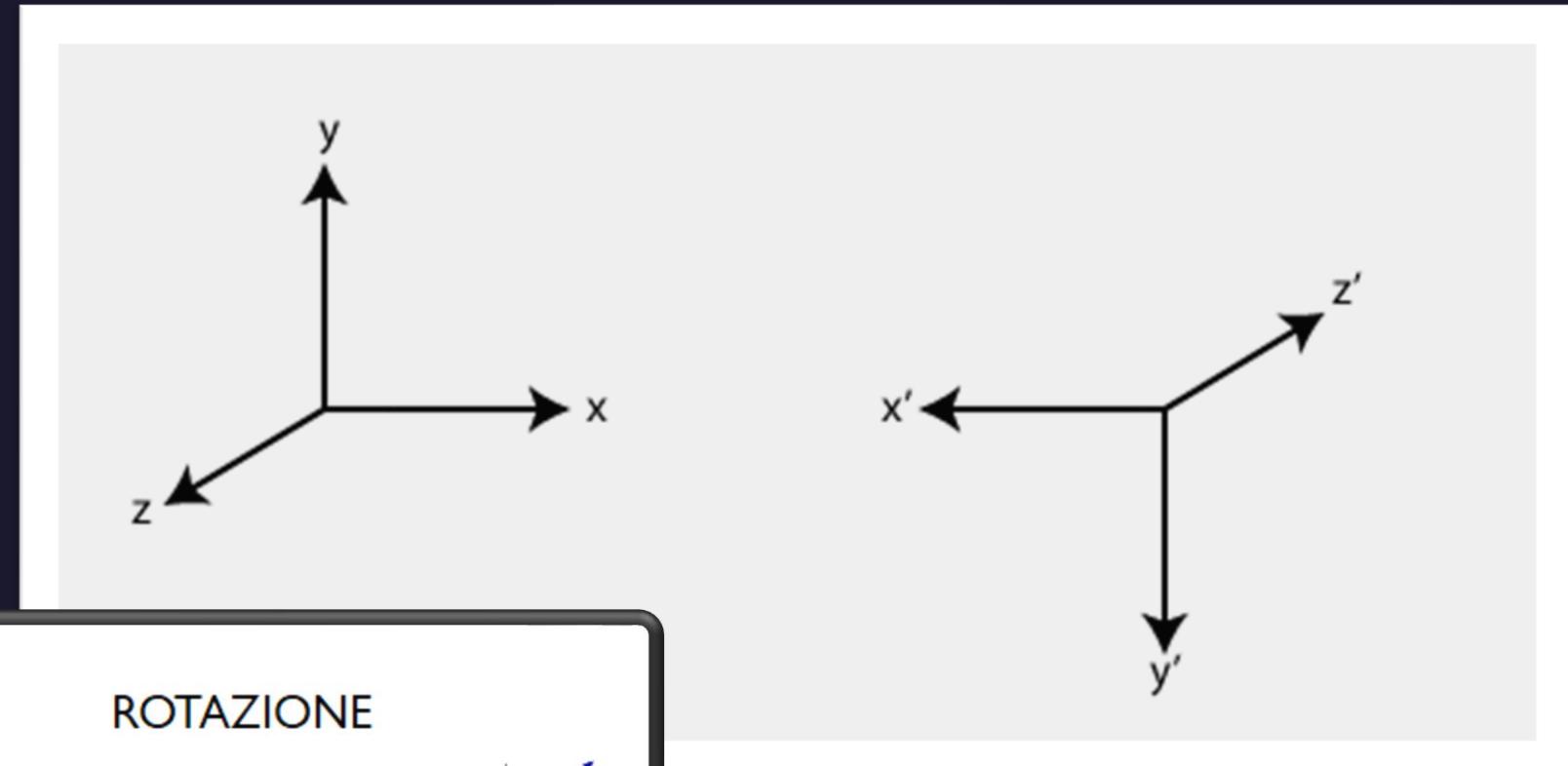
Simmetrie Spazio-Temporali

- ... a queste si aggiungono le trasformazioni del **Sistema di Riferimento!**
- Tutte le leggi della Fisica sono **INVARIANTI** rispetto all'insieme di trasformazioni costituito dale traslazioni, dale rotazioni e dale Trasformazioni di Lorentz;
- Questa simmetria complessiva, chiamata *Simmetria di Poincaré*, è la più generale simmetria spazio-temporale della natura;



Simmetrie Spazio-Temporali

- Inversione Spaziale o Trasformazione di Parità

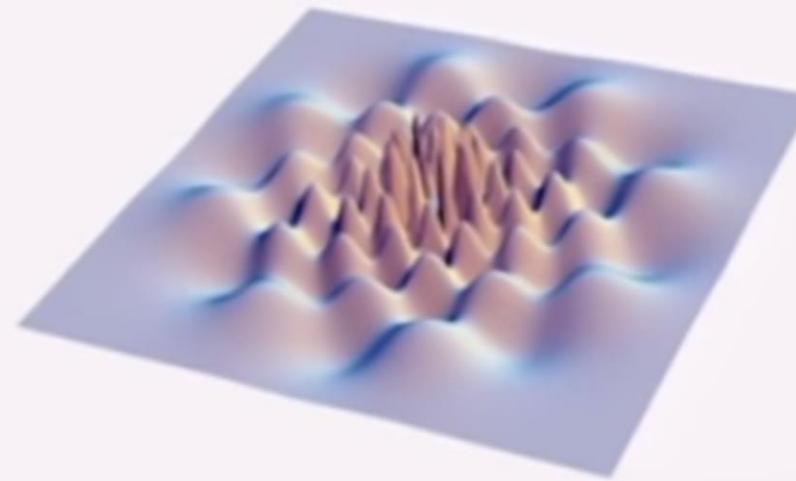


Simmetrie Spazio-Temporali

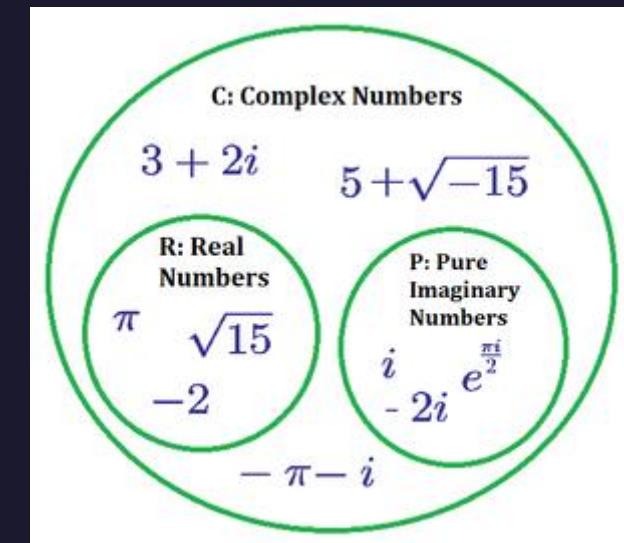
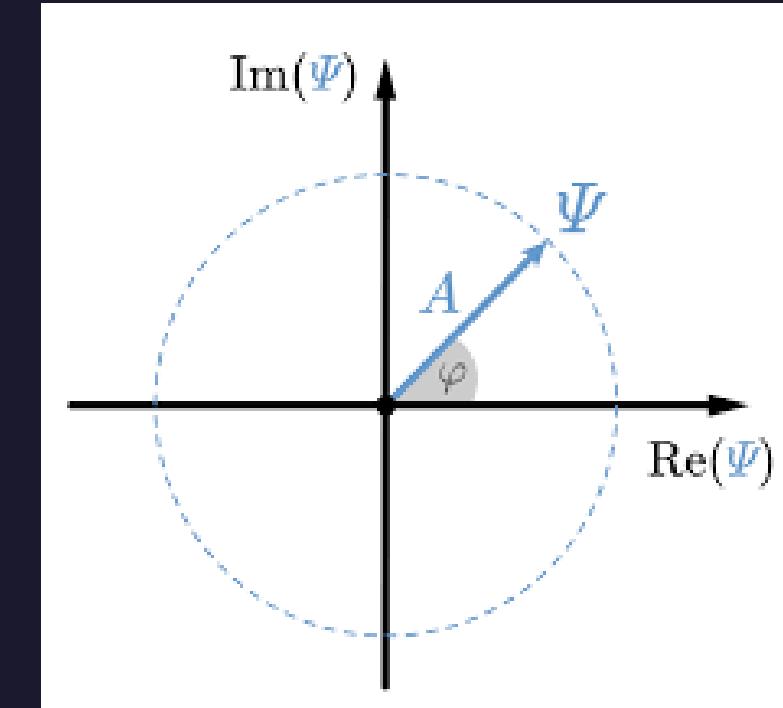


Simmetrie Interne

Particles are described by a wavefunction

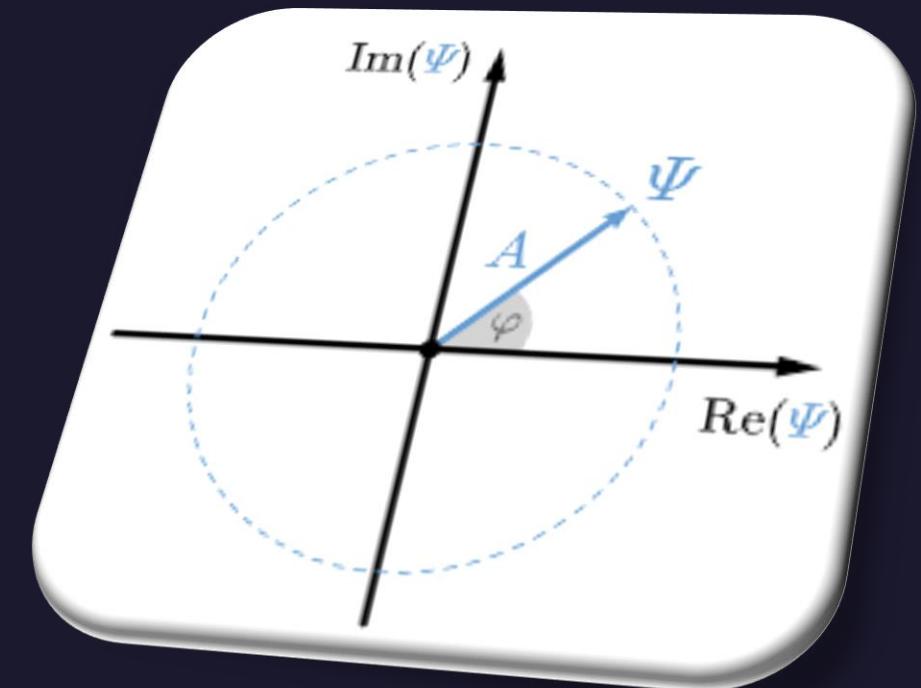
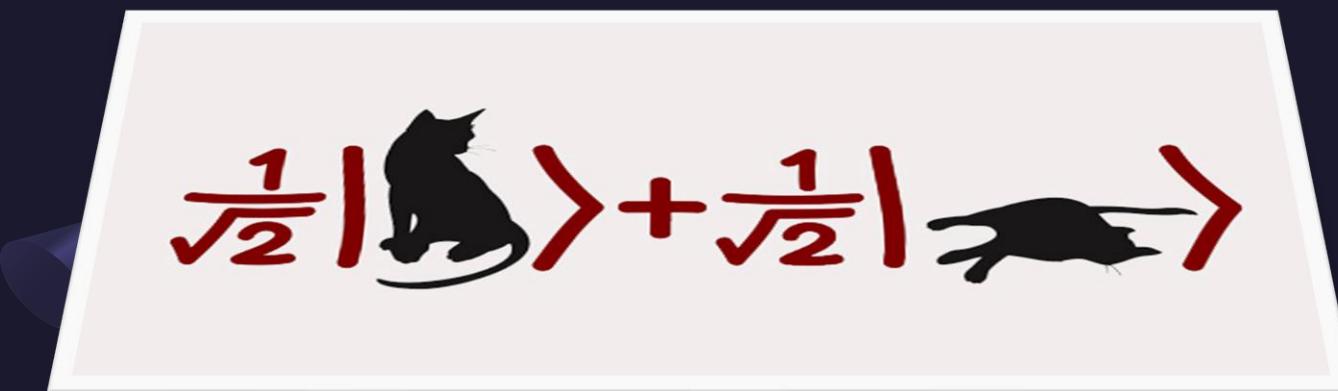


$\psi(\vec{x})$ is a function that tells us the probability that a particle is at position \vec{x}



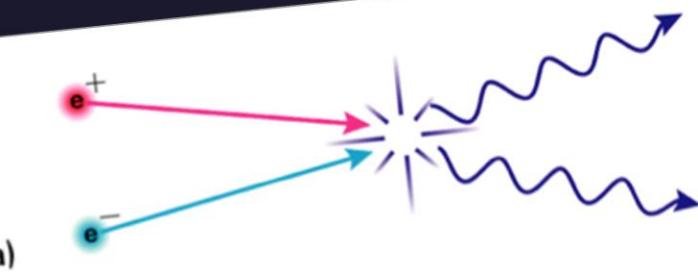
Simmetrie Interne

- Poiché in meccanica quantistica tutte le quantità misurabili dipendono dalla «lunghezza» della funzione d'onda ma non dalla sua «fase» (l'angolo sotteso con l'asse reale), le trasformazioni di fase non modificano le leggi fisiche della particella e rappresentano dunque una simmetria (la simmetria di fase)



Simmetrie Interne

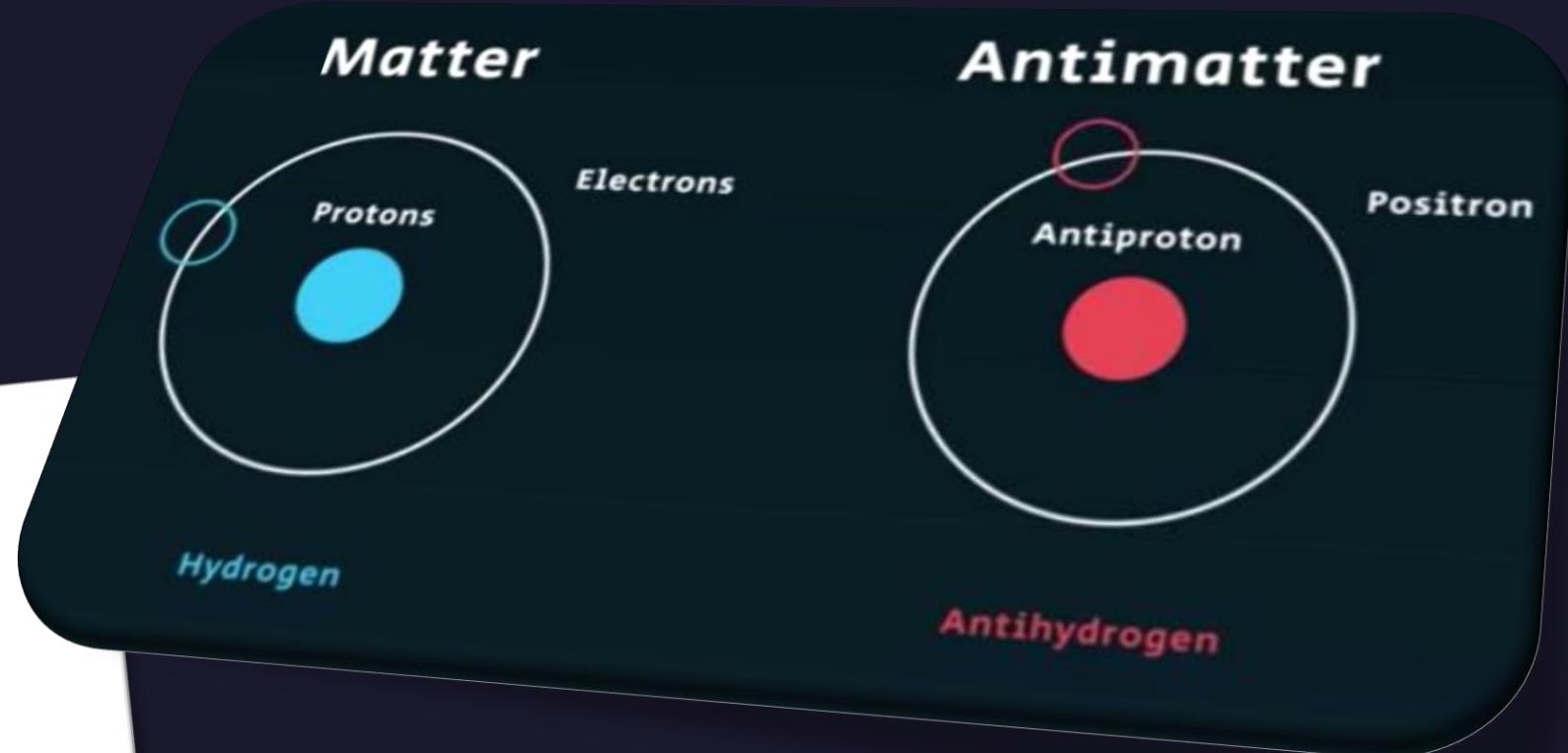
- Coniugazione di Carica



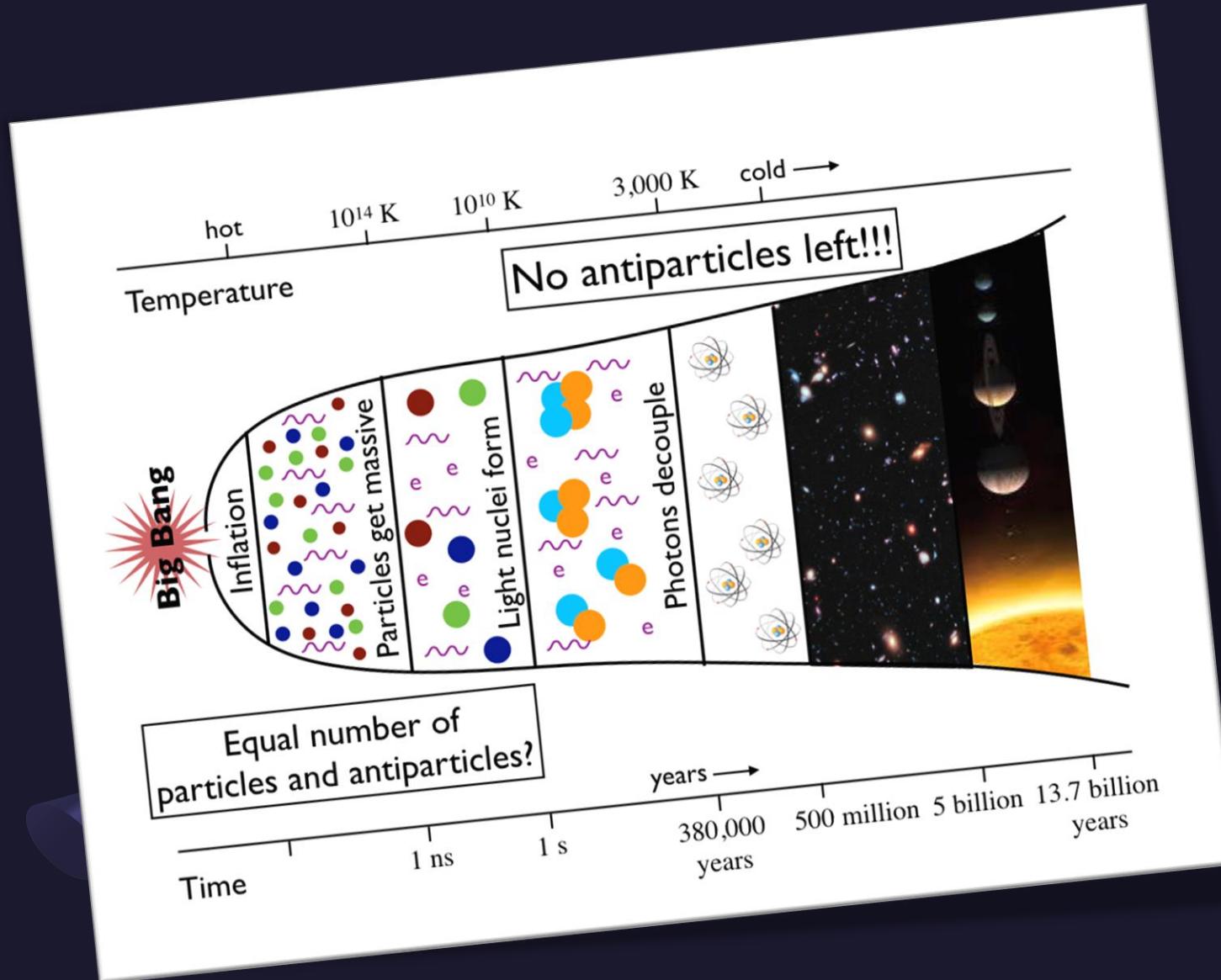
(a)



(b)



Asimmetria Cosmica Materia-Antimateria



Conservazione e Simmetria

Ricetta Pratica per il Moto Perpetuo

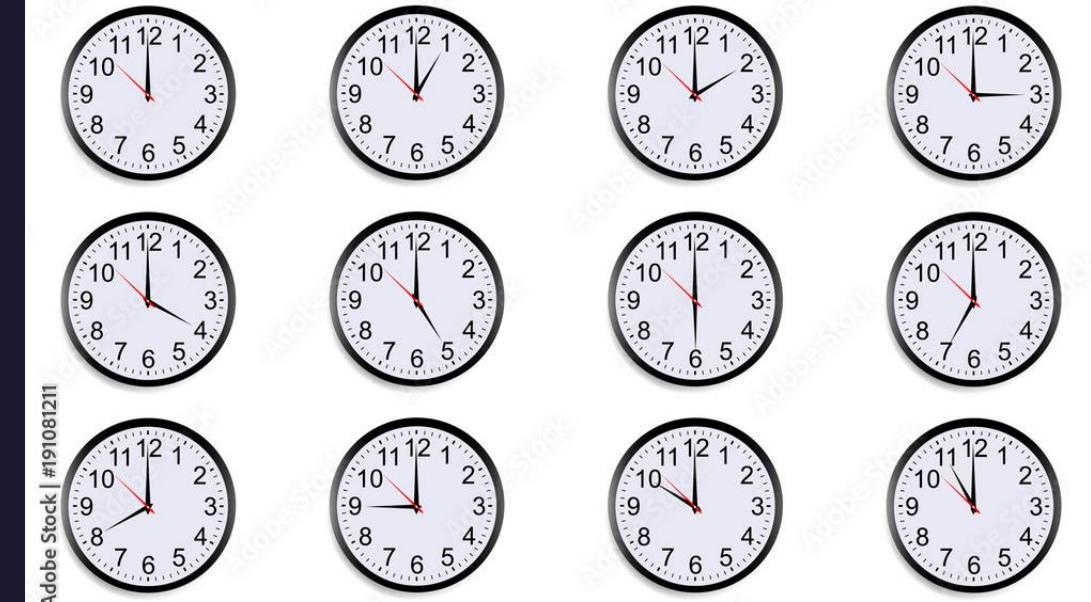


$$F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Ricetta Pratica per il Moto Perpetuo

Per riuscire nell'impresa, però, abbiamo dovuto supporre che le leggi della fisica cambino col tempo!

Cioè che non siano invarianti rispetto a traslazioni temporali;

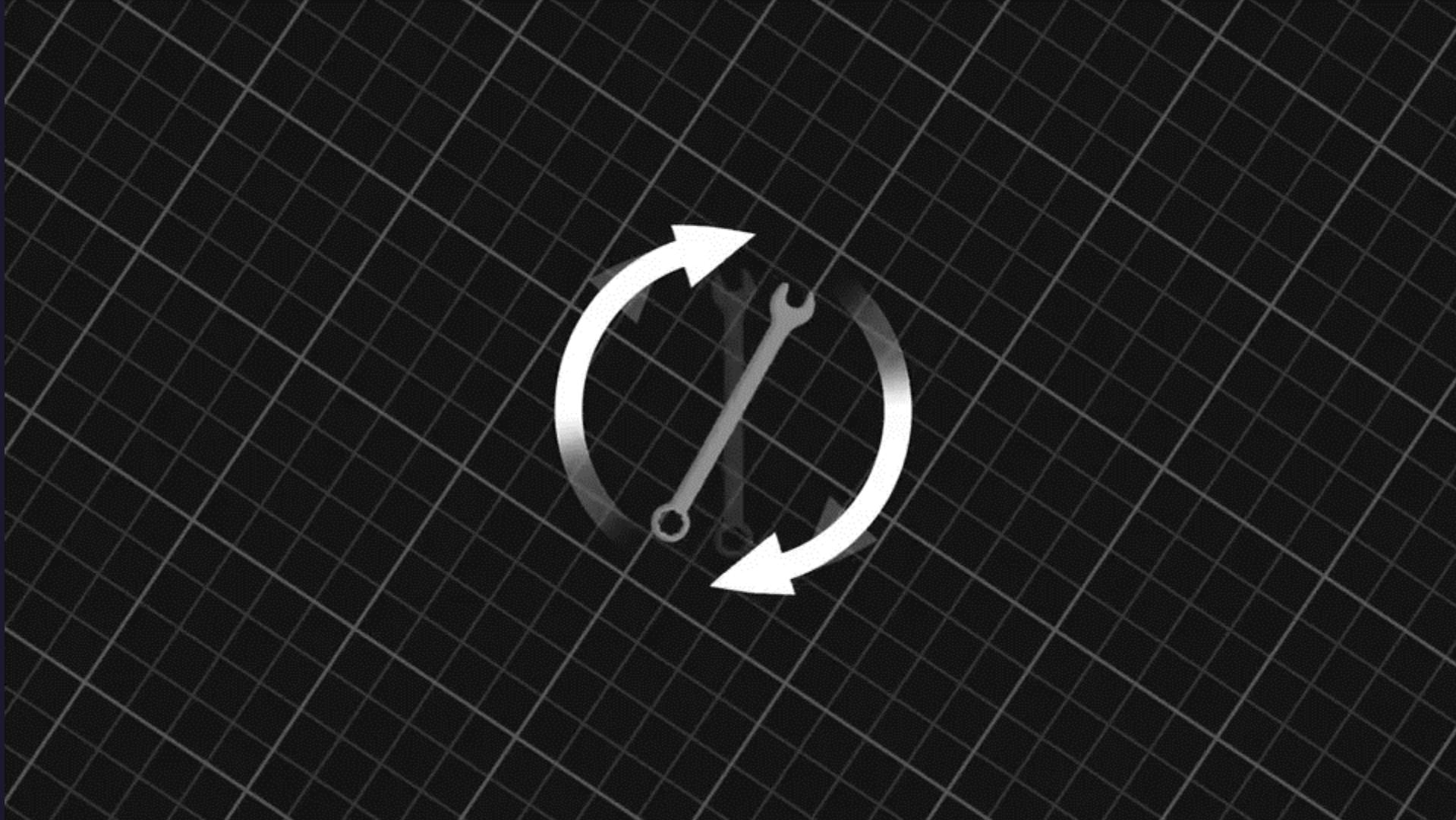


$$F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Simmetrie e Leggi di Conservazione



Simmetrie e Leggi di Conservazione



Il Teorema di Noether

- In fisica matematica il **teorema di Noether**, detto anche teorema di simmetria, dovuto a Emmy Noether, mette in luce il legame tra simmetrie di un sistema fisico e quantità conservative.
- Esempi importanti sono la quantità di moto se il sistema ha una simmetria per traslazioni spaziali, il momento angolare per sistemi invarianti per rotazioni e l'energia per le simmetrie temporali.



Amalie Emmy Noether

Erlangen, 23 marzo 1882 – Bryn Mawr, 14 aprile 1935

Simmetrie Infrante

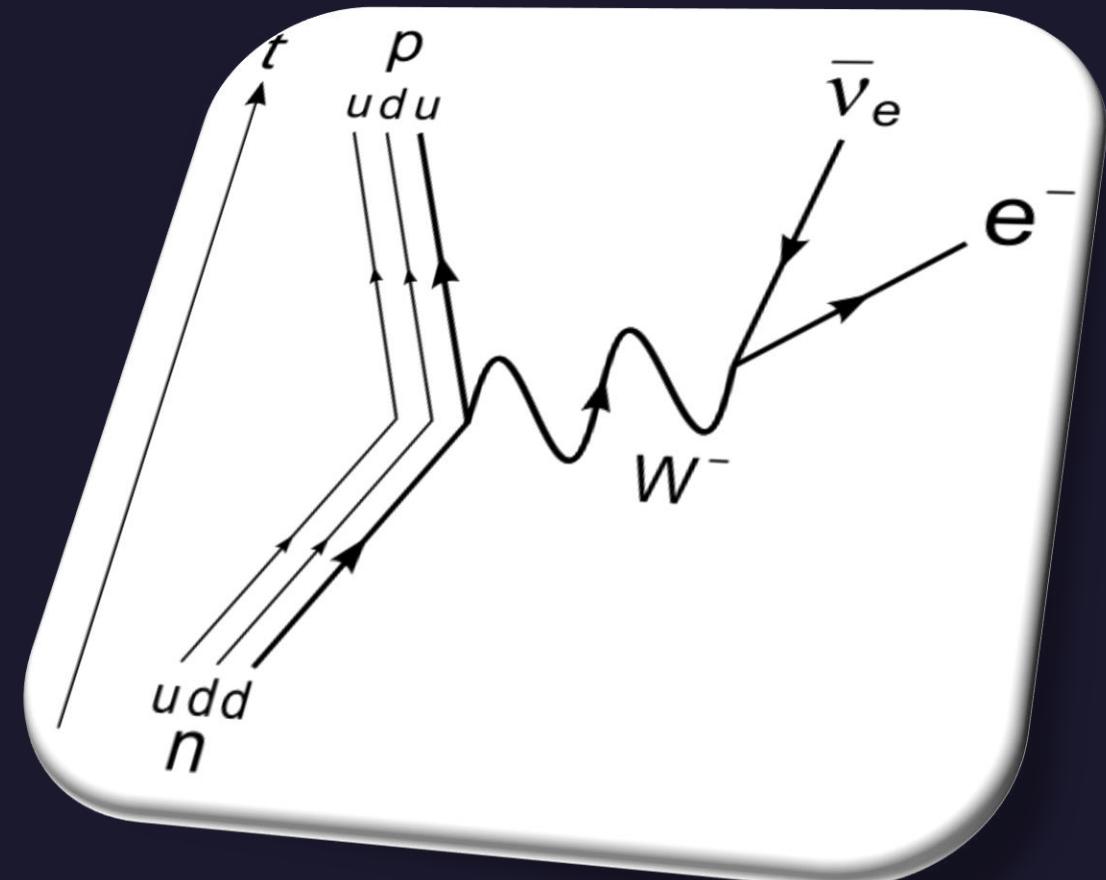


L'interazione Debole

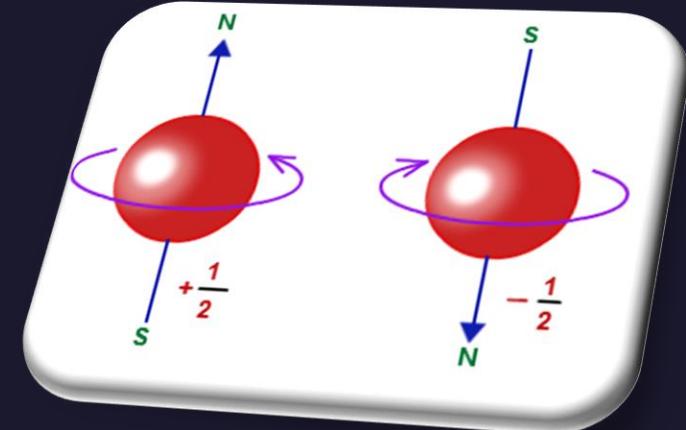
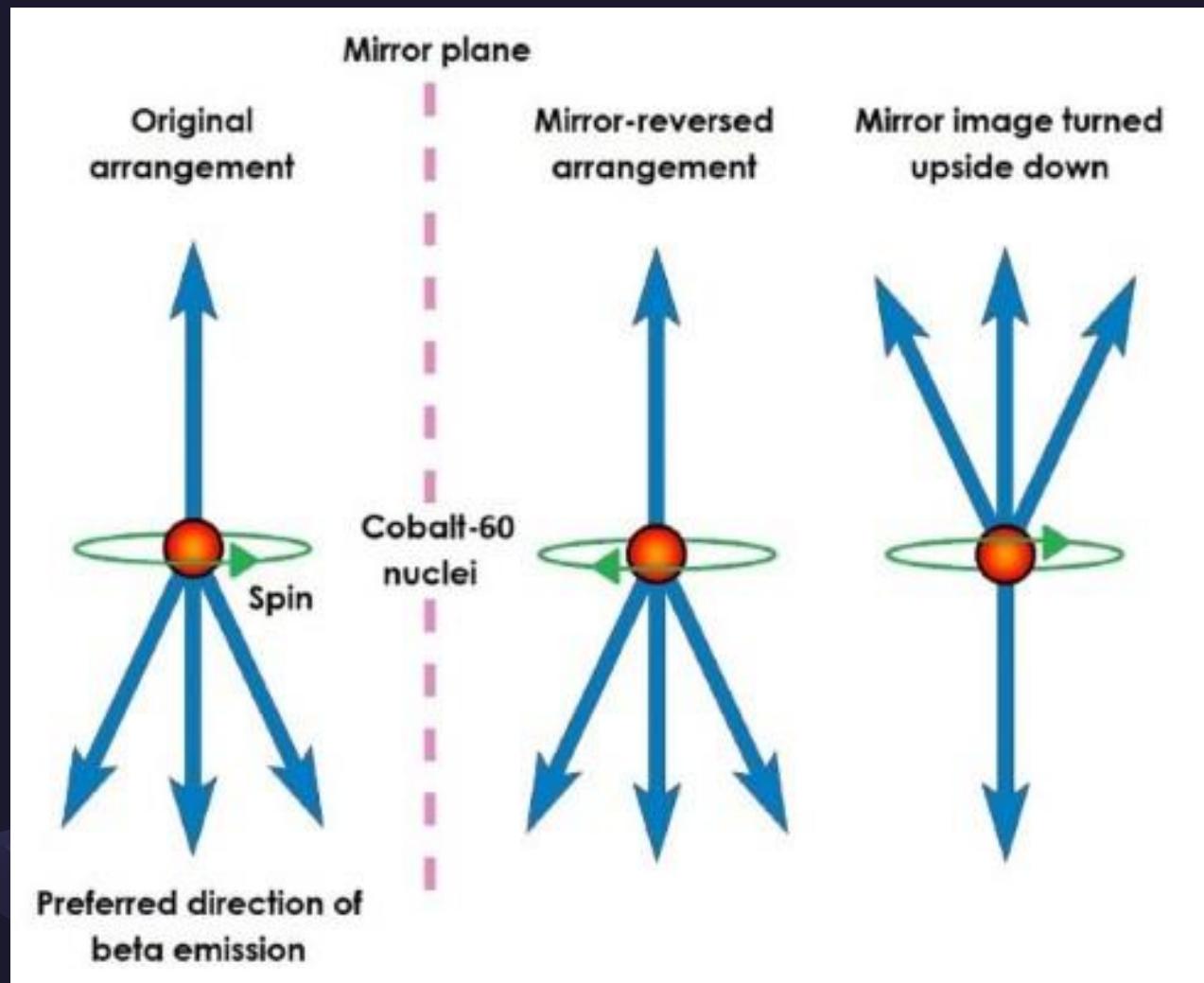
Modello Standard delle Particelle Elementari

tre generazioni della materia (fermioni)			mediatori delle forze / interazioni (bosoni)	
massa $\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0 0 1	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
carica $\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	g H	
spin $\frac{1}{2}$	up	charm	top	
massa $\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0 0 1	
carica $-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	γ	
spin $\frac{1}{2}$	down	strange	bottom	
massa $\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	0 0 1	
carica -1	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	Z	
spin $\frac{1}{2}$	elettrone	muone	tauone	bosone Z
massa $< 1.0 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	0 0 1	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$
carica 0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	± 1	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$
spin $\frac{1}{2}$	ν_e neutrino elettronico	ν_μ neutrino muonico	ν_τ neutrino tauonico	W
				bosone W

BOSONI SCALARI
BOSONI DI GAUGE
BOSONI VETTORI



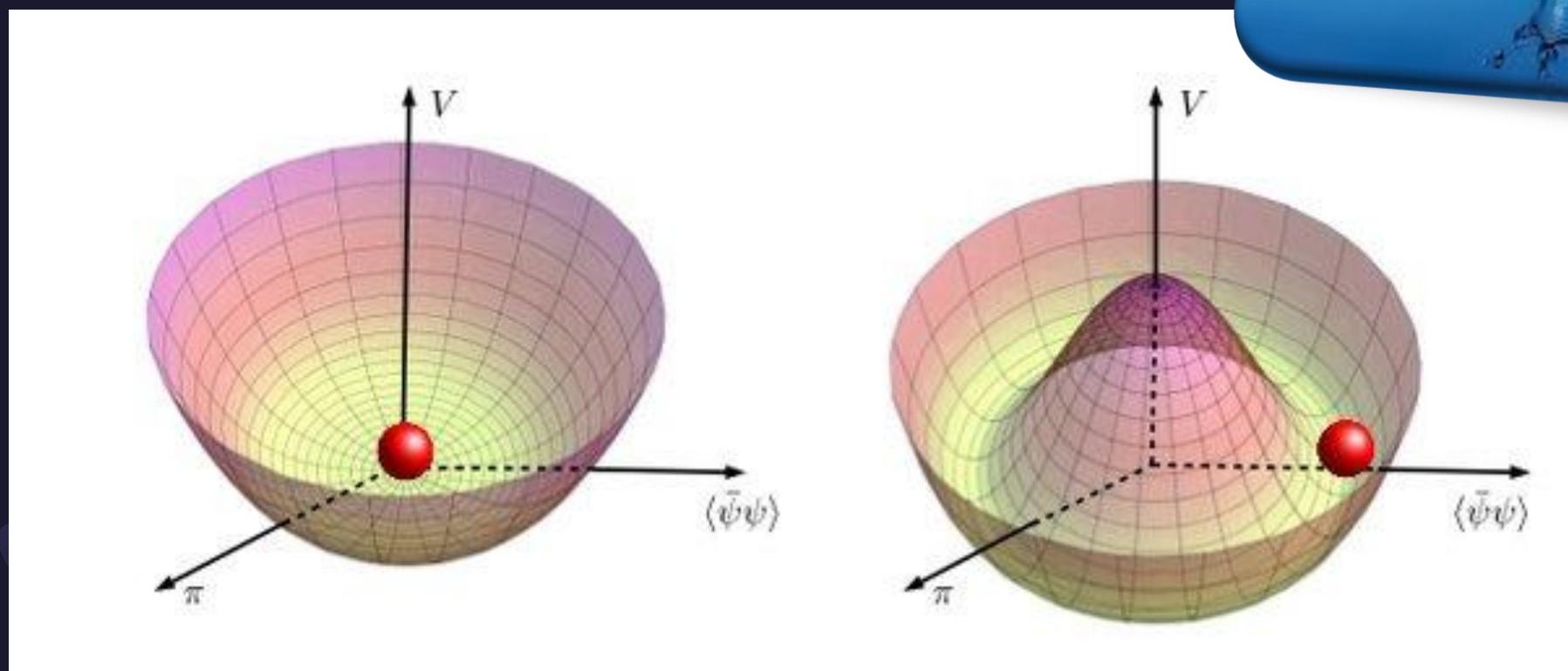
Destra e Sinistra sono Reali!



Wu Jianxiong

Shanghai, 31 maggio 1912 – New York, 16 febbraio 1997

Simmetria e Stabilità

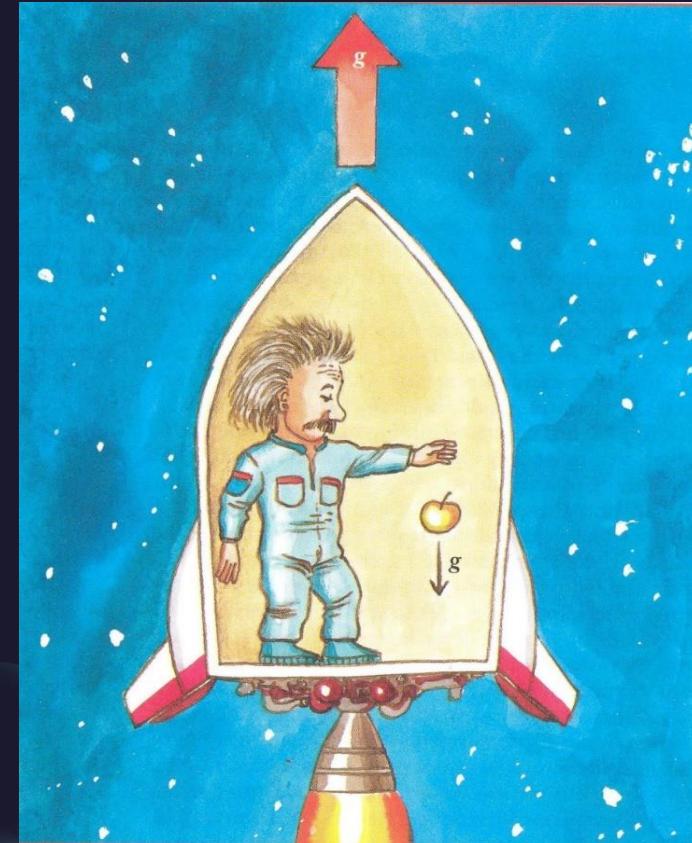




Sedotti dalla
Simmetria?

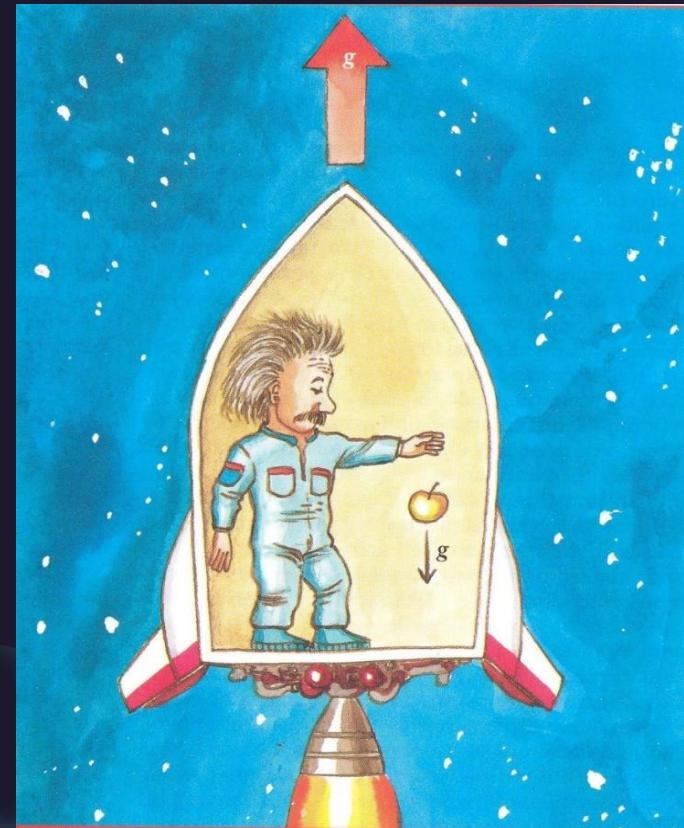
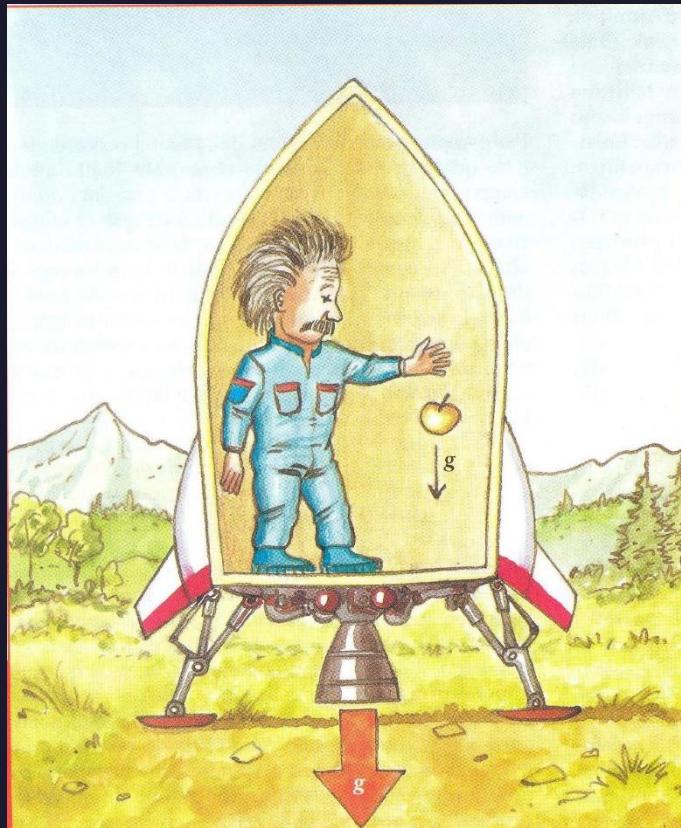
Perché ci piacciono così tanto le Simmetrie

Simmetrie di Gauge



Perché ci piacciono così tanto le Simmetrie

Simmetrie di Gauge



Perché ci piacciono così tanto le Simmetrie

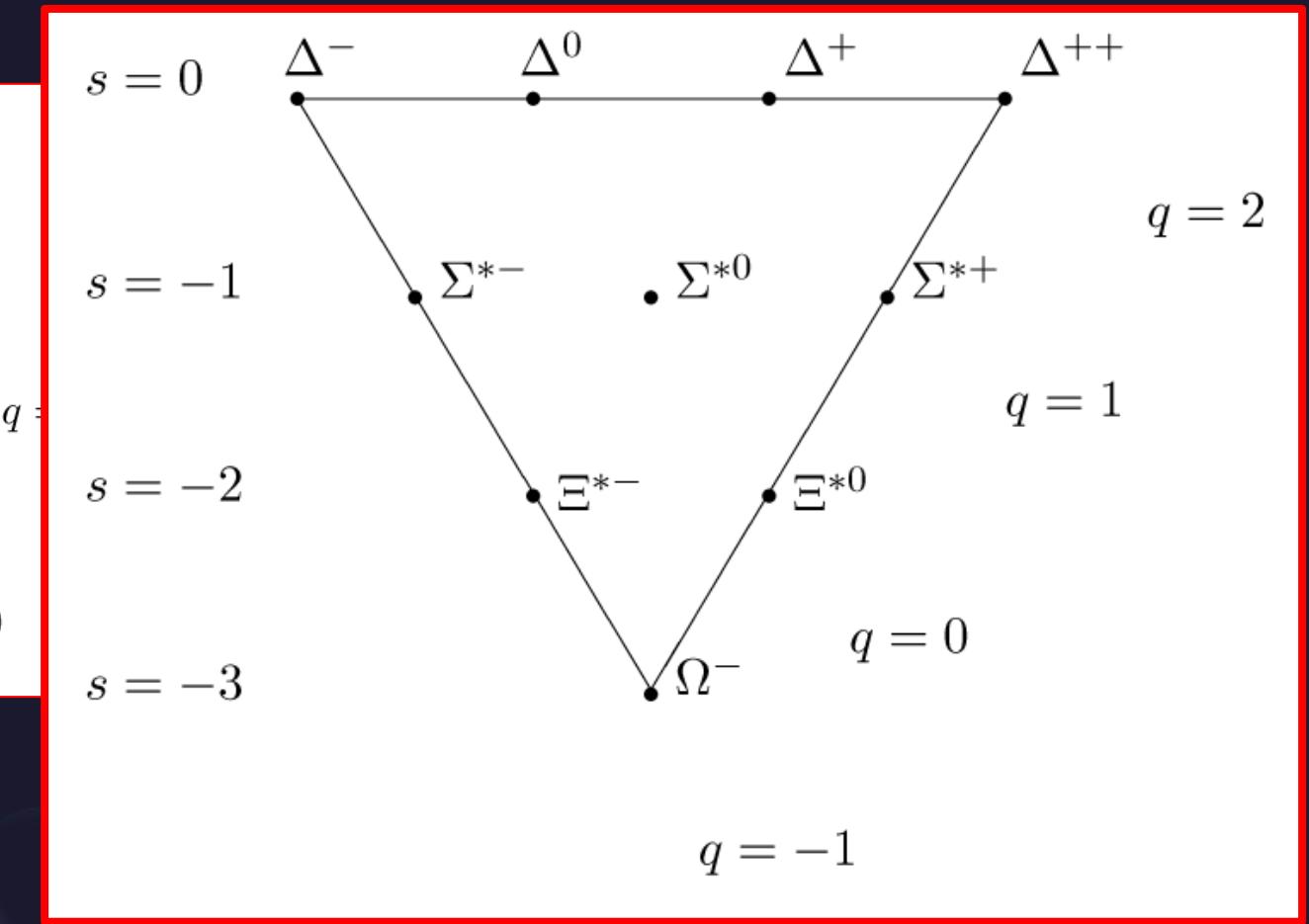
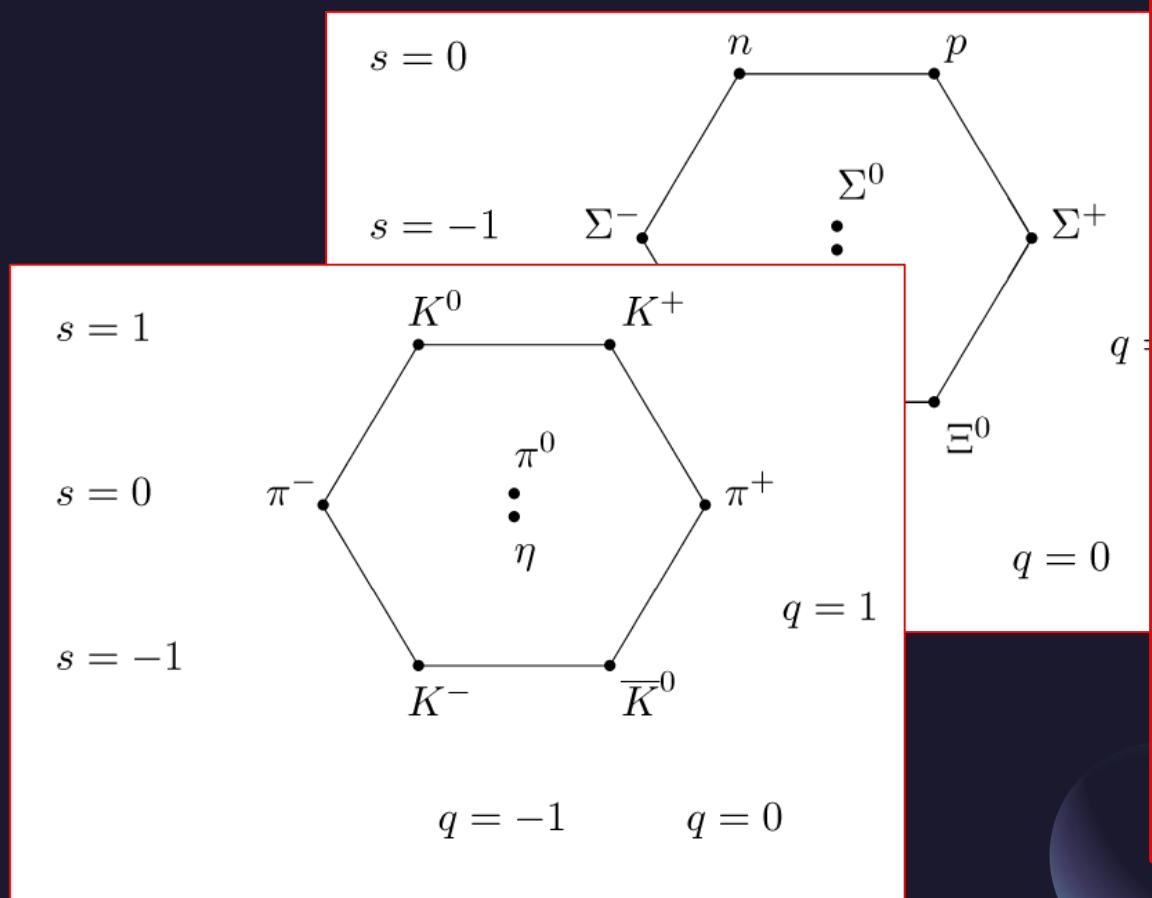
Simmetrie di Gauge



Perché ci piacciono così tanto le Simmetrie



Simmetrie Interne



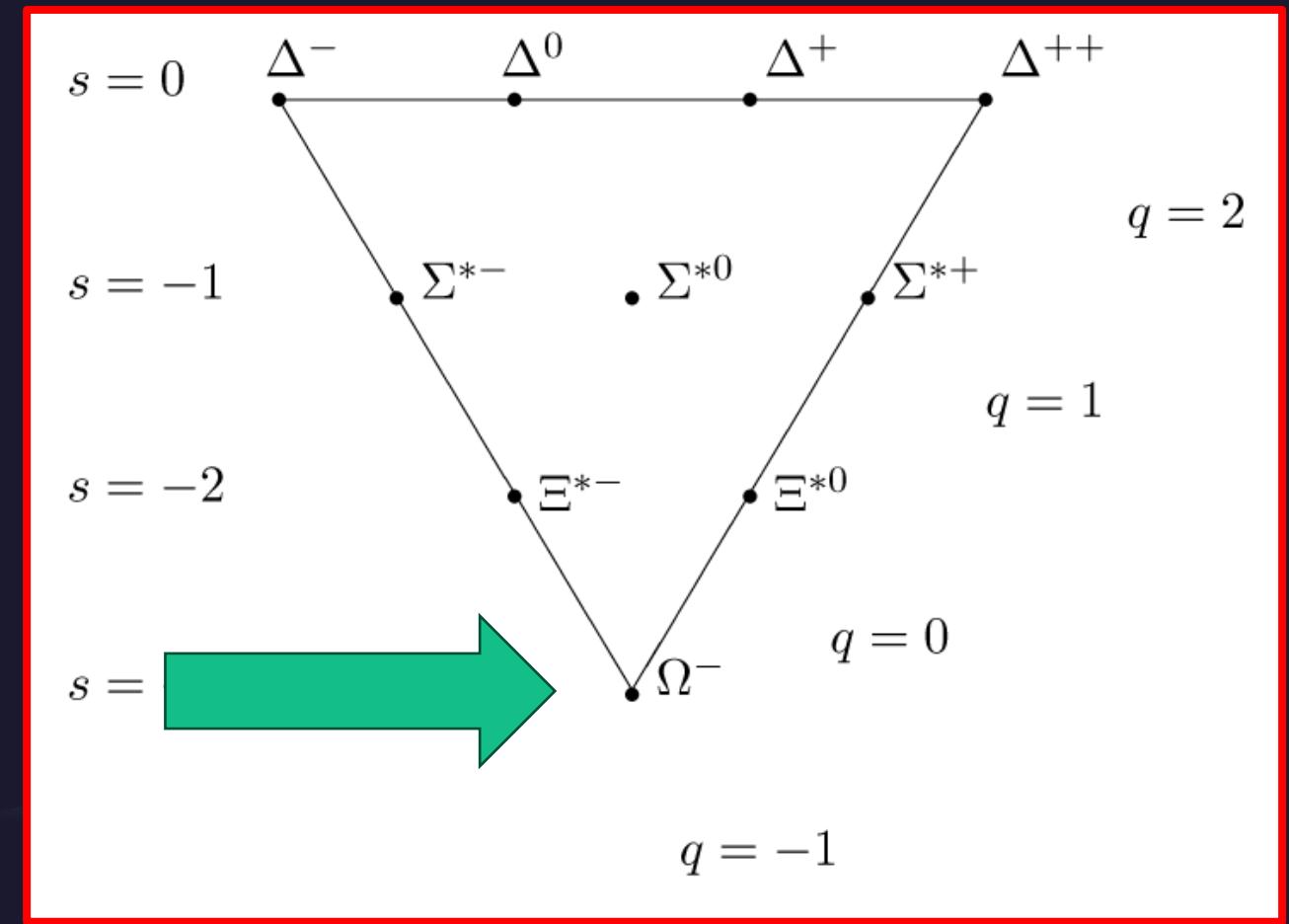
Perché ci piacciono così tanto le Simmetrie

Simmetrie Interne



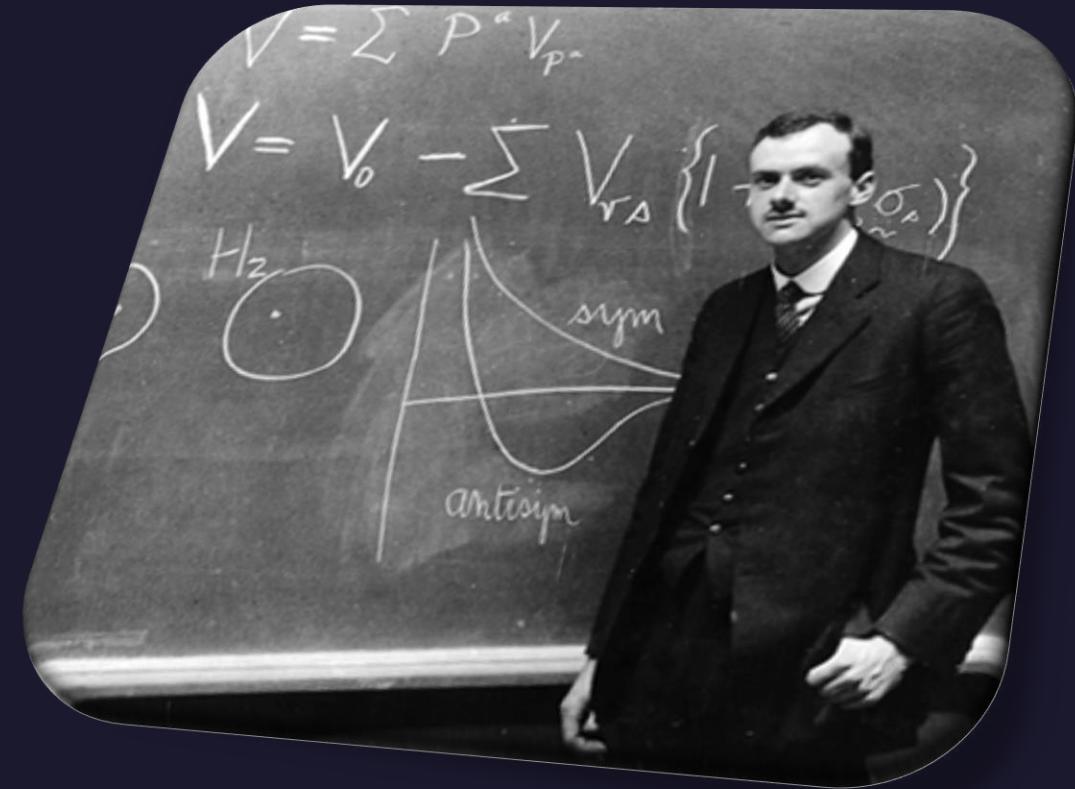
Murray Gell-Mann

New York, 15 settembre 1929 – Santa Fe, 24 maggio 2019



I Fondamenti della Simmetria

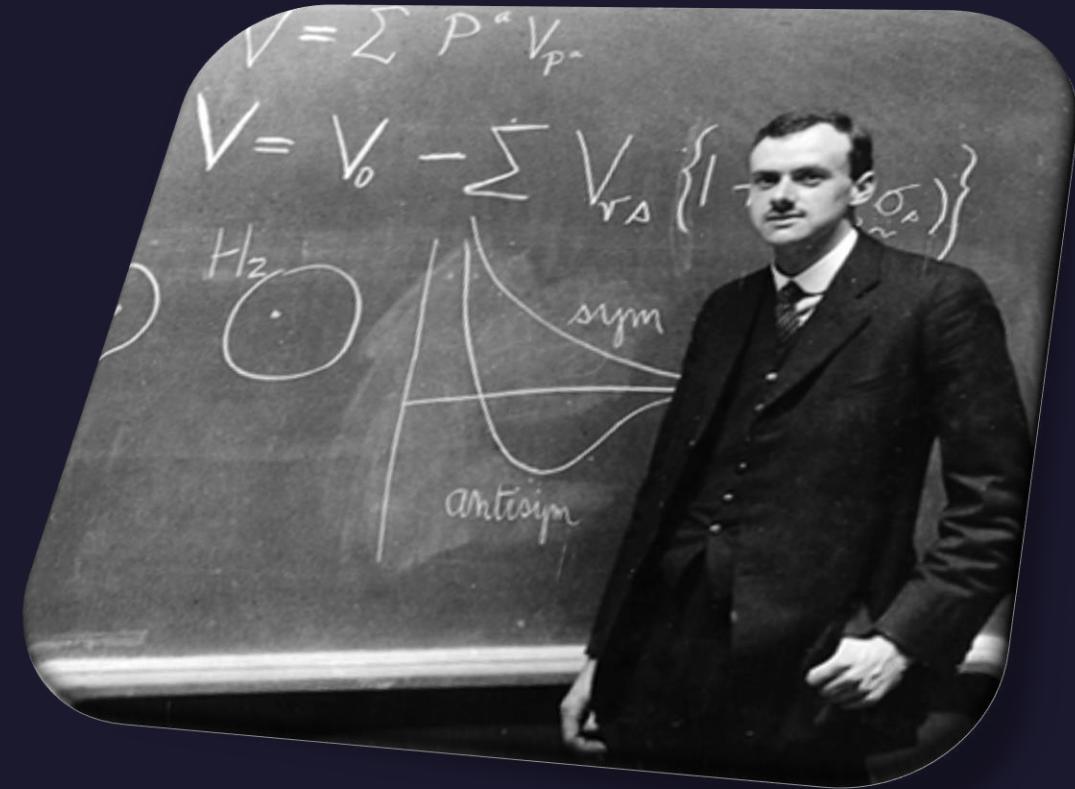
- Non sempre i fisici sono stati pienamente consapevoli del fatto che le simmetrie hanno una base empirica;
- Nel campo della fisica teorica, la posizione di Dirac è molto netta, scrive infatti nel 1939: «Un ricercatore deve mirare soprattutto alla bellezza matematica».
- In seguito arriverà ad affermare che «è più importante che le equazioni siano belle piuttosto che in accordo con gli esperimenti», aggiungendo che «se si lavora con il proposito di ottenere equazioni dotate di bellezza, e si possiede un'intuizione davvero solida, si è sicuramente sulla strada del progresso».



Paul Adrien Maurice Dirac
Bristol, 8 agosto 1902 – Tallahassee, 20 ottobre 1984

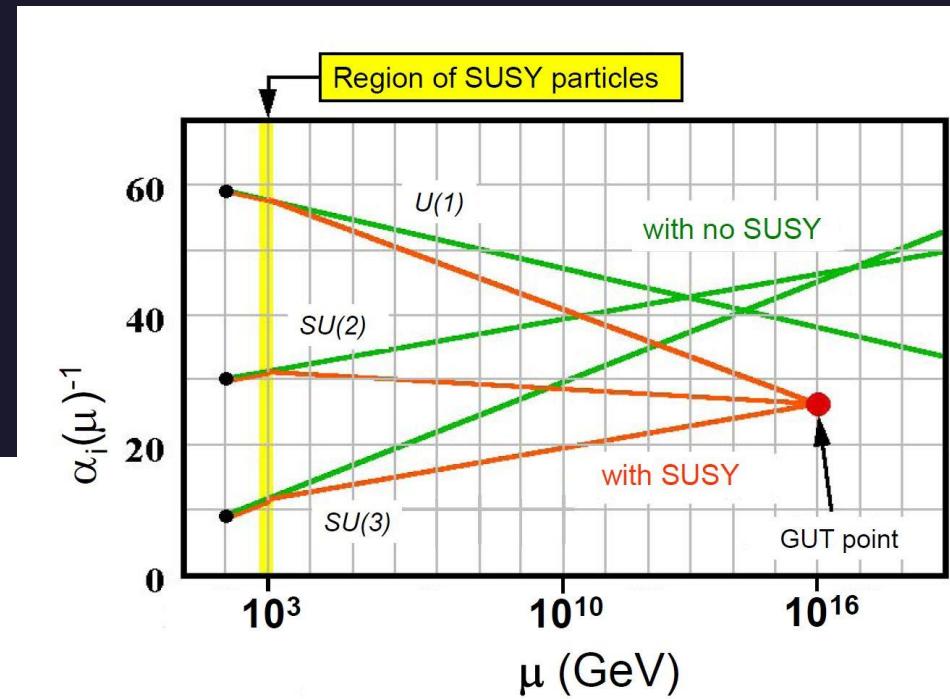
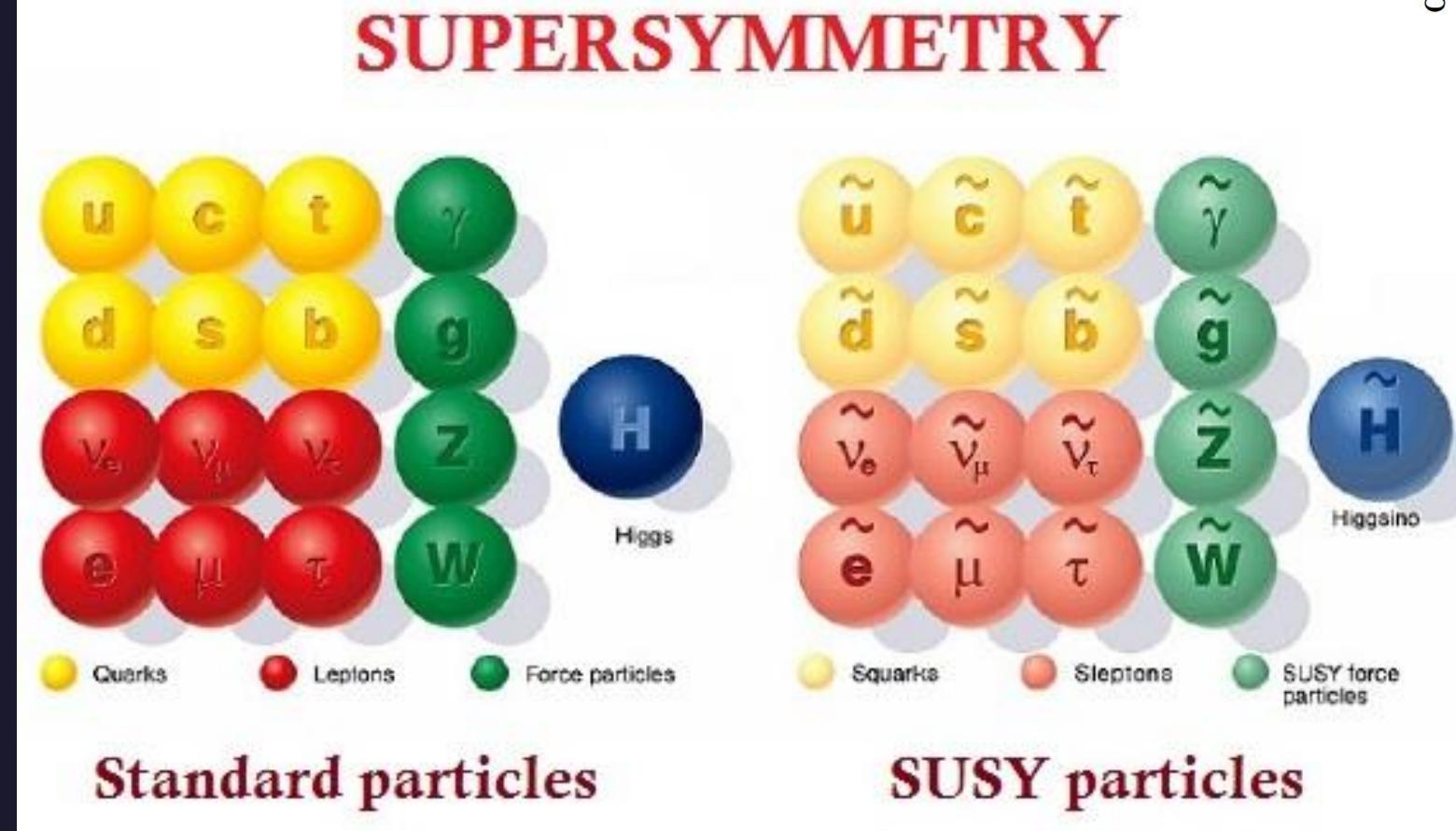
I Fondamenti della Simmetria

- Il principio di bellezza matematica è, per Dirac, una di quelle "credenze di base" cui i fisici teorici si aggrappano quando devono avventurarsi su terreni incerti, e che cercano di incorporare nelle loro teorie, perché sentono che «la Natura è costruita in un certo modo».
- Esso svolge in fisica una duplice funzione: di guida euristica e di criterio valutativo.
- Nel contesto della scoperta, la bellezza determina la direzione e le priorità della ricerca, per esempio influenzando la scelta della matematica da adottare come base di una teoria.
- Nel contesto della giustificazione - ed è questa la tesi più forte -, la bellezza è la qualità che permette di giudicare una teoria, più ancora dell'accordo con le osservazioni.



Paul Adrien Maurice Dirac
Bristol, 8 agosto 1902 – Tallahassee, 20 ottobre 1984

Super Simmetria



Super Simmetria

The screenshot shows the header of the Scientific American website. On the left, there are buttons for "Subscribe" and "Latest Issues". In the center, the "SCIENTIFIC AMERICAN" logo is displayed. On the right, there are links for "Sign In | Newsletters" and a navigation bar with categories: COVID, Health, Mind & Brain, Environment, Technology, Space & Physics, Video, Podcasts, and Opinion.

Supersymmetry and the Crisis in Physics

For decades physicists have been working on a beautiful theory that has promised to lead to a deeper understanding of the quantum world. Now they stand at a crossroads: prove it right in the next year or confront an epochal paradigm shift

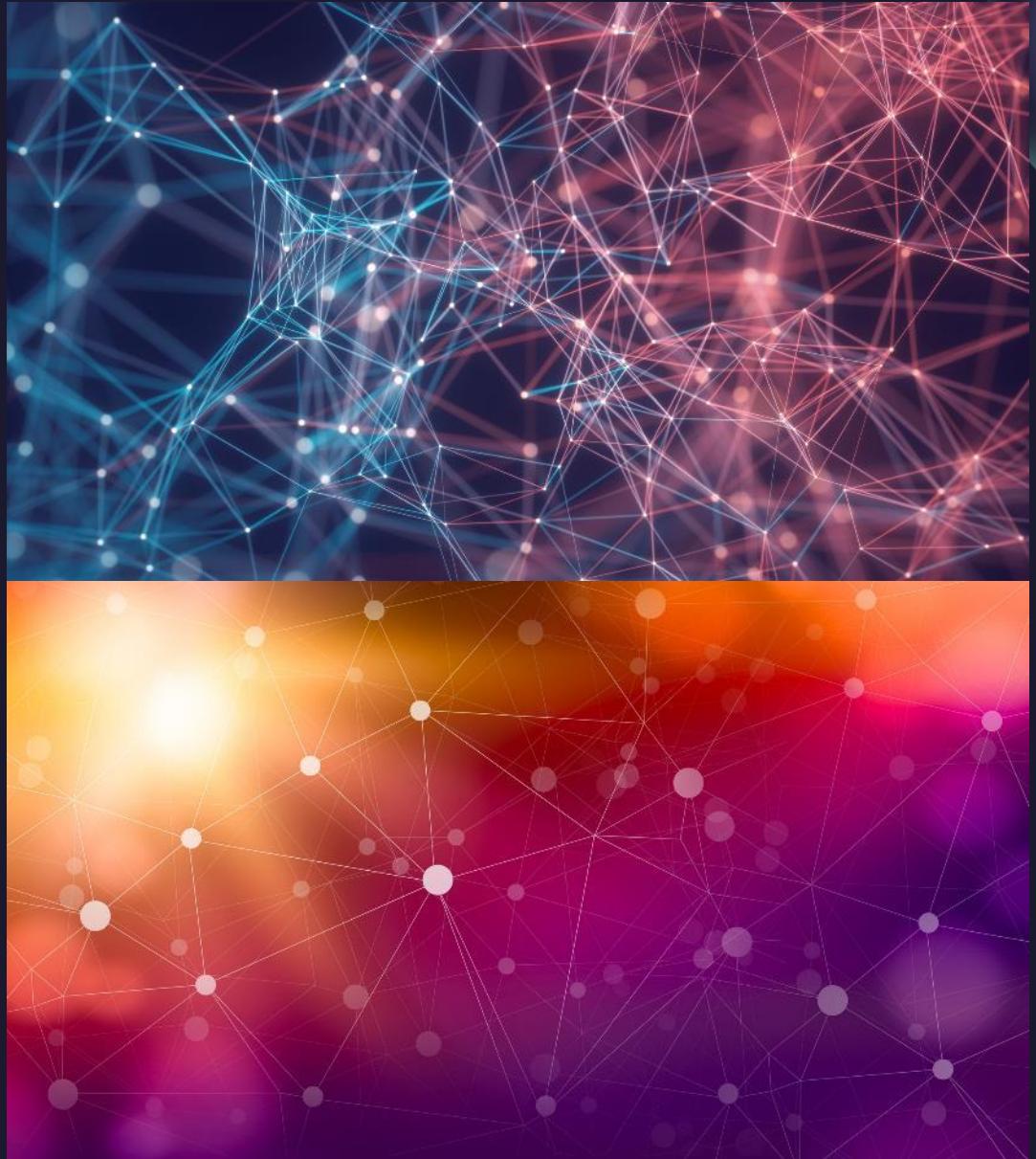
By Invenh Ikkink, Maria Spiropulu on May 1, 2014

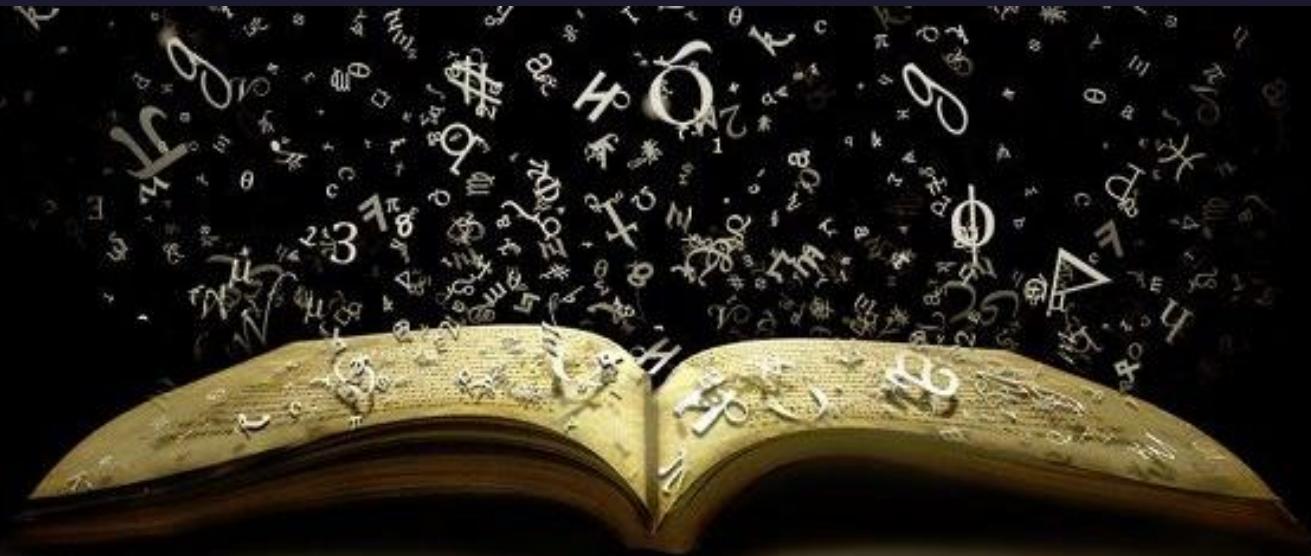
Grazie

Giovanni Della Lunga

giovanni.dellalunga@gmail.com

<https://github.com/polyhedron-gdl>





Bibliografia

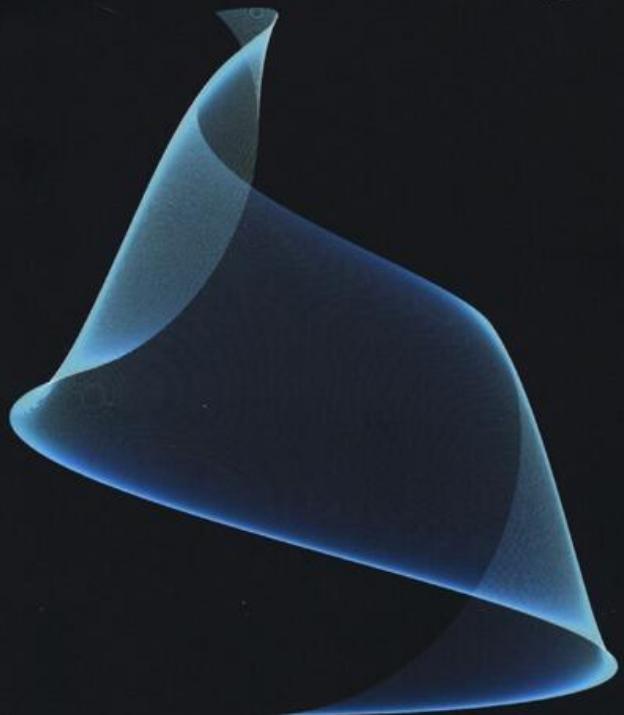




Vincenzo Barone

L'ordine del mondo

Le simmetrie in fisica da Aristotele a Higgs



Bollati Boringhieri

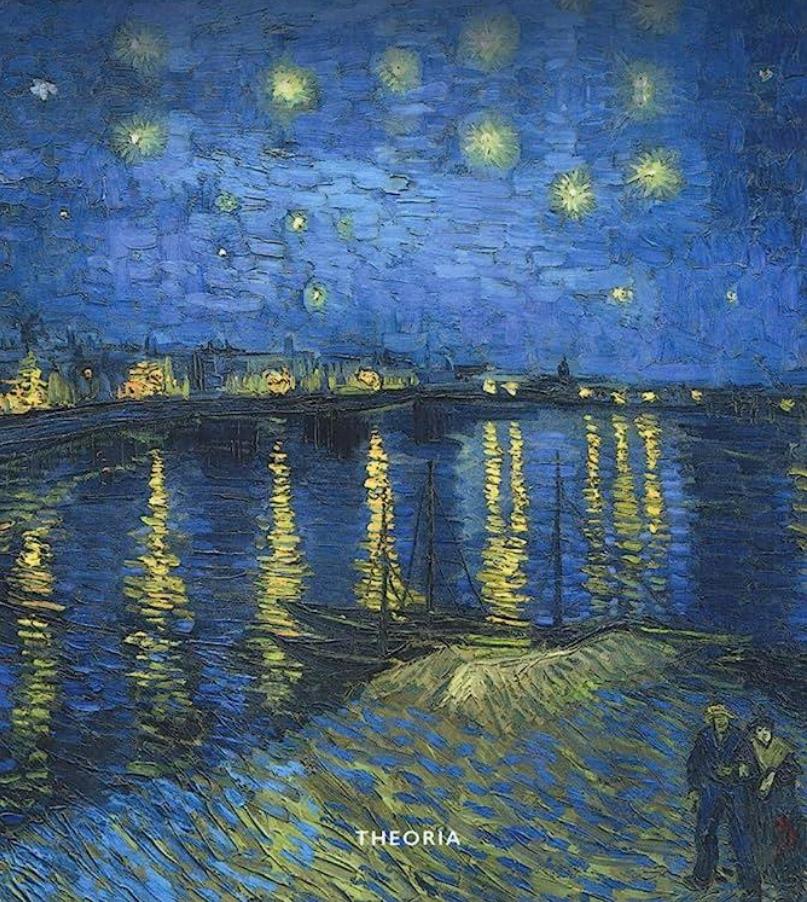
Il mondo ci appare come una lunga serie di contingenze locali: ogni fatto accade per ragioni sue e quindi ogni previsione relativa al fatto successivo sembra azzardata. C'è però un altro modo di guardare il mondo, ed è quello fondato sulle regolarità intrinseche, sulle trame ordinate della sua tessitura sottile. In fisica il discorso sulla struttura del mondo giunge a noi addirittura da Anassimandro, ma è con Einstein che si fa strada prepotentemente l'idea di necessità, o di inevitabilità, nel mondo fisico. È con la relatività ristretta, nel 1905, che per la prima volta entra a far parte della fisica il concetto di simmetria come elemento fondamentale della spiegazione del mondo. Da Einstein in poi, il mondo apparirà dotato di una sua struttura intrinseca, che permette lo sviluppo di certe regolarità, mentre ne nega altre, proprio come avviene nel "Castello dei destini incrociati" di Italo Calvino, dove il gioco di incroci tra le storie raccontate dai tarocchi permette alcuni sviluppi narrativi e solo quelli, con regole ben definite e inaggirabili.



Che riflettano sull'esistenza dei buchi neri o prospettino nuove scoperte al CERN, i fisici sono convinti che le migliori teorie debbano essere belle, naturali ed eleganti. Sfortunatamente, sostiene Sabine Hossenfelder, tali requisiti sono anche il motivo per cui non c'è stato alcun progresso significativo in fisica teorica negli ultimi quarant'anni. Guidati da criteri estetici, i fisici hanno architettato nuove sbalorditive teorie, ma le osservazioni non sono state in grado di dare supporto a queste idee e, in realtà, molte di esse non sono neanche sperimentalmente accessibili. E queste teorie, "troppo belle per non essere vere", hanno condotto l'intero campo di ricerche in un vicolo cieco. Per uscire da questa trappola, i fisici devono ripensare il modo in cui costruiscono le loro teorie. "Sedotti dalla matematica" ci ricorda che solo accettando il disordine e la complessità gli scienziati possono scoprire la verità sul nostro universo. Prefazione di Carlo Rovelli.

EDGAR ALLAN POE

EUREKA



THEORIA

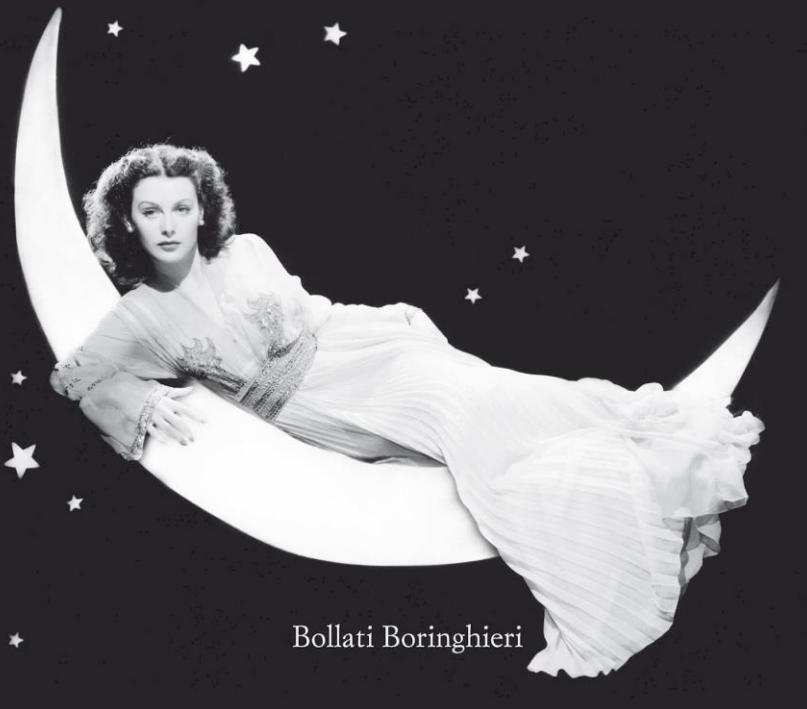
Il 3 febbraio 1848, Edgard Allan Poe tenne presso la Society Library di New York una conferenza sulla cosmogonia intitolata "L'Universo". Da questo materiale nasce Eureka: un trattato scientifico-filosofico che, con la raffinata tecnica esplorativa che ha reso celebri i suoi romanzi polizieschi, cerca di offrire una spiegazione totale della natura, sia materiale sia spirituale, confrontando prove e confutando ipotesi che sono al cuore della cosmologia moderna, inaugurando così la direzione d'indagine lungo la quale si muove la scienza contemporanea.



Gabriella Greison

SEI DONNE CHE HANNO CAMBIATO IL MONDO

Le grandi scienziate della fisica del xx secolo



Bollati Boringhieri

I sei brevi romanzi in cui perdersi in questo libro sono quelli di Marie Curie (1867-1934), Lise Meitner (1878-1968), Emmy Noether (1882-1935), Rosalind Franklin (1920-1958), Hedy Lamarr (1914-2000) e Mileva Marić (1875-1948). Per molti saranno nomi sconosciuti, eppure queste sei donne sono state delle pioniere. Sono nate tutte nell'arco di cinquant'anni e hanno operato negli anni cruciali e ruggenti del Novecento, che sono stati anni di guerre terribili, ma anche di avanzamenti scientifici epocali. C'è la chimica polacca che non poteva frequentare l'università, la fisica ebrea che era odiata dai nazisti, la matematica tedesca che nessuno amava, la cristallografa inglese alla quale scipparono le scoperte, la diva hollywoodiana che fu anche ingegnere militare e la teorica serba che fu messa in ombra dal marito. Le sei eroine raccontate da Gabriella Greison non sono certo le sole donne della scienza, ma sono quelle che forse hanno aperto la strada alle altre, con la loro volontà, la loro abilità, il talento e la protervia, in un mondo apertamente ostile, fatto di soli uomini. Sono quelle che hanno dato alla scienza e a tutti noi i risultati eclatanti delle loro ricerche e insieme la consapevolezza che era possibile - era necessario - dare accesso alle donne all'impresa scientifica. Non averlo fatto per così tanto tempo è un delitto che è stato pagato a caro prezzo dalla società umana. Sono sei storie magnifiche. Non sempre sono storie allegre e non sempre sono a lieto fine, perché sono racconti veri, di successi e di fallimenti. Ma è grazie a queste icone della scienza novecentesca e al loro esempio che abbiamo avuto poi altre donne, che hanno fatto un po' meno fatica a farsi largo e ci hanno regalato i frutti del loro sapere e della loro immaginazione. Dietro di loro sempre più donne si appassionano alla scienza, e un domani, in numero sempre maggiore, saranno libere di regalarci il frutto delle loro brillanti intelligenze.

Graham Farmelo L'uomo più strano del mondo

Vita segreta di Paul Dirac,
il genio dei quanti



SCIENZA
E IDEE

Collana diretta
da Giulio Giorello

Paul Dirac (1902-1984), detto "il taciturno", era una figura dalle mille contraddizioni, che dovevano fare di lui l'uomo più strano del secolo: impacciato nella conversazione e mirabile nell'esposizione scientifica, timido con le donne e insieme capace di lasciarsi attrarre dal fascino femminile, rigoroso con colleghi e studenti e intanto appassionato di Topolino, freddo "come un ghiaccio", ma anche pronto a battersi fino all'ultimo in difesa dei propri amici. Questo era "il fisico più bizzarro del mondo", colui che ha ricostruito l'intero edificio della meccanica quantistica, ha "inventato" l'antimateria prima di qualsiasi conferma sperimentale, ha ripensato insieme la fisica del molto grande e del molto piccolo aprendo nuovi orizzonti nella comprensione dell'Universo. E tutto ciò, come lui stesso amava ripetere, "lasciandomi prendere per mano dalla matematica".

Credits

- Gli inserti video sono tratti da:
- «Playing with Time», Macro Room: <https://www.youtube.com/watch?v=go0Wdc6kb80>
- «The Symmetries of the universe», ScienceClic English: https://www.youtube.com/watch?v=hF_uHfSoOGA&t=640s